



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**  
**ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

Τομέας IV: ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ  
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

**Τίτλος Διπλωματικής Εργασίας:**

**Χρήση Κρυοπροστατευτικών Υλικών Στην Παραγωγή  
Κατεψυγμένου Ζυμαριού**



**Όνοματεπώνυμο:** Σγουρόπουλος Μάριος

**Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:** Τζιά Κωνσταντίνα, Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

**Αθήνα, Σεπτέμβριος 2016**

Σε αυτούς που με υποστήριξαν και με βοήθησαν...

...και στην αγαπημένη μου μητέρα.

Να είσαι πάντα σοβαρός στην δουλειά σου...

## **Ευχαριστίες**

Μετά το πέρας της διπλωματικής εργασίας στο Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, κρίνω απαραίτητο να ευχαριστήσω ορισμένα πρόσωπα για την πολύτιμη βοήθειά τους. Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω την Καθηγήτρια Ε.Μ.Π. Τζιά Κωνσταντίνα για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε για την ανάθεση της παρούσας εργασίας, καθώς επίσης και για την καθοδήγηση, τις γνώσεις και την υποστήριξη που μου παρείχε κατά την εκπόνηση των πειραμάτων.

Έπειτα, θεωρώ σημαντικό να ευχαριστήσω την Διδάκτορα Γιάννου Βιργινία για την πολύτιμη βοήθεια και υποστήριξή της στο χώρο του εργαστηρίου καθ' όλη τη διάρκεια της διπλωματικής εργασίας και για την προθυμία της να με εξυπηρετήσει οποιαδήποτε χρονική στιγμή με αποτέλεσμα το εξαιρετικό κλίμα στη μεταξύ μας συνεργασία.

Επιπλέον, 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.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να δώσω στην οικογένεια και τους κοντινούς μου ανθρώπους για την υπομονή, την κατανόηση και την στήριξη που μου έδειξαν όλο αυτόν τον καιρό.

Αθήνα, Σεπτέμβριος 2016

Σγουρόπουλος Μάριος

## **Περιεχόμενα**

Περίληψη .....	10
Abstract .....	15
Εισαγωγή .....	19
Μέρος Ι .....	20
1. Άρτος – Βασικά συστατικά και Ιδιότητες Αλεύρου .....	20
1.1 Γενικά στοιχεία .....	20
1.2 Αλεύρι .....	20
1.2.1 Ο καρπός του σίτου .....	21
1.2.2 Ποιοτικά χαρακτηριστικά σπόρων σίτου .....	22
1.2.3 Παραγωγή αλεύρου (Άλεση).....	24
1.2.4 Τύποι αλεύρων.....	25
1.3 Συστατικά αλεύρου .....	26
1.3.1 Υδατάνθρακες.....	26
1.3.2 Πρωτεΐνες .....	27
1.3.3 Λιπαρά .....	28
1.3.4 Ανόργανα συστατικά, Βιταμίνες, Ένζυμα.....	29
2. Υπόλοιπα Συστατικά για Παραγωγή Άρτου .....	31
2.1 Νερό .....	31
2.2 Μαγιά αρτοποιίας.....	32
2.3 Αλάτι .....	33
2.4 Βελτιωτικά αρτοποιίας.....	34
2.4.1 Σάκχαρα.....	34
2.4.2 Οξειδωτικά και αναγωγικά μέσα.....	34
2.4.3 Γαλακτωματοποιητές.....	35
2.4.4 Λίπη .....	35
2.4.5 Ένζυμα.....	35

2.4.6 Ξηρή γλουτένη.....	36
3. Παραγωγική Διαδικασία Άρτου .....	37
3.1 Γενικά στοιχεία .....	37
3.2 Ανάμιξη.....	38
3.2.1 Ανάπτυξη της γλουτένης, παρουσία οξειδωτικών και αναγωγικών μέσων	39
3.2.2 Χρόνος Ανάμιξης .....	40
3.2.3 Διάφοροι τύπου αναμικτήρων .....	40
3.3 Διαίρεση ζυμαριού .....	42
3.3.1 Διαιρέτες.....	42
3.4 Μορφοποίηση.....	43
3.4.1 Μορφοποιητές .....	43
3.5 Ωρίμανση - Διόγκωση.....	44
3.6 Σχηματοποίηση .....	46
3.7 Κλιβανισμός.....	47
3.7.1 Αρχικό στάδιο κλιβανισμού .....	47
3.7.2 Ενδιάμεσο στάδιο κλιβανισμού.....	48
3.7.3 Τελικό στάδιο κλιβανισμού.....	48
3.7.4 Τύποι Κλιβάνων .....	50
3.8 Αναδιαμόρφωση – Παλαίωση.....	51
4. Διεργασία Κατάψυξης .....	52
4.1 Γενικά στοιχεία .....	52
4.2 Ο σχηματισμός του πάγου.....	53
4.3 Μεταβολή του όγκου .....	55
4.4 Καμπύλη Κατάψυξης.....	56
4.5 Επίδραση της αποθήκευσης υπό κατάψυξη.....	57
4.6 Συστήματα Κατάψυξης.....	58
4.7 Απόψυξη.....	60

5. Κατεψυγμένο Ζυμαρι.....	61
5.1 Γενικά στοιχεία .....	61
5.2 Διαφορές με τη συμβατική αρτοποιήση.....	62
5.3 Επίδραση των Βασικών Υλικών .....	63
5.3.1 Αλεύρι.....	63
5.3.2 Νερό.....	63
5.3.3 Μαγιά.....	64
5.3.4 Υπόλοιπα συστατικά .....	65
5.4 Παράμετροι των διεργασιών κατάψυξης .....	66
5.4.1 Ανάμιξη .....	66
5.4.2 Μορφοποίηση.....	66
5.4.3 Κατάψυξη .....	67
5.4.4 Αποθήκευση .....	70
5.4.5 Απόψυξη.....	71
5.4.6 Ωρίμανση.....	71
5.4.7 Κλιβανισμός .....	71
5.5 Προσθήκη προσθέτων για βελτίωση κατεψυγμένου ζυμαριού.....	72
5.5.1 Οξειδωτικά μέσα .....	72
5.5.2 Κόμμεα – Υδροκολλοειδή.....	73
5.5.3 Γαλακτωματοποιητές.....	76
5.5.4 Ένζυμα.....	79
5.5.5 Ζωντανή γλουτένη.....	80
5.5.6 Κρυοπροστατευτικά Υλικά .....	81
Μέρος II .....	86
6. Πειραματικό Μέρος .....	86
6.1 Σκοπός.....	86
6.2 Υλικά και Μέθοδοι.....	87

6.2.1	Πρώτες ύλες, υλικά και αντιδραστήρια.....	87
6.2.2	Συσκευές και όργανα.....	87
6.3	Πειραματική Διαδικασία.....	88
6.3.1	Δημιουργία ζυμαριού.....	88
6.3.2	Επεξεργασία φρέσκου ζυμαριού για παρασκευή άρτου.....	89
6.3.3	Επεξεργασία κατεψυγμένου ζυμαριού για παρασκευή άρτου.....	89
6.4	Αναλύσεις – Μετρήσεις.....	90
6.4.1	Μεταβολή βάρους κατά τον κλιβανισμό.....	90
6.4.2	Μέτρηση ειδικού όγκου αρτοσκευασμάτων.....	90
6.4.3	Μέτρηση πλάτους και ύψους των αρτοσκευασμάτων.....	91
6.4.4	Μέτρηση ενεργότητας νερού αρτοσκευασμάτων.....	91
6.4.5	Μέτρηση χρώματος κόρας και ψίχας αρτοσκευασμάτων.....	92
6.4.6	Μέτρηση χαρακτηριστικών υφής.....	93
6.4.7	Εκτίμηση οργανοληπτικών χαρακτηριστικών αρτοσκευασμάτων.....	99
6.5	Σχεδιασμός πειραμάτων και στατιστική επεξεργασία.....	100
7.	Αποτελέσματα – Συζήτηση.....	102
7.1	Σειρά 1 <sup>η</sup> : Μελέτη επίδρασης χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη σε δείγματα αρτοσκευασμάτων με διαφορετικές συγκεντρώσεις κρυοπροστατευτικών τρεχαλόζης και ξανθάνης.....	102
7.2	Σειρά 2 <sup>η</sup> : Μελέτη επίδρασης χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη σε δείγματα αρτοσκευασμάτων με διαφορετικές συγκεντρώσεις κρυοπροστατευτικών κόμμι γκουάρ, SSL και Distilled Monoglyceride.....	129
7.3	Συνολική σύγκριση των κρυοπροστατευτικών.....	164
8.	Συμπεράσματα – Προτάσεις.....	180
9.	Βιβλιογραφία.....	185
10.	Παράρτημα.....	194

10.1 Σειρά 1 <sup>η</sup> : Μελέτη επίδρασης χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη σε δείγματα αρτοσκευασμάτων με διαφορετικές συγκεντρώσεις κρυοπροστατευτικών τρεχαλόζης και ξανθάνης .....	194
10.2 Σειρά 2 <sup>η</sup> : Μελέτη επίδρασης χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη σε δείγματα αρτοσκευασμάτων με διαφορετικές συγκεντρώσεις κρυοπροστατευτικών κόμμεος γκουάρ, SSL και distilled Monoglyceride.....	226
10.3 Συνολική σύγκριση των κρυοπροστατευτικών .....	255

## Περίληψη

Τα αρτοσκευάσματα θεωρούνται προϊόντα υψηλής διατροφικής αξίας, καθώς είναι πλούσια σε υδατάνθρακες, μέταλλα, βιταμίνες και φυτικές ίνες και εμφανίζουν ευχάριστα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Παρόλα αυτά, τα αρτοσκευάσματα διαθέτουν περιορισμένο χρόνο ζωής και υποβαθμίζονται ποιοτικά μετά τον κλιβανισμό. Για το σκοπό αυτό ένα μεγάλο μέρος της τεχνολογίας αρτοποιήσης, ασχολείται με διάφορες μεθόδους επέκτασης του χρόνου ζωής τους, οι οποίες, είτε αφορούν τη σύσταση, τη συσκευασία ή τον τρόπο επεξεργασίας και αποθήκευσης. Η κατάψυξη και η αποθήκευση των αρτοσκευασμάτων υπό κατάψυξη παρόλο που είναι μία πολλά υποσχόμενη για το σκοπό αυτό μέθοδος, επιφέρει ωστόσο αλλοιώσεις στο πλέγμα της γλουτένης του ζυμαριού και οδηγεί σε σημαντική μείωση της δραστηρότητας της μαγιάς με αποτέλεσμα την υποβάθμιση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των τελικών προϊόντων που προέρχονται από κατεψυγμένο ζυμάρι μετά τον κλιβανισμό. Για αποφυγή τέτοιων προβλημάτων στα προϊόντα αρτοποιίας κατά την εφαρμογή χαμηλών θερμοκρασιών γίνεται χρήση κρυοπροστατευτικών ουσιών, όπως γαλακτωματοποιητές, ένζυμα, οξειδωτικά μέσα, κόμμεα-υδροκολλοειδή, κ.α.

Στη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, η οποία εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων, της Σχολής Χημικών Μηχανικών του ΕΜΠ, σκοπός ήταν η παρασκευή αρτοσκευασμάτων από κατεψυγμένο ζυμάρι και η μελέτη των μεταβολών των ποιοτικών τους χαρακτηριστικών, κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης υπό κατάψυξη, όπως και της χρήσης κρυοπροστατευτικών υλικών, ώστε το τελικό προϊόν, μετά τον κλιβανισμό, να διατηρεί καλύτερα τα ποιοτικά του χαρακτηριστικά για παρατεταμένο χρονικό διάστημα

Στο θεωρητικό μέρος της παρούσας διπλωματικής εργασίας αρχικά παρουσιάζονται χαρακτηριστικά στοιχεία του σιταριού, οι κατηγορίες στις οποίες διακρίνεται και η διατροφική του αξία. Έπειτα γίνεται αναφορά στην τεχνολογία άλεσης του σίτου για την παραγωγή αλεύρου και ανάλυση των σταδίων από τα οποία αυτή αποτελείται. Εν συνεχεία εξετάστηκε ο ρόλος και τα χαρακτηριστικά των βασικών (άλυρο, μαγιά, νερό, αλάτι) και δευτερευόντων (π.χ. σάκχαρα, λιπαρά, πρόσθετες ουσίες) συστατικών για την παραγωγή του άρτου και μετά μελετώνται τα στάδια της

διαδικασίας αρτοποιίας, προκειμένου να ληφθεί το ψημένο προϊόν με τα κατάλληλα χαρακτηριστικά και παρατίθεται ο χρησιμοποιούμενος ανά στάδιο εξοπλισμός.

Επιπρόσθετα, μελετάται η συμπεριφορά του ζυμαριού υπό συνθήκες κατάψυξης, η επίδραση της κατάψυξης στα διάφορα συστατικά του άρτου και ο χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός κατάψυξης. Τέλος γίνεται αναφορά στα προβλήματα που επέρχονται κατά την αποθήκευση του ζυμαριού υπό κατάψυξη, παρουσιάζονται πιθανοί τρόποι αντιμετώπισης σε κάθε στάδιο της διαδικασίας παραγωγής του άρτου και μελετάται εκτενέστερα η χρήση ειδικών κρυοπροστατευτικών (γαλακτωματοποιητές, ένζυμα, οξειδωτικά μέσα, κόμμεα-υδροκολλοειδή, κ.α.), ως κυριότερος τρόπος αντιμετώπισης των προβλημάτων της διατήρησης υπό κατάψυξη.

Στο πειραματικό μέρος της διπλωματικής εργασίας, πραγματοποιήθηκαν δύο σειρές πειραμάτων. Στην πρώτη σειρά μελετήθηκε η χρήση δύο κρυοπροστατευτικών (τρεχαλόζη, ξανθάνη) με τέσσερις συστάσεις το καθένα (100, 200, 400, 1000 ppm) σε ζυμάρι το οποίο αποθηκεύτηκε υπό κατάψυξη μέχρι 84 ημέρες στους  $-18^{\circ}\text{C}$ . Επίσης παρήχθησαν και τυφλά δείγματα για σύγκρισή τους με τα αντίστοιχα δύο κρυοπροστατευτικά. Μετά την παραγωγή των δειγμάτων, γινόταν έλεγχος στα φρέσκα δείγματα, ενώ τα υπόλοιπα αποθηκεύονταν υπό κατάψυξη. Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης υπό κατάψυξη (1, 7, 14, 28, 56 και 84 ημέρες) λαμβάνονταν δείγματα τα οποία αποψύχονταν στους  $40^{\circ}\text{C}$  (ωρίμανση) και υποβάλλονταν σε κλιβανισμό στους  $180^{\circ}\text{C}$ . Στη δεύτερη σειρά μελετήθηκε η χρήση τριών κρυοπροστατευτικών (κόμμι γκουάρ, SSL, Distilled Monoglyceride) με δύο συγκεντρώσεις το καθένα (0,25% και 0,50% για κόμμι γκουάρ και SSL και 1% και 2% για Distilled Monoglyceride), με τα δείγματα να αποθηκεύονται υπό κατάψυξη για διάρκεια 28 ημερών. Παρόμοια και σε αυτή την περίπτωση γινόταν σύγκριση με τυφλά δείγματα και επιπλέον πραγματοποιείτο έλεγχος σε φρέσκα δείγματα, καθώς επίσης και στα υπόλοιπα τα οποία είχαν παραμείνει σε κατάψυξη (για 1, 7, 14 και 28 ημέρες). Τέλος έγινε σύγκριση όλων των δειγμάτων με τα εξετασθέντα κρυοπροστατευτικά (επιλογή των δύο καλύτερων συστάσεων από την πρώτη σειρά τα οποία ήταν: 200 και 400 ppm για τρεχαλόζη και 100 και 400 ppm για ξανθάνη και των συγκεντρώσεων που αναφέρθηκαν στη δεύτερη σειρά) για διάρκεια αποθήκευσης 28 ημερών σε κατάψυξη.

Κατά τη διάρκεια του πειράματος μελετήθηκαν τα χαρακτηριστικά του ζυμαριού και του τελικού ψημένου προϊόντος και κατασκευάστηκαν διαγράμματα συναρτήσεως του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη. Συγκεκριμένα για το ζυμάρι εξετάστηκαν τα χαρακτηριστικά υφής (σκληρότητα, ελαστικότητα, συνεκτικότητα και προσκολλησιμότητα ζυμαριού), ενώ για το τελικό αρτοσκεύασμα, η μεταβολή του βάρους κατά τον κλιβανισμό, ο ειδικός όγκος, το πλάτος, το ύψος, το χρώμα της κόρας και της ψίχας και τα χαρακτηριστικά υφής του (σκληρότητα άρτου, σκληρότητα εσωτερικής φέτας με συμπίεση και σκληρότητα φέτας με κοπίδι). Επιπλέον πραγματοποιήθηκε και οργανοληπτικός έλεγχος των τελικών προϊόντων από έμπειρους δοκιμαστές. Τα αποτελέσματα επεξεργάστηκαν με κατάλληλες στατιστικές τεχνικές με χρήση του προγράμματος STATISTICA, με σκοπό να διερευνηθεί η τυχόν σημαντική επίδραση των εξετασθέντων παραγόντων (κρυοπροστατευτικό, ποσοστό προσθήκης και χρόνος αποθήκευσης υπό κατάψυξη) στις μελετώμενες παραμέτρους.

Όσον αφορά την 1η σειρά, παρατηρήθηκε ότι ο χρόνος αποθήκευσης υπό κατάψυξη είχε σημαντική επίδραση σε όλα τα δείγματα, καθώς μειωνόταν το ύψος και ο ειδικός όγκος τους, με τα δείγματα της τρεχαλόζης να διατηρούν ελάχιστα πιο υψηλή διόγκωση από αυτά της ξανθάνης (κυρίως στα 200 ppm τρεχαλόζης, ειδικός όγκος 2,3-2,4mg/L μετά τον 1<sup>ο</sup> μήνα) και η κόρα σταδιακά γινόταν πιο ανοιχτόχρωμη, ενώ η ψίχα και η ενεργότητα παρέμειναν στα ίδια επίπεδα (συνολικό χρώμα ψίχας περίπου 75, τιμές ενεργότητας νερού 0,93-0,96). Επιπλέον παρατηρήθηκε η τάση για μικρή αύξηση της σκληρότητας του ζυμαριού (0,4→0,8N) κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε κατάψυξη. Αντίστοιχα μικρή αύξηση παρουσίασε η ελαστικότητα (2→2,8), με την ξανθάνη να εμφανίζει ελαφρώς υψηλότερες τιμές από την τρεχαλόζη και μικρή μείωση η συνεκτικότητα του ζυμαριού (1,1→0,4), ενώ η προσκολλησιμότητα ήταν μικρότερη στα δείγματα με τρεχαλόζη. Μικρή αύξηση σημειώθηκε στη σκληρότητα άρτου, τη σκληρότητα εσωτερικής φέτας με συμπίεση και τη σκληρότητα φέτας με κοπίδι μέχρι τους 3 μήνες αποθήκευσης υπό κατάψυξη, ενώ φάνηκε η τρεχαλόζη να παρουσιάζει λίγο πιο σκληρή κόρα (σκληρότητα άρτου μέχρι και 28N). Επιπρόσθετα, κατά τον οργανοληπτικό έλεγχο, οι δοκιμαστές φάνηκε να επιβεβαιώνουν τα περισσότερα ευρήματα των αντικειμενικών μετρήσεων. Συγκεκριμένα εντόπισαν λίγο μεγαλύτερη διόγκωση στα δείγματα τρεχαλόζης, όπως επίσης και μεγαλύτερη σκληρότητα κόρας και πιο ανοιχτό χρώμα κόρας και ψίχας.

Επίσης έκριναν ως πιο ελαστική την ψίχα στα δείγματα ξανθάνης με λιγότερες οπές στο εσωτερικό της. Τέλος, οι δοκιμαστές έδειξαν λίγο μεγαλύτερη προτίμηση στα δείγματα της ξανθάνης, όσον αφορά τη γεύση/άρωμα, τη μετάγευση και τη συνολική αρέσκεια ειδικά μετά από 3 μήνες αποθήκευσης υπό κατάψυξη.

Σχετικά με τη δεύτερη σειρά, ο χρόνος αποθήκευσης υπό κατάψυξη έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην υποβάθμιση των προϊόντων. Τα δείγματα με SSL εμφάνισαν μεγαλύτερη διόγκωση τις πρώτες ημέρες αποθήκευσης σε κατάψυξη (2,8mg/L), τα οποία και διατήρησαν σε ικανοποιητικό βαθμό μέχρι και τις 28 ημέρες (2,65mg/L), κυρίως σε συγκέντρωση 0,50%, συγκριτικά με το κόμμι γκουάρ και το Distilled Monoglyceride, με τα αποτελέσματα του ύψους να επιβεβαιώνουν τα αποτελέσματα (7,8→7cm για SSL, 7,7→6,8cm για κόμμι γκουάρ και 7,1→6,6 cm για Distilled Monoglyceride). Στα δείγματα αυτά παρουσιάστηκε η τάση για μικρή αύξηση τους πλάτους μέχρι τον 1<sup>ο</sup> μήνα αποθήκευσης (5,6cm στις 28 ημέρες σε κατάψυξη). Επιπλέον φάνηκε τα δείγματα να αποκτούν πιο ανοιχτόχρωμη κόρα, ενώ η ψίχα και η ενεργότητα παρουσίαζαν σταθερά αποτελέσματα (συνολικό χρώμα ψίχας πε-ρίπου 77-79, τιμές ενεργότητας νερού 0,92-0,96). Από τη μελέτη των χαρακτηριστικών υφής, η σκληρότητα του ζυμαριού διατηρήθηκε σταθερή σε τιμές 0,4-0,6N, η ελαστικότητα σε τιμές 2-2,5 και η συνεκτικότητα σε τιμές 0,6-1, ενώ πολύ μικρές έως μηδενικές ήταν και οι αντίστοιχες τιμές προσκολλησιμότητας. Στα αντίστοιχα ψημένα αρτοσκευάσματα, φαίνεται να υπάρχει η τάση για μείωση της σκληρότητας του άρτου μέχρι τον 1ο μήνα αποθήκευσης (20→14N) σε ορισμένες συγκεντρώσεις (0,50% κόμμι γκουάρ, 0,25% SSL, 1% και 2% Distilled monoglyceride), ενώ στα υπόλοιπα δείγματα εμφανίζεται μάλλον σταθερή συμπεριφορά (0,25% κόμμι γκουάρ, 0,50% SSL). Από την άλλη, φάνηκε η τάση για μικρή αύξηση της σκληρότητας της φέτας με συμπίεση στα δείγματα με συγκέντρωση 1% Distilled Monoglyceride (4→5,5N), μικρή μείωση στα δείγματα με συγκέντρωση 2% αυτού (5,7→3,5N) και στα υπόλοιπα κρυοπροστατευτικά φάνηκε σταθερότερη συμπεριφορά (τιμές 3-4N). Αμελητέες αυξομειώσεις σημειώθηκαν αναφορικά με τη μέτρηση της σκληρότητας κατά την κοπή της φέτας του άρτου. Επιπρόσθετα, κατά τον οργανοληπτικό έλεγχο επιβεβαιώθηκε ότι η διόγκωση ήταν μεγαλύτερη στα δείγματα με SSL, ενώ τα κρυοπροστατευτικά έδειξαν παρόμοια αποτελέσματα όσον αφορά στις οπές στο εσωτερικό, τις σχισμές ή ρωγμές στην επιφάνεια, καθώς επίσης και στην ελαστικότητα. Τέλος, οι δοκιμαστές έδειξαν προτίμηση στα δείγματα με κόμμι

γκουάρ και SSL, έναντι των δειγμάτων με Distilled Monoglyceride, όσον αφορά τη γεύση/άρωμα, τη μετάγευση, και τη συνολική αρέσκεια.

Η συνολική σύγκριση όλων των μελετώμενων κρυοπροστατευτικών υλικών, ενίσχυσε και συμπλήρωσε τις παρατηρήσεις που αναφέρθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους. Συγκριτικά μεγαλύτερη διόγκωση παρουσίασαν τα δείγματα με SSL, στην ελαστικότητα της ψίχας φάνηκε να υπερτερεί η ξανθάνη και στη σκληρότητα του άρτου η τρεχαλόζη ως κρυοπροστατευτικό υλικό. Τέλος, οι δοκιμαστές φάνηκε να προτιμούν περισσότερο τα δείγματα με ξανθάνη, κόμμι γκουάρ και SSL, ενώ τα δείγματα με τρεχαλόζη και Distilled Monoglyceride θεωρήθηκαν υποδεέστερα. Σε κάθε περίπτωση όμως, όλα τα κρυοπροστατευτικά έδωσαν καλύτερα ή τουλάχιστον παρόμοια αποτελέσματα με τα τυφλά δείγματα.

## **Abstract**

Baking products are considered to be products of high nutritional value, as they are rich in carbohydrates, minerals, vitamins and fibers and they are products with pleasant sensorial characteristics. However, these products have a limited shelf-life and deteriorate in quality after baking. For this reason a great part of the baking technology consists of research in different methods of extending their shelf-life as regards the constitution, the packing or the way of processing and storage. The freezing storage of baking products, however promising for that purpose, brings about alterations in the complexes of gluten of dough and leads to significant reduction in yeast efficiency, resulting in the deterioration of qualitative characteristics of the final baking products coming from the frozen dough after baking. To avoid these problems, methods such as the use of lower temperatures or cryoprotective substances such as emulsifiers, enzymes, oxidants and hydrocolloids are used.

In the present thesis which was conducted in the Laboratory of Chemistry and Food Technology, of School of Chemical Engineering in NTUA, the aim was the production of baking products from frozen dough and the study of the alterations in their qualitative characteristics during freezing storage as well as the use of cryoprotectives so that the final product after baking would retain better its qualitative characteristics for extended period of time.

In the theoretical part of the present thesis, wheat characteristics, categories and nutritional value are presented firstly. Then reference is made to the milling technology used for the production of flour and analysis of the stages of which it consists. Moreover the role and the characteristics of the basic (flour, yeast, water, salt) and the secondary (sugars, fats, additive substances) ingredients for bread production and the stages of baking process is examined, in order to get a final product with the desirable characteristics and the necessary equipment used in every stage is mentioned.

In addition, the behavior of dough under freezing storage conditions is studied, as well as the effect of freezing on different bread ingredients and the freezing equipment used. Finally, reference is made to the problems arising during dough freezing storage, to the possible ways of solving them in every stage of bread

production and to the use of special cryoprotectives (emulsifiers, enzymes, oxidants, hydrocolloids etc.) as the main way of dealing with freezing storage problems.

In the experimental part of the present thesis, two series of experiments were conducted. In the first one, the use of two cryoprotective substances (trehalose, xanthan gum) in four different concentrations each (100, 200, 400, 1000 ppm) in dough which was stored in a freezer for a period of up to 84 days at -18 °C was examined. Also blind samples were also produced in order to compare them with the samples containing the two cryoprotectives respectively. After the production of the samples, the fresh samples were checked, while, the rest of them were stored in the freezer. During freezing storage (1, 7, 14, 28, 56 and 84 days) samples were taken and they were thawed at 40 °C and then placed in the oven at 180°C. In the second series of experiments, the use of three cryoprotectives (guar gum, SSL, Distilled Monoglyceride) in two different concentrations each (0,25% and 0,50% for guar gum and SSL and 1% and 2% for Distilled Monoglyceride) with the samples being stored in a freezer for a period of 28 days. Similarly, in this case also, comparison was made with blind samples and, in addition, the fresh samples as well as those remaining stored in the freezer (for 1, 7, 14, 28 days) were checked. Finally comparison was made among all the cryoprotectives previously mentioned, in two different concentrations each (choice of the optimum concentrations for the first series which was 200 and 400 ppm for trehalose and 100 and 400 ppm for xanthan gum and of the concentrations mentioned in the second series) for 28 days.

During the experiment, dough and bread characteristics were examined and diagrams vs frozen storage time were created. More specifically as regards the dough, texture characteristics (dough firmness, springiness, cohesiveness and adhesiveness) were examined, as well as, for the final baking product, the change in weight during baking, specific volume, width, height, crust and crumble color and texture characteristics (crust firmness, crumb firmness under compression, crumb firmness). Moreover, sensory valuation of the final product by experienced testers was made. The results were processed with appropriate statistical techniques, with the use of the program STATISTICA, in order to investigate the possible effects of the three factors examined (cryoprotective, concentration and frozen storage time), on the parameters studied.

As regards the 1<sup>st</sup> series, it has been observed that frozen storage time had a great impact on all the samples as their height and the specific volume were diminished, with trehalose samples retaining slightly higher volume than those of xanthan gum (mainly at 200 ppm trehalose, specific volume 2,3-2,4 mg/L after the 1<sup>st</sup> month) and the crust gradually became lighter in color, while the crumb and water activity remained stable ( $\Delta E=75$ , water activity= 0,93-0,96). Moreover it has been observed that dough firmness had the tendency to increase slightly (0,4→0,8N) during freezing storage. Also there has been a small increase in the springiness (2→2,8), with xanthan gum having slightly higher values than trehalose, and a small decrease in the cohesiveness of the dough (1,1→0,4) while the adhesiveness was lower in trehalose samples. In addition there has been a small increase in crust firmness, crumb firmness under compression and crumb firmness in up to 3 months of frozen storage, while trehalose appeared to have slightly higher crust firmness (up to 28N). Moreover during sensory valuation, the testers seemed to confirm most of the findings of the objective measurements. More specifically, they found slightly higher volume in the trehalose samples as well as higher crust firmness and lighter crust and crumb color. Also the crumb in the xanthan gum samples was considered to be more elastic, with fewer holes in its interior. Finally the testers showed slightly more preference to xanthan gum samples, as regards its taste and flavor, aftertaste and overall liking especially after three months of freezing storage.

As regards the 2<sup>nd</sup> series, freezing storage time played a decisive role in the deterioration of the quality of the products. SSL samples appeared to have higher specific volume in the first days of freezing storage (2,8mg/L), which they retained to a satisfactory degree for 28 days (2,65mg/L), especially at a concentration of 0,50%, as compared to guar gum and Distilled Monoglyceride, with height confirming the results (7,8→7cm for SSL, 7,7→6,8cm for guar gum and 7,1→6,6 cm for Distilled Monoglyceride). In these samples a tendency for a small increase in width was observed, up until the 1<sup>st</sup> month of freezing storage (5,6 cm in 28 days of freezing storage). Furthermore the samples seemed to gain lighter crust, while the crumb and the water activity appeared to be constant ( $\Delta E= 77-79$ , water activity= 0,92-0,96). As far as the texture characteristics are concerned, dough firmness remained stable at 0,4-0,6N, springiness at 2-2,5 and cohesiveness at 0,6-1, while the corresponding values of adhesiveness were very small or even equal to zero. In the final baking products,

there appears to be a tendency for a reduction in crust firmness until the 1<sup>st</sup> month of freezing storage (20→14N) at some concentrations (0,50% guar gum, 0,25% SSL, 1% and 2% Distilled Monoglyceride), while in the rest of the samples a rather stable behavior appears (0,25% guar gum, 0,50% SSL). On the other hand there has been a tendency for a small increase in crumb firmness under compression at the samples with concentration of 1% Distilled Monoglyceride (4→5,5N), a small decrease at the samples with concentration of 2% Distilled Monoglyceride (5,7→3,5N), while for the rest of cryoprotectives a more constant behavior was observed (3-4N). As regards the crumb firmness there have been observed some negligible fluctuations. Moreover, during the sensory valuation it has been confirmed that the volume was higher in the SSL samples, while the cryoprotectives showed similar results in regard to the holes in the interior, the cracks on the surface, as well as the elasticity. Finally the testers show preference to guar gum and SSL samples, rather than the Distilled Monoglyceride samples, as regards the taste and flavor, the aftertaste and the overall liking.

The overall comparison of all the cryoprotective substances studied, confirmed and complemented the observations mentioned in the previous paragraphs. SSL samples seemed to produce greater specific volume in comparison, while as regards crumb elasticity xanthan gum seemed to produce superior results and crust firmness was better achieved with trehalose as a cryoprotective substance. Finally the testers, seemed to prefer mostly the xanthan gum, guar gum and SSL samples, while the trehalose and Distilled Monoglyceride samples were considered inferior. In any case however, all the cryoprotectives produced better than or at least similar results to the blind samples.

## Εισαγωγή

Τα αρτοσκευάσματα θεωρούνται προϊόντα υψηλής διατροφικής αξίας, καθώς είναι πλούσια σε υδατάνθρακες, μέταλλα, βιταμίνες και φυτικές ίνες. Υπάρχουν διάφορα αρτοσκευάσματα όπως ο άρτος, οι φρυγανιές, τα κουλούρια, τα τσουρέκια, κ.λπ., καθώς και αρτοσκευάσματα τα οποία παρασκευάζονται με ανάλογο τρόπο με τα άλλα αρτοσκευάσματα διαφέροντας σε ορισμένα χαρακτηριστικά λόγω προσθήκης επιπλέον πρώτων υλών, όπως το γάλα, το βούτυρο, τα αυγά, κ.α.. Όσον αφορά στον άρτο, ορίζεται ως το προϊόν το οποίο παρασκευάζεται με ψήσιμο σε ειδικούς κλιβάνους, κάτω από ορισμένες συνθήκες, αποτελούμενο από αλεύρι, νερό, μαγιά και αλάτι.

Η μεγάλη κατανάλωση του άρτου και των αρτοσκευασμάτων δικαιολογείται από τα εξαιρετικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους, ειδικά όταν είναι ψημένα. Συνεπώς, λόγω της ανάγκης για αυξημένη κατανάλωση άρτου τα τελευταία χρόνια, αλλά και για να καλυφθούν και άλλοι παράγοντες, όπως αύξηση της διατηρησιμότητας κ.α., μία νέα τάση διεθνώς είναι η παρασκευή αρτοσκευασμάτων με βάση το κατεψυγμένο ζυμάρι.

Η διαδικασία παραγωγής προϊόντων άρτου, και ειδικότερα το στάδιο της παρασκευής του ζυμαριού, αποτελεί μία από τις πιο περίπλοκες διεργασίες που πραγματοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων. Ακόμα πιο πολύπλοκη είναι η περίπτωση του κατεψυγμένου ζυμαριού όπου εμφανίζονται επιπλέον προβλήματα, όπως μειωμένη δραστηριότητα των κυττάρων της μαγιάς, μειωμένη ικανότητα διόγκωσης, κ.λπ. Το γεγονός ότι η συνολική ποιότητα του ψωμιού από κατεψυγμένο ζυμάρι υποβαθμίζεται κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης υπό κατάψυξη, έχει οδηγήσει πολλούς ερευνητές στη μελέτη διαφόρων προσθετικών υλικών, με σκοπό την βελτίωση των ιδιοτήτων του τελικού προϊόντος.

## Μέρος I

### 1. Άρτος – Βασικά συστατικά και Ιδιότητες Αλεύρου

#### 1.1 Γενικά στοιχεία

Τα αρτοσκευάσματα λόγω της παρουσίας υδατανθράκων, μετάλλων, βιταμινών, όπως η βιταμίνη C και φυτικών ινών, θεωρούνται προϊόντα υψηλής διατροφικής αξίας. Πρόκειται για προϊόντα που αποτελούν βασικό είδος διατροφής για τους ανθρώπους, εδώ και αιώνες, καθώς εμφανίζουν εξαιρετικά ποιοτικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, τα οποία είναι σημαντικά στην ανθρώπινη διατροφή.

Τα απαραίτητα συστατικά για την παρασκευή άρτου είναι το σιτάλευρο, το νερό, η μαγιά και το αλάτι. Εκτός από αυτά τα υλικά είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν και άλλα συστατικά, όπως σακχαρόζη, λιπαρά οξειδωτικά ή αναγωγικά μέσα, στερεά γάλακτος, γαλακτωματοποιητές, πρωτεΐνες, υδροκολλοειδή και συντηρητικά (εφόσον χρειαστεί) με σκοπό την παραγωγή προϊόντος καλύτερης ποιότητας και με μεγαλύτερο χρόνο ζωής (Autio & Laurikainen, 1997).

#### 1.2 Αλεύρι

Το αλεύρι αποτελεί βασικό και απαραίτητο συστατικό για διάφορα προϊόντα αρτοποιίας. Έχει τη δυνατότητα να παραχθεί από διάφορους δημητριακούς καρπούς όπως είναι: σίκαλη, κριθάρι, καλαμπόκι κ.α. Το σημαντικότερο σε σχέση με όλους τους δημητριακούς καρπούς είναι το σιτάλευρο (α' ύλη σιτάρι), διότι μπορεί να προσδώσει μοναδικά χαρακτηριστικά στη δομή και την εμφάνιση των διάφορων προϊόντων αρτοποιίας. Αυτό οφείλεται στις αρτοποιητικές του ιδιότητες, δηλαδή στην ικανότητά του, όταν αναμιχθεί με το νερό να μπορεί να δώσει υπό κατάλληλες συνθήκες, ζυμάρι με εξαιρετική συνεκτικότητα και ελαστικότητα (Sievert & Hosenev, 2002). Στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 1) δίνεται η χημική σύσταση των προαναφερθέντων σιτηρών. Οι τιμές του πίνακα αυτού θα πρέπει να θεωρηθούν απλώς ενδεικτικές, γιατί η χημική σύσταση των σιτηρών εξαρτάται τόσο από την ποικιλία, όσο και από τις εδαφικές και κλιματολογικές συνθήκες και τις καλλιεργητικές φροντίδες (λίπανση, πότισμα, κλπ) (Δημόπουλος, 1981).

Πίνακας 1: Χημική σύσταση επί ξηρής βάσης (Δημόπουλος, 1981)

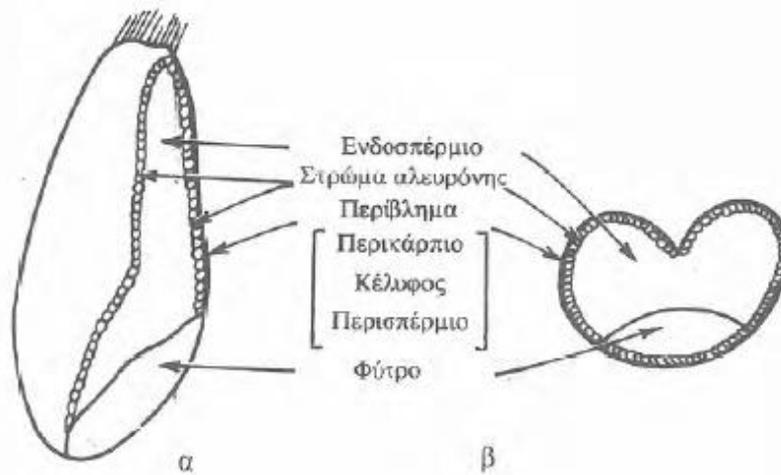
Σιτηρά	Άμυλο	Πρωτεΐνη	Λάδι	Κυτταρίνη	Τέφρα
Σιτάρι	78%	12%	2,5%	2,5%	1,8%
Ρύζι Λευκό	89%	9,5%	0,5%	0,3%	0,6%
Αραβόσιτος	81%	10,8%	4,7%	2,2%	1,6%
Σίκαλη	79,7%	13,8%	1,4%	2,6%	2,2%
Βρώμη	74,6%	14,9%	7%	1,3%	2,1%
Κριθάρι	87,8%	9,7%	1,1%	0,9%	1,3%
Σόργο	79,7%	12,4%	3,6%	2,7%	1,7%
Κεχρί	77,9%	13,6%	5,4%	1,3%	1,8%

### 1.2.1 Ο καρπός του σίτου

Ο καρπός του σίτου ανατομικά αποτελείται από τρία διακριτά μέρη:

- το ενδοσπέρμιο (85%), το οποίο αποτελείται από ένα στρώμα αλευρόνης και από το κύριο μέρος του κόκκου, που είναι κόκκοι αμύλου με πρωτεϊνικό περίβλημα.
- το εξωτερικό περίβλημα ή αλλιώς πίτυρο (12,5%), που αποτελείται από δύο στρώματα περικάρπιου, το κέλυφος και το περισπέρμιο. Η δομή του είναι ινώδης και λόγω υψηλής ανθεκτικότητας, δεν καταστρέφεται με την άλεση, όταν υγρανθεί.
- το φύτρο ή αλλιώς έμβρυο (2,5%), που βρίσκεται μέσα στο ενδοσπέρμιο και χωρίζεται από αυτό με μία μεμβράνη, το ασπίδιο, που είναι πλούσια σε ένζυμα. Περιέχει αρκετά μεγάλο ποσοστό λίπους και για αυτό το λόγο σχηματίζει νιφάδες, που απομακρύνονται κατά τη διαδικασία της άλεσης (Τζουβάρα, 1990).

Παρακάτω παρουσιάζεται μια εικόνα με τον καρπό του σίτου:



Εικόνα 1: Κόκκος σιταριού: α) τομή κατά μήκος, β) εγκάρσια τομή (Τζουβάρα, 1990)

### 1.2.2 Ποιοτικά χαρακτηριστικά σπόρων σίτου

#### Σκληρότητα

Στις Ηνωμένες Πολιτείες και σε ορισμένα άλλα μέρη ο κοινός σίτος ταξινομείται, σε σκληρό ή μαλακό σίτο, με βάση την υφή του καρπού ή τη δύναμη που απαιτείται για τη σύνθλιψή του, η οποία επηρεάζεται τόσο από γενετικούς όσο και περιβαλλοντικούς παράγοντες. Τόσο η ποσότητα όσο και η δύναμη της πρωτεΐνης του αλεύρου είναι σημαντικοί δείκτες της καταλληλότητάς του για διάφορες εφαρμογές. Τα άλευρα από μαλακό σίτο εμφανίζουν χαμηλότερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες (περίπου 8-10%) και συνεπώς σχηματίζουν ζυμάρι με χαλαρή δομή και μειωμένη ικανότητα συγκράτησης αερίων. Επίσης, έχουν τη δυνατότητα παραγωγής ζυμαριών που εμφανίζουν δυσκολία στο χειρισμό και έχουν ειδικές απαιτήσεις κατά την ανάμιξη και ζύμωσή τους, ενώ χρησιμοποιούνται κυρίως για την παρασκευή μπισκότων ή άλλων παρόμοιων προϊόντων ζαχαροπλαστικής. Για αυτό το λόγο, για την παρασκευή προϊόντων άρτου χρησιμοποιούνται κυρίως άλευρα από σκληρό σίτο, τα οποία διαθέτουν σχετικά υψηλό πρωτεϊνικό περιεχόμενο (>11%) και σχηματίζουν ζυμάρια με υψηλή συνεκτικότητα και ελαστικότητα. Τα αρτοσκευάσματα που προκύπτουν από αυτά εμφανίζουν πολύ καλά αποτελέσματα σε διόγκωση, ομοιομορφία σχήματος και συνοχή ψίχας. (Hoseney, 2000; Tanhehco & Ng, 2008).

Τα σπουδαιότερα είδη σιταριών είναι τα εξής:

- Το είδος *Triticum Vulgare* ή *Triticum aestivum*, γνωστό ως μαλακό σιτάρι (common wheat), από τις διάφορες ποικιλίες του οποίου λαμβάνονται άλευρα αρτοποιίας, μπισκοτοποιίας και ζαχαροπλαστικής. Στα μαλακά σιτάρια ανήκουν και οι ποικιλίες ημίσκληρων σιταριών (hard wheat) που συνήθως δίνουν αλεύρι καλής αρτοποιητικής αξίας. Η περιεκτικότητά του σε πρωτεΐνες είναι 13%.
- Το είδος *Triticum Durum*, γνωστό ως σκληρό σιτάρι (durum wheat ή macaroni wheat), από τις διάφορες ποικιλίες του οποίου λαμβάνονται σιμιγδάλια για την παρασκευή ζυμαρικών. Έχει κόκκους πολύ σκληρούς με υαλώδες ενδοσπέρμιο και μεγάλο ποσοστό πρωτεϊνών που φθάνει το 20% (Δημόπουλος, 1981).

### Χρώμα

Άλλος τρόπος κατάταξης του σιταριού είναι με βάση το χρώμα του πιτύρου, σύμφωνα με το οποίο διακρίνεται σε ερυθρό ή λευκό. Ο χαρακτηρισμός αυτός αναφέρεται στο χρώμα της αλευρόνης ή του εξωτερικού στρώματος του πυρήνα του σίτου. Ανάλογα με το τελικό προϊόν και το βαθμό άλεσης, ποικίλλει και το επιθυμητό χρώμα του σίτου στις διάφορες αγορές. Γενικά έχει βρεθεί ότι υπάρχει συσχέτιση ανάμεσα στο χρώμα και στην περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και αρκετές φορές όσο πιο έντονο είναι το χρώμα, περιέχει τόσο περισσότερες πρωτεΐνες (Tanhehco & Ng, 2008).

### Εποχή σποράς

Ανάλογα με την εποχή σποράς και βλάστησής του, το σιτάρι ταξινομείται σε χειμερινό ή εαρινό σιτάρι. Στην περίπτωση του χειμερινού σίτου, η σπορά γίνεται τέλη καλοκαιριού/αρχές φθινοπώρου και ο θερισμός τέλη του επόμενου καλοκαιριού, ενώ στον εαρινό η σπορά γίνεται άνοιξη και ο θερισμός τέλη καλοκαιριού (Tanhehco & Ng 2008).

### Υγρασία

Τέλος, ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των σπόρων του σίτου είναι η υγρασία. Πρόκειται για έναν σημαντικό παράγοντα που κυρίως έχει να κάνει με μικροβιολογικές προσβολές, φυσιολογικές μεταβολές των συστατικών του καθώς επίσης και τη συνοχή του σπόρου. Οι τιμές της υγρασίας πρέπει να κυμαίνονται από 12-14%, προκειμένου να είναι υγιής ο σπόρος. Σε περίπτωση υγρασίας μεγαλύτερης

από 15%, εμφανίζονται μικροβιακές αλλοιώσεις, ενώ χαμηλότερες τιμές (8-10%) οδηγούν σε θραύση του σπόρου (Γιάννου, 2009).

### 1.2.3 Παραγωγή αλεύρου (Άλεση)

Το αλεύρι παράγεται από το σιτάρι με τη διαδικασία της άλεσης. Κατά την άλεση επιδιώκεται η απομάκρυνση των ξυλωδών μερών του κόκκου, καθώς και του φύτρου και η παραλαβή αλεύρου από το λειοτριβημένο ενδοσπέρμιο. Η διαδικασία της άλεσης στηρίζεται στη διαφορά των φυσικών ιδιοτήτων του εξωτερικού περιβλήματος (πίτυρο), του ενδοσπερμίου και του φύτρου και σκοπός της είναι η παραλαβή του μεγαλύτερου δυνατού ποσού ενδοσπερμίου και η σταδιακή κονιοποίηση του προς άλευρο ορισμένης κοκκομετρίας και σύστασης. Το περίβλημα είναι σκληρό, λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε ίνες, ενώ το αμυλώδες ενδοσπέρμιο είναι εύθραυστο και κονιοποιείται εύκολα. Το φύτρο που παρουσιάζει μεγάλη περιεκτικότητα σε λιπαρά, απομακρύνεται εύκολα όταν ο σπόρος περνά ανάμεσα από κυλίνδρους.

Τα πέντε βασικά στάδια της άλεσης είναι:

- η θραύση των σπόρων του σίτου,
- η απομόνωση και ο καθαρισμός του ενδοσπερμίου,
- η ελάττωση του μεγέθους του ενδοσπερμίου/αλεύρου,
- η κοσκίνιση και
- η ταξινόμηση του αλεύρου.

Αρχικά ο σίτος κατά την παραλαβή του στο μύλο μεταφέρεται με τη βοήθεια αναβατορίων ή με πνευματική μεταφορά και αποθηκεύεται σε αποθήκες. Στη συνέχεια ο σίτος καθαρίζεται από τις ξένες ύλες και, πραγματοποιείται κοντισιονάρισμα του σπόρου που περιλαμβάνει την ύγρανση και, ίσως, τη θέρμανση των κόκκων, έτσι ώστε να αποκτήσει το πίτυρο ελαστικότητα και μεγαλύτερη ανθεκτικότητα, για να μην θρυμματίζεται κατά την άλεση.

Έπειτα πραγματοποιείται η τροφοδοσία του σίτου με συνεχή και σταθερή ροή, μέσω της χοάνης άλεσης, σε σύστημα κυλίνδρων θραύσης (5-7 ή 10 κυλινδρόμυλους σε σειρά), ώστε να σπάσει ο σπόρος και να διαχωριστεί το ενδοσπέρμιο από τα υπόλοιπα μέρη. Η άλεση με κυλίνδρους στηρίζεται στη θραύση και προοδευτική άλεση του σιταριού με διαδοχική διέλευσή του από πολλά ζεύγη αυλακωτών κυλίνδρων, οι

οποίοι περιστρέφονται με αντίθετη φορά και διαφορετική ταχύτητα, και όσο προχωρά η άλεση μειώνεται αντίστοιχα το κενό μεταξύ τους, ώστε να αποτραπεί η καταστροφή των κόκκων του αμύλου.

Στη συνέχεια παράγεται το άλευρο θραύσης, το οποίο έχει πολύ μικρό μέγεθος σωματιδίων και συχνά περιέχει και ποσότητα πιτύρου προσκολλημένη στο ενδοσπέρμιο, που απομακρύνεται πνευματικά. Μετά απαιτείται περαιτέρω άλεση από κυλινδρόμυλους λειοτρίβησης, λόγω λείων επιφανειών. Με τη λειοτρίβηση του σιταριού προκύπτουν διάφορα προϊόντα ανάλογα με το μέρος του σπόρου από το οποίο λαμβάνονται, στα οποία έχει ελαττωθεί αρκετά το μέγεθος των σωματιδίων του ενδοσπερμίου (Θωμόπουλος, 1981; Charley & Weaver, 1998).

Τα κλάσματα της άλεσης από κάθε ζεύγος κυλίνδρων οδηγούνται προς κοσκίνιση. Εκεί διαχωρίζονται σε χονδροαλεσμένα κλάσματα, αποτελούμενα κυρίως από το περίβλημα και τα σκληρότερα τμήματα του ενδοσπερμίου (κυρίως πρωτεϊνούχα και όχι τόσο αμυλούχα), και σε λεπτά κλάσματα, που αποτελούνται κυρίως από αμυλούχα (μαλακότερα) κλάσματα του ενδοσπερμίου. Μετά λαμβάνει χώρα και η ταξινόμησή τους. Πιο συγκεκριμένα χωρίζονται σε σιμιγδάλι το οποίο είναι τελικό προϊόν (δεν υφίσταται περαιτέρω άλεση, μόνο λείανση στις σιμιγδαλιέρες) ή σε λευκό άλευρο που αποτελεί μέρος του τελικού αλεύρου και συλλέγεται σε ειδικό σιλό όπου θα προστεθούν αργότερα και από τους άλλους κυλίνδρους τα αντίστοιχα κλάσματα και θα αποτελέσουν το τελικό προϊόν. Προκειμένου να διαχωριστεί τουλάχιστον το 72% του σίτου, η διαδικασία επαναλαμβάνεται με σκοπό, τα κλάσματα που δεν διέρχονται από τα κόσκινα να οδηγούνται προς περαιτέρω άλεση σε επόμενο ζεύγος κυλίνδρων έως ότου συλλεχθεί μεγαλύτερη ποσότητα λεπτοαλεσμένου αλεύρου (Belderok, 2000; Charley & Weaver, 1998).

#### 1.2.4 Τύποι αλεύρων

Το αλεύρι χαρακτηρίζεται από το βαθμό άλεσης, που ορίζεται ως τα μέρη βάρους του αλεύρου που παράγονται από την άλεση 100 μονάδων καθαρισμένου και πλυμένου σιταριού, πριν ακριβώς αυτό τροφοδοτηθεί στο πρώτο ζεύγος κυλίνδρων. Οι πιο συνήθεις τύποι αλεύρων που παράγονται στην Ελλάδα, καθώς και προδιαγραφές τους φαίνονται στον παρακάτω πίνακα (Τζουβάρα, 1990):

Πίνακας 2: Προδιαγραφές ορισμένων τύπου αλεύρου (Τζουβάρα, 1990)

Τύπος Αλεύρου	Υγρασία %	Υγρή Γλουτένη %	Οξύτητα % (σε H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	Τέφρα %	Λιπαρές Ουσίες %	Υπόλειμμα α σε CCl <sub>4</sub>	Πιτυρά %
70%	<13,5	>26	<0,08	<0,50	<1,10	<0,015	-
85%	<14	>25	<0,13	0,85-0,90	<1,80	<0,030	4-5
90%	<14	>25	<0,15	1,2-1,3	<2	<0,030	10-11,5
Ολικής Άλεσης	<14	>24	<0,15	<1,6	<2,5	<0,040	<18

### 1.3 Συστατικά αλεύρου

#### 1.3.1 Υδατάνθρακες

Το άλευρο του σιταριού αποτελείται κυρίως από υδατάνθρακες (κυρίως πολυσακχαρίτες). Οι κυριότεροι υδατάνθρακες είναι:

- *Άμυλο*: Πρόκειται για έναν πολυσακχαρίτη, που αποτελεί το κύριο συστατικό στο αλεύρι (76-80%). Αποτελείται από δύο είδη κόκκων: τους μικροσφαιρικούς και τους μεγαλύτερους στενόμακρους. Και τα δύο είδη αποτελούνται από αμυλόζη, αμυλοπηκτίνη που είναι πολυμερή της D- γλυκόζης. Το περιεχόμενο της αμυλόζης είναι περίπου 23% ενώ της αμυλοπηκτίνης είναι περίπου 73%. Οι αμυλόκοκκοι είναι αδιάλυτοι στο ψυχρό νερό, είτε γιατί περικλείονται από αδιαπέραστη κυτταρίνη, είτε γιατί η ειδική διάταξη των κόκκων του αμύλου παρεμποδίζει την ενυδάτωση και τη διόγκωσή τους. Όταν ένα υδατικό αιώρημα αυτών θερμαίνεται, τότε οι κόκκοι απορροφούν νερό, διογκώνονται και διαρρηγνύονται, δηλαδή τα μόρια αμυλόζης και αμυλοπηκτίνης διασπείρονται στο νερό. Ο όγκος των κόκκων πενταπλασιάζεται και το ιξώδες του διαλύματος αυξάνει. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται ζελατινοποίηση. Το άμυλο, αν και είναι το κυριότερο συστατικό των αλεύρων, δεν παίζει αποφασιστικό ρόλο στην ποιότητα και στις λειτουργικές ιδιότητες αυτών. Η ύπαρξή του όμως στο αλεύρι θεωρείται επιθυμητή, προκειμένου να δώσει ζυμώσιμα σάκχαρα κατά τη ζύμωση του άρτου. Πάντως όσο πιο υψηλό είναι το 'διαθέσιμο άμυλο', τόσο πιο υψηλή επίδραση έχει στην ποιότητα του ψωμιού, καθώς μειώνεται ο όγκος του (Matz, 1972; Δημόπουλος, 1981; Cauvain & Young, 1998).

- *Κυτταρίνη*: Αποτελεί έναν άλλο πολυσακχαρίτη και είναι κύριο συστατικό του φύτρου στον κόκκο του σιταριού, απομακρύνεται όμως κατά την άλεση. Οι κυτταρίνες στο αλεύρι αυξάνονται με αύξηση του βαθμού άλεσης. Ανήκουν στην κατηγορία των μη αμυλωδών πολυσακχαριτών και είναι γραμμικά πολυμερή που αποτελούνται από χιλιάδες μονάδες γλυκόζης ανά αλυσίδα, οι οποίες ενώνονται με β-1,4 γλυκοζιτικούς δεσμούς. Οι κυτταρίνες είναι αρκετά σταθερές, γιατί σχηματίζουν ενδομοριακούς δεσμούς υδρογόνου.
- *Πεντοζάνες*: Είναι πολυσακχαρίτες που περιέχουν πεντόζες, αραβινόζη, ξυλόζη και γλυκοπρωτεΐνες. Υπάγονται στις ημικυτταρίνες και αποτελούν ποσοστό 2-3% του λευκού αλεύρου. Υπάρχουν 2 είδη πεντοζανών, οι διαλυτές στο νερό, και οι αδιάλυτες στο νερό. Οι διαλυτές είναι μικρού μοριακού βάρους και παίζουν σημαντικό ρόλο στις ρεολογικές ιδιότητες της αρτόμαζας.
- *Δεξτρίνες και απλά σάκχαρα*: Η μαλτόζη αποτελεί το κυριότερο σάκχαρο ενώ σε μικτότερο ποσοστό υπάρχουν η γλυκόζη, φρουκτόζη και σακχαρόζη (Cauvain & Young, 1998).

### 1.3.2 Πρωτεΐνες

Οι πρωτεΐνες του αλεύρου και κυρίως το κλάσμα που αποτελεί τη γλουτένη, είναι το πιο σημαντικό λειτουργικό συστατικό που σχετίζεται με το σχηματισμό του ζυμαριού και τη διόγκωσή του κατά τη ζύμωση. Το ποσοστό της πρωτεΐνης των αλεύρων κυμαίνεται από 8-16% (υπάρχει δυνατότητα να φτάσει μέχρι και 21% σε μερικές περιπτώσεις) και εξαρτάται από τον τύπο του αλεύρου, από τους εδαφικούς παράγοντες, καθώς επίσης και από το κλίμα που επικρατεί στον τόπο της καλλιέργειας. Το ποσοστό είναι μεγαλύτερο στα άλευρα ολικής άλεσης σε σύγκριση με τα λευκά άλευρα. Επίσης ανάλογα με την προέλευση του αλεύρου (από το κέντρο των κόκκων ή τα εξωτερικά στρώματα), υπάρχει διαφορετική περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες.

Οι πρωτεΐνες των αλεύρων χωρίζονται στις διαλυτές: αλβουμίνες και γλοβουλίνες και τις αδιάλυτες: γλοιαδίνες και γλουτενίνες που μαζί ονομάζονται γλουτένη.

Γλουτένη λέγεται η υγρή, πλαστική και ελαστική μάζα που μένει στο χέρι ή στην κατάλληλη συσκευή μετά από την έκπλυση και συνεχή μάλαξη ενός ζυμαριού κάτω από το τρεχούμενο νερό βρύσης. Κατά την έκπλυση φεύγει το άμυλο, το πίτυρο και ένα μικρό μέρος της ολικής πρωτεΐνης που είναι υδατοδιαλυτό. Η γλουτένη είναι

αδιάλυτη στο νερό, έχει όμως την ικανότητα να απορροφά νερό στο διπλάσιο του βάρους της και να διογκώνεται δημιουργώντας ένα σκελετικό πλέγμα στα ζυμαρία, συνδέοντας τα συστατικά του ζυμαριού μεταξύ τους μαζί με την προσθήκη των παραγόμενων αερίων. Κανένα άλλο συστατικό των αλεύρων δεν επηρεάζει τόσο τις αρτοποιητικές του ιδιότητες όσο οι πρωτεΐνες και κυρίως η γλουτένη.

Οι αλβουμίνες αποτελούνται από 11 πρωτεΐνες η περιεκτικότητα των οποίων κυμαίνεται από 6-12% της συνολικής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες. Έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε τρυπτοφάνη ενώ επιδρούν θετικά στην αρτοποιητική ικανότητα του αλεύρου λόγω των πεντοζανών που περιέχουν. Αντίθετα, οι γλοβουλίνες αντιπροσωπεύουν το 5-12% των πρωτεϊνών του αλεύρου. Χαρακτηρίζονται από χαμηλή περιεκτικότητα σε τρυπτοφάνη και υψηλή σε αργινίνη χωρίς όμως να συνεισφέρουν στην αρτοποιητική ικανότητα του αλεύρου (Matz, 1972).

### 1.3.3 Λιπαρά

Το σιτάλευρο περιέχει περίπου 2,5% λιπαρά, από τα οποία το 10% είναι μη πολικά λιπαρά, όπως τριγλυκερίδια, διγλυκερίδια, ελεύθερα λιπαρά οξέα και στερόλες. Οι δυο κύριες ομάδες πολικών λιπαρών είναι γλυκολιπίδια (0,6%) και φωσφολιπίδια (0,9%). Τα λιπίδια αποτελούν το 1-2% του ενδοσπέρματος. Βρίσκονται είτε ως "ελεύθερα" λιπίδια που εκχυλίζονται εύκολα με πετρελαϊκό αιθέρα, είτε "συζευγμένα" με άμυλο ή πρωτεΐνες που απαιτούν πολικά συστήματα διαλυτών όπως μίγματα χλωροφορμίου/ μεθανόλης/ νερού. Τα λιπίδια του αλεύρου φαίνεται να έχουν μικρή επιρροή στις συνθήκες ανάμιξης, ενώ παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαδικασία ψησίματος του ψωμιού και στη διατηρησιμότητά του (Cauvain & Young, 1998).

#### 1.3.4 Ανόργανα συστατικά, Βιταμίνες, Ένζυμα

Οι περισσότερες ανόργανες ουσίες του σιταριού περιέχονται στο πίτυρο και στη στοιβάδα της αλευρόνης. Τα κυριότερα ανόργανα στοιχεία είναι: P, K, Mg, Ca και σε ίχνη εμφανίζονται Fe, Al, S. Η άλεση του σίτου έχει επιπτώσεις στη χημική σύνθεση του αλεύρου, μεταβάλλοντας, ανάλογα με το βαθμό άλεσης, την περιεκτικότητά του σε πρωτεΐνες αμινοξέα, βιταμίνες και μέταλλα. Όσον αφορά τα ανόργανα συστατικά, παρατηρείται σοβαρή μείωσή τους, αφού μόνο το 30 % του ψευδαργύρου, χαλκού, σιδήρου και φωσφόρου παραμένει στο άλευρο με βαθμό άλεσης 66 %, ενώ η συγκέντρωση σε ασβέστιο μειώνεται κατά 50 % (Pedersen & Eggum, 1983).

Επιπλέον, στο αλεύρι εμφανίζεται και ένα ικανοποιητικό ποσοστό βιταμινών. Το σιτάρι όπως και οι άλλοι δημητριακοί καρποί, περιέχει σημαντικές ποσότητες βιταμινών του συμπλόκου B, ενώ δεν περιέχει καθόλου βιταμίνη C (εκτός και αν αυτό είναι φυτρωμένο) καθώς επίσης και βιταμίνη D. Το σιτάρι, αν και περιέχει καροτινοειδή, αυτά αποτελούνται αποκλειστικά από ξανθοφύλλες, οι οποίες δεν μπορούν να δράσουν ως προβιταμίνη A. Τα λιπίδια του φύτρου είναι πλούσια σε βιταμίνη E και αποτελούν την καλύτερη πηγή παραλαβή της. Κατά την άλεση το πλήθος των βιταμινών περιέχεται στα παραπροϊόντα που χρησιμοποιούνται ως ζωοτροφές. Οι βιταμίνες αντίστοιχα με τα ανόργανα συστατικά μειώνονται σε μεγάλο βαθμό με την άλεση, κυρίως η νιασίνη και η θειαμίνη. Όμως έχουν τη δυνατότητα να αυξηθούν με αύξηση του βαθμού άλεσής του (Pedersen & Eggum, 1983; Τζουβάρα, 1990; Δημόπουλος, 1981).

Τέλος το αλεύρι περιέχει και πολλά ένζυμα, από τα οποία τα σπουδαιότερα για την παρασκευή του ψωμιού είναι οι αμυλάσες (αμυλολυτικά) και οι πρωτεάσες (πρωτεολυτικά). Συνεπώς παρακάτω αναλύονται αυτά τα δύο ένζυμα:

Αμυλάσες: διακρίνονται σε α- και β- αμυλάσες και η περιεκτικότητά τους πιθανώς εξαρτάται από το μέγεθος των κόκκων του σίτου. Οι α-αμυλάσες είναι ενδο-ένζυμα που διασπούν τυχαία τους α-1,4 γλυκοζιδικούς δεσμούς, συμβάλλοντας στην αποικοδόμηση των μεγάλων μορίων του αμύλου σε κλάσματα με μικρότερο μοριακό βάρος, επιδρούν έμμεσα στο χρώμα της κόρας και συμβάλλουν στην επιθυμητή μαλακή και απαλή δομή της ψίχας. Οι β-αμυλάσες αποτελούν εξω-ένζυμα που υδρολύουν το άμυλο μέχρι το στάδιο, όπου παράγεται η μαλτόζη. Με την ταυτόχρονη

δράση των α- και β-αμυλασών είναι δυνατή η διάσπαση του 85 % περίπου του αμύλου σε απλά σάκχαρα, δεδομένου ότι κανένα από τα παραπάνω ένζυμα δεν μπορεί να διασπάσει τους α-1,6 γλυκοζιδικούς δεσμούς που συναντώνται στις διακλαδώσεις των μορίων της αμυλοπηκτίνης (Evers et al., 1995).

Πρωτεάσες: αναφέρονται και ως πρωτεΐνάσες ή πεπτιδάσες και απαντώνται στους ακέραιους καρπούς των δημητριακών. Οι πρωτεάσες, που είναι τα ένζυμα που υδρολύουν τις πρωτεΐνες, δρουν στις θέσεις των πεπτιδικών δεσμών -CO-NH- (πεπτιδάσες). Τα πρωτεολυτικά ένζυμα είναι πιο ευαίσθητα στη θερμοκρασία από τις αμυλάσες και το βέλτιστο pH της δράσης τους κυμαίνεται από 3-4. Όμως σε σύνολο οι πρωτεάσες εμφανίζουν χαμηλή δραστηριότητα.

Άλλα ένζυμα του αλεύρου είναι οι λιπάσες που υδρολύουν τα γλυκερίδια, οι λιποξειδάσες που οξειδώνουν τα γλυκερίδια και η φυτάση που υδρολύει το φυτικό οξύ (Τζουβάρα, 1990).

## **2. Υπόλοιπα Συστατικά για Παραγωγή Άρτου**

### 2.1 Νερό

Η προσθήκη του νερού στο αλεύρι κατά τη διάρκεια της αρτοποιήσης αποσκοπεί στις παρακάτω βασικές λειτουργίες: διαλυτοποίηση των υδατοδιαλυτών μορίων, ενεργοποίηση των ενζύμων, ανάπτυξη νέων δεσμών μεταξύ των μακρομορίων του αλεύρου και μεταβολή των ρεολογικών ιδιοτήτων του ζυμαριού. Η ποσότητα του νερού που μπορεί να προστεθεί στο αλεύρι, ώστε το ζυμάρι να αποκτήσει τα επιθυμητά χαρακτηριστικά, είναι συγκεκριμένη. Το ζυμάρι δεν αποτελεί μίγμα τυχαίων αναλογιών των συστατικών του, αλλά ένα κολλοειδές σύστημα με αναλογίες συστατικών που βρίσκονται εντός πολύ στενών ορίων. Κατά την ανάμιξή του με το αλεύρι επέρχεται ενυδάτωση των πρωτεϊνών του αλεύρου και απορρόφηση νερού από το άμυλό του, ιδιαίτερα από το 'σπασμένο άμυλο'. Επίσης σχηματίζεται μία υγρή φάση στο ζυμάρι, όπου τα διαλυτά στερεά όπως ζάχαρη, αλάτι, διαλυτές πρωτεΐνες μπορούν να διαλυθούν και τα κύτταρα της μαγιάς μπορούν να διασκορπιστούν. Μεγαλύτερη απορρόφηση νερού υπάρχει από τις πρωτεΐνες του αλεύρου και μικρότερη από τους άθικτους αμυλόκοκκους. Είναι χαρακτηριστικό ότι η γλουτένη προσλαμβάνει νερό σε ποσότητα διπλάσια του βάρους της, ενώ το άμυλο το 30% του βάρους του.

Σημαντικό ρόλο κατά την αρτοποιήση παίζει η σκληρότητα και η αλκαλικότητα του νερού. Νερό με μικρή περιεκτικότητα σε ιόντα ασβεστίου έχει τάση να μαλακώνει τη γλουτένη και να καθιστά την ζύμη μαλακή και κολλώδη. Αντίθετα νερό με μεγάλη σκληρότητα, οδηγεί σε σκληρότερη γλουτένη και έχει ως αποτέλεσμα την επιβράδυνση της ωρίμανσης του ζυμαριού. Συνεπώς κατά την παρασκευή αρτοσκευασμάτων προτιμάται η χρήση νερού με μέτρια σκληρότητα. Επίσης νερό με υψηλή αλκαλικότητα είναι ακατάλληλο για αρτοποιήση, διότι η μεγάλη περιεκτικότητά του σε αλκαλικά άλατα εξουδετερώνει τη φυσική οξύτητα που δημιουργείται κατά τη ζύμωση. Σε αυτή την περίπτωση δεν μπορούν να δράσουν τα ένζυμα του ζυμαριού με άριστο pH δράσης 4-5 (Kamel & Stauffer, 1993).

Επιπρόσθετα, σημαντικό ρόλο παίζει η θερμοκρασία του νερού, η οποία επηρεάζει τη θερμοκρασία του ζυμαριού και κατά συνέπεια την ανάπτυξη του ζυμαριού, αφού τα φαινόμενα οξείδωσης ευνοούνται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Ταυτόχρονα, επηρεάζει την ενζυμική δραστηριότητα του αλεύρου και τη δράση της μαγιάς, οι

οποίες είναι εντονότερες σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Άλλες ιδιότητες που επηρεάζονται από τη θερμοκρασία του νερού είναι η συνοχή και η ρεολογία του ζυμαριού. Καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται, το ζυμάρι γίνεται απαλότερο και λιγότερο ανθεκτικό. Τέλος, επηρεάζεται και ο χρόνος ζύμωσης, ο οποίος αυξάνεται όσο η θερμοκρασία χαμηλώνει (Cauvain & Young, 2000; Gil et al., 1997).

## 2.2 Μαγιά αρτοποιίας

Η μαγιά αποτελεί απαραίτητο συστατικό στην παραγωγή του ψωμιού και πολλών άλλων αρτοποιημάτων. Τα σπουδαιότερα πλεονεκτήματα της μαγιάς έναντι των χημικών μέσων διόγκωσης είναι ότι συνεισφέρει στην ανάπτυξη χαρακτηριστικής γεύσης και αρώματος στο τελικό προϊόν καθώς επίσης και το ότι η έκλυση διοξειδίου του άνθρακα μπορεί να συνεχιστεί για πολύ μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Όμως, τα βασικά της μειονεκτήματα είναι ο πολύ δυσκολότερος έλεγχός της, το άρωμά της σε ορισμένες περιπτώσεις και το γεγονός ότι είναι δαπανηρή η μέθοδος της διόγκωσης με μαγιά, λόγω κατανάλωσης επιπλέον υλικών που βρίσκονται στο ζυμάρι.

Κάθε κύτταρο της μαγιάς μπορεί να επιτελέσει πολλές και διαφορετικές αντιδράσεις, αλλά εκείνες που αφορούν περισσότερο την αρτοποιήση είναι αυτές που συνιστούν τη ζύμωση. Τα βασικά προϊόντα της ζύμωσης είναι το διοξείδιο του άνθρακα και η αιθυλική αλκοόλη. Επίσης, υποστρώματα αυτής της ζύμωσης είναι κυρίως η γλυκόζη και η φρουκτόζη. Όλα αυτά περιγράφονται με την παρακάτω αντίδραση:



Το διοξείδιο του άνθρακα είναι αυτό που προκαλεί τη διόγκωση του ζυμαριού, ενώ η αιθανόλη συμβάλλει σημαντικά στο άρωμα των ψημένων προϊόντων.

Η ζύμωση της μαγιάς συμβάλλει σημαντικά στο άρωμα (flavor) του ψωμιού, λόγω της παραγωγής πολύπλοκων παραπροϊόντων κατά τη διαδικασία της ζύμωσης. Επίσης παράγονται αναγωγικά σάκχαρα τα οποία αντιδρούν με τις πρωτεΐνες του ζυμαριού στην επιφάνειά του και με επίδραση της θερμότητας, κατά τη διάρκεια του ψησίματος, το ψωμί αποκτά το χαρακτηριστικό καστανό χρώμα στην κόρα του (Kamel & Stauffer, 1993).

Τα είδη στα οποία χωρίζεται η μαγιά είναι τα παρακάτω:

- *Η παραδοσιακή μαγιά*, γνωστή με το όνομα «φρέσκια νωπή μαγιά», είναι αρκετά στερεή και ομοιογενής με κρεμώδες χρώμα σε μορφή πάστας. Περιέχει 70% υγρασία και αποτελείται από στρογγυλά ή ωοειδή κύτταρα, διαμέτρου 1/100 mm και πολύ μικρό βάρος. Επίσης αποτελείται από 15,5% πρωτεΐνες και 12-14,5% υδατάνθρακες. Λόγω του υψηλού ποσοστού υγρασίας εμφανίζει περιορισμένο χρόνο ζωής (10-15 ημέρες στους 15 °C ή 30 ημέρες στους 0 °C) (Γιάννου Β, 2009). Σε θερμοκρασία δωματίου ή μεγαλύτερη πρέπει να χρησιμοποιείται το συντομότερο δυνατό, διότι η μαγιά χάνει ραγδαία την ικανότητα διόγκωσης και αναπτύσσει ανεπιθύμητες οσμές.
- *Η ξηρή μαγιά*, η οποία χωρίζεται σε ενεργή και στιγμιαία ξηρή μαγιά. Όσον αφορά την ενεργή ξηρή μαγιά, οι πιο κοινοί τύποι αφυδατώνονται σε χαμηλές θερμοκρασίες μέχρι να φτάσουν σε περιεχόμενη υγρασία 7,5 με 8,5%, αλλιώς η σύνθεση είναι παρόμοια με αυτή την νωπής μαγιάς. Σε θερμοκρασία δωματίου, χάνεται περίπου το 1% της δραστηρότητάς της ανά μήνα, αν έχει συσκευαστεί σε ατμόσφαιρα αζώτου ή διοξειδίου του άνθρακα και το 8% της δραστηρότητάς της ανά μήνα σε ατμόσφαιρα κάποιου αδρανούς αερίου. Από την άλλη η ξηρή στιγμιαία μαγιά εμφανίζεται υπό τη μορφή κόκκων με υγρασία μικρότερη από 5%. Προέρχεται από τη φρέσκια μαγιά, η οποία ξηραίνεται σε χαμηλή θερμοκρασία και, προκειμένου να χρησιμοποιηθεί, είναι απαραίτητη η ενεργοποίηση των κυττάρων με ενυδάτωσή τους με πενταπλάσια ποσότητα νερού, σε θερμοκρασία 38 °C, παρουσία μικρής ποσότητας σακχαρόζης. Χρησιμοποιώντας το 1/3 της δόσης της φρέσκιας μαγιάς, προκύπτουν εξίσου εξαιρετικά αποτελέσματα. Η συσκευασία της σχεδιάζεται με ειδικό τρόπο, με σκοπό να ελαχιστοποιείται ο ρυθμός μεταφοράς αερίων, που οδηγεί σε επαφή της με το οξυγόνο της ατμόσφαιρας (Matz, 1988)

### 2.3 Αλάτι

Το αλάτι χρησιμοποιείται γενικά στην αρτοποιία σε επίπεδα περίπου 1-2.2 % ως προς το αλεύρο. Οι σημαντικές λειτουργίες του είναι η βελτίωση της γεύσης και η επίδρασή του στις λειτουργικές ιδιότητες και τον έλεγχο της ωρίμανσης του ζυμαριού. Επιπλέον, αυξάνει τη συνεκτικότητα της γλουτένης και κατά συνέπεια καθιστά το ζυμάρι λιγότερο κολλώδες, βοηθά στον έλεγχο της δράσης των ζυμομυκήτων, ελέγχοντας με αυτό τον τρόπο την ταχύτητα της ζύμωσης και συμβάλλει στο χρώμα της κόρας κατά το ψήσιμο, καθώς το κάνει πιο ομοιόμορφο και

έντονο. Τέλος, αυξάνει τη θερμοκρασία ζελατινοποίησης από 63 σε 69 °C, παρεμποδίζει την ανάπτυξη ανεπιθύμητων βακτηρίων και οδηγεί στην προοδευτική μείωση της μαλτόζης και των λιπιδίων της γλουτένης, ιδιαίτερα τα φωσφολιπιδίων.

## 2.4 Βελτιωτικά αρτοποιίας

### 2.4.1 Σάκχαρα

Στα αρτοσκευάσματα γίνεται συχνά προσθήκη σακχαρόζης ή άλλων σακχάρων είτε για την ενίσχυση του χρώματος της κόρας (αντίδραση Maillard) είτε και τη δράση τους ως πηγές ζυμώσιμων υδατανθράκων για τη μαγιά, ειδικά κατά τα πρώτα στάδια της ζύμωσης. Κατόπιν, παρουσία κατάλληλων ενζύμων στο ζυμάρι, παράγονται, κυρίως από τη διάσπαση του αμύλου, ικανοποιητικές ποσότητες σακχάρων για τη συνέχιση της ζύμωσης και την παραγωγή αερίων. Επίσης η προσθήκη σακχαρόζης έχει ως αποτέλεσμα την επιτάχυνση της ωρίμανσης του ζυμαριού. Αυτό συμβαίνει, διότι ιμβερτοποιείται η προστιθέμενη στο ζυμάρι σακχαρόζη μέσω του ενζύμου ιμβερτάση, σε γλυκόζη και φρουκτόζη (τα οποία είναι ζυμώσιμα σάκχαρα) και επομένως αυξάνεται το ποσοστό των μονοσακχαριτών που συνεισφέρουν στην ωρίμανση (Cauvain & Young, 2000).

### 2.4.2 Οξειδωτικά και αναγωγικά μέσα

Οξειδωτικά μέσα είναι οι ουσίες που οξειδώνουν τις πρωτεΐνες της γλουτένης, δημιουργώντας 'εγκάρσιους' δεσμούς μεταξύ διαφορετικών πρωτεϊνικών μορίων. Οι δεσμοί αυτοί αποτελούνται από δισουλφιδικές γέφυρες (-S-S-), που προκύπτουν από την οξείδωση γειτονικών σουλφιδρυλικών ομάδων (-SH-). Τα αποτελέσματα αυτής της μεταβολής στη δομή των πρωτεϊνών είναι η αύξηση της συνεκτικότητας και ελαστικότητας της γλουτένης που σχηματίζεται κατά το ζύμωμα του αλεύρου. Οξειδωτικά τα οποία χρησιμοποιούνται συνήθως είναι: ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C), βρωμικό κάλιο, αζωδικαρθοναμίδιο και υπεροξειδία. Η αντίδραση που λαμβάνει χώρα με τη χρήση οξειδωτικών μέσων είναι η παρακάτω:



Αναγωγικά μέσα είναι οι ουσίες που προκαλούν την αντίθετη μεταβολή στη γλουτένη. Πιο συγκεκριμένα διανοίγουν τις δισουλφιδικές γέφυρες (-S-S-) και σχηματίζουν σουλφιδρυλικές ομάδες (-SH-). Επομένως, οι αναγωγικές ουσίες χρησιμοποιούνται για να αδυνατίσουν ένα σκληρό αλεύρι, ώστε να γίνει κατάλληλο

για αρτοποιήση ή ένα απλό αλεύρι, έτσι ώστε να γίνει κατάλληλο για παραγωγή μπισκότων. Αναγωγικά τα οποία χρησιμοποιούνται συνήθως είναι: κυστεΐνη και όξινο θειώδες νάτριο (Καζάζης, 1981).

#### 2.4.3 Γαλακτωματοποιητές

Οι γαλακτωματοποιητές παίζουν σημαντικό ρόλο και χρησιμοποιούνται για να αυξήσουν τη σταθερότητα της ζύμης και να βελτιώσουν τον όγκο των προϊόντων. Επίσης επιβραδύνουν τη σκλήρυνση της ψίχας, και με αυτό τον τρόπο αυξάνουν τη διατηρησιμότητα του ψωμιού. Συνήθως χρησιμοποιούνται οι εξής γαλακτωματοποιητές: λεκιθίνη, μονογλυκερίδια, αποσταγμένα μονογλυκερίδια (για παράδειγμα Distilled Monoglyceride) (Καζάζης, 1981).

#### 2.4.4 Λίπη

Η μέση περιεκτικότητα λιπαρών στα αρτοσκευάσματα είναι περίπου 3% ως προς το άλευρο. Τα λιπαρά που χρησιμοποιούνται στην αρτοποιία παράγονται από φυτικά κυρίως έλαια, συχνά περιέχουν πλαστικοποιητές ή γαλακτωματοποιητές και εμφανίζουν ημι-πλαστική ή πλαστική συμπεριφορά και έχουν ως αποτέλεσμα το μαλάκωμα της ψίχας του άρτου, καθώς και την αύξηση της διατηρησιμότητας και διόγκωσης του άρτου. Το λίπος αυτό παρεμβάλλεται μεταξύ των μορίων των πρωτεϊνών και του αμύλου στο άλευρο και επενδύει τα μόρια αυτά με μία λεπτή μεμβράνη νερού. Με αυτό τον τρόπο παρεμποδίζει τις πρωτεΐνες της γλουτένης να έρθουν σε επαφή με το νερό, δρώντας ως μονωτική ουσία. Συνεπώς διασπά τη δομή της γλουτένης και εμποδίζει το σχηματισμό συμπαγούς μάζας κάνοντας την υφή πιο μαλακή (Καζάζης, 1981).

Επιπλέον, τα λιπαρά επηρεάζουν τις εξής λειτουργίες και χαρακτηριστικά των αρτοσκευασμάτων: απαλότητα και υφή, αίσθηση στο στόμα, δομική ακεραιότητα, λίπανση, ενσωμάτωση αέρα, μεταφορά θερμότητας και χρόνο ζωής προϊόντος. Οι παράγοντες που καθορίζουν τη λειτουργικότητα των λιπαρών είναι κυρίως η αναλογία στερεής προς υγρή φάση στο λιπαρό, η πλαστικότητά τους και η οξειδωτική τους σταθερότητα (Ghotra et al., 2002).

#### 2.4.5 Ένζυμα

Η τάση περιορισμού των χημικών ουσιών που προστίθενται στα τρόφιμα οδήγησε σε στροφή προς τη χρήση ενζύμων ως συστατικών του ζυμαριού, καθώς θεωρείται ότι μπορούν να αντικαταστήσουν διάφορα οξειδωτικά μέσα ή επιφανειοενεργές ουσίες.

Συχνά, έχουν συνεργιστική δράση, όταν συνδυάζονται μεταξύ τους, βελτιώνοντας παράλληλα τόσο τη συμπεριφορά του ζυμαριού κατά την επεξεργασία, όσο και την ποιότητα και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τελικών προϊόντων. Επίσης, επηρεάζουν τη ζελατινοποίηση και την αναδιάταξη του αμύλου. Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των ενζύμων είναι ότι δρουν ως βοηθητικά μέσα επεξεργασίας κατά τον σχηματισμό του ζυμαριού και στα αρχικά στάδια του κλιβανισμού, προτού μετουσιωθούν και αδρανοποιηθούν. Λόγω της ιδιότητάς τους αυτής, σε πολλές περιπτώσεις, δεν είναι αναγκαία η αναγραφή τους στην ετικέτα των προϊόντων. Τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα ένζυμα (ενδογενή ή εξωγενώς προστιθέμενα) είναι η α-αμυλάση, οι ξυλανάσες, οι λιποξυγενάσες, η οξειδάση της γλυκόζης, η τρανσγλουταμινάση, τα πρωτεολυτικά ένζυμα και οι λιπάσες.

Για τη διατήρηση της απαλότητας του άρτου για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, χρησιμοποιούνται επίσης και επιφανειοενεργές ουσίες. Οι συγκεκριμένες ουσίες αλληλεπιδρούν με το άμυλο και ειδικά με τα γραμμικά μόρια της αμυλόζης, σχηματίζοντας σύμπλοκα. Έτσι καθυστερούν το μπαγιάτεμα του άρτου, είτε παρεμποδίζοντας την αναδιάταξη της αμυλόζης ή της αμυλοπηκτίνης, είτε περιορίζοντας τους διαθέσιμους πυρήνες αμυλόζης β-τύπου που προάγουν την αναδιάταξη της αμυλοπηκτίνης. Επίσης, εμποδίζουν τη μετανάστευση νερού από τη γλουτένη στο άμυλο (Γιάννου, 2009).

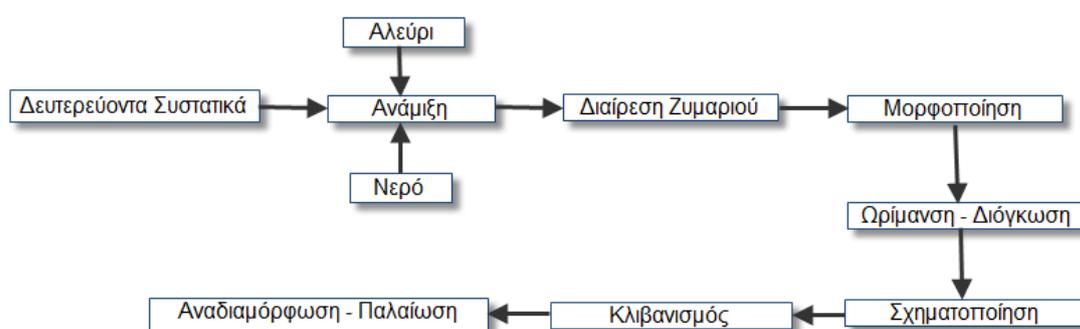
#### 2.4.6 Ξηρή γλουτένη

Η ξηρή, ‘ζωντανή’ γλουτένη προστίθεται συνήθως στους μύλους ή στα αρτοποιεία για την ενίσχυση αδύνατων αλεύρων ή για τη δημιουργία πολύ σκληρών αλεύρων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ψωμιών, φρυγανιών ή φύλλων κρούστας. Ο συνδυασμός ξηρής γλουτένης και εστεροποιημένων ή αποσταγμένων μονογλυκεριδίων εφαρμόζεται ιδιαίτερα σε αρτοσκευάσματα ολικής άλεσης και προϊόντα που περιέχουν ίνες και ολόκληρους κόκκους στα οποία χρειάζεται να βελτιωθεί η σταθερότητα του ζυμαριού τους, η συγκράτηση αερίου και να διατηρηθεί ο όγκος τους (Καζάζης, 1981).

### 3. Παραγωγική Διαδικασία Άρτου

#### 3.1 Γενικά στοιχεία

Η αρτοποιήση αποσκοπεί στη μετατροπή του μίγματος του αλεύρου σε ένα διογκωμένο και εύγευστο τρόφιμο. Το πρώτο στάδιο είναι η ανάμιξη του αλεύρου και του νερού με τη μαγιά, το αλάτι και ενδεχομένως και άλλα συστατικά σε επιθυμητές αναλογίες και εν συνεχεία η ωρίμανση του ζυμαριού που περιλαμβάνει την περαιτέρω ανάπτυξη του πλέγματος της γλουτένης και τη μεταβολή των ρεολογικών ιδιοτήτων του ζυμαριού. Ακολουθεί η διαίρεση του ζυμαριού σε τεμάχια επιθυμητού βάρους και η αρχική σχηματοποίησή τους. Το ζυμάρι αφήνεται σε ηρεμία για ορισμένο χρονικό διάστημα, στο οποίο σημειώνεται περαιτέρω μεταβολή των φυσικών και ρεολογικών του ιδιοτήτων. Το επόμενο στάδιο είναι η τελική σχηματοποίηση του ζυμαριού, ώστε αυτό να αποκτήσει την επιθυμητή διαμόρφωση και στην επόμενη φάση πραγματοποιείται η ζύμωση και διόγκωση του ζυμαριού. Ο κλιβανισμός του ζυμαριού αποτελεί το προτελευταίο στάδιο, το οποίο συνεπάγεται περαιτέρω διόγκωση και την τελική διαμόρφωση του άρτου (γίνεται με βάση τον τύπο και το βάρος του άρτου). Τέλος κατά την αποθήκευση, παρατηρείται η αναδιαμόρφωση – παλαίωση του ψημένου προϊόντος. (Armero & Collar, 1998; Cauvain & Young, 1999). Στη συνέχεια παρατίθεται υπό μορφή διαγράμματος η παραγωγική διαδικασία των αρτοσκευασμάτων:



Εικόνα 2: Διάγραμμα για συμβατική παραγωγική διαδικασία άρτου (conventional breadmaking)

Οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σε καθένα από τα στάδια αυτά, καθώς και οι παράγοντες που επηρεάζουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αρτοσκευασμάτων περιγράφονται αναλυτικά στη συνέχεια.

### 3.2 Ανάμιξη

Στην αρτοβιομηχανία η ανάμιξη των πρώτων υλών είναι η πρώτη κατά σειρά από τις βασικές διεργασίες παρασκευής αρτοσκευασμάτων. Αρχικά κατά την ανάμιξη παρέχεται η απαραίτητη μηχανική ενέργεια για την έναρξη μίας σειράς πολύπλοκων μεταβολών και αλληλεπιδράσεων ανάμεσα στα διάφορα συστατικά (νερό, αλάτι, μαγιά, άμυλο, πρωτεΐνες, λιπαρά, ένζυμα, σάκχαρα κ.λπ.), οι οποίες αποσκοπούν στο σχηματισμό ενός ομογενοποιημένου, απαλού και συνεκτικού ζυμαριού. Βασική προϋπόθεση είναι να προστεθούν οι κατάλληλες αναλογίες των συστατικών, ώστε να υπάρχει ισορροπία, και να αποφευχθεί η άμεση αρχική επαφή της μαγιάς με τη ζάχαρη και ειδικά με το αλάτι. Το τελευταίο οφείλεται στην υγροσκοπική φύση του άλατος που έχει ως αποτέλεσμα την απορρόφηση υγρασίας από τα κύτταρα της μαγιάς (λόγω της ωσμωτικής πίεσης) και κατά συνέπεια την αφυδάτωσή τους, έως ότου τελικά το αλάτι να αρχίσει να διαλύεται μερικώς και το μίγμα να ενυδατώνεται (Singh et al., 2002).

Συνεπώς, η διεργασία της ανάμιξης απαιτεί μία σειρά σταδίων. Αρχικά, γίνεται ανάμιξη των υλικών, ώστε να έρθουν σε επαφή μεταξύ τους και να μειωθεί η απόσταση των κόκκων των διάφορων συστατικών και να επέλθει η ομογενοποίηση που έχει ως αποτέλεσμα το ζυμάρι να είναι κολλώδες με λίγες έως καθόλου ελαστικές ιδιότητες. Εν συνεχεία, το ζυμάρι παρουσιάζει μεγάλη ιξωδοελαστικότητα και τα υλικά αποσπώνται από τα τοιχώματα του κάδου ανάμιξης. Το ιξώδες και η ελαστικότητα του ζυμαριού αυξάνονται συνεχώς. Τη στιγμή όπου η τιμή του φαινομένου ιξώδους του ζυμαριού μεγιστοποιείται, το ζυμάρι έχει τη μέγιστη δυνατότητα συγκράτησης αέρα (στόχος της ανάμιξης). Αν συνεχιστεί η ανάμιξη, το φαινόμενο ιξώδες αρχίζει να μειώνεται και το ζυμάρι αρχίζει να γίνεται λιγότερο ελαστικό και κολλώδες με αποτέλεσμα να χάνει την ικανότητα συγκράτησης αέρα. Αυτό προκύπτει από την διάσπαση των ενδομοριακών δισουλφιδικών δεσμών, που δημιουργούνται κατά την διάρκεια των προηγούμενων σταδίων της ανάμιξη (Valentas et al, 1997).

Βασικοί παράγοντες που υπεισέρχονται στην ορθή παρασκευή του ζυμαριού είναι οι πρωτεΐνες του αλεύρου (ειδικότερα η γλουτένη), ο χρόνος ανάμιξης και ο τύπος του αναμικτήρα.

### 3.2.1 Ανάπτυξη της γλουτένης, παρουσία οξειδωτικών και αναγωγικών μέσων

Τα πρωτεϊνικά μακρομόρια του αλεύρου έχουν ελικοειδή μορφή, είναι τοποθετημένα σε πυκνές θέσεις μεταξύ τους και συγκρατούνται με ειδικές δυνάμεις, όπως με δεσμούς υδρογόνου, με ιοντικούς δεσμούς καθώς επίσης και δισουλφιδικούς δεσμούς μεταξύ των πλευρικών ομάδων κυστεΐνης. Όταν γίνεται ανάμιξη του νερού με το αλεύρι, τότε οι πρωτεΐνες ενυδατώνονται και διογκώνονται, ενώ οι δυνάμεις συνοχής μεταξύ των πρωτεϊνικών μακρομορίων αρχίζουν να εξασθενούν. Το βασικότερο όμως είναι ο σχηματισμός της γλουτένης, μέσω της ανταλλαγής σουλφριδρυλικών ομάδων και δισουλφιδικών γεφυρών, όπως αναφέρθηκε πιο πριν. Όσο πιο γρήγορα γίνεται η ανάμιξη, τόσο πιο γρήγορα προκύπτει το πλέγμα της γλουτένης. Στα προϊόντα τα οποία διογκώνονται με μαγιά, η ανάπτυξη της γλουτένης συνεχίζεται κατά την ωρίμανση του ζυμαριού.

Επιπλέον είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που επιδρούν στην ανάπτυξη της γλουτένης και μεταβάλλουν την απαιτούμενη ενέργεια ανάμιξης. Συγκεκριμένα η ενέργεια ανάμιξης μειώνεται με την προσθήκη του αλατιού στα τελευταία στάδια της ανάπτυξης της γλουτένης και της προσθήκης πρωτεολυτικών ενζύμων και αναγωγικών ουσιών. Αντίθετα οι απαιτήσεις για ανάμιξη αυξάνονται, όταν προστεθεί μεγάλη ποσότητα αλατιού και οξειδωτικών ουσιών (Καζάζης, 1981; Charley, 1996).

