



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

*Τομέας IV: ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ*

## **Κρυοπροστατευτικά υλικά σε κατεψυγμένα προϊόντα πατάτας**

---

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΜΠΙΚΑΚΗ ΝΑΝΤΙΑ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ**

**ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ ΤΖΙΑ, Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.**

**Αθήνα, Φεβρουάριος 2012**





*Van Gogh, Vincent (1853-1890)*

***THE POTATO EATERS (1885)***

**Movement:** Post Impressionism

**Technique:** Oil on canvas

**Museum:** Van Gogh Museum

**Location:** Amsterdam, Netherlands

*"I am always doing what I can't do yet in order to learn how to do it." (September 1885).*

*...στη μητέρα μου*



## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

---

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας στη Σχολή Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ, αισθάνομαι τη βαθιά ψυχική μου ανάγκη να εκφράσω τις ευχαριστίες μου και την ευγνωμοσύνη μου στην Καθηγήτρια κα Κ.Τζια, για την καθοδήγηση, τη βοήθεια και το ενδιαφέρον που με περιέβαλε και με στήριξε, καθ' όλη τη διάρκεια, στην προσπάθεια εκπόνησης της διπλωματικής μου.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους του Εργαστηρίου Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων για το ενδιαφέρον και την προθυμία τους να με βοηθήσουν σε κάθε απορία μου και ιδιαιτέρως τη Διδάκτορα Βιργινία Γιάννου για την πολύτιμη καθοδήγηση και βοήθεια της.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια και το φιλικό μου περιβάλλον για τη συμπαράσταση, ενθάρρυνση και βοήθεια που μου προσέφεραν σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, και φυσικά στο διάστημα εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, ευχαριστώ την εταιρεία ΦΑΓΕ Α.Ε. για τη συνδρομή της με την παραχώρηση υλικών, ώστε να πραγματοποιήσω τα πειράματά μου.

Αθήνα, Φεβρουάριος 2012

Μπικάκη Νάντια



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη .....	1
Εισαγωγή.....	3
<b>ΜΕΡΟΣ Ι</b> .....	<b>4</b>
<b>1 Η ΠΑΤΑΤΑ</b> .....	<b>4</b>
1.1 Ιστορική αναδρομή.....	4
1.2 Βοτανικά χαρακτηριστικά της πατάτας .....	7
1.3 Περιγραφή του φυτού- καρπού .....	8
1.4 Χημική σύσταση του καρπού της πατάτας.....	10
1.4.1 Ξηρή μάζα .....	11
1.4.2 Άμυλο .....	12
1.4.3 Σάκχαρα .....	14
1.4.4 Μη αμυλούχοι πολυσακχαρίτες .....	15
1.4.5 Αζωτούχες ενώσεις .....	15
1.4.6 Λιπίδια .....	19
1.4.7 Οργανικά Οξέα.....	20
1.4.8 Φαινολικές ενώσεις .....	21
1.4.9 Πτητικές ενώσεις.....	21
1.4.10 Βιταμίνες και φυτοορμόνες.....	22
1.4.11 Ανόργανα συστατικά .....	23
1.5 Φυσικοχημικές ιδιότητες του αμύλου.....	24
1.5.1 Χημικές Ιδιότητες.....	24
1.5.2 Φυσικές Ιδιότητες-Ζελατινοποίηση αμύλου .....	25
1.6 Χρήσεις της πατάτας.....	30
<b>2 Τεχνολογία παραγωγής πουρέ πατάτας</b> .....	<b>31</b>
2.1 Βιομηχανική παραγωγή πουρέ πατάτας .....	31
2.2 Τεχνολογία παραγωγής νιφάδων πατάτας .....	33
2.2.1 Εισαγωγή.....	33
2.2.2 Βιομηχανική παραγωγή νιφάδων πατάτας.....	34
2.2.3 Μέθοδοι αφυδάτωσης .....	35
2.3 Δομικές μεταβολές κατά την παραγωγή και επανασύσταση νιφάδων πατάτας .....	37
2.3.1 Παράμετροι ποιότητας αφυδατωμένου/επανασυστημένου πουρέ πατάτας.....	39
<b>3 Κατάψυξη πουρέ πατάτας</b> .....	<b>41</b>
3.1 Εισαγωγή- γενικά στοιχεία για την κατάψυξη .....	41



3.2	Φαινόμενα κατά την κατάψυξη των τροφίμων.....	42
3.2.1	Σχηματισμός πάγου .....	43
3.2.2	Υαλώδης μετάπτωση .....	44
3.2.3	Ωσμωτικά φαινόμενα .....	45
3.2.4	Ρυθμός κατάψυξης .....	46
3.3	Μεταβολές των κατεψυγμένων τροφίμων κατά την αποθήκευση.....	47
3.3.1	Φυσικές μεταβολές.....	47
3.3.2	Χημικές μεταβολές.....	49
3.4	Τεχνολογία κατάψυξης τροφίμων .....	53
3.5	Απόψυξη .....	54
3.6	Παράμετροι ελέγχου της ποιότητας κατεψυγμένων τροφίμων .....	54
3.6.1	Οργανοληπτικοί παράμετροι: άρωμα-γεύση (flavour), χρώμα, υφή.....	55
3.6.2	Θρεπτικές παράμετροι.....	56
3.6.3	Μικροβιολογία κατεψυγμένων προϊόντων .....	56
3.7	Βελτιστοποίηση της ποιότητας κατά την κατάψυξη .....	57
4	Ουσίες με κρυσταλλοπροστατευτική δράση .....	58
4.1	Πολυσακχαρίτες.....	59
4.1.1	Καραγεννάνη.....	59
4.1.2	Κόμμι ξανθάνης .....	61
4.1.3	Χιτοζάνη .....	62
4.2	Ολιγοσακχαρίτες.....	64
4.2.1	Ινουλίνη.....	64
4.3	Δισακχαρίτες.....	66
4.3.1	Τρεχαλόζη .....	66
4.4	Διαιτητικές ίνες .....	68
4.4.1	Ίνες βρώμης .....	69
4.4.2	Ίνες πατάτας.....	71
4.5	Υδροκολλοειδή .....	72
4.5.1	Υδροξυπροπυλομεθυλοκυτταρίνη (HPMC).....	72
<b>ΜΕΡΟΣ II</b>	.....	<b>73</b>
5	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	73
5.1	ΣΚΟΠΟΣ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ .....	73
5.2	ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ .....	73
5.2.1	Πρώτες ύλες.....	73

5.2.2	Όργανα – Συσκευές.....	74
5.2.3	Πειραματική διαδικασία.....	74
5.2.4	Σχεδιασμός πειραμάτων.....	75
5.2.5	Προετοιμασία-θέρμανση κατεψυγμένων δειγμάτων πουρέ πατάτας.....	76
5.2.6	Μετρήσεις –Αναλύσεις.....	77
5.3	Στατιστική επεξεργασία.....	83
6	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	84
6.1	Καμπύλες κατάψυξης.....	85
6.2	Αντικειμενικές μετρήσεις.....	91
6.3	Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα αντικειμενικών μετρήσεων.....	109
6.4	Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.....	115
6.5	Στατιστική ανάλυση.....	128
7	Συμπεράσματα.....	131
8	Προτάσεις.....	133
9	Βιβλιογραφία.....	134
	<b>ΜΕΡΟΣ III</b> .....	140
	Παράρτημα.....	140



## Περίληψη

---

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Στόχος της μελέτης αυτής, ήταν η παρασκευή κατεψυγμένου πουρέ πατάτας με υλικά υδατανθρακικής προέλευσης και η μελέτη της κρυοπροστατευτικής δράσης τους. Για το σκοπό αυτό, επιλέχθηκαν υλικά τα οποία διέφεραν ως προς το μοριακό τους βάρος και το μηχανισμό δράσης τους και περιλάμβαναν τους πολυσακχαρίτες καραγεννάνη, κόμμι ξανθάνης και χιτοζάνη, τον ολιγοσακχαρίτη ινουλίνη, το δισακχαρίτη τρεχαλόζη, διαιτητικές ίνες (πατάτας και βρώμης) και το υδροκolloειδές HPMC.

Στο θεωρητικό μέρος γίνεται αναφορά της δομής, της σύστασης της πατάτας καθώς επίσης περιγράφεται και το φαινόμενο της ζελατινοποίησης του αμύλου. Στη συνέχεια αναφέρεται η βιομηχανική παραγωγική διαδικασία του πουρέ πατάτας με περιγραφή των φαινομένων υποβάθμισής του κατά τη διαδικασία αυτή (αφυδάτωση) και κατά την αποθήκευσή του υπό κατάψυξη. Τέλος, γίνεται εκτενής αναφορά των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων των υλικών που μελετήθηκαν ως προς την κρυοπροστατευτική τους δράση.

Αρχικά μέσω των καμπυλών κατάψυξης υπολογίστηκαν οι πειραματικοί χρόνοι κατάψυξης καθώς και το αρχικό σημείο κατάψυξης με σκοπό να προβλεφθεί το υλικό με την καλύτερη κρυοπροστατευτική δράση. Από τη μελέτη αυτή προέκυψε ότι το κόμμι ξανθάνης και το HPMC αναμένεται να έχουν την καλύτερη κρυοπροστατευτική δράση.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε έλεγχος των παραμέτρων υφής (σκληρότητας, προσκολλησιμότητας, κομμιάδους και συνεκτικότητας) τόσο με κωνικό όσο και με κυλινδρικό στέλεχος, του ολικού χρώματος και του ιξώδους των δειγμάτων πουρέ πατάτας. Διενεργήθηκε επίσης και οργανοληπτικός έλεγχος στα δείγματα πουρέ πατάτας ώστε να προσδιοριστεί η επίδραση των υλικών που μελετήθηκαν στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης.

Από τη μελέτη των παραμέτρων υφής προέκυψε ότι στα δείγματα που περιείχαν μίγματα των πολυσακχαριτών καραγεννάνης/ξανθάνης παρουσιάστηκε θετική επίδραση στις παραμέτρους διατηρώντας τις σταθερές κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης και σε ίδια επίπεδα με αυτά του φρέσκου. Επίσης, το ολικό τους χρώμα διατηρήθηκε σταθερό ενώ το ιξώδες τους αυξήθηκε παραμένοντας σε αποδεκτά επίπεδα. Από την περαιτέρω μελέτη των δειγμάτων στα οποία είχαν ενσωματωθεί οι πολυσακχαρίτες αυτοί μόνοι τους αλλά και σε μίγματα προέκυψε ότι επέδειξαν συνεργιστική δράση. Στα μίγματα με ενσωμάτωση χιτοζάνης παρουσιάστηκε υποβάθμιση των παραμέτρων υφής καθώς και μείωση του ολικού χρώματος. Την ίδια συμπεριφορά αλλά και πολύ μεγάλο ιξώδες σε σύγκριση με όλες τις υπόλοιπες σειρές δειγμάτων έδειξαν τα δείγματα με ενσωμάτωση HPMC. Η προσθήκη ινουλίνης διατήρησε τις παραμέτρους υφής σταθερές και με την ενσωμάτωσή αυτής σε δείγματα που περιείχαν μίγμα καραγεννάνης/ξανθάνης παρουσιάστηκε βελτίωση του

ολικού χρώματος. Τέλος, η ενσωμάτωση τρεχαλόζης καθώς και διαιτητικών ινών στα δείγματα διατήρησε τις παραμέτρους υφής σταθερές.

Στη συνέχεια μελετήθηκαν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του πουρέ πατάτας με τη διεξαγωγή οργανοληπτικού ελέγχου. Ειδικότερα, τα δείγματα με ενσωμάτωση μίγματος καραγεννάνης/ξανθάνης παρουσίασαν βελτιωμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά σε σχέση με τα δείγματα που περιείχαν μόνο καραγεννάνη ή μόνο ξανθάνη. Ενώ με την ενσωμάτωση ινουλίνης στα δείγματα με μίγμα καραγεννάνης/ξανθάνης παρουσιάστηκε αύξηση της αρέσκειας του προϊόντος. Τα δείγματα που περιείχαν χιτοζάνη και HPMC, μόνα τους ή και σε μίγματα, παρουσίασαν υποβαθμισμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά και ο χρόνος συντήρησής τους σε κατάψυξη δεν ξεπέρασε την μία εβδομάδα αφού κρίθηκαν ως μη αποδεκτά. Η ενσωμάτωση τρεχαλόζης στα δείγματα παρουσίασε βελτιωμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Τέλος, η ενσωμάτωση διαιτητικών ινών διατήρησε το προϊόν σε αποδεκτά επίπεδα.

Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση των αντικειμενικών και οργανοληπτικών ιδιοτήτων εφαρμόζοντας τη μέθοδο Ανάλυσης Διακύμανσης (ANOVA) και τη μέθοδο Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (PCA). Αρχικά, μέσω της μεθόδου ANOVA έγινε έλεγχος της σημαντικότητας της επίδρασης του είδους του υδατανθρακικού υλικού που μελετήθηκε ως προς την κρυοπροστατευτική του δράση και του χρόνου αποθήκευσης, στις ιδιότητες των δειγμάτων πουρέ πατάτας, αποθηκευμένα υπό κατάψυξη, που μελετήθηκαν. Τέλος, ακολούθησε η ανάλυση PCA, με την οποία έγινε συσχέτιση των αντικειμενικών ιδιοτήτων και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών όλων των δειγμάτων πουρέ πατάτας σε όλους τους χρόνους αποθήκευσης. Από τη μελέτη αυτή προέκυψε ότι το είδος του υλικού επηρεάζει σημαντικά τις αντικειμενικές και οργανοληπτικές ιδιότητες και ότι τα δείγματα με ενσωμάτωση μίγματος καραγεννάνης/ξανθάνης διατήρησαν σταθερές τις παραμέτρους υφής καθώς και ενισχυμένη αρέσκεια γεύσης-αρώματος.

## Εισαγωγή

---

Η παρούσα διπλωματική εργασία είχε ως αντικείμενο τον πουρέ πατάτας και τη μελέτη της μεταβολής των φυσικών/χημικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του κατά την αποθήκευση αυτού υπό κατάψυξη με την προσθήκη διάφορων υδατανθρακικών κρυοπροστατευτικών υλικών.

Ο πουρές πατάτας ως έτοιμος προϊόν στα ψυγεία των υπεραγορών, είναι σχετικά πρόσφατο, του οποίου η χρήση όμως αυξάνεται καθώς η αγορά λειτουργικών προϊόντων γίνεται όλο και πιο δημοφιλής στο καταναλωτικό κοινό.

Βιομηχανικά ο φρέσκος πουρές πατάτας προκύπτει με δύο τρόπους, αναλόγως τη βιομηχανία παραγωγής, είτε από φρέσκο καρπό είτε από επανασύσταση αφυδατωμένων νιφάδων πατάτας. Στη συνέχεια το φρέσκο προϊόν που προκύπτει συσκευάζεται και καταψύχεται.

Κατά την παραγωγή και αποθήκευση του πουρέ πατάτας παρατηρούνται αλλοιώσεις, οι οποίες υποβαθμίζουν την ποιότητα του έτοιμου προϊόντος και περιορίζουν το χρόνο ζωής του. Τα φαινόμενα υποβάθμισης που συντελούνται κατά την παραγωγή του, είτε από φρέσκο καρπό είτε από επανασύσταση νιφάδων πατάτας, και κατά την αποθήκευση υπό κατάψυξη σχετίζονται με τις μεταβολές που συντελούνται στο άμυλο της πατάτας. Κατά τη θερμική επεξεργασία συντελούνται τα φαινόμενα της ζελατινοποίησης του αμύλου, η συσσωμάτωση των κόκκων του και η αύξηση του ποσοστού του ελεύθερου αμύλου λόγω διάρρηξης των κόκκων αμύλου. Ενώ κατά την αποθήκευση υπό κατάψυξη παρατηρείται ανάπτυξη παγοκρυστάλλων, μετανάστευση υγρασίας και ταγγισμός. Τέλος, κατά την απόψυξη τα κύρια φαινόμενα υποβάθμισης είναι η αναδιαμόρφωση του αμύλου και η συναίρεση.

Επομένως η χρήση κρυοπροστατευτικών υλικών στον παραγωγή του κατεψυγμένου πουρέ πατάτας είναι καθοριστικής σημασίας για τη διατήρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών και της επέκτασης του χρόνου ζωής του προϊόντος, ώστε η παραγωγή και η διανομή του να γίνεται εύκολα και με ασφάλεια. Πρόσφατα γίνονται προσπάθειες ενσωμάτωσης διαιτητικών ινών και πρεβιοτικών παραγόντων ώστε να καταστεί ελκυστικό στο κοινό που επιζητά πιο υγιεινή διατροφή.

## ΜΕΡΟΣ Ι

---

### 1 Η ΠΑΤΑΤΑ

#### 1.1 Ιστορική αναδρομή

Η πατάτα προέρχεται από τη νότια Αμερική, την περιοχή όπου σήμερα βρίσκεται το Περού, η Χιλή, η Βολιβία και το Εκουαδόρ. Έρευνες έχουν δείξει πως η συστηματική καλλιέργειά της σε αυτές τις χώρες είχε αρχίσει χιλιάδες χρόνια πριν και με το πέρασμα των αιώνων αποτέλεσε βασικό συστατικό της διαίτας των ινδιάνικων φυλών που ζούσαν στην περιοχή των Άνδεων. Η ονομασία που της είχαν δώσει οι Ίνκας από το 15<sup>ο</sup> αιώνα κιόλας ήταν «*paras*» που σήμαινε στη γλώσσα τους κόνδυλος. Μέχρι και σήμερα η ονομασία αυτή προσδιορίζει την πατάτα στη Λατινική Αμερική. Όμως όταν ένα άλλο κονδυλώδες λαχανικό έγινε γνωστό στην Ευρώπη, που ήταν το *helianthus tuberosus* (ένα είδος ρίζας που συχνά καλείται και αγκινάρα της Ιερουσαλήμ), η πατάτα άρχισε να αποκαλείται από τους Ολλανδούς και τους Γάλλους «γεώμηλο». Ο Κολόμβος στο πρώτο κιόλας εξερευνητικό ταξίδι του στην Αμερική είχε ανακαλύψει και τη γλυκοπατάτα η οποία έγινε επίσης γνωστή στην Ευρώπη με την ονομασία «*patatas*» που δεν ήταν άλλη από παράφραση της λέξης «*paras*». Κατά το 16<sup>ο</sup> αιώνα λοιπόν, και λόγω του ότι η πατάτα με τη γλυκοπατάτα έμοιαζαν σημαντικά εξωτερικά, καθιερώθηκε ο όρος «*batata*» ή «*patata*» ακόμη και για τη γνωστή μας *solanum tuberosum* ή στην καθομιλουμένη πατάτα. Ο όρος «*potato*» υιοθετήθηκε από όλες τις αγγλόφωνες χώρες.

Στην Ευρώπη η πατάτα έγινε γνωστή από Ισπανούς εξερευνητές από το 16<sup>ο</sup> αιώνα κιόλας, και σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα διαδόθηκε η καλλιέργειά της σε όλη την ήπειρο. Οι πρώτες πατάτες εισήχθηκαν στην Αγγλία κατευθείαν από τις Ισπανικές αποικίες της Αμερικανής ηπείρου. Οι εισαγωγές αυτές έγιναν από τον πρωτοπόρο Βρετανό εξερευνητή Sir Francis Drake προς τιμήν του οποίου οι Γερμανοί το 1853 ανήγειραν μνημείο στο Offendurg (Baden).

Στην Ευρώπη το 16<sup>ο</sup> αιώνα οι πατάτες θεωρούνταν φάρμακο για τη θεραπεία διάφορων ασθενειών. Ο βασιλιάς Φίλιππος ΙΙ της Ισπανίας συμβούλευσε τον πάπα Πίο V να καταναλώνει πατάτες σε περίπτωση ασθένειας. Αυτός απέστειλε μερικές στον Ολλανδό Καρδινάλιο ο οποίος νοσούσε τη συγκεκριμένη περίοδο. Ο τελευταίος έστειλε σπόρους και καρπούς σε μοναστήρια και αυτά με τη σειρά τους σε βοτανικούς κήπους στη Βιέννη, τη Φρανκφούρτη, την Κολωνία και την Πράγα. Η πατάτα εκείνη την περίοδο καλλιεργείτο και πωλείτο ως εξωτικός καρπός και φάρμακο. Στις αρχές του 17<sup>ου</sup> αιώνα σερβίρεται σε βασιλικά δείπνα και αργότερα σε πολύ ακριβά εστιατόρια ως λιχουδιά για λίγους και εκλεκτούς.

Το κλίμα και το έδαφος της Ευρώπης ήταν πρόσφορο για την ευρεία καλλιέργεια της πατάτας σε όλη την ήπειρο και τότε εξήγαγαν οι Ευρωπαίοι πατάτες στη βόρειο Αμερική δηλαδή στις Ηνωμένες Πολιτείες και τον Καναδά. Με το πέρασμα του χρόνου σταμάτησαν βέβαια, διότι άρχισε και εκεί η καλλιέργειά της. Η πατάτα καλλιεργείται πλέον σε οικιακούς κήπους στην Ευρώπη και την Αμερική και επί Ναπολέοντα αρχίζει η ευρεία καλλιέργειά της σε Γαλλία και Γερμανία. Καθοριστικός παράγοντας για την εξάπλωσή της ήταν το γεγονός

ότι η πατάτα ήταν λιγότερο ευπαθές φυτό από τα άλλα λαχανικά και έτσι σε περιόδους του πολέμου θεωρείτο το «ψωμί των φτωχών», σώζοντας από το λιμό μεγάλες μερίδες πληθυσμού.

Το 19<sup>ο</sup> αιώνα παρατηρείται ακόμη μεγαλύτερη ανάπτυξη της καλλιέργειας της πατάτας καθότι ωμή χρησιμοποιείται πλέον στα αποστακτήρια αλκοόλης και για την παραγωγή αμύλου. Λόγω της σταθερότητας και της ανθεκτικότητάς του φυτού κατέστη αυτό πρώτο στις καλλιέργειες τόσο στην Ευρώπη όσο και στην Αμερική (G. Lisinska & W. Leszczynski, 1989 ; Ora Smith, 1985).

Στην Ελλάδα η εισαγωγή της πατάτας έγινε το 1830, από τον πρώτο κυβερνήτη της Ιωάννη Καποδίστρια καθότι άγνωστο λαχανικό για τους Έλληνες. Στην αρχή καλλιεργήθηκε σε μικρή κλίμακα, πειραματικά, στην περιοχή της Τίρυνθας. Λέγεται μάλιστα ότι ο Ιωάννης Καποδίστριας λόγω της επιφυλακτικότητας των Ελλήνων προς το νέο τρόφιμο τις κλειδωνε σε αποθήκες τις οποίες εσκεμμένα άφηνε αφύλακτες τη νύχτα, ώστε να μπορεί ο λαός να τις κλέψει νομίζοντας ότι είναι πολύτιμες, αφού αξίζουν φύλαξη.

Σήμερα λοιπόν τον 21<sup>ο</sup> αιώνα η πατάτα καλλιεργείται ευρέως σε όλες τις ηπείρους, με κορυφαίες παραγωγικές χώρες τη Ρωσία, την Κίνα, την Πολωνία, τις ΗΠΑ και την Ινδία. Η Μεγάλη Βρετανία και η Ολλανδία από την άλλη έχουν επιτύχει τη μεγαλύτερη παραγωγή ανά στρέμμα. Στο πίνακα 1.1 παρουσιάζεται συγκεντρωτικά η ετήσια παγκόσμια παραγωγή πατάτας σε τόνους από το 1991 μέχρι και το 2009.

### Παγκόσμια παραγωγή πατάτας 1991-2009

	1991	1993	1995	1997	1999	2001	2003	2005	2007	2009
<b>Χώρες</b>	εκατομμύρια . τόνοι									
Αναπτυγμένες	183.13	199.31	177.47	174.63	165.93	166.93	160.97	159.97	159.89	160.80
Αναπτυσσόμενες	84.86	101.95	108.50	128.72	135.15	145.92	152.11	160.01	165.41	169.2
Παγκοσμίως	267.99	301.26	285.97	303.35	301.08	312.85	313.08	319.98	325.30	330

Source: FAOSTAT

Πίνακας 1.1: Παγκόσμια παραγωγή πατάτας 1991-2009



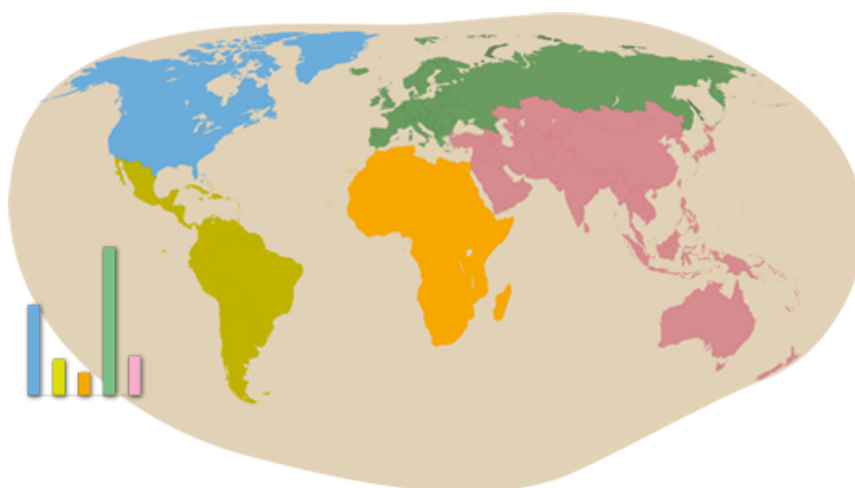
Στον πίνακα 1.2 παρουσιάζεται η παραγωγή σε τόνους των μεγαλύτερων παραγωγικών χωρών παγκοσμίως.

### Μεγαλύτερες παραγωγικές χώρες παγκοσμίως, 2009

	Ποσότητα (τόνοι)
1.  Κίνα	73 040 000
2.  Ινδία	34 784 200
3.  Ρωσία.	31 280 000
4.  Ηνωμένες Πολιτείες ΗΠΑ	20 373 267
5.  Ουκρανία	20 102 300
6.  Πολωνία	11 791 072
7.  Γερμανία	11 643 769
8.  Λευκορωσία	7 743 976
9.  Ολλανδία	7 200 000
10.  Γαλλία	7 271 000

Πίνακας 1.2: Μεγαλύτερες παραγωγικές χώρες πατάτας παγκοσμίως

Και τέλος η κατά κεφαλήν κατανάλωση της πατάτας ανά ήπειρο παρουσιάζεται στον πίνακα 1.3.



### Κατανάλωση πατάτας, ανά ήπειρο, 2005

	Πληθυσμός	Κατανάλωση	
		Ολική Κατανάλωση (τόνοι)	Kg/κάτοικο
<b>Αφρική</b>	904 388 000	12 571 000	13.9
<b>Ασία/Ωκεανία</b>	3 934 644 000	94 038 000	23.9
<b>Ευρώπη</b>	739 203 000	64 902 000	87.8
<b>Λατινική Αμερική</b>	562 270 000	11 639 000	20.7
<b>Βόρεια Αμερική</b>	330 400 000	19 824 000	60.0
<b>Παγκοσμίως</b>	<b>6 484 792 000</b>	<b>202 974 000</b>	<b>31.3</b>

Source: FAOSTAT

Πίνακας 1.3: Κατανάλωση πατάτας, ανά ήπειρο, 2005

Παρατηρείται ότι στις βιομηχανοποιημένες χώρες όπως της Ευρώπης και της Β. Αμερικής η κατά κεφαλήν κατανάλωση πατάτας είναι κατά πολύ μεγαλύτερη απ' ότι στις υπόλοιπες και αυτό οφείλεται στην όλο και αυξανόμενη κατανάλωση επεξεργασμένων προϊόντων πατάτας τα οποία αυξάνονται συνεχώς σε όγκο αλλά και ποικιλία. Σήμερα αποτελεί το μοναδικό λαχανικό των 5 κυριότερων καλλιεργούμενων φυτικών ειδών για τη διατροφή του ανθρώπου, τα άλλα 4 είναι δημητριακά.

Με βάση τα στοιχεία τα οποία έχουν συλλεχθεί ως τώρα προκύπτει ότι το μέλλον της καλλιέργειας πατάτας είναι ευοίωνο καθότι είναι ανθεκτική στην καλλιέργεια και έχει λογικό κόστος. Η πατάτα αποτελεί πλέον το πιο κοινό τρόφιμο/λαχανικό με μεγάλη διατροφική αξία και καλή ποιότητα με ταυτόχρονη ευρεία χρήση και στη βιομηχανία ως πρώτη ύλη.

## **1.2 Βοτανικά χαρακτηριστικά της πατάτας**

Η πατάτα το γένος *solanum* ανήκει στην οικογένεια *Solanaceae* (στρυχνοειδών) η οποία περιλαμβάνει πάνω από 2000 είδη από τα οποία μόνο τα 8 πλέον καλλιεργούνται. Τα είδη αυτά είναι:

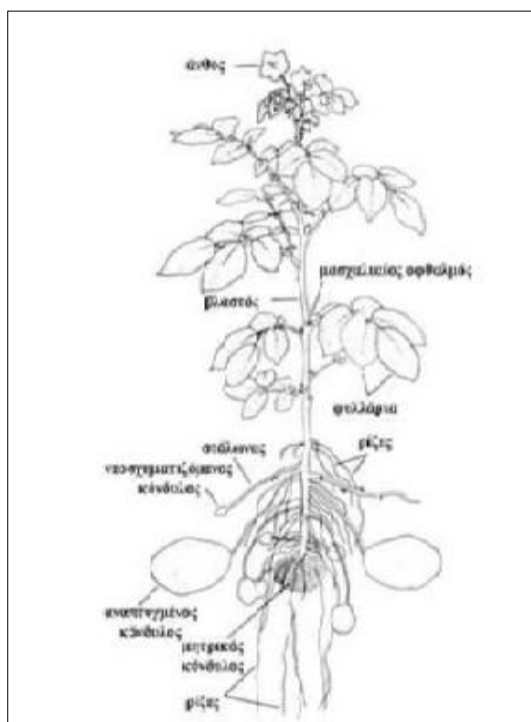
- 1) *Solanum stenotomum*: το πιο πρωτόγονο είδος, το οποίο ευδοκίμει στο νότιο Περού και την κεντρική Βολιβία και είναι ανθεκτικό στο ψύχος.
- 2) *Solanum phureja*: καλλιεργείται σε θερμά κλίματα όπως Εκουαδόρ, Βενεζουέλα, Κολομβία κλπ. και ο καρπός δεν εμφανίζει μεγάλη διατηρησιμότητα
- 3) *Solanum ajanhuiri*: ανθεκτικό είδος στο κρύο το οποίο καλλιεργείται στα ορεινά της Βολιβίας. Τα άνθη του φυτού αυτού είναι χαρακτηριστικά για το μπλε τους χρώμα
- 4) *Solanum gonocalyx*: καλλιεργείται στο Περού και η σάρκα του καρπού έχει έντονο κίτρινο χρώμα
- 5) *Solanum chaucha*: καλλιεργείται στην κεντρική Βολιβία και το Περού
- 6) *Solanum juzepczukii*: είδος πολύ ανθεκτικό στο ψύχος και γι' αυτό καλλιεργείται στα ορεινά του Περού και της Βολιβίας, το οποίο επίσης έχει χαρακτηριστικά μπλε άνθη
- 7) *Solanum curtilobum*: ανθεκτικό είδος στο ψύχος, καλλιεργείται στα ορεινά του Περού και της Βολιβίας αλλά ξεχωρίζει για το χαρακτηριστικό βιολετί χρώμα των ανθέων του.
- 8) *Solanum tuberosum*:
  - i) Υποκατηγορία *andigena*: καλλιεργείται στη νότια και κεντρική Αμερική
  - ii) Υποκατηγορία *tuberosum*: καλλιεργείται σε όλο τον κόσμο.

Το τελευταίο αυτό είδος *solanum tuberosum* είναι το πιο ευρέως γνωστό και καλλιεργούμενο είδος καθότι ευδοκίμει σε όλες τις κλιματικές ζώνες (G. Lisinska & W. Leszczynski, 1989; Μουζάκης, 2011).

### 1.3 Περιγραφή του φυτού- καρπού

Το φυτό της πατάτας είναι ετήσιο, ποώδες με βιολογικό κύκλο κυμαινόμενο από τρεις έως πέντε μήνες αναλόγως κυρίως της ποικιλίας. Η καλλιέργεια μπορεί να γίνει με τη φύτευση σπόρου ή φυτού. Το ύψος του μπορεί να φτάσει τα 50 έως 80 cm. Ο βλαστός του έχει τετραγωνική διατομή και το υπόγειο μέρος του, κάτω από ορισμένες συνθήκες (λίγο πριν την άνθιση) εκπύσσει στόλωνες από τους οφθαλμούς, στην άκρη των οποίων σχηματίζονται οι βλαστοκόνδυλοι.

Τα φύλλα είναι σύνθετα με επτά έως έντεκα φυλλίδια ελλειπτικά. Τα άνθη είναι πενταμερή με στεφάνη ιώδη ή υπόλευκη ή κίτρινη και συμπεταλή, φέρονται σε ταξιανθίες με άξονα μακρύ, ο οποίος αναπτύσσεται από τη μασχάλη του τελευταίου φύλλου έως τριακόσια σπέρματα. Οι κόνδυλοι σχηματίζονται στην άκρη των στολώνων, που εκβλαστανούν από τους οφθαλμούς της βάσης και αναπτύσσονται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, πριν από την άνθιση του φυτού. Αυτοί έχουν στην επιφάνειά τους μικρές κοιλότητες, τα λεγόμενα «μάτια», που το καθένα έχει δύο έως τρεις οφθαλμούς που παραμένουν σε λήθαργο δύο έως τρεις μήνες μετά τη συγκομιδή τους. Το μέγεθος και το σχήμα των κονδύλων όπως και το χρώμα της επιδερμίδας και της σάρκας είναι επίσης χαρακτηριστικά της ποικιλίας. Στο υπόγειο τμήμα του φυτού εκπύσσουνται οι στόλωνες οι οποίοι είναι υπόγειοι βλαστοί. Όλα τα πράσινα μέρη του φυτού είναι δηλητηριώδη, λόγω της περιεχόμενης σε αυτά σολανίνης.

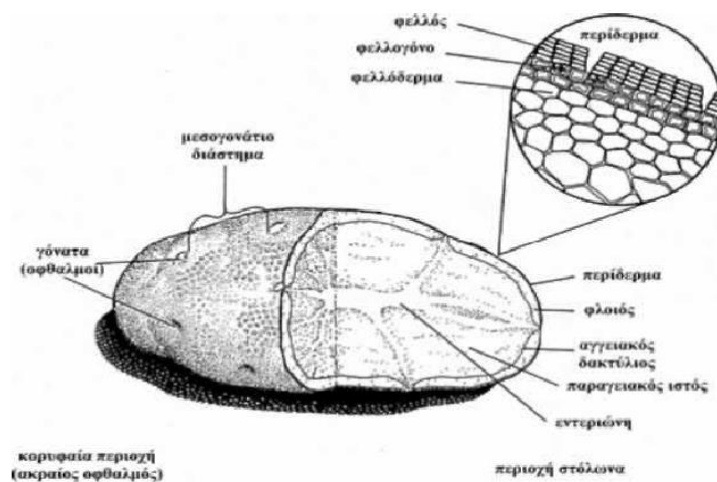


Εικόνα 1.1: Μορφολογία του φυτού της πατάτας σε πλήρη ανάπτυξη

Ο κόνδυλος ως υπόγειος τροποποιημένος βλαστός παρουσιάζει όλα τα χαρακτηριστικά των βλαστών: γόνατα, μεσογονάτια διαστήματα, φύλλα (λέπια) και οφθαλμούς στις μασχάλες των φύλλων, με τους τελευταίους να εμφανίζονται κατ' εναλλαγή

και σπειροειδώς. Οι οφθαλμοί είναι σύνθετοι και αποτελούνται από τον κύριο ή βασικό και δύο δευτερεύοντες οφθαλμούς.

Οι κύριες περιοχές στον ώριμο καρπό/κόνδυλο όπως παρατηρούνται από έξω προς τα μέσα είναι: 1) το περιδέρμα, 2) ο φλοιός, 3) ο αγγειακός δακτύλιος, 4) το παρένχυμα, και 5) η εντεριώνη. Στην εικόνα ακολουθεί διατομή του καρπού, ώστε να εντοπιστούν τα μέρη αυτά:



Εικόνα 1.2: Διατομή κόνδυλου της πατάτας

Το περιδέρμα αποτελείται από το φελλόδερμα, το φελοκάμβιο και τα κύτταρα του φελλού. Ο φλοιός αποτελεί σημαντικό μέρος της μάζας του στόλωνα, αλλά κατά τη διόγκωση του άκρου του στόλωνα και το σχηματισμό του κόνδυλου δεν παρατηρείται σημαντική αύξηση στον αριθμό των κυττάρων του φλοιού. Ο αγγειακός δακτύλιος περιλαμβάνει τον ηθμό (εξωτερικό και εσωτερικό) που αποτελεί και το μεγαλύτερο μέρος του και το ξύλο και προέρχονται από το προκάμβιο. Καθώς ο κόνδυλος ωριμάζει ο ηθμός διαχωρίζεται σε πολυάριθμες ηθμαγγειώδεις δεσμίδες, λόγω των κυτταρικών διαιρέσεων που συμβαίνουν στο εσωτερικό του και αποτελείται από ηθμοσωλήνες, εξειδικευμένα συνοδά κύτταρα και αποθηκευτικά παρεγχυματικά κύτταρα. Τα συνοδά κύτταρα περιβάλλουν τον ηθμοσωλήνα και περιέχουν μιτοχόνδρια και πλαστίδια με μικρή περιεκτικότητα σε άμυλο. Τέλος, η εντεριώνη, που προέρχεται από το θεμελιώδες μελιστώμα, διατρέχει κατά μήκος το εσωτερικό του κόνδυλου από το σημείο πρόσφυσης του στόλωνα μέχρι τον ακραίο οφθαλμό και παράλληλα εκτείνεται ακτινωτά προς την επιφάνεια όπου και συνδέεται με τους μασχαλιαίους οφθαλμούς (Θανόπουλος Χ., 2008 ; Μουζάκης, 2011 ; Κριάρης Χ., 1990).

Ο αριθμός των διαφόρων ποικιλιών πατάτας που καλλιεργούνται σε όλες τις ηπείρους φτάνει τις 3000, οι 700 από τις οποίες καλλιεργούνται κυρίως στην Ευρώπη. Στην Ελλάδα καλλιεργούνται κυρίως τις ποικιλίες: Σπούντα, Λιζέτα, Λόλα, Τιμάτε, Σιάρλοτ, Ντάιαμοντ, Νικόλα, Κάρα, Φιλέα, Ινόβα, Μάραπελ και σπάνια λίγες ακόμη ποικιλίες. Οι διάφορες ποικιλίες διαφοροποιούνται ως προς: τον καρπό, τη μορφολογία και τη χημική σύσταση του καρπού. Ο μεγάλος αριθμός αυτών ακόμη και στην ίδια χώρα δικαιολογείται

από τους κλιματικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες οι οποίοι ποικίλλουν. Τα χαρακτηριστικά της κάθε ποικιλίας πρέπει να πληρούν τα κοινωνικοοικονομικά και περιβαλλοντικά κριτήρια της εκάστοτε περιοχής που πρόκειται να καλλιεργηθεί.

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν πατάτες Κύπρου κατάλληλες για φούρνο και παραγωγή πουρέ. Έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά με την ποικιλία Kennebec, για την οποία μελέτες έδειξαν ότι είναι η ιδανικότερη για παραγωγή πουρέ. Σύμφωνα με το Συμβούλιο Εμπορίας Κυπριακών πατατών εξάγονται στην Ελλάδα κυρίως οι ποικιλίες: Σπούντα, Αγκρίκο και Τεμπίνα χαρακτηριστικές για την κίτρινη σάρκα τους και το μακρόστενο σχήμα τους.

#### **1.4 Χημική σύσταση του καρπού της πατάτας**

Η χημική σύσταση του κονδύλου της πατάτας ποικίλλει ανάλογα την ποικιλία, το είδος του εδάφους, το κλίμα της περιοχής που αυτή καλλιεργείται, τον τρόπο καλλιέργειας, τα λιπάσματα που χρησιμοποιήθηκαν, τις διαφορετικές πρακτικές αποθήκευσης και πολλούς άλλους αστάθμητους παράγοντες. Επιπλέον η χημική σύσταση επηρεάζεται και από την ωρίμανση του καρπού.

Το 24% περίπου του καρπού αποτελεί την ξηρή βάση και τα υπόλοιπα 3/4 είναι ουσιαστικά νερό. Κάθε κόνδυλος είναι ένας ξεχωριστός ζωντανός οργανισμός και η αποθηκευμένη σ' αυτόν υγρασία διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στις αναβολικές και καταβολικές διεργασίες που συντελούνται μέσα στον καρπό καθότι μεταφέρει τις διαλυμένες ουσίες στα διάφορα μέρη του καρπού και τον προστατεύει από την υπερθέρμανση. Το 20% αυτού του νερού είναι δεσμευμένο με τη μορφή κρυστάλλων ή σχηματίζει κολλοειδή συστήματα με τις πρωτεΐνες. Το υπόλοιπο νερό αποκαλείται «ελεύθερο» και μαζί με τα διαλυμένα οργανικά και ανόργανα συστατικά σε αυτό αποτελεί το χυμό του κονδύλου (G. Lisinska & W. Leszczynski, 1989).

	Εύρος	Μ.Ο.
Ξηρή βάση	13.1-36.8	23.7
Άμυλο	8.0-29.4	17.5
Αναγωγικά σάκχαρα	0.0-5.0	0.3
Ολικά σάκχαρα	0.05-8.0	0.5
Ίνες (ακατέργαστες)	0.17-3.48	0.71
Πηκτικές ουσίες	0.2-1.5	-
Ολικό άζωτο	0.11-0.74	0.32
Ακατέργαστη πρωτεΐνη	0.69-4.63	2.00
Πρωτεϊνικό άζωτο	27.3-73.4	54.7
Αμιδια	0.029-0.052	-
Αμινοξέα	0.065-0.098	-
Νιτρικά άλατα	0.0-0.05	-
Λιπίδια	0.02-0.2	0.12
Τέφρα	0.44-1.87	1.1
Οργανικά οξέα	0.4-1.0	0.6
Ασκορβικά (και στερεά) οξέα	1-54	10-25
Γλυκοαλκαλοειδή	0.2-41	3-10
Φαινολικά	5-30	-

Ποσότητες mg/100g

Πίνακας 1.4: Χημική σύσταση των κονδύλων της πατάτας (G. Lisinska & W. Leszczynski, 1989)

#### 1.4.1 Ξηρή μάζα

Η ξηρή μάζα του κονδύλου αποτελείται από διάφορα συστατικά διαλυτά και αδιάλυτα στο νερό. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται ο μέσος όρος αυτών των συστατικών σε γραμμάρια:

Συστατικό	Μέσος όρος (g)
Άμυλο	75.30
Ολικά σάκχαρα	2.10
Ακατέργαστες Ίνες	2.32
Πρωτεΐνες	7.94
Λιπίδια	0.50
Τέφρα	4.41

Πίνακας 1.5: Συγκεντρωτικός πίνακας των συστατικών της ξηρής μάζας του κονδύλου της πατάτας

Η σύσταση της ξηρής μάζας αυξάνεται κατά την ανάπτυξη του καρπού. Οι μέγιστες τιμές αυτών διαφέρουν κατά τα διάφορα της ανάπτυξης και εξαρτώνται επίσης από την ποικιλία και τις κλιματικές συνθήκες καλλιέργειας. Η κατανομή της ξηρής μάζας μέσα στον ίδιο κίολας καρπό δεν είναι ομοιόμορφη, είναι μεγαλύτερη στο αγγειακό σύστημα και μικρότερη στη ψίχα. Οι ποικιλίες με μεγάλο ποσοστό ξηρής μάζας είναι κατάλληλες για την παραγωγή αφυδατωμένων προϊόντων πατάτας καθώς και για ζωοτροφές. Εμφανίζουν καλύτερη συμπεριφορά κατά την αποθήκευση (G. Lisinska & W. Leszczynski, 1989).

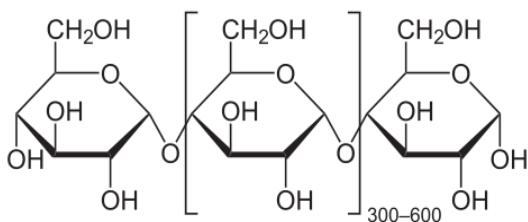
Τα συστατικά της ξηρής βάσης θα αναπτυχθούν εκτενέστερα στις παρακάτω ενότητες.

## 1.4.2 Άμυλο

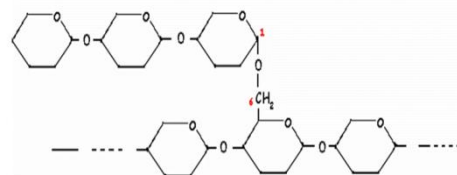
Το άμυλο όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως αποτελεί το κύριο συστατικό του κονδύλου της πατάτας. Το άμυλο είναι γλυκάνη δηλαδή πολυσακχαρίτης. Αποτελείται από δεκάδες χιλιάδες μόρια γλυκόζης, που ενώνονται και σχηματίζουν σπειροειδή και διακλαδισμένη αλυσίδα. Συναντάται σε μορφή αμυλοκόκκων οι οποίοι περιλαμβάνουν την αμυλόζη και την αμυλοπηκτίνη. Κάθε κόκκος αποτελείται από 13-21% νερό, 0.05-0.08% ακατέργαστη πρωτεΐνη, 0.02-0.04% λιπίδια και 0.2-0.37% ανόργανα στοιχεία. Τα κύρια δομικά συστατικά του είναι ο φωσφόρος, το ασβέστιο, το κάλιο, το νάτριο και το πυρίτιο.

Η αμυλόζη περιλαμβάνει γραμμική αλυσίδα 350-1000 μορίων γλυκόζης και διαλύεται στο νερό χωρίς διόγκωση. Τα μόρια της γλυκόζης είναι ενωμένα με α(1-4) δεσμούς σε ευθεία διάταξη και έχουν την ικανότητα εγκλεισμού άλλων μορίων όπως λιπαρών και ιωδίου. Η αμυλοπηκτίνη είναι μόριο διακλαδισμένης αλυσίδας με πλευρικές αλυσίδες 20-30 γλυκοζών. Τα μόριά της είναι ενωμένα με α(1-4) δεσμούς και α(1-6) δεσμούς (διακλαδώσεις). Βρίσκεται στο εξωτερικό των κόκκων του αμύλου και δεν διαλύεται στο νερό αλλά διογκώνεται με θέρμανση και δίνει την αμυλόκολλα.

Το μέγεθος των κόκκων του αμύλου κυμαίνεται από 5 μέχρι και 110μm, όπου και φτάνει στον ώριμο καρπό. Το άμυλο της πατάτας κατατάσσεται στην κατηγορία β, πράγμα που το διαχωρίζει από τα άλλα άμυλα φυτικής προέλευσης. Στις εικόνες που ακολουθούν φαίνεται η δομή των μορίων αμυλόζης και αμυλοπηκτίνης.

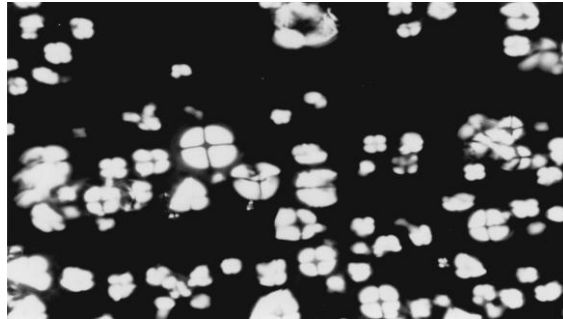


Εικόνα 1.3: Δομή αμυλόζης



Εικόνα 1.4: Δομή αμυλοπηκτίνης

Για τη βιοσύνθεση του αμύλου τα ένζυμα που συμμετέχουν είναι η φωσφορυλάση και το Q ενώ τα ένζυμα α- και β- αμυλάση συμμετέχουν στην υδρόλυση αυτού. Στη σύνθεσή του όμως τον κυριότερο ρόλο διαδραματίζει η εξοκινάση η οποία μετατρέπει τη γλυκόζη σε γλυκόζη με 6 ελεύθερες φωσφορικές ρίζες.



Εικόνα 1.5: Κόκκοι αμύλου με τη χρήση ακτίνων X

Η αναλογία αμυλόζης και αμυλοπηκτικής στην πατάτα είναι 1/3. Έρευνες έδειξαν ότι το ποσοστό τους σε όλες τις φάσεις ανάπτυξης του καρπού είναι για τη μεν αμυλόζη 13% και για τη δε αμυλοπηκτική 83%.

Το μόριο της αμυλοπηκτικής είναι μεγαλύτερο από το μόριο της αμυλόζης στους περισσότερους τύπους αμύλου και οι αλυσίδες που σχηματίζουν μπορεί να είναι μικρές σε μήκος με μέσο βαθμό πολυμερισμού DP=15, είτε μεγάλες με μέσο βαθμό πολυμερισμού DP=45. Η μοναδική αυτή διάταξη συμβάλλει στην κρυσταλλική μορφή των κόκκων αμύλου. Η όλη αρχιτεκτονική δομή τους καθορίζεται απόλυτα από τη μορφή των αλυσίδων αμυλόζης και αμυλοπηκτικής καθώς και της μεταξύ τους αναλογίας. Και τέλος η μορφή των κόκκων καθορίζει την προσβασιμότητα της δομής του αμύλου στο νερό και τα διάφορα χημικά αντιδραστήρια.

Η υδρόλυση του αμύλου μπορεί να γίνει με οξέα ή ενζυμικά. Κατά την ενζυμική υδρόλυση του αμύλου με διάφορες αμυλάσες (α-αμυλάση, β-αμυλάση, γλυκοαμυλάση) σχηματίζονται, ανάλογα με την περίπτωση, μαλτόζη, γλυκόζη και οριοδεξτρίνες, που ονομάζονται έτσι γιατί βρίσκονται στο όριο της υδρολυτικής ικανότητας του χρησιμοποιούμενου ενζύμου. Κατά την υδρόλυση του αμύλου με οξέα λαμβάνεται ως τελικό προϊόν σχεδόν ποσοτικά η γλυκόζη, που αποτελεί το απλούστερο δομικό τμήμα του μορίου του αμύλου. Κατά την όξινη υδρόλυση του αμύλου σχηματίζονται μερικά ενδιάμεσα προϊόντα με κομμώδη σύσταση και χωρίς καθορισμένη σύνθεση, που ονομάζονται δεξτρίνες. Οι δεξτρίνες είναι ένας γενικός όρος για προϊόντα αποικοδόμησης του αμύλου.

Η χρήση νιτρικών λιπασμάτων, ειδικά σε αμμώδη εδάφη με χαμηλή οξύτητα μειώνει την ποσότητα του φωσφόρου στο άμυλο και κατά συνέπεια το ιζώδες των προϊόντων του. Υπάρχει άμεση συσχέτιση μεταξύ του μεγέθους των κόκκων του αμύλου των διαφόρων ποικιλιών και των περιβαλλοντικών συνθηκών που καλλιεργείται ο καρπός.



Όπως αναφέρθηκε ήδη το άμυλο είναι ένας πολυσακχαρίτης και γι' αυτό είναι βασικό συστατικό της ανθρώπινης διατροφής και των ζωοτροφών όπου περιέχεται σε υψηλά ποσοστά. Αποτελεί ποιοτικό χαρακτηριστικό των καρπών και έχει αποδειχθεί η συσχέτιση της περιεκτικότητας σε άμυλο με τη μηχανική καταπόνηση κατά τη μεταφορά και αποθήκευση των καρπών. Επιπλέον υπάρχει εξάρτηση του ποσοστού του αμύλου με τη γεύση των μαγειρεμένων προϊόντων πατάτας. Δεν επηρεάζει τη γεύση μόνο, αλλά και την υφή και το χρώμα των προϊόντων αυτών. Πατάτες με χαμηλή περιεκτικότητα σε άμυλο μετά το βρασμό περιγράφονται ως «υδαρείς» και καταστρέφονται εύκολα, μη διατηρώντας το σχήμα τους. Επομένως όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό του αμύλου τόσο μεγαλύτερη θα είναι η συνοχή του τελικού προϊόντος. Η υφή βεβαίως εξαρτάται και από τα υπόλοιπα συστατικά του κονδύλου όπως θα εξηγηθεί και παρακάτω (G. Lisinska & W. Leszczynski, 1989 ; Andréa C. Bertolini, 2008).

### 1.4.3 Σάκχαρα

Η περιεκτικότητα σε σάκχαρα των κονδύλων πατάτας ποικίλλει και εξαρτάται από την ποικιλία, την ωριμότητα και τη φυσιολογία τους. Σε ελεύθερη μορφή τα πιο συνήθη σάκχαρα που εντοπίζονται στην πατάτα είναι: μονοσακχαρίτες, D-γλυκόζη σε ποσοστό 0.5-1.5% και D-φρουκτόζη σε ποσοστό 0.5-1.5%, καθώς και σακχαρόζη (δισακχαρίτης μη αναγωγικό σάκχαρο). Υπό την επίδραση συγκεκριμένων συνθηκών, τα σάκχαρα αυτά παραμένουν σε δυναμική ισορροπία με το άμυλο και σε παρόμοια ποσοστά. Με τη μεταβολή των συνθηκών όμως οι αναλογίες αυτές αλλάζουν. Το ποσοστό των σακχάρων μεταβάλλεται επίσης και κατά την ωρίμανση του κονδύλου και φτάνει στα χαμηλότερα ποσοστά κατά την πλήρη ωρίμανση, όταν έχει φτάσει πλέον στο σημείο για τη συγκομιδή. Εκτός όμως από τα σάκχαρα, οι καρποί περιλαμβάνουν επίσης και φωσφορικούς εστέρες, το ποσοστό των οποίων κυμαίνεται από 0.2-2%.

Έχει διαπιστωθεί πως το ποσοστό των σακχάρων εξαρτάται από το μέγεθος των κονδύλων. Οι μεγάλοι καρποί έχουν μικρά ποσοστά σακχάρων και αντιστρόφως Αυτό εξαρτάται άμεσα από την ξηρή μάζα του κονδύλου. Οι μικροί σε μέγεθος κόνδυλοι έχουν μικρό ειδικό βάρος και έχει διαπιστωθεί η αρνητική συσχέτιση μεταξύ ειδικού βάρους και περιεκτικότητας σακχάρου. Οι μεγάλοι καρποί περιέχουν περισσότερη σακχαρόζη από τους μικρούς.

Τα ποσοστά σακχάρων μειώνονται κατά την αποθήκευση του καρπού. Μάλιστα η μεταβολή της περιεκτικότητας σακχαρόζης είναι δείκτης της ηλικίας της πατάτας και αποτελεί δείκτη της ποιότητάς της. Μεγάλα ποσοστά σακχάρων, ειδικά αναγωγικών, καθιστούν τον καρπό ακατάλληλο ως πρώτη ύλη για αφυδατωμένα προϊόντα πατάτας καθώς και για τηγανητά. Έχει διαπιστωθεί επίσης ότι οι πατάτες με μεγάλα ποσοστά αναγωγικών σακχάρων είναι ευπαθείς σε ασθένειες βακτηριακής φύσης (G. Lisinska & W. Leszczynski, 1989).

Στον πίνακα 1.6 που ακολουθεί φαίνεται το ποσοστό των σακχάρων αυτών για τα διάφορα μεγέθη κονδύλων.

Μέγεθος κονδύλου	Γλυκόζη	Φρουκτόζη	Σουκρόζη	Ολικά σάκχαρα
Μεγάλο	0.164	0.027	0.341	0.532
Μεσαίο	0.212	0.088	0.246	0.546
Μικρό	0.412	0.129	0.171	0.712

Πίνακας 1.6: Περιεχόμενα (%) ποσοστά σακχάρων σε διάφορα μεγέθη κονδύλων

#### 1.4.4 Μη αμυλούχοι πολυσακχαρίτες

Οι πατάτες περιλαμβάνουν και μη αμυλούχους πολυσακχαρίτες οι οποίοι αποτελούν δομικά συστατικά των κυτταρικών τους τοιχωμάτων καθώς και των ουσιών που συγκρατούν τα κύτταρα μεταξύ τους. Συχνά καλούνται ακατέργαστες ίνες, παρόλο που ο όρος αυτός δεν είναι αρκετά δόκιμος, αφού η μεγαλύτερη ποσότητα αυτών των πολυσακχαριτών είναι υψηλότερη από την ποσότητα των αδιάλυτων ακατέργαστων ινών που παραλαμβάνονται από τη διάλυση των πολυσακχαριτών κατά τη διάρκεια της ανάλυσης.

Οι βασικότεροι μη αμυλούχοι πολυσακχαρίτες είναι η κυτταρίνη, η ημικυτταρίνη, διάφορες πεντοζάνες και πηκτικές ουσίες. Η κυτταρίνη αποτελεί το 10-20% των μη αμυλούχων πολυσακχαριτών. Το ποσοστό αυτό ποικίλλει ανάλογα με την ποικιλία της πατάτας, το μέγεθος του κονδύλου και το ποσοστό της ξηρής μάζας. Η ημικυτταρίνη είναι δομικό συστατικό των κυτταρικών τοιχωμάτων και αποτελεί το 6-10% του βάρους του κυτταρικού τοιχώματος. Οι πεντοζάνες συμμετέχουν στην κατασκευή των κυτταρικών μεμβρανών του παρεγχύματος, αποτελώντας το 55% της ξηρής βάσης αυτού. Επίσης και ο φλοιός της πατάτας αποτελείται κατά 55% από πεντοζάνες. Οι πηκτίνες τέλος αποτελούν το 47-66% του βάρους των κυτταρικών τοιχωμάτων και η παρουσία τους είναι υψηλότερη στο φλοιό απ' ότι στη σάρκα. Πιο συγκεκριμένα η πρωτοπηκτίνη αποτελεί το 69-77% των ολικών πηκτινών, είναι αδιάλυτη στο νερό αλλά διαλυτή σε οξέα.

Πρόσφατες έρευνες έχουν δείξει ότι η περιεκτικότητα και η δομή των μη αμυλούχων πολυσακχαριτών επηρεάζει τα χαρακτηριστικά της πατάτας. Αυτό γιατί όσο μεγαλύτερο το μοριακό βάρος των κυτταρικών τοιχωμάτων, που δομούνται από τις ουσίες αυτές, τόσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση της πατάτας σε μηχανική καταπόνηση (G. Lisinska & W. Leszczynski, 1989).

#### 1.4.5 Αζωτούχες ενώσεις

Οι αζωτούχες ενώσεις είναι το δεύτερο σε ποσοστό συστατικό της ξηρής μάζας του κονδύλου μετά τους υδατάνθρακες. Το ποσοστό τους, αν υπολογιστεί με βάση τις ολικές

πρωτεΐνες κυμαίνεται μεταξύ 2.77-14.6% του ξηρού βάρους του καρπού. Το ποσοστό του ολικού αζώτου αυξάνεται με την ωρίμανση του καρπού. Το 90% του περιεχόμενου αζώτου στον καρπό βρίσκεται με μορφή υδατοδιαλυτών ενώσεων. Το υπόλοιπο 10% βρίσκεται δεσμευμένο στο φλοιό και το κυτταρικά τοιχώματα και είναι με τη μορφή αδιάλυτων ενώσεων στο νερό. Η κατανομή του αζώτου είναι ανομοιόμορφη στο κόνδυλο. Είναι μικρότερη στο αγγειακό σύστημα και αυξάνεται όσο προχωρά προς το φλοιό. Τα μεγαλύτερα ποσοστά παρατηρούνται στον πυρήνα και τα μικρότερα στους οφθαλμούς. Γενικά μεγαλύτερα ποσοστά αζώτου παρατηρούνται σε μικρότερους κονδύλους και μικρότερα στους μεγαλύτερους. Το ειδικό βάρος και το περιεχόμενο άζωτο μεταβάλλονται. Τα ποσοστά διαφοροποιούνται επίσης από ποικιλία σε ποικιλία και εξαρτώνται και από τους κλιματικούς παράγοντες και τα λιπάσματα που χρησιμοποιήθηκαν κατά την καλλιέργεια (G. Lisinska & W. Leszczynski, 1989).

Οι κόνδυλοι περιέχουν τις εξής αζωτούχες ενώσεις:

1. Πρωτεΐνες
2. Αμινοξέα
3. Αμίδια του αζώτου
4. Αζωτούχες ή άλλες οργανικές ενώσεις
5. Ανόργανο άζωτο
6. Αλκαλοειδή του αζώτου

Στις ενότητες που ακολουθούν περιγράφονται σύντομα οι ενώσεις αυτές:

#### **1.4.5.1 Πρωτεΐνες**

Οι πρωτεΐνες που περιέχονται στον κόνδυλο της πατάτας αποτελούνται από 60-70% σφαιρίνη και 20-40% γλουτέλη, αλμπουμίνη ή προλαμίνη. Γενικά θεωρείται ότι στο σχηματισμό των πρωτεϊνών δεσμεύεται περίπου το 50% του περιεχόμενου αζώτου όλου του κονδύλου. Οι πρωτεΐνες αποτελούν δομικά συστατικά των κυτταρικών μεμβρανών και ουσιαστικά προσδίδουν σε αυτές της ιδιαίτερες ιδιότητές τους. Συμμετέχουν όμως και σε άλλες κυτταροπλασματικές δομές. Δεν μπορεί να μην αναφερθούν και τα ένζυμα τα οποία επίσης αποτελούνται από πρωτεΐνες ευδιάλυτες στο νερό και δομούν τα κυτταρικά τοιχώματα.

Όπως εξηγήθηκε και στην αρχή, οι πρωτεΐνες του κονδύλου αποτελούνται από απλούστερες πρωτεΐνες όπως τη σφαιρίνη, την προλαμίνη και τη γλουτέλη. Άλλες πρωτεΐνες που συμμετέχουν στο σχηματισμό των πιο σύνθετων πρωτεϊνών της πατάτας είναι: τα γλυκοπρωτοειδή, τα μεταλοπρωτοειδή, τα φωσφοπρωτοειδή κ.α. Μάλιστα πολλές φορές η ταυτοποίηση των διαφόρων ειδών και ποικιλιών της πατάτας γίνεται με τη βοήθεια αυτών των απλούστερων πρωτεϊνών. Η κύρια πρωτεΐνη της πατάτας ευρισκόμενη σε ποσοστό 70% ονομάζεται τουμπερίνη και αποτελείται από αλμπουμίνη και σφαιρίνη.

Το περιεχόμενο άζωτο που δομεί τις πρωτεΐνες διαφέρει από ποικιλία σε ποικιλία, αλλά και τη διάρκεια της ωρίμανσης του καρπού. Το πρωτεϊνικό περιεχόμενο σύμφωνα με πολλούς μελετητές μειώνεται σε όλες τις ποικιλίες, όταν φτάσει το σημείο της συγκομιδής.

Οι πρωτεΐνες αποτελούμενες από άζωτο βρίσκονται σε όλα τα στρώματα του κόνδουλου σε ίδια περίπου ποσοστά κατανεμημένες (G. Lisinska & W. Leszczynski, 1989).

#### 1.4.5.2 Ελεύθερα αμινοξέα

Πάνω από τα 2/3 του μη πρωτεϊνικού αζώτου σε ποσοστό 27.7-48.3% του ολικού περιεχόμενου αζώτου βρίσκεται σε ελεύθερα αμινοξέα. Τα αμινοξέα αυτά είναι: 2-αμινοβουτυρικό οξύ, 4-αμινοβουτυρικό οξύ, ορνιθίνη, β-αλαμίνη και s-μεθυλ-μεθειονίνη.

Το ασπαραγινικό οξύ, το γλουταμινικό οξύ και η βαλίνη αποτελούν πάνω από το 50% των ελεύθερων αμινοξέων. Τα αμινοξέα αυτά βρίσκονται σε διαφορετικές ποσότητες στις διάφορες ποικιλίες πατάτας που εξαρτώνται ακόμη και από περιβαλλοντικούς παράγοντες. Οι μορφές αυτές του αζώτου είναι πολύ ευπαθείς στις συνθήκες καλλιέργειας της πατάτας. Ακόμη και κατά την ωρίμανση του καρπού, τα ποσοστά των αμινοξέων αυτών αλλάζουν και πιο συγκεκριμένα αυξάνονται, εκτός όμως από το ασπαραγινικό οξύ και την προλίνη που μειώνονται. Η κατανομή των αμινοξέων στον κόνδυλο δεν είναι ομοιόμορφη. Μεγαλύτερες ποσότητες εντοπίζονται στο εσωτερικό και μικρότερες στο εξωτερικό μέρος αυτού. Η τυροσίνη είναι το αμινοξύ που έχει μονοπωλήσει το ενδιαφέρον των επιστημόνων, διότι η οξειδωσή της από την πολυφαινολική οξειδάση προκαλεί την αλλαγή στο χρώμα της σάρκας της πατάτας, το λεγόμενα μαύρισμα. Υπάρχει στενή σχέση μεταξύ τυροσίνης και αποχρωματισμού στον ωμό καρπό, αλλά δεν έχει προσδιοριστεί απόλυτα ακόμη. Τέλος, τα ελεύθερα αμινοξέα επηρεάζουν σημαντικά και τη γεύση της πατάτας, διαφοροποιώντας έτσι την κάθε ποικιλία (G. Lisinska & W. Leszczynski, 1989).

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα συνηθέστερα ελεύθερα αμινοξέα στον κόνδυλο και η συγκέντρωσή τους στα 100g ξηρής μάζας.

Αμινοξύ	Ποσοστό (%)
Αλαμίνη	6-251
β- αλαμίνη	Ίχνη
2-Αμινοβουτυρικό οξύ	1-9
4-Αμινοβουτυρικό οξύ	15-504
Αργινίνη	42-736
Ασπαραγινικό Οξύ	123-892
Κυστίνη	0-9
Γλουταμινικό Οξύ	76-766
Γλυκίνη	1-52
Ιστιδίνη	15-328
Ισολευκίνη	14-256
Λευκίνη	8-157
Λυσίνη	9-319
Μεθειονίνη	9-128
Τυροσίνη	9-319

Πίνακας 1.7: Περιεχόμενα ποσοστά αμινοξέων (σε γραμμάρια)

### 1.4.5.3 Αμίδια

Τα αμίδια του αζώτου αποτελούν το 0.1-0.75% της ξηρής μάζας του κόνδουλου της πατάτας. Η περιεκτικότητα σε ασπαραγίνη και γλουταμίνη, που δομούν τα αμίδια, μεταβάλλεται ανάλογα με τις συνθήκες καλλιέργειας και τη χρήση νιτρικών λιπασμάτων. Όμως η περιεκτικότητα σε ασπαραγίνη είναι πάντα μεγαλύτερη από αυτή της γλουταμίνης (G. Lisinska & W. Leszczynski, 1989).

### 1.4.5.4 Άλλες οργανικές αζωτούχες ενώσεις

Εκτός από τα ελεύθερα αμινοξέα και τα αμίδια, στον κόνδυλο της πατάτας περιέχονται και άλλα πεπτιδία, αμίνες και αζωτούχες βάσεις. Το πιο σημαντικό πεπτιδίο είναι το τριπεπτιδίο της γλουταθειόνης το οποίο συμμετέχει στη διαπνοή του καρπού. Οι αμίνες απελευθερώνονται κατά την ενζυμική αποκαρβοξυλίωση των αμινοξέων και χαρακτηριστικές είναι η τυραμίνη και η καδαβερίνη. Ο αριθμός των νουκλεοτιδίων που περιέχονται στον καρπό (η ποσότητά τους κυμαίνεται από 60-90 mg/kg) επηρεάζει τη γεύση της πατάτας μετά το μαγείρεμα (G. Lisinska & W. Leszczynski, 1989).

### 1.4.5.5 Ανόργανες αζωτούχες ενώσεις

Οι ανόργανες αζωτούχες που έχουν παρατηρηθεί στον κόνδυλο της πατάτας βρίσκονται κυρίως με τη μορφή αμμωνιακών ενώσεων, νιτρικών αλάτων και λίγες φορές νιτρικών αλάτων αλλά σε ίχνη.

Το αμμωνιακό άζωτο αποτελεί το 2-5% του ολικού περιεχόμενου αζώτου και το 75-85% του ολικού ανόργανου αζώτου. Οι αλλαγές στο αμμωνιακό άζωτο ως αποτέλεσμα περιβαλλοντικών συνθηκών όπως λιπάσματα είναι μικρές, λόγω των ισχυρών δεσμών της αμμωνίας μέσα στα αμίδια.

Τα τελευταία χρόνια έχει δοθεί μεγάλη προσοχή στο περιεχόμενο άζωτο και τις μορφές που αυτό παίρνει, διότι η μετατροπή από νιτρικά σε νιτρώδη στους ζωντανούς οργανισμούς ευθύνεται για την παραγωγή καρκινογενών νιτροζαμινών. Οι παρατηρούμενες αυξημένες ποσότητες νιτρικών αλάτων οφείλονται στη χρήση λιπασμάτων τα οποία περιέχουν άζωτο. Έτσι ο καρπός, μη μπορώντας να μεταβολίσει τα νιτρικά άλατα, τα αποθηκεύει στο φυτό.

Η κατανομή των νιτρικών αλάτων στον κόνδυλο είναι ανομοιόμορφη έτσι ώστε να βρίσκονται σε μεγαλύτερη συγκέντρωση στο φλοιό (G. Lisinska & W. Leszczynski, 1989).

#### 1.4.5.6 Αλκαλοειδή

Τα αλκαλοειδή στον κόνδυλο της πατάτας μπορούν να συμπεριληφθούν στην ευρύτερη κατηγορία των αζωτούχων ενώσεων, λόγω της παρουσίας της αμινομάδας στην τερπενοειδή σολανιδίνη. Μπορούν ακόμη και να αποτελέσουν ξεχωριστή ομάδα ενώσεων τα στεροειδή γλυκοαλκαλοειδή. Οι πατάτες της κατηγορίας *solanum tuberosum* γενικά περιέχουν 2 αλκαλοειδή: την α-σολανίνη και την α-κακονίνη. Γενικά η ποσότητα της κακονίνης είναι 3 φορές μεγαλύτερη από την αντίστοιχη της σολανίνης. Η σολανιδίνη συμμετέχει στο σχηματισμό και των δύο αυτών ενώσεων.

Έχουν εντοπιστεί β και γ μορφές σολανίνης και κακονίνης στην πατάτα οι οποίες και διαφέρουν από τη μορφή α στον αριθμό των μορίων του μονοσακχαρίτη που είναι συνδεδεμένα στην αγλυκόνη.

Οι ποικιλίες που καλλιεργούνται πλέον περιέχουν πολύ μικρές ποσότητες γλυκοαλκαλοειδών και τα ποσοστά αυτά διαφέρουν από χώρα σε χώρα και από ποικιλία σε ποικιλία. Τα ποσοστά τους κυμαίνονται από 1.6-41 mg/100g βάσης φρέσκιας πατάτας. Τα περιεχόμενα αλκαλοειδή μειώνονται με την ωρίμανση του καρπού, γεγονός που παρατηρείται έντονα στις μικρές ανώριμες πατάτες, προκαλώντας το πράσινο χρώμα που αποκτούν οι καρποί σ' αυτή τη φάση της ωρίμανσης. Επίσης μπορούν να παρατηρηθούν μεγάλες διαφορές στα ποσοστά μεταξύ των κονδύλων ακόμη και της ίδιας ποικιλίας. Η μεγαλύτερη συγκέντρωσή τους παρατηρείται στο φλοιό.

Αν ο κόνδυλος εκτεθεί κατά λάθος ή εσκεμμένα στο φως, αποκτά στο εξωτερικό του ένα πράσινο χρώμα που οφείλεται στη χλωροφύλλη η οποία βρίσκεται σε μεγάλες ποσότητες στο φλοιό και συνοδεύεται από τη συσσώρευση αλκαλοειδών επίσης. Εκτός όμως από τις αλλοιώσεις στο χρώμα, η μεγάλη συσσώρευσή τους μπορεί να έχει και ως αποτέλεσμα μηχανικές βλάβες και αλλοιώσεις στην όψη του καρπού.

Τα γλυκοαλκαλοειδή θεωρούνται δηλητηριώδεις ουσίες, και γι' αυτό η συγκέντρωσή τους στην πατάτα πρέπει να ελέγχεται. Έχουν καθοριστεί τα επικίνδυνα για την υγεία του ανθρώπου ποσοστά αυτά καθώς και στα ζώα. Συνήθως το ποσοστό συγκέντρωσής τους σ' όλες τις ποικιλίες κυμαίνεται από 3-5mg/100g κονδύλου.

Η τοξικότητά τους καθιστά το φυτό ευπαθές σε ασθένειες και μολύνσεις από μύκητες και βακτήρια. Με τη μόλυνση του φυτού η συσσώρευσή τους στον καρπό αυξάνεται ραγδαία καθιστώντας το μη βρώσιμο. Και σε ποσοστά όμως μη απαγορευτικά για τον άνθρωπο αλλοιώνεται η γεύση της πατάτας μετά το μαγείρεμα, προκαλώντας πικράδα και στυφή γεύση (G. Lisinska & W. Leszczynski, 1989).

#### 1.4.6 Λιπίδια

Τα λιπίδια περιλαμβάνονται στον κόνδυλο σε ποσοστό 0.02-0.2% (κατά μέσο όρο 0.12%) της ξηρής μάζας του κονδύλου. Η περιεκτικότητα σε λιπίδια αποτελείται κυρίως από

ελεύθερα λιπαρά οξέα (0.15% ξηρού βάρους), λίπη (0.15% ξηρού βάρους) και φωσφολιπίδια (0.2% ξηρού βάρους). Ο κόνδυλος περιέχει πολλά λιπαρά οξέα με τη μορφή ελεύθερων λιπιδίων, γλυκερινικούς εστέρες ή φωσφολιπίδια. Πάνω από τα  $\frac{3}{4}$  των λιπαρών οξέων είναι ακόρεστα. Τα φωσφολιπίδια συνθέτουν περίπου τα μισά λιπίδια που περιέχονται στην πατάτα. Μεταξύ αυτών το πιο σημαντικό είναι οι λεκιθίνες (σύμπλεγμα λιπαρών οξέων, γλυκερίνης, φωσφορικού οξέος και χολίνης).

Η συγκέντρωση των λιπιδίων στην πατάτα διαφοροποιείται, είναι υψηλότερη στο φλοιό και όσο πλησιάζει προς τον πυρήνα του καρπού μειώνεται. Οι ποικιλίες που φυτεύονται χειμώνα περιέχουν μεγαλύτερο ποσοστό λιπιδίων από τις υπόλοιπες.

Τα λιπίδια συμμετέχουν στη δημιουργία της κυτταροπλασματικής μεμβράνης και παίζουν καθοριστικό ρόλο στον έλεγχο της διαπερατότητας αυτής. Το ποσοστό τους συνδέεται στενά με την καταλληλότητά της πατάτας για αποθήκευση και την ευαισθησία του καρπού της σε βακτηριακές μολύνσεις. Τα καροτενοειδή λιπίδια είναι υπεύθυνα για τη δημιουργία του κίτρινου χρώματος της σάρκας της πατάτας και μάλιστα το ποσοστό τους είναι ανάλογο της έντασης του χρώματος. Όσο πιο κίτρινη η σάρκα τόσο μεγαλύτερο είναι και το ποσοστό τους. Τέλος όσο περισσότερα ακόρεστα λιπαρά οξέα υπάρχουν τόσο μεγαλύτερη είναι η οξειδωση, φαινόμενο καθοριστικό στην παραγωγή και αποθήκευση αφυδατωμένων προϊόντων πατάτας (G. Lisinska & W. Leszczynski, 1989).

#### 1.4.7 Οργανικά Οξέα

Τα οργανικά οξέα αποτελούν το 0.4-1% βάσης φρέσκιας πατάτας. Στα 100g το μεγαλύτερο ποσοστό είναι το κιτρικό οξύ, μετά το μαλικό οξύ, το πυρρολιδονικό καρβοξυλικό οξύ, το οξαλικό οξύ και μερικά άλλα όπως το ισοκιτρικό, το μαλονικό και το κετογλουταρικό οξύ που έχουν εντοπιστεί σε ίχνη. Τα οξέα εμφανίζονται είτε με μορφή κρυστάλλων είτε με μορφή αλάτων του ασβεστίου.