Ως αποτέλεσμα, η χρήση οξειδωτικών μέσων οδηγεί σε σκληρότερο πλέγμα γλουτένης, και η ελαστικότητα του ζυμαριού μειώνεται. Η ποσότητα των προστιθέμενων οξειδωτικών ουσιών πρέπει να ρυθμίζεται κατάλληλα, έτσι ώστε η γλουτένη να είναι αρκετά δυνατή για να συγκρατεί τις φυσαλίδες του αερίου, αλλά όχι υπερβολικά σφιχτή, για να διαθέτει εκτατότητα και να μπορεί να περικλείει τις σχηματιζόμενες φυσαλίδες. Αντίθετα με την προσθήκη αναγωγικών ουσιών, προωθούνται οι αντιδράσεις ανταλλαγής, λόγω της αντίστροφης αντίδρασης από αυτή που προκαλούν τα οξειδωτικά μέσα. Το πρόβλημα όμως εμφανίζεται με προσθήκη μεγάλης ποσότητας αυτών των ουσιών, διότι με αυτό τον τρόπο προκαλούν λεπτόρρευστο και κολλώδες ζυμάρι και μειώνουν τη δύναμη της γλουτένης (Gerrard et al., 1998).

### 3.2.2 Χρόνος Ανάμιξης

Κάθε αλεύρι, για την παραγωγή ζυμαριού, απαιτεί έναν βέλτιστο χρόνο ανάμιξης, προκειμένου να αποκτήσει την ιδανική συνεκτικότητα. Ο χρόνος αυτός επηρεάζεται από το ποσοστό των πρωτεϊνών και ειδικά για πρωτεϊνικό περιεχόμενο μικρότερο από 12% ο χρόνος είναι μεγαλύτερος, ενώ για μεγαλύτερο από 12% δεν επηρεάζεται. Επίσης, η προσθήκη αναγωγικών ουσιών, όπως δισουλφίδια κλπ., συμβάλλουν στη μείωση του χρόνου που απαιτείται για ανάμιξη, λόγω της δυνατότητας των αναγωγικών ουσιών να διασπών τους δισουλφιδικούς δεσμούς στις πρωτεΐνες της γλουτενίνης, οπότε και γίνονται μικρότερα τα μόρια των πρωτεϊνών. Επιπλέον, για τιμές pH μικρότερες από 9, απαιτείται μικρότερος χρόνος ανάμιξης, ενώ για τιμές μεγαλύτερες από 10, απαιτείται μεγαλύτερος χρόνος.

Σε περίπτωση που η ανάμιξη συνεχιστεί για περισσότερο χρόνο από ότι απαιτείται, αρχίζει να μειώνεται η συνεκτικότητα και το ζυμάρι γίνεται μαλακό και κολλώδες λόγω της αποβολής νερού που προκύπτει από την αδυναμία απορρόφησης νερού (Hoseney, 1986)

### 3.2.3 Διάφοροι τύπου αναμικτήρων

Οι διάφοροι τύποι αναμικτήρων ή αλλιώς ζυμωτήρια, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους ταξινομούνται στις παρακάτω κατηγορίες.

#### Οριζόντιοι Αναμικτήρες

Οι οριζόντιοι αναμικτήρες χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά στις μεγάλες μονάδες παραγωγής αρτοσκευασμάτων, επειδή είναι ισχυροί και ειδικά σχεδιασμένοι για εκτατά ζυμάρια. Στους οριζόντιους αναμικτήρες, ο αναδευτήρας ή οι αναδευτήρες αποτελούνται από κυκλικές ράβδους στην επιφάνεια του κάδου ανάμιξης. Ο κάδος ανάμιξης είναι σε οριζόντια θέση, έχει διατομή σχήματος U και βρίσκεται στερεωμένος στο σταθερό σκελετό ενός θαλάμου. Η κατασκευή αυτή όμως έχει το μειονέκτημα ότι μετά την παρασκευή του, το ζυμάρι δεν μπορεί να μεταφερθεί με τον κάδο. Οι αναμικτήρες αυτοί διαχωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

- *Αναμικτήρες μικρών ταχυτήτων.* Οι ταχύτητες των αναδευτήρων είναι περίπου 14-60 rpm, όμως συνήθως είναι 25 rpm. Στις μέρες μας βρίσκουν εφαρμογές στην παρασκευή σκληρής ζύμης, εφόσον διαθέτουν κινητήρα μεγαλύτερης ιπποδύναμης. Οι χρησιμοποιούμενοι αναδευτήρες μπορεί να είναι μονοαξονικοί ή

διαξονικοί και όταν οι βραχίονές τους περιστρέφονται με διαφορετική ταχύτητα, το παρασκευαζόμενο μίγμα μετακινείται γρήγορα από τον έναν στον άλλο με μεγάλη δύναμη, με αποτέλεσμα τα συστατικά να απλώνονται και να σχηματίζεται πιο εύκολα το ζυμάρι.

- *Αναμικτήρες μεγάλων ταχυτήτων.* Οι αναμικτήρες αυτοί έχουν συνήθως δύο ταχύτητες, με εύρος από 35-70 μέχρι 50-100 rpm και χρησιμοποιούνται κυρίως για την γρήγορη ανάπτυξη της γλουτένης. Έχουν 2, 3 ή 4 κυλινδρικούς βραχίονες τοποθετημένους παράλληλα προς το μέτωπο του αναμικτήρα και περιστρέφονται γύρω από τον κεντρικό άξονα, καθώς και συμπληρώνουν ο ένας τον άλλο κατά τη διάρκεια της ανάδευσης. Οι βραχίονες αυτοί ακολουθούν κατά την περιστροφή τους μία τροχιά πολύ κοντά στα τοιχώματα του κάδου, με αποτέλεσμα το παρασκευαζόμενο ζυμάρι να αναμιγνύεται και να πλάθεται προς μία κατεύθυνση. (Καζάζης, 1981).

#### Κάθετοι αναμικτήρες

Το σημαντικό των κάθετων αναμικτήρων είναι ότι ο κάδος είναι κάθετα τοποθετημένος και αυτός και οι βραχίονες ανάμιξης δεν έχουν μόνιμη σύνδεση με το σκελετό του αναμικτήρα, αλλά είναι κινητοί. Χρησιμοποιούνται για την παρασκευή μεγάλης ποικιλίας ειδών ζυμαριού και χρησιμοποιούνται στην διόγκωση αρτοποιημάτων με μαγιά. Οι κάθετοι αναμικτήρες χωρίζονται στις εξής δύο κατηγορίες:

- *Πλανητικοί αναμικτήρες.* Αυτοί οι αναμικτήρες περιστρέφονται κυκλικά γύρω από τον κεντρικό άξονα του κάδου ανάμιξης και δίπλα στα εσωτερικά τοιχώματα του κάδου. Η ταχύτητα παίρνει τιμές από 40-350 rpm και η περιστροφή του αναδευτήρα γύρω από τον άξονα είναι συχνά αντίθετη από την περιστροφή του όλου συστήματος. Στους πλανητικούς αναμικτήρες χρησιμοποιούνται διάφοροι τύπου αναδευτήρων ανάλογα με το είδος του ζυμαριού.
- *Αναμικτήρες με ράβδους.* Σε αυτή την περίπτωση οι αναμικτήρες έχουν κάθετο διαξονικό ή τριαξονικό αναδευτήρα. Κάθε άξονας αποτελείται από 4-6 λεπτά πτερύγια από χάλυβα μεγάλης ελαστικότητας. Το βασικότερο πλεονέκτημα είναι ότι οι κάδοι μετακινούνται με ρόδες που έχουν στη βάση τους, με αποτέλεσμα μετά την ανάμιξη, ο κάδος να αποσυνδέεται από τη συσκευή ανάμιξης και

μεταφέρεται στο χώρο ωρίμανσης, χωρίς να αδειάσει το περιεχόμενό του. (Καζάζης, 1981; Matz, 1972).

### Αναμικτήρες συνεχούς λειτουργίας

Οι αναμικτήρες συνεχούς λειτουργίας αποτελούνται συνήθως από έναν προ-αναμικτή και τον τελικό αναμικτή όπου πραγματοποιείται η ανάπτυξη του ζυμαριού. Ο προ-αναμικτής είναι ένας ανοξείδωτος κοχλίας που περιστρέφεται μέσα σε έναν, επίσης, ανοξείδωτο κύλινδρο. Το βασικό πρόβλημα των αναμικτήρων αυτών είναι η συνεχής τροφοδοτήσή τους με α' ύλες που πρέπει να είναι ζυγισμένες με ακρίβεια. Τροφοδοτούνται στη μία άκρη του εξοπλισμού κατά ρεύματα (υγρά - στερεά συστατικά) ενσωματώνονται πρόχειρα σε ζυμάρι και έπειτα αποβάλλονται υπό πίεση από τον κοχλία προς μία αντλία που τα μεταφέρει στον κυρίως αναμικτή. Αυτός αποτελείται από μία εσωτερική κοιλότητα, ωοειδούς σχήματος, με δύο περιστρεφόμενους διπλούς τοξωτούς βραχίονες που εκτείνονται αξονικά μέσα της. Το ζυμάρι εισάγεται από τη μία πλευρά της κοιλότητας και από την άλλη εξωθείται, μέσω εκβολέα, στις φόρμες έψησης. (Καζάζης, 1981; Matz, 1972; Matz, 1988).

### 3.3 Διαίρεση ζυμαριού

Το επόμενο στάδιο μετά την ανάμιξη είναι η διαίρεση του ζυμαριού η οποία έχει ως στόχο τον διαχωρισμό της μάζας του ζυμαριού σε πολλά μικρότερα τεμάχια ίσου βάρους. Για τη διαίρεση του ζυμαριού χρησιμοποιούνται συνήθως οι εξής τεχνικές: ο χειρωνακτικός διαχωρισμός, οι μέθοδοι πρέσας ή μήτρας, οι διαιρέτες εμπόλου/κοπής-διάτμησης, οι διαιρέτες (υπό κενό) περιστρεφόμενου τυμπάνου ή πιστονιού, καθώς επίσης και η διαίρεση με εκβολή. Σε όλες όμως τις περιπτώσεις, η διαίρεση γίνεται με βάση τον όγκο του ζυμαριού.

#### 3.3.1 Διαιρέτες

Ο απλούστερος τύπος αυτόματου διαιρέτη είναι ο κύλινδρος με έδρανο κορυφής ο οποίος χωρίζει το ζυμάρι σε π.χ. 18 ή 36 τεμάχια ίσου περίπου βάρους, διοχετεύοντας στο ζυμάρι μία κεφαλή κοπής που κινείται μέσω συστήματος ελατηρίου και μοχλού. Η διαδικασία προϋποθέτει την τοποθέτηση μίας προζυγισμένης ποσότητας ζυμαριού, που έχει μετατραπεί σχεδόν σε επίπεδη μορφή, πάνω στο δίσκο του διαιρέτη, στο κατέβασμα ενός δίσκου πίεσης με εγκοπές που προσδίδει στο ζυμάρι ομοιόμορφο πάχος, και στη διοχέτευση ορισμένων μαχαιριών μέσω αυτών των εγκοπών, με χρήση ελατηρίων, που διαιρούν το ζυμάρι. Οι διαιρέτες ζυμαριού στηρίζονται σε ένα από τα

ακόλουθα συστήματα: το ζυμάρι διοχετεύεται σε έναν θύλακα συγκεκριμένων διαστάσεων και το επιπλέον ζυμάρι κόβεται μέσω διάτμησης (συνήθως χρησιμοποιείται αυτός ή ένας κύλινδρος ζυμαριού υφίσταται εκβολή μέσω κατάλληλης οπής όπου κόπτονται τεμάχια ομοιόμορφου μήκους σε σύγχρονα μηχανήματα με συνεχή συστήματα) (Matz, 1988).

### 3.4 Μορφοποίηση

Μετά τη διαίρεση, τα τμήματα του ζυμαριού έχουν συνήθως ακανόνιστο σχήμα με κολλώδεις επιφάνειες εκεί που έχουν κοπεί, με αποτέλεσμα να μην επιτρέπουν την ικανοποιητική ανάπτυξη του ζυμαριού και να οδηγούν στη διαφυγή των παραγόμενων αερίων. Η μορφοποίηση έχει ως στόχο την παραγωγή τεμαχίων με σφαιρικό σχήμα και λεία, απαλή και σχετικά ξηρή επιδερμίδα, μέσω της τάνυσης και του αναπροσανατολισμού της γλουτένης που βρίσκεται στο εξωτερικό τμήμα του ζυμαριού. Με αυτό τον τρόπο διευκολύνεται η διατήρηση του αερίου και ο χειρισμός του ζυμαριού κατά τα επόμενα στάδια. Επίσης αναδομείται η γλουτένη και δίνεται στο ζυμάρι ειδική σφαιροειδής μορφή για ευκολότερο χειρισμό στα επόμενα στάδια.

#### 3.4.1 Μορφοποιητές

Στην αρτοποιία χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι μορφοποιητών. Μερικοί από αυτούς συνδυάζονται με μικρούς απλούς διαιρέτες. Οι διάφοροι τύποι μορφοποιητών είναι οι εξής:

- *Μορφοποιητές τύπου ταινίας.* Χρησιμοποιούνται σε πολλές μονάδες, κυρίως για παρασκευή μικρών αρτοσκευασμάτων. Αυτοί αποτελούνται από μία υφασμάτινη ταινία μεταφοράς η οποία μετακινεί τα τεμάχια ζυμαριού μέσω μεταλλικών οδηγών με στρογγυλευμένη κάτω επιφάνεια. Η ελαφρά προσκόλληση του ζυμαριού στην ταινία δημιουργεί σε αυτό μία σχετικά απαλή εξωτερική επιφάνεια. Τα συστήματα αυτά εμφανίζουν ευαισθησία στη συνεκτικότητα του ζυμαριού, αλλά όταν η σύστασή του έχει ρυθμιστεί σωστά, είναι πολύ αποτελεσματικά.
- *Μορφοποιητές μεσαίας ή μεγάλης δυναμικότητας.* Μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως τύπου κυπέλου, ομπρέλας ή τυμπάνου. Ο τύπος κυπέλου και ομπρέλας αποτελείται από ένα περιστρεφόμενο κύπελλο σε σχήμα κώνου στο εσωτερικό του οποίου βρίσκεται μία σταθερή σπειροειδής διαδρομή. Στον τύπο κυπέλου το ζυμάρι διοχετεύεται στη χοάνη τροφοδοσίας του μορφοποιητή και πέφτει στον πυθμένα του περιστρεφόμενου κυπέλου, ενώ στον τύπο ομπρέλας τα τεμάχια

ζυμαριού μεταφέρονται γύρω από την εξωτερική επιφάνεια του κώνου. Τα τεμάχια ζυμαριού υφίστανται βίαιη πτώση και περιστρέφονται κατά μήκος της διαδρομής στην προσπάθειά τους να ακολουθήσουν την περιστροφή του κυπέλου.

- *Μορφοποιητές τύπου τυμπάνου.* Σε αυτή την περίπτωση οι πλευρές του κώνου είναι σχεδόν κάθετες. Η κίνηση του ζυμαριού πραγματοποιείται με περισσότερο ομοιόμορφο ρυθμό και το βασικό πλεονέκτημα είναι ότι απαιτούν λιγότερο χώρο εγκατάστασης (Matz, 1988).

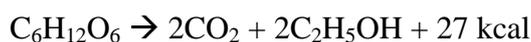
### 3.5 Ωρίμανση - Διόγκωση

Τα ζυμάρια που περιέχουν μαγιά, μετά την ανάμιξη περνούν στο στάδιο της ωρίμανσης, όπου αποκτούν τη χαρακτηριστική κυψελωτή και αφράτη δομή τους. Οι αλλαγές στις μηχανικές ιδιότητες του ζυμαριού είναι πολλές κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης και εν τέλει επηρεάζουν τον τρόπο χειρισμού του ζυμαριού και την ποιότητα του τελικού αποτελέσματος. Η ωρίμανση του ζυμαριού έχει ως σκοπό τον κορεσμό της υγρής φάσης σε CO<sub>2</sub> και το σχηματισμό φυσαλίδων αέρα, που έπειτα θα υποδιαιρεθούν και θα σχηματίσουν τη χαρακτηριστική πορώδη δομή του άρτου. Επιπλέον σκοπός είναι η ζύμωση παραπροϊόντων, όπως το γαλακτικό οξύ που ωριμάζει και κάνει τη γλουτένη πιο ελαστική και η παραγωγή αρωματικών ουσιών που συμβάλλουν στο άρωμα και τη γεύση του ψωμιού (Matz, 1972).

Η ωρίμανση του ζυμαριού περιλαμβάνει όλες εκείνες τις διεργασίες που πραγματοποιούνται μετά την ανάμιξη, προκειμένου να αποκτήσει τα απαραίτητα χαρακτηριστικά που θα επιτρέψουν τον κλιβανισμό του. Για να θεωρηθεί ικανοποιητική η ωρίμανση, πρέπει να τηρούνται οι ακόλουθες προϋποθέσεις:

- Αφού αναπτυχθεί το ζυμάρι είναι απαραίτητο να αρχίσει η εντατική παραγωγή αερίων.
- Κατά τη διαίρεση, μορφοποίηση και τελική διόγκωσή του, οι φυσικές ιδιότητες του ζυμαριού να έχουν φτάσει σε βέλτιστες συνθήκες και αυτό να παρουσιάζει άριστη ικανότητα συγκράτησης αερίου.
- Να έχει ικανοποιητική ποσότητα αζύμωντων σακχάρων και προϊόντων υδρόλυσης των πρωτεϊνών κατά τον κλιβανισμό, για τη διαμόρφωση του χρώματος της κόρας του άρτου και ουσιών που προσδίδουν άρωμα και γεύση στον άρτο (Stear, 1990).

Στο αρχικό στάδιο της ανάμιξης, η ζύμη είναι κολλώδης, σχετικά ανελαστική και με αντίσταση στην επιμήκυνση. Όσο προχωρά η ωρίμανση, είναι αδύνατον να παραμείνουν σταθερά το σχήμα και η πυκνότητά του, για αυτό το ζυμάρι χάνει την αρχική κολλώδη δομή και γίνεται πιο ελαστικό, με αποτέλεσμα να είναι αρκετά δύσκολο να μετρηθούν ορισμένες σημαντικές ιδιότητες (Hoseney, 1986). Όμως κατά τη διεργασία αυτή, λαμβάνουν χώρα σημαντικά φαινόμενα, που καθορίζουν την ποιότητα και τις ιδιότητες του τελικού προϊόντος. Τα σημαντικότερα από αυτά είναι η παραγωγή αερίου, και συγκεκριμένα διοξειδίου του άνθρακα, κατά το μεταβολισμό των σακχάρων από τα κύτταρα της μαγιάς και η υδρόλυση του αμύλου και των πρωτεϊνών που περιέχονται στο αλεύρι, με αποτέλεσμα τη μεταβολή των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του ζυμαριού. Η μαγιά έχει τη δυνατότητα να υδρολύσει την παραγόμενη γλυκόζη από τη μαλτόζη μέσω της αντίδρασης που περιγράφεται από την ακόλουθη εξίσωση:



Με το παραγόμενο CO<sub>2</sub> δίνεται η δυνατότητα για αύξηση του όγκου του ζυμαριού, μείωση της εκτατότητας και αύξηση της ελαστικότητάς του, καθώς το μεγαλύτερο μέρος του διαχέεται στις φυσαλίδες του αέρα που έχουν εγκλωβιστεί στο ζυμάρι κατά την διαδικασία της ανάμιξης. Επίσης ένα ποσοστό του CO<sub>2</sub> υπάρχει μέσα στις φυσαλίδες αέρα που έχουν εγκλωβιστεί στο ζυμάρι, ενώ το υπόλοιπο ποσοστό διαλύεται στο νερό και υπάρχει στο ζυμάρι υπό μορφή ανθρακικού οξέος, το οποίο μπορεί να μειώσει το pH. Όμως επειδή το αλεύρι διαθέτει οξυγαλακτικά βακτήρια και βακτήρια οξικού οξέος που μπορούν να μετατρέψουν σάκχαρα σε γαλακτικό ή οξικό οξύ αντίστοιχα, διατηρείται μία ισορροπία. Το γαλακτικό οξύ είναι πιο ισχυρό, παράγεται σε μεγαλύτερη ποσότητα και έχει μεγαλύτερη επιρροή στη μείωση της τιμής του pH. Γενικότερα, το pH στο τέλος της ανάμιξης είναι γύρω στο 6, ενώ στο τέλος της διεργασίας της ζύμωσης η τιμή του pH μειώνεται γύρω στο 4,5-5, με αποτέλεσμα να ενεργοποιείται η μαγιά, τα βελτιωτικά και τα ένζυμα και έτσι να μαλακώνει η γλουτένη.

Ακόμα, τα ένζυμα που περιέχονται στο αλεύρι ή που προστίθενται σκόπιμα στο μίγμα υδρολύουν το άμυλο και τις πρωτεΐνες μαλακώνοντας το ζυμάρι και σχηματίζεται με αυτό το τρόπο το δίκτυο της γλουτένης. Επίσης, η υδρόλυση των πρωτεϊνών από τις πρωτεάσες απαλώνει τη γλουτένη και αλλάζει τις ρεολογικές ιδιότητες του ζυμαριού.

Αυτό συνεπάγεται μεγαλύτερη πλαστικότητα και ελαστικότητα στη γλουτένη, με αποτέλεσμα να μπορεί να διατηρεί περισσότερο αέριο και να επιτρέπει στον άρτο να διατηρεί τα ποιοτικά του χαρακτηριστικά.

Η διεργασία της ζύμωσης, προσφέρει δύο βασικές λειτουργίες: την παραγωγή αερίου λόγω της δράσης των κυττάρων της μαγιάς και την αύξηση της απαλότητας της γλουτένης, ώστε να διατηρεί περισσότερο αέριο. Το βασικότερο είναι οι δύο λειτουργίες να έρθουν σε ισορροπία, ώστε η ποιότητα των τελικών προϊόντων να είναι ικανοποιητική (Yang, 2006).

Προκειμένου να είναι ικανοποιητικό το στάδιο της ωρίμανσης, οι θάλαμοι ωρίμανσης πρέπει να ικανοποιούν ορισμένες προϋποθέσεις. Είναι αναγκαίο να εξασφαλίζουν την αποτελεσματική διανομή και μετακίνηση του ζυμαριού σε αυτούς και να διατηρούν τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία στα επιθυμητά επίπεδα. Επιπλέον, είναι απαραίτητη η διασφάλιση υγιεινών συνθηκών και η ελαχιστοποίηση της φυσικής καταπόνησης στα τεμάχια του ζυμαριού. Τέλος πρέπει να κατασκευάζονται από ανοξείδωτο χάλυβα, που αποτρέπει τις ανεπιθύμητες αλλαγές θερμοκρασίας και να είναι αεροστεγείς, για να μην υπάρχει ανταλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον (Matz, 1972).

### 3.6 Σχηματοποίηση

Το επόμενο στάδιο μετά την ωρίμανση είναι η σχηματοποίηση του ζυμαριού. Κατά την κοπή το ζυμάρι χάνει την εκτατότητά του και ελαττώνεται το ποσό του παραγόμενου CO<sub>2</sub>. Για την ανάκτηση των ρεολογικών χαρακτηριστικών το ζυμάρι αφήνεται για λίγο χρόνο να ηρεμήσει, ώστε να ακολουθήσει η σχηματοποίησή του, η οποία επηρεάζει την τελική ποιότητα του ζυμαριού. Αυτό συμβαίνει, διότι οδηγεί σε καλύτερη κατανομή των κυψελών του αέρα, καθώς επίσης και σε οργάνωση του πλέγματος της γλουτένης. Ωστόσο, αν η σχηματοποίηση διαρκέσει παραπάνω χρόνο από όσο πρέπει, τότε μπορεί να προκαλέσει πλήρη καταστροφή της δομής της γλουτένης. Επίσης αυτά αρκετές φορές δεν είναι επιθυμητή η σχηματοποίηση ανά τακτά χρονικά διαστήματα, διότι έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της εκτατότητας και της ελαστικότητας του ζυμαριού, οπότε το τελικό προϊόν παρουσιάζει μειωμένη διόγκωση (Matz, 1972; Hosenev, 1986).

Υπάρχουν διάφοροι τύποι σχηματοποιητών οι οποίοι, εκτός από του τύπου εκβολής, έχουν τέσσερις κοινές λειτουργίες: φυλλοποίηση, συστροφή, περιστροφή και

σφράγιση. Οι δύο τελευταίες αναφέρονται συχνά ως μία επειδή πραγματοποιούνται ταυτόχρονα. Χωρίζονται σε συμβατικούς σχηματοποιητές, σε νέου τύπου σχηματιστές για βελτίωση σε σχέση με τους συμβατικούς και σε σχηματοποιητές με εκβολή που είναι αρκετά διαφορετικοί από τους προηγούμενους λόγω χρήσης τους σε συνεχή συστήματα (Matz, 1988).

### 3.7 Κλιβανισμός

Το σημαντικότερο στάδιο για την αρτοποιήση είναι ο κλιβανισμός, κατά τον οποίο το ακατέργαστο ζυμάρι μετατρέπεται σε ένα ελαφρύ, πορώδες, εύπεπτο και εύγευστο προϊόν, με την επιβολή θερμότητας (θέρμανση). Κατά τη διάρκεια της διεργασίας αυτής οι φυσικές δομές των βασικών συστατικών αλλάζουν αμετάκλητα μέσω μίας σειράς φυσικοχημικών και βιοχημικών αλληλεπιδράσεων. Μερικά προφανή φαινόμενα τα οποία προκύπτουν από τη θερμότητα του κλίβανου είναι, η διόγκωση του άρτου, ο σχηματισμός μίας περιβάλλουσας κρούστας, η απενεργοποίηση της μαγιάς και των ενζυμικών δραστηριοτήτων, η μετουσίωση των πρωτεϊνών του αλεύρου, η σταδιακή ζελατινοποίηση του αμύλου, καθώς επίσης και η σημαντική μείωση της υγρασίας (Fessas & Schiraldi, 2001; Therdthai et al., 2002).

Ο κλιβανισμός είναι μία διαδικασία που χωρίζεται σε τρία στάδια: Αρχικό στάδιο, ενδιάμεσο και τελικό στάδιο.

#### 3.7.1 Αρχικό στάδιο κλιβανισμού

Το πρώτο στάδιο αποτελεί το 25% της συνολικής διεργασίας. Καθώς το σχετικά κρύο ζυμάρι εισάγεται στο θερμό φούρνο, οι αλλαγές συμβαίνουν άμεσα και μάλιστα η θερμοκρασία αυξάνεται στο εξωτερικό της ψίχας με ρυθμό 4,7°C/min, έως τους 60°C. Στην επιφάνεια του ζυμαριού αρχίζει να σχηματίζεται η κρούστα, η οποία δημιουργείται, επειδή η υγρασία από την επιφάνεια του ζυμαριού μειώνεται πολύ γρήγορα καθώς έρχεται σε επαφή με τον ξηρό και θερμό αέρα του κλιβάνου. Από τους 30-40°C, τα αρτοσκευάσματα διογκώνονται λόγω αύξησης της ενζυμικής δράσης και της ανάπτυξης των κυττάρων της μαγιάς. Από τους 45°C παρατηρείται αύξηση της παραγωγής διαλυτών υδατανθράκων, ενώ η ζύμωση των σακχάρων συνεχίζεται μέχρι τους 60°C. Επίσης παράγονται μεγάλες ποσότητες CO<sub>2</sub> και αιθανόλης, οι οποίες σταματούν στο σημείο θερμοκικού θανάτου των ζυμομυκήτων 60°C.

### 3.7.2 Ενδιάμεσο στάδιο κλιβανισμού

Το ενδιάμεσο και το τελικό στάδιο του κλιβανισμού αποτελούν το 50% περίπου της συνολικής διεργασίας. Ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας κατά το δεύτερο στάδιο είναι  $5,5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ , μέχρι η θερμοκρασία στο θερμικό κέντρο να φτάσει τους  $98-99^{\circ}\text{C}$ . Σε αυτό το σημείο σταθεροποιείται και αρχίζει το τελικό στάδιο. Στην αρχή του δεύτερου σταδίου το ζυμάρι εμφανίζει πλαστική συμπεριφορά και η διόγκωσή του συνεχίζεται, λόγω της διαστολής του διοξειδίου του άνθρακα, της έναρξης σχηματισμού υδρατμών στο εσωτερικό του και της εξάτμισης της αιθανόλης (Gan et al., 1995).

Στο στάδιο αυτό τα χαρακτηριστικά φαινόμενα είναι η ζελατινοποίηση του αμύλου και η μετουσίωση των πρωτεϊνών. Στο άλευρο σίτου, η ζελατινοποίηση του αμύλου λαμβάνει χώρα από τους  $55^{\circ}\text{C}$  και συνήθως μέχρι τους  $65^{\circ}\text{C}$ , όμως η έκτασή της εξαρτάται από το διαθέσιμο νερό. Η ζελατινοποίηση είναι πιο έντονη στα περιφερειακά από ότι στα κεντρικά στρώματα της ψίχας, επειδή στα περιφερειακά υπάρχει περισσότερη θερμότητα. Όμως η ζελατινοποίηση είναι περιορισμένη στην περιοχή της κόρας, λόγω περιορισμένης υγρασίας παρόλο που επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες. Επίσης, όσον αφορά τη μετουσίωση των πρωτεϊνών, κατά τη διάρκειά της παρατηρείται μετανάστευση νερού από τα άλλα συστατικά του ζυμαριού προς τους κόκκους του αμύλου και μερική αφυδάτωση του συμπλόκου των πρωτεϊνών της γλουτένης, με αποτέλεσμα την αύξηση της ακαμψίας του πλέγματος της γλουτένης, οι ίνες της οποίας γίνονται όλο και πιο ιξώδεις και ελαστικές. Το φαινόμενο αυτό αρχίζει σε θερμοκρασία  $74^{\circ}\text{C}$  και συνεχίζεται με αργό ρυθμό, μέχρι το τέλος του ψησίματος. Τέλος, όταν η θερμοκρασία φτάσει σε σημείο βρασμού, το νερό μετατρέπεται σε ατμό και συντελεί με αυτόν τον τρόπο στην αύξηση του όγκου (Καζάζης, 1981; Fessas & Schiraldi, 2000; Faridi & Faubion, 1990).

### 3.7.3 Τελικό στάδιο κλιβανισμού

Στο τελικό στάδιο ο ρυθμός εξάτμισης στο εσωτερικό του ζυμαριού παύει να είναι τόσο υψηλός, ενώ η θερμοκρασία στην επιφάνεια αυξάνεται και σχηματίζεται η κόρα, η οποία αυξάνεται σε πάχος με την πάροδο του χρόνου. Στη φάση αυτή ολοκληρώνεται η μετουσίωση των πρωτεϊνών, η ζελατινοποίηση του αμύλου, καθώς και η αφυδάτωση του ζυμαριού, οπότε και σταθεροποιείται το τελικό προϊόν. Η μέγιστη θερμοκρασία που θα φτάσει το εσωτερικό του άρτου είναι  $100^{\circ}\text{C}$ . Στο στάδιο αυτό, κυρίως όταν η θερμοκρασία της κόρας φτάσει τους  $150-206^{\circ}\text{C}$ , το χρώμα της

επιφάνεια γίνεται πιο σκούρο, γεγονός που οφείλεται στις θερμικά καταλυόμενες αντιδράσεις καστανώσης, οι οποίες είναι μη ενζυμικές και μη οξειδωτικές και μπορούν να διακριθούν σε αντιδράσεις καραμελοποίησης και Maillard.

Η καραμελοποίηση είναι η διαδικασία μέσω της οποίας άχρωμες γλυκές ουσίες μετατρέπονται υπό την επίδραση της θερμότητας, σε συστατικά που ποικίλλουν σε χρώμα από ωχρό κίτρινο σε σκούρο καφέ και προσδίδουν γεύση από ήπια και ευχάριστη γεύση καραμέλας έως πικρή, καμένη και καυστική. Η καραμελοποίηση αρχίζει, όταν στην επιφάνεια δεν υπάρχει καθόλου υγρασία. Τα τελικά προϊόντα των αντιδράσεων αυτών είναι κυρίως κορεσμένα σύνθετα πολυμερή. Συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια της καραμελοποίησης σχηματίζεται σημαντικός αριθμός προϊόντων υποβάθμισης, με όξινη ή ελαφρώς πικρή γεύση, καθώς επίσης και σειρά σύνθετων καρβονυλίων, αλδευδών και κετονών με ευχάριστη οσμή. Η βασικότερη διαφορά μεταξύ της καραμελοποίησης και των αντιδράσεων Maillard είναι ότι η θερμοκρασία ενεργοποίησης είναι σημαντικά υψηλότερη στην πρώτη περίπτωση (Chang, 2006; Charley & Weaver, 1998; Stear, 1990).

Όσον αφορά την αντίδραση Maillard, αυτή αποτελεί θερμική αντίδραση πρωτεϊνών ή αμινών με υδατάνθρακες. Συγκεκριμένα, αποτελεί αλληλεπίδραση των ελεύθερων αμινομάδων των αμινοξέων, πεπτιδίων ή πρωτεϊνών, με τα ελεύθερα αναγωγικά σάκχαρα, με αποτέλεσμα την παραγωγή μελανοϊδινών ως τελικά προϊόντα. Αποτελείται από σύνθετα μονοπάτια με ενδιάμεσα προϊόντα που έχουν σημαντικό ρόλο στο χρώμα και τη γεύση/άρωμα του ψωμιού. Οι αντιδράσεις Maillard μπορούν να διακριθούν σε τρία στάδια. Το αρχικό στάδιο που είναι άχρωμο περιλαμβάνει τη συμπύκνωση σακχάρων – αμινών και την αναδιάταξη Amadori. Το ενδιάμεσο στάδιο που είναι άχρωμο προς κίτρινο περιλαμβάνει την αφυδάτωση σακχάρων και τη διάσπαση σακχάρων και των αμινοξέων. Τέλος, το τελικό στάδιο που έχει το έντονο χρώμα περιλαμβάνει την συμπύκνωση αλδόλης, τον πολυμερισμό αλδευδών-αμινών και τον σχηματισμό ετεροκυκλικών ενώσεων αζώτου (Chang, 2006).

### 3.7.4 Τύποι Κλιβάνων

Οι τύποι κλιβάνων που χρησιμοποιούνται είναι αρκετοί και ταξινομούνται με βάση την κατασκευή τους και τον τρόπο λειτουργίας και θέρμανσής τους. Για αυτό το λόγο παρουσιάζονται ορισμένοι τύποι κλιβάνων:

- *Κλίβανοι περιστρεφόμενου καροτσιού.* Οι περιστροφικοί κλίβανοι αποτελούνται από ένα θάλαμο κλιβανισμού χωρίς εστία, στον οποίο εισάγονται και εξάγονται κατάλληλα διαμορφωμένα καρότσια με ράφια πάνω στα οποία τοποθετούνται τα αρτοσκευάσματα. Κατά το ψήσιμο το καρότσι περιστρέφεται και με την ταυτόχρονη κυκλοφορία θερμού αέρα τα προϊόντα ψήνονται ομοιόμορφα.
- *Κλίβανοι με τροχό.* Αυτού του τύπου οι κλίβανοι αποτελούνται από ένα ψηλό θάλαμο κλιβανισμού, όπου μέσα υπάρχει ένας τροχός με κάθετη περιστροφή. Στους ακτινικούς άξονες του τροχού προσαρμόζονται δίσκοι κλιβανισμού με τοποθέτηση παράλληλη προς το δάπεδο. Με την κίνηση του τροχού αρχίζει η περιστροφή των δίσκων πάνω στους οποίους τοποθετείται το ζυμάρι. Ο κλίβανος έχει ένα άνοιγμα για την εισαγωγή του ζυμαριού σε κάθε δίσκο χωριστά και για την εξαγωγή μετά το ψήσιμο (Καζάζης, 1981; Matz, 1972).
- *Κλίβανοι σήραγγας ή ταινίας.* Είναι οριζόντιοι κλίβανοι με μεγάλο μήκος, στους οποίους το ζυμάρι εισάγεται από το ένα άκρο και εξάγεται ως αρτοσκεύασμα από το άλλο άκρο. Τα αρτοσκευάσματα μετακινούνται πάνω σε μία μεταφορική ταινία και για αυτό οι κλίβανοι ονομάζονται και κλίβανοι ταινίας. Κατασκευάζονται συνήθως από μεταλλικές πλάκες ή από πλεκτό σύρμα σε διάφορα σχέδια και μεγέθη. Στους φούρνους αυτούς η επιφάνεια κλιβανισμού είναι μία συνεχόμενη ζώνη και συνεπώς δεν υπάρχει περιορισμός προς το μέγεθος των αρτοσκευασμάτων (Καζάζης, 1981)

### 3.8 Αναδιαμόρφωση – Παλαίωση

Το ψωμί μετά τον κλιβανισμό, αρχίζει να χάνει προοδευτικά τα επιθυμητά χαρακτηριστικά. Αυτές οι ανεπιθύμητες αλλαγές που συμβαίνουν με το πέρας του χρόνου ονομάζονται συνολικά μπαγιάτεμα. Οι αλλαγές είναι πολλές και διαφορετικές για την κόρα και την ψίχα. Όταν το ψωμί είναι φρεσκοψημένο, η κόρα είναι ξερή εύθρυπτη και τραγανή. Κατά το μπαγιάτεμα η κόρα γίνεται πιο μαλακή και αλλοιώνεται η γεύση και η οσμή της. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στη μεταφορά υγρασίας από την ψίχα στην κόρα. Αντίθετα, οι αλλαγές που συμβαίνουν στην ψίχα είναι αρκετά πιο πολύπλοκες. Κατά την παλαίωση, η ψίχα γίνεται πιο σκληρή και ξηρή. Αυτό οφείλεται στην απώλεια υγρασίας, καθώς επίσης και στην αναδιαμόρφωση του αμύλου που αποτελεί το σημαντικότερο ποσοτικό συστατικό του αλεύρου. Η αναδιαμόρφωση αυτή είναι η ανακρυστάλλωση του αμύλου και κυρίως της αμυλοπηκτίνης. Με βάση αυτό λοιπόν, το άμυλο αποκτά περισσότερο κρυσταλλική μορφή και συνεπώς σκληραίνει αυξάνοντας τη σκληρότητα της ψίχας. Η αναθέρμανση του άρτου στους 50–60°C οδηγεί σε μερική επαναφορά της υφής της ψίχας, λόγω αναδιάλυσης της αμυλοπηκτίνης σε αυτές τις θερμοκρασίες. Τέλος, σημαντική επίδραση στο μπαγιάτεμα του ψωμιού έχει η θερμοκρασία αποθήκευσης. Σε υψηλές θερμοκρασίες (μεγαλύτερες από 43°C) είτε σε θερμοκρασίες κατάψυξης, το μπαγιάτεμα επιβραδύνεται, ενώ αντίθετα σε χαμηλές θερμοκρασίες και ιδιαίτερα γύρω στους 0°C παρατηρείται αυξημένη αναδιαμόρφωση του αμύλου (Καζάζης, 1981; Hosenev, 1986).

## **4. Διεργασία Κατάψυξης**

### **4.1 Γενικά στοιχεία**

Η συντήρηση των τροφίμων είναι σήμερα πολύ σημαντικό γεγονός, καθώς υπάρχει ανάγκη για παροχή τροφής σε πολυάριθμους πληθυσμούς. Τα τελευταία χρόνια η διατήρηση των τροφίμων γίνεται με καινούργιες τεχνικές, όπως η ψύξη, η κατάψυξη και η ξήρανση με κατάψυξη/εξάχνωση ή λυοφιλίωση (freeze drying).

Η θερμοκρασία που χρησιμοποιείται για την κατάψυξη ( $-18^{\circ}\text{C}$ ) είναι πιο χαμηλή σε σχέση με αυτήν που χρησιμοποιείται στην ψύξη. Ωστόσο η βασική διαφορά των δύο μεθόδων είναι ότι με τη διεργασία της ψύξης, τα κύτταρα των ζωικών και ειδικά των φυτικών ιστών παραμένουν ζωντανά για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα και ο μεταβολισμός απλώς επιβραδύνεται, ενώ με τη διεργασία της κατάψυξης υπάρχει ολοκληρωτική αναστολή της κάθε μεταβολικής δράσης.

Το σημείο κατάψυξης του κάθε τροφίμου ορίζεται ως η υψηλότερη θερμοκρασία στην οποία σχηματίζονται σταθεροί κρύσταλλοι πάγου στη μάζα του. Προφανώς τα τρόφιμα καταψύχονται σε μία περιοχή θερμοκρασιών, ανάλογα με το είδος του τροφίμου (Fellows, 1988).

Επίσης κατά τη διεργασία της κατάψυξης ενός προϊόντος τα διάφορα μέρη του τροφίμου διέρχονται από διάφορα στάδια σε διαφορετικές χρονικές στιγμές: α) Το στάδιο της προκατάψυξης (prefreezing stage) είναι η χρονική περίοδος μεταξύ της έναρξης της κατάψυξης και της έναρξης σχηματισμού παγοκρυστάλλων, β) Το στάδιο της κατάψυξης (freezing stage) είναι η χρονική περίοδος κατά την οποία η θερμοκρασία στο υπό εξέταση σημείο διατηρείται σχεδόν σταθερή, επειδή η απομάκρυνση της θερμότητας προκαλεί μεταβολή της μεγαλύτερης ποσότητας του νερού σε πάγο και γ) Το στάδιο ταπείνωσης της θερμοκρασίας στη θερμοκρασία αποθήκευσης (reduction to storage temperature), είναι η χρονική περίοδος κατά την οποία το μεγαλύτερο μέρος του νερού έχει γίνει πάγος και η θερμοκρασία του τροφίμου μειώνεται από τη θερμοκρασία αυτή στην τελική επιθυμητή θερμοκρασία (είτε θερμοκρασία αποθήκευσης είτε θερμοκρασία ισορροπίας).

Όσον αφορά το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη, είναι ο χρόνος μεταξύ της έναρξης του σταδίου της προκατάψυξης, μέχρι να επιτευχθεί η τελική θερμοκρασία. Ο χρόνος αποθήκευσης υπό κατάψυξη, εκτός από την αρχική και τελική

θερμοκρασία, εξαρτάται και από το ποσό της θερμότητας που απομακρύνεται καθώς επίσης και από τις διαστάσεις και το σχήμα του τροφίμου. Για τον υπολογισμό χρησιμοποιούνται διάφορες θεωρητικές ή εμπειρικές εξισώσεις (Mallet, 1993; Fellows, 1988).

Σχετικά με το ρυθμό κατάψυξης, είναι απαραίτητο να είναι γνωστές οι ενεργειακές απαιτήσεις του τροφίμου και η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ τροφίμου και θαλάμου κατάψυξης (σημαντική η επιθυμητή θερμοκρασία κατάψυξης του τροφίμου). Γενικά είναι επιθυμητός ο ταχύτερος ρυθμός κατάψυξης, εφόσον δεν υποβαθμίζεται η ποιότητα του προϊόντος. Επιπλέον, ο ρυθμός κατάψυξης επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες όπως: α) η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του τροφίμου και του μέσου ψύξης, β) ο τρόπος μεταφοράς θερμότητας από το τρόφιμο προς το μέσο ψύξης και μέσα στο ίδιο το τρόφιμο, γ) το μέγεθος, το σχήμα και οι θερμικές ιδιότητες του τροφίμου και δ) το μέγεθος, ο τύπος και το σχήμα της συσκευασίας του τροφίμου, εάν είναι συσκευασμένο (Ταούκης & Ωραιοπούλου, 2009).

Τέλος οι φυσικές και βιοχημικές αντιδράσεις, οι οποίες λαμβάνουν χώρα στα κατεψυγμένα τρόφιμα οδηγούν σε βαθμιαία, συσσωρευτική και μη αντιστρεπτή μείωση της ποιότητας. Χρόνος ζωής είναι ο χρόνος πέραν του οποίου το προϊόν δεν είναι κατάλληλο για κατανάλωση ή την επιθυμητή επεξεργασία.

#### 4.2 Ο σχηματισμός του πάγου

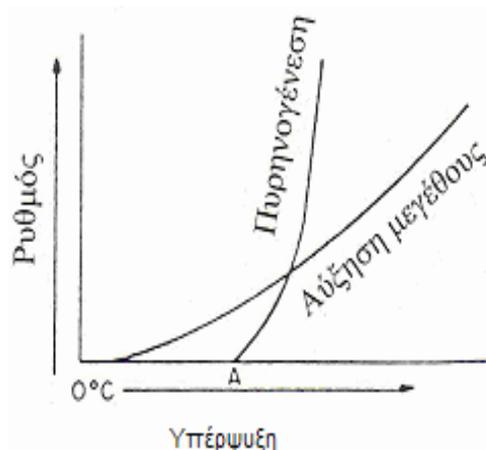
Ο σχηματισμός κρυστάλλων είναι ένα σημαντικό φαινόμενο που συμβαίνει στα αρτοσκευάσματα. Έχουν παρατηρηθεί και μελετηθεί δύο στάδια σχηματισμού πάγου, η πυρηνογένεση ή αλλιώς σχηματισμός αρχικού κρυστάλλου και η αύξηση του μεγέθους των κρυστάλλων που θα σχηματιστούν.

Η πυρηνογένεση είναι το φαινόμενο σχηματισμού πυρήνων που θα αποτελέσουν τα κέντρα των κρυστάλλων που θα σχηματισθούν και μπορεί να είναι ομογενής ή ετερογενής. Η ομογενής συμβαίνει σπανιότερα, σε συστήματα όπως το πολύ καθαρό νερό. Στην ετερογενή σχηματίζεται πυρήνας γύρω από αιωρούμενα σωματίδια ή στα τοιχώματα των κυττάρων και συνήθως συμβαίνει αφού η θερμοκρασία του υγρού μειωθεί κάτω από το σημείο πήξης (υπέρψυξη).

Ο ρυθμός πυρηνογένεσης παίζει σημαντικό ρόλο στο μέγεθος και τη δομή των κρυστάλλων που θα διαμορφωθούν. Η δημιουργία λίγων πυρήνων οδηγεί στο

σηματισμό λίγων και μεγάλων κρυστάλλων πάγου, ενώ η δημιουργία πολλών πυρήνων οδηγεί σε μεγάλο αριθμό κρυστάλλων. Ο ρυθμός της αυξάνεται ταχύτατα με την περαιτέρω μείωση της θερμοκρασίας.

Το δεύτερο στάδιο είναι η αύξηση του μεγέθους των κρυστάλλων του πάγου, η οποία μπορεί να συμβεί μόνο αφού σχηματισθούν οι πυρήνες και περάσουν ένα κρίσιμο μέγεθος. Ο ρυθμός αύξησης του μεγέθους των κρυστάλλων εξαρτάται από το ρυθμό διάχυσης των μορίων του νερού από το διάλυμα στην επιφάνεια του κρυστάλλου και το ρυθμό απομάκρυνσης της θερμότητας (θερμότητα κρυστάλλωσης). Η αύξηση του μεγέθους των κρυστάλλων ξεκινά σε θερμοκρασίες πολύ κοντά στο σημείο πήξης και σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες το ιζώδες του διαλύματος αυξάνεται πολύ και ο ρυθμός αύξησης του μεγέθους των κρυστάλλων μειώνεται.



Εικόνα 3: Επίδραση της υπέρψυξης στο ρυθμό πυρηνογένεσης και αύξησης του μεγέθους των κρυστάλλων του πάγου

Ο ρυθμός απαγωγής θερμότητας επηρεάζει το χώρο (εσωκυτταρικό ή εξωκυτταρικό) όπου σχηματίζονται οι κρύσταλλοι του πάγου. Ο χώρος σχηματισμού των κρυστάλλων εξαρτάται επίσης από τη θερμοκρασία του δείγματος και τη φύση των κυττάρων (συνήθως στον εξωκυτταρικό). Η συνέχιση της διεργασίας μπορεί να περιλαμβάνει είτε σχηματισμό κρυστάλλων αποκλειστικά στον εξωκυτταρικό χώρο, είτε σχηματισμό κρυστάλλων και στον εσωκυτταρικό χώρο μέσω πυρηνογένεσης στο εσωτερικό του κυττάρου ή μέσω αύξησης του μεγέθους των εξωκυτταρικών κρυστάλλων δια μέσου της κυτταρικής μεμβράνης η οποία σχίζεται.

Ο βραδύς ρυθμός κατάψυξης ευνοεί τη διάχυση νερού από το εσωτερικό του κυττάρου προς τον εξωκυτταρικό χώρο (αφυδάτωση κυττάρου), με αποτέλεσμα το σχηματισμό εξωκυτταρικών κρυστάλλων. Με τη συνέχιση της κατάψυξης οι κρύσταλλοι αυτοί μεγαλώνουν ραγδαία, η πιθανότητα πυρηνογένεσης μικραίνει και κατά την απόψυξη τα φαινόμενα αυτά μπορεί να είναι μη αντιστρεπτά. Αντίθετα όταν η κατάψυξη γίνει με ταχύ ρυθμό παράγονται ομοιόμορφοι μικροί κρύσταλλοι στον εσωκυτταρικό και εξωκυτταρικό χώρο, η μετακίνηση του νερού ελαχιστοποιείται, η μικροσκοπική εικόνα των παγωμένων ιστών είναι παρόμοια με την αρχική και η ποιότητα του τροφίμου μετά την απόψυξη είναι ανώτερη (Fellows 1988; Ταούκης & Ωραιοπούλου, 2009).

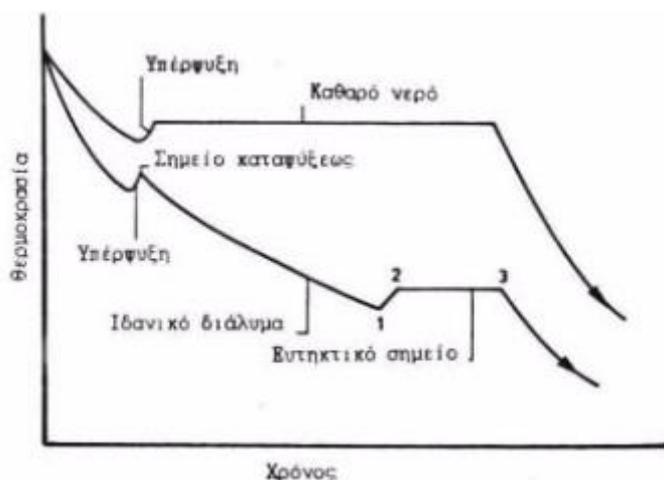
#### 4.3 Μεταβολή του όγκου

Η αύξηση του όγκου, η οποία συνοδεύει τη μετατροπή του καθαρού νερού σε πάγο είναι περίπου 9%. Ο βαθμός αύξησης του όγκου ποικίλλει σημαντικά ανάλογα με ορισμένους παράγοντες. Αυτοί είναι οι εξής:

- Η περιεκτικότητα του νερού και μάλιστα όσο μεγαλύτερη είναι στο τρόφιμο, τόσο μεγαλύτερη είναι η αύξηση του όγκου κατά την κατάψυξη.
- Ο τρόπος ανάπτυξης των κυττάρων. Για παράδειγμα τα φυτικά υλικά έχουν κενά μεταξύ των κυττάρων, τα οποία απορροφούν την αύξηση του όγκου χωρίς μεταβολή του συνολικού μεγέθους του τεμαχίου του τροφίμου.
- Η συγκέντρωση των διαλυτοποιημένων ουσιών. Συγκεκριμένα, υψηλές συγκεντρώσεις οδηγούν σε ταπείνωση του σημείου κατάψυξης, με αποτέλεσμα να υπάρχει μικρότερη ποσότητα νερού σε μορφή πάγου και άρα μικρότερη αύξηση του όγκου θεωρώντας μια δεδομένη θερμοκρασία.
- Η θερμοκρασία του καταψύκτη και συνεπώς του τροφίμου που βρίσκεται μέσα. Όσο χαμηλότερη είναι αυτή η θερμοκρασία, τόσο μεγαλύτερο το ποσοστό νερού που βρίσκεται σε μορφή πάγου και συνεπώς τόσο μεγαλύτερη είναι η αύξηση του όγκου του τροφίμου (Fellows, 1988).

#### 4.4 Καμπύλη Κατάψυξης

Για την καλύτερη κατανόηση της κατάψυξης των τροφίμων είναι απαραίτητο να εξεταστεί μια καμπύλη κατάψυξης για το καθαρό νερό και ένα απλό διάλυμα. Η παρακάτω εικόνα δείχνει αυτή την καμπύλη κατάψυξης:



Εικόνα 4: Καμπύλη Κατάψυξης για νερό και απλό διάλυμα

Η κατάψυξη των τροφίμων είναι πιο σύνθετη από την κατάψυξη του καθαρού νερού (όπως φαίνεται στο σχήμα), αφού τα τρόφιμα περιέχουν εκτός από νερό και πλήθος διαλυτών ουσιών. Μετά την κρυστάλλωση του νερού στο σημείο κατάψυξης, η απελευθέρωση της θερμότητας κρυστάλλωσης προκαλεί ανύψωση της θερμοκρασίας στο φαινόμενο αρχικό σημείο κατάψυξης. Το αρχικό σημείο κατάψυξης ενός διαλύματος εξαρτάται άμεσα από τη μοριακή συγκέντρωση των διαλυμένων σε αυτό ουσιών, αφού η διάλυση 1 mole μίας μη-ιοντικής ένωσης σε 1 L νερού μειώνει το σημείο κατάψυξης του κατά  $1,885^{\circ}\text{C}$  (τρόφιμα με υψηλότερη περιεκτικότητα σε διαλυμένες ουσίες παρουσιάζουν χαμηλότερο αρχικό σημείο κατάψυξης). Απομακρύνεται η λανθάνουσα θερμότητα ( $333,15\text{J/g}$ ) και σχηματίζεται πάγος, όμως η θερμοκρασία δεν παραμένει σταθερή και τούτο γιατί, καθώς αποχωρίζονται οι παγοκρύσταλλοι το διάλυμα, το οποίο προκύπτει, έχει συνεχώς μεγαλύτερη συγκέντρωση διαλυτών, με αποτέλεσμα τη συνεχή ταπείνωση του σημείου κατάψυξης και το σχηματισμό της μεγαλύτερης ποσότητας πάγου. Τέλος σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (κάτω των  $-40^{\circ}\text{C}$ ) το ποσοστό του πάγου στα τρόφιμα θεωρείται ότι δεν μεταβάλλεται, ενώ υπολογίζεται ότι η ποσότητα του μη-παγωμένου νερού κυμαίνεται, κατά μέσο όρο, μεταξύ  $0,2-0,4\text{g/g}$  ξηρού βάρους (Jeremiah, 1996; Kennedy, 2000).

#### 4.5 Επίδραση της αποθήκευσης υπό κατάψυξη

Κάθε προϊόν όταν αποθηκεύεται υπό κατάψυξη υφίσταται μερικές αλλαγές είτε φυσικές είτε χημικές. Υψηλές θερμοκρασίες αποθήκευσης (μεταξύ  $-4^{\circ}\text{C}$  και  $-10^{\circ}\text{C}$ ) οδηγούν σε θανάτωση περισσότερους μικροοργανισμούς από ότι οι χαμηλότερες θερμοκρασίες αποθήκευσης (μεταξύ  $-15^{\circ}\text{C}$  και  $-30^{\circ}\text{C}$ ). Η συνήθης θερμοκρασία είναι  $-18^{\circ}\text{C}$  (Fellows, 1988).

Όσον αφορά τις φυσικές μεταβολές αυτές είναι οι εξής:

- *Μετανάστευση υγρασίας:* Κατά την κατάψυξη έχει παρατηρηθεί μετανάστευση της περιεχόμενης υγρασίας των κυττάρων προς το εξωτερικό μέσω ωσμωτικού μηχανισμού, που οφείλεται στη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ θερμικού κέντρου και επιφάνειας τροφίμου με αποτέλεσμα τη διαφορά τάσης ατμών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, κατά την απόψυξη του προϊόντος να δημιουργείται ασυνεχής δομή, η οποία με τη σειρά της οδηγεί σε απώλεια θρεπτικών ουσιών, μεταβολή της υφής και αλλοίωση της εμφάνισής του. Οι απώλειες βάρους κατά την ψύξη και απόψυξη προϊόντων έχουν οικονομικές συνέπειες (Zaritzky & Cidca, 2003).
- *Ανακρυστάλλωση:* Ως ανακρυστάλλωση ορίζεται η αύξηση του μέσου μεγέθους των παγοκρυστάλλων του τροφίμου. Κινητήρια δύναμη του φαινομένου αυτού είναι η διαφορά της επιφανειακής τάσης των δύο κρυστάλλων που οδηγεί στη συνένωσή τους. Η ανακρυστάλλωση έχει ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητας του προϊόντος, προκαλώντας περαιτέρω φυσικοχημικές αλλαγές σε αυτό και αλλοιώνοντας τα χαρακτηριστικά του. Η ανακρυστάλλωση συντελείται σε σταθερή θερμοκρασία και επιταχύνεται από τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας αποθήκευσης. Οι κύριοι μηχανισμοί ανακρυστάλλωσης περιλαμβάνουν την αυξητική, τη μεταναστευτική (φαινόμενο "Ostwald"), την ισο-μαζική και την προκαλούμενη λόγω πίεσης ανακρυστάλλωση, από τις οποίες σημαντικότερες για την ποιότητα των κατεψυγμένων προϊόντων θεωρούνται οι δύο πρώτες (Laaksonen & Roos, 2001).
- *Δημιουργία ορού – συναίρεση:* Κατά την απόψυξη των προϊόντων η υγρασία έχει την τάση να μην επιστρέφει στην αρχική της θέση με αποτέλεσμα να αλλοιώνει την υφή του προϊόντος. Οι παράγοντες που επηρεάζουν το φαινόμενο αυτό είναι το μέγεθος και η κατανομή των κρυστάλλων στο τρόφιμο, ο ρυθμός με τον οποίο αποψύχεται το προϊόν και η κατάσταση των ιστών πριν την κατάψυξη. Η

απόψυξη πρέπει να συντελείται σε χαμηλούς ρυθμούς, ώστε να διασφαλιστεί η ποιότητα, ενώ η προσφερόμενη θερμότητα πρέπει να στοχεύει στη διάλυση των παγοκρυστάλλων. Με μεγάλη προσφορά θερμότητας για απόψυξη, μπορεί να παρουσιαστούν φαινόμενα όπως αύξηση του μικροβιακού φορτίου, απελευθέρωση υγρασίας (ορού), απώλεια βάρους του προϊόντος λόγω αφυδάτωσης και άλλα επιζήμια φαινόμενα. Γενικά η απόψυξη πρέπει να διαρκεί περισσότερο από την κατάψυξη του τροφίμου (Zaritzky & Cidca, 2003).

Όσον αφορά στις χημικές μεταβολές αυτές είναι οι παρακάτω:

- *Μετουσίωση πρωτεϊνών:* Η κατάψυξη δεν προκαλεί υποβάθμιση της θρεπτικής αξίας των πρωτεϊνών. Η μετουσίωσή τους όμως έχει ως βασική συνέπεια την υποβάθμιση της λειτουργικότητάς τους.
- *Υποβάθμιση των χρωστικών ουσιών:* Λόγω οξείδωσης των ενζυμικών φαινολικών προδρόμων παρατηρείται η δημιουργία σκούρων χρωστικών. Η χλωροφύλλη χάνει τις ιδιότητές της και μετατρέπεται αργά προς καφέ φαιοφυτίνη.
- *Υπολειμματική δράση των ενζύμων:* Ένα άλλο φαινόμενο είναι η επιβράδυνση της δράσης των ενζύμων ιδιαίτερα αν έχει γίνει αδρανοποίησή τους προηγουμένως. Η δράση των ενζύμων προκαλεί συνήθως μεταβολές στο χρώμα και την υφή και μπορεί να οδηγήσει σε εμφάνιση θολωμάτων ή πηγμάτων.
- *Απώλεια βιταμινών:* Η διεργασία της κατάψυξης δεν είναι καταστρεπτική για τις βιταμίνες. Παρόλα αυτά απώλειες συμβαίνουν κατά τη διάρκεια προετοιμασίας για την κατάψυξη. Συγκεκριμένα κατά το ζεμάτισμα, αλλά και κατά την πλύση, τον τεμαχισμό ή την άλεση.
- *Οξείδωση των λιπών:* Πρόκειται για διαδικασία η οποία γίνεται αργά στους  $-18^{\circ}\text{C}$  και δημιουργεί δυσάρεστη οσμή και γεύση, η οποία ονομάζεται ‘ταγγισμός’. Όσον αφορά την γεύση και την οσμή δεν υφίστανται σημαντικές μεταβολές από άλλους παράγοντες. (Fellows, 1988).

#### 4.6 Συστήματα Κατάψυξης

Οι καταψύκτες ταξινομούνται σε δυο κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία είναι τα μηχανικά συστήματα, τα οποία εξατμίζουν και συμπιέζουν ένα ψυκτικό μέσο με συνεχή κύκλο. Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει μηχανικά συστήματα, τα οποία εξατμίζουν και συμπιέζουν ένα ψυκτικό σε συνεχή κύκλο και χρησιμοποιούν κρύο αέρα, κρύο υγρό ή κρύες επιφάνειες για την απομάκρυνση της θερμότητας. Στη

δεύτερη κατηγορία ανήκουν οι κρυογονικοί καταψύκτες, οι οποίοι χρησιμοποιούν υγρό άζωτο, υγρό ή στερεό διοξείδιο του άνθρακα ή υγρό Freon. Σε όλες τις περιπτώσεις οι καταψύκτες μονώνονται με διογκωμένο πολυστυρένιο, πολυουρεθάνιο ή υλικά με μικρή θερμική αγωγιμότητα. Τέλος η επιλογή του καταψύκτη γίνεται με βάση τον απαιτούμενο ρυθμό κατάψυξης, το μέγεθος, το σχήμα και τη συσκευασία του τροφίμου και το μέγεθος της παραγωγής και τον αριθμό των τύπων των παραγόμενων προϊόντων, ώστε να επιλέγουν διαδικασίες συνεχούς ή διαλείποντος έργου.

Στην περίπτωση των κατεψυγμένων αρτοσκευασμάτων οι ευρύτερα χρησιμοποιούμενοι τύποι καταψυκτών είναι με κυκλοφορία αέρα κυρίως με σήραγγες, καθώς και κρυογονικοί καταψύκτες (Fellows, 1988; Jelen, 2005).

Οι σήραγγες είναι οι περισσότερο χρησιμοποιούμενες εγκαταστάσεις κατάψυξης, γιατί είναι κατάλληλες για την κατάψυξη πολλών αρτοσκευασμάτων διαφορετικών μεγεθών, συσκευασμένων ή ασυσκευαστων. Στις σήραγγες κατάψυξης, τα προϊόντα μετακινούνται πάνω σε τελάρα που τοποθετούνται, είτε σε σταθερές θέσεις μέσα στη σήραγγα, είτε σε φορεία κινητά ή μη, μεμονωμένα ή σε σειρά. Συνήθως χρησιμοποιούνται φορεία, μετακινούμενα κατά μήκος κατά μήκος της σήραγγας με προωθητικό μηχανισμό, οπότε η λειτουργία είναι ημισυνεχής. Μέσα στη σήραγγα δημιουργείται ψυχρός αέρας από ισχυρούς ανεμιστήρες, η θερμοκρασία του αέρα κυμαίνεται από -25 έως -45°C και η ταχύτητά του είναι ιδανική στα 5-6m/s (Fellows, 1988).

Η δεύτερη σημαντική κατηγορία εξοπλισμού κατάψυξης τροφίμων είναι οι κρυογονικοί καταψύκτες, οι οποίοι λειτουργούν με υγρό άζωτο ή διοξείδιο του άνθρακα. Το ψυκτικό μέσο έρχεται σε άμεση επαφή με το τρόφιμο και απομακρύνει γρήγορα την ενέργεια από το τρόφιμο, με σκοπό να αποκτήσει λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης, η οποία να παράγει υψηλούς συντελεστές μεταφοράς θερμότητας και επομένως γρήγορη κατάψυξη. Τα πλεονεκτήματα αυτών των καταψυκτών είναι ο απλός, συνεχής εξοπλισμός με σχετικά χαμηλό κόστος κατασκευής, οι μικρότερες απώλειες βάρους από αφυδάτωση του προϊόντος, η γρήγορη κατάψυξη με αποτέλεσμα τις μικρότερες αλλαγές στα οργανοληπτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος, ο αποκλεισμός του οξυγόνου και η

μικρότερη κατανάλωση ενέργειας. Ωστόσο το βασικό μειονέκτημα είναι το υψηλό κόστος των ψυκτικών μέσων (Fellows, 1988; Ταούκης & Ωραιπούλου, 2009).

#### 4.7 Απόψυξη

Απαραίτητη διαδικασία είναι η απόψυξη για τη χρήση των τροφίμων. Η διαδικασία αυτή παρουσιάζει μερικές διαφορές σε σχέση με την κατάψυξη. Αρχικά είναι βραδύτερη από την κατάψυξη, επειδή κατά τη διάρκειά της σχηματίζεται μία ρευστή υδατική στοιβάδα στην επιφάνεια και μετά οδηγείται προς τα εσωτερικά στρώματα του προϊόντος. Επίσης κατά την απόψυξη η θερμοκρασία του κατεψυγμένου προϊόντος φτάνει γρήγορα σε μία θερμοκρασία λίγο μικρότερη από 0°C, αλλά αφού η θερμική αγωγιμότητα του νερού είναι 4 φορές μικρότερη από τη θερμική αγωγιμότητα του πάγου, η αγωγή της απαιτούμενης θερμότητας τήξης από την εξωτερική υδατική στοιβάδα προς το εσωτερικό γίνεται με αργό ρυθμό.

Επίσης η απόψυξη εξαρτάται και από το ρυθμό κατάψυξης σε κάποιο βαθμό. Συγκεκριμένα, βραδύς ρυθμός κατάψυξης οδηγεί σε σχηματισμό εξωκυτταρικών κρυστάλλων και σε περίπτωση που αυτοί μεγαλώσουν ραγδαία, η πιθανότητα πυρηνογένεσης μικραίνει και κατά την απόψυξη τα φαινόμενα αυτά μπορεί να είναι μη αντιστρεπτά. Αντίθετα, όταν η κατάψυξη γίνει με ταχύ ρυθμό, παράγονται ομοιόμορφοι μικροί κρύσταλλοι στον εσωκυτταρικό και εξωκυτταρικό χώρο, η μετακίνηση του νερού ελαχιστοποιείται, η μικροσκοπική εικόνα των παγωμένων ιστών είναι παρόμοια με την αρχική και η ποιότητα του τροφίμου μετά την απόψυξη είναι ανώτερη. Επίσης, με την κατάψυξη, προκαλείται πρόβλημα στα κύτταρα της μαγιάς με αποτέλεσμα την απελευθέρωση διάφορων ουσιών και την μείωση του όγκου σε περίπτωση απόψυξης. Για αυτό το λόγο, προκειμένου να διατηρηθεί η δραστηριότητα της μαγιάς επιλέγονται γρήγοροι ρυθμοί απόψυξης.

Ο εξοπλισμός της απόψυξης περιλαμβάνει συστήματα θέρμανσης με θερμό αέρα, την εμβάπτιση του προϊόντος, τη χρήση ατμού και την επαφή με μεταλλικές πλάκες, στο εσωτερικό των οποίων κυκλοφορεί θερμαντικό μέσο. Η θερμοκρασία του μέσου απόψυξης στο κατεψυγμένο ζυμάρι μπορεί να φτάσει και τους 30-40°C (θάλαμοι ωρίμανσης). Πρόσφατα έχει προταθεί η χρήση μικροκυμάτων για την απόψυξη των προϊόντων, μέθοδος που είναι γρήγορη και θεωρείται λιγότερο καταστρεπτική για αρκετά τρόφιμα, επειδή η ενέργεια δεν μεταφέρεται με αγωγή μεταξύ των διαφόρων στρωμάτων του τροφίμου (Fellows 1988; Jelen, 2005; Mandala, 2005).

## **5. Κατεψυγμένο Ζυμάρι**

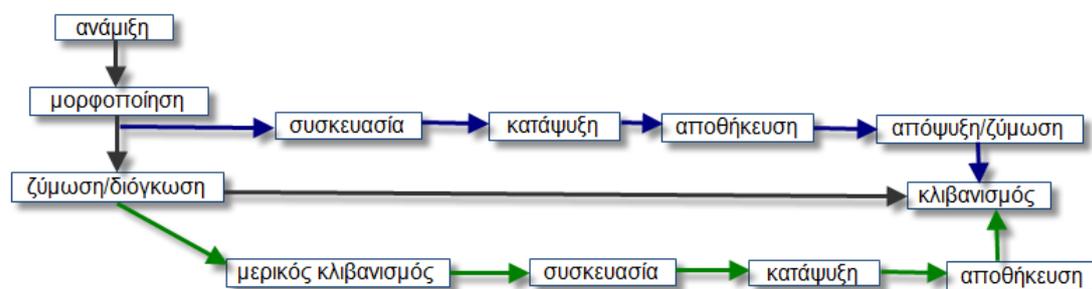
### **5.1 Γενικά στοιχεία**

Για αιώνες το ψωμί ήταν ανέκαθεν ένα από τα πιο δημοφιλή και ελκυστικά προϊόντα διατροφής λόγω της υψηλής θρεπτικής αξίας και των χαρακτηριστικών υφής του. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, η κοινωνική και επιστημονική ανάγκη εκσυγχρονισμού, η έκρηξη σε ανάγκες και οι απαιτήσεις των καταναλωτών, σε συνδυασμό με τις σημαντικές αλλαγές στον τρόπο παραγωγής των τροφίμων τα οποία διανέμονται και πωλούνται λιανικώς, οδήγησε στην ανάπτυξη εναλλακτικών ή νέων μεθόδων για την παραγωγή και τη διατήρηση των προϊόντων αρτοποιίας (Cauvain & Young, 1999).

Αρχικά, το πρώτο προϊόν, που αναπτύχθηκε γύρω στη δεκαετία του 1970, ήταν ο κατεψυγμένος άρτος. Η επιτυχία που γνώρισε ήταν περιορισμένη, καθώς εμφάνιζε προβλήματα αποκόλλησης της κόρας. Για το σκοπό αυτό, υλοποιήθηκε η παραγωγή του κατεψυγμένου ζυμαριού, το οποίο την παρούσα στιγμή αποτελεί το κυρίαρχο προϊόν στην αγορά των κατεψυγμένων προϊόντων. Η τεχνολογία του κατεψυγμένου ζυμαριού στηρίζεται στην προετοιμασία του και την κατάψυξή του, προτού ξεκινήσει η ζύμωση, ή μετά από περιορισμένο χρονικό διάστημα ζύμωσης. Η τελική μετατροπή του ζυμαριού αποτελείται από τρία στάδια: την απόψυξη, τη ζύμωση και τον κλιβανισμό (Giannou et al., 2005).

## 5.2 Διαφορές με τη συμβατική αρτοποιήση

Προκειμένου να γίνει αντιληπτή η διεργασία της κατάψυξης στο ζυμάρι παρουσιάζεται το παρακάτω διάγραμμα:



Εικόνα 5: Διάγραμμα ροής συμβατικών αρτοσκευασμάτων (μαύρες γραμμές), προϊόντων κατεψυγμένου ζυμαριού (μπλε γραμμές) και ημι-κλιβανισμένων αρτοσκευασμάτων (πράσινες γραμμές)

Συγκεκριμένα τα κατεψυγμένα αρτοσκευάσματα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: προϊόντα κατεψυγμένου ζυμαριού και κατεψυγμένα ημι-κλιβανισμένα προϊόντα. Τα πρώτα (κατεψυγμένα ζυμάρια) σχεδιάζονται έτσι, ώστε να μπορούν να ανταπεξέλθουν τη διαδικασία της κατάψυξης και απόψυξης και να εμφανίζουν παρόμοια ποιοτικά χαρακτηριστικά με το συμβατικό άρτο. Ωστόσο, απαιτούν προετοιμασία ελάχιστου χρόνου 2-3h, αφού πριν τον κλιβανισμό τους πρέπει να αποψυχθούν και να διογκωθούν. Η απόψυξη και η διόγκωση λαμβάνουν συνήθως χώρα σε θερμοκρασίες ελαφρώς υψηλότερες της θερμοκρασίας περιβάλλοντος και μετά κλιβανίζονται, ώστε να παραχθεί το τελικό προϊόν (Giannou et al., 2005).

Από την άλλη μεριά, τα κατεψυγμένα ημι-κλιβανισμένα προϊόντα εμφανίζουν μικρό χρόνο προετοιμασίας (μπορούν να είναι έτοιμα σε λιγότερο από 20min) και έχουν μικρότερες απαιτήσεις σε εξοπλισμό και εξειδικευμένο προσωπικό. Σε βιομηχανικό επίπεδο, η τεχνολογία των προϊόντων αυτών αποτελείται από την προετοιμασία του άρτου με μερικό κλιβανισμό σε μία μέση, συνήθως, θερμοκρασία, την ψύξη και την κατάψυξή τους. Το κατεψυγμένο προϊόν μπορεί, στη συνέχεια, να τοποθετηθεί απευθείας στον κλίβανο και να υποστεί απόψυξη και κλιβανισμό σε ένα μόνο στάδιο. Ωστόσο, τα παραγόμενα προϊόντα εμφανίζουν υποβαθμισμένα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και μικρότερη διάρκεια ζωής. Μερικές φορές συστήνεται η απόψυξή τους πριν τον τελικό κλιβανισμό που περιλαμβάνει την αναθέρμανση του προϊόντος

για μικρό χρονικό διάστημα (περίπου τα 2/3 του αντίστοιχου χρόνου που απαιτείται για τον πλήρη κλιβανισμό, ώστε να αναπτυχθεί το χαρακτηριστικό καφετί χρώμα, το άρωμα/γεύση και η χαρακτηριστική υφή των αρτοσκευασμάτων) (Γιάννου, 2009).

### 5.3 Επίδραση των Βασικών Υλικών

#### 5.3.1 Αλεύρι

Η ποιότητα του αλεύρου παίζει σημαντικό ρόλο για την παραγωγή ενός προϊόντος καλής ποιότητας. Στην περίπτωση των κατεψυγμένων αρτοσκευασμάτων, η διαδικασία της κατάψυξης, η μεταφορά, οι πιθανές διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και η απόψυξη απαιτούν άλευρα καλύτερης ποιότητας από αυτά που χρησιμοποιούνται για τη συμβατική αρτοποιία. Για την παρασκευή κατεψυγμένου ζυμαριού χρησιμοποιούνται συνήθως άλευρα με υψηλό πρωτεϊνικό περιεχόμενο σε ποσοστά 12,5-14%, διότι βοηθούν στην αύξηση της σταθερότητας της δομής. Άλευρα με χαμηλότερο πρωτεϊνικό περιεχόμενο μπορούν να χρησιμοποιηθούν, μόνο εφόσον ενισχυθούν με ζωντανή γλουτένη, το ποσοστό της οποίας δεν πρέπει να είναι πολύ υψηλό καθώς σε άλλη περίπτωση θα έχει επίδραση στο χρώμα, τη γεύση και την υφή των προϊόντων. Επίσης πιθανή εξασθένηση της γλουτένης οδηγεί σε εξασθένηση του ζυμαριού κατά την κατάψυξη, αποθήκευση και απόψυξη με αποτέλεσμα τη μείωση της ικανότητας διόγκωσης (Inoue & Bushuk, 1996).

Τέλος η διατήρηση της αντοχής και της ικανότητας διόγκωσης του προϊόντος, κατά την αποθήκευσή του υπό κατάψυξη, μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση μετρίου ή δυνατού αλεύρου. Γενικά προτείνεται η χρήση δυνατών αλεύρων με ισχυρή ικανότητα διόγκωσης αμύλου (σκληρός ανοιζιάτικος σίτος), επειδή τέτοια άλευρα διαθέτουν μεγαλύτερη δύναμη γλουτένης. (Γιάννου, 2009).

#### 5.3.2 Νερό

Το νερό που περιέχεται μέσα στο ζυμάρι είναι ελεύθερο και δρα ως πλαστικοποιητής. Το νερό μέσα στα κατεψυγμένα προϊόντα, είναι στερεό με αποτέλεσμα να μην μπορεί να αντιδράσει όταν εφαρμόζονται υψηλοί ρυθμοί κατάψυξης και πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Παρόλα αυτά υπάρχει και ένα ποσοστό το οποίο είναι υγρό και κινείται βοηθώντας στον σχηματισμό δεσμών υδρογόνου.

Τα μικρά ποσοστά απορρόφησης νερού, περίπου 3-5%, βοηθούν στον περιορισμό του ελεύθερου νερού του συστήματος το οποίο ευθύνεται για τη μετανάστευσή του, το

σηματισμό κρυστάλλων, καθώς επίσης και την εξασθένηση, λόγω αντιστρεπτών μεταβολών, του πλέγματος της γλουτένης και της σταθερότητας της ζύμης κατά την κατάψυξη και την απόψυξη. Επίσης, προτιμάται η χρήση νερού χαμηλής θερμοκρασίας, καθώς επιβραδύνει τη ζυμωτική δράση της μαγιάς και επιταχύνει την κατάψυξη του ζυμαριού.

Επιπλέον, κατά τον κλιβανισμό, ένα μέρος του νερού χάνεται, ενώ το υπόλοιπο συνεχίζει να κινείται προκαλώντας διάφορα προβλήματα. Όπως είναι γνωστό, στη διαδικασία του κλιβανισμού, στην ψίχα συνεχίζεται η αργή διάχυση νερού προς τις υδρόφιλες ομάδες, όπως τα μόρια γλυκόζης και οι υδροξυ-ομάδες, οι οποίες προκαλούν το σχηματισμό δεσμών υδρογόνου. Αυτοί οι δεσμοί υδρογόνου βοηθούν στην ανακατανομή του νερού και την ανακρυστάλλωση της αμυλοπηκτίνης, και έτσι ενισχύουν το μπαγιάτεμα των αρτοσκευασμάτων. Τέλος, άλλη μία αντίδραση που ενισχύει το μπαγιάτεμα αυτό είναι ο σχηματισμός δεσμών υδρογόνου μεταξύ της γλουτένης και του αμύλου (Γιάννου, 2009).

### 5.3.3 Μαγιά

Η δραστηριότητα της μαγιάς επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, όπως ο χρόνος ανάμιξης, ο ρυθμός κατάψυξης, η θερμοκρασία και η διάρκεια αποθήκευσης υπό κατάψυξη και ο ρυθμός απόψυξης. Η εξασθένηση της δραστηριότητας της μαγιάς προκαλεί μείωση του παραγόμενου διοξειδίου του άνθρακα και σε περίπτωση απώλειας δισουλφονικών αναγωγικών ουσιών από τα κύτταρά της τότε το ζυμάρι χάνει μέρος της δύναμής του.

Συνεπώς, κρίνεται απαραίτητο να υπάρχει ένας βέλτιστος ρυθμός κατάψυξης, ο οποίος να είναι αρκετά αργός, ώστε να εμποδίζει το σχηματισμό του ενδομοριακού πάγου και αρκετά ταχύς, ώστε να ελαχιστοποιεί την έκθεση των κυττάρων σε υψηλές συγκεντρώσεις διαλυμάτων. Επιπλέον η θερμοκρασία αποθήκευσης πρέπει να μην είναι χαμηλότερη από την θερμοκρασία κατάψυξης, διότι με αυτόν τον τρόπο τα ζυμάρια γίνονται λιγότερο σταθερά.

Επιπλέον, για τον περιορισμό της υποβάθμισης της μαγιάς προτείνεται η άμεση ανάμιξη, μορφοποίηση και κατάψυξη του ζυμαριού. Τα παραγόμενα προϊόντα της ζύμωσης (αιθανόλη και άλλα πτητικά συστατικά) βοηθούν στην καταστροφή της μαγιάς και τη μείωση της δραστηριότητάς της. Συνεπώς, είναι αναγκαίο το ζυμάρι να

αναμιγνύεται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες και να καταψύχεται αμέσως μετά τη μορφοποίησή του (Kulp et al, 1995; Inoue & Bushuk, 1996; Rasanen et al, 1997).

Τέλος, προκειμένου να αντιμετωπιστεί η απώλεια δράσης της μαγιάς, προτείνεται η αύξηση της προστιθέμενης ποσότητας κατά 50-100%. Ωστόσο, η υπερβολική αύξησή της μπορεί να προσδώσει στο τελικό προϊόν χαρακτηριστική γεύση μαγιάς (Γιάννου, 2009).

#### 5.3.4 Υπόλοιπα συστατικά

Το αλάτι είναι ένας από τους παράγοντες που επιβραδύνουν τη δραστηριότητα της μαγιάς και επιπρόσθετα δρα ως ενισχυτικό γεύσης. Το ποσοστό προσθήκης του είναι 1,5-2% και συνήθως προστίθεται στο τέλος της διαδικασίας ανάμιξης, έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί η αρνητική του δράση. Επιπλέον η προσθήκη αλατος αυξάνει τη σταθερότητα, τη σκληρότητα και την ικανότητα του ζυμαριού να συγκρατεί τα αέρια. Ταυτόχρονα, επηρεάζει το ρυθμό ζύμωσης (αύξηση της συγκέντρωσης του αλατος, συνεπάγεται μείωση του ρυθμού ζύμωσης) και ενισχύει το πλέγμα της γλουτένης (Kulp et al, 1995; Γιάννου, 2009).

Όσον αφορά τα λιπαρά, εφόσον αυτά ενσωματωθούν σε ποσοστό 0,7-1% ως προς το άλευρο, τότε βελτιώνουν την αντοχή του ζυμαριού κατά την κατάψυξη και αποθήκευσή του, και προστατεύουν τη δομή του ζυμαριού κατά το σχηματισμό πάγου. Επιπλέον έχουν την ικανότητα να επηρεάζουν την εκτατότητα του κατεψυγμένου ζυμαριού, ενώ τα σταγονίδια του στη φάση διασποράς αναδιατάσσονται, με αποτέλεσμα να αυξάνονται σε μέγεθος, ειδικά κατά την απόψυξη του ζυμαριού. Στο κατεψυγμένο ζυμάρι προτείνεται η αύξηση της περιεκτικότητας σε λιπαρά, για αυτό το ποσοστό συνήθως φτάνει μέχρι και 2%, ενώ προτιμάται η χρήση κορεσμένου ή μερικώς κορεσμένου λιπαρού (Jeremiah, 1996; Kulp et al, 1995; Stauffer, 1993).

Επιπλέον, σχετικά με τη ζάχαρη, το ποσοστό της στο κατεψυγμένο ζυμάρι εξαρτάται από το πόσο γλυκιά γεύση είναι επιθυμητό να έχει το τελικό προϊόν. Τα προϊόντα που έχουν μεγάλο ποσοστό ζάχαρης εμφανίζουν υψηλή σταθερότητα κατά την κατάψυξη, καθώς η ένωση της ζάχαρης με το νερό έχει ως αποτέλεσμα το ποσοστό του ελεύθερου νερού να είναι αρκετά χαμηλό και συνεπώς μειώνεται η βλάβη στα κύτταρα της μαγιάς. Επίσης με την προσθήκη της ζάχαρης μειώνεται ο χρόνος

ωρίμανσης του αποψυγμένου ζυμαριού και ενισχύεται το καστανόωμα της κόρας. (Kulp et al, 1995; Stauffer, 1993).

Τέλος, ένα ακόμα συστατικό στο οποίο πρέπει να δίνεται προσοχή είναι τα σάκχαρα. Αρχικά ο τύπος των σακχάρων παίζει σημαντικό ρόλο, όμως γενικά, υπάρχει η τάση να χρησιμοποιούνται σε ελαφρώς υψηλότερες συγκεντρώσεις σε σχέση με τα συμβατικά προϊόντα αρτοποιίας. Αυτό συμβαίνει διότι με αυτό τον τρόπο αυξάνουν την απορρόφηση νερού από το ζυμάρι και συνεπώς μειώνεται η ποσότητα του ελεύθερου νερού και περιορίζεται η βλάβη των κυττάρων της μαγιάς που οδηγεί στη μη σταθερότητα του ζυμαριού. Εν συνεχεία για αποφυγή ανάπτυξης οσμωτικών φαινομένων λόγω παρουσίας σακχάρων, προτείνεται η χρήση ανθεκτικής μαγιάς σε τέτοια φαινόμενα (Charley & Weaver, 1998; Stauffer, 1993).

#### 5.4 Παράμετροι των διεργασιών κατάψυξης

##### 5.4.1 Ανάμιξη

Για την ανάμιξη του ζυμαριού είναι κατάλληλοι αναμικτήρες υψηλών ταχυτήτων, με σκοπό να παραχθεί ένα σχετικά σφικτό ζυμάρι χαμηλής θερμοκρασίας. Η θερμοκρασία ανάμιξης πρέπει να είναι σε χαμηλά επίπεδα, έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η ωρίμανση πριν από την κατάψυξη και για αυτό το λόγο για το κατεψυγμένο ζυμάρι προτείνεται τελική θερμοκρασία ζυμαριού 19-22°C έναντι 24-26°C που είναι στο τυπικό ζυμάρι (Rouille et al, 2000). Η ανεπαρκής ανάμιξη οδηγεί σε ανομοιόμορφη κατανομή του αμύλου και των πρωτεϊνών, ενώ αντίστοιχα η υπερβολική ανάμιξη στην καταπόνηση των πρωτεϊνών της γλουτένης και το μερικό αποπολυμερισμό τους (Autio & Laurikainen, 1997). Τέλος, προτείνεται ο έντονος αερισμός, διότι αυξάνει την αντοχή των κυττάρων της μαγιάς στο ψύχος (Havet et al, 2000).

##### 5.4.2 Μορφοποίηση

Ο χρόνος που απαιτείται για τη μορφοποίηση, είναι απαραίτητο να μειωθεί, ώστε να ελαχιστοποιηθεί η ωρίμανση πριν από την κατάψυξη. Επίσης σημαντικό ρόλο παίζει το σχήμα των ζυμαριών. Συγκεκριμένα τα ζυμάρια σφαιρικού σχήματος επιφέρουν λίγο κατώτερα αποτελέσματα σε σχέση με τα κυλινδρικά ή τα ορθογώνια (Havet et al, 2000). Όσον αφορά τη συσκευασία, αυτή θεωρείται απαραίτητη, διότι ο κρύος αέρας περιέχει μικρό ποσοστό υγρασίας και για αυτό αφυδατώνει οποιοδήποτε προϊόν χωρίς συσκευασία με μεγαλύτερο ποσοστό υγρασίας. Το υλικό συσκευασίας

είναι επιθυμητό να διατηρεί την απώλεια υγρασίας στο ελάχιστο, να προστατεύει το τρόφιμο από την πρόσληψη οσμών από το περιβάλλον, αλλά και από εξωτερικούς παράγοντες που μπορεί να προκαλέσουν μόλυνση, καθώς επίσης να αντέχει την μηχανική καταπόνηση, τις φθορές αλλά και τις χαμηλές θερμοκρασίες (Mallett, 1993).

#### 5.4.3 Κατάψυξη

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 4, υπάρχουν πολλά φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα (σχηματισμός παγοκρυστάλλων) και κατά συνέπεια οδηγούν σε σημαντικές μεταβολές και δράσεις που μπορεί να έχουν καταστροφική επίδραση στην υφή, καθώς και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Οι μεταβολές αυτές διακρίνονται σε φυσικές και χημικές.

Οι φυσικές μεταβολές εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας, οι οποίες ενισχύουν τη μετανάστευση της υγρασίας και επηρεάζουν την κατανομή του μεγέθους των κρυστάλλων στα τρόφιμα. Επίσης, κατά την αποθήκευση υπό κατάψυξη ασυσκευαστων τροφίμων λαμβάνει χώρα εξάχνωση πάγου, λόγω διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ τροφίμων και ψυχρότερων μερών του θαλάμου αποθήκευσης, που μπορεί να οδηγήσει σε επιφανειακή ξήρανση/αφυδάτωση και σε εμφάνιση των λεγόμενων εγκυμάτων κατάψυξης (Laaksonen & Roos, 2001; Fu & Labuza, 1997; Reid, 1998).

Από την άλλη μεριά συμβαίνουν και χημικές μεταβολές όπως είναι η μετουσίωση των πρωτεϊνών και διάφορες οξειδωτικές δράσεις (οξείδωση λιπών) που οδηγούν σε επιπλέον μεταβολές όπως υποβάθμιση του χρώματος, της υφής, του αρώματος, της γεύσης, καθώς επίσης και σε απώλεια βιταμινών. Ο ρυθμός των χημικών αντιδράσεων επηρεάζεται, αφενός από τη συμπύκνωση των διαλυμάτων, με αποτέλεσμα τα αντιδρώντα να έρχονται σε μικρότερη απόσταση μεταξύ τους και, καθώς επίσης από φαινόμενα διάχυσης. Επίσης, η συμπεριφορά των ενζύμων εξαρτάται από τη φύση τους, τα χαρακτηριστικά και τη συγκέντρωση των ουσιών του συστήματος, το pH και τη θερμοκρασία (Fu & Labuza, 1997).

Η κύρια οξειδωτική δράση είναι η οξείδωση των λιπών, η οποία γίνεται αργά στους  $-18^{\circ}\text{C}$ , και κυρίως η αντίδραση με μοριακό οξυγόνο που ονομάζεται αλλιώς αυτοοξείδωση και έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη πτητικών ενώσεων με δυσάρεστη οσμή και γεύση (ταγγισμός). Επίσης, όσον αφορά τη μετουσίωση των

πρωτεϊνών, ο σχηματισμός και η ανακρυστάλλωση του πάγου, η αφυδάτωση, η συμπύκνωση των διαλυμάτων, οι μεταβολές των λιπαρών και η απελευθέρωση (σε ορισμένες περιπτώσεις) μεταβολιτών από τα κύτταρα είναι μερικοί παράγοντες που οδηγούν σε υποβάθμιση της λειτουργικότητάς τους. Ως αποτέλεσμα, επέρχονται μερικές συνέπειες όπως μειωμένη διαλυτότητα, μειωμένη ικανότητας συγκράτησης νερού κ.α. (Parker, 2003; Γιάννου, 2009).

Επιπλέον η συνολική ποιότητα του ψωμιού από κατεψυγμένο ζυμάρι επηρεάζεται τόσο από τη σύσταση του ζυμαριού, όσο και από τις συνθήκες της παραγωγής, όπως ο χρόνος ανάμιξης, ο ρυθμός κατάψυξης, η θερμοκρασία και η διάρκεια αποθήκευσης υπό κατάψυξη και ο ρυθμός απόψυξης. Οι παράγοντες αυτοί μπορούν να δράσουν είτε ανεξάρτητα, είτε συνεργιστικά, και οι πιθανοί λόγοι μείωσης της αρτοποιητικής ικανότητας είναι οι εξής:

- Η μείωση της παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα, ως αποτέλεσμα της εξασθένησης της δραστηριότητας της μαγιάς και
- Η βαθμιαία απώλεια δύναμης του ζυμαριού, η οποία οφείλεται είτε στη μετανάστευση δισουλφονικών αναγωγικών ουσιών από τα νεκρά κύτταρα της μαγιάς, είτε στη διάσπαση του πλέγματος της γλουτένης από τους παγοκρυστάλλους.

Τα αποτελέσματα των παραπάνω δράσεων είναι: η αύξηση του χρόνου ζύμωσης, η αύξηση της εκτατότητας του ζυμαριού, η μείωση του όγκου των αρτοσκευασμάτων, η αλλοίωση των χαρακτηριστικών υφής και η μη σταθερή απόδοση (Giannou et al., 2005; Rouille et al, 2000; El-Hady, 1999).

Όπως αναφέρθηκε ο ρυθμός κατάψυξης και η θερμοκρασία έχουν επίδραση στην ποιότητα του κατεψυγμένου ζυμαριού. Συγκεκριμένα ο ρυθμός κατάψυξης έχει αξιόλογη επίδραση στη διάρκεια ζωής των κυττάρων της μαγιάς και μάλιστα αν αυξηθεί από 1 σε 1,5°C/min, τότε η δράση της μαγιάς ελαττώνεται σημαντικά. Η ταχεία κατάψυξη, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα τρόφιμα προκαλεί μεγαλύτερη βλάβη στα κυτταρικά τοιχώματα σε σχέση με τη βαθμιαία διαδικασία κατάψυξης. Αυτό οφείλεται στο σχηματισμό ενδοκυτταρικών παγοκρυστάλλων, οι οποίοι προκαλούν την καταστροφή της κυτταρικής δομής (Valentas et al, 1997; Inoue & Bushuk, 1996). Εφαρμόζοντας όμως πολύ χαμηλούς ρυθμούς κατάψυξης τότε:

- Εμφανίζεται ωσμωτική πίεση λόγω κατάψυξης ζυμαριού που περιέχει κύτταρα μικροοργανισμών) και
- Προκύπτει αφυδάτωση των κυττάρων που λόγω μεταβολής της συγκέντρωσης των διαλυμάτων οδηγεί σε αποικοδόμηση των βιολογικών μακρομορίων και συστατικών των μεμβρανών τους (Γιάννου,2009).

Από την άλλη έχει διατυπωθεί ότι και η τελική θερμοκρασία κατάψυξης παίζει ρόλο, επηρεάζοντας τη δραστηριότητα της μαγιάς στο κατεψυγμένο ζυμάρι μετά την απόψυξη. Σε θερμοκρασίες κατάψυξης μικρότερες από  $-35^{\circ}\text{C}$  τα ζυμάρια δεν δίνουν καλά αποτελέσματα, ανεξάρτητα από το ρυθμό κατάψυξης, ενώ προτείνεται οι θερμοκρασίες να κυμαίνονται από  $-20$  μέχρι  $-30^{\circ}\text{C}$  (Havet, 2000).

Τέλος, η ωρίμανση του ζυμαριού μετά την ανάμιξη και πριν την κατάψυξή του, μειώνει την αντοχή της μαγιάς στις συνθήκες κατάψυξης και την αλλοιώνει. Σε περίπτωση όμως που το ζυμάρι αναμιχθεί, μορφοποιηθεί και καταψυχθεί αμέσως, η μαγιά διατηρεί τις ιδιότητές της για μεγάλο χρονικό διάστημα αποθήκευσης. Εν συνεχεία τα προϊόντα της ζύμωσης (αιθανόλη και άλλα πτητικά συστατικά) βοηθούν στην καταστροφή της μαγιάς και τη μείωση της δραστηριότητάς της, επιδρώντας στην ικανότητα των ενεργών κυττάρων της, όταν αυτή καταψύχεται. Προκειμένου να αποφευχθεί αυτό, είναι αναγκαίο το ζυμάρι να αναμιγνύεται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες και να καταψύχεται αμέσως μετά τη μορφοποίησή του (Kulr et al, 1995; Inoue & Bushuk, 1996; Rasanen et al, 1997).

Τα κύτταρα της μαγιάς θεωρούνται γενικά ανθεκτικά στο ψύχος, η δραστηριότητα και η ζωτικότητα τους όμως επηρεάζεται από την κατάψυξη και την παρατεταμένη αποθήκευση σε χαμηλές θερμοκρασίες, με αποτέλεσμα να μειώνεται η ικανότητά τους να παράγουν  $\text{CO}_2$ , καθώς επίσης η αναπαραγωγική και μεταβολική τους δραστηριότητα

Επίσης μέσω της ενδοκυτταρικής κατάψυξης και της αύξησης της συγκέντρωσης των εσωκυτταρικών διαλυμάτων, προκαλείται μείωση της ζωτικότητας των κυττάρων της. Αυτά οδηγούν σε μείωση του pH, αφυδάτωση, απώλεια της λειτουργικότητας των μεμβρανών και μείωση της δραστηριότητας των γλυκολυτικών ενζύμων. Η επιβίωση της μαγιάς, επηρεάζεται επίσης από το ρυθμό κατάψυξης, τη θερμοκρασία και τη διάρκεια αποθήκευσης υπό κατάψυξη. Γενικά αύξηση του ρυθμού κατάψυξης μειώνει σημαντικά την ικανότητα της μαγιάς.

Επιπλέον η κατηγορία της μαγιάς έχει δείξει ότι επηρεάζει ως ένα βαθμό το κατεψυγμένο ζυμάρι. Η χρήση ξηρής μαγιάς, επειδή απαιτεί περισσότερο χρόνο για την έναρξη της ζύμωσης, παρέχει σταθερότερο ζυμάρι. Ωστόσο, λόγω συνθηκών ξήρανσης, είναι πολύ πιθανό η δομική ακεραιότητα της κυτταρικής μεμβράνης να επηρεαστεί με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη ευαισθησία των κυττάρων της μαγιάς στην κατάψυξη. Ως αποτέλεσμα είναι οι μεγαλύτεροι χρόνοι ωρίμανσης και τα περισσότερα διαρρηγμένα κύτταρα. Από την άλλη η χρήση της φρέσκιας συμπιεσμένης μαγιάς εμφανίζει υψηλότερη αντοχή των κυττάρων της κατά την κατάψυξη και απόψυξη (Ribotta, et al., 2001; Γιάννου, 2009).

Τα μορφοποιημένα κομμάτια ζυμαριού πρέπει να καταψυχθούν αργά, με σκοπό να διατηρηθούν οι ιδιότητες παραγωγής αερίου και αρκετά γρήγορα, προκειμένου να διατηρηθούν οι ιδιότητες συγκράτησης αερίου. Γενικά ο ρυθμός κατάψυξης του ζυμαριού πρέπει να παίρνει τιμές από 0,3 μέχρι 1,2°C/min, για να μειωθεί η θερμοκρασία στο κέντρο του από τους 20 στους -10°C. Το βάρος και το σχήμα των κομματιών του ζυμαριού επηρεάζει το ρυθμό κατάψυξης, καθώς ένα μικρότερο κομμάτι καταψύχεται πιο γρήγορα από ένα μεγάλο κομμάτι (στην ίδια θερμοκρασία). Επίσης, η κατάψυξη ξεκινά από την εξωτερική επιφάνεια του ζυμαριού και προχωρά προς το εσωτερικό και το ζυμάρι θεωρείται κατεψυγμένο όταν η θερμοκρασία του κέντρου είναι -10 με -15°C.

#### 5.4.4 Αποθήκευση

Μετά την κατάψυξη, ακολουθεί η αποθήκευση των κομματιών ζυμαριού μέσα σε καταψύκτη θερμοκρασίας από -18 μέχρι -23°C. Η θερμοκρασία της αποθήκευσης πρέπει να παραμένει σταθερή, διότι οποιαδήποτε διακύμανση στη θερμοκρασία προκαλεί μεταβολή της τάσης ατμών μεταξύ των παγοκρυστάλλων, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται μεγάλοι παγοκρύσταλλοι. Οι μεγάλοι παγοκρύσταλλοι εμφανίζονται λόγω αποβολής υγρασίας που προκαλείται από την εξάχνωση. Η ανάπτυξη όμως των παγοκρυστάλλων είναι πολύ καταστρεπτική τόσο για τη δομή του ζυμαριού, όσο και για τα κύτταρα της μαγιάς (Inoue & Bushuk, 1996; Kulp et al, 1995).

#### 5.4.5 Απόψυξη

Εν συνεχεία ακολουθεί η απόψυξη. Είναι μία διαδικασία η οποία μπορεί να γίνει σε θερμοκρασία από -3 μέχρι 5°C σε θάλαμο απόψυξης ή σε θερμοκρασία δωματίου (25°C) ή σε θάλαμο ωρίμανσης στους 30-40°C. Συνήθως προτιμώνται οι γρήγοροι ρυθμοί απόψυξης, όμως σε αυτή την περίπτωση υπάρχει αύξηση της θερμοκρασίας μόνο στην εξωτερική επιφάνεια του ζυμαριού, με αποτέλεσμα να αρχίζει η ζύμωση σε εκείνο το σημείο, αλλά το κέντρο να είναι ακόμα παγωμένο. Αυτό συνεπάγεται την ασύμμετρη διαμόρφωση των φυσαλίδων αερίου και επιδρά σημαντικά στη σταθερότητα του ζυμαριού (Autio & Laurikainen, 1997). Γρήγοροι ρυθμοί τελικά επιλέγονται, όταν πριν έχει εφαρμοστεί ταχεία κατάψυξη, οπότε και έχουν σχηματιστεί κρύσταλλοι στο εσωτερικό των κυττάρων της μαγιάς (αργός ρυθμός συνεπάγεται ανακρυστάλλωση) (Jeremiah, 1996).

#### 5.4.6 Ωρίμανση

Μετά την απόψυξη τα επίπεδα της υγρασίας και της θερμοκρασίας στο ζυμάρι είναι μικρότερα από αυτά στο φρέσκο ζυμάρι. Οι παράγοντες αυτοί επηρεάζουν φυσικές και βιοχημικές ιδιότητες του ζυμαριού, όπως την εκτατότητα, το ρυθμό ωρίμανσης, την ενεργότητα των ενζύμων, καθώς επίσης και το ρυθμό των αντιδράσεων οξειδοαναγωγής. Η ωρίμανση γίνεται σε θαλάμους ωρίμανσης, στους οποίους η θερμοκρασία και η υγρασία πρέπει να είναι σε μικρότερα επίπεδα σε σχέση με τα φρέσκα ζυμάρια, με σκοπό να μειωθεί η θερμοκρασιακή διαφορά μεταξύ του ζυμαριού και της θερμοκρασίας ωρίμανσης. Τέλος ο χρόνος ωρίμανσης για τα ζυμάρια που έχουν περάσει από το στάδιο της απόψυξης είναι μεγαλύτερος σε σχέση με τα φρέσκα ζυμάρια.

#### 5.4.7 Κλιβανισμός

Όσον αφορά τον κλιβανισμό δεν υπάρχει κάποια διαφορά στα ζυμάρια που έχουν περάσει από αυτά τα στάδια σε σχέση με τα φρέσκα ζυμάρια και κατά συνέπεια ακολουθείται η ίδια διαδικασία που αναφέρθηκε σε προηγούμενη ενότητα (Stauffer, 1993; Holmes & Hosenev, 1987).

## 5.5 Προσθήκη προσθέτων για βελτίωση κατεψυγμένου ζυμαριού

Η ανάγκη για βελτίωση των ιδιοτήτων του κατεψυγμένου ζυμαριού οδήγησε στη χρήση διάφορων κρυοπροστατευτικών (βελτιωτικών) υλικών, που θα διασφαλίσουν τη σταθερότητα του ζυμαριού και θα ενισχύσουν τη διατήρηση των τροφίμων υπό κατάψυξη. Συγκεκριμένα θα βελτιώνουν τις ρεολογικές ιδιότητες και θα διατηρούν τα ποιοτικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των αρτοσκευασμάτων (Ribotta et al., 2003; Kenny et al., 1999).

Παρακάτω θα αναλυθούν τα εξής κρυοπροστατευτικά: οξειδωτικά μέσα (π.χ. ασκορβικό οξύ και βρωμικό κάλιο), κόμμεα-υδροκολλοειδή (ξανθάνη, Guar Gum, κ-καραγεννάνη), γαλακτωματοποιητές (π.χ. DATEM, SSL, Distilled Monoglyceride, λεκιθίνη), ένζυμα, ζωντανή γλουτένη και κρυοπροστατευτικές ουσίες (π.χ. τρεχαλόζη).

### 5.5.1 Οξειδωτικά μέσα

Οι επιπτώσεις που επιφέρει η κατάψυξη του ζυμαριού, μπορούν να μειωθούν με την προσθήκη οξειδωτικών μέσων σε ποσοστό μεγαλύτερο από ό,τι στο φρέσκο ζυμάρι. Τα οξειδωτικά μέσα έχουν βελτιωτική δράση στα ρεολογικά χαρακτηριστικά του ζυμαριού, καθώς και στη συνολική ποιότητα του τελικού προϊόντος. Επίσης ο βασικότερος λόγος προσθήκης οξειδωτικών μέσων στο κατεψυγμένο ζυμάρι είναι η προοδευτική καταστροφή των κυττάρων της μαγιάς κατά την αποθήκευση που οδηγεί σε απελευθέρωση αναγωγικών ουσιών, οι οποίες με τη σειρά τους εξασθενούν τη γλουτένη κατά την απόψυξη και την ωρίμανση του ζυμαριού. Τα δύο βασικά οξειδωτικά που χρησιμοποιούνται είναι το ασκορβικό οξύ και το βρωμικό κάλιο (El-Hady, 1999; Stauffer, 1993).

Όσον αφορά το ασκορβικό οξύ είναι συνηθέστερο μέσο οξείδωσης και προστίθεται σε ποσότητες μεταξύ 10-200 ppm ως προς το άλευρο. Προτείνεται ως πρόσθετο, διότι μειώνει σημαντικά την προσκολλησιμότητα και την εκτατότητα του ζυμαριού και αυξάνει την ελαστικότητά του, προκαλώντας την ανάπτυξη διαμοριακών δεσμών μεταξύ των πρωτεϊνικών μορίων (Kenny et al., 1999; Rouille et al., 2000). Επίσης έχει τη δυνατότητα να αντισταθμίζει την απελευθέρωση αναγωγικών ουσιών από τα κύτταρα της μαγιάς, να βελτιώνει τη διόγκωση του τελικού άρτου και να αυξάνει τη δύναμη της ζύμης (Minervi et al, 2011)

Από την άλλη μεριά, τα αποτελέσματα από τη συνδυαστική χρήση βρωμικού καλίου (45-50 ppm) μαζί με ασκορβικό οξύ (75-100 ppm) έδειξαν ότι το βρωμικό κάλιο οξειδώνει τα σουλφυδρυλικά πεπτίδια χαμηλού μοριακού βάρους και συνεπώς παρεμποδίζει την ανάπτυξη αλληλεπιδράσεων σουλφυδρυλίου-δισουλφιδίου μεταξύ των μορίων της γλουτένης. Αυτό οδήγησε σε αλλαγή του με το αζωδικαρθοναμίδιο, το οποίο όμως είναι ευαίσθητο στις ουσίες που απελευθερώνονται από τα κύτταρα της μαγιάς (El-Hady et al., 1999; Kulp et al., 1995; Stauffer, 1993).

### 5.5.2 Κόμμεα – Υδροκολλοειδή

Οι ουσίες αυτές έχουν την δυνατότητα να βελτιώνουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά προκαλώντας δομικές μεταβολές στα βασικά συστατικά του αλεύρου κατά την αρτοποιήση και την αποθήκευση του άρτου, καθώς επίσης και να διατηρούν το προϊόν για περισσότερο χρόνο υπό κατάψυξη. Επιπλέον η ικανότητα των υδροκολλοειδών για σχηματισμό συμπλόκων με τα μόρια του αμύλου, έχει επίδραση στη διαδικασία τήξης, ζελατινοποίησης και αναδιάταξης του αμύλου. Επίσης, η επίδρασή τους φτάνει μέχρι την απορρόφηση του νερού και μάλιστα την αυξάνουν, διατηρούν το ποσοστό υγρασίας στο προϊόν και μειώνουν την ενεργότητα του νερού λόγω ανταγωνισμού με ορισμένα συστατικά του ζυμαριού, όπως οι πρωτεΐνες. Τέλος περιορίζουν τη διάχυση του νερού από τους μικρούς προς τους μεγάλους κρυστάλλους πάγου, μεταβάλλοντας με αυτό τον τρόπο τις κινητικές ιδιότητες της μη παγωμένης φάσης. Συνεπώς η προσθήκη αυτών των συστατικών είναι σημαντική και το ποσοστό που χρησιμοποιείται κάθε φορά εξαρτάται από τη φύση, την ποσότητα, την προέλευση και το μέγεθος των μορίων τους, καθώς επίσης από τη σύσταση του ζυμαριού και τις συνθήκες επεξεργασίας του (Barcenas & Rosell, 2006). Παρακάτω αναλύονται τα εξής κόμμεα:

- *Κόμμι ξανθάνης*: Η προσθήκη ξανθάνης ενισχύει την ικανότητα απορρόφησης νερού και τη δυνατότητα συγκράτησης αερίων του ζυμαριού βελτιώνοντας με αυτό τον τρόπο τη διόγκωση του ζυμαριού. Επίσης, προκαλεί την ενδυνάμωση του κατεψυγμένου ζυμαριού, καθώς ενισχύει το πλέγμα της γλουτένης μέσω ισχυρών αλληλεπιδράσεων με τις πρωτεΐνες του αλεύρου. Για την ξανθάνη προτείνεται η προσθήκη χαμηλών ποσοστών μικρότερα από 0,16% ως προς το άλευρο, διότι τότε έχει μεγαλύτερη θετική επίδραση. Συγκεκριμένα τα αποτελέσματα είναι υψηλότερη διόγκωση, πιο ανοικτή δομή, μεγαλύτερο πορώδες, απαλή κόρα και εξαιρετική ελαστικότητα στην ψίχα. Σε περίπτωση

υψηλότερης συγκέντρωσης ξανθάνης, προκύπτει χαμηλότερη διόγκωση από δείγματα χωρίς κάποιο βελτιωτικό. (Akbarian et al, 2015; Mandala, 2005; Minervini et al, 2011; Kim et al., 2008).

- *Κόμμι γκουάρ*: Η προσθήκη κόμμεος γκουάρ θεωρείται ιδιαίτερη περίπτωση καθώς από μερικούς ερευνητές φαίνεται ότι έχει καλά αποτελέσματα, ενώ από άλλους φαίνεται να έχει αρνητικές επιδράσεις. Συγκεκριμένα στην πρώτη περίπτωση των θετικών αποτελεσμάτων θεωρείται ότι ενισχύει τη διόγκωση και παρέχει προϊόντα με πιο ανοικτή δομή ψίχας και περισσότερες κυψέλες (Ribotta et al., 2001). Επιπλέον, άλλα αποτελέσματα έδειξαν ότι το κόμμι γκουάρ εκτός από τη διόγκωση, προσφέρει και καλύτερη υφή ψωμιού, έχοντας ωστόσο αρνητική επίδραση στα ρεολογικά χαρακτηριστικά και στη δομή της ψίχας (Ribotta, et al., 2004). Από τη μεριά όμως των αρνητικών αποτελεσμάτων, υποστηρίζεται ότι έχει αρνητικές συνέπειες στον όγκο, το πορώδες και την υφή του άρτου (Mandala, 2005). Η πιθανή αιτία για τα αντικρουόμενα αποτελέσματα είναι τα διαφορετικά ποσοστά προσθήκης του κόμμεος γκουάρ 0,16% και 0,65% ως προς το άλευρο από τον έναν ερευνητή (Mandala, 2005), ποσοστά αρκετά μικρότερα σε σχέση με εκείνο (1,5% ως προς το άλευρο) που χρησιμοποιείται από άλλο ερευνητή (Ribotta et al, 2001). Τέλος, βρέθηκε ότι καθυστερεί την αναδιάταξη του αμύλου, λόγω της ιδιότητάς του να συγκρατεί το νερό ακόμη και μετά τον κλιβανισμό του άρτου και επιπλέον (Akbarian et al, 2015; Ribotta et al., 2004).
- *Κόμμι κ-καραγεννάνη*: Αυτό το κρυοπροστατευτικό έχει την ικανότητα να βελτιώνει τον ειδικό όγκο των αρτοσκευασμάτων, λόγω των αλληλεπιδράσεών της με τις πρωτεΐνες της γλουτένης. Μέσω αυτών των αλληλεπιδράσεων διεκδικούν και το διαθέσιμο νερό από τη γλουτένη και το άμυλο και συνεπώς ο άρτος μετά τον κλιβανισμό εμφανίζει υψηλότερη περιεκτικότητα σε υγρασία, όμως χαμηλότερη ενεργότητα νερού. Σχετικά με το ποσοστό προσθήκης προτείνεται 1-3%, διότι αποδείχθηκε ότι προκαλεί μείωση της εκτατότητας του ζυμαριού, μείωση του χρόνου που απαιτείται για ωρίμανση και επιπλέον μείωση της ενεργότητας. Σε χαμηλότερα ποσοστά (0,5% ως προς το άλευρο) δεν έδειξε να βελτιώνει την κατάσταση της υφής του ζυμαριού, τη διόγκωση ή το χρόνο μπαγιατέματος, ενδεχομένως λόγω της μικρής ικανότητας ενυδάτωσής της σε

θερμοκρασία δωματίου (Akbarian et al, 2015; Kim et al., 2008; Minervini et al, 2011; Selomulyo & Zhou, 2007).

- *HPMC (Hydroxypropylmethylcellulose)*: Το συγκεκριμένο υδροκολλοειδές είναι μια ινώδης και διαλυτή στο νερό ουσία, που χρησιμοποιείται για να βελτιώσει την διαδικασία παραγωγής και τις ιδιότητες και την ποιότητα του κατεψυγμένου άρτου. Η αιθροποίηση των υδροξυλικών ομάδων της κυτταρίνης, βελτιώνει την διαλυτότητα στο νερό και επίσης του προσδίδει κάποια συγγένεια με τη μη πολική φάση του ζυμαριού. Επομένως, σε ένα πολυφασικό σύστημα όπως το ζυμάρι του άρτου, αυτή η διπλή λειτουργία επιτρέπει στο ζυμάρι να διατηρεί την ομοιομορφία του και να προστατεύει και να διατηρεί τη σταθερότητα του γαλακτώματος κατά τη διάρκεια της παραγωγής του άρτου (Selomulyo & Zhou, 2007). Επίσης, μέσω αυτής της ουσίας βελτιώνεται η ποιότητα του άρτου και συγκεκριμένα η διόγκωση, η περιεχόμενη υγρασία, η υφή της ψίχας και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Επιπλέον, αυτό το υδροκολλοειδές καθυστερεί το μπαγιάτεμα και τη σκλήρυνση της ψίχας λόγω της ικανότητας διατήρησης του νερού και την πιθανή εμπόδιση παλινδρόμησης της αμυλοπηκτίνης. (Barcenas & Rossel, 2006; Kohajdova et al, 2009). Μία άλλη σημαντική χρήση αυτού του κρυοπροστατευτικού είναι η βελτίωση των ρεολογικών, θερμικών και φυσικοχημικών ιδιοτήτων της γλουτένης κατά τη διάρκεια της κατάψυξης και συγκεκριμένα σταθεροποιεί τη δομή του πλέγματος της γλουτένης. Προσθήκη 2% αποτρέπει το σχηματισμό και την ανάπτυξη παγοκρυστάλλων μειώνοντας τη κινητικότητα του νερού και περιορίζοντας την αύξηση του νερού που πρόκειται να παγώσει (Xuan et al, 2017).
- *CMC (Carboxymethyl cellulose)*: Είναι παράγωγο της κυτταρίνης με καρβοξυμεθυλικές ομάδες, το οποίο χρησιμοποιείται σε προϊόντα αρτοποιίας κυρίως για να διατηρηθεί η υγρασία, να βελτιωθεί ο όγκος των αρτοσκευασμάτων, και να μειωθεί ο σχηματισμός παγοκρυστάλλων λόγω της υψηλής ικανότητας συγκράτησης του νερού. Επιπλέον, χρησιμοποιείται για να βελτιώσει τη διόγκωση και την ομοιομορφία των αρτοσκευασμάτων (Kohajdova et al, 2009; Selomulyo and Zhou, 2007). Προτείνεται η χρήση του σε χαμηλές συγκεντρώσεις (0,1% επί του αλεύρου), καθώς το CMC μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ελέγξει τις ρεολογικές ιδιότητες του πλέγματος της γλουτένης, οι οποίες μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια της κρυσταλλοποίησης και

επανακρυσταλλοποίησης και την υφή των υδατικών συστημάτων μέσω της σταθεροποίησης των γαλακτωμάτων και των αφρών. Όμως μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 1%. Συγκεκριμένα, σε ποσοστό 1% και 3%, αυξάνει τη μέγιστη αντίσταση στη διόγκωση (resistance to extension), ενώ σε ποσοστό 2% τη μειώνει. Επίσης, παρέχει σταθερότητα στα κατεψυγμένα αρτοσκευάσματα στη διάρκεια των κύκλων κατάψυξης-απόψυξης γεγονός που επιτυγχάνεται με μείωση της δραστηριότητας του νερού και έλεγχο της μετανάστευσης της υγρασίας στο παγωμένο ζυμάρι, λόγω του υδροφιλικού του χαρακτήρα. Επιπλέον, αποτρέπει τα αρνητικά αποτελέσματα της κατάψυξης και απόψυξης του ζυμαριού στη κυτταρική δομή της μαγιάς, βελτιώνοντας με αυτό τον τρόπο την ποιότητα του ζυμαριού και του τελικού άρτου. (Akbarian et al, 2015; Jia et al, 2014; Selomulyo and Zhou, 2007).

### 5.5.3 Γαλακτωματοποιητές

Οι γαλακτωματοποιητές χρησιμοποιούνται στην αρτοποιία, για να βελτιώσουν τα χαρακτηριστικά του ζυμαριού και την ποιότητα των αρτοσκευασμάτων. Οι πιο βασικοί είναι αυτοί που προέρχονται από το 1-μονογλυκερίδιο. Μετά το 1930 έγιναν προσπάθειες για αύξηση του ποσοστού του μονογλυκεριδίου στους γαλακτωματοποιητές καθώς βοηθούσε στην καθυστέρηση του μπαγιατέματος της κόρας. Για αυτό το λόγο προτάθηκε η αντικατάσταση της γλυκερίνης σε λίπη, φτάνοντας σε ποσοστό 50-60% μονογλυκερίδιο και το υπόλοιπο να είναι σχεδόν όλο διγλυκερίδιο. Εν συνεχεία προκειμένου να αυξηθεί και άλλο το ποσοστό του μονογλυκεριδίου, εφευρέθηκε η μοριακή απόσταξη, η οποία οδηγούσε σε απεσταγμένο μονογλυκερίδιο (Distilled Monoglyceride), το οποίο έφτασε σε ποσοστό 90% μονογλυκερίδιο και το υπόλοιπο ήταν διγλυκερίδιο και ένα μικρό ποσοστό λιπαρών οξέων. Στη συνέχεια παρασκευάστηκε απεσταγμένο μονογλυκερίδιο υπό μορφή σκόνης, προκειμένου να είναι ευκολότερη η χρήση και ενσωμάτωσή του. Με εστεροποίηση των μονογλυκεριδίων προκύπτουν και άλλοι γαλακτωματοποιητές, όπως GMS (glycerol monostearate), SMG (succinylated monoglycerides), DATEM (diacetyl tartaric acid esters of monoglycerides) κ.λπ. (Stauffer, 1990). Ωστόσο υπάρχουν και άλλοι όπως είναι το SSL (sodium stearyl-2-lactylate) και το CSL (στεατοϋλο-2-γαλακτυλικό ασβέστιο). Οι γαλακτωματοποιητές συμπεριλαμβάνουν χημικές ενώσεις με τελείως διαφορετική χημική δομή και για αυτό διαφορετικούς μηχανισμούς δράσης, οι οποίοι με τη σειρά τους έχουν διαφορετικά αποτελέσματα

στο ζυμάρι και τον άρτο (Gomez et al, 2004). Συνεπώς οι γαλακτωματοποιητές χωρίζονται σε μη ιοντικούς (μονογλυκερίδια, απεσταγμένα μονογλυκερίδια κ.λπ.) που δεν αποχωρίζονται στο νερό, εξαιτίας των ομοιοπολικών δεσμών τους και σε ιοντικούς, οι οποίοι μπορεί να είναι με τη σειρά τους ανιοντικοί (DATEM, SSL), κατιοντικοί (όχι στα τρόφιμα) ή αμφοτερικοί (λεκιθίνη) που έχουν και ανιοντικές και κατιοντικές ομάδες και οι ιδιότητες ενεργής επιφάνειας εξαρτώνται από το pH (Kohajdova et al, 2009).

Παρακάτω σχολιάζονται μερικοί γαλακτωματοποιητές:

- *DATEM*: Πρόκειται για γαλακτωματοποιητή ο οποίος χρησιμοποιείται για τη δυνάμωση του ζυμαριού. Χρησιμοποιείται σε ποσοστό μεγαλύτερο από 0,3% επί του αλεύρου. Έχει την ικανότητα για βελτίωση της αντοχής κατά την ανάμιξη, της διατήρησης του αερίου, της βελτίωσης του όγκου του τελικού άρτου και προσδίδει στην ψίχα μια ανθεκτική δομή με λεπτούς κόκκους, καθώς και καλές ιδιότητες κατά τον τεμαχισμό (Kohajdova et al, 2009; Selomulyo & Zhou, 2007; Ribotta et al., 2003). Επιπλέον το DATEM αυξάνει την απαλότητα της ψίχας ή επιβραδύνει το μπαγιάτεμα των προϊόντων λόγω της αλληλεπίδρασής του με το άμυλο, κυρίως με τα γραμμικά μόρια αμυλόζης, καθώς επίσης και με την αμυλοπηκτίνη. Επίσης, περιορίζει τη μετανάστευση του νερού, καθώς αντιδρά επιφανειακά και έχει τη δυνατότητα σχηματισμού συμπλόκων (κυρίως γλουτενίνης-(γαλακτωματοποιητή)-γλοιαδίνης) με τις πρωτεΐνες της γλουτένης λόγω της αλληλεπίδρασης με τις υδρόφοβες ομάδες αυτών. (Kohajdova et al, 2009; Ribotta et al., 2004; Inoue et al., 1995). Αυτό καθιστά το ζυμάρι πιο δυνατό, οπότε και εμφανίζει καλύτερη υφή και διόγκωση. Στη συνέχεια έχει αποδειχθεί ότι η ελαστικότητα ενισχύεται λόγω στρωματώσεων υγρών-κρυσταλλικών φάσεων με το νερό που αντιδρούν με την γλοιαδίνη (Kohajdova et al, 2009; Ribotta et al., 2004).
- *SSL*: Αυτή η ουσία είναι ένας ανιοντικός γαλακτωματοποιητής και χρησιμοποιείται για να βελτιώσει τη ποιότητα του άρτου. Έχει την ικανότητα βελτίωσης της αντοχής στο στάδιο της ανάμιξης και της αντίστασης του ζυμαριού στην διάλυση της δομής του. Επιπλέον, βελτιώνει την διόγκωση του τελικού άρτου και του προσδίδει ανθεκτική δομή, λεπτούς κόκκους και βελτιωμένες ιδιότητες κατά το τεμαχισμό. Παρέχει ιδιότητες που βοηθούν τη σταθερότητα των φυσαλίδων αέρα στο ζυμάρι κατά τη διάρκεια της παραγωγής

και έχει το πλεονέκτημα της καθυστέρησης του σταδίου της σχηματοποίησης του άρτου (Kohajdova et al, 2009) Τέλος, μπορεί να μειώσει την επίδραση της αποθήκευσης υπό κατάψυξη στις ρεολογικές ιδιότητες, αλλά δεν ήταν αποτελεσματικό στο να μειώσει το χρόνο ωρίμανσης του ζυμαριού (Matuda et al. 2005). Προσθήκη 0,5%, έδειξε υψηλότερη διόγκωση στα αρτοσκευάσματα (Hui et al, 2004).

- *Λεκιθίνη*: Αποτελεί έναν ακόμα γαλακτωματοποιητή και αποτελεί φυσικό προϊόν που προέρχεται από τη σόγια ή από το αραβοσιτέλαιο. Είναι μία ελαστική ουσία, η οποία είναι εύκολο να επεξεργαστεί στο ζυμάρι του άρτου. Η λεκιθίνη μπορεί να βρεθεί και σε μορφή σκόνης και αποτελείται κατά το ήμισυ από καθαρή λεκιθίνη. Το αποτέλεσμα της προσθήκης λεκιθίνης εκφράζεται με πιο απαλή υφή ψίχας, μεγαλύτερο όγκο άρτου, μεγαλύτερη σταθερότητα γλουτένης, καλύτερη γαλακτωματοποίηση των λιπαρών, μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και βελτιωμένη ικανότητα ενυδάτωσης. Συνήθως η λεκιθίνη χρησιμοποιείται στη παρασκευή πιο σκουρόχρωμων άρτων και πολύσπορων. Προσθήκη 0,2% καθαρής λεκιθίνης, δίνει τη μεγαλύτερη δυνατή βελτίωση ανάλογα με την ποιότητα του αλεύρου. Υψηλότερες προσθήκες έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση του όγκου καθώς και μικρότερη και απαλότερη δομή ψίχας. Επίσης η λεκιθίνη έχει την ικανότητα να αντιδρά απευθείας με το άλευρο στα εξής στάδια: φυσική απορρόφηση στην επιφάνεια των κόκκων αλεύρου, διόγκωση και σχηματοποίηση των χημικών δεσμών και συμπύκνωση σε γλυκοπρωτεΐνες. Η αποφασιστική αντίδραση είναι προφανώς ο σχηματισμός του λιποπρωτεϊνικού συμπλέγματος με αποτέλεσμα την ενδυνάμωση του πλέγματος των πρωτεϊνών του ζυμαριού. Η γλουτένη γίνεται πιο ελαστική και απαλή και βελτιώνεται η συγκράτηση των αερίων, καθώς επίσης η αναδιαμόρφωση του αμύλου εμποδίζεται και παρατείνεται η διάρκεια ζωής του προϊόντος (Kohajdova et al, 2009;Hui, 2006).
- *Μονογλυκερόλες*: Πρόκειται για ουσίες που καθυστερούν το μπαγιάτεμα και βελτιώνουν την απαλότητα της ψίχας στα αρτοσκευάσματα. Ο τρόπος με τον οποίο συμβαίνει αυτή η καθυστέρηση στο μπαγιάτεμα και στη σχηματοποίηση βασίζεται στην ικανότητα των μονογλυκεριδίων να σχηματίζουν συμπλέγματα με την αμυλόζη, τα οποία είναι αδιάλυτα στο νερό. Μέσω αυτών των συμπλεγμάτων μειώνεται η πιθανότητα ζελατινοποίησης του αμύλου κατά τη διάρκεια του κλιβανισμού. Για αυτό το λόγο, καθώς ηρεμεί ο τελικός άρτος μετά το

κλιβανισμό, τα συμπλέγματα αμυλόζης δεν ανακρυσταλλώνονται και με αυτό το τρόπο δεν συμβάλλουν στο μπαγιάτεμα της ψίχας του άρτου (Kohajdova et al, 2009).

#### 5.5.4 Ένζυμα

Τα ένζυμα είτε βρίσκονται ενδογενώς μέσα στα τρόφιμα είτε συμπληρώνονται σε αυτά ως πρόσθετα. Συνεπώς αποτελούν ακόμα μία κατηγορία ουσιών που βελτιώνουν τις ιδιότητες του κατεψυγμένου ζυμαριού. Ένζυμα, όπως οι αμυλάσες, πρωτεάσες, ημικυτταρινάσες, λιπάσες και οξειδάσες, έχει αποδειχθεί ότι προκαλούν λεύκανση του ζυμαριού, ενίσχυση της διόγκωσης και της υφής του, αύξηση της συνοχής του πρωτεϊνικού πλέγματος και επέκταση του χρόνου ζωής των προϊόντων. Η επίδρασή τους στα κατεψυγμένα αρτοσκευάσματα ενισχύεται σημαντικά, όταν χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με οξειδωτικές ουσίες, όπως το ασκορβικό οξύ (Barcenas et al., 2003b; Hozova et al., 2002; Faisy & Neyreneuf, 1996).

Μια κατηγορία ενζύμων που αναπτύσσεται είναι οι αμυλάσες και συγκεκριμένα η α' και β' αμυλάση:

- Η α' αμυλάση είναι ένα ενδοένζυμο το οποίο δρα ως καταλύτης στην υδρόλυση του αμύλου του αλεύρου. Χρησιμοποιείται ως υγροποιητής επειδή το ιξώδες του αμύλου μειώνεται μετά από χρήση του. Το άλευρο σιταριού περιέχει περίπου 0,5% ζυμώσιμα σάκχαρα, ποσότητα ανεπαρκή για τη βέλτιστη ανάπτυξη μαγιάς και παραγωγή αερίου. Μία απλή λύση είναι η προσθήκη επαρκούς ποσότητας σακχάρων. Παρόλα αυτά συνιστάται, κατά τη διάρκεια της ζύμωσης, να παρέχεται σταθερή απελευθέρωση των σακχάρων για συνεχόμενη παραγωγή αερίου. Στους αλευρόμυλους, περίπου 10% από άμυλο του αλεύρου καταστρέφεται. Το κατεστραμμένο άμυλο έχει την ικανότητα απορρόφησης μεγάλης ποσότητας νερού κατά τη διάρκεια παραγωγής του ζυμαριού. Αυτά τα διογκωμένα μέρη των κόκκων αμύλου έχουν αρνητική επίδραση κατά το στάδιο ανάμιξης, εξαιτίας του υψηλού ιξώδους. Η α' αμυλάση έχει την ικανότητα να βελτιώσει το ζυμάρι μέσω της διάλυσης αυτών των κόκκων. Επιπλέον, έχει τη δυνατότητα για βελτίωση του χρώματος της κρούστας, καθώς επίσης και του αρώματος του άρτου, λόγω του ανασχηματισμού των σακχάρων και των αντιδράσεων Maillard. Κατά την παλαίωση του άρτου, το νερό μεταφέρεται από την ψίχα στην κρούστα. Η κρούστα γίνεται πιο σταθερή και χάνει την απαλότητά

της ως αποτέλεσμα της κρυστάλλωσης του αμύλου (φαινόμενο παλινδρόμησης). Τα κυριότερα χαρακτηριστικά της παλαιώσης του άρτου, είναι η σταθερή και στεγνή κρούστα, μαλακή ψίχα και η απουσία οσμής φρέσκου άρτου. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να καθυστερήσει με τη χρήση α' αμυλάσης που βοηθά την ελεγχόμενη υδρόλυση του αμύλου και αυξάνει τη διατήρηση της υγρασίας.

- Η β' αμυλάση είναι ένα εξωένζυμο, που βρίσκεται στο άλευρο σιταριού σε σταθερή ποσότητα ανεξάρτητα από τη συγκέντρωση της α' αμυλάσης. Και η α' και η β' αμυλάση χρησιμοποιούν τη μαλτόζη ως βοήθεια στη μαγιά, με αποτέλεσμα να μετατρέπεται σε απλό ζυμώσιμο σάκχαρο. Γενικά το άλευρο σιταριού περιέχει υπερβολική ποσότητα β' αμυλάσης, αλλά συνήθως δίνεται προσοχή μόνο στην προσθήκη ποσότητας α' αμυλάσης. Όταν η β' αμυλάση διπλασιάζεται, τότε το ζυμάρι δεν μπορεί να επεξεργαστεί εξαιτίας της κολλώδους υφής του. Αυτό συμβαίνει, λόγω συνδυασμού της δράσης του κατεστραμμένου αμύλου με την α και β αμυλάση (Hui, 2006).

#### 5.5.5 Ζωντανή γλουτένη

Η ζωντανή γλουτένη προέρχεται από τη γλουτένη του αλεύρου σίτου μετά την απομάκρυνση του αμύλου και των διαλυτών συστατικών με επεξεργασία νερού. Οι μοναδικές ιξωδοελαστικές ιδιότητες της ζωντανής γλουτένης, αυξάνουν τη δύναμη του ζυμαριού και επομένως βελτιώνουν τη συγκράτηση αερίου από το ζυμάρι με αποτέλεσμα τη βελτίωση του όγκου και της δομής του. Η ικανότητά της να συγκρατεί νερό σε ποσότητα διπλάσια με το βάρος της, οδηγεί σε βελτιωμένη απόδοση ζυμαριού σε άρτο, διατηρεί την απαλότητα της ψίχας και αυξάνει το χρόνο ζωής του. Η συνολική βελτίωση της ποιότητας του ζυμαριού κατά την αποθήκευση προκύπτει σε ποσοστό ζωντανής γλουτένης 2% ως προς το άλευρο. Παρόλα αυτά τα επίπεδα της γλουτένης κυμαίνονται από 1-10%, ωστόσο μεγαλύτερο ποσοστό μπορεί να έχει αρνητική επίδραση στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του ψωμιού (Wang & Ponte, 1994; Wang & Ponte, 1995) .

Η ζωτικότητα της γλουτένης είναι ουσιώδης, γιατί η λειτουργικότητά της εξαρτάται από αυτό. Η ξήρανση απαιτεί θερμότητα και με τη σειρά της αυτή οδηγεί σε πολυμερισμό της γλουτενίνης με ανακατανομή των δισουλφιδικών δεσμών, ως αποτέλεσμα της μερικής αναδίπλωσης της πρωτεϊνικής δομής. Συνεπώς, δεν υπάρχει πλέον ισορροπία στις ιξωδοελαστικές ιδιότητες της γλουτένης, οπότε μειώνεται η εκτατότητα και αυξάνεται η αντοχή. Γενικά η εκτατότητα είναι παράγοντας

ποιότητας για τη λειτουργικότητα της γλουτένης και μάλιστα σε θερμοκρασίες πάνω από 55°C επηρεάζεται αρκετά.

Η ικανότητα ενυδάτωσης και η ταχύτητα θεωρούνται ως κριτήρια λειτουργικότητας της γλουτένης. Σε σύγχρονες διαδικασίες παραγωγής άρτου, οι οποίες χρησιμοποιούν πολύ γρήγορους αναμίκτης, είναι σημαντική η γρήγορη ανάπτυξη της γλουτένης και η αλληλεπίδραση με τις πρωτεΐνες του αλεύρου. Όσο πιο ζωντανή είναι η γλουτένη, τόσο πιο γρήγορα ενυδατώνεται.

Η γλουτένη χρησιμοποιείται για εμπλουτισμό του αλεύρου που έχει χαμηλότερο ποσοστό πρωτεϊνών ή πιο αδύναμες ιξωδοελαστικές ιδιότητες. Προσθήκη 1-2% ζωντανής γλουτένης σε ενεργό άλευρο σιταριού, μπορεί να αντικαταστήσει μέρος του ακριβού εισαγόμενου σιταριού. Προσθήκη τουλάχιστον 5% επιτρέπει στον άρτο ολικής άλεσης να έχει υψηλότερη διόγκωση και καλύτερα χαρακτηριστικά δομής και υφής.

Συνοπτικά, λοιπόν, η ζωντανή γλουτένη επηρεάζει τη συμπεριφορά του άρτου με τον εξής τρόπο: βελτιωμένη αντοχή ανάμιξης, αυξημένη σταθερότητα ζυμαριού κατά τη διάρκεια της ζύμωσης, σύσταση και τελική σχηματοποίηση, αυξημένη ενυδάτωση, αυξημένος όγκος άρτου, βελτιωμένη δομή, καλύτερη υφή και απαλότητα της ψίχας και μακρύτερη διάρκεια ζωής (Hui, 2006).

#### 5.5.6 Κρυοπροστατευτικά Υλικά

Η τελευταία κατηγορία προσθέτων είναι τα κρυοπροστατευτικά υλικά τα οποία αποτελούν μία σημαντική κατηγορία βελτιωτικών ουσιών. Οι κρυοπροστατευτικές ουσίες έχουν την ικανότητα να περιορίζουν τη μετουσίωση των πρωτεϊνών που καταστρέφει τα πρωτεϊνικά κύτταρα, να διατηρούν τη ζωτικότητα των κυττάρων της μαγιάς, καθώς επίσης και τη λειτουργικότητα κατά την κατάψυξη και απόψυξη με αποτέλεσμα να αυξάνουν τη διατηρησιμότητα των κατεψυγμένων τροφίμων και να προσφέρουν ένα ποιοτικό τελικό προϊόν. Οι βασικότεροι παράγοντες που καθορίζουν τη δράση και την αποτελεσματικότητα των κρυοπροστατευτικών ουσιών στους μικροοργανισμούς είναι οι εξής:

- το είδος, το στέλεχος, το μέγεθος και το σχήμα των κυττάρων
- η φάση και ο ρυθμός ανάπτυξής τους,

- η θερμοκρασία επώασης, η σύσταση του μέσου ανάπτυξης, το pH, ο αερισμός και τα οσμωτικά φαινόμενα,
- η σύσταση των κυττάρων (π.χ. περιεκτικότητα σε νερό και λιπαρά),
- η πυκνότητά τους κατά την κατάψυξη, ο ρυθμός κατάψυξης, η θερμοκρασία και η διάρκεια αποθήκευσης όπως και ο ρυθμός απόψυξης.

Λόγω της μεγάλης ποικιλίας των κρυοπροστατευτικών υλικών, υπάρχει η τάση να ταξινομούνται σε δύο επιμέρους κατηγορίες:

- Με βάση το μέγεθος σε ουσίες χαμηλού μοριακού βάρους (καρβοξυλικά οξέα, γλουταμινικό νάτριο κλπ.) και υψηλού μοριακού βάρους (πολυδεξτρόζη, σιρόπια γλυκόζης, διάφορα υδροκολλοειδή πολυσακχαριτών, κλπ.) και
- Με βάση τον ρυθμό διείσδυσης σε ουσίες που εισέρχονται γρήγορα (σε λιγότερο από 30min) στο εσωτερικό των κυττάρων (μεθανόλη, αιθανόλη κλπ.), σε ουσίες που εισέρχονται με πιο αργό ρυθμό (σορβιτόλη, μαννιτόλη, κλπ) και σε ουσίες που δεν διεισδύουν καθόλου στα κύτταρα αλλά εμφανίζουν εξωκυτταρική κρυοπροστατευτική δράση όταν χρησιμοποιούνται σε συγκεντρώσεις μεταξύ 10-40% (πολυ-αιθυλενο-γλυκόλη, πολυ-αιθυλενο-οξείδιο) (Hubalek, 2003).

Επιπλέον, ένας ακόμα παράγοντας που είναι σημαντικός, προκειμένου να επιτραπεί η χρήση των κρυοπροστατευτικών ουσιών στα τρόφιμα, είναι η μη τοξικότητά τους, η ικανότητα ανάμιξής τους με το νερό και η ευκολία διαπέρασης των τοιχωμάτων των κυτταρικών μεμβρανών. Οι βασικές τους λειτουργίες είναι η ταπείνωση του σημείου κατάψυξης, η αραιώση των «διαβρωτικών» συμπυκνωμένων διαλυμάτων στο εσωτερικό των κυττάρων, καθώς επίσης και η ελαχιστοποίηση της συρρίκνωσης των κυττάρων μέσω της πλήρωσης των διάκενων που σχηματίζονται από το νερό που αποτίθεται στους κρυστάλλους πάγου κατά την κατάψυξη (Jelen, 2005).

Όσον αφορά τη δράση των υδροξυλο-ενώσεων, όπως τα σάκχαρα (τρεχαλόζη, σακχαρόζη, κ.α.), αυτές έχουν την ικανότητα δέσμευσης μορίων νερού, η οποία παρεμποδίζει την ευθηκτική κατάψυξη των κυτταρικών υγρών και την κρυστάλλωση του πάγου (Hubalek, 2003). Το ποσοστό του μη παγωμένου νερού των υδατανθράκων εξαρτάται από τη στερεοχημεία, καθώς επίσης και από τις ομάδες υδροξυλίων των υδατανθράκων. Συγκεκριμένα, το ποσοστό του μη παγωμένου νερού

είναι μεγαλύτερο, σε υδατικά διαλύματα υδατανθράκων με μειωμένη ικανότητα σχηματισμού δεσμών υδρογόνου με το νερό (Furuki, 2000)

### Τρεχαλόζη

Ένα από τα πιο σημαντικά κρυοπροστατευτικά το οποίο θα μελετηθεί εκτενέστερα είναι η τρεχαλόζη. Πρόκειται για έναν μη-αναγωγικό δισακχαρίτη που αποτελείται από δύο μόρια γλυκόζης συνδεδεμένα μεταξύ τους με 1,1-γλυκοζιτικό δεσμό και βρίσκεται στις μαγιές, τους μύκητες, τα φυτά καθώς και σε μερικά τρόφιμα σε χαμηλά ποσοστά, όπως ο άρτος (1,2-1,5g/kg ξηρού προϊόντος) κλπ. Η τρεχαλόζη δρα ως αποθηκευτικός παράγοντας και ως μεταβολίτης και παίζει σημαντικό ρόλο στην ενίσχυση της ζωτικότητας των κυττάρων της μαγιάς στις συνθήκες κατάψυξης, καθώς επίσης και στην προστασία των πρωτεϊνών από πιθανή μετουσίωση. Επιπλέον, ως κατάλληλο προστατευτικό μέσο που είναι διατηρεί την κυτταρική μεμβράνη και την ενδομοριακή δομή ανέπαφη από διάφορες φυσιολογικές και περιβαλλοντολογικές αλλαγές (Huang et al., 2008; Minervini et al, 2011; Γιάννου, 2009).

Η σταθερότητα και η δυσκολία διάσπασης του μορίου της τρεχαλόζης αποδίδεται στη σχετικά χαμηλή ενέργεια του γλυκοζιτικού δεσμού (1kcal/mol) που ενώνει τους δύο δακτυλίους εξόζης σε σύγκριση με άλλους δισακχαρίτες (π.χ. 27kcal/mol για τη σακχαρόζη) και προκειμένου να επιτευχθεί υδρόλυση απαιτούνται έντονες συνθήκες. Παρόλα αυτά το ποσοστό τρεχαλόζης στα κύτταρα πρέπει να είναι 4-5% για κατάλληλη προστασία τους και συνήθως μεγαλύτερο από 5% σε συνθήκες κατάψυξης, γιατί αποτελέσματα από πειράματα έδειξαν ότι είναι ανθεκτικά στο ψύχος (Attfield et al, 1992; Γιάννου, 2009).

Επίσης, η τρεχαλόζη έχει τη δυνατότητα ανάπτυξης διαμοριακών αλληλεπιδράσεων με τις υδροξυλικές ομάδες των φωσφολιπιδίων των μεμβρανών που οδηγούν στην απομάκρυνση του νερού. Στην περίπτωση του κατεψυγμένου ζυμαριού, λόγω της μεγάλης ποσότητας υπό μορφή πάγου, το μη παγωμένο νερό παραμένει στην επιφάνεια των κυτταρικών μεμβρανών και η αντικατάστασή του από ουσίες, όπως η τρεχαλόζη ενδεχομένως να μην συνεισφέρει σημαντικά στη σταθεροποίηση των μεμβρανών. Ωστόσο, η τρεχαλόζη έχει την ικανότητα να αποτρέπει την καταστροφή του ζυμαριού από ουσίες που παράγονται κατά τη ζύμωσή του και είναι τοξικές, όπως η αιθανόλη και προστατεύει τις θυλακοειδείς μεμβράνες, μειώνοντας τη διαπερατότητά τους και περιορίζοντας τη συγκέντρωση των διαλυμένων ουσιών στα

κυστίδιά τους κατά την κατάψυξη. Ακόμα, η ενδοκυτταρική τρεχαλόζη προστατεύει τα λιπίδια των μεμβρανών και η εξωκυτταρική προστατεύει τη δομή των πρωτεϊνών. Επιπλέον, περιορίζει την απώλεια του νερού που οφείλεται στην κατάψυξη του εξωκυτταρικού νερού και τη συρρίκνωση των κυττάρων, συμβάλλει στην οργάνωση της δομής του εσωκυτταρικού νερού, αυξάνοντας έτσι την αντοχή των κυττάρων και έχει την ικανότητα ρύθμισης της λειτουργίας των κυττάρων στον ελάχιστο δυνατό χρόνο (Attfield et al., 1992; Γιάννου, 2009; Sasano et al, 2012).

Συνεπώς, προκειμένου η τρεχαλόζη να αποτελεί κατάλληλο κρυοπροστατευτικό για τη διατήρηση της σταθερότητας της μαγιάς θα πρέπει να επιλέγονται οι κατάλληλες συνθήκες καλλιέργειας, οι οποίες μεγιστοποιούν το βαθμό αφομοίωσης της τρεχαλόζης, αλλά μόνο στην περίπτωση που δεν γίνεται ζύμωση, διότι στην περίπτωση της ζύμωσης μειώνεται η αντοχή των κυττάρων της μαγιάς ακόμα και σε περιπτώσεις υψηλών ποσοστών τρεχαλόζης. Τέλος, επειδή η καταστροφή των κυττάρων της μαγιάς δεν μπορεί να μειωθεί πλήρως με την χρήση τρεχαλόζης, προτείνεται επιπλέον να μειωθεί η θερμοκρασία (Van Dijck et al. 1995; Γιάννου, 2009).

Σχετικά με τη συγκέντρωση τρεχαλόζης, προτείνεται η προσθήκη μέχρι 200 ppm (Giannou & Tzia, 2008), καθώς στα 200 ppm εμφανίστηκαν εξαιρετικά αποτελέσματα στην διόγκωση, στη σκληρότητα του άρτου, αλλά και στη ζωτικότητα της μαγιάς. Εν συνεχεία προτάθηκε και η χρήση της τρεχαλόζης σε υψηλότερη συγκέντρωση (2000 ppm), όπου δεν φάνηκε να εμφανίζονται καλύτερα αποτελέσματα από τα 200 ppm, εκτός από υψηλότερη διόγκωση (Γιάννου, 2009).

Για καλύτερη κατανόηση των κρυοπροστατευτικών παρατίθεται ο παρακάτω πίνακας με διάφορα βελτιωτικά και συνδυασμό βελτιωτικών με τις αντίστοιχες ιδιότητές τους (Hui et al, 2004):

Πίνακας 3: Κρυοπροστατευτικές ουσίες και ιδιότητές τους στο κατεψυγμένο ζυμάρι

Κρυοπροστατευτικό	Επιρροή	Βιβλιογραφία
Γλουτένη 2%	Αύξηση δύναμης ζυμαριού	Wang & Ponte, 1994
SSL 0,5%	Μειώνει την επίδραση της κατάψυξης στον όγκο του άρτου	El-Hady et al., 1999
DATEM 0,6%	Αύξηση της διόγκωσης του άρτου	Sahlstrom et al., 1999
Μίγμα σουκρόζης, εστέρας λιπαρών οξέων, μονογλυκερίδια λιπαρών οξέων, ζάχαρη	Αποφυγή των βλαβερών επιδράσεων της κατάψυξης στην ποιότητα του ψημένων αρτοσκευασμάτων	Nakamura et al., 1996
Μίγμα γλουτένης, γαλακτωματοποιητή και πολυμερικών ουσιών	Εμποδίζει την υποβάθμιση του ζυμαριού, μειώνοντας την καταστροφή που προκαλείται από τους μεγάλους παγοκρυστάλλους	Yamaguchi & Watanabe, 1987
Γλυκερόλη 0,75-1%	Βελτίωση της δομής της ψίχας	Dubois & Blockolski, 1986
Αιθανόλη-Νερό 5-20%	Μειώνει το σημείο τήξης του νερού και μειώνει το χρόνο που ξεπαγώνει πριν από τη ζύμωση	Lidstrom & Slade, 1987
Σουκρογλυκερίδια	Προστατεύει τη μαγιά από τις βλαβερές επιρροές της κατάψυξης στα ψημένα αρτοσκευάσματα	Le Duff, 1987a,b
Λεκιθίνη 0,2-0,3%	Ενδυνάμωση αλεύρου	Grandvoinet et al., 1986
α' αμυλάση 0,05-0,1%	Παραγωγή ζυμώσιμων υδατανθράκων	Larsen, 1991
Κόμμι ξανθάνης	Καλύτερη διατήρηση της δομής της γλουτένης, αυξάνει τη δραστηριότητα του νερού στη ψίχα, αυξάνει τη διόγκωση (<0,16% επί του αλεύρου), μειώνει τη διόγκωση (>0,16% επί του αλεύρου)	Selomulyo and Zhou, 2007
HPMC, 2%	Αυξάνει το περιεχόμενο υγρασίας του άρτου, αυξάνει την απαλότητα της ψίχας, Καθυστερεί το μπαγιάτεμα, παρέχει σταθερή υγρασία κατά τη διάρκεια της κατάψυξης, μειώνει το ποσό νερού που πρόκειται να παγώσει	Selomulyo and Zhou, 2007, Xuan et al, 2017
Κόμμι γκουάρ	Αυξάνει τη διόγκωση (1,5% επί του αλεύρου), μειώνει τη διόγκωση και το πορώδες του άρτου (0,16-0,65% επί του αλεύρου), καθυστερεί την αναδιάταξη του αμύλου, παράγει ελαστική κρούστα με χαμηλό πάχος	Selomulyo and Zhou, 2007

## Μέρος II

### 6. Πειραματικό Μέρος

#### 6.1 Σκοπός

Η εκπόνηση των πειραμάτων της παρούσας διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων, της Σχολής Χημικών Μηχανικών του ΕΜΠ.

Σκοπός των πειραμάτων ήταν η χρήση κρυοπροστατευτικών υλικών στην παραγωγή αρτοσκευασμάτων από κατεψυγμένο ζυμάρι. Στόχος της χρήσης αυτών των προσθέτων συστατικών ήταν η διατήρηση ή και η βελτίωση των ποιοτικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των κατεψυγμένων αρτοσκευασμάτων για μεγάλο χρονικό διάστημα. Τα συστατικά αυτά επιλέχθηκαν για να περιορίσουν την φθορά που προκαλεί η κατάψυξη στα χαρακτηριστικά των αρτοσκευασμάτων. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν διάφορες κατηγορίες προσθέτων (κρυοπροστατευτικά, υδροκολλοειδή, γαλακτωματοποιητές, μονογλυκερίδια), ώστε να ερευνηθούν αρκετοί τομείς. Μεγαλύτερη βαρύτητα όμως δόθηκε στην προσθήκη της τρεχαλόζης (κρυοπροστατευτικό) και της ξανθάνης (υδροκολλοειδές) που μελετήθηκαν για περισσότερο χρόνο κατάψυξης των αρτοσκευασμάτων. Εν συνεχεία επειδή χρησιμοποιώντας διάφορα ποσοστά προσθήκης από το κάθε κρυοπροστατευτικό, στόχος ήταν να προσδιοριστεί το βέλτιστο από καθένα εξ αυτών. Η δράση των ανωτέρω ουσιών έγινε σε σύγκριση με τα τυφλά δείγματα τα οποία παρασκευάστηκαν και αποθηκεύτηκαν κάτω από τις ίδιες συνθήκες.

Προκειμένου να προσδιοριστούν τα χαρακτηριστικά του ζυμαριού και των παραγόμενων αρτοσκευασμάτων, κάθε φορά γίνονταν μετρήσεις στη μεταβολή βάρους μετά τον κλιβανισμό, στον ειδικό όγκο, στο πλάτος, στο ύψος, στο χρώμα κόρας και ψίχας, στην ενεργότητα και στα χαρακτηριστικά υφής αυτών. Τέλος, γινόταν και οργανοληπτικός έλεγχος για την αποδοχή ή μη των αρτοσκευασμάτων.

## 6.2 Υλικά και Μέθοδοι

### 6.2.1 Πρώτες ύλες, υλικά και αντιδραστήρια

Προκειμένου να παρασκευαστούν τα δείγματα φρέσκου και κατεψυγμένου άρτου, χρησιμοποιήθηκαν τα εξής υλικά:

- Αλεύρι σίτου λευκό T.70% (χορηγία της εταιρίας «Μύλοι Αυλίδας ABEE, Α. Καραντώνης – Κ. Γιαλός»),
- Κρυσταλλική ζάχαρη εμπορικής προέλευσης,
- Ιωδιούχο αλάτι εμπορικής προέλευσης
- Στιγμαία ξηρή μαγιά αρτοποιίας εμπορικής προέλευσης
- Τρεχαλόζη
- Ξανθάνη
- Κόμμι γκουάρ
- SSL (sodium stearyl-2-lactylate) και
- Distilled Monoglyceride

### 6.2.2 Συσκευές και όργανα

Προκειμένου να παρασκευαστούν και να αποθηκευτούν τα δείγματα άρτου, χρησιμοποιήθηκαν οι εξής συσκευές και όργανα:

- Ηλεκτρικό μίξερ (Kenwood Chef KM400, Ηνωμένο Βασίλειο)
- Ηλεκτρονικός ζυγός (620C της Precisa Instruments)
- Χρονόμετρο
- Θάλαμος σταθερής θερμοκρασίας 40 °C (Sanyo MIR-153)
- Κλίβανος ρυθμισμένος στους 180 °C (Thermawatt TG103, Thermawatt, Περιστέρι, Αττική)
- Καταψύκτης ρυθμισμένος στους -18 °C (Whirlpool AFG 543-C/H)

Επιπλέον για την μελέτη των διάφορων χαρακτηριστικών των δειγμάτων άρτου, χρησιμοποιήθηκαν οι εξής συσκευές και όργανα:

- Αναλυτής υφής TA-XT2 (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Surrey, Ηνωμένο Βασίλειο) με τα στελέχη SMS P/6 (στενό κυλινδρικό στέλεχος), SrisP / 75 (κύλινδρος) και TA-45 Craft knife (κοπίδι)
- Χρωματόμετρο CR-200 (Konica-Minolta, Chuo - ku, Osaka, Ιαπωνία) και

- Μετρητής ενεργότητας Aqualab 4TEV (Decagon Devices Inc. Pullman, WA, USA).

### 6.3 Πειραματική Διαδικασία

Στις παρακάτω παραγράφους παρουσιάζεται η πειραματική διαδικασία που ακολουθήθηκε.

#### 6.3.1 Δημιουργία ζυμαριού

Αρχικά ζυγίζονται τα συστατικά σε ποσότητες/παρτίδα σύμφωνα με τον κατωτέρω πίνακα. Έπειτα εισάγονται στον κάδο του αναμικτή (Ηλεκτρικό μίξερ Kenwood Chef KM400) και αναμειγνύονται για 2 min σε χαμηλή ταχύτητα (ταχύτητα 2) και έπειτα για 8 min σε υψηλή ταχύτητα (ταχύτητα 4). Με αυτό τον τρόπο σχηματίζεται το ζυμάρι και στη συνέχεια χωρίζεται σε δείγματα των 80 g, τα οποία μορφοποιούνται με τα χέρια για να αποκτήσουν σφαιρικό σχήμα. Τέλος τα δείγματα τοποθετούνται σε ειδικές φόρμες μίας χρήσης.

Πίνακας 4: Βασική συνταγή παρασκευής ζυμαριού

<b>Συστατικό</b>	<b>Ποσοστό (%)</b>	<b>Ποσότητα/παρτίδα (g)</b>
Αλεύρι	100	500
Νερό	60	300
Ζάχαρη	4	20
Αλάτι	2	10
Μαγιά	2	10

Για την δημιουργία ομάδων δειγμάτων με πρόσθετα, χρησιμοποιείται η ίδια συνταγή με τη διαφορά ότι προστίθεται επιπλέον το αντίστοιχο συστατικό στην κατάλληλη ποσότητα. Οι επόμενοι πίνακες παρουσιάζουν τις ποσότητες από τα αντίστοιχα κρουπροστατευτικά που χρησιμοποιήθηκαν αναφερόμενα ως ποσοστά σε 100g αλεύρου:

Πίνακας 5: Ποσοστά τρεχαλόζης και ξανθάνης (g/100g αλεύρου)

<b>Συστατικό</b>	<b>Ποσοστό 1</b>	<b>Ποσοστό 2</b>	<b>Ποσοστό 3</b>	<b>Ποσοστό 4</b>
Τρεχαλόζη	0,01%	0,02%	0,04%	0,10%
Ξανθάνη	0,01%	0,02%	0,04%	0,10%

Πίνακας 6: Ποσότητες Guar Gum, SSL και Distilled Monoglyceride (g/100g αλεύρου)

<b>Συστατικό</b>	<b>Ποσοστό 1</b>	<b>Ποσοστό 2</b>
Κόμμι γκουάρ	0,25%	0,5%
SSL	0,25%	0,5%
Distilled Monoglyceride	1%	2%

Η επιλογή της κατάλληλης ποσότητας κάθε κρυοπροστατευτικού έγινε με βάση τη βιβλιογραφία. Με αυτόν τον τρόπο προκύπτουν 6 ομάδες δειγμάτων (τυφλό, τρεχαλόζη, ξανθάνη, κόμμι γκουάρ, SSL, Distilled monoglyceride).

### 6.3.2 Επεξεργασία φρέσκου ζυμαριού για παρασκευή άρτου

Τα δείγματα μετά τον σχηματισμό τους τοποθετούνται σε ειδικό θάλαμο σταθερής θερμοκρασίας 40°C, όπου παραμένουν για 30 min για ωρίμανση/φούσκωμα. Έπειτα ένα δείγμα χρησιμοποιείται για τη μελέτη των χαρακτηριστικών υφής του ζυμαριού, ενώ τα υπόλοιπα δείγματα εισάγονται σε κλίβανο με ρεύμα παροχής αέρα, με σταθερή θερμοκρασία 180°C, όπου παραμένουν για 25min. Τέλος, μετά τον κλιβανισμό, τα δείγματα παραμένουν σε ηρεμία σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, για 30min, ώστε να κρυώσουν.

### 6.3.3. Επεξεργασία κατεψυγμένου ζυμαριού για παρασκευή άρτου

Τα δείγματα που πρόκειται να οδηγηθούν στον καταψύκτη, συσκευάζονται σε μία πλαστική σακούλα, κωδικοποιούνται και αποθηκεύονται σε καταψύκτη θερμοκρασίας -18°C για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Η δειγματοληψία αρχικά γίνεται με γρηγορότερο ρυθμό λόγω έντονης υποβάθμισης των δειγμάτων άρτου τις πρώτες ημέρες αποθήκευσης σε κατάψυξη. Συγκεκριμένα, η δειγματοληψία για το δείγμα τυφλό, και για τα δείγματα με τρεχαλόζη και ξανθάνη γίνεται στους εξής χρόνους: 1, 7, 14, 28, 56, 84 ημέρες αποθήκευσης σε κατάψυξη, ενώ για τα δείγματα με κόμμι γκουάρ, SSL και Distilled monoglyceride γίνονται για 1, 7, 14, 28 ημέρες αποθήκευσης σε κατάψυξη.

Τα δείγματα που λαμβάνονται από την αποθήκευση στον καταψύκτη τοποθετούνται σε ειδικό θάλαμο σταθερής θερμοκρασίας 40°C, όπου παραμένουν για 75min για ωρίμανση/φούσκωμα. Έπειτα, ένα δείγμα χρησιμοποιείται για τη μελέτη των

χαρακτηριστικών υφής του ζυμαριού, ενώ τα υπόλοιπα δείγματα εισάγονται σε κλίβανο με ρεύμα αέρα, με σταθερή θερμοκρασία 180°C, όπου παραμένουν για 25min. Τέλος, μετά τον κλιβανισμό, τα δείγματα παραμένουν σε ηρεμία σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, για 30 min, ώστε να κρυώσουν.

#### 6.4 Αναλύσεις – Μετρήσεις

Οι αναλυτικές μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν καθώς και οι μετρήσεις - αναλύσεις που διεξήχθησαν κατά τη διάρκεια των πειραμάτων περιγράφονται παρακάτω.

##### 6.4.1 Μεταβολή βάρους κατά τον κλιβανισμό

Τα δείγματα μετά την έξοδο από τον κλίβανο και την παραμονή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος για 30 min, ζυγίζονται χωρίς τη συσκευασία. Με αυτό τον τρόπο είναι δυνατόν να υπολογιστεί η μεταβολή βάρους κατά τον κλιβανισμό, επί τοις εκατό, σε σχέση με το αρχικό βάρος του ζυμαριού, με βάση την παρακάτω σχέση:

$$MB = \frac{B_1 - B_2}{B_1} \cdot 100\%$$

όπου: B<sub>1</sub>: Βάρος ζυμαριού σε g

B<sub>2</sub>: Βάρος άρτου μετά τον κλιβανισμό σε g και

MB: Μεταβολή βάρους κατά τον κλιβανισμό

Για καλύτερα αποτελέσματα ζυγίζονται 4 δείγματα ανά παρτίδα και εν συνεχεία υπολογίζεται ο μέσος όρος. Η καταγραφή αυτής της παραμέτρου είναι σημαντική, δεδομένου ότι τα παραγόμενα προϊόντα θα πρέπει να διαθέτουν όσο το δυνατόν σταθερότερο βάρος και να εμφανίζουν τις μικρότερες δυνατές απώλειες κατά τον κλιβανισμό και κατά συνέπεια μεγαλύτερη απόδοση σε τελικό προϊόν.

##### 6.4.2 Μέτρηση ειδικού όγκου αρτοσκευασμάτων

Ο ειδικός όγκος αποτελεί μία χαρακτηριστική ποιοτική παράμετρο, η οποία συνδέεται με την ικανότητα διόγκωσης, τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και έμμεσα με την υφή των τελικών προϊόντων. Προκειμένου να μετρηθεί χρησιμοποιήθηκε η εμπειρική μέθοδος εκτόπισης σπόρων. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε ένα ποτήρι ζέσεως των 500mL, το οποίο γεμίζεται πλήρως με σπόρους μικρούς, σφαιρικούς και συμμετρικούς (όπως για παράδειγμα σπόρους σιναπιού). Έπειτα αφαιρούνται μερικοί σπόροι, τοποθετείται το δείγμα στο εσωτερικό του ποτηριού και μετά συμπληρώνεται

το κενό με όσους σπόρους απαιτούνται ακόμα για να συμπληρωθεί πλήρως το ποτήρι. Οι σπόροι που παραμένουν, ογκομετρούνται με τη βοήθεια ογκομετρικού κυλίνδρου 250 mL και με αυτό τον τρόπο προκύπτει ο όγκος του δείγματος. Σε κάθε παρτίδα ογκομετρούνται 4 δείγματα για καλύτερα αποτελέσματα και έπειτα λαμβάνεται ο μέσος όρος. Ο ειδικός όγκος προκύπτει με διαίρεση του όγκου προς το βάρος μετά τον κλιβανισμό. Η σχέση που δίνει τον ειδικό όγκο είναι η παρακάτω:

$$SV = \frac{V}{B_2}$$

όπου: SV: ειδικός όγκος σε mL/g

V: όγκος σε mL

B<sub>2</sub>: βάρος μετά τον κλιβανισμό σε g

#### 6.4.3 Μέτρηση πλάτους και ύψους των αρτοσκευασμάτων

Για τη μέτρηση του ύψους και του πλάτους χρησιμοποιείται βαθμονομημένος χάρακας. Αυτή η μέτρηση είναι εξίσου σημαντική διότι δείχνει πόσο έχουν διογκωθεί τα δείγματα σε πλάτος ή ύψος. Επίσης δείχνει κατά πόσο έχει διατηρηθεί το ύψος σε δείγματα στα οποία έχει προστεθεί κάποιο πρόσθετο. Και σε αυτή την περίπτωση μετρούνται 4 δείγματα ανά παρτίδα για καλύτερα αποτελέσματα σε cm και έπειτα λαμβάνεται ο μέσος όρος για κάθε μέτρηση αντίστοιχα.

#### 6.4.4 Μέτρηση ενεργότητας νερού αρτοσκευασμάτων

Η ενεργότητα νερού είναι σημαντική διότι αποτελεί δείκτη διατήρησης της ποιότητας των τροφίμων στο πέρασ του χρόνου. Επιπλέον, αποτελεί δείκτη της μικροβιακής ανάπτυξης στο τρόφιμο, αλλά και ποιοτικό δείκτη κατά την ανάπτυξη καινοτόμων προϊόντων. Τέλος, αποτελεί σημαντικό δείκτη για το σχεδιασμό διεργασιών και μέσου αυτού μπορεί να εκτιμηθεί η περιεχόμενη υγρασία, ως συνάρτηση της σχετικής υγρασίας. Συγκεκριμένα η ενεργότητα νερού αποτελεί ένα δείκτη, ο οποίος ορίζεται ως ο λόγος της μερικής πίεσης ατμών του περιβάλλοντος σε ισορροπία με το τρόφιμο προς την τάση ατμών του καθαρού νερού:

$$a_w = \frac{p}{p^o} = \frac{RH}{100}$$

όπου: p: μερική πίεση ατμών του περιβάλλοντος σε ισορροπία με το τρόφιμο

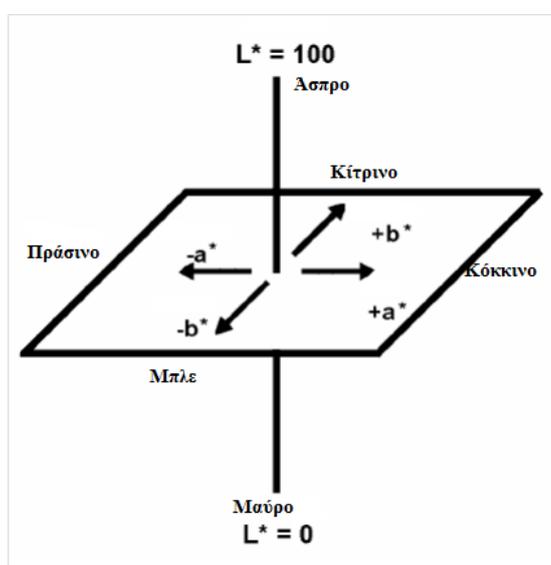
p<sup>o</sup>: τάση ατμών καθαρού νερού

RH: σχετική υγρασία του τροφίμου

Η ενεργότητα νερού στο συγκεκριμένο πείραμα μετρήθηκε με βάση τη συσκευή ενεργότητας Aqualab 4TEV, η οποία μετρά και τη θερμοκρασία. Συγκεκριμένα για να γίνει η μέτρηση, ένα μέρος της ψίχας τοποθετείται σε μια ειδική μικρή φιάλη, η οποία εισάγεται στην υποδοχή της συσκευής. Στη συνέχεια μετά το πέρας του χρόνου, ακούγεται ένας χαρακτηριστικός ήχος του οργάνου, ο οποίος δηλώνει ότι η μέτρηση έχει πλέον ολοκληρωθεί και είναι έτοιμη για καταγραφή. Σε αυτή την περίπτωση λαμβάνονται 2 μετρήσεις και μετά υπολογίζεται ο μέσος όρος.

#### 6.4.5 Μέτρηση χρώματος κόρας και ψίχας αρτοσκευασμάτων

Όσον αφορά το σύστημα CIELAB, παρακάτω παρουσιάζεται η εξής εικόνα:



Εικόνα 6: Τριαξονικό σύστημα σε μορφή πλάκας και ανάλυση χρωματικών παραμέτρων

Όπως φαίνεται από το ανωτέρω σχήμα, το σύστημα CIELAB, έχει τρεις άξονες. Ο κατακόρυφος άξονας με την παράμετρο  $L^*$  εκφράζει τη φωτεινότητα του χρώματος, αντιπροσωπεύοντας τα χρώματα άσπρο και μαύρο, και παίρνει τιμές από 0 έως 100. Οι τιμές των  $a^*$ ,  $b^*$  είναι οι ορθογώνιες συντεταγμένες του χρώματος. Ο άξονας του  $a^*$  εκφράζει στις θετικές τιμές το κόκκινο, ενώ στις αρνητικές το πράσινο και τέλος ο άξονας του  $b^*$  στις θετικές τιμές υποδεικνύει το κίτρινο, ενώ στις αρνητικές το μπλε χρώμα. Αν ένα δείγμα έχει μηδενική τιμή για τις παραμέτρους  $a^*$  και  $b^*$ , τότε το σημείο στο οποίο αντιστοιχεί το χρώμα του βρίσκεται πάνω στον άξονα άσπρου-μαύρου. Κάθε χρώμα αντιστοιχεί σε ένα σημείο εντός του συστήματος και εκφράζεται ως διάνυσμα με αυτές τις τρεις συνιστώσες. Έτσι, από τις τιμές των παραμέτρων αυτών υπολογίζεται η συνολική μεταβολή της οπτικής απόκρισης  $\Delta E$ ,

αλλά και η συνολική μεταβολή του χρώματος  $\Delta C$  (χρωματικότητα). Οι τιμές τους υπολογίζονται από τις παρακάτω σχέσεις:

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

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

Στο πείραμα, το χρώμα της κόρας και της ψίχας των δειγμάτων άρτου μετράται με τη βοήθεια του χρωματόμετρου «Minolta CR/200» (Minolta Company, Chuo-ku, Osaka, Ιαπωνία), το οποίο αποδίδει τις τιμές των χρωματικών παραμέτρων  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  βάσει του συστήματος CIELAB, όπως αυτές μετρώνται στην επιφάνεια του δείγματος. Προς αποφυγή λανθασμένων μετρήσεων, αρχικά γίνεται βαθμονόμηση του οργάνου με τη χρήση λευκής πλάκας. Εν συνεχεία λαμβάνονται τρεις μετρήσεις του χρώματος της κόρας και της ψίχας και μετά λαμβάνεται ο μέσος όρος αντίστοιχα για την κόρα και την ψίχα.

#### 6.4.6 Μέτρηση χαρακτηριστικών υφής

Η ανάλυση υφής γίνεται με τη χρήση του αναλυτή υφής TA-XT2 (Stable Micro Systems), ο οποίος είναι συνδεδεμένος με ηλεκτρονικό υπολογιστή. Πριν από οποιαδήποτε μέτρηση γίνεται βαθμονόμηση του οργάνου με χρήση πρότυπου βάρους 1 kg. Εν συνεχεία παρουσιάζονται οι αντίστοιχες μετρήσεις στις παρακάτω παραγράφους.

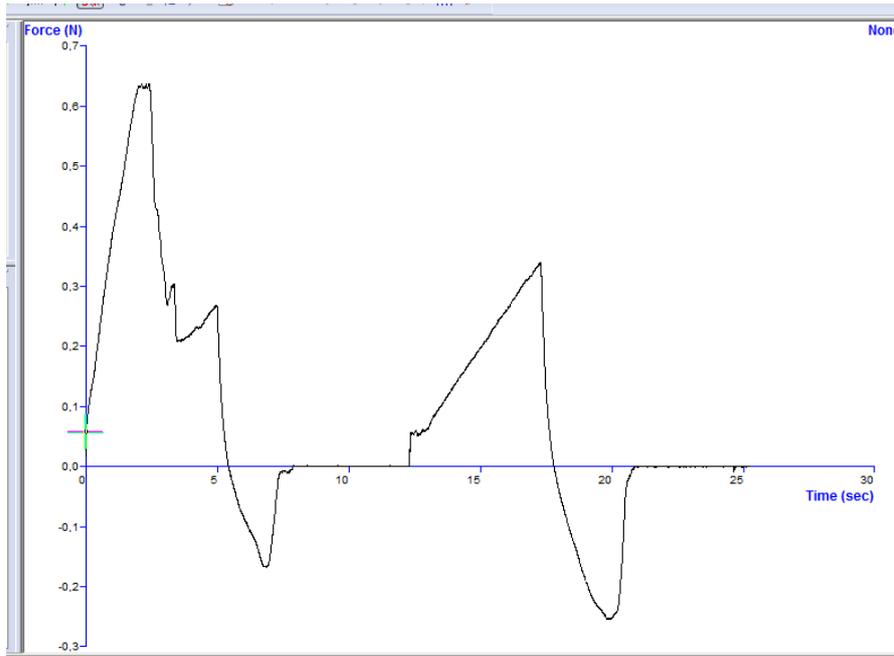
#### Μέτρηση χαρακτηριστικών υφής ζυμαριού

Όπως αναφέρθηκε πιο πριν, με την έξοδο των δειγμάτων από τον θάλαμο με την σταθερή θερμοκρασία, λαμβάνεται ένα δείγμα για ανάλυση χαρακτηριστικών υφής ζυμαριού. Αρχικά προστίθεται το ειδικό στενό κυλινδρικό στέλεχος SMS P/6 στον αναλυτή υφής και γίνεται βαθμονόμησης του. Έπειτα τοποθετείται το δείγμα και γίνεται συμπίεσή του 3 φορές με διπλή διεύθυνση κάθε φορά. Για την πραγματοποίηση των μετρήσεων δημιουργήθηκε ειδικό πρόγραμμα συμπίεσης (με ονομασία dough) στη βάση δεδομένων του αναλυτή υφής, του οποίου οι παράμετροι παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 7: Τιμές παραμέτρων στο πρόγραμμα συμπίεσης dough

<b>Παράμετρος</b>	<b>Τιμή</b>
Test Mode	Compression
Pre-Test Speed	10,00 mm/s
Test Speed	3,00 mm/s
Post-Test Speed	5,00 mm/s
Target Mode	Distance
Distance	15,000 mm
Count	2
Trigger Type	Auto (Force)
Trigger Force	5,0 g
Advanced Options	off

Παρακάτω παρουσιάζεται ένα ενδεικτικό διάγραμμα συμπίεσης του ζυμαριού:



Εικόνα 7: Διάγραμμα συμπίεσης ζυμαριού

Σε αυτή την περίπτωση οι μετρήσεις που λαμβάνονται είναι:

Σκληρότητα: η μέγιστη δύναμη κατά την 1<sup>η</sup> διείδυση,

Ελαστικότητα: ο χρόνος μεταξύ του τέλους της 1<sup>ης</sup> και της αρχής της 2<sup>ης</sup> διείδυσης,

Συνεκτικότητα: ο λόγος του εμβαδού κατά τη 2<sup>η</sup> διείδυση προς το αντίστοιχο εμβαδό της 1<sup>ης</sup> διείδυσης (Εμβαδό 2/Εμβαδό 1) και

Προσκολλησιμότητα: το αρνητικό εμβαδό μεταξύ 1<sup>ης</sup> και 2<sup>ης</sup> διείδυσης, αντιστοιχεί στο έργο που απαιτείται για την απομάκρυνση του στελέχους από το δείγμα

#### Μέτρηση χαρακτηριστικών υφής αρτοσκευασμάτων

Όπως αναφέρθηκε πιο πριν, μετά την έξοδο των δειγμάτων από τον κλίβανο, τα δείγματα λαμβάνονται και αφήνονται σε ηρεμία για 30 min. Μετά το πέρας του χρόνου λαμβάνονται 2 δείγματα για την μέτρηση χαρακτηριστικών υφής στον άρτο. Αρχικά τοποθετείται το στέλεχος TA-45 Craft knife (κοπίδι) στον αναλυτή υφής και γίνεται βαθμονόμησή του. Εν συνεχεία τοποθετείται το 1<sup>ο</sup> δείγμα ολόκληρο και γίνεται κοπή του στην επιφάνεια της κόρας. Η κοπή λαμβάνει χώρα τρεις φορές με μία διείδυση κάθε φορά. Έπειτα το άλλο δείγμα που παραμένει κόβεται με κατάλληλο διπλό μαχαίρι με αποτέλεσμα να προκύπτουν τρεις φέτες (δύο εξωτερικές

και μία εσωτερική). Στη μία εξωτερική φέτα γίνεται κοπή με το κοπίδι που χρησιμοποιήθηκε προηγουμένως, οπότε και γίνονται τρεις μετρήσεις με μια διείσδυση την κάθε φορά. Τέλος στην εσωτερική φέτα πραγματοποιείται συμπίεση με διαφορετικό στέλεχος (SgrisP / 75, κύλινδρος). Συνεπώς, πρώτα γίνεται βαθμονόμηση αυτού του στελέχους και έπειτα γίνονται και πάλι τρεις μετρήσεις με τη διαφορά ότι γίνονται δύο διεισδύσεις κάθε φορά.

Για την πραγματοποίηση των μετρήσεων σε σύνολο δημιουργήθηκαν ειδικά προγράμματα συμπίεσης με ειδικό όνομα (breadcut για το στέλεχος κοπίδι και breadcom για το στέλεχος κυλίνδρου) στη βάση δεδομένων του αναλυτή υφής, των οποίων οι παράμετροι παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες:

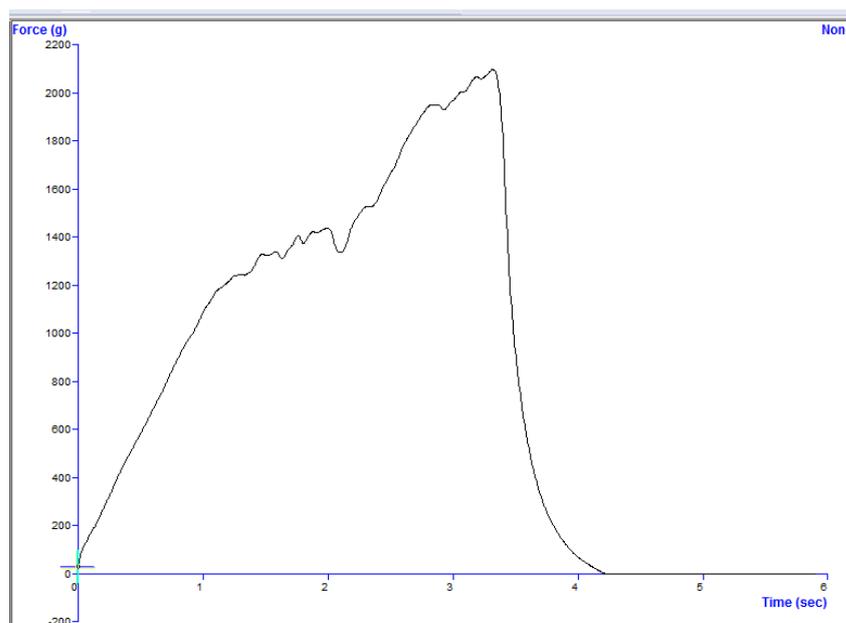
Πίνακας 8: Τιμές παραμέτρων στο πρόγραμμα συμπίεσης breadcut

<b>Παράμετρος</b>	<b>Τιμή</b>
Test Mode	Compression
Pre-Test Speed	10,00 mm/s
Test Speed	3,00 mm/s
Post-Test Speed	5,00 mm/s
Target Mode	Distance
Distance	10,000 mm
Trigger Type	Auto(Force)
Trigger Force	5,0 g
Advanced Options	off

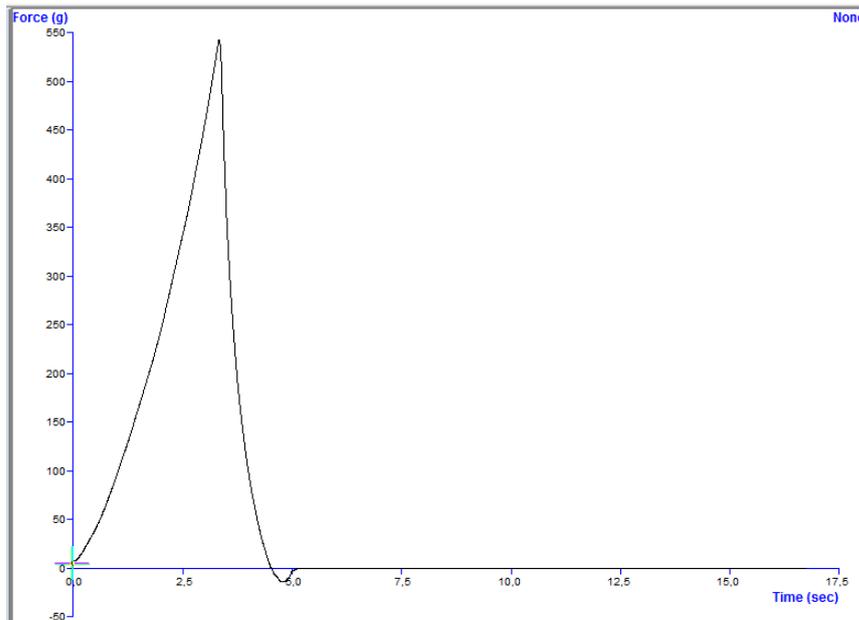
Πίνακας 9: Τιμές παραμέτρων στο πρόγραμμα συμπίεσης breadcom

<b>Παράμετρος</b>	<b>Τιμή</b>
Test Mode	Compression
Pre-Test Speed	10,00 mm/s
Test Speed	3,00 mm/s
Post-Test Speed	5,00 mm/s
Target Mode	Distance
Distance	7,000 mm
Count	2
Trigger Type	Auto(Force)
Trigger Force	5,0 g
Advanced Options	off

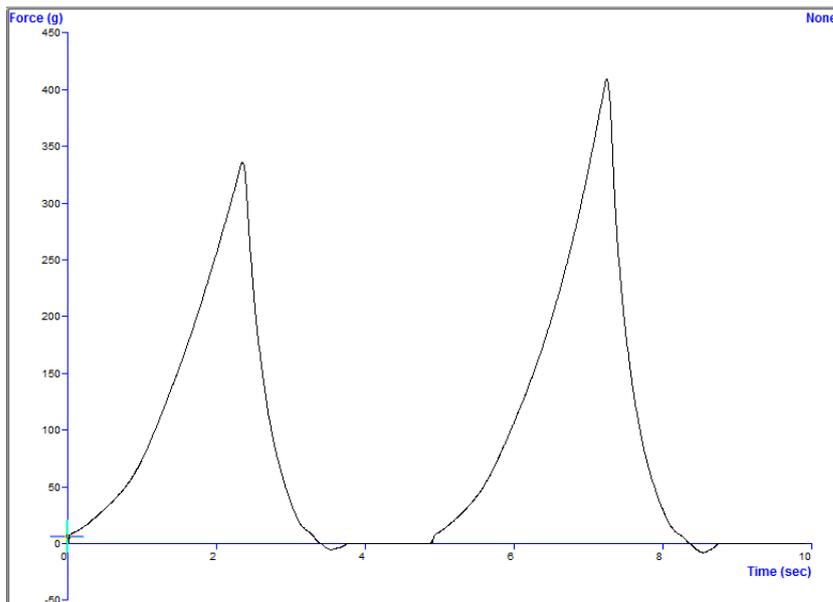
Τέλος παρακάτω παρουσιάζονται ενδεικτικά τα διαγράμματα που προκύπτουν σε κάθε περίπτωση:



Εικόνα 8: Διάγραμμα κοπής ολόκληρου αρτοσκευάσματος



Εικόνα 9: Διάγραμμα κοπής εξωτερικής φέτας αρτοσκευάσματος



Εικόνα 10: Διάγραμμα συμπίεσης εσωτερικής φέτας αρτοσκευάσματος

Τέλος σημαντικό να αναφερθεί είναι ότι, στην περίπτωση που χρησιμοποιείται κοπίδι μετράται μόνο η σκληρότητα, ενώ στην περίπτωση του κυλίνδρου μετρώνται, σκληρότητα, ελαστικότητα, συνεκτικότητα και προσκολλησιμότητα, όπου ενδιαφέρον παρατηρείται μόνο στην σκληρότητα.

#### 6.4.7 Εκτίμηση οργανοληπτικών χαρακτηριστικών αρτοσκευασμάτων

Για την καλύτερη και πληρέστερη εκτίμηση των χαρακτηριστικών των αρτοσκευασμάτων, πραγματοποιείται οργανοληπτικός έλεγχος των δειγμάτων με χρήση ποσοτικής περιγραφικής δοκιμής. Ο οργανοληπτικός έλεγχος των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε στο διαπιστευμένο κατά ISO 17025 Εργαστήριο Οργανοληπτικών Δοκιμών του Εργαστηρίου Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων της Σχολής Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ. Συγκεκριμένα δύο δείγματα μετά την ηρεμία τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος κόβονται στη μέση και μοιράζονται σε 4 ειδικούς δοκιμαστές κατάλληλα εκπαιδευμένους. Προκειμένου να εξασφαλίζονται σταθερές συνθήκες κατά τη διεξαγωγή των δοκιμών, η θερμοκρασία του χώρου διατηρείται σε ευχάριστα για τους δοκιμαστές επίπεδα (20-25°C). Το έντυπο το οποίο μοιράζεται στους δοκιμαστές προς συμπλήρωση παρουσιάζεται παρακάτω:

Πίνακας 10: Έντυπο οργανοληπτικού ελέγχου

α/α	Χαρακτηριστικό	Βαθμολογία			
1	Διόγκωση				
2	Ύπαρξη σχισμών ή ρωγμών στην επιφάνεια				
3	Χρώμα κόρας				
4	Σκληρότητα κόρας				
5	Ύπαρξη οπών στο εσωτερικό του δείγματος				
6	Χρώμα ψίχας				
7	Ελαστικότητα ψίχας				
8	Γεύση /άρωμα				
9	Μετάγευση				
10	Συνολική Αρέσκεια				

Η βαθμολογία των δοκιμαστών κυμαίνεται από: 1 = πολύ λίγο έως 10 = πολύ έντονο

### 6.5 Σχεδιασμός πειραμάτων και στατιστική επεξεργασία

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκε η επίδραση του χρόνου αποθήκευσης σε κατάψυξη στα ποιοτικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των αρτοσκευασμάτων παρασκευασμένων με διαφορετικά κρυοπροστατευτικά (τρεχαλόζη, ξανθάνη, κλπ.) και σε διαφορετικές συστάσεις του κάθε προσθέτου. Συγκεκριμένα παράγονται δείγματα χωρίς κάποιο πρόσθετο και δείγματα με πρόσθετα: τρεχαλόζη, ξανθάνη, κόμμι γκουάρ, SSL, και Distilled Monoglyceride. Σε όλα τα δείγματα γίνεται ανάλυση στον χρόνο μηδέν (φρέσκα) και επιπλέον σε δείγματα τα οποία έχουν καταψυχθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα. Ο παρακάτω πίνακας δείχνει τις ημέρες που παρέμειναν αποθηκευμένα σε κατάψυξη τα δείγματα ανάλογα με το κρυοπροστατευτικό που χρησιμοποιήθηκε και ο αριθμός των δειγμάτων που εξέρχονταν για ανάλυση κάθε φορά:

Πίνακας 11: Σχηματική παράσταση των δειγμάτων με χρήση κρυοπροστατευτικών

Ημέρες κατάψυξης	Αριθμός Δειγμάτων					
	Χωρίς πρόσθετο	Τρεχαλόζη	Ξανθάνη	Guar gum	SSL	Distilled Monoglyceride
0 (Φρέσκα)	5	5	5	5	5	5
1	5	5	5	5	5	5
7	5	5	5	5	5	5
14	5	5	5	5	5	5
28	5	5	5	5	5	5
56	5	5	5	-	-	-
84	5	5	5	-	-	-

Όπως γίνεται κατανοητό σε κάθε περίπτωση γινόταν δειγματοληψία 5 δειγμάτων. Αυτό συνέβαινε, διότι 1 δείγμα χρειαζόταν μετά την ωρίμανση (παραμονή στο θάλαμο των 40°C) για ανάλυση υψής ζυμαριού και 4 δείγματα για τις υπόλοιπες μετρήσεις και τον οργανοληπτικό έλεγχο στο τελικό προϊόν μετά τον κλιβανισμό του και την ηρεμία σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Επιπλέον, οι ημέρες αποθήκευσης σε κατάψυξη επιλέχθηκαν να είναι ίδιες σε όλα τα δείγματα, προκειμένου να γίνει σύγκριση της δράσης κάθε κρυοπροστατευτικού σε σχέση με τα δείγματα που δεν περιέχουν κρυοπροστατευτικό, καθώς επίσης και μεταξύ αυτών. Για τη σύγκριση επιλέχθηκαν 2 σειρές οι οποίες φαίνονται παρακάτω:

- 1<sup>η</sup> σειρά: σύγκριση δειγμάτων χωρίς πρόσθετο με δείγματα που περιέχουν τρεχαλόζη και ξανθάνη. Αυτό συνέβη λόγω της κατάψυξης των δειγμάτων μέχρι 84 ημέρες,
- 2<sup>η</sup> σειρά: σύγκριση δειγμάτων χωρίς πρόσθετο με δείγματα που περιέχουν κόμμι γκουάρ, SSL και Distilled Monoglyceride. Αυτό συνέβη λόγω της κατάψυξης των δειγμάτων μέχρι 28 ημέρες

Προκειμένου να γίνει συνολική σύγκριση των κρυοπροστατευτικών υλικών είναι απαραίτητο να έχει γίνει ανάλυση στην 1<sup>η</sup> σειρά. Αυτό συμβαίνει λόγω του ότι στην περίπτωση της τρεχαλόζης και την ξανθάνης γίνεται αποθήκευση σε κατάψυξη για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα και επιπλέον χρησιμοποιούνται 4 διαφορετικές συγκεντρώσεις (100, 200, 400, 1000 ppm) έναντι 2 συγκεντρώσεων στα υπόλοιπα κρυοπροστατευτικά (0,25%, 0,5% για κόμμι γκουάρ και SSL και 1%, 2% για Distilled Monoglyceride). Ως εκ τούτου, για να γίνει η συνολική σύγκριση είναι απαραίτητο να έχουν επιλεγθεί οι 2 συγκεντρώσεις που έδειξαν καλύτερα αποτελέσματα για την τρεχαλόζη και την ξανθάνη.