Τα ελεύθερα αμινοξέα μαζί με τα φαινολικά και τα υπόλοιπα οξέα που αναφέρθηκαν παραπάνω καθορίζουν την οξύτητα, το pH του χυμού της πατάτας. Ο χυμός της πατάτας έχει pH περίπου 5.6-6.2. Το pH και το ποσοστό των αναγωγικών σακχάρων είναι αντιστρόφως ανάλογα.

Το ποσό των οργανικών οξέων μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης του καρπού και αυξάνεται με την ωρίμανση της πατάτας. Το κιτρικό οξύ (με το πιο μεγάλο ποσοστό) μειώνει την ευαισθησία της πατάτας στις αλλοιώσεις του χρώματος μετά το μαγείρεμα. Έρευνες έχουν δείξει ότι η παρουσία οργανικών οξέων δεσμευμένων με ασβέστιο βοηθούν στη βελτίωση της εμφάνισης και της υφής των προμαγειρεμένων προϊόντων πατάτας (G. Lisinska & W. Leszczynski, 1989).

#### 1.4.8 Φαινολικές ενώσεις

Οι κόνδυλοι της πατάτας περιέχουν μεγάλο αριθμό φαινολικών ενώσεων αλλά το ολικό περιεχόμενο ποσοστό τους είναι αρκετά μικρό. Πολλές από τις ενώσεις αυτές εντοπίζονται ελεύθερες ή δεσμευμένες.

Οι φαινολικές ενώσεις που βρίσκονται στην πατάτα είναι οι πολυφαινόλες, οι μονοσθενείς φαινόλες, οι κουμαρίνες, οι ανθοκυανίνες, οι φλαβόνες, οι ταννίνες και ορισμένες άλλες. Μεταξύ αυτών το μεγαλύτερο ποσοστό σχηματίζει το χλωρογενικό οξύ και το καφεϊκό οξύ. Το οξύ αυτό έχει βρεθεί στον κόνδυλο σε ποσότητα 50mg/kg πατάτας. Οι φαινολικές αλδεΐδες όπως η βανιλίνη έχουν επίσης εντοπιστεί.

Οι μονοσθενείς φαινόλες που περιλαμβάνουν την τυροσίνη περιέχονται σε ποσοστό 10-50mg/kg φρέσκιας πατάτας. Επίσης περιέχουν 4mg/kg κουμαρικού οξέος. Το μεγαλύτερο ποσοστό φαινολικών ενώσεων βρίσκεται στο φλοιό και στο ακριβώς από κάτω στρώμα. Το ποσοστό αυτό είναι 10 φορές μεγαλύτερο απ' ό τι στη σάρκα. Μόνο η τυροσίνη απαντάται σε μεγαλύτερο ποσοστό στη σάρκα.

Η πλειοψηφία των πολυφαινολικών ενώσεων αποτελεί υπόστρωμα για το ένζυμο πολυφαινολική οξειδάση. Η τυροσίνη, το καφεϊκό οξύ κ.α. οξειδώνονται με την παρουσία του ατμοσφαιρικού οξυγόνου, με αποτέλεσμα το σχηματισμό αδιάλυτων καφέ προς μαύρων ουσιών, που ονομάζονται μελαμίνες. Η διαδικασία αυτή προκαλεί ενζυμικό μαύρισμα και αποχρωματισμό της ωμής πατάτας. Οι πολυφαινόλες αντιδρούν με το δισθενή σίδηρο, σχηματίζοντας έγχρωμες ενώσεις. Άρα όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση των πολυφαινολών τόσο πιο γρήγορα αποχρωματίζεται η σάρκα.

Η περιεκτικότητα σε φαινόλες μειώνεται κατά τη διάρκεια του μαγειρέματος. Ορισμένοι μελετητές θεωρούν πως η παρουσία τους βοηθά στην αποπύκρωση των προϊόντων πατάτας. Οι μολύνσεις αυξάνουν το ποσοστό των φαινολών και το ποσοστό αυξάνεται γεωμετρικά στα αλλοιωμένα μέρη.

Οι φλαβόνες και οι ανθοκυανίνες προσδίδουν το χαρακτηριστικό χρώμα στο φλοιό και τη σάρκα του κονδύλου. Οι φλαβόνες προσδίδουν το ζωντανό κίτρινο χρώμα, ενώ οι ανθοκυανίνες το κόκκινο. Τέλος, η λιγνίνη συμμετέχει στο σχηματισμό των κυτταρικών τοιχωμάτων (G. Lisinska & W. Leszczynski, 1989).

#### 1.4.9 Πτητικές ενώσεις

Πτητικές ενώσεις που περιλαμβάνονται στον κόνδυλο είναι: αλδεΐδες, αλκοόλες, οι εστέρες, θειούχα οργανικά οξέα κ.α. Οι ωμές πατάτες περιέχουν ακεταλδεΐδες, προπανο-αλδεΐδες, μεθανόλη, αιθανόλη, πεντανόλη, ακετόνη κ.α. Σύμφωνα με τους περισσότερους ερευνητές τα μεγαλύτερα ποσοστά πτητικών ενώσεων στον κόνδυλο έχουν η αιθανόλη και η μεθανόλη. Οι αλδεΐδες και οι κετόνες είναι υπεύθυνες για το χαρακτηριστικό άρωμα της ωμής πατάτας.



Οι μαγειρεμένες πατάτες περιέχουν πάνω από 420 πτητικά κλάσματα. Οι ενώσεις αυτές προσδίδουν σε κάθε ποικιλία τη χαρακτηριστική της γεύση. Όμως οι ενώσεις αυτές που προσδίδουν άρωμα και γεύση διαφοροποιούνται ανάλογα με τον τρόπο μαγειρέματος. Γενικά μεγάλα ποσοστά μεθανόλης αλλοιώνουν τη γεύση της βρασμένης πατάτας (G. Lisinska & W. Leszczynski, 1989).

#### 1.4.10 Βιταμίνες και φυτοορμόνες

Οι βιταμίνες και οι φυτοορμόνες ανήκουν σε διαφορετικές ομάδες χημικών ενώσεων, αλλά παρουσιάζονται ως μία χωριστή ομάδα, λόγω της συνεισφοράς τους στο να καταστεί η πατάτα βασικό διατροφικό λαχανικό.

Παρακάτω παρουσιάζεται συγκεντρωτικός πίνακας των βιταμινών και των φυτοορμονών που περιέχονται στον κόνδυλο της πατάτας.

Βιταμίνες	μg/100g (ωμής πατάτας)	
	Ποσοστό	Μ.Ο.
C (ασκορβικό οξύ)	1000-54000	10000-25000
B1(θειαμίνη)	24-180	100
B2( ριβοφλαβίνη)	7-200	70
B6(πυροδοξίνη)	900	-
PP (νιασίνη)	360-3300	1000
Παντοθενικό οξύ	190-320	-
Φολικό οξύ	5-33	-
H	0.6	-
Προβιταμίνη Α	11-56	-
K1	60-80	-

Πίνακας 1.8: Περιεκτικότητα βιταμινών στον κόνδυλο της πατάτας

Συνήθως οι πρωτεΐνες χωρίζονται σε διαλυτές στο νερό ή σε λίπη, οι τελευταίες δύο του πίνακα είναι διαλυτές σε λίπη και οι υπόλοιπες στο νερό. Από τις βιταμίνες αυτές όπως φαίνεται και παραπάνω σε μεγαλύτερη συγκέντρωση βρίσκεται η βιταμίνη C. Απαντάται σε πολύ μικρές ποσότητες στο φλοιό. Αυξάνεται το περιεχόμενο ποσοστό της με την ωρίμανση του καρπού και οι μεγάλες σε μέγεθος πατάτες περιέχουν μεγαλύτερα ποσοστά από τις μικρότερες.

Οι φυτοορμόνες περιέχονται σε πολύ μικρά ποσοστά στον κόνδυλο, αλλά η παρουσία τους είναι ζωτικής σημασίας για το φυτό καθώς συμμετέχουν στις μεταβολικές του λειτουργίες (G. Lisinska & W. Leszczynski, 1989).

### 1.4.11 Ανόργανα συστατικά

Τα ανόργανα συστατικά που αποκαλούνται γενικά τέφρα αποτελούν περίπου το 1.1% της ξηρής μάζας του κονδύλου. Από τα οποία συστατικά περίπου τα ¾ είναι διαλυτά σε νερό. Μεγαλύτερες συγκεντρώσεις ανόργανων συστατικών παρατηρούνται στους οφθαλμούς και μικρότερες στη σάρκα του κονδύλου. Πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις προκαλούν αλλοιώσεις στη γεύση της πατάτας.

Το κάλιο (K) και ο φωσφόρος (P) είναι τα συστατικά που απαντώνται σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις. Ακολουθεί πίνακας που περιλαμβάνει τα συστατικά αυτά και τις συγκεντρώσεις τους στη ξηρή μάζα του κονδύλου:

Στοιχείο	Περιεκτικότητα		
	mg/100g	υπό μορφή οξειδίων	
		Εύρος	M.O.
Κάλιο (K)	1400-2500	45.95-73.61	55.54
Φωσφόρος (P)	120-600	6.83-27.14	14.26
Χλώριο (Cl)	45-800		
Θείο(S)	40-400	0.44-10.69	7.38
Μαγνήσιο(Mg)	45-220	1.32-13.58	4.73
Νάτριο (Na)	0-330	0.07-16.93	3.24
Ασβέστιο(Ca)	10-130	0.42-8.19	1.87
Πυρίτιο(Si)	5-89	0.16-8.11	3.25
Σίδηρος(Fe)	2.5-72		
Αργίλιο(Al)	0.2-35		
Μαγγάνιο(Mn)	0.5-8		
Ψευδάργυρος(Zn)	0.8-2.2		
Χαλκός(Cu)	0.06-2.8		
Βόριο(B)	0.5-0.9		
Βρώμιο(Br)	0.5-0.8		
Ιώδιο(I)	0.001-0.39		
Φθόριο(F)	0.01-0.3		
Τιτάνιο(Ti)	0.024-0.2		
Νικέλιο(Ni)	0.026		
Κοβάλτιο(Co)	0.006		

Πίνακας 1.9: Περιεκτικότητα ανόργανων συστατικών στον κόνδυλο της πατάτας

Το κάλιο συμμετέχει στη συμπύκνωση της εξόζης που έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή σακχαρόζης και αμύλου και συνδέεται με φωσφορυλίωση. Τα ιόντα καλίου συμμετέχουν ακόμη στη σύνθεση αμινοξέων και βιταμινών. Επίσης ρυθμίζουν τη διαπνοή του φυτού επηρεάζοντας έτσι τη σύνθεση θειούχων οργανικών ενώσεων. Επίσης έρευνες έχουν δείξει ότι το ποσοστό του καλίου σχετίζεται με την αντοχή του καρπού στη μηχανική καταπόνηση.

Το δεύτερο ανόργανο στοιχείο που περιέχεται στον καρπό όπως φαίνεται είναι ο φωσφόρος. Ο φλοιός περιέχει μεγαλύτερα ποσοστά από τη σάρκα. Το περιεχόμενο ποσοστό

του αυξάνεται κατά την ωρίμανση του κονδύλου. Η μεγαλύτερη ποσότητα φωσφόρου βρίσκεται με μορφή ανόργανων ενώσεων, αλλιώς απαντάται δεσμευμένο στο άμυλο, στα νουκλεϊκά οξέα και τα φωσφολιπίδια.

Το θείο είναι δεσμευμένο στα αμινοξέα ή τη γλουταθειόνη και παίζει καθοριστικό ρόλο στις οξειδωτικές λειτουργίες του κυττάρου. Η παρουσία του συνεισφέρει στο χαρακτηριστικό άρωμα της πατάτας μετά το μαγείρεμα.

Το ασβέστιο συναντάται κυρίως στο φλοιό και τους οφθαλμούς του κονδύλου. Το εξωτερικό μέρος (περιδέρμιο και φλοιός) περιέχει το 2/3 του ολικού ασβεστίου. Οι ενώσεις που σχηματίζει μέσα στον καρπό είναι πολλές για παράδειγμα χλωρίδια, νιτρικά και οργανικά άλατα, πηκτικές και πρωτεϊνικές ενώσεις ευρύτερα. Συμβάλλει στη διατήρηση της κυτταροπλασματικής δομής. Σε συνδυασμό με τις πηκτικές ουσίες επιδρά στη συνοχή της πατάτας μετά το μαγείρεμα.

Τα υπόλοιπα ανόργανα συστατικά βρίσκονται σε πολύ μικρές ποσότητες και συμμετέχουν είτε στη σύνθεση του κυτταροπλάσματος είτε στο μεταβολισμό των κυττάρων (G. Lisinska & W. Leszczynski, 1989).

## **1.5 Φυσικοχημικές ιδιότητες του αμύλου**

### **1.5.1 Χημικές Ιδιότητες**

Ένα μόριο γλυκόζης στην αλυσίδα του αμύλου περιέχει μία αναγωγική ομάδα. Γι' αυτό το λόγο το άμυλο παρουσιάζει πολύ μικρή αναγωγική ικανότητα. Βάσει της ιδιότητάς του αυτής μπορεί να υπολογιστεί το μοριακό του βάρος. Όμως ο ακριβής υπολογισμός της αναγωγικής του ικανότητας είναι δύσκολος καθότι το άμυλο είναι δυσδιάλυτο στο νερό. Εκτός όμως από την αναγωγική του ικανότητα χρησιμοποιείται ακόμη και η ωσμωμετρία, η κρυσκοπία και απόσταξη για τον προσδιορισμό του μοριακού του βάρους. Γενικά το μοριακό βάρος του αμύλου της πατάτας είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο των άλλων αμυλούχων φυτικών προϊόντων.

Το μοριακό βάρος της αμυλόζης στο ίδιο δείγμα πατάτας κυμαίνεται μεταξύ 20000-2000000 και αυξάνεται με την ωρίμανση του καρπού, αφού αυξάνεται το μήκος των αλυσίδων της αμυλόζης. Το μοριακό βάρος της αμυλοπηκτικής κυμαίνεται από  $65 \cdot 10^6$  και  $400 \cdot 10^6$ . Γενικά το μοριακό βάρος του αμύλου της πατάτας φτάνει στα  $7.11 \cdot 10^6$ .

Το άμυλο έχει επίσης και την ικανότητα ιοντοεναλλαγής, λόγω του εστερικού δεσμού των φωσφορικών οξέων. Ελεύθερα ηλεκτρόνια στις εξωτερικές στοιβάδες του φωσφορικού οξέος δημιουργούν ζεύγη με κατιόντα μετάλλων και υδρογόνα ή αμμωνιακά κατιόντα.

Μπορεί ακόμη να οξειδωθεί και να εστεροποιηθεί αρκετά εύκολα. Το νιτρικό οξύ και τοθειικό οξύ οξειδώνουν την υδροξυλομάδα του 6<sup>ου</sup> άνθρακα της γλυκόζης, μετατρέποντάς την σε καρβοξυλομάδα, απελευθερώνοντας έτσι γλουκονικά οξέα. Και ταυτόχρονα με την υδρόλυση την γλυκοζιτιδικών δεσμών δημιουργείται δικαρβοξυλικό άμυλο το οποίο

παρουσιάζει διαφορετικές ιδιότητες από το φυσικό άμυλο. Κατά την εστεροποίηση ένα υδρογόνο μίας υδροξυλομάδας της γλυκόζης αντικαθίσταται από μία ακυλομάδα. Οι εστέρες του αμύλου μπορούν να δημιουργηθούν από ανόργανα ή οργανικά οξέα και οι ιδιότητές τους εξαρτώνται από το οξύ από το οποίο προήλθαν και το βαθμό της αντικατάστασης.

Τέλος, αιθέρες σχηματίζονται, όταν μία ρίζα αλκυλομάδας αντικαταστήσει το υδρογόνο στην υδροξυλομάδα της γλυκόζης. Έτσι δημιουργούνται μεθυλ-αιθυλ- προπυλ-αιθέρες και οι ιδιότητές τους εξαρτώνται από το βαθμό αντικατάστασης (G. Lisinska & W. Leszczynski, 1989).

## 1.5.2 Φυσικές Ιδιότητες-Ζελατινοποίηση αμύλου

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω το μήκος ενός κόκκου αμύλου κυμαίνεται μεταξύ 5 και 100 μm. Ο προσανατολισμός των κόκκων είναι ακτινικός εμφανίζοντας έτσι πλαστικοποιημένη δομή. Στον πίνακα 1.10 παρουσιάζονται μερικές από τις βασικές φυσικές ιδιότητες του αμύλου.

Ιδιότητα	Τιμή
Πυκνότητα κόκκων	1.65 (διαλυμένοι σε νερό)
Ειδική επιφάνεια (cm <sup>2</sup> /g)	0.853
Διάμετρος των κόκκων	6-100
Εμβαδό κόκκων (mm <sup>2</sup> )	29.47*10 <sup>-4</sup>
Όγκος κόκκων (mm <sup>3</sup> )	17.16 * 10 <sup>-6</sup>
Συντελεστής διάθλασης	1.5153
Θερμοκρασία ζελατινοποίησης (°C)	58-62
Ενέργεια ζελατινοποίησης (J/g)	4.1-5.5
Ειδική Θερμότητα	0.2697
Ενέργεια καύσης (kJ/g)	4.019

Πίνακας 1.10: Περιεκτικότητα ανόργανων συστατικών στον κόνδυλο της πατάτας (G. Lisinska & W. Leszczynski, 1989)

### 1.5.2.1 Ζελατινοποίηση του αμύλου

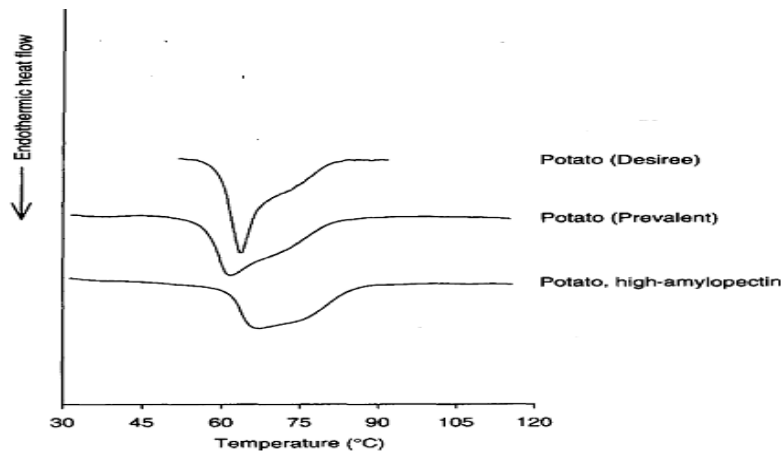
Η ιδιότητα του αμύλου να ζελατινοποιείται το καθιστά τεχνολογικά χρήσιμο στα συστήματα τροφίμων.

Ως ζελατινοποίηση ορίζεται η μη αντιστρεπτή διόγκωση των κόκκων του αμύλου με νερό κατά τη θέρμανσή του πάνω από μία κρίσιμη θερμοκρασία. Η θερμοκρασία ζελατινοποίησης για το άμυλο της πατάτας είναι περίπου 60°C. Παρόλο που αναφέρεται ως θερμοκρασία ζελατινοποίησης, στην πράξη το φαινόμενο συμβαίνει σε ένα εύρος 10 °C. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμοκρασία αυτή είναι το pH, ο ρυθμός θέρμανσης και η

παρουσία σακχάρων και λιπαρών. Άρα αν μεταβάλλει κανείς κάποιες από τις συνθήκες επεξεργασίας ή τη σύνθεση του τροφίμου, η θερμοκρασία αυτή μεταβάλλεται.

Η διαδικασία της ζελατινοποίησης έχει ως εξής: αρχικά προσθέτοντας νερό, οι κόκκοι είναι αδιάλυτοι στο νερό, απορροφούν νερό αντιστρεπτά μέχρι και 25% και διογκώνονται ελαφρά περίπου κατά 9-20% του αρχικού τους μεγέθους. Στη συνέχεια με την αύξηση της θερμοκρασίας η δομή του κόκκου σταδιακά μειώνεται μέχρι το σημείο ζελατινοποίησης. Στο σημείο αυτό υπάρχει απώλεια της κρυσταλλικότητας, αύξηση του ιξώδους και ταχεία διόγκωση με μεγάλη συγκράτηση νερού. Τα διαλυτά μόρια γλυκόζης διαρρέουν από τον κόκκο και στο σημείο αυτό το φαινόμενο της ζελατινοποίησης είναι αναντίστροφο. Όσο συνεχίζεται η θέρμανση η διόγκωση των κόκκων αυξάνεται ραγδαία και οι κόκκοι συγκολλούνται αναντίστροφα. Στο σημείο αυτό σχηματίζεται πήγμα (gel). Πιστεύεται ότι η ζελατινοποίηση ξεκινά από τις πιο προσβάσιμες και άμορφες περιοχές των κόκκων όπου οι δεσμοί είναι ασθενέστεροι. Η ζελατινοποίηση του αμύλου της πατάτας διαφέρει σημαντικά απ' ότι στα υπόλοιπα αμυλούχα τρόφιμα καθώς οι κόκκοι του διογκώνονται 10-100 φορές περισσότερο από τους υπόλοιπους. Η διαδικασία μπορεί να παρασταθεί με μία καμπύλη όπου είναι δυνατόν να παρατηρηθεί η σχέση μεταξύ της απορροφούμενης θερμότητας και θερμοκρασίας του αμυλούχο διαλύματος (Wajira S.et al., 1994; Andréa C. Bertolini, 2008).

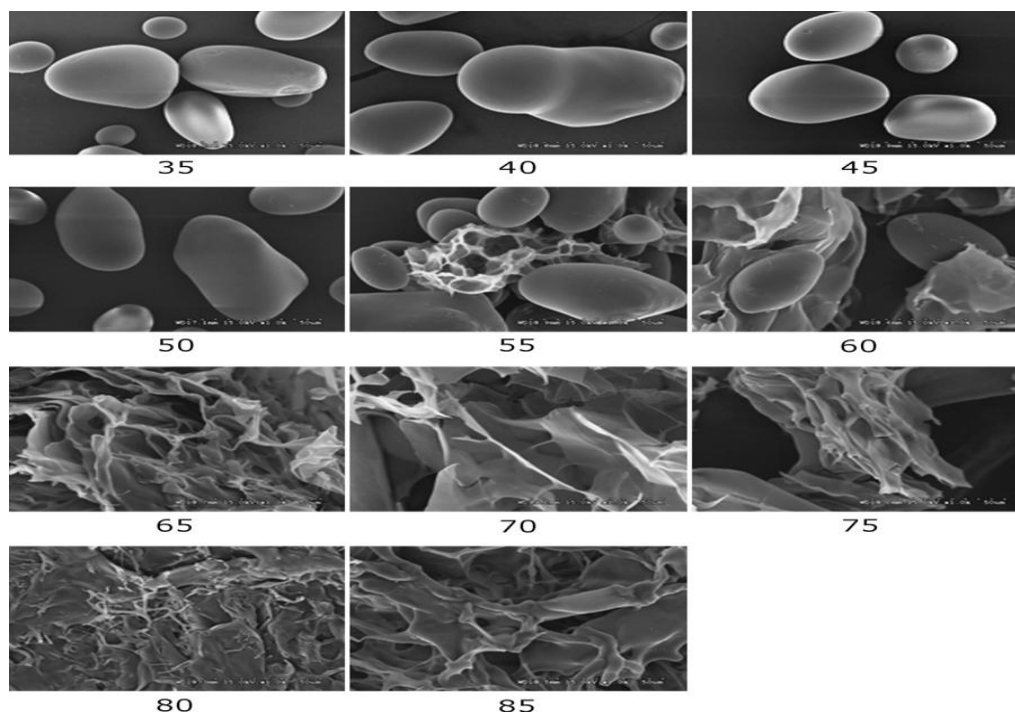
Παρακάτω παρουσιάζεται η χαρακτηριστική καμπύλη ζελατινοποίησης του αμύλου:



Διάγραμμα 1.1: Ενδόθερμη καμπύλη ζελατινοποίησης με DSC 3 διαφορετικών αμύλων πατάτας

Παρατηρώντας το διάγραμμα 1.1 φαίνεται πώς μεταβάλλεται η πρόσληψη θερμότητας κατά την ζελατινοποίηση: αρχικά παραμένει σταθερή, στη συνέχεια κορυφώνεται η πρόσληψη αυτής στη θερμοκρασία ζελατινοποίησης, πάνω από τη θερμοκρασία αυτή η πρόσληψη μειώνεται, ώπου λαμβάνει πάλι σταθερή τιμή. Ποιοτικά αυτό σημαίνει πως στα αρχικά στάδια τα μόρια του αμύλου απορροφούν θερμότητα, μέχρι να γίνει διάρρηξη του μορίου στη θερμοκρασία ζελατινοποίησης όπου και απορροφούν μεγάλα ποσά θερμότητας (κάμφθηκε η αντίσταση) και με τη δημιουργία του πηγματος η ποσότητα που απορροφά αυτό είναι σταθερή. Το πήγμα που δημιουργείται έχει

συγκεκριμένες ιδιότητες όπως ικανότητα συγκράτησης νερού, δύναμη, ελαστικότητα και αντίσταση σε μηχανική καταπόνηση (H. Fredriksson et al., 1998).



Εικόνα 1.6: Εικόνες από SEM κατά τη ζελατινοποίηση. Οι αριθμοί κάτω από τις φωτογραφίες δείχνουν τη θερμοκρασία που αυτές ελήφθησαν

Οι εικόνες δείχνουν και οπτικά τα όσα περιεγράφηκαν και παραπάνω. Από τους 60°C και πάνω η δομή των κόκκων έχει καταστραφεί και η κρυσταλλική δομή δεν επανέρχεται πλέον.

Όπως εξηγήθηκε ήδη η διαδικασία της ζελατινοποίησης, η θερμοκρασία και ο βαθμός της έκτασής της εξαρτάται από πολλούς φυσικούς και χημικούς παράγοντες. Ο βαθμός της ζελατινοποίησης αυξάνεται με τη μεγάλη αύξηση της προσδιόμενης θερμοκρασίας. Αν το άμυλο συμμετέχει σε διεργασίες με υψηλά ποσά υγρασίας, το ιξώδες του πηγματος μειώνεται, λόγω της αναδιάταξης της κρυσταλλικής δομής της αλυσίδων του αμύλου. Οι ρεολογικές ιδιότητες του αμύλου επηρεάζονται ακόμη και από το νερό που χρησιμοποιείται για τη διάλυση αυτού. Η παρουσία ιόντων ασβεστίου μειώνει το ιξώδες του πηγματος λόγω των δεσμών που δημιουργούν με τις διερρηγμένες αλυσίδες αμύλου. Αντίθετα μονοσθενή κατιόντα όπως του νατρίου, του κάλιου και του αμμώνιου αυξάνουν το ιξώδες του πηγματος. Τέλος η παρουσία τους έχει διαπιστωθεί πως αυξάνει τη θερμοκρασία ζελατινοποίησης.

Άρα, αν μεταβληθούν κάποιες από τις συνθήκες επεξεργασίας ή η σύνθεση του τροφίμου η όλη διαδικασία επίσης μεταβάλλεται. Για παράδειγμα έχει διαπιστωθεί πως πολλές οργανικές ουσίες ακόμη και σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις, αν προστεθούν στο αμυλούχο τρόφιμο, μεταβάλλουν τη διαδικασία ζελατινοποίησης. Επίσης η παρουσία αλκοολών και σακχάρων στο νερό που χρησιμοποιείται στο τρόφιμο έχει διαπιστωθεί πως αυξάνει τη θερμοκρασία αυτή. Αυτό συμβαίνει λόγω των ιδιοτήτων αφυδάτωσης των ουσιών αυτών

που έχουν ως αποτέλεσμα συγκράτησης περισσότερων μορίων νερού για πλήρη ζελατινοποίηση. Η προσθήκη διάφορων αζωτούχων ενώσεων πχ πρωτεϊνών και αμινοξέων μειώνει το ιξώδες του πηγματος αυξάνοντας όμως τη σκληρότητά του. Η προσθήκη και άλλων τύπων αμύλου όπως βρώμης ή καλαμποκιού στο τρόφιμο προκαλεί τη δημιουργία ενός πηγματος μεγαλύτερης συνεκτικότητας και σκληρότητας από εκείνο του φυσικού αμύλου της πατάτας. Ακόμη η προσθήκη μικρής ποσότητας λιπαρών στο προϊόν προκαλεί μείωση της θερμοκρασίας ζελατινοποίησης του αμύλου και μικρή αύξηση του ιξώδους του πηγματος. Μεγάλες συγκεντρώσεις όμως αυτών προκαλούν μείωση του ιξώδους. Μεγάλες συγκεντρώσεις αλάτων στο τρόφιμο και σε συνδυασμό με την παρουσία υγρασίας προκαλούν τη διαλυτοποίηση των κόκκων αμύλου σε θερμοκρασία δωματίου (G. Lisinska & W. Leszczynski, 1989 ; Ora Smith, 1989; Takahiro Funami et al., 2008 ; Felicidad et al., 2008 ; Kiyoshi Kawai et al., 2012).

Στην περίπτωση όμως που η υγρασία στο τρόφιμο μειώνεται (π.χ. λόγω κατάψυξης) η μορφή που έχουν πάρει οι αλυσίδες αμυλόζης και αμυλοπηκτικής αλλάζουν. Οι αλυσίδες της αμυλόζης αρχικά διατάσσονται παράλληλα με μεγάλη εγγύτητα μεταξύ τους, ώστε τελικά δημιουργούνται δεσμοί υδρογόνου μεταξύ των υδροξυλομάδων τους. Το ίδιο συμβαίνει και στις αλυσίδες της αμυλοπηκτικής οι οποίες στρέφονται και επανακρυσταλλώνονται, αποδεσμεύοντας τα μόρια του νερού που είχαν απορροφήσει κατά την ζελατινοποίηση. Η «επανακρυστάλλωση» αυτή ονομάζεται αναδιαμόρφωση αμύλου. Η αναδιαμόρφωση αμύλου παρατηρείται σε χαμηλές θερμοκρασίες, κατά την κατάψυξη και απόψυξη αμυλούχων προϊόντων και αυξάνεται σε έκταση όσο αυξάνεται η συγκέντρωση του αμύλου στο τρόφιμο. Είναι εύκολο να διαπιστωθεί καθώς μεταβάλλεται το ιξώδες και η μορφή του πηγματος. Το άμυλο της πατάτας όμως είναι πιο ανθεκτικό στην αναδιαμόρφωση από τους άλλους τύπους αμύλου (Felicidad Ronda et al., 2008).

Ένας από τους κύριους παράγοντες που επιδρούν στο φαινόμενο αυτό είναι η θερμοκρασία αποθήκευσης των προϊόντων. Η διατήρηση σε χαμηλές θερμοκρασίες κάτω από τη θερμοκρασία πήξης του νερού αυξάνει σε έκταση το φαινόμενο, ειδικά τις πρώτες ημέρες αποθήκευσης. Με αύξηση της θερμοκρασίας το φαινόμενο μειώνεται, απελευθερώνοντας όμως μόρια νερού και αυξάνοντας την υγρασία του προϊόντος.

Η περιεχόμενη υγρασία στο τρόφιμο επηρεάζει επίσης το φαινόμενο αυτό. Μελέτες έχουν δείξει όμως ότι η αναδιαμόρφωση εξαρτάται από την περιεχόμενη υγρασία κατά την αποθήκευση του προϊόντος και όχι κατά την ζελατινοποίηση του αμύλου. Η επανακρυστάλλωση αυξάνεται με αύξηση της περιεχόμενης υγρασίας καθότι τα μόρια έχουν ευκολότερη κινητικότητα. Η παρουσία σακχάρων όμως μειώνει την κινητικότητα των αλυσίδων, μη επιτρέποντας την παράλληλη διάταξή τους και μειώνοντας έτσι την έκταση του φαινομένου (Takahiro Funami et al., 2005; Wajira S. Ratnayake et al., 2009).

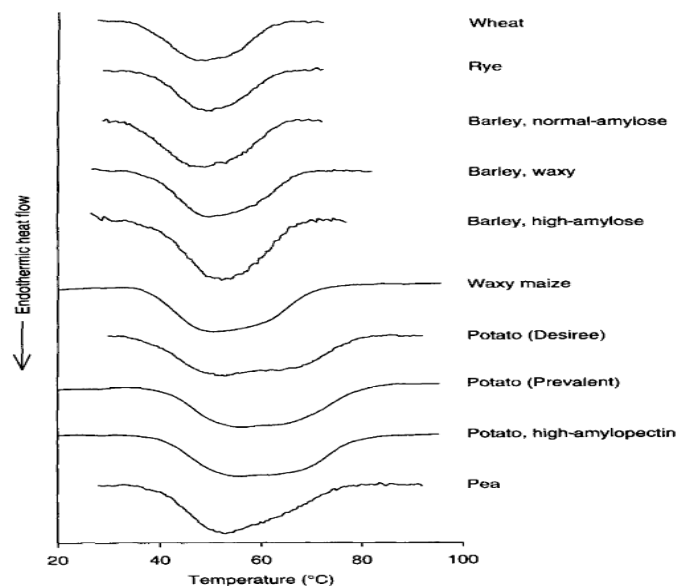
Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει το φαινόμενο είναι η παρουσία λιπαρών ή επιφανειοδραστικών ουσιών. Ο ανασταλτικός μηχανισμός τους οφείλεται στην ικανότητα τους να δημιουργούν συμπλέγματα με τις αλυσίδες αμυλόζης, μη επιτρέποντας τη δημιουργία δεσμών υδρογόνου μεταξύ τους. Παλιότερα πίστευαν πως η αμυλοπηκτική και όχι η αμυλόζη συμμετέχει στην αναδιαμόρφωση του αμύλου. Άρα έπρεπε να διαπιστωθεί

πώς τα λιπαρά επηρεάζουν την αναδιαμόρφωση, δημιουργώντας συμπλέγματα με την αμυλόζη. Σήμερα θεωρείται βέβαιη η αλληλεπίδρασή τους με την αμυλόζη και την αμυλοπηκτίνη και έχει διαπιστωθεί και πειραματικά το ότι καθυστερούν την ζελατινοποίηση με παρόμοιο τρόπο που καθυστερούν ή αναστέλλουν την αναδιαμόρφωσή του. Η δημιουργία συμπλεγμάτων δεν επιτρέπει την κινητικότητα, λόγω της περιεχόμενης υγρασίας, μη επιτρέποντας τη δημιουργία νέων κρυσταλλικών δομών.

Και τέλος ένας από τους βασικούς παράγοντες είναι η φυτική προέλευση του αμύλου. Αυτό δεν έχει σχέση με την περιεκτικότητα σε αμυλόζη ή αμυλοπηκτίνη, αλλά με το μέγεθος της αλυσίδας. Οι μικρές αλυσίδες της αμυλοπηκτίνης θεωρούνται υπεύθυνες για την ανακρυστάλλωση του μορίου του αμύλου. Το άμυλο από ταπύοκα, πατάτα, β τύπου, αναδιαμορφώνεται σε διαφορετικό βαθμό από εκείνο του φασιολιού ή του καλαμποκιού. Η πλήρης κατανόηση όμως των διαφορών αυτών μπορεί να γίνει εφόσον κατανοηθούν και οι παράγοντες που διαφοροποιούν το άμυλο σε καθένα από αυτά τα τρόφιμα (Rungthip Kingcam et al., 2008; Abd Karim et al., 2006; Felicidad Ronda et al., 2008; Kiyoshi Kawai et al., 2012; M. Gudmundsson et al., 1994 ; Yaoqi Tian et al., 2011; H. Fredriksson et al., 1998; Xing Zhou et al., 2011).

Στις περισσότερες των περιπτώσεων η αναδιαμόρφωση αμύλου επηρεάζει την ποιότητα, την αποδοχή και τη διάρκεια ζωής των τροφίμων που περιέχουν άμυλο αλλά τελευταία επιχειρείται η χρησιμοποίηση του φαινομένου αυτού για τη δημιουργία σταθερότερων μορφών αμύλου.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί φαίνονται οι ενδόθερμες καμπύλες επανακρυστάλλωσης της αμυλοπηκτίνης σε 10 διαφορετικής προέλευσης άμυλα:



Διάγραμμα 1.2: DSC ενδόθερμες επανακρυστάλλωσης αμυλοπηκτίνης σε διαφορετικής προέλευσης άμυλα (Yaoqi Tian et al., 2011)



## 1.6 Χρήσεις της πατάτας

Οι χρήσεις της πατάτας είναι πολλές: ως τροφή για τον άνθρωπο, για τα ζώα και ως πρώτη ύλη για τη βιομηχανία τροφίμων.

Η πατάτα αποτελεί πλέον το πολυτιμότερο γεωργικό προϊόν μετά το σιτάρι. Είναι το 2<sup>ο</sup> λαχανοκομικό φυτό στη χώρα μας μετά την τομάτα. Μία μέση πατάτα, περίπου 173g, έχει 163 cal, δεν περιέχει καθόλου λιπαρά, αποτελεί μία εξαιρετική πηγή καλίου που βοηθά στον έλεγχο της αρτηριακής πίεσης και βιταμίνης A και C. Αποτελεί επίσης μία καλή πηγή φυτικών ινών, μαγνησίου, χαλκού, βιταμίνης B6 και φολικού οξέος.

Θρεπτική αξία	Περιεκτικότητα	Αλατα	Περιεκτικότητα
Νερό	81-8 g	Ασβέστιο (Ca)	11 mg
Άμυλο	12, 61 g	Σίδηρος (Fe)	1,8 mg
Πρωτεΐνες	2.1 g	Φώσφορος (P)	45 mg
Ενέργεια	60,7 g	<b>Βιταμίνες</b>	
Ολικά σάκχαρα	0,26 g	Βιταμίνη C	48 mg
		Βιταμίνη B1	0,106 mg
		Βιταμίνη B2	0,024 mg
		Νιασίνη	0,62 mg

Πίνακας 1.11: Θρεπτική αξία σε 100g κονδύλου

Ως ζωοτροφή η πατάτα χρησιμοποιείται ευρέως στην κτηνοτροφία, εφόσον γίνουν ειδικές καλλιέργειες της καθώς χρησιμοποιούνται ποικιλίες με μεγάλους κονδύλους, λευκόσαρκοι και υδαρείς. Υπολογίζεται ότι στην Ελλάδα από τη συνολική πατατοπαραγωγή, το 2-4% διατίθεται στην κτηνοτροφία. Γενικά οι πατάτες ως ζωοτροφή θεωρούνται ισοδύναμες σε θρεπτική αξία με το 1/4-1/5 καλαμποκάλευρου ίσου βάρους. Τέλος, τα οينوπνευματοποιεία που χρησιμοποιούν ως πρώτη ύλη πατάτες, παράγουν υποπροϊόντα πολτώδη υλικά που και αυτά ακόμη χρησιμοποιούνται ως τροφή ζώων.

Ως πρώτη ύλη στη βιομηχανία καλλιεργείται για το σκοπό αυτό σε όψιμες ποικιλίες, πολύ παραγωγικές και πλούσιες σε άμυλο. Τα κύρια βιομηχανικά προϊόντα είναι το άμυλο και η αιθυλική αλκοόλη. Τα υποπροϊόντα της αμυλοβιομηχανίας χρησιμοποιούνται ως λιπάσματα και άλλα δε ως ζωοτροφές. Οι αποδόσεις κυμαίνονται περίπου σε 12L οινόπνευμα από 100kg πατάτες. Τέλος, το άμυλο της πατάτας χρησιμοποιείται κατά 14% σε ζυμώσεις (βουτυλική αλκοόλη), 1% ως πρόσθετο σε ζωοτροφές, 28% για παραγωγή αμυλόκολλας, 27% σε επεξεργασμένα τρόφιμα και 30% ως πρόσθετο σε τρόφιμα και αναψυκτικά. Το υπέργειο τμήμα του φυτού μετά τη συγκομιδή, εφόσον δεν χρησιμοποιείται, μετατρέπεται σε λίπασμα (Θανόπουλος Χ, 2008 ; Μουζάκης Γ., 2011).

## **2 Τεχνολογία παραγωγής πουρέ πατάτας**

### **2.1 Βιομηχανική παραγωγή πουρέ πατάτας**

Ο πουρές πατάτας ως έτοιμο κατεψυγμένο προϊόν, είναι σχετικά πρόσφατο προϊόν του οποίου η χρήση όμως αυξάνεται καθότι η αγορά των έτοιμων προϊόντων στα ψυγεία των υπεραγορών αναμένεται να γίνει ακόμα πιο δημοφιλής στο καταναλωτικό κοινό.

Βιομηχανικά ο κατεψυγμένος πουρές πατάτας μπορεί να προκύψει με δύο τρόπους: 1) από βρασμό φρέσκου κονδύλου και 2) από επανασύσταση αφυδατωμένων νιφάδων πατάτας είτε με νερό είτε με γάλα. Η διεργασία ανάμιξης των συστατικών του πουρέ σχεδιάζεται με ακρίβεια, ώστε να επιτευχθεί η καλύτερη ποιότητα στον ελάχιστο δυνατό χρόνο με τη βέλτιστη κατανάλωση ενέργειας.

Πριν από οποιαδήποτε επεξεργασία του κονδύλου της πατάτας για την παραγωγή βιομηχανικών προϊόντων προηγείται αποφλοιώση και λεύκανση του κονδύλου. Η αποφλοιώση αποτελεί το πιο σημαντικό στάδιο κατά την επεξεργασία της πατάτας. Πρώτα ο καρπός καθαρίζεται προσεκτικά, ώστε να απομακρυνθούν τυχόν σκόνες, χρώματα και πέτρες που ενδεχομένως να έχουν προσκολληθεί στον κόνδυλο. Βιομηχανικά οι πατάτες πλένονται σε δεξαμενές που στα τοιχώματά τους εφαρμόζονται βούρτσες ή υαλόχαρτο, τα οποία προκαλούν απόξεση των προσμίξεων καθώς στροβιλίζονται και ψεκάζονται με νερό οι καρποί. Όσον αφορά την αποφλοιώση οι πιο συνηθισμένες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία είναι αποφλοιώση με καυστικό ή με χρήση ατμού ή με λείανση. Η επιλογή της μεθόδου γίνεται με βάση την ποικιλία της πατάτας και τις επιθυμητές ιδιότητες του τελικού προϊόντος.

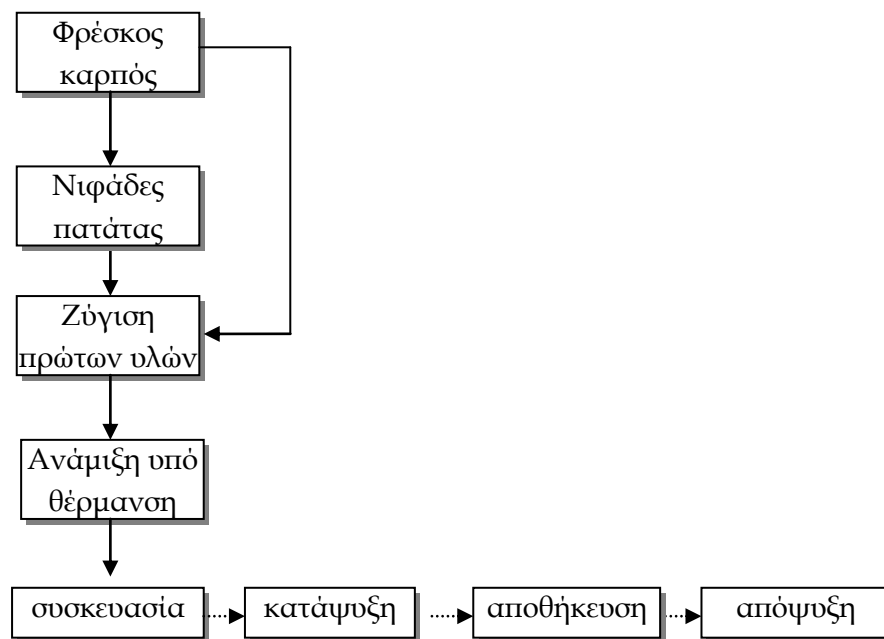
Μετά την αποφλοιώση ακολουθεί το στάδιο της λεύκανσης, επίσης πολύ σημαντικό για την ποιότητα του προϊόντος πατάτας. Αφού λοιπόν οι καρποί έχουν αποφλοιωθεί κόβονται σε φέτες, κύβους ή λωρίδες, γενικά τους δίνεται η επιθυμητή μορφή, και στη συνέχεια λευκαίνονται με την επιβολή θερμότητας, είτε με ατμό είτε με θερμό νερό (93-100°C). Η λεύκανση καταστρέφει ή αδρανοποιεί τα ένζυμα, τα οποία λόγω αφυδάτωσης προκαλούν ενζυμικό μαύρισμα καθώς επίσης και ταγγισμό κατά την αποθήκευση. Επίσης, η λεύκανση βοηθά στη μείωση του μικροβιακού φορτίου και επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η επανασύσταση του αφυδατωμένου προϊόντος. Οι πατάτες αμέσως μετά τη λεύκανση εμβαπτίζονται σε θειώδες νάτριο ή και σε άλλα θειικά άλατα, ώστε να προστατευτεί το προϊόν από το ενζυμικό μαύρισμα ή τον ταγγισμό κατά τη διάρκεια της αφυδάτωσης και αυξάνεται έτσι ο χρόνος διατήρησης του προϊόντος κάτω από αντίξοες συνθήκες.

Συνοπτικά η παραγωγική διαδικασία παραγωγής του πουρέ πατάτας σε βιομηχανικό επίπεδο περιλαμβάνει τα εξής στάδια: αρχικά τον καθαρισμό, την αποφλοιώση του καρπού, στη συνέχεια τεμαχισμό και λεύκανση των κομμένων καρπών και έπειτα την τοποθέτηση των προζυγισμένων συστατικών του μίγματος δηλαδή της πατάτας, του γάλακτος, του νερού και του μαγειρικού αλατιού σε δεξαμενή ανάμιξης η οποία παρέχει σύστημα θέρμανσης και αναδευτήρα για να βοηθά στην ανάμιξη και συνήθως είναι

μονωμένη, ώστε να μειώνονται οι απώλειες θερμότητας. Συνήθως μαζί με το γάλα προστίθενται κρυοπροστατευτικά υλικά και αντιοξειδωτικά. Η θέρμανση και η ανάδευση ελέγχονται, ώστε τα συστατικά να διαλυθούν αποτελεσματικά αλλά και να μην καταστραφεί η κρυοπροστατευτική δράση των προστιθέμενων βιοπολυμερών, τα οποία είναι ευαίσθητα σε αλλοιώσεις (Alvarez et al., 2009; Shyam S. Sablani and Arun S. Mujumdar, 2006).

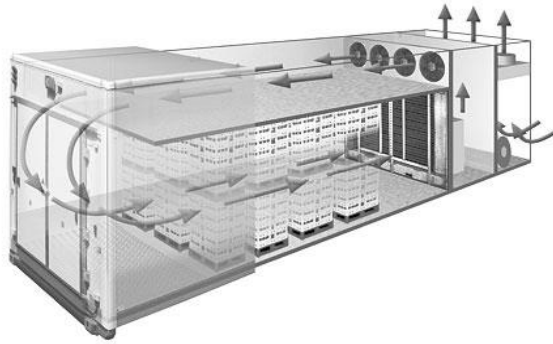
Ο πουρές πατάτας όμως μπορεί να προκύψει και από επανασύσταση αφυδατωμένων νιφάδων πατάτας. Στην περίπτωση αυτή παραλείπονται τα αρχικά στάδια. Η δεύτερη αυτή μέθοδος παραγωγής του πουρέ εμφανίζει μικρότερο χρόνο προετοιμασίας, έχει μικρότερες απαιτήσεις σε εξοπλισμό και εξειδικευμένο προσωπικό, αλλά παρέχει προϊόν με ελαφρώς υποβαθμισμένα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και μειωμένη διατηρησιμότητα, ενώ ο πουρές που προέκυψε από φρέσκο καρπό παρουσιάζει ποιοτικά χαρακτηριστικά παρόμοια με του φρέσκου πουρέ (Alvarez et al., 2009 ; Global AgriSystem Pvt, Ltd).

Τέλος, ακολουθεί κατάψυξη του μίγματος, αφού τοποθετηθεί σε πλαστικά σακουλάκια υπό συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας.



Σχήμα 2.1: Διάγραμμα ροής συμβατικού πουρέ πατάτας από: 1) φρέσκο καρπό και 2) νιφάδες πατάτας

Ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η κατάψυξη του πουρέ πατάτας βιομηχανικά θα αναλυθεί στο κεφάλαιο που ακολουθεί. Κατά την αποθήκευσή του όμως ως έτοιμου προϊόντος προς πώληση στις υπεραγορές, οι ευρύτερα χρησιμοποιούμενοι τύποι καταψυκτών είναι οι οικιακοί καταψύκτες οι οποίοι μπορεί να είναι τύπου καταψύκτη με ή χωρίς κυκλοφορία αέρα είτε σήραγγας ή πλάκας.



Σχήμα 2.2: Καταψύκτης με κυκλοφορία αέρα

## 2.2 Τεχνολογία παραγωγής νιφάδων πατάτας

### 2.2.1 Εισαγωγή

Η αφυδάτωση είναι μία από τις παλαιότερες μεθόδους συντήρησης τροφίμων. Η αφυδάτωση της πατάτας χρονολογείται ήδη από το 200 μ.Χ. από όταν καλλιεργήθηκε συστηματικά στις ορεινές περιοχές του Περού. Σήμερα η διαδικασία της ξήρανσης θεωρείται από τις πιο σημαντικές λειτουργίες για τη βιομηχανία παραγωγής μεγάλης ποικιλίας εμπορικών προϊόντων με βάση την πατάτα, συμπεριλαμβανομένων των κόκκων/νιφάδων πατάτας, αφυδατωμένων πατατών σε κύβους καθώς και του εμπορίου άμυλου και αλεύρου πατάτας του οποίου η ζήτηση τα τελευταία χρόνια έχει αυξηθεί αρκετά.

Ο τρόπος με τον οποίο επιτυγχάνεται η συντήρηση με αφυδάτωση είναι μέσω ελάττωσης της υγρασίας τους στα συστήματα τροφίμων κάτω από ένα όριο (περίπου 10%). Μερικές φορές είναι απαραίτητο να μειωθεί η υγρασία κάτω από 5%, για να διατηρηθούν η θρεπτική αξία και η γεύση-οσμή (flavour) του τροφίμου. Η ξήρανση των περισσότερων τροφίμων γίνεται με θέρμανση και υπάρχουν ξηραντήρες διάφορων τύπων που χρησιμοποιούνται αναλόγως της ευαισθησίας των συστατικών και των ποιοτικών χαρακτηριστικών του αφυδατούμενου τροφίμου.

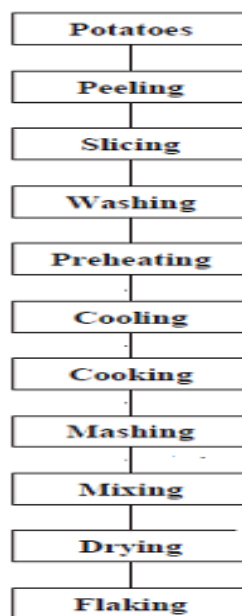
Το νερό στο τρόφιμο βρίσκεται σε διάφορες καταστάσεις όπως: 1) με τη μορφή δεσμευμένου νερού, 2) με τη μορφή ελεύθερου νερού και 3) με τη μορφή πηγματος. Η υγρασία αλλοιώνει τα τρόφιμα καθώς προκαλεί φυσικές, χημικές, μικροβιολογικές μεταβολές ενώ με την απομάκρυνση μέρους της υγρασίας αυτής αναστέλλονται οι μεταβολές αυτές και κυρίως η ανάπτυξη και δράση μικροοργανισμών. Η πιθανότητα ανάπτυξης μικροοργανισμών και η περαιτέρω σταθερότητα των τροφίμων που έχουν αφυδατωθεί δεν εξαρτάται από το ολικό ποσοστό του νερού στο τρόφιμο αλλά από το ελεύθερο νερό (σχετίζεται με την  $a_w$ ) που είναι διαθέσιμο για μικροβιακές δράσεις. Η ενεργότητα ( $a_w$ ) επηρεάζει τη σταθερότητα και τη διατηρησιμότητα των τροφικών συστημάτων. Σε χαμηλές τιμές  $a_w$  το νερό δεν είναι διαθέσιμο για ανάπτυξη μικροοργανισμών ή για άλλες χημικές /ενζυμικές δράσεις και έτσι επιτυγχάνεται σταθερότητα και μεγαλύτερη διατήρηση του τροφίμου. Κάθε τρόφιμο έχει μία άριστη τιμή ενεργότητας στην οποία επιτυγχάνεται η μέγιστη σταθερότητά του και αποτελεί θέμα μελέτης για τον πληρέστερο οικονομικοτεχνικό σχεδιασμό νέων προϊόντων. Κατά την αφυδάτωση συμβαίνει σημαντική μείωση του βάρους και του όγκου του τροφίμου, μειώνοντας όμως έτσι το κόστος μεταφοράς και αποθήκευσης του τελικού προϊόντος.

Σημαντικοί παράγοντες ποιότητας είναι η διατήρηση της οσμής και γεύσης του τροφίμου καθώς επίσης και της θρεπτικής του αξίας. Αρκετές φορές η αφυδάτωση αλλάζει την εμφάνιση του τροφίμου και σε ορισμένες περιπτώσεις το τελικό προϊόν προκύπτει σε μορφή σκόνης, όπως συμβαίνει και με την αφυδάτωση της πατάτας πέρα ενός σημείου. Τα αφυδατωμένα τρόφιμα πρέπει να έχουν τιμές  $a_w < 0.60-0.65$  προκειμένου να εξασφαλιστεί η μη ανάπτυξη και η αναστολή των μεταβολικών λειτουργιών των μικροοργανισμών (Lamberti et al., 2004; Ωραιοπούλου et al., 2008).

### 2.2.2 Βιομηχανική παραγωγή νιφάδων πατάτας

Κατά τη βιομηχανική παραγωγή νιφάδων πατάτας ακολουθούνται ομοίως τα στάδια όπως περιγράφηκαν κατά τη βιομηχανική παρασκευή του πουρέ πατάτας, με τη διαφορά ότι ο πουρές που παρήχθη δεν συσκευάζεται, αλλά οδηγείται σε ξηραντήρες για την παρασκευή των νιφάδων. Στα κρυοπροστατευτικά υλικά και στα πρόσθετα που ενσωματώνονται στον πουρέ που προορίζεται για αφυδάτωση συμπεριλαμβάνονται πολυσακχαρίτες, σταθεροποιητές, πολυμερή γάλακτος, αντιοξειδωτικά κλπ., ώστε να βελτιωθεί η υφή του και να επιμηκυνθεί ο χρόνος ζωής του αφυδατωμένου προϊόντος, αλλά κυρίως για τη σταθερότητα του μίγματος κατά την ξήρανση.

Το διάγραμμα ροής της παραγωγής των νιφάδων πατάτας δίνεται παρακάτω και περιλαμβάνει τα εξής στάδια: παραλαβή του καρπού, αποφλοιώση (έχει προηγηθεί απομάκρυνση του χόματος), τεμαχισμός, πλύσιμο, ζεμάτισμα, ψύξη, βρασμός, απόδραση για τη δημιουργία του μίγματος πουρέ, ανάμιξη με πρόσθετα, ξήρανση και τέλος μετατροπή του στερεού μετά την ξήρανση σε νιφάδες (Shyam S. Sablani and Arun S. Mujumdar, 2006).



Σχήμα 2.3: Διάγραμμα ροής για την παρασκευή νιφάδων πατάτας (Lamberti M. et al., 2003)

### 2.2.3 Μέθοδοι αφυδάτωσης

Ποικίλες μέθοδοι αφυδάτωσης χρησιμοποιούνται ώστε να επιτευχθεί το βέλτιστο προϊόν. Οι πιο συνηθισμένες για την παραγωγή νιφάδων πατάτας σε βιομηχανική κλίμακα και οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες με ξηραντήρες περιστρεφόμενων τυμπάνων, υπό κατάψυξη, κενού και τέλος μεταφορικής ταινίας. Στην παραγωγή των νιφάδων πατάτας χρησιμοποιούνται κυρίως οι ξηραντήρες περιστρεφόμενων τυμπάνων (μονού ή και διπλού) είτε ξήρανση υπό κατάψυξη (Shyam S. Sablani and Arun S. Mujumdar, 2006).

#### 2.2.3.1 Ξηραντήρας τυμπάνου

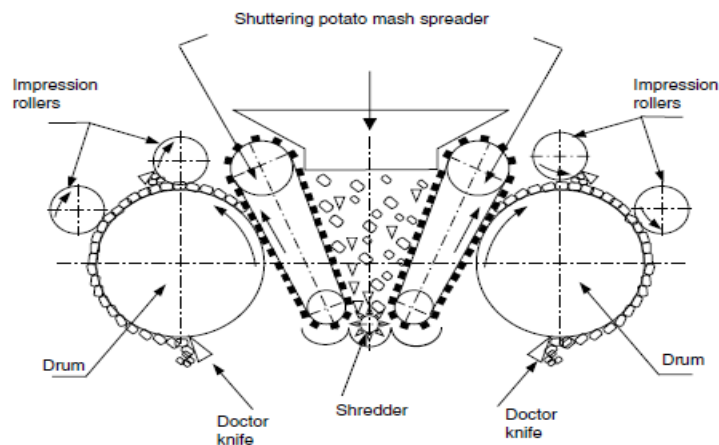
Οι ξηραντήρες τυμπάνου αποτελούνται από τύμπανο που περιστρέφεται γύρω από οριζόντιο άξονα και χρησιμοποιούνται για τρόφιμο με μεγάλη υγρασία που επιθυμείται η μετατροπή τους σε σκόνη/άλευρο. Το τύμπανο θερμαίνεται εσωτερικά με ατμό και το τρόφιμο κατανέμεται σε λεπτό στρώμα στην εξωτερική επιφάνειά του, όπου και προσκολλάται καθώς ξηραίνεται. Το ξηραμένο πλέον τρόφιμο απομακρύνεται με μαχαίρια. Η θερμότητα για την ξήρανση μεταφέρεται με αγωγή από την επιφάνεια του κυλίνδρου προς το τρόφιμο. Υπάρχουν δύο τύποι ξηραντήρων τυμπάνου με μονό κι διπλό τύμπανο. Στους ξηραντήρες διπλού τυμπάνου οι κύλινδροι περιστρέφονται σε αντίθετη φορά και το μεταξύ τους διάκενο ρυθμίζεται, ώστε να αντιστοιχεί στο διπλάσιο του επιθυμητού πάχους του στρώματος του τροφίμου. Η τροφοδοσία του προς ξήρανση τροφίμου γίνεται υπεράνω των κυλίνδρων ή σε ανοικτό δοχείο στο οποίο εμβαπτίζονται οι κύλινδροι.

Η εξίσωση που δίνει το ρυθμό ξήρανσης στους ξηραντήρες τυμπάνου είναι:

$$-dw/dt=UA\Delta T/L$$

Όπου U: συνολικός συντελεστής μεταφοράς θερμότητας (W/m<sup>2</sup>°C) και ΔT: μέση διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της επιφάνειας του κυλίνδρου και του προϊόντος σε °C.

Οι παράμετροι της εξίσωσης αυτής όμως επηρεάζονται από τις λειτουργικές παραμέτρους του συστήματος. Αύξηση της ταχύτητας περιστροφής του κυλίνδρου και αύξηση της περιεκτικότητας σε στερεά προς ξήρανση προκαλούν αύξηση του ρυθμού παραγωγής ξηρού προϊόντος. Η απόσταση μεταξύ των κυλίνδρων στους ξηραντήρες διπλού τυμπάνου παίζει επίσης καθοριστικό ρόλο και οι βέλτιστες τιμές καθορίζονται ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων του τελικού προϊόντος (Krokida & Maroulis 2004; A. Liapis, 2006).



Σχήμα 2.4: Ξηραντήρας διπλού τυμπάνου (Lisinska G. And Leszczynski W., 1989)

Οι ξηραντήρες μόνου/διπλού τυμπάνου που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανική παραγωγή νιφάδων πατάτας έχουν τα εξής χαρακτηριστικά: η διάμετρος των κυλίνδρων κυμαίνεται από 0.6-1.25 m και το μήκος τους 0.9-2.2 m (διπλού τυμπάνου) ή 2.2-3.2 m (μονού τυμπάνου). Η θερμοκρασία στους κυλίνδρους φτάνει τους 140°C και η απόσταση μεταξύ των τυμπάνων είναι τέτοια, ώστε να επιτρέπεται η διαφυγή του ατμού και να επιτυγχάνεται όμοια κατανομή του μίγματος στην επιφάνεια αυτών. Το στερεό προϊόν είναι ανάλογο της ταχύτητας των τυμπάνων και αντιστρόφως ανάλογο της πυκνότητας του μίγματος. Η περιεχόμενη υγρασία των νιφάδων πατάτας που προέκυψαν κυμαίνεται μεταξύ 6-7%.

### 2.2.3.2 Ξήρανση υπό κατάψυξη

Η ξήρανση υπό κατάψυξη (freeze drying) γίνεται με εξάχνωση του πάγου από ένα ήδη κατεψυγμένο προϊόν. Η μέθοδος ονομάζεται και λυοφιλίωση, επειδή τα παραγόμενα ξηρά προϊόντα είναι ιδιαίτερα λυόφιλα, δηλαδή έχουν την ιδιότητα να απορροφούν εύκολα νερό. Το προφανές πλεονέκτημα, για την ποιότητα του τροφίμου, της μεθόδου αυτής ξήρανσης είναι ότι πραγματοποιείται σε χαμηλές θερμοκρασίες, ενώ η δομή του προϊόντος διατηρείται καλύτερα σε σύγκριση με άλλες μεθόδους. Η διεργασία πραγματοποιείται με αρχική κατάψυξη του προς ξήρανση προϊόντος και στη συνέχεια πρόσδοση θερμότητας στις επιφάνειες αυτού υπό μειωμένη πίεση που οδηγεί σε εξάχνωση του πάγου. Η ξήρανση με κατάψυξη, υπολογίζοντας τις θερμοδυναμικές ιδιότητες του νερού, μπορεί να πραγματοποιηθεί σε τιμές απόλυτης πίεσης στο θάλαμο ξήρανσης κάτω των 620 Pa.

Η ξήρανση με κατάψυξη γίνεται κυρίως σε ξηραντήρες ασυνεχούς λειτουργίας παρόμοιους με τους ξηραντήρες με ράφια. Το κατεψυγμένο προϊόν τοποθετείται στα ράφια του ξηραντήρα και εφαρμόζεται υψηλό κενό. Εναλλακτικά η κατάψυξη του συστήματος τροφίμου μπορεί να γίνει μέσα στον ίδιο τον ξηραντήρα με ταχεία εξάτμιση μέρους της υγρασίας υπό υψηλό κενό. Η απαιτούμενη θερμότητα για εξάχνωση του πάγου μεταδίδεται στο τρόφιμο με αγωγή και ακτινοβολία από τα ράφια, τα οποία θερμαίνονται εσωτερικά με κυκλοφορία θερμού νερού και με συναγωγή από τον αέρα του θαλάμου ξήρανσης. Οι δημιουργούμενοι υδρατμοί συμπυκνώνονται σε ατμοπαγίδες χαμηλής θερμοκρασίας και η ρύθμιση της πίεσης μέσα στο θάλαμο ξήρανσης γίνεται μέσω της θερμοκρασίας της ατμοπαγίδας και μέσω κατάλληλης αντλίας κενού.

Η ξήρανση προχωρά από τις εκτιθειμένες επιφάνειες προς το εσωτερικό του τροφίμου. Το εξωτερικό στρώμα του τροφίμου απομένει τελείως ξηρό καθώς μειώνεται το πάχος του πυρήνα του πάγου. Η εξάχνωση συμβαίνει στο μέτωπο του πάγου και οι ατμοί διαχέονται μέσω του ξηρού στρώματος προς τον αέρα του θαλάμου ξήρανσης. Τα βασικά φαινόμενα μεταφοράς κατά την ξήρανση υπό κατάψυξη είναι η μεταφορά θερμότητας προς την επιφάνεια του ξηραίνόμενου προϊόντος και διαμέσου του ξηρού στρώματος προς το μέτωπο του πάγου, και η μεταφορά μάζας (υδρατμών) διαμέσου του ξηρού προϊόντος καθώς προχωρά η εξάχνωση προς την επιφάνεια και από αυτή προς τον περιβάλλοντα αέρα (Krokida & Maroulis 2004; A. Liapis, 2006).

Η εξίσωση μονοδιάστατης μεταφοράς θερμότητας διαμέσου επιφάνειας  $A$  ( $m^2$ ) του προϊόντος δίνεται:

$$q = \frac{A(T_a - T_{IT})}{1/h + \Delta x/k}$$

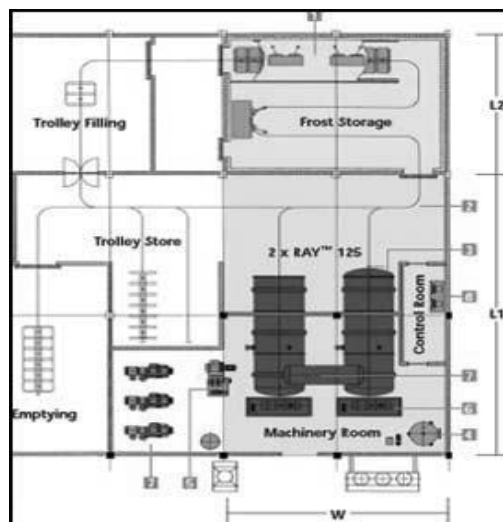
Όπου:

$T_a - T_{IT}$ : διαφορά μεταξύ της εξωτερικής θερμοκρασίας και της θερμοκρασίας στο μέτωπο του πάγου ή αρχικής θερμοκρασίας του κατεψυγμένου τροφίμου ( $^{\circ}C$ )

$h$ : συντελεστής μεταφοράς θερμότητας στην επιφάνεια του τροφίμου ( $W/m^2 \text{ } ^{\circ}C$ )

$\Delta x$ : το πάχος του ξηρού υλικού (κάθετο στην επιφάνεια  $A$  δια μέσου του οποίου πρέπει να μεταφερθεί η θερμότητα για να φθάσει στο μέτωπο του πάγου (m)

$k$ : ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του ξηρού τροφίμου ( $W/m^{\circ}C$ )



Σχήμα 2.5: Ξηραντήρας υπό κατάψυξη (ο θάλαμος παρέχει και τη δυνατότητα κατάψυξης πριν την ξήρανση- continuous freeze dryer) (Liapis I., 2006)

### 2.3 Δομικές μεταβολές κατά την παραγωγή και επανασύσταση νιφάδων πατάτας

Η υφή αποτελεί το πιο σημαντικό κριτήριο ποιότητας για το καταναλωτικό κοινό, ώστε να επιλέξει αφυδατωμένο πουρέ πατάτας έναντι του φρέσκου. Τα χαρακτηριστικά που τον καθιστούν αποδεκτό είναι η κρεμμώδης και ελαφριά υφή, ενώ αν είναι κομμώδης και κολλώδης τον καθιστούν μη αποδεκτό στο μεγαλύτερο κομμάτι των καταναλωτών. Επομένως, κατά την παραγωγή και την επανασύσταση του αφυδατωμένου πουρέ πατάτας οι μελέτες στοχεύουν στη μείωση της αίσθησης του κολλώδους και της σκληρότητας,



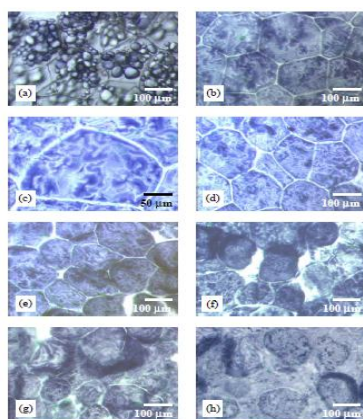
φαινόμενα τα οποία οφείλονται κυρίως στη ζελατινοποίηση και την αναδιαμόρφωση του αμύλου της πατάτας. Τα επιθυμητά και μη επιθυμητά χαρακτηριστικά υφής συνδέονται με τις ρεολογικές ιδιότητες οι οποίες μπορούν να ελεγχθούν μέσω της μελέτης της δομής και χημικής σύστασης των κυττάρων της πατάτας. Ο πουρές πατάτας, μελετούμενος με όρους της επιστήμης των κολλοειδών, αποτελεί ένα σύστημα διασποράς με διασπαρμένα κύτταρα της πατάτας και άλλα αδρανή κύτταρα μέσα σε μία συνεχή υγρή φάση ετερογενούς σύστασης. Μέσα σε αυτό λοιπόν το σύστημα, η σκληρότητα και το κομμιώδες συνδέονται άμεσα με την ποσότητα του ελεύθερου αμύλου στο πηγμα. Το ελεύθερο αυτό άμυλο προκύπτει από τη διάρρηξη των κυττάρων της πατάτας μετά από μηχανική και θερμική καταπόνηση. Για τον προσδιορισμό του ελεύθερου αμύλου χρησιμοποιείται ο μπλε δείκτης (blue value index) ο οποίος βασίζεται στον προσδιορισμό της συγκέντρωσης της αμυλόζης.

Η απελευθέρωση του αμύλου κατά την παραγωγή των νιφάδων πατάτας μπορεί να περιοριστεί ελαχιστοποιώντας την αποσύνθεση των κυττάρων και με τον περιορισμό της έκτασης της διόγκωσης των κόκκων αμύλου κατά την επανασύσταση. Γι' αυτό το λόγο κατά την παραγωγή των νιφάδων προηγείται ζεμάτισμα και μετά ψύξη πριν το βρασμό και τη μετατροπή της πατάτας σε πουρέ, διότι μεταβάλλεται έτσι η δομή του αμύλου και των άλλων πηκτικών ουσιών, ώστε τα κύτταρα αποκτούν μεγαλύτερη αντοχή. Η ζελατινοποίηση και η αναδιαμόρφωση του αμύλου κατά το ζεμάτισμα και ψύξη της πατάτας θεωρείται ότι μειώνει τη διόγκωση των κόκκων του αμύλου, καθιστώντας πιο ανθεκτικά τα κύτταρα στην πίεση και έτσι δεν γίνεται διάρρηξη τους κατά το μαγείρεμα και ζήραση του πουρέ. Η ψύξη όμως συνεισφέρει στη μείωση του ελεύθερου αμύλου, όχι μόνο αποτρέποντας τη δημιουργία του, αλλά και απομακρύνοντας στην επιφάνεια της ψυγμένης πατάτας, όπου τελικά μπορεί εύκολα να απομακρυνθεί. Άλλο πλεονέκτημα που προσφέρει το ζεμάτισμα είναι η αύξηση των καρβοξυλομάδων στα κύτταρα οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα τη σκλήρυνση των κυτταρικών τοιχωμάτων, πράγμα το οποίο επίσης αποτρέπει τη διάρρηξη τους (Lamberti M. et al., 2003).

Η επανασύσταση των νιφάδων πατάτας μπορεί να γίνει είτε με τη μίξη των νιφάδων με θερμό νερό ή και γάλα, κάτω όμως από το σημείο βρασμού τους περίπου στους 70°C. Η αναλογία ανάμιξη τους είναι 5g νιφάδων πατάτας /17.75 g νερού ή γάλακτος (περίπου 1:3).

Έρευνες έδειξαν ότι η περιεχόμενη υγρασία στα προπαρασκευαστικό στάδιο του ζεματίσματος και της ψύξης δεν επηρέασαν την έκταση της ζελατινοποίησης του αμύλου. Η έκτασή τους είναι στενά συνυφασμένη με τη θερμοκρασία, διότι διαπιστώθηκε πως, μεγάλη μείωση της περιεχόμενης υγρασίας συνδυασμένη με μεγάλη αύξηση της θερμοκρασίας, αλλάζει τελείως τη συμπεριφορά του αμύλου (έκταση ζελατινοποίησης και δομή κατά την αναδιαμόρφωση) κατά την αφυδάτωση της πατάτας. Η θερμοκρασία αναφοράς στην αφυδάτωση και αποφολίδωση της πατάτας είναι η θερμοκρασία υαλώδους μετάπτωσης.

Οι διαφορές στη μορφολογία των κυττάρων κατά την παραγωγή των νιφάδων φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 2.1: Εικόνες από SEM πουρέ πατάτας (Lamberti M. et al., 2003)

Οι πρώτες δύο απεικονίζουν τα κύτταρα της πατάτας όταν αυτή είναι ωμή (α) και η δίπλα όπως είναι μετά το ζεμάτισμα (β). Η 5<sup>η</sup> εικόνα στη σειρά (ε) τα απεικονίζει μετά το βρασμό, παρατηρείται ότι δεν έχουν αποκτήσει ακόμη στρογγυλό σχήμα. Στην 6<sup>η</sup> έχει γίνει απόδαρση και πλέον έχει σχηματιστεί πουρές πατάτας και τα κύτταρα πλέον έχουν μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ τους (f). Τέλος, οι δύο τελευταίες είναι φωτογραφίες επανυδατωμένου πουρέ πατάτας και αφυδατωμένου πουρέ πατάτας, και παρατηρείται ότι τα κύτταρα έχουν το ίδιο μέγεθος. Το ίδιο μέγεθος δικαιολογείται από τη μεγάλη ποσότητα κόκκων αμύλου η οποία δεν έχει διασπαρεί στο εξωτερικό των κυττάρων.

Συνοπτικά κατά την αφυδάτωση και επανασύσταση πουρέ πατάτας παρατηρούνται μεταβολές στη δομή των κυττάρων και των κόκκων αμύλου της πατάτας και μεταβολές στις ιδιότητες των ιστών του πουρέ πατάτας όπως αυξημένη σκληρότητα και διαφορετική ρεολογική συμπεριφορά από αυτή του φρέσκου. Όλες αυτές οι μεταβολές αποδίδονται κυρίως στη μορφολογία των κυττάρων και τη δομή του αμύλου εντός και εκτός αυτών. Οι μεταβολές αυτές αποτελούν αντικείμενο ερευνών και μελέτης, ώστε να καταστεί δυνατή η πλήρης κατανόηση αυτών.

### 2.3.1 Παράμετροι ποιότητας αφυδατωμένου/επανασυστημένου πουρέ πατάτας

Ο πουρές πατάτας έχει πολύπλοκη δομή και εμφανίζει μεγάλες διακυμάνσεις στη δομή του, λόγω της ιδιαιτερότητας της δομής της πατάτας η οποία δεν είναι ποτέ η ίδια ένεκα των διάφορων ποικιλιών αυτής οι οποίες διαφέρουν ως προς την περιεκτικότητα και τη μορφή του αμύλου σε κάθε ποικιλία.

Οι παράμετροι ποιότητας είναι απαραίτητες στην ανάπτυξη νέων προϊόντων και στη βελτίωση των υφισταμένων. Κύρια επίδραση έχουν οι συνθήκες λειτουργίας των διεργασιών παραγωγής στις ιδιότητες των τελικών προϊόντων.

Οι παράμετροι ποιότητας για τον αφυδατωμένο/επανασυστημένο πουρέ πατάτας καθορίζονται από: α) το χαρακτηρισμό της θερμικής κατάστασης του υλικού δηλαδή τον προσδιορισμό της υαλώδους κατάστασης του, β) τον προσδιορισμό των ιδιοτήτων της δομής του όπως είναι το πορώδες, η πυκνότητα, το μέγεθος και η κατανομή πόρων, γ) τις ιδιότητες υφής με τον πλήρη οργανοληπτική έλεγχο καθώς και ρεολογικό χαρακτήρα (συμπύεση,

χαλάρωση κλπ.) δ) τις οπτικές ιδιότητες τόσο με μέτρηση ολικού χρώματος αλλά και την αρέσκεια χρώματος οργανοληπτικά ε) το άρωμα/γεύση (flavour) που ελέγχεται οργανοληπτικά αλλά και με αναλυτικές μεθόδους όπως με τη χρήση υγρής χρωματογραφίας ή αέριας χρωματογραφίας, στ) τη θρεπτική αξία του προϊόντος με το προσδιορισμό των θρεπτικών συστατικών του πριν και μετά την αφυδάτωση και μετά την επανασύσταση και τέλος ζ) την ενυδάτωση με κύριες παραμέτρους μελέτης το ρυθμό και τη μέγιστη δυνατότητα ενυδάτωσης ( Shyam S. Sablani and Arun S. Mujumdar, 2006; Monica Araya-Farias and Cristina Ratti, 2009).