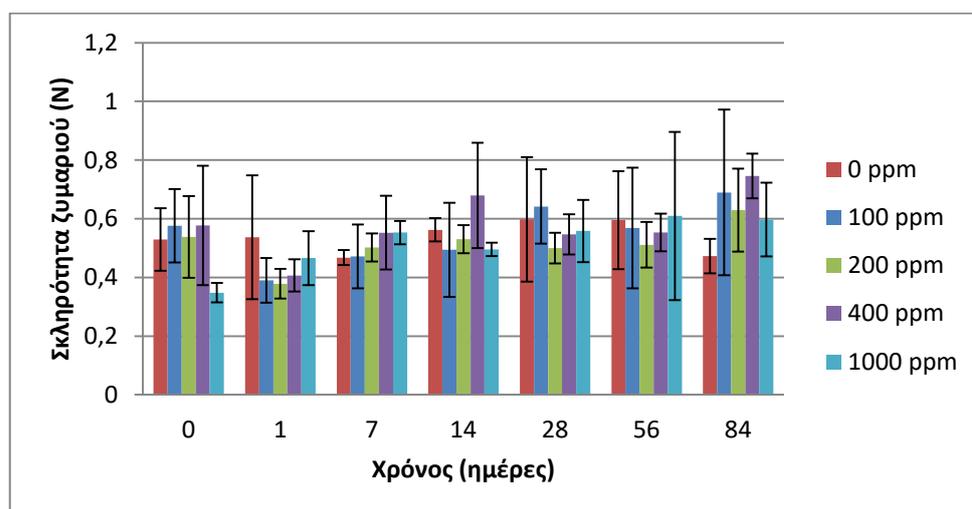
Για τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Statistica (Version 7, Statsoft, Tulsa, OK, USA). Στα αποτελέσματα όλων των σειρών που προαναφέρθηκαν, για κάθε μεταβλητή έγινε ανάλυση διακύμανσης τριών παραγόντων (main effects ANOVA), ώστε να γίνει σύγκριση των προσθέτων συστατικών, των διαφορετικών συγκεντρώσεων και του χρόνου αποθήκευσης σε κατάψυξη. Τέλος, για τη συνολική σύγκριση των βελτιωτικών υλικών εφαρμόζεται παρόμοια διαδικασία και στο τέλος πραγματοποιείται παραγοντική ανάλυση κυρίων συνιστωσών (PCA - Principal Component Analysis).

## 7. Αποτελέσματα – Συζήτηση

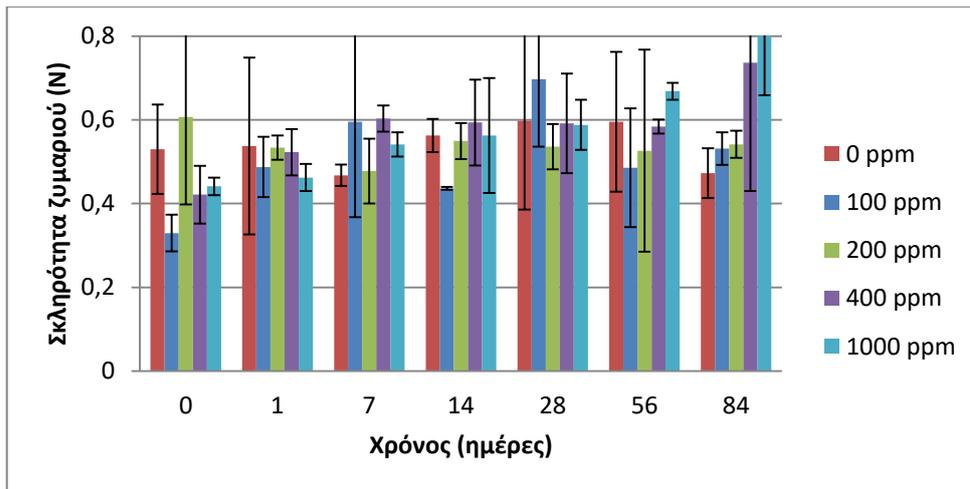
7.1 Σειρά 1<sup>η</sup>: Μελέτη επίδρασης χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη σε δείγματα αρτοσκευασμάτων με διαφορετικές συγκεντρώσεις κρυοπροστατευτικών τρεχαλόζης και ξανθάνης.

Προκειμένου να μελετηθεί η συμπεριφορά των αρτοσκευασμάτων υπό συνθήκες κατάψυξης, έγινε σύγκριση των δειγμάτων χωρίς πρόσθετο κρυοπροστατευτικό υλικό και των δειγμάτων με τρεχαλόζη ή ξανθάνη τα οποία αποθηκεύτηκαν σε κατάψυξη μέχρι διάστημα περίπου τριών μηνών. Παρακάτω παρουσιάζονται οι μεταβολές των παραμέτρων των δειγμάτων για κάθε κρυοπροστατευτικό, διαδοχικά για τις εξετασθείσες παραμέτρους.

### Σκληρότητα ζυμαριού



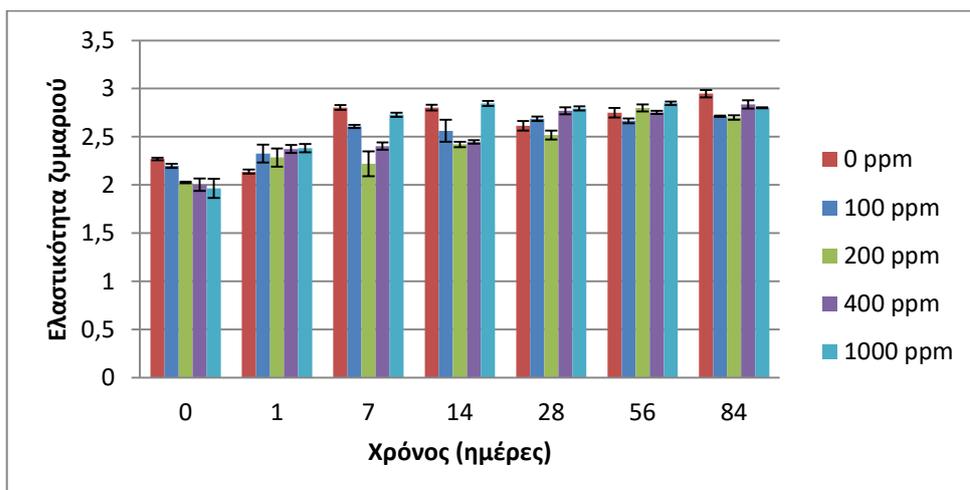
Διάγραμμα 7.1: Μεταβολή σκληρότητας ζυμαριού δειγμάτων με τρεχαλόζη συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη



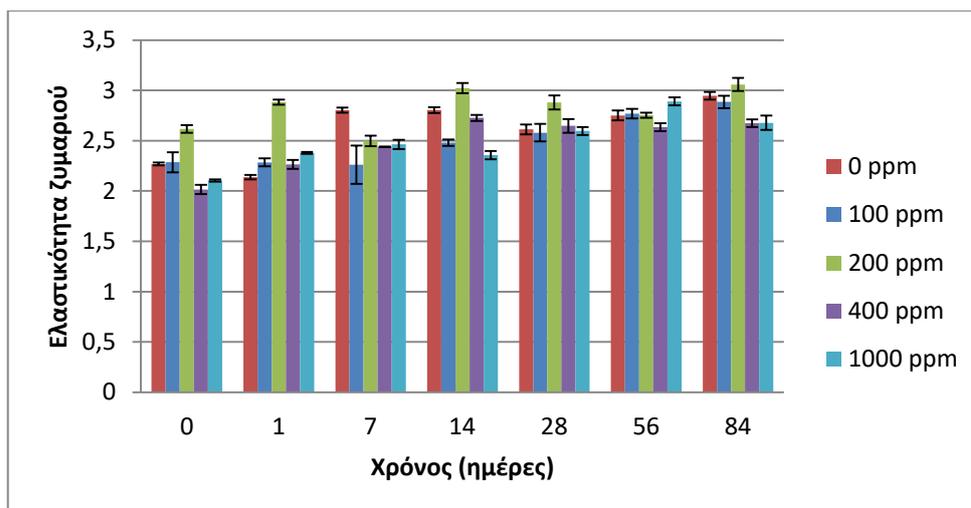
Διάγραμμα 7.2: Μεταβολή σκληρότητας ζυμαριού δειγμάτων με ξανθάνη συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

Στα παραπάνω διαγράμματα παρατηρούνται μικρές διακυμάνσεις στις τιμές της σκληρότητας του ζυμαριού για τις διαφορετικές συγκεντρώσεις των κροοπροστατευτικών υλικών. Ωστόσο, ως προς το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη φαίνεται τάση μικρής αύξησης της σκληρότητας (από 0,4 σε 0,8N) η οποία είναι εντονότερη στα δείγματα με 100 και 400 ppm τρεχαλόζης και 400 και 1000 ppm ξανθάνης. Το ίδιο επιβεβαιώνεται και από τη στατιστική ανάλυση που δείχνει ότι ο χρόνος αποθήκευσης υπό κατάψυξη είναι ο μοναδικός παράγοντας που έχει σημαντική επίδραση ( $p < 0,05$ ) στη σκληρότητα του ζυμαριού.

### Ελαστικότητα ζυμαριού



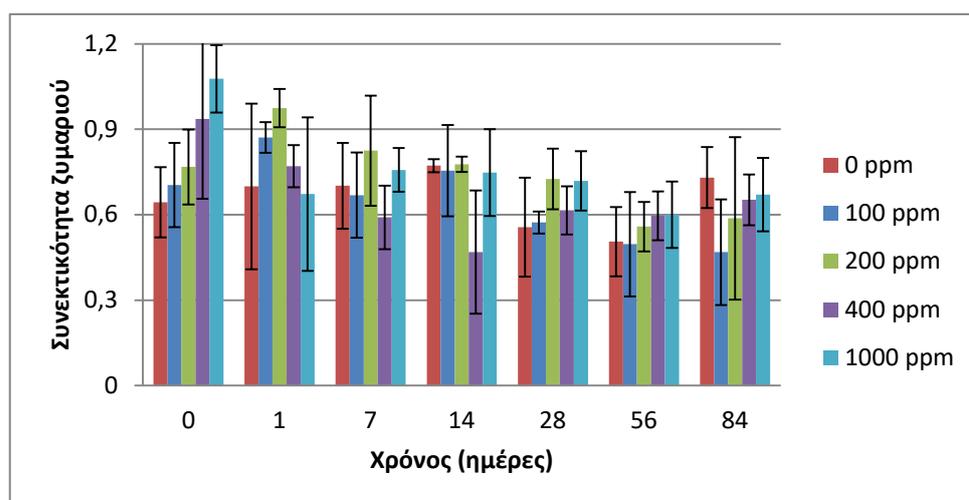
Διάγραμμα 7.3: Μεταβολή ελαστικότητας ζυμαριού δειγμάτων με τρεχαλόζη συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη



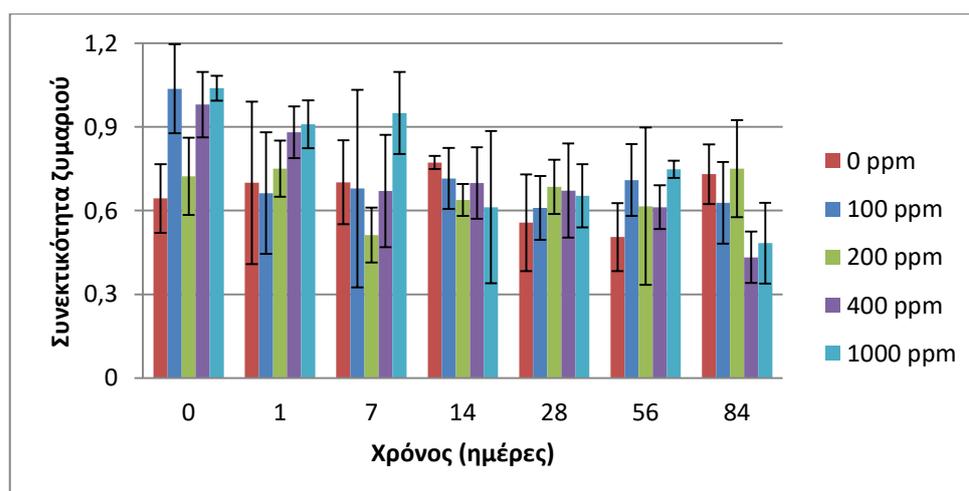
Διάγραμμα 7.4: Μεταβολή ελαστικότητας ζυμαριού δειγμάτων με ξανθάνη συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

Η ελαστικότητα των δειγμάτων ζυμαριού που μελετήθηκαν κυμαίνεται σε τιμές μεταξύ, κυρίως, 1,2 και 3, χωρίς να παρουσιάζει σημαντική μεταβολή ως προς το κρυοπροστατευτικό ή τη συγκέντρωση αυτού. Τις υψηλότερες τιμές ελαστικότητας εμφάνισαν γενικά τα τυφλά δείγματα (χωρίς κρυοπροστατευτικό) καθώς και εκείνα με ξανθάνη 200 ppm. Με βάση το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη είναι εμφανής η τάση σταδιακής αύξησης της ελαστικότητας του ζυμαριού μέχρι τις 84 ημέρες αποθήκευσης. Η στατιστική επεξεργασία δείχνει παρόμοια αποτελέσματα, δηλαδή μη εξάρτηση της ελαστικότητας του ζυμαριού από το κρυοπροστατευτικό και τη συγκέντρωση αυτού και εξάρτηση από το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη ( $p < 0,05$ ).

## Συνεκτικότητα ζυμαριού



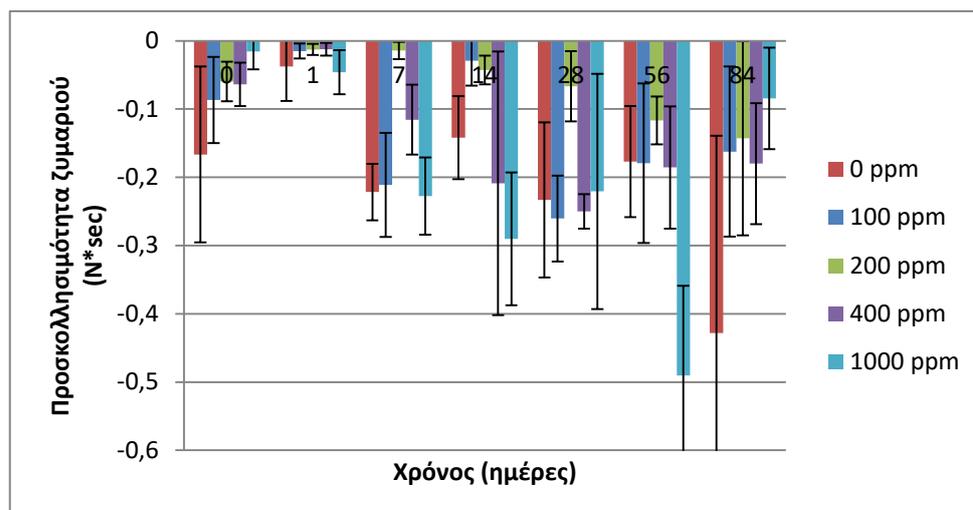
Διάγραμμα 7.5: Μεταβολή συνεκτικότητας ζυμαριού δειγμάτων με τρεχαλόζη συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη



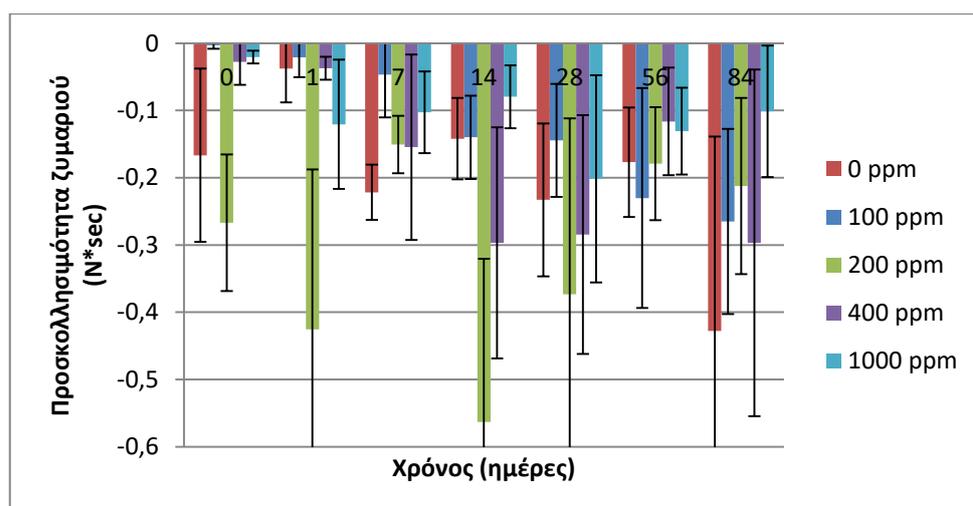
Διάγραμμα 7.6: Μεταβολή συνεκτικότητας ζυμαριού δειγμάτων με ξανθάνη συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

Αντίστοιχες διακυμάνσεις παρατηρούνται και στην περίπτωση της συνεκτικότητας του ζυμαριού. Ειδικά κατά την προσθήκη τρεχαλόζης φαίνεται ότι η αύξηση της συγκέντρωσης ενισχύει σε γενικές γραμμές τη συνεκτικότητα του ζυμαριού. Οι τιμές συνεκτικότητας όλων των δειγμάτων κυμαίνονται από 0,4 έως 1,1, ενώ υπάρχει η τάση μείωσης της συνεκτικότητας με το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη μέχρι τις 84 ημέρες αποθήκευσης. Τα παραπάνω επιβεβαιώνονται και από τη στατιστική επεξεργασία, όπου σημαντική επίδραση στην ιδιότητα αυτή του ζυμαριού έχει μόνο ο χρόνος αποθήκευσης υπό κατάψυξη ( $p < 0,05$ ).

## Προσκολλησιμότητα ζυμαριού



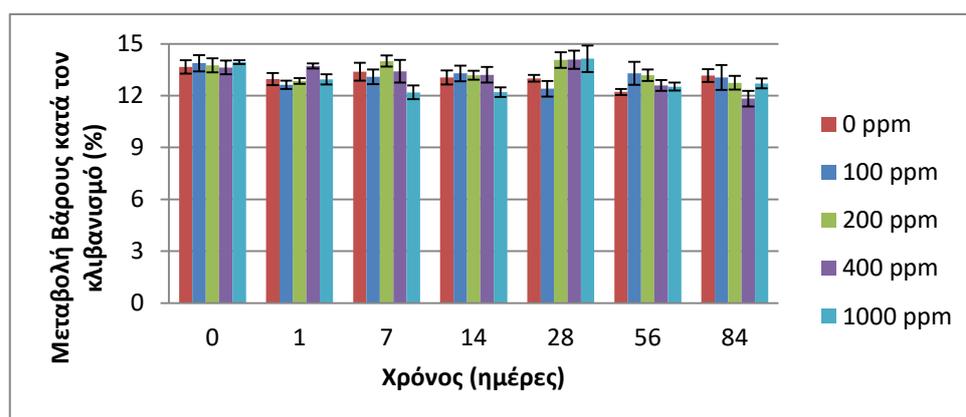
Διάγραμμα 7.7: Μεταβολή προσκολλησιμότητας ζυμαριού δειγμάτων με τρεχαλόζη συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη



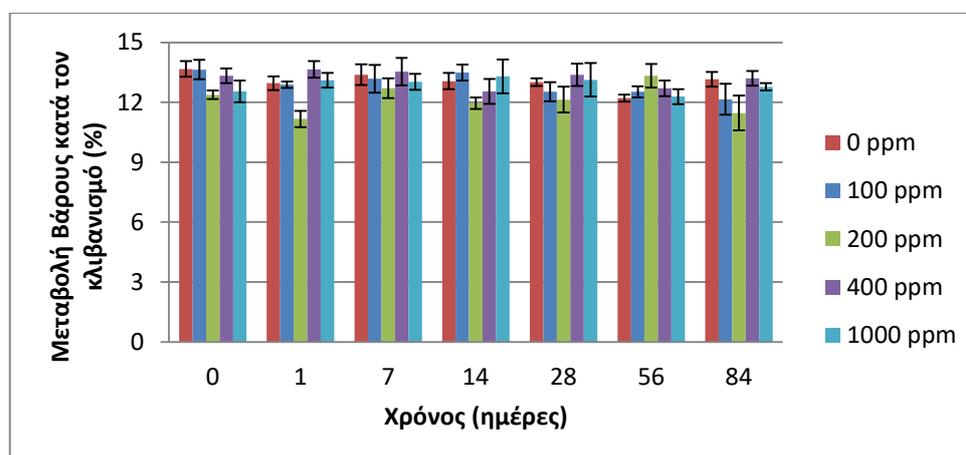
Διάγραμμα 7.8: Μεταβολή προσκολλησιμότητας ζυμαριού δειγμάτων με ξανθάνη συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

Παρά τα διακυμάνσεις που παρατηρούνται, οι τιμές της προσκολλησιμότητας του ζυμαριού για τα δείγματα με τρεχαλόζη εμφανίζονται ελαφρώς μικρότερες συγκριτικά με τις αντίστοιχες για τα δείγματα με ξανθάνη. Επιπλέον, όπως επιβεβαιώνεται και από τη στατιστική επεξεργασία, παρατηρείται μικρή μεταβολή της ιδιότητας αυτής του ζυμαριού με το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη ( $p < 0,05$ ), καθώς σταδιακά αυξάνεται η δύναμη που απαιτείται για την απομάκρυνση του στελέχους από το δείγμα.

## Μεταβολή βάρους κατά το κλιβανισμό



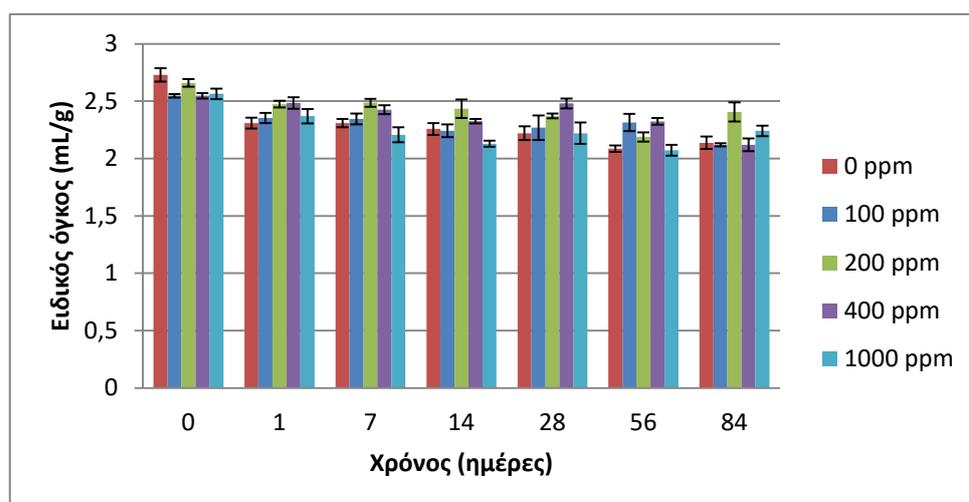
Διάγραμμα 7.9: Μεταβολή βάρους αρτοσκευασμάτων με τρεχαλόζη κατά τον κλιβανισμό συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη



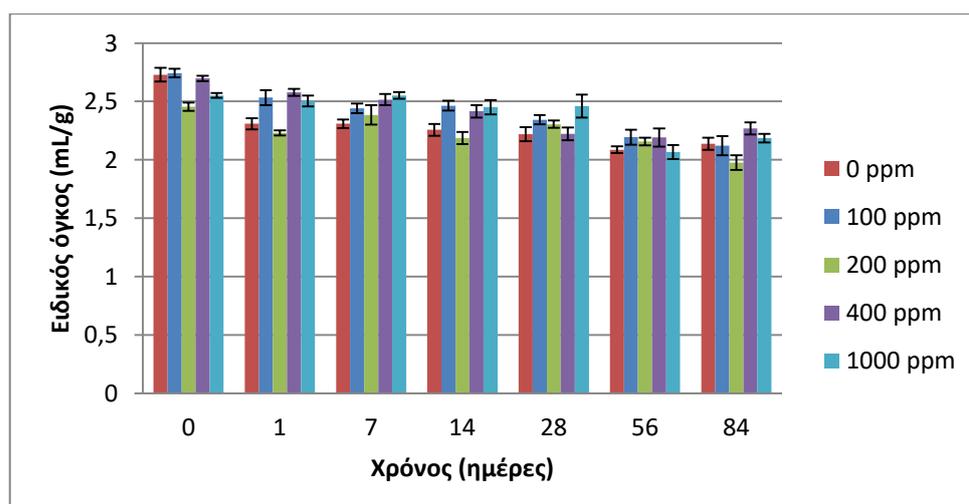
Διάγραμμα 7.10: Μεταβολή βάρους αρτοσκευασμάτων με ξανθάνη κατά τον κλιβανισμό συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται ότι δεν υπάρχει σημαντική διαφορά στη μεταβολή του βάρους των δειγμάτων κατά τη διάρκεια αποθήκευσης υπό κατάψυξη, καθώς η μεταβολή βάρους για όλα σχεδόν τα δείγματα κυμαίνεται από 12% μέχρι 14%. Από τη μεταξύ τους σύγκριση όμως φαίνεται ότι τα δείγματα με τρεχαλόζη, γενικά παρουσίασαν ελαφρώς μεγαλύτερες τιμές. Αυτό επιβεβαιώνεται από τη στατιστική ανάλυση, η οποία έδειξε ότι υπάρχει σημαντική διαφορά ( $p < 0,05$ ) όσον αφορά το είδος του κρυοπροστατευτικού υλικού, αλλά όχι ως προς τις διαφορετικές συγκεντρώσεις αυτών. Η στατιστική επεξεργασία έδειξε επίσης ελαφρώς μεγαλύτερη μεταβολή βάρους των δειγμάτων μετά την αποθήκευσή τους για 56 ή 84 ημέρες.

### Ειδικός όγκος αρτοσκευασμάτων



Διάγραμμα 7.11: Μεταβολή ειδικού όγκου αρτοσκευασμάτων με τρεχαλόζη συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

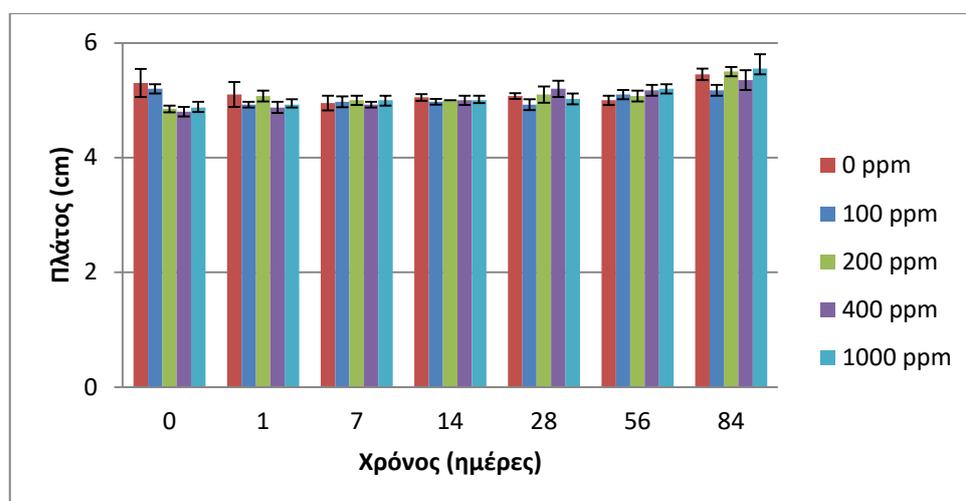


Διάγραμμα 7.12: Μεταβολή ειδικού όγκου αρτοσκευασμάτων με ξανθάνη συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

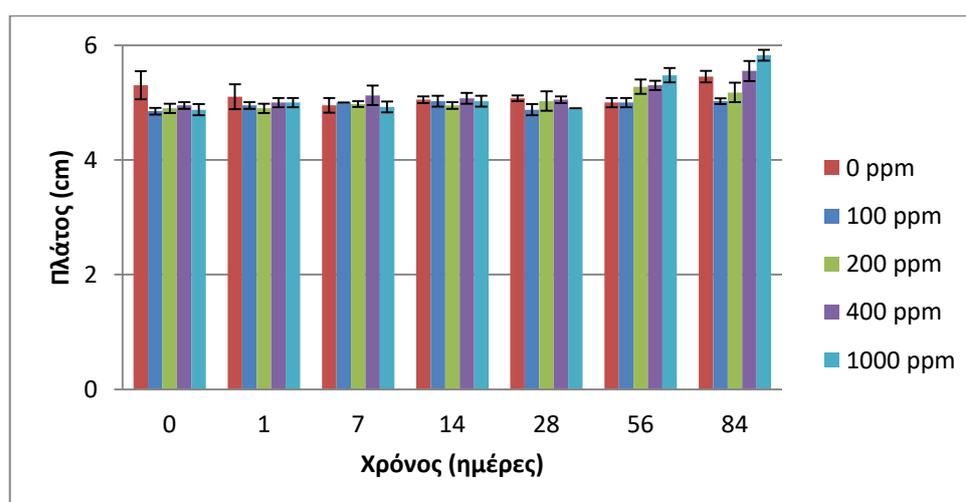
Στα ανωτέρω διαγράμματα παρατηρείται ότι δεν υπάρχει κάποια αξιόλογη διαφορά όσον αφορά τα δύο κρυσταλλοπροστατευτικά, καθώς και στα δύο φαίνεται ότι ο ειδικός όγκος είναι μεγάλος στις αρχικές ημέρες αποθήκευσης, ενώ στη συνέχεια μειώνεται σταδιακά. Το ίδιο επιβεβαιώνεται και από τη στατιστική ανάλυση που δείχνει ότι δεν υπάρχει διαφορά ανάλογα με το είδος του χρησιμοποιούμενου κρυσταλλοπροστατευτικού. Παρόλα αυτά τα δείγματα με τρεχαλόζη φαίνεται να υποβαθμίζονται λιγότερο κατά τον 1<sup>ο</sup> μήνα αποθήκευσης, ενώ ειδικότερα εκείνα με συγκέντρωση 200 ppm

παρουσίασαν υψηλές τιμές ειδικού όγκου μέχρι και τον 3<sup>ο</sup> μήνα αποθήκευσης. Τέλος σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη παρατηρείται ότι ο ειδικός όγκος είναι αρκετά μεγάλος στην αρχή ενώ προς το πέρας (3 μήνες) της αποθήκευσης σε κατάψυξη φαίνεται ότι μειώνεται σημαντικά. Το γεγονός ότι μειώνεται ο ειδικός όγκος, αποδίδεται στη σταδιακή εξασθένηση του δικτύου της γλουτένης του ζυμαριού και στη μείωση της δραστηριότητας της μαγιάς κατά την παρατεταμένη αποθήκευση του ζυμαριού υπό κατάψυξη.

### Πλάτος αρτοσκευασμάτων



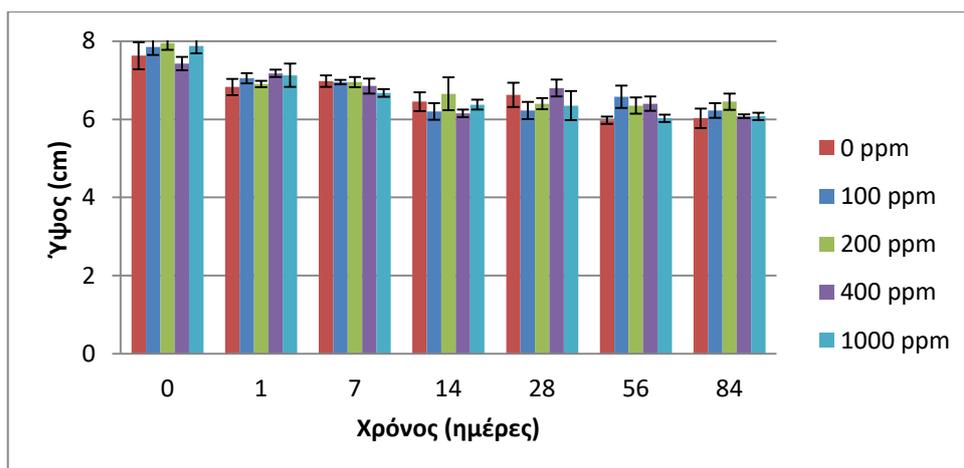
Διάγραμμα 7.13: Μεταβολή πλάτους αρτοσκευασμάτων με τρεχαλόζη συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη



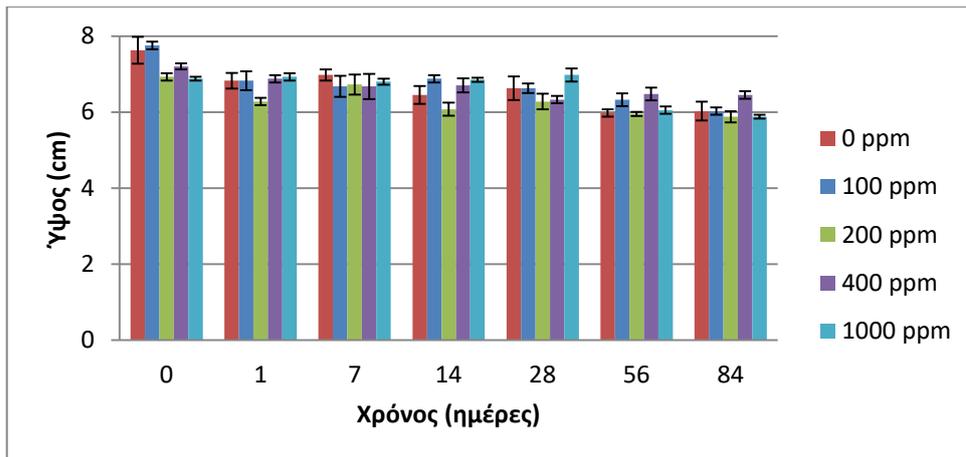
Διάγραμμα 7.14: Μεταβολή πλάτους αρτοσκευασμάτων με ξανθάνη συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

Όσον αφορά το πλάτος των αρτοσκευασμάτων από τα ανωτέρω διαγράμματα δεν παρατηρείται αξιόλογη διαφορά ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο κρυοπροστατευτικό ή τις διαφορετικές συγκεντρώσεις αυτού. Το ίδιο επιβεβαιώνεται και από τη στατιστική ανάλυση ( $p < 0,05$ ). Όμως με βάση το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη φαίνεται ότι υπάρχει η τάση για μικρή αύξηση του πλάτους των αρτοσκευασμάτων στους 3 μήνες αποθήκευσης, με συγκεντρώσεις 200 και 1000 ppm τρεχαλόζης και με 1000 ppm ξανθάνης. Το ίδιο προκύπτει και από τη στατιστική ανάλυση, η οποία δείχνει ότι το πλάτος επηρεάζεται από το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη. Συγκεκριμένα το πλάτος μέχρι τον 1<sup>ο</sup> μήνα έχει σημαντικά μικρότερες τιμές, ενώ αυξάνεται μεταξύ 2<sup>ου</sup> και 3<sup>ου</sup> μήνα αποθήκευσης. Αυτό αποδίδεται στο γεγονός ότι καθώς εξασθενεί το ζυμάρι η διόγκωση γίνεται εντονότερη κατά το πλάτος παρά κατά το ύψος.

#### Ύψος αρτοσκευασμάτων



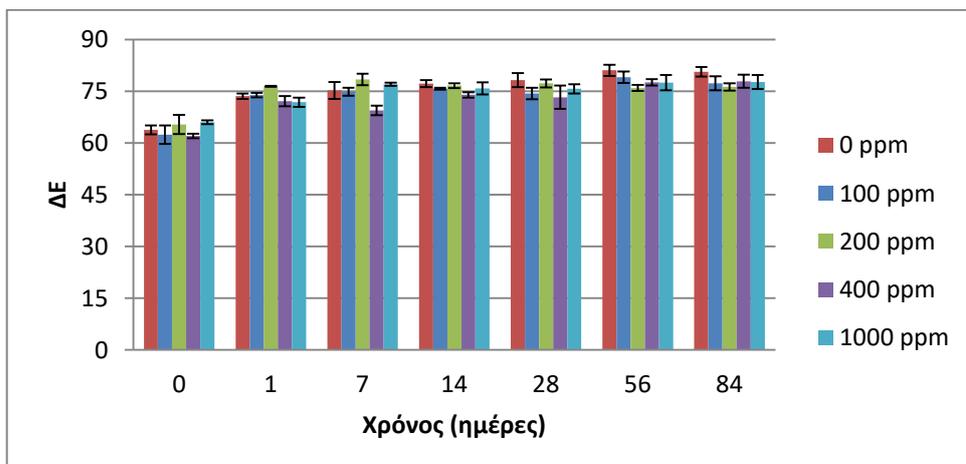
Διάγραμμα 7.15: Μεταβολή ύψους αρτοσκευασμάτων με τρεχαλόζη συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη



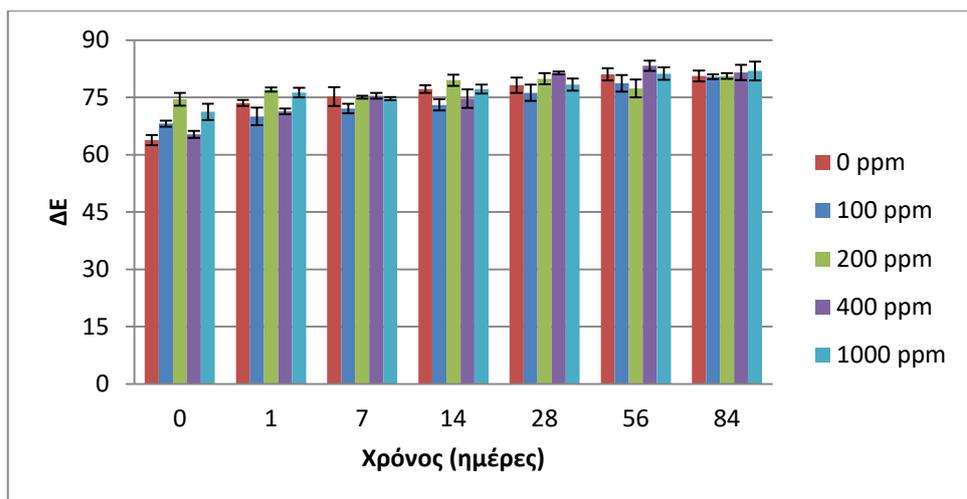
Διάγραμμα 7.16: Μεταβολή ύψους αρτοσκευασμάτων με ξανθάνη συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

Κατά αντιστοιχία και το ύψος των αρτοσκευασμάτων δείχνει παρόμοια αποτελέσματα με το πλάτος. Ως προς το κρυοπροστατευτικό και τις συγκεντρώσεις του δεν παρατηρείται κάποια διαφορά, καθώς εμφανίζεται ομοιόμορφη πτώση του ύψους μέχρι τις 84 ημέρες αποθήκευσης. Το ίδιο επιβεβαιώνεται και από τη στατιστική ανάλυση, όπου δεν βρέθηκε εξάρτηση από αυτούς τους παράγοντες. Όμως εύκολα διαπιστώνει κανείς ότι ο χρόνος αποθήκευσης υπό κατάψυξη έχει επίδραση και μάλιστα μεγάλη, καθώς από τα φρέσκα δείγματα μέχρι και τους 3 μήνες φαίνεται να έχει μειωθεί αρκετά το ύψος σε όλα τα δείγματα με κρυοπροστατευτικά στις εξετασθείσες συγκεντρώσεις.

#### Χρώμα κόρας αρτοσκευασμάτων



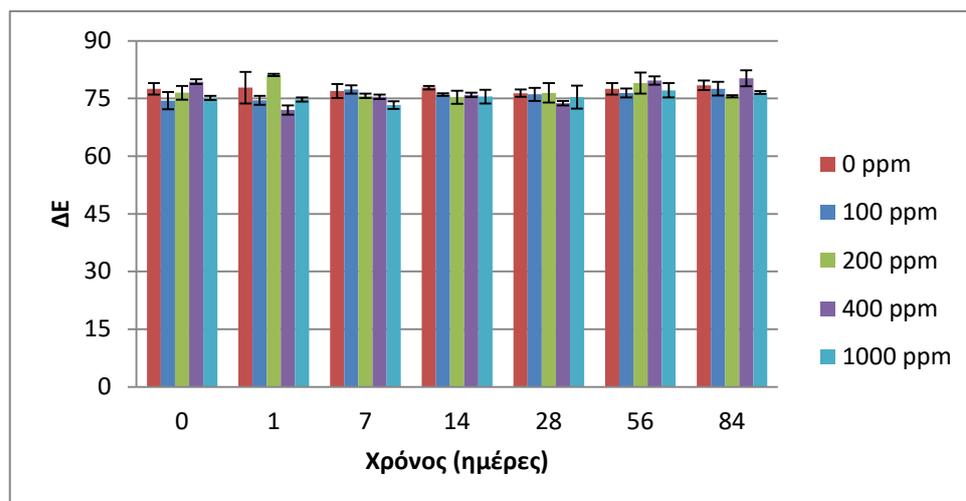
Διάγραμμα 7.17: Μεταβολή χρώματος κόρας αρτοσκευασμάτων με τρεχαλόζη συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη



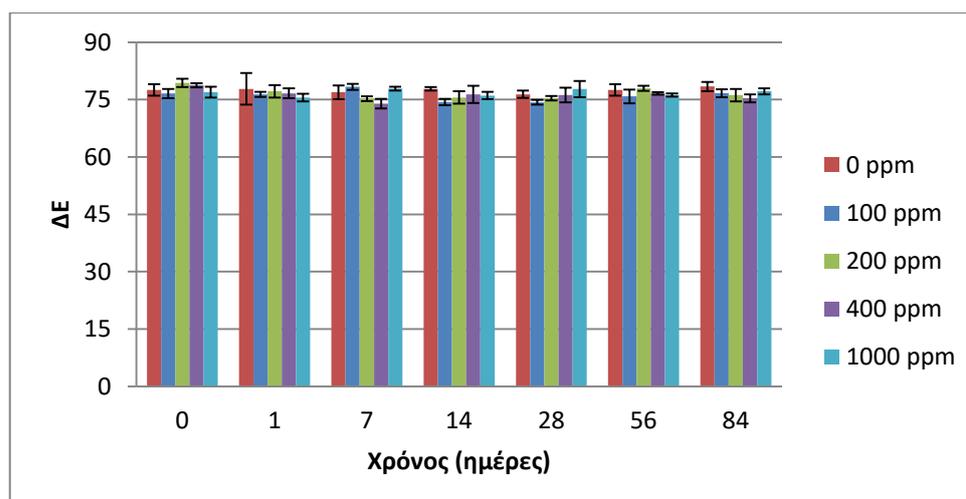
Διάγραμμα 7.18: Μεταβολή χρώματος κόρας αρτοσκευασμάτων με ξανθάνη συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

Με βάση τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται ότι στα δείγματα με τρεχαλόζη από την 1<sup>η</sup> μέρα αποθήκευσης σε κατάψυξη μεταβάλλεται απότομα το χρώμα της κόρας από σκούρο σε πιο λευκό, ενώ στα δείγματα με ξανθάνη φαίνεται μία πιο ομοιόμορφη μεταβολή. Η διαφοροποίηση αυτή αποτυπώνεται και στα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης, η οποία δείχνει διαφορά ( $p < 0,05$ ) μεταξύ των δύο κρυοπροστατευτικών στο χρώμα της κόρας των αρτοσκευασμάτων. Δεν παρατηρείται όμως σημαντική διαφοροποίηση ως προς τη συγκέντρωση των κρυοπροστατευτικών. Τέλος, όσον αφορά το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη είναι εμφανείς οι διαφορές καθ' όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης, καθώς σε κάθε επόμενη δειγματοληψία, παρατηρείται το χρώμα να είναι σε γενικές γραμμές πιο άσπρο. Το ίδιο προκύπτει και από τη στατιστική ανάλυση ( $p < 0,05$ ). Το γεγονός ότι τα δείγματα αποκτούν ολοένα και πιο ανοιχτό χρώμα κόρας, οφείλεται στο σχηματισμό επιφανειακών παγοκρυστάλλων κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε κατάψυξη.

### Χρώμα ψίχας αρτοσκευασμάτων



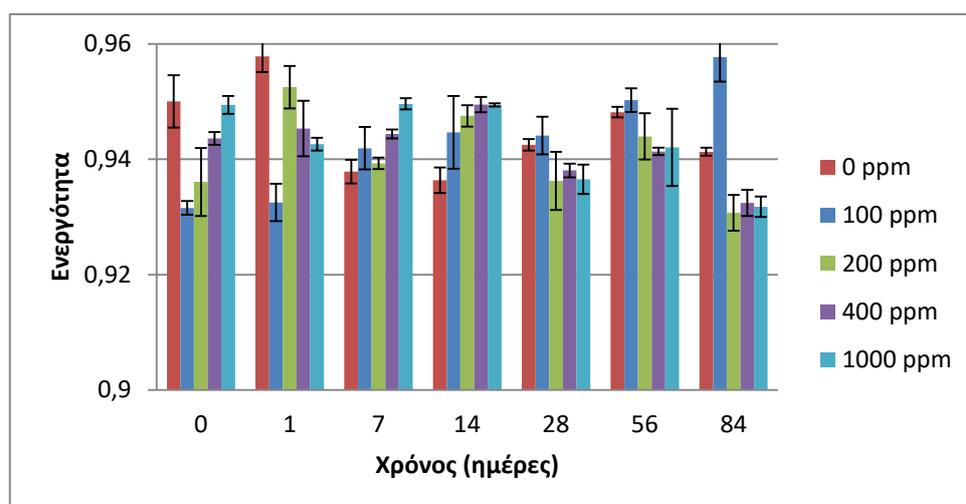
Διάγραμμα 7.19: Μεταβολή χρώματος ψίχας αρτοσκευασμάτων με τρεχαλόζη συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη



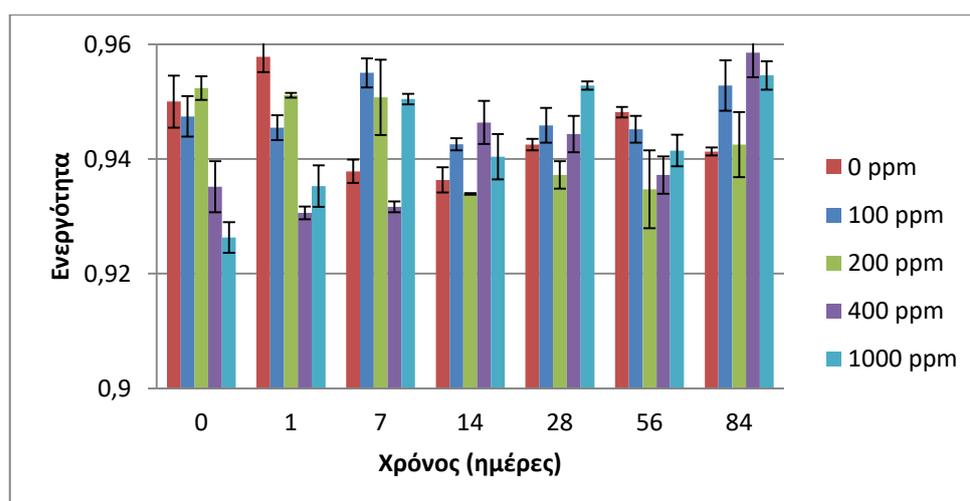
Διάγραμμα 7.20: Μεταβολή χρώματος ψίχας αρτοσκευασμάτων με ξανθάνη συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

Από τα διαγράμματα είναι εμφανές ότι δεν υπάρχει διαφορά στο χρώμα της ψίχας μεταξύ των δειγμάτων που μελετήθηκαν, καθώς σε όλα το συνολικό χρώμα κυμαίνεται κοντά στην τιμή 75. Το ίδιο επιβεβαιώνεται και από τη στατιστική επεξεργασία, η οποία έδειξε ότι το χρώμα της ψίχας δεν επηρεάζεται ούτε από το χρησιμοποιούμενο κρυοπροστατευτικό ή τις διαφορετικές συγκεντρώσεις αυτού, αλλά ούτε και από το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη.

## Ενεργότητα νερού αρτοσκευασμάτων



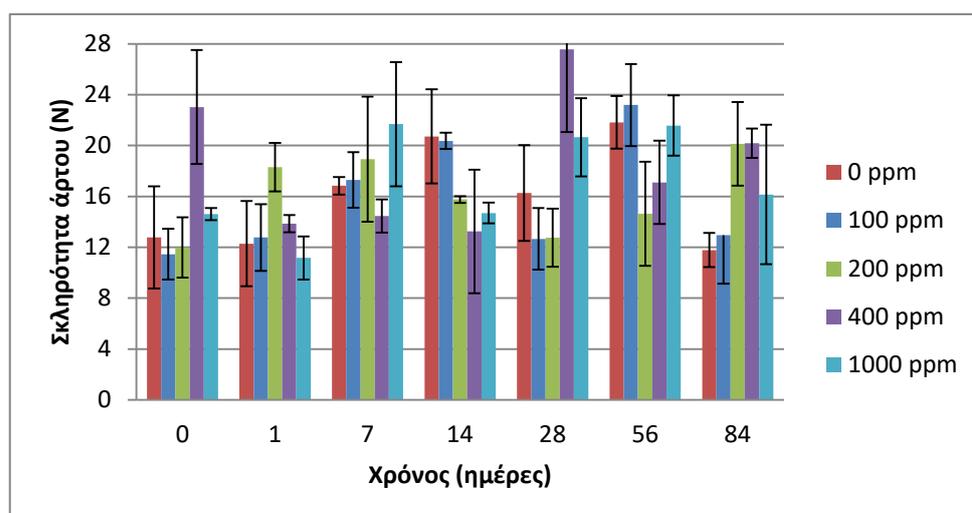
Διάγραμμα 7.21: Μεταβολή ενεργότητας νερού αρτοσκευασμάτων με τρεχαλόζη συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη



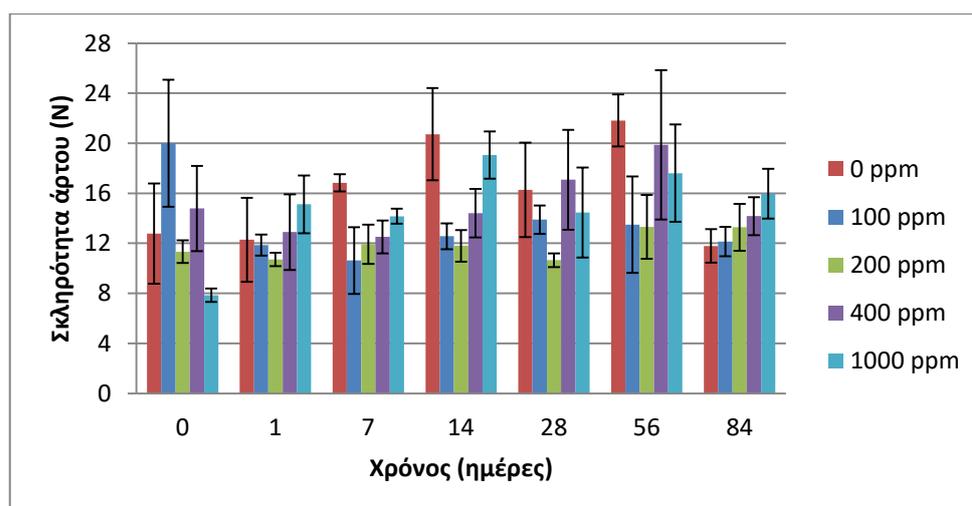
Διάγραμμα 7.22: Μεταβολή ενεργότητας νερού αρτοσκευασμάτων με ξανθάνη συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

Όσον αφορά την ενεργότητα νερού των αρτοσκευασμάτων από τη στατιστική επεξεργασία δεν παρατηρείται σημαντική επίδραση κάποιου από τους μελετώμενους παράγοντες. Το ίδιο επιβεβαιώνεται και από τα ανωτέρω διαγράμματα, καθώς οι τιμές ενεργότητας νερού των δειγμάτων κυμαίνονται από 0,93 μέχρι 0,96 σε όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης σε κατάψυξη, με τη διαφορά ότι στα δείγματα με τρεχαλόζη εμφανίζονται ελαφρώς μικρότερες τιμές συγκριτικά με εκείνα με ξανθάνη.

## Σκληρότητα αρτοσκευασμάτων



Διάγραμμα 7.23: Μεταβολή σκληρότητας αρτοσκευασμάτων με τρεχαλόζη συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

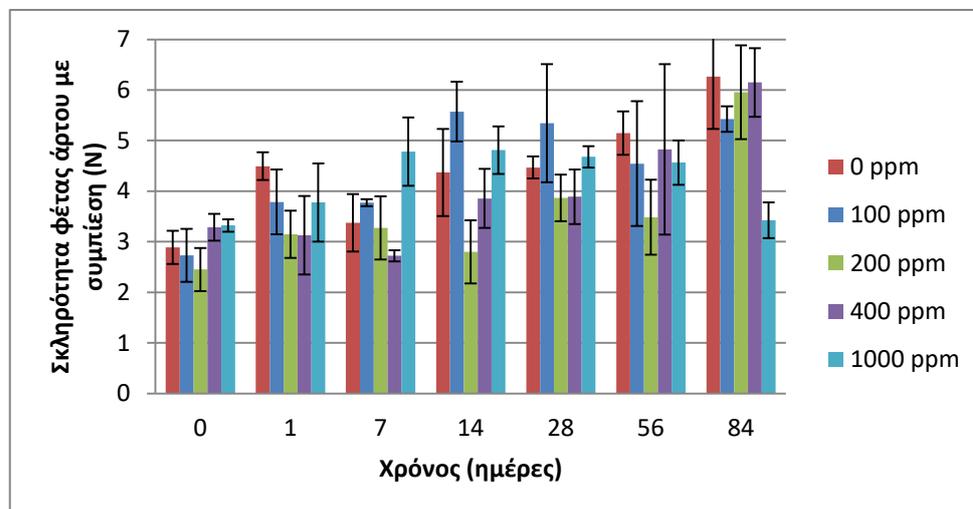


Διάγραμμα 7.24: Μεταβολή σκληρότητας αρτοσκευασμάτων με ξανθάνη συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

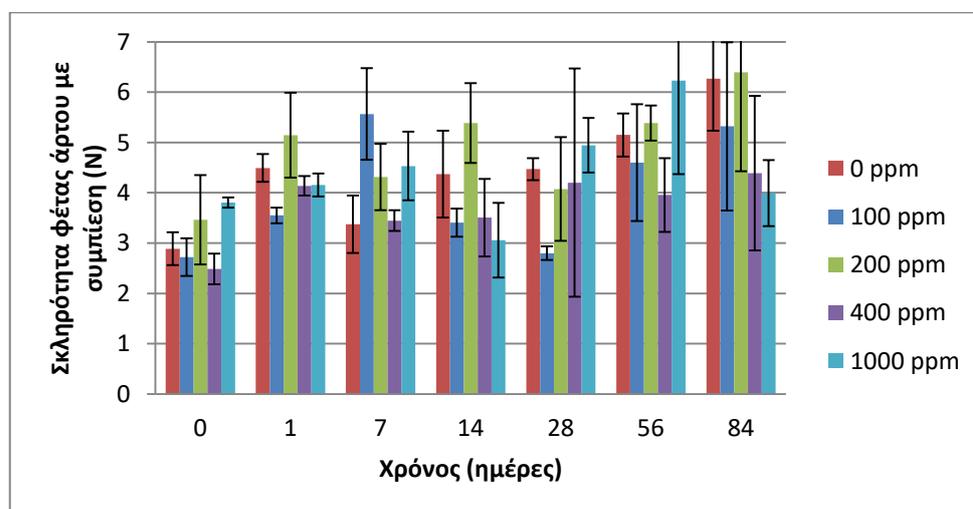
Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται ότι τα δείγματα αρτοσκευασμάτων με τρεχαλόζη παρουσιάζουν συγκριτικά μεγαλύτερες τιμές σκληρότητας (έως 28N) από εκείνα με ξανθάνη (έως 20N) και το ίδιο προκύπτει και από τη στατιστική επεξεργασία ( $p < 0,05$ ). Παρόλο που δεν είναι σαφές σε όλες τις περιπτώσεις, φαίνεται ότι η αύξηση της συγκέντρωσης του κρυοπροστατευτικού, αυξάνει ελαφρώς τη σκληρότητα της κόρας του άρτου. Τέλος, διακρίνονται διαφορές με βάση το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη, λόγω της τάσης για αύξηση της σκληρότητας του

τελικού αρτοσκευάσματος μέχρι και τους 3 μήνες αποθήκευσης του ζυμαριού σε κατάψυξη.

Σκληρότητα εσωτερικής φέτας άρτου (συμπίεση με κύλινδρο)



Διάγραμμα 7.25: Μεταβολή σκληρότητας εσωτερικής φέτας με συμπίεση αρτοσκευασμάτων με τρεχαλόζη συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

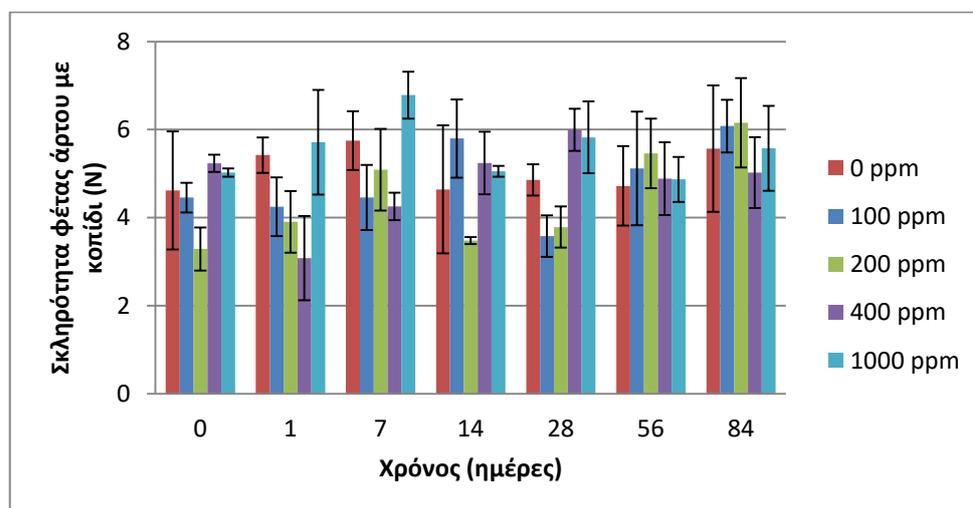


Διάγραμμα 7.26: Μεταβολή σκληρότητας εσωτερικής φέτας με συμπίεση αρτοσκευασμάτων με ξανθάνη συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

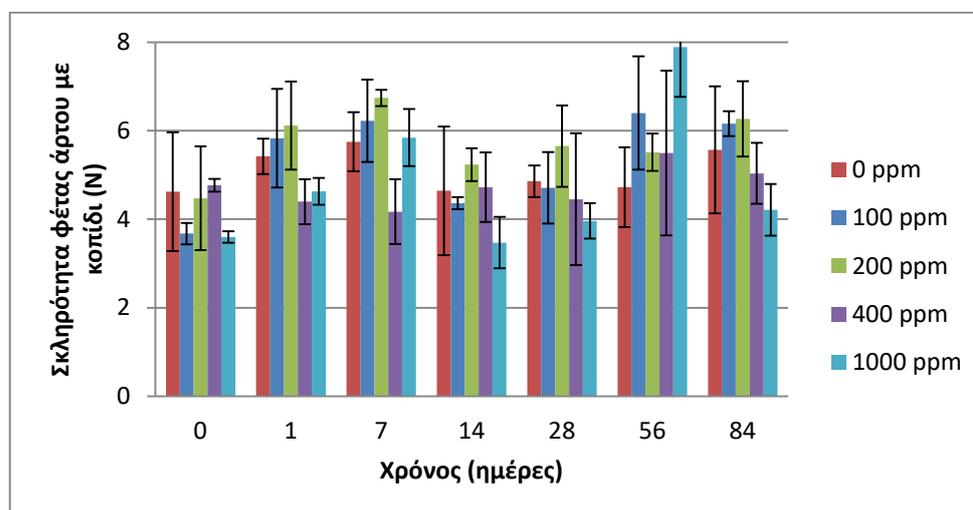
Όπως φαίνεται από τα ανωτέρω διαγράμματα παρουσιάζονται παρόμοιες διακυμάνσεις στη σκληρότητα της εσωτερικής φέτας των αρτοσκευασμάτων ανάλογα με τα χρησιμοποιούμενα κρυοπροστατευτικά και τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις αυτών και υπάρχει μία τάση για αύξηση της τιμής αυτής της ιδιότητας (από περίπου 3 έως 6N) σε κάθε περίπτωση μέχρι τους 3 μήνες αποθήκευσης. Αντίστοιχα είναι και τα

αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας που δεν έδειξε εξάρτηση της σκληρότητας της εσωτερικής φέτας των αρτοσκευασμάτων από το κρυοπροστατευτικό και τη συγκέντρωση αυτού, αλλά εξάρτηση μόνο από το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη ( $p < 0,05$ ).

Σκληρότητα φέτας άρτου (συμπίεση με κοπίδι)



Διάγραμμα 7.27: Μεταβολή σκληρότητας φέτας με κοπίδι αρτοσκευασμάτων με τρεχαλόζη συναρτήσεως του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

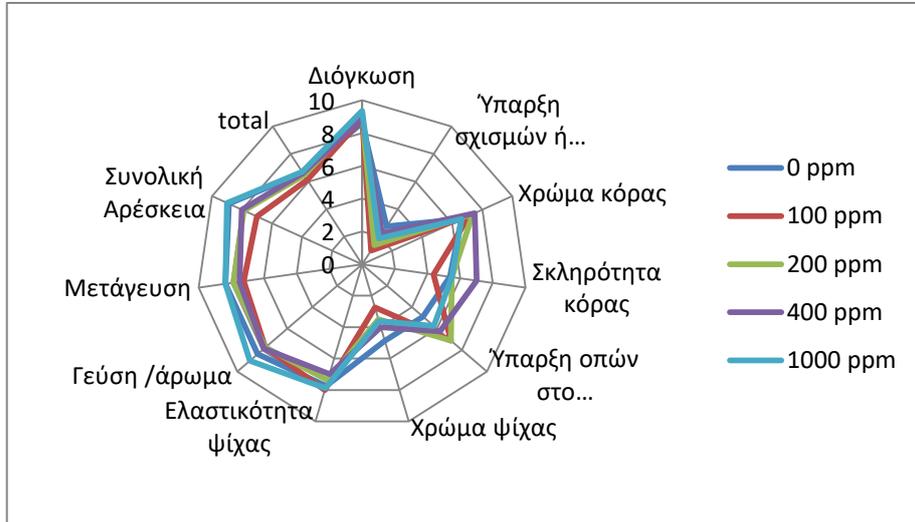


Διάγραμμα 7.28: Μεταβολή σκληρότητας φέτας με κοπίδι αρτοσκευασμάτων με τρεχαλόζη συναρτήσεως του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

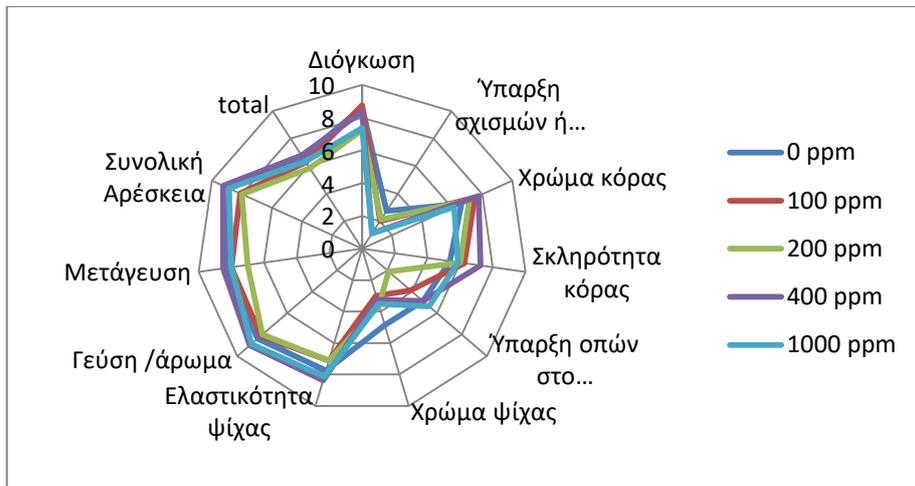
Παρόμοια αποτελέσματα εμφανίζονται και στην περίπτωση της σκληρότητας των αρτοσκευασμάτων κατά την κοπή της φέτας του άρτου, καθώς δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγμάτων. Παρατηρείται όμως η τάση για αύξηση

της σκληρότητας της φέτας του άρτου όσο αυξάνει η διάρκεια αποθήκευσης του ζυμαριού υπό κατάψυξη.

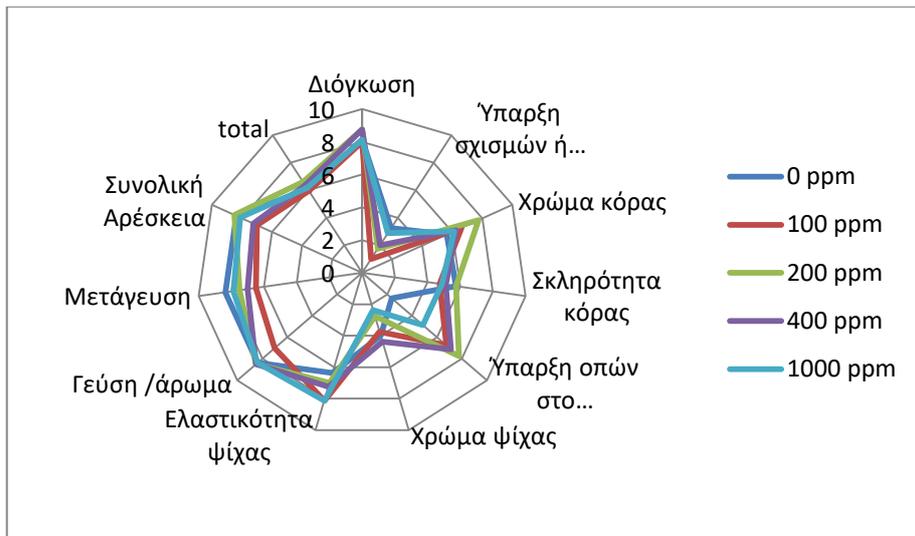
Οργανοληπτικός έλεγχος



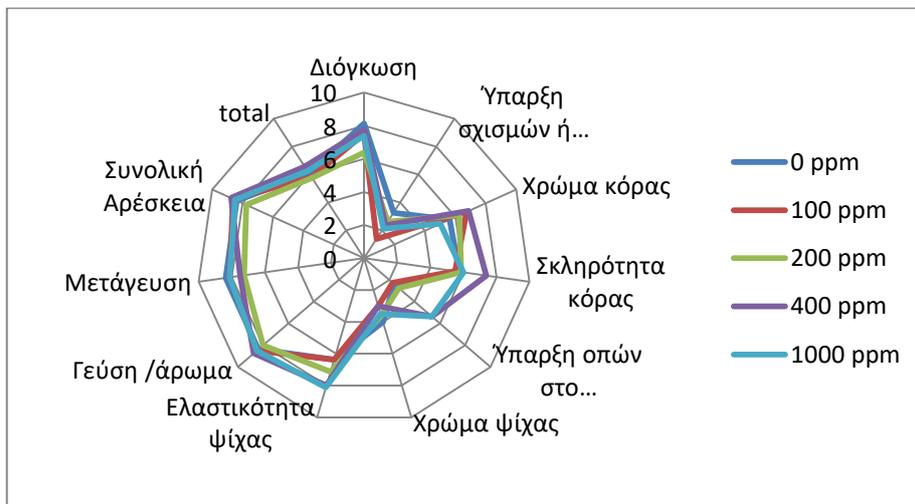
Διάγραμμα 7.29: Οργανοληπτικός έλεγχος φρέσκων δειγμάτων τρεχαλόζης



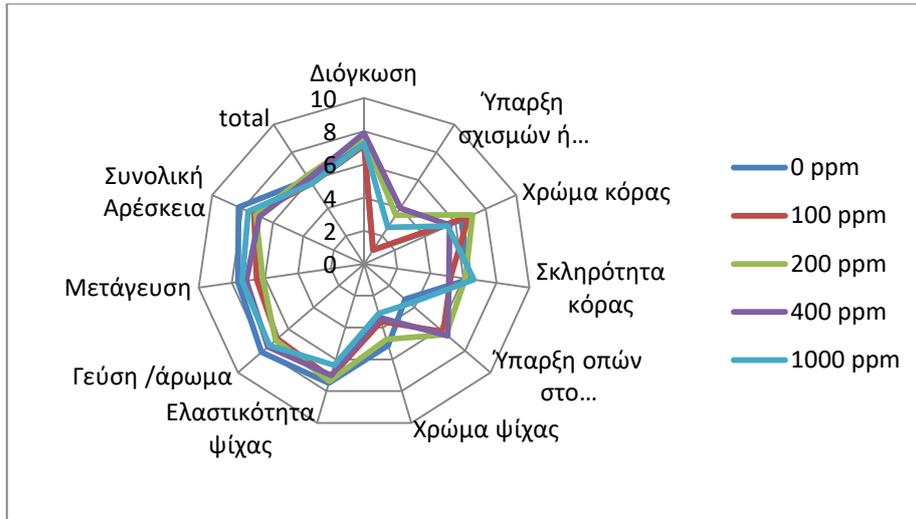
Διάγραμμα 7.30: Οργανοληπτικός έλεγχος φρέσκων δειγμάτων ξανθάνης



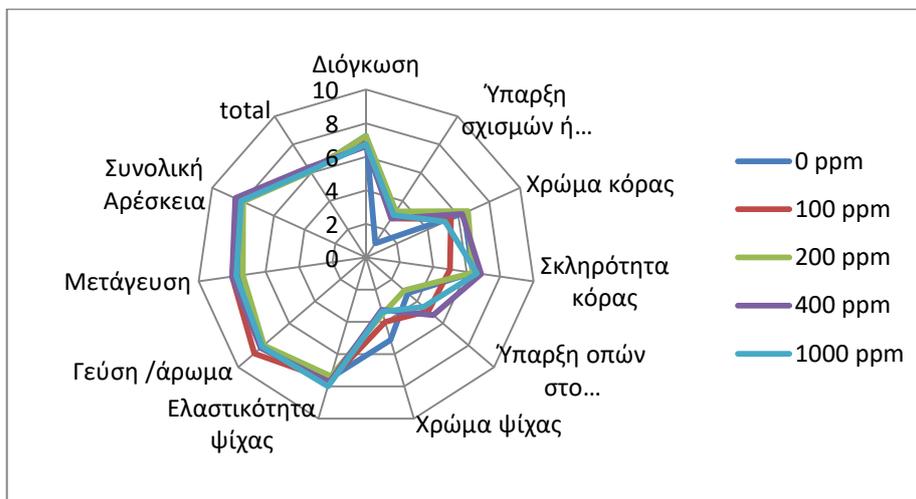
Διάγραμμα 7.31: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τρεχαλόζης κατά την 1<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης υπό κατάψυξη



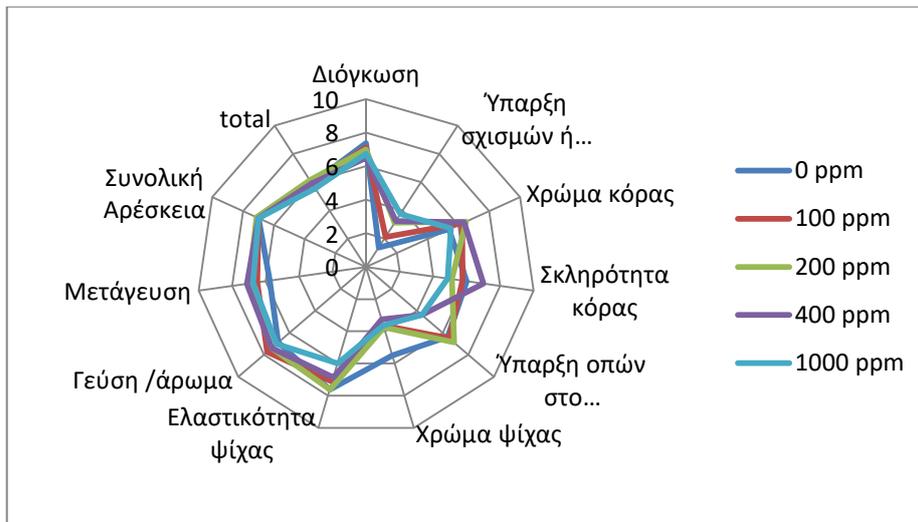
Διάγραμμα 7.32: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων ξανθάνης κατά την 1<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης υπό κατάψυξη



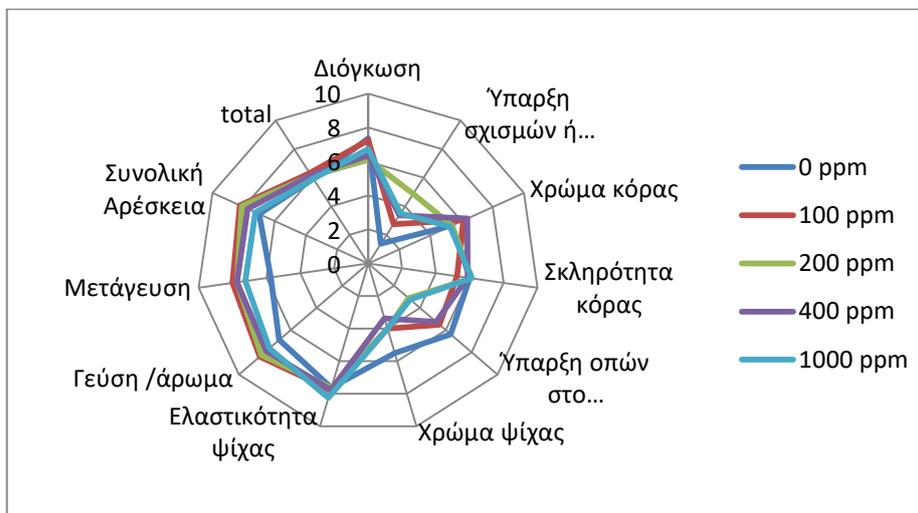
Διάγραμμα 7.33: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τρεχαλόζης κατά την 7<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης υπό κατάψυξη



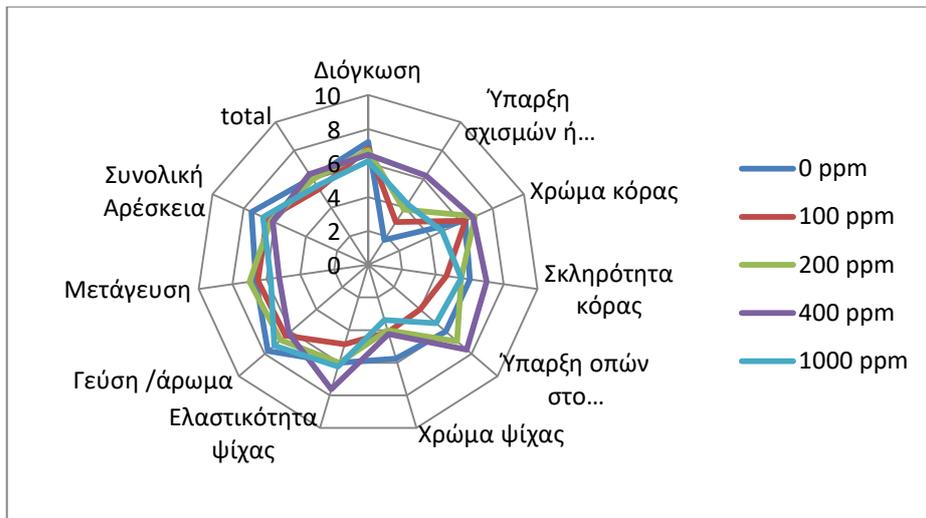
Διάγραμμα 7.34: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων ξανθάνης κατά την 7<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης υπό κατάψυξη



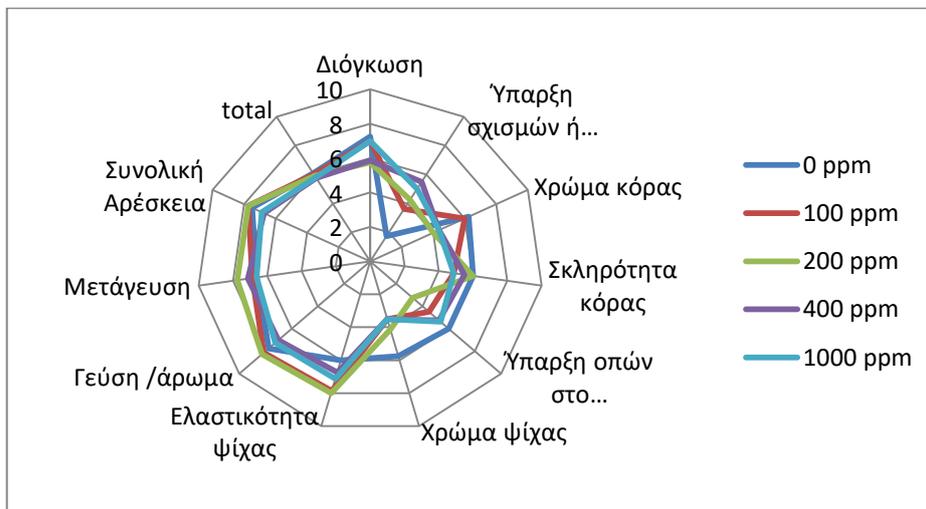
Διάγραμμα 7.35: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τρεχαλόζης κατά την 14<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης υπό κατάψυξη



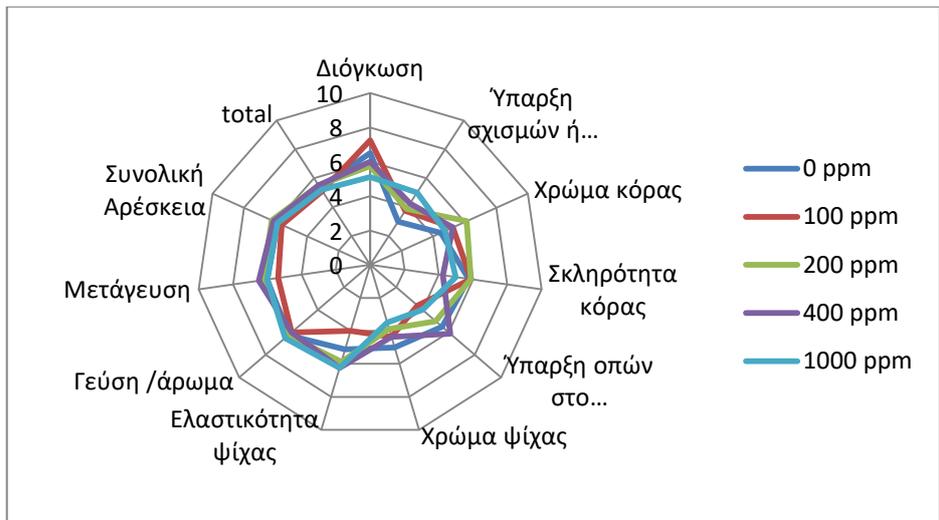
Διάγραμμα 7.36: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων ξανθάνης κατά την 14<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης υπό κατάψυξη



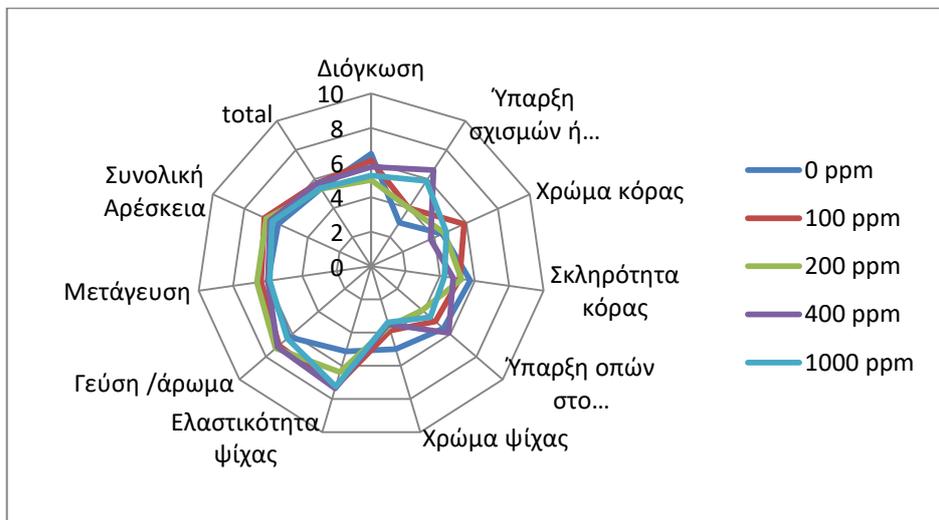
Διάγραμμα 7.37: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τρεχαλόζης κατά την 28<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης υπό κατάψυξη



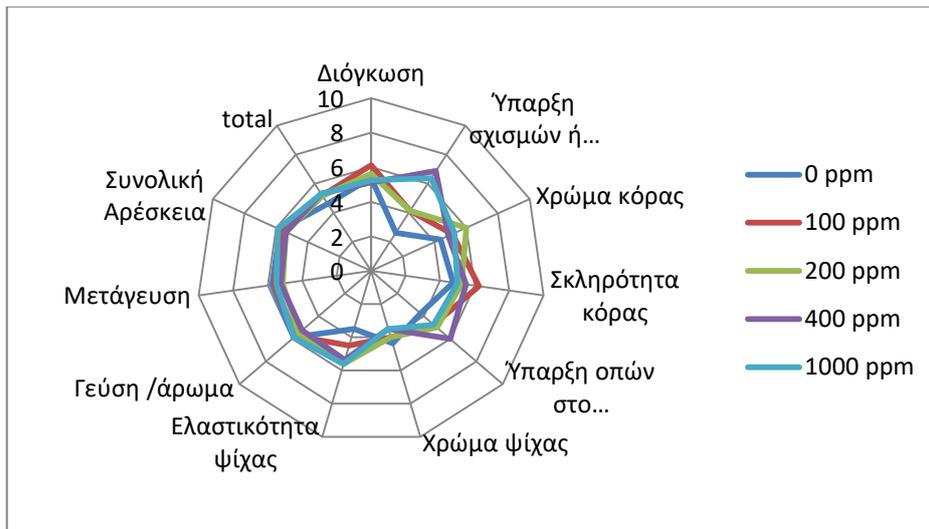
Διάγραμμα 7.38: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων ξανθάνης κατά την 28<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης υπό κατάψυξη



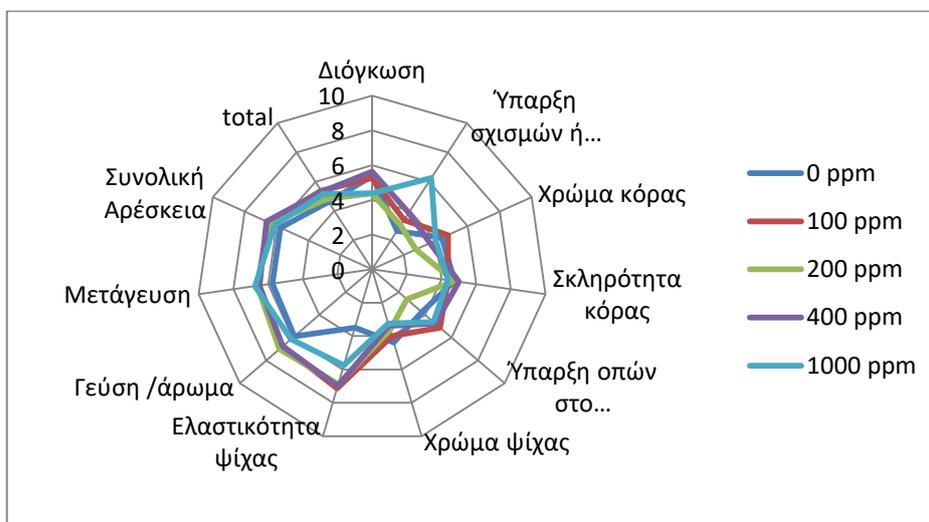
Διάγραμμα 7.39: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τρεχαλόζης κατά την 56<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης υπό κατάψυξη



Διάγραμμα 7.40: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων ξανθάνης κατά την 56<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης υπό κατάψυξη



Διάγραμμα 7.41: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τρεχαλόζης κατά την 84<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης υπό κατάψυξη



Διάγραμμα 7.42: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων ξανθάνης κατά την 84<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης υπό κατάψυξη

Μετά από τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων και την παρατήρηση των διαγραμμάτων, προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα όσον αφορά κάθε μελετώμενο χαρακτηριστικό:

- *Διόγκωση*: Εμφάνιση σημαντικής επίδρασης του κρυοπροστατευτικού που χρησιμοποιήθηκε και των συγκεντρώσεων αυτού καθώς και του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη. Όπως φαίνεται από τα διαγράμματα τα δείγματα με ξανθάνη σε όλα τα ποσοστά προσθήκης έλαβαν μικρότερες βαθμολογίες για τη

διόγκωσή τους από τους δοκιμαστές. Επιπλέον κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης υπό κατάψυξη τα δείγματα υποβαθμίζονται σημαντικά (βαθμός περί-που 5 στις 84 ημέρες έναντι 8,5 περίπου στα φρέσκα δείγματα με τρεχαλόζη και 7,5 στα φρέσκα δείγματα με ξανθάνη). Η μείωση της διόγκωσης είναι αναμενόμενη και αποδίδεται στη σταδιακή εξασθένηση του δικτύου της γλουτένης του ζυμαριού και στη μείωση της δραστηριότητας της μαγιάς κατά την παρατεταμένη αποθήκευση του ζυμαριού υπό κατάψυξη.

- *Ύπαρξη σχισμών ή ρωγμών στην επιφάνεια:* Πρόκειται για μία παράμετρο που αφορά τις ρωγμές και τα σκασίματα γύρω από τον τελικό άρτο στο ύψος που αυτό αρχίζει να φουσκώνει πάνω από το χείλος της χάρτινης φόρμας. Δεν παρατηρείται εξάρτηση του χαρακτηριστικού αυτού από το κρυοπροστατευτικό, αλλά εξάρτηση μόνο από τη συγκέντρωση αυτού όπως και από το χρόνο αποθήκευσης του ζυμαριού υπό κατάψυξη. Η στατιστική επεξεργασία συμφωνεί με τα διαγράμματα, καθώς οι δοκιμαστές φαίνεται να παρατηρούν λιγότερες σχισμές στα φρέσκα δείγματα ή στα δείγματα που προέρχονται από αποθήκευση λίγων ημερών σε κατάψυξη (βαθμολογία 1-3), σε αντίθεση με εκείνα που αποθηκεύτηκαν για παρατεταμένο χρονικό διάστημα (βαθμολογία 4-6) αντίστοιχα. Λογικά οι μεγαλύτερες τιμές της ιδιότητας αυτής οφείλονται στο ότι το ζυμάρι δεν είναι πλέον αρκετά δυνατό, ώστε να συγκρατήσει όλο το διοξείδιο και να φουσκώνει προς τα πάνω, αλλά αντίθετα χάνει μέρος του αερίου από τα πλάγια και φουσκώνει κατά πλάτος. Ένας ακόμα παράγοντας που ευνοεί την αλλοίωση της δομής και την εμφάνιση σχισμών στην επιφάνεια του άρτου είναι και ο σχηματισμός παγοκρυστάλλων κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης του ζυμαριού υπό κατάψυξη.
- *Χρώμα κόρας:* Όσον αφορά το χρώμα της κόρας των αρτοσκευασμάτων, τα αποτελέσματα έδειξαν εξάρτηση από όλους τους εξετασθέντες παράγοντες. Αυτό συμφωνεί με τα διαγράμματα, καθώς αναφορικά με το χρησιμοποιούμενο κρυοπροστατευτικό παρατηρήθηκαν ελαφρώς χαμηλότερες βαθμολογίες χρώματος στα δείγματα με ξανθάνη (ελαφρώς πιο ανοιχτό χρώμα), ενώ ως προς τη συγκέντρωση αυτού υπήρξαν διαφοροποιήσεις στη βαθμολογία των δοκιμαστών. Επιπλέον, ο χρόνος αποθήκευσης υπό κατάψυξη είχε σημαντική επίδραση στο χρώμα, αφού στα φρέσκα δείγματα οι βαθμολογίες ήταν 6-7, ενώ τα δείγματα που αντιστοιχούσαν προς το τέλος της κατάψυξης οι δοκιμαστές τα

έβρισκαν αρκετά πιο ανοιχτόχρωμα και τα βαθμολογούσαν με 4-5 περίπου. Η υποβάθμιση του χρώματος οφείλεται στο σχηματισμό παγοκρυστάλλων στην επιφάνεια των δειγμάτων κατά τη διάρκεια της κατάψυξης και προκαλεί το μερικό αποχρωματισμό τους (freezer bum).

- *Σκληρότητα κόρας*: Από τη στατιστική επεξεργασία φάνηκε επίδραση στη σκληρότητα της κόρας ανάλογα με τη συγκέντρωση του χρησιμοποιούμενου κρυσταλλοπροστατευτικού όπως και με το χρόνο αποθήκευσης του ζυμαριού υπό κατάψυξη, ενώ δεν παρατηρήθηκε διαφορά ως προς το είδος του κρυσταλλοπροστατευτικού. Από τα διαγράμματα είναι εμφανής η διαφορά στην εκτίμηση της σκληρότητας από τους δοκιμαστές για τις διαφορετικές συγκεντρώσεις κρυσταλλοπροστατευτικού, καθώς επίσης και η μικρή μείωση της σκληρότητας σε σχέση με τα φρέσκα δείγματα μέχρι τους 3 μήνες αποθήκευσης. Η μείωση αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι η κόρα αρχίζει σταδιακά να αποκολλάται και να ξεχωρίζει από την ψίχα σχηματίζοντας εσωτερικές οπές κάτω από την κόρα που δίνουν την αίσθηση ότι αυτή είναι λιγότερη σκληρή.
- *Ύπαρξη οπών στο εσωτερικό του δείγματος*: Από τη στατιστική ανάλυση παρατηρείται επίδραση στην σχηματισμό εσωτερικών οπών στα αρτοσκευάσματα μόνο ανάλογα με το κρυσταλλοπροστατευτικό και όχι από τις διαφορετικές συγκεντρώσεις αυτού και με το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη. Η διαφορά αυτή μεταξύ των κρυσταλλοπροστατευτικών αποτυπώνεται σα-φώς στα διαγράμματα (εμφανώς υψηλότερη βαθμολογία από τους δοκιμαστές στα δείγματα με τρεχαλόζη, άρα περισσότερες οπές), ωστόσο παρατηρούνται και ορισμένες διαφορές στη βαθμολογία των δοκιμαστών ως προς το ποσοστό προσθήκης η οποία κυμαίνεται από 4-6 στην τρεχαλόζη και 3-5 στην ξανθάνη. Τέλος η βαθμολογία δεν μεταβάλλεται σημαντικά στο διάστημα των 3 μηνών αποθήκευσης.
- *Χρώμα ψίχας*: Με βάση τη στατιστική επεξεργασία παρατηρείται επίδραση από το χρώμα της ψίχας ανάλογα με τις διαφορετικές συγκεντρώσεις κρυσταλλοπροστατευτικών και με το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη. Το ίδιο προκύπτει και από τα διαγράμματα που δείχνουν ομοιομορφία ως προς τις βαθμολογίες των δοκιμαστών με βάση το κρυσταλλοπροστατευτικό και μικρές διαφορές ως προς τα επιμέρους ποσοστά χρήσης τους. Επίσης αναφορικά με το

χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη σημειώνεται μικρή αύξηση της βαθμολογίας στο χρώμα της ψίχας μέχρι τις 84 ημέρες.