### 3 Κατάψυξη πουρέ πατάτας

#### 3.1 Εισαγωγή- γενικά στοιχεία για την κατάψυξη

Η κατάψυξη είναι μία από τις πλέον εφαρμοζόμενες μεθόδους για τη συντήρηση των τροφίμων τόσο σε βιομηχανική όσο και σε οικιακή κλίμακα. Αναλόγως με τη θερμοκρασία αποθήκευσης διακρίνεται σε ψύξη (έως  $-2^{\circ}\text{C}$ ) ή σε κατάψυξη (συνήθως κάτω των  $-10^{\circ}\text{C}$ ) Είναι γνωστό ότι η ελάττωση της θερμοκρασίας καθώς και ο σχηματισμός πάγου στο τρόφιμο, ο οποίος τείνει να μειώσει το περιεχόμενο νερό του τροφίμου, μειώνει τη δραστηριότητα των μικροοργανισμών και των ενζύμων, εμποδίζοντας έτσι την αλλοίωση του τροφίμου. Ο χρόνος ζωής των προϊόντων που καταψύχονται αυξάνεται σημαντικά, αφού, υπό αυτές τις συνθήκες, η δράση των μικροοργανισμών και των ενζύμων, καθώς και οι διάφορες φυσικοχημικές μεταβολές επιβραδύνονται και ή αναστέλλονται (J. Welti-Chanes et al., 2004; Jelen, 2005).

Κατά την κατάψυξη, επιβάλλονται θερμοκρασίες αποθήκευσης χαμηλότερες από το σημείο κατάψυξης των τροφίμων, με αποτέλεσμα το μεγαλύτερο μέρος του νερού στο θερμικό κέντρο των προϊόντων να μετατρέπεται σε πάγο, ενώ συνιστάται η τελική θερμοκρασία ισορροπίας να φτάνει σε τιμές  $\leq -18^{\circ}\text{C}$ . Η ταχύτητα της κατάψυξης είναι μεγάλη στην επιφάνεια και μικρότερη στο εσωτερικό του καταψυχόμενου προϊόντος. Οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα κατάψυξης είναι οι διαστάσεις και κυρίως το πάχος του προϊόντος, το ποσό της θερμότητας που αφαιρείται, η θερμική αγωγιμότητα του προϊόντος, η αρχική και τελική του θερμοκρασία, η θερμοκρασία του ψυκτικού μέσου και ο συντελεστής συναγωγής  $h$ .

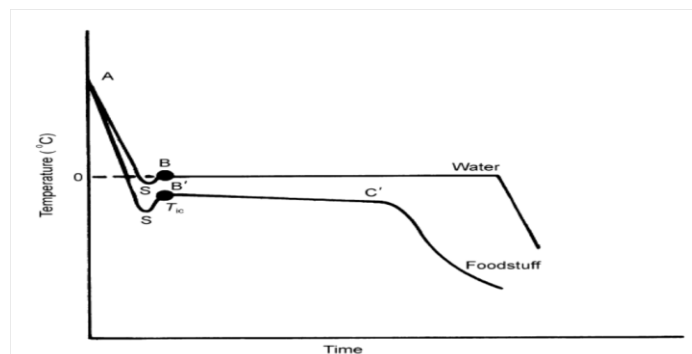
Ιδιαίτερη σημασία για την κατάψυξη των τροφίμων έχει ο ρόλος του νερού και η αλλαγή της κατάστασής του κατά τη διαδικασία της κατάψυξης. Αφού όλα τα τρόφιμα περιέχουν σχετικά μεγάλες ποσότητες υγρασίας μέσα στην οποία είναι διαλυμένες διάφορες ουσίες, το πραγματικό ή αρχικό σημείο κατάψυξης του νερού στο τρόφιμο θα μειωθεί έως κάποιο επίπεδο πιο χαμηλό από αυτό που αναμένεται για το καθαρό νερό. Το μέγεθος αυτής της μείωσης είναι συνάρτηση του μοριακού βάρους, της συγκέντρωσης και των ιδιοτήτων των κρυοπροστατευτικών υλικών που είναι διαλυμένα στο νερό του τροφίμου. Τέλος, σημαντική επίδραση στην ποιότητα του κατεψυγμένου προϊόντος ασκεί ο τρόπος με τον οποίο σχηματίζονται οι κρύσταλλοι του πάγου στο τρόφιμο κατά την κατάψυξη αυτού.

Τα φαινόμενα που πραγματοποιούνται κατά την κατάψυξη διακρίνονται σε αυτά που αφορούν το σχηματισμό και την ανάπτυξη των κρυστάλλων πάγου και σε εκείνα που σχετίζονται με τη μη-παγωμένη φάση, και περιλαμβάνουν τις ενζυμικές και χημικές αντιδράσεις. Σε κάθε περίπτωση, ο χρόνος ζωής των προϊόντων εξαρτάται από τη σύσταση του τροφίμου, τη διεργασία κατάψυξης (ρυθμός κατάψυξης) και τις συνθήκες αποθήκευσης (Alain Le Bail, 2004; Jelen, 2005).

### 3.2 Φαινόμενα κατά την κατάψυξη των τροφίμων

Η κατάψυξη του καθαρού νερού περιλαμβάνει 2 κύρια στάδια: 1) το σχηματισμό των κρυστάλλων πάγου (πυρηνογένεση) και 2) την αύξηση του μεγέθους τους (ανάπτυξη). Από το σχήμα 2.1 παρατηρείται ότι η θερμοκρασία μειώνεται σταδιακά από το σημείο A στο B και για να αρχίσει ο σχηματισμός πάγου απαιτείται η υπέρβαση της λανθάνουσας θερμότητας πήξης, οπότε δημιουργούνται οι πρώτοι πυρήνες σε υγρή φάση, από τους οποίους θα αναπτυχθούν οι κρυσταλλοί μέσω της πρόσφυσης και άλλων μορίων σε αυτούς. Το φαινόμενο αυτό, της υστέρησης μετατροπής του πάγου σε νερό (σημείο S), γνωστό ως υπέρψυξη, χαρακτηρίζεται από την πτώση της θερμοκρασίας του συστήματος κάτω από τους 0 °C και την απομάκρυνση θερμότητας. Κατά την πυρηνογένεση ελευθερώνεται θερμότητα στο σύστημα, η οποία προκαλεί την άνοδο της θερμοκρασίας στους 0 °C (σημείο τήξης) όπου και παραμένει μέχρις ότου το νερό μετατραπεί σε πάγο (λανθάνουσα θερμότητα τήξης νερού: 333.15 J/g).

Η κατάψυξη των τροφίμων είναι πιο σύνθετη από την κατάψυξη του καθαρού νερού, αφού τα τρόφιμα περιέχουν εκτός από νερό και πλήθος διαλυτών ουσιών ή αποτελούνται από ιστούς ή κύτταρα. Με την έναρξη της κρυστάλλωσης, στη θερμοκρασία S, ελευθερώνεται θερμότητα που προκαλεί την αύξηση της θερμοκρασίας έως το αρχικό σημείο κατάψυξης ( $T_{ic}$ ). 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 °C (συνεπώς, τα τρόφιμα με υψηλότερη περιεκτικότητα σε διαλυμένες ουσίες παρουσιάζουν χαμηλότερο αρχικό σημείο κατάψυξης). Το αρχικό σημείο κατάψυξης στα λαχανικά, χωρίς τη προσθήκη κρυοπροστατευτικών υλικών, κυμαίνεται μεταξύ -0.8 °C και -2.8 °C. Καθώς τα προϊόντα ψύχονται σταδιακά σε θερμοκρασίες μικρότερες από το σημείο αυτό (τμήμα B'C'), αυξάνεται η ποσότητα νερού υπό μορφή πάγου και αντίστοιχα η συγκέντρωση των διαλυμένων ουσιών στη μη-παγωμένη φάση. Ανά πάσα στιγμή, η αναλογία των δύο αυτών φάσεων εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την αρχική συγκέντρωση των διαλυμένων ουσιών. Σε αρκετά χαμηλές θερμοκρασίες (κάτω των -40 °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 g/g ξηρού βάρους. Τέλος, κατά τα τελευταία στάδια της φάσης B'C' υπάρχει τάση σχηματισμού ευτηκτικών μιγμάτων ή σύνθετων στερεών (N.E. Zaritzky, CIDCA, La Plata, 2003; Ronan Gormley, 2008).



Σχήμα 3.1: Καμπύλες κατάψυξης α) νερού & β) συστήματος τροφίμου

### 3.2.1 Σχηματισμός πάγου

Ο σχηματισμός, η δομή το μέγεθος και η φύση των κρυστάλλων πάγου είναι ιδιαίτερα σημαντικά φαινόμενα κατά την κατάψυξη των τροφίμων. Οι κρύσταλλοι πάγου αποτελούνται από μόρια νερού που συνδέονται μεταξύ τους με δεσμούς υδρογόνου και εμφανίζουν στερεή, κρυσταλλική δομή και συγκεκριμένη διαμόρφωση.

Κατά το σχηματισμό των παγοκρυστάλλων τα μόρια του τροφίμου συνενώνονται και καταλαμβάνουν συγκεκριμένη θέση στον κρύσταλλο, ο οποίος θα πρέπει στη συνέχεια να επιδέχεται αύξηση του μεγέθους του. Η διαδικασία του σχηματισμού (δημιουργία του πυρήνα κρυστάλλου) είναι απαραίτητη για την έναρξη της κατάψυξης διότι ενδέχεται να ταπεινωθεί η θερμοκρασία κάτω των 0°C, χωρίς να συντελεστεί κρυστάλλωση. Ο ρυθμός πυρηνογένεσης εξαρτάται από τη θερμοκρασία, το ρυθμό κατάψυξης, τη φύση του διαλύματος και το βαθμό υπέρψυξης, ενώ ο χρόνος ζωής των πυρήνων μειώνεται αυξανόμενης της θερμοκρασίας. Η πυρηνογένεση ενισχύεται σε χαμηλές θερμοκρασίες κάτω από το αρχικό σημείο κατάψυξης (υψηλός βαθμός υπέρψυξης), όπως επίσης με αύξηση του ρυθμού κατάψυξης.

Η θερμοκρασία στην οποία αρχίζει ο σχηματισμός παγοκρυστάλλων διαφέρει στα διάφορα συστήματα τροφίμων και εξαρτάται και από τις διαλυμένες σε αυτά ουσίες όπως τα κρυσταλλοπροστατευτικά υλικά τα οποία ταπεινώνουν το σημείο έναρξης αυτής. Στα συστήματα τροφίμων συντελείται ετερογενής κρυστάλλωση. Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμοκρασία αυτή είναι το υλικό συσκευασίας του τροφίμου καθώς και η ψυκτική ισχύς του μέσου. Σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, αυξάνεται το ιξώδες απότομα, με αποτέλεσμα να σταματήσει η δημιουργία παγοκρυστάλλων.

Η πιθανότητα να παρουσιαστεί κρυστάλλωση εξαρτάται από το μέγεθος του δείγματος και από το ρυθμό αποβολής θερμότητας. Τα μικρά δείγματα εμφανίζουν μικρή πιθανότητα σχηματισμού κρυστάλλων και απαιτείται η αποθήκευσή τους σε πολύ χαμηλή θερμοκρασία.

Μετά τη δημιουργία του «αρχικού» κρυστάλλου ξεκινά και η διαδικασία της επιμήκυνσής τους. Η διαδικασία αυτή δεν συντελείται ακαριαία και ελέγχεται από το ρυθμό απώλειας θερμότητας κατά τη μετατροπή της φάσης, καθώς επίσης και από το ρυθμό μεταφοράς μάζας. Η διαδικασία της επιμήκυνσης δεν απαιτεί πολύ χαμηλές θερμοκρασίες όπως η διαδικασία σχηματισμού των παγοκρυστάλλων. Εφόσον ο κρύσταλλος που έχει δημιουργηθεί είναι σταθερός, τότε η περαιτέρω επιμήκυνση αυτού είναι δυνατή.

Όσον αφορά το ποσοστό της περιεχόμενης υγρασίας των τροφίμων το οποίο δεν κρυσταλλώνεται έρευνες έχουν δείξει ότι κυμαίνεται μεταξύ 0.2 και 0.4 g/g ξηρής βάσης του τροφίμου.

Η διαδικασία της κατάψυξης θεωρείται ότι περατώνεται, για πρακτικούς λόγους, όταν το μεγαλύτερο ποσοστό του θερμικού κέντρου του τροφίμου έχει μετατραπεί σε κρύσταλλο.

Η αύξηση του μεγέθους των κρυστάλλων επηρεάζεται από τον αριθμό των σχηματιζόμενων πυρήνων (αντιστρόφως ανάλογα) και τη μορφολογία της επιφάνειάς τους

(όσο πιο ανώμαλη και ανομοιομορφη είναι τόσο διευκολύνεται η ανάπτυξη). Καθώς αυξάνεται η ποσότητα των κρυστάλλων πάγου και μειώνεται η θερμοκρασία, αυξάνει ακόμη περισσότερο η συγκέντρωση των διαλυμένων ουσιών στη μη-παγωμένη φάση μέχρις ότου φτάσει σε ένα συγκεκριμένο όριο - σημείο κορεσμού (μέγιστη συγκέντρωση κατάψυξης), οπότε σταματά το φαινόμενο της κρυστάλλωσης.

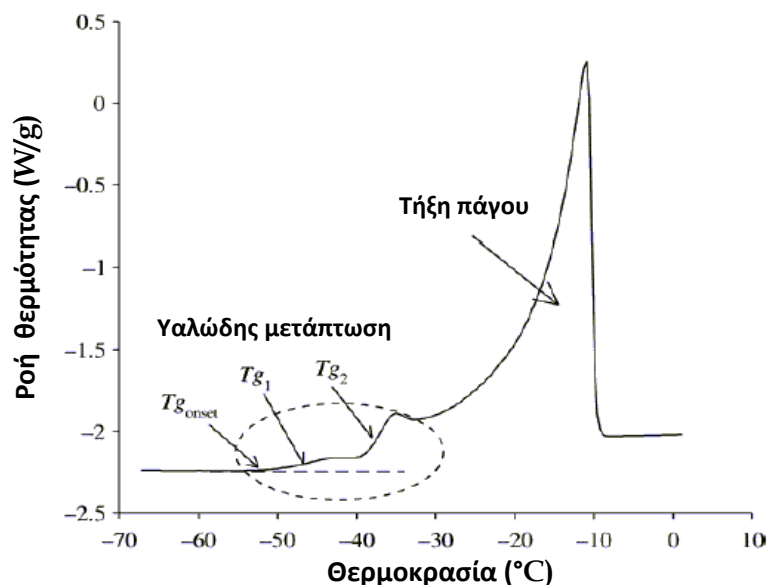
Ο σχηματισμός κρυστάλλων πάγου προκαλεί μία σειρά από φυσικοχημικές τροποποιήσεις στο τροφίμο, οι οποίες μειώνουν την ποιότητα του προϊόντος. Στις κυριότερες φυσικές αλλαγές περιλαμβάνονται: ο σχηματισμός παγοκρυστάλλων, η ρήξη των ιστών λόγω κατάψυξης (freeze cracking), η αποβολή υγρασίας και η ανακρυστάλλωση των παγοκρυστάλλων. Περισσότερα για αυτές τις μεταβολές θα αναπτυχθούν στις ενότητες που ακολουθούν (N.E. Zaritzky, CIDCA, La Plata, 2003; Ronan Gormley, 2008).

### 3.2.2 Υαλώδης μετάπτωση

Εάν ένα σύστημα τροφίμου ψυχθεί πέρα από το σημείο κορεσμού, γίνεται τελικά ιξώδες και αποκτά υαλώδη μορφή. Η «ύαλος», λόγω του ιδιαίτερα χαμηλού ρυθμού διάχυσης των μορίων της, μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένα υγρό με εξαιρετικά υψηλό ιξώδες ( $10^{12}$ - $10^{14}$  Pa·s), ενώ, λόγω της παρουσίας μικρών κρυστάλλων νερού σε υαλώδη κατάσταση, θεωρείται ότι αποτελεί ένα άμορφο, μετασταθές, στερεό, χωρίς διατεταγμένη κρυσταλλική δομή, στο οποίο εμφανίζονται κρύσταλλοι με διάμετρο που δεν υπερβαίνει τα 10 nm. Η θερμοκρασία υαλώδους μετάπτωσης ( $T_g$ ) ορίζεται ως η θερμοκρασία στην οποία ένα διάλυμα υφίσταται εκτενείς αλλαγές στις φυσικές του ιδιότητες, χωρίς μεταβολή στη διάταξη των μορίων του.

Είναι πολύ δύσκολο να μετατραπεί ένα καθαρό υλικό σε ύαλο. Μερικά μίγματα ωστόσο, κυρίως εκείνα που περιέχουν βιοπολυμερή (άμυλο, πρωτεΐνες) μπορούν άμεσα να σχηματίσουν ύαλο, τα πολυμερή μπορούν να κρυσταλλωθούν μερικώς ή να υαλοποιηθούν μερικώς. Η θερμοκρασία υαλώδους μετάπτωσης ενός καταψυχόμενου συστήματος επηρεάζεται σημαντικά από το μοριακό βάρος και τον τύπο των διαλυμένων σε αυτό ουσιών, όπως και από την παρουσία πολυμερών σωμάτων ή ουσιών που δρουν ως πλαστικοποιητές (Lim, et al., 2000).

Από τις σημαντικότερες λειτουργίες της υαλώδους κατάστασης είναι ότι παρέχει σταθερότητα στις φυσικές και χημικές αλλαγές, αφού το ιξώδες του υαλώδους υλικού είναι εξαιρετικά υψηλό. Αυτό σταματά αποτελεσματικά όλες τις μοριακές κινήσεις και συνεπώς όλες τις αλλαγές. Όμως, σε μία ύαλο με διαφορετικά συστατικά (mixed composition), τα μόρια που είναι μικρότερα από τα αντίστοιχα των συστατικών που είναι υπεύθυνα για την υαλώδη κατάσταση, μπορούν να διαχέονται παρόλο που εμποδίζονται σε μεγάλο βαθμό. Συνεπώς, η πλήρης χημική σταθερότητα δεν είναι εφικτή, αλλά φυσικές αλλαγές, όπως η κρυστάλλωση, είναι δυνατό να συμβούν (Genevieve Blond and Martine Le Meste, 2004).



Σχήμα 3.2: Διάγραμμα φάσεων κατά την κατάψυξη τροφίμου, όπου απεικονίζονται οι μεταπτώσεις 1<sup>ης</sup> και 2<sup>ης</sup> τάξης

Από την παρατήρηση του διαγράμματος 3.2 μπορεί να γίνει πρόβλεψη της φυσικής κατάστασης των τροφίμων σε σχέση με τη θερμοκρασία τους. Οι μεταπτώσεις 1<sup>ης</sup> τάξης συνδέονται με τις μεταβολές στερεής -υγρής -αέριας φάσης, ενώ οι μεταπτώσεις 2<sup>ης</sup> τάξης με τη ζελατινοποίηση, την υαλώδη μετάπτωση κ.α.

Η υπέρψυξη και η υαλοποίηση είναι φαινόμενα που εμφανίζονται σε μεγαλύτερη έκταση στις περιπτώσεις μεγάλων ρυθμών κατάψυξης, ενώ η υαλοποίηση, σχεδόν πάντα, δεν είναι εφικτή χωρίς την προσθήκη κάποιας κρυοπροστατευτικής ουσίας ή ενός βιολογικού αντιψυκτικού παράγοντα. Σκοπός της χρήσης τέτοιων ουσιών είναι ο σχηματισμός δεσμών υδρογόνου μεταξύ αυτών και των μορίων του νερού, προκειμένου να αποφευχθούν τυχόν αλληλεπιδράσεις που θα οδηγούσαν σε φαινόμενα κρυστάλλωσης.

Από έρευνες που έχουν γίνει σε διαφορετικές ποικιλίες πατάτας για παράδειγμα στις ποικιλίες Rooster, Golden Wonder, Maris Piper, διαπιστώθηκε η διαφορά στο ποσοστό της υγρής φάσης του πουρέ πατάτας, άρα και διαφορετική ανάπτυξη κρυστάλλων πάγου, που προήλθε από τις διαφορετικές αυτές ποικιλίες. Η αύξηση της υγρής φάσης αποδόθηκε σε μεγάλο βαθμό στην ποικιλία της πατάτας (J. Szymonska 2003).

### 3.2.3 Ωσμωτικά φαινόμενα

Η κατάψυξη συστημάτων που περιέχουν κύτταρα έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη οσμωτικής πίεσης σε αυτά. Η κυτταρική μεμβράνη είναι μία ημιπερατή μεμβράνη που ελέγχει τη ροή του νερού από και προς το κύτταρο και λειτουργεί με βάση την ασκούμενη οσμωτική πίεση.

Καθώς το σύστημα καταψύχεται, μεγάλος αριθμός μορίων νερού στην εξωκυτταρική φάση μεταβαίνει από την υγρή στη στερεά κατάσταση, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη οσμωτικής πίεσης στη μεμβράνη και την απομάκρυνση νερού από το κύτταρο, προκειμένου



να αποκατασταθεί η ισορροπία. Αυτό έχει ως συνέπεια την αφυδάτωση και τη μείωση του όγκου των κυττάρων καθώς και τη συμπύκνωση των ενδοκυτταρικών διαλυμάτων και περαιτέρω μεταβολή του pH, της ιοντικής ισχύος και του ιζώδους, όπως και την ενίσχυση των αλληλεπιδράσεων της εσωτερικής δομής των κυττάρων με τις διαλυμένες ουσίες, την καθίζηση αλάτων, κτλ.

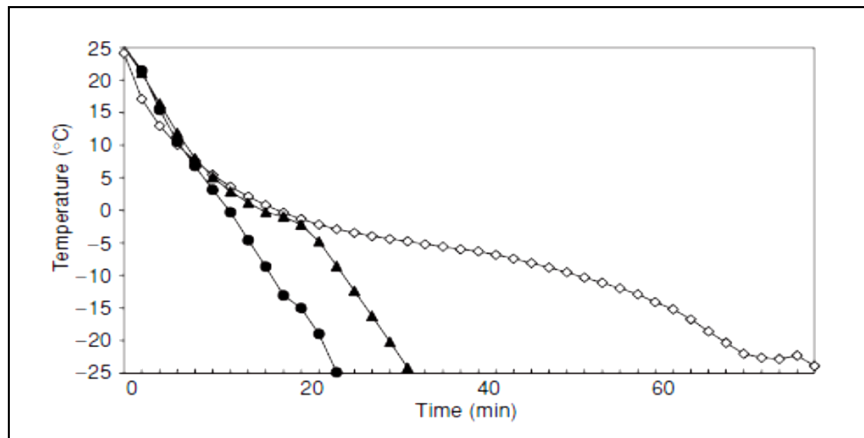
Όταν το σύστημα βρίσκεται σε υαλώδη κατάσταση, οι διαταραχές στη δομή των κυττάρων είναι μικρότερης έκτασης. Η μεγαλύτερη ποσότητα νερού παραμένει στην αρχική της θέση, οπότε περιορίζεται η αφυδάτωση και οι φυσικές μεταβολές, αλλά αυξάνεται η πιθανότητα σχηματισμού ενδοκυτταρικού πάγου.

### 3.2.4 Ρυθμός κατάψυξης

Ο ρυθμός κατάψυξης των τροφίμων εξαρτάται από παράγοντες, όπως ο χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός ή το μέγεθος και η γεωμετρία του προϊόντος, οι οποίοι επηρεάζουν το σχηματισμό των κρυστάλλων πάγου και ειδικότερα το μέγεθος, την ποσότητα και τη θέση τους στο τρόφιμο. Ο ρυθμός κατάψυξης μπορεί να εκφραστεί ως ρυθμός σχηματισμού πάγου ή ρυθμός μετακίνησης του μετώπου του πάγου στο τρόφιμο και σχετίζεται με το ρυθμό απομάκρυνσης της θερμότητας. Οι ρυθμοί κατάψυξης σε βιομηχανικές εφαρμογές μπορεί να είναι: α) αργοί (0.2-0.5 cm/h), β) μεσαίοι (0.5-3 cm/h), γ) ταχείς (5-10 cm/h) και δ) υπερταχείς (10-100 cm/h). Όταν ο ρυθμός κατάψυξης είναι αργός, η θερμοκρασία των τροφίμων παραμένει σταθερή κοντά στο σημείο κατάψυξης. Ο σχηματισμός κρυστάλλων πάγου είναι επίσης αργός και παρατηρούνται κρύσταλλοι μεγαλύτερου γενικά μεγέθους, σε αντίθεση με την ταχεία κατάψυξη όπου ευνοείται κατεξοχήν ο σχηματισμός μικρών κρυστάλλων ομοιόμορφα κατανεμημένων, παρά η ανάπτυξή τους (Genevieve Blond and Martine Le Meste, 2004).

Κατά την κατάψυξη τροφίμων/λαχανικών με αργή κατάψυξη ευνοείται ο σχηματισμός εξωκυτταρικών κρυστάλλων πάγου, η συμπύκνωση των εξωτερικών διαλυμάτων και η εμφάνιση των φαινομένων της αφυδάτωσης των κυττάρων και τελικά της αποικοδόμησης των βιολογικών μακρομορίων ή/και των συστατικών της κυτταρικής μεμβράνης. Αντίθετα, η ταχεία κατάψυξη, οδηγεί στο σχηματισμό μικρών κρυστάλλων πάγου στο εσωτερικό των κυττάρων. Στην περίπτωση αυτή μπορεί να παρατηρηθεί διάρρηξη της κυτταρικής μεμβράνης (με συνέπεια την απώλεια της ζωτικότητάς των κυττάρων), μόνο εάν συμβεί ανακρυστάλλωση και ανάπτυξη μεγαλύτερων κρυστάλλων λόγω παρατεταμένης αποθήκευσης υπό κατάψυξη ή αργής απόψυξης σε χαμηλές θερμοκρασίες. Τα φαινόμενα αυτά και κατά συνέπεια και ο επιθυμητός ρυθμός κατάψυξης εξαρτώνται από τη διαπερατότητα και την ανθεκτικότητα των κυτταρικών τοιχωμάτων και διαφέρουν ανάλογα με το κύτταρο και ειδικότερα με το μέγεθος, το είδος ή τη σύσταση των κυττάρων.

Έρευνες οι οποίες έγιναν σε πουρέ πατάτας ο οποίος προέκυψε από μεν επανυδάτωση αφυδατωμένης σκόνης πουρέ πατάτας όπως και από βρασμένες πατάτες έδειξαν την εξάρτηση του ρυθμού κατάψυξης και της ποιότητας τελικού προϊόντος.



Σχήμα 3.3: Μέση θερμοκρασία του θερμικού κέντρου επανυδατωμένου πουρέ πατάτας κατά την κατάψυξη σε διαφορετικές θερμοκρασίες με τη χρήση υγρού αζώτου (Mounia Jalte et al., 2008)

Παρατηρώντας το διάγραμμα εξάγεται το συμπέρασμα, όπως είναι φυσικό άλλωστε, ότι όσο χαμηλότερη είναι η θερμοκρασία κατάψυξης τόσο μεγαλύτερος ο ρυθμός αποβολής θερμότητας του προϊόντος.

### 3.3 Μεταβολές των κατεψυγμένων τροφίμων κατά την αποθήκευση

#### 3.3.1 Φυσικές μεταβολές

Οι φυσικές μεταβολές εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας, οι οποίες ενισχύουν τη μετανάστευση υγρασίας και επηρεάζουν την κατανομή του μεγέθους των κρυστάλλων στα τρόφιμα. Οι κρύσταλλοι του πάγου είναι σχετικά ασταθείς και έχουν την τάση να συνενώνονται, όταν πλησιάζουν μεταξύ τους, με αποτέλεσμα να υφίστανται μεταβολές ως προς το μέγεθος, το σχήμα, τη μορφή, τον προσανατολισμό ή την ποσότητά τους κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Το φαινόμενο αυτό, γνωστό ως ανακρυστάλλωση, αποδίδεται στη διαφορά της επιφανειακής ενέργειας μεταξύ πάγου και υπέρκορου διαλύματος.

Επίσης, κατά την αποθήκευση υπό κατάψυξη μπορεί να συμβεί εξάχνωση πάγου, λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ των τροφίμων και των ψυχρότερων μερών του θαλάμου αποθήκευσης, που να οδηγήσει σε επιφανειακή ξήρανση/αφυδάτωση και σε εμφάνιση των λεγομένων εγκυματών κατάψυξης.

##### 3.3.1.1 Μετανάστευση υγρασίας

Κατά την κατάψυξη έχει παρατηρηθεί μετανάστευση της περιεχόμενης υγρασίας των κυττάρων προς το εξωτερικό μέσω ωσμωτικού μηχανισμού. Κατά την αποθήκευση των κατεψυγμένων προϊόντων, κινητήρια δύναμη του φαινομένου αποτελεί η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ θερμικού κέντρου και επιφάνειας του τροφίμου, η οποία έχει ως αποτέλεσμα τη διαφορά τάσης ατμών.

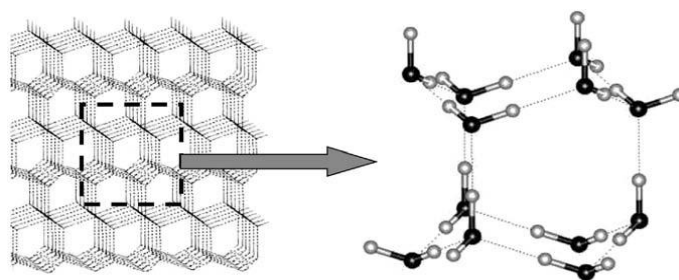
Η μετανάστευση έχει ως αποτέλεσμα κατά την απόψυξη του προϊόντος τη δημιουργία ασυνέχειας στη δομή του η οποία με τη σειρά της οδηγεί σε απώλεια θρεπτικών ουσιών, μεταβολή της υψής και αλλοίωση της εμφάνισής του. Οι απώλειες βάρους κατά την ψύξη και απόψυξη προϊόντων έχουν οικονομικές συνέπειες.

Η αποβολή υγρασίας μετριάζεται από την καλή συντήρηση των τροφίμων, ώστε να μην υπάρχουν μεγάλες μεταβολές θερμοκρασίας κατά την αποθήκευση αυτών. Οι μεταβολές θερμοκρασίας οδηγούν στην αποβολή της υγρασίας στην επιφάνεια του τροφίμου. Όμως η ανακατανομή της υγρασίας κατά την απόψυξη είναι απίθανη, γι' αυτό και η διαδικασία θεωρείται μη αναστρέψιμη (N.E. Zaritzky, CIDCA, La Plata, 2003).

### 3.3.1.2 Ανακρυστάλλωση πάγου

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. Έρευνες έχουν δείξει ότι οι εξαγωνικοί κρύσταλλοι, οι οποίοι είναι και οι πιο σταθεροί, έχουν τάση για συνένωση, ενώ οι μικρότεροι διαλύονται. Η αύξηση της διαμέτρου των παγοκρυστάλλων κατά την ανακρυστάλλωση οδηγεί στην επανακατανομή της υγρασίας στο τρόφιμο, διότι με την αύξηση της θερμοκρασίας οι μικρότεροι κρύσταλλοι τήκονται και με την πτώση πάλι της θερμοκρασίας αδυνατούν να διαμορφωθούν, διότι τη θέση τους έχουν καταλάβει οι μεγαλύτεροι παγοκρύσταλλοι.

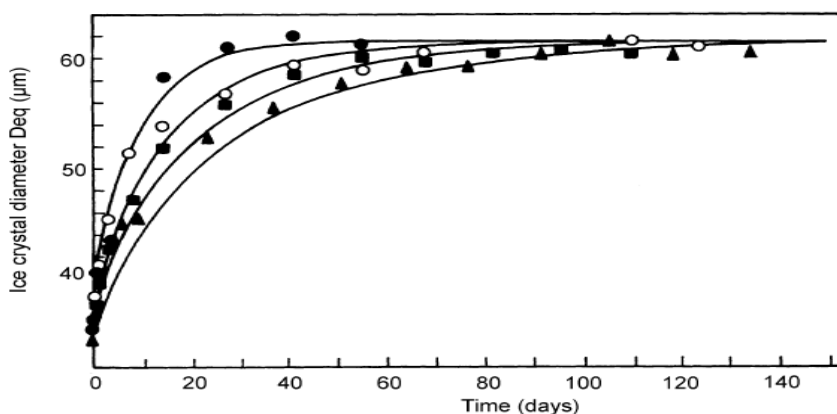


Σχήμα 3.4: Εξαγωνικός κρύσταλλος νερού (Noemi Zaritzky, 2006)

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, 2001).

Τέλος, σύμφωνα με έρευνες η προσθήκη ξανθάνης σε αμυλούχα συστήματα και γενικά σε συστήματα διαφόρων υδροκολλοειδών δεν επέφερε αλλαγές στο μέγεθος των σχηματιζόμενων κρυστάλλων και δεν ανέστειλε την ανακρυστάλλωση. Γενικά τα

υδροκολλοειδή συνιστώνται ως αναστολείς της δημιουργίας κρυστάλλων, όμως έρευνες έχουν δείξει ότι ο σταθεροποιητικός τους χαρακτήρας έγκειται στην ικανότητά τους να ανταγωνίζονται την προσθήκη νέων κρυστάλλων νερού στο πλέγμα (N.E. Zaritzky, CIDCA, La Plata, 2003; Ronan Gormley, 2008).



Σχήμα 3.5: Ανακρυστάλλωση πάγου σε ιστούς πατάτας (Martino and Zaritzky, 2003)

### 3.3.1.3 Δημιουργία ορού- συναίρεση

Η κατάψυξη μπορεί να περιλαμβάνει εν μέρει διεργασία αφυδάτωσης κατά την οποία η υγρασία αποβάλλεται από την αρχική της θέση και σχηματίζει κρυστάλλους. Κατά την απόψυξη η υγρασία αυτή μπορεί να μην επανέλθει στην αρχική της θέση, καταστρέφοντας έτσι 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. Γενικά στα λαχανικά, οι ιστοί δεν μπορούν να απορροφήσουν την υγρασία.

Η απόψυξη πρέπει να είναι 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 (N.E. Zaritzky, CIDCA, La Plata, 2003).

### 3.3.2 Χημικές μεταβολές

Στις συνήθεις συνθήκες αποθήκευσης υπό κατάψυξη, ορισμένες ποσότητες νερού παραμένουν σε ρευστή κατάσταση στα τρόφιμα, με αποτέλεσμα κάποιες χημικές και ενζυμικές αντιδράσεις να εξακολουθούν να πραγματοποιούνται. Οι πιο συνηθισμένες χημικές μεταβολές κατά τη διάρκεια της κατάψυξης και αποθήκευσης είναι η οξείδωση των

λιπιδίων, το ενζυμικό μαύρισμα, η υποβάθμιση της γεύσης/αρώματος (flavour), η μετουσίωση των περιεχόμενων πρωτεϊνών και η μείωση της περιεκτικότητας σε βιταμίνες. Η κατάψυξη μπορεί να επιφέρει ασυνήθιστα αποτελέσματα στη χημική σύσταση των τροφίμων. Οι χαμηλές θερμοκρασίες και η συγκέντρωση των αντιδρώντων στη μη κατεψυγμένη φάση αποτελούν τους κύριους παράγοντες που είναι υπεύθυνοι για τις αλλαγές στο ρυθμό των ενζυμικών και μη αντιδράσεων κατά τη διάρκεια της κατάψυξης. Οι κρύσταλλοι προκαλούν την απελευθέρωση εγκλεισμένων ενζυμικών και χημικών ουσιών, προκαλώντας υποβάθμιση της ποιότητας του τροφίμου. Τέλος, η συμπεριφορά των ενζύμων εξαρτάται από τη φύση τους, τα χαρακτηριστικά και τη συγκέντρωση των ουσιών του συστήματος, το pH και τη θερμοκρασία (N.E. Zaritzky, CIDCA, La Plata, 2003).

### 3.3.2.1 Οξείδωση λιπιδίων

Η οξείδωση αποτελεί περίπλοκη διαδικασία καθότι περιλαμβάνει πολλά στάδια και μπορεί να συντελεστεί ενζυμικά ή μη. Ένα από τα ένζυμα τα οποία θεωρούνται σημαντικά στην οξείδωση των λιπιδίων είναι η λιποξυγενάση, η οποία βρίσκεται σε ιστούς πολλών φυτών και ζώων. Με την ενεργοποίησή της προκαλείται απώλεια του χρώματος και του αρώματος των ιστών.

Το φαινόμενο της οξείδωσης οδηγεί σε απώλεια ποιότητας καθώς αλλοιώνεται η γεύση, η εμφάνιση, η θρεπτική αξία και η λειτουργικότητα των πρωτεϊνών. Επίσης η αποσύνθεση των λιπαρών οξέων σε αλδεύδες και κετόνες είναι υπεύθυνη για τη δημιουργία της χαρακτηριστικής γεύσης και οσμής του ταγγισμού. Τέλος θα πρέπει πριν την κατάψυξη οποιουδήποτε λαχανικού, μόνου του ή έτοιμου προϊόντος, να προηγηθεί λεύκανση, ώστε να μειωθούν στο ελάχιστο τα αποτελέσματα της οξείδωσης, διότι εκτός από τη λιποξυγενάση, μπορεί και η χλωροφύλλη να αποτελέσει αντίστοιχο υπόστρωμα (N.E. Zaritzky, CIDCA, La Plata, 2003).

### 3.3.2.2 Μετουσίωση πρωτεϊνών

Οι κύριες αιτίες που προκαλούν τη μετουσίωση των πρωτεϊνών κατά την κατάψυξη είναι: ο σχηματισμός κρυστάλλων και η ανακρυστάλλωσή τους, η αφυδάτωση, η συγκέντρωση αλάτων, η οξείδωση, οι μεταβολές στις λιποομάδες και η απελευθέρωση συγκεκριμένων κυτταρικών μεταβολιτών.

Η απώλεια των λειτουργικών ιδιοτήτων των πρωτεϊνών μπορεί να αναλυθεί με τη σύγκριση της ικανότητας συγκράτησης νερού, το ιξώδες, τη δημιουργία πηγματος, σαπωνοποίησης κ.α. Όπως αναφέρθηκε, η μετουσίωση των πρωτεϊνών κατά την κατάψυξη αποδίδεται κυρίως στο σχηματισμό παγοκρυστάλλων, την αφυδάτωση και τη συγκέντρωση των διαλυμένων ουσιών στους ιστούς ή τα πρωτεϊνικά διαλύματα. Η κατάψυξη προκαλεί σημαντική μείωση της ικανότητας συγκράτησης νερού κατά την απόψυξη. Γι' αυτό το λόγο οι δεσμοί μεταξύ νερού και πρωτεϊνών αντικαθίστανται από δεσμούς μεταξύ πρωτεϊνών-πρωτεϊνών όπου με το κατάλληλο υπόστρωμα μετουσιώνουν τις πρωτεΐνες.

Η μετακίνηση της υγρασίας από το εσωτερικό στο εξωτερικό των κυττάρων έχει ως αποτέλεσμα να διαταράσσεται η ισορροπία μεταξύ πρωτεϊνών και υγρασίας, με αποτέλεσμα

την έκθεση των υδρόφοβων αλυσίδων τους σε υγρασία που καταλήγει σε καταστροφή της λειτουργικής δομής τους. Επίσης οι υδρόφοβοι δεσμοί αποδυναμώνονται από τη μείωση της θερμοκρασίας, γι' αυτό οι πρωτεΐνες αποσταθεροποιούνται σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Κατά την κατάψυξη οι πρωτεΐνες εκτίθενται σε αυξημένη συγκέντρωση αλάτων στη μη κατεψυγμένη φάση. Η μεγάλη αυτή αύξηση της ιοντικής ισχύος διαταράσσει τους ιοντικούς δεσμούς των πρωτεϊνών, αλλάζοντας την τεταρτοταγή δομή τους. Οι αλλαγές στην υφή οφείλονται σ' αυτή τη φάση στα ελεύθερα λιπαρά οξέα και τη φορμαλδεΐδη (N.E. Zaritzky, CIDCA, La Plata, 2003).

### 3.3.2.3 Ενζυμική δραστηριότητα

Η αποθήκευση σε χαμηλές θερμοκρασίες μπορεί να καθυστερήσει, αλλά όχι και να καταστήσει τα ένζυμα ανενεργά. Επομένως ενζυμικές αντιδράσεις πραγματοποιούνται και στα κατεψυγμένα τρόφιμα. Η λεύκανση του ωμού λαχανικού που περιέχει υδρολυτικά ένζυμα όπως η λιπάση, η φωσφολιπάση κλπ. μπορεί μόνο να απενεργοποιήσει τα ένζυμα τα οποία μπορούν να παραμείνουν ενεργά κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Τα ένζυμα αυτά είναι υπεύθυνα για την υποβάθμιση της ποιότητας των κατεψυγμένων λαχανικών.

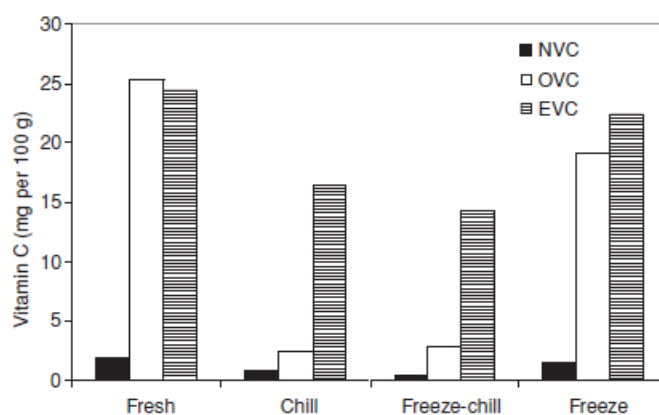
Καθώς η ποσότητα του μη κρυσταλλωμένου νερού μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της κατάψυξης, η συγκέντρωση των αλάτων επίσης μεταβάλλεται και μπορεί να προκαλέσει την αύξηση της απελευθέρωσης λιπασών. Η λιπολυτική δραστηριότητα με τη σειρά της προκαλεί την απελευθέρωση μικρών σε μήκος λιπαρών οξέων που οδηγούν σε ταγγισμό και μπορούν να αλληλεπιδράσουν με τις πρωτεΐνες, προκαλώντας έτσι καταστροφικά αποτελέσματα στην υφή.

Στα λαχανικά και στα φρούτα οι ενδογενείς πηκτικές μεθυλ-εστεράσες καταλύουν την αφαίρεση μεθοξυλομάδων από τις πηκτικές. Έτσι στη περίπτωση της πατάτας, αυτά τα ένζυμα προκαλούν τη δημιουργία πήγματος (gel) κατά την αποθήκευση. Άλλα υδρολυτικά ένζυμα, όπως οι χλωροφυλάσες και ανθοκυνάσες που εντοπίζονται σε όλα τα λαχανικά, προκαλούν καταστροφή των κυτταρικών τοιχωμάτων και των ιστών, αλλοιώνοντας το χρώμα των λαχανικών. Η λειτουργία τους μπορεί να ανασταλεί με λεύκανση των λαχανικών πριν την κατάψυξη.

Ο ταγγισμός, οι αλλοιώσεις στην υφή και η απώλεια χρώματος αποτελούν τις άμεσες συνέπειες της δραστηριότητας των υδρολυτικών ενζύμων. Όμως, η αύξηση της σκληρότητας και η επιτάχυνση της οξείδωσης των λιπιδίων αποτελούν έμμεσες συνέπειες εξίσου σημαντικές. Το ενζυμικό μαύρισμα προκαλείται από την ενζυμική οξείδωση των φαινολικών ενώσεων με την παρουσία ατμοσφαιρικού αέρα. Η διάρρηξη των κυτταρικών τοιχωμάτων από το σχηματισμό παγοκρυστάλλων επιτρέπει την επαφή της διφαινολικής οξειδάσης και του υποστρώματός της, ενεργοποιώντας έτσι το ενζυμικό μαύρισμα. Τα αποτελέσματα του ενζυμικού μαυρίσματος στα λαχανικά είναι εμφανή με την αλλοίωση της γεύσης, της οσμής και του χρώματος τους (N.E. Zaritzky, CIDCA, La Plata, 2003).

### 3.3.2.4 Μείωση της περιεκτικότητας της βιταμίνης C

Η βιταμίνη C είναι ένα πολύ ασταθές θρεπτικό συστατικό και παρατηρείται απώλεια αυτής κατά το βρασμό της πατάτας και στη συνέχεια κατάψυξης του πουρέ πατάτας. Για τη λύση αυτού του προβλήματος, έχουν συντελεστεί έρευνες σε φρέσκο, ψυγμένο και κατεψυγμένο πουρέ πατάτας χωρίς προσθήκη βιταμίνης C όπως και με προσθήκη βιταμίνης C τόσο σε μορφή σκόνης όσο και εγκλεισμένης. Η ψύξη πουρέ πατάτας προκάλεσε δραματική μείωση της βιταμίνης C η οποία προστέθηκε με τη μορφή σκόνης. Ενώ τα ποσοστά αυτής, ασχέτως της μεθόδου διατήρησης, παρέμειναν υψηλά, όταν προστέθηκε εγκλεισμένη (N.E. Zaritzky, CIDCA, La Plata, 2003 ; Ronan Gormley, 2008).



Σχήμα 3.6: Μελέτη της επίδρασης της επεξεργασίας του πουρέ πατάτας στο συγκέντρωση της βιταμίνης C. Όπου NVC: χωρίς προσθήκη βιταμίνης C, OVC: με προσθήκη βιταμίνης C και EVC: με προσθήκη εγκλεισμένης βιταμίνης C (Redmond et al., 2003)

### 3.3.2.5 Μικροβιακή δράση

Οι περισσότεροι μικροοργανισμοί δεν καταστρέφονται κατά τη διαδικασία της κατάψυξης και μπορούν να επιζήσουν ακόμη και αν παραμείνουν αδρανοποιημένοι κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Η επίδραση της αποθήκευσης υπό κατάψυξη στους μικροοργανισμούς εξαρτάται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους. Το κατώτερο θερμοκρασιακό όριο για βακτηριακή ανάπτυξη στα τρόφιμα είναι οι  $-10^{\circ}\text{C}$ , ενώ για τις ζύμες είναι κατά  $5^{\circ}\text{C}$  χαμηλότερο. Ειδικότερα, τα θετικά κατά gram βακτήρια είναι γενικά πιο ανθεκτικά από τα αρνητικά. Στους  $-18^{\circ}\text{C}$  πρακτικά δεν παρατηρείται καμία ανάπτυξη μικροοργανισμών. Ενδεχομένως να παρατηρείται μία μείωση του συνολικού μικροβιακού πληθυσμού, χωρίς να είναι όμως αξιόλογη για τα περισσότερα τρόφιμα, και για αυτό τα αποψυγμένα τρόφιμα είναι το ίδιο ευάλωτα με τα νωπά. Οι μικροοργανισμοί υφίστανται γενικά όμως, σοβαρότερες βλάβες, όταν διατηρούνται σε θερμοκρασίες μεταξύ  $-2$  και  $-10^{\circ}\text{C}$ , λόγω της μετουσίωσης των πρωτεϊνών τους, και ειδικά όταν βρίσκονται στη φάση εκθετικής ανάπτυξης.

Η βλάβη που επιφέρει η κατάψυξη στα κύτταρα μπορεί να αποδοθεί είτε στην εμφάνιση ωσμωτικών φαινομένων (κατά την επιβολή χαμηλών ρυθμών κατάψυξης) που οδηγούν σε συρρίκνωση των κυττάρων και κατάψυξη του εξωκυτταρικού νερού, είτε στην

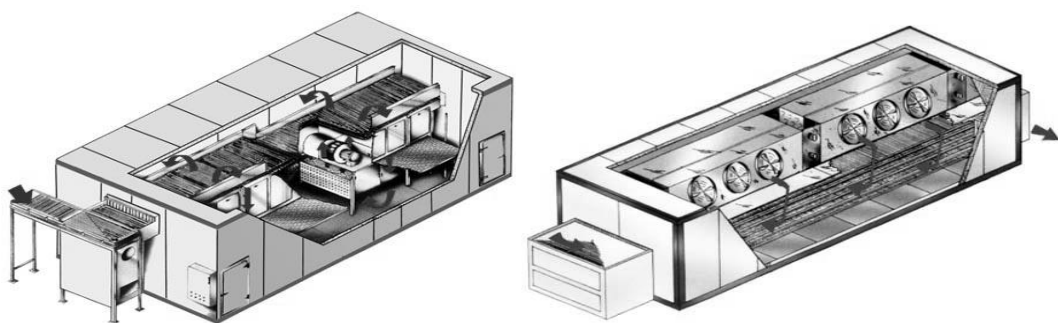
αφυδάτωσή τους, η οποία, λόγω της μεταβολής της συγκέντρωσης των διαλυμάτων, προκαλεί αποικοδόμηση των βιολογικών μακρομορίων και των συστατικών των μεμβρανών τους. Στην περίπτωση που εφαρμόζονται πιο υψηλοί ρυθμοί κατάψυξης δεν παρατηρείται μεν μεταφορά εσωκυτταρικού νερού διαμέσου της κυτταρικής μεμβράνης, η δομή και η λειτουργία της όμως επιβαρύνονται από το σχηματισμό κρυστάλλων πάγου στο εσωτερικό των κυττάρων (Ronan Gormley, 2008).

### 3.4 Τεχνολογία κατάψυξης τροφίμων

Κατά καιρούς έχουν προταθεί διάφορα συστήματα για την κατάψυξη των τροφίμων, όλα όμως βασίζονται στην ίδια αρχή, την τοποθέτηση του προϊόντος σε επαφή με ένα ψυχρό περιβάλλον. Το ψύχος παράγεται είτε μέσω μηχανικού συστήματος ψύξης είτε με χρήση υγροποιημένων αερίων με χαμηλό σημείο ζέσης (συνήθως κάτω των  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) και μεταφέρεται στο προϊόν είτε με άμεση επαφή ή έμμεσα (αγωγή ή μεταφορά) για παράδειγμα υγρό άζωτο. Εκτός από το χρησιμοποιούμενο σύστημα, σημαντική επίδραση στην κατάψυξη έχει το μέγεθος του προϊόντος. Το ποσό θερμότητας που πρέπει να αφαιρεθεί εξαρτάται από τον όγκο του, ενώ ο ρυθμός απομάκρυνσής της αποτελεί συνάρτηση της επιφάνειας του τροφίμου και των χαρακτηριστικών μεταφοράς θερμότητας του καταψύκτη (τύπος καταψύκτη).

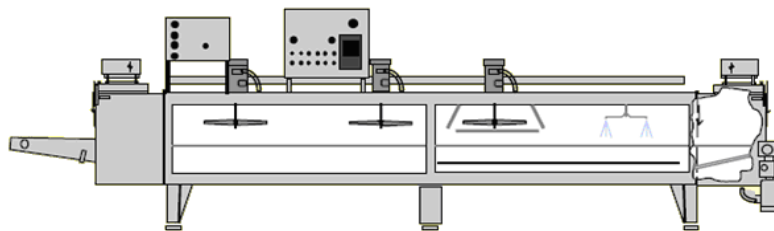
Τα διάφορα συστήματα κατάψυξης διαφοροποιούνται ως προς τον επιτυγχανόμενο ρυθμό κατάψυξης. Έτσι, με βάση το ρυθμό κατάψυξης, ο εξοπλισμός διακρίνεται ως: (α) καταψύκτες χωρίς κυκλοφορία αέρα και θάλαμοι κατάψυξης (αργός ρυθμός), (β) καταψύκτες με κυκλοφορία αέρα, σήραγγας και πλάκας (μέτριος ρυθμός), (γ) καταψύκτες ρευστοποιημένης κλίνης, εμβάπτισης και αποξεόμενης επιφάνειας (ταχύς ρυθμός) ή (δ) κρυογονικοί καταψύκτες (υπερταχύς ρυθμός). Η επιλογή του εξοπλισμού κατάψυξης πρέπει να γίνεται με βάση τον απαιτούμενο ρυθμό κατάψυξης, το μέγεθος, τη μορφή και τις ανάγκες συσκευασίας των τροφίμων όπως και τις απαιτήσεις της παραγωγικής διαδικασίας (ασυνεχής ή συνεχής λειτουργία).

Διάφοροι τρόποι έχουν μελετηθεί για την κατάψυξη του πουρέ πατάτας σε βιομηχανική κλίμακα και η επιλογή βασίζεται στις φυσικές και χημικές μεταβολές που προκαλεί ο καθένας, όπως δόθηκε παράδειγμα για τη μείωση του ποσοστού της βιταμίνης C, καθώς επίσης και το λειτουργικό κόστος. Οι καταψύκτες που έχουν μελετηθεί παρουσιάζονται στα σχήματα:



Σχήμα 3.7: Καταψύκτες σήραγγας ή πλάκας





Σχήμα 3.8: Κρυογονικός καταψύκτης (με χρήση υγρού αζώτου)

### 3.5 Απόψυξη

Η απόψυξη αποτελεί πιο αργή διαδικασία σε σχέση με την κατάψυξη, λόγω της διαφοράς θερμικής αγωγιμότητας μεταξύ νερού και πάγου (του πάγου είναι κατά τέσσερις φορές μικρότερη του νερού). Η επιτάχυνση της απόψυξης με χρήση θερμού αέρα μπορεί να προκαλέσει την ανάπτυξη μικροοργανισμών στα επιφανειακά στρώματα των προϊόντων και να παρεμποδίσει τη συγκράτηση του αποψυχθέντος νερού, δημιουργώντας το φαινόμενο της απώλειας υγρασίας/χυμών, με αρνητικές συνέπειες στα θρεπτικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων (Ronan Gormley, 2008).

Πρόσφατα έχει μελετηθεί και η χρήση μικροκυμάτων για την απόψυξη του πουρέ πατάτας, μέθοδος που είναι γρήγορη και θεωρείται λιγότερο καταστρεπτική για αρκετά τρόφιμα, επειδή η ενέργεια δεν μεταφέρεται με αγωγή μεταξύ των διαφόρων στρωμάτων του τροφίμου. Στο βιομηχανικό προϊόν κατεψυγμένου πουρέ πατάτας προτείνεται ακόμη η απόψυξη του σε θερμό λουτρό (bain- marie, όχι όμως σε νερό που βράζει, μέθοδος επίσης λιγότερο καταστρεπτική (Redmond et al., 2001).

### 3.6 Παράμετροι ελέγχου της ποιότητας κατεψυγμένων τροφίμων

Οι παράμετροι εκείνες οι οποίες επηρεάζουν την ποιότητα και την ασφάλεια των κατεψυγμένων προϊόντων μπορούν να χωριστούν σε παραμέτρους ποιότητας που αφορούν την κατανάλωση όπως η γεύση, η υφή, το άρωμα, το χρώμα, την εμφάνιση και σε εκείνες τις παραμέτρους που αφορούν την ασφάλεια και σχετίζονται με το μικροβιακό φορτίο.

Τα κατεψυγμένα έτοιμα προϊόντα είναι πολυσύνθετα και περίπλοκα συστήματα καθώς περιλαμβάνουν ευρεία ποικιλία συστατικών. Η ποιότητα του καθενός από αυτά τα συστατικά μπορεί να επηρεαστεί από το χρόνο και τη θερμοκρασία αποθήκευσης και σε διαφορετικό βαθμό με βάση την κινητική των αντιδράσεων που προκαλούν την καταστροφή του χρώματος, των βιταμινών, των λιπαρών του τροφίμου καθώς επίσης και τις αλλαγές στη δραστηριότητα των ενζύμων.

### 3.6.1 Οργανοληπτικοί παράμετροι: άρωμα-γεύση (flavour), χρώμα, υφή

Τα τρόφιμα όπως τα λαχανικά αντιμετωπίζονται ευνοϊκότερα από τους καταναλωτές όταν είναι ψυγμένα και όχι κατεψυγμένα τόσο από οργανοληπτική όσο και από θρεπτική άποψη. Κατά τη διάρκεια της κατάψυξης ο σχηματισμός παγοκρυστάλλων οδηγεί σε ανεπιθύμητες αλλαγές στην υφή των τροφίμων όπως αύξηση της σκληρότητας και της κολλώδους αίσθησης. Η ταχεία κατάψυξη συμβάλλει στην καλύτερη διατήρηση της ποιότητας στην υφή.

Η καταστροφή των κυττάρων μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με χρήση ταχείας κατάψυξης, χαμηλή θερμοκρασία αποθήκευσης και αργή απόψυξη. Στα τρόφιμα που ο σχηματισμός τους βασίζεται σε ζελατινοποίηση του αμύλου, όπως ο πουρές πατάτας, η μέθοδος που εφαρμόζεται για τη διατήρηση της υφής είναι η χρήση κρυσταλλοπροστατευτικών υλικών, ώστε να ελεγχθούν τα φαινόμενα της μετανάστευσης υγρασίας και αναδιαμόρφωσης του αμύλου, τα οποία είναι πολύ επιζήμια στην υφή του αποψυγμένου προϊόντος.

Οι πιο συχνές χημικές μεταβολές που σχετίζονται με τη μείωση της ποιότητας στα κατεψυγμένα τρόφιμα είναι οι αντιδράσεις που παράγουν ανεπιθύμητες οσμές και γεύσεις, που αλλοιώνουν το χρώμα, προκαλούν ενζυμικό μαύρισμα και οξείδωση των λιπιδίων. Γι' αυτό το λόγο συνιστάται η λεύκανση των λαχανικών πριν τη χρήση τους, ώστε να αποφευχθούν τέτοιες αντιδράσεις. Επίσης, τα μη λευκασμένα λαχανικά παρουσιάζουν αλλοίωση του αρώματος/γεύσης τους λόγω της δράσης των ενζύμων λιπάση και λιποξυγενάση (N.E. Zaritzky, CIDCA, La Plata, 2000).

Τα συστήματα τροφών που η δημιουργία τους βασίζεται στην ζελατινοποίηση του αμύλου, παρατηρούνται διαφορές στην υφή πριν και μετά την κατάψυξη λόγω της αναδιαμόρφωσης του αμύλου. Τα πηγματα αμύλου είναι μετασταθή συστήματα και ως εκ τούτου υφίστανται δομικές μεταβολές κατά την αποθήκευση και την επεξεργασία τους. Τα μόρια του αμύλου επανενώνονται ανάλογα με τις ελκτικές δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ των υδροξυλομάδων της αμυλόζης και της αμυλοπηκτινής που αποτελούν τα δομικά συστατικά των αλυσίδων του αμύλου. Οι μεταβολές αυτές στην υφή μειώνουν την αποδοχή των καταναλωτών. Γι' αυτό το λόγο στα αμυλούχα τρόφιμα συνιστάται ο υψηλός ρυθμός κατάψυξης και η αποθήκευση σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Η χρήση των υδροκολλοειδών συνιστάται ιδιαίτερα στη βιομηχανία τροφίμων, στα αμυλούχα τρόφιμα κυρίως, προκειμένου να περιοριστεί το φαινόμενο της συναιρέσης και η ανάπτυξη των κρυστάλλων πάγου πέρα από την παραδοσιακή χρήση τους ως σταθεροποιητές. Η προσθήκη κόμμεος ξανθάνης μειώνει τα φαινόμενα της μετανάστευσης υγρασίας και αναδιαμόρφωσης του αμύλου και αποτρέπει το σχηματισμό σπογγώδους δομής ακόμα και σε υψηλές σχετικά θερμοκρασίες αποθήκευσης. Αυτό οφείλεται στην αλληλεπίδραση αμυλόζης-υδροκολλοειδούς που ανταγωνίζεται την αλληλεπίδραση αμυλόζης-αμυλόζης και έτσι αναστέλλεται η αναδιαμόρφωση του αμύλου. Όμως η ξανθάνη δεν μεταβάλλει το αποτέλεσμα της αναδιαμόρφωσης, όταν αυτή συντελείται καθότι η αμυλοπηκτινή παραμένει δομικό συστατικό των αλυσίδων του αμύλου (Alvarez et al., 2008).

### 3.6.2 Θρεπτικές παράμετροι

Σε γενικές γραμμές, η κατάψυξη θεωρείται μέθοδος η οποία παρέχει ένα προϊόν με συγκρίσιμη διατροφική ποιότητα με το αντίστοιχο νωπό. Έρευνες έχουν αποδείξει ότι είναι λιγότερο καταστροφική απ' ό τι άλλες μέθοδοι συντήρησης. Προσοχή πρέπει να δοθεί στο ότι όταν συγκρίνεται η θρεπτική αξία νωπών και κατεψυγμένων προϊόντων, η μελέτη αυτή να γίνεται στο φρέσκο και όχι στο μαγειρεμένο τρόφιμο/λαχανικό, διότι το μαγείρεμα προκαλεί ποικίλες μεταβολές.

Αρκετά ακόρεστα λιπαρά θεωρείται πως έχουν ευεργετική θρεπτική δράση. Όμως αποτελούν και υποστρώματα για την οξείδωση των λιπιδίων και μειώσεις στο ποσοστό τους παρατηρούνται σε όλα τα κατεψυγμένα τρόφιμα.

Η μείωση στο ποσοστό των βιταμινών κατά την κατάψυξη, συγκρινόμενη με τη μετουσίωση των πρωτεϊνών και την οξείδωση των λιπιδίων έχει γενικά πιο σημαντική επίδραση στη θρεπτική αξία. Οι απώλειες σε ασκορβικό οξύ αποδίδεται σε οξειδωτικούς μηχανισμούς κατά την αποθήκευση. Κατά την κατάψυξη, οι πιο ευπαθείς βιταμίνες είναι οι B,C, B1, B2 οι οποίες αποτελούν δείκτες της ποιότητας των τροφίμων. Ωστόσο το ποσοστό μείωσης είναι πολύ μικρότερο σε σχέση με το αντίστοιχο κατά τη διάρκεια της ψύξης. Από μελέτες δεν έχει προκύψει ειδική επίδραση της διακυμάνσης της θερμοκρασίας όσον αφορά τη βιταμίνη B (Wenceslao et al., 2006).

### 3.6.3 Μικροβιολογία κατεψυγμένων προϊόντων

Ο κύριος στόχος της κατάψυξης ως μέθοδος συντήρησης είναι η επιμήκυνση του χρόνου αποθήκευσης των προϊόντων με την αναστολή ή την καθυστέρηση της ανάπτυξης των μικροβίων. Επίσης, μπορεί να προκαλέσει ακόμη και θανάτωση ορισμένων μικροοργανισμών, όμως η διαδικασία αυτή είναι πολύ αργή και εξαρτάται από το τρόφιμο. Η κατάψυξη δεν προκαλεί μειώσεις του μικροβιακού φορτίου, για το λόγο αυτό η υγιεινή και η ασφάλεια κατά την παρασκευή του τροφίμου είναι πολύ σημαντικές.

Η μετανάστευση υγρασίας και ο σχηματισμός κρυστάλλων στην επιφάνεια του τροφίμου μπορεί να επιταχύνει τον πολλαπλασιασμό των μικροβίων.

Η κατάψυξη είναι μία σημαντική μέθοδος για τη διατήρηση των τροφίμων από μικροβιολογική άποψη. Τα επιζήμια αποτελέσματα αυτής στους μικροοργανισμούς σχετίζονται με το θερμικό σοκ, την αφυδάτωση και τον εσωτερικό σχηματισμό πάγου που προκαλούν στα κύτταρα αυτών. Έρευνες έχουν δείξει ότι η βλάβη που προκαλείται στους μικροοργανισμούς οφείλεται κυρίως στην αφυδάτωση των λιπιδίων που δομούν τις κυτταρικές μεμβράνες προκαλώντας έτσι τη ρήξη τους. Η ταχεία κατάψυξη ευνοεί την επιβίωση των μικροβίων. Το ποσοστό μείωσής τους είναι γενικά υψηλό κατά τα αρχικά στάδια της κατάψυξης και στη συνέχεια μειώνεται με το χρόνο. Η ευαισθησία τους στην κατάψυξη εξαρτάται από τη φυσιολογία των κυττάρων των μικροοργανισμών. Η αύξηση του ποσοστού των ακόρεστων λιπαρών οξέων θεωρείται ένας από τους λόγους που

αυξάνουν την αντοχή των μικροοργανισμών στην κατάψυξη (N.E. Zaritzky, CIDCA, La Plata, 2000).

### **3.7 Βελτιστοποίηση της ποιότητας κατά την κατάψυξη**

Η κατάψυξη είναι μία από τις καλύτερες μεθόδους για τη συντήρηση των τροφίμων. Η μετατροπή του νερού στα τρόφιμα σε κρυστάλλους πάγου αναστέλλει τη δραστηριότητα του νερού.

Η επιλογή των κατάλληλων συνθηκών για την κατάψυξη και απόψυξη του προϊόντος είναι καταλυτικής σημασίας για τη διατήρηση της ποιότητας και των χαρακτηριστικών του φρέσκου στο κατεψυγμένο προϊόν. Η κατάψυξη μπορεί να επιτύχει τη διατήρηση των ιδιοτήτων αυτών σε τέτοιο βαθμό, ώστε να υπερέχει από οποιαδήποτε άλλη μέθοδο. Η υποβάθμιση των χαρακτηριστικών όμως δεν μπορούν να ανασταλεί επί αόριστον καθώς αποτελεί συνεχή και μη αναστρέψιμη διεργασία. Οι φυσικές και βιοχημικές δραστηριότητες συνεχίζουν και κάτω από τους  $-18^{\circ}\text{C}$  αλλά οι ρυθμοί των αντιδράσεων σε αυτές τις χαμηλές θερμοκρασίες έχουν μικρή πρακτική σημασία κατά τη διάρκεια της εμπορικής ζωής του έτοιμου προϊόντος.

Βασική παράμετρος αποδεκτότητας του κατεψυγμένου προϊόντος είναι τα χαρακτηριστικά του φρέσκου τα οποία θα πρέπει να είναι εφάμιλλα με τα χαρακτηριστικά του αποψυγμένου προϊόντος. Καμία μέθοδος συντήρησης δεν βελτιώνει τις εγγενείς ιδιότητες ενός συστήματος τροφίμου, μπορεί όμως να αποτελέσει ένα αποτελεσματικό τρόπο για τη διατήρηση αυτών με την πάροδο του χρόνου.

Η πρόκληση της διεργασίας της κατάψυξης είναι να επιτευχθεί με τη χρήση κατάλληλων κρυοπροστατευτικών υλικών η μείωση του ρυθμού των φυσικοχημικών αντιδράσεων που όπως αναφέρθηκε προκαλούν φυσικοχημικές μεταβολές στα τρόφιμα. Τα κρυοπροστατευτικά υλικά θα πρέπει να επιλέγονται βάσει των ιδιοτήτων τους και της συνεργιστικής τους δράσης. Τέλος, καθοριστικό ρόλο παίζει η σταθερότητα της θερμοκρασίας αποθήκευσης και η επιλογή των κατάλληλων υλικών συσκευασίας (Alvarez et al., 2009; Genevieve Blond and Martine Le Meste, 2004).

## 4 Ουσίες με κρυοπροστατευτική δράση

Η απόδοση ορισμού στα κρυοπροστατευτικά υλικά είναι αρκετά δύσκολη καθότι καθένα από αυτά αναστέλλει με το δικό του τρόπο (αναλόγως με τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του) τα επιζήμια φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα κατά τα στάδια της κατάψυξης και απόψυξης των καταψυγμένων προϊόντων όπως της πατάτας. Επομένως ως κρυοπροστατευτικό υλικό μπορεί να θεωρηθεί εκείνο το οποίο αναστέλλει τα φαινόμενα της ζελατινοποίησης και της συσσωμάτωσης των κόκκων του αμύλου (που λαμβάνουν χώρα κατά τη θερμική κατεργασία των τροφίμων) και της αναδιαμόρφωσης του αμύλου και της συναίρεσης (που λαμβάνουν χώρα κατά την κατάψυξη αυτών).

Η χρήση κρυοπροστατευτικών υλικών σε κατεψυγμένα προϊόντα πατάτας είναι καθοριστικής σημασίας για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά και το χρόνο ζωής των προϊόντων αυτών. Μίγματα αμύλου με μη αμυλούχα υδροκολλοειδή, όπως καραγεννάνες, κόμμι ξανθάνης, με πρεβιοτικούς παράγοντες όπως η ινουλίνη, χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων ευρέως καθότι αναστέλλουν τη ζελατινοποίηση του αμύλου, τροποποιούν το ιξώδες, τις ρεολογικές ιδιότητες και την αναδιαμόρφωση του αμύλου των σχηματιζόμενων πηγμάτων. Κατά τη θερμική επεξεργασία τροφίμων που περιέχουν φυσικό άμυλο τα επιζήμια φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα είναι η ζελατινοποίηση του αμύλου και η συσσωμάτωση των κόκκων αυτού, που με τη σειρά τους τα επιζήμια αυτά φαινόμενα αλλάζουν τη δομή των κόκκων και του ιξώδους του δείγματος. Κατά την κατάψυξη αυτών παρατηρείται αναδιαμόρφωση των αλυσίδων αμύλου και μεγάλη αύξηση του ιξώδους.

Ο πουρές πατάτας επιδέχεται κατάψυξη, διότι με τη χρήση κατάλληλων ουσιών έχει το πλεονέκτημα της επιμήκυνσης του χρόνου αποδεκτότητας του έτοιμου προϊόντος ενώ η παραγωγή και η διανομή του επίσης μπορεί να γίνει εύκολα και με ασφάλεια για την υγεία των καταναλωτών.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω οι πολυσακχαρίτες/υδροκολλοειδή αποτελούν τα κατ'εξοχήν κρυοπροστατευτικά υλικά που χρησιμοποιούνται σε κατεψυγμένα αμυλούχα προϊόντα συνεπώς και στον πουρέ πατάτας. Η κρυοπροστατευτική τους δράση αποτέλεσε και συνεχίζει να αποτελεί αντικείμενο έρευνας και πρόσφατα γίνονται και προσπάθειες ενσωμάτωσης διαιτητικών ινών και πρεβιοτικών παραγόντων όπως η ινουλίνη καθώς αυτοί βελτιώνουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος και το καθιστούν πιο ελκυστικό στο κοινό που επιζητά πιο υγιεινή διατροφή.

Τέλος, οι εκτιμήσεις δείχνουν πως η κατανάλωση λειτουργικών τροφίμων στην Ευρώπη θα αυξηθεί αρκετά και ενδέχεται να φτάσει το 5% των συνολικών τροφίμων και ποτών που πωλούνται στις υπεραγορές μέσα στην επόμενη δεκαετία (Menrad, 2003).

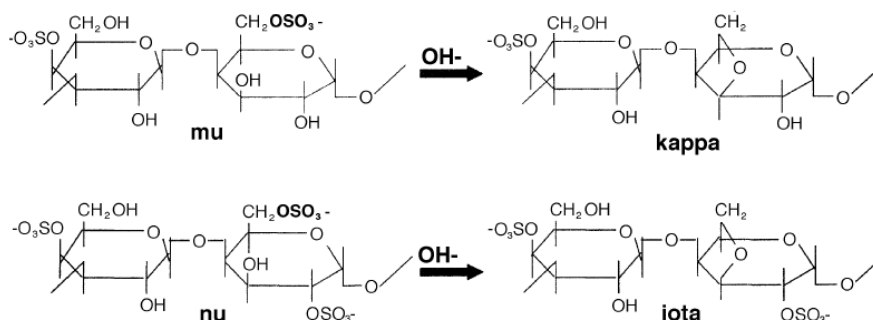
## 4.1 Πολυσακχαρίτες

### 4.1.1 Καραγεννάνη

Η καραγεννάνη είναι ένας φυσικός πολυσακχαρίτης, ο οποίος γεμίζει τα κενά της κυτταρικής δομής των φυτών. Προέρχεται κυρίως από κόκκινα φύκη όπως το: *E.cottonii*, *Chondrus crispus*, *Gigartina*. Διακρίνεται σε τρεις κύριες μορφές: γιώτα (ι), λάμδα (λ) και κάππα (κ) καραγεννάνη. Οι καραγεννάνες αποτελούν μία πολύ βασική ομάδα υδροκολλοειδών λόγω των διαφορετικών λειτουργικών τους ιδιοτήτων όπως η βελτιστοποίηση των χαρακτηριστικών υφής, η συνέργεια με πρωτεΐνες και άλλα βιοπολυμερή, η δημιουργία θερμικά αντιστρεπτών πηγμάτων κτλ.

#### 4.1.1.1 Δομή

Η καραγεννάνη είναι ένα γραμμικό βιοπολυμερές που αποτελείται από μονομερή D-γαλακτόζης και 3,6-ανδρογαλακτόζης συνδεδεμένα με α-(1-3) και β-(1-4) γλυκοζιτικούς δεσμούς τα οποία μπορεί να είναι σουλφωμένα ή και μη. Τα διάφορα είδη της προκύπτουν από την αλκαλική κατεργασία πρόδρομων ενώσεων, που ονομάζονται mu και nu καραγεννάνες. Σε γενικές γραμμές τα διάφορα είδη της διαφέρουν ως προς την 3,6-ανδρογαλακτόζη και τον περιεχόμενο θειικό εστέρα. Οι διαφορές αυτές επηρεάζουν τη λειτουργικότητα των διάφορων μορφών. Το μέσο μοριακό βάρος της καραγεννάνης είναι MB=400000-560000.



Σχήμα 4.1: Δομή της ι- & κ- καραγεννάνης (Imeson, 2000)

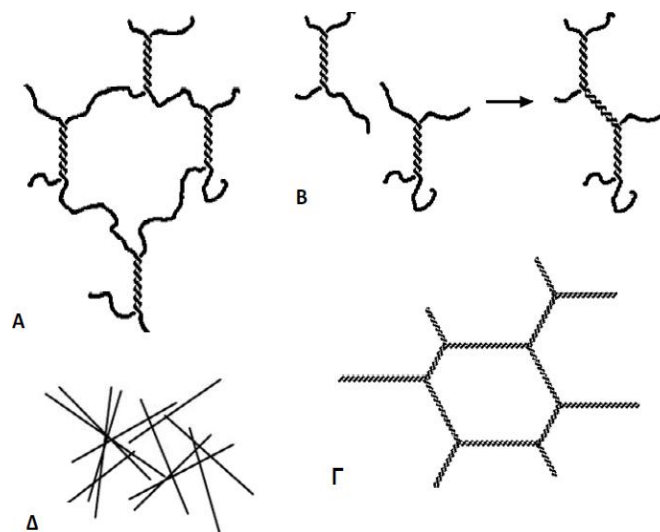
Η καραγεννάνη είναι διαλυτή σε πολύ πολικούς διαλύτες καθώς επίσης και στο νερό. Η διασπορά και η τυρβώδης ανάδευση είναι απαραίτητη, ώστε να μην δημιουργηθούν θρόμβοι και διάλυμα με μεγάλο ιξώδες. Η διασπορά μπορεί να γίνει στη θερμοκρασία σχηματισμού του πηγματος και στη συνέχεια να ακολουθήσει η διάλυσή της με αύξηση της θερμοκρασίας στους 60-80°C. Η παρουσία κατιόντων Na συμβάλλει στην αύξηση της διαλυτότητας της κ-καραγεννάνης σε κρύο νερό, ενώ η παρουσία ανιόντων Ca και K ελαττώνει σημαντικά τη διαλυτότητά της.

Τα υδατικά διαλύματα που δημιουργεί παρουσιάζουν ψευδοπλαστική συμπεριφορά, ως αποτέλεσμα της ικανότητάς της να διατάσσεται από την τυχαία σπειροειδή στη διεύθυνση ροής. Όσο αυξάνεται η συγκέντρωσή της και το μοριακό της βάρος απομακρύνεται από τη νευτώνική συμπεριφορά. Γενικά, το ιξώδες των υδατικών της

διαλυμάτων αυξάνεται με αύξηση της συγκέντρωσης, του βαθμού σουλφόνωσης και του μοριακού της βάρους καθώς και με τη μείωση της θερμοκρασίας και των περιεχόμενων ιόντων του διαλύματος. Η λ-καραγεννάνη δημιουργεί γενικά πιο ιξώδη διαλύματα.

Τα θερμά διαλύματα της κ-καραγεννάνης είναι γνωστά για την ικανότητα σχηματισμού πήγματος κατά τη θέρμανση στους 40-60°C. Τα πήγματα που δημιουργεί είναι θερμικά αντιστρεπτά και παρουσιάζουν το φαινόμενο της υστέρησης (διαφορετική θερμοκρασία σχηματισμού και τήξης του πήγματος). Είναι σταθερά σε θερμοκρασία δωματίου, ενώ μπορούν να τακούν σε θερμοκρασία κατά 5-20°C μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία που σχηματίστηκαν. Η κ-καραγεννάνη σχηματίζει γενικά εύθρυπτα και συνεκτικά πήγματα, ενώ η ι-καραγεννάνη πιο ελαστικά. Η παρουσία αλάτων και ιόντων στο διάλυμα επηρεάζουν την ενυδάτωση της κ-καραγεννάνης καθώς και τη θερμοκρασία σχηματισμού και πήξης του πήγματος. Για παράδειγμα με την προσθήκη κατιόντων Κ σε διάλυμα κ-καραγεννάνης αυξάνεται η θερμοκρασία ενυδάτωσης και σχηματισμού του πήγματος.