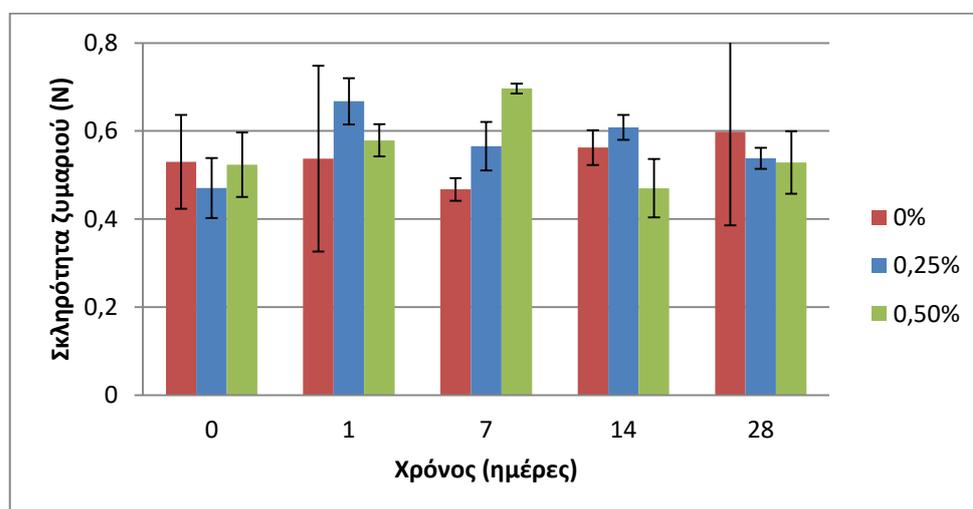
- *Ελαστικότητα ψίχας:* Με βάση τα διαγράμματα είναι εμφανής η διαφορά που παρέχουν τα δύο κρυοπροστατευτικά στην ελαστικότητα της ψίχας του αρτοσκευάσματος, καθώς φαίνεται τα δείγματα να έχουν παρόμοιες βαθμολογίες στις αρχικές ημέρες αποθήκευσης σε κατάψυξη, ενώ μέχρι τους 3 μήνες τα δείγματα με ξανθάνη διατηρούν την υψηλή βαθμολογία και τα δείγματα με τρεχαλόζη χάνουν την ελαστικότητά τους. Ως προς τις συγκεντρώσεις των κρυοπροστατευτικών παρατηρούνται μικρές διαφοροποιήσεις στη βαθμολογία των δοκιμαστών για την ιδιότητα αυτή σε κάθε δειγματοληψία. Αυτά έρχονται σε συμφωνία με τη στατιστική επεξεργασία που δείχνει εξάρτηση της ελαστικότητας της ψίχας ως προς το κρυοπροστατευτικό και τη συγκέντρωσή του. Σημαντική είναι επίσης και η επίδραση του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη στην ελαστικότητα των δειγμάτων η οποία σταδιακά μειώνεται κυρίως στα δείγματα της τρεχαλόζης.
- *Γεύση/Άρωμα:* Σε γενικές γραμμές οι δοκιμαστές έδειξαν μεγαλύτερη προτίμηση στα δείγμα-τα με προσθήκη ξανθάνης ως προς τη γεύση / άρωμα, καθώς οι βαθμολογίες που έλαβαν τα αντίστοιχα δείγματα ήταν υψηλότερες σε κάθε δειγματοληψία έναντι των τυφλών ή εκείνων με τρεχαλόζη. Ωστόσο, δεν σημειώθηκε σημαντική διαφοροποίηση ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη συγκέντρωση των κρυοπροστατευτικών. Τα ίδια προκύπτουν και από τη στατιστική ανάλυση. Επιπλέον, ο χρόνος αποθήκευσης υπό κατάψυξη έχει εμφανή επίδραση στη γεύση και το άρωμα των δειγμάτων, όπως φαίνεται από τη σταδιακή μείωση της βαθμολογίας κατά το διάστημα αποθήκευσης.
- *Μετάγευση:* Ανάλογες παρατηρήσεις με τις προαναφερθείσες για τη γεύση/άρωμα, σημειώνονται και για τη μετάγευση των δειγμάτων. Η μοναδική διαφορά ήταν η ελαφρώς χαμηλότερη βαθμολογία που έδιναν κάθε φορά οι δοκιμαστές στο συγκεκριμένο χαρακτηριστικό. Η σταδιακή μείωση της βαθμολογίας από τους δοκιμαστές σε γεύση/άρωμα και μετάγευση των αρτοσκευασμάτων, οφείλεται εν μέρει στην μετουσίωση των πρωτεϊνών του ζυμαριού κατά την αποθήκευση υπό κατάψυξη.
- *Συνολική Αρέσκεια:* Όσον αφορά τη συνολική αρέσκεια που θεωρείται και ο πιο σημαντικός παράγοντας ποιότητας που συνοψίζει όλα τα επιμέρους

χαρακτηριστικά, εμφανίζονται παρόμοια αποτελέσματα με τη μετάγευση, τα οποία επιβεβαιώνονται και από τη στατιστική επεξεργασία. Συγκεκριμένα φαίνεται ότι τα χρησιμοποιούμενα κρυοπροστατευτικά παρέχουν μικρή διαφορά στη συνολική αρέσκεια των αρτοσκευασμάτων, με την ξανθάνη να είναι προτιμότερη, ενώ ως προς τη συγκέντρωση των κρυοπροστατευτικών δεν παρατηρείται σημαντική διαφορά στη συνολική αρέσκεια των προϊόντων. Τέλος στο διάστημα των 3 μηνών αποθήκευσης που εξετάστηκε, σημειώθηκε σημαντική μείωση στη συνολική αρέσκεια, η οποία αποδίδεται στην υποβάθμιση των ποιοτικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του ζυμαριού, και κατά συνέπεια του παραγόμενου άρτου, κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης υπό κατάψυξη.

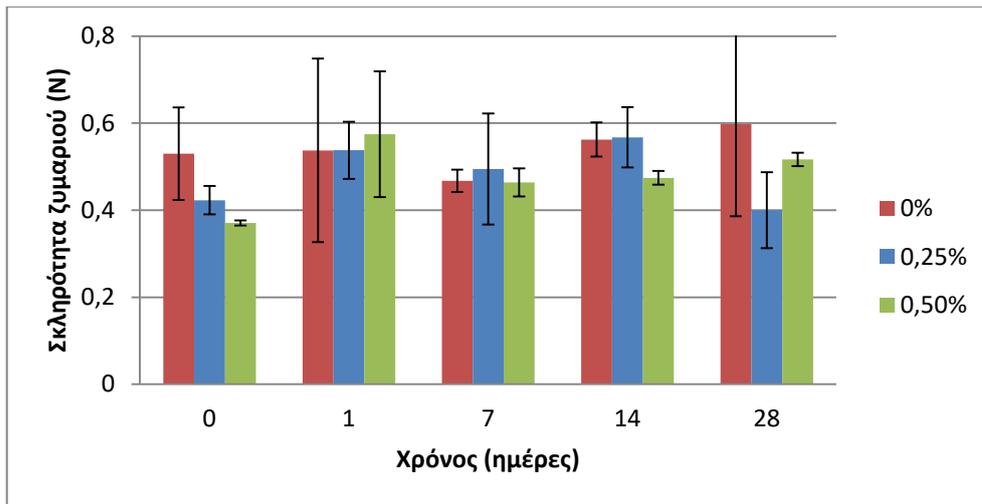
7.2 Σειρά 2<sup>η</sup>: Μελέτη επίδρασης χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη σε δείγματα αρτοσκευασμάτων με διαφορετικές συγκεντρώσεις κρυοπροστατευτικών κόμμι γκουάρ, SSL και Distilled Monoglyceride

Προκειμένου να μελετηθεί η συμπεριφορά των αρτοσκευασμάτων από κατεψυγμένο ζυμάρι, έγινε σύγκριση των δειγμάτων χωρίς προσθήκη κρυοπροστατευτικού και των δειγμάτων με κόμμι γκουάρ (Guar Gum), SSL και μονογλυκερίδιο (Distilled Monoglyceride), τα οποία αποθηκεύτηκαν σε κατάψυξη για διάστημα περίπου ενός μήνα. Παρακάτω παρουσιάζονται οι μεταβολές των παραμέτρων των δειγμάτων για κάθε χρησιμοποιούμενο κρυοπροστατευτικό, διαδοχικά για τις εξετασθείσες παραμέτρους:

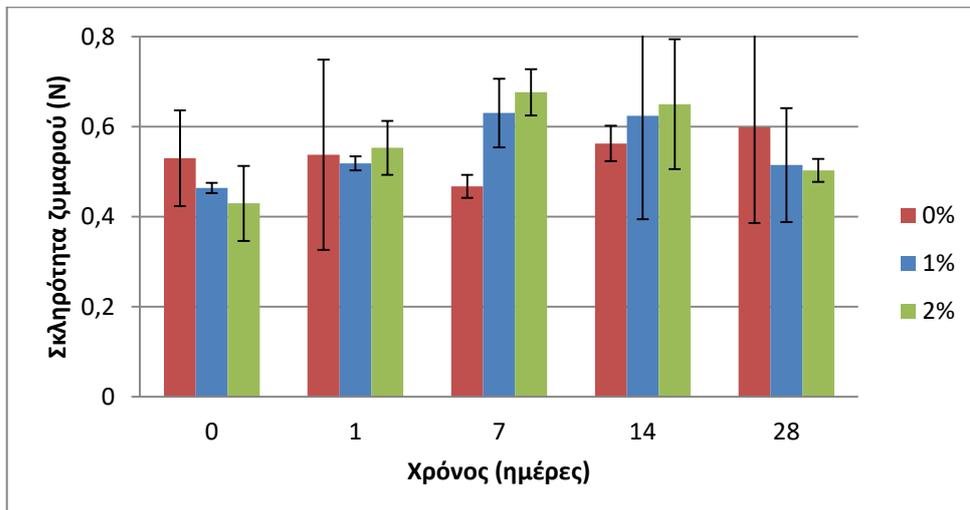
Σκληρότητα ζυμαριού



Διάγραμμα 7.43: Μεταβολή σκληρότητας ζυμαριού δειγμάτων με κόμμι γκουάρ συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη



Διάγραμμα 7.44: Μεταβολή σκληρότητας ζυμαριού δειγμάτων με SSL συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

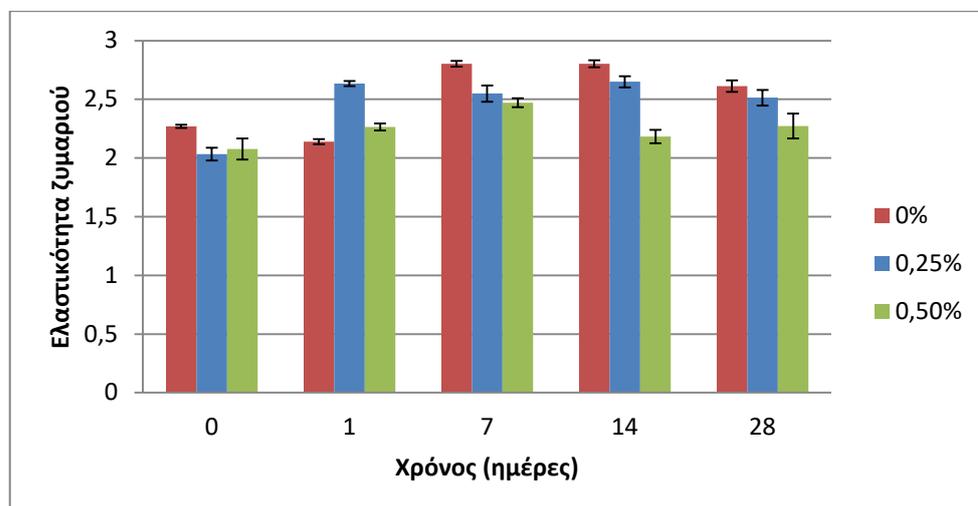


Διάγραμμα 7.45: Μεταβολή σκληρότητας ζυμαριού δειγμάτων με Distilled Monoglyceride συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

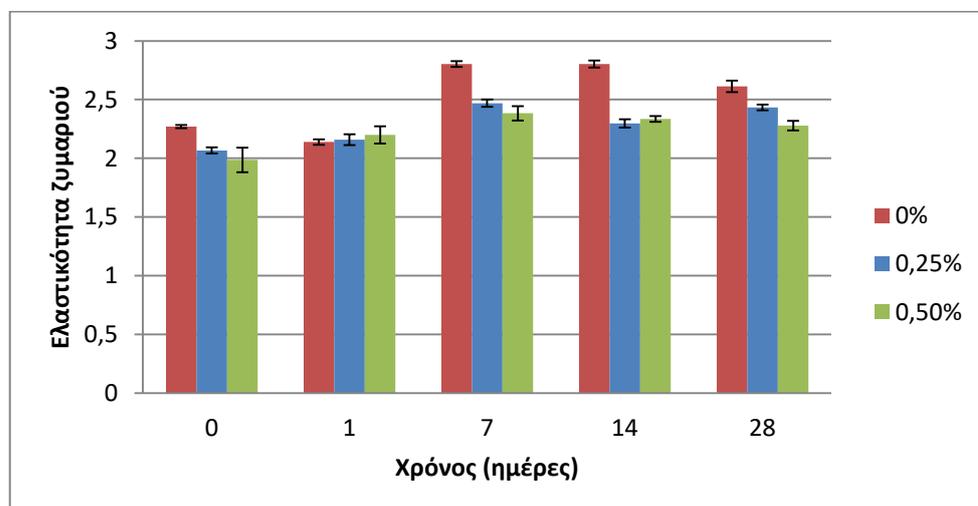
Από τα παραπάνω διαγράμματα είναι εμφανές ότι υπάρχουν οι ίδιες σχεδόν διακυμάνσεις στη σκληρότητα του ζυμαριού ανάλογα με τα κρυοπροστατευτικά και τις συγκεντρώσεις αυτών, με ελαφρώς μικρότερες τιμές να προκύπτουν στην περίπτωση της χρήσης SSL, ενώ φαίνεται πως ο χρόνος αποθήκευσης υπό κατάψυξη έχει μικρή επίδραση στην ιδιότητα αυτή του ζυμαριού. Συγκεκριμένα, στα δείγματα με κόμμα γκουάρ σε συγκέντρωση 0,50% και στα δείγματα με Distilled Monoglyceride, αυξάνει η σκληρότητα μέχρι την 7η ημέρα αποθήκευσης και μετά μειώνεται, ενώ στα υπόλοιπα δείγματα η σκληρότητα του ζυμαριού παρουσιάζει

αυξομειώσεις χωρίς κάποια σαφή τάση. Η στατιστική επεξεργασία συμφωνεί καθώς δείχνει ότι υπάρχει επίδραση της σκληρότητας του ζυμαριού μόνο από το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη ( $p < 0,05$ ).

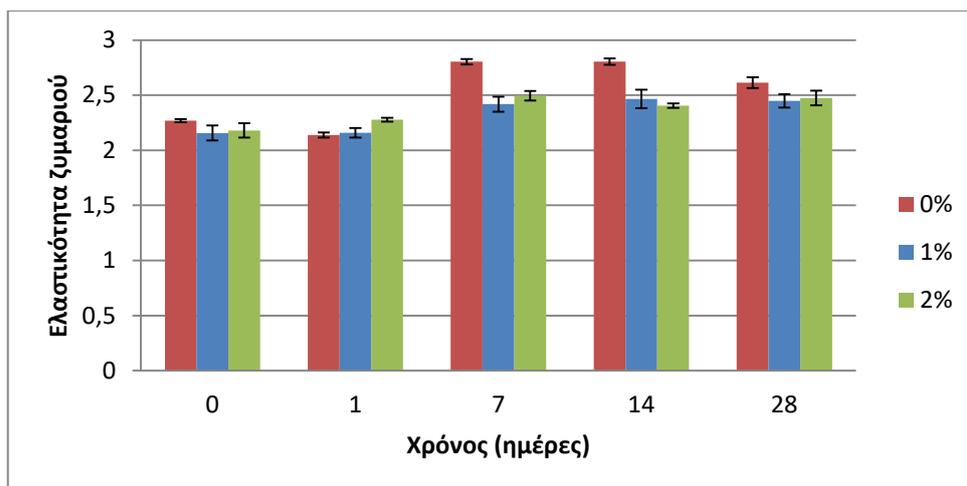
#### Ελαστικότητα ζυμαριού



Διάγραμμα 7.46: Μεταβολή ελαστικότητας ζυμαριού δειγμάτων με κόμμι γκουάρ συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη



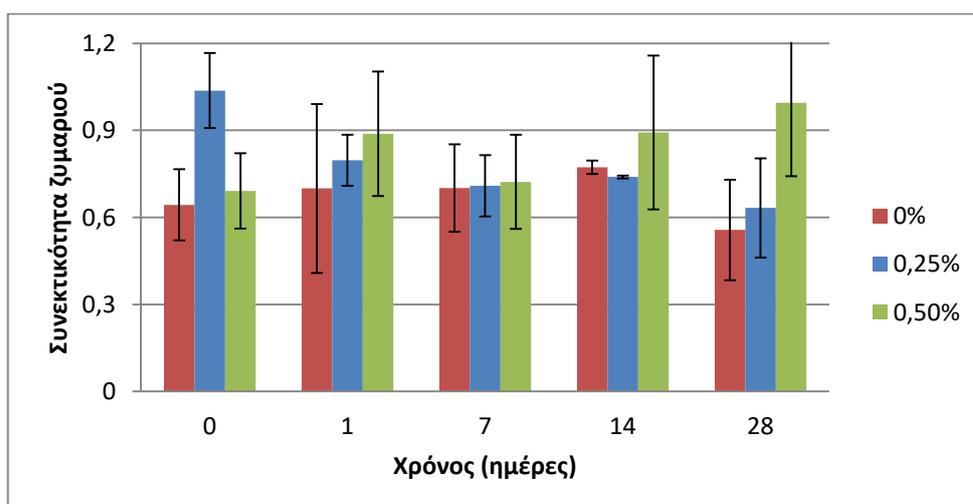
Διάγραμμα 7.47: Μεταβολή ελαστικότητας ζυμαριού δειγμάτων με SSL συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη



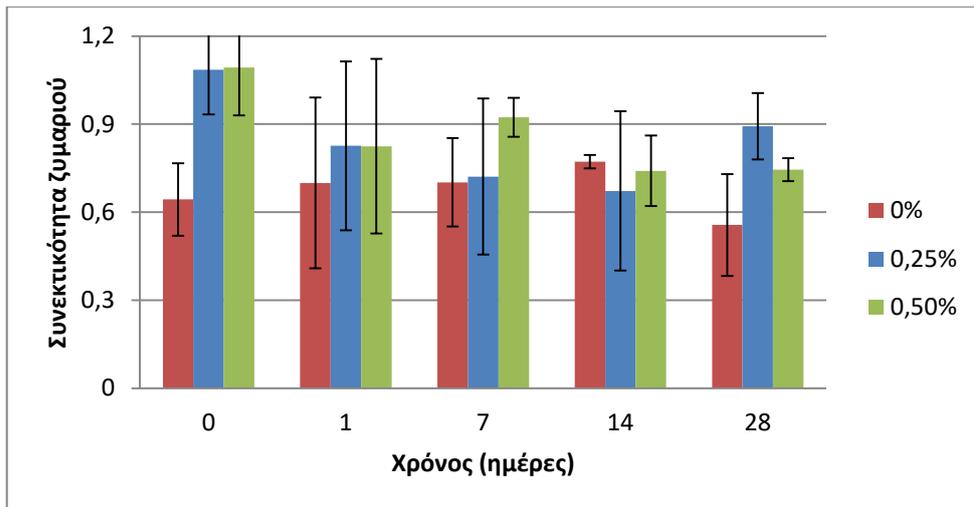
Διάγραμμα 7.48: Μεταβολή ελαστικότητας ζυμαριού δειγμάτων με Distilled Monoglyceride συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

Από τα παραπάνω διαγράμματα δεν φαίνεται να υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση της ελαστικότητας του ζυμαριού με βάση το κρυοπροστατευτικό ή τη ποσοστό προσθήκης αυτού. Σε όλες τις περιπτώσεις όμως το τυφλό δείγμα παρουσιάζει μεγαλύτερη ελαστικότητα, με αποτέλεσμα να φαίνεται στη στατιστική επεξεργασία ότι το ποσοστό έχει σημαντική επίδραση ( $p < 0,05$ ). Αντίστοιχο είναι και το συμπέρασμα αναφορικά με το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη, αφού σε όλα τα δείγματα διακρίνεται τάση για αύξηση της ελαστικότητας του ζυμαριού μέχρι την 7η ημέρα αποθήκευσης και στη συνέχεια μείωσή της.

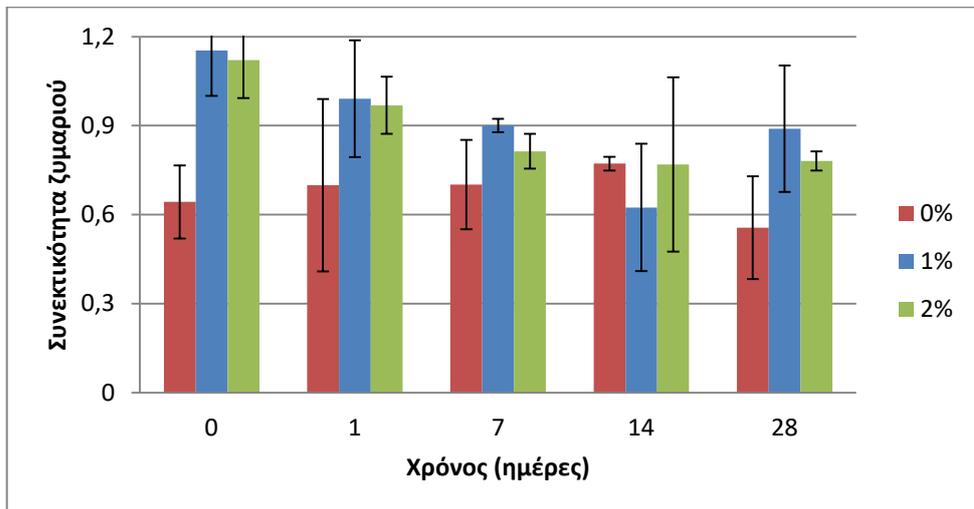
#### Συνεκτικότητα ζυμαριού



Διάγραμμα 7.49: Μεταβολή συνεκτικότητας ζυμαριού δειγμάτων με κόμμι γκουάρ συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη



Διάγραμμα 7.50: Μεταβολή συνεκτικότητας ζυμαριού δειγμάτων με SSL συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

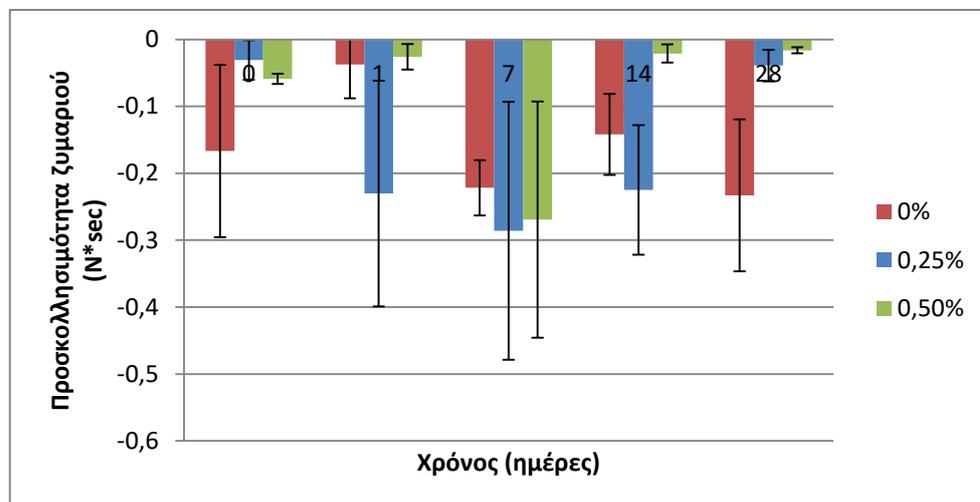


Διάγραμμα 7.51: Μεταβολή συνεκτικότητας ζυμαριού δειγμάτων με Distilled Monoglyceride συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

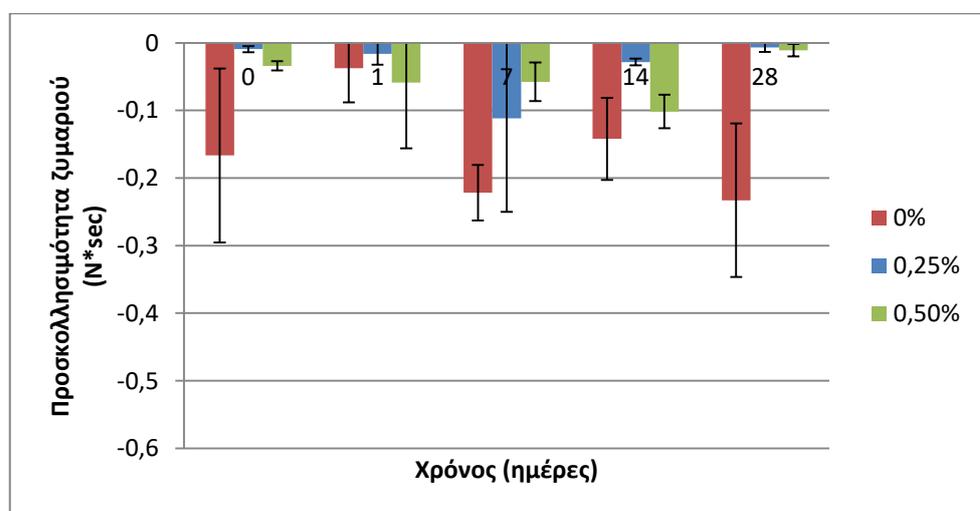
Όλα τα μελετώμενα κρυοπροστατευτικά οδήγησαν σε παρόμοιες τιμές συνεκτικότητας στο ζυμάρι. Όμως ανάλογα με τη συγκέντρωση του χρησιμοποιούμενου κρυοπροστατευτικού και το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη φαίνεται να προκύπτουν διαφορές, όπως επιβεβαιώνεται και από τη στατιστική επεξεργασία. Συγκεκριμένα, το τυφλό δείγμα παρουσιάζει γενικά πιο χαμηλή συνεκτικότητα ζυμαριού. Επιπλέον, σε όλα τα επιμέρους κρυοπροστατευτικά και τις συγκεντρώσεις τους με εξαίρεση το κόμμι γκουάρ σε συγκέντρωση 0,5%,

σημειώνεται μικρή μείωση της συνεκτικότητας στο χρονικό διάστημα που εξετάστηκε.

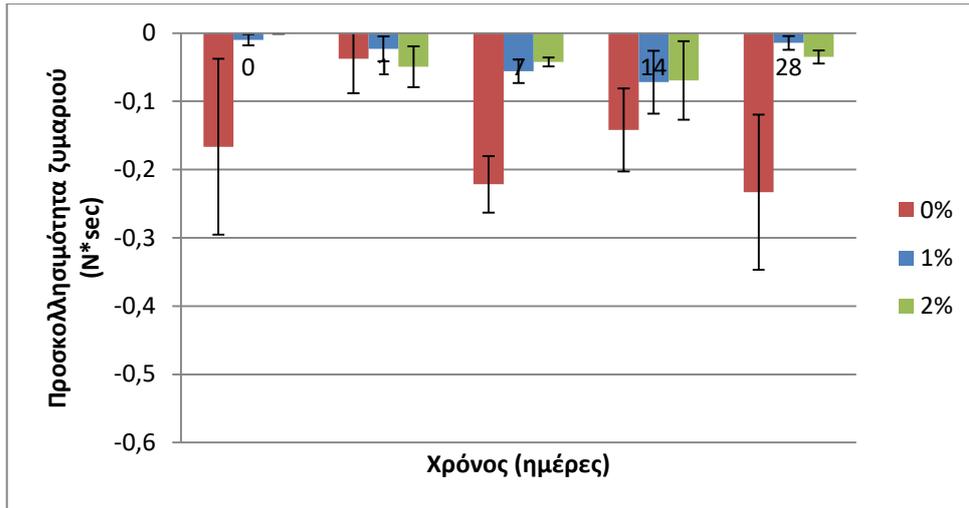
### Προσκολλησιμότητα ζυμαριού



Διάγραμμα 7.52: Μεταβολή προσκολλησιμότητας ζυμαριού δειγμάτων με κόμμι γκουάρ συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη



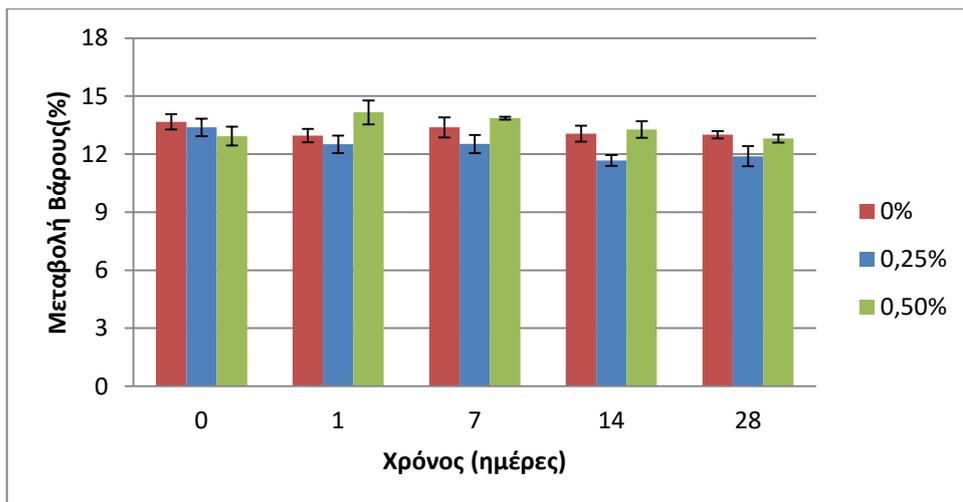
Διάγραμμα 7.53: Μεταβολή προσκολλησιμότητας ζυμαριού δειγμάτων με SSL συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη



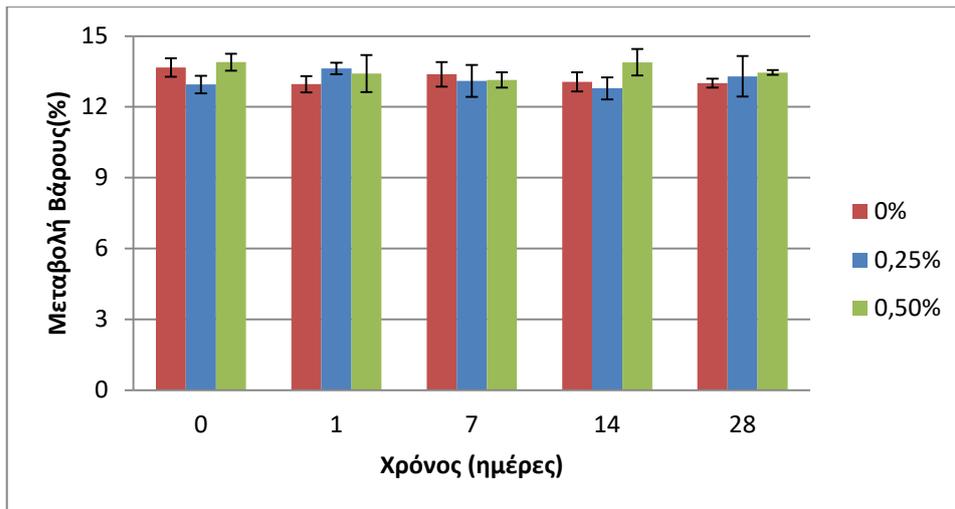
Διάγραμμα 7.54: Μεταβολή προσκολλησιμότητας ζυμαριού δειγμάτων με Distilled Monoglyceride συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

Όσον αφορά την προσκολλησιμότητα του ζυμαριού, σαφής διαφοροποίηση παρατηρείται μόνο για τα τυφλά δείγματα τα οποία συνολικά εμφάνισαν υψηλές τιμές έναντι όλων των δειγμάτων στα οποία είχε χρησιμοποιηθεί κρυοπροστατευτικό, εκτός από το κόμμι γκουάρ το οποίο από την 1η μέχρι τη 14η ημέρα αποθήκευσης σε κατάψυξη έδωσε σχετικά κολλώδες ζυμαρί. Σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση εμφανίζεται σχεδόν μηδενική προσκολλησιμότητα.

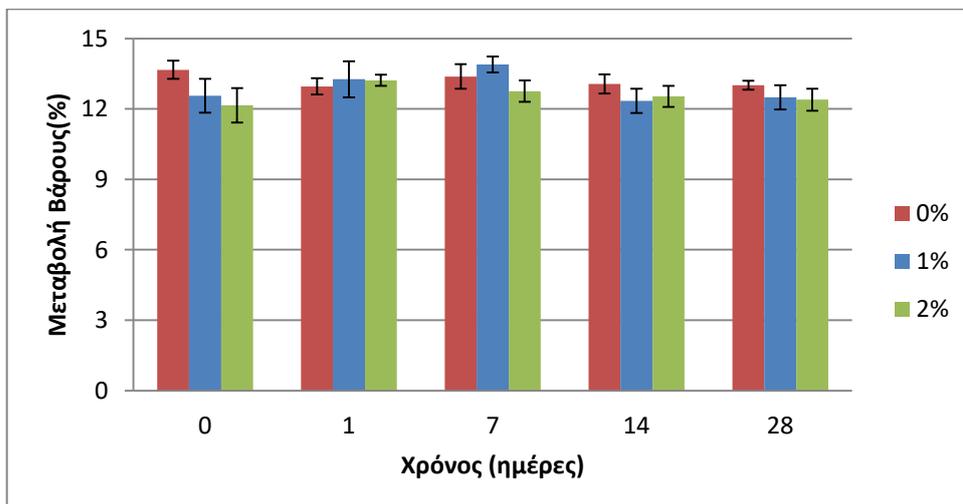
Μεταβολή βάρους αρτοσκευασμάτων κατά τον κλιβανισμό



Διάγραμμα 7.55: Μεταβολή βάρους αρτοσκευασμάτων με κόμμι γκουάρ κατά τον κλιβανισμό συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη



Διάγραμμα 7.56: Μεταβολή βάρους αρτοσκευασμάτων με SSL κατά τον κλιβανισμό συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

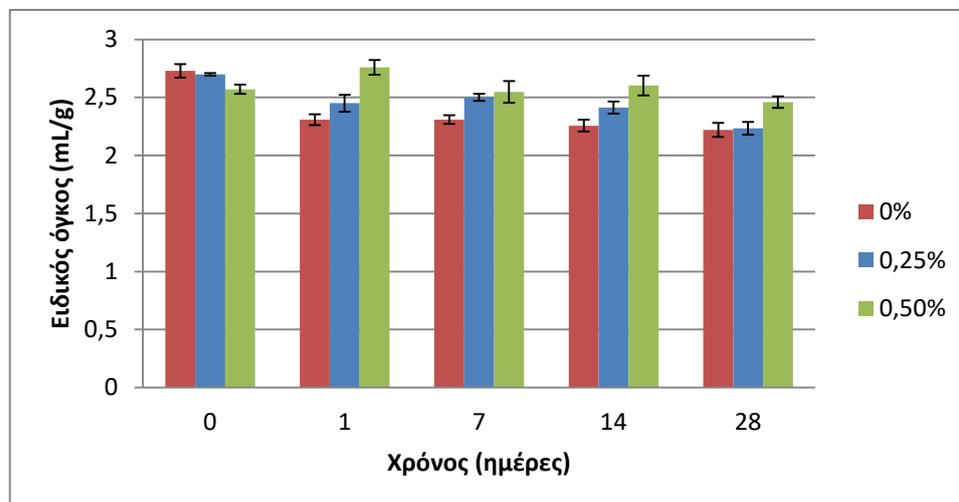


Διάγραμμα 7.57: Μεταβολή βάρους αρτοσκευασμάτων με Distilled Monoglyceride κατά τον κλιβανισμό συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

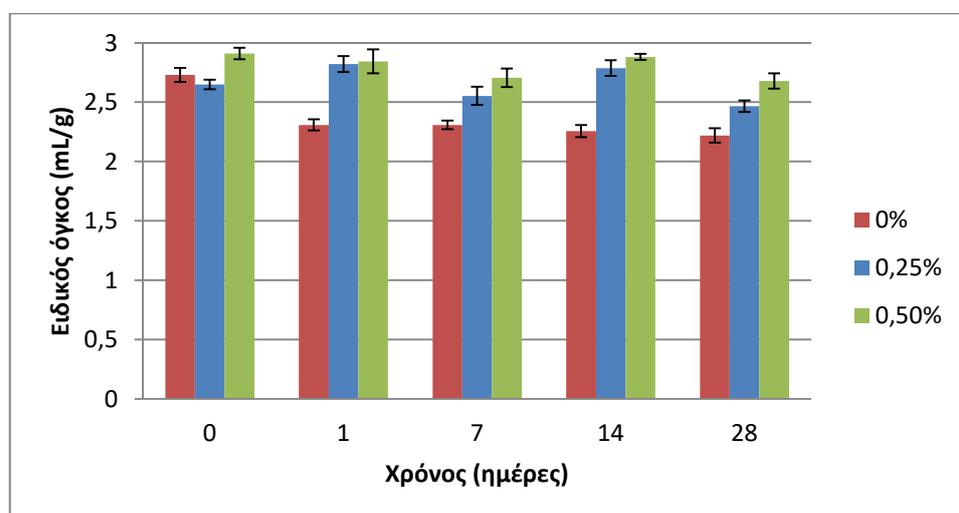
Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται ότι δεν υπάρχει κάποια αξιόλογη διαφορά στη μεταβολή του βάρους των δειγμάτων καθώς μεταβάλλεται ο χρόνος αποθήκευσης υπό κατάψυξη, ιδίως στο διάγραμμα με το πρόσθετο SSL, όπου φαίνεται ομοιομορφία στη μεταβολή του βάρους των δειγμάτων μέχρι και τον 1 μήνα σε όλα τα ποσοστά προσθήκης αυτού. Τα κρυοπροστατευτικά κόμμι γκουάρ και Distilled Monoglyceride εμφανίζουν τάση μείωσης της μεταβολής του βάρους τους μέχρι τον ένα μήνα, η οποία όμως είναι αμελητέα. Η παρατήρηση αυτή έρχεται σε συμφωνία με τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων, η οποία δείχνει ότι η

μεταβολή του βάρους των δειγμάτων είναι ανεξάρτητη από το κρυοπροστατευτικό, τη συγκέντρωση αυτού όπως και από το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη.

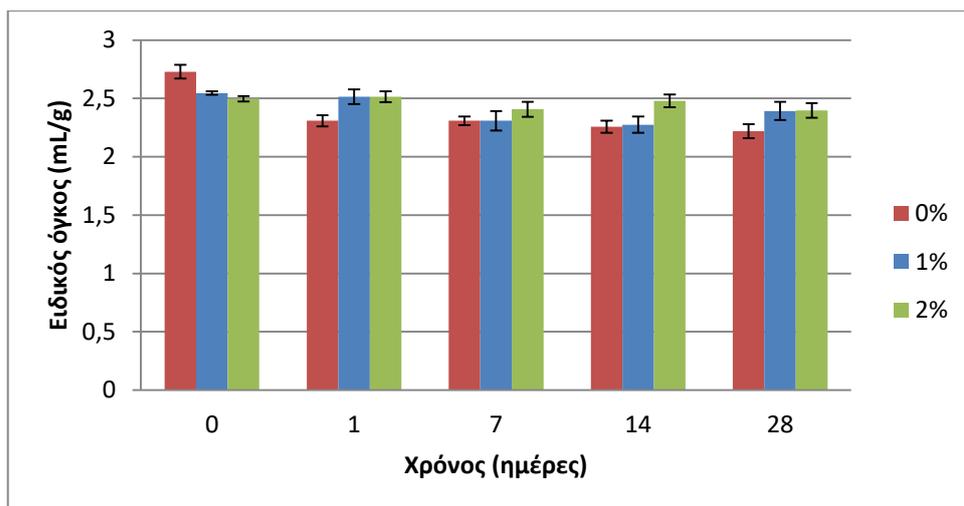
#### Ειδικός όγκος αρτοσκευασμάτων



Διάγραμμα 7.58: Μεταβολή ειδικού όγκου αρτοσκευασμάτων με κόμμι γκουάρ συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη



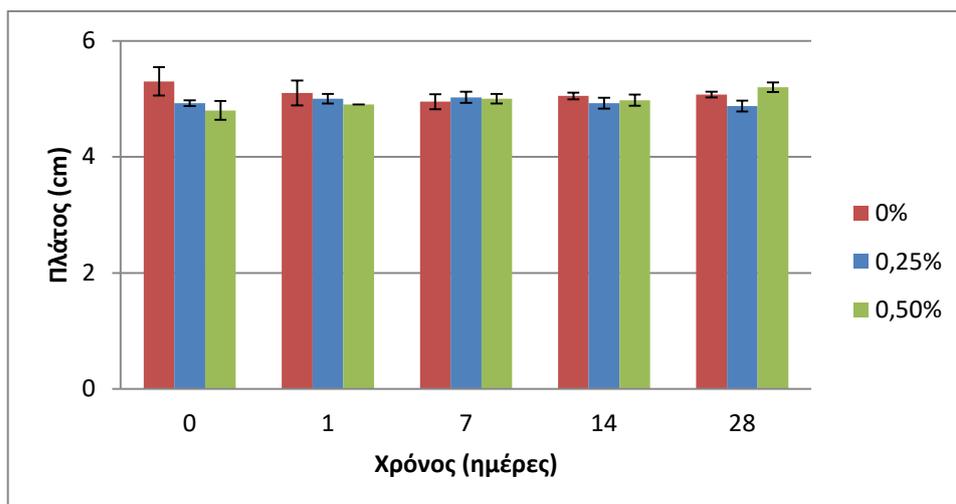
Διάγραμμα 7.59: Μεταβολή ειδικού όγκου αρτοσκευασμάτων με SSL συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη



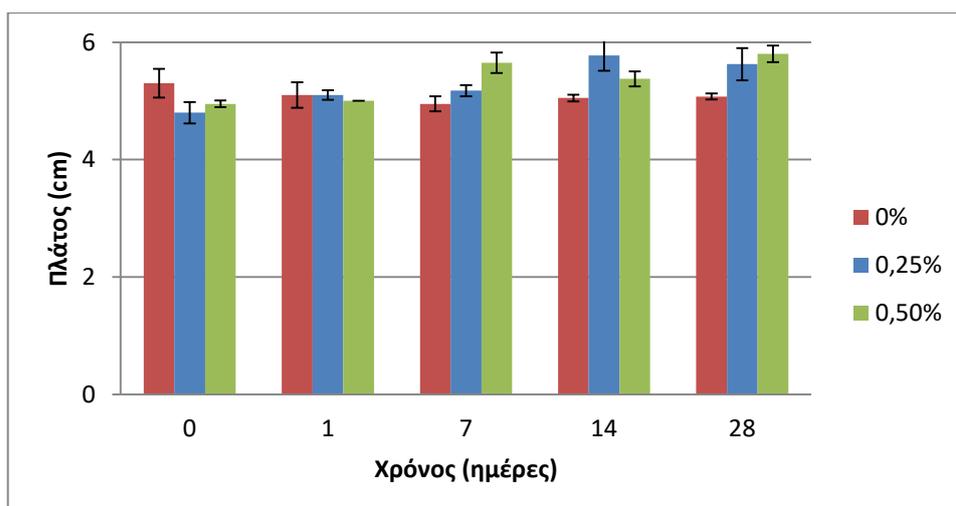
Διάγραμμα 7.60: Μεταβολή ειδικού όγκου αρτοσκευασμάτων με Distilled Monoglyceride συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

Παρατηρώντας τα ανωτέρω διαγράμματα είναι εμφανές ότι υπάρχει διαφορά στον ειδικό όγκο των αρτοσκευασμάτων ανάλογα με τα χρησιμοποιούμενα κρυοπροστατευτικά και τις διαφορετικές συγκεντρώσεις τους. Συγκεκριμένα μεγαλύτερη διόγκωση παρατηρείται στα δείγματα με SSL, ενώ τα άλλα δύο πρόσθετα έδωσαν παρόμοια αποτελέσματα. Σε κάθε περίπτωση όμως ο ειδικός όγκος των αρτοσκευασμάτων από κατεψυγμένο ζυμάρι με κρυοπροστατευτικά ήταν μεγαλύτερος συγκριτικά με τα δείγματα χωρίς κρυοπροστατευτικό. Επιπλέον, αναφορικά με τα διαφορετικά ποσοστά προσθήκης των κρυοπροστατευτικών, φαίνεται ότι οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρείχαν ελαφρώς μεγαλύτερη διόγκωση. Τέλος, όσον αφορά το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη, είναι εμφανής η τάση για μείωση του ειδικού όγκου μέχρι τον 1 μήνα αποθήκευσης, κυρίως στα δείγματα με Distilled Monoglyceride τα οποία εμφανίζουν μικρότερες τιμές διόγκωσης. Οι παρατηρήσεις αυτές έρχονται σε συμφωνία με τη στατιστική επεξεργασία, η οποία έδειξε σημαντική διαφορά ( $p < 0,05$ ) ως προς το κρυοπροστατευτικό και τις χρησιμοποιούμενες συγκεντρώσεις αυτού καθώς και ως προς το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη.

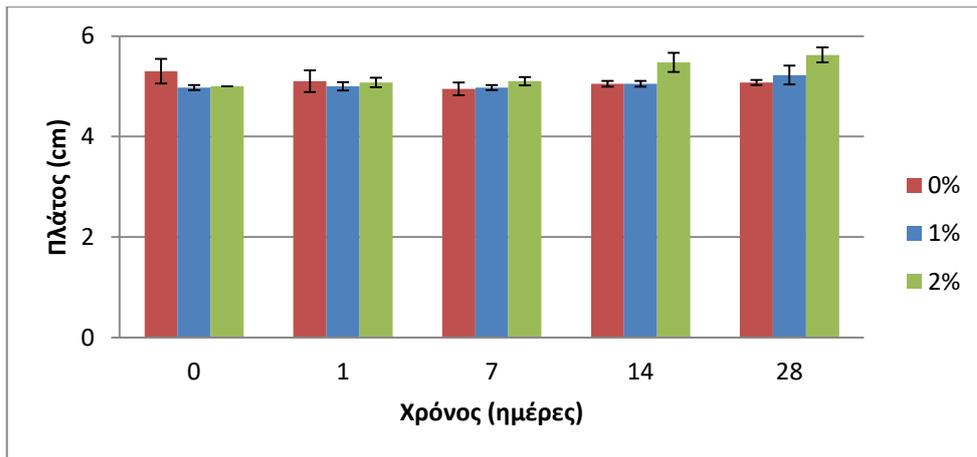
## Πλάτος αρτοσκευασμάτων



Διάγραμμα 7.61: Μεταβολή πλάτους αρτοσκευασμάτων με κόμμι γκουάρ συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη



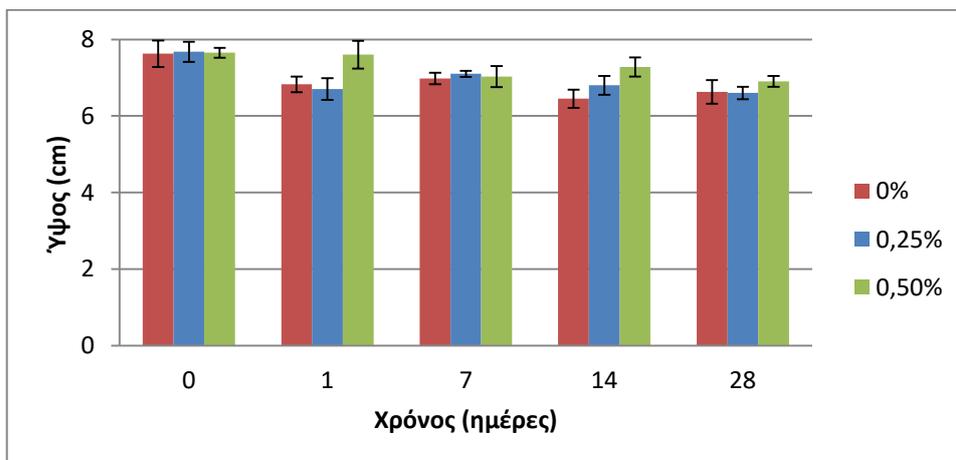
Διάγραμμα 7.62: Μεταβολή πλάτους αρτοσκευασμάτων με SSL συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη



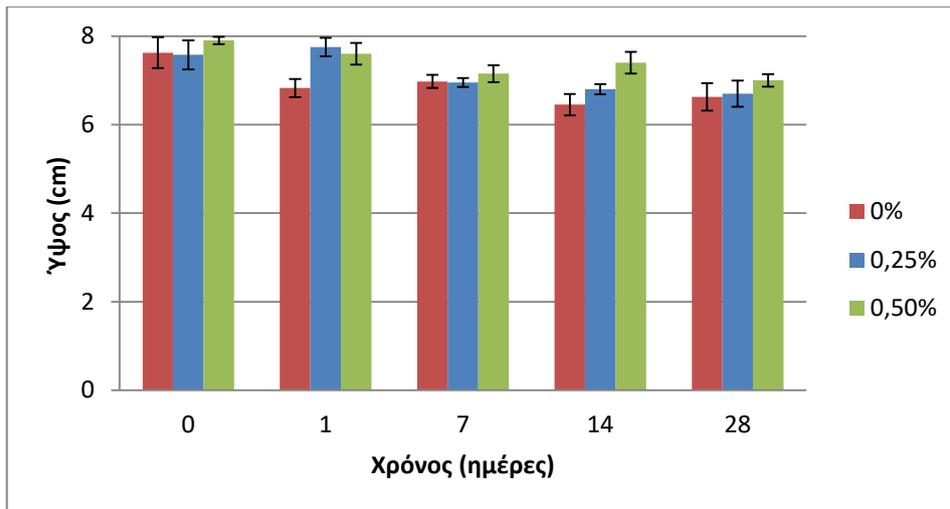
Διάγραμμα 7.63: Μεταβολή πλάτους αρτοσκευασμάτων με Distilled Monoglyceride συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

Με βάση τα ανωτέρω διαγράμματα παρατηρείται ότι τα δείγματα με SSL εμφανίζουν γενικά λίγο μεγαλύτερο πλάτος σε σύγκριση με τα υπόλοιπα δείγματα, ιδίως από εκείνα με κόμμι γκουάρ. Όσον αφορά τη συγκέντρωση του κρυοπροστατευτικού, σε γενικές γραμμές οι υψηλότερες συγκεντρώσεις έδωσαν παρόμοιο ή ελαφρώς μεγαλύτερο πλάτος στα αρτοσκευάσματα. Ο χρόνος αποθήκευσης υπό κατάψυξη φαίνεται να μην έχει αξιόλογη επίδραση στην ιδιότητα αυτή για το μελετώμενο χρονικό διάστημα. Η στατιστική επεξεργασία επιβεβαιώνει τη διαφορά μεταξύ των κρυοπροστατευτικών ( $p < 0,05$ ) στο πλάτος των αρτοσκευασμάτων, δείχνοντας την καλύτερη συμπεριφορά που έχει το SSL.

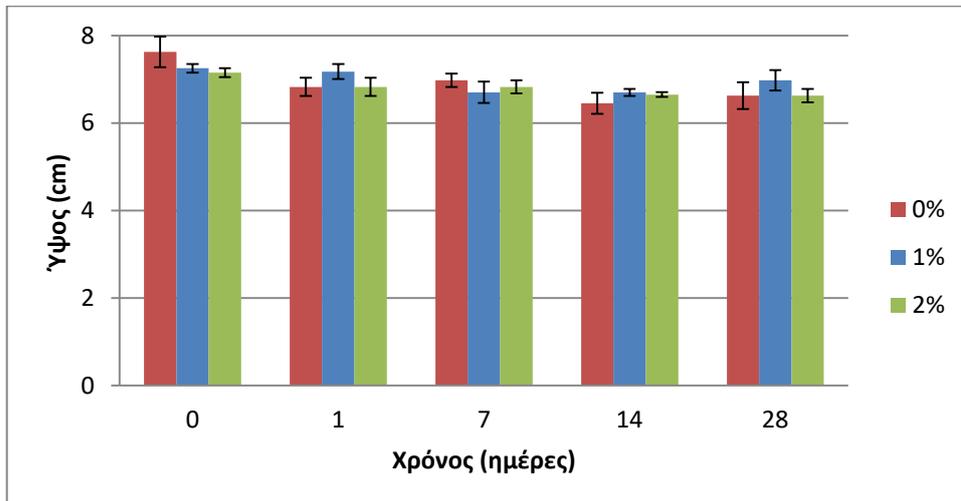
#### Ύψος αρτοσκευασμάτων



Διάγραμμα 7.64: Μεταβολή ύψους αρτοσκευασμάτων με κόμμι γκουάρ συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη



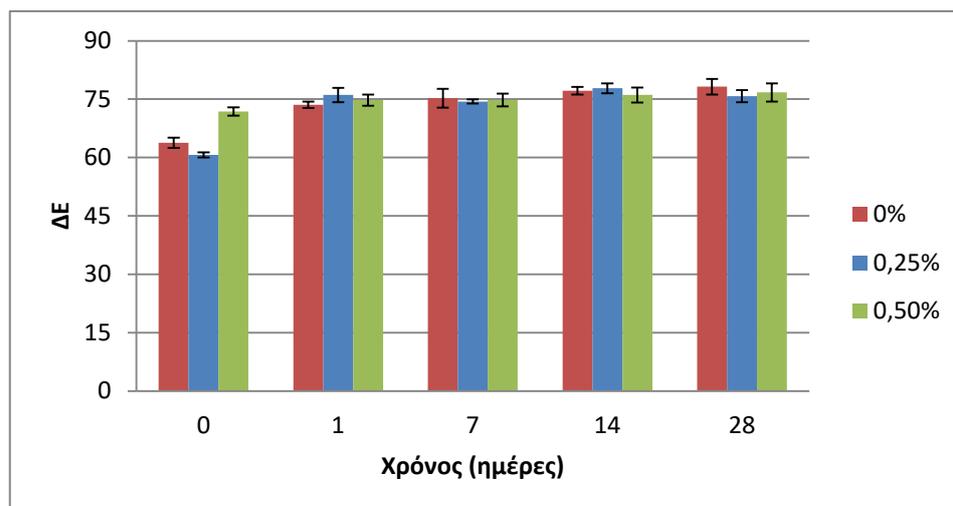
Διάγραμμα 7.65: Μεταβολή ύψους αρτοσκευασμάτων με SSL συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη



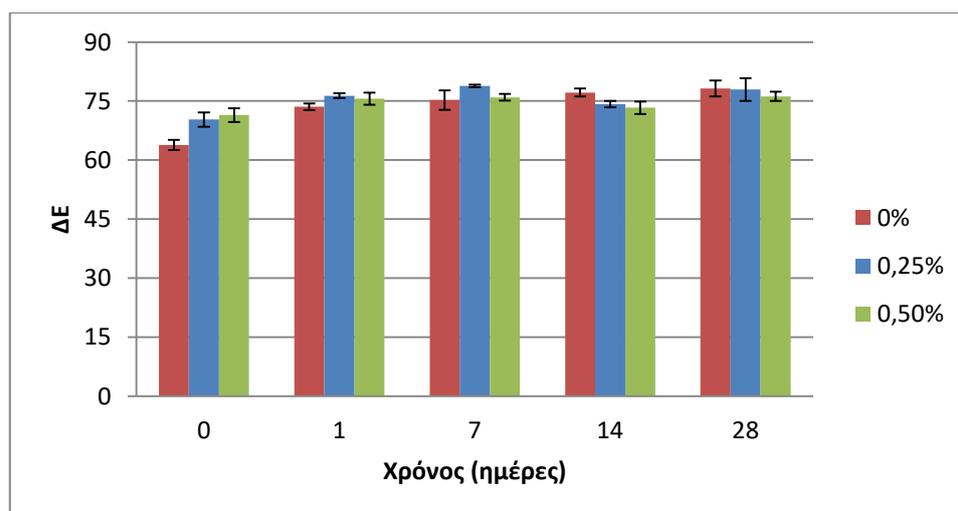
Διάγραμμα 7.66: Μεταβολή ύψους αρτοσκευασμάτων με Distilled Monoglyceride συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

Από τα παραπάνω διαγράμματα είναι φαίνεται ότι τα δείγματα με SSL είχαν ελαφρώς μεγαλύτερο ύψος συγκριτικά με τα υπόλοιπα, κυρίως αυτά με Distilled Monoglyceride. Αυτό το επιβεβαιώνει και η στατιστική επεξεργασία δείχνοντας την ίδια διαφορά. Σε γενικές γραμμές μετά την 1<sup>η</sup> μέρα κατάψυξης φαίνεται η σύσταση 0,5% σε κόμμι γκούαρ και SSL και η σύσταση 1% από το Distilled Monoglyceride να εμφανίζουν ελαφρώς υψηλότερα αποτελέσματα. Τέλος με βάση τον χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη παρατηρείται τάση μείωσης του ύψους, η οποία αποτυπώνεται και στη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων.

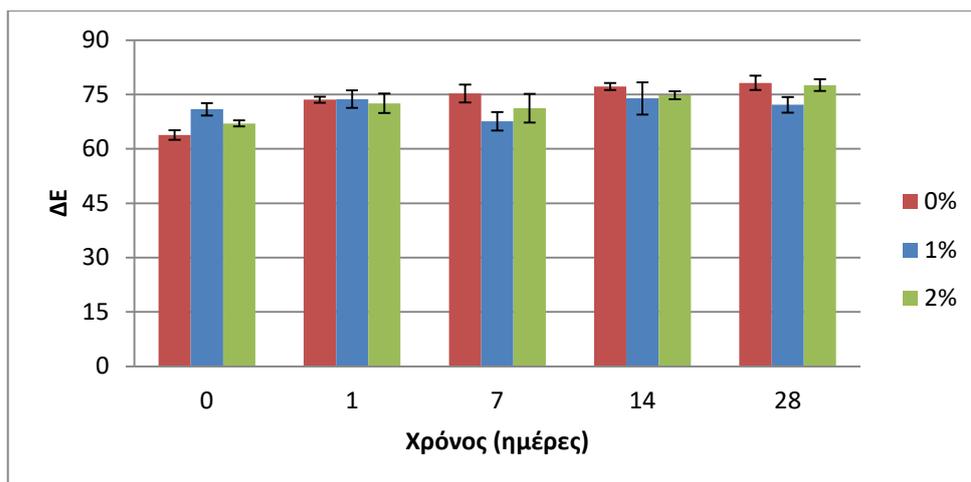
### Χρώμα κόρας αρτοσκευασμάτων



Διάγραμμα 7.67: Μεταβολή χρώματος κόρας αρτοσκευασμάτων με κόμμα γκούαρ συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη



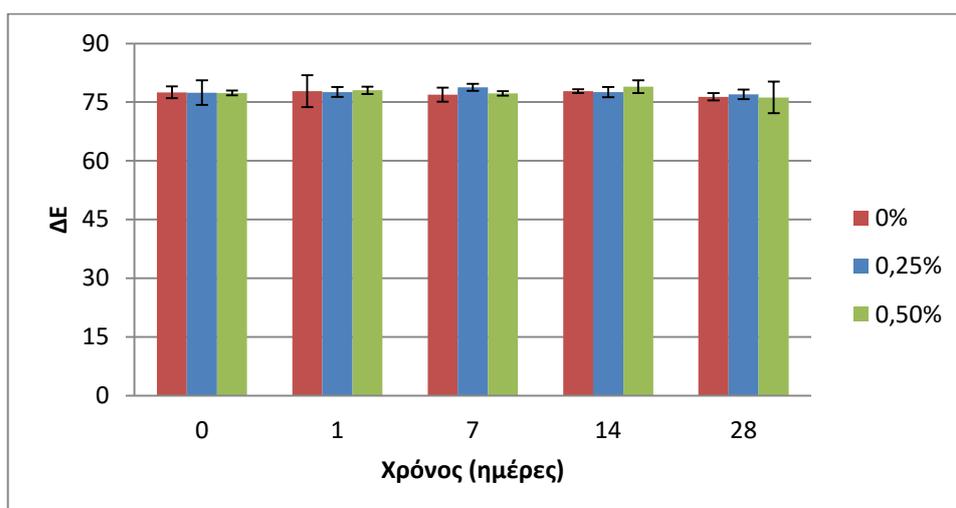
Διάγραμμα 7.68: Μεταβολή χρώματος κόρας αρτοσκευασμάτων με SSL συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη



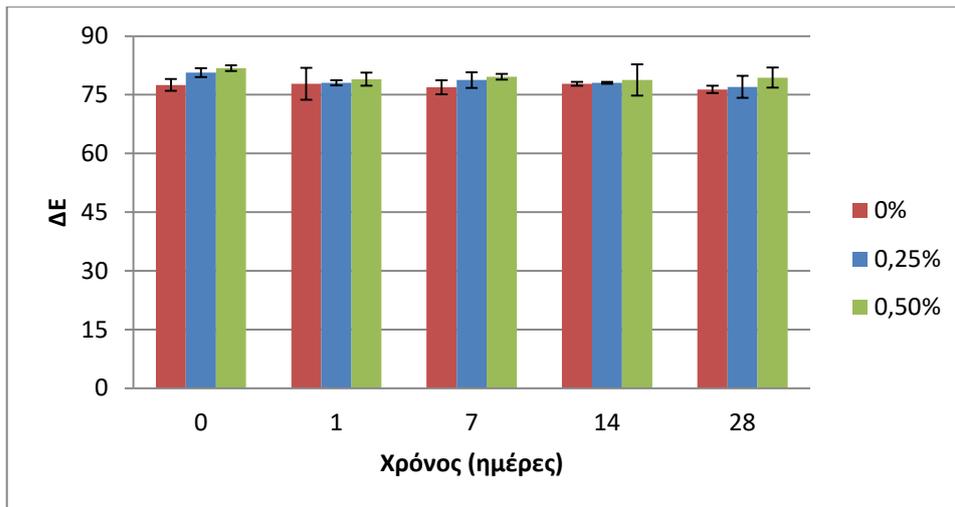
Διάγραμμα 7.69: Μεταβολή χρώματος κόρας αρτοσκευασμάτων με Distilled Monoglyceride συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

Στα παραπάνω διαγράμματα δεν φαίνεται να προκύπτει διαφορά στο χρώμα της κόρας των δειγμάτων ανάλογα με τα χρησιμοποιούμενα κρυοπροστατευτικά και τις διαφορετικές συγκεντρώσεις τους, όπως προκύπτει και από τη στατιστική επεξεργασία. Και στην περίπτωση αυτή όμως διαπιστώνεται ότι η κατάψυξη προκαλεί μερικό αποχρωματισμό της κόρας στα αρτοσκευάσματα, με αποτέλεσμα από την πρώτη κιόλας ημέρα αποθήκευσης υπό κατάψυξη να αυξάνονται οι τιμές χρώματος των δειγμάτων συγκριτικά με τα φρέσκα δείγματα. Η διαφορά αυτή επιβεβαιώνεται και από στη στατιστική ανάλυση.

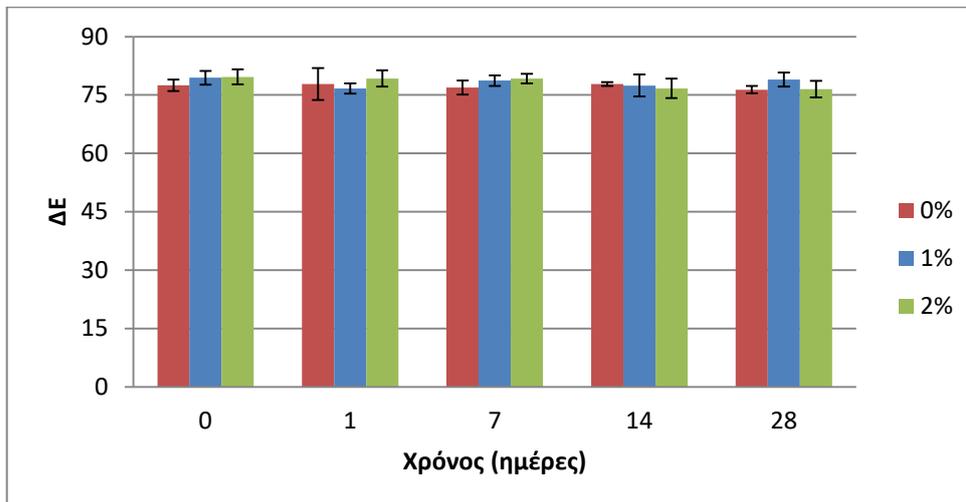
Χρώμα ψίχας αρτοσκευασμάτων



Διάγραμμα 7.70: Μεταβολή χρώματος ψίχας αρτοσκευασμάτων με κόμμι γκουάρ συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη



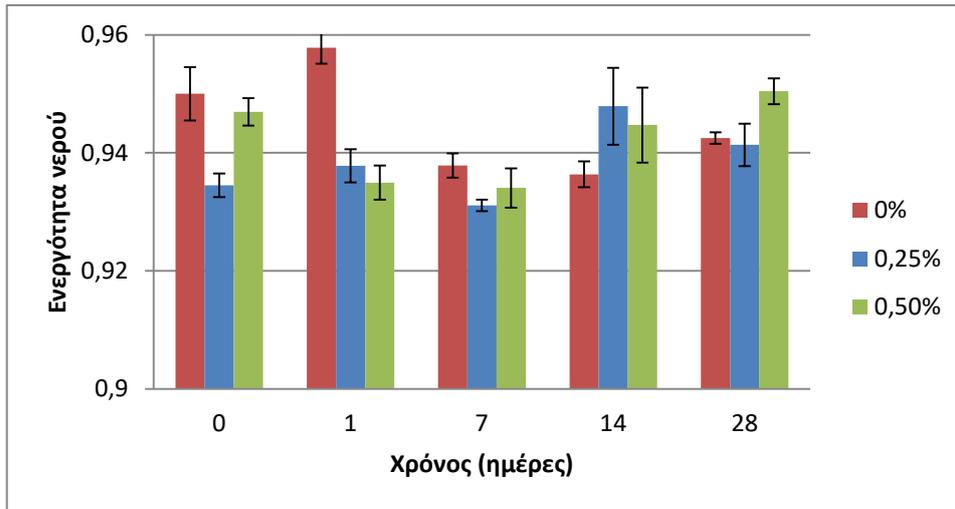
Διάγραμμα 7.71: Μεταβολή χρώματος ψίχας αρτοσκευασμάτων με SSL συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη



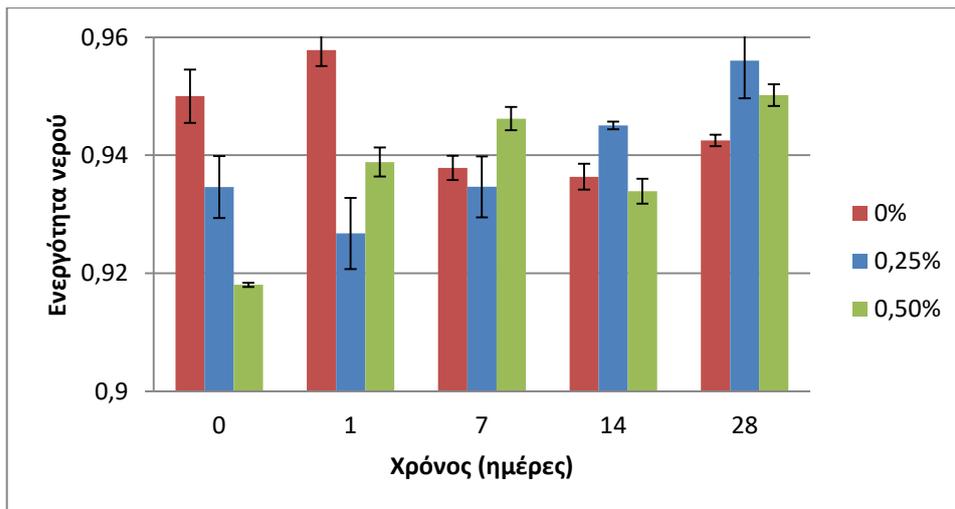
Διάγραμμα 7.72: Μεταβολή χρώματος ψίχας αρτοσκευασμάτων με Distilled Monoglyceride συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

Παρόλο που η στατιστική επεξεργασία των παραπάνω αποτελεσμάτων έδειξε ότι όλοι οι εξεταζόμενοι παράγοντες (κρυοπροστατευτικό και συγκέντρωση αυτού, και χρόνος αποθήκευσης υπό κατάψυξη) έχουν σημαντική επίδραση ( $p < 0,05$ ) στο χρώμα της ψίχας των δειγμάτων, από τα διαγράμματα είναι πολύ δύσκολο να φανεί διαφορά, καθώς οι διακυμάνσεις μεταξύ των διαφορετικών δειγμάτων είναι ελάχιστες, ενώ οι τιμές της μεταβολής του χρώματος της ψίχας για όλα τα δείγματα κυμαίνονται μεταξύ 77 και 79.

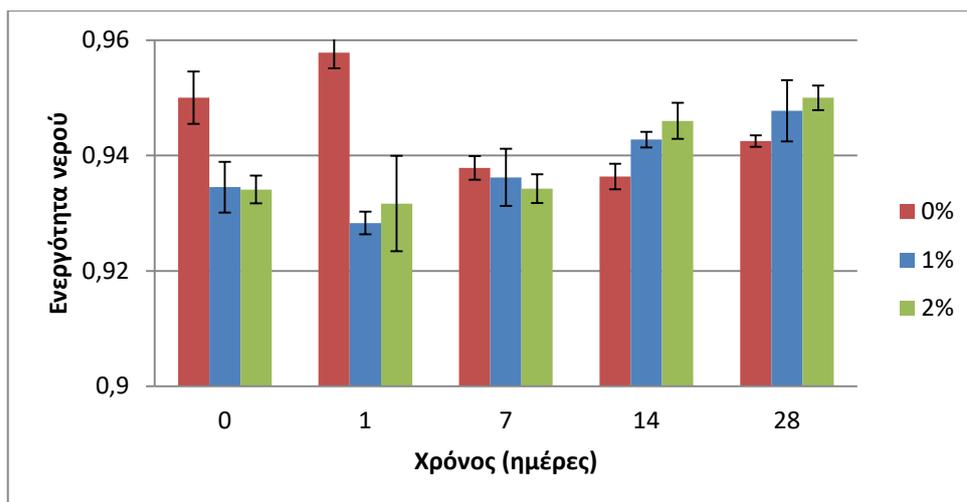
### Ενεργότητα νερού αρτοσκευασμάτων



Διάγραμμα 7.73: Μεταβολή ενεργότητας νερού αρτοσκευασμάτων με κόμμα γκουάρ συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη



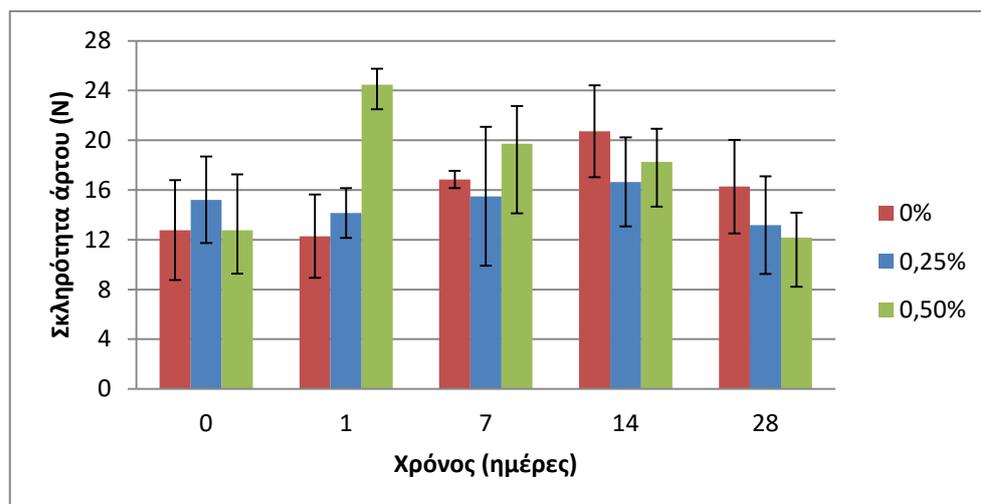
Διάγραμμα 7.74: Μεταβολή ενεργότητας νερού αρτοσκευασμάτων με SSL συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη



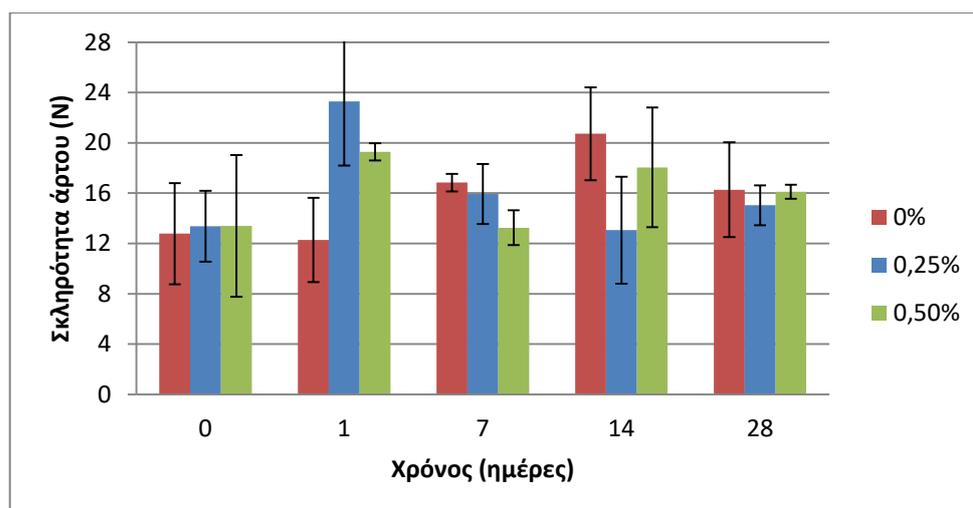
Διάγραμμα 7.75: Μεταβολή ενεργότητας νερού αρτοσκευασμάτων με Distilled Monoglyceride συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

Παρατηρώντας τα διαγράμματα με την ενεργότητα νερού των αρτοσκευασμάτων είναι πολύ δύσκολο να διακριθεί σαφής διαφορά ως προς οποιονδήποτε παράγοντα. Ωστόσο φαίνεται να υπάρχει μία τάση για πολύ μικρή σταδιακή αύξηση της ενεργότητας νερού μέχρι τον 1ο μήνα των δειγμάτων με κόμμι γκουάρ σε συγκέντρωση 0,5% ή με SSL σε συγκέντρωση 0,25% και γενικώς στα δείγματα με Distilled Monoglyceride. Τα ίδια προκύπτουν και από τη στατιστική επεξεργασία που δεν δείχνει καμία επίδραση της ενεργότητας νερού των δειγμάτων από τους εξεταζόμενους παράγοντες.

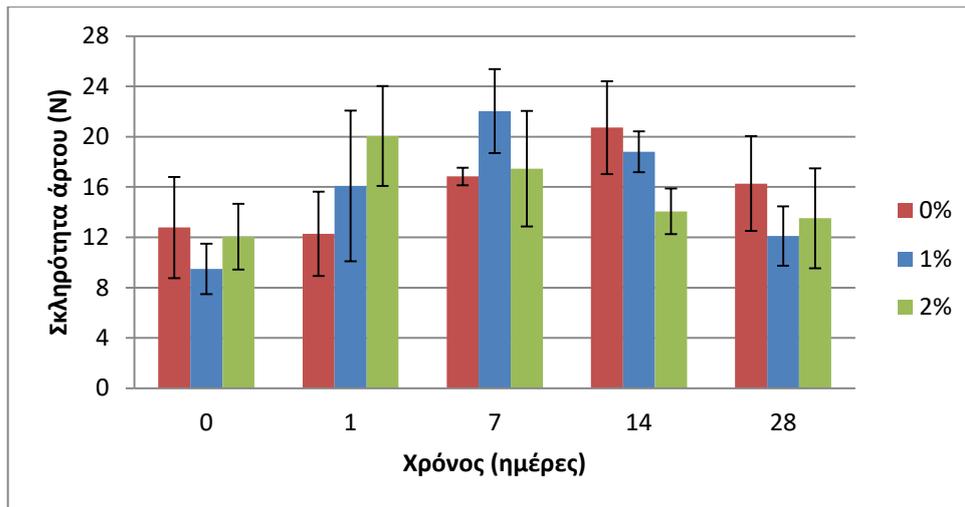
## Σκληρότητα αρτοσκευασμάτων



Διάγραμμα 7.76: Μεταβολή σκληρότητας αρτοσκευασμάτων με κόμμι γκουάρ συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη



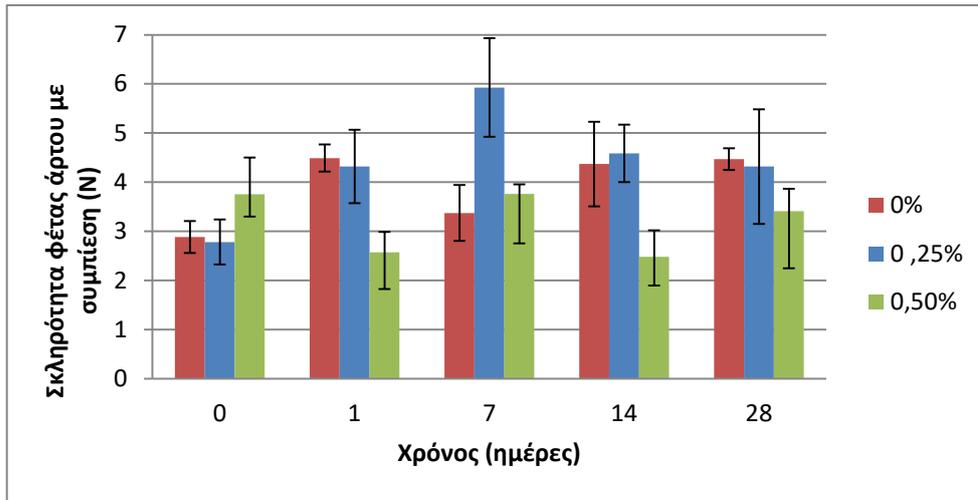
Διάγραμμα 7.77: Μεταβολή σκληρότητας αρτοσκευασμάτων με SSL συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη



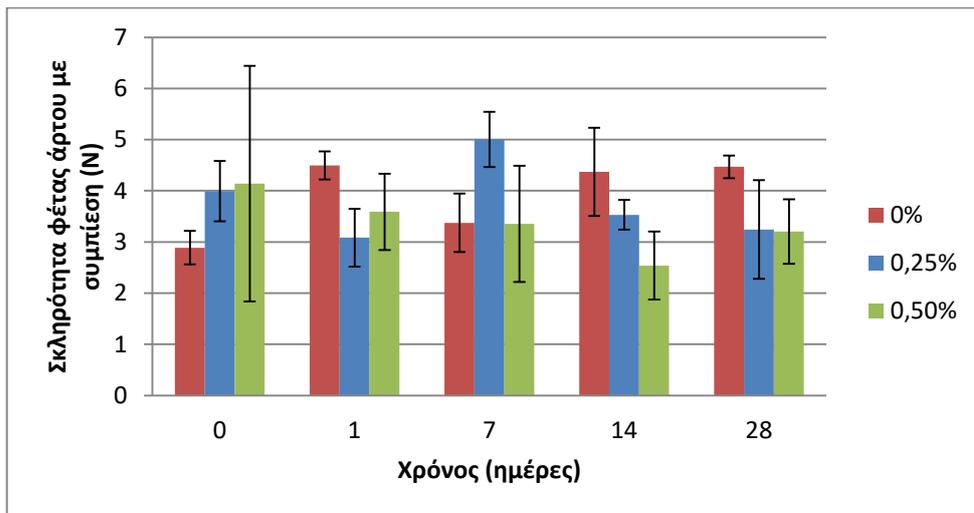
Διάγραμμα 7.78: Μεταβολή σκληρότητας αρτοσκευασμάτων με Distilled Monoglyceride συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

Τα παραπάνω διαγράμματα δεν εμφανίζουν σημαντικές διαφορές σε γενικές γραμμές στη σκληρότητα των αρτοσκευασμάτων σε σχέση με τα κρυοπροστατευτικά και τα ποσοστά προσθήκης τους, εκτός από το κόμμι γκουάρ σε συγκέντρωση 0,50% όπου την 1η μέρα αποθήκευσης σε κατάψυξη παρέχει αρκετά μεγάλη τιμή σκληρότητας στον άρτο, γεγονός που μάλλον οφείλεται σε πειραματικό σφάλμα. Το ίδιο επιβεβαιώνεται από τη στατιστική ανάλυση που δείχνει ότι οι παράγοντες αυτοί δεν έχουν σημαντική επίδραση στη σκληρότητα του άρτου. Επιπλέον, με βάση το χρόνο αποθήκευσης σε κατάψυξη φαίνεται να υπάρχει τάση για μείωση της σκληρότητας του άρτου μέχρι τον 1ο μήνα αποθήκευσης σε κάποιες συγκεντρώσεις κρυοπροστατευτικών (0,50% κόμμι γκουάρ, 0,25% SSL, 1% και 2% Distilled monoglyceride), ενώ με χρήση άλλων υλικών εμφανίζεται πιο σταθερή συμπεριφορά (0,25% κόμμι γκουάρ, 0,50% SSL).

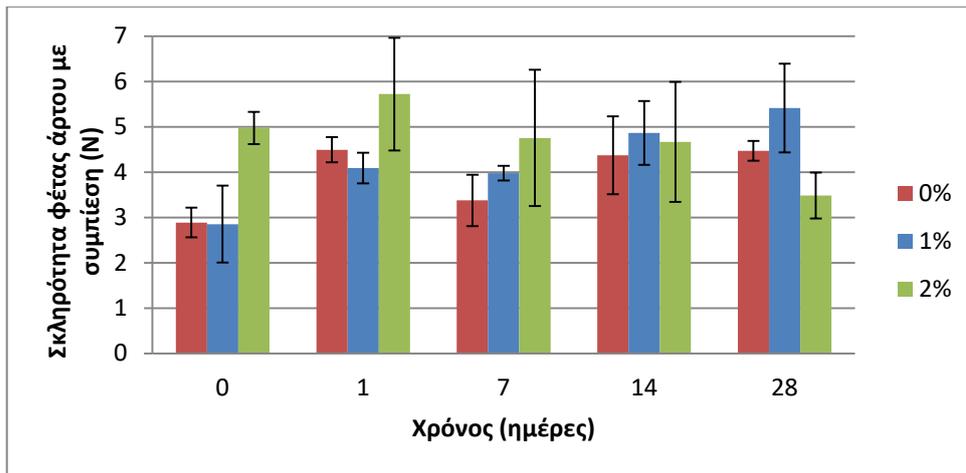
Σκληρότητα εσωτερικής φέτας άρτου (συμπίεση με κύλινδρο)



Διάγραμμα 7.79: Μεταβολή σκληρότητας εσωτερικής φέτας με συμπίεση αρτοσκευασμάτων με κόμμα γκουάρ συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη



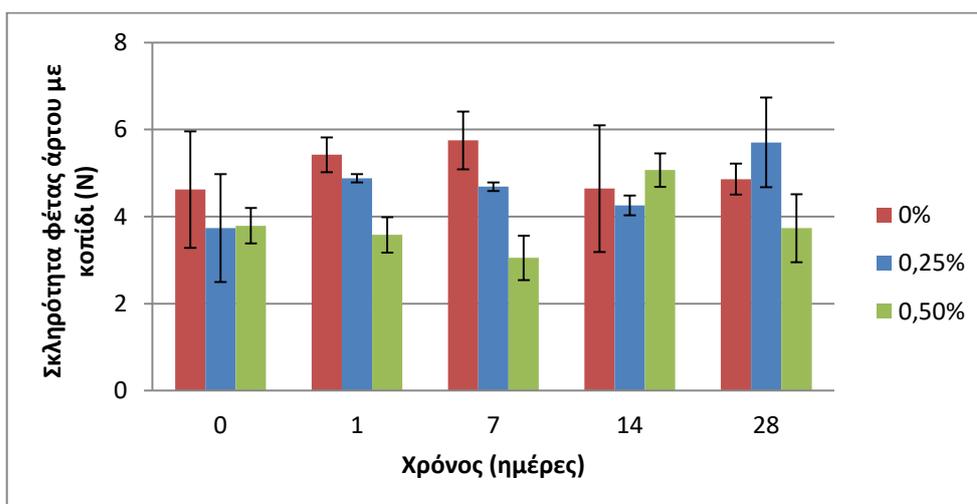
Διάγραμμα 7.80: Μεταβολή σκληρότητας εσωτερικής φέτας με συμπίεση αρτοσκευασμάτων με SSL συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη



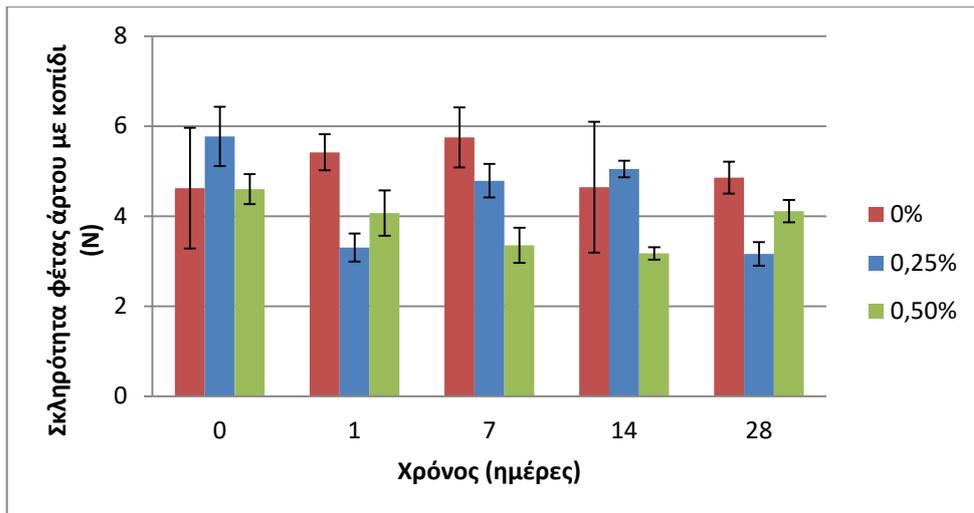
Διάγραμμα 7.81: Μεταβολή σκληρότητας εσωτερικής φέτας με συμπίεση αρτοσκευασμάτων με Distilled Monoglyceride συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

Στα ανωτέρω διαγράμματα φαίνεται να μην υπάρχουν αξιόλογες διαφορές στη σκληρότητα της φέτας του άρτου (συμπίεση με κύλινδρο) ως προς τους εξεταζόμενους παράγοντες. Το ίδιο προκύπτει και από τη στατιστική επεξεργασία. Συγκεκριμένα παρατηρείται μόνο ότι η σκληρότητα της φέτας των αρτοσκευασμάτων από κατεψυγμένο ζυμάρι είναι ελαφρώς μεγαλύτερη συγκριτικά με εκείνη των φρέσκων δειγμάτων, ειδικά στην περίπτωση της χρήσης κόμμεως γκουάρ και Distilled Monoglyceride.

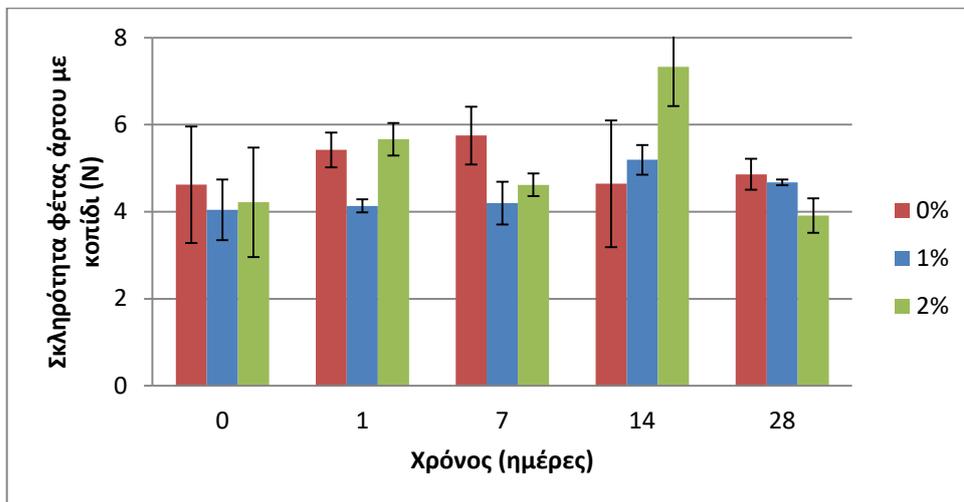
Σκληρότητα φέτας άρτου (συμπίεση με κοπίδι)



Διάγραμμα 7.82: Μεταβολή σκληρότητας φέτας με κοπίδι αρτοσκευασμάτων με κόμμι γκουάρ συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη



Διάγραμμα 7.83: Μεταβολή σκληρότητας φέτας με κοπίδι αρτοσκευασμάτων με SSL συναρτήσεως του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

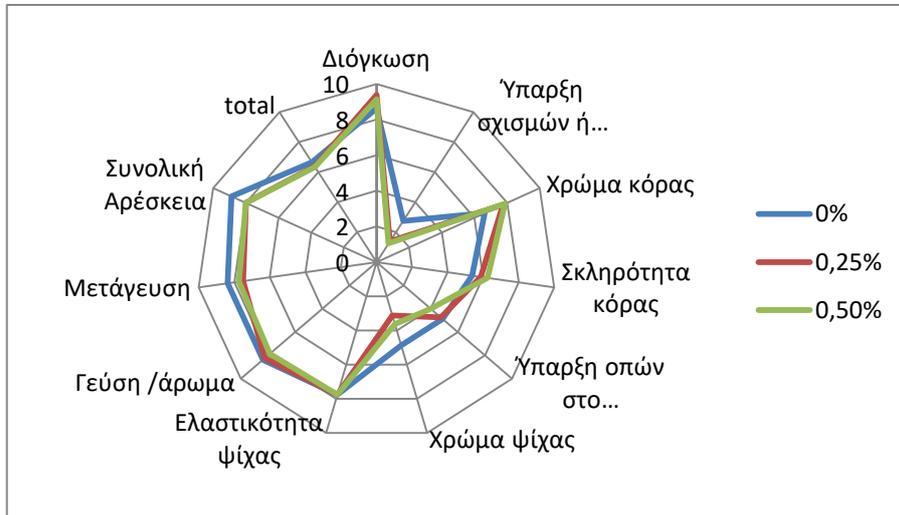


Διάγραμμα 7.84: Μεταβολή σκληρότητας φέτας με κοπίδι αρτοσκευασμάτων με Distilled Monoglyceride συναρτήσεως του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη

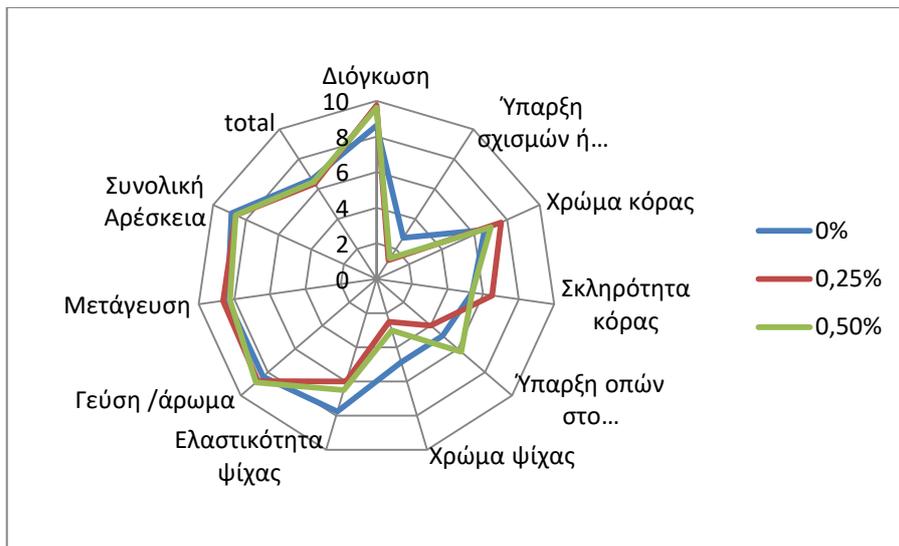
Στην προκειμένη περίπτωση παρατηρούνται αρκετές διακυμάνσεις στη σκληρότητα της φέτας των άρτων (συμπύεση με κοπίδι), με αποτέλεσμα να μην μπορεί να αναγνωρισθεί κάποια σαφής τάση. Οι τιμές της σκληρότητας κατά την κοπή της φέτας των αρτοσκευασμάτων κυμαίνονται σε παρόμοια επίπεδα και για τα 3 κρυοπροστατευτικά υλικά που εξετάστηκαν. Στις περισσότερες περιπτώσεις πάντως φαίνεται ότι το κρυοπροστατευτικό διατηρεί την απαλότητα της ψίχας δεδομένου ότι τα δείγματα χωρίς κρυοπροστατευτικό εμφάνισαν γενικά ελαφρώς μεγαλύτερη

σκληρότητα. Τέλος, στο χρονικό διάστημα της αποθήκευσης υπό κατάψυξη που μελετήθηκε δεν μεταβλήθηκε σημαντικά η σκληρότητα των δειγμάτων.

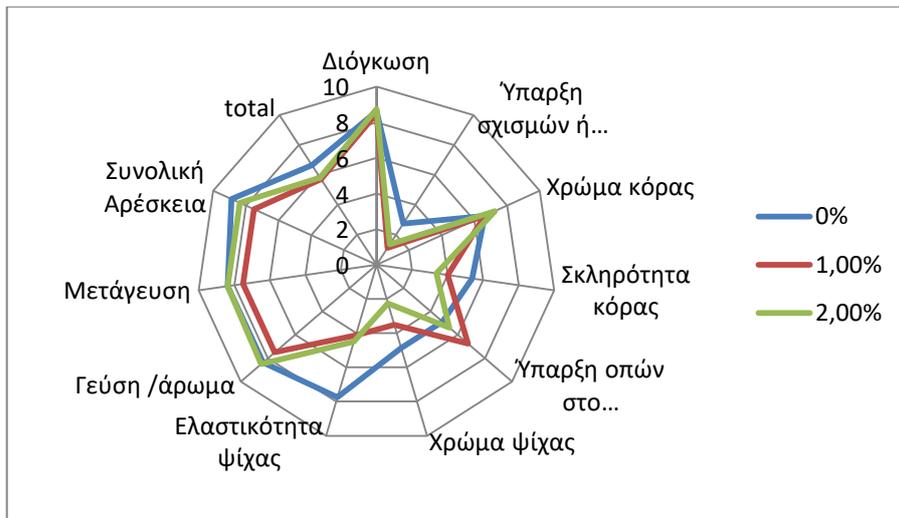
Οργανοληπτικός έλεγχος



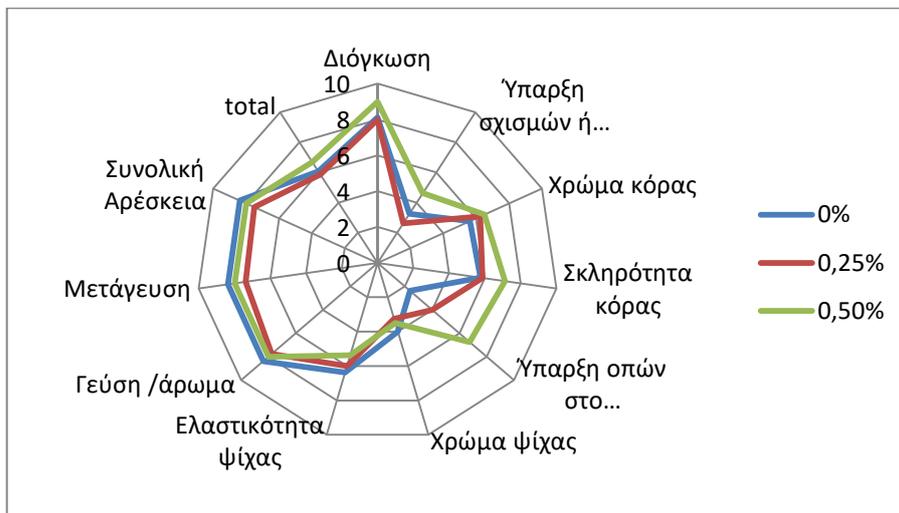
Διάγραμμα 7.85: Οργανοληπτικός έλεγχος φρέσκων δειγμάτων με κόμμι γκουάρ



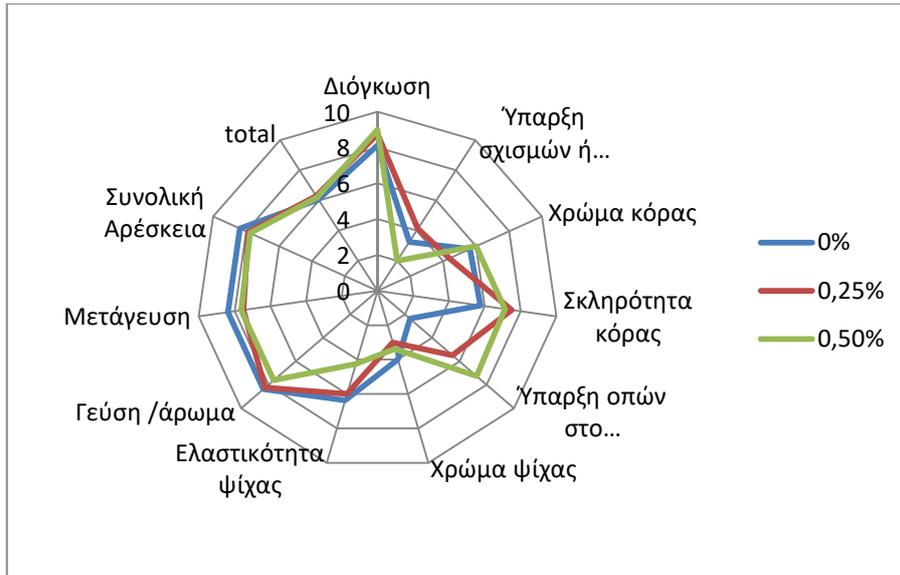
Διάγραμμα 7.86: Οργανοληπτικός έλεγχος φρέσκων δειγμάτων με SSL



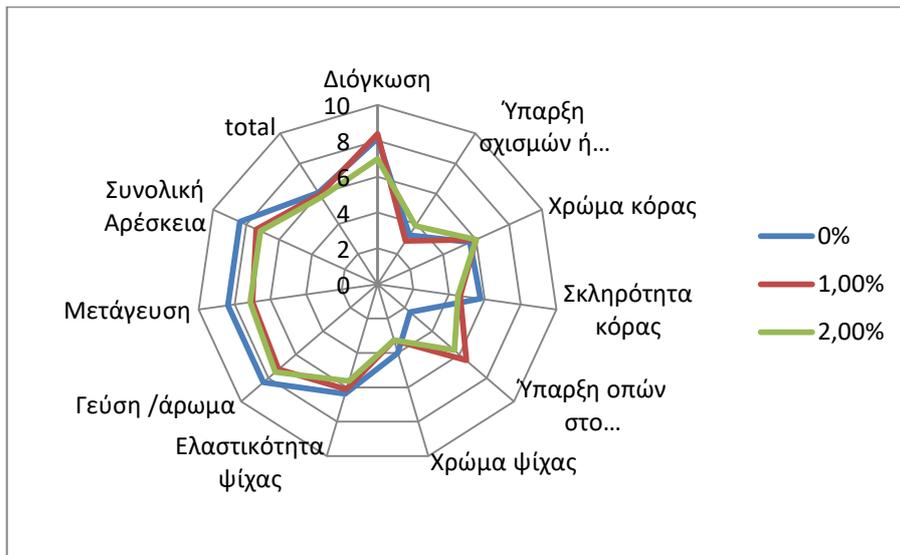
Διάγραμμα 7.87: Οργανοληπτικός έλεγχος φρέσκων δειγμάτων με Distilled Monoglyceride



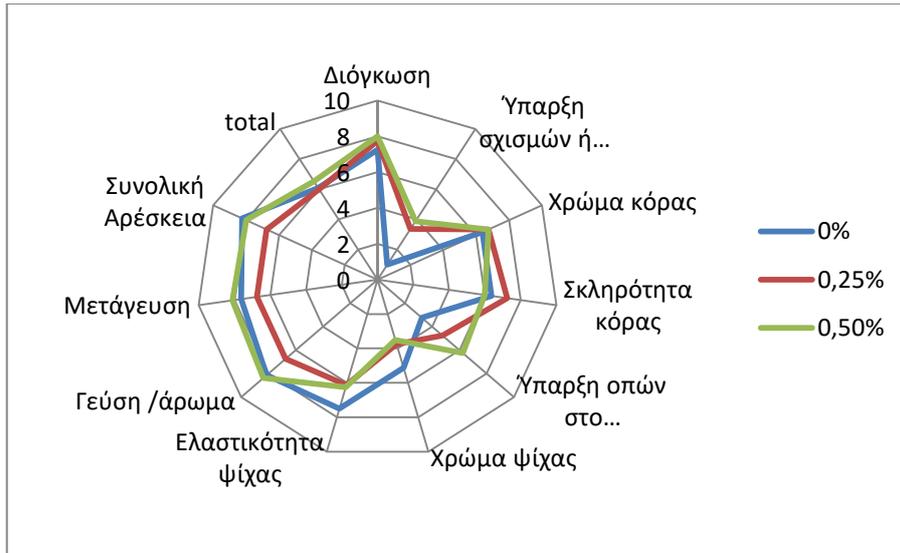
Διάγραμμα 7.88: : Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων με κόμμι γκούαρ κατά την 1<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης υπό κατάψυξη



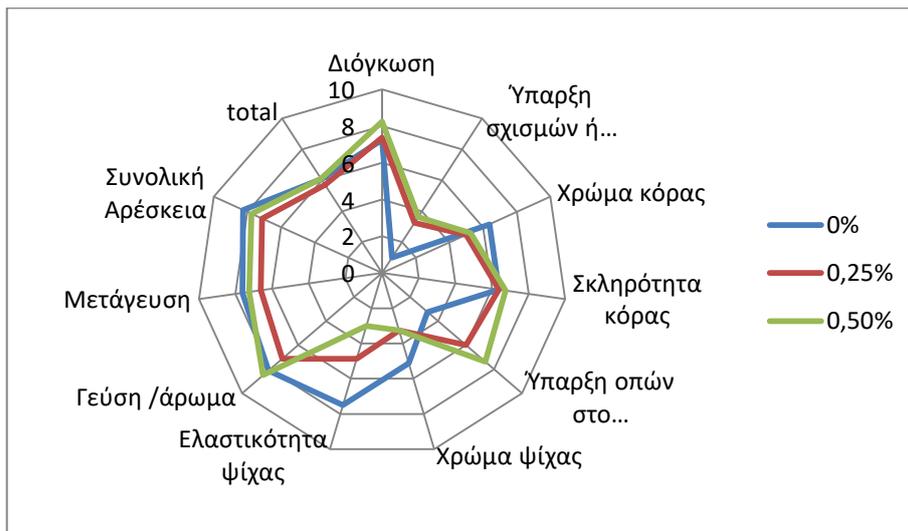
Διάγραμμα 7.89: : Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων με SSL κατά την 1<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης υπό κατάψυξη



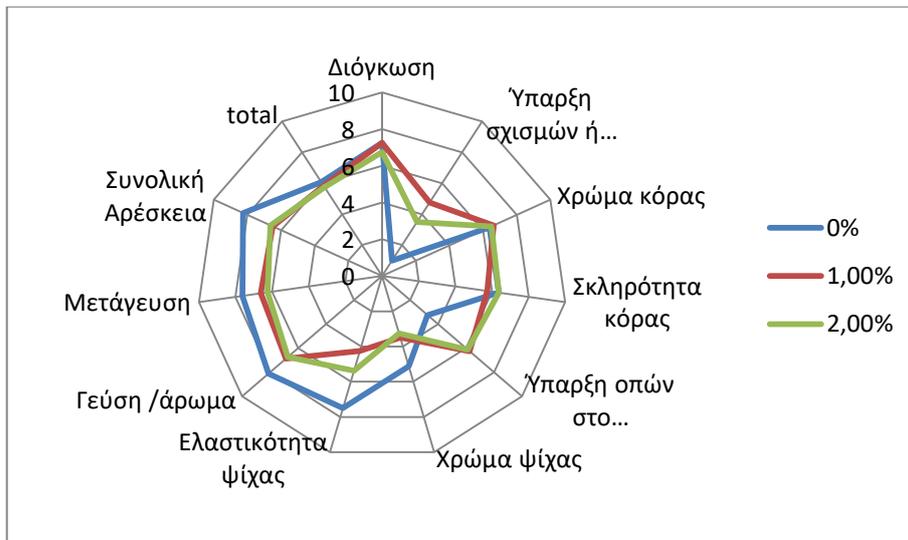
Διάγραμμα 7.90: : Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων με Distilled Monoglyceride κατά την 1<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης υπό κατάψυξη



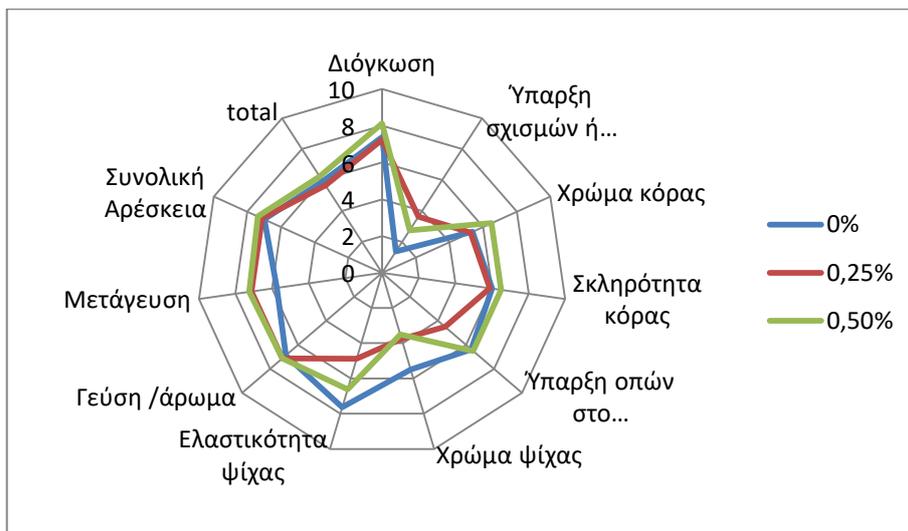
Διάγραμμα 7.91: : Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων με κόμι γκούάρ κατά την 7<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης υπό κατάψυξη



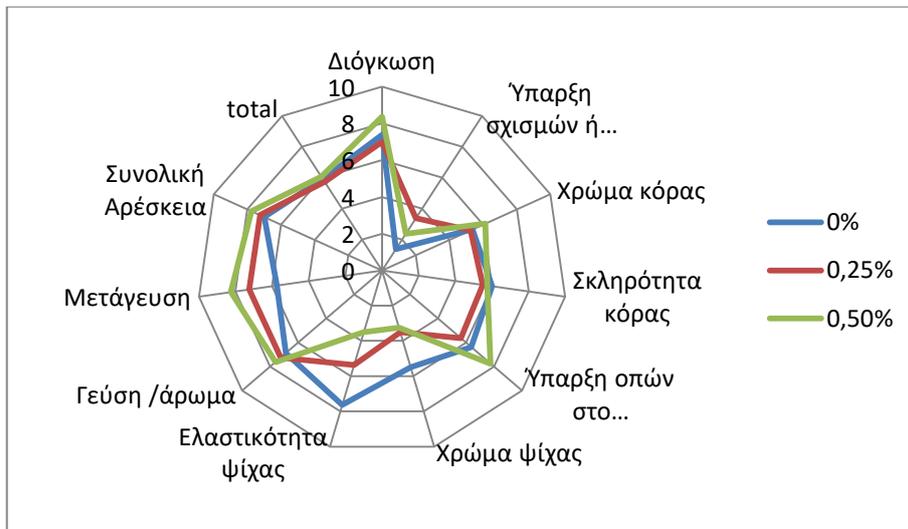
Διάγραμμα 7.92: : Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων με SSL κατά την 7<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης υπό κατάψυξη



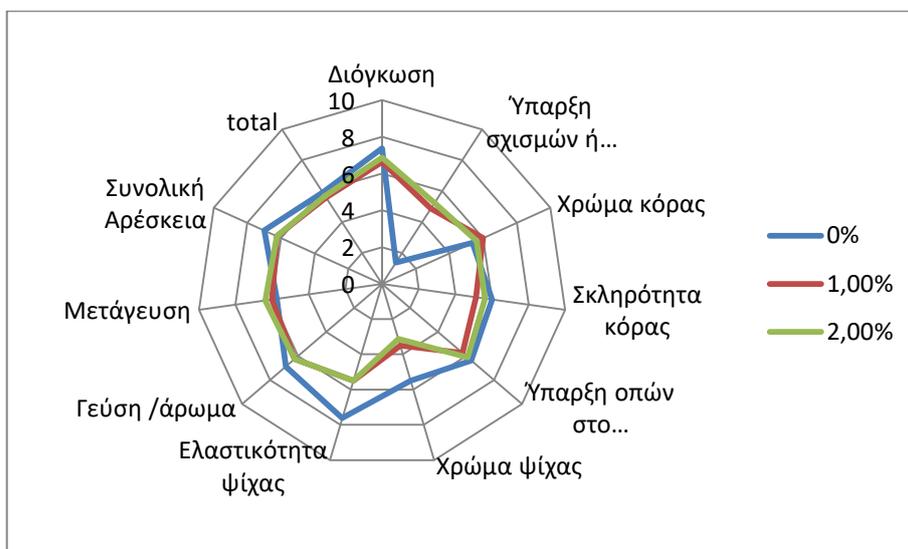
Διάγραμμα 7.93: : Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων με Distilled Monoglyceride κατά την 7<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης υπό κατάψυξη



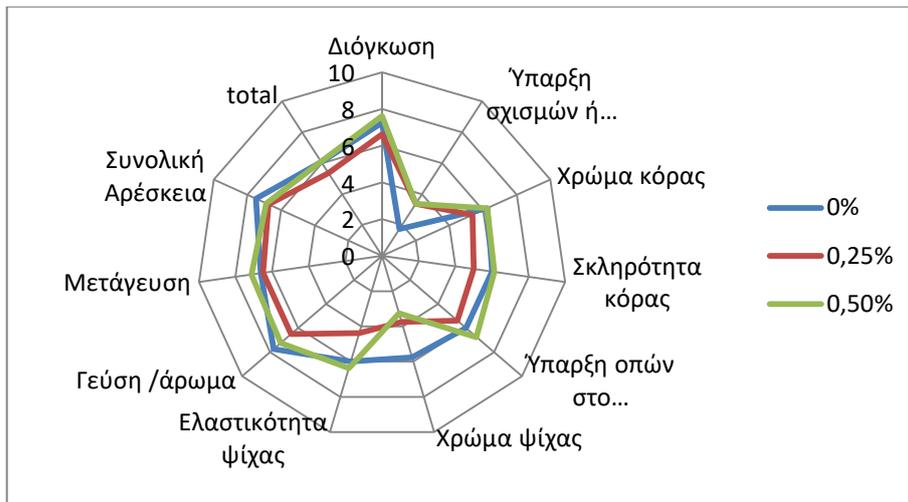
Διάγραμμα 7.94: : Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων με κόμμι γκουάρ κατά τη 14<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης υπό κατάψυξη



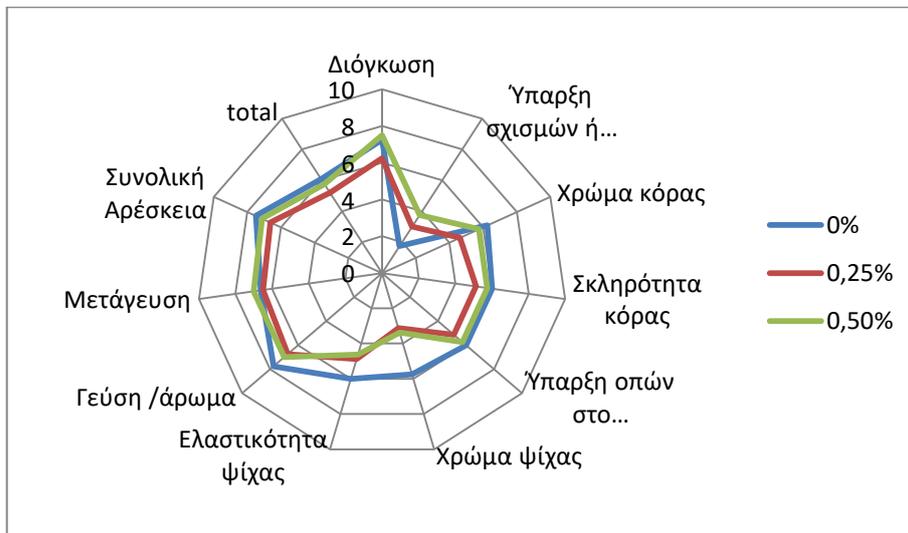
Διάγραμμα 7.95: : Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων με SSL κατά τη 14<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης υπό κατάψυξη



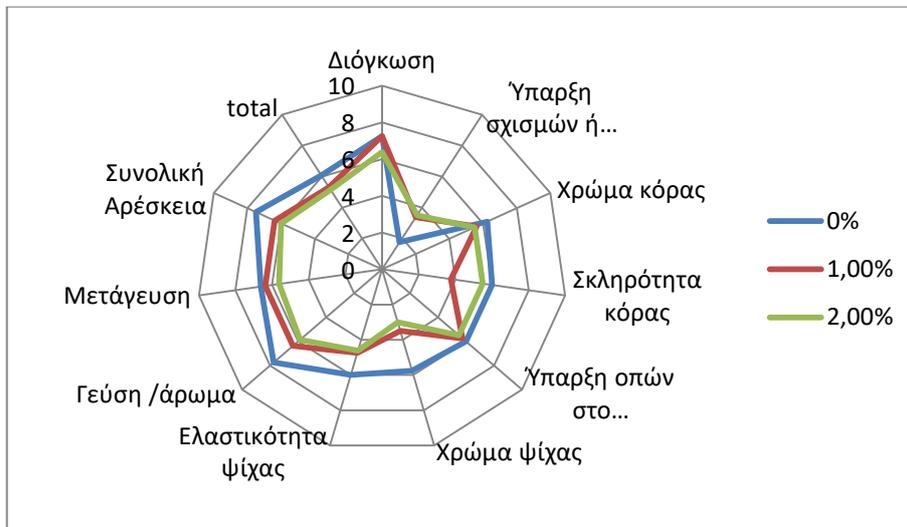
Διάγραμμα 7.96: : Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων με Distilled Monoglyceride κατά τη 14<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης υπό κατάψυξη



Διάγραμμα 7.97: : Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων με κόμμι γκουάρ κατά την 28<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης υπό κατάψυξη



Διάγραμμα 7.98: : Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων με SSL κατά την 28<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης υπό κατάψυξη



Διάγραμμα 7.99: : Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων με Distilled Monoglyceride κατά την 28<sup>η</sup> ημέρα αποθήκευσης υπό κατάψυξη

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

- *Διόγκωση*: Εμφάνιση σημαντικής επίδρασης στη διόγκωση των αρτοσκευασμάτων ανάλογα με το κρυσταλλοπροστατευτικό που χρησιμοποιείται (αλλά όχι και της συγκέντρωσης αυτού), όπως και ανάλογα με το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη. Όπως φαίνεται και στα παραπάνω διαγράμματα τα δείγματα, με SSL βαθμολογούνταν κάθε φορά από τους δοκιμαστές, με σχετικά υψηλότερη διόγκωση χωρίς όμως η συγκέντρωση του κρυσταλλοπροστατευτικού να επηρεάζει την προτίμηση. Επιπλέον κατά τον 1ο μήνα αποθήκευσης σε κατάψυξη που μελετήθηκε, τα δείγματα δεν είχαν πλέον την ίδια διόγκωση με τα φρέσκα, διατήρησαν όμως μία σχετικά υψηλή βαθμολογία (βαθμός περίπου 7 στις 28 ημέρες αποθήκευσης σε όλα τα κρυσταλλοπροστατευτικά). Όπως προαναφέρθηκε η μείωση της διόγκωσης είναι λογική, λόγω της υποβάθμισης του ζυμαριού που αποδίδεται στη σταδιακή εξασθένηση του δικτύου της γλουτένης και στη μείωση της δραστηριότητας της μαγιάς κατά την παρατεταμένη αποθήκευση υπό κατάψυξη.
- *Ύπαρξη σχισμών ή ρωγμών στην επιφάνεια*: Παρατηρείται μη εξάρτηση της ιδιότητας αυτής των αρτοσκευασμάτων ανάλογα με το είδος του κρυσταλλοπροστατευτικού, αλλά εξάρτηση από τη συγκέντρωση αυτού όπως και από

το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη. Η στατιστική επεξεργασία συμφωνεί με τα διαγράμματα, καθώς οι δοκιμαστές φαίνεται να προτιμούν τα φρέσκα δείγματα (βαθμολογία 1-1,5) έναντι των δειγμάτων που έχουν αποθηκευτεί σε κατάψυξη έστω και για μία ημέρα (βαθμολογία 2-5 για τα διαφορετικά ποσοστά προσθήκης κρυοπροστατευτικού). Λογικά οι μεγαλύτερες τιμές οφείλονται στο ότι το ζυμάρι δεν είναι πλέον αρκετά δυνατό, ώστε να συγκρατήσει όλο το διοξείδιο του άνθρακα και να φουσκώνει προς τα πάνω, αλλά αντίθετα χάνει μέρος του αερίου από τα πλάγια και φουσκώνει κατά πλάτος. Ένας ακόμα παράγοντας που ευνοεί την αλλοίωση της δομής και την εμφάνιση σχισμών στην επιφάνεια του άρτου είναι και ο σχηματισμός παγοκρυστάλλων κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε κατάψυξη.

- *Χρώμα κόρας:* Όσον αφορά το χρώμα της κόρας, τα αποτελέσματα έδειξαν εξάρτηση ανάλογα με το είδος του κρυοπροστατευτικού και το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη. Αυτό συμφωνεί με τα διαγράμματα, καθώς με βάση το κρυοπροστατευτικό υπήρχαν ελαφρώς υ-ψηλότερες βαθμολογίες στα φρέσκα δείγματα με SSL και κόμμι γκουάρ (ελάχιστα πιο σκούρο χρώμα), ενώ στη συνέχεια σχεδόν ισορρόπησαν στο χρώμα μέχρι τον 1 μήνα αποθήκευσης, σε αντίθεση με τα δείγματα με Distilled Monoglyceride τα οποία δεν εμφάνισαν σημαντικές διακυμάνσεις στο χρώμα της κόρας. Επιπλέον ο χρόνος κατάψυξης είχε σημαντική επίδραση, αφού στα φρέσκα δείγματα οι βαθμολογίες ήταν 6-7, ενώ προς το τέλος της αποθήκευσης σε κατάψυξη οι δοκιμαστές έβρισκαν τα δείγματα ελάχιστα πιο λευκά και βαθμολογούσαν με 5-6 περίπου.
- *Σκληρότητα κόρας:* Από τη στατιστική επεξεργασία φάνηκε ότι υπάρχει επίδραση στη σκληρότητα της κόρας του άρτου από το κρυοπροστατευτικό και από το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη, ενώ δεν παρατηρήθηκε διαφορά ως προς τη χρησιμοποιούμενη συγκέντρωση του κρυοπροστατευτικού. Από τα διαγράμματα είναι εμφανής η διαφορά στην εκτίμηση της σκληρότητας από τους δοκιμαστές με βάση τα διαφορετικά κρυοπροστατευτικά, καθώς παρατηρήθηκε ότι αρχικά τα δείγματα με κόμμι γκουάρ και το SSL είχαν υψηλότερες τιμές σκληρότητας σε σχέση με εκείνα με προσθήκη Distilled Monoglyceride, ενώ στη συνέχεια όλα τα δείγματα έτειναν προς την τιμή 6 σκληρότητας.
- *Υπαρξη οπών στο εσωτερικό του δείγματος:* Από τη στατιστική ανάλυση παρατηρείται επίδραση της ιδιότητας αυτής του άρτου μόνο από τη διαφορετική

συγκέντρωση των κρυσταλλοπροστατευτικών και όχι από το είδος των υλικών αυτών όπως και από το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη. Με βάση τα διαγράμματα είναι εμφανής η διαφορά στην ιδιότητα αυτή με ορισμένα ποσοστά προσθήκης των υλικών (υψηλότερη βαθμολογία από τους δοκιμαστές σε δείγματα με προσθήκη 0,5% SSL και κόμμι γκουάρ έναντι 0,25%, άρα περισσότερες οπές). Ωστόσο μικρές διαφορές παρατηρούνται και μεταξύ των εξεταζόμενων κρυσταλλοπροστατευτικών. Συγκεκριμένα η βαθμολογία των δοκιμαστών για τα δείγματα με κόμμι γκουάρ και SSL κυμαινόταν από 4-6 και κατόπιν αυξήθηκε ελαφρώς, ενώ για το δείγμα με Distilled Monoglyceride ήταν 6-6,5 και παρέμεινε σταθερή στο μελετώμενο χρονικό διάστημα.

- *Χρώμα ψίχας:* Με βάση τη στατιστική επεξεργασία παρατηρείται επίδραση στο χρώμα της ψίχας του άρτου από τις διαφορετικές συγκεντρώσεις κρυσταλλοπροστατευτικού και από το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη. Το ίδιο προκύπτει και από τα διαγράμματα που δείχνουν ομοιομορφία ως προς τις βαθμολογίες των δοκιμαστών με βάση το χρησιμοποιούμενο κρυσταλλοπροστατευτικό (βαθμολογία 3-4), όμως εμφανίζονται κάθε φορά σχετικά μικρές διαφορές μεταξύ των επιμέρους συγκεντρώσεων αυτού. Επίσης σημειώνεται συνολικά μικρή αύξηση της βαθμολογίας χρώματος ψίχας (πιο ανοιχτόχρωμα δείγματα) μέχρι τον 1ο μήνα αποθήκευσης υπό κατάψυξη.
- *Ελαστικότητα ψίχας:* Με βάση τα διαγράμματα είναι εμφανής η διαφορά ως προς τα τρία εξετασθέντα κρυσταλλοπροστατευτικά, καθώς φαίνεται ότι τα δείγματα με SSL και κόμμι γκουάρ να έχουν πιο υψηλές βαθμολογίες στις αρχικές ημέρες αποθήκευσης σε κατάψυξη (κυρίως εκείνο με κόμμι γκουάρ). Παρόλα αυτά, μέχρι τον 1ο μήνα αποθήκευσης, το δείγμα με 0,25% κόμμι γκουάρ έχει χάσει την ελαστικότητά του, ενώ εκείνο με 0,50% κόμμι γκουάρ διατηρείται σε καλύτερα επίπεδα, το δείγμα με 0,25% SSL φαίνεται να δίνει ελαφρώς πιο ελαστική ψίχα από εκείνο με 0,50% SSL και το Distilled Monoglyceride εμφανίζεται μεν πιο σταθερό κατά την αποθήκευση αλλά με χαμηλότερη βαθμολογία από τα άλλα δύο. Αυτά έρχονται σε συμφωνία με τη στατιστική επεξεργασία που δείχνει εξάρτηση της ελαστικότητας της ψίχας του άρτου από το είδος των κρυσταλλοπροστατευτικών και τις συγκεντρώσεις αυτών. Τέλος σημαντική επίδραση στην ελαστικότητα της ψίχας του άρτου έχει και ο χρόνος

αποθήκευσης υπό κατάψυξη, διότι η ελαστικότητα μειώνεται κατά τη διάρκεια της κατάψυξης, κυρίως στα δείγματα με κόμμι γκουάρ και SSL.

- *Γεύση/Άρωμα:* Με βάση το χρησιμοποιούμενο κρυοπροστατευτικό παρατηρείται αξιόλογη διαφορά στη γεύση/άρωμα του άρτου, καθώς οι δοκιμαστές έδειξαν προτίμηση στα δείγματα με κόμμι γκουάρ και SSL ως προς τη γεύση / άρωμα σε σχέση με το Distilled Monoglyceride. Οι διακυμάνσεις της γεύσης/αρώματος όμως που σημειώθηκαν μεταξύ των δειγμάτων με διαφορετικές συγκεντρώσεις κρυοπροστατευτικών δεν οδηγούσαν σε σαφές αποτέλεσμα για το ποσοστό που θα είχε την καλύτερη γεύση. Τα ίδια προκύπτουν και από τη στατιστική ανάλυση, η οποία έδειξε μικρές διαφορές με βάση τη συγκέντρωση των κρυοπροστατευτικών. Επιπλέον με βάση το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη εμφανώς υπάρχει επίδραση στη γεύση/άρωμα των προϊόντων, η οποία συμφωνεί με τη στατιστική επεξεργασία, αφού φάνηκε να μειώνεται σταδιακά η βαθμολογία των δειγμάτων για τη γεύση/άρωμα κατά τη διάρκεια του 1ου μήνα αποθήκευσης υπό κατάψυξη.
- *Μετάγευση:* Στη μετάγευση των αρτοσκευασμάτων παρατηρούνται σχεδόν τα ίδια με τη γεύση/άρωμα αποτελέσματα, με τη διαφορά ότι δεν υπάρχει εξάρτηση της ιδιότητας αυτής από τη συγκέντρωση των κρυοπροστατευτικών. Παρόλα αυτά, η βασική μεταξύ τους διαφορά είναι η ελαφρώς χαμηλότερη βαθμολογία κάθε φορά στην περίπτωση της μετάγευσης σε σχέση με τη γεύση/άρωμα.
- *Συνολική Αρέσκεια:* Όσον αφορά τη συνολική αρέσκεια των αρτοσκευασμάτων που είναι όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη σειρά ο πιο σημαντικός παράγοντας ποιότητας που συνοψίζει όλα τα επιμέρους οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, εμφανίζονται παρόμοια αποτελέσματα με τη γεύση/άρωμα, τα οποία επιβεβαιώνονται και από τη στατιστική επεξεργασία, δηλαδή προκύπτει εξάρτηση της συνολικής αρέσκειας από όλους τους εξετασθέντες παράγοντες. Συγκεκριμένα φαίνεται πως τα δείγματα με κόμμι γκουάρ και SSL προτιμώνται (βαθμολογία σχεδόν 1 μονάδα παραπάνω σε κάθε δειγματοληψία από ότι το δείγμα με Distilled Monoglyceride), ενώ ως προς τη συγκέντρωση των κρυοπροστατευτικών φαίνονται ελάχιστες διαφορές στις βαθμολογίες της συνολικής αρέσκειας από τους δοκιμαστές. Τέλος με βάση το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη είναι εμφανής η μικρή μείωση της συνολικής αρέσκειας μέχρι τον 1 μήνα αποθήκευσης σε κατάψυξη, η οποία οφείλεται στη

σταδιακή υποβάθμιση των ποιοτικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών κατά τη διάρκεια της κατάψυξης.

### 7.3 Συνολική σύγκριση των κρυοπροστατευτικών

Προκειμένου να γίνει σύγκριση όλων των κρυοπροστατευτικών υλικών που χρησιμοποιήθηκαν στις δύο σειρές πειραμάτων, είναι απαραίτητο να επιλεγούν από την 1η σειρά τα δύο καλύτερα ποσοστά προσθήκης της τρεχαλόζης και της ξανθάνης και να μελετηθούν με τα άλλα πρόσθετα (που έχουν μελετηθεί σε δύο ποσοστά προσθήκης) και για διάρκεια αποθήκευσης σε κατάψυξη μέχρι ένα μήνα. Αυτό εξυπηρετεί και τη στατιστική επεξεργασία με το πρόγραμμα statistica. Από την 1η σειρά επιλέχθηκαν τα ποσοστά προσθήκης 200 και 400 ppm για την τρεχαλόζη και τα ποσοστά προσθήκης 100 και 400 ppm για την ξανθάνη. Παρόμοια με τις δύο σειρές που μελετήθηκαν πριν γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων που φαίνονται στα διαγράμματα, με τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την ανάλυση διακύμανσης από το STATISTICA.

#### Σκληρότητα ζυμαριού

Με βάση τα ανωτέρω διαγράμματα (διαγράμματα 7.1, 7.2 και 7.43-7.45) είναι εμφανές ότι όλα τα κρυοπροστατευτικά παρουσιάζουν μικρές διακυμάνσεις, παρόμοιες για τις εξετασθείσες συγκεντρώσεις τους. Ωστόσο με βάση το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη φαίνεται η τάση για μικρή αύξηση της σκληρότητας του ζυμαριού στα δείγματα με τρεχαλόζη και ξανθάνη. Επίσης, στα δείγματα με 0,50% κόμμι γκουάρ και με Distilled Monoglyceride, φαίνεται να αυξάνει λίγο η σκληρότητα μέχρι την 7η ημέρα αποθήκευσης και μετά να μειώνεται, κατά τη διάρκεια του 1ου μήνα. Η στατιστική ανάλυση συμφωνεί με τα παραπάνω δείχνοντας ότι ο μόνος παράγοντας που επηρεάζει τη σκληρότητα του ζυμαριού είναι ο χρόνος αποθήκευσης υπό κατάψυξη ( $p < 0,05$ ).

#### Ελαστικότητα ζυμαριού

Τα διαγράμματα (διαγράμματα 7.3, 7.4 και 7.46-7.48) εμφανίζουν ομοιόμορφες διακυμάνσεις με βάση το χρησιμοποιούμενο κρυοπροστατευτικό, ωστόσο φαίνεται το τυφλό δείγμα ζυμαριού να έχει μεγαλύτερη ελαστικότητα σε σύγκριση με τα δείγματα με κόμμι γκουάρ, SSL και Distilled Monoglyceride, με αποτέλεσμα η συγκέντρωση να επηρεάζει ως παράγοντας, όπως προκύπτει και από τη στατιστική επεξεργασία. Ωστόσο, με βάση το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη είναι εμφανής η τάση για μικρή αύξηση της ελαστικότητας του ζυμαριού μέχρι τον 1ο μήνα στα δείγματα με τρεχαλόζη και ξανθάνη και γενική τάση για αύξηση της ελαστικότητας του ζυμαριού

μέχρι την 7η ημέρα και μετά για μείωση μέχρι τον 1ο μήνα στα δείγματα ζυμαριού με τα υπόλοιπα κρυοπροστατευτικά, με αποτέλεσμα ο χρόνος αποθήκευσης υπό κατάψυξη να έχει σημαντική επίδραση ( $p < 0,05$ ). Η τάση αύξησης της ελαστικότητας του ζυμαριού στα δείγματα με ξανθάνη έρχεται σε συμφωνία με τη βιβλιογραφία που προτείνει προσθήκη μέχρι 0,16% (Akbarian et al, 2015; Mandala, 2005; Minervini et al, 2011; Kim et al., 2008).

#### Συνεκτικότητα ζυμαριού

Όλα τα μελετώμενα κρυοπροστατευτικά έδωσαν σχετικά παρόμοιες τιμές συνεκτικότητας στο ζυμάρι. Όμως φαίνεται να υπάρχει επίδραση στη συνεκτικότητα του ζυμαριού ανάλογα με τη συγκέντρωση του κρυοπροστατευτικού και το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη όπως επιβεβαιώνεται και από τη στατιστική επεξεργασία. Συγκεκριμένα, το τυφλό δείγμα ζυμαριού παρουσιάζει κάθε φορά πιο χαμηλή συνεκτικότητα και επιπλέον ενώ στα δείγματα με τα κρυοπροστατευτικά, ξανθάνη, SSL και Distilled Monoglyceride οι αντίστοιχες τιμές μειώνονται λίγο μέχρι τον 1ο μήνα, στα δείγματα με 0,5% κόμμι γκουάρ παρατηρείται μικρή άνοδος σε αντίθεση με το δείγμα με 0,25% κόμμι γκουάρ που δείχνει να μειώνεται, ενώ στο δείγμα με τρεχαλόζη φαίνεται πιο απότομη μείωση όταν γίνεται προσθήκη 400 ppm έναντι των 200 ppm αυτής.

#### Προσκολλησιμότητα ζυμαριού

Όσον αφορά την προσκολλησιμότητα του ζυμαριού, είναι εμφανής η διαφορά που υπάρχει ανάλογα με τις συγκεντρώσεις των κρυοπροστατευτικών, καθώς το τυφλό δείγμα εμφανίζει υψηλές τιμές έναντι όλων των δειγμάτων, εκτός από εκείνο με κόμμι γκουάρ το οποίο δείχνει από την 1η μέχρι την 14η ημέρα αποθήκευσης σε κατάψυξη υψηλές τιμές προσκολλησιμότητας στο ζυμάρι σε ποσοστό προσθήκης 0,25% (πιθανόν στην 14η ημέρα να είναι σφάλμα η υψηλή προσκολλησιμότητα στο 0,5%). Με βάση το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη τα δείγματα με τρεχαλόζη και ξανθάνη (κυρίως με 400 ppm) έδωσαν πιο κολλώδες ζυμάρι, ενώ τα δείγματα με τα άλλα πρόσθετα είχαν μηδενική προσκολλησιμότητα στο τέλος του 1ου μήνα αποθήκευσης σε κατάψυξη, εξαιρουμένου του κόμμεως γκουάρ που αναφέρθηκε προηγουμένως.

### Μεταβολή βάρους αρτοσκευασμάτων κατά τον κλιβανισμό

Από τα παραπάνω διαγράμματα (διαγράμματα 7.9, 7.10 και 7.55-7.57) παρατηρείται ότι δεν υπάρχει σημαντική διαφορά στη μεταβολή του βάρους των δειγμάτων κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης υπό κατάψυξη, καθώς η μεταβολή βάρους για όλα σχεδόν τα δείγματα με τα κρυοπροστατευτικά κυμαίνεται από 12% μέχρι 14%. Από τη μεταξύ τους σύγκριση όμως φαίνεται ότι τα δείγματα με τρεχαλόζη, γενικά παρουσίασαν ελαφρώς μεγαλύτερες μεταβολή βάρους. Αυτό επιβεβαιώνεται από τη στατιστική ανάλυση, η οποία έδειξε ότι υπάρχει διαφορά ( $p < 0,05$ ) ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο κρυοπροστατευτικό γενικά, αλλά όχι ως προς τις διαφορετικές συγκεντρώσεις αυτού. Η στατιστική επεξεργασία έδειξε επίσης μικρή μείωση της μεταβολής βάρους των δειγμάτων μέχρι τον 1ο μήνα, ωστόσο φαίνεται ότι η μεταβολή αυτή είναι σχεδόν αμελητέα, όπως φαίνεται από τα διαγράμματα.

### Ειδικός όγκος αρτοσκευασμάτων

Παρατηρώντας τα ανωτέρω διαγράμματα (διαγράμματα 7.11, 7.12 και 7.58-7.60) είναι εμφανές ότι υπάρχει διαφορά στον όγκο των αρτοσκευασμάτων ανάλογα με το είδος του κρυοπροστατευτικού και τη χρησιμοποιούμενη συγκέντρωσή του. Συγκεκριμένα παρατηρείται πολύ αυξημένος ειδικός όγκος κάθε φορά στα δείγματα με SSL. Τα υπόλοιπα δείγματα εμφανίζουν παρόμοια και συγκρίσιμη διόγκωση με εξαίρεση, σε ορισμένες περιπτώσεις, τα δείγματα με κόμμι γκουάρ που έδωσαν ελαφρώς μεγαλύτερες τιμές ειδικού όγκου. Επιπλέον με βάση τα διαφορετικές συγκεντρώσεις των κρυοπροστατευτικών παρατηρούνται μερικές διακυμάνσεις, κυρίως στα δείγματα με κόμμι γκουάρ και SSL, όπου η προσθήκη 0,50% παρέχει λίγο πιο μεγάλη διόγκωση και στα δείγματα τρεχαλόζης, όπου με προσθήκη 200 ppm φαίνεται να διατηρείται σταθερότερος και υψηλός ο ειδικός όγκος των προϊόντων. Η προσθήκη 0,50% SSL και 200 ppm τρεχαλόζης φαίνεται να έρχονται σε συμφωνία με τη βιβλιογραφία (Hui et al, 2004; Giannou & Tzia, 2008 αντίστοιχα), όμως η προσθήκη κόμμεως γκουάρ στις συγκεντρώσεις που εξετάζονται έρχονται σε αντικρουόμενα αποτελέσματα με τη βιβλιογραφία, η οποία δείχνει μειωμένα αποτελέσματα διόγκωσης για συγκεντρώσεις μέχρι 0,65% (Selomulyo and Zhou, 2007). Τέλος ως προς το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη παρατηρείται ότι προκαλεί μεγάλες διαφορές, όπως επιβεβαιώνεται και από τη στατιστική επεξεργασία ( $p < 0,05$ ), καθώς ο ειδικός όγκος είναι αρκετά μεγάλος στην αρχή και κατά τη

διάρκεια της αποθήκευσης σε κατάψυξη φαίνεται ότι μειώνεται αρκετά, ειδικά στα δείγματα με Distilled Monoglyceride και ξανθάνη τα οποία εμφανίζουν μικρότερες τιμές ειδικού όγκου. Το γεγονός ότι μειώνεται ο ειδικός όγκος, όπως προαναφέρθηκε στις προηγούμενες ενότητες, αποδίδεται στη σταδιακή εξασθένηση του δικτύου της γλουτένης του ζυμαριού και στη μείωση της δραστηριότητας της μαγιάς κατά την παρατεταμένη αποθήκευση υπό κατάψυξη.

#### Πλάτος αρτοσκευασμάτων

Με βάση τα ανωτέρω διαγράμματα (διαγράμματα 7.13, 7.14 και 7.61-7.63) παρατηρείται ότι τα δείγματα με SSL εμφανίζουν γενικά λίγο μεγαλύτερο πλάτος από τα υπόλοιπα δείγματα τα οποία φαίνεται να παρουσιάζουν παρόμοια αποτελέσματα. Το ίδιο επιβεβαιώνεται και από τη στατιστική ανάλυση, που δείχνει τη διαφορά ( $p < 0,05$ ) στο πλάτος των δειγμάτων με SSL. Όσον αφορά τις συγκεντρώσεις των χρησιμοποιούμενων κρυσταλλικών αυτών οδηγούν μεν σε μικρές διαφορές στο πλάτος των αρτοσκευασμάτων, κυρίως στα δείγματα με SSL, χωρίς όμως να θεωρούνται αξιόλογες, ενώ όσον αφορά το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη δεν φαίνεται να έχει σημαντική επίδραση στην ιδιότητα αυτή των προϊόντων. Η στατιστική επεξεργασία συμφωνεί καθώς δεν δείχνει διαφορά ως προς τη συγκέντρωση του κρυσταλλικού και το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη. Το ότι τα δείγματα με SSL παρουσιάζουν μεγαλύτερο πλάτος κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε κατάψυξη, όπως προαναφέρθηκε στις προηγούμενες ενότητες, αποδίδεται στο γεγονός ότι καθώς εξασθενεί το ζυμάρι η διόγκωση γίνεται εντονότερη κατά το πλάτος παρά κατά το ύψος των αρτοσκευασμάτων.

#### Ύψος αρτοσκευασμάτων

Παρατηρώντας τα παραπάνω διαγράμματα (διαγράμματα 7.15, 7.16 και 7.64-7.66) είναι εμφανής η διαφορά που έχουν τα δείγματα με SSL, αναφορικά με το ύψος τους, ειδικά, έναντι των δειγμάτων με Distilled Monoglyceride και ξανθάνη. Τα δείγματα με κόμμι γκουάρ και τρεχαλόζη παρουσίασαν ενδιάμεση συμπεριφορά στο ύψος τους. Το ίδιο επιβεβαιώνει και η στατιστική επεξεργασία δείχνοντας την ίδια διαφορά. Όσον αφορά τις χρησιμοποιούμενες συγκεντρώσεις των κρυσταλλικών φαίνεται να μην προκαλούν μεγάλες διακυμάνσεις στο ύψος των προϊόντων. Τέλος όσον αφορά την επίδραση του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη στο ύψος των προϊόντων είναι εμφανής η τάση για μείωση αυτού κατά τον

1ο μήνα, όπως προκύπτει και από τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων. Το ύψος των αρτοσκευασμάτων ως παράμετρος επιβεβαιώνει αυτά που προαναφέρθηκαν στον ειδικό όγκο συγκριτικά με τη βιβλιογραφία.

#### Χρώμα κόρας αρτοσκευασμάτων

Με βάση τα παραπάνω διαγράμματα (διαγράμματα 7.17, 7.18 και 7.67-7.69) παρατηρείται ότι στα δείγματα με τρεχαλόζη η μεταβολή του χρώματος της κόρας των δειγμάτων ήταν εντονότερη κατά την 1η μέρα αποθήκευσης σε κατάψυξη, ενώ στα υπόλοιπα πρόσθετα η άνοδος της τιμής του χρώματος ήταν λίγο πιο ομοιόμορφη. Ωστόσο, αυτό δεν αποτυπώνεται στη στατιστική επεξεργασία. Επιπλέον, με βάση τις διαφορετικές συγκεντρώσεις των κρυοπροστατευτικών φαίνονται μικρές διακυμάνσεις στο χρώμα της κόρας, κυρίως στην περίπτωση της τρεχαλόζης, όμως δεν είναι σημαντικές. Τέλος, ως προς την επίδραση του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη, είναι εμφανής η συνολική διαφορά στο χρώμα της κόρας των αρτοσκευασμάτων κατά το μελετώμενο χρονικό διάστημα, καθώς σταδιακά αυτά γίνονταν ολοένα και πιο ανοιχτόχρωμα. Το ίδιο προκύπτει και από τη στατιστική ανάλυση ( $p < 0,05$ ). Αυτό είναι λογικό, λόγω σχηματισμού παγοκρυστάλλων κατά τη διάρκεια της κατάψυξης, αποτέλεσμα είναι κατά το στάδιο της ωρίμανσης να μην επιτρέπεται στο δείγμα να αποκτήσει το επιθυμητό χρώμα κόρας.

#### Χρώμα ψίχας αρτοσκευασμάτων

Από τα διαγράμματα (διαγράμματα 7.19, 7.20 και 7.70-7.72) φαίνεται διαφορά στο χρώμα της ψίχας των δειγμάτων ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο κρυοπροστατευτικό, καθώς οι τιμές του συνολικού χρώματος ψίχας κυμαίνονται περίπου στο 75 για τα δείγματα με τρεχαλόζη και ξανθάνη, ενώ για τα δείγματα με τα υπόλοιπα πρόσθετα μεταξύ 77-79 αντίστοιχα. Ωστόσο δεν φαίνεται να υπάρχει κάποια διαφορά στο χρώμα της ψίχας των προϊόντων ανάλογα με τη συγκέντρωση των κρυοπροστατευτικών και αυτό το ίδιο προκύπτει και από τη στατιστική επεξεργασία. Τέλος με βάση το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη δεν προκύπτουν σαφείς διαφορές στο χρώμα της ψίχας, ουσιαστικά παρουσιάζονται παρόμοια αποτελέσματα. Από τη στατιστική επεξεργασία αντίθετα φαίνεται ότι ο χρόνος αποθήκευσης υπό κατάψυξη παίζει ρόλο ( $p < 0,05$ ) στο χρώμα της ψίχας των αρτοσκευασμάτων. Έτσι με βάση το test Duncan φαίνεται να υπάρχει διαφορά (μικρή

όμως) στο χρώμα της ψίχας κυρίως στα φρέσκα δείγματα συγκριτικά με τα δείγματα που αντιστοιχούν στην 14η ημέρα και 28η ημέρα αποθήκευσης υπό κατάψυξη.

#### Ενεργότητα νερού αρτοσκευασμάτων

Όσον αφορά την ενεργότητα νερού των αρτοσκευασμάτων από τη στατιστική επεξεργασία δεν παρατηρείται καμία διαφορά με βάση τους διάφορους εξεταζόμενους παράγοντες. Το ίδιο επιβεβαιώνεται και από τα ανωτέρω διαγράμματα (διαγράμματα 7.21, 7.22 και 7.73-7.75), καθώς σε όλα τα δείγματα οι τιμές ενεργότητας νερού κυμαίνονται από 0,93 μέχρι 0,96 σε όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης σε κατάψυξη. Οι μόνες διαφορές που εντοπίζονται είναι ότι τα δείγματα με τρεχαλόζη εμφανίζουν ελαφρώς μικρότερες τιμές ενεργότητας νερού από εκείνα με ξανθάνη και ότι υπάρχει η τάση για πολύ μικρή σταδιακή αύξηση της τιμής της παραμέτρου αυτής κατά τον 1ο μήνα αποθήκευσης στα δείγματα με 0,5% κόμμι γκουάρ, 0,25% SSL και στα δείγματα με Distilled Monoglyceride. Το γεγονός ότι η αύξηση αυτή είναι μικρή σταδιακή είναι θετικό, διότι φαίνεται ότι τα συγκεκριμένα πρόσθετα αποτρέπουν ως ένα βαθμό την απώλεια της υγρασίας που συνδέεται άμεσα με το μαγατιάτεμα των αρτοσκευασμάτων.

#### Σκληρότητα αρτοσκευασμάτων

Τα παραπάνω διαγράμματα (διαγράμματα 7.23, 7.24 και 7.76-7.78) δεν εμφανίζουν αρκετές διαφορές στη σκληρότητα των αρτοσκευασμάτων σε γενικές γραμμές ανάλογα με τα χρησιμοποιούμενα κρουπροστατευτικά και τις διαφορετικές συγκεντρώσεις αυτών, εκτός από το κόμμι γκουάρ όπου την 1η ημέρα αποθήκευσης σε κατάψυξη παρέχει αρκετά μεγάλη τιμή σκληρότητας σε συγκέντρωση 0,50% και την τρεχαλόζη σε ποσοστό 400 ppm στο φρέσκο δείγμα και το κατεψυγμένο την 28η ημέρα αποθήκευσης. Το ίδιο επιβεβαιώνεται από τη στατιστική ανάλυση που δείχνει ότι οι παράγοντες αυτοί δεν είναι στατιστικά σημαντικοί. Επιπλέον με βάση το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη φαίνεται να υπάρχει η τάση για μείωση της σκληρότητας των προϊόντων κατά τον 1ο μήνα αποθήκευσης σε κάποιες συγκεντρώσεις κρουπροστατευτικών (0,50% κόμμι γκουάρ, 0,25% SSL, 1% και 2% Distilled monoglyceride), ενώ σε άλλες συγκεντρώσεις εμφανίζεται πιο σταθερή συμπεριφορά στη σκληρότητα των προϊόντων (0,25% κόμμι γκουάρ, 0,50% SSL, 200 ppm τρεχαλόζη και δείγματα ξανθάνης). Ωστόσο από τη στατιστική επεξεργασία φαίνεται να μην επηρεάζει τη σκληρότητα ο χρόνος αποθήκευσης υπό κατάψυξη, γεγονός που

μπορεί να οφείλεται στις διάφορες αυξομειώσεις στις τιμές της ιδιότητας μεταξύ των διαφορετικών κρυοπροστατευτικών.

#### Σκληρότητα εσωτερικής φέτας άρτου (συμπίεση με κύλινδρο)

Στα ανωτέρω διαγράμματα (διαγράμματα 7.25, 7.26 και 7.79-7.81) φαίνεται να μην υπάρχουν αξιόλογες διαφορές στη σκληρότητα της εσωτερικής φέτας άρτου ως προς οποιονδήποτε παράγοντα από τους εξετασθέντες, ωστόσο με βάση τη στατιστική ανάλυση φαίνεται να επηρεάζει ο χρόνος αποθήκευσης υπό κατάψυξη ( $p < 0,05$ ) την ιδιότητα αυτή των προϊόντων. Συγκεκριμένα φαίνεται να υπάρχει ομοιόμορφη και σταθερή συμπεριφορά της σκληρότητας στα δείγματα με ξανθάνη, κόμμι γκουάρ και SSL, εκτός από τα δείγματα με 100 ppm ξανθάνης κατά την 7η ημέρα αποθήκευσης σε κατάψυξη, ή στο δείγμα με 0,25% Guar Gum και SSL, που μπορεί να οφείλεται σε πειραματικό σφάλμα. Τέλος, στα δείγματα με τρεχαλόζη και 1% Distilled Monoglyceride υπάρχει η τάση για μικρή αύξηση της σκληρότητας της εσωτερικής φέτας, ενώ αντίθετα στα δείγματα με 2% Distilled Monoglyceride φαίνεται μικρή μείωση στη σκληρότητα της εσωτερικής φέτας. Ωστόσο όλες αυτές οι διαφορές είναι τόσο μικρές που θα μπορούσαν να θεωρηθούν αμελητέες.

#### Σκληρότητα φέτας άρτου (συμπίεση με κοπίδι)

Στην προκειμένη περίπτωση παρατηρούνται αρκετές διακυμάνσεις στη σκληρότητα της φέτας του άρτου, οι οποίες όμως είναι σχεδόν ίδιες για όλα τα κρυοπροστατευτικά. Συνεπώς υπάρχει επίδραση στην ιδιότητα αυτή των προϊόντων από τη συγκέντρωση των κρυοπροστατευτικών, όχι όμως από το είδος αυτών, φαινόμενο που επιβεβαιώνεται και από τη στατιστική επεξεργασία ( $p < 0,05$ ). Συγκεκριμένα σε μερικές περιπτώσεις όπως στα δείγματα με 200 ppm τρεχαλόζη, 400 ppm ξανθάνη, 0,25% κόμμι γκουάρ ή 0,50% SSL φαίνεται να διατηρείται καλύτερα η υφή της φέτας των αρτοσκευασμάτων κατά την κοπή, ενώ στα υπόλοιπα παρατηρούνται μερικές αυξομειώσεις, εξαιρουμένου του δείγματος με 400 ppm τρεχαλόζη όπου φαίνεται μικρή αύξηση της ιδιότητας αυτής. Ωστόσο ενώ παρατηρούνται αυτές οι διακυμάνσεις μέχρι το τέλος της κατάψυξης, από τη στατιστική ανάλυση φαίνεται ότι ο χρόνος αποθήκευσης υπό κατάψυξη δεν επηρεάζει την ιδιότητα αυτή των αρτοσκευασμάτων.

## Οργανοληπτικός έλεγχος

Μετά από τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων και την παρατήρηση των διαγραμμάτων (διαγράμματα 7.29-7.42 και 7.85-7.99), προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα όσον αφορά κάθε μελετώμενο χαρακτηριστικό:

- *Διόγκωση*: Εμφάνιση σημαντικής επίδρασης στη διόγκωση του άρτου του κρυοπροστατευτικού που χρησιμοποιείται όπως και του χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη, αλλά όχι και του ποσοστού προσθήκης του υλικού. Αυτό είναι λογικό, καθώς όπως φαίνεται από τα διαγράμματα τα δείγματα με SSL βαθμολογούνταν κάθε φορά από τους δοκιμαστές, με σχετικά υψηλότερη διόγκωση παρόμοια και για τις δύο χρησιμοποιούμενες συγκεντρώσεις. Επιπλέον, με το πέρας της αποθήκευσης υπό κατάψυξη παρατηρούνταν τα δείγματα να μην έχουν μεν την ίδια προτίμηση με τα φρέσκα, αλλά να διατηρούν μία σχετικά υψηλή βαθμολογία για τη διόγκωση (βαθμός περίπου 7 στις 28 ημέρες σε όλα τα πρόσθετα). Συγκρίσιμα αποτελέσματα στη διόγκωση έδωσαν επίσης τα δείγματα με κόμμι γκουάρ και με τρεχαλόζη, ενώ τα δείγματα με ξανθάνη και Distilled Monoglyceride συγκέντρωσαν χαμηλότερη βαθμολογία για την ιδιότητα αυτή.
- *Ύπαρξη σχισμών ή ρωγμών στην επιφάνεια*: Παρατηρείται μη εξάρτηση της ιδιότητας αυτής του άρτου από το είδος του κρυοπροστατευτικού, αλλά μόνο από τη συγκέντρωση αυτού όπως και από το χρόνο αποθήκευσης των δειγμάτων υπό κατάψυξη. Η στατιστική επεξεργασία συμφωνεί με τα διαγράμματα, καθώς οι δοκιμαστές φαίνεται να προτιμούν τα φρέσκα δείγματα ή τα δείγματα λίγων ημερών αποθήκευσης υπό κατάψυξη δίνοντας βαθμολογία 1-3 στα δείγματα με τρεχαλόζη και ξανθάνη και 1-1,5 στα δείγματα με άλλα πρόσθετα, έναντι των δειγμάτων αποθηκευμένων για πολλές ημέρες σε κατάψυξη δίνοντας βαθμολογία 4-6 στα δείγματα με τρεχαλόζη και ξανθάνη και 2-5 στα δείγματα με τα άλλα υλικά αντίστοιχα.
- *Χρώμα κόρας*: Όσον αφορά το χρώμα κόρας τα αποτελέσματα έδειξαν εξάρτηση από το κρυοπροστατευτικό καθώς και από το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη, αλλά όχι από τη συγκέντρωση των χρησιμοποιούμενων προσθέτων. Αυτό αποτυπώνεται και στα διαγράμματα, καθώς με βάση το κρυοπροστατευτικό υπήρχαν ελαφρώς υψηλότερες βαθμολογίες στα φρέσκα δείγματα με SSL και

κόμμι γκουάρ (ελάχιστα πιο σκούρο χρώμα στα φρέσκα δείγματα), ενώ στη συνέχεια σχεδόν ισορρόπησαν στο χρώμα μέχρι τον 1ο μήνα αποθήκευσης, σε αντίθεση με τα δείγματα με ξανθάνη και Distilled Monoglyceride τα οποία δεν μεταβλήθηκαν σημαντικά ως προς το χρώμα της κόρας και τα δείγματα με τρεχαλόζη τα οποία ενώ εμφάνισαν αρχικά υψηλές τιμές χρώματος, εν συνεχεία μειώνονταν σταδιακά στο χρώμα της κόρας μέχρι τον 1ο μήνα αποθήκευσης. Επιπλέον ο χρόνος αποθήκευσης υπό κατάψυξη είχε σημαντική επίδραση στην ιδιότητα αυτή, αφού στα φρέσκα δείγματα οι βαθμολογίες του χρώματος κόρας των αρτοσκευασμάτων ήταν 6-7, ενώ προς το τέλος της κατάψυξης οι δοκιμαστές έβρισκαν τα δείγματα αρκετά πιο ανοιχτόχρωμα δίνοντάς τους βαθμολογία αντίστοιχα 4,5-6 περίπου.

- *Σκληρότητα κόρας:* Από τη στατιστική επεξεργασία φάνηκε επίδραση στη σκληρότητα της κόρας από το κρυοπροστατευτικό και τη συγκέντρωσή του, όχι όμως από το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη. Από τα διαγράμματα είναι εμφανής η διαφορά στην εκτίμηση της σκληρότητας από τους δοκιμαστές ανάλογα με τις διαφορετικές συγκεντρώσεις των κρυοπροστατευτικών, καθώς επίσης και η μικρή διαφορά στην ιδιότητα αυτή που εμφανίζεται ως προς τα διάφορα κρυοπροστατευτικά, κυρίως επειδή το Distilled Monoglyceride συγκέντρωνε συνολικά χαμηλότερες τιμές σκληρότητας κόρας, ενώ τα άλλα κρυοπροστατευτικά παρείχαν λίγο πιο υψηλές τιμές σκληρότητας κόρας αρχικά στα αρτοσκευάσματα και μετά οι τιμές μειώνονταν τείνοντας στο 6. Η μείωση αυτή της σκληρότητας όμως δεν ήταν τόσο έντονη, ώστε να φανεί και στα αποτελέσματα της ανάλυσης διακύμανσης.
- *Υπαρξη οπών στο εσωτερικό του δείγματος:* Από τη στατιστική ανάλυση παρατηρείται επίδραση της ιδιότητας αυτής από όλους τους εξεταζόμενους παράγοντες. Το ίδιο προκύπτει και από τα διαγράμματα καθώς φαίνεται ότι τα δείγματα με τρεχαλόζη έχουν εμφανώς υψηλότερη βαθμολογία από ότι τα δείγματα με τα άλλα κρυοπροστατευτικά. Επίσης, εμφανώς υψηλότερη βαθμολογία (άρα περισσότερες οπές) έλαβαν από τους δοκιμαστές τα δείγματα με 0,5% SSL και κόμμι γκουάρ έναντι αυτών με 0,25%. Τέλος, αναφορικά με το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη, παρατηρούνται μικρές αυξομειώσεις στο μέγεθος και το πλήθος των οπών της ψίχας των δειγμάτων μέχρι τον 1ο μήνα αποθήκευσης, οι οποίες ωστόσο θα μπορούσαν να θεωρηθούν αμελητέες.

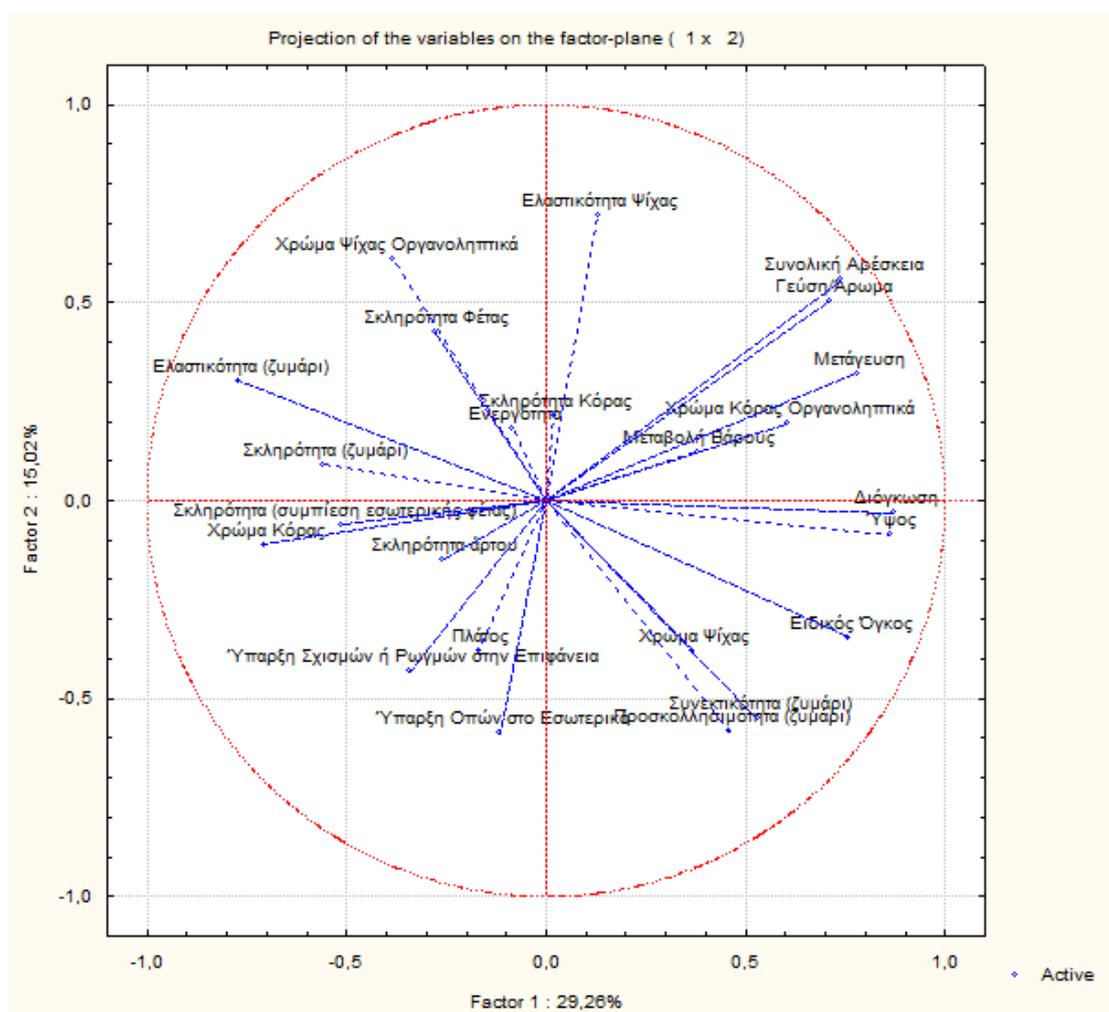
- *Χρώμα ψίχας:* Με βάση τη στατιστική επεξεργασία παρατηρείται επίδραση του χρώματος της ψίχας από τα κρυοπροστατευτικά, τις διαφορετικές συγκεντρώσεις αυτών όπως και από το χρόνο αποθήκευσης των προϊόντων υπό κατάψυξη. Το ίδιο προκύπτει και από τα διαγράμματα που δείχνουν μερικές διαφορές στις βαθμολογίες των δοκιμαστών με βάση το κρυοπροστατευτικό, κυρίως λόγω της διαφοράς που εμφανίζουν τα δείγματα με τρεχαλόζη από ότι εκείνα με κόμμι γκουάρ και Distilled Monoglyceride (ελάχιστα πιο σκούρο χρώμα ψίχας παρείχε η τρεχαλόζη), καθώς επίσης και τις ελαφρώς μικρές διαφορές ανάλογα με τις συγκεντρώσεις των κρυοπροστατευτικών, κυρίως λόγω της μεγάλης διαφοράς του τυφλού δείγματος από τα υπόλοιπα (πιο σκούρο το τυφλό). Επίσης, με βάση τα διαγράμματα εμφανίζεται ελαφρώς μικρή επίδραση στο χρώμα της ψίχας από το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη, καθώς αυξάνει ελάχιστα η βαθμολογία της ιδιότητας αυτής μέχρι τον 1 μήνα αποθήκευσης.
- *Ελαστικότητα ψίχας:* Με βάση τα διαγράμματα είναι εμφανής η διαφορά που παρέχουν τα κρυοπροστατευτικά στην ελαστικότητα της ψίχας, καθώς φαίνεται τα δείγματα με ξανθάνη, SSL και κόμμι γκουάρ να λαμβάνουν πιο υψηλές βαθμολογίες στις αρχικές ημέρες αποθήκευσης σε κατάψυξη (κυρίως με ξανθάνη και κόμμι γκουάρ). Μέχρι τον 1ο μήνα αποθήκευσης, το δείγμα με 400 ppm ξανθάνης φαίνεται να χάνει την ελαστικότητα, ενώ εκείνο με 100 ppm εμφανίζει μικρή αύξηση, εκείνο με 0,25% κόμμι γκουάρ έχει χάσει την ελαστικότητά του, ενώ το δείγμα με 0,50% την διατηρεί λίγο παραπάνω και εκείνο με 0,25% SSL φαίνεται να είναι λίγο καλύτερο από το αντίστοιχο με 0,50% SSL. Η τρεχαλόζη και το Distilled Monoglyceride φαίνεται να συνεισφέρουν στη διατήρηση μεν σταθερότερης ελαστικότητας της ψίχας, αλλά σε παρέχουν χαμηλότερες τιμές ελαστικότητας ψίχας από ότι τα υπόλοιπα υλικά. Αυτά έρχονται σε συμφωνία με τη στατιστική επεξεργασία που δείχνει εξάρτηση της ελαστικότητας ψίχας ως προς το είδος του κρυοπροστατευτικού και τη συγκέντρωσή του. Τέλος η ελαστικότητα μειώνεται σταδιακά με το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη, όπως επιβεβαιώνεται και από τη στατιστική ανάλυση, εκτός από την περίπτωση των δειγμάτων με ξανθάνη που φαίνεται να διατηρεί καλύτερα την ελαστικότητα της ψίχας των αρτοσκευασμάτων.
- *Γεύση/Άρωμα:* Με βάση το χρησιμοποιούμενο κρυοπροστατευτικό παρατηρείται αρκετή δι-αφορά στη γεύση/άρωμα των αρτοσκευασμάτων, καθώς οι δοκιμαστές

έδειξαν μεγαλύτερη προτίμηση στα δείγματα με ξανθάνη, κόμμι γκούαρ και SSL δίνοντας υψηλότερες βαθμολογίες, ενώ τα δείγματα με τρεχαλόζη και Distilled Monoglyceride παρόλο που αρχικά είχαν υψηλές βαθμολογίες στη γεύση/άρωμα, στη συνέχεια δεν κατάφεραν να τις διατηρήσουν. Επιπλέον, υπήρχαν αρκετές διακυμάνσεις στη γεύση/άρωμα των προϊόντων ανάλογα με τις χρησιμοποιούμενες συγκεντρώσεις των προσθέτων με αποτέλεσμα να μην είναι εμφανές ποιο είχε καλύτερη γεύση. Επιπλέον, με βάση το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη εμφανώς υπάρχει επίδραση στη γεύση/άρωμα, η οποία συμφωνεί με τη στατιστική επεξεργασία, αφού φάνηκε να μειώνεται σταδιακά η βαθμολογία της ιδιότητας αυτής μέχρι και τον 1ο μήνα αποθήκευσης.

- *Μετάγευση:* Για τη μετάγευση των αρτοσκευασμάτων προέκυψαν παρόμοιες παρατηρήσεις με τη γεύση/άρωμα, με τη διαφορά ότι δεν υπάρχει εξάρτηση της ιδιότητας αυτής από τη συγκέντρωση του χρησιμοποιούμενου πρόσθετου. Επίσης, σε όλα τα δείγματα η βαθμολογία των δοκιμαστών ήταν ελαφρώς χαμηλότερη για τη μετάγευση σε σχέση με την αντίστοιχη για τη γεύση/άρωμα.
- *Συνολική Αρέσκεια:* Η συνολική αρέσκεια των αρτοσκευασμάτων εμφάνισε παρόμοια αποτελέσματα με τη γεύση/άρωμα, τα οποία επιβεβαιώνονται και από τη στατιστική επεξεργασία, δηλαδή ότι υπάρχει σημαντική εξάρτηση της συνολικής αρέσκειας από όλους τους μελετώμενους παράγοντες. Συγκεκριμένα φαίνεται η ξανθάνη, το κόμμι γκούαρ και το SSL να προ-τιμώνται ως κρυοπροστατευτικά (βαθμολογία σχεδόν 1 μονάδα παραπάνω στα δείγματα με τρεχαλόζη και Distilled Monoglyceride), ενώ ως προς τη συγκέντρωση των κρυοπροστατευτικών φαίνονται ελάχιστες διαφορές. Τέλος με βάση το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη, παρατηρείται μικρή μείωση της συνολικής αρέσκειας μέχρι τον 1ο μήνα αποθήκευσης.

## Ανάλυση Συσχέτισης Κύριων Συνιστωσών (PCA)

Στα παραπάνω αποτελέσματα του πειράματος διατήρησης των ποιοτικών χαρακτηριστικών άρτου από κατεψυγμένο ζυμάρι με χρήση διαφόρων κρουπροστατευτικών υλικών σε διαφορετικά ποσοστά προσθήκης αυτών πραγματοποιήθηκε ανάλυση κύριων συνιστωσών για τη συσχέτιση όλων των εξετασθέντων παραμέτρων μεταξύ τους. Παρακάτω παρουσιάζονται τα διαγράμματα και οι παρατηρήσεις που προέκυψαν:



Διάγραμμα 7.100: Ανάλυση Συσχέτισης Κύριων Συνιστωσών για όλα τα κρουπροστατευτικά – Διάγραμμα Μεταβλητών

Η πρώτη κύρια συνιστώσα περιγράφει το πείραμα κατά 29,26%, ενώ η δεύτερη κύρια συνιστώσα περιγράφει το πείραμα κατά 15,02%. Συνολικά, και οι δύο κύριες συνιστώσες περιγράφουν το πείραμα κατά 44,28%. Παρατηρείται ότι θετική συνεισφορά στην πρώτη κύρια συνιστώσα έχουν, η μετάγευση, η διόγκωση και το

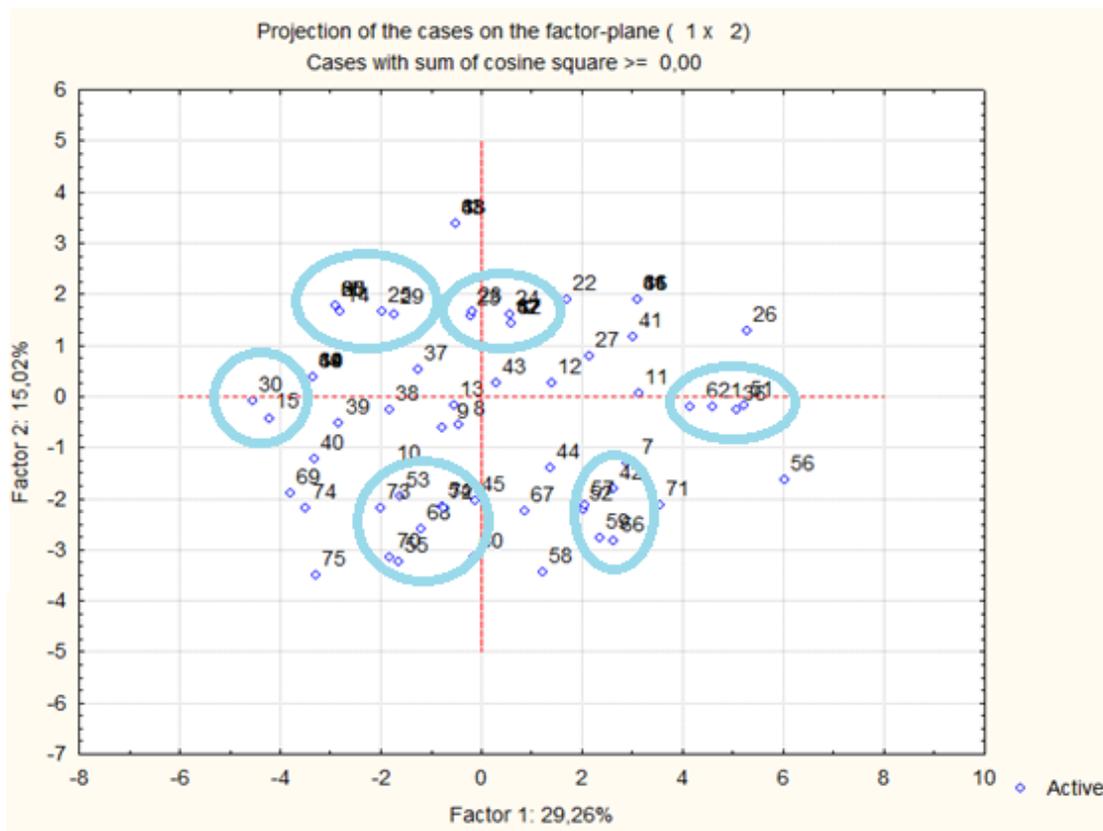
ύψος των αρτοσκευασμάτων, ενώ αρνητική συνεισφορά στην πρώτη κύρια συνιστώσα έχουν, η ελαστικότητα του ζυμαριού και το χρώμα κόρας του τελικού προϊόντος. Από την άλλη μεριά παρατηρείται ότι θετική συνεισφορά στη δεύτερη κύρια συνιστώσα έχουν, η ελαστικότητα και το οργανοληπτικό χρώμα ψίχας του προϊόντος, ενώ αρνητική συνεισφορά στην δεύτερη κύρια συνιστώσα φαίνεται να εμφανίζουν, η ύπαρξη σχισμών ή ρωγμών στην επιφάνεια και η ύπαρξη οπών στο εσωτερικό του αρτοσκευάσματος. Οι υπόλοιπες μεταβλητές δεν φαίνεται να προσεγγίζουν σαφώς κάποια συνιστώσα, οπότε θεωρείται ότι δεν έχουν ιδιαίτερη συνεισφορά σε κάποια εξ αυτών.

Επίσης από το ανωτέρω διάγραμμα προκύπτει ότι η γεύση/άρωμα, η συνολική αρέσκεια και ίσως η μετάγευση των προϊόντων ως ένα βαθμό αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και έχουν παρόμοια συνεισφορά στο σύστημα. Συνεπώς, υψηλές τιμές συνολικής αρέσκειας των προϊόντων προκύπτουν από υψηλές τιμές σε γεύση/άρωμα και μετάγευση. Επιπλέον, παρατηρείται αλληλεπίδραση μεταξύ της συνεκτικότητας και της προσκολλησιμότητας του ζυμαριού, άρα δείγματα με υψηλή συνεκτικότητα έχουν και υψηλή προσκολλησιμότητα. Τέλος, αλληλεπίδραση με παρόμοια συνεισφορά στο σύστημα εμφανίζεται στην ύπαρξη οπών στο εσωτερικό και στην ύπαρξη σχισμών ή ρωγμών στην επιφάνεια των αρτοσκευασμάτων.

Ωστόσο κρίνεται απαραίτητο να σχολιαστούν και οι μεταβλητές με μεγάλη προβολή στους άξονες που βρίσκονται σε αντιδιαμετρικές θέσεις. Τέτοιου είδους μεταβλητές είναι:

- Η ελαστικότητα του ζυμαριού με τον ειδικό όγκο του άρτου. Συνεπώς υψηλή ελαστικότητα ζυμαριού συνοδεύεται από χαμηλό ειδικό όγκο του ψημένου άρτου,
- Η συνεκτικότητα του ζυμαριού με το οργανοληπτικό χρώμα ψίχας. Οπότε δείγματα με υψηλή συνεκτικότητα, συνοδεύονταν από χαμηλές τιμές του χρώματος ψίχας από τους δοκιμαστές, άρα θεωρούνταν πιο σκουρόχρωμα στην ψίχα,
- Η ελαστικότητα ψίχας με την ύπαρξη οπών στο εσωτερικό του δείγματος, με αποτέλεσμα τα δείγματα με υψηλές τιμές ελαστικότητας ψίχας να έχουν λιγότερες οπές στο εσωτερικό τους (χαμηλότερη βαθμολογία) και

- Το χρώμα κόρας με τη μετάγευση, με αποτέλεσμα τα πιο σκούρα δείγματα (μεγάλο ΔΕ), να έχουν χειρότερη μετάγευση.



Διάγραμμα 7.101: Ανάλυση Συσχέτισης Κύριων Συνιστωσών για όλα τα κρυοπροστατευτικά – Διάγραμμα Παρατηρήσεων

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρείται ότι η συγκέντρωση των δειγμάτων στο 3ο και το 4ο τεταρτημόριο, είναι αρκετά μεγαλύτερη συγκριτικά με το 1ο και 2ο τεταρτημόριο. Λόγω του μεγάλου αριθμού δειγμάτων δεν είναι ο εύκολος ο μεταξύ τους διαχωρισμός, καθώς αυτά εμφανίζονται διάσπαρτα σε όλα τα τεταρτημόρια. Παρόλα αυτά φαίνεται ότι τα περισσότερα δείγματα με τρεχαλόζη και ξανθάνη, καθώς και μερικά με κόμμι γκουάρ βρίσκονται στο 1ο και 2ο τεταρτημόριο (θετική επίδραση στη 2η κύρια συνιστώσα και είτε θετική είτε αρνητική στην 1η), ενώ τα περισσότερα δείγματα με SSL και Distilled Monoglyceride καθώς και ελάχιστα από εκείνα με τα άλλα κρυοπροστατευτικά βρίσκονται στο 3ο και 4ο τεταρτημόριο (αρνητική επίδραση στη 2η κύρια συνιστώσα και είτε θετική είτε αρνητική επίδραση στην 1η).

Από το ανωτέρω διάγραμμα φαίνονται ορισμένες συσχετίσεις μεταξύ των δειγμάτων. Αρχικά, μία ομάδα φαίνεται να φτιάχνουν τα δείγματα 6, 21, 36 και 51. Τα δείγματα αυτά αντιπροσωπεύουν τα φρέσκα δείγματα με 200 ppm τρεχαλόζης, 100 ppm ξανθάνης, 0,25% κόμμι γκουάρ και 0,25% SSL αντίστοιχα. Τα συγκεκριμένα δείγματα φαίνεται ότι έχουν μεγάλο ύψος και βαθμολογούνται υψηλά από τους δοκιμαστές στον οργανοληπτικό έλεγχο. Αυτό είναι φυσιολογικό, διότι πρόκειται για τα φρέσκα δείγματα, που σημαίνει ότι δεν έχουν αλλοιωθεί καθόλου τα χαρακτηριστικά τους από την κατάψυξη (όχι σχηματισμός πάγου, όχι διάσπαση των μορίων της γλουτένης κλπ.). Ωστόσο τα συγκεκριμένα δείγματα φαίνεται να έχουν χαμηλή ελαστικότητα ζυμαριού.

Επιπλέον τα δείγματα 52, 57, 59, 66 αποτελούν μία άλλη ομάδα. Τα συγκεκριμένα δείγματα αντιπροσωπεύουν εκείνα με 0,25% SSL στην 1η ημέρα αποθήκευσης σε κατάψυξη, τα δείγματα με 0,5% SSL στην 1η ημέρα αποθήκευσης σε κατάψυξη, με 0,5% SSL στην 14η ημέρα αποθήκευσης σε κατάψυξη και τα φρέσκα δείγματα 1% Distilled Monoglyceride, αντίστοιχα. Τα δείγματα αυτά φαίνεται ότι έχουν καλύτερη προσκολλησιμότητα και ελαστικότητα ζυμαριού, όμως βαθμολογούνται χαμηλότερα από τους δοκιμαστές στο χρώμα ψίχας, δηλαδή φαίνεται να έχουν πιο ανοιχτόχρωμη ψίχα. Αυτά τα δείγματα έχουν αντίθετα χαρακτηριστικά από εκείνα της ομάδας με τα δείγματα 14, 25 και 29 (δείγματα με 400 ppm τρεχαλόζη στην 14η ημέρα αποθήκευσης σε κατάψυξη, με 100 ppm ξανθάνης στην 28η ημέρα αποθήκευσης σε κατάψυξη και 400 ppm ξανθάνης στην 14η ημέρα αποθήκευσης σε κατάψυξη).

Ακόμα μία ομάδα σχηματίζεται από τα δείγματα 53, 54, 55, 68, 70, 72 και 73 (κατά σειρά: δείγματα με 0,25% SSL στην 7η, 14η και 28η ημέρα αποθήκευσης σε κατάψυξη, με 1% Distilled Monoglyceride στην 7η και 28η ημέρα αποθήκευσης σε κατάψυξη και με 2% Distilled Monoglyceride στην 1η και 7η ημέρα αποθήκευσης σε κατάψυξη αντίστοιχα). Τα δείγματα αυτά φαίνεται ότι έδειξαν καλά αποτελέσματα όσον αφορά στις οπές στο εσωτερικό τους και στις ρωγμές ή σχισμές στην εξωτερική τους επιφάνεια (χαμηλή βαθμολογία από τους δοκιμαστές), ενώ φάνηκε να έχουν υποδεέστερη επίδραση στην ελαστικότητα της ψίχας (χαμηλή βαθμολογία επίσης από τους δοκιμαστές).

Επιπλέον παρόμοια συμπεριφορά παρουσιάζουν τα δείγματα 15 και 30 που αντιστοιχούν σε εκείνα με 400 ppm τρεχαλόζης και ξανθάνης αντίστοιχα για 28

ημέρες αποθήκευσης σε κατάψυξη. Τα συγκεκριμένα δείγματα έχουν πολύ καλά αποτελέσματα στη σκληρότητα εσωτερικής φέτας και στο χρώμα κόρας, όμως δεν εμφανίζουν καλά αποτελέσματα στη γεύση/άρωμα, τη μετάγευση και τη συνολική αρέσκεια. Αυτό είναι φυσιολογικό καθώς πρόκειται για δείγματα αποθηκευμένα επί 1 μήνα στην κατάψυξη, γεγονός που συνεπάγεται υποβάθμιση των οργανοληπτικών τους χαρακτηριστικών.

Επιπρόσθετα μία ομάδα σχηματίζεται από τα δείγματα 23, 24, 28, 47, 62 (κατά σειρά: δείγμα με 100 ppm ξανθάνης για 7 και 14 ημέρες αποθήκευσης σε κατάψυξη, με 400 ppm ξανθάνης για 7 ημέρες αποθήκευσης σε κατάψυξη και τυφλά δείγματα 1η μέρα αποθήκευσης σε κατάψυξη). Τα συγκεκριμένα δείγματα όπως έχουν πολύ καλά αποτελέσματα στην ελαστικότητα ψίχας, όμως εμφανίζουν αρκετές οπές στο εσωτερικό τους. Αυτό είναι λογικό καθώς πρόκειται κατά κύριο λόγο για δείγματα με προσθήκη ξανθάνης, τα οποία σε όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης σε κατάψυξη εμφάνιζαν υψηλή ελαστικότητα ψίχας σύμφωνα με τους δοκιμαστές, αλλά και για τυφλά δείγματα με μία ημέρα αποθήκευσης σε κατάψυξη, γεγονός φυσιολογικό καθώς δεν έχει προλάβει να δράσει ακόμα η κατάψυξη, ώστε να διαλύσει τη δομή της ψίχας.

Τέλος εμφανίζεται η ομάδα με τα δείγματα 14, 25, 29 και άλλα δύο δείγματα τα οποία δεν μπορούν να ξεχωρίσουν (κατά σειρά: δείγματα με 400 ppm τρεχαλόζης για 14 ημέρες αποθήκευσης σε κατάψυξη, με 100 ppm ξανθάνης για 28 ημέρες αποθήκευσης σε κατάψυξη και με 400 ppm ξανθάνης για 14 ημέρες αποθήκευσης σε κατάψυξη). Τα δείγματα αυτά εμφανίζουν υψηλό οργανοληπτικό χρώμα ψίχας (πιο σκούρα ψίχα) και σκληρότητα φέτας με κοπίδι, αλλά παρουσιάζουν χαμηλή συνεκτικότητα και προσκολλησιμότητα ζυμαριού γεγονός φυσιολογικό καθώς πρόκειται για δείγματα με αρκετές ημέρες αποθήκευσης σε κατάψυξη. Το μόνο πρόβλημα είναι η εμφάνιση αποτελεσμάτων με πιο σκούρα ψίχα (ίσως σφάλμα), καθώς το χρώμα της ψίχας δεν μεταβαλλόταν κατά τη διάρκεια του πειράματος σε μεγάλο βαθμό.

## **8. Συμπεράσματα – Προτάσεις**

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκε η διατήρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών άρτου από κατεψυγμένο ζυμάρι με χρήση διαφόρων κρυοπροστατευτικών υλικών σε διαφορετικά ποσοστά προσθήκης αυτών σε 2 σειρές πειραμάτων. Η πρώτη περιελάμβανε σύγκριση των κρυοπροστατευτικών τρεχαλόζης και ξανθάνης τα οποία προστέθηκαν σε τέσσερις συγκεντρώσεις έκαστο (100, 200, 400, 1000 ppm), ενώ η διάρκεια αποθήκευσης υπό κατάψυξη εκτεινόταν μέχρι τις 84 ημέρες. Η δεύτερη σειρά πειραμάτων περιλάμβανε σύγκριση των κρυοπροστατευτικών υλικών κόμμεως γκουάρ, SSL και Distilled monoglyceride τα οποία προστέθηκαν σε δύο συγκεντρώσεις έκαστο (0,25% και 0,5% για κόμμι γκουάρ και SSL, και 1% και 2% για Distilled monoglyceride), ενώ η διάρκεια αποθήκευσης υπό κατάψυξη εκτεινόταν μέχρι τις 28 ημέρες. Τέλος επιχειρήθηκε και σύγκριση όλων των κρυοπροστατευτικών μεταξύ τους, αφού προηγουμένως έγινε επιλογή των δύο καλύτερων συγκεντρώσεων της τρεχαλόζης (200, 400 ppm) και της ξανθάνης (100, 400 ppm), προκειμένου μπορεί να γίνει ταυτόχρονη σύγκριση όλων των κρυοπροστατευτικών μεταξύ τους για χρονικό διάστημα ενός μήνα αποθήκευσης σε κατάψυξη.

Όσον αφορά τη σύγκριση μεταξύ των δειγμάτων με κρυοπροστατευτικά τρεχαλόζη και κόμμι ξανθάνης μαζί με τα τυφλά δείγματα (1<sup>η</sup> σειρά), παρατηρήθηκε ότι η μεταβολή του βάρους των αρτοσκευασμάτων μειώθηκε με τη χρήση των κρυοπροστατευτικών μέχρι τους 3 μήνες, με την ξανθάνη να παρουσιάζει λίγο καλύτερα αποτελέσματα από την τρεχαλόζη. Επίσης με βάση τον ειδικό όγκο των προϊόντων, φάνηκε ότι ο χρόνος αποθήκευσης υπό κατάψυξη επηρέασε πάρα πολύ τα δείγματα, όμως η τρεχαλόζη, κυρίως με προσθήκη 200 ppm, έδειξε να διατηρεί ελάχιστα καλύτερο ειδικό όγκο σε σχέση με την ξανθάνη μετά τον 1ο μήνα (παρέμεινε κοντά στα 2,3-2,4mg/L). Το ίδιο φάνηκε να επιβεβαιώνεται και από το ύψος, το οποίο στα 200 ppm τρεχαλόζης παρέμεινε στα 6,4cm. Επιπλέον ο χρωματισμός στην κόρα των τελικών προϊόντων φάνηκε να επηρεάζεται κυρίως από το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη περισσότερο από ότι από τα διαφορετικά κρυοπροστατευτικά (πιο ανοιχτόχρωμα με το πέρασμα της αποθήκευσης σε κατάψυξη) λόγω σχηματισμού παγοκρυστάλλων, ενώ ο χρωματισμός στην ψίχα των προϊόντων φάνηκε να παρουσιάζει παρόμοια αποτελέσματα (συνολικό χρώμα περίπου 75).

Σχετικά με την ενεργότητα νερού των αρτοσκευασμάτων φάνηκε μία σταθερότητα στις τιμές (0,93-0,96) που δεν ήταν διαφορετική για τα δύο κρυοπροστατευτικά.

Επιπλέον από τα χαρακτηριστικά υφής που μελετήθηκαν βρέθηκαν αξιόλογες διαφορές Σχετικά με τη σκληρότητα του ζυμαριού, παρατηρήθηκε τάση αύξησή της (0,4-0,8N) κατά την παρατεταμένη αποθήκευση υπό κατάψυξη. Αντίστοιχα μικρή αύξηση παρουσίασε η ελαστικότητα και μικρή μείωση η συνεκτικότητα του ζυμαριού. Η προσκολλησιμότητα του ζυμαριού ήταν μικρότερη στα δείγματα με τρεχαλόζη. Μικρή αύξηση σημειώθηκε στη σκληρότητα του άρτου, τη σκληρότητα της εσωτερικής φέτας με συμπίεση και στη σκληρότητα της φέτας με κοπίδι κατά τους 3 μήνες αποθήκευσης, ενώ φάνηκε η προσθήκη τρεχαλόζης να συνεισφέρει σε λίγο πιο σκληρή κόρα στο προϊόν.