Παρακάτω φαίνονται οι μηχανισμοί δημιουργίας πήγματος κ-καραγεννάνης:



Σχήμα 4.2: Μηχανισμοί δημιουργίας πήγματος κ-καραγεννάνης (Picullel, 2006)

Όπου Α: μορφή συρματοπλέγματος, Β: τετραλειτουργική ελικοειδής μορφή, Γ: ινώδες πλέγμα, Δ: γραμμικό πλέγμα

Οι μηχανισμοί που περιγράφουν τη δημιουργία πήγματος στην περίπτωση της κ-καραγεννάνης βασίζονται σε τέσσερις διαφορετικές διαμορφώσεις κατά την αλληλοσύνδεση των μορίων της. Πιο συγκεκριμένα, αυτή έχει την ικανότητα διαμόρφωσης σε μορφή διπλής έλικας δημιουργώντας τρισδιάστατα δίκτυα από αλληλοσυνδεόμενες έλικες. Όπως φαίνεται στο σχήμα 4.2 μπορεί να δημιουργήσει με τις αλυσίδες της συρματοπλέγμα, συνδεόμενες ανά δύο με τετραλειτουργική ελικοειδή μονάδα, ινώδες πλέγμα καθώς και γραμμικά πλέγματα. Μελέτες έχουν δείξει πως κατά τη δημιουργία πήγματος δεν κυριαρχεί αποκλειστικά μία μόνο από αυτές, αλλά μίγματα τους ανάλογα με την ιοντική ισορροπία και τη θερμοκρασία του διαλύματος. Λόγω του διαχωρισμού των φάσεων στα διαλύματα κ-καραγεννάνης, τα διαλύματα εμφανίζουν αυξημένη σκληρότητα και συνοχή καθώς

ευνοείται η δημιουργία περιοχών στις οποίες συσσωματώνονται αδιάλυτες υπερέλικες που αυξάνουν τη σταθερότητα. Επίσης τα πηγάδια κ-καραγεννάνης εμφανίζουν αυξημένη τάση συναίρεσης, λόγω ασυμβατότητας των εμπλουτισμένων σε υπερέλικες περιοχών με την κύρια υδατική φάση (Imeson, 2000 ;Picculell, 2006; Therkelsen, 1993 ;Viebke et al., 1994; Meunier et al., 1999; Alvares et al., 2009).

## 4.1.2 Κόμμι ξανθάνης

Η ξανθάνη είναι ένας εξωκυτταρικός πολυσακχαρίτης που εκκρίνεται από το μικροοργανισμό *Xanthomonas campestris* ο οποίος βρίσκεται στα φύλλα των φυτών της οικογένειας κράμβης. Βιομηχανικά η ξανθάνη παρασκευάζεται από την αερόβια ζύμωση υποστρώματος γλυκόζης, πηγών αζώτου και ιχνοστοιχείων, παστερίωση του υποστρώματος, καταβύθιση της ξανθάνης με ισοπροπυλική αλκοόλη και τελικά καθαρισμό, ξήρανση και άλεση του στερεού υπολείμματος-προϊόντος.

### 1.1.2.1. Δομή

Η ξανθάνη αποτελείται από μία γραμμική ανθρακική αλυσίδα από μόρια D-γλυκόζης συνδεδεμένα με β-(1-4) γλυκοζιτιδικούς δεσμούς. Σε κάθε τρίτο άτομο άνθρακα συνδέεται μία πλευρική τρισακχαριτική αλυσίδα αποτελούμενη από μία ομάδα γλυκουρονικού οξέος συνδεδεμένη χωριστά με δεσμούς (1-4) και (1-2) με δύο μόρια μαννόνης. Το μέσο μοριακό βάρος κυμαίνεται από MB=300000-750000 ανάλογα με τη μορφή του μορίου της, απλή ή διπλή έλικα.

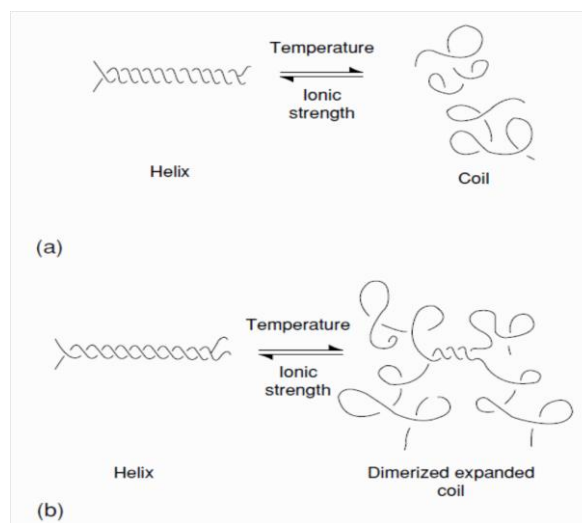
Η ξανθάνη διαλύεται εύκολα σε ψυχρό και θερμό νερό, παρέχοντας διαλύματα με μεγάλα ιζώδη, ακόμη και αν βρίσκεται σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις. Λόγω της μεγάλης αύξησης του ιζώδους, η καλή διασπορά, ο ρυθμός ανάδευσης, η σύσταση και η φύση του διαλύτη πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την αποφυγή δημιουργίας θρόμβων.

Τα υδατικά διαλύματα ξανθάνης παρουσιάζουν ψευδοπλαστική συμπεριφορά. Η συμπεριφορά αυτή προέρχεται από την ικανότητα των μορίων της να συγκεντρώνονται μέσω δημιουργίας δεσμών υδρογόνου και πολυμερών ελικοειδών διαμορφώσεων. Σε χαμηλούς ρυθμούς διάτμησης τα μόρια της ξανθάνης σχηματίζουν γραμμικά διατεταγμένες διμερείς έλικες οι οποίες αυξάνουν τη συνοχή του διαλύματος. Με την αύξηση του ρυθμού διάτμησης παρουσιάζεται μετάβαση από την ελικοειδή-κανονική διαμόρφωση των μορίων της σε μία τυχαία σπειροειδή ή διμερή σπειροειδή-ελικοειδή διαμόρφωση που έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του ιζώδους και την αύξηση της θιξοτροπικής συμπεριφοράς. Η μετάβαση από την κανονική στην τυχαία διαμόρφωση της ξανθάνης είναι αντιστρεπτή και εκτός από τη διάτμηση, η θερμοκρασία και η ιοντική ισχύς του διαλύματος διαδραματίζουν καθοριστικό παράγοντα. Πιο συγκεκριμένα η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί ολική ή μερική αποδιπλωση της διπλής έλικας της ξανθάνης και μετάβαση σε μία τυχαία σπειροειδή ή εκτεταμένη διμερή ελικοειδή-σπειροειδή διαμόρφωση.



Το κόμμα ξανθάνης διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο ως σταθεροποιητής σε κατεψυγμένα προϊόντα λαχανικών και επιδορπίων γάλακτων, διότι αναστέλλει τη δημιουργία και την επιμήκυνση κρυστάλλων νερού, επιμηκύνοντας έτσι το χρόνο ζωής των προϊόντων, προστατεύοντάς τα ακόμη και από τις διακυμάνσεις θερμοκρασίας κατά τη διανομή και παρατεταμένη αποθήκευσή τους. Αξίζει να σημειωθεί, έχει βρεθεί από έρευνα, πως τα δείγματα φρέσκου πουρέ που περιείχαν ξανθάνη σημείωσαν μεγαλύτερες βαθμολογίες από τα φρέσκα χωρίς την προσθήκη οιοδήποτε σταθεροποιητή (Morris, 2006; Sworn, 2000; Kang & Pettitt 1993; Alvarez et al., 2009).

Στο σχήμα 4.3 φαίνονται οι αλλαγές στη διαμόρφωση της ξανθάνης. Όπου α: μετάβαση από διπλή έλικα σε τυχαία σπείρα και β: μετάβαση από διπλή έλικα σε διμερή ελικοειδή-σπειροειδή διαμόρφωση:



Σχήμα 4.3: Αλλαγή στη διαμόρφωση της ξανθάνης λόγω μεταβολής της θερμοκρασίας και της ιοντικής ισχύος της λόγω διάλυσης (Morris, 2006)

### 4.1.3 Χιτοζάνη

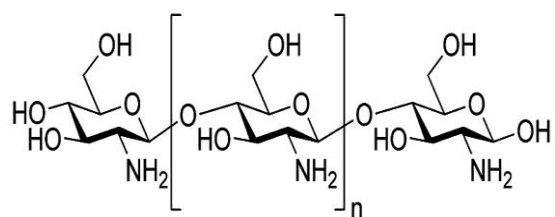
Ο όρος χιτοζάνη προέρχεται από την ελληνική «χιτώνας» και χρησιμοποιήθηκε πρώτη φορά από τον Bradconnot το 1811. Η χιτοζάνη είναι το δεύτερο πιο άφθονο βιοπολυμερές/πολυσακχαρίτης στη φύση μετά την κυτταρίνη. Αποτελείται από 2-ακετο-αμιδο-2-δεοξυ-γλυκόζη (N-ακετυλογλυκοζαμίνη) και αποτελεί το κύριο παράγωγο της χιτίνης. Η χιτίνη είναι το κύριο δομικό συστατικό του εξωσκελετού των ασπόνδυλων και των κυτταρικών τους τοιχωμάτων. Επειδή η διάσπαση της χιτίνης με φυσικό τρόπο είναι πολύ αργή στα απόβλητα των οστρακοειδών η συσσώρευση μεγάλων αποβλήτων από την επεξεργασία των καρκινοειδών έχει δημιουργήσει έντονο πρόβλημα στον κλάδο μεταποίησης θαλασσινών.

Η χιτίνη και η απακετυλιωμένη της μορφή, η χιτοζάνη, έχουν βρεθεί στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος τις τελευταίες δεκαετίες, λόγω των πιθανών δυνατοτήτων τους σε ένα ευρύ φάσμα βιομηχανικών εφαρμογών όπως στη μεταποίηση γεωργικών προϊόντων, στο

φιλτράρισμα του νερού, στην αυτοκινητοβιομηχανία και στην ιατρική. Ωστόσο, ελάχιστη προσοχή έχει δοθεί στην εφαρμογή αυτών των βιοπολυμερών στα τρόφιμα.

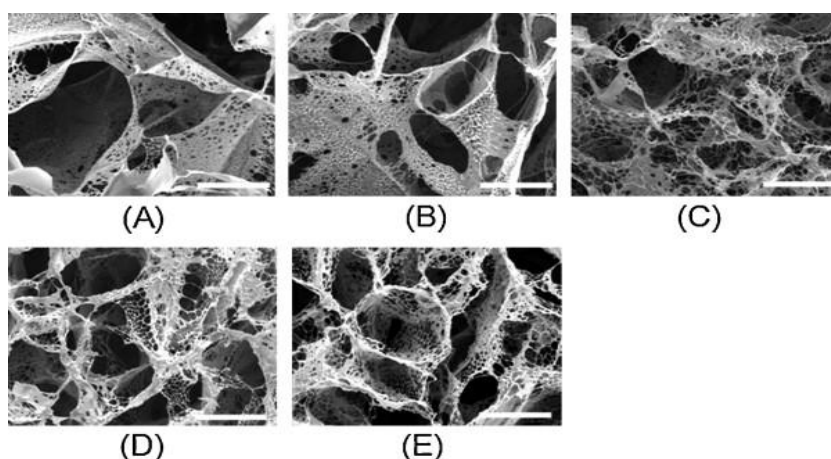
Πρόσφατες μελέτες όμως, απέδειξαν τη μη τοξική της φύση, την αντιμικροβιακή και αντιοξειδωτική της δράσης, τη βιοσυμβατότητά της με άλλα συστατικά όπως τις βιταμίνες A,B,E,B1,B2 κ.α. και ιχνοστοιχεία και την κατέστησαν ελκυστική ως φυσική προσθετική ουσία στα τρόφιμα όπου και χρησιμοποιείται ιδιαίτερα ως επικαλυπτική μεμβράνη. Οι επικαλυπτικές μεμβράνες που έχουν ως βάση τη χιτοζάνη μειώνουν την απώλεια υγρασίας, την αλλοίωση του χρώματος και προστατεύουν από μικροβιακές επιμολύνσεις τα επικαλυμμένα προϊόντα. Η αντιμικροβιακή της δράση εντοπίζεται κυρίως ενάντια σε πολλά βακτήρια και μύκητες.

Η αποτελεσματικότητά της ως αντιμικροβιακό έγκειται σε πολλούς παράγοντες όπως το είδος του μικροοργανισμού, το μοριακό βάρος της χρησιμοποιούμενης χιτοζάνης, η συγκέντρωσή της, τα υδροφιλικά-υδροφοβικά χαρακτηριστικά της, ακόμη και το pH και η θερμοκρασία περιβάλλοντος. Όσον αφορά το είδος του μικροοργανισμού, η χιτοζάνη εμφανίζει διαφορετική αποτελεσματικότητα στην καταπολέμηση των gram-θετικών βακτηρίων και gram-αρνητικών βακτηρίων. Η διαφορά αυτή έγκειται στα διαφορετικά χαρακτηριστικά του κυτταρικού τους τοιχώματος. Οι περισσότερες έρευνες δείχνουν πως η μικρού μοριακού βάρους χιτοζάνη έχει αποτελεσματικότερη δράση έναντι των βακτηρίων και των μυκήτων. Επίσης η αποτελεσματικότητά της καθορίζεται από τη διαλυτότητά της στο νερό. Για παράδειγμα, η τεταρτοταγής δομή της χιτοζάνης εμφανίζει ισχυρότερη αντιμικροβιακή δράση, μεγαλύτερο εύρος και ποσοστό θανάτωσης μικροοργανισμών σε σχέση με την αδιάλυτη χιτοζάνη. Επιπλέον σε όξινο περιβάλλον εμφανίζει ακόμη μεγαλύτερη δραστηριότητα. Ενώ σε pH ίσο με 7 παρουσιάζει αδυναμία να παραμείνει δραστήρια λόγω της παρουσίας ελεύθερων αμινομάδων (Kong M.et al., 2010; Aider M., 2010; Lin D. et al., 2007; Wenjiao et al., 2009; Embuscado M.et al., 2009; Garry Kerch et al., 2010; Γιαλαμάς Χαρ, Θεσσαλονίκη, 2009).



Εικόνα 4.1: Μόριο χιτοζάνης (Yuan, Zhuangdong, 2007)

Όσον αφορά τη διαλυτότητά της στο νερό και τη σχέση αυτής με το μοριακό της βάρος, μελέτες έδειξαν πως η χιτοζάνη με μικρό μοριακό βάρος, αρά και με μικρότερο ιξώδες, παρουσιάζει μεγαλύτερο ποσοστό σχηματισμού μικροπόρων κατά τη διάρκεια της λυοφυλίωσης των μονομερών της. Συνεπώς το μοριακό βάρος της χιτοζάνης καθορίζει το μέγεθος και τη διασύνδεση των σχηματιζόμενων πόρων κατά τη λυοφυλίωση (Min Sup Kim et al., 2011).

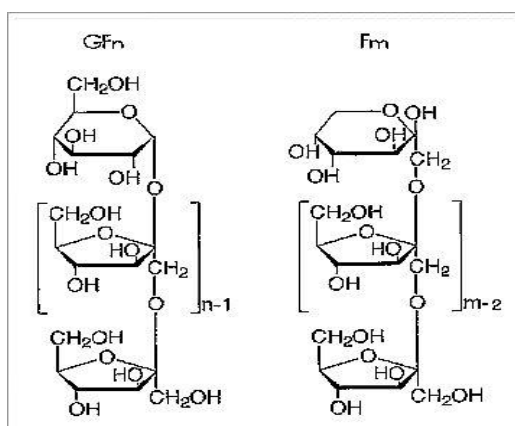


Σχήμα 4.4: Εικόνες από SEM των σχηματιζόμενων μικροπόρων χιτοζάνης με τη χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας (Min Sup Kim et al., 2011)

## 4.2 Ολιγοσκαχαρίτες

### 4.2.1 Ινουλίνη

Η ινουλίνη αποτελεί δομικό συστατικό των καρπών των λαχανικών, των φρούτων και των δημητριακών. Βιομηχανικά η ινουλίνη παρασκευάζεται από τις ρίζες του ραδικιού και χαρακτηρίζεται ως μίγμα από ολιγομερείς και πολυμερείς ενώσεις της β-(2-1) -φρουκτόζης της ομάδας των φρουκτανών (Van Loo et al., 1995; De Leenheer et al., 1994). Η δομή της μπορεί να αποδοθεί από τον τύπο  $GF_n$  όπου  $G=η$  γλυκοζυτική μονάδα και  $F=η$  φρουκτοζιτική μονάδα και  $n=ο$  αριθμός των φρουκτοζιτικών ομάδων που συνδέονται με β-(2-1) δεσμούς. Ο βαθμός πολυμερισμού της ινουλίνης κυμαίνεται από 2 έως 60. Γενικά, η ινουλίνη θεωρείται ως ένα μόριο χαμηλού βαθμού διακλάδωσης, το οποίο αποτελείται από κύρια αλυσίδα πολυαιθυλενικής σύστασης στην οποία βρίσκονται προσαρτημένα τα μόρια της φρουκτόζης όπως τα «σκαλιά» σε μία ανεμόσκαλα (Coussement & Franck, 2001; Franck, 2006).



Σχήμα 4.5: Δομή του μορίου ινουλίνης και του μονομερούς της ολιγοφρουκτόζης (Coussement & Franck, 2001)

Η ινουλίνη έχει τη μορφή λευκής άοσμης σκόνης. Η γεύση της είναι ουδέτερη και χαρακτηρίζεται από χαμηλή γλυκαντική ισχύ η οποία κυμαίνεται από 0-10%. Η ινουλίνη μακράς αλύσου (long chain DP>25) δεν έχει καθόλου γλυκαντική ισχύ. Παρά τη χαμηλή της γλυκαντική ισχύ όμως παρουσιάζει συνέργεια με την ασπαρτάμη και το ακετοσουλφαμικό κάλιο, με αποτέλεσμα ο συνδυασμός τους να οδηγεί σε βελτίωση του αρώματος και μείωση της μετάγευσης. Η ινουλίνη είναι μετρίως διαλυτή στο νερό (10% περίπου σε θερμοκρασία περιβάλλοντος), γεγονός που επιτρέπει την ικανοποιητική της ενσωμάτωση σε υδατικά συστήματα χωρίς να καταβυθίζεται. Το ιζώδες των διαλυμάτων της ινουλίνης είναι γενικά χαμηλό, ενώ με την προσθήκη νερού παρουσιάζεται μικρή ταπείνωση της θερμοκρασίας πήξης κατά 0.5°C περίπου. Σε όξινο περιβάλλον το μόριο της ινουλίνης παρουσιάζει υψηλή αστάθεια η οποία εκδηλώνεται με μερική υδρόλυσή της προς φρουκτόζη, ενώ σε τιμές pH μεγαλύτερες από 4 η ινουλίνη είναι πιο σταθερή (Franck, 2006).

Όταν προστίθεται σε υψηλές συγκεντρώσεις, δηλαδή πάνω από 25% για την ινουλίνη μέσης αλύσου και 15% για την ινουλίνη μακράς αλύσου εμφανίζει ικανότητα σχηματισμού πηγματος. Η ενσωμάτωση υγρασίας ή άλλου υδατικού μέσου με ταυτόχρονη ανάδευση οδηγεί στο σχηματισμό ενός λευκού κρεμώδους πηγματος το οποίο έχει μεγάλη χρησιμότητα στα τρόφιμα ως υποκατάστατο λιπαρών. Το μίγμα αυτό συμβάλλει στη βελτίωση των χαρακτηριστικών υφής καθώς και στη βελτιστοποίηση της γεύσης και του αρώματος. Η ισχύς των πηγμάτων της επηρεάζεται από τη συγκέντρωση και τις συνθήκες διάτμησης - ανάδευσης. Τέλος η ινουλίνη παρουσιάζει σημαντική συνέργεια με τα περισσότερα υδροκολλοειδή όπως οι καρραγενάνες, το αλγινικό νάτριο και οι μαλτοδεξτρίνες (Franck, 2006; Frippiat, 1998; Cossement & Franck, 2001).

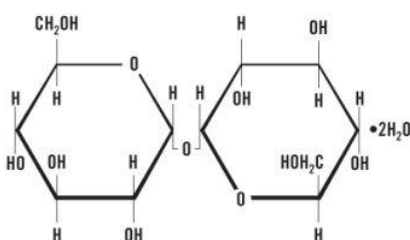
#### **4.2.1.1 Χρήση της στη βιομηχανία τροφίμων**

Η ινουλίνη είναι μακροθρεπτική ουσία και κατέχει τους ίδιους θρεπτικούς παράγοντες με τις διαιτητικές ίνες (Flamm, Glinsmann, Kritchevsky et al., 2001). Προκαλεί αύξηση της απορρόφησης του ασβεστίου στον οργανισμό και μειώνει το ποσοστό των συσσωρευμένων τριγλυκεριδίων στο σκώτι (Kaur & Gupta, 2002). Όμως εκτός από τα θρεπτικά πλεονεκτήματα, η ινουλίνη χρησιμοποιείται πλέον στη βιομηχανία τροφίμων και ως βελτιωτικό για τεχνολογικούς λόγους. Χρησιμοποιείται ευρέως ως υποκατάστατο λιπαρών και ζάχαρης ως χαμηλός θερμιδικός παράγοντας και βελτιωτικό υφής καθότι μιμείται τα λίπη στα μίγματα που δημιουργεί. Οι έρευνες έδειξαν ότι αυτές οι μιμητικές ιδιότητες της ως λιπαρά μπορεί να έχουν και ως αποτέλεσμα τη μικρή σχετική κρυσταλλικότητα. Η ρεολογική συμπεριφορά των μιγμάτων ινουλίνης και υδροκολλοειδών σε υδατικά διαλύματα μελετήθηκε και διαπιστώθηκε η συνεργιστική δράση μεταξύ ινουλίνης και αλγινικού ασβεστίου καθώς και αρνητική συσχέτιση μεταξύ ινουλίνης και αμύλου. Πρόσφατες έρευνες αυτών των δύο έδειξαν αλλαγή στη ρεολογική συμπεριφορά όταν το μίγμα μετατράπηκε από συνεχές αμυλούχο με φάση διασποράς την ινουλίνη σε συνεχές ινουλίνης με φάση διασποράς το άμυλο (Tarrega & Costell, 2005; Alvarez et al., 2010).

## 4.3 Δισακχαρίτες

### 4.3.1 Τρεχαλόζη

Η τρεχαλόζη είναι ένας δισακχαρίτης με σημαντικές λειτουργικές ιδιότητες. Αλλιώς είναι γνωστή ως μυκόζη ή «σάκχαρο των μανιταριών» και είναι ένα σταθερό μη αναγωγικό σάκχαρο που αποτελείται από δύο μόρια γλυκόζης που συνδέονται με έναν α-(1-1) γλυκοζιτικό δεσμό. Με την εκχύλιση με αιθανόλη ή με ενζυμική σύνθεση, η τρεχαλόζη κρυσταλλώνεται σε άλας. Η τρεχαλόζη συναντάται στη φύση σε ισομερή α,β νεοτρεχαλόζη και β,β ισοτρεχαλόζη. Τα ισομερή αυτά δεν είναι πολύ διαδεδομένα και οι φυσικοχημικές τους ιδιότητες διαφέρουν από την κοινώς χρησιμοποιούμενη α,α τρεχαλόζη. Ο χημικός της τύπος είναι  $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot 2H_2O$  με  $MB=342.31$ .



Σχήμα 4.6: Σχηματική απεικόνιση της α,α τρεχαλόζης (Portmann & Birch, 1995)

Η απομόνωσή της από φυσικές πηγές όπως γαρίδες, έντομα, φυτά και μικροοργανισμούς βρίσκεται σε εξέλιξη εδώ και δεκαετίες. Βέβαια η κύρια πηγή της είναι από εκχύλιση μικροοργανισμών όπως η μαγιά που χρησιμοποιείται στην αρτοποιία. Σήμερα, οι ερευνητές προσπαθούν να βελτιστοποιήσουν τη διαδικασία παραγωγής της με ενζυμική μετατροπή. Η τρεχαλόζη απομονώνεται από τη ζύμωση των ν-αλακανών από το *Arthobacter* sp. σε ποσότητες 5-7g/L. Γιαπωνέζοι, που κατέχουν δίπλωμα ευρεσιτεχνίας περιέγραψαν την παραγωγή της τρεχαλόζης από βακτήρια που χρησιμοποιούν κοινές πηγές άνθρακα όπως η γλυκόζη και η σακχαρόζη. Έρευνες έχουν γίνει, ώστε να επιτευχθεί ο γενετικός ανασυνδυασμός των βακτηρίων αυτών με εισαγωγή ενός γονιδίου που μετατρέπει τη γλυκόζη σε τρεχαλόζη κατά την παραγωγή ζάχαρης. Οι σύγχρονες μέθοδοι παραγωγής της όμως δεν έχουν μειώσει αρκετά το κόστος της, ώστε να είναι ελκυστική στη βιοχημεία τροφίμων. Γι' αυτό η χρήση της στην έρευνα περιορίζεται στη φαρμακευτική και σε υψηλής ποιότητας καλλυντικά. Οι κύριες χρήσεις της λοιπόν είναι ως «κρυσπροστατευτικό» πρωτεϊνών, ενζύμων, κυτταρικών μεμβρανών και οργάνων για μεταμοσχεύσεις.

#### 4.3.1.1 Ιδιότητες

Η τρεχαλόζη εμφανίζει σημαντικές διαφοροποιήσεις ως προς τη λειτουργική της δράση σε σχέση με άλλους δισακχαρίτες παρόμοιου μοριακού βάρους όπως η λακτόζη και η σακχαρόζη. Η τρεχαλόζη έχει τη μορφή λευκής κρυσταλλικής σκόνης, πρισματικού ρομβοειδούς. Χαρακτηρίζεται από υψηλό βαθμό ενυδάτωσης και υψηλή υδροφιλικότητα, κυρίως λόγω της ικανότητάς της να σχηματίζει πολλούς δεσμούς υδρογόνου και να έλκει

ευκολότερα τα μόρια του νερού (Portmann & Birch, 1995). Η θερμοκρασία του σημείου υαλώδους μετάπτωσης της καθαρής τρεχαλόζης είναι ιδιαίτερα υψηλή (115°C) σε σχέση με τους άλλους δισακχαρίτες, για παράδειγμα είναι 45 °C από εκείνη της καθαρής σακχαρόζης (Nabors, 2002). Μελέτες πρότειναν ότι η υψηλή τιμή του  $T_g$  των υδατικών συστημάτων της τρεχαλόζης υποδεικνύει την κρυοπροστατευτική και λυοπροστατευτική της ιδιότητα ενώ κάποιοι ερευνητές παρατήρησαν, ότι παρόλο που τα υδατικά διαλύματα δεξτράνης παρουσιάζουν μεγαλύτερη  $T_g$ , η τρεχαλόζη είναι πιο αποτελεσματικό κρυοπροστατευτικό υλικό. Άλλοι ερευνητές ανέφεραν ότι η τρεχαλόζη μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την ανάπτυξη παγοκρυστάλλων σε σχέση με τη σακχαρόζη, ειδικά σε μεγάλες συγκεντρώσεις. Η τρεχαλόζη επίσης παρουσιάζει υψηλή θερμική σταθερότητα (120 °C για 90 min), ενώ δεν αποσυντίθεται σε μεγάλο εύρος pH μεταξύ 3-10. Λόγω του μη αναγωγικού της χαρακτήρα δεν συμμετέχει στις αντιδράσεις Maillard (Higashiyama, 2002). Χαρακτηρίζεται επίσης από χαμηλή γλυκαντική ισχύ γεγονός που οφείλεται στο γεγονός ότι μόνο ένα από τα δύο μόρια γλυκόζης μπορεί να συνδεθεί με τους υποδοχείς της γεύσης καθώς επίσης και με την περιορισμένη κινητικότητα των μορίων του νερού που βρίσκονται στο μόριό της. Τέλος, έχει ουδέτερο άρωμα και είναι συμβατή με μεγάλο αριθμό γλυκαντικών υλών (Portman & Birch, 1995; Nabors, 2002).

#### 4.3.1.2 Μηχανισμός δράσης

Ο μηχανισμός με τον οποίο η τρεχαλόζη σταθεροποιεί τα μίγματα στα οποία συμμετέχει κατά τη διάρκεια κατάψυξης/απόψυξης, θέρμανσης/ψύξης και αφυδάτωσης/επανυδάτωσης σχετίζεται με τη μοριακή της διαμόρφωση. Μελέτες μεταξύ της τρεχαλόζης και δύο άλλων σακχάρων έδειξαν πως η τρεχαλόζη διατήρησε κατά 15% καλύτερα τα αμυλούχα διαλύματα τα οποία υποβλήθηκαν σε κατάψυξη-ξήρανση. Στη συνέχεια τα δείγματα εκτέθηκαν σε φως και ατμοσφαιρικό αέρα αποδεικνύοντας πως τα σάκχαρα δεν παρείχαν κανένα ευεργετικό αποτέλεσμα. Οι προσπάθειες κατασκευής μοριακών μοντέλων της τρεχαλόζης σε διαλύματα υποδεικνύουν πως μπορεί να αποτελέσει ανασταλτικό παράγοντα στην αφαίρεση του νερού κατά την αφυδάτωση βιολογικών/οργανικών δομών. Μελέτες σχετικά με την ικανότητα ενυδάτωσης της τρεχαλόζης σε σύγκριση με άλλους ολιγοσακχαρίτες έδειξαν πως η τρεχαλόζη έχει τη μεγαλύτερη ενυδατική ικανότητα. Επομένως μπορεί να σταθεροποιήσει τα στρώματα λιπιδίων, προσφέροντας έτσι συνεχή και απαλή υφή στα συστήματα που χρησιμοποιείται (Kawai et al., 1992).

Οι μηχανισμοί με τους οποίους η τρεχαλόζη προστατεύει τα οργανικά μόρια μπορούν να διαιρεθούν σε τρεις κατηγορίες: 1) αντικατάσταση νερού, 2) υαλώδης μετάπτωση και 3) χημική σταθερότητα (Colaco and Roser, 1995). Οι μηχανισμοί αυτοί δεν συντελούνται αποκλειστικά ή ξεχωριστά αλλά όλοι μαζί συνεισφέρουν στους σταθεροποιητικούς μηχανισμούς της τρεχαλόζης. Η θεωρία αντικατάστασης του νερού προτείνει πως όλα τα βιολογικά μακρομόρια σταθεροποιούνται, σχηματίζοντας μεταξύ τους και του περιεχόμενου νερού δεσμούς υδρογόνου. Η τρεχαλόζη λοιπόν εμφανίζει μεγαλύτερη ευελιξία στο γλυκοζιδικό δεσμό μεταξύ των δύο μορίων D-γλυκόζης συγκρινόμενη με άλλους δισακχαρίτες (Colaco and Roser, 1995).

Η θεωρία της υαλώδους μετάπτωσης προτείνει πως τα διαλύματα σακχάρων μπορούν να μετατρέψουν ή να διατηρήσουν την υαλώδη κατάσταση αντί της κρυσταλλοποίησης της περιεχόμενης υγρασίας. Η τρεχαλόζη είναι μοναδική καθώς σχηματίζει ένα μη υγροσκοπικό ύαλο, ο οποίος είναι σταθερός σε υψηλές θερμοκρασίες και πλήρως αφυδατωμένης επίσης (Crowe and Crowe, 2000). Η ιδιότητα αυτή επιτρέπει στους υάλους της τρεχαλόζης να παραμένουν ανέπαφοι σε μεγάλο εύρος εξαιρετικών συνθηκών, σε σχέση με άλλα σάκχαρα, διατηρώντας έτσι τα βιοπολυμερή (όπως άμυλο και πρωτεΐνες) σε μορφή η οποία τους επιτρέπει να επανέρθουν στην πρότερη τους μορφή μετά την αφυδάτωση (Franks, 1990; Colaco and Roser, 1995; Crowe and Crowe, 2000). Η θερμοκρασία της υαλώδους μετάπτωσης της τρεχαλόζης είναι μεγαλύτερη από τα κοινά σάκχαρα, περίπου 43°C μεγαλύτερη από αυτή της σακχαρόζης. Ερευνητές χρησιμοποιώντας διαφορετικές αλλά εγκεκριμένες μεθόδους σε πολλαπλά δείγματα κατέγραψαν δύο θερμοκρασίες  $T_g = 120^\circ\text{C}$  και  $114.9^\circ\text{C}$  (Green and Angell, 1989; Roos, 2006). Ο ύαλος της τρεχαλόζης έχει μεγαλύτερη σταθερότητα, διότι με την προσθήκη μικρής ποσότητας νερού προκαλείται ακινητοποίηση των ενεργών μονάδων στα άκρα. (Crowe et al., 1988)

Τέλος η υαλώδης δομή της τρεχαλόζης είναι απαραίτητη για τους εξής μηχανισμούς: 1) μείωση της μοριακής κινητικότητας (σταθερή υαλώδης μορφή), 2) μείωση της ενεργότητας του νερού άρα και υποβάθμιση των αντιδράσεων Maillard, 3) ακινητοποίηση των ενεργών μονάδων στα άκρα, μη επιτρέποντας τη μετουσίωση των πρωτεϊνών και των φωσφολιπιδίων. Η τρεχαλόζη μπορεί να αντικαταστήσει το νερό με τη σύνδεση του υδρογόνου στις ομάδες των άκρων, διατηρώντας τη δομή και τη λειτουργικότητα της πρωτεΐνης και τέλος 4) η υαλώδης της μορφή είναι υδρόφιλη αλλά μη υγροσκοπική, απελευθερώνοντας νερό στο περιβάλλον παρά να το απορροφήσει (Alan B. Richards et al., 2001; T. Sugimoto, 1995)

#### 4.4 Διαιτητικές ίνες

Ο ορισμός των διαιτητικών ινών είναι γενικός και αναφέρεται σε μία ευρεία κατηγορία χημικών ενώσεων η οποία αποτελείται από χημικά ετερογενείς ενώσεις όπως οι κυτταρίνες, οι ημικυτταρίνες, οι πηκτίνες, τα κόμμεα και οι πολυσακχαρίτες. Οι κυτταρίνες και οι ημικυτταρίνες είναι γνωστοί ως δομικοί πολυσακχαρίτες, αφού αποτελούν τα δομικά συστατικά των τοιχωμάτων των φυτών (Thebaudin et al., 1997). Αλλιώς οι διαιτητικές ίνες ορίζονται ως φυτικής προέλευσης συστατικά τα οποία δεν είναι αφομοιώσιμα από το λεπτό έντερο. Επομένως είναι οι πολυσακχαρίτες, οι ολιγοσακχαρίτες και τα υδροφιλικά παράγωγά τους που δεν μπορούν να διασπαστούν από τα ένζυμα κατά την πέψη (Thebaudin et al., 1997).

Το ολικό περιεχόμενο σε διαιτητικές ίνες (TDF) χωρίζεται σε κλάσματα διαλυτών (SF) και αδιάλυτων ινών (IF). Αυτός ο διαχωρισμός διαφοροποιεί τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες και τις λειτουργικές. Οι διαλυτές ίνες αποτελούνται κυρίως από μη κυτταρινικούς πολυσακχαρίτες όπως πηκτίνη, κόμμεα και εξωπολυσακχαρίτες. Οι διαλυτές ίνες αποτελούν το 25% των ολικών διαιτητικών ινών και έχουν την ικανότητα σχηματισμού πολυσακχαριτικών πηγμάτων και δικτύων και επίσης να αυξήσουν το ιξώδες. Από την άλλη

οι αδιάλυτες ίνες αποτελούν το 75% των ολικών διαιτητικών ινών και αποτελούνται από κυτταρίνες, ημικυτταρίνες και λιγνίνες και παρουσιάζουν υψηλή υγροσκοπικότητα απορροφώντας ακόμα και 20 φορές του βάρους τους υγρασία (Dreher, 2001; Thebaudin et al., 1997).

Η ικανότητα ενυδάτωσης των ινών είναι και η βασική ιδιότητα, η οποία παίζει καθοριστικό ρόλο στην επίδραση αυτών στα συστήματα τροφίμων που τις περιέχουν. Η ικανότητα ενυδάτωσης τους περιγράφεται με τις εξής παραμέτρους: την ικανότητα συγκράτησης υγρασίας, την ικανότητα δέσμευσης υγρασίας, τη διόγκωσή τους και τέλος τη διαλυτότητά τους. Οι 3 πρώτες αναφέρονται κυρίως στις αδιάλυτες ίνες. Η σύνδεση της υγρασίας σε αδιάλυτες ίνες μπορεί να γίνει με δύο μηχανισμούς: 1) λόγω της επιφανειακής τάσης στους πόρους των ινών και 2) σύνδεσή τους με σχηματισμό δεσμών υδρογόνου, ιοντικών δεσμών ή υδρόφοβων αλληλεπιδράσεων. Οι παράμετροι της χημικής δομής των ινών, η κοκκομετρία, το πορώδες, το είδος του διαλύτη και η θερμοκρασία επηρεάζουν σημαντικά την ικανότητα δέσμευσης της υγρασίας. Η διαλυτότητα και η ικανότητα διόγκωσης είναι συνδεδεμένες καθώς πρώτα γίνεται η διόγκωση και μετά έρχεται η διάλυση των ινών. Όμως υπάρχουν περιπτώσεις που η διάλυση δεν είναι εφικτή. Επίσης όσο μεγαλύτερη η διακλάδωση των ινών, τόσο μεγαλύτερη είναι και διαλυτότητά τους. Τέλος, η ιοντική ισχύς, το pH και η παρουσία αλάτων επηρεάζουν τη διαλυτότητά τους (Dreher, 2001; Thebaudin et al., 1997).

Η ικανότητα αυτή των διαιτητικών ινών να απορροφούν υγρασία είναι αυτή που τις καθιστά ως βελτιωτικά υφής και ικανές να αυξάνουν το ιξώδες των τροφίμων. Επίσης όπως αναφέρθηκε και για την ινουλίνη η κατανάλωσή τους είναι ελκυστική στους καταναλωτές που επιζητούν πιο υγιεινή διατροφή. Οι διαιτητικές ίνες έχουν χαμηλή θερμιδική αξία, ελέγχουν το μεταβολισμό των λιπαρών, ελέγχουν τα ποσοστά τριγλυκεριδίων και χοληστερίνης στο αίμα, προλαμβάνουν τον καρκίνο του παχέος εντέρου και γενικά έχουν πολλές ευεργετικές ιδιότητες. Όμως υπάρχουν περιπτώσεις όπου η παρουσία παρεμποδιστών στις ίνες δεν επιτρέπουν την απορρόφηση ορισμένων βιταμινών όπως η D και η E καθώς και ορισμένων ιχνοστοιχείων (Dreher, 2001; Thebaudin et al., 1997).

Οι κύριες πηγές λοιπόν των διαιτητικών ινών λοιπόν είναι σε προϊόντα όπως τα λαχανικά, τα φρούτα, τα όσπρια, οι ξηροί καρποί και τα δημητριακά ολικής άλεσης. Λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε νερό τα φρούτα και τα λαχανικά περιέχουν λιγότερες διαιτητικές ίνες από τα δημητριακά. Οι μεταποιητικές διεργασίες μειώνουν την περιεκτικότητα των σιτηρών σε ίνες. Τα τσιπς πατάτας για παράδειγμα περιέχουν στα 100g 2.4 g υγρασία, 3.8 g ολικών ινών, 1.9 g αδιάλυτων ινών και 1.9 g διαλυτών ινών (Dreher, 2001).

#### **4.4.1 Ίνες βρώμης**

Η βρώμη έχει χρησιμοποιηθεί ως τροφή για τον άνθρωπο από τα πανάρχαια χρόνια και αποτελεί βάση της διατροφής σε πολλές χώρες. Θεωρείται από την κοινή γνώμη ως υγιεινή διατροφή χωρίς να υπάρχει ακριβής γνώση των ευεργετικών της επιπτώσεων. Ωστόσο, σήμερα αναφέρεται πως ευθύνεται για το αίσθημα κορεσμού, την καθυστέρηση

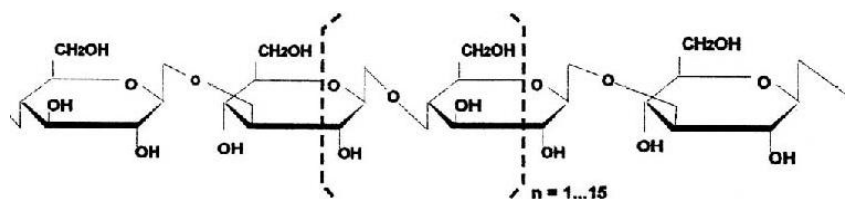


στην απορρόφηση ορισμένων θρεπτικών συστατικών και τέλος αποτελεί αποτρεπτικό παράγοντα διάφορων διαταραχών του γαστρεντερικού σωλήνα. Οι ευεργετικές της επιδράσεις είναι αποτέλεσμα της περιεκτικότητας της σε διαλυτές διαιτητικές ίνες.

Τα κυριότερα είδη καλλιεργήσιμης βρώμης που διατίθενται σήμερα στην αγορά είναι η λευκή βρώμη (*Avena sativa*) και η κόκκινη βρώμη (*Avena byzantina*). Οι κύριες χώρες που καλλιεργούν βρώμη είναι η Ρωσία, χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ο Καναδάς και η Αυστραλία. Από το σύνολο της παγκόσμιας παραγωγής το 23% χρησιμοποιείται στα τρόφιμα.

Για την πρόσληψη των διαιτητικών ινών από τον καρπό της βρώμης ακολουθείται η εξής διαδικασία: πρώτα καθαρίζεται και αποφλοιώνεται ο καρπός. Οι φλοιοί δεν περιέχουν διαλυτές ίνες. Κατόπιν ακολουθεί θερμική επεξεργασία, η οποία βοηθά στη δημιουργία της γεύσης του ψημένου καθώς και στην απενεργοποίηση ενζύμων που μπορεί να δημιουργήσουν πικρή και στυφή γεύση. Μία συνηθισμένη θερμική επεξεργασία περιλαμβάνει ξηρή θέρμανση στους 95-105°C. Μπορεί βέβαια να χρησιμοποιηθεί και η μέθοδος της ήπιας θερμικής επεξεργασίας υπό πίεση. Μετά τη θέρμανση δημιουργούνται οι νιφάδες βρώμης (ο θερμικά επεξεργασμένος καρπός τεμαχίζεται) και το άλευρο βρώμης το οποίο δημιουργείται με περαιτέρω άλεση των νιφάδων. Το πίτουρο βρώμης, σε αντίθεση με τα άλλα δημητριακά, δεν προέρχεται από συγκεκριμένο μέρος του καρπού. Ουσιαστικά αποτελεί υποπροϊόν της άλεσης της βρώμης και 5.5% διαλυτή β-γλυκάνη και περίπου το 1/3 των ολικών περιεχόμενων ινών είναι διαλυτές. Για την απομόνωση της β-γλυκάνης από τα προϊόντα αυτά οι μέθοδοι διαχωρισμού βασίζονται στη μεγάλη διαλυτότητά της σε θερμό νερό και σε αλκαλικά διαλύματα και ο διαχωρισμός γίνεται με ισοηλεκτρική καταβύθιση της διαλυμένης β-γλυκάνης με θειικό αμμώνιο, προπανόλη ή αιθανόλη.

Το κύριο συστατικό των διαλυτών ινών βρώμης, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, είναι η β-γλυκάνη. Η β-γλυκάνη είναι ένας γραμμικός πολυσακχαρίτης που αποτελείται από β-(1-3) και (1-4) γλυκοζιδικούς δεσμούς.



Σχήμα 4.7: Δομή β-γλυκάνης βρώμης

Οι φυσικοχημικές ιδιότητες που καθιστούν τις ίνες βρώμης σημαντικές είναι: η μεγάλη διαλυτότητά τους στο νερό που έχει ως αποτέλεσμα την εύκολη απομόνωση της β-γλυκάνης, το ιξώδες των διαλυμάτων τους εξαρτάται από τη συγκέντρωση και το μοριακό βάρος της περιεχόμενης β-γλυκάνης, για παράδειγμα σε συγκεντρώσεις 0.3-0.4% το ιξώδες έχει ίδια συμπεριφορά με το κόμμι γκουάρ και τέλος η ικανότητα ενυδάτωσής τους αλλάζει τη ρεολογική συμπεριφορά των τροφίμων που τις περιέχουν.

Μέχρι πρόσφατα η εφαρμογή των ινών βρώμης περιοριζόταν στα παραδοσιακά προϊόντα δημητριακών όπως τα δημητριακά για το πρωινό, το ψωμί, τα μπισκότα και τα

ζυμαρικά. Όμως δεν υπάρχει λόγος για αυτό τον περιορισμό και οι έρευνες στρέφονται στην εφαρμογή τους σε προϊόντα κρέατος, έτοιμα γεύματα, ποτά, γαλακτοκομικά προϊόντα και επιδόρπια. Βέβαια, για να επιτευχθούν οι ευεργετικές για την υγεία επιπτώσεις και να καταστούν τα προϊόντα αποδεκτά από τους καταναλωτές, θα πρέπει η β-γλυκάνη να έχει την κατάλληλη διαλυτότητα ώστε το ιζώδες του τελικού προϊόντος να είναι και το επιθυμητό (Dreher, 2001; Thebaudin et al., 1997).

#### 4.4.2 Ίνες πατάτας

Κατά την επεξεργασία του καρπού της πατάτας για την παρασκευή έτοιμων προϊόντων όπως τσιπς, πουρέ κτλ. ή ακόμη για την εξαγωγή αμύλου και την παραγωγή αιθυλικής αλκοόλης, τα οποία αποτελούν τα κύρια προϊόντα της βιομηχανίας, συνεπάγεται και η δημιουργία παραπροϊόντων όπως στερεά υπολείμματα π.χ. φλοιοί και υγρά υπολείμματα όπως τα υγρά έκπλυσης και ο χυμός του κονδύλου. Τα παραπροϊόντα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως φυσικά λιπάσματα ή ζωοτροφές, αλλά με την κατάλληλη επεξεργασία μπορούν να μετατραπούν σε φυτικές ίνες, ως πρόσθετα τροφίμων με ουδέτερη γεύση.

Μία από τις βασικές διαδικασίες παραγωγής των ινών πατάτας είναι η εξής: πρώτα γίνεται πύση του καρπού, ακολουθεί διαχωρισμός του χυμού, του αμύλου και του πολτού του κονδύλου, κατόπιν διαχωρίζεται το άμυλο που περιέχεται στο χυμό και τον εναπομείναντα πολτό, αφαιρούνται τα στερεά υπολείμματα από τον πολτό όπως σκόνες, από τον πολτό που προκύπτει αφαιρείται φυγοκεντρικά μέρος του χυμού που έχει απομείνει, αφήνεται σε ηρεμία και ακολουθεί ακόμη ένα φυγοκεντρικός διαχωρισμός, κατόπιν ξήρανση και άλεση του τελικού προϊόντος. Μετά την ξήρανση το 40-60% του πολτού πρέπει να αποτελεί την ξηρή βάση (Klas Ralvert, 1988).

Σήμερα οι ίνες πατάτας χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιομηχανία τροφίμων. Χρησιμοποιούνται ως βελτιωτικά της υφής των προϊόντων κρέατος/λουκάνικων, συνεισφέροντας στη δέσμευση της υγρασίας των λιπαρών. Στην αρτοποιία χρησιμοποιούνται ως πρόσθετα ή ακόμη και ως υποκαταστάτες των φυτικών ινών, προστατεύοντας το χρώμα και την υφή του κατεψυγμένου ζυμαριού. Βοηθούν επίσης και στη σταθεροποίηση της γλουτένης. Τέλος το γεγονός ότι είναι απαλλαγμένες από γλουτένη, αλλεργιογόνα και χωρίς θερμιδική αξία τις καθιστούν ελκυστικές στη βιομηχανία προϊόντων υγιεινής διατροφής (Karl Kaack et al., 2006).

## 4.5 Υδροκολλοειδή

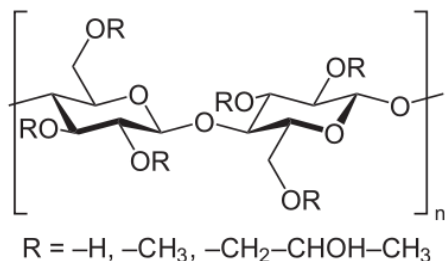
### 4.5.1 Υδροξυπροπολυμεθυλοκυτταρίνη (HPMC)

Η υδροξυ-προπολυ-μεθυλο-κυτταρίνη είναι ένα υδρόφιλο υδροκολλοειδές το οποίο έχει την ικανότητα να ενισχύει τα κυτταρικά τοιχώματα και να προστατεύει τις φυσαλίδες αερίων, σχηματίζοντας μία μεμβράνη στη διεπιφάνεια γύρω από αυτές. Τα πηγματα που σχηματίζει τήκονται κατά την ψύξη τους (Pastor C. et al., 2010).

Η HPMC παρασκευάζεται από την αντίδραση της καθαρής κυτταρίνης με ένα μεθυλοχλωρίδιο παρουσία κάποιας βάσης κυρίως υδροξειδίου του νατρίου και ενός αδρανούς διαλύτη, ώστε τελικά να σχηματιστεί μεθυλοκυτταρίνη. Ουσιαστικά οι μεθυλοκυτταρίνες αποτελούν β-D- γλυκάνες στις οποίες κάποιες από τις υδροξυλομάδες έχουν υποστεί αιθεροποίηση.

Οι μεθυλοκυτταρίνες είναι διαλυτές σε ψυχρό νερό και σχηματίζουν διαυγή διαλύματα. Η διαλυτότητά τους δεν επηρεάζεται από το βαθμό υποκατάστασης και το pH και αυξάνεται όσο αυξάνεται η θερμοκρασία. Η ρεολογική συμπεριφορά των συστημάτων που συμμετέχει εξαρτάται από τον τρόπο παραγωγής της μεθυλοκυτταρίνης άρα από το μοριακό της βάρος, το βαθμό πολυμερισμού και την ομοιογένεια της χημικής υποκατάστασης. Η θερμοκρασία σχηματισμού πηγματος για την HPMC κυμαίνεται μεταξύ 50-85°C. Η ισχύς των πηγμάτων κυμαίνεται από ασθενή έως και ισχυρή. Η δημιουργία του πηγματος εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως τη συγκέντρωση των μεθυλομάδων, και ο λόγος μεθυλομάδων: υδροξυλοπροπολυμάδων. Με την προσθήκη υδροξυλοπροπολυμάδων αυξάνεται η θερμοκρασία σχηματισμού του πηγματος (Embuscado M. et al., 2009).

Η HPMC χρησιμοποιείται στη βιομηχανία τροφίμων ως εδώδιμη μεμβράνη διατηρώντας την υγρασία, το χρώμα και τις βιταμίνες των επικαλυμμένων προϊόντων, στην αρτοποιία προστίθεται στα άλευρα ενισχύοντας την ομογένεια και τη σταθερότητα του ζυμαριού και τέλος στη γαλακτοβιομηχανία.



Σχήμα 4.8: Δομή της υδροξυ-προπολυ-μεθυλο-κυτταρίνης

## ΜΕΡΟΣ ΙΙ

---

### 5 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

#### 5.1 ΣΚΟΠΟΣ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ

Ο σκοπός των πειραμάτων ήταν η μελέτη της κρυοπροστατευτικής δράσης διάφορων ουσιών υδατανθρακικής προέλευσης σε κατεψυγμένο πουρέ πατάτας και πιο συγκεκριμένα σε πουρέ πατάτας. Βασικότερος στόχος ήταν να μετρηστούν τα επιζήμια για το προϊόν φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα κατά την κατάψυξη και απόψυξη αυτού. Προκειμένου να μελετηθεί επαρκώς η επίδραση του εκάστοτε υλικού ως προς την κρυοπροστατευτική του δράση, κάθε δείγμα υποβλήθηκε σε σειρά μετρήσεων από την αρχή της αποθήκευσης σε κατάψυξη και σε έκταση χρονικού διαστήματος 2 μηνών. Οι μετρήσεις των δειγμάτων μετά την απόψυξή τους περιελάμβαναν τη μελέτη αντικειμενικών ιδιοτήτων όπως τα ρεολογικά χαρακτηριστικά, τις παραμέτρους υφής, το χρώμα καθώς και τις οργανοληπτικές ιδιότητες εκτιμώμενες με οργανοληπτικό έλεγχο κάθε δείγματος, έτσι ώστε να προσδιοριστούν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος.

#### 5.2 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

##### 5.2.1 Πρώτες ύλες

Για την προετοιμασία των δειγμάτων πουρέ πατάτας χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά, ώστε να διερευνηθεί η κρυοπροστατευτική τους δράση:

---

#### ΚΡΥΟΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

---

- Πολυσακχαρίτες

1)κ-Καραγεννάνη (SeakemLC 518, FMC Biopolymer, Drammen, Norway)

2) Κόμμι Ξανθάνης (Luxara 7571/200, UK)

3)Χιτοζάνη (Aldrich Chemistry)

- Ολιγοσακχαρίτες

Ινουλίνη (standard) (Fibruline XL, Coscura, Belgium)

- Δισακχαρίτες

Τρεχαλόζη (Merck, Darmstadt, Germany)

- Φυτικές Ίνες

Βρώμης και Πατάτας (VITACEL 201, JRS GmmbH, Germany)

- Υδροκολλοειδή

HPMC (F4M) (Methocel, The DOW Company, Germany)

---

Για την παρασκευή κάθε δείγματος πουρέ πατάτας χρησιμοποιήθηκαν ως πρώτες ύλες:

- Πατάτες (κυπριακής προέλευσης, ποικιλίας Σπούντα)
- Αγελαδινό Γάλα τύπου UHT (3,5%) (ΦΑΓΕ Α.Ε.)
- Μαγειρικό αλάτι

Οι διάφορες ποικιλίες πατάτας διαφέρουν μεταξύ τους ως προς την υφή του κονδύλου μετά το μαγείρεμα. Προηγούμενες μελέτες μεταξύ των διαφόρων ποικιλιών έδειξαν ότι οι πατάτες τύπου Kennebec είναι οι καταλληλότερες για την παραγωγή φρέσκου πουρέ πατάτας σταθερής ποιότητας. Γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιήθηκαν πατάτες Κύπρου (καθότι κατάλληλες για φούρνο) οι οποίες αποτελούν συγγενή ποικιλία με τις Kennebec. Βεβαίως πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι οι προτιμήσεις των καταναλωτών ως προς την ποιότητα της πατάτας διαφέρουν από χώρα σε χώρα καθώς οι διατροφικές συνήθειες ποικίλλουν.

### 5.2.2 Όργανα - Συσκευές

Κατά την προετοιμασία και επεξεργασία των δειγμάτων πουρέ πατάτας χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω εργαστηριακά όργανα και συσκευές:

A) Για την παρασκευή του δείγματος:

- Ηλεκτρονικός Ζυγός (Precisa 620, Switzerland)
- Ατμομάγειρας (οικιακός)
- Αναδευτήρας ( IKA- WERKE EURO-ST PVC, GmbH & CO.KG, Staufen, Germany)
- Mixer (Kenwood)
- Υδατόλουτρο (GFL 1083, Labortechnik GmbH, Burgwedel, Germany)
- Καταψύκτης (Whirlpool)
- Πλαστικά και μεταλλικά σκεύη για την παρασκευή των δειγμάτων.

B) Για τη διεξαγωγή των μετρήσεων χρησιμοποιήθηκαν:

- Αναλυτής Υφής (TA-XT2i, Stable Microsystems Ltd)
- Χρωματόμετρο Minolta CR-200
- Ιξωδόμετρο τύπου Brookfield(LVDV-11, Brookfield Engineering Laboratories, USA)
- Καταγραφικά θερμοκρασίας. (Comark "Diligence", Comark Ltd, England)

### 5.2.3 Πειραματική διαδικασία

Για την παρασκευή κάθε δείγματος πουρέ πατάτας ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία:

- Αρχικά ζυγίζονται τα στερεά υλικά δηλαδή 1100 g πατάτας, 13.2 g μαγειρικό αλάτι καθώς και τα κρυοπροστατευτικά υλικά που θα χρησιμοποιηθούν.
- Κατόπιν ζυγίζεται το αγελαδινό γάλα, 200g.
- Καθαρίζονται και τεμαχίζονται οι πατάτες σε φέτες.

- Παράλληλα θερμαίνεται υπό ανάδευση το γάλα (συνεχής ανάδευση) προσέχοντας να μην υπερβεί τους 60° C . (Απαιτούμενος χρόνος περίπου 20 min)
- Αφού τεμαχιστούν οι πατάτες σε φέτες, τοποθετούνται στον ατμομάγειρα για 20-25 min ανάλογα με την ποικιλία.
- Αφού βράσουν οι τεμαχισμένες πατάτες ακολουθεί απόδραση της πατάτας για 20 s περίπου, προσέχοντας, ώστε το μίγμα πατάτας να καταστεί ομοιογενές και χωρίς στερεά συσσωματώματα και κατόπιν αφήνεται αυτό να κρυώσει μέχρι να αποκτήσει θερμοκρασία 60° C.
- Όταν το γάλα φτάσει στην επιθυμητή θερμοκρασία των 60° C προστίθενται σε αυτό τα στερεά κρυοπροστατευτικά υλικά καθώς και το αλάτι.
- Τέλος όταν οι πατάτες και το γάλα έχουν αποκτήσει την ίδια θερμοκρασία δηλαδή 60° C ακολουθεί απόδραση στο mixer για 40s περίπου, ώστε να ομογενοποιηθεί το μίγμα.

Μετά την παρασκευή του πουρέ πατάτας κάθε δείγμα αδειάζεται σε 12 πλαστικά κυπελλάκια καθένα εκ των οποίων περιέχει 100g δειγματος. Τα 11 από αυτά αφήνονται να φτάσουν σε θερμοκρασία δωματίου και κατόπιν τοποθετούνται σε καταψύκτη. Το τελευταίο τοποθετείται σε υδατόλουτρο, ώστε να γίνουν οι απαραίτητες μετρήσεις στο φρέσκο δείγμα (χρόνος 0).

#### 5.2.4 Σχεδιασμός πειραμάτων

Για τη μελέτη της επίδρασης των κρυοπροστατευτικών υλικών που επιλέχθηκαν στα χαρακτηριστικά των δειγμάτων πουρέ χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 8 διαφορετικά υλικά, απλά καθώς και σε μίγματα. Συνολικά μελετήθηκαν 13 σειρές δειγμάτων. Κάθε σειρά διέφερε ως προς το είδος του κρυοπροστατευτικού υλικού που ενσωματώθηκε καθώς και το ποσοστό ενσωμάτωσής τους. Παρακάτω ακολουθεί συγκεντρωτικός πίνακας με όλα τα δείγματα που παρασκευάστηκαν:

ΣΕΙΡΕΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΠΟΥΡΕ ΠΑΤΑΤΑΣ	
1 <sup>η</sup> Σειρά - ΧΠ	χωρίς την προσθήκη κρυοπροστατευτικών ουσιών
2 <sup>η</sup> Σειρά -kC3	προσθήκη 3 g/kg kC
3 <sup>η</sup> Σειρά-ΧG1.5	προσθήκη 1,5 g/kg ΧG
4 <sup>η</sup> Σειρά- kC2.25/ΧG1.25	προσθήκη 2,25 g/kg kC&1,25g/kg ΧG
5 <sup>η</sup> Σειρά- kC1.5/ΧG1.5	προσθήκη 1,5 g/kg kC & 1,5 g/kg ΧG
6 <sup>η</sup> Σειρά-IN2%	προσθήκη 2% ινουλίνη (standard)
7 <sup>η</sup> Σειρά-IN2%/ kC1.5/ΧG1.5	προσθήκη 1,5 g/kg kC & 1,5 g/kg ΧG & 2% ινουλίνης (standard)
8 <sup>η</sup> Σειρά-HPMC1%	προσθήκη 1% HPMC (F4M)
9 <sup>η</sup> Σειρά-chit1%	προσθήκη 1% χιτοζάνη
10 <sup>η</sup> Σειρά-HPMC0.5%/chit0.5%	προσθήκη 0,5% HPMC(F4M)& 0,5% χιτοζάνη
11 <sup>η</sup> Σειρά- kC1.5/ΧG1.5/ chit1%	προσθήκη 1,5 g/kg kC & 1,5 g/kg ΧG & 1% χιτοζάνη
12 <sup>η</sup> Σειρά-P.F.0.5%/O.F.0.5%	προσθήκη 0,5 % P.F & 0,5% O.F
13 <sup>η</sup> Σειρά-treh1%	προσθήκη 1% τρεχαλόζη

όπου: kC, κ- καραγεννάνη/ ΧG, κόμμη ξανθάνης/ P.F, ίνες πατάτας/ O.F, ίνες βρώμης

Πίνακας 5.1: Κωδικοποίηση σειρών δειγμάτων πουρέ πατάτας και σύσταση κάθε σειράς

Στα δείγματα η προστιθέμενη ποσότητα των παραπάνω υλικών που μελετήθηκε η κρυοπροστατευτική τους δράση υπολογίζεται με βάση το βάρος της πατάτας (πριν το βρασμό) που χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή κάθε μίγματος. Η προσθήκη της καραγεννάνης και της ξανθάνης υπολογίστηκε ανά κιλό ωμής πατάτας ενώ τα υπόλοιπα ανά 100g ωμής πατάτας.

Για την παρασκευή του κάθε δείγματος πουρέ χρειάζονται:

- 1.100g πατάτας
- 200 g γάλα
- 13,2 g μαγειρικό αλάτι

Τέλος όπως αναφέρθηκε και παραπάνω τοποθετούνται στον καταψύκτη 11 κυπελλάκια για κάθε σειρά δειγμάτων, για τις απαραίτητες μετρήσεις. Τα δείγματα αποθηκεύτηκαν σε κατάψυξη για 8 εβδομάδες και οι δειγματοληψίες για την εξέταση των ιδιοτήτων έγιναν ως εξής:

- 1) Φρέσκο (χρόνος 0)
- 2) Εβδομάδα 1<sup>η</sup>
- 3) Εβδομάδα 2<sup>η</sup>
- 4) Εβδομάδα 4<sup>η</sup>
- 5) Εβδομάδα 6<sup>η</sup>
- 6) Εβδομάδα 8<sup>η</sup>

### **5.2.5 Προετοιμασία-θέρμανση κατεψυγμένων δειγμάτων πουρέ πατάτας**

Προκρινόμενου να εξεταστούν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αποθηκευμένων δειγμάτων πουρέ πατάτας σε κατάψυξη για διάφορους χρόνους, γινόταν προετοιμασία αυτών με απόψυξη υπό θέρμανση.

Όλα τα δείγματα μετά την απομάκρυνση από τον καταψύκτη τοποθετούνται κατευθείαν σε υδατόλουτρο για 25min περίπου μέχρις ότου να αποκτήσουν θερμοκρασία 55° C. Η θερμοκρασία τους ελέγχεται με θερμόμετρο τοποθετούμενο στο κέντρο του δοχείου συσκευασίας.

Σε κάθε δειγματοληψία λαμβάνονταν 2 όμοια δείγματα τα οποία μετά από την προετοιμασία εξετάζονται ως προς τα ποιοτικά τους χαρακτηριστικά.

## 5.2.6 Μετρήσεις –Αναλύσεις

### Καμπύλες Κατάψυξης

Για τη μελέτη της θερμικής συμπεριφοράς των δειγμάτων πουρέ, κατά την κατάψυξη αυτών συσκευασμένων σε πλαστικά κύπελλα παρακολουθείται ο ρυθμός κατάψυξης με σκοπό να βρεθεί το αρχικό σημείο κατάψυξης, και ο πειραματικός χρόνος κατάψυξης των δειγμάτων. Το αρχικό σημείο κατάψυξης είναι ενδεικτικό της κρυοπροστατευτικής δράσης του μελετούμενου υλικού. Η ταχύτητα κατάψυξης αποτελεί ιδιαίτερα σημαντικό μέγεθος εφόσον επηρεάζει την ποιότητα του τελικού κατεψυγμένου προϊόντος.

Για το σχεδιασμό όμως των διαδικασιών κατάψυξης τις περισσότερες φορές χρησιμοποιούνται διάφορες εξισώσεις θεωρητικές ή ημι- εμπειρικές για τον προσδιορισμό του χρόνου κατάψυξης των τροφίμων. Μία από τις πιο συνήθεις είναι αυτή του Plank και εφαρμόστηκε στην περίπτωση του δείγματος αναφοράς, δηλαδή αυτού χωρίς την προσθήκη κρυοπροστατευτικού υλικού, ώστε να συγκριθεί η προβλεπόμενη από το μοντέλο με την αντίστοιχη πειραματική τιμή του χρόνου κατάψυξης. Η εξίσωση του Plank είναι:

$$t_F = \frac{\rho \Delta H}{T_F - T_m} \left( \frac{Pd}{h} + \frac{Rd^2}{k} \right)$$

Στην παραπάνω εξίσωση όπου

$\rho$ : η πυκνότητα του πουρέ πατάτας

$\Delta H$ : η λανθάνουσα θερμότητα «κατάψυξης» του πουρέ πατάτας

$T_F$ : το αρχικό σημείο κατάψυξης όπως υπολογίστηκε πειραματικά

$T_m$ : η θερμοκρασία του θαλάμου κατάψυξης

$P$  &  $R$ : σταθερές οι οποίες εξαρτώνται από τη γεωμετρία του τροφίμου στην παρούσα περίπτωση θεωρήθηκε κύλινδρος απείρου μήκους

$d$ : το πάχος του πουρέ πατάτας

$h$ : συντελεστής συναγωγής

$k$ : θερμική αγωγιμότητα πουρέ πατάτας

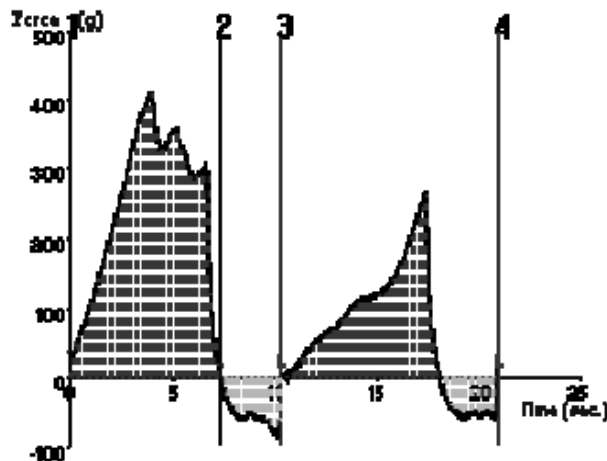
Τέλος για τον προσδιορισμό του πειραματικού χρόνου κατάψυξης θεωρείται ο χρόνος μέχρι το θερμικό κέντρο του δείγματος να φτάσει 10 °C κάτω από το αρχικό σημείο κατάψυξης.

### Ανάλυση Υφής

Η ανάλυση υφής πραγματοποιήθηκε στον αναλυτή υφής (TA-XT2i, Stable Microsystems Ltd), ο οποίος είναι συνδεδεμένος με ηλεκτρονικό υπολογιστή (Texture Expert Exceed). Σκοπός της ανάλυσης υφής ήταν ο προσδιορισμός της αντικειμενικής σκληρότητας, της προσκολλησιμότητας, της συνεκτικότητας και του κομμώδους των δειγμάτων πουρέ πατάτας. Τα δείγματα (100g καθένα) υποβλήθηκαν σε συμπίεση με κωνικό στέλεχος (SMS P/45C) όπως και με κυλινδρικό στέλεχος (TA-3 1'' ύψους 35mm). Σε κάθε δείγμα έγιναν δύο



διεισδύσεις με ταχύτητα 3mm/s, το επίπεδο συμπίεσης ήταν 33.3% και ο χρόνος μεταξύ των διεισδύσεων ορίστηκε στα 5s αναπαράγοντας έτσι τη μάσηση. Οι μετρήσεις επαναλήφθηκαν δύο φορές για κάθε ένα από τα δύο όμοια μετρούμενα δείγματα και οι τελικές τιμές των προσδιοριζόμενων χαρακτηριστικών προκύπτουν ως μέσος όρος των τεσσάρων μετρήσεων.



Τυπικό διάγραμμα δύναμης - χρόνου με χρήση αναλυτή υφής

Από το παραπάνω διάγραμμα προκύπτουν τα εξής χαρακτηριστικά υφής:

- ✓ Σκληρότητα: η μέγιστη δύναμη κατά την 1<sup>η</sup> διείσδυση
- ✓ Προσκολλησιμότητα: το αρνητικό εμβαδόν μεταξύ 1<sup>ης</sup> και 2<sup>ης</sup> διείσδυσης
- ✓ Συνεκτικότητα: ο λόγος του εμβαδού κατά τη 2<sup>η</sup> διείσδυση προς το αντίστοιχο εμβαδό της 1<sup>ης</sup> διείσδυσης
- ✓ Κορμιώδες: σκληρότητα × ελαστικότητα

Η θερμοκρασία του δείγματος διατηρείτο κατά τη μέτρηση σταθερή για όλα τα εξεταζόμενα δείγματα στους 55° C .

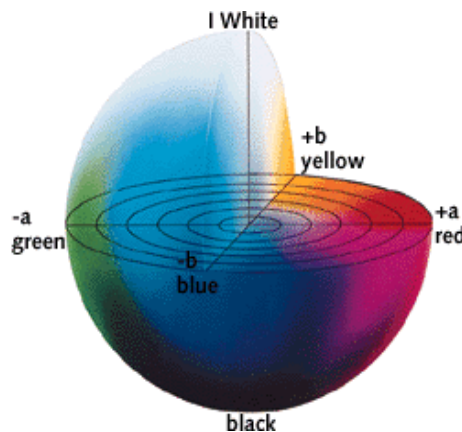
### Μέτρηση Ιξώδους

Ο προσδιορισμός του ιξώδους των δειγμάτων πουρέ πατάτας έγινε με τη χρήση του ιξωδόμετρου Brookfield. Για τη μέτρηση χρησιμοποιήθηκε το λεπτότερο στέλεχος (S46) ενώ οι στροφές διέφεραν ανάλογα με το δείγμα και κυμάνθηκαν μεταξύ 0.6 – 10 rpm. Περίπου 50 g δείγματος τοποθετούνται κάθε φορά σε γυάλινο σκεύος, κυλινδρικού σχήματος. Η μέτρηση πραγματοποιείται δύο φορές και το ιξώδες προκύπτει ως ο μέσος όρος αυτών. Η θερμοκρασία του μετρούμενου δείγματος ήταν 55° C.

## Μέτρηση χρώματος

Η μέτρηση του χρώματος των δειγμάτων πουρέ πατάτας πραγματοποιήθηκε με το χρωματόμετρο CR-200 των εταιρειών Konica-Minolta. Το συγκεκριμένο χρωματόμετρο ποσοτικοποιεί το χρώμα με βάση το τρισδιάστατο χρωματικό σύστημα CIELab που ανέπτυξε η CIE (Commission Internationale de l'éclairage). Στα δείγματα μετρήθηκαν οι παράμετροι L, a και b του χρώματος του πουρέ πατάτας. Κάθε μέτρηση επαναλαμβανόταν δύο φορές στα δύο όμοια δείγματα και οι τελικές τιμές για κάθε δείγμα υπολογίζονταν ως ο μέσος όρος των μετρήσεων.

Το σύστημα αυτό απεικονίζεται ως μία σφαίρα που περιλαμβάνει όλο το φάσμα του ορατού φωτός. Η σφαίρα περιλαμβάνει τρεις κάθετους μεταξύ τους άξονες σε καρτεσιανές συντεταγμένες, όπου ο κατακόρυφος άξονας εκφράζει τη φωτεινότητα του χρώματος (L) σε κλίμακα από 0 (μαύρο) έως 100 (άσπρο), ενώ οι άλλοι δύο άξονες (a και b) ορίζουν το επίπεδο του χρώματος. Ο άξονας a εκφράζει την κόκκινη/πράσινη παράμετρο του χρώματος, ενώ ο άξονας b εκφράζει την κίτρινη/μπλε παράμετρο του χρώματος. Θετικό a υποδεικνύει κόκκινο χρώμα, αρνητικό αντίστοιχα πράσινο, ενώ θετικό b υποδεικνύει κίτρινο και αντίστοιχα αρνητικό μπλε χρώμα. Κάθε χρώμα αντιστοιχεί σε ένα σημείο εντός της σφαίρας και μπορεί να εκφραστεί ως διάνυσμα  $\xrightarrow{\Delta E}$  με αυτές τις τρεις συνιστώσες.



Ανάλυση χρωματικών παραμέτρων συστήματος CIELab

Επομένως οι τιμές του ολικού χρώματος υπολογίζονται με την εξής σχέση:

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

## Οργανοληπτικός Έλεγχος

Η οργανοληπτική εξέταση είναι απαραίτητη για την πληρέστερη και τη συνολική εκτίμηση των χαρακτηριστικών των δειγμάτων πουρέ πατάτας. Η εξέταση των δειγμάτων έγινε με τη χρήση δοκιμής ποσοτικής περιγραφικής ανάλυσης κατατομής και η ομάδα αποτελείτο από 4 εκπαιδευμένους δοκιμαστές, οι οποίοι εκπαιδεύτηκαν κατάλληλα, ειδικά στην εξέταση του συγκεκριμένου προϊόντος φρέσκου πουρέ πατάτας, ώστε να μπορούν να βαθμολογήσουν τα δείγματα με χρήση του κατάλληλου εντύπου της οργανοληπτικής αξιολόγησης των δειγμάτων.

Η εκτίμηση των παραμέτρων που μελετήθηκαν έγινε με τη χρήση αριθμητικής κλίμακας με βάση το 10, όπου η τιμή 1 αντιστοιχούσε στη μη ύπαρξη της ιδιότητας και η τιμή 10 αντιστοιχούσε στην πιο έντονη εξεταζόμενη ιδιότητα. Τα χαρακτηριστικά αξιολογούνται με τη σειρά που γίνονται αντιληπτά (εμφάνιση, άρωμα/ υφή στο κουτάλι/υφή στο στόμα, άρωμα, μετάγευση) και καθένα από αυτά αναλύεται σε επιμέρους συνιστώσες.

Και στην περίπτωση αυτή η θερμοκρασία των δειγμάτων ήταν 55° C καθότι προηγούμενες μελέτες από έμπειρους δοκιμαστές έδειξαν ότι αποτελεί την καταλληλότερη θερμοκρασία για την κατανάλωση πουρέ πατάτας. Η ποσότητα των δειγμάτων επίσης ήταν σε όλα τα δείγματα πουρέ που εξετάστηκαν η ίδια.

Παρακάτω αναλύονται τα επιμέρους χαρακτηριστικά που αναφέρονται στο έντυπο του οργανοληπτικού ελέγχου.

Χαρακτηριστικά της εμφάνισης του δείγματος:

<b>ΙΔΙΟΤΗΤΑ</b>	<b>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ</b>
Εμφάνιση	Εκτίμηση της ανώμαλης ή μη επιφάνειας του δείγματος και εντοπισμός τυχόν κόκκων/συσσωματωμάτων σε αυτήν

Χαρακτηριστικά του χρώματος του δείγματος:

<b>ΙΔΙΟΤΗΤΑ</b>	<b>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ</b>
Ικανοποιητικό	Περιγραφή του βαθμού αποδοχής του χρώματος του δείγματος προς το κανονικό λευκό- κίτρινο εντοπισμός αφύσικου χρώματος

Χαρακτηριστικά της οσμής:

<b>ΙΔΙΟΤΗΤΑ</b>	<b>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ</b>
Ικανοποιητική	Περιγραφή βαθμού αποδοχής ως προς κανονικό-φρέσκο

Χαρακτηριστικά της υφής τόσο στο κουτάλι όσο και στο στόμα:

	<b>ΙΔΙΟΤΗΤΑ</b>	<b>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ</b>
<b>Στο κουτάλι</b>	Ενιαία Μάζα	Περιγραφή ομοιογένειας της μάζας του δείγματος, εντοπισμός κόκκων/ συσσωματωμάτων
	Κολλώδης	Ανίχνευση ελαστικής δομής με τον τεμαχισμό με το κουτάλι
	Ρευστότητα	Περιγραφή της ρευστότητας κατά τη δειγματοληψία στο κουτάλι. (1: λεπτόρρευστο/υδαρές- 10: πολύ έντονα παχύρρευστο)
<b>Στο στόμα</b>	Συνεκτική	Περιγραφή της αίσθησης της ομοιογένειας της δομής της μάζας στο στόμα, εντοπισμός κρυστάλλων/υγρασίας
	Κολλώδης	Περιγραφή της αίσθησης της προσκόλλησης στον ουρανίσκο
	Κομμιώδης	Περιγραφή μασητικότητας του δείγματος
	Συσσωματώματα Κόκκων	Εντοπισμός τυχόν κρυστάλλων/κόκκων και γενικά ανομοιόμορφης υφής στο στόμα
	Λιπαρότητα	Περιγραφή της λιπαρότητας ή της ύπαρξης στερεοποιημένων λιπαρών συστατικών

Χαρακτηριστικά της γεύσης, του αρώματος και της μετάγευσης:

<b>ΙΔΙΟΤΗΤΑ</b>	<b>ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ</b>
<b>Γεύση</b>	Εκτίμηση της γεύσης του δείγματος με συνεκτίμηση τυχόν ελαττωμάτων
<b>Άρωμα</b>	Εκτίμηση του αρώματος με συνεκτίμηση τυχόν αλλοιώσεων
<b>Μετάγευση</b>	Εκτίμηση της αίσθησης μετά την κατάποση με συνεκτίμηση τυχόν αλλοιώσεων

Και τέλος κάθε δοκιμαστής δίνει το δικό του βαθμό ως προς τη Συνολική Εκτίμηση, λαμβάνοντας υπόψη το συνολικό βαθμό αρέσκειας του δείγματος, συνεκτιμώντας όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά.

## ΕΝΤΥΠΟ ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΗΣ ΕΞΕΤΑΣΗΣ ΠΟΥΡΕ ΠΑΤΑΤΑΣ

Όνομα Δοκιμαστή:

Ημερομηνία:

Χαρακτηριστικό		Κωδικοί δειγμάτων		
Εμφάνιση Επιφάνεια	ομοιόμορφη			
	λεία			
	ανώμαλη			
	αναλογία κόκκων/ συσσωματώματα			
	ύπαρξη φυσαλίδων			
	ελάττωμα			
Χρώμα	κανονικό			
	Λευκό - κίτρινο			
	άλλο			
Οσμή	Κανονική - ευχάριστη			
	Μη ικανοποιητική			
	Άλλη			
Υφή	στο κουτάλι	ενιαία μάζα		
		συνεκτική μάζα		
		κολλώδης		
		ρευσιτότητα		
		ίχνη κουταλιού στην επιφάνεια		
	στο στόμα	λεπτή		
		συνεκτική		
		κολλώδης (στον ουρανίσκο)		
		κοκκώδης		
		κομμιώδης		
		συσσωματώματα κόκκων		
		λιπαρότητα		
		άλλη		
Γεύση	μη ικανοποιητική			
	μέτρια			
	ικανοποιητική - ευχάριστη			
	άλλη			
Άρωμα	μη ικανοποιητικό			
	μέτριο			
	ικανοποιητικό - ευχάριστο			
	άλλο			
Μετάγευση				
Συνολική εκτίμηση:				
Παρατηρήσεις:				

Το έντυπο που χρησιμοποιήθηκε από τους δοκιμαστές για τον οργανοληπτικό έλεγχο των δειγμάτων.

### 5.3 Στατιστική επεξεργασία

Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων έγινε με τη χρήση του υπολογιστικού προγράμματος Statistica, εφαρμόζοντας τη μέθοδο Ανάλυσης Διακύμανσης (ANOVA) και τη μέθοδο Ανάλυσης Κύριων Συνιστωσών (PCA).

Η ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο της σημαντικότητας της επίδρασης του είδους του υδατανθρακικού υλικού, απλού ή σε μίγματα, στις ιδιότητες των δειγμάτων πουρέ πατάτας. Επίσης εφαρμόστηκε και το κριτήριο διαφοράς Duncan's test για τον έλεγχο των μέσων όρων των παραμέτρων, ώστε να αναδειχθούν οι σημαντικές επιδράσεις των μελετούμενων παραμέτρων ποιότητας.

Η Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (PCA) παρέχει τη δυνατότητα συσχέτισης των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών και των αντικειμενικών μετρήσεων στα δείγματα πουρέ πατάτας με διαφορετικά υδατανθρακικά υλικά και επιτρέπει τη μείωση του αριθμού των μεταβλητών, ώστε να περιγραφούν επαρκώς τα αποτελέσματα των πειραμάτων.

## 6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΣΥΖΗΤΗΤΗΣΗ

Κύριος σκοπός αυτής της μελέτης είναι η διερεύνηση της επίδρασης απλών ή σε μίγματα κρυοπροστατευτικών υλικών υδατανθρακικής προέλευσης, ώστε να διερευνηθεί η κρυοπροστατευτική τους δράση κατά την αποθήκευση σε κατάψυξη στα δείγματα πουρέ πατάτας. Γι' αυτό το λόγο προσδιορίστηκαν οι μεταβολές της υφής, του ιξώδους, του χρώματος καθώς και των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών κάθε δείγματος ως προς το χρόνο αποθήκευσης σε κατάψυξη, ώστε να βρεθεί η καλύτερη αναλογία άρα και το πιο αποδεκτό δείγμα το οποίο έχει τη μεγαλύτερη συνολική αποδοχή και να προσδιοριστεί ο χρόνος ζωής αυτών. Ο δεύτερος στόχος είναι η συσχέτιση αντικειμενικών και οργανοληπτικών μετρήσεων, ώστε να διερευνηθεί η τυχόν συσχέτιση αυτών.

Σε σειρά δειγμάτων έγιναν συνολικά 6 δειγματοληψίες και πραγματοποιήθηκαν και οι αντίστοιχες μετρήσεις:

- Στο φρέσκο (χρόνος 0)
- Την 1<sup>η</sup> εβδομάδα (χρόνος 1)
- Την 2<sup>η</sup> εβδομάδα (χρόνος 2)
- Την 4<sup>η</sup> εβδομάδα (χρόνος 4)
- Την 6<sup>η</sup> εβδομάδα (χρόνος 6)
- Την 8<sup>η</sup> εβδομάδα (χρόνος 8)

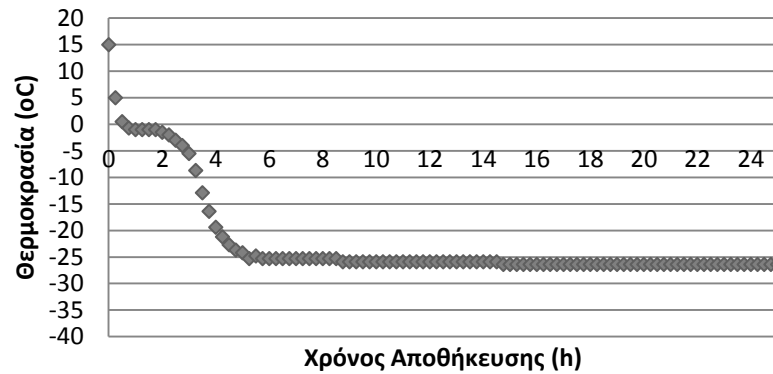
Στα διαγράμματα που ακολουθούν ο χρόνος αποθήκευσης συμβολίζεται σε εβδομάδες και συμπληρώνεται ο κωδικός του δείγματος όπως αναφέρθηκε στον πίνακα 5.1 στο σχεδιασμό των πειραμάτων.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί από κάθε σειρά πειραμάτων με διαφορετικό υλικό, απλό ή σε μίγματα αυτών, λαμβάνονταν κάθε φορά 2 όμοια δείγματα για τους διάφορους χρόνους αποθήκευσης σε κατάψυξη και οι μετρήσεις επαναλαμβάνονται 2 φορές. Οι τιμές στα διαγράμματα αποτελούν τους μέσους όρους των μετρήσεων που διενεργήθηκαν. Η αποθήκευση υπό κατάψυξη διήρκησε συνολικά 2 μήνες για κάθε δείγμα.

## 6.1 Καμπύλες κατάψυξης

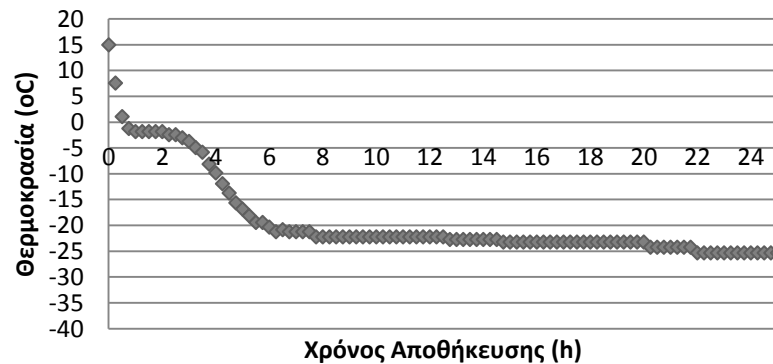
Στα σχήματα που ακολουθούν απεικονίζονται οι καμπύλες κατάψυξης όλων των δειγμάτων

- Σειρά 1<sup>η</sup> - ΧΠ



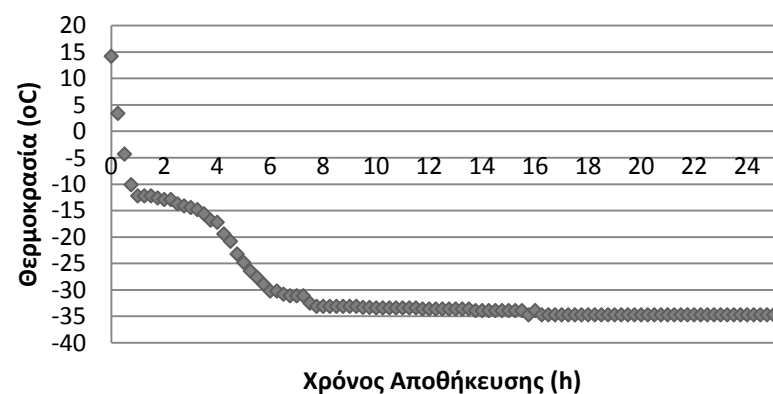
Σχήμα 6.1: Καμπύλη κατάψυξης πουρέ πατάτας χωρίς προσθήκη κρυοπροστατευτικών υλικών (ΧΠ)

- Σειρά 2<sup>η</sup> - κC3



Σχήμα 6.2: Καμπύλη κατάψυξης πουρέ πατάτας με προσθήκη κ-καραγεννάνης (κC3)

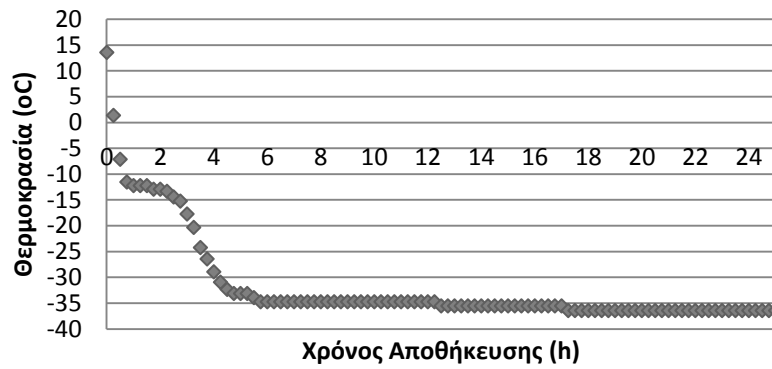
- Σειρά 3<sup>η</sup> - ΧG1.5



Σχήμα 6.3: Καμπύλη κατάψυξης πουρέ πατάτας με προσθήκη κόμμεος ξανθάνης (ΧG1.5)

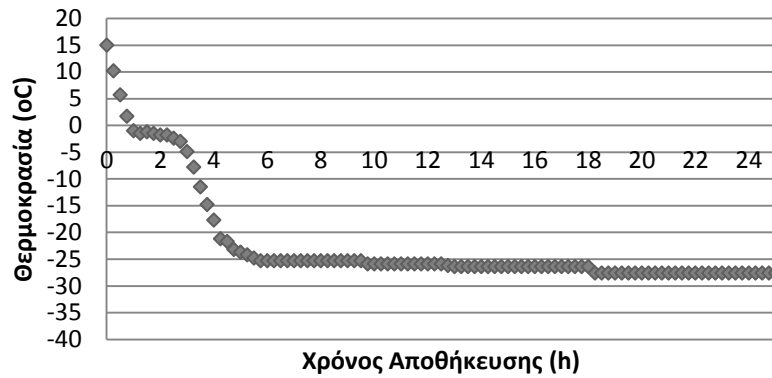


➤ Σειρά 4<sup>η</sup> - kC2.25/ΧG1.25



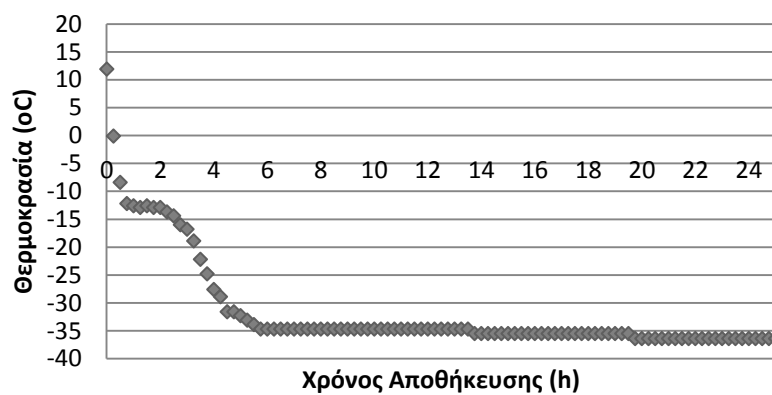
Σχήμα 6.4: Καμπύλη κατάψυξης πουρέ πατάτας με προσθήκη κ-καραγεννάνης και κόμμεος ξανθάνης (kC2.25/ΧG1.25)

➤ Σειρά 5<sup>η</sup> - kC1.5/ΧG1.5



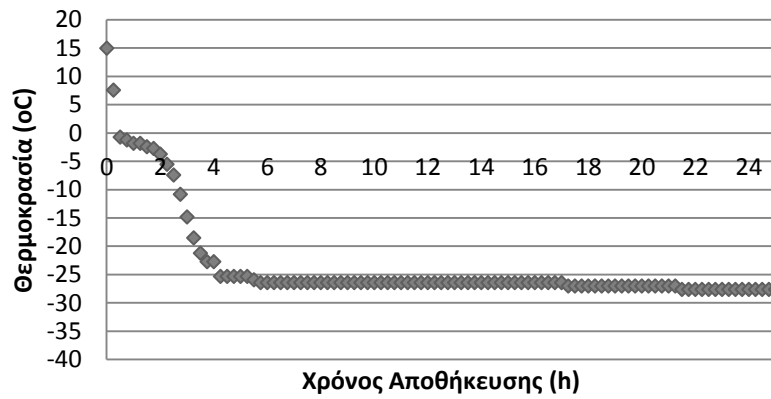
Σχήμα 6.5: Καμπύλη κατάψυξης πουρέ πατάτας με προσθήκη κ-καραγεννάνης και κόμμεος ξανθάνης (kC1.5/ΧG1.5)

➤ Σειρά 6<sup>η</sup> - IN2%



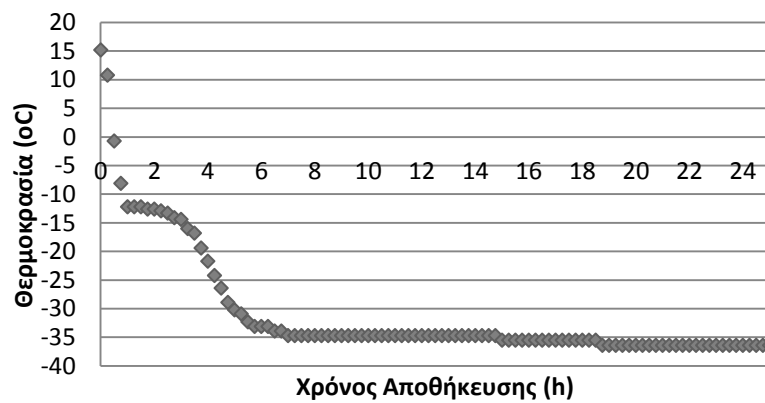
Σχήμα 6.6: Καμπύλη κατάψυξης πουρέ πατάτας με προσθήκη ινουλίνης, ( standard) (IN2%)

➤ Σειρά 7<sup>η</sup> - IN2%/ κC1.5/ΧG1.5



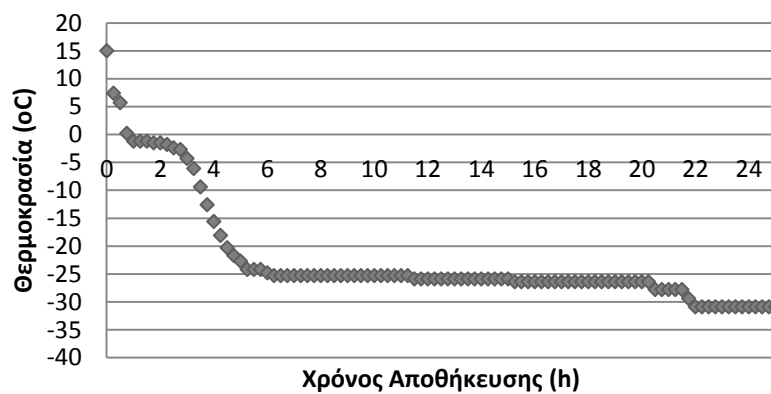
Σχήμα 6.7: Καμπύλη κατάψυξης πουρέ πατάτας με προσθήκη ινουλίνης, κ-καραγεννάνης και κόμμεος ξανθάνης (IN2%/ κC1.5/ΧG1.5)

➤ Σειρά 8<sup>η</sup> - ΗPMC1%



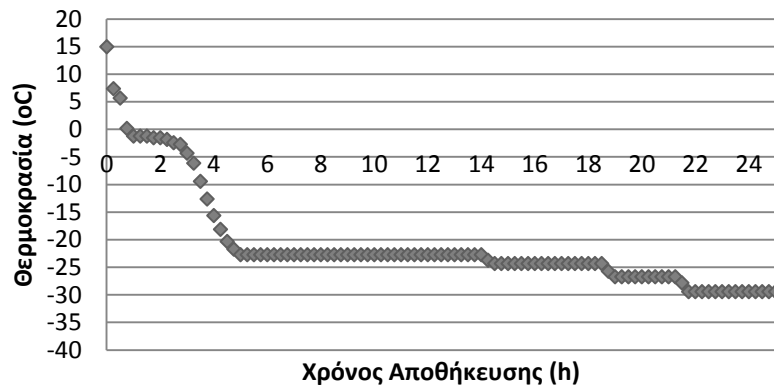
Σχήμα 6.8: Καμπύλη κατάψυξης πουρέ πατάτας με προσθήκη ΗPMC (ΗPMC1%)

➤ Σειρά 9<sup>η</sup> - chit1%



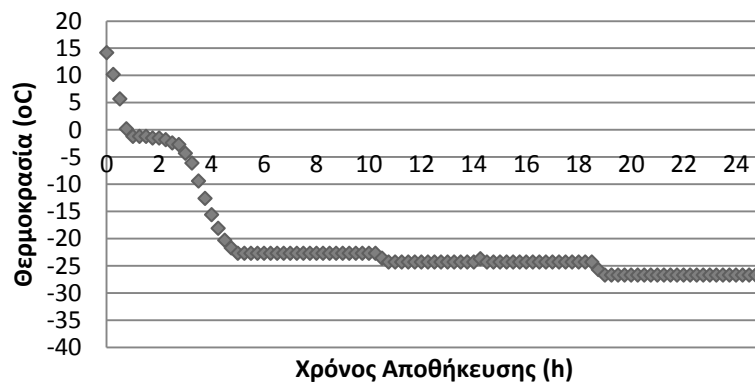
Σχήμα 6.9: Καμπύλη κατάψυξης πουρέ πατάτας με προσθήκη χιτοζάνης (chit1%)

➤ Σειρά 10<sup>η</sup>- HPMC0.5%/chit0.5%



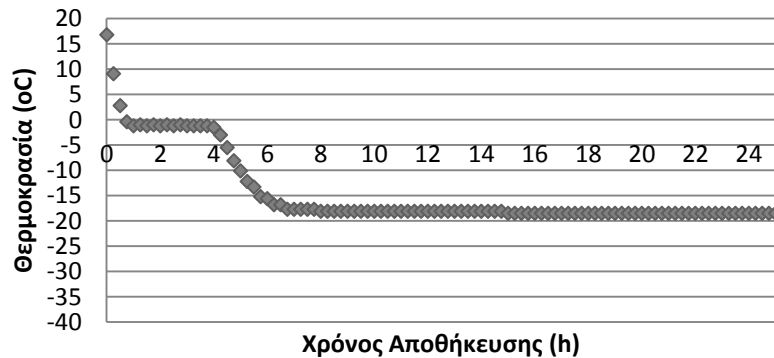
Σχήμα 6.10: Καμπύλη κατάψυξης πουρέ πατάτας με προσθήκη ΗΡΜC και χιτοζάνης (HPMC0.5%/chit0.5%)

➤ Σειρά 11<sup>η</sup> - κC1.5/ΧG1.5/ chit1%



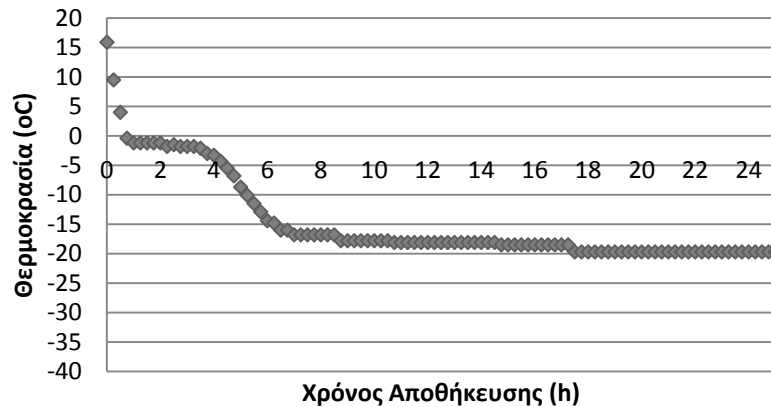
Σχήμα 6.11: Καμπύλη κατάψυξης πουρέ πατάτας με προσθήκη χιτοζάνης, κ-καραγεννάνης και κόμμεος ξανθάνης (κC1.5/ΧG1.5/ chit1%)

➤ Σειρά 12<sup>η</sup>- P.F.0.5%/O.F.0.5%



Σχήμα 6.12: Καμπύλη κατάψυξης πουρέ πατάτας ινών πατάτας και βρώμης. (P.F.0.5%/O.F.0.5%)

➤ Σειρά 13<sup>η</sup> - treh1%



Σχήμα 6.13: Καμπύλη κατάψυξης πουρέ πατάτας με προσθήκη τρεχαλόζης (treh1%)

Ακολουθεί συγκεντρωτικός πίνακας όπου αναφέρονται το αρχικό σημείο κατάψυξης και οι πειραματικοί χρόνοι κατάψυξης όπως προέκυψαν από τη μελέτη των καμπυλών κατάψυξης κάθε δείγματος:

ΣΕΙΡΕΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΠΟΥΡΕ ΠΑΤΑΤΑΣ		
Κωδικός Δείγματος	T <sub>f</sub> (°C)	t <sub>πείρ</sub> (min)
Δείγμα 1-ΧΠ	-1	120
Δείγμα 2- kC3	-1.8	200
Δείγμα 3-ΧG1.5	-12,2	202.5
Δείγμα 4 -kC2.25/ΧG1.25	-12.2	145
Δείγμα 5 kC1.5/ΧG1.5	-1.5	152.5
Δείγμα 6-IN2%	-11.5	148
Δείγμα 7-IN2%/ kC1.5/ΧG1.5	-1.8	100
Δείγμα 8-HPMC1%	-12.2	160
Δείγμα 9-chit1%	-1.2	120
Δείγμα 10-HPMC0.5%/chit0.5%	-1.2	120
Δείγμα 11- kC1.5/ΧG1.5/chit1%	-1.5	120
Δείγμα 12-P.F.0.5%/O.F.0.5%	-1.2	200
Δείγμα 13-treh1%	-1.2	190

Πίνακας 6.1: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα των αρχικών σημείων κατάψυξης και πειραματικού χρόνου κατάψυξης των σειρών πουρέ πατάτας

Από τους χρόνους κατάψυξης οι οποίοι προέκυψαν πειραματικά προκύπτει ότι η προσθήκη και το είδος του υδατανθρακικού υλικού, απλού ή σε μίγματα, επηρεάζει το χρόνο κατάψυξης. Όλα τα δείγματα που εξετάστηκαν είχαν χαμηλότερο αρχικό σημείο κατάψυξης από το δείγμα αναφοράς, δηλαδή αυτού χωρίς την προσθήκη υδατανθρακικού υλικού. Τα χαμηλότερα αρχικά σημεία κατάψυξης εμφάνισαν τα δείγματα με μίγμα καραγεννάνης/ξανθάνης kC2.25/ΧG1.25, το δείγμα με ξανθάνη και το δείγμα με HPMC επομένως αναμένεται ότι το κόμμι ξανθάνης και το HPMC να έχουν κρυοπροστατευτική δράση.

Από την εφαρμογή της εξίσωσης Plank στο δείγμα αναφοράς:

$$t_F = \frac{\rho \Delta H}{T_F - T_\infty} \left[ \frac{Pd}{h} + \frac{Rd^2}{k_f} \right]$$

Όπου:

$\rho$ : 1082 kg/m<sup>3</sup> (από βιβλιογραφία)

$\Delta H$ : 250 KJ/Kg

$T_f$ : 272.15 K

$T$ : 233.15 K

$P$ : 1/4

$R$ : 1/8

$d$ : 3,7 cm

$h$ : 10.05 W/m<sup>2</sup>K

$k$ : 1.416 W/mK

και από την επίλυση αυτής προκύπτει:  $t_f = 114.89$  min

Παρατηρείται ότι η διαφορά μεταξύ του πειραματικού και του προβλεπόμενου από το μοντέλο χρόνου διαφέρουν μόνο κατά 5 min, σφάλμα 4%.

## 6.2 Αντικειμενικές μετρήσεις

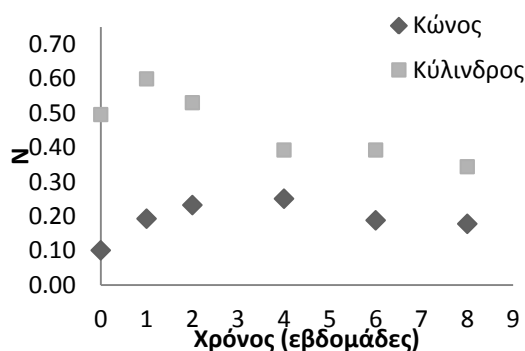
Αρχικά παρατίθενται τα αποτελέσματα των αντικειμενικών μετρήσεων για κάθε σειρά δειγματος με τα διάφορα κρυσταλλοπροστατευτικά υλικά, δηλαδή τα αποτελέσματα που ελήφθησαν από τον αναλυτή υφής, τη μεταβολή του χρώματος και του ιξώδους των δειγμάτων.

Στα διαγράμματα που ακολουθούν οι χρόνοι είναι ορισμένοι ανά εβδομάδα αποθήκευσης, πιο επεξηγηματικά ως χρόνος 0 είναι το φρέσκο, 1: 1<sup>η</sup> εβδομάδα αποθήκευσης και ούτω καθεξής μέχρι τις 8 εβδομάδες.

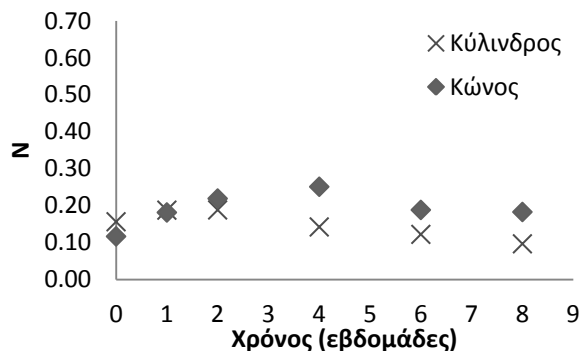
### ➤ 1<sup>η</sup> Σειρά - ΧΠ

#### Παράμετροι υφής

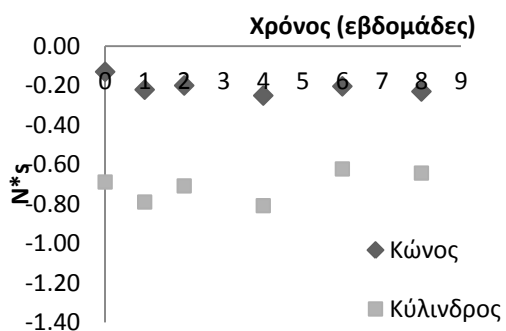
Αρχικά παραθέτονται τα διαγράμματα μεταβολής της σκληρότητας, του κομμώδους, της προσκολλησιμότητας και της συνεκτικότητας ως προς το χρόνο αποθήκευσης για όλα τα δείγματα που μελετήθηκαν. Οι ενδείξεις κώνος- κύλινδρος υποδεικνύουν τις μετρήσεις με το κωνικό και το κυλινδρικό στέλεχος.



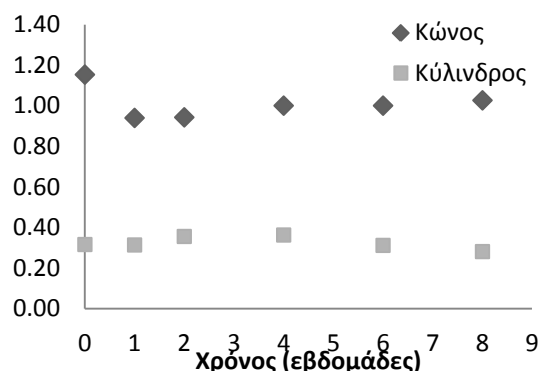
Σχήμα 6.14: Μεταβολή σκληρότητας- χρόνου



Σχήμα 6.15: Μεταβολή κομμώδους- χρόνου

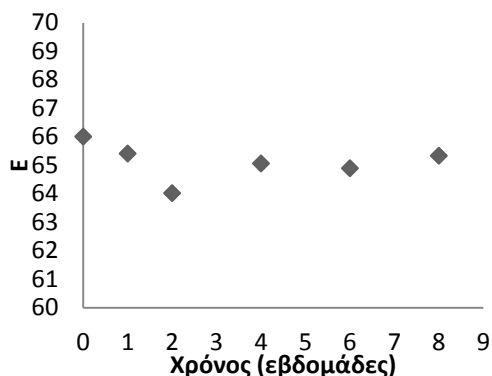


Σχήμα 6.16: Μεταβολή προσκολλησιμότητας- χρόνου



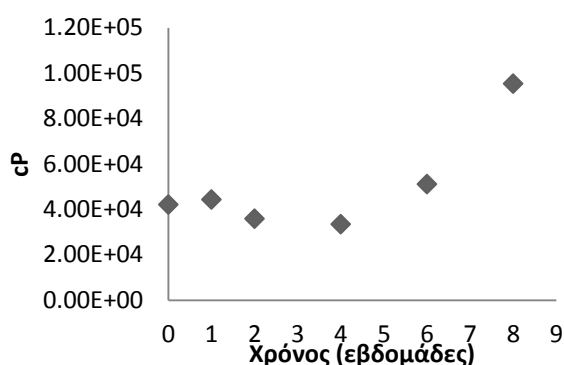
Σχήμα 6.17: Μεταβολή συνεκτικότητας- χρόνου

## Χρώμα



Σχήμα 6.18: Μεταβολή ΔΕ-χρόνου

## Ιξώδες



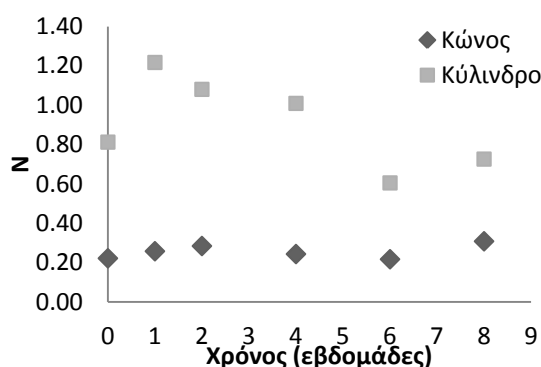
Σχήμα 6.19: Μεταβολή Ιξώδους- χρόνου

Από τα διαγράμματα παρατηρείται γενικά ότι όλες οι μεταβολές στις παραμέτρους υφής των δειγμάτων συντελούνται μέχρι και τη 2<sup>η</sup> εβδομάδα αποθήκευσης και στη συνέχεια οι μετρούμενες παράμετροι παραμένουν σταθερές. Πιο συγκεκριμένα, η σκληρότητα, το κομμιώδες και η προσκολλησιμότητα, μετρούμενες με το κωνικό στέλεχος, αυξάνονται μέχρι και τη 2<sup>η</sup> εβδομάδα αποθήκευσης και στη συνέχεια παραμένουν σταθερές μέχρι και το τέλος της αποθήκευσης. Αντίθετα η συνεκτικότητα μειώνεται μέχρι και τη 2<sup>η</sup> εβδομάδα αποθήκευσης και στη συνέχεια σταθεροποιείται. Όσον αφορά τις παραμέτρους υφής, μετρούμενες με το κυλινδρικό στέλεχος, παρατηρείται μείωση της σκληρότητας των δειγμάτων κατά τη 2<sup>η</sup> εβδομάδα αποθήκευσης και στη συνέχεια αυτή παραμένει σταθερή. Οι υπόλοιπες παράμετροι υφής, το κομμιώδες, η προσκολλησιμότητα και η συνεκτικότητα στα δείγματα παραμένουν σταθερές κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.

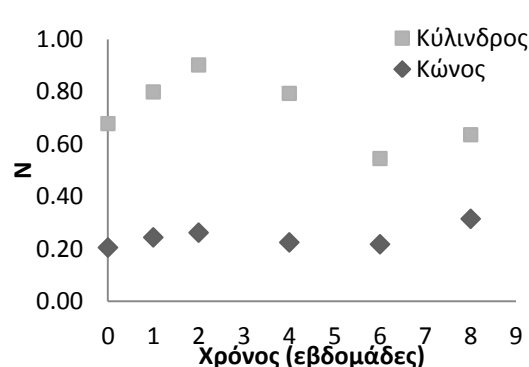
Το ολικό χρώμα των δειγμάτων παρουσιάζει την ίδια συμπεριφορά με τις παραμέτρους υφής, δηλαδή μειώνεται, παραμένοντας σε περιοχές σκούρου κίτρινου, μέχρι και τη 2<sup>η</sup> εβδομάδα αποθήκευσης ενώ στη συνέχεια σταθεροποιείται. Τέλος, όσον αφορά το ιξώδες των δειγμάτων παρουσιάζει αύξηση, σημειώνοντας μικρότερες τιμές από τα υπόλοιπα δείγματα με προσθήκη κρυσταλλοπροστατευτικών υλικών, το οποίο θα δειχθεί στη συνέχεια.

### ➤ 2<sup>η</sup> Σειρά -kC3

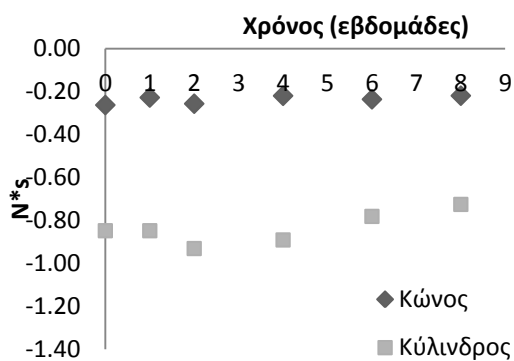
## Παράμετροι υφής



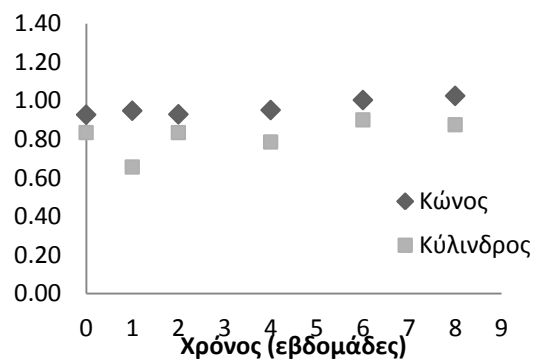
Σχήμα 6.20: Μεταβολή σκληρότητας- χρόνου



Σχήμα 6.21: Μεταβολή κομμιώδους- χρόνου

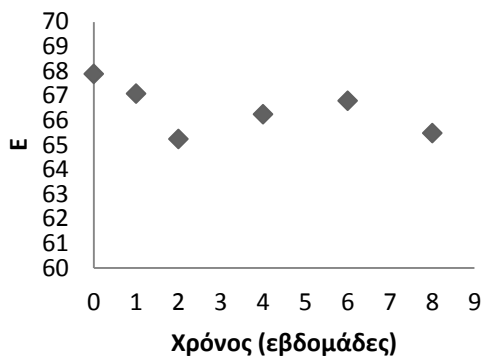


Σχήμα 6.22: Μεταβολή προσκολλησιμότητας- χρόνου



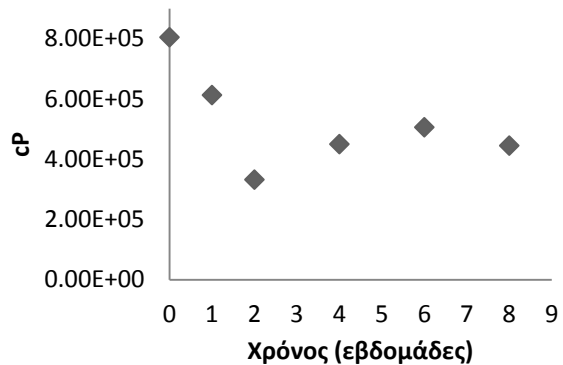
Σχήμα 6.23: Μεταβολή συνεκτικότητας- χρόνου

### Χρώμα



Σχήμα 6.24: Μεταβολή ΔΕ-χρόνου

### Ιξώδες



Σχήμα 6.25: Μεταβολή Ιξώδους- χρόνου

Από τα διαγράμματα παρατηρείται γενικά διαφορετική συμπεριφορά των παραμέτρων υψής μετρούμενες με τα διαφορετικά στελέχη. Η σκληρότητα και το κομμώδες των δειγμάτων παρουσίασαν παρόμοια συμπεριφορά και με τα δύο στελέχη, μετρούμενα με το κωνικό στέλεχος παρουσίασαν αύξηση κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης ενώ αντίθετα με το κυλινδρικό παρουσίασαν αύξηση μόνο κατά την 1<sup>η</sup> εβδομάδα και στη συνέχεια ακολούθησαν καθοδική πορεία φθάνοντας σε τιμές παρόμοιες με του φρέσκου δείγματος. Όσον αφορά τις υπόλοιπες παραμέτρους παρέμειναν σταθερές κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.

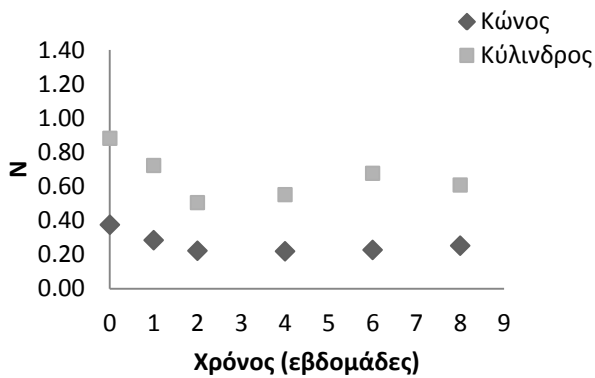
Παρατηρείται ότι το χρώμα του δείγματος με καραγεννάνη εμφάνισε παρόμοιες τιμές και συμπεριφορά με το αναφοράς, δηλαδή το δείγμα χωρίς προσθήκη κάποιου κρουπροστατευτικού υλικού, άρα στο τέλος της αποθήκευσης παρουσίασε αλλοίωση χρώματος.

Τέλος όσον αφορά το ιξώδες, παρουσίασε μείωση μέχρι και τη 2<sup>η</sup> εβδομάδα αποθήκευσης και στη συνέχεια παρέμεινε σταθερό, οπότε δεν παρουσίασε βελτιωμένη συμπεριφορά σε σχέση με το δείγμα αναφοράς.

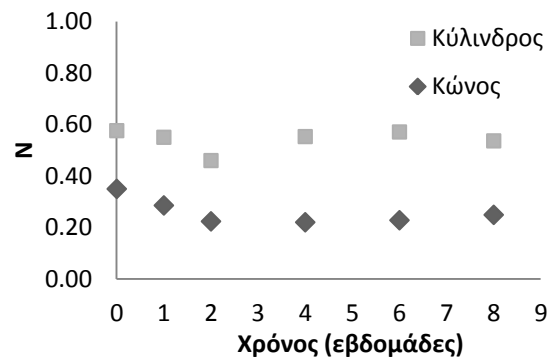


➤ 3η Σειρά-ΧG1.5

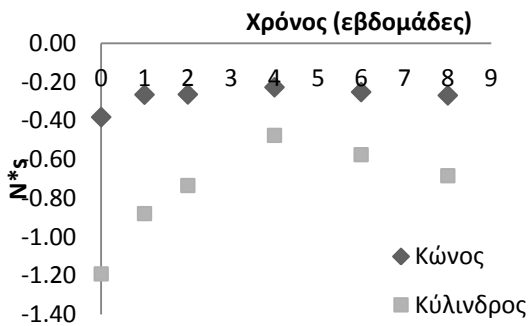
Παράμετροι υφής



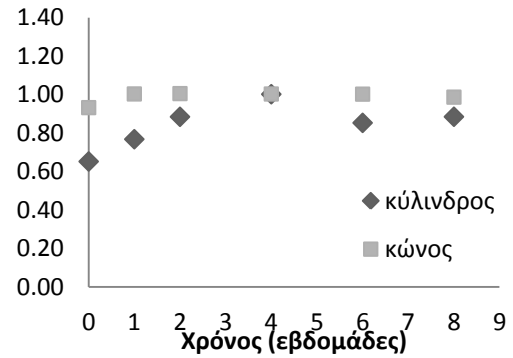
Σχήμα 6.26: Μεταβολή σκληρότητας- χρόνου



Σχήμα 6.27: Μεταβολή κομμώδους- χρόνου

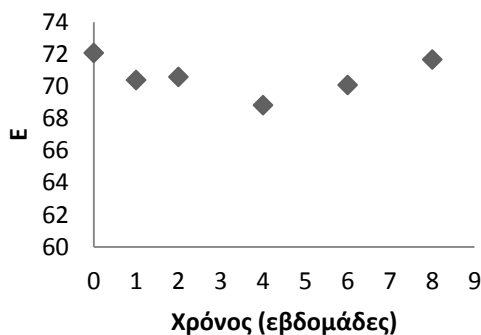


Σχήμα 6.28: Μεταβολή προσκολλησιμότητας- χρόνου



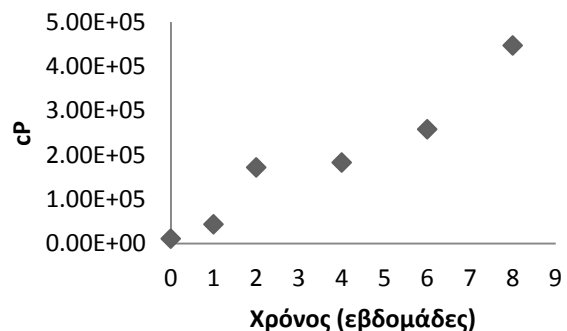
Σχήμα 6.29: Μεταβολή συνεκτικότητας- χρόνου

Χρώμα



Σχήμα 6.30: Μεταβολή ΔΕ-χρόνου

Ιξώδες



Σχήμα 6.31: Μεταβολή Ιξώδους- χρόνου

Από τα διαγράμματα παρατηρείται γενικά ότι η σειρά δειγμάτων με προσθήκη κόμμεος ξανθάνης παρουσίασε μείωση σε όλες τις παραμέτρους υφής, μετρούμενες και με τα δύο στελέχη, αυξανόμενης μόνο της συνεκτικότητας. Επομένως παρουσίασε διαφορετική

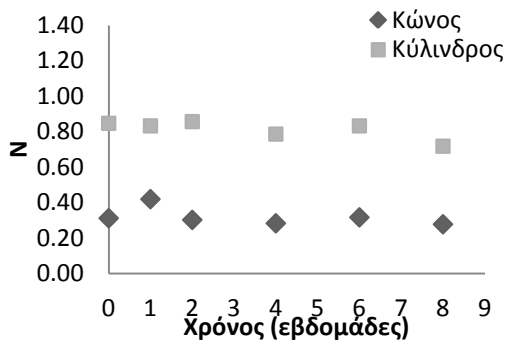
συμπεριφορά με το αναφοράς. Η σκληρότητα και το κομμιώδες των δειγμάτων εκτιμώμενα και με τα δύο στελέχη, ακολούθησαν καθοδική πορεία μέχρι και τη 2<sup>η</sup> εβδομάδα αποθήκευσης και στη συνέχεια παρέμειναν σταθερά. Το ίδιο συνέβη και στην προσκολλησιμότητα των δειγμάτων. Όπως προαναφέρθηκε μόνο η συνεκτικότητα της σειράς παρουσίασε αύξηση, παρουσιάζοντας έτσι βελτιωμένη συμπεριφορά σε σχέση με το δείγμα αναφοράς.

Το ολικό χρώμα, αντίθετα με τη σειρά χωρίς προσθήκη κρουπροστατευτικών υλικών και τη σειρά με καραγεννάνη, παρόλο που παρουσίασε αυξομειώσεις παρέμεινε σε υψηλά επίπεδα. Άρα το κόμμι ξανθάνης λειτούργησε ως βελτιωτικό χρώματος.

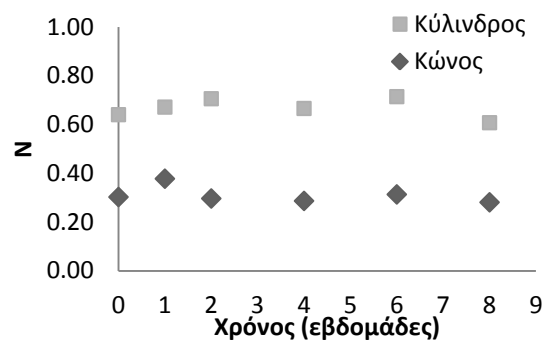
Το ιζώδες της σειράς παρουσίασε αύξηση σε όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης.

#### ➤ 4<sup>η</sup> Σειρά- kC2.25/XG1.25

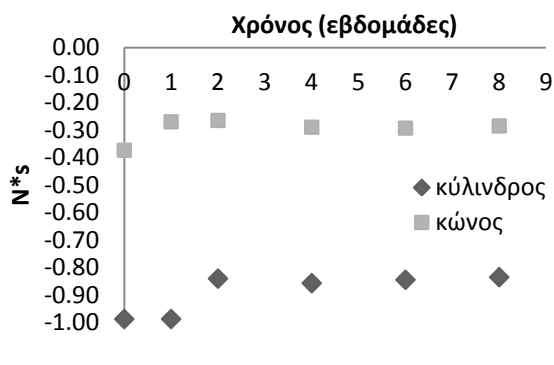
### Παράμετροι υφής



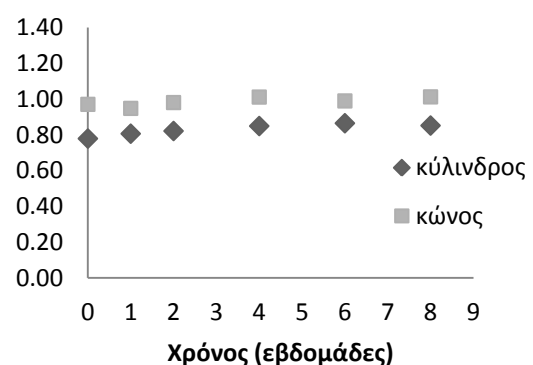
Σχήμα 6.32: Μεταβολή σκληρότητας- χρόνου



Σχήμα 6.33: Μεταβολή κομμιώδους- χρόνου

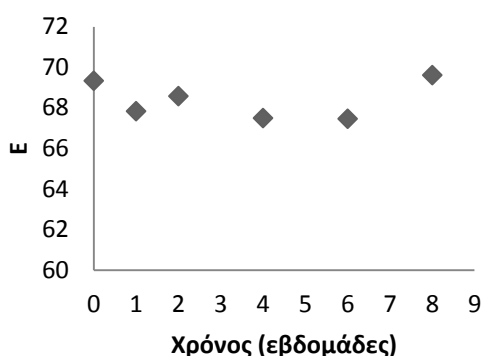


Σχήμα 6.34: Μεταβολή προσκολλησιμότητας- χρόνου



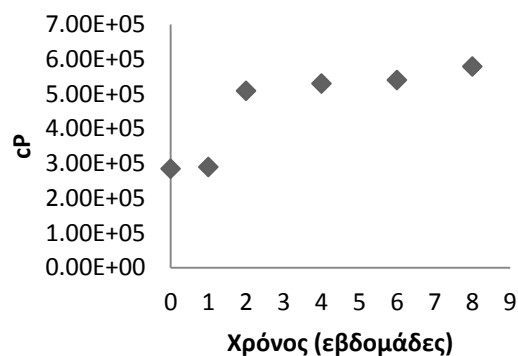
Σχήμα 6.35: Μεταβολή συνεκτικότητας- χρόνου

## Χρώμα



Σχήμα 6.36: Μεταβολή ΔΕ-χρόνου

## Ιξώδες



Σχήμα 6.37: Μεταβολή Ιξώδους- χρόνου

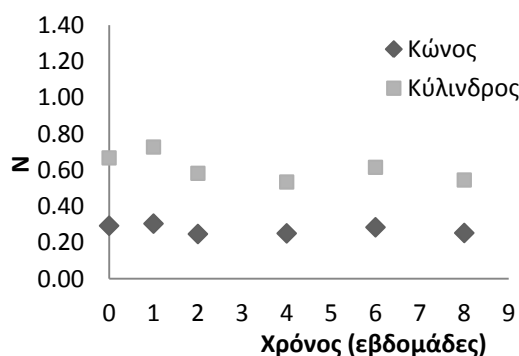
Από τα διαγράμματα παρατηρείται γενικά ότι η σειρά με μίγμα καραγεννάνης/ξανθάνης διατήρησε σταθερές όλες τις παραμέτρους υφής εκτιμώμενα και με τα δύο στελέχη, εκτός από τη συνεκτικότητα που παρουσίασε μικρή μείωση. Πιο συγκεκριμένα, η συνεκτικότητα των δειγμάτων μετρούμενη με το κωνικό στέλεχος παρουσίασε μικρή πτώση, ενώ με το κυλινδρικό μειώθηκε μέχρι και τη 2<sup>η</sup> εβδομάδα αποθήκευσης και στη συνέχεια παρέμεινε σταθερή. Επομένως παρουσίασε βελτιωμένη συμπεριφορά τόσο σε σχέση με τη σειρά χωρίς προσθήκη κρυσταλλοπροστατευτικών υλικών και με τη σειρά που περιείχε μόνο καραγεννάνη ή μόνο ξανθάνη.

Όσον αφορά το ολικό χρώμα του δείγματος παρουσίασε αυξομειώσεις παραμένοντας όμως σε υψηλά επίπεδα σε όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης. Επομένως συνδυάζοντας τις ιδιότητες της καταγεννάνης και της ξανθάνης, που λειτουργεί ως βελτιωτικό, παρέμεινε σταθερό.

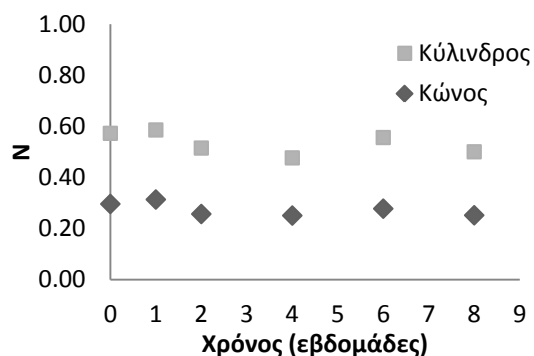
Τέλος, το ιξώδες των δειγμάτων παρουσίασε αυξητική τάση σημειώνοντας μεγαλύτερες τιμές από τη σειρά χωρίς προσθήκη κρυσταλλοπροστατευτικών υλικών και τις σειρές με καραγεννάνη, ξανθάνη.

### ➤ 5<sup>η</sup> Σειρά- kC1.5/XG1.5

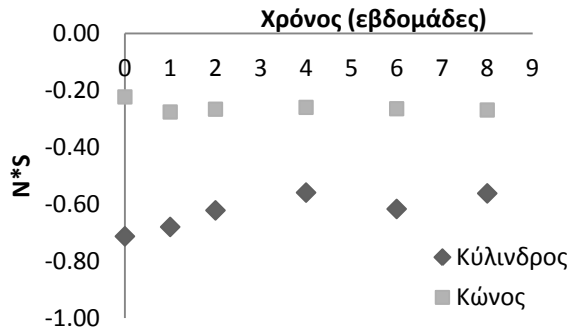
## Παράμετροι υφής



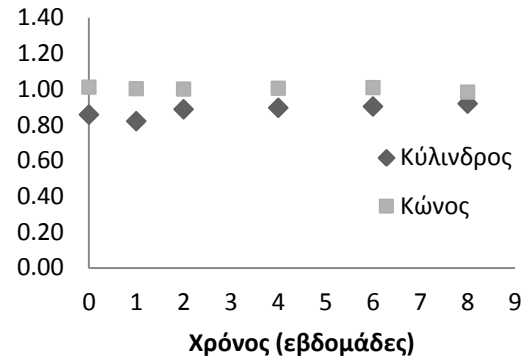
Σχήμα 6.38: Μεταβολή σκληρότητας- χρόνου



Σχήμα 6.39: Μεταβολή κομμώδους- χρόνου

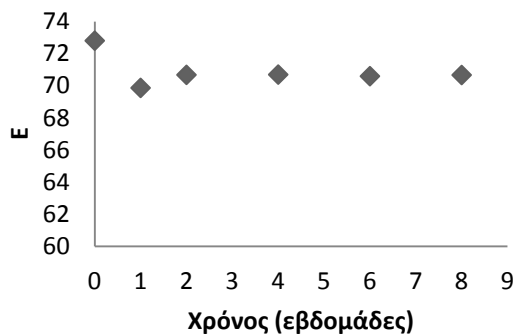


Σχήμα 6.40: Μεταβολή προσκολλησιμότητας- χρόνου



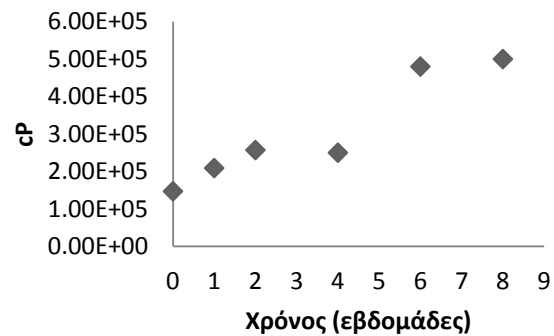
Σχήμα 6.41: Μεταβολή συνεκτικότητας- χρόνου

### Χρώμα



Σχήμα 6.42: Μεταβολή ΔΕ-χρόνου

### Ιξώδες



Σχήμα 6.43: Μεταβολή Ιξώδους- χρόνου

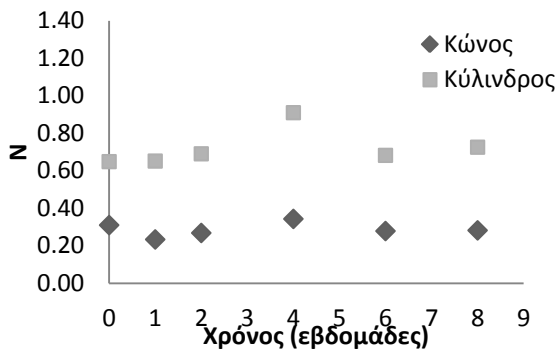
Από την παρατήρηση των διαγραμμάτων προκύπτει ότι η 2<sup>η</sup> σειρά δειγμάτων με μίγμα καραγεννάνης/ξανθάνης, σε ίσα ποσοστά, παρουσιάζει παρόμοιες τιμές και συμπεριφορά παραμέτρων υφής με την προηγούμενη σειρά δειγμάτων, στην οποία επίσης ενσωματώθηκε μίγμα καραγεννάνης/ξανθάνης. Πιο συγκεκριμένα, η σκληρότητα και το κομμιώδες, εκτιμώμενες με το κωνικό στέλεχος, παρέμειναν σταθερές σε όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης και σε ίδιες τιμές με τη σειρά kC2.25/ΧG1.25. Αντίθετα εκτιμώμενες με το κυλινδρικό, παρέμειναν σταθερές εμφανίζοντας όμως κατά 0.20 μικρότερες τιμές από τη σειρά kC2.25/ΧG1.25. Οι υπόλοιπες παράμετροι υφής, προσκολλησιμότητα και συνεκτικότητα, παρουσίασαν ίδιες τιμές και συμπεριφορά με τη σειρά kC2.25/ΧG1.25.

Το ολικό χρώμα των δειγμάτων μειώθηκε κατά την 1<sup>η</sup> κιόλας εβδομάδα αποθήκευσης και στη συνέχεια παρέμεινε σταθερό στην περιοχή του ανοικτού κίτρινου. Το μίγμα αυτό καραγεννάνης/ξανθάνης διατήρησε τελικά το χρώμα σε αποδεκτά επίπεδα.

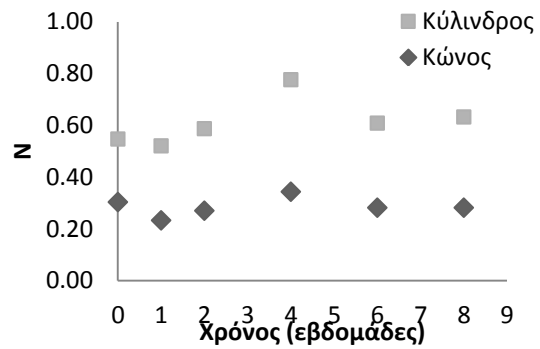
Το ιξώδες των δειγμάτων ομοίως με τη σειρά χωρίς προσθήκη κρουπροστατευτικών υλικών και τη σειρά kC2.25/ΧG1.25 αυξήθηκε κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, εμφανίζοντας όμως μεγαλύτερες τιμές από τις προηγούμενες.

➤ 6<sup>η</sup> Σειρά-IN2<sup>0</sup>%

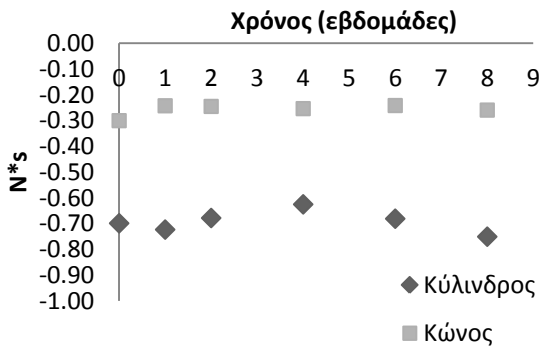
**Παράμετροι υφής**



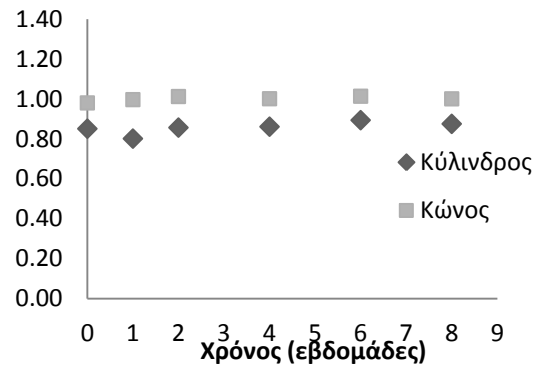
Σχήμα 6.44: Μεταβολή σκληρότητας- χρόνου



Σχήμα 6.45: Μεταβολή κομμώδους- χρόνου

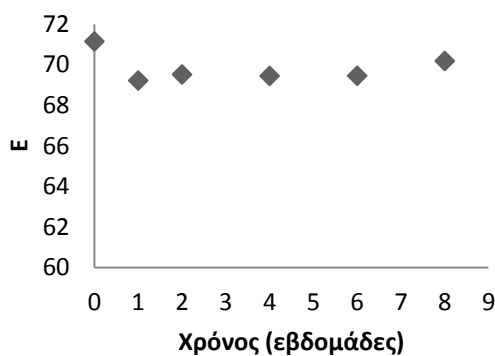


Σχήμα 6.46: Μεταβολή προσκολλησιμότητας- χρόνου



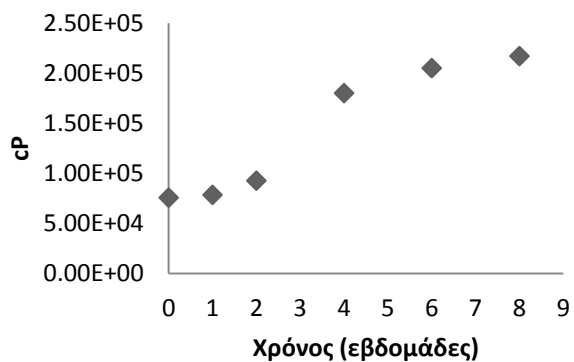
Σχήμα 6.47: Μεταβολή συνεκτικότητας- χρόνου

**Χρώμα**



Σχήμα 6.48: Μεταβολή ΔΕ-χρόνου

**Ιξώδες**



Σχήμα 6.49: Μεταβολή Ιξώδους- χρόνου

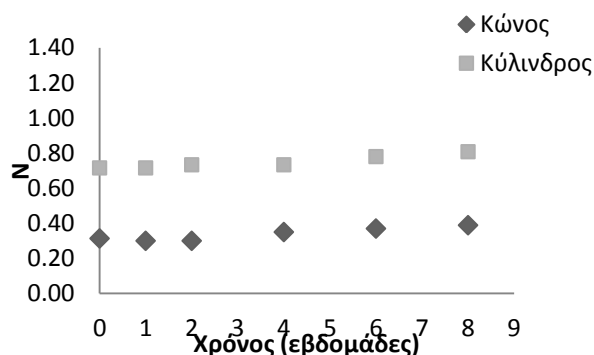
Από την παρατήρηση των διαγραμμάτων προκύπτει ότι η σειρά με προσθήκη ινουλίνης παρουσίασε παρόμοια συμπεριφορά με τα δείγματα που περιείχαν μίγμα καραγεννάνης/ξανθάνης και διαφορετική από τη σειρά χωρίς προσθήκη κρυσταλλοπροστατευτικών υλικών. Πιο συγκεκριμένα όλες οι παράμετροι υφής μετρούμενες, με το κωνικό στέλεχος, παρέμειναν σταθερές κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης και εμφάνισαν ίδιες τιμές με το δείγμα κC1.5/ΧG1. 5. Όσον αφορά, τις παραμέτρους που μελετήθηκαν με το κυλινδρικό στέλεχος, μόνο η σκληρότητα και το κομμιώδες εμφάνισαν μικρή αύξηση. Τέλος, η προσκολλησιμότητα και η συνεκτικότητα των δειγμάτων μελετούμενες και με τα δύο στελέχη παρέμειναν σταθερές.

Το ολικό χρώμα των δειγμάτων εμφάνισε επίσης παρόμοια συμπεριφορά με τη σειρά κC1.5/ΧG1.5, δηλαδή παρουσίασε μείωση κατά την 1<sup>η</sup> εβδομάδα αποθήκευσης και στη συνέχεια παρέμεινε σταθερό.

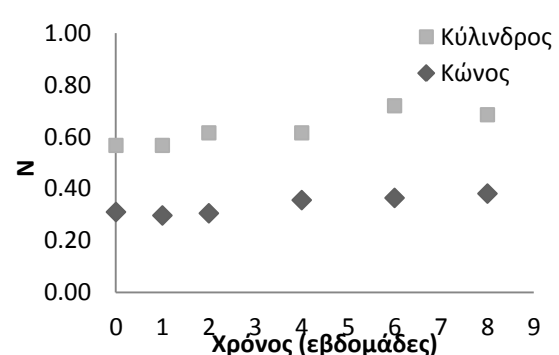
Το ιώδες των δειγμάτων αυξήθηκε γραμμικά κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, παραμένοντας όμως σε μικρότερες τιμές ιώδους από τις σειρές που περιείχαν καραγεννάνη/ξανθάνη.

### ➤ 7<sup>η</sup> Σειρά-IN2%/ κC1.5/ΧG1.5

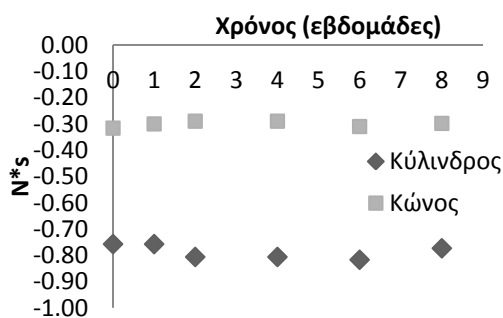
#### Παράμετροι υφής



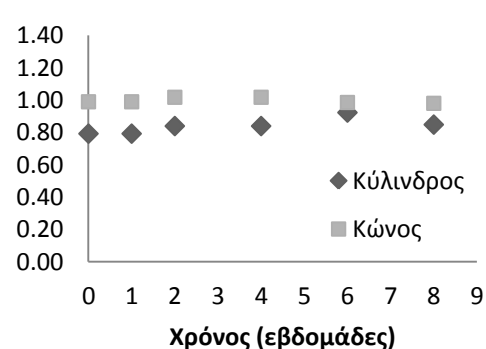
Σχήμα 6.50: Μεταβολή σκληρότητας- χρόνου



Σχήμα 6.51: Μεταβολή κομμιώδους- χρόνου

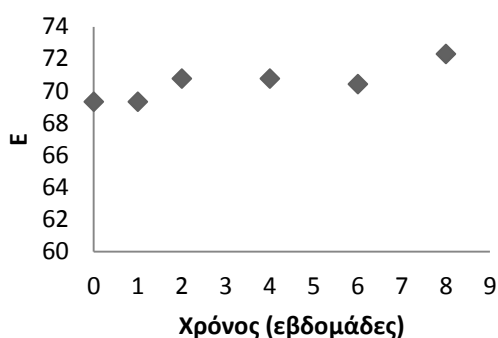


Σχήμα. 6.52: Μεταβολή προσκολλησιμότητας- χρόνου



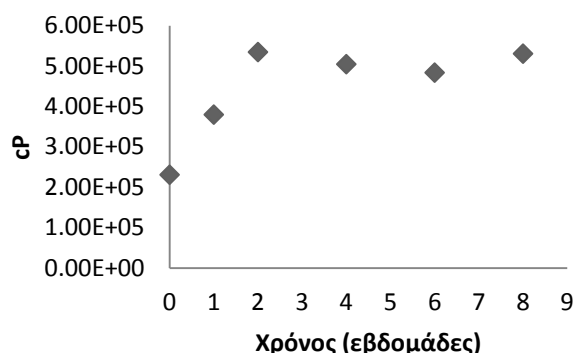
Σχήμα. 6.53: Μεταβολή συνεκτικότητας- χρόνου

## Χρώμα



Σχήμα. 6.54: Μεταβολή ΔΕ-χρόνου

## Ιξώδες



Σχήμα. 6.55: Μεταβολή Ιξώδους- χρόνου

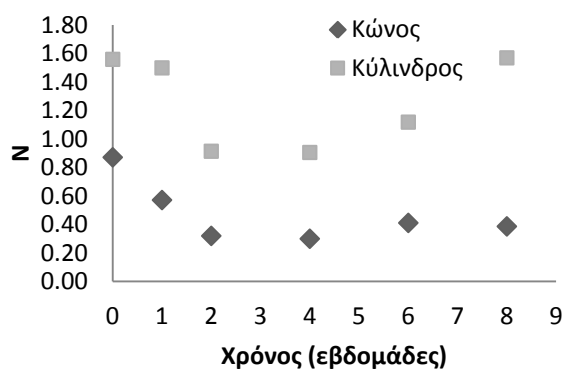
Στο σειρά αυτή, η προέκυψε από τη μίξη καραγεννάνη/ξανθάνης σε ίσες ποσότητες μεταξύ τους και ινουλίνης 2%, παρατηρείται διαφορετική συμπεριφορά από τις σειρές που περιείχαν μόνο ινουλίνη ή μίγμα καραγεννάνη/ξανθάνης. Από την παρατήρηση των διαγραμμάτων προκύπτει ότι η σκληρότητα και το κομμιώδες των δειγμάτων, μελετούμενες και με τα δύο στελέχη παρουσίασαν αύξηση κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης εμφανίζοντας μεγαλύτερες τιμές από τις σειρές με IN2% και kC1.5/ΧG1.5. Οι ιδιότητες της συνεκτικότητας και του κομμιώδους όμως παρέμειναν σταθερές και σε ίδιες τιμές με τις προαναφερθέντες σειρές.

Το ολικό χρώμα των δειγμάτων παρουσίασε αύξηση, άρα η ινουλίνη μαζί με το μίγμα καραγεννάνης/ξανθάνης λειτούργησε ως βελτιωτικό χρώματος.

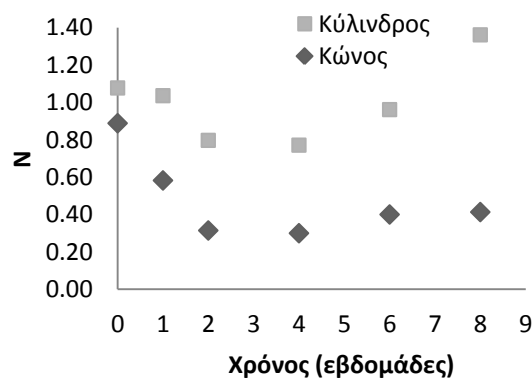
Τέλος, το ιξώδες των δειγμάτων αυξήθηκε με το χρόνο αποθήκευσης και εμφάνισε πολύ μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με τις σειρές IN2% και kC1.5/ΧG1.5, δεν παρουσίασε δηλαδή παρόμοια συμπεριφορά.

### ➤ 8η Σειρά-ΗPMC1%

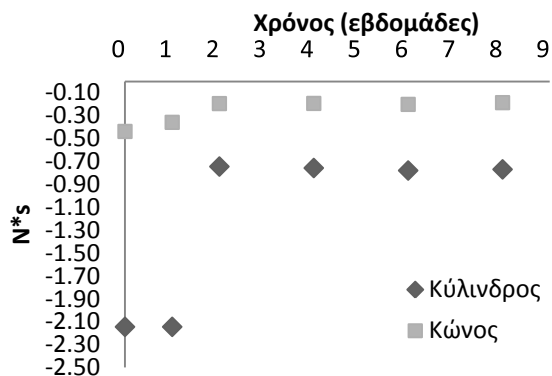
## Παράμετροι υφής



Σχήμα 6.56: Μεταβολή σκληρότητας- χρόνου



Σχήμα 6.57: Μεταβολή κομμιώδους- χρόνου

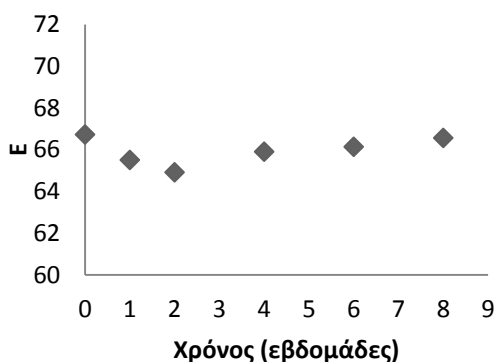


Σχήμα. 6.58: Μεταβολή προσκολλησιμότητας- χρόνου



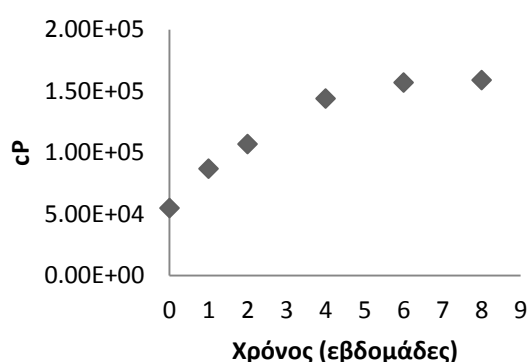
Σχήμα. 6.59: Μεταβολή συνεκτικότητας- χρόνου

### Χρώμα



Σχήμα 6.60: Μεταβολή ΔΕ-χρόνου

### Ιξώδες



Σχήμα. 6.61: Μεταβολή Ιξώδους- χρόνου

Η σειρά με προσθήκη ΗΡΜC1% εμφάνισε διαφορετική συμπεριφορά με όλες τις υπόλοιπες σειρές. Η σκληρότητα και το κομμώδες των δειγμάτων, όπως υπολογίστηκαν και με τα δύο στέλεχη, κατέγραψαν πολύ μεγάλες τιμές στο φρέσκο, μεγαλύτερες από τα υπόλοιπα δείγματα, και στη συνέχεια μειώθηκαν. Η προσκολλησιμότητα και η συνεκτικότητα, των δειγμάτων μετρούμενες με το κωνικό στέλεχος παρέμειναν σταθερές, με διαφορετική συμπεριφορά από τις υπόλοιπες σειρές. Αντίθετα, η προσκολλησιμότητα, μετρούμενη με το κυλινδρικό στέλεχος, μειώθηκε κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, σημειώνοντας τις μικρότερες τιμές απ' όλες τις υπόλοιπες, ακόμα και από αυτές των δειγμάτων αναφοράς. Μόνο η συνεκτικότητα των δειγμάτων, μετρούμενη με το κυλινδρικό στέλεχος εμφάνισε παρόμοιες τιμές με τις υπόλοιπες σημειώνοντας αύξηση κατά την αποθήκευση.

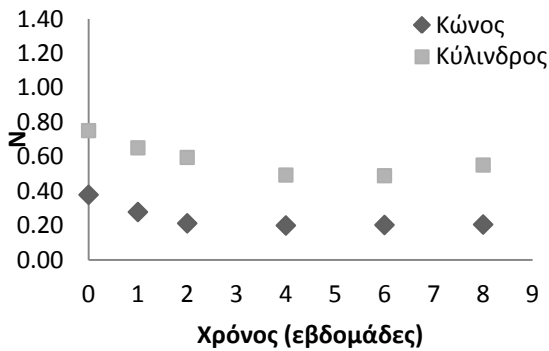
Το ολικό χρώμα των δειγμάτων εμφάνισε μείωση κατά τις πρώτες 2 εβδομάδες αποθήκευσης και στη συνέχεια παρέμεινε σταθερό. Οι τιμές που κατέγραψε ήταν οι μικρότερες σε σύγκριση με όλες τις τιμές που μελετήθηκαν, καθιστώντας το δείγμα μη αποδεκτό από πλευράς χρώματος.

Οι τιμές του ιξώδους των δειγμάτων ήταν πολύ υψηλές και αυξήθηκαν σε όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης.