Τέλος, πραγματοποιήθηκε οργανοληπτικός έλεγχος των δειγμάτων από έμπειρους δοκιμαστές. Οι δοκιμαστές φάνηκε να επιβεβαιώνουν τα περισσότερα ευρήματα των αντικειμενικών μετρήσεων. Συγκεκριμένα εντόπισαν λίγο μεγαλύτερη διόγκωση στα δείγματα με τρεχαλόζη, όπως επίσης και μεγαλύτερη σκληρότητα κόρας και πιο ανοιχτό χρώμα κόρας και ψίχας στα προϊόντα. Επίσης έκριναν ότι τα δείγματα με ξανθάνη είχαν πιο ελαστική ψίχα και με λιγότερες οπές στο εσωτερικό της. Τέλος, οι δοκιμαστές έδειξαν λίγο μεγαλύτερη προτίμηση στα δείγματα της ξανθάνης, όσον αφορά τη γεύση/άρωμα, τη μετάγευση και τη συνολική αρέσκεια ειδικά μετά από 3 μήνες αποθήκευσης σε κατάψυξη.

Όσον αφορά τη σύγκριση μεταξύ των δειγμάτων με κρυοπροστατευτικά κόμμι γκουάρ, SSL και Distilled Monoglyceride μαζί με τα τυφλά δείγματα (2<sup>η</sup> σειρά), παρατηρήθηκε ομοιομορφία στη μεταβολή του βάρους των αρτοσκευασμάτων με τα δείγματα με κόμμι γκουάρ και Distilled Monoglyceride να παρουσιάζουν μικρή τάση μείωσης μέχρι τον 1<sup>ο</sup> μήνα αποθήκευσης. Τα δείγματα με SSL εμφάνισαν μεγαλύτερη διόγκωση τις πρώτες ημέρες αποθήκευσης σε κατάψυξη (2,8mg/L), η οποία διατηρήθηκε σε ικανοποιητικό βαθμό μέχρι και τις 28 ημέρες αποθήκευσης (2,65mg/L) κυρίως σε ποσοστό προσθήκης 0,50%. Ακολουθούσαν τα δείγματα με κόμμι γκουάρ και κατόπιν εκείνα με Distilled Monoglyceride (στις 28 ημέρες αποθήκευσης 2,5mg/L και 2,4mg/L αντίστοιχα). Ωστόσο, και σε αυτά τα κρυοπροστατευτικά παρουσιάστηκε η τάση για μείωση του ειδικού όγκου με το πέρας της αποθήκευσης σε κατάψυξη. Τα ίδια επιβεβαιώνονται και από τα αποτελέσματα

του ύψους των έτοιμων αρτοσκευασμάτων (πρώτες ημέρες αποθήκευσης SSL: 7,8cm, 28 ημέρες SSL: 7cm, κόμμι γκουάρ και Distilled Monoglyceride στην αρχή: 7,7cm και 7,1cm αντίστοιχα, ενώ στις 28 ημέρες αποθήκευσης: 6,8cm και 6,6cm αντίστοιχα). Στα δείγματα αυτά παρουσιάστηκε η τάση για αύξηση τους πλάτους μέχρι τον 1<sup>ο</sup> μήνα αποθήκευσης (5,6cm στις 28 ημέρες). Επιπλέον, ο χρωματισμός της κόρας των τελικών προϊόντων φάνηκε να επηρεάζεται κυρίως από το χρόνο κατάψυξης, παρά από τα διαφορετικά κρυοπροστατευτικά, ενώ ο χρωματισμός της ψίχας φάνηκε να παρουσιάζει παρόμοια αποτελέσματα σε όλες τις περιπτώσεις (συνολικό χρώμα περίπου 77-79). Σχετικά με την ενεργότητα νερού των τελικών προϊόντων, παρατηρήθηκε διακύμανση μεταξύ των τιμών 0,92-0,96, χωρίς όμως ουσιαστικές διαφορές μεταξύ των χρησιμοποιούμενων κρυοπροστατευτικών υλικών.

Από τη μελέτη των χαρακτηριστικών υφής του ζυμαριού, δεν προέκυψε σημαντική διαφοροποίηση της σκληρότητας, ελαστικότητας και προσκολλησιμότητας του ζυμαριού ως προς τους μελετώμενους παράγοντες. Συγκεκριμένα η σκληρότητα του ζυμαριού διατηρήθηκε σταθερή σε τιμές 0,4-0,6N, η ελαστικότητα σε τιμές 2-2,5 και η συνεκτικότητα σε τιμές 0,6-1, ενώ πολύ μικρές ήταν και οι αντίστοιχες τιμές προσκολλησιμότητας. Στα αντίστοιχα ψημένα αρτοσκευάσματα, φαίνεται να υπάρχει η τάση για μείωση της σκληρότητας του άρτου μέχρι τον 1ο μήνα αποθήκευσης (20→14 N) σε κάποια ποσοστά προσθήκης κρυοπροστατευτικού (0,50% κόμμι γκουάρ, 0,25% SSL, 1% και 2% distilled monoglyceride), ενώ στα υπόλοιπα εμφανίζεται μάλλον σταθερή συμπεριφορά (0,25% κόμμι γκουάρ, 0,50% SSL). Από την άλλη, φάνηκε η τάση για μικρή αύξηση της σκληρότητας της φέτας με συμπίεση με χρήση Distilled Monoglyceride σε ποσοστό προσθήκης 1% (4→5,5N), μικρή μείωση σε ποσοστό 2% αυτού (5,7→3,5 N) και στα υπόλοιπα πρόσθετα (τιμές 3-4N). Αμελητέες αυξομειώσεις σημειώθηκαν αναφορικά με τη σκληρότητα κατά την κοπή της φέτας του άρτου.

Τέλος, ο οργανοληπτικός έλεγχος επιβεβαίωσε ότι η διόγκωση του άρτου ήταν μεγαλύτερη στα δείγματα με προσθήκη SSL, ενώ ακολουθούσαν αυτά με κόμμι γκουάρ και Distilled Monoglyceride. Επίσης τα τρία κρυοπροστατευτικά υλικά έδειξαν κοινά αποτελέσματα όσον αφορά στις οπές στο εσωτερικό, τις σχισμές ή ρωγμές στην επιφάνεια, καθώς επίσης και στην ελαστικότητα του τελικού προϊόντος. Τέλος, οι δοκιμαστές έδειξαν προτίμηση στα δείγματα με κόμμι γκουάρ και SSL,

έναντι των δειγμάτων με Distilled Monoglyceride, όσον αφορά τη γεύση/άρωμα, τη μετάγευση, και τη συνολική αρέσκεια των αρτοσκευασμάτων.

Η συνολική σύγκριση όλων των μελετώμενων κρυοπροστατευτικών υλικών, ενίσχυσε και συμπλήρωσε τις παρατηρήσεις που αναφέρθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους. Συγκριτικά μεγαλύτερη τιμές διόγκωσης του άρτου παρουσίασαν τα δείγματα με SSL (κυρίως σε συγκέντρωση 0,5%), στην ελαστικότητα του άρτου φάνηκε να υπερτερεί η ξανθάνη (ιδίως σε συγκέντρωση 400 ppm) και στη σκληρότητα του άρτου η τρεχαλόζη (η συγκέντρωση 200 ppm φάνηκε να διατηρεί μια σταθερότερη σκληρότητα, ενώ η συγκέντρωση 400 ppm φάνηκε να έχει αυξομειώσεις). Τέλος, οι δοκιμαστές φάνηκε να προτιμούν περισσότερο τα δείγματα με ξανθάνη (ιδίως 400 ppm καλύτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά), κόμμι γκουάρ (κυρίως σύσταση 0,50%) και SSL (0,50% λίγο καλύτερο από 0,25%), ενώ τα δείγματα με τρεχαλόζη και Distilled Monoglyceride θεωρήθηκαν υποδεέστερα. Σε κάθε περίπτωση όμως, όλα τα κρυοπροστατευτικά έδωσαν καλύτερα ή τουλάχιστον παρόμοια αποτελέσματα με τα τυφλά δείγματα. Τα παραπάνω αποτελέσματα έρχονται σε συμφωνία με την βιβλιογραφία, καθώς το SSL σε συγκέντρωση 0,5% είχε βρεθεί ξανά να έχει υψηλή διόγκωση (Hui et al, 2004), η ξανθάνη σε συγκέντρωση 400 ppm (μικρότερη της 0,16% επί του αλεύρου), είχε εξαιρετικά οργανοληπτικά και χαρακτηριστικά υφής και η τρεχαλόζη εμφάνιζε υψηλή σκληρότητα (Giannou & Tzia, 2008). Επίσης, από το διάγραμμα μεταβλητών παρατηρήθηκε θετική αλληλεπίδραση στη γεύση/άρωμα, τη συνολική αρέσκεια και ίσως τη μετάγευση των προϊόντων, στη συνεκτικότητα με τη προσκολλησιμότητα καθώς επίσης και στην ύπαρξη οπών στο εσωτερικό με την ύπαρξη σχισμών ή ρωγμών στην επιφάνεια των αρτοσκευασμάτων. Από την άλλη, εμφανίστηκε αρνητική αλληλεπίδραση στην ελαστικότητα του ζυμαριού με τον ειδικό όγκο του άρτου, στη συνεκτικότητα του ζυμαριού με το οργανοληπτικό χρώμα ψίχας, στην ελαστικότητα ψίχας με την ύπαρξη οπών στο εσωτερικό του δείγματος και στο χρώμα κόρας με τη μετάγευση. Επιπλέον, από το διάγραμμα παρατηρήσεων εμφανίστηκαν αποτελέσματα που έδειχναν επίδραση από το χρόνο αποθήκευσης υπό κατάψυξη, καθώς ομάδες με φρέσκα δείγματα εμφάνιζαν εξαιρετικά αποτελέσματα διόγκωσης και χαρακτηριστικών υφής, ενώ ομάδες με δείγματα περισσότερων ημερών σε αποθήκευση έδειξαν υποδεέστερα αποτελέσματα που και σε αυτή τη περίπτωση υπερίσχυαν των τυφλών δειγμάτων. Συγκεκριμένα επιβεβαιώθηκαν τα περισσότερα

προαναφερθέντα αποτελέσματα, με την καλύτερη ελαστικότητα άρτου και ψίχας σε δείγματα ξανθάνης 400 ppm, με υψηλότερη σκληρότητα άρτου στα δείγματα τρεχαλόζης 200 ppm και υψηλής διόγκωσης σε δείγματα με SSL. Τέλος, παρατηρήθηκε δείγματα με SSL να έχουν πιο ανοιχτόχρωμη κόρα σε περισσότερες ημέρες σε αποθήκευση υπό κατάψυξη.

Παρακάτω παρουσιάζονται μερικές προτάσεις που πολύ πιθανόν να αποτελέσουν μέρος συμπληρωματικής έρευνας για αποφυγή προβλημάτων από την αποθήκευση αρτοσκευασμάτων υπό κατάψυξη. Αρχικά, θα μπορούσε να γίνει περαιτέρω έρευνα στα προαναφερθέντα κρυοπροστατευτικά σε διαφορετικές συγκεντρώσεις για έλεγχο της ικανότητάς τους για αποφυγή, όσο το δυνατόν γίνεται, των προβλημάτων της κατάψυξης, καθώς επίσης και σε επιπλέον κρυοπροστατευτικά που δεν έχουν μελετηθεί ακόμα. Επιπλέον, προτείνεται η χρήση μικροκυμάτων στο στάδιο της απόψυξης, όπως επίσης και η έρευνα για τη βέλτιστη θερμοκρασία στο ίδιο στάδιο. Επιπρόσθετα, κρίνεται αναγκαία η έρευνα για ανάπτυξη νέων θαλάμων ωρίμανσης, κατάψυξης και απόψυξης, που θα βοηθούν τα αρτοσκευάσματα να εμφανίζουν παρόμοια αποτελέσματα με φρέσκα δείγματα. Τέλος, μια μέθοδος που προτείνεται είναι η έρευνα για αποκατάσταση μέρος αλεύρου σίτου με άλλα αλευρα, όπως είναι η ενσωμάτωση αλεύρου ζέας.

## **9. Βιβλιογραφία**

1. **Akbarian**, M., Sadegh Mardanian Dehkordi, M., Ghasemkhani, N., Koladoozi, M., Niknam, O., Morshedi, A. (2015). Hydrocolloids and Cryoprotectant used in Frozen Dough and Effect of Freezing on Yeast Survival and Dough Structure: A Review. *International Journal of Life Sciences* 9 (3): 1-7.
2. **Armero**, E., Collar, C. (1998). Crumb firming kinetics of wheat breads with anti-staling additives. *Journal of Cereal Science*, 28, 165-174.
3. **Attfield**, P.V., Raman, A., Northcott, C.J. (1992). Construction of *Saccharomyces cerevisiae* strains that accumulate relatively low concentration of trehalose, and their application in testing the contribution of the disaccharide to stress tolerance. *FEMS Microbiology Letters* 94, 271-276.
4. **Autio**, K., Laurikainen, T. (1997). Relationship between flour/dough microstructure and dough handling and baking properties. *Trends in Food Science and Technology*, 8, 181-185.
5. **Barcenas**, M.E., Haros, M., Rosell, C.M. (2003b). An approach to studying the effect of different bread improvers on the staling of pre-baked frozen bread. *European Food Research and Technology*, 218 (1), 56-61.
6. **Barcenas**, M.E., Rosell, C.M. (2006). Different approaches for improving the quality and extending the shelf life of the partially baked bread: low temperatures and HPMC addition. *Journal of Food Engineering*, 72, 92-99.
7. **Belderok**, B. (2000). A brief survey of gluten proteins and wheat starches. *Plant Foods for Human Nutrition*, 55 (1), 30-39.
8. **Cauvain**, S.P, Young, L.S. (1998). *Technology of breadmaking*, Thomson Science, 262-282.
9. **Cauvain**, S.P., Young, L.S. (1999). *Technology of breadmaking*. Aspen Publishers, Maryland, USA, 172-175.
10. **Cauvain**, S.P., Young, L.S. (2000). *Bakery food manufacture and quality - water control and effects*. Blackwell Science Ltd, London, UK, 24-46.

11. **Chang**, M.H. (2006). Baking. In: Hui, Y.H. (ed.) *Bakery Products, Science and Technology*. Blackwell Publishing, USA, 273-284.
12. **Charley**, H. (1996). *Food Science*, 2<sup>nd</sup> Edition, Merrill, New Jersey, 146-161.
13. **Charley**, H., Weaver, C. (1998). *Foods-A Scientific Approach*. Prentice-Hall, New Jersey, USA, 180-183, 202-205, 207-208, 223-226.
14. **Dubois**, D., Blockolsky, D. (1986). Frozen bread dough. Effect of dough mixing and thawing methods. *Am. Inst. Baking Technol. Bull.*, 8(6):1-7.
15. **El-Hady**, E.A., El-Samahy, S.K., Brummer, J.M. (1999). Effect of oxidants, sodium-stearoyl-2-lactylate and their mixtures on rheological and baking properties of Nonprefermented frozen doughs. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 32, 446-454.
16. **Evers**, A.D., Flintham, J., Kotecha, K., (1995). Alpha-amylase and grain size in wheat. *Journal of Cereal Science*, 21, 1-3.
17. **Faridi**, H., Faubion J.M. (1990). *Dough Rheology & Baked Product Texture*. Avi Books, New York, USA.
18. **Faisy**, F., Neyreneuf, O. (1996). Performance d'une association enzymatique "Glucose oxidase-Hemicellulases" pour remplacer l'acide ascorbique en panification, *Industrie des cereales*. Avril-Mai-Juin, 4-12.
19. **Fellows**, P.J. (1988). *Food Processing Technology*, Ellis Horwood Limited, Chapter 22.
20. **Fessas**, D., Schiraldi, A. (2001). Water properties in wheat dough flour I: Classical thermogravimetry approach. *Food Chemistry*, 72, 237-244.
21. **Fu**, B., Labuza, T.P. (1997) Shelf life testing: Procedures and prediction methods for frozen foods. In: Erickson, M.C., Hung Y.C. (Eds.), *Quality in Frozen Food*. Chapman & Hall, New York, USA, pp. 377-416.
22. **Furuki**, T. (2000). Effect of stereochemistry on the anti-freeze characteristics of carbohydrates. A thermal study of aqueous monosaccharides at subzero temperatures. *Carbohydrate Research*, 323, 185-191.

23. **Gerrard**, J.A., Fayle, S.E., Wilson, A.J., Newberry, M.P., Ross, M., Kavale, S. (1998). Dough properties and crumb strength of white pan bread as affected by microbial transglutaminase. *Journal of Food Science*, 63 (3), 472-475.
24. **Ghotra**, B.S., Dyal, S.D., Narine, S.S. (2002). Lipid shortenings: a review. *Food Research International*, 35, 1015-1048.
25. **Giannou**, V., Kessoglou, V., Tzia, C. (2003). Quality and safety characteristics of bread made from frozen dough. *Trends in Food Science and Technology* 14 (3), 99–108.
26. **Giannou**, V., Tzia, C. (2008). Cryoprotective Role of Exogenous Trehalose in Frozen Dough Products. *Food and Bioprocess Technology*. 1:276–284.
27. **Giannou**, V., Tzia, C., LeBail, A. (2005). Quality and safety of frozen bakery products (Ch.22).
28. **Gil**, M.J., Callejo M.J., Rodriguez G. (1997). Effect of water content and storage time on white pan bread quality: instrumental evaluation, *Z Lebensm Unters Forsch A*, 205, 268-273.
29. **Gómez**, M., Real, S., Rosell, C., Ronda, F., Blanco, C., Caballero, P. (2004). *Eur. Food Res. Technol.* A 219: 145-150
30. **Grandvoinet**, P., Portier, A., Bonnet, M. (1986). Procedure for the production of bread. French patent FR 2,577,388 A1.
31. **Havet**, M., Mankai, M., Le Bail, A. (2000). Influence of the Freezing Condition on the Baking Performances of French Frozen Dough, Vol. 45, 139-145.
32. **Holmes**, J.T., Hosene, R.C. (1987). Frozen Doughs: Freezing and Thawing Rates and the Potential of Using a Combination of Yeast and Chemical Leavening, *Cereal Chemistry*, Vol.64, No.4, 348-351.
33. **Hosene**, R.C (1986). *Principles of Cereal Science and Technology*, American Association of Cereal Chemists, Minnesota, 205-231.
34. **Hosene**, R.C. (2000). A brief survey of gluten proteins and wheat starches (Article 4). *Plant Foods for Human Nutrition (Formerly Qualitas Plantarum)*, 55 (1), 30-39.

35. **Hozova**, B., Jancovicova, J., Dodok, L., Buchtova, V., Staruch, L. (2002). Use of transglutaminase for improvement of quality of pastry produced by frozen-dough technology. *Czech Journal of Food Science*, 20 (6), 215–222.
36. **Huang**, W., Kim, Y., Li, X., Rayas-Duarte, P. (2008). Rheofermentometer parameters and bread specific volume of frozen sweet dough influenced by ingredients and dough mixing temperature. *Journal of Cereal Science* 48, 639-646.
37. **Hubalek**, Z. (2003). Protectants used in the cryopreservation of microorganisms. *Cryobiology*, 46, 205-229.
38. **Hui**, Y.H. (2006). *Bakery Products Science and Technology*. Blackwell Publishing Professional 2121 State Avenue, Ames, Iowa 50014, USA, 1<sup>st</sup> edition, Chapter 12.
39. **Hui**, Y.H., Cornillon, P., Guerrero, I.L., Lim, M.H., Murrell, K.D., Nip W.K. (2004). *The Handbook of Frozen Foods*. Copyright by Marcel Dekker, Inc. All Rights Reserved. Chapter 31, 566-575.
40. **Inoue**, Y., Bushuk, W. (1996). Effects of Freezing, Frozen Storage and Thawing on dough and Baked goods, in *Freezing Effects on Food Quality*, L.E. Jeremiah, Marcel Dekker, 368-388.
41. **Jelen**, P. (2005). Foods, 2. Food Technology. In: *Ullmann's Encyclopedia of Chemical Engineering*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim.
42. **Jeremiah**, L.E. (1996). Freezing effects on food quality. Marcel Dekker, Inc., New York, USA, 1-43, 367-398.
43. **Jia**, C., Huang, W., Ji, L., Zhang, L., Li, N., Li, Y. (2014). Improvement of hydrocolloid characteristics added to angel food cake by modifying the thermal and physical properties of frozen batter. *Food Hydrocolloids* 41, 227-232.
44. **Kamel**, B.S., Stauffer, C.E. (1993). *Advances in baking Technology*, Chapman & Hall.
45. **Kennedy**, C.J. (2000). *Managing Frozen Foods*. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, Cambridge, UK, 105, 111-133.

46. **Kenny**, S., Wehlre, K., Dennehy, T., Arendt, K.E. (1999). Correlations between empirical and fundamental rheology measurements and baking performance of frozen bread dough. *Cereal Chemistry*, 76 (3), 421-425.
47. **Kim**, Y., Huang, W., Dub, G., Pan, Z., Chung, O., (2008). Effects of trehalose transglutaminase, and gum on rheological, fermentation, and baking properties of frozen dough. *Food Research International* 41, 903-908.
48. **Kohajdova**, Z., Karovicova, J., Shmidt, S. (2009). Significance of Emulsifiers and Hydrocolloids in Bakery Industry. *Asta Chimica Slovaca*, Vol.2, No.1, 46-61.
49. **Kulp**, K., Lorenz, K., Brummer, J. (1995). Frozen and Refrigerated Doughs and Batters. American Association of Cereal Chemists, Minnesota, USA, pp. 1-3, 93, 148.
50. **Laaksonen**, T.J., Roos, Y.H. (2001). Dielectric relaxations of frozen wheat doughs containing sucrose, NaCl, ascorbic acid and their mixtures. *Journal of Cereal Science*, 33, 331-340.
51. **Larsen**, P. (1991). A method of preparing a frozen yeast dough product. International patent WO 91/ 01088.
52. **Le Duff**, L. (1987a). Frozen croissant dough and method of production. French patent FR 2,589,041.
53. **Le Duff**, L. (1987b). Frozen brioche dough and method of production. French patent FR 2,589,042.
54. **Lindstrom**, T., Slade, L. (1987). A frozen dough for bakery products. European patent 0,114,451 B1.
55. **Mallett**, C.P. (1993). *Frozen Food Technology*, Chapman & Hall, London, UK, 20-22.
56. **Mandala**, I.G. (2005). Physical properties of fresh and frozen stored, microwave-reheated breads, containing hydrocolloids. *Journal of Food Engineering*, 66, 291-300.
57. **Matuda**, T., Parra, D., Lugao, A., Tadini, C. (2005). *Lebensm. Wiss. Technol.* 38: 275-280.
58. **Matz**, S.A. (1972). *Bakery Technology and Engineering*, AVI, 2-13, 547-561.

59. **Matz**, S.A. (1988). Equipment for Bakers. Pan-Tech International, Texas, USA, 89-109, 125-130, 141-147, 159-192, 319-360.
60. **Minervini**, F., Pinto, D., Di Cagno, R., De Angelis, M., Gobbeti, M. (2011). Scouting the application of sourdough to frozen dough bread technology. *Journal of Cereal Science*. 54, 296-304.
61. **Nakamura**, S., Nakata, H. and Nakamura. (1996). K. Frozen dough conditioner. U.S. patent 5,554,403.1
62. **Parker**, R., (2003) Introduction to food science. Delmar – Tomson Leading, Inc., Albany, New York, USA, 322-324, 330-333.
63. **Pedersen**, B., Eggum, B.O. (1983). The influence of milling on the nutritive value of flour from cereal grains. *Wheat. Plant Foods for Human Nutrition*, Vol 33, 51-61.
64. **Rasanen**, J., Laurikainen, T., Autio, K. (1997). Fermentation Stability and Pore size Distribution of Frozen Prefermented Lean Wheat Doughs, *Cereal Chemistry*, Vol. 74, No. 6, 56-62.
65. **Reid**, D. (1998). Freezing preservation of fresh foods: quality aspects (Ch. 14). In: Taub, I.A., Singh, P.R. (Eds.), *Food storage stability*. CRC Press LLC, New York, USA.
66. **Ribotta**, P.D., Leon, A.E., Anon, M.C. (2001). Effect of freezing and frozen storage of doughs on bread quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49 (2), 913-918.
67. **Ribotta**, P.D., Leon, A.E., Anon, M.C. (2003). Effect of freezing and frozen storage on the gelatinization and retrogradation of amylopectin in dough baked in a differential scanning calorimeter. *Food Research International*, 36 (4), 357-363.
68. **Ribotta**, P.D., Perez, G.T., Leon, A.E., Anon M.C. (2004). Effect of emulsifier and guar gum on micro structural, rheological and baking performance of frozen bread dough. *Food Hydrocolloids*, 18 (2), 305-313.
69. **Rouille**, J., LeBail, A., Courcoux, P. (2000). Influence of formulation and mixing conditions on breadmaking qualities of French frozen dough. *Journal of Food Engineering*, 43, 197-203.

70. **Sahlstom**, S., Nielsen, A., Færgestad, E., Lea, P., Park, W., Ellekjær, M. (1999). Effect of dough processing conditions and DATEM on Norwegian hearth bread prepared from frozen dough. *Cereal Chem.* 76:38–44.
71. **Sasano**, Y., Haitani, Y., Hashida, K., Ohtsu, I., Shima, J., Takagi, H. (2012). Simultaneous accumulation of proline and trehalose in industrial baker's yeast enhances fermentation ability in frozen dough. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. Volume 113, Issue 5, 592-595.
72. **Selomulyo**, V.O., Zhou, W. (2007). Frozen bread dough: Effects of freezing storage and dough improvers. *Journal of Cereal Science*, 45, 1-17.
73. **Sievert**, D., Hoseney, R.C. (2002). Bread and Other Baked Products. In: *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.
74. **Singh**, N., Bajaj, I.K., Singh, R.P., Gujral H.S., (2002). Effect of different additives on mixograph and bread making properties of Indian wheat flour. *Journal of Food Engineering*, 56, 89-95.
75. **Stauffer**, C.E. (1990). Functional Additives For Bakery Foods, *Technical Foods Consultants*, Cincinnati, Ohio, 86-89
76. **Stauffer**, C.E. (1993). Frozen dough production. *Advances in baking technology*. Kamel and Stauffer, New York, USA, 88-106.
77. **Stear**, C.A. (1990). *Handbook of Breadmaking Technology*, Elsevier Applied Science, London, UK, 45-53,322-326,689-690.
78. **Tanhehco**, E.J., Ng, P.K.W. (2008). Soft wheat quality. In: Sumnu, S.G; Sahin, S. (eds). *Food engineering aspects of baking sweet goods*. CRC Press: Boca Raton, FL, 1–30.
79. **Therdtaï**, N., Zhou, W., Adamczak T. (2002). Optimisation of the temperature profile in bread baking. *Journal of Food Engineering*, 55, 41-48.
80. **Valentas**, K., Rotstein, E., Singh, R. (1997). *Handbook of Food Engineering Practice*, CRC Press, New York.

81. **Van Dijck**, P., Colavizza, D., Smet, P., Thevelein, J.M. (1995). Differential importance of trehalose in stress resistance in fermenting and nonfermenting *saccharomyces cerevisiae* cells. *Applied and Environmental Microbiology*, 61 (1), 109-115.
82. **Wang**, Z.J., Ponte, Jr. J.G. (1994). Improving frozen dough qualities with the addition of vital wheat gluten. *Cereal Food Research*, Vol 39, 500-503.
83. **Wang**, Z.J., Ponte, Jr. J.G. (1995). Storage stability of Gluten-Fortified Frozen Dough, *Cereal Food World*, Vol. 40, 827-831.
84. **Xuan**, Y.F., Zhang, Y., Zhao, Y.Y., Zheng, Z., Jiang, S.T., Zhong, X.Y. (2017). Effect of hydroxypropylmethylcellulose on transition of water status and physicochemical properties of wheat gluten upon frozen storage. *Food Hydrocolloids* 63, 35 – 42.
85. **Yamaguchi**, T., Watanabe, A. (1987). Quality improver for frozen doughs. U.S. patent 4,664,932.
86. **Yang**, C.-H. (2006). Fermentation. In: Hui, Y.H. (ed.) *Bakery Products, Science and Technology*. Blackwell Publishing, USA, 261-272.
87. **Zaritzky**, N.E., Cidca, L.P, (2003). Factors affecting the stability of frozen Foods, *Managing Frozen Foods*. Woodhead Publishing Ltd.
88. **Γιάννου**, Β. (2009). Παραγωγή Αρτοσκευασμάτων από Κατεψυγμένο Ζυμάρι, Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα.
89. **Δημόπουλος**, Σ.Ι. (1981). «Τεχνολογία Σιτηρών Ι», Χημικός, Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα.
90. **Θωμόπουλος**, Χ.Δ. (1981). Τεχνολογία Γεωργικών Βιομηχανιών, ΕΜΠ, Αθήνα.
91. **Καζάζης**, Ι. (1981). Τεχνολογία σιτηρών ΙΙ (Τεχνολογία αρτοσκευασμάτων). Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα, Ελλάδα, σελ. 457-469.
92. **Ταούκης**, Π., Ωραιοπούλου, Β. (2009). «Επιστήμη και Μηχανική Διεργασιών Τροφίμων», Αθήνα.

93. **Τζουβάρα**, Σ., Καραγιάννη (1990). Σύσταση, Χημική Ανάλυση και Προδιαγραφές Βασικών Τροφίμων, Ιωάννινα, 1-24.

## 10. Παράρτημα

### 10.1 Σειρά 1<sup>η</sup>: Μελέτη επίδρασης χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη σε δείγματα αρτοσκευασμάτων με διαφορετικές συγκεντρώσεις κρυοπροστατευτικών τρεχαλόζης και ξανθάνης

Τα νούμερα που έχουν χρησιμοποιηθεί στο πρόγραμμα statistica για τη 1<sup>η</sup> σειρά είναι τα εξής:

- Κρυοπροστατευτικό: 1= τρεχαλόζη και 2= ξανθάνη
- Σύσταση: 1= τυφλό, 2= 100 ppm, 3= 200 ppm, 4= 400 ppm, 5= 1000 ppm και για ξανθάνη και για τρεχαλόζη
- Χρόνος αποθήκευσης υπό κατάψυξη: 1= φρέσκο, 2= 1<sup>η</sup> ημέρα, 3= 7<sup>η</sup> ημέρα, 4= 14<sup>η</sup> ημέρα, 5= 28<sup>η</sup> ημέρα, 6= 56<sup>η</sup> ημέρα, 7= 84<sup>η</sup> ημέρα.

Effect	Univariate Tests of Significance for Σκληρότητα (ζυμαρί) (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	20,72241	1	20,72241	3573,216	0,000000
Κρυοπροστατευτικό	0,00170	1	0,00170	0,293	0,590253
Ποσοστό	0,02696	4	0,00674	1,162	0,336955
Χρόνος	0,17031	6	0,02838	4,894	0,000415
Error	0,33636	58	0,00580		

Εικόνα 10.1: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στη σκληρότητα του ζυμαριού

		Duncan test; variable Σκληρότητα (ζυμαρί) (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00580, df = 58,000						
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
		48970	47207	52307	54663	58553	56967	62197
1	1		0,606703	0,331422	0,119527	0,012820	0,034201	0,000714
2	2	0,606703		0,163155	0,048443	0,003636	0,011236	0,000166
3	3	0,331422	0,163155		0,491849	0,098821	0,202595	0,010189
4	4	0,119527	0,048443	0,491849		0,287556	0,501661	0,046150
5	5	0,012820	0,003636	0,098821	0,287556		0,643160	0,289256
6	6	0,034201	0,011236	0,202595	0,501661	0,643160		0,152691
7	7	0,000714	0,000166	0,010189	0,046150	0,289256	0,152691	

Εικόνα 10.2: Δοκιμή Duncan (σκληρότητα ζυμαριού, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Σκληρότητα (ζυμάρι) (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00580, df = 58,000						
Cell No.	Χρόνος	Σκληρότητα (ζυμάρι) Mean	1	2	3	4
2	2	0,472067		****		
1	1	0,489700		****	****	
3	3	0,523067	****	****	****	
4	4	0,546633	****		****	
6	6	0,569667	****			****
5	5	0,585533	****			****
7	7	0,621967				****

Εικόνα 10.3: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (σκληρότητα ζυμαριού, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Ελαστικότητα (ζυμάρι) (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	460,0560	1	460,0560	15584,75	0,000000
Κρυσπροστατευτικό	0,0300	1	0,0300	1,02	0,317820
Ποσοστό	0,1684	4	0,0421	1,43	0,236922
Χρόνος	3,2510	6	0,5418	18,36	0,000000
Error	1,7121	58	0,0295		

Εικόνα 10.4: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στη ελαστικότητα του ζυμαριού

Duncan test; variable Ελαστικότητα (ζυμάρι) (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,02952, df = 58,000								
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
1	1	2,1755	2,3454	2,5228	2,6467	2,6695	2,7613	2,8244
2	2		0,031096	0,000100	0,000052	0,000034	0,000027	0,000022
3	3	0,031096		0,024656	0,000393	0,000208	0,000036	0,000027
4	4	0,000100	0,024656		0,112285	0,075453	0,005125	0,000556
5	5	0,000052	0,000393	0,112285		0,768056	0,164930	0,037045
6	6	0,000034	0,000208	0,075453	0,768056		0,237143	0,060613
7	7	0,000027	0,000036	0,005125	0,164930	0,237143		0,415083
7	7	0,000022	0,000027	0,000556	0,037045	0,060613	0,415083	

Εικόνα 10.5: Δοκιμή Duncan (ελαστικότητα ζυμαριού, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Ελαστικότητα (ζυμάρι) (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,02952, df = 58,000							
Cell No.	Χρόνος	Ελαστικότητα (ζυμάρι) Mean	1	2	3	4	5
1	1	2,175499				****	
2	2	2,345377					****
3	3	2,522758	****				
4	4	2,646696	****	****			
5	5	2,669477	****	****	****		
6	6	2,761276		****	****		
7	7	2,824368			****		

Εικόνα 10.6: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ελαστικότητα ζυμαριού, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Συνεκτικότητα (ζυμάρι) (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	34,14450	1	34,14450	2665,029	0,000000
Κρουοπροστατευτικό	0,00261	1	0,00261	0,204	0,653214
Ποσοστό	0,08191	4	0,02048	1,598	0,186959
Χρόνος	0,54598	6	0,09100	7,102	0,000011
Error	0,74310	58	0,01281		

Εικόνα 10.7: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στη συνεκτικότητα του ζυμαριού

Duncan test; variable Συνεκτικότητα (ζυμάρι) (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01281, df = 58,000								
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
		,85480	,78892	,70535	,69566	,63637	,59458	,61319
1	1		0,198371	0,006295	0,004595	0,000176	0,000034	0,000059
2	2	0,198371		0,104271	0,086260	0,006560	0,000817	0,002134
3	3	0,006295	0,104271		0,848943	0,204452	0,053897	0,101359
4	4	0,004595	0,086260	0,848943		0,246380	0,072116	0,129224
5	5	0,000176	0,006560	0,204452	0,246380		0,442198	0,648815
6	6	0,000034	0,000817	0,053897	0,072116	0,442198		0,714603
7	7	0,000059	0,002134	0,101359	0,129224	0,648815	0,714603	

Εικόνα 10.8: Δοκιμή Duncan (συνεκτικότητα ζυμαριού, χρόνος κατάψυξης)

		Duncan test; variable Συνεκτικότητα (ζυμάρι) (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01281, df = 58,000					
Cell No.	Χρόνος	Συνεκτικότητα (ζυμάρι) Mean	1	2	3		
6	6	0,594581	****				
7	7	0,613191	****				
5	5	0,636372	****				
4	4	0,695660	****	****			
3	3	0,705352	****	****			
2	2	0,788924		****	****		
1	1	0,854800			****		

Εικόνα 10.9: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (συνεκτικότητα ζυμαριού, χρόνος κατάψυξης)

		Univariate Tests of Significance for Προσκολλησιμότητα (ζυμάρι) (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	
Intercept	1,921181	1	1,921181	153,4575	0,000000	
Κρυσπροστατευτικό	0,020663	1	0,020663	1,6505	0,204000	
Ποσοστό	0,046822	4	0,011706	0,9350	0,450165	
Χρόνος	0,240889	6	0,040148	3,2069	0,008680	
Error	0,726120	58	0,012519			

Εικόνα 10.10: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στη προσκολλησιμότητα του ζυμαριού

		Duncan test; variable Προσκολλησιμότητα (ζυμάρι) (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01252, df = 58,000						
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
1	1	-,0878						
2	2		0,824313	0,244052	0,049328	0,014007	0,046584	0,013237
3	3			0,192250	0,035174	0,008879	0,031934	0,008217
4	4				0,353653	0,150032	0,337339	0,143344
5	5					0,535292	0,924539	0,511752
6	6						0,570395	0,947201
7	7							0,553000

Εικόνα 10.11: Δοκιμή Duncan (προσκολλησιμότητα ζυμαριού, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Προσκολλησιμότητα (ζυμάρι) (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01252, df = 58,000						
Cell No.	Χρόνος	Προσκολλησιμότητα (ζυμάρι) Mean	1	2		
7	7	-0,230133	****			
5	5	-0,226800	****			
6	6	-0,198233	****			
4	4	-0,193467	****			
3	3	-0,146667	****	****		
1	1	-0,087767		****		
2	2	-0,076600		****		

Εικόνα 10.12: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (προσκολλησιμότητα ζυμαριού, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Μεταβολή Βάρους (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition						
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	
Intercept	11815,05	1	11815,05	37369,87	0,000000	
Κρυοπροστατευτικό	1,56	1	1,56	4,94	0,030153	
Ποσοστό	1,40	4	0,35	1,11	0,362649	
Χρόνος	5,24	6	0,87	2,76	0,019853	
Error	18,34	58	0,32			

Εικόνα 10.13: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στη μεταβολή του βάρους των αρτοσκευασμάτων

Duncan test; variable Μεταβολή Βάρους (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,31617, df = 58,000				
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	{1} 13,141	{2} 12,842	
1	1		0,030249	
2	2	0,030249		

Εικόνα 10.14: Δοκιμή Duncan (Μεταβολή βάρους, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Μεταβολή Βάρους (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,31617, df = 58,000					
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	Μεταβολή Βάρους Mean	1	2	
2	2	12,84241	****		
1	1	13,14116		****	

Εικόνα 10.15: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (Μεταβολή βάρους, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Μεταβολή Βάρους (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,31617, df = 58,000								
Cell No.	Χρόνος	{1} 13,441	{2} 12,886	{3} 13,190	{4} 12,929	{5} 13,187	{6} 12,686	{7} 12,624
1	1		0,051567	0,322008	0,066540	0,346310	0,008804	0,005065
2	2	0,051567		0,277526	0,863559	0,264627	0,429797	0,332841
3	3	0,322008	0,277526		0,333998	0,990228	0,077671	0,051263
4	4	0,066540	0,863559	0,333998		0,309599	0,367457	0,276536
5	5	0,346310	0,264627	0,990228	0,309599		0,072617	0,048569
6	6	0,008804	0,429797	0,077671	0,367457	0,072617		0,807571
7	7	0,005065	0,332841	0,051263	0,276536	0,048569	0,807571	

Εικόνα 10.16: Δοκιμή Duncan (Μεταβολή βάρους, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Μεταβολή Βάρους (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,31617, df = 58,000					
Cell No.	Χρόνος	Μεταβολή Βάρους Mean	1	2	
7	7	12,62406	****		
6	6	12,68562	****		
2	2	12,88563	****	****	
4	4	12,92906	****	****	
5	5	13,18687	****	****	
3	3	13,19000	****	****	
1	1	13,44125		****	

Εικόνα 10.17: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (Μεταβολή βάρους, χρόνος κατάψυξης)

		Univariate Tests of Significance for Ειδικός Όγκος (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	
Intercept	384,2004	1	384,2004	34850,39	0,000000	
Κρυσπροστατευτικό	0,0031	1	0,0031	0,28	0,596389	
Ποσοστό	0,0884	4	0,0221	2,01	0,105725	
Χρόνος	1,4780	6	0,2463	22,34	0,000000	
Error	0,6394	58	0,0110			

Εικόνα 10.18: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στον ειδικό όγκο των αρτοσκευασμάτων

		Duncan test; variable Ειδικός Όγκος (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01102, df = 58,000						
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
		2,6221	2,4141	2,3971	2,3160	2,3112	2,1677	2,1713
1	1		0,000149	0,000074	0,000052	0,000034	0,000022	0,000027
2	2	0,000149		0,718393	0,051997	0,048200	0,000032	0,000039
3	3	0,000074	0,718393		0,089909	0,088518	0,000051	0,000071
4	4	0,000052	0,051997	0,089909		0,917713	0,004402	0,004407
5	5	0,000034	0,048200	0,088518	0,917713		0,004747	0,004358
6	6	0,000022	0,000032	0,000051	0,004402	0,004747		0,938971
7	7	0,000027	0,000039	0,000071	0,004407	0,004358	0,938971	

Εικόνα 10.19: Δοκιμή Duncan (ειδικός όγκος, χρόνος κατάψυξης)

		Duncan test; variable Ειδικός Όγκος (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01102, df = 58,000				
Cell No.	Χρόνος	Ειδικός Όγκος Mean	1	2	3	4
6	6	2,167692			****	
7	7	2,171307			****	
5	5	2,311163	****			
4	4	2,316041	****	****		
3	3	2,397059	****	****		
2	2	2,414082		****		
1	1	2,622054			****	

Εικόνα 10.20: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ειδικός όγκος, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Πλάτος (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθήνη) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition						
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	
<b>Intercept</b>	<b>1806,702</b>	<b>1</b>	<b>1806,702</b>	<b>95892,93</b>	<b>0,000000</b>	
Κρυοπροστατευτικό	0,001	1	0,001	0,04	0,845356	
Ποσοστό	0,156	4	0,039	2,07	0,096307	
Χρόνος	<b>1,459</b>	<b>6</b>	<b>0,243</b>	<b>12,91</b>	<b>0,000000</b>	
Error	1,093	58	0,019			

Εικόνα 10.21: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στο πλάτος των αρτοσκευασμάτων

Duncan test; variable Πλάτος (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθήνη) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01884, df = 58,000								
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
		4,9900	4,9850	4,9825	5,0150	5,0250	5,1600	5,4050
1	1		0,935450	0,909966	0,685447	0,595707	<b>0,012451</b>	<b>0,000034</b>
2	2	0,935450		0,967750	0,649305	0,559690	<b>0,011671</b>	<b>0,000027</b>
3	3	0,909966	0,967750		0,635708	0,545742	<b>0,011777</b>	<b>0,000022</b>
4	4	0,685447	0,649305	0,635708		0,871255	<b>0,028083</b>	<b>0,000052</b>
5	5	0,595707	0,559690	0,545742	0,871255		<b>0,031958</b>	<b>0,000059</b>
6	6	<b>0,012451</b>	<b>0,011671</b>	<b>0,011777</b>	<b>0,028083</b>	<b>0,031958</b>		<b>0,000295</b>
7	7	<b>0,000034</b>	<b>0,000027</b>	<b>0,000022</b>	<b>0,000052</b>	<b>0,000059</b>	<b>0,000295</b>	

Εικόνα 10.22: Δοκιμή Duncan (πλάτος, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Πλάτος (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθήνη) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01884, df = 58,000					
Cell No.	Χρόνος	Πλάτος Mean	1	2	3
3	3	4,982500	****		
2	2	4,985000	****		
1	1	4,990000	****		
4	4	5,015000	****		
5	5	5,025000	****		
6	6	5,160000		****	
7	7	5,405000			****

Εικόνα 10.23: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (πλάτος, χρόνος κατάψυξης)

		Univariate Tests of Significance for Ύψος (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	
<b>Intercept</b>	<b>3093,580</b>	<b>1</b>	<b>3093,580</b>	<b>47110,21</b>	<b>0,000000</b>	
Κρυσπροστατευτικό	0,212	1	0,212	3,22	0,077749	
Ποσοστό	0,234	4	0,058	0,89	0,475957	
Χρόνος	<b>13,543</b>	<b>6</b>	<b>2,257</b>	<b>34,37</b>	<b>0,000000</b>	
Error	3,809	58	0,066			

Εικόνα 10.24: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στον ύψος των αρτοσκευασμάτων

		Duncan test; variable Ύψος (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,06567, df = 58,000						
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
		7,51000	6,82500	6,47750	6,52250	6,21000	6,11000	
1	1		0,000111	0,000059	0,000034	0,000052	0,000027	0,000022
2	2	0,000111		0,633206	0,001600	0,003974	0,000034	0,000027
3	3	0,000059	0,633206		0,005062	0,010759	0,000054	0,000034
4	4	0,000034	0,001600	0,005062		0,696133	0,023176	0,003105
5	5	0,000052	0,003974	0,010759	0,696133		0,011444	0,001238
6	6	0,000027	0,000034	0,000054	0,023176	0,011444		0,386638
7	7	0,000022	0,000027	0,000034	0,003105	0,001238	0,386638	

Εικόνα 10.25: Δοκιμή Duncan (ύψος, χρόνος κατάψυξης)

		Duncan test; variable Ύψος (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,06567, df = 58,000				
Cell No.	Χρόνος	Ύψος Mean	1	2	3	4
7	7	6,110000	****			
6	6	6,210000	****			
4	4	6,477500		****		
5	5	6,522500		****		
3	3	6,825000			****	
2	2	6,880000			****	
1	1	7,510000				****

Εικόνα 10.26: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ύψος, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Χρώμα Κόρας (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	396220,8	1	396220,8	78213,37	0,000000
Κρυοπροστατευτικό	60,9	1	60,9	12,03	0,000993
Ποσοστό	63,9	4	16,0	3,16	0,020494
Χρόνος	1226,3	6	204,4	40,35	0,000000
Error	293,8	58	5,1		

Εικόνα 10.27: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στο χρώμα κόρας των αρτοσκευασμάτων

Duncan test; variable Χρώμα Κόρας (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)			
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests			
Error: Between MS = 5,0659, df = 58,000			
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	{1}	{2}
1	1	74,302	76,168
2	2	0,001113	

Εικόνα 10.28: Δοκιμή Duncan (χρώμα κόρας, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Χρώμα Κόρας (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)				
Homogenous Groups, alpha = ,05000				
Error: Between MS = 5,0659, df = 58,000				
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	Χρώμα Κόρας Mean	1	2
1	1	74,30183	****	
2	2	76,16806		****

Εικόνα 10.29: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (χρώμα κόρας, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Χρώμα Κόρας (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = 5,0659, df = 58,000						
Cell No.	Ποσοστό	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	1	75,657	73,998	76,430	74,220	75,869
2	2	0,069501		0,397881	0,096746	0,803832
3	3	0,069501	0,011461	0,011461	0,795131	0,047415
4	4	0,397881	0,011461		0,019107	0,512970
5	5	0,096746	0,795131	0,019107		0,071130
6	6	0,803832	0,047415	0,512970	0,071130	

Εικόνα 10.30: Δοκιμή Duncan (χρώμα κόρας, σύσταση προσθέτου)

Duncan test; variable Χρώμα Κόρας (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)						
Homogenous Groups, alpha = ,05000						
Error: Between MS = 5,0659, df = 58,000						
Cell No.	Ποσοστό	Χρώμα Κόρας Mean	1	2	3	
2	2	73,99831	****			
4	4	74,22034	****	****		
1	1	75,65704	****	****	****	
5	5	75,86944		****	****	
3	3	76,42960			****	

Εικόνα 10.31: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (χρώμα κόρας, σύσταση προσθέτου)

Duncan test; variable Χρώμα Κόρας (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)								
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests								
Error: Between MS = 5,0659, df = 58,000								
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
1	1		0,000110	0,000059	0,000052	0,000034	0,000027	0,000022
2	2	0,000110		0,256927	0,021824	0,001021	0,000034	0,000028
3	3	0,000059	0,256927		0,191131	0,019289	0,000112	0,000069
4	4	0,000052	0,021824	0,191131		0,236633	0,003469	0,002385
5	5	0,000034	0,001021	0,019289	0,236633		0,053480	0,042611
6	6	0,000027	0,000034	0,000112	0,003469	0,053480		0,836756
7	7	0,000022	0,000028	0,000069	0,002385	0,042611	0,836756	

Εικόνα 10.32: Δοκιμή Duncan (χρώμα κόρας, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Χρώμα Κόρας (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)								
Homogenous Groups, alpha = ,05000								
Error: Between MS = 5,0659, df = 58,000								
Cell No.	Χρόνος	Χρώμα Κόρας Mean	1	2	3	4	5	6
1	1	66,25115						****
2	2	73,58552	****					
3	3	74,73823	****	****				
4	4	76,06989		****	****			
5	5	77,27379			****	****		
6	6	79,25878				****	****	
7	7	79,46726					****	

Εικόνα 10.33: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (χρώμα κόρας, χρόνος κατάψυξης)

		Univariate Tests of Significance for Χρώμα Ψίχας (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	
<b>Intercept</b>	<b>410610,9</b>	<b>1</b>	<b>410610,9</b>	<b>171809,6</b>	<b>0,000000</b>	
Κρυοπροστατευτικό	0,3	1	0,3	0,1	0,735740	
Ποσοστό	20,2	4	5,0	2,1	0,091317	
Χρόνος	25,8	6	4,3	1,8	0,115794	
Error	138,6	58	2,4			

Εικόνα 10.34: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στο χρώμα ψίχας των αρτοσκευασμάτων

		Univariate Tests of Significance for Ενεργότητα (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	
<b>Intercept</b>	<b>62,29327</b>	<b>1</b>	<b>62,29327</b>	<b>960514,4</b>	<b>0,000000</b>	
Κρυοπροστατευτικό	0,00002	1	0,00002	0,3	0,585017	
Ποσοστό	0,00018	4	0,00004	0,7	0,602068	
Χρόνος	0,00008	6	0,00001	0,2	0,974441	
Error	0,00376	58	0,00006			

Εικόνα 10.35: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στην ενεργότητα των αρτοσκευασμάτων

		Univariate Tests of Significance for Σκληρότητα άρτου (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	
<b>Intercept</b>	<b>16838,05</b>	<b>1</b>	<b>16838,05</b>	<b>1416,845</b>	<b>0,000000</b>	
Κρυοπροστατευτικό	104,99	1	104,99	8,835	0,004298	
Ποσοστό	75,36	4	18,84	1,585	0,190382	
Χρόνος	180,23	6	30,04	2,528	0,030514	
Error	689,28	58	11,88			

Εικόνα 10.36: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στη σκληρότητα του άρτου

		Duncan test; variable Σκληρότητα άρτου (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 11,884, df = 58,000		
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	{1}	{2}	
1	1	16,734	14,285	0,004431
2	2	0,004431		

Εικόνα 10.37: Δοκιμή Duncan (σκληρότητα άρτου, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Σκληρότητα άρτου (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 11,884, df = 58,000					
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	Σκληρότητα άρτου Mean	1	2	
2	2	14,28475	****		
1	1	16,73418		****	

Εικόνα 10.38: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (σκληρότητα άρτου, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Σκληρότητα άρτου (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 11,884, df = 58,000								
Cell No.	Χρόνος	{1} 14,060	{2} 13,122	{3} 15,528	{4} 16,334	{5} 16,224	{6} 18,443	{7} 14,857
1	1		0,545492	0,375347	0,196074	0,207541	0,013311	0,607302
2	2	0,545492		0,160797	0,071549	0,076755	0,002890	0,294803
3	3	0,375347	0,160797		0,626313	0,653544	0,088785	0,665047
4	4	0,196074	0,071549	0,626313		0,942987	0,176895	0,390278
5	5	0,207541	0,076755	0,653544	0,942987		0,180148	0,409124
6	6	0,013311	0,002890	0,088785	0,176895	0,180148		0,040254
7	7	0,607302	0,294803	0,665047	0,390278	0,409124	0,040254	

Εικόνα 10.39: Δοκιμή Duncan (σκληρότητα άρτου, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Σκληρότητα άρτου (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 11,884, df = 58,000					
Cell No.	Χρόνος	Σκληρότητα άρτου Mean	1	2	
2	2	13,12183	****		
1	1	14,05963	****		
7	7	14,85653	****		
3	3	15,52773	****	****	
5	5	16,22357	****	****	
4	4	16,33447	****	****	
6	6	18,44250		****	

Εικόνα 10.40: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (σκληρότητα άρτου, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Σκληρότητα (συμπίεση εσωτερικής φέτας) (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1237,546	1	1237,546	1933,196	0,000000
Κρυσπροστατευτικό	0,449	1	0,449	0,702	0,405664
Ποσοστό	2,533	4	0,633	0,989	0,420768
Χρόνος	32,604	6	5,434	8,488	0,000001
Error	37,129	58	0,640		

Εικόνα 10.41: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στη σκληρότητα εσωτερικής φέτας με συμπίεση με κύλινδρο

Duncan test; variable Σκληρότητα (συμπίεση εσωτερικής φέτας) (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)								
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests								
Error: Between MS = ,64016, df = 58,000								
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
1	1	3,0037	3,9813	3,9150	4,1129	4,2729	4,7890	5,3578
2	2		0,011284	0,013648	0,005183	0,001712	0,000041	0,000022
3	3	0,011284		0,853755	0,714492	0,448110	0,041839	0,000702
4	4	0,013648	0,853755		0,606785	0,369970	0,031110	0,000455
5	5	0,005183	0,714492	0,606785		0,656555	0,078574	0,001762
6	6	0,001712	0,448110	0,369970	0,656555		0,154730	0,005066
7	7	0,000041	0,041839	0,031110	0,078574	0,154730		0,117444
7	7	0,000022	0,000702	0,000455	0,001762	0,005066	0,117444	

Εικόνα 10.42: Δοκιμή Duncan (σκληρότητα εσωτερικής φέτας με συμπίεση με κύλινδρο, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Σκληρότητα (συμπίεση εσωτερικής φέτας) (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)						
Homogenous Groups, alpha = ,05000						
Error: Between MS = ,64016, df = 58,000						
Cell No.	Χρόνος	Σκληρότητα (συμπίεση εσωτερικής φέτας) Mean	1	2	3	4
1	1	3,003667				****
3	3	3,915033	****			
2	2	3,981333	****			
4	4	4,112933	****	****		
5	5	4,272933	****	****		
6	6	4,788967		****	****	
7	7	5,357800			****	

Εικόνα 10.43: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (σκληρότητα εσωτερικής φέτας με συμπίεση με κύλινδρο, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Σκληρότητα φέτας (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1775,902	1	1775,902	2400,696	0,000000
Κρυοπροστατευτικό	0,611	1	0,611	0,825	0,367341
Ποσοστό	1,355	4	0,339	0,458	0,766211
Χρόνος	13,929	6	2,321	3,138	0,009855
Error	42,905	58	0,740		

Εικόνα 10.44: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στη σκληρότητα εσωτερικής φέτας με κοπίδι

Duncan test; variable Σκληρότητα φέτας (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,73974, df = 58,000								
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
		4,3754	4,8754	5,5054	4,6642	4,7674	5,5066	5,5638
1	1		0,243350	0,009333	0,455927	0,342759	0,010387	0,007773
2	2	0,243350		0,106993	0,609387	0,779933	0,126489	0,107366
3	3	0,009333	0,106993		0,048711	0,074063	0,997619	0,888043
4	4	0,455927	0,609387	0,048711		0,789603	0,053705	0,042632
5	5	0,342759	0,779933	0,074063	0,789603		0,083602	0,068419
6	6	0,010387	0,126489	0,997619	0,053705	0,083602		0,882386
7	7	0,007773	0,107366	0,888043	0,042632	0,068419	0,882386	

Εικόνα 10.45: Δοκιμή Duncan (σκληρότητα εσωτερικής φέτας με κοπίδι, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Σκληρότητα φέτας (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,73974, df = 58,000					
Cell No.	Χρόνος	Σκληρότητα φέτας Mean	1	2	3
1	1	4,375400			****
4	4	4,664200	****		****
5	5	4,767367	****	****	****
2	2	4,875400	****	****	****
3	3	5,505367	****	****	
6	6	5,506567	****	****	
7	7	5,563767		****	

Εικόνα 10.46: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (σκληρότητα εσωτερικής φέτας με κοπίδι, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Διόγκωση (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3332,700	1	3332,700	15155,74	0,000000
Κρυοπροστατευτικό	4,251	1	4,251	19,33	0,000048
Ποσοστό	4,476	4	1,119	5,09	0,001388
Χρόνος	74,569	6	12,428	56,52	0,000000
Error	12,754	58	0,220		

Εικόνα 10.47: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στη διόγκωση (οργανοληπτικά)

Duncan test; variable Διόγκωση (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)			
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests			
Error: Between MS = ,21990, df = 58,000			
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	{1}	{2}
1	1	7,1464	0,000154
2	2	0,000154	

Εικόνα 10.48: Δοκιμή Duncan (διόγκωση οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Διόγκωση (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)			
Homogenous Groups, alpha = ,05000			
Error: Between MS = ,21990, df = 58,000			
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	Διόγκωση Mean	
2	2	6,653571	****
1	1	7,146429	****

Εικόνα 10.49: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (διόγκωση οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Διόγκωση (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,21990, df = 58,000						
Cell No.	Ποσοστό	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	1	7,2143	0,802138	0,003254	0,060717	0,003183
2	2	0,802138		0,005583	0,083256	0,005198
3	3	0,003254	0,005583		0,222593	0,960104
4	4	0,060717	0,083256	0,222593		0,213021
5	5	0,003183	0,005198	0,960104	0,213021	

Εικόνα 10.50: Δοκιμή Duncan (διόγκωση οργανοληπτικά, ποσοστό)

Duncan test; variable Διόγκωση (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)					
Homogenous Groups, alpha = ,05000					
Error: Between MS = ,21990, df = 58,000					
Cell No.	Ποσοστό	Διόγκωση Mean	1	2	
3	3	6,625000	****		
5	5	6,633929	****		
4	4	6,857143	****	****	
2	2	7,169643		****	
1	1	7,214286		****	

Εικόνα 10.51: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (διόγκωση οργανοληπτικά, ποσοστό)

Duncan test; variable Διόγκωση (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)								
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests								
Error: Between MS = ,21990, df = 58,000								
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
		8,5250	7,8875	7,2125	6,8625	6,6375	5,9250	5,2500
1	1		0,003685	0,000059	0,000052	0,000034	0,000027	0,000022
2	2	0,003685		0,002258	0,000070	0,000053	0,000034	0,000027
3	3	0,000059	0,002258		0,100638	0,011010	0,000052	0,000034
4	4	0,000052	0,000070	0,100638		0,287858	0,000108	0,000052
5	5	0,000034	0,000053	0,011010	0,287858		0,001352	0,000059
6	6	0,000027	0,000034	0,000052	0,000108	0,001352		0,002258
7	7	0,000022	0,000027	0,000034	0,000052	0,000059	0,002258	

Εικόνα 10.52: Δοκιμή Duncan (διόγκωση οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Διόγκωση (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)								
Homogenous Groups, alpha = ,05000								
Error: Between MS = ,21990, df = 58,000								
Cell No.	Χρόνος	Διόγκωση Mean	1	2	3	4	5	6
7	7	5,250000			****			
6	6	5,925000				****		
5	5	6,637500	****					
4	4	6,862500	****	****				
3	3	7,212500		****				
2	2	7,887500				****		
1	1	8,525000					****	

Εικόνα 10.53: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (διόγκωση οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Υπαρξη Σχισμών ή Ρωγμών στην Επιφάνεια (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	699,3080	1	699,3080	735,4880	0,000000
Κρυσπροστατευτικό	0,1509	1	0,1509	0,1587	0,691819
Ποσοστό	30,5647	4	7,6412	8,0365	0,000032
Χρόνος	63,7982	6	10,6330	11,1832	0,000000
Error	55,1469	58	0,9508		

Εικόνα 10.54: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στην ύπαρξη σχισμών ή ρωγμών στην επιφάνεια (οργανοληπτικά)

Duncan test; variable Ύπαρξη Σχισμών ή Ρωγμών στην Επιφάνεια (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,95081, df = 58,000						
Cell No.	Ποσοστό	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		2,2500	2,5625	3,2679	3,8929	3,8304
1	1		0,400120	0,010456	0,000118	0,000175
2	2	0,400120		0,060683	0,001199	0,001580
3	3	0,010456	0,060683		0,114287	0,132490
4	4	0,000118	0,001199	0,114287		0,866028
5	5	0,000175	0,001580	0,132490	0,866028	

Εικόνα 10.55: Δοκιμή Duncan (ύπαρξη σχισμών ή ρωγμών στην επιφάνεια, ποσοστό)

Duncan test; variable Ύπαρξη Σχισμών ή Ρωγμών στην Επιφάνεια (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,95081, df = 58,000					
Cell No.	Ποσοστό	Ύπαρξη Σχισμών ή Ρωγμών στην Επιφάνεια Mean	1	2	3
1	1	2,250000		****	
2	2	2,562500		****	****
3	3	3,267857	****		****
5	5	3,830357	****		
4	4	3,892857	****		

Εικόνα 10.56: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ύπαρξη σχισμών ή ρωγμών στην επιφάνεια, ποσοστό)

Duncan test; variable Ύπαρξη Σχισμών ή Ρωγμών στην Επιφάνεια (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,95081, df = 58,000								
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
		1,8375	2,2625	2,4875	2,9500	3,9250	4,3375	4,3250
1	1		0,333938	0,165109	0,021336	0,000059	0,000023	0,000028
2	2	0,333938		0,607948	0,142054	0,000656	0,000061	0,000065
3	3	0,165109	0,607948		0,293373	0,002403	0,000215	0,000211
4	4	0,021336	0,142054	0,293373		0,029322	0,004131	0,003618
5	5	0,000059	0,000656	0,002403	0,029322		0,378528	0,362928
6	6	0,000023	0,000061	0,000215	0,004131	0,378528		0,977334
7	7	0,000028	0,000065	0,000211	0,003618	0,362928	0,977334	

Εικόνα 10.57: Δοκιμή Duncan (ύπαρξη σχισμών ή ρωγμών στην επιφάνεια, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Ύπαρξη Σχισμών ή Ρωγμών στην Επιφάνεια (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθήνη) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,95081, df = 58,000					
Cell No.	Χρόνος	Ύπαρξη Σχισμών ή Ρωγμών στην Επιφάνεια Mean	1	2	3
1	1	1,837500	****		
2	2	2,262500	****	****	
3	3	2,487500	****	****	
4	4	2,950000		****	
5	5	3,925000			****
7	7	4,325000			****
6	6	4,337500			****

Εικόνα 10.58: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ύπαρξη σχισμών ή ρωγμών στην επιφάνεια, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Χρώμα Κόρας (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθήνη) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2325,889	1	2325,889	5693,337	0,000000
Κρυοπροστατευτικό	5,432	1	5,432	13,297	0,000570
Ποσοστό	7,626	4	1,907	4,667	0,002466
Χρόνος	43,233	6	7,205	17,638	0,000000
Error	23,695	58	0,409		

Εικόνα 10.59: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στο χρώμα κόρας (οργανοληπτικά)

Duncan test; variable Χρώμα Κόρας (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθήνη) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,40853, df = 58,000				
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	{1}	{2}	
1	1	6,0429	5,4857	
2	2	0,000681		

Εικόνα 10.60: Δοκιμή Duncan (χρώμα κόρας οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Χρώμα Κόρας (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθήνη) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,40853, df = 58,000				
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	Χρώμα Κόρας Mean	1	2
2	2	5,485714	****	
1	1	6,042857		****

Εικόνα 10.61: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (χρώμα κόρας οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Χρώμα Κόρας (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,40853, df = 58,000						
Cell No.	Ποσοστό	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		5,5893	6,1429	6,0357	5,8304	5,2232
1	1		0,038799	0,085323	0,322615	0,135228
2	2	0,038799		0,659178	0,228371	0,000791
3	3	0,085323	0,659178		0,398939	0,002468
4	4	0,322615	0,228371	0,398939		0,019564
5	5	0,135228	0,000791	0,002468	0,019564	

Εικόνα 10.62: Δοκιμή Duncan (χρώμα κόρας οργανοληπτικά, ποσοστό)

Duncan test; variable Χρώμα Κόρας (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)						
Homogenous Groups, alpha = ,05000						
Error: Between MS = ,40853, df = 58,000						
Cell No.	Ποσοστό	Χρώμα Κόρας Mean	1	2	3	
5	5	5,223214			****	
1	1	5,589286	****		****	
4	4	5,830357	****	****		
3	3	6,035714	****	****		
2	2	6,142857		****		

Εικόνα 10.63: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (χρώμα κόρας οργανοληπτικά, ποσοστό)

Duncan test; variable Χρώμα Κόρας (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)								
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests								
Error: Between MS = ,40853, df = 58,000								
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
		7,0375	6,2875	6,1375	5,8500	5,5875	4,9375	4,5125
1	1		0,011208	0,003664	0,000246	0,000042	0,000027	0,000022
2	2	0,011208		0,601856	0,154058	0,027157	0,000066	0,000027
3	3	0,003664	0,601856		0,318801	0,073246	0,000219	0,000034
4	4	0,000246	0,154058	0,318801		0,362374	0,003235	0,000082
5	5	0,000042	0,027157	0,073246	0,362374		0,026784	0,000619
6	6	0,000027	0,000066	0,000219	0,003235	0,026784		0,142576
7	7	0,000022	0,000027	0,000034	0,000082	0,000619	0,142576	

Εικόνα 10.64: Δοκιμή Duncan (χρώμα κόρας οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

		Duncan test; variable Χρώμα Κόρας (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,40853, df = 58,000				
Cell No.	Χρόνος	Χρώμα Κόρας Mean	1	2	3	4
7	7	4,512500			****	
6	6	4,937500			****	
5	5	5,587500	****			
4	4	5,850000	****	****		
3	3	6,137500	****	****		
2	2	6,287500		****		
1	1	7,037500				****

Εικόνα 10.65: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (χρώμα κόρας οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

		Univariate Tests of Significance for Σκληρότητα Κόρας (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	
<b>Intercept</b>	<b>2193,800</b>	<b>1</b>	<b>2193,800</b>	<b>5118,867</b>	<b>0,000000</b>	
Κρυοπροστατευτικό	0,140	1	0,140	0,326	0,570512	
Ποσοστό	4,714	4	1,179	2,750	0,036540	
Χρόνος	8,692	6	1,449	3,380	0,006307	
Error	24,857	58	0,429			

Εικόνα 10.66: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στη σκληρότητα κόρας (οργανοληπτικά)

		Duncan test; variable Σκληρότητα Κόρας (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,42857, df = 58,000				
Cell No.	Ποσοστό	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		5,7143	5,2321	5,6786	5,9732	5,3929
1	1		0,079341	0,885820	0,299797	0,226408
2	2	0,079341		0,092965	<b>0,008029</b>	0,518696
3	3	0,885820	0,092965		0,267515	0,253042
4	4	0,299797	<b>0,008029</b>	0,267515		<b>0,034397</b>
5	5	0,226408	0,518696	0,253042	<b>0,034397</b>	

Εικόνα 10.67: Δοκιμή Duncan (σκληρότητα κόρας οργανοληπτικά, ποσοστό)

Duncan test; variable Σκληρότητα Κόρας (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,42857, df = 58,000					
Cell No.	Ποσοστό	Σκληρότητα Κόρας Mean	1	2	
2	2	5,232143	****		
5	5	5,392857	****		
3	3	5,678571	****	****	
1	1	5,714286	****	****	
4	4	5,973214		****	

Εικόνα 10.68: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (σκληρότητα κόρας οργανοληπτικά, ποσοστό)

Duncan test; variable Σκληρότητα Κόρας (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,42857, df = 58,000								
Cell No.	Χρόνος	{1} 5,8500	{2} 5,6750	{3} 6,0750	{4} 5,8125	{5} 5,5875	{6} 5,1875	{7} 5,0000
1	1		0,578041	0,445435	0,898622	0,421782	0,046098	0,011433
2	2	0,578041		0,219971	0,640484	0,766236	0,120995	0,037606
3	3	0,445435	0,219971		0,403909	0,144053	0,008215	0,001518
4	4	0,898622	0,640484	0,403909		0,474404	0,054383	0,014123
5	5	0,421782	0,766236	0,144053	0,474404		0,177232	0,061786
6	6	0,046098	0,120995	0,008215	0,054383	0,177232		0,524540
7	7	0,011433	0,037606	0,001518	0,014123	0,061786	0,524540	

Εικόνα 10.69: Δοκιμή Duncan (σκληρότητα κόρας οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Σκληρότητα Κόρας (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,42857, df = 58,000					
Cell No.	Χρόνος	Σκληρότητα Κόρας Mean	1	2	3
7	7	5,000000			****
6	6	5,187500		****	****
5	5	5,587500	****	****	****
2	2	5,675000	****	****	
4	4	5,812500	****	****	
1	1	5,850000	****		
3	3	6,075000	****		

Εικόνα 10.70: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (σκληρότητα κόρας οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Ύπαρξη Οπών στο Εσωτερικό (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	<b>1715,175</b>	<b>1</b>	<b>1715,175</b>	<b>1097,642</b>	<b>0,000000</b>
Κρυοπροστατευτικό	22,289	1	22,289	14,264	0,000376
Ποσοστό	13,024	4	3,256	2,084	0,094583
Χρόνος	6,663	6	1,110	0,711	0,642380
Error	90,631	58	1,563		

Εικόνα 10.71: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στην ύπαρξη οπών στο εσωτερικό του δείγματος (οργανοληπτικά)

Duncan test; variable Ύπαρξη Οπών στο Εσωτερικό (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)				
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests				
Error: Between MS = 1,5626, df = 58,000				
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	{1}	{2}	
<b>1</b>	<b>1</b>		<b>0,000481</b>	
<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0,000481</b>		

Εικόνα 10.72: Δοκιμή Duncan (ύπαρξη οπών στο εσωτερικό του δείγματος οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Ύπαρξη Οπών στο Εσωτερικό (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)				
Homogenous Groups, alpha = ,05000				
Error: Between MS = 1,5626, df = 58,000				
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	Ύπαρξη Οπών στο Εσωτερικό Mean	1	2
<b>2</b>	<b>2</b>	4,385714	****	
<b>1</b>	<b>1</b>	5,514286		****

Εικόνα 10.73: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ύπαρξη οπών στο εσωτερικό του δείγματος οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Univariate Tests of Significance for Χρώμα Ψίχας (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	<b>1054,002</b>	<b>1</b>	<b>1054,002</b>	<b>6039,071</b>	<b>0,000000</b>
Κρυοπροστατευτικό	0,215	1	0,215	1,229	0,272165
Ποσοστό	20,930	4	5,232	29,980	0,000000
Χρόνος	3,934	6	0,656	3,757	0,003165
Error	10,123	58	0,175		

Εικόνα 10.74: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στο χρώμα ψίχας (οργανοληπτικά)

Duncan test; variable Χρώμα Ψίχας (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,17453, df = 58,000						
Cell No.	Ποσοστό	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		4,9464	3,6875	3,7679	3,5982	3,4018
1	1		0,000059	0,000110	0,000052	0,000034
2	2	0,000059		0,612856	0,574064	0,092025
3	3	0,000110	0,612856		0,317178	0,036551
4	4	0,000052	0,574064	0,317178		0,218593
5	5	0,000034	0,092025	0,036551	0,218593	

Εικόνα 10.75: Δοκιμή Duncan (χρώμα ψίχας οργανοληπτικά, ποσοστό)

Duncan test; variable Χρώμα Ψίχας (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)						
Homogenous Groups, alpha = ,05000						
Error: Between MS = ,17453, df = 58,000						
Cell No.	Ποσοστό	Χρώμα Ψίχας Mean	1	2	3	
5	5	3,401786	****			
4	4	3,598214	****	****		
2	2	3,687500	****	****		
3	3	3,767857		****		
1	1	4,946429			****	

Εικόνα 10.76: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (χρώμα ψίχας οργανοληπτικά, ποσοστό)

Duncan test; variable Χρώμα Ψίχας (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)								
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests								
Error: Between MS = ,17453, df = 58,000								
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
		3,7000	3,4375	3,9250	4,0625	4,1875	4,0500	3,8000
1	1		0,165459	0,262123	0,088035	0,023348	0,091766	0,594641
2	2	0,165459		0,018542	0,003500	0,000536	0,003709	0,070877
3	3	0,262123	0,018542		0,493342	0,207083	0,506250	0,506250
4	4	0,088035	0,003500	0,493342		0,506250	0,946972	0,207083
5	5	0,023348	0,000536	0,207083	0,506250		0,493342	0,067938
6	6	0,091766	0,003709	0,506250	0,946972	0,493342		0,212745
7	7	0,594641	0,070877	0,506250	0,207083	0,067938	0,212745	

Εικόνα 10.77: Δοκιμή Duncan (χρώμα ψίχας οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Χρώμα Ψίχας (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,17453, df = 58,000					
Cell No.	Χρόνος	Χρώμα Ψίχας Mean	1	2	3
2	2	3,437500			****
1	1	3,700000	****		****
7	7	3,800000	****	****	****
3	3	3,925000	****	****	
6	6	4,050000	****	****	
4	4	4,062500	****	****	
5	5	4,187500		****	

Εικόνα 10.78: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (χρώμα ψίχας οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Ελαστικότητα Ψίχας (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3284,575	1	3284,575	5652,678	0,000000
Κρυοπροστατευτικό	7,394	1	7,394	12,724	0,000732
Ποσοστό	7,148	4	1,787	3,075	0,022955
Χρόνος	39,025	6	6,504	11,194	0,000000
Error	33,702	58	0,581		

Εικόνα 10.79: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στην ελαστικότητα ψίχας (οργανοληπτικά)

Duncan test; variable Ελαστικότητα Ψίχας (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,58107, df = 58,000			
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	{1}	{2}
1	1	6,5250	7,1750
2	2	0,000855	0,000855

Εικόνα 10.80: Δοκιμή Duncan (ελαστικότητα ψίχας οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Ελαστικότητα Ψίχας (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,58107, df = 58,000					
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	Ελαστικότητα Ψίχας Mean	1	2	
1	1	6,525000	****		
2	2	7,175000		****	

Εικόνα 10.81: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ελαστικότητα ψίχας οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Ελαστικότητα Ψίχας (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,58107, df = 58,000						
Cell No.	Ποσοστό	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		6,2679	6,7768	6,9554	7,1696	7,0804
1	1		0,082702	0,026535	0,005593	0,010936
2	2	0,082702		0,537944	0,220893	0,326603
3	3	0,026535	0,537944		0,488770	0,666134
4	4	0,005593	0,220893	0,488770		0,757882
5	5	0,010936	0,326603	0,666134	0,757882	

Εικόνα 10.82: Δοκιμή Duncan (ελαστικότητα ψίχας οργανοληπτικά, ποσοστό)

Duncan test; variable Ελαστικότητα Ψίχας (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,58107, df = 58,000					
Cell No.	Ποσοστό	Ελαστικότητα Ψίχας Mean	1	2	
1	1	6,267857		****	
2	2	6,776786	****	****	
3	3	6,955357	****		
5	5	7,080357	****		
4	4	7,169643	****		

Εικόνα 10.83: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ελαστικότητα ψίχας ποσοστό)

Duncan test; variable Ελαστικότητα Ψίχας (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)								
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests								
Error: Between MS = ,58107, df = 58,000								
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
		7,6500	7,2875	7,3625	7,4250	6,6500	6,0875	5,4875
1	1		0,340418	0,432435	0,511987	0,009438	0,000094	0,000022
2	2	0,340418		0,826757	0,707465	0,066634	0,001252	0,000055
3	3	0,432435	0,826757		0,855279	0,051761	0,000813	0,000035
4	4	0,511987	0,707465	0,855279		0,040375	0,000559	0,000028
5	5	0,009438	0,066634	0,051761	0,040375		0,104458	0,001729
6	6	0,000094	0,001252	0,000813	0,000559	0,104458		0,083786
7	7	0,000022	0,000055	0,000035	0,000028	0,001729	0,083786	

Εικόνα 10.84: Δοκιμή Duncan (ελαστικότητα ψίχας οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Ελαστικότητα Ψίχας (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)						
Homogenous Groups, alpha = ,05000						
Error: Between MS = ,58107, df = 58,000						
Cell No.	Χρόνος	Ελαστικότητα Ψίχας Mean	1	2	3	4
7	7	5,487500			****	
6	6	6,087500			****	****
5	5	6,650000		****		****
2	2	7,287500	****	****		
3	3	7,362500	****	****		
4	4	7,425000	****			
1	1	7,650000	****			

Εικόνα 10.85: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ελαστικότητα ψίχας οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Γεύση/Άρωμα (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3835,050	1	3835,050	16959,96	0,000000
Κρυσπροστατευτικό	6,375	1	6,375	28,19	0,000002
Ποσοστό	0,074	4	0,018	0,08	0,987769
Χρόνος	44,151	6	7,359	32,54	0,000000
Error	13,115	58	0,226		

Εικόνα 10.86: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στην γεύση / άρωμα άρτου (οργανοληπτικά)

Duncan test; variable Γεύση/Άρωμα (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)				
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests				
Error: Between MS = ,22612, df = 58,000				
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	{1}	{2}	
1	1	7,1000	7,7036	
2	2		0,000112	

Εικόνα 10.87: Δοκιμή Duncan (γεύση / άρωμα άρτου οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Γεύση/Άρωμα (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)				
Homogenous Groups, alpha = ,05000				
Error: Between MS = ,22612, df = 58,000				
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	Γεύση/Άρωμα Mean	1	2
1	1	7,100000	****	
2	2	7,703571		****

Εικόνα 10.88: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (γεύση / άρωμα άρτου οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Γεύση/Άρωμα (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)								
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests								
Error: Between MS = ,22612, df = 58,000								
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
1	1	8,3125	8,2875	7,8375	7,5375	7,2625	6,5000	6,0750
2	2		0,906929	0,037735	0,001083	0,000048	0,000027	0,000022
3	3	0,906929		0,038734	0,001228	0,000070	0,000034	0,000027
4	4	0,037735	0,038734		0,163783	0,012141	0,000052	0,000034
5	5	0,001083	0,001228	0,163783		0,201183	0,000070	0,000052
6	6	0,000048	0,000070	0,012141	0,201183		0,000815	0,000060
7	7	0,000027	0,000034	0,000052	0,000070	0,000815		0,050453
8	8	0,000022	0,000027	0,000034	0,000052	0,000060	0,050453	

Εικόνα 10.89: Δοκιμή Duncan (γεύση / άρωμα άρτου οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Γεύση/Άρωμα (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)						
Homogenous Groups, alpha = ,05000						
Error: Between MS = ,22612, df = 58,000						
Cell No.	Χρόνος	Γεύση/Άρωμα Mean	1	2	3	4
7	7	6,075000	****			
6	6	6,500000	****			
5	5	7,262500		****		
4	4	7,537500		****	****	
3	3	7,837500			****	
2	2	8,287500				****
1	1	8,312500				****

Εικόνα 10.90: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (γεύση / άρωμα άρτου οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Μετάγευση (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3369,023	1	3369,023	10653,87	0,000000
Κρυοπροστατευτικό	5,502	1	5,502	17,40	0,000103
Ποσοστό	0,112	4	0,028	0,09	0,985778
Χρόνος	34,538	6	5,756	18,20	0,000000
Error	18,341	58	0,316		

Εικόνα 10.91: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στην μετάγευση άρτου (οργανοληπτικά)

Duncan test; variable Μετάγευση (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)			
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests			
Error: Between MS = ,31623, df = 58,000			
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	{1}	{2}
1	1	6,6571	7,2179
2	2	0,000212	

Εικόνα 10.92: Δοκιμή Duncan (μετάγευση άρτου οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Μετάγευση (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)					
Homogenous Groups, alpha = ,05000					
Error: Between MS = ,31623, df = 58,000					
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	Μετάγευση Mean	1	2	
1	1	6,657143	****		
2	2	7,217857		****	

Εικόνα 10.93: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (μετάγευση άρτου οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Μετάγευση (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)								
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests								
Error: Between MS = ,31623, df = 58,000								
Cell No.	Χρόνος	{1} 7,9250	{2} 7,6625	{3} 7,3500	{4} 6,9625	{5} 6,6125	{6} 6,1000	{7} 5,9500
1	1		0,301011	0,033470	0,000628	0,000038	0,000027	0,000022
2	2	0,301011		0,219097	0,009880	0,000233	0,000034	0,000027
3	3	0,033470	0,219097		0,128902	0,006640	0,000062	0,000035
4	4	0,000628	0,009880	0,128902		0,169423	0,001629	0,000352
5	5	0,000038	0,000233	0,006640	0,169423		0,046216	0,014488
6	6	0,000027	0,000034	0,000062	0,001629	0,046216		0,553312
7	7	0,000022	0,000027	0,000035	0,000352	0,014488	0,553312	

Εικόνα 10.94: Δοκιμή Duncan (μετάγευση άρτου οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Μετάγευση (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)							
Homogenous Groups, alpha = ,05000							
Error: Between MS = ,31623, df = 58,000							
Cell No.	Χρόνος	Μετάγευση Mean	1	2	3	4	5
7	7	5,950000	****				
6	6	6,100000	****				
5	5	6,612500		****			
4	4	6,962500		****	****		
3	3	7,350000			****	****	
2	2	7,662500				****	****
1	1	7,925000					****

Εικόνα 10.95: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (μετάγευση άρτου οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Συνολική Αρέσκεια (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3681,188	1	3681,188	17644,06	0,000000
Κρυοπροστατευτικό	6,527	1	6,527	31,28	0,000001
Ποσοστό	0,421	4	0,105	0,50	0,732966
Χρόνος	53,811	6	8,968	42,99	0,000000
Error	12,101	58	0,209		

Εικόνα 10.96: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στην συνολική αρέσκεια του άρτου (οργανοληπτικά)

Duncan test; variable Συνολική Αρέσκεια (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,20864, df = 58,000			
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	{1}	{2}
1	1	6,9464	7,5571
2	2	0,000111	

Εικόνα 10.97: Δοκιμή Duncan (συνολική αρέσκεια του άρτου οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Συνολική Αρέσκεια (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,20864, df = 58,000			
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	Συνολική Αρέσκεια Mean	1 2
1	1	6,946429	****
2	2	7,557143	****

Εικόνα 10.98: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (συνολική αρέσκεια του άρτου οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Συνολική Αρέσκεια (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)								
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests								
Error: Between MS = ,20864, df = 58,000								
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
		8,3875	8,1250	7,8250	7,3500	6,9750	6,1625	5,9375
1	1		0,203975	0,010678	0,000059	0,000034	0,000027	0,000022
2	2	0,203975		0,147441	0,000563	0,000053	0,000034	0,000027
3	3	0,010678	0,147441		0,023678	0,000206	0,000052	0,000034
4	4	0,000059	0,000563	0,023678		0,071622	0,000059	0,000052
5	5	0,000034	0,000053	0,000206	0,071622		0,000303	0,000064
6	6	0,000027	0,000034	0,000052	0,000059	0,000303		0,275343
7	7	0,000022	0,000027	0,000034	0,000052	0,000064	0,275343	

Εικόνα 10.99: Δοκιμή Duncan (συνολική αρέσκεια του άρτου οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Συνολική Αρέσκεια (Statistica Τρεχαλόζη, Ξανθάνη)								
Homogenous Groups, alpha = ,05000								
Error: Between MS = ,20864, df = 58,000								
Cell No.	Χρόνος	Συνολική Αρέσκεια Mean	1	2	3	4		
7	7	5,937500	****					
6	6	6,162500	****					
5	5	6,975000		****				
4	4	7,350000		****				
3	3	7,825000			****			
2	2	8,125000			****	****		
1	1	8,387500				****		

Εικόνα 10.100: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (συνολική αρέσκεια του άρτου οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

10.2 Σειρά 2<sup>η</sup>: Μελέτη επίδρασης χρόνου αποθήκευσης υπό κατάψυξη σε δείγματα αρτοσκευασμάτων με διαφορετικές συγκεντρώσεις κρυοπροστατευτικών κόμμεος γκουάρ, SSL και distilled Monoglyceride

Τα νούμερα που έχουν χρησιμοποιηθεί στο πρόγραμμα statistica για τη 2<sup>η</sup> σειρά είναι τα εξής:

- Κρυοπροστατευτικό: 1= κόμμι γκουάρ, 2= SSL και 3= Distilled Monoglyceride
- Σύσταση: 1= τυφλό, 2= 0,25% και 3= 0,50% για κόμμι γκουάρ και για SSL και 1= τυφλό, 2= 1% και 3= 2% για Distilled Monoglyceride
- Χρόνος αποθήκευσης υπό κατάψυξη: 1= φρέσκο, 2= 1<sup>η</sup> ημέρα, 3= 7<sup>η</sup> ημέρα, 4= 14<sup>η</sup> ημέρα, 5= 28<sup>η</sup> ημέρα.