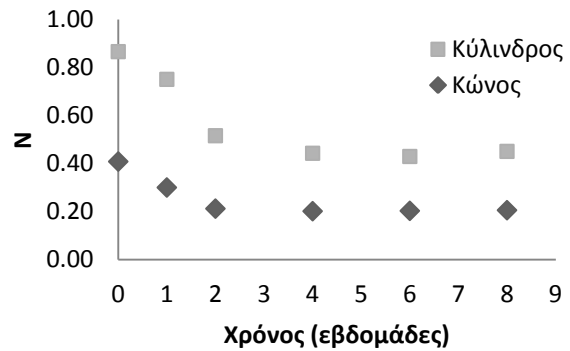


➤ 9<sup>η</sup> Σειρά-chit1%

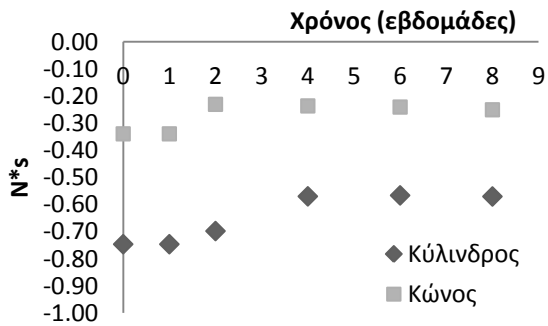
Παράμετροι υφής



Σχήμα 6.62: Μεταβολή σκληρότητας- χρόνου



Σχήμα 6.63: Μεταβολή κομμώδους- χρόνου

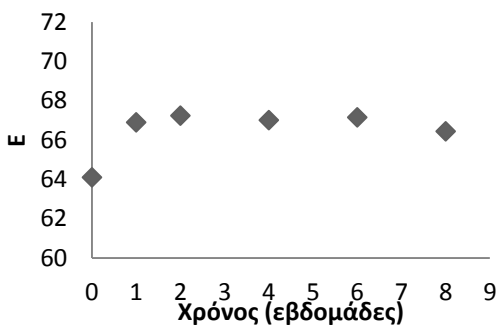


Σχήμα. 6.64.: Μεταβολή προσκολλησιμότητας- χρόνου



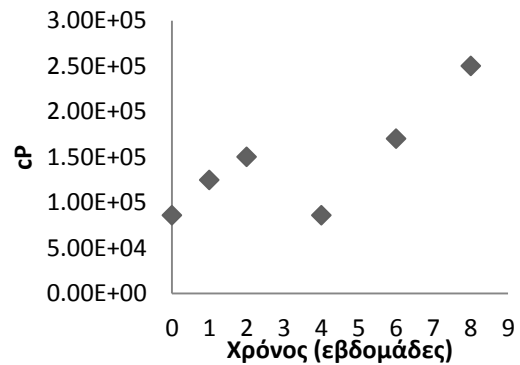
Σχήμα. 6.65.: Μεταβολή συνεκτικότητας- χρόνου

Χρώμα



Σχήμα. 6.66: Μεταβολή ΔΕ-χρόνου

Ιξώδες



Σχήμα. 6.67.: Μεταβολή Ιξώδους- χρόνου

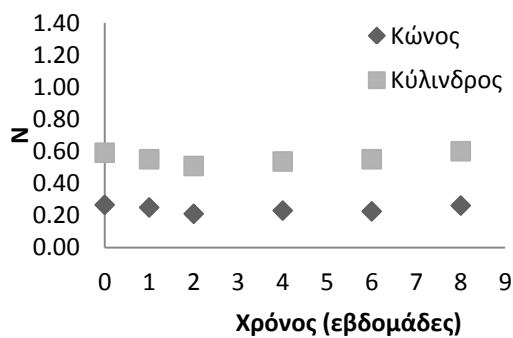
Από την παρατήρηση των διαγραμμάτων εξάγεται το συμπέρασμα ότι όλες οι παράμετροι υφής των δειγμάτων μειώθηκαν με το χρόνο αποθήκευσης. Η σκληρότητα, το κομμιώδες, η συνεκτικότητα και η προσκολλησιμότητα, τόσο με το κυλινδρικό όσο και με το κωνικό στέλεχος, μειώθηκαν κατά τις 2 πρώτες εβδομάδες αποθήκευσης και στη συνέχεια παρέμειναν σταθερές, καταγράφοντας μικρότερες τιμές από τις υπόλοιπες σειρές.

Το ολικό χρώμα των δειγμάτων αυξήθηκε κατά την πρώτη εβδομάδα αποθήκευσης και στη συνέχεια παρέμεινε σταθερό. Εμφανίζει παρόμοιες τιμές με τα δείγματα χωρίς προσθήκη κρουπροστατευτικών υλικών άρα η σειρά είναι μη αποδεκτή.

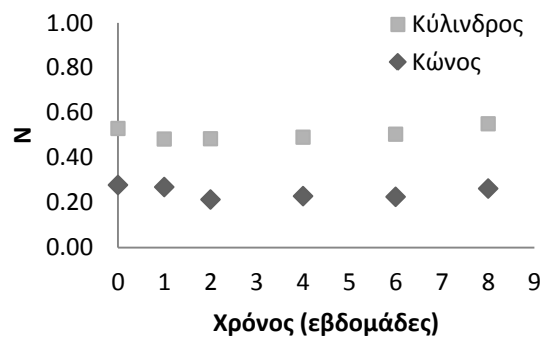
Το ιζώδες του δειγμάτων αυξήθηκε σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης, εμφανίζοντας παρόμοιες τιμές με τη σειρά που περιείχε ινουλίνη.

➤ 10<sup>η</sup> Σειρά-HPMC0.5%/chit0.5%

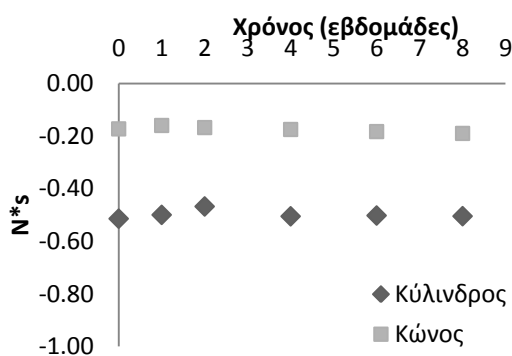
Παράμετροι υφής



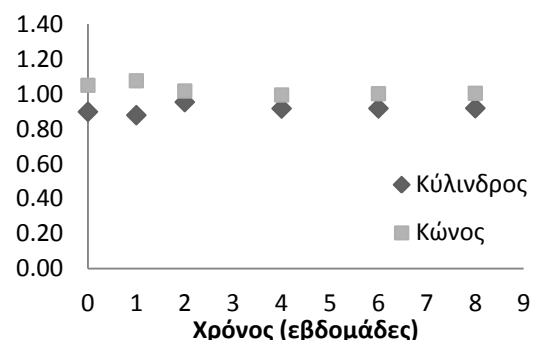
Σχήμα 6.68: Μεταβολή σκληρότητας- χρόνου



Σχήμα 6.69: Μεταβολή κομμιώδους- χρόνου

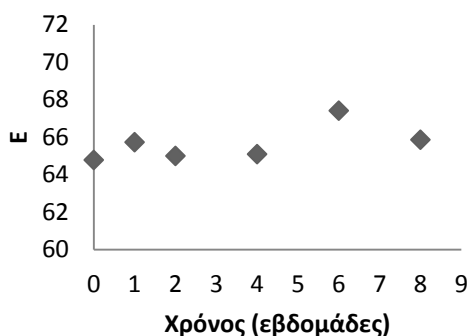


Σχήμα. 6.70.: Μεταβολή προσκολλησιμότητας- χρόνου



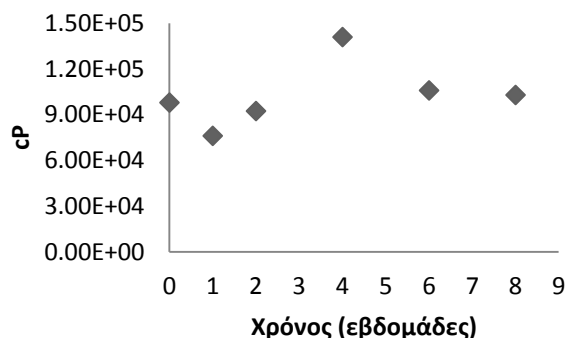
Σχήμα. 6.71.: Μεταβολή συνεκτικότητας- χρόνου

## Χρώμα



Σχήμα. 6.72.: Μεταβολή ΔΕ-χρόνου

## Ιξώδες



Σχήμα. 6.73.: Μεταβολή Ιξώδους- χρόνου

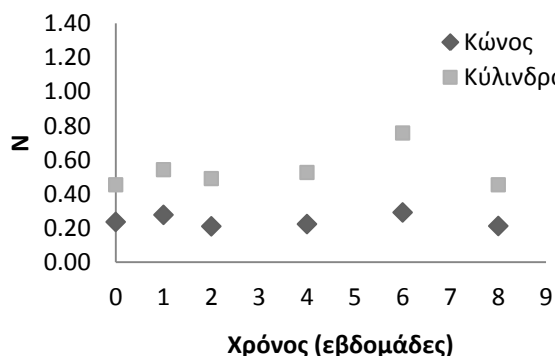
Από τα διαγράμματα παρατηρείται γενικά ότι όλοι οι παράμετροι υφής των δειγμάτων διατηρούνται σταθερές εκτιμώμενες τόσο με το κωνικό όσο και με το κωνικό στέλεχος. Πιο συγκριμένα, όσον αφορά τις μετρήσεις με το κωνικό στέλεχος, οι τιμές σκληρότητας και κομμιώδους που εμφάνισε το δείγμα ήταν παρόμοιες με αυτές της σειράς με χιτοζάνη. Όσον αφορά τις παραμέτρους υφής εκτιμώμενες το κυλινδρικό στέλεχος, οι τιμές της σκληρότητας, του κομμιώδους, της συνεκτικότητας και της προσκολλησιμότητας ήταν οι μικρότερες σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες σειρές.

Το ολικό χρώμα των δειγμάτων παρουσίασε αυξητική τάση κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης αλλά σε όλη τη διάρκεια αυτής παρέμεινε σε μη αποδεκτά όρια.

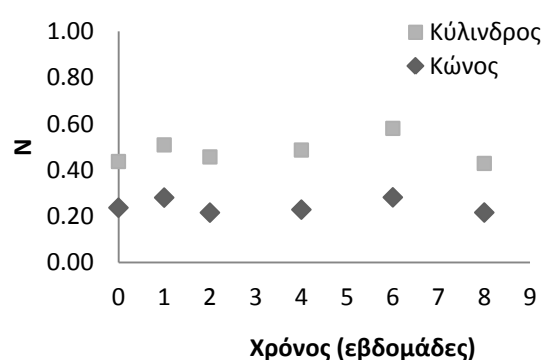
Το ιξώδες του δειγμάτων παρουσίασε αυξομειώσεις κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, σημείωσε όμως μικρότερες τιμές σε σχέση με τα δείγματα με HPMC1% και χιτοζάνη 1%.

### ➤ 11<sup>η</sup> Σειρά- kC1.5/XG1.5/ chit1%

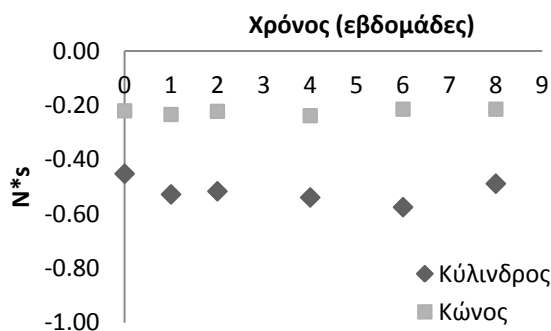
## Παράμετροι υφής



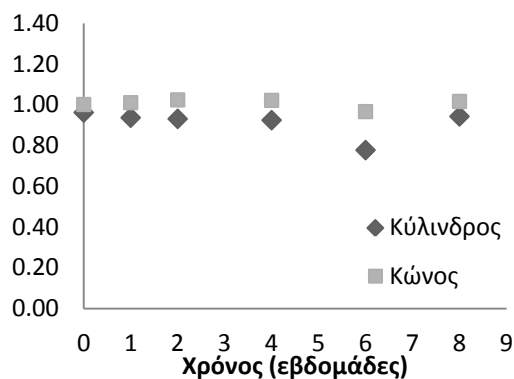
Σχήμα 6.74: Μεταβολή σκληρότητας- χρόνου



Σχήμα 6.75: Μεταβολή κομμιώδους- χρόνου

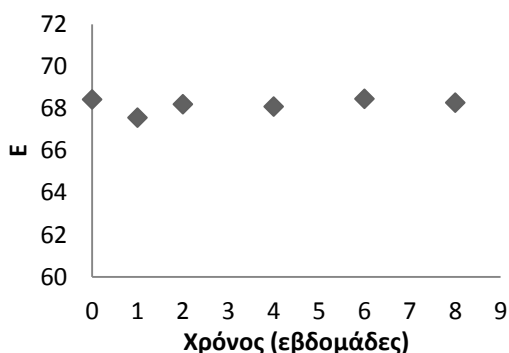


Σχήμα. 6.76.: Μεταβολή προσκολλησιμότητας- χρόνου



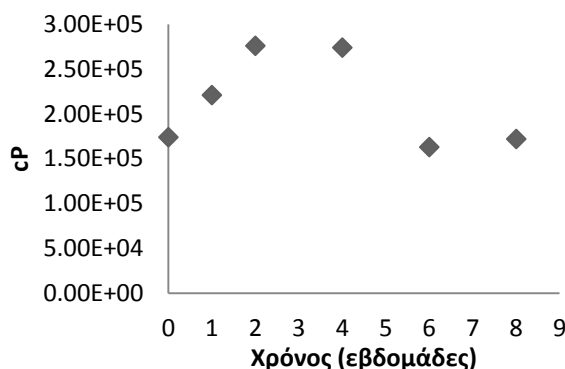
Σχήμα.. 6.77: Μεταβολή συνεκτικότητας- χρόνου

### Χρώμα



Σχήμα.. 6.78: Μεταβολή ΔΕ-χρόνου

### Ιξώδες



Σχήμα: 6.79: Μεταβολή Ιξώδους- χρόνου

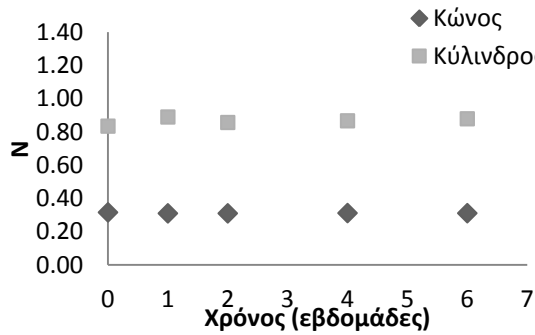
Από την παρατήρηση των διαγραμμάτων προκύπτει ότι η σειρά με προσθήκη καραγεννάνης/ξανθάνης/χιτοζάνης διατήρησε τις παραμέτρους υφής σταθερές όπως μετρήθηκαν και με τα δύο στελέχη, εκτός από την προσκολλησιμότητα, μετρούμενη με το κωνικό στέλεχος που σημείωσε αύξηση. Οι τιμές των παραμέτρων υφής που εμφάνισε, τόσο και με τα δύο στελέχη, ήταν ίδιες με αυτές της σειράς με χιτοζάνη 1%. Μόνο το κομμώδες μετρούμενο με το κυλινδρικό στέλεχος, διέφερε παραμένοντας όμως σε χαμηλές τιμές σε σχέση με τις υπόλοιπες σειρές.

Το ολικό χρώμα των δειγμάτων παρέμεινε σταθερό, εμφανίζοντας μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με τα δείγματα με χιτοζάνη. Το χρώμα παρέμεινε αποδεκτό όρια σε όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης.

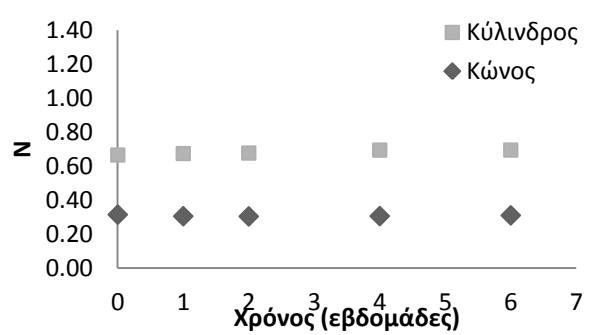
Το ιξώδες των δειγμάτων παρουσίασε αύξηση κατά το 1<sup>ο</sup> μήνα αποθήκευσης και στη συνέχεια μειώθηκε. Η συμπεριφορά των δειγμάτων ήταν παρόμοια με τη σειρά με χιτοζάνη 1% και kC1.5/XG1.5, οι τιμές του όμως ήταν διαφορετικές.

➤ 12<sup>η</sup> Σειρά-P.F.0.5%/O.F.0.5%

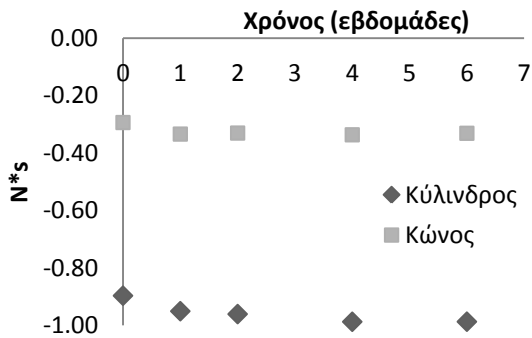
**Παράμετροι υφής**



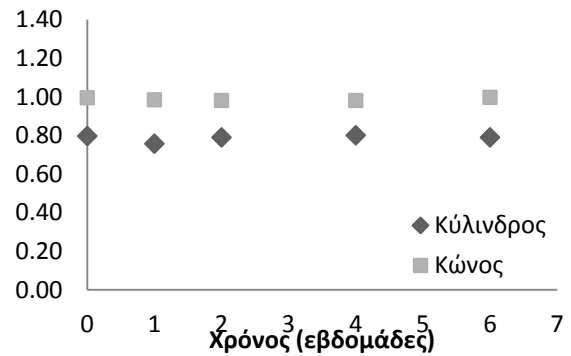
Σχήμα 6.80: Μεταβολή σκληρότητας- χρόνου



Σχήμα 6.81: Μεταβολή κομμώδους- χρόνου

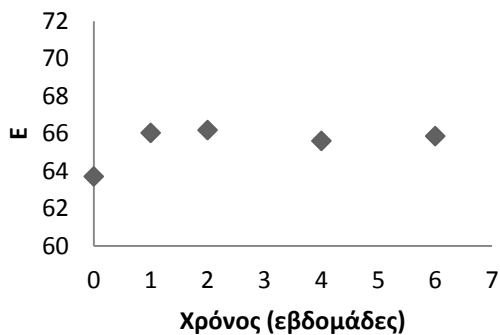


Σχήμα.6.82.: Μεταβολή προσκολλησιμότητας- χρόνου



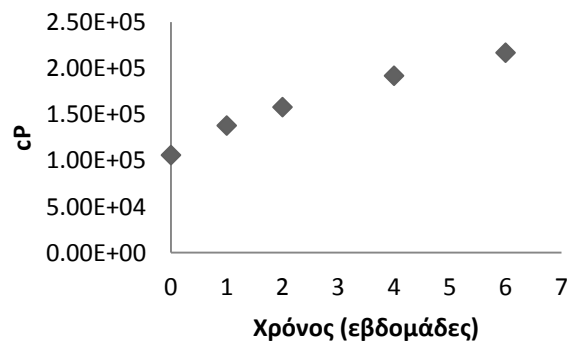
Σχήμα.6.83.: Μεταβολή συνεκτικότητας- χρόνου

**Χρώμα**



Σχήμα.6.84: Μεταβολή ΔΕ-χρόνου

**Ιξώδες**



Σχήμα 6.85: Μεταβολή Ιξώδους- χρόνου

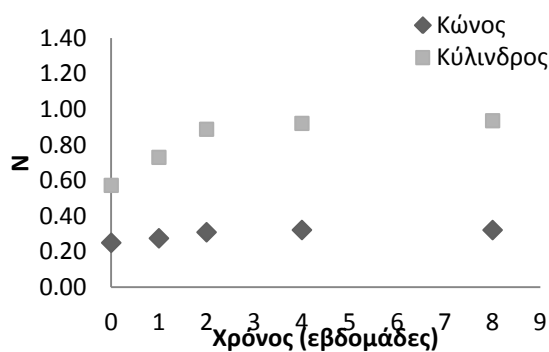
Από τα διαγράμματα παρατηρείται γενικά ότι όλοι οι παράμετροι υφής της σειράς, όπως εκτιμήθηκαν και με τα δύο στελέχη, παρέμειναν σταθερές σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης εκτός από την προσκολλησιμότητα η οποία παρουσίασε αύξηση, μετρούμενη με το κυλινδρικό στέλεχος. Οι τιμές σκληρότητας, κομμιώδους, προσκολλησιμότητας, συνεκτικότητας ήταν μεγαλύτερες από αυτές της σειράς χωρίς προσθήκη κρυσταλλοπροστατευτικών υλικών.

Το ολικό χρώμα της σειράς αυξήθηκε κατά την 1<sup>η</sup> εβδομάδα αποθήκευσης, παρέμεινε όμως σε χαμηλά επίπεδα.

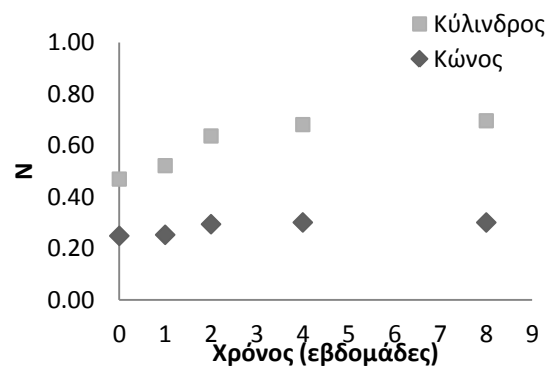
Το ιώδες των δειγμάτων αυξήθηκε καθ' όλη τη διάρκεια αποθήκευσης, εμφανίζοντας παρόμοιες με αυτές της σειράς με ινουλίνη.

➤ 13<sup>η</sup> Σειρά-treh1%

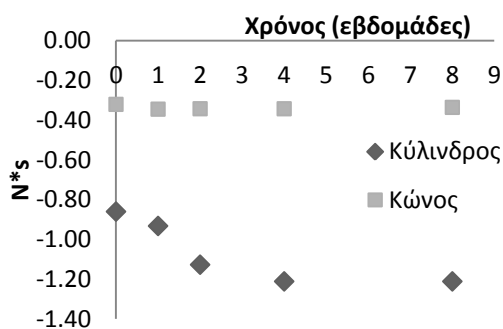
Παράμετροι υφής



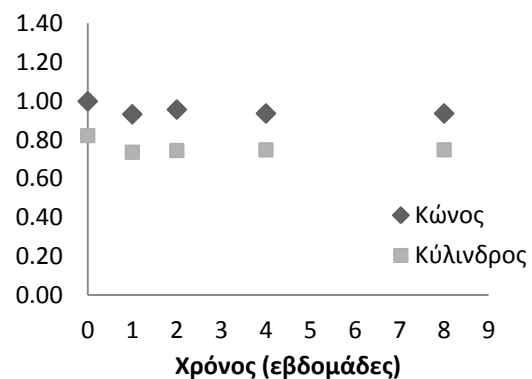
Σχήμα 6.86: Μεταβολή σκληρότητας- χρόνου



Σχήμα 6.87: Μεταβολή κομμιώδους- χρόνου

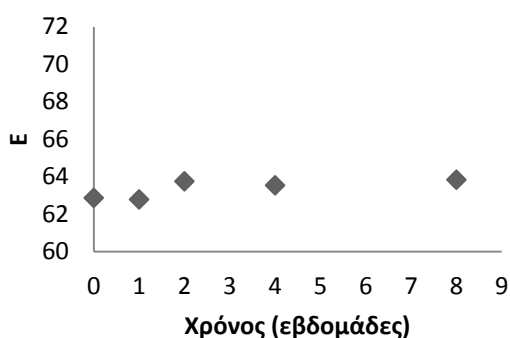


Σχήμα 6.88.: Μεταβολή προσκολλησιμότητας- χρόνου



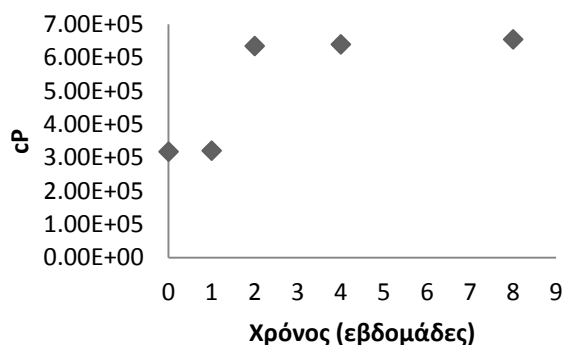
Σχήμα 6.89: Μεταβολή συνεκτικότητας- χρόνου

## Χρώμα



Σχήμα.6.90.: Μεταβολή ΔΕ-χρόνου

## Ιξώδες



Σχήμα.6.91.: Μεταβολή Ιξώδους- χρόνου

Από την παρατήρηση των διαγραμμάτων προκύπτει ότι η σκληρότητα και το κομμώδες, της σειράς εκτιμώμενες τόσο με το κυλινδρικό όσο και με το κωνικό έμβολο αυξήθηκαν μέχρι και τη 2<sup>η</sup> εβδομάδα αποθήκευσης και στη συνέχεια παρέμειναν σταθερές. Οι τιμές που εμφάνισαν ήταν παρόμοιες με τις αντίστοιχες της σειράς με ινουλίνη. Η προσκολλησιμότητα και η συνεκτικότητα, μετρούμενες με το κωνικό στέλεχος, παρέμειναν σταθερές. Αντίθετα η προσκολλησιμότητα, μετρούμενη με το κυλινδρικό στέλεχος αυξήθηκε, σημειώνοντας τις μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με τις υπόλοιπες σειρές.

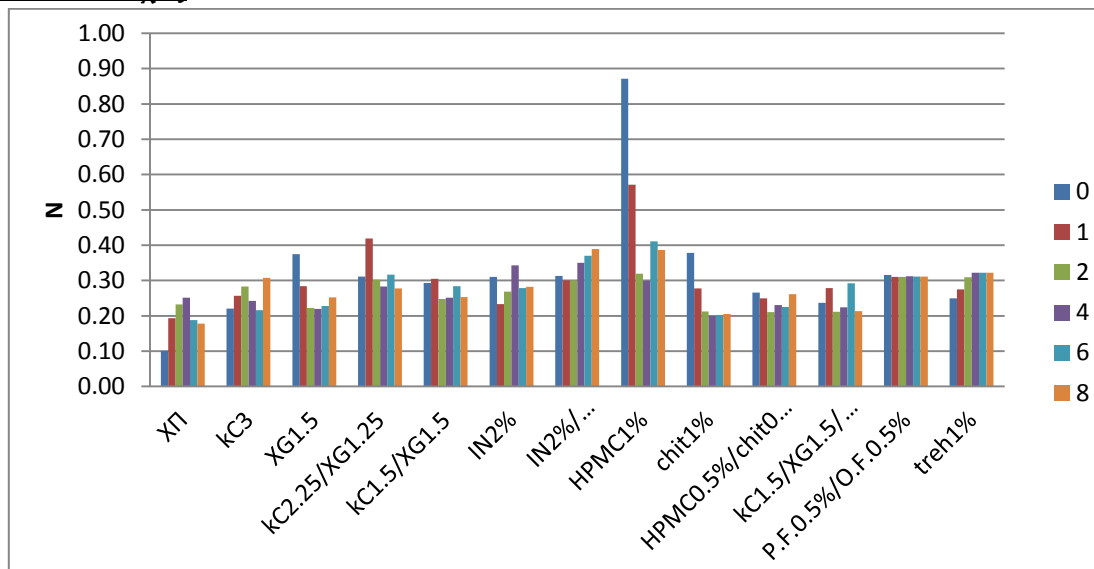
Το ολικό χρώμα των δειγμάτων παρέμεινε πρακτικά σταθερό, εμφανίζοντας τις μικρότερες τιμές και από τις υπόλοιπες σειρές.

Τέλος το ιξώδες των δειγμάτων αυξήθηκε μέχρι και τη 2<sup>η</sup> εβδομάδα αποθήκευσης και στη συνέχεια παρέμεινε σταθερό. Οι τιμές που εμφάνισε ήταν οι μεγαλύτερες σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες σειρές.

### 6.3 Συγκεντρωτικά Αποτελέσματα αντικειμενικών μετρήσεων

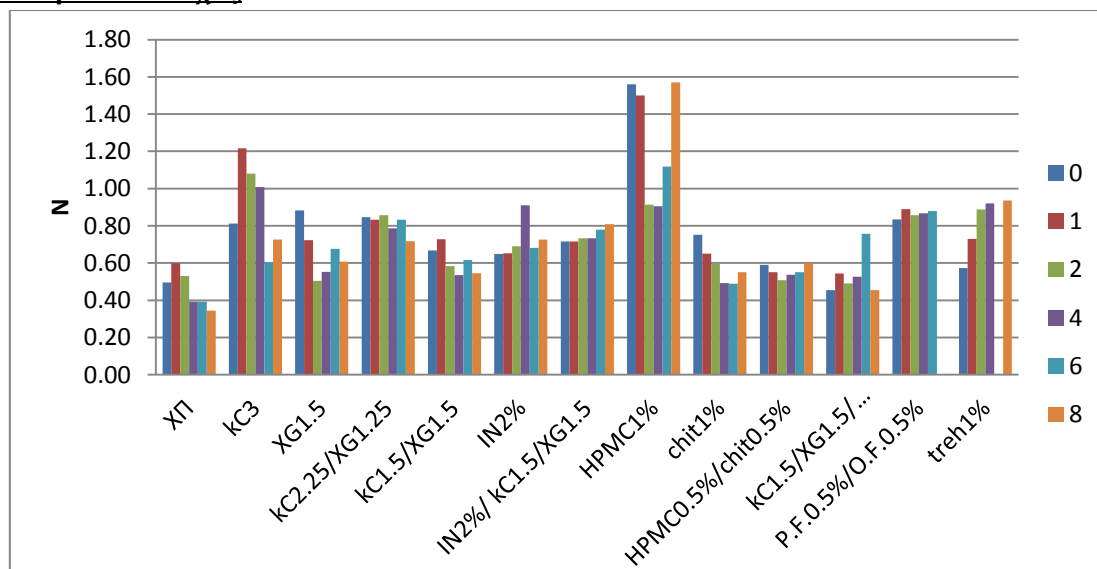
#### ❖ Σκληρότητα

##### Κωνικό στέλεχος



Σχήμα 6.92: Τιμές της αντικειμενικής σκληρότητας όλων των σειρών πουρέ πατάτας σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης μετρούμενη με το κωνικό στέλεχος (σε εβδομάδες)

##### Κυλινδρικό στέλεχος



Σχήμα 6.93: Τιμές της αντικειμενικής σκληρότητας όλων των σειρών πουρέ πατάτας σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης μετρούμενη με το κυλινδρικό στέλεχος(σε εβδομάδες)

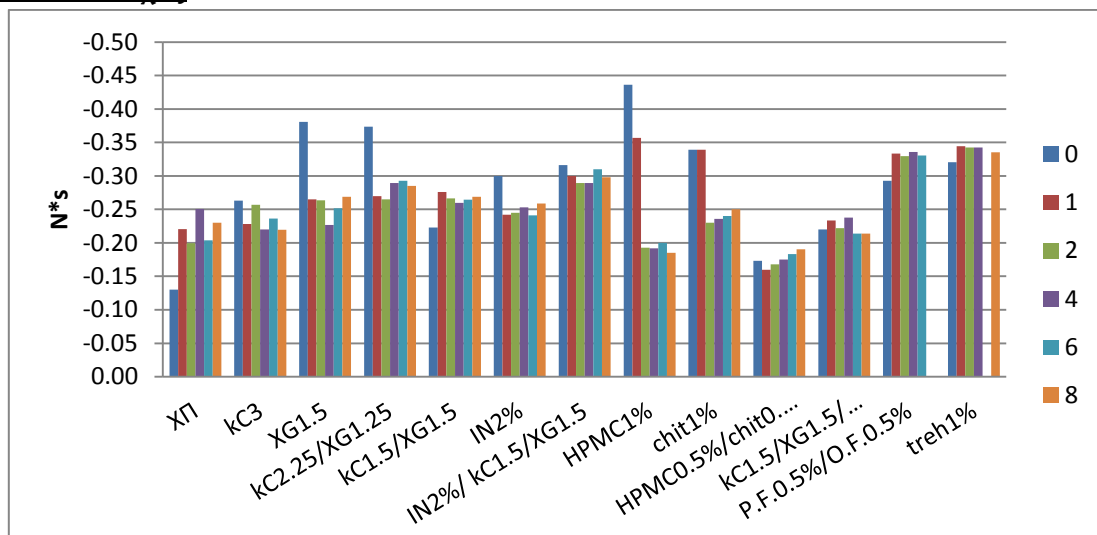
Η αντικειμενική σκληρότητα επηρεάζεται σημαντικά από το είδος του υδατανθρακικού υλικού ( $P < 0.001$ ). Εξετάζοντας τις σειρές ομαδοποιημένες παρατηρείται ότι σε όλες τις σειρές καραγεννάνης/ξανθάνης, ινουλίνης/καραγεννάνης/ξανθάνης και HPMC/χιτοζάνης η σκληρότητα επηρεάζεται από το ποσοστό ενσωμάτωσης του κάθε υλικού στο δείγμα ( $P < 0.05$ ). Αντίθετα η σκληρότητα δεν έδειξε να επηρεάζεται από το ποσοστό ενσωμάτωσης της χιτοζάνης.



Όλες οι σειρές εμφανίζουν μεγαλύτερη σκληρότητα από τη σειρά χωρίς προσθήκη κάποιου κρυσταλλοπροστατευτικού υλικού. Την μεγαλύτερη σκληρότητα εμφανίζει το δείγμα με HPMC, καθώς επίσης και διαφορετική συμπεριφορά σε σχέση με όλα τα άλλα δείγματα. Οι σειρές με μίγματα καραγεννάνης/ξανθάνης εμφανίζουν παρόμοια συμπεριφορά μεταξύ τους.

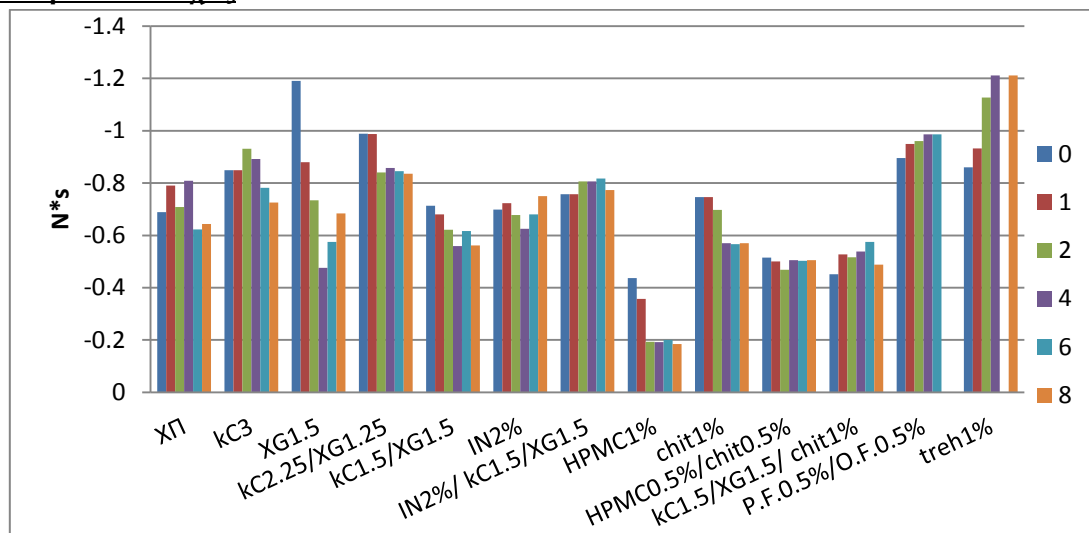
## ❖ Προσκολλησιμότητα

### Κωνικό στέλεχος



Σχήμα 6.94: Τιμές της προσκολλησιμότητας όλων των σειρών πουρέ πατάτας σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης μετρούμενη με το κωνικό στέλεχος (σε εβδομάδες)

### Κυλινδρικό στέλεχος



Σχήμα 6.95: Τιμές της προσκολλησιμότητας όλων των σειρών πουρέ πατάτας σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης μετρούμενη με το κυλινδρικό στέλεχος (σε εβδομάδες)

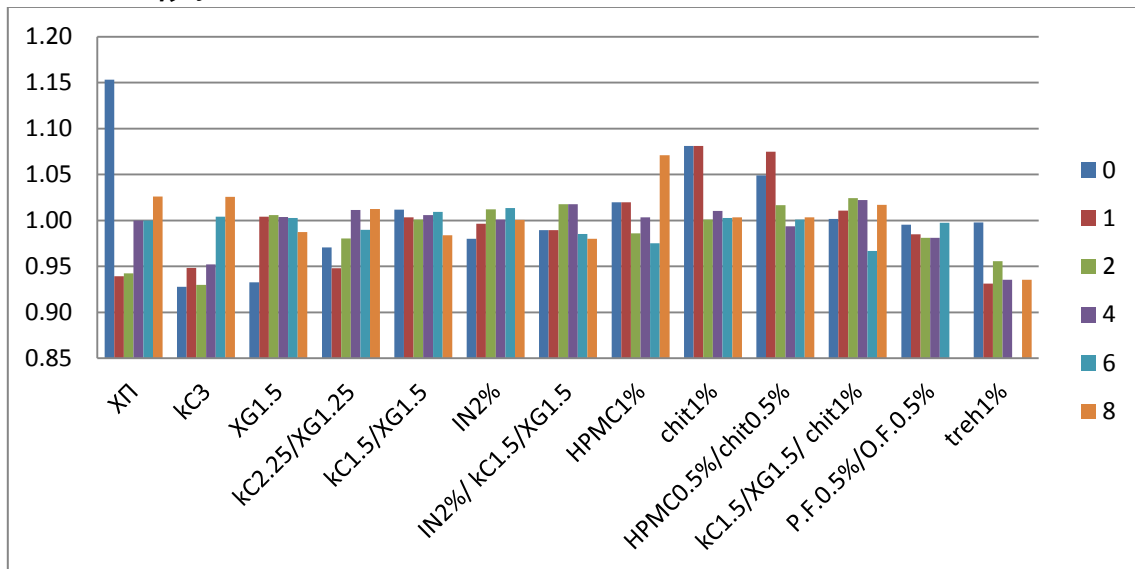
Η προσκολλησιμότητα επηρεάζεται σημαντικά από το είδος του υδατανθρακικού υλικού. ( $P < 0.001$ ). Σε όλες τις σειρές με μίγματα καραγεννάνης/ξανθάνης, ινουλίνης/

καραγεννάνης/ξανθάνης και ΗΡΜC/χιτοζάνης επηρεάζεται η προσκολλησιμότητα με το ποσοστό ενσωμάτωσης τους στα δείγματα.

Παρατηρείται ότι η σειρά με ΗΡΜC/χιτοζάνη παρουσίασε μικρότερη προσκολλησιμότητα σε σχέση με τη σειρά χωρίς προσθήκη κάποιου κρυοπροστατευτικού υλικού, σε αντίθεση με τις υπόλοιπες σειρές. Τις μεγαλύτερες τιμές παρουσίασε η σειρά με τρεχαλόζη. Όλες οι σειρές με μίγματα παρουσίασαν παρόμοια συμπεριφορά μεταξύ τους. Ενώ οι σειρές με διαιτητικές ίνες, τρεχαλόζη και χωρίς τη προσθήκη κάποιου κρυοπροστατευτικού υλικού διαφορετική με όλα τα υπόλοιπα.

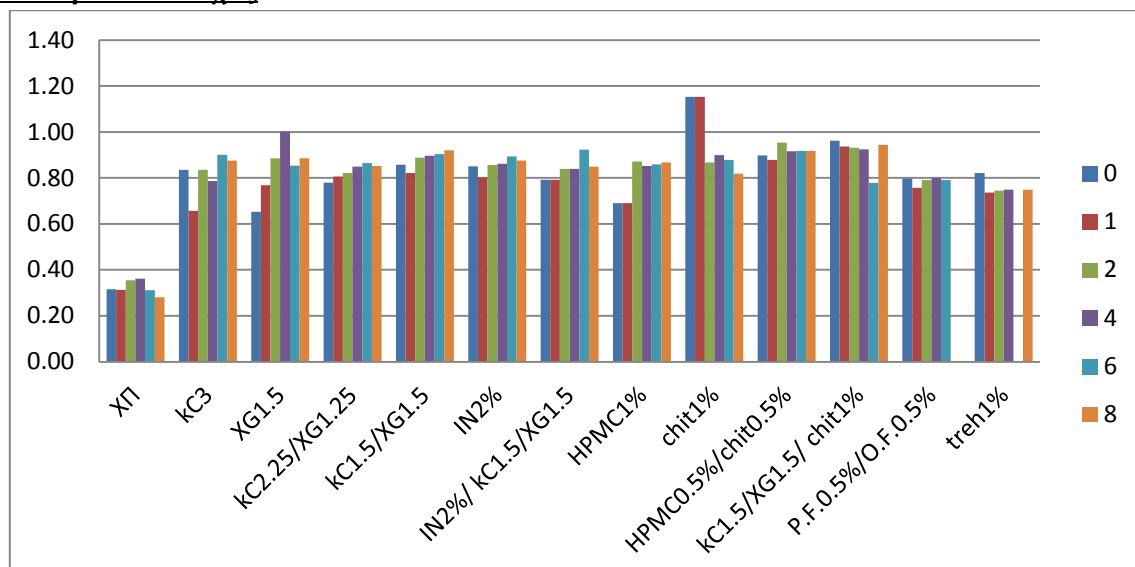
## ❖ Συνεκτικότητα

### Κωνικό στέλεχος



Σχήμα 6.96: Τιμές της συνεκτικότητας όλων των σειρών πουρέ πατάτας σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης μετρούμενη με το κωνικό στέλεχος (σε εβδομάδες)

### Κυλινδρικό στέλεχος



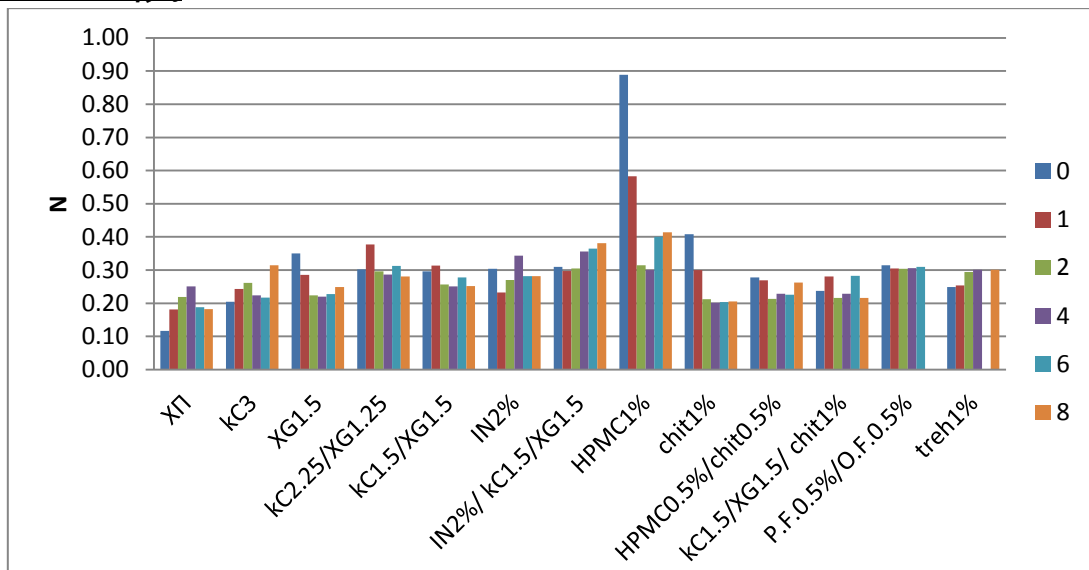
Σχήμα 6.97: Τιμές της συνεκτικότητας όλων των σειρών πουρέ πατάτας σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης μετρούμενη με το κυλινδρικό στέλεχος (σε εβδομάδες)

Η συνεκτικότητα επηρεάζεται σημαντικά από το είδος του υδατανθρακικού υλικού ( $P < 0.001$ ) και όχι από το ποσοστό ενσωμάτωσης των κρυοπροστατευτικών υλικών στα δείγματα.

Καμία σειρά δεν διαφοροποιείται αισθητά ως προς τις τιμές της συνεκτικότητας εκτός από τη σειρά με τρεχαλόζη, που κατέγραψε τις μικρότερες τιμές, μετρούμενη με το κωνικό στέλεχος. Τις μεγαλύτερες τιμές κατέγραψε το δείγμα με τον πολυσακχαρίτη χιτοζάνη.

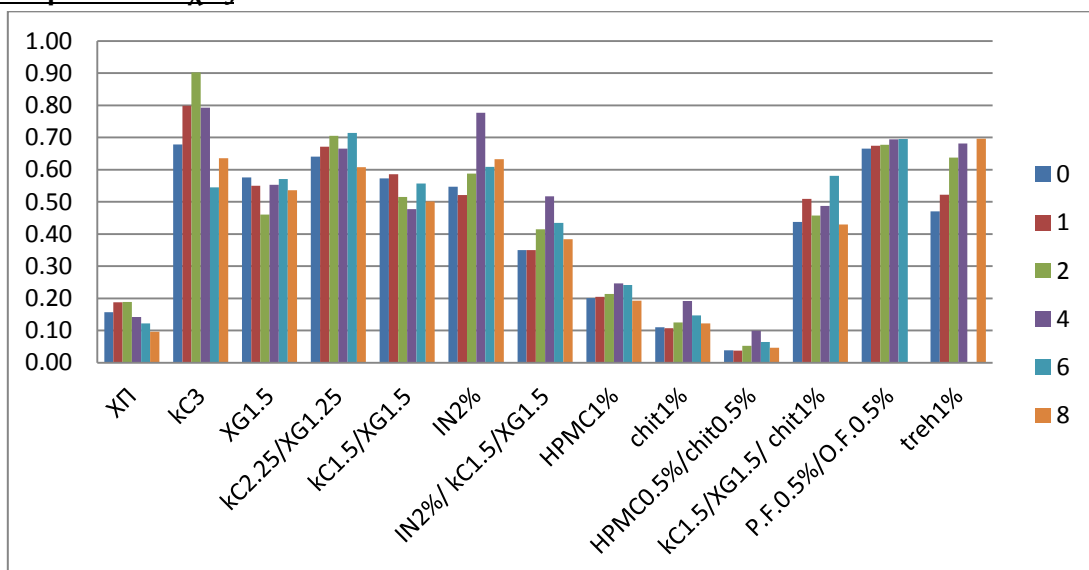
## ❖ Κομμιώδες

### Κωνικό στέλεχος



Σχήμα 6.98: Τιμές του κομμιώδους όλων των σειρών πουρέ πατάτας σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης μετρούμενη με το κωνικό στέλεχος (σε εβδομάδες)

### Κυλινδρικό στέλεχος

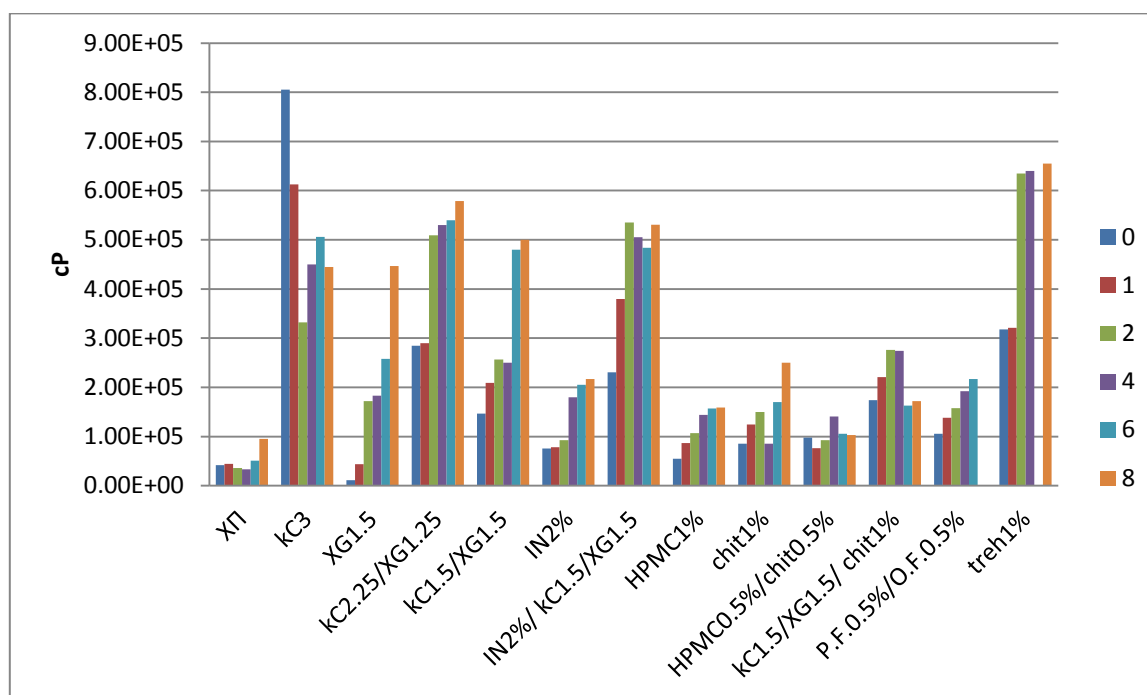


Σχήμα 6.99: Τιμές του κομμιώδους όλων των σειρών πουρέ πατάτας σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης μετρούμενη με το κυλινδρικό στέλεχος (σε εβδομάδες)

Το κομμώδες επηρεάζεται σημαντικά από το είδος του υδατανθρακικού υλικού ( $P < 0.001$ ) που χρησιμοποιήθηκε σε κάθε σειρά δειγμάτων, αλλά δεν επηρεάζεται από το ποσοστό ενσωμάτωσής τους στα δείγματα. Οι σειρές με μίγματα καραγεννάνης/ξανθάνης είχαν τις παρόμοιες τιμές κομμώδους μεταξύ τους.

Παρατηρείται ότι όλες οι σειρές παρουσιάζουν ίδια συμπεριφορά με το δείγμα χωρίς προσθήκη κάποιου κρυοπροστατευτικού υλικού εκτός από τις σειρές με διαιτητικές ίνες και ΗΡΜC. Τις μεγαλύτερες τιμές κατέγραψε η σειρά με καραγεννάνη και διαιτητικές ίνες. Ενώ τις μικρότερες η σειρά με χιτοζάνη.

### ➤ Ιξώδες



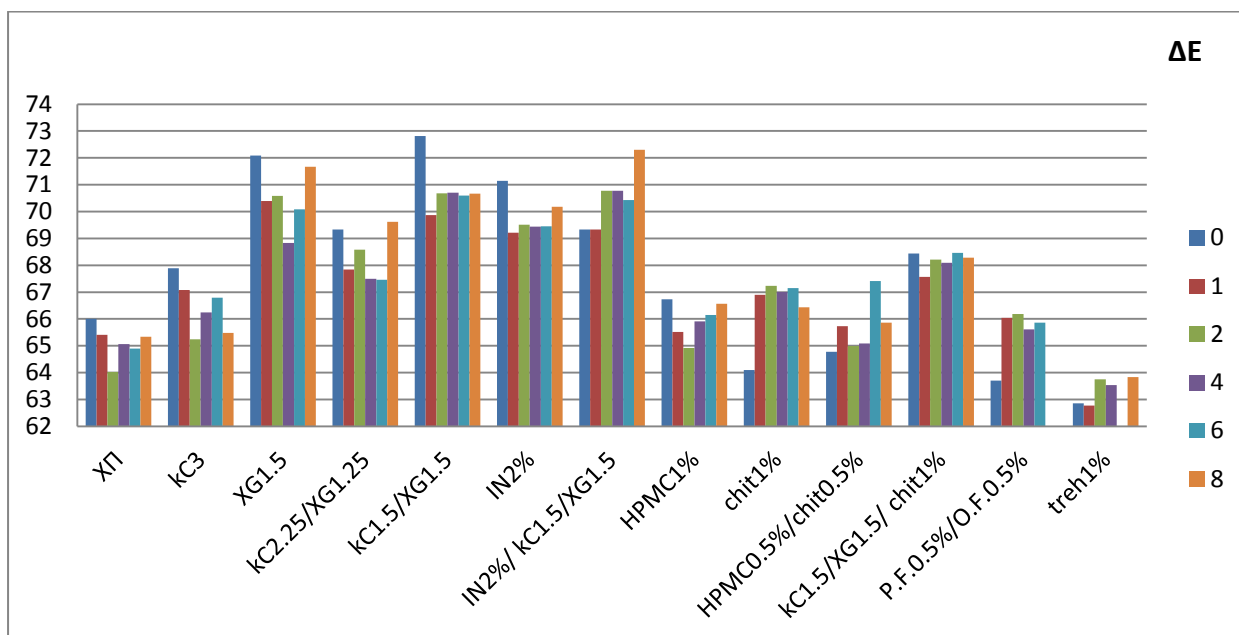
Σχήμα 6.100: Τιμές του ιξώδους όλων των σειρών πουρέ πατάτας σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης (σε εβδομάδες)

Το ιξώδες αποτελεί μαζί με το χρώμα και τη γεύση τους πιο σημαντικούς δείκτες αποδεκτότητας του κατεψυγμένου προϊόντος.

Το ιξώδες επηρεάζεται σημαντικά από το είδος του υδατανθρακικού υλικού που χρησιμοποιήθηκε ώστε να μελετηθεί η κρυοπροστατευτική του δράση. ( $P < 0.001$ ) Στις σειρές με μίγματα καραγεννάνης/ ξανθάνης, καραγεννάνης/ ξανθάνης/ ινουλίνης και καραγεννάνης /ξανθάνης/ χιτοζάνης έδειξε ότι επηρεάζεται το ιξώδες με το ποσοστό ενσωμάτωσής τους στα δείγματα, όχι όμως και το ποσοστό ΗΡΜC/χιτοζάνης.

Παρατηρείται ότι οι σειρές με καραγεννάνη/ξανθάνη παρουσιάζουν διαφορετική συμπεριφορά με το δείγμα χωρίς προσθήκη κάποιου κρυοπροστατευτικού υλικού. Τις πιο μεγάλες τιμές κατέγραψαν οι σειρές με τρεχαλόζη και καραγεννάνη.

## ➤ Χρώμα



Σχήμα 6.101: Τιμές του ολικού χρώματος όλων των σειρών πουρέ πατάτας σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης (σε εβδομάδες)

Το ολικό χρώμα επηρεάζεται σημαντικά από το είδος του υδατανθρακικού υλικού που χρησιμοποιείται σε κάθε σειρά ( $P < 0.001$ ). Το ολικό χρώμα επηρεάστηκε σημαντικά από τα ποσοστά ενσωμάτωσης καραγεννάνης/ξανθάνης στα δείγματα. Ομοίως δεν επηρεάστηκε και από τα ποσοστά ενσωμάτωσης ΗΡΜC/ χιτοζάνης.

Παρατηρώντας λοιπόν το διάγραμμα, φαίνεται πως οι πολυσακχαρίτες λειτούργησαν ως βελτιωτικό χρώματος.

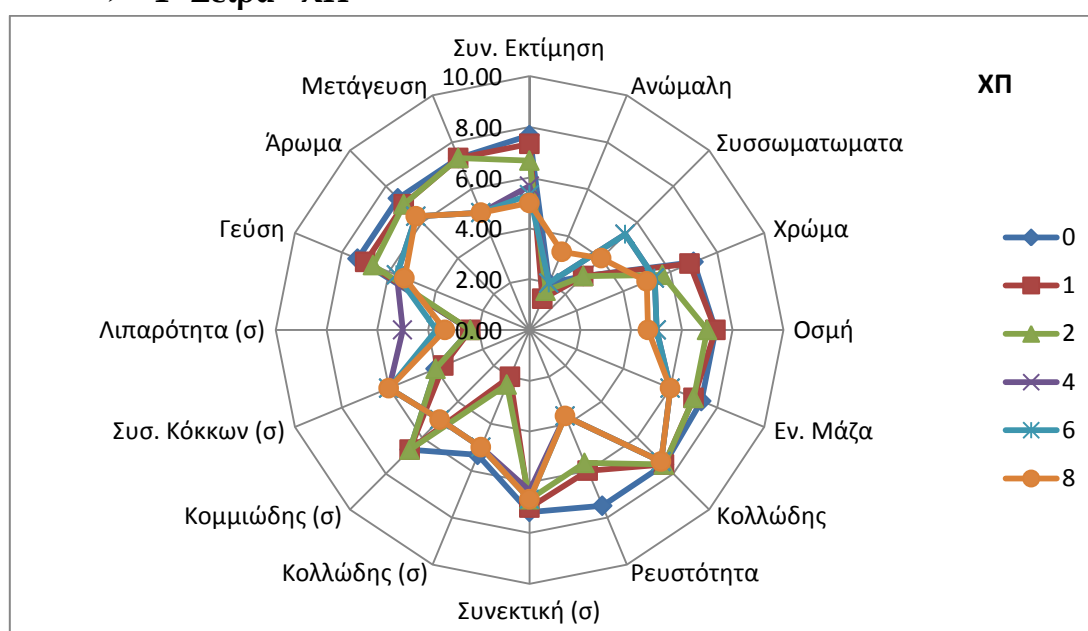
Όλες οι σειρές παρουσίασαν διαφορετική συμπεριφορά στη μεταβολή του χρώματος με το χρόνο αποθήκευσης τους σε κατάψυξη σε σχέση με τα δείγματα χωρίς προσθήκη κάποιου κρουπροστατευτικού υλικού. Μικρότερες τιμές, επομένως πιο σκούρο κίτρινο, παρουσιάζει η σειρά με τρεχαλόζη. Όλες οι σειρές διαφέρουν μεταξύ τους, κάποιες όμως διατήρησαν το ολικό χρώμα σταθερό όπως η σειρά με ινουλίνη ενώ οι σειρές με ινουλίνη/καραγεννάνη/ξανθάνη και διαιτητικές ίνες παρουσίασαν βελτίωση του χρώματος.

## 6.4 Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά

Μετά τη μελέτη της υφής, του χρώματος και του ιξώδους των δειγμάτων πουρέ - αντικειμενικές μετρήσεις- διεξήχθη οργανοληπτικός έλεγχος, προκειμένου να μελετηθούν οι οργανοληπτικές ιδιότητες των δειγμάτων, οι οποίες είναι καθοριστικής σημασίας για την αποδοχή του προϊόντος από τον καταναλωτή. Ειδικότερα, ο οργανοληπτικός έλεγχος πραγματοποιήθηκε σε όλα τα δείγματα πουρέ καθ' όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης δηλαδή για χρονικό διάστημα 8 εβδομάδων, από ομάδα 4 εκπαιδευμένων δοκιμαστών ειδικά για το συγκεκριμένο προϊόν.

Από την καταγραφή των μετρήσεων προέκυψαν τα παρακάτω συγκεντρωτικά αποτελέσματα για κάθε δείγμα που μελετήθηκε ξεχωριστά:

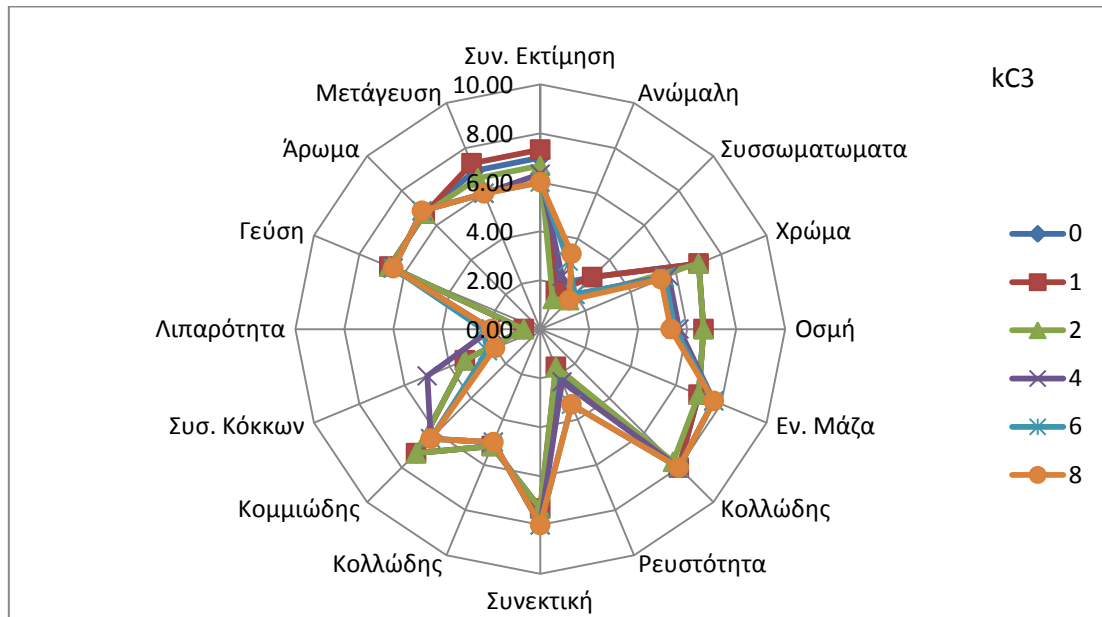
### ➤ 1<sup>η</sup> Σειρά - ΧΠ



Σχήμα 6.102: Απεικόνιση των χαρακτηριστικών της 1<sup>ης</sup> σειράς και για τις 8 εβδομάδες αποθήκευσης

Αρχικά παρατηρείται ότι μετά την 4<sup>η</sup> εβδομάδα αποθήκευσης η σειρά χωρίς προσθήκη κρυοπροστατευτικών υλικών κρίθηκε από τους δοκιμαστές μη αποδεκτή. Πιο συγκεκριμένα μειώθηκε η αρέσκεια της γεύσης, του αρώματος και όλων των υπολοίπων ποιοτικών χαρακτηριστικών του δείγματος.

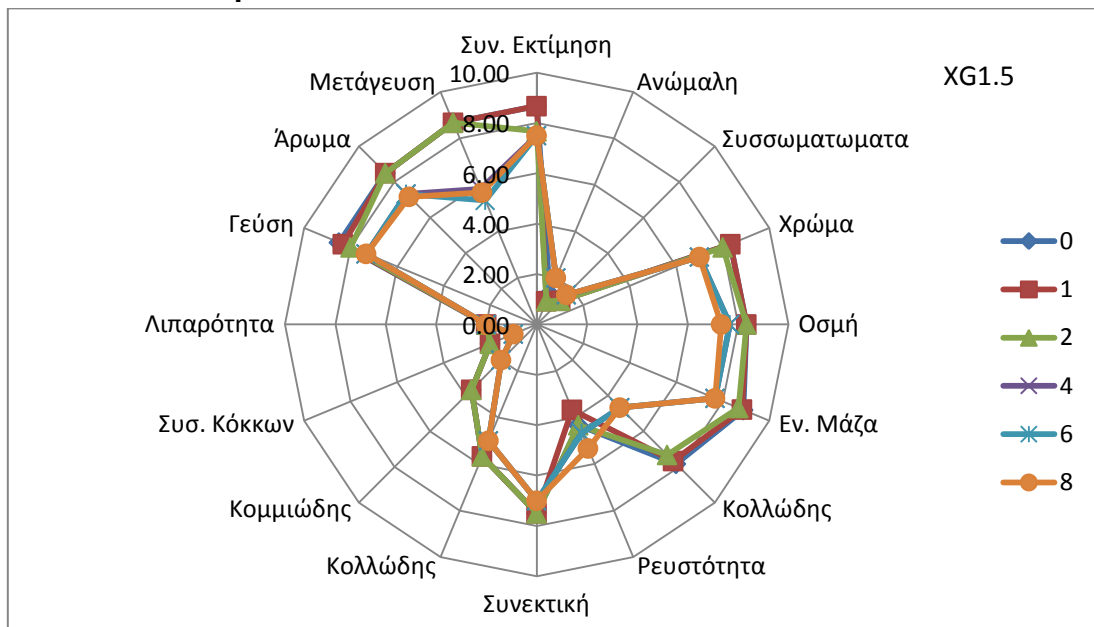
➤ 2<sup>η</sup> Σειρά -kC3



Σχήμα 6.103: Απεικόνιση των χαρακτηριστικών της 2<sup>ης</sup> σειράς και για τις 8 εβδομάδες αποθήκευσης

Η σειρά με προσθήκη 3g/kg καραγεννάνης παρέμεινε αποδεκτή σε όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης διατηρώντας σταθερά τη γεύση και το άρωμα, παρουσιάζοντας μόνο μείωση της αρέσκειας του χρώματος και της οσμής.

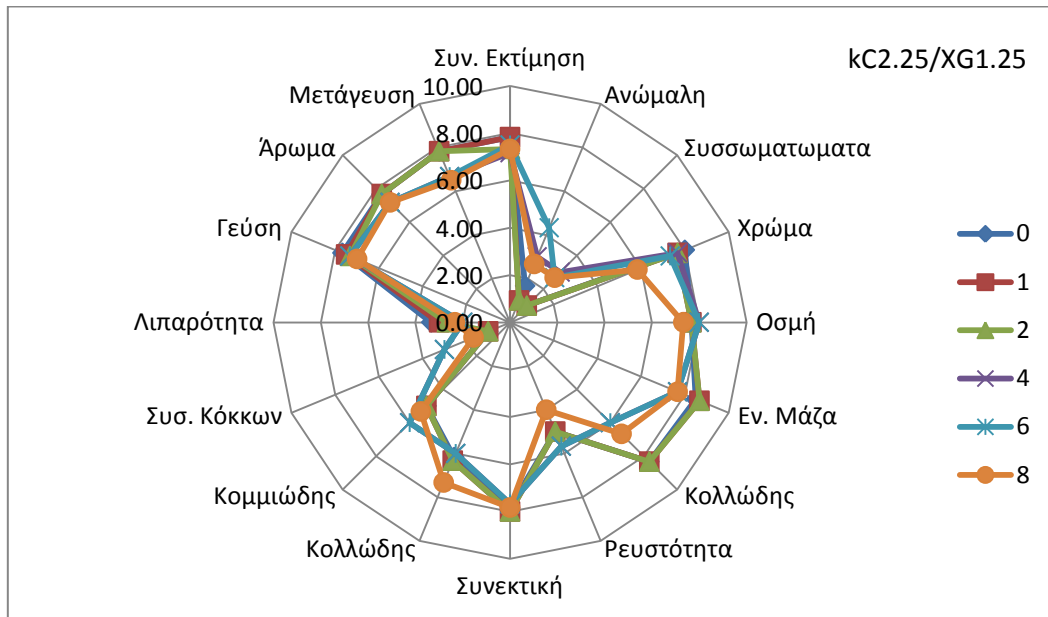
➤ 3<sup>η</sup> Σειρά-XG1.5



Σχήμα 6.104: Απεικόνιση των χαρακτηριστικών της 3<sup>ης</sup> σειράς και για τις 8 εβδομάδες αποθήκευσης

Η σειρά με προσθήκη 1.5 g/kg κόμμεος ξανθάνης παρέμεινε αποδεκτή σε όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης. Παρουσίασε μείωση της αρέσκειας γεύσης, αρώματος και μετάγευσης καθώς επίσης οι δοκιμαστές εντόπισαν μείωση της αίσθησης του κολλώδους στο κουτάλι.

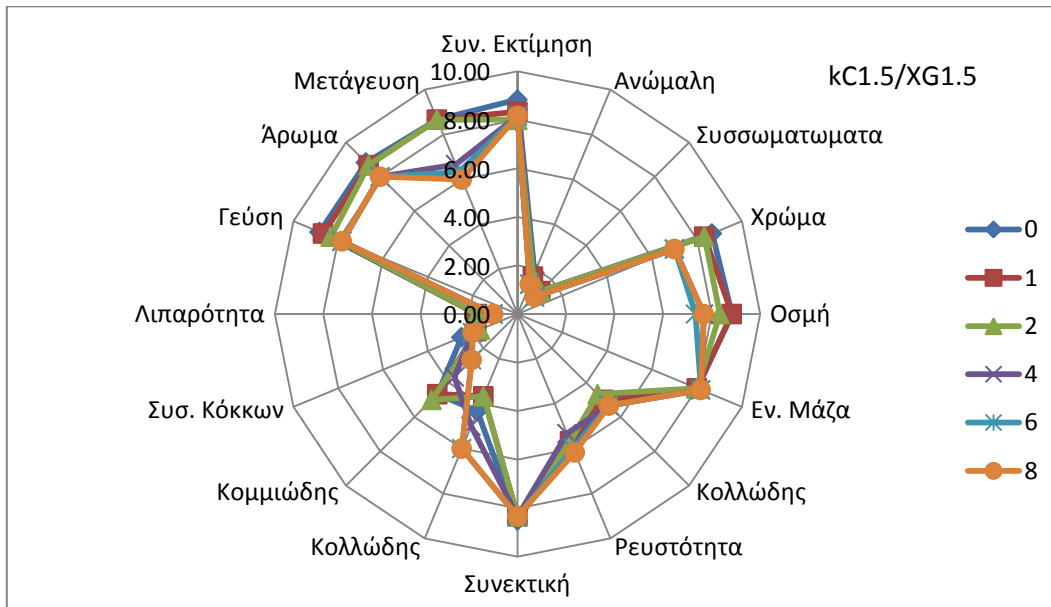
➤ 4<sup>η</sup> Σειρά- kC2.25/ΧG1.25



Σχήμα 6.105: Απεικόνιση των χαρακτηριστικών της 4<sup>ης</sup> σειράς και για τις 8 εβδομάδες αποθήκευσης

Η σειρά με προσθήκη μίγματος 2.25g/kg καραγεννάνης και 1.25 g/kg κόμμεος ξανθάνης παρέμεινε αποδεκτή σε όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης διατηρώντας τα επιμέρους χαρακτηριστικά σταθερά.

➤ 5<sup>η</sup> Σειρά- kC1.5/ΧG1.5

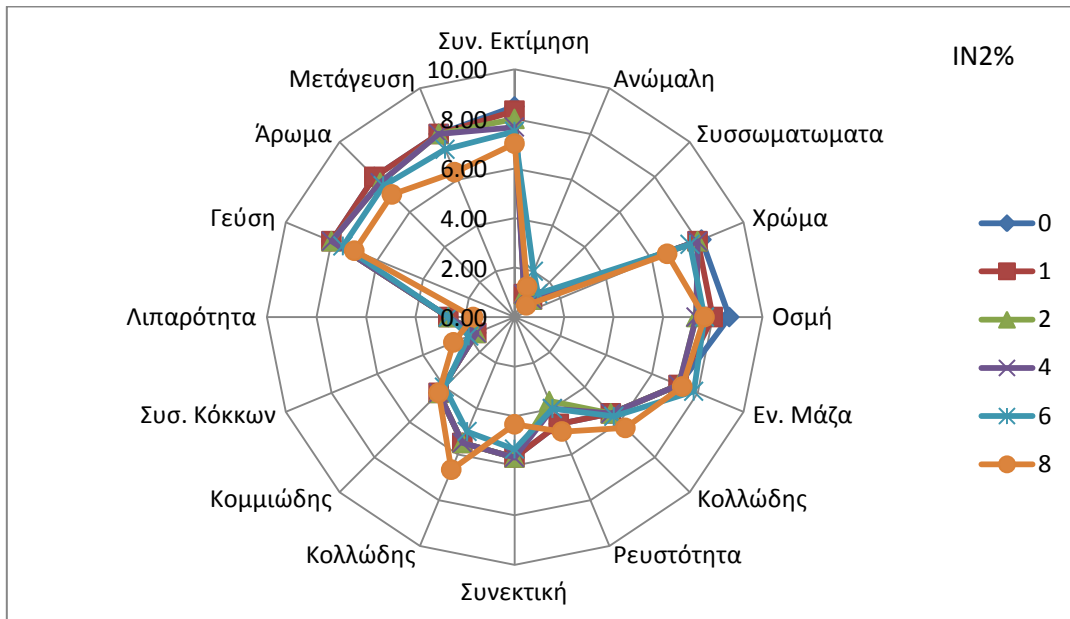


Σχήμα 6.106: Απεικόνιση των χαρακτηριστικών της 5<sup>ης</sup> σειράς και για τις 8 εβδομάδες αποθήκευσης

Η σειρά με προσθήκη 1.5 g/kg καραγεννάνης και 1.5 g/kg κόμμεος ξανθάνης παρέμεινε αποδεκτή σε όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης διατηρώντας τα επιμέρους χαρακτηριστικά σταθερά



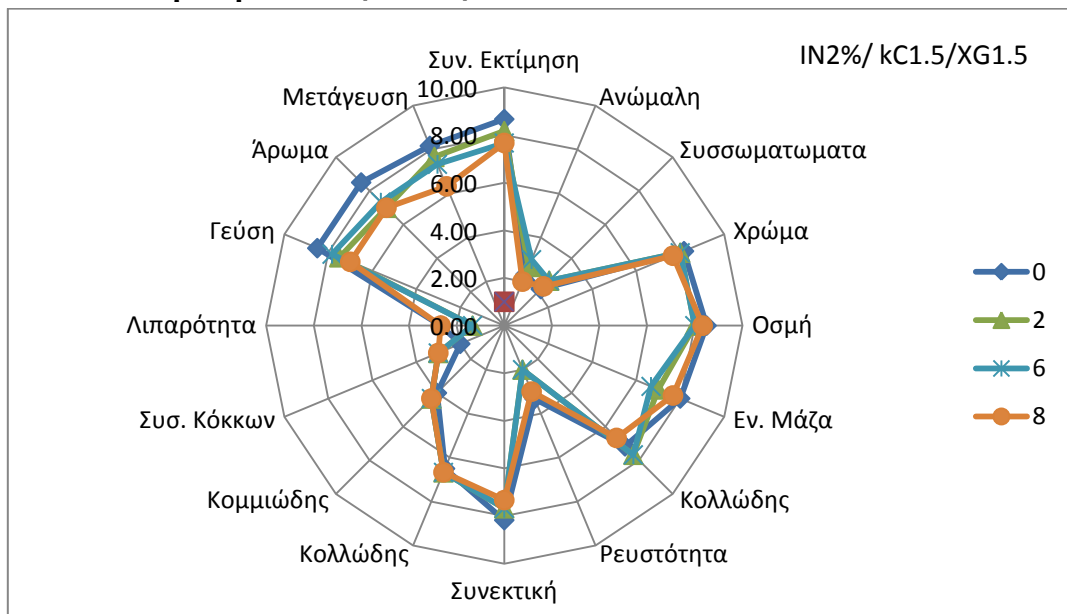
➤ 6<sup>η</sup> Σειρά-IN2%



Σχήμα 6.107: Απεικόνιση των χαρακτηριστικών της 6<sup>ης</sup> σειράς και για τις 8 εβδομάδες αποθήκευσης

Η σειρά με προσθήκη 2% ινουλίνης παρέμεινε αποδεκτή σε όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης Παρουσίασε μικρή πτώση της αρέσκειας του χρώματος.

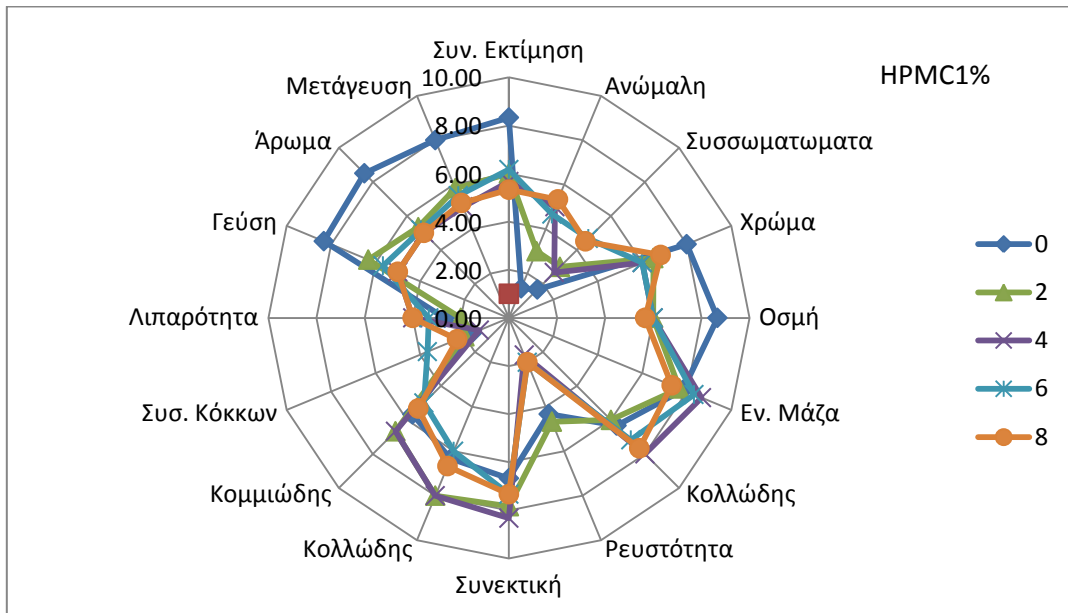
➤ 7<sup>η</sup> Σειρά-IN2%/kC1.5/XG1.5



Σχήμα 6.108: Απεικόνιση των χαρακτηριστικών της 7<sup>ης</sup> σειράς και για τις 8 εβδομάδες αποθήκευσης

Η σειρά με προσθήκη 1.5 g/kg καραγεννάνης -1.5 g/kg κόμμεος ξανθάνης και 2% ινουλίνης παρέμεινε αποδεκτή σε όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης. Παρουσίασε μείωση της αρέσκειας της γεύσης και του αρώματος.

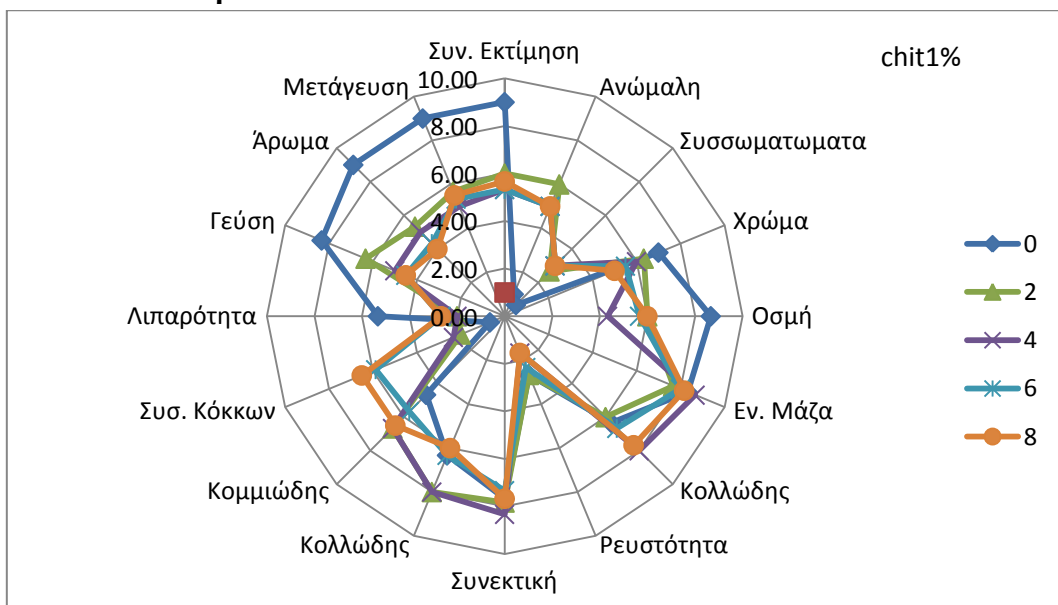
➤ 8η Σειρά-HPMC1%



Σχήμα 6.109: Απεικόνιση των χαρακτηριστικών της 8ης σειράς και για τις 8 εβδομάδες αποθήκευσης

Η σειρά με προσθήκη 1% HPMC από την 1<sup>η</sup> κιόλας εβδομάδα αποθήκευσης αξιολογήθηκε από τους δοκιμαστές ως μη αποδεκτή παρουσιάζοντας αλλοιώσεις σε όλα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της.

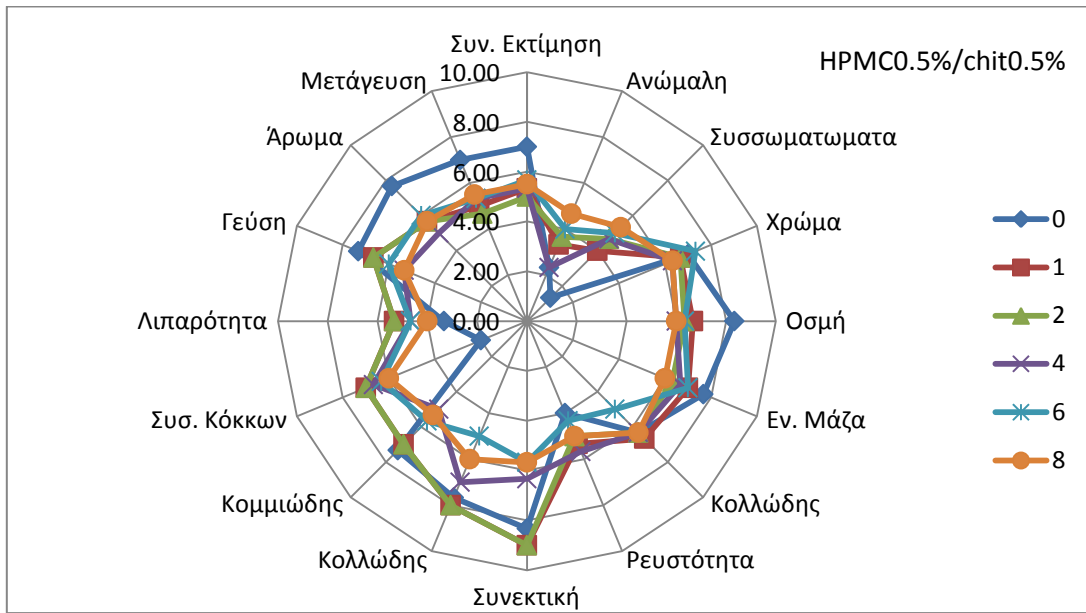
➤ 9η Σειρά-chit1%



Σχήμα 6.110: Απεικόνιση των χαρακτηριστικών της 9ης σειράς και για τις 8 εβδομάδες αποθήκευσης

Η σειρά με προσθήκη 1% χιτοζάνης μετά την 1<sup>η</sup> εβδομάδα αποθήκευσης κρίθηκε από τους δοκιμαστές μη αποδεκτή. Παρουσίασε αλλοιώσεις σε όλα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της.

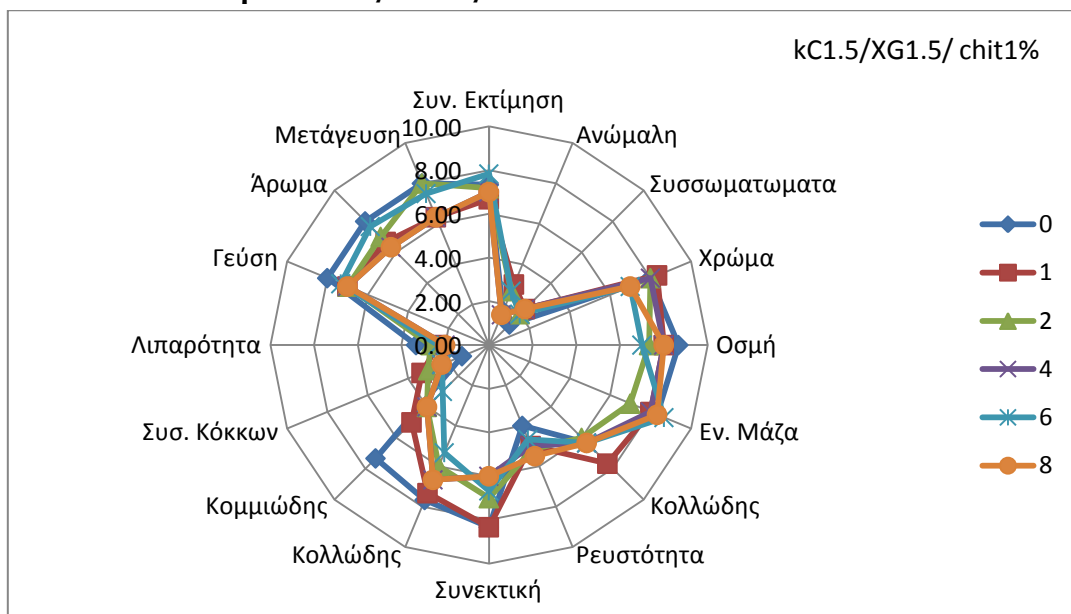
➤ 10<sup>η</sup> Σειρά-HPMC0.5%/chit0.5%



Σχήμα 6.111: Απεικόνιση των χαρακτηριστικών της 10<sup>ης</sup> σειράς και για τις 8 εβδομάδες αποθήκευσης

Η σειρά με προσθήκη 0.5% HPMC και 0.5% χιτοζάνης μετά από την 1<sup>η</sup> εβδομάδα αποθήκευσης κρίθηκε μη αποδεκτή παρουσιάζοντας υποβάθμιση σε όλα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της.

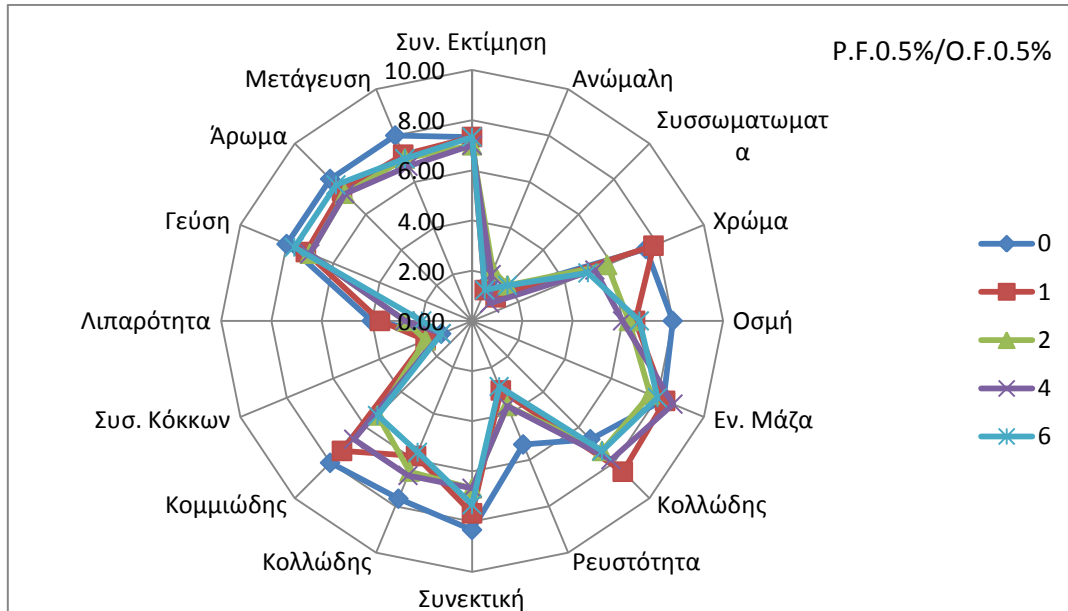
➤ 11<sup>η</sup> Σειρά- kC1.5/XG1.5/ chit1%



Σχήμα 6.112: Απεικόνιση των χαρακτηριστικών της 11<sup>ης</sup> σειράς και για τις 8 εβδομάδες αποθήκευσης

Η σειρά με προσθήκη 1.5 g/kg καραγεννάνης, 1.5 g/kg κόμμεος ξανθάνης και 1% χιτοζάνης παρέμεινε αποδεκτή σε όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης παρουσιάζοντας μείωση όμως της αρέσκειας του χρώματος, της γεύσης και της οσμής.

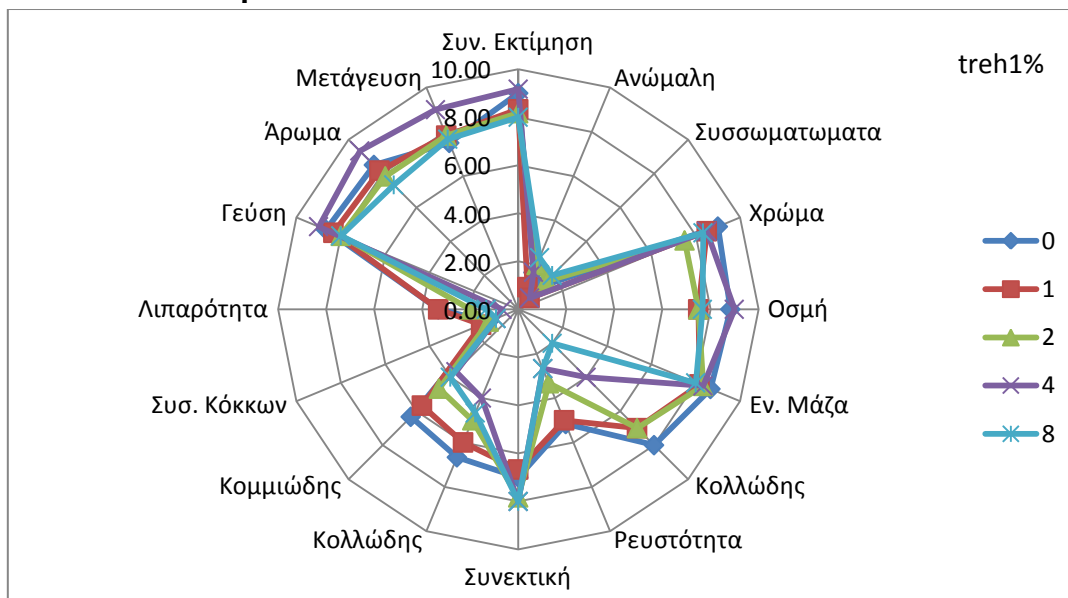
➤ **12<sup>η</sup> Σειρά-P.F.0.5%/O.F.0.5%**



Σχήμα 6.113: Απεικόνιση των χαρακτηριστικών της 12<sup>ης</sup> σειράς και για τις 8 εβδομάδες αποθήκευσης

Η σειρά με προσθήκη 0.5% ίνες πατάτας και 0.5% ίνες βρώμης παρέμεινε αποδεκτή σε όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης διατηρώντας σταθερές την οσμή, τη γεύση και το άρωμα (flavour). Παρουσίασε όμως μείωση της αρέσκειας του χρώματος καθώς και μειωμένη ρευστότητα.

➤ **13<sup>η</sup> Σειρά-treh1%**

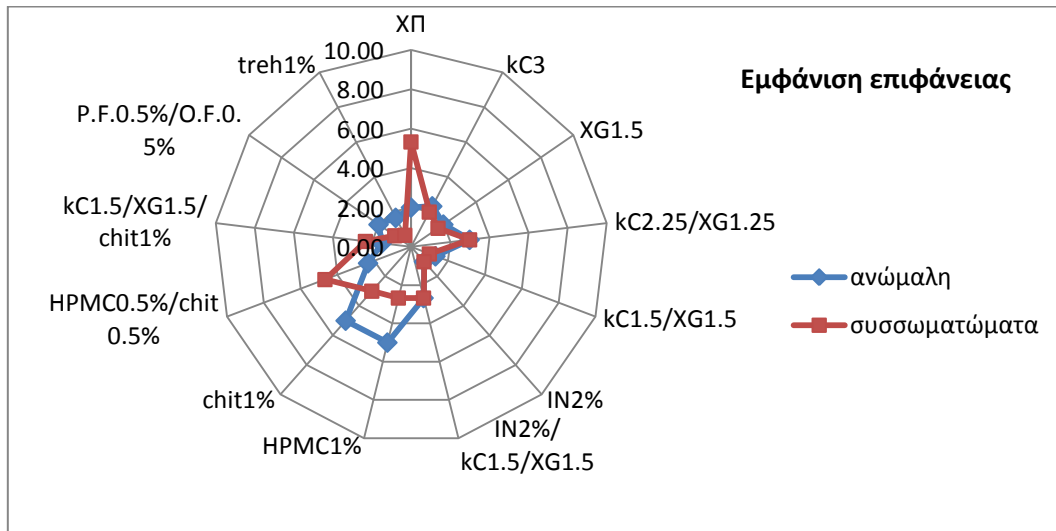


Σχήμα 6.114: Απεικόνιση των χαρακτηριστικών της 13<sup>ης</sup> σειράς και για τις 8 εβδομάδες αποθήκευσης

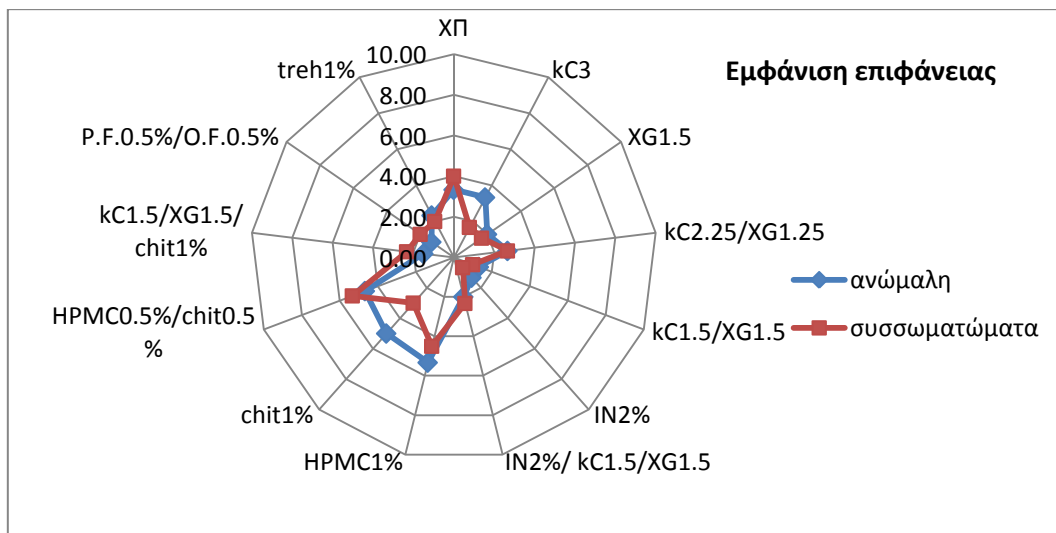
Η σειρά με προσθήκη 1% τρεχαλόζης παρέμεινε αποδεκτή σε όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης διατηρώντας σε υψηλά επίπεδα όλα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της και αποκόμισε από τους δοκιμαστές υψηλές βαθμολογίες συνολικής εκτίμησης.

Από τη χρήση του προγράμματος ANOVA (Statistica) για τις οργανοληπτικές μετρήσεις προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα:

➤ **Εμφάνιση Επιφάνειας**



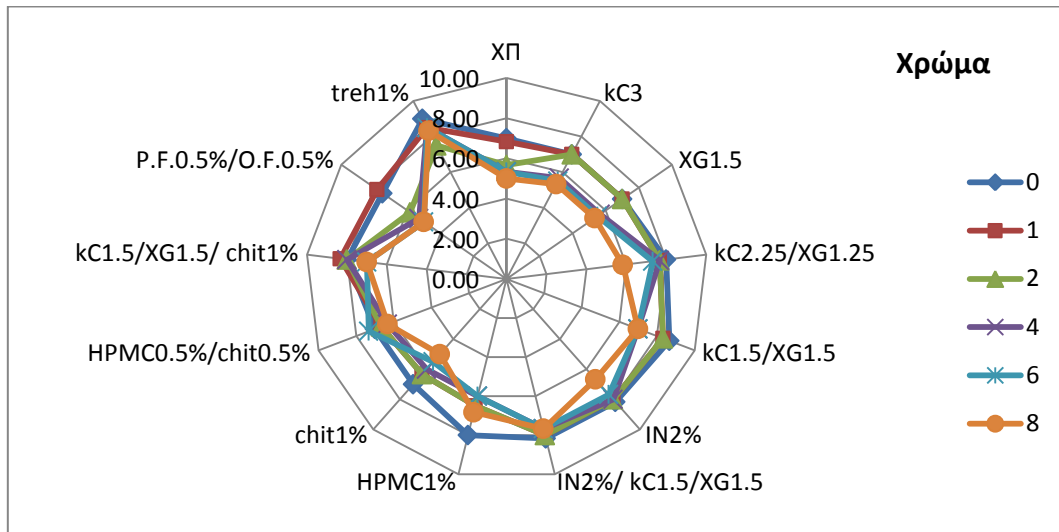
Σχήμα 6.115: Απεικόνιση των χαρακτηριστικών της εμφάνισης της επιφάνειας για κάθε σειρά δειγμάτων πουρέ πατάτας και για χρόνο αποθήκευσης 4 εβδομάδες



Σχήμα 6.116: Απεικόνιση των χαρακτηριστικών της εμφάνισης της επιφάνειας για κάθε σειρά δειγμάτων πουρέ πατάτας και για χρόνο αποθήκευσης 8 εβδομάδες

Η εμφάνιση της επιφάνειας δηλαδή η εκτίμηση ανώμαλης ή μη και ο εντοπισμός τυχόν κόκκων/συσσωματωμάτων επηρεάζεται σημαντικά από το είδος του υδατανθρακικού υλικού που χρησιμοποιείται σε κάθε σειρά καθώς και από το χρόνο αποθήκευσης. Από τα διαγράμματα παρατηρείται ότι το ποσοστό ενσωμάτωσης HPMC/χιτοζάνης επηρεάζει την εμφάνιση της επιφάνειας ( $P < 0.05$ ) ενώ η ενσωμάτωση ινουλίνης επηρεάζει την αναλογία κόκκων ( $P < 0.05$ ).

➤ **Χρώμα**

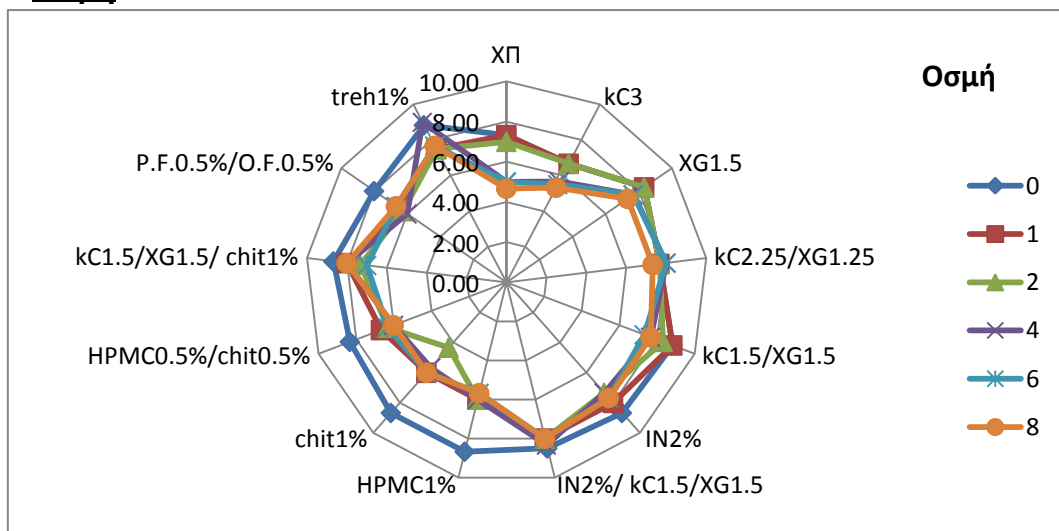


Σχήμα 6.117: Απεικόνιση του χρώματος για κάθε σειρά δειγμάτων πουρέ πατάτας και για τις 8 εβδομάδες αποθήκευσης

Το χρώμα επηρεάζεται σημαντικά από το είδος του υδατανθρακικού υλικού που χρησιμοποιήθηκε σε κάθε σειρά καθώς και από το χρόνο αποθήκευσης τους ( $P < 0.001$ ). Από το διάγραμμα παρατηρείται ότι σε όλες σχεδόν τις σειρές η αρέσκεια του χρώματος μειώθηκε κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης τους. Τις καλύτερες βαθμολογίες σημείωσαν οι σειρές που περιείχαν μίγματα καραγεννάνης/ξανθάνης καθώς και η σειρά με τρεχαλόζη.

Τέλος το χρώμα εξαρτάται σημαντικά από τα ποσοστά ενσωμάτωσης καραγεννάνης/ξανθάνης και χιτοζάνης στα δείγματα ( $P < 0.001$ ).

➤ **Οσμή**



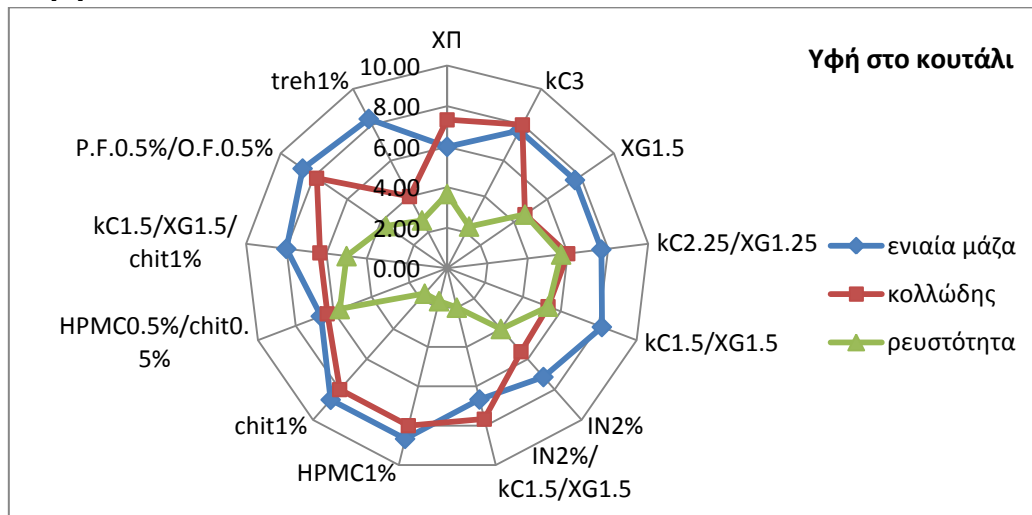
Σχήμα 6.118: Απεικόνιση της οσμής για κάθε σειρά δειγμάτων πουρέ πατάτας και για τις 8 εβδομάδες αποθήκευσης

Η οσμή εξαρτάται σημαντικά από το είδος των υλικών που προστέθηκαν σε κάθε σειρά καθώς και από το χρόνο αποθήκευσης τους ( $P < 0.001$ ). Από το διάγραμμα παρατηρείται ότι σε όλες τις σειρές μειώθηκε η αρέσκεια της οσμής κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης τους. Τις υψηλότερες βαθμολογίες, μέχρι και το τέλος του χρόνου

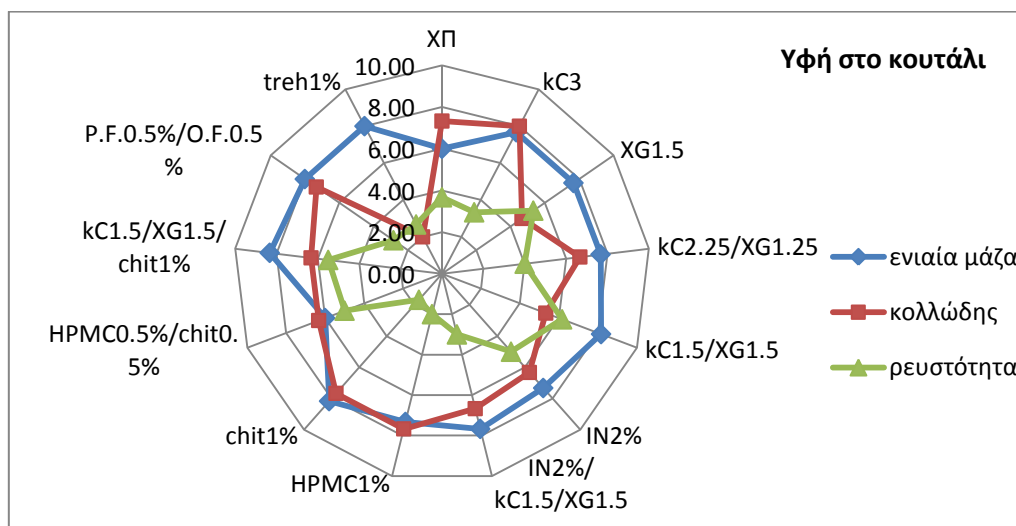
αποθήκευσης, κατέγραψαν οι σειρές με μίγματα καραγεννάνης/ξανθάνης καθώς και η σειρά με τρεχαλόζη. Αντίστοιχα τις μικρότερες κατέγραψαν οι σειρές με καραγεννάνη, ΗPMC και χιτοζάνη.

Η αρέσκεια της οσμής επηρεάζεται σημαντικά από τα ποσοστά ενσωμάτωσης καραγεννάνης/ξανθάνης/χιτοζάνης στα δείγματα ( $P < 0.001$ ). Όσον αφορά τα δείγματα με ΗPMC-χιτοζάνη, η αρέσκεια της οσμής επηρεάζεται σημαντικά από το χρόνο αποθήκευσης τους. ( $P < 0.001$ )

➤ **Υφή στο κουτάλι**



Σχήμα 6.119: Απεικόνιση της ενιαίας μάζας, του κολλώδους και της ρευστότητας στο κουτάλι για κάθε σειρά δειγμάτων πουρέ πατάτας και για χρόνο αποθήκευσης 4 εβδομάδες

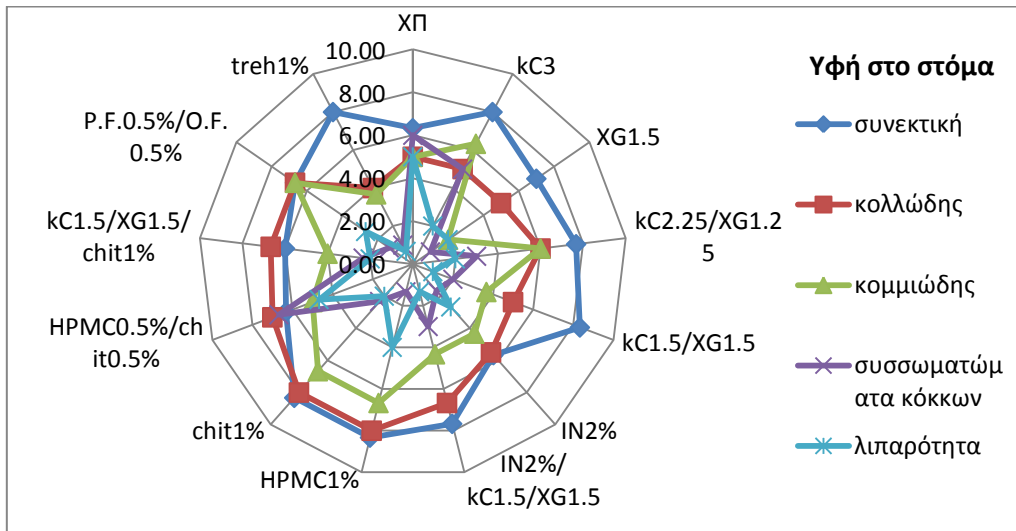


Σχήμα 6.120: Απεικόνιση της ενιαίας μάζας, του κολλώδους και της ρευστότητας στο κουτάλι για κάθε σειρά δειγμάτων πουρέ πατάτας και για χρόνο αποθήκευσης 8 εβδομάδες

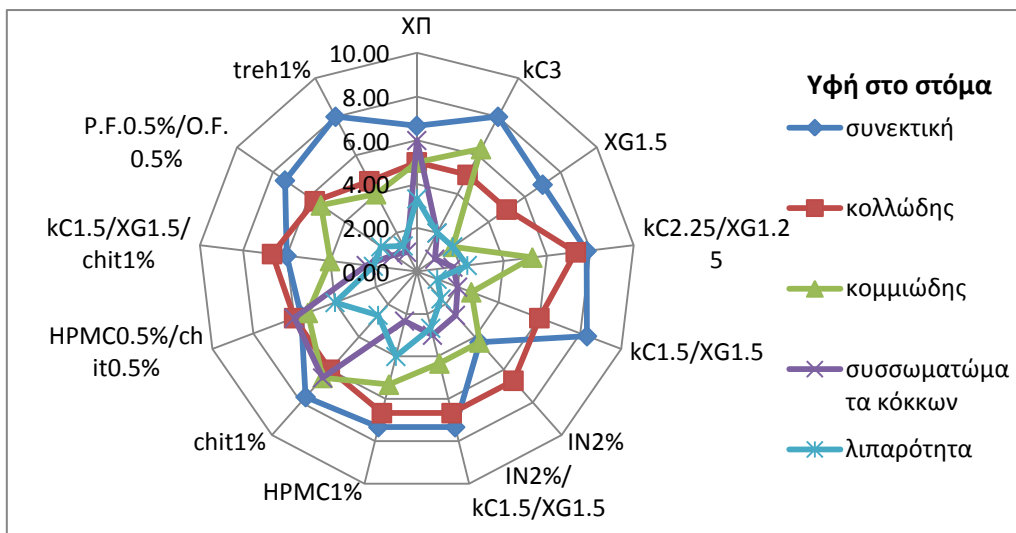
Η υφή στο κουτάλι δηλαδή η ενιαία μάζα, το κολλώδες και η ρευστότητα, επηρεάζεται σημαντικά από το είδος του υδατανθρακικού υλικού που προστέθηκε σε κάθε σειρά ( $P < 0.001$ ). Από το διάγραμμα παρατηρείται ότι σε όλες τις σειρές διατηρηθήκαν οι τρεις αυτές παράμετροι σταθερές κατά την αποθήκευση. Η ενιαία μάζα και η ρευστότητα

επιηρεάζεται σημαντικά από το ποσοστό ενσωμάτωσης καραγεννάνης/ξανθάνης, ινουλίνης καθώς και HPMC/χιτοζάνης ( $P < 0.001$ ). Η αίσθηση του κολλώδους όμως δεν επιηρεάζεται από την αναλογία HPMC/χιτοζάνης. Όλες οι σειρές παρουσίασαν διαφορετική συμπεριφορά σε σχέση με τη σειρά χωρίς προσθήκη κάποιου κρυοπροστατευτικού υλικού.

➤ **Υφή στο στόμα**



Σχήμα 6.121: Απεικόνιση της συνεκτικής, κολλώδους, κομμώδους, εντοπισμού συσσωματωμάτων, λιπαρότητας στο στόμα για κάθε σειρά δειγμάτων πουρέ πατάτας και για χρόνο αποθήκευσης 4 εβδομάδες

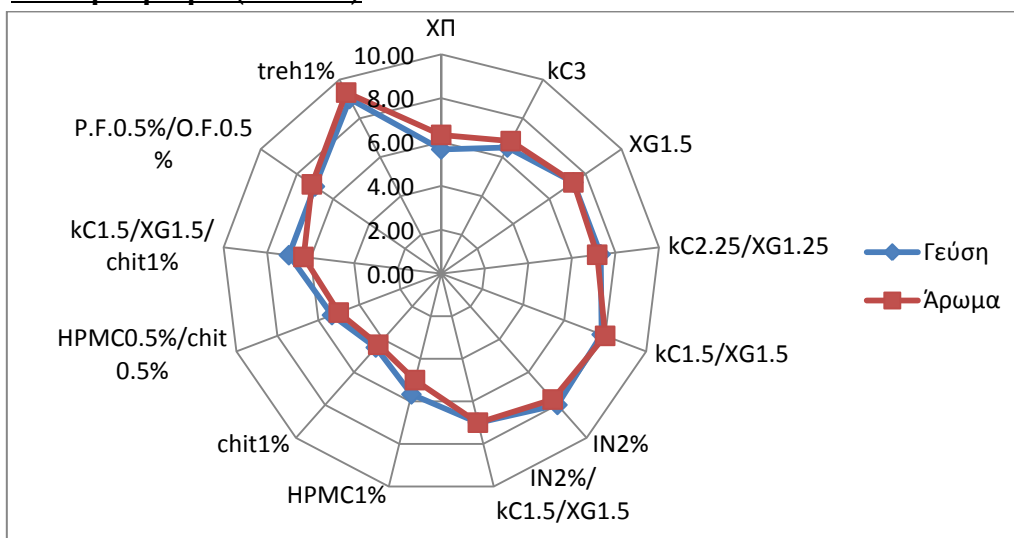


Σχήμα 6.122: Απεικόνιση της συνεκτικής, κολλώδους, κομμώδους, εντοπισμού συσσωματωμάτων, λιπαρότητας στο στόμα για κάθε σειρά δειγμάτων πουρέ πατάτας και για χρόνο αποθήκευσης 8 εβδομάδες

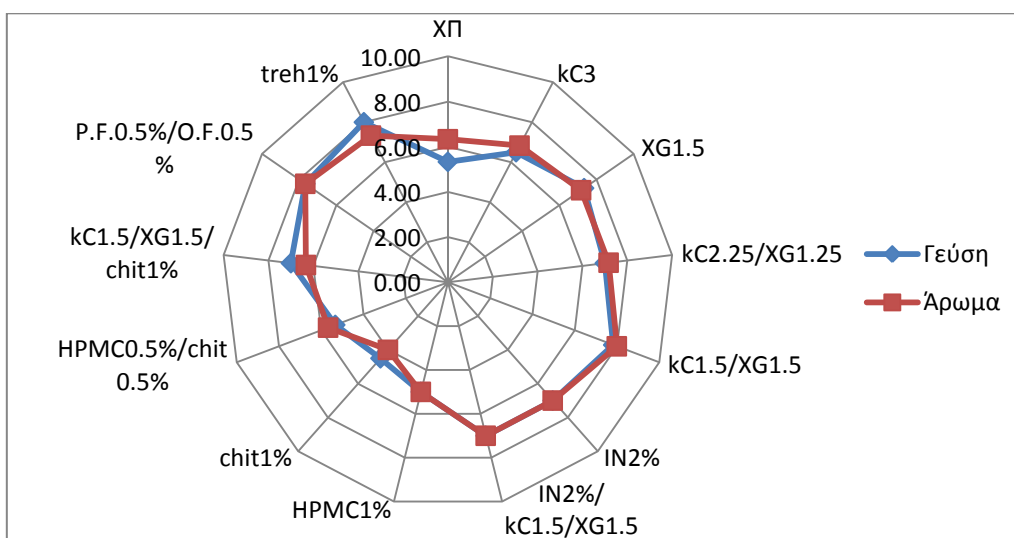


Όλες οι παράμετροι υφής στο στόμα δηλαδή η συνεκτική υφή, η κολλώδης υφή, η κομμώδης υφή, ο εντοπισμός συσσωματωμάτων και η λιπαρότητα επηρεάζονται σημαντικά από το είδος του υδατανθρακικού υλικού που έχει ενσωματωθεί σε κάθε σειρά ( $P<0.001$ ). Ειδικότερα η αίσθηση της συνεκτικότητας και του κολλώδους επηρεάζεται σημαντικά από το ποσοστό ενσωμάτωσης καραγεννάνης/ ξανθάνης και ινουλίνης. Η σειρά με ινουλίνη παρουσίασε διαφορετική συμπεριφορά ως προς τη συνεκτικότητα σε σχέση με όλα τα άλλα δείγματα. Ο εντοπισμός συσσωματωμάτων επηρεάζεται σημαντικά και από το χρόνο αποθήκευσης ( $P<0.001$ ). Τα περισσότερα συσσωματώματα παρουσίασε το δείγμα με ΗPMC/χιτοζάνη. Τέλος η λιπαρότητα επηρεάζεται σημαντικά και από την αναλογία των προστιθέμενων συστατικών, αφού σε όλα τα μίγματα οι δοκιμαστές εντόπισαν διαφορές ( $P<0.001$ ).

➤ **Γεύση- Άρωμα (flavour)**



Σχήμα 6.123: Απεικόνιση της γεύσης και του αρώματος για κάθε σειρά δειγμάτων πουρέ πατάτας και για χρόνο αποθήκευσης 4 εβδομάδες

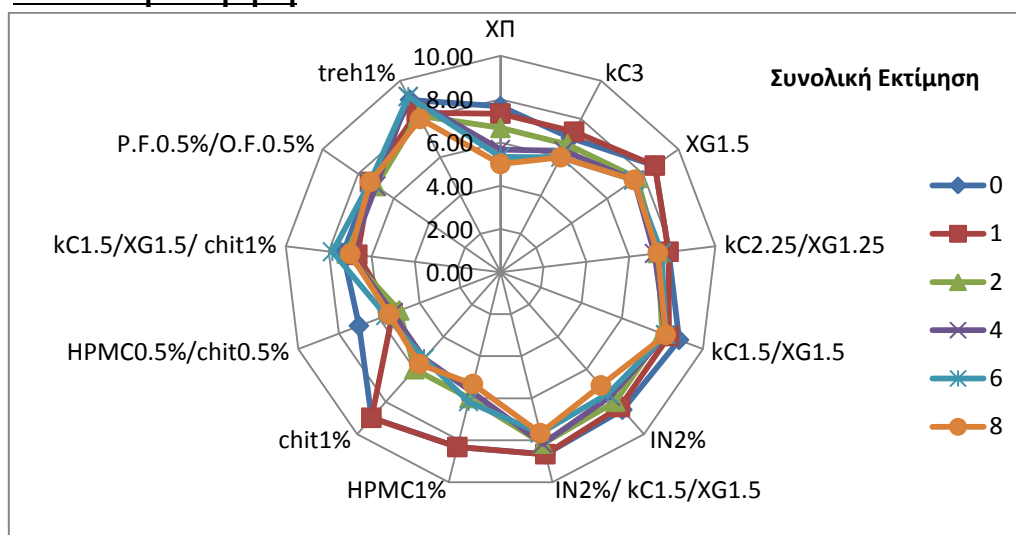


Σχήμα 6.124: Απεικόνιση της γεύσης και του αρώματος για κάθε σειρά δειγμάτων πουρέ πατάτας και για χρόνο αποθήκευσης 8 εβδομάδες

Η γεύση και το άρωμα του κάθε σειράς πουρέ πατάτας επηρεάζονται σημαντικά από το είδος του υδατανθρακικού υλικού που έχει ενσωματωθεί στο δείγμα καθώς επίσης και από το χρόνο αποθήκευσης τους ( $P < 0.001$ ). Επίσης επηρεάζονται σημαντικά και από το ποσοστό ενσωμάτωσης καραγεννάνης/ξανθάνης, ινουλίνης, HPMC/ χιτοζάνης ( $P < 0.001$ ).

Από το διάγραμμα παρατηρείται ότι σε όλες τις σειρές η αρέσκεια του αρώματος και της γεύσης μειώθηκε σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης. Στα δείγματα με καραγεννάνη/ξανθάνη, ίνες πατάτας και τρεχαλόζη δόθηκαν οι πιο υψηλές βαθμολογίες τις οποίες και διατήρησαν σε όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης. Οι σειρές με HPMC και χιτοζάνη εμφάνισαν διαφορετική συμπεριφορά σε σχέση με όλα τα άλλα δείγματα και τους δόθηκαν οι χαμηλότερες βαθμολογίες.

### ➤ Συνολική εκτίμηση



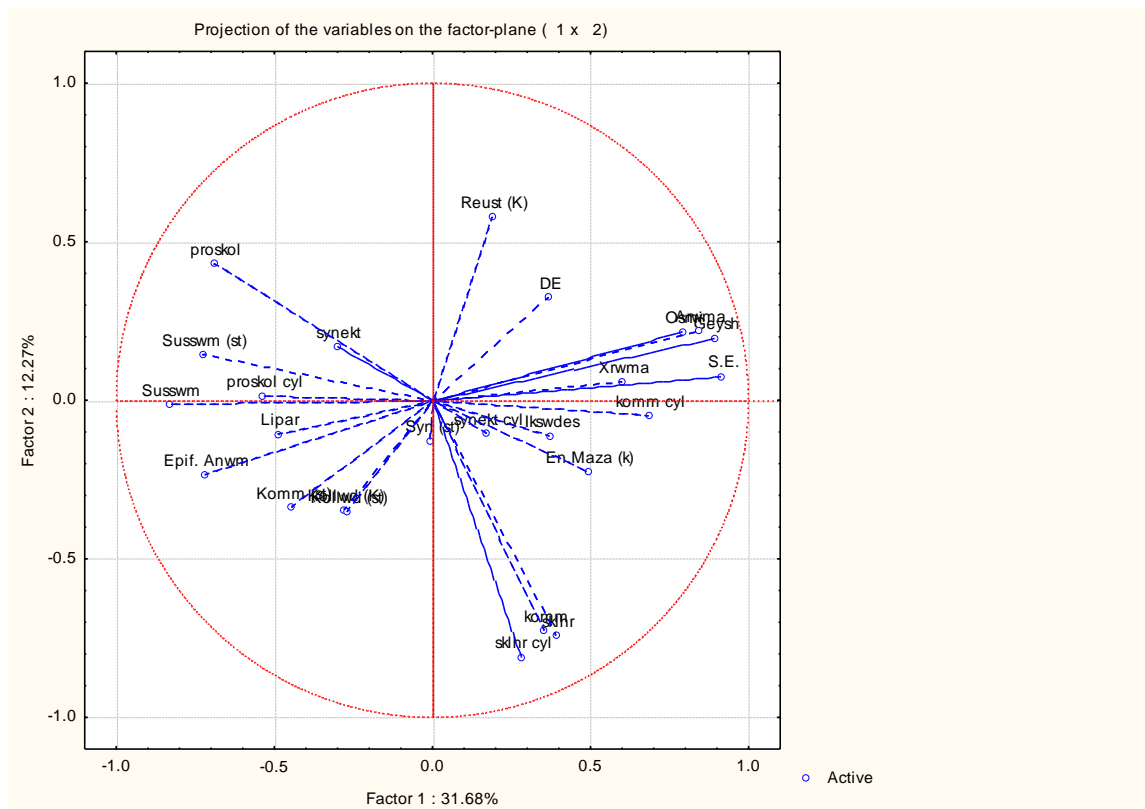
Σχήμα 6.125: Απεικόνιση της συνολικής εκτίμησης για κάθε σειρά πουρέ πατάτας και για τις 8 εβδομάδες αποθήκευσης

Η συνολική εκτίμηση επηρεάζεται σημαντικά από το είδος του υδατανθρακικού υλικού που ενσωματώθηκε στα δείγματα και το χρόνο αποθήκευσης των δειγμάτων ( $P < 0.001$ ). Αυξημένη συνολική εκτίμηση εμφανίζουν οι σειρές που περιέχουν μίγματα καραγεννάνης/ξανθάνης και τρεχαλόζη. Ενώ τα δείγματα με HPMC και χιτοζάνη, απλά ή σε μίγματα μετά την πρώτη εβδομάδα αποθήκευσης κρίθηκαν μη αποδεκτά. Παρατηρείται ότι η συνολική εκτίμηση μειώθηκε σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης πράγμα το οποίο οφείλεται στο γεγονός ότι τα επιμέρους ποιοτικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν παραπάνω υποβαθμίζονται με την αύξηση του χρόνου αποθήκευσης οπότε είναι λογικό να επηρεάζεται αναλόγως και η συνολική εκτίμηση. Τέλος, η συνολική εκτίμηση επηρεάζεται σημαντικά από το ποσοστό ενσωμάτωσης καραγεννάνης/ξανθάνης, και ινουλίνης στο δείγμα ( $P < 0.001$ ).

## 6.5 Στατιστική ανάλυση

### Ανάλυση κύριων συνιστωσών (PCA)

Με χρήση του προγράμματος Statistica εφαρμόστηκε η ανάλυση κύριων συνιστωσών (PCA) στο σύνολο των αντικειμενικών και των οργανοληπτικών μετρήσεων σε όλες τις σειρές δειγμάτων πουρέ πατάτας που μελετήθηκαν.



Σχήμα 6.126: Ανάλυση των 2 πρώτων κύριων συνιστωσών όλων των ιδιοτήτων που μελετήθηκαν

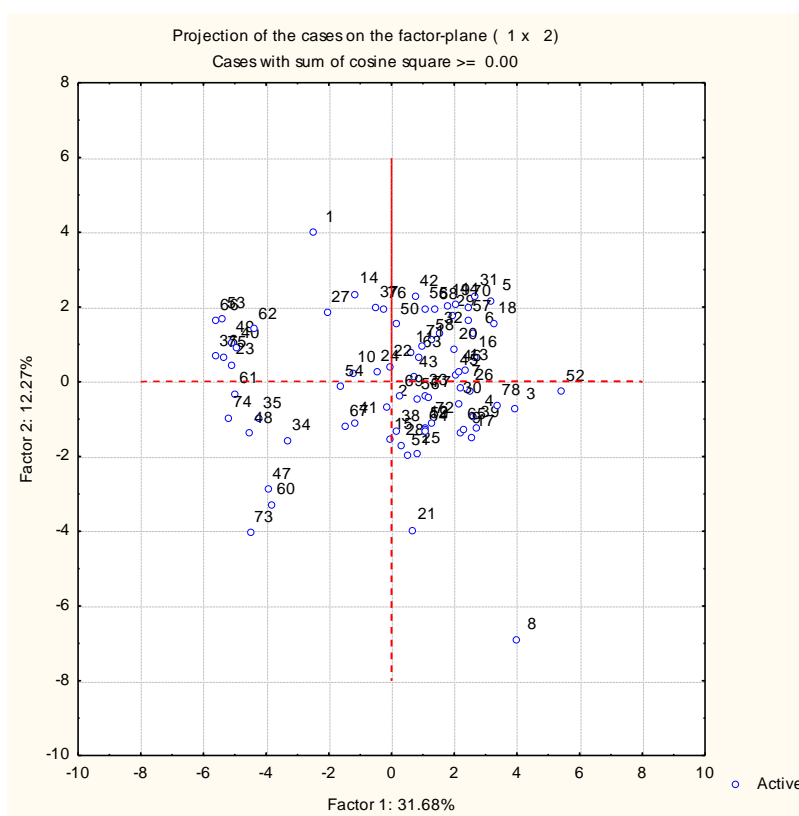
Στο παραπάνω σχήμα 6.126 απεικονίζεται η γραφική παράσταση των 2 πρώτων κύριων συνιστωσών με όλες τις μεταβλητές/ιδιότητες που μελετήθηκαν. Η 1<sup>η</sup> κύρια συνιστώσα (ΚΣ) συνεισφέρει στη συνολική διακύμανση 31.68% και η 2<sup>η</sup> κύρια συνιστώσα (ΚΣ) 12.27% και οι δύο πρώτες κύριες συνιστώσες αθροιστικά εξηγούν το 43.95% της ολικής διακύμανσης.

Από την παρατήρηση του σχήματος προκύπτει η συσχέτιση ή μη των μελετούμενων ιδιοτήτων, αντικειμενικών και οργανοληπτικών, και προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- Το άρωμα, η οσμή και η γεύση συσχετίζονται θετικά. Ομοίως και η αρέσκεια του χρώματος με τη συνολική εκτίμηση. Η θετική συσχέτιση των χαρακτηριστικών αυτών είναι αναμενόμενη καθώς είναι χαρακτηριστικά εφάμιλλα για το δοκιμαστή και η αρέσκεια ή η δυσαρέσκεια του ενός προκαλεί τα αντίστοιχα αποτελέσματα και στα άλλα χαρακτηριστικά. Οι παραπάνω ιδιότητες δηλαδή το άρωμα, η οσμή, η γεύση

και η συνολική εκτίμηση έχουν θετική επίδραση στον 1<sup>η</sup> συνιστώσα, οπότε προς τις θετικές τιμές των αξόνων  $\chi$  και  $\psi$ .

- Το κομμώδες μετρούμενο με κωνικό στέλεχος, η σκληρότητα μετρούμενη με το κωνικό στέλεχος και η σκληρότητα μετρούμενη με το κυλινδρικό στέλεχος συσχετίζονται θετικά και έχουν αρνητική επίδραση στο 2<sup>η</sup> συνιστώσα. Είναι αναμενόμενη η συσχέτισή τους καθώς η σκληρότητα μεταβάλλεται το ίδιο και στα δύο στελέχη και το κομμώδες είναι παράγωγο μέγεθος της σκληρότητας. Τα χαρακτηριστικά αυτά βρίσκονται στις θετικές τιμές του άξονα  $\chi$  και τις αρνητικές του  $\psi$ . Επομένως στο τεταρτημόριο αυτό βρίσκονται τα δείγματα με μεγάλη σκληρότητα.
- Το άρωμα, η οσμή και η γεύση συσχετίζονται αρνητικά με την αίσθηση της λιπαρότητας και την εμφάνιση της επιφάνειας. Αυτό είναι αναμενόμενο διότι η λιπαρότητα και η εμφάνιση της επιφάνειας δεν επηρεάζουν την οσμή/γεύση (flavour).



Σχήμα 6.127: Ανάλυση συσχέτισης των 2 πρώτων κύριων συνιστωσών όλων των ιδιοτήτων που μελετήθηκαν

Λαμβάνοντας υπ' όψιν τα παραπάνω και παρατηρώντας το σχήμα 6.127 προκύπτει ότι στο πρώτο τεταρτημόριο του σχήματος (και προς τα δεξιά) βρίσκονται τα δείγματα με υψηλές βαθμολογίες γεύσης, οσμής και αρώματος, ενώ στο τέταρτο τεταρτημόριο (και προς τα κάτω) βρίσκονται τα δείγματα σκληρή και κομμιώδη υφή.

Όσον αφορά τα δείγματα, μία ομάδα αποτελούν τα δείγματα χωρίς προσθήκη κρουπροστατευτικών υλικών και με HPMC/χιτοζάνη (κωδικοί: 23,49,40,66,53,75,62) για χρόνο μετά τη 2<sup>η</sup> εβδομάδα αποθήκευσης και σχετίζονται με τον οργανοληπτικό έλεγχο των

δειγμάτων στα οποία εντοπίζονται συσσωματώματα κατά τη δοκιμή στο στόμα. Άλλη ομάδα αποτελούν τα δείγματα με ΗΡΜC (κωδικοί: 47,73,60) για χρόνο αποθήκευσης μετά τη 2<sup>η</sup> εβδομάδα και σχετίζονται με το την υφή στο στόμα και το κουτάλι, διότι κατά τον οργανοληπτικό έλεγχο εμφάνισαν αυξημένη αίσθηση του κολλώδους στο στόμα και το κουτάλι. Τέλος άλλη ομάδα αποτελούν τα δείγματα με καραγεννάνη/ξανθάνη για όλους τους χρόνους αποθήκευσης (κωδικοί: 31,5,57,70,18,29,44) τα οποία εμφανίζουν μεγαλύτερες τιμές ολικού χρώματος σε σχέση με τα υπόλοιπα δείγματα.

Συνοπτικά, τα καλύτερα δείγματα, τα οποία εμφανίζουν υψηλή αποδεκτότητα αρώματος, οσμής, γεύσης (ενίσχυση αρώματος-γεύσης) βρίσκονται στο 1<sup>ο</sup> τεταρτημόριο προς τα δεξιά, και είναι τα δείγματα που περιέχουν μίγμα καραγεννάνης/ξανθάνης, ενώ τα χειρότερα ως προς την υφή (σκληρότητα, κομμιώδες) είναι τα δείγματα με ΗΡΜC και χωρίς προσθήκη κάποιου κρυοπροστατευτικού υλικού.

## 7 Συμπεράσματα

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκε η κρυοπροστατευτική δράση διάφορων ουσιών υδατανθρακικής προέλευσης στον πουρέ πατάτας, δηλαδή μελετήθηκε η ικανότητά τους να περιορίζουν τα φαινόμενα υποβάθμισης που συντελούνται κατά τη θερμική κατεργασία, την κατάψυξη και την απόψυξη του πουρέ πατάτας και την αναστολή τους καθ' όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης του τελικού προϊόντος μέχρι και την κατανάλωσή του.

Τα φαινόμενα υποβάθμισης που συντελούνται κατά τη θερμική επεξεργασία του πουρέ πατάτας είναι η ζελατινοποίηση του αμύλου, η συσσωμάτωση των κόκκων του και η αύξηση του ποσοστού του ελεύθερου αμύλου. Κατά την αποθήκευση υπό κατάψυξη τα φαινόμενα υποβάθμισης που συντελούνται κυρίως είναι ανάπτυξη των σχηματιζόμενων παγοκρυστάλλων, η μετανάστευση υγρασίας, ο ταγγισμός και η μείωση της θρεπτικής αξίας του προϊόντος. Ενώ κατά την απόψυξη αυτού τα κύρια φαινόμενα είναι η αναδιαμόρφωση του αμύλου και η συναίρεση.

Μελετήθηκαν 8 διαφορετικά υλικά υδατανθρακικής προέλευσης και συγκεκριμένα πολυσακχαρίτες (κ-καραγεννάνη, κόμμι ξανθάνης, χιτοζάνη), ολιγοσακχαρίτες (ινουλίνη), δισακχαρίτες (τρεχαλόζη), διαιτητικές ίνες (βρώμης, πατάτας) και υδροκολλοειδή (HPMC) απλά ή σε μίγματα, ως προς την κρυοπροστατευτική δράση τους, μέσω προσδιορισμού των παραμέτρων υφής (σκληρότητας, συνεκτικότητας, κομμιώδους, προσκολλησιμότητας), του ολικού χρώματος, του ιξώδους των σειρών των δειγμάτων. Επίσης διενεργήθηκε και οργανοληπτικός έλεγχος στα χαρακτηριστικά τους. Τέλος, μέσω των καμπυλών κατάψυξης προσδιορίστηκε το αρχικό σημείο κατάψυξης και ο πειραματικός χρόνος κατάψυξης των σειρών που μελετηθήκαν.

Στα δείγματα που ενσωματώθηκε ο πολυσακχαρίτης καραγεννάνη παρουσιάστηκε διατήρηση όλων των παραμέτρων υφής σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης ενώ στα δείγματα με ενσωμάτωση ξανθάνης βελτίωση του ολικού χρώματος. Στις σειρές στις οποίες ενσωματώθηκαν οι πολυσακχαρίτες καραγεννάνη και κόμμι ξανθάνης σε μίγμα παρατηρήθηκε θετική επίδραση στις παραμέτρους υφής (σκληρότητας, συνεκτικότητας, κομμιώδους, προσκολλησιμότητας), διατηρώντας τις σταθερές, σε ίδια επίπεδα με αυτά του φρέσκου. Επίσης τα δείγματα αυτά διατήρησαν το ολικό χρώμα σταθερό και τις τιμές του ιξώδους, σε συνάρτηση με τον οργανοληπτικό έλεγχο των παραμέτρων υφής στο στόμα και στο κουτάλι, σε αποδεκτά επίπεδα. Τα μίγματα λοιπόν των πολυσακχαρίτων επέδειξαν συνεργιστική δράση διότι κατά την ενσωμάτωσή τους σε μίγματα εμφάνισαν βελτιωμένα αποτελέσματα τόσο μεταξύ αυτών μόνων τους αλλά και σε σύγκριση με τις άλλες σειρές δειγμάτων. Κατά τον οργανοληπτικό έλεγχο σημείωσαν τις υψηλότερες βαθμολογίες συνολικής εκτίμησης, διατηρώντας αναλλοίωτες τις παραμέτρους υφής των δειγμάτων σε όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης (8 εβδομάδες). Η σειρά δειγμάτων με χιτοζάνη παρουσίασε υποβάθμιση των παραμέτρων υφής, μείωση του ολικού χρώματος και υποβαθμισμένα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Ο χρόνος συντήρησης των δειγμάτων ήταν μικρότερος της μίας εβδομάδας αφού μετά την 1<sup>η</sup> κιόλας εβδομάδα αποθήκευσης

αξιολογήθηκαν ως μη αποδεκτά. Τέλος, η σειρά που περιείχε ενσωματωμένους και τους 3 πολυσακχαρίτες είχε την ίδια συμπεριφορά με τις σειρές με μίγματα καραγεννάνης/ξανθάνης. Επομένως η ενσωμάτωση χιτοζάνης στα δείγματα δεν φαίνεται να συνεισφέρει σημαντικά στη διατήρησή τους.

Η ενσωμάτωση του ολιγοσακχαρίτη ινουλίνη στα δείγματα διατήρησε τις παραμέτρους υφής σταθερές κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης καθώς και το ολικό χρώμα. Αυτό οδήγησε σε δείγματα πουρέ πατάτας που διατήρησαν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους σε αποδεκτά επίπεδα σε όλη διάρκεια της αποθήκευσης των 8 εβδομάδων. Η σειρά δειγμάτων με ενσωμάτωση μίγματος πολυσακχαριτών καραγεννάνης/ξανθάνης και ινουλίνης διατήρησε τις παραμέτρους υφής σταθερές σε όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης και επέδειξε βελτιωμένα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά σε σχέση με αυτά της σειράς με μίγματα πολυσακχαριτών. Συνεπώς, η ενσωμάτωση ινουλίνης σε μίγματα πολυσακχαριτών προκαλεί διατήρηση της υφής και αύξηση της αρέσκειας του προϊόντος, συνεισφέροντας έτσι στην αποδεκτότητα του προϊόντος.

Όσον αφορά τα υπόλοιπα υλικά, η ενσωμάτωση του δισακχαρίτη τρεχαλόζη στα δείγματα προκάλεσε ενίσχυση του αρώματος και της γεύσης με αποτέλεσμα να εμφανίσουν βελτιωμένα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Οι παράμετροι υφής παρέμειναν σταθερές καθώς και το ολικό χρώμα. Οι σειρές δειγμάτων με HPMC εμφάνισαν υποβαθμισμένα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και μικρό χρόνο ζωής αφού μετά την πρώτη κιόλας εβδομάδα αποθήκευσης κρίθηκαν ως μη αποδεκτά. Επίσης εμφάνισαν τη μεγαλύτερη σκληρότητα σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες σειρές. Την ίδια συμπεριφορά έδειξαν και τα δείγματα της σειράς με ενσωμάτωση μίγματος HPMC και χιτοζάνης, δηλαδή υποβαθμισμένα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και μικρό χρόνο συντήρησης. Τέλος η σειρά με διαιτητικές ίνες διατήρησε τις παραμέτρους υφής σταθερές και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά σε αποδεκτά επίπεδα.

Συνοψίζοντας τα δείγματα χωρίς προσθήκη κρυοπροστατευτικών υλικών, με HPMC, με χιτοζάνη και τέλος με μίγμα HPMC/χιτοζάνης είχαν το μικρότερο χρόνο ζωής σε σύγκριση με τα υπόλοιπα, μικρότερος από μία εβδομάδα αποθήκευσης υπό κατάψυξη. Τα δείγματα με καραγεννάνη επίσης εμφάνισαν μικρό χρόνο ζωής, περίπου ένα μήνα. Τέλος, όλες οι υπόλοιπες σειρές δειγμάτων παρέμειναν αποδεκτές σε όλο το διάστημα της αποθήκευσης υπό κατάψυξη.

Συμπερασματικά, τα μίγματα πολυσακχαριτών καραγεννάνης/ξανθάνης εμφάνισαν την πιο αποτελεσματική κρυοπροστασία και μεγαλύτερη διατήρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων πουρέ πατάτας κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Όλα τα δείγματα που περιείχαν ενσωματωμένους τους πολυσακχαρίτες αυτούς εμφάνισαν σταθερές παραμέτρους υφής και ενισχυμένη αρέσκεια γεύσης-αρώματος.

## 8 Προτάσεις

Γενικά η ενσωμάτωση κρυσταλλικών υλικών και πρεβιοτικών παραγόντων σε αμυλούχα προϊόντα με σκοπό τη συντήρησή τους υπό κατάψυξη, με αναστολή των φαινομένων υποβάθμισης τους αποτελεί ένα νέο αντικείμενο έρευνας και εφαρμογής για τη βιομηχανία παραγωγής λειτουργικών προϊόντων. Ο τομέας αυτός είναι πολλά υποσχόμενος και εξελίσσεται ραγδαία με σημαντική αποδοχή των προϊόντων αυτών από τους καταναλωτές.

Για την περαιτέρω μελέτη της κρυσταλλικής δράσης των υλικών στα χαρακτηριστικά του πουρέ πατάτας προτείνεται η παρασκευή δειγμάτων πουρέ πατάτας με διάφορα είδη/αναλογίες υδατανθρακικών υλικών (πολυσακχαρίτες, δισακχαρίτες, διαιτητικές ίνες, ινουλίνη κλπ) με στόχο την περαιτέρω βελτίωση και ενίσχυση των χαρακτηριστικών του πουρέ πατάτας. Πιο συγκεκριμένα, συνδυάζοντας τις επιδράσεις κάθε υλικού χωριστά στα χαρακτηριστικά του πουρέ πατάτας, όπως προσδιορίστηκαν από την παρούσα μελέτη, θα ήταν δυνατό να παρασκευαστούν μίγματα με προσθήκη δύο ή τριών υδατανθρακικών υλικών και να ενσωματωθούν σε δείγματα πουρέ πατάτας προκειμένου να γίνει αριστοποίηση των χαρακτηριστικών του πουρέ και ελαχιστοποίηση των ελαττωμάτων/αλλοιώσεων. Επίσης, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η μελέτη της μικροδομής του πουρέ πατάτας με παρατήρηση των κόκκων του. Οι επιδράσεις αυτές των πολυσακχαριτών και υδροκολλοειδών στη μικροδομή των τελικών προϊόντων μπορούν να μελετηθούν με την τεχνική cryo-SEM και NMR. Με τις τεχνικές αυτές επίσης, μπορεί να γίνει περαιτέρω μελέτη του φαινομένου της αναδιαμόρφωσης του αμύλου, το οποίο ευθύνεται κυρίως για την υποβάθμιση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του προϊόντος.



## 9 Βιβλιογραφία

Lisinska G., W., Leszczynski G., (1989). Potato Science and Technology. Department of Storage and Food Technology, Agr. Academy Poland, Elsevier Applied Science, p.: 11-76

Smith Ora, Ph. D, (1985). Potatoes Production, Storing, Processing. 2<sup>nd</sup> edition, Avi Publishing Company, INC, p.: 1-77,186-199,222-303

Μουζάκης Γεώργιος, Γεωπόνος, (2011). Επίδραση της εδαφοκάλυψης με πλαστικά φύλλα διαφόρων τύπων στην ανάπτυξη, παραγωγή και ποιότητα της πατάτας. Μεταπτυχιακή μελέτη, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Θανόπουλος Χαράλαμπος, MsC Γεωπόνος, (2008). Τεχνικές Βιολογικής Καλλιέργειας Σολανωδών Λαχανικών: Πατάτα. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Κριάρης Αριστείδης, Γεωπόνος, (1990). Η καλλιέργεια της πατάτας. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

<http://www.potato2008.org/en/world/index.html>

Bertolini Andréa C., (2008). Trends in starch applications. EMBRAPA, Agroindústria de Alimentos, p: 1-32

Rungthip Kingcam, Sakamon Devahastin, Naphaporn Chiewchan, (2008). Effect of starch retrogradation on texture of potato chips produced by low-pressure superheated steam drying. Journal of Food Engineering, p: 72-79.

Funami Takahiro, Yohei Kataoka, Toshio Omoto, Yasunori Goto, Iwao Asai, Katsuyoshi Nishinari, (2005). Food hydrocolloids control the gelatinization and retrogradation behaviour of starch. Functions of guar gums with different molecular weights on the retrogradation behaviour of corn starch, Food Hydrocolloids 19,25-36.

Ratnayake Wajira S., David S. Jackson, (2006). A new insight into the gelatinization process of native starches. Elsevier, 511-529.

Karim Abd, M.H. Norziah, C.C. Seow, (2006). Methods for the study of starch retrogradation. Food Chemistry, Elsevier, 9-36

Ronda Felicidad and Yrjo H. Roos, (2008). Gelatinization and freeze-concentration effects on recrystallization in corn and potato starch gels. Department of Food and Nutritional Sciences, College of Science, Engineering and Food Sciences, Carbohydrate Research 343, 903-911

Kawai Kiyoshi, Ken Fukami, Kazutaka Yamamoto, (2012). Effect of temperature on gelatinization and retrogradation in high hydrostatic pressure treatment of potato starch-water mixtures. Carbohydrate Polymers 87, 314- 321

Gudmundsson M., (1994). Retrogradation of starch and the role of its components. *Thermochimica Acta* 246 Elsevier, 329-341

Ratnayake Wajira S and David S. Jackson, (2009). Starch Gelatinization. Department of Food Science and Technology, University of Nebraska-Lincoln, Lincoln, Nebraska, Elsevier, Chapter 5

Tian Yaoqi, Xueming Xu, Zhengjun Xie, Jianwei Zhao, Zhengyu Jin, (2011). Starch retrogradation determined by differential thermal analysis (DTA). *Food Hydrocolloids* 25, 1637-1639

Fredriksson H., J. Silverion, R. Andemon, A.-C. Eliasson and P. Aman, (1998). The influence of amylose and amylopectin characteristics on gelatinization and retrogradation properties of different starches. Department of Food Science, Swedish University of Agricultural Sciences, Elsevier.

Zhou Xing, Ren Wang, Sang-Ho Yoo, Seung-Taik Lim, (2011). Water effect on the interaction between amylose and amylopectin during retrogradation. *Carbohydrate Polymers*, Elsevier, 1671- 1674

Lombraña J.I., (2009). Fundamentals and Tendencies in Freeze- Drying of Foods. *Advances in Food dehydration*, Taylor Francis, vol. 8 p: 209-234.

Marabi Alejandro and I. Sam Saguy, (2009). Rehydration and Reconstitution of Foods. *Advances in Food dehydration*, Taylor Francis, vol. 9 p 237-277.

Sablani Shyam S. and Arun S. Mujumdar, (2006). *Handbook of Industrial Drying*, 2<sup>nd</sup> Edition, Part II 9-17, Part III, 27

Τζιά Κ., Π. Ταούκης, Β. Ωραιοπολόλου, (2008). «Επιστήμη και μηχανική τροφίμων: συστατικά, ιδιότητες, ρεολογία, ποιότητα, συσκευασία», Εκδόσεις Ε.Μ.Π. Αθήνα.

Ωραιοπούλου Β., Κ. Τζια, (2008). «Σχεδιασμός Βιομηχανιών Τροφίμων, Επεξεργασία και Συντήρηση Τροφίμων», Εκδόσεις Ε.Μ.Π. Αθήνα.

Araya-Farias Monica and Cristina Ratti, (2009). Dehydration of Foods:General Concepts, *Advances in Food Dehydration*. Taylor & Francis Group, p:2-33.

Shafi Mohammad ur Rahman, (2009). Dehydration and Microstructure. *Advances in Food Dehydration*, Taylor & Francis Group, p: 98-120.

Shi John and Sophia Jun Xue, (2009). Application and Development of Osmotic Dehydration Technology in Food Processing. *Advances in Food Dehydration*, Taylor & Francis Group, p: 187-205

Marabi Alejandro and I. Sam Saguy, (2009). Rehydration and Reconstitution of Foods. *Advances in Food Dehydration*, Taylor & Francis Group, p: 237-277

St. George Susan D. and Stefan Cenkowski, (2009). Dehydration Processes for Nutraceuticals and Functional Foods. *Advances in Food Dehydration*, Taylor & Francis Group, p: 286-309.

Ratti Cristina, (2009). Novel Food Dryers and Future Perspectives. *Advances in Food Dehydration*, Taylor & Francis Group, p: 447-458

Mujumdar Arun S., Tadeusz Kudra, (2009). *Advanced Drying Technologies*, 2<sup>nd</sup> Edition, Taylor & Francis Group, Part I, II, III.

Kennedy C., NutriFreeze Ltd, (2003). *Developments in freezing. Food Preservation Techniques*, Woodhead Publishing Limited.

Sablani Shyam S. and Arun S. Mujumdar, (2006). *Drying of Potato, Sweet Potato, and Other Roots. Handbook of Industrial Drying*, Taylor & Francis Group.

Lamberti M., A. Geiselmann, B. Conde-Petit, F. Escher, (2003). *Starch transformation and structure development in production and reconstitution of potato flakes*, Elsevier Ltd.

Krokida Magdalini, Dimitris Marinos-Kouris, and Arun S. Mujumdar, (2006). *Description of Various Dryer Types. Handbook of Industrial Drying*, Taylor & Francis Group.

Liapis Athanasios I. and Roberto Bruttini, (2006). *Freeze Drying. Handbook of Industrial Drying*, Taylor & Francis Group.

Le Bail Alain, (2004). *Freezing Processes: Physical Aspects. Handbook of Frozen Foods*, Marcel Dreher, Part I.

Hui Y. H., (2004). *FROZEN VEGETABLES. Handbook of Frozen Foods*, Marcel Dreher, Part V

Zaritzky Noemi, (2006). *Physical-Chemical Principles in Freezing. Handbook of Frozen Food Processing and Packiging*, Taylor and Francis Group, p: 3-33.