Effect	Univariate Tests of Significance for Σκληρότητα (ζυμαρί) (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	12.92010	1	12.92010	3057.721	0.000000
Κρυοπροστατευτικό	0,02737	2	0,01368	3,238	0,050907
Ποσοστό	0,00022	2	0,00011	0,027	0,973833
Χρόνος	0,04804	4	0,01201	2,842	0,038054
Error	0,15211	36	0,00423		

Εικόνα 10.101: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στη σκληρότητα ζυμαριού

Cell No.	Χρόνος	Duncan test; variable Σκληρότητα (ζυμαρί) (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00423, df = 36,000				
		{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	1	,47437	,56011	,54756	,56452	,53259
2	2	0,013270	0,028773	0,010775	0,065579	
3	3	0,013270	0,684551	0,684551	0,886526	0,404262
4	4	0,028773	0,684551	0,606788	0,606788	0,628421
5	5	0,010775	0,886526	0,606788	0,350744	0,350744

Εικόνα 10.102: Δοκιμή Duncan (σκληρότητα ζυμαριού, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Σκληρότητα (ζυμάρι) (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00423, df = 36,000				
Cell No.	Χρόνος	Σκληρότητα (ζυμάρι) Mean	1	2
1	1	0,474370		****
5	5	0,532593	****	****
3	3	0,547556	****	
2	2	0,560111	****	
4	4	0,564519	****	

Εικόνα 10.103: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (σκληρότητα ζυμαριού, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Ελαστικότητα (ζυμάρι) (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	257,3306	1	257,3306	13908,45	0,000000
Κρουοπροστατευτικό	0,0414	2	0,0207	1,12	0,337769
Ποσοστό	0,4498	2	0,2249	12,16	0,000092
Χρόνος	1,3052	4	0,3263	17,64	0,000000
Error	0,6661	36	0,0185		

Εικόνα 10.104: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στην ελαστικότητα ζυμαριού

Duncan test; variable Ελαστικότητα (ζυμάρι) (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01850, df = 36,000				
Cell No.	Ποσοστό	{1}	{2}	{3}
1	1	2,5254	2,3633	2,2853
2	2	0,002550		0,124900
3	3	0,000095	0,124900	

Εικόνα 10.105: Δοκιμή Duncan (ελαστικότητα ζυμαριού, ποσοστό)

Duncan test; variable Ελαστικότητα (ζυμάρι) (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01850, df = 36,000				
Cell No.	Ποσοστό	Ελαστικότητα (ζυμάρι) Mean	1	2
3	3	2,285289	****	
2	2	2,363349	****	
1	1	2,525351		****

Εικόνα 10.106: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ελαστικότητα ζυμαριού, ποσοστό)

Duncan test; variable Ελαστικότητα (ζυμάρι) (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,01850, df = 36,000						
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		2,1452	2,2340	2,5772	2,5272	2,4731
1	1		0,174636	0,000031	0,000054	0,000076
2	2	0,174636		0,000062	0,000136	0,000773
3	3	0,000031	0,000062		0,440832	0,133386
4	4	0,000054	0,000136	0,440832		0,404361
5	5	0,000076	0,000773	0,133386	0,404361	

Εικόνα 10.107: Δοκιμή Duncan (ελαστικότητα ζυμαριού, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Ελαστικότητα (ζυμάρι) (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)				
Homogenous Groups, alpha = ,05000				
Error: Between MS = ,01850, df = 36,000				
Cell No.	Χρόνος	Ελαστικότητα (ζυμάρι) Mean	1	2
1	1	2,145188		****
2	2	2,234006		****
5	5	2,473073	****	
4	4	2,527195	****	
3	3	2,577187	****	

Εικόνα 10.108: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ελαστικότητα ζυμαριού, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Συνεκτικότητα (ζυμάρι) (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	28,41572	1	28,41572	1955,556	0,000000
Κρυοπροστατευτικό	0,02763	2	0,01381	0,951	0,395952
Ποσοστό	0,32715	2	0,16357	11,257	0,000159
Χρόνος	0,16669	4	0,04167	2,868	0,036815
Error	0,52311	36	0,01453		

Εικόνα 10.109: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στην συνεκτικότητα ζυμαριού

Duncan test; variable Συνεκτικότητα (ζυμάρι) (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)				
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests				
Error: Between MS = ,01453, df = 36,000				
Cell No.	Ποσοστό	{1}	{2}	{3}
		,67460	,84482	,86451
1	1		0,000550	0,000225
2	2	0,000550		0,657445
3	3	0,000225	0,657445	

Εικόνα 10.110: Δοκιμή Duncan (συνεκτικότητα ζυμαριού, ποσοστό)

Duncan test; variable Συνεκτικότητα (ζυμάρι) (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01453, df = 36,000					
Cell No.	Ποσοστό	Συνεκτικότητα (ζυμάρι) Mean	1	2	
1	1	0,674600		****	
2	2	0,844822	****		
3	3	0,864512	****		

Εικόνα 10.111: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (συνεκτικότητα ζυμαριού, ποσοστό)

Duncan test; variable Συνεκτικότητα (ζυμάρι) (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01453, df = 36,000						
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		,90115	,82157	,76604	,75057	,73389
1	1		0,170055	0,029465	0,018783	0,010735
2	2	0,170055		0,335111	0,246738	0,167660
3	3	0,029465	0,335111		0,787108	0,598894
4	4	0,018783	0,246738	0,787108		0,770934
5	5	0,010735	0,167660	0,598894	0,770934	

Εικόνα 10.112: Δοκιμή Duncan (συνεκτικότητα ζυμαριού, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Συνεκτικότητα (ζυμάρι) (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01453, df = 36,000					
Cell No.	Χρόνος	Συνεκτικότητα (ζυμάρι) Mean	1	2	
5	5	0,733891	****		
4	4	0,750570	****		
3	3	0,766040	****		
2	2	0,821572	****	****	
1	1	0,901151		****	

Εικόνα 10.113: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (συνεκτικότητα ζυμαριού, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Προσκολλησιμότητα (ζυμάρι) (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,432834	1	0,432834	96,75836	0,000000
Κρυσπροστατευτικό	0,028463	2	0,014231	3,18135	0,053424
Ποσοστό	0,089983	2	0,044992	10,05772	0,000339
Χρόνος	0,062736	4	0,015684	3,50609	0,016206
Error	0,161040	36	0,004473		

Εικόνα 10.114: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στην προσκολλησιμότητα ζυμαριού

Duncan test; variable Προσκολλησιμότητα (ζυμάρι) (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00447, df = 36,000				
Cell No.	Ποσοστό	{1}	{2}	{3}
1	1	-,1602	-,0772	-,0568
2	2	0,001799	0,001799	0,407693
3	3	0,000269	0,407693	

Εικόνα 10.115: Δοκιμή Duncan (προσκολλησιμότητα ζυμαριού, ποσοστό)

Duncan test; variable Προσκολλησιμότητα (ζυμάρι) (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00447, df = 36,000				
Cell No.	Ποσοστό	Προσκολλησιμότητα (ζυμάρι) Mean	1	2
1	1	-0,160200		****
2	2	-0,077244	****	
3	3	-0,056778	****	

Εικόνα 10.116: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (προσκολλησιμότητα ζυμαριού, ποσοστό)

Duncan test; variable Προσκολλησιμότητα (ζυμάρι) (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00447, df = 36,000						
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	1	-,0715	-,0574	-,1653	-,1048	-,0913
2	2	0,658119	0,658119	0,008625	0,327584	0,534564
3	3	0,008625	0,003229	0,003229	0,179384	0,319089
4	4	0,327584	0,179384	0,062846	0,062846	0,031456
5	5	0,534564	0,319089	0,031456	0,671619	

Εικόνα 10.117: Δοκιμή Duncan (προσκολλησιμότητα ζυμαριού, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Προσκολλησιμότητα (ζυμάρι) (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00447, df = 36,000				
Cell No.	Χρόνος	Προσκολλησιμότητα (ζυμάρι) Mean	1	2
3	3	-0,165333		****
4	4	-0,104778	****	****
5	5	-0,091296	****	
1	1	-0,071519	****	
2	2	-0,057444	****	

Εικόνα 10.118: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (προσκολλησιμότητα ζυμαριού, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Μεταβολή Βάρους (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	7693,248	1	7693,248	32575,88	0,000000
Κρυοπροστατευτικό	1,293	2	0,647	2,74	0,078157
Ποσοστό	1,479	2	0,739	3,13	0,055772
Χρόνος	1,761	4	0,440	1,86	0,138134
Error	8,502	36	0,236		

Εικόνα 10.119: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στη μεταβολή του βάρους των αρτοσκευασμάτων

Univariate Tests of Significance for Ειδικός Όγκος (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	280,4145	1	280,4145	18017,09	0,000000
Κρυοπροστατευτικό	0,3090	2	0,1545	9,93	0,000369
Ποσοστό	0,4789	2	0,2394	15,38	0,000015
Χρόνος	0,4878	4	0,1220	7,84	0,000119
Error	0,5603	36	0,0156		

Εικόνα 10.120: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στον ειδικό όγκο των αρτοσκευασμάτων

Duncan test; variable Ειδικός Όγκος (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)				
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests				
Error: Between MS = ,01556, df = 36,000				
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	{1}	{2}	{3}
1	1	2,4705	2,6082	2,4102
2	2	0,004733		0,194193
3	3	0,194193	0,000210	

Εικόνα 10.121: Δοκιμή Duncan (ειδικός όγκος, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Ειδικός Όγκος (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)				
Homogenous Groups, alpha = ,05000				
Error: Between MS = ,01556, df = 36,000				
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	Ειδικός Όγκος Mean	1	2
3	3	2,410195	****	
1	1	2,470475	****	
2	2	2,608182		****

Εικόνα 10.122: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ειδικός όγκος, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Ειδικός Όγκος (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = ,01556, df = 36,000					
Cell No.	Ποσοστό	{1}	{2}	{3}	
		2,3648	2,5073	2,6168	
1	1		0,003628	0,000066	
2	2	0,003628		0,021623	
3	3	0,000066	0,021623		

Εικόνα 10.123: Δοκιμή Duncan (ειδικός όγκος, ποσοστό)

Duncan test; variable Ειδικός Όγκος (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)					
Homogenous Groups, alpha = ,05000					
Error: Between MS = ,01556, df = 36,000					
Cell No.	Ποσοστό	Ειδικός Όγκος Mean	1	2	3
1	1	2,364801	****		
2	2	2,507278		****	
3	3	2,616773			****

Εικόνα 10.124: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ειδικός όγκος, ποσοστό)

Duncan test; variable Ειδικός Όγκος (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,01556, df = 36,000						
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		2,6731	2,5366	2,4387	2,4677	2,3652
1	1		0,026201	0,000609	0,001847	0,000048
2	2	0,026201		0,123852	0,248992	0,010018
3	3	0,000609	0,123852		0,624879	0,219730
4	4	0,001847	0,248992	0,624879		0,107622
5	5	0,000048	0,010018	0,219730	0,107622	

Εικόνα 10.125: Δοκιμή Duncan (ειδικός όγκος, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Ειδικός Όγκος (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)					
Homogenous Groups, alpha = ,05000					
Error: Between MS = ,01556, df = 36,000					
Cell No.	Χρόνος	Ειδικός Όγκος Mean	1	2	3
5	5	2,365234	****		
3	3	2,438703	****	****	
4	4	2,467718	****	****	
2	2	2,536645		****	
1	1	2,673120			****

Εικόνα 10.126: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ειδικός όγκος, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Πλάτος (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1183,748	1	1183,748	24864,86	0,000000
Κρυσταλλοπροστατευτικό	0,438	2	0,219	4,60	0,016603
Ποσοστό	0,098	2	0,049	1,03	0,366231
Χρόνος	0,416	4	0,104	2,18	0,090497
Error	1,714	36	0,048		

Εικόνα 10.127: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στο πλάτος των αρτοσκευασμάτων

Duncan test; variable Πλάτος (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)				
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests				
Error: Between MS = ,04761, df = 36,000				
Cell No.	Κρυσταλλοπροστατευτικό	{1}	{2}	{3}
1	1	5,0067	5,2483	5,1317
2	2	0,006132		0,125533
3	3	0,125533	0,151892	

Εικόνα 10.128: Δοκιμή Duncan (πλάτος, κρυσταλλοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Πλάτος (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)				
Homogenous Groups, alpha = ,05000				
Error: Between MS = ,04761, df = 36,000				
Cell No.	Κρυσταλλοπροστατευτικό	Πλάτος Mean	1	2
1	1	5,006667	****	
3	3	5,131667	****	****
2	2	5,248333		****

Εικόνα 10.129: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (πλάτος, κρυσταλλοπροστατευτικό)

Univariate Tests of Significance for Ύψος (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2226,402	1	2226,402	38836,25	0,000000
Κρυσταλλοπροστατευτικό	0,530	2	0,265	4,62	0,016324
Ποσοστό	0,554	2	0,277	4,83	0,013854
Χρόνος	4,019	4	1,005	17,52	0,000000
Error	2,064	36	0,057		

Εικόνα 10.130: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στο ύψος των αρτοσκευασμάτων

Duncan test; variable Ύψος (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,05733, df = 36,000						
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	{1}	{2}	{3}		
1	1	7,0550	0,260361	0,070005		
2	2	0,260361		0,006472		
3	3	0,070005	0,006472			

Εικόνα 10.131: Δοκιμή Duncan (ύψος, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Ύψος (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,05733, df = 36,000						
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	Ύψος Mean	1	2		
3	3	6,891667	****			
1	1	7,055000	****	****		
2	2	7,155000		****		

Εικόνα 10.132: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ύψος, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Ύψος (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,05733, df = 36,000						
Cell No.	Ποσοστό	{1}	{2}	{3}		
1	1	6,9000	0,145854	0,005078		
2	2	0,145854		0,114006		
3	3	0,005078	0,114006			

Εικόνα 10.133: Δοκιμή Duncan (ύψος, ποσοστό)

Duncan test; variable Ύψος (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,05733, df = 36,000						
Cell No.	Ποσοστό	Ύψος Mean	1	2		
1	1	6,900000	****			
2	2	7,030000	****	****		
3	3	7,171667		****		

Εικόνα 10.134: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ύψος, ποσοστό)

Duncan test; variable Ύψος (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,05733, df = 36,000						
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		7,5639	7,1250	6,9639	6,7750	6,7417
1	1		0,000524	0,000070	0,000053	0,000031
2	2	0,000524		0,162195	0,005162	0,002947
3	3	0,000070	0,162195		0,103029	0,069795
4	4	0,000053	0,005162	0,103029		0,769563
5	5	0,000031	0,002947	0,069795	0,769563	

Εικόνα 10.135: Δοκιμή Duncan (ύψος, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Ύψος (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)						
Homogenous Groups, alpha = ,05000						
Error: Between MS = ,05733, df = 36,000						
Cell No.	Χρόνος	Ύψος Mean	1	2	3	
5	5	6,741667	****			
4	4	6,775000	****			
3	3	6,963889	****	****		
2	2	7,125000		****		
1	1	7,563889			****	

Εικόνα 10.136: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ύψος, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Χρώμα Κόρας (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)						
Sigma-restricted parameterization						
Effective hypothesis decomposition						
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	
Intercept	244083,9	1	244083,9	34052,86	0,000000	
Κρυστοπροστατευτικό	28,1	2	14,0	1,96	0,155906	
Ποσοστό	2,9	2	1,5	0,20	0,816754	
Χρόνος	525,1	4	131,3	18,32	0,000000	
Error	258,0	36	7,2			

Εικόνα 10.137: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στο χρώμα κόρας των αρτοσκευασμάτων

Duncan test; variable Χρώμα Κόρας (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = 7,1678, df = 36,000						
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		67,066	74,403	74,278	75,729	76,767
1	1		0,000064	0,000122	0,000053	0,000031
2	2	0,000064		0,921396	0,300584	0,084222
3	3	0,000122	0,921396		0,286075	0,078464
4	4	0,000053	0,300584	0,286075		0,416553
5	5	0,000031	0,084222	0,078464	0,416553	

Εικόνα 10.138: Δοκιμή Duncan (χρώμα κόρας, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Χρώμα Κόρας (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 7,1678, df = 36,000				
Cell No.	Χρόνος	Χρώμα Κόρας Mean	1	2
1	1	67,06576		****
3	3	74,27753	****	
2	2	74,40311	****	
4	4	75,72900	****	
5	5	76,76662	****	

Εικόνα 10.139: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (χρώμα κόρας, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Χρώμα Ψίχας (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	273620,2	1	273620,2	300284,6	0,000000
Κρυσταλλοπροστατευτικό	7,6	2	3,8	4,2	0,023593
Ποσοστό	11,8	2	5,9	6,5	0,003908
Χρόνος	12,2	4	3,1	3,4	0,019547
Error	32,8	36	0,9		

Εικόνα 10.140: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στο χρώμα ψίχας των αρτοσκευασμάτων

Duncan test; variable Χρώμα Ψίχας (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,91120, df = 36,000				
Cell No.	Κρυσταλλοπροστατευτικό	{1}	{2}	{3}
		77,501	78,504	77,927
1	1		0,009113	0,230386
2	2	0,009113		0,106747
3	3	0,230386	0,106747	

Εικόνα 10.141: Δοκιμή Duncan (χρώμα ψίχας, κρυσταλλοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Χρώμα Ψίχας (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,91120, df = 36,000				
Cell No.	Κρυσταλλοπροστατευτικό	Χρώμα Ψίχας Mean	1	2
1	1	77,50138	****	
3	3	77,92673	****	****
2	2	78,50360		****

Εικόνα 10.142: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (χρώμα ψίχας, κρυσταλλοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Χρώμα Ψίχας (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = ,91120, df = 36,000					
Cell No.	Ποσοστό	{1}	{2}	{3}	
		77,284	78,138	78,509	
1	1		0,019444	0,001745	
2	2	0,019444		0,294054	
3	3	0,001745	0,294054		

Εικόνα 10.143: Δοκιμή Duncan (χρώμα ψίχας, ποσοστό)

Duncan test; variable Χρώμα Ψίχας (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)					
Homogenous Groups, alpha = ,05000					
Error: Between MS = ,91120, df = 36,000					
Cell No.	Ποσοστό	Χρώμα Ψίχας Mean	1	2	
1	1	77,28442		****	
2	2	78,13803	****		
3	3	78,50927	****		

Εικόνα 10.144: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (χρώμα ψίχας, ποσοστό)

Duncan test; variable Χρώμα Ψίχας (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,91120, df = 36,000						
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		78,760	78,000	78,120	77,875	77,131
1	1		0,118466	0,163142	0,079145	0,001914
2	2	0,118466		0,791915	0,783029	0,075308
3	3	0,163142	0,791915		0,613296	0,050402
4	4	0,079145	0,783029	0,613296		0,107222
5	5	0,001914	0,075308	0,050402	0,107222	

Εικόνα 10.145: Δοκιμή Duncan (χρώμα ψίχας, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Χρώμα Ψίχας (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)					
Homogenous Groups, alpha = ,05000					
Error: Between MS = ,91120, df = 36,000					
Cell No.	Χρόνος	Χρώμα Ψίχας Mean	1	2	
5	5	77,13130	****		
4	4	77,87499	****	****	
2	2	77,99991	****	****	
3	3	78,11958	****	****	
1	1	78,76042		****	

Εικόνα 10.146: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (χρώμα ψίχας, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Ενεργότητα (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	<b>39,85041</b>	<b>1</b>	<b>39,85041</b>	<b>571720,8</b>	<b>0,000000</b>
Κρυσπροστατευτικό	0,00002	2	0,00001	0,1	0,892617
Ποσοστό	0,00034	2	0,00017	2,5	0,100226
Χρόνος	0,00053	4	0,00013	1,9	0,133843
Error	0,00251	36	0,00007		

Εικόνα 10.147: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στην ενεργότητα των αρτοσκευασμάτων

Univariate Tests of Significance for Σκληρότητα Άρτου (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	<b>11365,62</b>	<b>1</b>	<b>11365,62</b>	<b>1205,764</b>	<b>0,000000</b>
Κρυσπροστατευτικό	1,54	2	0,77	0,082	0,921535
Ποσοστό	4,13	2	2,06	0,219	0,804393
Χρόνος	<b>170,19</b>	<b>4</b>	<b>42,55</b>	<b>4,514</b>	<b>0,004658</b>
Error	339,34	36	9,43		

Εικόνα 10.148: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στη σκληρότητα του άρτου

Duncan test; variable Σκληρότητα Άρτου (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 9,4261, df = 36,000						
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		12,735	17,133	17,154	17,893	14,547
<b>1</b>	<b>1</b>		<b>0,006047</b>	<b>0,007109</b>	<b>0,002227</b>	0,218656
2	2	<b>0,006047</b>		0,988548	0,625593	0,082556
3	3	<b>0,007109</b>	0,988548		0,613125	0,096510
4	4	<b>0,002227</b>	0,625593	0,613125		<b>0,039680</b>
5	5	0,218656	0,082556	0,096510	<b>0,039680</b>	

Εικόνα 10.149: Δοκιμή Duncan (σκληρότητα άρτου, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Σκληρότητα Άρτου (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 9,4261, df = 36,000					
Cell No.	Χρόνος	Σκληρότητα Άρτου Mean	1	2	3
<b>1</b>	<b>1</b>	12,73500			****
5	5	14,54737	****		****
2	2	17,13304	****	****	
3	3	17,15415	****	****	
4	4	17,89259		****	

Εικόνα 10.150: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (σκληρότητα άρτου, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Σκληρότητα (συμπίεση εσωτερικής φέτας) (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	697,4829	1	697,4829	979,0412	0,000000
Κρυσπρωστατευτικό	3,0002	2	1,5001	2,1057	0,136513
Ποσοστό	1,0445	2	0,5223	0,7331	0,487453
Χρόνος	2,6312	4	0,6578	0,9234	0,461123
Error	25,6469	36	0,7124		

Εικόνα 10.151: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στη σκληρότητα εσωτερικής φέτας με συμπίεση με κύλινδρο

Univariate Tests of Significance for Σκληρότητα φέτας (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	958,5770	1	958,5770	1357,631	0,000000
Κρυσπρωστατευτικό	1,6690	2	0,8345	1,182	0,318309
Ποσοστό	4,7605	2	2,3802	3,371	0,045501
Χρόνος	1,2661	4	0,3165	0,448	0,772912
Error	25,4184	36	0,7061		

Εικόνα 10.152: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στη σκληρότητα εσωτερικής φέτας με κοπίδι

Duncan test; variable Σκληρότητα φέτας (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)				
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests				
Error: Between MS = ,70607, df = 36,000				
Cell No.	Ποσοστό	{1}	{2}	{3}
1	1	5,0573	4,5048	4,2840
2	2	0,080238		0,476533
3	3	0,021322	0,476533	

Εικόνα 10.153: Δοκιμή Duncan (σκληρότητα εσωτερικής φέτας με κοπίδι, ποσοστό)

Duncan test; variable Σκληρότητα φέτας (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)				
Homogenous Groups, alpha = ,05000				
Error: Between MS = ,70607, df = 36,000				
Cell No.	Ποσοστό	Σκληρότητα φέτας Mean	1	2
3	3	4,284000	****	
2	2	4,504800	****	****
1	1	5,057333		****

Εικόνα 10.154: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (σκληρότητα εσωτερικής φέτας με κοπίδι, ποσοστό)

Effect	Univariate Tests of Significance for Διόγκωση (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2759,292	1	2759,292	13041,73	0,000000
Κρυοπροστατευτικό	2,617	2	1,309	6,19	0,004908
Ποσοστό	0,853	2	0,426	2,02	0,148040
Χρόνος	22,824	4	5,706	26,97	0,000000
Error	7,617	36	0,212		

Εικόνα 10.155: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στη διόγκωση (οργανοληπτικά)

Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	Duncan test; variable Διόγκωση (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,21157, df = 36,000		
		{1}	{2}	{3}
1	1	7,9667	8,0333	7,4917
2	2	0,693900	0,693900	0,007731
3	3	0,007731	0,003749	0,003749

Εικόνα 10.156: Δοκιμή Duncan (διόγκωση οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	Duncan test; variable Διόγκωση (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,21157, df = 36,000	
		Διόγκωση Mean	1 2
3	3	7,491667	****
1	1	7,966667	****
2	2	8,033333	****

Εικόνα 10.157: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (διόγκωση οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Cell No.	Χρόνος	Duncan test; variable Διόγκωση (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,21157, df = 36,000				
		{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	1	9,0000	8,2778	7,4583	7,3750	7,0417
2	2	0,002130	0,002130	0,000063	0,000053	0,000031
3	3	0,000063	0,000685	0,000685	0,703132	0,076600
4	4	0,000053	0,000319	0,703132	0,133089	0,133089
5	5	0,000031	0,000055	0,076600	0,133089	0,133089

Εικόνα 10.158: Δοκιμή Duncan (διόγκωση οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Διόγκωση (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)					
Homogenous Groups, alpha = ,05000					
Error: Between MS = ,21157, df = 36,000					
Cell No.	Χρόνος	Διόγκωση Mean	1	2	3
5	5	7,041667	****		
4	4	7,375000	****		
3	3	7,458333	****		
2	2	8,277778		****	
1	1	9,000000			****

Εικόνα 10.159: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (διόγκωση οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Ύπαρξη Σχισμών ή ρωγμών στην Επιφάνεια (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	337,5681	1	337,5681	336,9895	0,000000
Κρυσπρωστατευτικό	1,4049	2	0,7024	0,7012	0,502624
Ποσοστό	11,4674	2	5,7337	5,7239	0,006943
Χρόνος	11,8417	4	2,9604	2,9553	0,032856
Error	36,0618	36	1,0017		

Εικόνα 10.160: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στην ύπαρξη σχισμών ή ρωγμών στην επιφάνεια (οργανοληπτικά)

Duncan test; variable Ύπαρξη Σχισμών ή ρωγμών στην Επιφάνεια (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = 1,0017, df = 36,000					
Cell No.	Ποσοστό	{1}	{2}	{3}	
1	1	2,0250	3,0917	3,1000	
2	2	0,006160	0,007728		
3	3	0,007728	0,982028		

Εικόνα 10.161: Δοκιμή Duncan (ύπαρξη σχισμών ή ρωγμών στην επιφάνεια, ποσοστό)

Duncan test; variable Ύπαρξη Σχισμών ή ρωγμών στην Επιφάνεια (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)					
Homogenous Groups, alpha = ,05000					
Error: Between MS = 1,0017, df = 36,000					
Cell No.	Ποσοστό	Ύπαρξη Σχισμών ή ρωγμών στην Επιφάνεια Mean	1	2	
1	1	2,025000		****	
2	2	3,091667	****		
3	3	3,100000	****		

Εικόνα 10.162: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ύπαρξη σχισμών ή ρωγμών στην επιφάνεια, ποσοστό)

Duncan test; variable Ύπαρξη Σχισμών ή ρωγμών στην Επιφάνεια (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = 1,0017, df = 36,000						
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	1	1,7778	3,3194	2,8194	2,9306	2,8472
2	2	0,004806		0,033819	0,029876	0,037599
3	3	0,033819	0,342562		0,415374	0,352833
4	4	0,029876	0,415374	0,826773		0,953476
5	5	0,037599	0,352833	0,953476	0,860897	

Εικόνα 10.163: Δοκιμή Duncan (ύπαρξη σχισμών ή ρωγμών στην επιφάνεια, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Ύπαρξη Σχισμών ή ρωγμών στην Επιφάνεια (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)						
Homogenous Groups, alpha = ,05000						
Error: Between MS = 1,0017, df = 36,000						
Cell No.	Χρόνος	Ύπαρξη Σχισμών ή ρωγμών στην Επιφάνεια Mean	1	2		
1	1	1,77778		****		
3	3	2,819444	****			
5	5	2,847222	****			
4	4	2,930556	****			
2	2	3,319444	****			

Εικόνα 10.164: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ύπαρξη σχισμών ή ρωγμών στην επιφάνεια, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Χρώμα Κόρας (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1677,501	1	1677,501	6627,671	0,000000
Κρυσταλλοπροστατευτικό	2,286	2	1,143	4,516	0,017784
Ποσοστό	1,172	2	0,586	2,314	0,113363
Χρόνος	13,085	4	3,271	12,925	0,000001
Error	9,112	36	0,253		

Εικόνα 10.165: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στο χρώμα κόρας (οργανοληπτικά)

Duncan test; variable Χρώμα Κόρας (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)				
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests				
Error: Between MS = ,25311, df = 36,000				
Cell No.	Κρυσταλλοπροστατευτικό	{1}	{2}	{3}
1	1	6,3667	5,8167	6,1333
2	2	0,006774		0,212279
3	3	0,212279	0,093469	

Εικόνα 10.166: Δοκιμή Duncan (χρώμα κόρας οργανοληπτικά, κρυσταλλοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Χρώμα Κόρας (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,25311, df = 36,000					
Cell No.	Κρυσταλλοπροστατευτικό	Χρώμα Κόρας Mean	1	2	
2	2	5,816667	****		
3	3	6,133333	****	****	
1	1	6,366667		****	

Εικόνα 10.167: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (χρώμα κόρας οργανοληπτικά, κρυσταλλοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Χρώμα Κόρας (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,25311, df = 36,000						
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		7,1111	5,7778	6,2222	5,6528	5,7639
1	1		0,000066	0,000737	0,000032	0,000055
2	2	0,000066		0,069178	0,624095	0,953723
3	3	0,000737	0,069178		0,032752	0,074971
4	4	0,000032	0,624095	0,032752		0,642373
5	5	0,000055	0,953723	0,074971	0,642373	

Εικόνα 10.168: Δοκιμή Duncan (χρώμα κόρας οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Χρώμα Κόρας (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,25311, df = 36,000					
Cell No.	Χρόνος	Χρώμα Κόρας Mean	1	2	3
4	4	5,652778	****		
5	5	5,763889	****	****	
2	2	5,777778	****	****	
3	3	6,222222		****	
1	1	7,111111			****

Εικόνα 10.169: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (χρώμα κόρας οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Σκληρότητα Κόρας (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1510,901	1	1510,901	3406,181	0,000000
Κρυσταλλοπροστατευτικό	7,730	2	3,865	8,713	0,000820
Ποσοστό	0,784	2	0,392	0,884	0,422001
Χρόνος	7,053	4	1,763	3,975	0,008998
Error	15,969	36	0,444		

Εικόνα 10.170: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στη σκληρότητα κόρας (οργανοληπτικά)

Duncan test; variable Σκληρότητα Κόρας (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = ,44358, df = 36,000					
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	{1}	{2}	{3}	
		6,0917	6,0833	5,2083	
1	1		0,972961	0,001268	
2	2	0,972961		0,001086	
3	3	0,001268	0,001086		

Εικόνα 10.171: Δοκιμή Duncan (σκληρότητα κόρας οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Σκληρότητα Κόρας (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)					
Homogenous Groups, alpha = ,05000					
Error: Between MS = ,44358, df = 36,000					
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	Σκληρότητα Κόρας Mean	1	2	
3	3	5,208333		****	
2	2	6,083333	****		
1	1	6,091667	****		

Εικόνα 10.172: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (σκληρότητα κόρας οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Σκληρότητα Κόρας (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,44358, df = 36,000						
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		5,2778	6,0000	6,4028	5,8194	5,4722
1	1		0,040611	0,002115	0,111111	0,539737
2	2	0,040611		0,207834	0,568936	0,120417
3	3	0,002115	0,207834		0,086639	0,008875
4	4	0,111111	0,568936	0,086639		0,276213
5	5	0,539737	0,120417	0,008875	0,276213	

Εικόνα 10.173: Δοκιμή Duncan (σκληρότητα κόρας οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Σκληρότητα Κόρας (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,44358, df = 36,000					
Cell No.	Χρόνος	Σκληρότητα Κόρας Mean	1	2	3
1	1	5,277778	****		
5	5	5,472222	****	****	
4	4	5,819444	****	****	****
2	2	6,000000		****	****
3	3	6,402778			****

Εικόνα 10.174: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (σκληρότητα κόρας οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Ύπαρξη οπών στο Εσωτερικό (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1308,153	1	1308,153	1061,844	0,000000
Κρυσπροστατευτικό	1,940	2	0,970	0,787	0,462798
Ποσοστό	20,425	2	10,212	8,290	0,001093
Χρόνος	11,772	4	2,943	2,389	0,068979
Error	44,351	36	1,232		

Εικόνα 10.175: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στην ύπαρξη οπών στο εσωτερικό του δείγματος (οργανοληπτικά)

Duncan test; variable Ύπαρξη οπών στο Εσωτερικό (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 1,2320, df = 36,000					
Cell No.	Ποσοστό	{1}	{2}	{3}	
1	1	4,5750	0,056221	0,000405	
2	2	0,056221		0,043155	
3	3	0,000405	0,043155		

Εικόνα 10.176: Δοκιμή Duncan (ύπαρξη οπών στο εσωτερικό του δείγματος οργανοληπτικά, ποσοστό)

Duncan test; variable Ύπαρξη οπών στο Εσωτερικό (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 1,2320, df = 36,000					
Cell No.	Ποσοστό	Ύπαρξη οπών στο Εσωτερικό Mean	1	2	
1	1	4,575000	****		
2	2	5,375000	****		
3	3	6,225000		****	

Εικόνα 10.177: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ύπαρξη οπών στο εσωτερικό του δείγματος οργανοληπτικά, ποσοστό)

Univariate Tests of Significance for Χρώμα Ψίχας (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	676,6722	1	676,6722	4795,446	0,000000
Κρυσπροστατευτικό	0,4424	2	0,2212	1,567	0,222476
Ποσοστό	31,0194	2	15,5097	109,914	0,000000
Χρόνος	3,0361	4	0,7590	5,379	0,001681
Error	5,0799	36	0,1411		

Εικόνα 10.178: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στο χρώμα ψίχας (οργανοληπτικά)

Duncan test; variable Χρώμα Ψίχας (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)				
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests				
Error: Between MS = ,14111, df = 36,000				
Cell No.	Ποσοστό	{1}	{2}	{3}
1	1	5,0500	3,3500	3,2333
2	2	0,000121		0,400792
3	3	0,000063	0,400792	

Εικόνα 10.179: Δοκιμή Duncan (χρώμα ψίχας οργανοληπτικά, ποσοστό)

Duncan test; variable Χρώμα Ψίχας (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)				
Homogenous Groups, alpha = ,05000				
Error: Between MS = ,14111, df = 36,000				
Cell No.	Ποσοστό	Χρώμα Ψίχας Mean	1	2
3	3	3,233333	****	
2	2	3,350000	****	
1	1	5,050000		****

Εικόνα 10.180: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (χρώμα ψίχας οργανοληπτικά, ποσοστό)

Duncan test; variable Χρώμα Ψίχας (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,14111, df = 36,000						
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	1	3,6250	3,5139	3,9861	4,1250	4,1389
2	2	0,534450		0,015142	0,002552	0,002436
3	3	0,048919	0,015142		0,438118	0,422909
4	4	0,010359	0,002552	0,438118		0,938009
5	5	0,010330	0,002436	0,422909	0,938009	

Εικόνα 10.181: Δοκιμή Duncan (χρώμα ψίχας οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Χρώμα Ψίχας (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,14111, df = 36,000					
Cell No.	Χρόνος	Χρώμα Ψίχας Mean	1	2	
2	2	3,513889		****	
1	1	3,625000		****	
3	3	3,986111	****		
4	4	4,125000	****		
5	5	4,138889	****		

Εικόνα 10.182: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (χρώμα ψίχας οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Ελαστικότητα Ψίχας (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1579,753	1	1579,753	2007,363	0,000000
Κρυοπροστατευτικό	6,265	2	3,132	3,980	0,027438
Ποσοστό	28,519	2	14,259	18,119	0,000004
Χρόνος	8,648	4	2,162	2,747	0,043087
Error	28,331	36	0,787		

Εικόνα 10.183: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στην ελαστικότητα ψίχας (οργανοληπτικά)

Duncan test; variable Ελαστικότητα Ψίχας (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,78698, df = 36,000				
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	{1}	{2}	{3}
1	1	6,4500	5,6167	5,7083
2	2	0,018895	0,018895	0,028124
3	3	0,028124	0,778939	

Εικόνα 10.184: Δοκιμή Duncan (ελαστικότητα ψίχας οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Ελαστικότητα Ψίχας (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,78698, df = 36,000				
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	Ελαστικότητα Ψίχας Mean	1	2
2	2	5,616667	****	
3	3	5,708333	****	
1	1	6,450000		****

Εικόνα 10.185: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ελαστικότητα ψίχας οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Ελαστικότητα Ψίχας (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,78698, df = 36,000					
Cell No.	Ποσοστό	{1}	{2}	{3}	
1	1	7,0500	5,4000	5,3250	
2	2	0,000130	0,000130	0,818336	
3	3	0,000070	0,818336		

Εικόνα 10.186: Δοκιμή Duncan (ελαστικότητα ψίχας οργανοληπτικά, ποσοστό)

Duncan test; variable Ελαστικότητα Ψίχας (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,78698, df = 36,000					
Cell No.	Ποσοστό	Ελαστικότητα Ψίχας Mean	1	2	
3	3	5,325000	****		
2	2	5,400000	****		
1	1	7,050000		****	

Εικόνα 10.187: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ελαστικότητα ψίχας ποσοστό)

Duncan test; variable Ελαστικότητα Ψίχας (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,78698, df = 36,000						
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	1	6,6528	5,8333	5,8194	6,0278	5,2917
2	2	0,071099	0,071099	0,075446	0,143867	0,004967
3	3	0,075446	0,973795	0,973795	0,644879	0,229996
4	4	0,143867	0,644879	0,643214	0,643214	0,215147
5	5	0,004967	0,229996	0,215147	0,115844	0,115844

Εικόνα 10.188: Δοκιμή Duncan (ελαστικότητα ψίχας οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Ελαστικότητα Ψίχας (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,78698, df = 36,000					
Cell No.	Χρόνος	Ελαστικότητα Ψίχας Mean	1	2	
5	5	5,291667	****		
3	3	5,819444	****	****	
2	2	5,833333	****	****	
4	4	6,027778	****	****	
1	1	6,652778		****	

Εικόνα 10.189: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ελαστικότητα ψίχας οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Effect	Univariate Tests of Significance for Γεύση/Άρωμα (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2574,559	1	2574,559	13537,39	0,000000
Κρυοπροστατευτικό	2,588	2	1,294	6,80	0,003114
Ποσοστό	3,180	2	1,590	8,36	0,001042
Χρόνος	13,124	4	3,281	17,25	0,000000
Error	6,847	36	0,190		

Εικόνα 10.190: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στην γεύση / άρωμα άρτου (οργανοληπτικά)

Duncan test; variable Γεύση/Άρωμα (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,19018, df = 36,000				
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	{1}	{2}	{3}
1	1	7,6333	7,8167	7,2417
2	2	0,257302		0,018959
3	3	0,018959	0,001343	

Εικόνα 10.191: Δοκιμή Duncan (γεύση / άρωμα άρτου οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Γεύση/Άρωμα (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,19018, df = 36,000				
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	Γεύση/Άρωμα Mean	1	2
3	3	7,241667		****
1	1	7,633333	****	
2	2	7,816667	****	

Εικόνα 10.192: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (γεύση / άρωμα άρτου οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Γεύση/Άρωμα (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,19018, df = 36,000				
Cell No.	Ποσοστό	{1}	{2}	{3}
1	1	7,9000	7,2500	7,5417
2	2	0,000395		0,030745
3	3	0,030745	0,075413	

Εικόνα 10.193: Δοκιμή Duncan (γεύση / άρωμα άρτου οργανοληπτικά, ποσοστό)

Duncan test; variable Γεύση/Άρωμα (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)						
Homogenous Groups, alpha = ,05000						
Error: Between MS = ,19018, df = 36,000						
Cell No.	Ποσοστό	Γεύση/Άρωμα Mean	1	2		
2	2	7,250000	****			
3	3	7,541667	****			
1	1	7,900000		****		

Εικόνα 10.194: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (γεύση / άρωμα άρτου οργανοληπτικά, ποσοστό)

Duncan test; variable Γεύση/Άρωμα (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,19018, df = 36,000						
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		8,3194	7,9444	7,6389	6,9167	7,0000
1	1		0,076561	0,002995	0,000031	0,000053
2	2	0,076561		0,146015	0,000079	0,000131
3	3	0,002995	0,146015		0,001749	0,003816
4	4	0,000031	0,000079	0,001749		0,687743
5	5	0,000053	0,000131	0,003816	0,687743	

Εικόνα 10.195: Δοκιμή Duncan (γεύση / άρωμα άρτου οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Γεύση/Άρωμα (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)					
Homogenous Groups, alpha = ,05000					
Error: Between MS = ,19018, df = 36,000					
Cell No.	Χρόνος	Γεύση/Άρωμα Mean	1	2	3
4	4	6,916667	****		
5	5	7,000000	****		
3	3	7,638889		****	
2	2	7,944444		****	****
1	1	8,319444			****

Εικόνα 10.196: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (γεύση / άρωμα άρτου οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Μετάγευση (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2359,878	1	2359,878	7374,975	0,000000
Κρυοπροστατευτικό	2,202	2	1,101	3,441	0,042907
Ποσοστό	1,140	2	0,570	1,781	0,183046
Χρόνος	17,214	4	4,303	13,449	0,000001
Error	11,519	36	0,320		

Εικόνα 10.197: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στην μετάγευση άρτου (οργανοληπτικά)

Duncan test; variable Μετάγευση (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)				
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests				
Error: Between MS = ,31998, df = 36,000				
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	{1}	{2}	{3}
1	1	7,3500	7,4417	6,9333
2	2	0,659977	0,659977	0,024428
3	3	0,051276	0,024428	

Εικόνα 10.198: Δοκιμή Duncan (μετάγευση άρτου οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Μετάγευση (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)				
Homogenous Groups, alpha = ,05000				
Error: Between MS = ,31998, df = 36,000				
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	Μετάγευση Mean	1	2
3	3	6,933333	****	
1	1	7,350000	****	****
2	2	7,441667		****

Εικόνα 10.199: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (μετάγευση άρτου οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Μετάγευση (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,31998, df = 36,000						
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	1	8,1250	7,7500	7,1667	6,6111	6,5556
2	2	0,168327	0,168327	0,035382	0,000248	0,000182
3	3	0,001405	0,035382	0,044474	0,044474	0,035611
4	4	0,000055	0,000248	0,044474		0,836258
5	5	0,000033	0,000182	0,035611	0,836258	

Εικόνα 10.200: Δοκιμή Duncan (μετάγευση άρτου οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Μετάγευση (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,31998, df = 36,000					
Cell No.	Χρόνος	Μετάγευση Mean	1	2	3
5	5	6,555556	****		
4	4	6,611111	****		
3	3	7,166667			****
2	2	7,750000		****	
1	1	8,125000		****	

Εικόνα 10.201: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (μετάγευση άρτου οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Συνολική Αρέσκεια (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2557,568	1	2557,568	19836,08	0,000000
Κρυοπροστατευτικό	2,367	2	1,184	9,18	0,000600
Ποσοστό	5,317	2	2,659	20,62	0,000001
Χρόνος	13,981	4	3,495	27,11	0,000000
Error	4,642	36	0,129		

Εικόνα 10.202: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στην συνολική αρέσκεια του άρτου (οργανοληπτικά)

Duncan test; variable Συνολική Αρέσκεια (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,12894, df = 36,000				
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	{1}	{2}	{3}
1	1	7,6250	7,7667	7,2250
2	2	0,287245	0,287245	0,004410
3	3	0,004410	0,000345	

Εικόνα 10.203: Δοκιμή Duncan (συνολική αρέσκεια του άρτου οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Συνολική Αρέσκεια (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,12894, df = 36,000				
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	Συνολική Αρέσκεια Mean	1	2
3	3	7,225000		****
1	1	7,625000	****	
2	2	7,766667	****	

Εικόνα 10.204: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (συνολική αρέσκεια του άρτου οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Συνολική Αρέσκεια (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = ,12894, df = 36,000					
Cell No.	Ποσοστό	{1}	{2}	{3}	
		8,0000	7,1750	7,4417	
1	1		0,000064	0,000253	
2	2	0,000064		0,049491	
3	3	0,000253	0,049491		

Εικόνα 10.205: Δοκιμή Duncan (συνολική αρέσκεια του άρτου οργανοληπτικά, ποσοστό)

Duncan test; variable Συνολική Αρέσκεια (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)					
Homogenous Groups, alpha = ,05000					
Error: Between MS = ,12894, df = 36,000					
Cell No.	Ποσοστό	Συνολική Αρέσκεια Mean	1	2	3
2	2	7,175000	****		
3	3	7,441667		****	
1	1	8,000000			****

Εικόνα 10.206: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (συνολική αρέσκεια του άρτου οργανοληπτικά, ποσοστό)

Duncan test; variable Συνολική Αρέσκεια (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,12894, df = 36,000						
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		8,4167	7,8611	7,5000	7,0000	6,9167
1	1		0,002420	0,000068	0,000053	0,000031
2	2	0,002420		0,039883	0,000077	0,000058
3	3	0,000068	0,039883		0,005637	0,002089
4	4	0,000053	0,000077	0,005637		0,625614
5	5	0,000031	0,000058	0,002089	0,625614	

Εικόνα 10.207: Δοκιμή Duncan (συνολική αρέσκεια άρτου οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Συνολική Αρέσκεια (Statistica Guar gum, SSL, Monoglyceride)						
Homogenous Groups, alpha = ,05000						
Error: Between MS = ,12894, df = 36,000						
Cell No.	Χρόνος	Συνολική Αρέσκεια Mean	1	2	3	4
5	5	6,916667	****			
4	4	7,000000	****			
3	3	7,500000		****		
2	2	7,861111			****	
1	1	8,416667				****

Εικόνα 10.208: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (συνολική αρέσκεια άρτου οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

### 10.3 Συνολική σύγκριση των κρυοπροστατευτικών

Τα νούμερα που έχουν χρησιμοποιηθεί στο πρόγραμμα statistica για τη συνολική σύγκριση των κρυοπροστατευτικών είναι τα εξής:

- Κρυοπροστατευτικό: 1= τρεχαλόζη, 2= ξανθάνη, 3= κόμμι γκουάρ, 4= SSL και 5= Distilled Monoglyceride
- Σύσταση: 1= τυφλό, 2= 200 ppm, 3= 400 ppm για τρεχαλόζη, 1= τυφλό, 2= 100 ppm, 3= 400 ppm για ξανθάνη, 1= τυφλό, 2= 0,25% και 3= 0,50% για κόμμι γκουάρ και για SSL και 1= τυφλό, 2= 1% και 3= 2% για Distilled Monoglyceride
- Χρόνος αποθήκευσης υπό κατάψυξη: 1= φρέσκο, 2= 1<sup>η</sup> ημέρα, 3= 7<sup>η</sup> ημέρα, 4= 14<sup>η</sup> ημέρα, 5= 28<sup>η</sup> ημέρα.

Effect	Univariate Tests of Significance for Σκληρότητα (ζυμάρι) (Όλα τα πρόσθετα) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	21,32302	1	21,32302	4237,653	0,000000
Κρυοπροστατευτικό	0,02829	4	0,00707	1,406	0,242184
Ποσοστό	0,00595	2	0,00297	0,591	0,556734
Χρόνος	0,06492	4	0,01623	3,225	0,017861
Error	0,32204	64	0,00503		

Εικόνα 10. 209: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στη σκληρότητα ζυμαριού

Cell No.	Χρόνος	Duncan test; variable Σκληρότητα (ζυμάρι) (Όλα τα πρόσθετα) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00503, df = 64,000				
		{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		,47964	,52736	,54100	,56302	,55500
1	1		0,070213	0,027279	0,004223	0,008440
2	2	0,070213		0,600281	0,216104	0,320138
3	3	0,027279	0,600281		0,428547	0,590839
4	4	0,004223	0,216104	0,428547		0,757914
5	5	0,008440	0,320138	0,590839	0,757914	

Εικόνα 10.210: Δοκιμή Duncan (σκληρότητα ζυμαριού, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Σκληρότητα (ζυμάρι) (Όλα τα πρόσθετα) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00503, df = 64,000						
Cell No.	Χρόνος	Σκληρότητα (ζυμάρι) Mean	1	2		
1	1	0,479644		****		
2	2	0,527356	****	****		
3	3	0,541000	****			
5	5	0,555000	****			
4	4	0,563022	****			

Εικόνα 10.211: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (σκληρότητα ζυμαριού, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Ελαστικότητα (ζυμάρι) (Όλα τα πρόσθετα) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	433,4984	1	433,4984	20535,27	0,000000
Κρυοπροστατευτικό	0,0691	4	0,0173	0,82	0,518504
Ποσοστό	0,5547	2	0,2773	13,14	0,000017
Χρόνος	2,3201	4	0,5800	27,48	0,000000
Error	1,3510	64	0,0211		

Εικόνα 10.212: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στην ελαστικότητα ζυμαριού

Duncan test; variable Ελαστικότητα (ζυμάρι) (Όλα τα πρόσθετα) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,02111, df = 64,000						
Cell No.	Ποσοστό	{1}	{2}	{3}		
1	1	2,5254	2,3524	2,3347		
2	2	0,000190		0,668493		
3	3	0,000080	0,668493			

Εικόνα 10.213: Δοκιμή Duncan (ελαστικότητα ζυμαριού, ποσοστό)

Duncan test; variable Ελαστικότητα (ζυμάρι) (Όλα τα πρόσθετα) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,02111, df = 64,000						
Cell No.	Ποσοστό	Ελαστικότητα (ζυμάρι) Mean	1	2		
3	3	2,334719	****			
2	2	2,352406	****			
1	1	2,525351		****		

Εικόνα 10.214 Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ελαστικότητα ζυμαριού, ποσοστό)

Duncan test; variable Ελαστικότητα (ζυμάρι) (Όλα τα πρόσθετα)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,02111, df = 64,000						
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		2,1450	2,2394	2,5416	2,5617	2,5331
1	1		0,079952	0,000051	0,000033	0,000057
2	2	0,079952		0,000057	0,000051	0,000108
3	3	0,000051	0,000057		0,707242	0,873419
4	4	0,000033	0,000051	0,707242		0,616923
5	5	0,000057	0,000108	0,873419	0,616923	

Εικόνα 10.215: Δοκιμή Duncan (ελαστικότητα ζυμαριού, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Ελαστικότητα (ζυμάρι) (Όλα τα πρόσθετα)						
Homogenous Groups, alpha = ,05000						
Error: Between MS = ,02111, df = 64,000						
Cell No.	Χρόνος	Ελαστικότητα (ζυμάρι) Mean	1	2		
1	1	2,144965		****		
2	2	2,239390		****		
5	5	2,533143	****			
3	3	2,541636	****			
4	4	2,561659	****			

Εικόνα 10.216: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ελαστικότητα ζυμαριού, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Συνεκτικότητα (ζυμάρι) (Όλα τα πρόσθετα)						
Sigma-restricted parameterization						
Effective hypothesis decomposition						
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	
Intercept	44,16933	1	44,16933	3205,852	0,000000	
Κρυσπροσαπτευτικό	0,11182	4	0,02795	2,029	0,100841	
Ποσοστό	0,32381	2	0,16190	11,751	0,000045	
Χρόνος	0,31880	4	0,07970	5,785	0,000488	
Error	0,88177	64	0,01378			

Εικόνα 10.217: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στην συνεκτικότητα ζυμαριού

Duncan test; variable Συνεκτικότητα (ζυμάρι) (Όλα τα πρόσθετα)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,01378, df = 64,000						
Cell No.	Ποσοστό	{1}	{2}	{3}		
		,67460	,81773	,80991		
1	1		0,000135	0,000236		
2	2	0,000135		0,814751		
3	3	0,000236	0,814751			

Εικόνα 10.218: Δοκιμή Duncan (συνεκτικότητα ζυμαριού, ποσοστό)

Duncan test; variable Συνεκτικότητα (ζυμάρι) (Όλα τα πρόσθετα) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01378, df = 64,000						
Cell No.	Ποσοστό	Συνεκτικότητα (ζυμάρι) Mean	1	2		
1	1	0,674600		****		
3	3	0,809913	****			
2	2	0,817729	****			

Εικόνα 10.219: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (συνεκτικότητα ζυμαριού, ποσοστό)

Duncan test; variable Συνεκτικότητα (ζυμάρι) (Όλα τα πρόσθετα) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01378, df = 64,000						
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	1	,87444				
2	2	0,111971	0,111971	0,003072	0,002413	0,000159
3	3	0,003072	0,118042		0,874284	0,295421
4	4	0,002413	0,103951	0,874284		0,338732
5	5	0,000159	0,014248	0,295421	0,338732	

Εικόνα 10.220: Δοκιμή Duncan (συνεκτικότητα ζυμαριού, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Συνεκτικότητα (ζυμάρι) (Όλα τα πρόσθετα) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01378, df = 64,000						
Cell No.	Χρόνος	Συνεκτικότητα (ζυμάρι) Mean	1	2	3	
5	5	0,689276	****			
4	4	0,730600	****	****		
3	3	0,737414	****	****		
2	2	0,805342		****	****	
1	1	0,874438			****	

Εικόνα 10.221: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (συνεκτικότητα ζυμαριού, χρόνος κατάψυξης)

Effect	Univariate Tests of Significance for Προσκολλησιμότητα (ζυμάρι) (Όλα τα πρόσθετα) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,857391	1	0,857391	170,5777	0,000000
Κρυσπροστατευτικό	0,040462	4	0,010116	2,0125	0,103252
Ποσοστό	0,113510	2	0,056755	11,2914	0,000063
Χρόνος	0,120054	4	0,030013	5,9712	0,000379
Error	0,321690	64	0,005026		

Εικόνα 10.222: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στην προσκολλησιμότητα ζυμαριού

Cell No.	Ποσοστό	Duncan test; variable Προσκολλησιμότητα (ζυμάρι) (Όλα τα πρόσθετα) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00503, df = 64,000		
		{1}	{2}	{3}
1	1	-,1602	0,000086	0,001306
2	2	0,000086		0,240532
3	3	0,001306	0,240532	

Εικόνα 10.223: Δοκιμή Duncan (προσκολλησιμότητα ζυμαριού, ποσοστό)

Cell No.	Ποσοστό	Duncan test; variable Προσκολλησιμότητα (ζυμάρι) (Όλα τα πρόσθετα) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00503, df = 64,000	
		Προσκολλησιμότητα (ζυμάρι) Mean	
1	1	-0,160200	****
3	3	-0,092160	****
2	2	-0,068400	****

Εικόνα 10.224: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (προσκολλησιμότητα ζυμαριού, ποσοστό)

Cell No.	Χρόνος	Duncan test; variable Προσκολλησιμότητα (ζυμάρι) (Όλα τα πρόσθετα) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00503, df = 64,000				
		{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	1	-,0754	0,245054	0,008347	0,047687	0,030333
2	2	0,245054		0,000312	0,003104	0,001590
3	3	0,008347	0,000312		0,405324	0,557572
4	4	0,047687	0,003104	0,405324		0,762339
5	5	0,030333	0,001590	0,557572	0,762339	

Εικόνα 10.225: Δοκιμή Duncan (προσκολλησιμότητα ζυμαριού, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Προσκολλησιμότητα (ζυμάρι) (Όλα τα πρόσθετα)  
Homogenous Groups, alpha = ,05000  
Error: Between MS = ,00503, df = 64,000

Cell No.	Χρόνος	Προσκολλησιμότητα (ζυμάρι) Mean	1	2			
3	3	-0,150844	****				
5	5	-0,135578	****				
4	4	-0,127711	****				
1	1	-0,075422		****			
2	2	-0,045044		****			

Εικόνα 10.226: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (προσκολλησιμότητα ζυμαριού, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Μεταβολή Βάρους (Όλα τα πρόσθετα)  
Sigma-restricted parameterization  
Effective hypothesis decomposition

Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p		
<b>Intercept</b>	<b>13030,57</b>	<b>1</b>	<b>13030,57</b>	<b>63779,05</b>	<b>0,000000</b>		
Κρυοπροστατευτικό	3,01	4	0,75	3,69	0,009154		
Ποσοστό	0,89	2	0,44	2,17	0,122316		
Χρόνος	2,16	4	0,54	2,64	0,041771		
Error	13,08	64	0,20				

Εικόνα 10.227: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στη μεταβολή του βάρους των αρτοσκευασμάτων

Duncan test; variable Μεταβολή Βάρους (Όλα τα πρόσθετα)  
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests  
Error: Between MS = ,20431, df = 64,000

Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	1	13,464	13,216	13,005	13,309	12,911
2	2	0,161806		0,161806	0,351331	0,002938
3	3	0,011951	0,206612		0,206612	0,576395
4	4	0,351331	0,576395	0,086579		0,086579
5	5	0,002938	0,085289	0,571276	0,029532	

Εικόνα 10.228: Δοκιμή Duncan (Μεταβολή βάρους, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Μεταβολή Βάρους (Όλα τα πρόσθετα) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,20431, df = 64,000					
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	Μεταβολή Βάρους Mean	1	2	3
5	5	12,91146	****		
3	3	13,00542	****	****	
2	2	13,21604	****	****	****
4	4	13,30875		****	****
1	1	13,46375			****

Εικόνα 10.229: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (Μεταβολή βάρους, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Μεταβολή Βάρους (Όλα τα πρόσθετα) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,20431, df = 64,000						
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		13,370	13,205	13,354	12,949	13,027
1	1		0,353015	0,922979	0,023839	0,060958
2	2	0,353015		0,371632	0,147138	0,284634
3	3	0,922979	0,371632		0,026410	0,064965
4	4	0,023839	0,147138	0,026410		0,635907
5	5	0,060958	0,284634	0,064965	0,635907	

Εικόνα 10.230: Δοκιμή Duncan (Μεταβολή βάρους, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Μεταβολή Βάρους (Όλα τα πρόσθετα) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,20431, df = 64,000						
Cell No.	Χρόνος	Μεταβολή Βάρους Mean	1	2		
4	4	12,94875	****			
5	5	13,02729	****	****		
2	2	13,20542	****	****		
3	3	13,35396	****			
1	1	13,37000	****			

Εικόνα 10.231: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (Μεταβολή βάρους, χρόνος κατάψυξης)

Effect	Univariate Tests of Significance for Ειδικός Όγκος (Όλα τα πρόσθετα) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	459,3852	1	459,3852	36443,76	0,000000
Κρυοπροστατευτικό	0,3627	4	0,0907	7,19	0,000076
Ποσοστό	0,4930	2	0,2465	19,56	0,000000
Χρόνος	0,9576	4	0,2394	18,99	0,000000
Error	0,8067	64	0,0126		

Εικόνα 10.232: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στον ειδικό όγκο των αρτοσκευασμάτων

Duncan test; variable Ειδικός Όγκος (Όλα τα πρόσθετα) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01261, df = 64,000						
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		2,4340	2,4516	2,4705	2,6082	2,4102
1	1		0,669512	0,407800	0,000178	0,563079
2	2	0,669512		0,647250	0,000490	0,346636
3	3	0,407800	0,647250		0,001437	0,186297
4	4	0,000178	0,000490	0,001437		0,000051
5	5	0,563079	0,346636	0,186297	0,000051	

Εικόνα 10.233: Δοκιμή Duncan (ειδικός όγκος, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Ειδικός Όγκος (Όλα τα πρόσθετα) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01261, df = 64,000				
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	Ειδικός Όγκος Mean	1	2
5	5	2,410195	****	
1	1	2,434033	****	
2	2	2,451620	****	
3	3	2,470475	****	
4	4	2,608182		****

Εικόνα 10.234: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ειδικός όγκος, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Ειδικός Όγκος (Όλα τα πρόσθετα) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01261, df = 64,000				
Cell No.	Ποσοστό	{1}	{2}	{3}
		2,3648	2,5022	2,5577
1	1		0,000163	0,000057
2	2	0,000163		0,085670
3	3	0,000057	0,085670	

Εικόνα 10.235: Δοκιμή Duncan (ειδικός όγκος, ποσοστό)

Duncan test; variable Ειδικός Όγκος (Όλα τα πρόσθετα) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01261, df = 64,000					
Cell No.	Ποσοστό	Ειδικός Όγκος Mean	1	2	
1	1	2,364801		****	
2	2	2,502222	****		
3	3	2,557680	****		

Εικόνα 10.236: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ειδικός όγκος, ποσοστό)

Duncan test; variable Ειδικός Όγκος (Όλα τα πρόσθετα) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01261, df = 64,000						
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		2,6775	2,5010	2,4289	2,4242	2,3430
1	1		0,000167	0,000057	0,000051	0,000033
2	2	0,000167		0,083487	0,080698	0,000541
3	3	0,000057	0,083487		0,909579	0,050749
4	4	0,000051	0,080698	0,909579		0,051971
5	5	0,000033	0,000541	0,050749	0,051971	

Εικόνα 10.237: Δοκιμή Duncan (ειδικός όγκος, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Ειδικός Όγκος (Όλα τα πρόσθετα) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01261, df = 64,000					
Cell No.	Χρόνος	Ειδικός Όγκος Mean	1	2	3
5	5	2,342963	****		
4	4	2,424181	****	****	
3	3	2,428861	****	****	
2	2	2,500974		****	
1	1	2,677527			****

Εικόνα 10.238: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ειδικός όγκος, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Πλάτος (Όλα τα πρόσθετα) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1940,309	1	1940,309	55246,67	0,000000
Κρυσπροστατευτικό	0,642	4	0,161	4,57	0,002611
Ποσοστό	0,064	2	0,032	0,91	0,406841
Χρόνος	0,329	4	0,082	2,34	0,064297
Error	2,248	64	0,035		

Εικόνα 10.239: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στο πλάτος των αρτοσκευασμάτων

Duncan test; variable Πλάτος (Όλα τα πρόσθετα)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,03512, df = 64,000						
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		5,0200	5,0250	5,0067	5,2483	5,1317
1	1		0,942067	0,846242	0,002552	0,128160
2	2	0,942067		0,803325	0,002532	0,124096
3	3	0,846242	0,803325		0,001704	0,099817
4	4	0,002552	0,002532	0,001704		0,093191
5	5	0,128160	0,124096	0,099817	0,093191	

Εικόνα 10.240: Δοκιμή Duncan (πλάτος, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Πλάτος (Όλα τα πρόσθετα)				
Homogenous Groups, alpha = ,05000				
Error: Between MS = ,03512, df = 64,000				
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	Πλάτος Mean	1	2
3	3	5,006667	****	
1	1	5,020000	****	
2	2	5,025000	****	
5	5	5,131667	****	****
4	4	5,248333		****

Εικόνα 10.241: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (πλάτος, κρυοπροστατευτικό)

Univariate Tests of Significance for Ύψος (Όλα τα πρόσθετα)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3651,239	1	3651,239	66148,75	0,000000
Κρυοπροστατευτικό	0,907	4	0,227	4,11	0,005011
Ποσοστό	0,234	2	0,117	2,12	0,128352
Χρόνος	8,191	4	2,048	37,10	0,000000
Error	3,533	64	0,055		

Εικόνα 10.242: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στο ύψος των αρτοσκευασμάτων

Duncan test; variable Ύψος (Όλα τα πρόσθετα)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,05520, df = 64,000						
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		6,9167	6,8683	7,0550	7,1550	6,8917
1	1		0,600033	0,111886	0,009783	0,771801
2	2	0,600033		0,049447	0,002978	0,786624
3	3	0,111886	0,049447		0,248172	0,075845
4	4	0,009783	0,002978	0,248172		0,005459
5	5	0,771801	0,786624	0,075845	0,005459	

Εικόνα 10.243: Δοκιμή Duncan (ύψος, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Ύψος (Όλα τα πρόσθετα)					
Homogenous Groups, alpha = ,05000					
Error: Between MS = ,05520, df = 64,000					
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	Ύψος Mean	1	2	3
2	2	6,868333	****		
5	5	6,891667	****	****	
1	1	6,916667	****	****	
3	3	7,055000		****	****
4	4	7,155000			****

Εικόνα 10.244: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ύψος, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Ύψος (Όλα τα πρόσθετα)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,05520, df = 64,000						
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		7,5767	7,0367	6,9183	6,6833	6,6717
1	1		0,000108	0,000057	0,000051	0,000033
2	2	0,000108		0,172690	0,000211	0,000175
3	3	0,000057	0,172690		0,008088	0,007543
4	4	0,000051	0,000211	0,008088		0,892349
5	5	0,000033	0,000175	0,007543	0,892349	

Εικόνα 10.245: Δοκιμή Duncan (ύψος, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Ύψος (Όλα τα πρόσθετα)					
Homogenous Groups, alpha = ,05000					
Error: Between MS = ,05520, df = 64,000					
Cell No.	Χρόνος	Ύψος Mean	1	2	3
5	5	6,671667	****		
4	4	6,683333	****		
3	3	6,918333		****	
2	2	7,036667		****	
1	1	7,576667			****

Εικόνα 10.246: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ύψος, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Χρώμα Κόρας (Όλα τα πρόσθετα) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition						
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	
Intercept	403691,8	1	403691,8	60656,82	0,000000	
Κρυοπροστατευτικό	37,3	4	9,3	1,40	0,243135	
Ποσοστό	2,5	2	1,2	0,19	0,830677	
Χρόνος	1076,1	4	269,0	40,42	0,000000	
Error	425,9	64	6,7			

Εικόνα 10.247: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στο χρώμα κόρας των αρτοσκευασμάτων

Duncan test; variable Χρώμα Κόρας (Όλα τα πρόσθετα) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 6,6553, df = 64,000						
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		66,135	73,773	74,286	75,607	77,028
1	1		0,000108	0,000057	0,000051	0,000033
2	2	0,000108		0,587614	0,069417	0,001796
3	3	0,000057	0,587614		0,165855	0,006846
4	4	0,000051	0,069417	0,165855		0,136367
5	5	0,000033	0,001796	0,006846	0,136367	

Εικόνα 10.248: Δοκιμή Duncan (χρώμα κόρας, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Χρώμα Κόρας (Όλα τα πρόσθετα) Homogeneous Groups, alpha = ,05000 alts 1: Όλα τα πρόσθετα, Error: Between MS = 6,6553, df = 64,000						
Cell No.	Χρόνος	Χρώμα Κόρας Mean	1	2	3	
1	1	66,13460			****	
2	2	73,77286	****			
3	3	74,28646	****			
4	4	75,60715	****	****		
5	5	77,02850		****		

Εικόνα 10.249: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (χρώμα κόρας, χρόνος κατάψυξης)

Effect	Univariate Tests of Significance for Χρώμα Ψίχας (Όλα τα πρόσθετα) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	449343,7	1	449343,7	230806,7	0,000000
Κρυοπροστατευτικό	44,7	4	11,2	5,7	0,000522
Ποσοστό	0,6	2	0,3	0,1	0,868169
Χρόνος	25,9	4	6,5	3,3	0,015362
Error	124,6	64	1,9		

Εικόνα 10.250: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στο χρώμα ψίχας των αρτοσκευασμάτων

Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	Duncan test; variable Χρώμα Ψίχας (Όλα τα πρόσθετα) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 1,9468, df = 64,000				
		{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	1	76,536	76,548	77,501	78,504	77,927
2	2	0,980102	0,980102	0,077143	0,000626	0,013462
3	3	0,077143	0,066113	0,066113	0,000569	0,011839
4	4	0,000626	0,000569	0,066619	0,066619	0,407048
5	5	0,013462	0,011839	0,407048	0,261841	0,261841

Εικόνα 10.251: Δοκιμή Duncan (χρώμα ψίχας, κρυοπροστατευτικό)

Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	Χρώμα Ψίχας Mean	Duncan test; variable Χρώμα Ψίχας (Όλα τα πρόσθετα) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 1,9468, df = 64,000	
			1	2
1	1	76,53563	****	
2	2	76,54845	****	
3	3	77,50138	****	****
5	5	77,92673		****
4	4	78,50360		****

Εικόνα 10.252: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (χρώμα ψίχας, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Χρώμα Ψίχας (Όλα τα πρόσθετα)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = 1,9468, df = 64,000						
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		78,337	77,584	77,351	77,230	76,514
1	1		0,144360	0,071109	0,049750	0,001481
2	2	0,144360		0,649142	0,517767	0,057996
3	3	0,071109	0,649142		0,813105	0,125533
4	4	0,049750	0,517767	0,813105		0,164790
5	5	0,001481	0,057996	0,125533	0,164790	

Εικόνα 10.253: Δοκιμή Duncan (χρώμα ψίχας, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Χρώμα Ψίχας (Όλα τα πρόσθετα)				
Homogenous Groups, alpha = ,05000				
Error: Between MS = 1,9468, df = 64,000				
Cell No.	Χρόνος	Χρώμα Ψίχας Mean	1	2
5	5	76,51382	****	
4	4	77,22995	****	
3	3	77,35097	****	****
2	2	77,58395	****	****
1	1	78,33709	****	

Εικόνα 10.254: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (χρώμα ψίχας, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Ενεργότητα (Όλα τα πρόσθετα)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	<b>66,55739</b>	<b>1</b>	<b>66,55739</b>	<b>1024804</b>	<b>0,000000</b>
Κρυσπρωσταπτευτικό	0,00013	4	0,00003	0	0,739317
Ποσοστό	0,00032	2	0,00016	2	0,093826
Χρόνος	0,00040	4	0,00010	2	0,205331
Error	0,00416	64	0,00006		

Εικόνα 10.255: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στην ενεργότητα των αρτοσκευασμάτων

		Univariate Tests of Significance for Σκληρότητα άρτου (Όλα τα πρόσθετα) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	
<b>Intercept</b>	<b>18672,97</b>	<b>1</b>	<b>18672,97</b>	<b>1458,873</b>	<b>0,000000</b>	
Κρυσπροσταττευτικό	31,59	4	7,90	0,617	0,651949	
Ποσοστό	15,58	2	7,79	0,608	0,547291	
Χρόνος	83,69	4	20,92	1,635	0,176377	
Error	819,17	64	12,80			

Εικόνα 10.256: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στη σκληρότητα του άρτου

		Univariate Tests of Significance for Σκληρότητα (συμπίεση εσωτερικής φέτας) (Όλα τα πρόσθετα) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	
<b>Intercept</b>	<b>1079,762</b>	<b>1</b>	<b>1079,762</b>	<b>1858,816</b>	<b>0,000000</b>	
Κρυσπροσταττευτικό	5,675	4	1,419	2,442	0,055563	
Ποσοστό	0,984	2	0,492	0,847	0,433423	
Χρόνος	<b>7,006</b>	<b>4</b>	<b>1,752</b>	<b>3,015</b>	<b>0,024209</b>	
Error	37,177	64	0,581			

Εικόνα 10.257: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στη σκληρότητα εσωτερικής φέτας με συμπίεση με κύλινδρο

		Duncan test; variable Σκληρότητα (συμπίεση εσωτερικής φέτας) (Όλα τα πρόσθετα) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,58089, df = 64,000				
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		3,1914	3,9868	3,9102	3,8717	4,0115
<b>1</b>	<b>1</b>		<b>0,009675</b>	<b>0,016190</b>	<b>0,017370</b>	<b>0,008887</b>
2	2	<b>0,009675</b>		0,784197	0,700565	0,929555
3	3	<b>0,016190</b>	0,784197		0,890661	0,734891
4	4	<b>0,017370</b>	0,700565	0,890661		0,653332
5	5	<b>0,008887</b>	0,929555	0,734891	0,653332	

Εικόνα 10.258: Δοκιμή Duncan (σκληρότητα εσωτερικής φέτας με συμπίεση με κύλινδρο, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Σκληρότητα (συμπύεση εσωτερικής φέτας) (Όλα τα πρόσθετα) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,58089, df = 64,000						
Cell No.	Χρόνος	Σκληρότητα (συμπύεση εσωτερικής φέτας) Mean	1	2		
1	1	3,191422		****		
4	4	3,871733	****			
3	3	3,910178	****			
2	2	3,986756	****			
5	5	4,011489	****			

Εικόνα 10.259: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (σκληρότητα εσωτερικής φέτας με συμπύεση με κύλινδρο, χρόνος κατάλυξης)

Univariate Tests of Significance for Σκληρότητα Φέτας (Όλα τα πρόσθετα) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition						
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	
<b>Intercept</b>	<b>1623,284</b>	<b>1</b>	<b>1623,284</b>	<b>2499,279</b>	<b>0,000000</b>	
Κρυοπροστατευτικό	2,344	4	0,586	0,902	0,468088	
Ποσοστό	<b>6,189</b>	<b>2</b>	<b>3,094</b>	<b>4,764</b>	<b>0,011782</b>	
Χρόνος	1,832	4	0,458	0,705	0,591358	
Error	41,568	64	0,650			

Εικόνα 10.260: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στη σκληρότητα εσωτερικής φέτας με κοπίδι

Duncan test; variable Σκληρότητα Φέτας (Όλα τα πρόσθετα) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,64950, df = 64,000				
Cell No.	Ποσοστό	{1}	{2}	{3}
1	1	5,0573	4,4767	4,4228
2	2	<b>0,013381</b>		0,814006
3	3	<b>0,009644</b>	0,814006	

Εικόνα 10.261: Δοκιμή Duncan (σκληρότητα εσωτερικής φέτας με κοπίδι, ποσοστό)

Duncan test; variable Σκληρότητα Φέτας (Όλα τα πρόσθετα) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,64950, df = 64,000					
Cell No.	Ποσοστό	Σκληρότητα Φέτας Mean	1	2	
3	3	4,422827	****		
2	2	4,476707	****		
1	1	5,057333		****	

Εικόνα 10.262: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (σκληρότητα εσωτερικής φέτας με κοπίδι, ποσοστό)

Univariate Tests of Significance for Διόγκωση (Όλα τα πρόσθετα) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition						
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	
Intercept	4485,333	1	4485,333	22650,07	0,000000	
Κρυοπροστατευτικό	4,556	4	1,139	5,75	0,000510	
Ποσοστό	0,018	2	0,009	0,05	0,955801	
Χρόνος	39,231	4	9,808	49,53	0,000000	
Error	12,674	64	0,198			

Εικόνα 10.263: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στη διόγκωση (οργανοληπτικά)

Duncan test; variable Διόγκωση (Όλα τα πρόσθετα) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,19803, df = 64,000						
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	1	7,7583				
2	2	0,049938	7,4167			
3	3	0,204521	0,002216	7,9667		
4	4	0,114569	0,000769	0,683106	8,0333	
5	5	0,105796	0,646082	0,006619	0,002576	7,4917

Εικόνα 10.264: Δοκιμή Duncan (διόγκωση οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Διόγκωση (Όλα τα πρόσθετα) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,19803, df = 64,000					
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	Διόγκωση Mean	1	2	3
2	2	7,416667		****	
5	5	7,491667		****	****
1	1	7,758333	****		****
3	3	7,966667	****		
4	4	8,033333	****		

Εικόνα 10.265: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (διόγκωση οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Διόγκωση (Όλα τα πρόσθετα) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,19803, df = 64,000						
Cell No.	Χρόνος	{1} 8,8917	{2} 8,2333	{3} 7,3917	{4} 7,2167	{5} 6,9333
1	1		0,000246	0,000057	0,000051	0,000033
2	2	0,000246		0,000110	0,000057	0,000051
3	3	0,000057	0,000110		0,285630	0,008742
4	4	0,000051	0,000057	0,285630		0,086145
5	5	0,000033	0,000051	0,008742	0,086145	

Εικόνα 10.266: Δοκιμή Duncan (διόγκωση οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Διόγκωση (Όλα τα πρόσθετα) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,19803, df = 64,000						
Cell No.	Χρόνος	Διόγκωση Mean	1	2	3	4
5	5	6,933333	****			
4	4	7,216667	****	****		
3	3	7,391667		****		
2	2	8,233333			****	
1	1	8,891667				****

Εικόνα 10.267: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (διόγκωση οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Effect	Univariate Tests of Significance for Ύπαρξη Σχισμών ή Ρωγμών στην Επιφάνεια (Όλα τα πρόσθετα) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	546,7500	1	546,7500	488,5161	0,000000
Κρυσπροστατευτικό	2,0438	4	0,5109	0,4565	0,767290
Ποσοστό	18,0313	2	9,0156	8,0554	0,000758
Χρόνος	14,9833	4	3,7458	3,3469	0,014983
Error	71,6292	64	1,1192		

Εικόνα 10.268: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στην ύπαρξη σχισμών ή ρωγμών στην επιφάνεια (οργανοληπτικά)

Cell No.	Duncan test; variable Ύπαρξη Σχισμών ή Ρωγμών στην Επιφάνεια (Όλα τα πρόσθετα) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 1,1192, df = 64,000			
	Ποσοστό	{1}	{2}	{3}
1	1	2,0250	2,9000	3,1750
2	2	0,004904		0,361653
3	3	0,000457	0,361653	

Εικόνα 10.269: Δοκιμή Duncan (ύπαρξη σχισμών ή ρωγμών στην επιφάνεια, ποσοστό)

Cell No.	Duncan test; variable Ύπαρξη Σχισμών ή Ρωγμών στην Επιφάνεια (Όλα τα πρόσθετα) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 1,1192, df = 64,000		
	Ποσοστό	Ύπαρξη Σχισμών ή Ρωγμών στην Επιφάνεια Mean	1 2
1	1	2,025000	****
2	2	2,900000	****
3	3	3,175000	****

Εικόνα 10.270: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ύπαρξη σχισμών ή ρωγμών στην επιφάνεια, ποσοστό)

Duncan test; variable Ύπαρξη Σχισμών ή Ρωγμών στην Επιφάνεια (Όλα τα πρόσθετα)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = 1,1192, df = 64,000						
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		1,8833	2,9250	2,6917	2,7750	3,2250
1	1		0,014666	0,040451	0,031445	0,002026
2	2	0,014666		0,573987	0,699209	0,440395
3	3	0,040451	0,573987		0,830005	0,214886
4	4	0,031445	0,699209	0,830005		0,277777
5	5	0,002026	0,440395	0,214886	0,277777	

Εικόνα 10.271: Δοκιμή Duncan (ύπαρξη σχισμών ή ρωγμών στην επιφάνεια, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Ύπαρξη Σχισμών ή Ρωγμών στην Επιφάνεια (Όλα τα πρόσθετα)						
Homogenous Groups, alpha = ,05000						
Error: Between MS = 1,1192, df = 64,000						
Cell No.	Χρόνος	Ύπαρξη Σχισμών ή Ρωγμών στην Επιφάνεια Mean	1	2		
1	1	1,883333		****		
3	3	2,691667	****			
4	4	2,775000	****			
2	2	2,925000	****			
5	5	3,225000	****			

Εικόνα 10.272: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ύπαρξη σχισμών ή ρωγμών στην επιφάνεια, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Χρώμα Κόρας (Όλα τα πρόσθετα)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2906,297	1	2906,297	8847,105	0,000000
Κρυσπροστατευτικό	4,604	4	1,151	3,504	0,011945
Ποσοστό	1,261	2	0,631	1,920	0,155002
Χρόνος	17,860	4	4,465	13,592	0,000000
Error	21,024	64	0,329		

Εικόνα 10.273: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στο χρώμα κόρας (οργανοληπτικά)

Duncan test; variable Χρώμα Κόρας (Όλα τα πρόσθετα)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,32850, df = 64,000						
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		6,5583	6,2500	6,3667	5,8167	6,1333
1	1		0,169672	0,363330	0,001643	0,066943
2	2	0,169672		0,579277	0,053535	0,579277
3	3	0,363330	0,579277		0,017404	0,298977
4	4	0,001643	0,053535	0,017404		0,135284
5	5	0,066943	0,579277	0,298977	0,135284	

Εικόνα 10.274: Δοκιμή Duncan (χρώμα κόρας οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Χρώμα Κόρας (Όλα τα πρόσθετα)				
Homogenous Groups, alpha = ,05000				
Error: Between MS = ,32850, df = 64,000				
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	Χρώμα Κόρας Mean	1	2
4	4	5,816667		****
5	5	6,133333	****	****
2	2	6,250000	****	****
3	3	6,366667	****	
1	1	6,558333	****	

Εικόνα 10.275: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (χρώμα κόρας οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Χρώμα Κόρας (Όλα τα πρόσθετα)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,32850, df = 64,000						
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		7,1583	6,0583	6,2167	5,8000	5,8917
1	1		0,000059	0,000140	0,000033	0,000051
2	2	0,000059		0,452236	0,250071	0,428909
3	3	0,000140	0,452236		0,072547	0,147710
4	4	0,000033	0,250071	0,072547		0,662994
5	5	0,000051	0,428909	0,147710	0,662994	

Εικόνα 10.276: Δοκιμή Duncan (χρώμα κόρας οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Χρώμα Κόρας (Όλα τα πρόσθετα) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,32850, df = 64,000					
Cell No.	Χρόνος	Χρώμα Κόρας Mean	1	2	
4	4	5,800000	****		
5	5	5,891667	****		
2	2	6,058333	****		
3	3	6,216667	****		
1	1	7,158333		****	

Εικόνα 10.277: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (χρώμα κόρας οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Σκληρότητα Κόρας (Όλα τα πρόσθετα) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2566,687	1	2566,687	5350,894	0,000000
Κρυοπροστατευτικό	8,085	4	2,021	4,214	0,004323
Ποσοστό	3,605	2	1,802	3,758	0,028639
Χρόνος	4,048	4	1,012	2,110	0,089811
Error	30,699	64	0,480		

Εικόνα 10.278: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στη σκληρότητα κόρας (οργανοληπτικά)

Duncan test; variable Σκληρότητα Κόρας (Όλα τα πρόσθετα) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,47967, df = 64,000						
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	1	5,9167	0,895652	0,535648	0,539585	0,006856
2	2	0,895652	5,9500	0,602123	0,599970	0,006450
3	3	0,535648	0,602123	6,0917	0,973914	0,001911
4	4	0,539585	0,599970	0,973914		0,001775
5	5	0,006856	0,006450	0,001911	0,001775	

Εικόνα 10.279: Δοκιμή Duncan (σκληρότητα κόρας οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Σκληρότητα Κόρας (Όλα τα πρόσθετα) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,47967, df = 64,000					
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	Σκληρότητα Κόρας Mean	1	2	
5	5	5,208333		****	
1	1	5,916667	****		
2	2	5,950000	****		
4	4	6,083333	****		
3	3	6,091667	****		

Εικόνα 10.280: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (σκληρότητα κόρας οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Σκληρότητα Κόρας (Όλα τα πρόσθετα) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,47967, df = 64,000					
Cell No.	Ποσοστό	{1}	{2}	{3}	
1	1	5,9000	0,087566	0,335875	
2	2	0,087566		0,011829	
3	3	0,335875	0,011829		

Εικόνα 10.281: Δοκιμή Duncan (σκληρότητα κόρας οργανοληπτικά, ποσοστό)

Duncan test; variable Σκληρότητα Κόρας (Όλα τα πρόσθετα) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,47967, df = 64,000					
Cell No.	Ποσοστό	Σκληρότητα Κόρας Mean	1	2	
2	2	5,560000	****		
1	1	5,900000	****	****	
3	3	6,090000		****	

Εικόνα 10.282: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (σκληρότητα κόρας οργανοληπτικά, ποσοστό)

		Univariate Tests of Significance for Ύπαρξη Οπών στο Εσωτερικό (Όλα τα πρόσθετα) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	
Intercept	2160,083	1	2160,083	1621,947	0,000000	
Κρυοπροστατευτικό	15,510	4	3,878	2,912	0,028142	
Ποσοστό	27,780	2	13,890	10,430	0,000120	
Χρόνος	19,548	4	4,887	3,669	0,009412	
Error	85,234	64	1,332			

Εικόνα 10.283: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στην ύπαρξη οπών στο εσωτερικό του δείγματος (οργανοληπτικά)

		Duncan test; variable Ύπαρξη Οπών στο Εσωτερικό (Όλα τα πρόσθετα) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 1,3318, df = 64,000				
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	1	6,0000	0,004662	0,053848	0,307759	0,277005
2	2	0,004662	4,6583	0,298628	0,051639	0,060002
3	3	0,053848	0,298628	5,1000	0,302229	0,336324
4	4	0,307759	0,051639	0,302229	5,5667	0,890432
5	5	0,277005	0,060002	0,336324	0,890432	5,5083

Εικόνα 10.284: Δοκιμή Duncan (ύπαρξη οπών στο εσωτερικό του δείγματος οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

		Duncan test; variable Ύπαρξη Οπών στο Εσωτερικό (Όλα τα πρόσθετα) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 1,3318, df = 64,000			
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	Ύπαρξη Οπών στο Εσωτερικό Mean	1	2	
2	2	4,658333	****		
3	3	5,100000	****	****	
5	5	5,508333	****	****	
4	4	5,566667	****	****	
1	1	6,000000		****	

Εικόνα 10.285: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ύπαρξη οπών στο εσωτερικό του δείγματος οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Ύπαρξη Οπών στο Εσωτερικό (Όλα τα πρόσθετα)					
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests					
Error: Between MS = 1,3318, df = 64,000					
Cell No.	Ποσοστό	{1}	{2}	{3}	
		4,5750	5,4700	6,0550	
1	1		0,008030	0,000091	
2	2	0,008030		0,077921	
3	3	0,000091	0,077921		

Εικόνα 10.286: Δοκιμή Duncan (ύπαρξη οπών στο εσωτερικό του δείγματος οργανοληπτικά, ποσοστό)

Duncan test; variable Ύπαρξη Οπών στο Εσωτερικό (Όλα τα πρόσθετα)					
Homogenous Groups, alpha = ,05000					
Error: Between MS = 1,3318, df = 64,000					
Cell No.	Ποσοστό	Ύπαρξη Οπών στο Εσωτερικό Mean	1	2	
1	1	4,575000		****	
2	2	5,470000	****		
3	3	6,055000	****		

Εικόνα 10.287: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ύπαρξη οπών στο εσωτερικό του δείγματος οργανοληπτικά, ποσοστό)

Duncan test; variable Ύπαρξη Οπών στο Εσωτερικό (Όλα τα πρόσθετα)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = 1,3318, df = 64,000						
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		5,1750	4,6667	5,0833	6,0083	5,9000
1	1		0,261012	0,828600	0,065188	0,090303
2	2	0,261012		0,326626	0,004662	0,008054
3	3	0,828600	0,326626		0,047446	0,070742
4	4	0,065188	0,004662	0,047446		0,798051
5	5	0,090303	0,008054	0,070742	0,798051	

Εικόνα 10.288: Δοκιμή Duncan (ύπαρξη οπών στο εσωτερικό του δείγματος οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Ύπαρξη Οπών στο Εσωτερικό (Όλα τα πρόσθετα) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 1,3318, df = 64,000					
Cell No.	Χρόνος	Ύπαρξη Οπών στο Εσωτερικό Mean	1	2	3
2	2	4,666667	****		
3	3	5,083333	****	****	
1	1	5,175000	****	****	****
5	5	5,900000		****	****
4	4	6,008333			****

Εικόνα 10.289: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ύπαρξη οπών στο εσωτερικό του δείγματος οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Χρώμα Ψίχας (Όλα τα πρόσθετα) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1175,130	1	1175,130	6921,543	0,000000
Κρυσπροστατευτικό	1,740	4	0,435	2,562	0,046760
Ποσοστό	44,803	2	22,401	131,945	0,000000
Χρόνος	6,008	4	1,502	8,847	0,000009
Error	10,866	64	0,170		

Εικόνα 10.290: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στο χρώμα ψίχας (οργανοληπτικά)

Duncan test; variable Χρώμα Ψίχας (Όλα τα πρόσθετα) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,16978, df = 64,000						
Cell No.	Κρυσπροστατευτικό	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
1	1	4,2167				
2	2	0,088320	0,088320	0,188572	0,012208	0,018502
3	3	0,188572	0,619962	0,619962	0,353119	0,441088
4	4	0,012208	0,353119	0,178824	0,178824	0,235188
5	5	0,018502	0,441088	0,235188	0,825488	0,825488

Εικόνα 10.291: Δοκιμή Duncan (χρώμα ψίχας οργανοληπτικά, κρυσπροστατευτικό)

Duncan test; variable Χρώμα Ψίχας (Όλα τα πρόσθετα) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,16978, df = 64,000				
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	Χρώμα Ψίχας Mean	1	2
4	4	3,791667	****	
5	5	3,825000	****	
2	2	3,941667	****	****
3	3	4,016667	****	****
1	1	4,216667		****

Εικόνα 10.292: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (χρώμα ψίχας οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Χρώμα Ψίχας (Όλα τα πρόσθετα) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,16978, df = 64,000				
Cell No.	Ποσοστό	{1}	{2}	{3}
		5,0500	3,4600	3,3650
1	1		0,000108	0,000057
2	2	0,000108		0,418157
3	3	0,000057	0,418157	

Εικόνα 10.293: Δοκιμή Duncan (χρώμα ψίχας οργανοληπτικά, ποσοστό)

Duncan test; variable Χρώμα Ψίχας (Όλα τα πρόσθετα) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,16978, df = 64,000				
Cell No.	Ποσοστό	Χρώμα Ψίχας Mean	1	2
3	3	3,365000	****	
2	2	3,460000	****	
1	1	5,050000		****

Εικόνα 10.294: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (χρώμα ψίχας οργανοληπτικά, ποσοστό)

Duncan test; variable Χρώμα Ψίχας (Όλα τα πρόσθετα) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,16978, df = 64,000						
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		3,7417	3,5167	4,1000	4,1667	4,2667
1	1		0,139818	0,020326	0,008648	0,001627
2	2	0,139818		0,000415	0,000149	0,000043
3	3	0,020326	0,000415		0,659324	0,302098
4	4	0,008648	0,000149	0,659324		0,508797
5	5	0,001627	0,000043	0,302098	0,508797	

Εικόνα 10.295: Δοκιμή Duncan (χρώμα ψίχας οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Χρώμα Ψίχας (Όλα τα πρόσθετα) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,16978, df = 64,000						
Cell No.	Χρόνος	Χρώμα Ψίχας Mean	1	2		
2	2	3,516667		****		
1	1	3,741667		****		
3	3	4,100000	****			
4	4	4,166667	****			
5	5	4,266667	****			

Εικόνα 10.296: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (χρώμα ψίχας οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Ελαστικότητα Ψίχας (Όλα τα πρόσθετα) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition						
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	
Intercept	3118,575	1	3118,575	3833,731	0,000000	
Κρυοπροστατευτικό	37,678	4	9,419	11,580	0,000000	
Ποσοστό	13,600	2	6,800	8,360	0,000595	
Χρόνος	11,132	4	2,783	3,421	0,013457	
Error	52,061	64	0,813			

Εικόνα 10.297: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στην ελαστικότητα ψίχας (οργανοληπτικά)

Duncan test; variable Ελαστικότητα Ψίχας (Όλα τα πρόσθετα) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,81346, df = 64,000						
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	{1} 7,0917	{2} 7,3750	{3} 6,4500	{4} 5,6167	{5} 5,7083
1	1		0,392974	0,055867	0,000106	0,000173
2	2	0,392974		0,009024	0,000035	0,000057
3	3	0,055867	0,009024		0,018446	0,027857
4	4	0,000106	0,000035	0,018446		0,781768
5	5	0,000173	0,000057	0,027857	0,781768	

Εικόνα 10.298: Δοκιμή Duncan (ελαστικότητα ψίχας οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Ελαστικότητα Ψίχας (Όλα τα πρόσθετα) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,81346, df = 64,000						
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	Ελαστικότητα Ψίχας Mean	1	2	3	
4	4	5,616667	****			
5	5	5,708333	****			
3	3	6,450000		****		
1	1	7,091667		****	****	
2	2	7,375000			****	

Εικόνα 10.299: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ελαστικότητα ψίχας οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Ελαστικότητα Ψίχας (Όλα τα πρόσθετα) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,81346, df = 64,000						
Cell No.	Ποσοστό	{1}	{2}	{3}		
1	1	7,0500	0,000864	0,001117		
2	2	0,000864		0,860639		
3	3	0,001117	0,860639			

Εικόνα 10.300: Δοκιμή Duncan (ελαστικότητα ψίχας οργανοληπτικά, ποσοστό)

Duncan test; variable Ελαστικότητα Ψίχας (Όλα τα πρόσθετα) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,81346, df = 64,000						
Cell No.	Ποσοστό	Ελαστικότητα Ψίχας Mean	1	2		
2	2	6,125000	****			
3	3	6,170000	****			
1	1	7,050000		****		

Εικόνα 10.301: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ελαστικότητα ψίχας ποσοστό)

Duncan test; variable Ελαστικότητα Ψίχας (Όλα τα πρόσθετα)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,81346, df = 64,000						
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		7,0167	6,2583	6,4750	6,6333	5,8583
1	1		0,037455	0,125164	0,248852	0,001778
2	2	0,037455		0,513096	0,288776	0,229079
3	3	0,125164	0,513096		0,632441	0,080809
4	4	0,248852	0,288776	0,632441		0,033416
5	5	0,001778	0,229079	0,080809	0,033416	

Εικόνα 10.302: Δοκιμή Duncan (ελαστικότητα ψίχας οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Ελαστικότητα Ψίχας (Όλα τα πρόσθετα)						
Homogenous Groups, alpha = ,05000						
Error: Between MS = ,81346, df = 64,000						
Cell No.	Χρόνος	Ελαστικότητα Ψίχας Mean	1	2	3	
5	5	5,858333	****			
2	2	6,258333	****	****		
3	3	6,475000	****	****	****	
4	4	6,633333		****	****	
1	1	7,016667			****	

Εικόνα 10.303: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (ελαστικότητα ψίχας οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Γεύση/Άρωμα (Όλα τα πρόσθετα)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	4439,053	1	4439,053	19600,95	0,000000
Κρυοπροστατευτικό	6,540	4	1,635	7,22	0,000073
Ποσοστό	1,847	2	0,923	4,08	0,021548
Χρόνος	18,815	4	4,704	20,77	0,000000
Error	14,494	64	0,226		

Εικόνα 10.304: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στην γεύση / άρωμα άρτου (οργανοληπτικά)

Duncan test; variable Γεύση/Άρωμα (Όλα τα πρόσθετα)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,22647, df = 64,000						
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		7,6250	8,1500	7,6333	7,8167	7,2417
1	1		0,006239	0,962012	0,304181	0,031077
2	2	0,006239		0,005771	0,059650	0,000036
3	3	0,962012	0,005771		0,295479	0,035639
4	4	0,304181	0,059650	0,295479		0,002768
5	5	0,031077	0,000036	0,035639	0,002768	

Εικόνα 10.305: Δοκιμή Duncan (γεύση / άρωμα άρτου οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Γεύση/Άρωμα (Όλα τα πρόσθετα)					
Homogenous Groups, alpha = ,05000					
Error: Between MS = ,22647, df = 64,000					
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	Γεύση/Άρωμα Mean	1	2	3
5	5	7,241667			****
1	1	7,625000	****		
3	3	7,633333	****		
4	4	7,816667	****	****	
2	2	8,150000		****	

Εικόνα 10.306: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (γεύση / άρωμα άρτου οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Γεύση/Άρωμα (Όλα τα πρόσθετα)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,22647, df = 64,000						
Cell No.	Ποσοστό	{1}	{2}	{3}		
		7,9000	7,5200	7,6600		
1	1		0,008684	0,079421		
2	2	0,008684		0,302304		
3	3	0,079421	0,302304			

Εικόνα 10.307: Δοκιμή Duncan (γεύση / άρωμα άρτου οργανοληπτικά, ποσοστό)

Duncan test; variable Γεύση/Άρωμα (Όλα τα πρόσθετα)						
Homogenous Groups, alpha = ,05000						
Error: Between MS = ,22647, df = 64,000						
Cell No.	Ποσοστό	Γεύση/Άρωμα Mean	1	2		
2	2	7,520000	****			
3	3	7,660000	****	****		
1	1	7,900000		****		

Εικόνα 10.308: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (γεύση / άρωμα άρτου οργανοληπτικά, ποσοστό)

Duncan test; variable Γεύση/Άρωμα (Όλα τα πρόσθετα)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,22647, df = 64,000						
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		8,2917	8,1667	7,7750	7,1333	7,1000
1	1		0,474680	0,005771	0,000051	0,000033
2	2	0,474680		0,027730	0,000057	0,000051
3	3	0,005771	0,027730		0,000571	0,000406
4	4	0,000051	0,000057	0,000571		0,848595
5	5	0,000033	0,000051	0,000406	0,848595	

Εικόνα 10.309: Δοκιμή Duncan (γεύση / άρωμα άρτου οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Γεύση/Άρωμα (Όλα τα πρόσθετα)						
Homogenous Groups, alpha = ,05000						
Error: Between MS = ,22647, df = 64,000						
Cell No.	Χρόνος	Γεύση/Άρωμα Mean	1	2	3	
5	5	7,100000	****			
4	4	7,133333	****			
3	3	7,775000			****	
2	2	8,166667		****		
1	1	8,291667		****		

Εικόνα 10.310: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (γεύση / άρωμα άρτου οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Μετάγευση (Όλα τα πρόσθετα)						
Sigma-restricted parameterization						
Effective hypothesis decomposition						
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p	
Intercept	3985,807	1	3985,807	11582,79	0,000000	
Κρυσπροστατευτικό	4,803	4	1,201	3,49	0,012198	
Ποσοστό	0,380	2	0,190	0,55	0,578433	
Χρόνος	26,424	4	6,606	19,20	0,000000	
Error	22,023	64	0,344			

Εικόνα 10.311: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στην μετάγευση άρτου (οργανοληπτικά)

Duncan test; variable Μετάγευση (Όλα τα πρόσθετα)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,34411, df = 64,000						
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		7,0833	7,6417	7,3500	7,4417	6,9333
1	1		0,018348	0,217784	0,118816	0,486418
2	2	0,018348		0,204426	0,354094	0,003290
3	3	0,217784	0,204426		0,670255	0,069703
4	4	0,118816	0,354094	0,670255		0,031931
5	5	0,486418	0,003290	0,069703	0,031931	

Εικόνα 10.312: Δοκιμή Duncan (μετάγευση άρτου οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Μετάγευση (Όλα τα πρόσθετα)					
Homogenous Groups, alpha = ,05000					
Error: Between MS = ,34411, df = 64,000					
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	Μετάγευση Mean	1	2	3
5	5	6,933333	****		
1	1	7,083333	****	****	
3	3	7,350000	****	****	****
4	4	7,441667		****	****
2	2	7,641667			****

Εικόνα 10.313: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (μετάγευση άρτου οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Μετάγευση (Όλα τα πρόσθετα)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,34411, df = 64,000						
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		8,1167	7,7750	7,2667	6,7250	6,5667
1	1		0,115736	0,000322	0,000051	0,000033
2	2	0,115736		0,020756	0,000065	0,000052
3	3	0,000322	0,020756		0,014028	0,002501
4	4	0,000051	0,000065	0,014028		0,462632
5	5	0,000033	0,000052	0,002501	0,462632	

Εικόνα 10.314: Δοκιμή Duncan (μετάγευση άρτου οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Μετάγευση (Όλα τα πρόσθετα) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,34411, df = 64,000					
Cell No.	Χρόνος	Μετάγευση Mean	1	2	3
5	5	6,566667	****		
4	4	6,725000	****		
3	3	7,266667			****
2	2	7,775000		****	
1	1	8,116667		****	

Εικόνα 10.315: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (μετάγευση άρτου οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Univariate Tests of Significance for Συνολική Αρέσκεια (Όλα τα πρόσθετα) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	<b>4383,452</b>	<b>1</b>	<b>4383,452</b>	<b>24116,13</b>	<b>0,000000</b>
Κρυοπροστατευτικό	6,885	4	1,721	9,47	0,000004
Ποσοστό	4,839	2	2,419	13,31	0,000015
Χρόνος	23,301	4	5,825	32,05	0,000000
Error	11,633	64	0,182		

Εικόνα 10.316: Ανάλυση επίδρασης δύο παραγόντων στην συνολική αρέσκεια του άρτου (οργανοληπτικά)

Duncan test; variable Συνολική Αρέσκεια (Όλα τα πρόσθετα) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,18176, df = 64,000						
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	{1} 7,4750	{2} 8,1333	{3} 7,6250	{4} 7,7667	{5} 7,2250
1	1		0,000187	0,339040	0,080635	0,113337
2	2	0,000187		0,002520	0,021689	0,000033
3	3	0,339040	0,002520		0,366361	0,016736
4	4	0,080635	0,021689	0,366361		0,001676
5	5	0,113337	0,000033	0,016736	0,001676	

Εικόνα 10.317: Δοκιμή Duncan (συνολική αρέσκεια του άρτου οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Συνολική Αρέσκεια (Όλα τα πρόσθετα) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,18176, df = 64,000						
Cell No.	Κρυοπροστατευτικό	Συνολική Αρέσκεια Mean	1	2	3	
5	5	7,225000		****		
1	1	7,475000	****	****		
3	3	7,625000	****			
4	4	7,766667	****			
2	2	8,133333			****	

Εικόνα 10.318: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (συνολική αρέσκεια του άρτου οργανοληπτικά, κρυοπροστατευτικό)

Duncan test; variable Συνολική Αρέσκεια (Όλα τα πρόσθετα) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,18176, df = 64,000					
Cell No.	Ποσοστό	{1}	{2}	{3}	
1	1	8,0000	7,4200	7,5150	
2	2	0,000069	0,000069	0,000261	
3	3	0,000261	0,433854	0,433854	

Εικόνα 10.319: Δοκιμή Duncan (συνολική αρέσκεια του άρτου οργανοληπτικά, ποσοστό)

Duncan test; variable Συνολική Αρέσκεια (Όλα τα πρόσθετα) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,18176, df = 64,000						
Cell No.	Ποσοστό	Συνολική Αρέσκεια Mean	1	2		
2	2	7,420000	****			
3	3	7,515000	****			
1	1	8,000000		****		

Εικόνα 10.320: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (συνολική αρέσκεια του άρτου οργανοληπτικά, ποσοστό)

Duncan test; variable Συνολική Αρέσκεια (Όλα τα πρόσθετα)						
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests						
Error: Between MS = ,18176, df = 64,000						
Cell No.	Χρόνος	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
		8,4500	8,0417	7,6500	7,1417	6,9417
1	1		0,010996	0,000060	0,000051	0,000033
2	2	0,010996		0,014498	0,000057	0,000051
3	3	0,000060	0,014498		0,001876	0,000089
4	4	0,000051	0,000057	0,001876		0,203617
5	5	0,000033	0,000051	0,000089	0,203617	

Εικόνα 10.321: Δοκιμή Duncan (συνολική αρέσκεια άρτου οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)

Duncan test; variable Συνολική Αρέσκεια (Όλα τα πρόσθετα)						
Homogenous Groups, alpha = ,05000						
Error: Between MS = ,18176, df = 64,000						
Cell No.	Χρόνος	Συνολική Αρέσκεια Mean	1	2	3	4
5	5	6,941667	****			
4	4	7,141667	****			
3	3	7,650000		****		
2	2	8,041667			****	
1	1	8,450000				****

Εικόνα 10.322: Δοκιμή Duncan με ομαδοποίηση (συνολική αρέσκεια άρτου οργανοληπτικά, χρόνος κατάψυξης)