Zaritzky N.E., CIDCA, La Plata, (2003). *Factors affecting the stability of frozen Foods, Managing Frozen Foods. Woodhead Publishing Ltd.*

Fuller R., (2003). *Consultant, Storing frozen food: cold store equipmentand maintenance, Managing Frozen Foods. Woodhead Publishing Ltd.*

Szymonska Joanna, Franciszek Krok, Piotr Tomasik, (2000). *Deep-freezing of potato starch*, Elsevier, p:307-314

Gormley Ronan, (2008). *Developing Frozen Products for the Market and the Freezing of Ready-Prepared Meals. Frozen Food Science and Technology.*

Jelen, (2006). *Glass Transitions in Frozen Foods and Biomaterials. Handbook of Frozen Food Processing and Packiging,, Taylor and Francis Group*, p: 33-57

Blond Genevieve and Martine Le Meste, (2004). *Principles of Frozen Storage. Handbook of Frozen Foods*, Marcel Dreher, Part I

- Imeson A.P., (2000). Carrageenan. In: Handbook of Hydrocolloids, Philips G.O., Williams P.A. (Eds.), CRC Taylor & Francis Inc., New York
- Therkelsen G.H., (1993). Carrageenan. In: Industrial gums: Polysaccharides and their derivatives, Ed. Whistler R.L., & BeMiller J.N., 3rd ed., Academic Press Inc., San Diego, USA
- Viebke C., Piculle L., & Nilsson S. (1994). On the mechanism of gelation of helixforming biopolymers. *Macromolecules*, 27, 4160
- Meunier V., Nicolai T., Durand D., & Parker A. (1999). Light scattering and viscoelasticity of aggregating and gelling  $\kappa$ -carrageenan. *Macromolecules* 32, 2610
- Morris V.J., (2006). Bacterial polysaccharides. In: Food Polysaccharides and their applications. Stephen A.M., Philips G.O., & Williams P.A. (Eds.), CRC Taylor & Francis Inc., New York
- Sworn G., (2000). Xanthan gum. In: Handbook of Hydrocolloids, Philips G.O., Williams P.A. (Eds.), CRC Taylor & Francis Inc., New York
- Aider Mohammed, (2010). Chitosan application for active bio-based films production and potential in the food industry: review, *Food science and technology*, 43: 837-842.
- Daniel Lin, Zhao Yanyun, (2007). Innovations in the Development and Application of Edible Coatings for Fresh and Minimally Processed Fruits and Vegetables, 6: 60-75
- Wenjiao Fan, Junxiu Sun, Yunchuan Chen, Jian Qiu, Yan Zhang, Yuanlong Chi, (2008). Effects of chitosan coating on quality and shelf life of silver carp during frozen storage, *Food Chemistry*, 115: 66-70
- Embuscado E. M., Huber C. K., (2009). Edible films and coatings for food applications. *Springer*, 67-95, 232-298.
- Franck A., (2002). Technological functionality of inulin and oligofructose. *British Journal of Nutrition*, 87 (Suppl. 2) 5287-529
- Frippiat A. (1998). Inulin based hydrocolloid compositions. Patent Application EP 867,470
- Portmann M.O., & Birch G.G. (1997). Sweet taste and solution properties of  $\alpha$ - $\alpha$ - trehalose as a new cryoprotectants sugar. In: *Advances in sweeteners*. Blackie Academic & Professional Ltd., London, UK
- Higashiyama T., (2002). Novel functions and applications of trehalose. *Pure Applied Chemistry*, 74, 1263-1269
- Thebaudin J.Y., Lefebvre A.C., Harrington M., & Bourgeois C.M. (1997). Dietary fibres: Nutritional and technological interest. *Trends in Food Science and Technology*, 8, 41-49
- Coussement P., & Franck A. (2001). Inulin and Oligofructose. In: *Handbook of Dietary Fiber*. Sungsoo Cho S. & Dreher S.M., (Eds.), Taylor and Francis LCC Inc., New York Crittenden R.G., & Playne M.J., (1996). Production, properties and applications of food - grade oligosaccharides. *Trends in Food Science and Technology*, 7, 353-361

- Dreher M. (1999). Food sources and uses of dietary fiber. In: Marcel Dekker Inc., New York
- Gelroth J., & Ranhotra G.S. (2001). Food uses of fiber. In: Sungsoo Cho S., Dreher M.S., Handbook of dietary fiber. ch.23 New York: Taylor and Francis
- Karl Kaack Karl, Lene Pedersen, Helle Nygaard Laerke, Anne Meyer, (2006). New potato fibre for improvement of texture and colour of wheat bread, *Eur Food Res Technol*, 224: 199–207
- Γιαλαμάς Χαράλαμπος, (2009). Συνδυασμός μεθόδων βιο-προστασίας και τεχνολογίας εδώδιμων μεμβρανών για τη βελτίωση της ασφάλειας των τροφίμων, *Μεταπτυχιακή Διατριβή*.
- Van Loo J., Coussement P., De Leenheer L., Hoebregs H., & Smits G. (1995). On the presence of inulin and Oligofructose as natural ingredients in the western diet. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 35, 525-552
- De Leenheer L., & Hoebregs H., (1994). Progress in the elucidation of the composition of chicory inulin. *Starch*, 46(5), 193-196
- Nabors O.B.L. (2002). *Alternative sweeteners*. Marcel Dekker, New York
- Higashiyama T., (2002). Novel functions and applications of trehalose. *Pure Applied Chemistry*, 74, 1263-1269
- Crowe J.H., Leslie S.B., & Crowe L.M., (1994). Is vitrification sufficient to preserve liposomes during freeze - drying, *Cryobiology*, 31, 355-366
- Green J.L., & Angell C.A. (1989). Phase relations and vitrification in saccharide - water solutions and the trehalose anomaly. *Journal of Physical Chemistry*, 93, 2880-2882
- Rogers M.A., Roos Y.H., & Goff H.D. (2006). Structural heterogeneity and its effect on glass transition in sucrose solutions containing protein and polysaccharide. *Food Hydrocolloids*, 20, 774–779
- Embuscado M.E., (2009). Polyols. In: *Optimizing sweet taste in foods*. Woodhead Publishing Ltd., London, UK
- Garry Kerch, Janis Zicans, Remo Merijs Meri, (2010), The effect of chitosan oligosaccharides on bread staling, *Journal of Cereal Science* 52, 491-495
- Fernandez C., Canet Z., Alvarez D., (2009), Quality of mashed potatoes: effect of adding blends of kappa-carrageenan and xanthan gum, *Eur. Food Res Technol.*, 229:205–222
- Alvarez M Dolores, Wenceslao Canet and Cristina Fernandez, (2007), Effect of modified starch concentration and freezing and thawing rates on properties of mashed potatoes (cv. Kennebec), *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87:1108–1122

Alvarez María Dolores & Cristina Fernández & Wenceslao Canet, (2010), Oscillatory Rheological Properties of Fresh and Frozen/Thawed Mashed Potatoes as Modified by Different Cryoprotectants, *Food Bioprocess Technol* 3:55–70

Fernandez C., M.D. Alvarez, W. Canet,(2008), Steady shear and yield stress data of fresh and frozen/thawed mashed potatoes: Effect of biopolymers addition, *Food Hydrocolloids* 22 1381–1395

Alvarez M. D., W. Canet, C. Fernandez, (2008), Effect of addition of cryoprotectants on the mechanical properties, colour and sensory attributes of fresh and frozen/thawed mashed potatoes, *Eur Food Res Technology* 226:1525–1544

Alvarez Maria Dolores,Cristina Fernandez and Wenceslao Canet, (2009), Enhancement of freezing stability in mashed potatoes by the incorporation of kappa-carrageenan and xanthan gum blends, Published online in Wiley Interscience

Redmond G.A., T.R. Gormley, F. Butler, (2003). The effect of short- and long-term freeze-chilling on the quality of mashed potato, *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 4, Elsevier, 85–97

Alvarez Maria Dolores, Cristina Fernandez, Maria Dolores Olivares & Wenceslao Canet, (2010), Rheological behaviour and functionality of inulin-extra virgin olive oil-based mashed potatoes, *International Journal of Food Science and Technology*, 45, 2108–2118

Wang N. & J. G. Brennan, ( 1995), Changes in Structure, Density and Porosity of Potato during Dehydration, *Journal of Food Engineering* 24, 61-76

Severini Carla, Antonietta Baiano, Teresa De Pilli, Barbara F. Carbone, A. Derossi, (2005), Combined treatments of blanching and dehydration: study on potato cubes, *Journal of Food Engineering* 68, 289–296

Garry Kerch, Janis Zicans, Remo Merijs Meri, (2010), The effect of chitosan oligosaccharides on bread staling, *Journal of Cereal Science* 52, 491-495

Alvarez M. Dolores,Cristina Fernandez and Wenceslao Canet, (2005), Effect of freezing/thawing conditions and long-term frozen storage on the quality of mashed potatoes, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85:2327–2340

Fernandez C., M.D. Alvarez, W. Canet, (2008), Steady shear and yield stress data of fresh and frozen/thawed mashed potatoes: Effect of biopolymers addition, *Food Hydrocolloids*, Elsevier, 1381–1395

Alvarez M. Dolores, Cristina Fernandez, M. Teresa Solas, Wenceslao Canet, (2011), Viscoelasticity and microstructure of inulin-enriched mashed potatoes: Influence of freezing and cryoprotectants, *Journal of Food Engineering* 102, 66–76

## ΜΕΡΟΣ ΙΙΙ

### Παράρτημα

#### ΠΙΝΑΚΕΣ STATISTICA (ANOVA-Duncan's test)

##### Κώνος

❖ Σκληρότητα

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	10.22122	1	10.22122	817.0485	<b>0.000000</b>
deigma	2.93365	12	0.24447	19.5422	<b>0.000002</b>
xronos	0.04282	5	0.00856	0.6846	0.636879
Error	0.75060	60	0.01251		

##### Μίγματα kC-XG

	SS	Degr. Of Freedom	MS	F	p
Intercept	2.851429	1	2.851429	1602.290	<b>0.000000</b>
deigma	0.042449	5	0.008490	4.771	<b>0.003382</b>
xronos	0.009522	5	0.001904	1.070	0.400396
Error	0.044490	25	0.001780		

##### Μίγματα IN/ kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1.603393	1	1.603393	1293.200	<b>0.000000</b>
deigma	0.013984	2	0.006992	5.639	<b>0.022924</b>
xronos	0.004886	5	0.000977	0.788	0.581239
Error	0.012399	10	0.001240		

##### Μίγματα HPMC/chit

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1.854899	1	1.854899	169.2084	<b>0.000000</b>
deigma	0.217673	2	0.108836	9.9283	<b>0.004215</b>
xronos	0.151553	5	0.030311	2.7650	0.080365
Error	0.109622	10	0.010962		

##### Μίγματα chit/ kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1.158369	1	1.158369	732.3012	<b>0.000000</b>
deigma	0.003164	2	0.001582	1.0001	<b>0.401856</b>
xronos	0.018489	5	0.003698	2.3377	0.118599
Error	0.015818	10	0.001582		

❖ Κομμώδες

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	6.388714	1	6.388714	1240.951	<b>0.000000</b>
deigma	0.352097	12	0.029341	5.699	<b>0.000002</b>
xronos	0.039378	5	0.007876	1.530	0.194169
Error	0.308894	60	0.005148		

❖ Προσκολλησιμότητα

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	5.420811	1	5.420811	3338.108	<b>0.000000</b>
deigma	0.153397	12	0.012783	7.872	<b>0.000000</b>
xronos	0.015165	5	0.003033	1.868	0.113474
Error	0.097435	60	0.001624		

❖ Συνεκτικότητα

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	77.36352	1	77.36352	65790.19	<b>0.000000</b>
deigma	0.03567	12	0.00297	2.53	<b>0.009151</b>
xronos	0.00250	5	0.00050	0.43	0.829138
Error	0.07055	60	0.00118		

Κύλινδρος

❖ Σκληρότητα

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	42.11844	1	42.11844	2163.058	<b>0.000000</b>
deigma	3.17690	12	0.26474	13.596	<b>0.000000</b>
xronos	0.07751	5	0.01550	0.796	0.556742
Error	1.16830	60	0.01947		

Μίγματα kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	18.27349	1	18.27349	1135.739	<b>0.000000</b>
deigma	0.55676	5	0.11135	6.921	<b>0.000352</b>
xronos	0.07261	5	0.01452	0.903	0.494895
Error	0.40224	25	0.01609		

Μίγματα IN/ kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	8.632705	1	8.632705	1119.738	<b>0.000000</b>
deigma	0.060762	2	0.030381	3.941	<b>0.054702</b>
xronos	0.005823	5	0.001165	0.151	0.975007
Error	0.077096	10	0.007710		



### Μίγματα HPMC/chit

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	11.57406	1	11.57406	418.2405	<b>0.000000</b>
deigma	1.90483	2	0.95241	34.4164	<b>0.000033</b>
xronos	0.28899	5	0.05780	2.0886	0.150538
Error	0.27673	10	0.02767		

### Μίγματα chit/ κC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	6.043606	1	6.043606	628.4903	0.000000
deigma	0.017287	2	0.008644	0.8989	0.437523
xronos	0.047027	5	0.009405	0.9781	0.476090
Error	0.096161	10	0.009616		

#### ❖ Κομμώδες

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	15.65974	1	15.65974	4437.092	<b>0.000000</b>
deigma	3.89632	12	0.32469	92.000	<b>0.000000</b>
xronos	0.03845	5	0.00769	2.179	0.068340
Error	0.21176	60	0.00353		

#### ❖ Προσκολλησιμότητα

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	39.74660	1	39.74660	3830.719	<b>0.000000</b>
deigma	3.37016	12	0.28085	27.068	<b>0.000000</b>
xronos	0.05401	5	0.01080	1.041	0.402058
Error	0.62255	60	0.01038		

#### ❖ Συνεκτικότητα

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	39.74660	1	39.74660	3830.719	<b>0.000000</b>
deigma	3.37016	12	0.28085	27.068	<b>0.000000</b>
xronos	0.05401	5	0.01080	1.041	0.402058
Error	0.62255	60	0.01038		

## Duncan's Test

### Κώνος

❖ Σκληρότητα

	{1} .1906 3	{2} .2546 6	{3} .2635 4	{4} .3182 9	{5} .2723 3	{6} .2859 6	{7} .3370 8	{8} .4765 0	{9} .2460 0	{10} .2405 4	{11} .2427 1	{12} .3116 2	{13} .2999 6
1		0.172 543	0.126 523	<b>0.009</b> <b>688</b>	0.090 689	0.050 124	0.003 008	<b>0.000</b> <b>010</b>	0.227 074	0.230 069	0.238 554	<b>0.013</b> <b>774</b>	<b>0.025</b> <b>413</b>
2	0.172 543		0.829 986	0.189 365	0.689 502	0.495 922	0.091 441	<b>0.000</b> <b>022</b>	0.834 199	0.759 372	0.787 205	0.234 034	0.336 000
3	0.126 523	0.829 986		0.252 908	0.831 700	0.612 282	0.128 558	<b>0.000</b> <b>027</b>	0.691 712	0.626 152	0.650 706	0.306 957	0.427 963
4	0.009 688	0.189 365	0.252 908		0.328 971	0.481 731	0.649 763	<b>0.000</b> <b>477</b>	0.139 652	0.117 769	0.125 655	0.871 969	0.678 557
5	0.090 689	0.689 502	0.831 700	0.328 971		0.741 920	0.175 568	<b>0.000</b> <b>042</b>	0.566 886	0.508 052	0.530 004	0.392 273	0.532 196
6	0.050 124	0.495 922	0.612 282	0.481 731	0.741 920		0.277 151	<b>0.000</b> <b>081</b>	0.396 400	0.350 180	0.367 220	0.561 684	0.735 072
7	0.003 008	0.091 441	0.128 558	0.649 763	0.175 568	0.277 151		<b>0.001</b> <b>369</b>	0.064 034	0.052 716	0.056 717	0.564 866	0.418 995
8	0.000 010	0.000 022	0.000 027	0.000 477	0.000 042	0.000 081	0.001 369		<b>0.000</b> <b>019</b>	<b>0.000</b> <b>013</b>	<b>0.000</b> <b>019</b>	<b>0.000</b> <b>363</b>	<b>0.000</b> <b>183</b>
9	0.227 074	0.834 199	0.691 712	0.139 652	0.566 886	0.396 400	0.064 034	0.000 019		0.902 226	0.936 611	0.175 724	0.259 892
10	0.230 069	0.759 372	0.626 152	0.117 769	0.508 052	0.350 180	0.052 716	0.000 013	0.902 226		0.958 289	0.150 110	0.225 730
11	0.238 554	0.787 205	0.650 706	0.125 655	0.530 004	0.367 220	0.056 717	0.000 019	0.936 611	0.958 289		0.159 353	0.238 176
12	0.013 774	0.234 034	0.306 957	0.871 969	0.392 273	0.561 684	0.564 866	0.000 363	0.175 724	0.150 110	0.159 353		0.777 933
13	0.025 413	0.336 000	0.427 963	0.678 557	0.532 196	0.735 072	0.418 995	0.000 183	0.259 892	0.225 730	0.238 176	0.777 933	

❖ Κορμιώδες

dei gm a	{1} .189 80	{2} .244 21	{3} .259 46	{4} .309 44	{5} .274 75	{6} .285 81	{7} .335 73	{8} .483 59	{9} .255 45	{10} .246 43	{11} .243 80	{12} .308 38	{13} .283 66
1		0.22 1163	0.14 7279	<b>0.01</b> <b>6323</b>	0.08 0338	0.05 2131	<b>0.00</b> <b>3323</b>	<b>0.00</b> <b>0010</b>	0.16 4534	0.21 9598	0.19 7471	<b>0.01</b> <b>6579</b>	0.05 5461
2	0.22 1163		0.74 2178	0.18 9853	0.52 0096	0.39 5339	0.06 6582	<b>0.00</b> <b>0019</b>	0.80 0753	0.95 7499	0.99 2184	0.19 3343	0.41 4029
3	0.14 7279	0.74 2178		0.30 0060	0.71 3523	0.56 9057	0.11 7124	<b>0.00</b> <b>0022</b>	0.92 3438	0.76 9987	0.74 2689	0.30 1684	0.58 6610
4	0.01 6323	0.18 9853	0.30 0060		0.46 4655	0.59 5532	0.52 8219	<b>0.00</b> <b>0181</b>	0.26 9318	0.20 1577	0.19 0188	0.97 9679	0.57 7527
5	0.08 0338	0.52 0096	0.71 3523	0.46 4655		0.80 3861	0.20 5283	<b>0.00</b> <b>0037</b>	0.66 4805	0.54 0633	0.52 2080	0.46 7117	0.83 0416
6	0.05 2131	0.39 5339	0.56 9057	0.59 5532	0.80 3861		0.27 9631	<b>0.00</b> <b>0058</b>	0.52 2530	0.41 4876	0.39 5591	0.58 8088	0.95 8860
7	0.00 3323	0.06 6582	0.11 7124	0.52 8219	0.20 5283	0.27 9631		<b>0.00</b> <b>0835</b>	0.10 2611	0.07 1391	0.06 7137	0.53 8845	0.27 1408
8	0.00 0010	0.00 0019	0.00 0022	0.00 0181	0.00 0037	0.00 0058	0.00 0835		<b>0.00</b> <b>0020</b>	<b>0.00</b> <b>0018</b>	<b>0.00</b> <b>0012</b>	<b>0.00</b> <b>0197</b>	<b>0.00</b> <b>0052</b>
9	0.16 4534	0.80 0753	0.92 3438	0.26 9318	0.66 4805	0.52 2530	0.10 2611	0.00 0020		0.82 8427	0.80 1811	0.27 2329	0.54 2157
10	0.21 9598	0.95 7499	0.76 9987	0.20 1577	0.54 0633	0.41 4876	0.07 1391	0.00 0018	0.82 8427		0.95 3591	0.20 4430	0.43 2534
11	0.19 7471	0.99 2184	0.74 2689	0.19 0188	0.52 2080	0.39 5591	0.06 7137	0.00 0012	0.80 1811	0.95 3591		0.19 4357	0.41 5471
12	0.01 6579	0.19 3343	0.30 1684	0.97 9679	0.46 7117	0.58 8088	0.53 8845	0.00 0197	0.27 2329	0.20 4430	0.19 4357		0.57 8729
13	0.05 5461	0.41 4029	0.58 6610	0.57 7527	0.83 0416	0.95 8860	0.27 1408	0.00 0052	0.54 2157	0.43 2534	0.41 5471	0.57 8729	

❖ Προσκολλησιμότητα

dei gm a	{1} - .205 8	{2} - .237 3	{3} - .276 1	{4} - .296 0	{5} - .259 7	{6} - .256 7	{7} - .300 5	{8} - .260 5	{9} - .272 5	{10}- .175 0	{11}- .223 6	{12}- .325 5	{13}- .337 9
1		<b>0.20</b> 7862	<b>0.00</b> 9912	<b>0.00</b> 0962	<b>0.04</b> 0721	<b>0.04</b> 8215	<b>0.00</b> 0572	<b>0.04</b> 1203	<b>0.01</b> 3656	0.19 0207	0.44 7581	<b>0.00</b> 0031	<b>0.00</b> 0013
2	0.20 7862		0.14 9900	0.03 0378	0.36 7888	0.40 5430	<b>0.02</b> 0850	0.36 9538	0.18 4693	0.01 5579	0.55 9251	<b>0.00</b> 1248	<b>0.00</b> 0256
3	0.00 9912	0.14 9900		0.39 6514	0.52 8624	0.46 7237	0.32 9277	0.53 3033	0.87 5396	0.00 0222	0.05 3566	<b>0.05</b> 5892	<b>0.01</b> 8748
4	0.00 0962	0.03 0378	0.39 6514		0.17 1892	0.14 5954	0.84 7396	0.17 0781	0.34 6106	0.00 0027	<b>0.00</b> 7864	<b>0.23</b> 8267	<b>0.10</b> 4635
5	0.04 0721	0.36 7888	0.52 8624	0.17 1892		0.89 7933	0.13 0943	0.97 3071	0.61 1238	0.00 1447	0.16 2327	<b>0.01</b> 5111	<b>0.00</b> 4021
6	0.04 8215	0.40 5430	0.46 7237	0.14 5954	0.89 7933		0.10 9397	0.87 9776	0.54 5595	0.00 1846	0.18 4202	<b>0.01</b> 1834	<b>0.00</b> 3028
7	0.00 0572	0.02 0850	0.32 9277	0.84 7396	0.13 0943	0.10 9397		0.13 1617	0.27 9535	0.00 0022	<b>0.00</b> 5047	0.28 7780	0.13 3779
8	0.04 1203	0.36 9538	0.53 3033	0.17 0781	0.97 3071	0.87 9776	0.13 1617		0.61 0504	0.00 1458	0.16 3569	<b>0.01</b> 5058	<b>0.00</b> 4042
9	0.01 3656	0.18 4693	0.87 5396	0.34 6106	0.61 1238	0.54 5595	0.27 9535	0.61 0504		0.00 0332	0.06 9112	<b>0.04</b> 4499	<b>0.01</b> 4174
10	0.19 0207	0.01 5579	0.00 0222	0.00 0027	0.00 1447	0.00 1846	0.00 0022	0.00 1458	0.00 0332		0.05 1616	<b>0.00</b> 0011	<b>0.00</b> 0010
11	0.44 7581	0.55 9251	0.05 3566	0.00 7864	0.16 2327	0.18 4202	0.00 5047	0.16 3569	0.06 9112	0.05 1616		<b>0.00</b> 0218	<b>0.00</b> 0050
12	0.00 0031	0.00 1248	0.05 5892	0.23 8267	0.01 5111	0.01 1834	0.28 7780	0.01 5058	0.04 4499	0.00 0011	0.00 0218		<b>0.59</b> 3593
13	0.00 0013	0.00 0256	0.01 8748	0.10 4635	0.00 4021	0.00 3028	0.13 3779	0.00 4042	0.01 4174	0.00 0010	0.00 0050	0.59 3593	

❖ Συνεκτικότητα

dei gm a	{1} 1.01 02	{2} .964 72	{3} .989 41	{4} .985 47	{5} 1.00 25	{6} 1.00 07	{7} .996 64	{8} 1.01 25	{9} 1.03 00	{10} 1.02 31	{11} 1.00 71	{12} .989 56	{13} .948 58
1		0.05 2286	0.37 0249	0.29 1011	0.71 5506	0.66 5315	0.54 7045	0.90 7005	0.36 6443	0.54 1083	0.87 4909	0.36 7213	<b>0.00</b> 8377
2	0.05 2286		0.24 1372	0.29 4910	0.10 1189	0.11 3759	0.15 3727	<b>0.04</b> 2781	<b>0.00</b> 5719	<b>0.01</b> 3326	0.06 8479	0.25 6064	0.41 4466
3	0.37 0249	0.24 1372		0.84 1521	0.56 0843	0.60 7026	0.73 1963	0.32 4346	0.08 6673	0.15 2960	0.44 0153	0.99 4005	0.06 0799
4	0.29 1011	0.29 4910	0.84 1521		0.45 6975	0.49 8379	0.61 0556	0.25 2103	0.06 1354	0.11 2516	0.35 1155	0.84 6292	0.08 0071
5	0.71 5506	0.10 1189	0.56 0843	0.45 6975		0.92 7213	0.78 1396	0.64 8719	0.22 8838	0.35 9509	0.81 6217	0.55 5272	<b>0.01</b> 9530
6	0.66 5315	0.11 3759	0.60 7026	0.49 8379	0.92 7213		0.83 7145	0.60 0192	0.20 5704	0.32 7565	0.76 2195	0.59 7649	<b>0.02</b> 2632
7	0.54 7045	0.15 3727	0.73 1963	0.61 0556	0.78 1396	0.83 7145		0.48 8778	0.15 3521	0.25 3483	0.63 4095	0.71 9824	<b>0.03</b> 3507
8	0.90 7005	0.04 2781	0.32 4346	0.25 2103	0.64 8719	0.60 0192	0.48 8778		0.40 7260	0.59 1828	0.79 7731	0.32 2441	<b>0.00</b> 6515
9	0.36 6443	0.00 5719	0.08 6673	0.06 1354	0.22 8838	0.20 5704	0.15 3521	0.40 7260		0.72 7034	0.30 7965	0.08 5447	<b>0.00</b> 0550
10	0.54 1083	0.01 3326	0.15 2960	0.11 2516	0.35 9509	0.32 7565	0.25 3483	0.59 1828	0.72 7034		0.46 5453	0.15 1162	<b>0.00</b> 1515
11	0.87 4909	0.06 8479	0.44 0153	0.35 1155	0.81 6217	0.76 2195	0.63 4095	0.79 7731	0.30 7965	0.46 5453		0.43 5713	<b>0.01</b> 1805
12	0.36 7213	0.25 6064	0.99 4005	0.84 6292	0.55 5272	0.59 7649	0.71 9824	0.32 2441	0.08 5447	0.15 1162	0.43 5713		0.06 6004
13	0.00 8377	0.41 4466	0.06 0799	0.08 0071	0.01 9530	0.02 2632	0.03 3507	0.00 6515	0.00 0550	0.00 1515	0.01 1805	0.06 6004	

## Κύλινδρος

### ❖ Σκληρότητα

dei gma	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}
1	.458 96	.907 63	.657 58	.812 00	.612 17	.717 88	.747 54	1.26 15	.588 33	.555 75	.537 83	.867 92	.827 71
1		0.00 0014	0.03 2241	0.00 0199	0.09 4513	0.00 5519	0.00 2140	0.00 0010	0.14 8775	0.26 3153	0.33 1628	0.00 0035	0.00 0117
2	0.00 0014		0.00 7415	0.28 6951	0.00 1663	0.04 1023	0.08 0396	0.00 0152	0.00 0737	0.00 0225	0.00 0122	0.62 4021	0.35 5679
3	0.03 2241	0.00 7415		0.08 4283	0.57 5152	0.45 7296	0.29 8408	0.00 0019	0.42 3582	0.25 6627	0.19 2710	0.02 3152	0.06 2879
4	0.00 0199	0.28 6951	0.08 4283		0.02 8413	0.27 6546	0.42 6961	0.00 0034	0.01 5582	0.00 6036	0.00 3574	0.51 8276	0.84 6173
5	0.09 4513	0.00 1663	0.57 5152	0.02 8413		0.22 1645	0.13 0677	0.00 0018	0.76 8508	0.51 4540	0.40 8365	0.00 6138	0.01 9881
6	0.00 5519	0.04 1023	0.45 7296	0.27 6546	0.22 1645		0.71 4114	0.00 0022	0.14 8248	0.07 6548	0.05 2825	0.10 1645	0.22 0893
7	0.00 2140	0.08 0396	0.29 8408	0.42 6961	0.13 0677	0.71 4114		0.00 0027	0.08 2091	0.03 8847	0.02 5491	0.17 9398	0.35 4175
8	0.00 0010	0.00 0152	0.00 0019	0.00 0034	0.00 0018	0.00 0022	0.00 0027		0.00 0017	0.00 0017	0.00 0011	0.00 0068	0.00 0054
9	0.14 8775	0.00 0737	0.42 3582	0.01 5582	0.76 8508	0.14 8248	0.08 2091	0.00 0017		0.68 7459	0.55 9646	0.00 2956	0.01 0461
10	0.26 3153	0.00 0225	0.25 6627	0.00 6036	0.51 4540	0.07 6548	0.03 8847	0.00 0017	0.68 7459		0.82 4884	0.00 0969	0.00 3859
11	0.33 1628	0.00 0122	0.19 2710	0.00 3574	0.40 8365	0.05 2825	0.02 5491	0.00 0011	0.55 9646	0.82 4884		0.00 0526	0.00 2216
12	0.00 0035	0.62 4021	0.02 3152	0.51 8276	0.00 6138	0.10 1645	0.17 9398	0.00 0068	0.00 2956	0.00 0969	0.00 0526		0.61 9650
13	0.00 0117	0.35 5679	0.06 2879	0.84 6173	0.01 9881	0.22 0893	0.35 4175	0.00 0054	0.01 0461	0.00 3859	0.00 2216	0.61 9650	

### ❖ Κομμώδες

deig ma	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}
1	.148 77	.725 14	.541 00	.667 16	.534 69	.612 18	.408 22	.216 56	.133 66	.056 20	.483 24	.683 35	.614 73
1		0.00 0017	0.00 0027	0.00 0018	0.00 0033	0.00 0022	0.00 0059	0.05 2797	0.66 1164	0.01 2198	0.00 0052	0.00 0017	0.00 0019
2	0.00 0017		0.00 0030	0.11 5236	0.00 0024	0.00 3506	0.00 0018	0.00 0017	0.00 0011	0.00 0010	0.00 0019	0.22 7895	0.00 3671
3	0.00 0027	0.00 0030		0.00 0960	0.85 4727	0.04 2352	0.00 0538	0.00 0033	0.00 0022	0.00 0019	0.11 6633	0.00 0272	0.04 5346
4	0.00 0018	0.11 5236	0.00 0960		0.00 0655	0.13 5362	0.00 0022	0.00 0019	0.00 0017	0.00 0017	0.00 0030	0.63 8636	0.13 1726
5	0.00 0033	0.00 0024	0.85 4727	0.00 0655		0.03 5469	0.00 0750	0.00 0052	0.00 0027	0.00 0022	0.13 8915	0.00 0177	0.03 5197
6	0.00 0022	0.00 3506	0.04 2352	0.13 5362	0.03 5469		0.00 0033	0.00 0027	0.00 0019	0.00 0018	0.00 0750	0.06 1403	0.94 1118
7	0.00 0059	0.00 0018	0.00 0538	0.00 0022	0.00 0750	0.00 0033		0.00 0110	0.00 0052	0.00 0033	0.03 2733	0.00 0019	0.00 0027
8	0.05 2797	0.00 0017	0.00 0033	0.00 0019	0.00 0052	0.00 0027	0.00 0110		0.02 4537	0.00 0081	0.00 0059	0.00 0018	0.00 0022
9	0.66 1164	0.00 0011	0.00 0022	0.00 0017	0.00 0027	0.00 0019	0.00 0052	0.02 4537		0.02 7669	0.00 0033	0.00 0017	0.00 0018
10	0.01 2198	0.00 0010	0.00 0019	0.00 0017	0.00 0022	0.00 0018	0.00 0033	0.00 0081	0.02 7669		0.00 0027	0.00 0011	0.00 0017
11	0.00 0052	0.00 0019	0.11 6633	0.00 0030	0.13 8915	0.00 0750	0.03 2733	0.00 0059	0.00 0033	0.00 0027		0.00 0023	0.00 0713
12	0.00 0017	0.22 7895	0.00 0272	0.63 8636	0.00 0177	0.06 1403	0.00 0019	0.00 0018	0.00 0017	0.00 0011	0.00 0023		0.06 2394
13	0.00 0019	0.00 3671	0.04 5346	0.13 1726	0.03 5197	0.94 1118	0.00 0027	0.00 0022	0.00 0018	0.00 0017	0.00 0713	0.06 2394	

❖ Προσκολλησιμότητα

deig ma	{1} - .710 6	{2} - .838 0	{3} - .756 3	{4} - .892 4	{5} - .625 5	{6} - .692 6	{7} - .786 5	{8} - .260 5	{9} - .649 2	{10}- .499 2	{11}- .516 0	{12}- .961 0	{13}- 1.09 2
1		0.05 0862	0.44 0635	<b>0.00</b> <b>6156</b>	0.19 3273	0.76 0740	0.22 9726	<b>0.00</b> <b>0022</b>	0.33 0494	<b>0.00</b> <b>1678</b>	<b>0.00</b> <b>3358</b>	<b>0.00</b> <b>0223</b>	<b>0.00</b> <b>0022</b>
2	0.05 0862		0.19 5822	0.35 8644	<b>0.00</b> <b>1773</b>	<b>0.02</b> <b>9016</b>	0.38 4838	<b>0.00</b> <b>0017</b>	<b>0.00</b> <b>5030</b>	<b>0.00</b> <b>0019</b>	<b>0.00</b> <b>0021</b>	0.05 1446	<b>0.00</b> <b>0156</b>
3	0.44 0635	0.19 5822		<b>0.03</b> <b>6770</b>	<b>0.04</b> <b>9825</b>	0.31 3393	0.60 9975	<b>0.00</b> <b>0019</b>	0.10 1042	<b>0.00</b> <b>0176</b>	<b>0.00</b> <b>0377</b>	<b>0.00</b> <b>2047</b>	<b>0.00</b> <b>0027</b>
4	0.00 6156	0.35 8644	0.03 6770		<b>0.00</b> <b>0114</b>	<b>0.00</b> <b>2983</b>	0.09 3383	<b>0.00</b> <b>0017</b>	<b>0.00</b> <b>0359</b>	<b>0.00</b> <b>0017</b>	<b>0.00</b> <b>0018</b>	0.24 8247	<b>0.00</b> <b>1762</b>
5	0.19 3273	0.00 1773	0.04 9825	0.00 0114		0.28 7496	<b>0.01</b> <b>7120</b>	<b>0.00</b> <b>0052</b>	0.68 8412	<b>0.04</b> <b>5688</b>	0.06 7821	<b>0.00</b> <b>0019</b>	<b>0.00</b> <b>0017</b>
6	0.76 0740	0.02 9016	0.31 3393	0.00 2983	0.28 7496		0.15 1427	<b>0.00</b> <b>0027</b>	0.46 2943	<b>0.00</b> <b>3559</b>	<b>0.00</b> <b>6688</b>	<b>0.00</b> <b>0101</b>	<b>0.00</b> <b>0019</b>
7	0.22 9726	0.38 4838	0.60 9975	0.09 3383	0.01 7120	0.15 1427		<b>0.00</b> <b>0018</b>	<b>0.03</b> <b>9380</b>	<b>0.00</b> <b>0045</b>	<b>0.00</b> <b>0091</b>	<b>0.00</b> <b>7357</b>	<b>0.00</b> <b>0038</b>
8	0.00 0022	0.00 0017	0.00 0019	0.00 0017	0.00 0052	0.00 0027	0.00 0018		<b>0.00</b> <b>0033</b>	<b>0.00</b> <b>0253</b>	<b>0.00</b> <b>0133</b>	<b>0.00</b> <b>0011</b>	<b>0.00</b> <b>0010</b>
9	0.33 0494	0.00 5030	0.10 1042	0.00 0359	0.68 8412	0.46 2943	0.03 9380	0.00 0033		<b>0.02</b> <b>1318</b>	<b>0.03</b> <b>5111</b>	<b>0.00</b> <b>0024</b>	<b>0.00</b> <b>0018</b>
10	0.00 1678	0.00 0019	0.00 0176	0.00 0017	0.04 5688	0.00 3559	0.00 0045	0.00 0253	0.02 1318		0.77 6348	<b>0.00</b> <b>0017</b>	<b>0.00</b> <b>0011</b>
11	0.00 3358	0.00 0021	0.00 0377	0.00 0018	0.06 7821	0.00 6688	0.00 0091	0.00 0133	0.03 5111	0.77 6348		<b>0.00</b> <b>0017</b>	<b>0.00</b> <b>0017</b>
12	0.00 0223	0.05 1446	0.00 2047	0.24 8247	0.00 0019	0.00 0101	0.00 7357	0.00 0011	0.00 0024	0.00 0017	0.00 0017		<b>0.02</b> <b>9473</b>
13	0.00 0022	0.00 0156	0.00 0027	0.00 1762	0.00 0017	0.00 0019	0.00 0038	0.00 0010	0.00 0018	0.00 0011	0.00 0017	0.02 9473	

❖ Συνεκτικότητα

dei gm a	{1} .322 82	{2} .815 02	{3} .841 37	{4} .828 83	{5} .881 08	{6} .856 45	{7} .839 31	{8} .805 20	{9} .961 56	{10} .913 24	{11} .912 77	{12} .787 53	{13} .757 82
1		<b>0.00</b> <b>0033</b>	<b>0.00</b> <b>0019</b>	<b>0.00</b> <b>0027</b>	<b>0.00</b> <b>0017</b>	<b>0.00</b> <b>0018</b>	<b>0.00</b> <b>0022</b>	<b>0.00</b> <b>0052</b>	<b>0.00</b> <b>0010</b>	<b>0.00</b> <b>0011</b>	<b>0.00</b> <b>0017</b>	<b>0.00</b> <b>0059</b>	<b>0.00</b> <b>0109</b>
2	0.00 0033		0.56 7631	0.73 9212	0.16 8017	0.38 0468	0.58 3946	0.81 2820	<b>0.00</b> <b>2540</b>	<b>0.04</b> <b>3946</b>	<b>0.04</b> <b>2636</b>	0.53 5202	0.21 3192
3	0.00 0019	0.56 7631		0.77 7489	0.37 0323	0.71 6341	0.96 0314	0.44 4052	<b>0.01</b> <b>1081</b>	0.12 6186	0.11 9538	0.26 2148	0.08 4310
4	0.00 0027	0.73 9212	0.77 7489		0.26 7907	0.54 9176	0.80 0618	0.59 4118	<b>0.00</b> <b>5971</b>	0.08 1097	0.07 8598	0.36 9646	0.13 0852
5	0.00 0017	0.16 8017	0.37 0323	0.26 7907		0.55 2920	0.36 4197	0.11 7639	0.07 8932	0.46 8077	0.44 5621	0.05 5337	<b>0.01</b> <b>1607</b>
6	0.00 0018	0.38 0468	0.71 6341	0.54 9176	0.55 2920		0.69 9168	0.28 6092	<b>0.02</b> <b>4349</b>	0.21 6455	0.20 3567	0.15 5860	<b>0.04</b> <b>3063</b>
7	0.00 0022	0.58 3946	0.96 0314	0.80 0618	0.36 4197	0.69 9168		0.45 9153	<b>0.01</b> <b>0696</b>	0.12 2182	0.11 7876	0.27 2272	0.08 7942
8	0.00 0052	0.81 2820	0.44 4052	0.59 4118	0.11 7639	0.28 6092	0.45 9153		<b>0.00</b> <b>1357</b>	<b>0.02</b> <b>7671</b>	<b>0.02</b> <b>6931</b>	0.67 0113	0.28 4927
9	0.00 0010	0.00 2540	0.01 1081	0.00 5971	0.07 8932	0.02 4349	0.01 0696	0.00 1357		0.24 6408	0.27 0870	<b>0.00</b> <b>0389</b>	<b>0.00</b> <b>0045</b>
10	0.00 0011	0.04 3946	0.12 6186	0.08 1097	0.46 8077	0.21 6455	0.12 2182	0.02 7671	0.24 6408		0.99 1007	<b>0.01</b> <b>0579</b>	<b>0.00</b> <b>1554</b>
11	0.00 0017	0.04 2636	0.11 9538	0.07 8598	0.44 5621	0.20 3567	0.11 7876	0.02 6931	0.27 0870	0.99 1007		<b>0.01</b> <b>0280</b>	<b>0.00</b> <b>1502</b>
12	0.00 0059	0.53 5202	0.26 2148	0.36 9646	0.05 5337	0.15 5860	0.27 2272	0.67 0113	0.00 0389	0.01 0579	0.01 0280		0.47 4497
13	0.00 0109	0.21 3192	0.08 4310	0.13 0852	0.01 1607	0.04 3063	0.08 7942	0.28 4927	0.00 0045	0.00 1554	0.00 1502	0.47 4497	

❖ Χρώμα

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	354945.9	1	354945.9	449163.4	<b>0.000000</b>
deigma	426.5	12	35.5	45.0	<b>0.000000</b>
xronos	4.6	5	0.9	1.2	0.342442
Error	47.4	60	0.8		

Μίγματα kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	172227.6	1	172227.6	224394.0	<b>0.000000</b>
deigma	94.4	5	18.9	24.6	<b>0.000000</b>
xronos	8.6	5	1.7	2.3	0.080318
Error	19.2	25	0.8		

Μίγματα IN/kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	89211.80	1	89211.80	109104.9	<b>0.000000</b>
deigma	3.48	2	1.74	2.1	0.169743
xronos	5.53	5	1.11	1.4	0.319527
Error	8.18	10	0.82		

Μίγματα HPMC/chit

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	78471.92	1	78471.92	84670.24	<b>0.000000</b>
deigma	2.08	2	1.04	1.12	0.363035
xronos	4.83	5	0.97	1.04	0.444653
Error	9.27	10	0.93		

Μίγματα chit/kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	84489.44	1	84489.44	71418.27	<b>0.000000</b>
deigma	59.60	2	29.80	25.19	<b>0.000125</b>
xronos	0.79	5	0.16	0.13	0.980621
Error	11.83	10	1.18		

## Duncan's Test

Duncan test; variable Xrwma (Spreadsheet1) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error:  
Between MS = .79024, df = 60.000

	deigma	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}
		65.12	66.46	70.61	68.39	70.90	69.82	70.49	65.97	66.47	65.65	68.18	65.54	63.38
1	1		0.021789	0.000017	0.000019	0.000011	0.000018	0.000017	0.140175	0.022344	0.344007	0.000022	0.415634	0.001338
2	2	0.021789		0.000022	0.0000731	0.000019	0.000033	0.000027	0.344034	0.975017	0.141509	0.002022	0.110277	0.000027
3	3	0.000017	0.000022		0.000156	0.584185	0.154761	0.817605	0.000019	0.000027	0.000018	0.000062	0.000017	0.000011
4	4	0.000019	0.0000731	0.000156		0.000051	0.007084	0.000239	0.000064	0.0000649	0.000030	0.678217	0.000024	0.000018
5	5	0.000011	0.000019	0.584185	0.000051		0.061053	0.466526	0.000018	0.000022	0.000017	0.000031	0.000017	0.000010
6	6	0.000018	0.000033	0.154761	0.007084	0.061053		0.200159	0.000027	0.000052	0.000022	0.003017	0.000019	0.000017
7	7	0.000017	0.000027	0.817605	0.000239	0.466526	0.200159		0.000022	0.000033	0.000019	0.000105	0.000018	0.000017
8	8	0.140175	0.344034	0.000019	0.000064	0.000018	0.000027	0.000022		0.358773	0.535068	0.000163	0.445042	0.000042
9	9	0.022344	0.975017	0.000027	0.0000649	0.000022	0.000052	0.000033	0.358773		0.147803	0.001651	0.112596	0.000022
10	10	0.344007	0.141509	0.000018	0.000030	0.000017	0.000022	0.000019	0.535068	0.147803		0.000047	0.845144	0.000128
11	11	0.000022	0.002022	0.000062	0.678217	0.000031	0.003017	0.000105	0.000163	0.001651	0.000047		0.000035	0.000019
12	12	0.415634	0.110277	0.000017	0.000024	0.000017	0.000019	0.000018	0.445042	0.112596	0.845144	0.000035		0.000176
13	13	0.001338	0.000027	0.000011	0.000018	0.000010	0.000017	0.000017	0.000042	0.000022	0.000128	0.000019	0.000176	

## ❖ Ιξώδες

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	#####	1	#####	608.3737	0.000000
deigma	#####	12	#####	20.1337	0.000000
xronos	#####	5	#####	5.0204	0.000659
Error	#####	60	#####		

## Μίγματα κC-ΧG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	#####	1	#####	274.9914	0.000000
deigma	#####	5	#####	7.1197	0.000291
xronos	#####	5	#####	1.5322	0.215777
Error	#####	25	#####		

Μιγματα IN/ kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	#####	1	#####	310.4560	<b>0.000000</b>
deigma	#####	2	#####	26.8814	<b>0.000095</b>
xronos	#####	5	#####	5.8161	<b>0.008987</b>
Error	#####	10	#####		

Μιγματα HPMC/chit

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	#####	1	#####	187.7929	0.000000
deigma	#####	2	#####	1.8648	0.204979
xronos	#####	5	#####	2.2709	0.126315
Error	#####	10	#####		

Μιγματα chit/ kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	#####	1	#####	105.2955	<b>0.000001</b>
deigma	#####	2	#####	4.7732	<b>0.035048</b>
xronos	#####	5	#####	1.3516	0.319600
Error	#####	10	#####		

Duncan's Test

	deigma	{1} 5037 7.	{2} 5252 E2	{3} 1858 E2	{4} 4555 E2	{5} 3072 E2	{6} 1414 E2	{7} 4443 E2	{8} 1182 E2	{9} 1443 E2	{10} 1028 E2	{11} 2133 E2	{12} 1713 E2	{13} 5348 E2
1	1		<b>0.00</b> 0011	<b>0.03</b> 1455	<b>0.00</b> 0017	<b>0.00</b> 0065	0.12 9343	<b>0.00</b> 0017	0.24 2131	0.12 6384	0.33 5721	<b>0.01</b> 0021	0.05 2183	<b>0.00</b> 0010
2	2	0.00 0011		<b>0.00</b> 0027	0.20 1895	<b>0.00</b> 0331	<b>0.00</b> 0018	0.16 3024	<b>0.00</b> 0017	<b>0.00</b> 0019	<b>0.00</b> 0017	<b>0.00</b> 0034	<b>0.00</b> 0022	0.85 8587
3	3	0.03 1455	0.00 0027		<b>0.00</b> 0044	<b>0.03</b> 6421	0.46 0849	<b>0.00</b> 0071	0.27 2679	0.47 4267	0.18 5318	0.61 2506	0.78 9174	<b>0.00</b> 0022
4	4	0.00 0017	0.20 1895	0.00 0044		<b>0.01</b> 0753	<b>0.00</b> 0019	0.83 6929	<b>0.00</b> 0018	<b>0.00</b> 0023	<b>0.00</b> 0017	<b>0.00</b> 0110	0.00 0031	0.17 0988
5	5	0.00 0065	0.00 0331	0.03 6421	0.01 0753		<b>0.00</b> 7330	<b>0.01</b> 3765	<b>0.00</b> 2465	<b>0.00</b> 7516	<b>0.00</b> 1163	0.08 7423	0.02 3061	<b>0.00</b> 0224
6	6	0.12 9343	0.00 0018	0.46 0849	0.00 0019	0.00 7330		<b>0.00</b> 0023	0.66 8627	0.95 6719	0.50 5468	0.24 3370	0.60 5791	<b>0.00</b> 0017
7	7	0.00 0017	0.16 3024	0.00 0071	0.83 6929	0.01 3765	0.00 0023		<b>0.00</b> 0019	<b>0.00</b> 0028	<b>0.00</b> 0018	<b>0.00</b> 0152	<b>0.00</b> 0042	0.13 1564
8	8	0.24 2131	0.00 0017	0.27 2679	0.00 0018	0.00 2465	0.66 8627	0.00 0019		0.65 1813	0.77 6677	0.12 8400	0.37 7363	<b>0.00</b> 0017
9	9	0.12 6384	0.00 0019	0.47 4267	0.00 0023	0.00 7516	0.95 6719	0.00 0028	0.65 1813		0.49 0453	0.25 1364	0.61 9041	<b>0.00</b> 0018
10	10	0.33 5721	0.00 0017	0.18 5318	0.00 0017	0.00 1163	0.50 5468	0.00 0018	0.77 6677	0.49 0453		0.08 0723	0.26 6422	<b>0.00</b> 0011
11	11	0.01 0021	0.00 0034	0.61 2506	0.00 0110	0.08 7423	0.24 3370	0.00 0152	0.12 8400	0.25 1364	0.08 0723		0.46 8897	<b>0.00</b> 0027
12	12	0.05 2183	0.00 0022	0.78 9174	0.00 0031	0.02 3061	0.60 5791	0.00 0042	0.37 7363	0.61 9041	0.26 6422	0.46 8897		<b>0.00</b> 0019
13	13	0.00 0010	0.85 8587	0.00 0022	0.17 0988	0.00 0224	0.00 0017	0.13 1564	0.00 0017	0.00 0018	0.00 0011	0.00 0027	0.00 0019	



❖ Οργανοληπτικός Έλεγχος

Εμφάνιση Επιφάνειας

Ανώμαλη

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	389.5382	1	389.5382	456.3952	<b>0.000000</b>
deigma	47.3578	12	3.9465	4.6238	<b>0.000029</b>
xronos	19.7661	5	3.9532	4.6317	<b>0.001220</b>
Error	51.2106	60	0.8535		

Μιγματα κC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	164.6568	1	164.6568	319.9955	0.000000
deigma	3.6279	6	0.6046	1.1751	0.345717
xronos	5.7743	5	1.1549	2.2444	0.075565
Error	15.4368	30	0.5146		

Μιγματα IN/ κC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	45.63309	1	45.63309	186.4689	0.000000
deigma	1.72618	2	0.86309	3.5268	0.069329
xronos	2.12251	5	0.42450	1.7346	0.214346
Error	2.44722	10	0.24472		

Μιγματα HPMC/chit

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	113.3516	1	113.3516	57.26760	<b>0.000019</b>
deigma	17.0093	2	8.5047	4.29674	<b>0.044998</b>
xronos	7.6258	5	1.5252	0.77055	0.591926
Error	19.7933	10	1.9793		

Μιγματα chit/ κC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	225.1442	1	225.1442	158.1583	<b>0.000000</b>
deigma	0.7921	2	0.3961	0.2782	0.762807
xronos	33.0395	5	6.6079	4.6419	<b>0.018850</b>
Error	14.2354	10	1.4235		

Αναλογία κόκκων συσσωματώματα

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	366.2244	1	366.2244	631.9692	<b>0.000000</b>
deigma	68.7840	12	5.7320	9.8913	<b>0.000000</b>
xronos	13.3255	5	2.6651	4.5990	<b>0.001285</b>
Error	34.7698	60	0.5795		

### Μιγματα kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	116.7480	1	116.7480	285.8876	0.000000
deigma	4.6485	5	0.9297	2.2766	0.077720
xronos	0.6611	5	0.1322	0.3238	0.893882
Error	10.2093	25	0.4084		

### Μιγματα IN/kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	34.25161	1	34.25161	154.4403	<b>0.000000</b>
deigma	3.25601	2	1.62801	7.3407	<b>0.010918</b>
xronos	1.19469	5	0.23894	1.0774	0.428250
Error	2.21779	10	0.22178		

### Μιγματα HPMC/chit

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	59.22347	1	59.22347	134.0973	<b>0.000000</b>
deigma	3.87621	2	1.93811	4.3884	<b>0.042845</b>
xronos	2.42396	5	0.48479	1.0977	0.419046
Error	4.41646	10	0.44165		

### Μιγματα chit/kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	173.2901	1	173.2901	379.3299	<b>0.000000</b>
deigma	11.6358	2	5.8179	12.7353	<b>0.001781</b>
xronos	22.8558	5	4.5712	10.0062	<b>0.001203</b>
Error	4.5683	10	0.4568		

### Duncan's Test

### Ανώμαλη

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}
	<b>2.05</b> <b>50</b>	<b>2.27</b> <b>67</b>	<b>1.55</b> <b>50</b>	<b>2.27</b> <b>83</b>	<b>1.52</b> <b>67</b>	<b>1.25</b> <b>00</b>	<b>2.00</b> <b>00</b>	<b>3.38</b> <b>83</b>	<b>3.83</b> <b>33</b>	<b>3.38</b> <b>83</b>	<b>2.16</b> <b>83</b>	<b>1.66</b> <b>67</b>	<b>1.66</b> <b>50</b>
1		0.69 9007	0.41 2918	0.70 8074	0.39 5486	0.20 0227	0.91 8308	<b>0.02</b> <b>7181</b>	<b>0.00</b> <b>3962</b>	0.02 9859	0.83 2568	0.49 7963	0.51 2690
2	0.69 9007		0.25 1335	0.99 7615	0.23 8090	0.10 8187	0.64 2638	0.05 2265	<b>0.00</b> <b>9726</b>	0.06 0261	0.83 9850	0.31 7316	0.32 4833
3	0.41 2918	0.25 1335		0.25 5328	0.95 7910	0.59 4626	0.45 4877	<b>0.00</b> <b>3513</b>	<b>0.00</b> <b>0329</b>	0.00 3761	0.32 3508	0.84 5759	0.83 7421
4	0.70 8074	0.99 7615	0.25 5328		0.24 1067	0.11 0283	0.64 9371	<b>0.04</b> <b>1794</b>	<b>0.00</b> <b>8446</b>	0.05 2617	0.84 8033	0.32 4833	0.33 0141
5	0.39 5486	0.23 8090	0.95 7910	0.24 1067		0.60 5989	0.43 8383	<b>0.00</b> <b>3242</b>	<b>0.00</b> <b>0297</b>	0.00 3448	0.30 8159	0.81 5063	0.80 9493
6	0.20 0227	0.10 8187	0.59 4626	0.11 0283	0.60 5989		0.22 6581	<b>0.00</b> <b>0745</b>	<b>0.00</b> <b>0060</b>	0.00 0793	0.14 7743	0.49 5381	0.48 5940
7	0.91 8308	0.64 2638	0.45 4877	0.64 9371	0.43 8383	0.22 6581		<b>0.02</b> <b>3582</b>	<b>0.00</b> <b>3247</b>	0.02 5499	0.76 9180	0.53 4508	0.55 8876
8	0.02 7181	0.05 2265	0.00 3513	0.04 1794	0.00 3242	0.00 0745	0.02 3582		0.43 7351	1.00 0000	<b>0.03</b> <b>9018</b>	<b>0.00</b> <b>5313</b>	<b>0.00</b> <b>5742</b>
9	0.00 3962	0.00 9726	0.00 0329	0.00 8446	0.00 0297	0.00 0060	0.00 3247	0.43 7351		0.40 7575	<b>0.00</b> <b>6401</b>	<b>0.00</b> <b>0542</b>	<b>0.00</b> <b>0582</b>

1	0.02	0.06	0.00	0.05	0.00	0.00	0.02	1.00	0.40		<b>0.04</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
0	9859	0261	3761	2617	3448	0793	5499	0000	7575		<b>3625</b>	<b>5790</b>	<b>6178</b>
1	0.83	0.83	0.32	0.84	0.30	0.14	0.76	0.03	0.00	0.04		0.39	0.40
1	2568	9850	3508	8033	8159	7743	9180	9018	6401	3625		9318	9798
1	0.49	0.31	0.84	0.32	0.81	0.49	0.53	0.00	0.00	0.00	0.39		0.99
2	7963	7316	5759	4833	5063	5381	4508	5313	0542	5790	9318		7615
1	0.51	0.32	0.83	0.33	0.80	0.48	0.55	0.00	0.00	0.00	0.40	0.99	
3	2690	4833	7421	0141	9493	5940	8876	5742	0582	6178	9798	7615	

**Αναλογία κόκκων συσσωματώματα**

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}
	<b>3.94</b>	<b>2.22</b>	<b>1.50</b>	<b>1.89</b>	<b>1.16</b>	<b>1.00</b>	<b>1.97</b>	<b>2.91</b>	<b>2.22</b>	<b>4.16</b>	<b>2.05</b>	<b>1.72</b>	<b>1.39</b>
	<b>33</b>	<b>33</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>50</b>	<b>00</b>	<b>33</b>	<b>83</b>	<b>33</b>	<b>67</b>	<b>33</b>	<b>17</b>	<b>06</b>
1		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.02</b>	<b>0.00</b>	0.61	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
		<b>0475</b>	<b>0020</b>	<b>0076</b>	<b>0018</b>	<b>0011</b>	<b>0117</b>	<b>3170</b>	<b>0392</b>	3321	<b>0177</b>	<b>0033</b>	<b>0017</b>
2	0.00		0.15	0.49	<b>0.04</b>	<b>0.01</b>	0.59	0.14	1.00	<b>0.00</b>	0.70	0.31	0.10
	0475		6210	7058	<b>1470</b>	<b>8980</b>	6559	0698	0000	<b>0125</b>	0401	8253	6664
3	0.00	0.15		0.40	0.47	0.30	0.33	<b>0.00</b>	0.16	<b>0.00</b>	0.27	0.61	0.80
	0020	6210		8719	7996	7555	4219	<b>5801</b>	2039	<b>0017</b>	0623	5966	4310
4	0.00	0.49	0.40		0.14	0.07	0.85	<b>0.04</b>	0.50	<b>0.00</b>	0.72	0.70	0.30
	0076	7058	8719		7787	9975	0368	<b>2407</b>	8058	<b>0027</b>	9568	3194	8095
5	0.00	0.04	0.47	0.14		0.70	0.11	<b>0.00</b>	<b>0.04</b>	<b>0.00</b>	0.08	0.25	0.60
	0018	1470	7996	7787		8795	2451	<b>0736</b>	<b>3403</b>	<b>0011</b>	4862	5656	9802
6	0.00	0.01	0.30	0.07	0.70		0.05	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.04</b>	0.14	0.40
	0011	8980	7555	9975	8795		8486	<b>0245</b>	<b>9949</b>	<b>0010</b>	<b>2469</b>	9682	8052
7	0.00	0.59	0.33	0.85	0.11	0.05		0.05	0.61	<b>0.00</b>	0.85	0.59	0.24
	0117	6559	4219	0368	2451	8486		8151	0779	<b>0040</b>	6285	4112	5751
8	0.02	0.14	0.00	0.04	0.00	0.00	0.05		0.11	<b>0.00</b>	0.07	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>
	3170	0698	5801	2407	0736	0245	8151		9176	<b>8435</b>	6195	<b>9292</b>	<b>3147</b>
9	0.00	1.00	0.16	0.50	0.04	0.01	0.61	0.11		<b>0.00</b>	0.71	0.32	0.11
	0392	0000	2039	8058	3403	9949	0779	9176		<b>0125</b>	8988	7097	0620
1	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
0	3321	0125	0017	0027	0011	0010	0040	8435	0125		<b>0054</b>	<b>0020</b>	<b>0018</b>
1	0.00	0.70	0.27	0.72	0.08	0.04	0.85	0.07	0.71	0.00		0.49	0.19
1	0177	0401	0623	9568	4862	2469	6285	6195	8988	0054		9217	4359
1	0.00	0.31	0.61	0.70	0.25	0.14	0.59	0.01	0.32	0.00	0.49		0.48
2	0033	8253	5966	3194	5656	9682	4112	9292	7097	0020	9217		3124
1	0.00	0.10	0.80	0.30	0.60	0.40	0.24	0.00	0.11	0.00	0.19	0.48	
3	0017	6664	4310	8095	9802	8052	5751	3147	0620	0018	4359	3124	

**Χρώμα**

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3791.123	1	3791.123	15464.51	<b>0.000000</b>
deigma	52.996	12	4.416	18.01	<b>0.000000</b>
xronos	20.654	5	4.131	16.85	<b>0.000000</b>
Error	14.709	60	0.245		

**Μιγματα κC-XG**

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1863.505	1	1863.505	13224.97	<b>0.000000</b>
deigma	16.892	5	3.378	23.98	<b>0.000000</b>
xronos	11.472	5	2.294	16.28	<b>0.000000</b>
Error	3.523	25	0.141		

### Μιγματα IN/ kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1089.200	1	1089.200	6881.524	0.000000
deigma	0.067	2	0.033	0.211	0.813081
xronos	3.399	5	0.680	4.295	<b>0.023967</b>
Error	1.583	10	0.158		

### Μιγματα HPMC/chit

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	921.9218	1	921.9218	8754.361	<b>0.000000</b>
deigma	11.4921	2	5.7461	54.563	0.000000
xronos	6.2564	5	1.2513	11.882	0.084587
Error	1.0531	10	0.1053		

### Μιγματα chit/ kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	751.6857	1	751.6857	2778.681	<b>0.000000</b>
deigma	1.7282	2	0.8641	3.194	<b>0.000004</b>
xronos	3.2621	5	0.6524	2.412	<b>0.000601</b>
Error	2.7052	10	0.2705		

### Duncan's Test

	{1} 5.860 0	{2} 6.250 0	{3} 6.250 0	{4} 7.361 7	{5} 7.721 7	{6} 7.751 7	{7} 7.863 3	{8} 6.638 3	{9} 6.026 7	{10} 6.721 7	{11} 7.721 7	{12} 6.076 7	{13} 8.388 3
1		0.232 248	0.220 554	<b>0.000</b> <b>025</b>	<b>0.000</b> <b>018</b>	<b>0.000</b> <b>018</b>	<b>0.000</b> <b>011</b>	<b>0.017</b> <b>747</b>	0.562 173	<b>0.009</b> <b>366</b>	<b>0.000</b> <b>017</b>	0.480 470	<b>0.000</b> <b>010</b>
2	0.232 248		1.000 000	<b>0.000</b> <b>511</b>	<b>0.000</b> <b>039</b>	<b>0.000</b> <b>028</b>	<b>0.000</b> <b>020</b>	0.179 500	0.484 132	0.124 250	0.000 034	0.572 548	<b>0.000</b> <b>018</b>
3	0.220 554	1.000 000		<b>0.000</b> <b>605</b>	<b>0.000</b> <b>034</b>	<b>0.000</b> <b>025</b>	<b>0.000</b> <b>019</b>	0.205 727	0.467 060	0.137 837	0.000 033	0.546 688	<b>0.000</b> <b>017</b>
4	0.000 025	0.000 511	0.000 605		0.212 873	0.220 554	0.123 284	<b>0.018</b> <b>648</b>	<b>0.000</b> <b>076</b>	<b>0.028</b> <b>984</b>	0.240 801	<b>0.000</b> <b>113</b>	<b>0.001</b> <b>692</b>
5	0.000 018	0.000 039	0.000 034	0.212 873		0.922 721	0.657 575	<b>0.000</b> <b>685</b>	<b>0.000</b> <b>019</b>	<b>0.001</b> <b>310</b>	1.000 000	<b>0.000</b> <b>023</b>	<b>0.039</b> <b>584</b>
6	0.000 018	0.000 028	0.000 025	0.220 554	0.922 721		0.697 580	<b>0.000</b> <b>674</b>	<b>0.000</b> <b>017</b>	<b>0.001</b> <b>425</b>	0.916 862	<b>0.000</b> <b>018</b>	<b>0.038</b> <b>138</b>
7	0.000 011	0.000 020	0.000 019	0.123 284	0.657 575	0.697 580		<b>0.000</b> <b>227</b>	<b>0.000</b> <b>018</b>	<b>0.000</b> <b>498</b>	0.644 696	<b>0.000</b> <b>017</b>	0.071 334
8	0.017 747	0.179 500	0.205 727	0.018 648	0.000 685	0.000 674	0.000 227		0.059 399	0.771 787	0.000 814	0.076 693	<b>0.000</b> <b>019</b>
9	0.562 173	0.484 132	0.467 060	0.000 076	0.000 019	0.000 017	0.000 018	0.059 399		<b>0.034</b> <b>774</b>	0.000 018	0.861 841	<b>0.000</b> <b>011</b>
10	0.009 366	0.124 250	0.137 837	0.028 984	0.001 310	0.001 425	0.000 498	0.771 787	0.034 774		0.001 637	<b>0.046</b> <b>601</b>	<b>0.000</b> <b>023</b>
11	0.000 017	0.000 034	0.000 033	0.240 801	1.000 000	0.916 862	0.644 696	0.000 814	0.000 018	0.001 637		<b>0.000</b> <b>019</b>	<b>0.035</b> <b>304</b>
12	0.480 470	0.572 548	0.546 688	0.000 113	0.000 023	0.000 018	0.000 017	0.076 693	0.861 841	0.046 601	0.000 019		<b>0.000</b> <b>017</b>
13	0.000 010	0.000 018	0.000 017	0.001 692	0.039 584	0.038 138	0.071 334	0.000 019	0.000 011	0.000 023	0.035 304	0.000 017	

## Οσμή

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	4029.181	1	4029.181	10894.49	<b>0.000000</b>
deigma	54.355	12	4.530	12.25	<b>0.000000</b>
xronos	20.143	5	4.029	10.89	<b>0.000000</b>
Error	22.190	60	0.370		

## Μιγμάτα κC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2100.694	1	2100.694	13545.02	<b>0.000000</b>
deigma	18.142	5	3.628	23.39	<b>0.000000</b>
xronos	3.580	5	0.716	4.62	<b>0.004034</b>
Error	3.877	25	0.155		

## Μιγμάτα IN/ κC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1154.561	1	1154.561	8450.140	0.000000
deigma	0.481	2	0.240	1.760	0.221449
xronos	2.228	5	0.446	3.262	0.052686
Error	1.366	10	0.137		

## Μιγμάτα HPMC/chit

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	726.3131	1	726.3131	3170.396	0.000000
deigma	0.7477	2	0.3738	1.632	0.243604
xronos	18.1973	5	3.6395	15.886	<b>0.000177</b>
Error	2.2909	10	0.2291		

## Μιγμάτα chit/ κC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	972.8461	1	972.8461	1840.385	<b>0.000000</b>
deigma	14.0680	2	7.0340	13.307	<b>0.001520</b>
xronos	8.4777	5	1.6955	3.208	0.055085
Error	5.2861	10	0.5286		

## Duncan's Test

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}
	<b>6.0550</b>	<b>6.0850</b>	<b>7.9433</b>	<b>7.7233</b>	<b>8.1100</b>	<b>7.7783</b>	<b>8.1383</b>	<b>6.3350</b>	<b>6.1117</b>	<b>6.6100</b>	<b>7.8333</b>	<b>6.6817</b>	<b>8.0289</b>
1		0.932285	<b>0.000022</b>	<b>0.000062</b>	<b>0.000012</b>	<b>0.000043</b>	<b>0.000011</b>	0.475083	0.880932	0.165677	<b>0.000033</b>	0.123661	<b>0.000019</b>
2	0.932285		<b>0.000024</b>	<b>0.000073</b>	<b>0.000019</b>	<b>0.000054</b>	<b>0.000012</b>	0.507494	0.939796	0.179075	<b>0.000037</b>	0.135790	<b>0.000020</b>
3	0.000022	0.000024		0.574925	0.658717	0.661926	0.619245	<b>0.000096</b>	<b>0.000026</b>	<b>0.000096</b>	0.755279	0.001467	0.808426
4	0.000062	0.000073	0.574925		0.344521	0.876142	0.316745	<b>0.000422</b>	<b>0.000083</b>	<b>0.000397</b>	0.770816	0.004453	0.447332
5	0.000012	0.000019	0.658717	0.344521		0.409315	0.936038	<b>0.000033</b>	<b>0.000018</b>	<b>0.000258</b>	0.480376	0.000442	0.818206
6	0.000043	0.000054	0.661926	0.876142	0.409315		0.379009	<b>0.000306</b>	<b>0.000060</b>	<b>0.000695</b>	0.876142	0.003882	0.522894
7	0.000011	0.000012	0.619245	0.316745	0.936038	0.379009		<b>0.000030</b>	<b>0.000019</b>	<b>0.000219</b>	0.448174	0.000378	0.771941

8	0.475 083	0.507 494	0.000 096	0.000 422	0.000 033	0.000 306	0.000 030		0.527 272	0.436 715	<b>0.000</b> <b>216</b>	0.357 927	<b>0.000</b> <b>052</b>
9	0.880 932	0.939 796	0.000 026	0.000 083	0.000 018	0.000 060	0.000 019	0.527 272		0.186 131	<b>0.000</b> <b>046</b>	0.144 347	<b>0.000</b> <b>021</b>
10	0.165 677	0.179 075	0.000 906	0.003 397	0.000 258	0.002 695	0.000 219	0.436 715	0.186 131		<b>0.002</b> <b>023</b>	0.839 064	<b>0.000</b> <b>481</b>
11	0.000 033	0.000 037	0.755 279	0.770 816	0.480 376	0.876 142	0.448 174	0.000 216	0.000 046	0.002 023		0.003 088	0.604 242
12	0.123 661	0.135 790	0.001 467	0.004 453	0.000 442	0.003 882	0.000 378	0.357 927	0.144 347	0.839 064	0.003 088		<b>0.000</b> <b>804</b>
13	0.000 019	0.000 020	0.808 426	0.447 332	0.818 206	0.522 894	0.771 941	0.000 052	0.000 021	0.000 481	0.604 242	0.000 804	

## Υφή στο κουτάλι

### Ενιαία Μάζα

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	4610.817	1	4610.817	20973.00	<b>0.000000</b>
deigma	23.610	12	1.967	8.95	<b>0.000000</b>
xronos	1.337	5	0.267	1.22	0.312538
Error	13.191	60	0.220		

### Μιγματα kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2221.127	1	2221.127	9176.364	<b>0.000000</b>
deigma	5.510	5	1.102	4.553	<b>0.004345</b>
xronos	0.734	5	0.147	0.607	0.695537
Error	6.051	25	0.242		

### Μιγματα IN/kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1028.009	1	1028.009	8271.347	<b>0.000000</b>
deigma	2.509	2	1.255	10.094	<b>0.003989</b>
xronos	0.295	5	0.059	0.474	0.787593
Error	1.243	10	0.124		

### Μιγματα HPMC/chit

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1022.726	1	1022.726	4653.007	<b>0.000000</b>
deigma	5.276	2	2.638	12.001	<b>0.002200</b>
xronos	2.565	5	0.513	2.334	0.119004
Error	2.198	10	0.220		

### Μιγματα chit/kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1165.640	1	1165.640	7608.507	0.000000
deigma	0.021	2	0.011	0.070	0.933058
xronos	1.544	5	0.309	2.016	0.161609
Error	1.532	10	0.153		

### Duncan's Test

	{1} 6.555 0	{2} 7.335 0	{3} 8.232 2	{4} 8.141 7	{5} 8.085 0	{6} 7.306 7	{7} 7.280 0	{8} 7.833 3	{9} 8.001 7	{10} 6.778 3	{11} 8.055 0	{12} 8.208 3	{13} 8.138 3
1		0.010 709	0.000 011	0.000 018	0.000 019	0.012 128	0.012 868	0.000 065	0.000 026	0.412 787	0.000 021	0.000 011	0.000 017
2	0.010 709		0.004 936	0.010 233	0.014 188	0.917 084	0.850 308	0.070 691	0.021 994	0.063 803	0.016 277	0.005 816	0.009 613
3	0.000 011	0.004 936		0.755 885	0.635 582	0.003 957	0.003 193	0.216 230	0.471 486	0.000 017	0.575 279	0.930 231	0.756 854
4	0.000 018	0.010 233	0.755 885		0.845 777	0.008 460	0.007 014	0.328 141	0.652 294	0.000 036	0.775 042	0.806 424	0.990 316
5	0.000 019	0.014 188	0.635 582	0.845 777		0.012 184	0.010 395	0.404 803	0.774 698	0.000 052	0.912 227	0.683 658	0.844 587
6	0.012 128	0.917 084	0.003 957	0.008 460	0.012 184		0.921 962	0.069 954	0.020 406	0.069 075	0.014 407	0.004 717	0.008 056
7	0.012 868	0.850 308	0.003 193	0.007 014	0.010 395	0.921 962		0.065 425	0.018 354	0.068 881	0.012 567	0.003 844	0.006 746
8	0.000 065	0.070 691	0.216 230	0.328 141	0.404 803	0.069 954	0.065 425		0.536 533	0.000 590	0.445 892	0.240 102	0.324 585
9	0.000 026	0.021 994	0.471 486	0.652 294	0.774 698	0.020 406	0.018 354	0.536 533		0.000 107	0.844 587	0.512 994	0.651 545
10	0.412 787	0.063 803	0.000 017	0.000 036	0.000 052	0.069 075	0.068 881	0.000 590	0.000 107		0.000 068	0.000 026	0.000 035
11	0.000 021	0.016 277	0.575 279	0.775 042	0.912 227	0.014 407	0.012 567	0.445 892	0.844 587	0.000 068		0.621 442	0.774 698
12	0.000 011	0.005 816	0.930 231	0.806 424	0.683 658	0.004 717	0.003 844	0.240 102	0.512 994	0.000 026	0.621 442		0.810 044
13	0.000 017	0.009 613	0.756 854	0.990 316	0.844 587	0.008 056	0.006 746	0.324 585	0.651 545	0.000 035	0.774 698	0.810 044	

### Κολλώδης

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3386.733	1	3386.733	3091.548	0.000000
deigma	44.179	12	3.682	3.361	0.000881
xronos	4.158	5	0.832	0.759	0.582854
Error	65.729	60	1.095		

### Μίγματα κC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1577.811	1	1577.811	1961.452	0.000000
deigma	27.330	5	5.466	6.795	0.000398
xronos	7.132	5	1.426	1.773	0.155022
Error	20.110	25	0.804		

### Μίγματα IN/κC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	614.4849	1	614.4849	1574.261	0.000000
deigma	7.3171	2	3.6586	9.373	0.005095
xronos	2.0125	5	0.4025	1.031	0.449915
Error	3.9033	10	0.3903		

### Μίγματα HPMC/chit

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	771.3283	1	771.3283	1456.411	0.000000
deigma	1.3280	2	0.6640	1.254	0.326686
xronos	6.0055	5	1.2011	2.268	0.126682
Error	5.2961	10	0.5296		

### Μίγματα chit/kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	674.0568	1	674.0568	1368.026	<b>0.000000</b>
deigma	8.3147	2	4.1574	8.438	<b>0.007133</b>
xronos	1.8870	5	0.3774	0.766	0.594739
Error	4.9272	10	0.4927		

### Duncan's Test

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}
	<b>7.4150</b>	<b>7.9450</b>	<b>6.1400</b>	<b>7.2767</b>	<b>5.1650</b>	<b>5.6667</b>	<b>6.6967</b>	<b>6.7783</b>	<b>6.6950</b>	<b>6.1650</b>	<b>6.4983</b>	<b>7.3317</b>	<b>5.8883</b>
1		0.384102	0.077749	0.831513	<b>0.001871</b>	<b>0.016129</b>	0.298472	0.344867	0.306200	0.081045	0.197907	0.890875	<b>0.035262</b>
2	0.384102		<b>0.012270</b>	0.321285	<b>0.000129</b>	<b>0.001630</b>	0.073962	0.089511	0.077670	<b>0.012855</b>	<b>0.042702</b>	0.344618	<b>0.004383</b>
3	0.077749	0.012270		0.109285	0.146842	0.465903	0.421080	0.364674	0.410520	0.967234	0.581047	0.096586	0.678688
4	0.831513	0.321285	0.109285		<b>0.003204</b>	<b>0.024959</b>	0.371500	0.412977	0.388321	0.112361	0.259644	0.927880	0.052054
5	0.001871	0.000129	0.146842	0.003204		0.409873	<b>0.031609</b>	<b>0.024651</b>	<b>0.029924</b>	0.146481	0.055970	<b>0.002632</b>	0.264914
6	0.016129	0.001630	0.465903	0.024959	0.409873		0.147387	0.121572	0.142419	0.460110	0.228135	<b>0.021282</b>	0.715162
7	0.298472	0.073962	0.421080	0.371500	0.031609	0.147387		0.893053	0.997909	0.430549	0.760201	0.346136	0.250218
8	0.344867	0.089511	0.364674	0.412977	0.024651	0.121572	0.893053		0.898303	0.375162	0.678566	0.393913	0.211412
9	0.306200	0.077670	0.410520	0.388321	0.029924	0.142419	0.997909	0.898303		0.414189	0.746108	0.357154	0.242557
10	0.081045	0.012855	0.967234	0.112361	0.146481	0.460110	0.430549	0.375162	0.414189		0.583374	0.100080	0.670109
11	0.197907	0.042702	0.581047	0.259644	0.055970	0.228135	0.760201	0.678566	0.746108	0.583374		0.235733	0.365542
12	0.890875	0.344618	0.096586	0.927880	0.002632	0.021282	0.346136	0.393913	0.357154	0.100080	0.235733		<b>0.045180</b>
13	0.035262	0.004383	0.678688	0.052054	0.264914	0.715162	0.250218	0.211412	0.242557	0.670109	0.365542	0.045180	

### Ρευστότητα

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1318.817	1	1318.817	1481.258	<b>0.000000</b>
deigma	77.971	12	6.498	7.298	<b>0.000000</b>
xronos	6.996	5	1.399	1.571	0.181913
Error	53.420	60	0.890		



### Μιγµατα kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	663.2342	1	663.2342	1366.586	<b>0.000000</b>
deigma	48.0392	5	9.6078	19.797	<b>0.000000</b>
xronos	1.6794	5	0.3359	0.692	0.634160
Error	12.1330	25	0.4853		

### Μιγµατα IN/kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	351.3017	1	351.3017	800.8661	<b>0.000000</b>
deigma	20.1083	2	10.0542	22.9206	<b>0.000184</b>
xronos	3.1124	5	0.6225	1.4191	0.297566
Error	4.3865	10	0.4387		

### Μιγµατα HPMC/chit

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	230.0513	1	230.0513	256.9611	<b>0.000000</b>
deigma	16.6399	2	8.3200	9.2932	<b>0.005239</b>
xronos	9.8918	5	1.9784	2.2098	0.133902
Error	8.9528	10	0.8953		

### Μιγµατα chit/kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	351.3901	1	351.3901	633.4662	<b>0.000000</b>
deigma	31.5496	2	15.7748	28.4380	<b>0.000075</b>
xronos	2.2989	5	0.4598	0.8289	0.557228
Error	5.5471	10	0.5547		

### Duncan's Test

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}
	<b>5.030</b> <b>0</b>	<b>2.388</b> <b>3</b>	<b>4.500</b> <b>0</b>	<b>5.056</b> <b>7</b>	<b>5.751</b> <b>7</b>	<b>4.335</b> <b>0</b>	<b>3.166</b> <b>7</b>	<b>3.223</b> <b>3</b>	<b>2.613</b> <b>3</b>	<b>4.888</b> <b>3</b>	<b>4.890</b> <b>0</b>	<b>4.000</b> <b>0</b>	<b>3.611</b> <b>7</b>
1		<b>0.000</b> <b>059</b>	0.383 240	0.961 229	0.217 234	0.264 244	<b>0.003</b> <b>682</b>	<b>0.004</b> <b>548</b>	<b>0.000</b> <b>182</b>	0.808 989	0.798 182	0.102 572	<b>0.025</b> <b>460</b>
2	0.000 059		<b>0.000</b> <b>885</b>	<b>0.000</b> <b>050</b>	<b>0.000</b> <b>011</b>	<b>0.001</b> <b>995</b>	0.183 224	0.168 331	<b>0.681</b> <b>202</b>	<b>0.000</b> <b>105</b>	<b>0.000</b> <b>112</b>	<b>0.009</b> <b>844</b>	<b>0.047</b> <b>676</b>
3	0.383 240	0.000 885		0.371 923	<b>0.046</b> <b>362</b>	0.763 160	<b>0.033</b> <b>550</b>	<b>0.038</b> <b>609</b>	<b>0.002</b> <b>749</b>	0.478 841	0.505 190	0.392 813	0.142 553
4	0.961 229	0.000 050	0.371 923		0.207 052	0.254 879	<b>0.003</b> <b>438</b>	<b>0.004</b> <b>290</b>	<b>0.000</b> <b>168</b>	0.782 723	0.776 051	0.098 481	<b>0.024</b> <b>282</b>
5	0.217 234	0.000 011	0.046 362	0.207 052		<b>0.025</b> <b>638</b>	<b>0.000</b> <b>078</b>	<b>0.000</b> <b>097</b>	<b>0.000</b> <b>012</b>	0.164 580	0.155 039	<b>0.005</b> <b>987</b>	<b>0.000</b> <b>823</b>
6	0.264 244	0.001 995	0.763 160	0.254 879	0.025 638		0.058 810	0.065 883	0.005 764	0.344 266	0.361 116	0.541 047	0.216 173
7	0.003 682	0.183 224	0.033 550	0.003 438	0.000 078	0.058 810		0.917 594	0.313 943	<b>0.006</b> <b>376</b>	<b>0.006</b> <b>878</b>	0.169 190	0.447 001
8	0.004 548	0.168 331	0.038 609	0.004 290	0.000 097	0.065 883	0.917 594		0.297 056	<b>0.007</b> <b>618</b>	<b>0.008</b> <b>331</b>	0.184 164	0.478 841
9	0.000 182	0.681 202	0.002 749	0.000 168	0.000 012	0.005 764	0.313 943	0.297 056		<b>0.000</b> <b>348</b>	<b>0.000</b> <b>376</b>	0.024 450	0.098 977
10	0.808 989	0.000 105	0.478 841	0.782 723	0.164 580	0.344 266	0.006 376	0.007 618	0.000 348		0.997 681	0.142 553	<b>0.038</b> <b>609</b>
11	0.798 182	0.000 112	0.505 190	0.776 051	0.155 039	0.361 116	0.006 878	0.008 331	0.000 376	0.997 681		0.151 775	<b>0.041</b> <b>797</b>
12	0.102 572	0.009 844	0.392 813	0.098 481	0.005 987	0.541 047	0.169 190	0.184 164	0.024 450	0.142 553	0.151 775		0.478 841

1	0.025	0.047	0.142	0.024	0.000	0.216	0.447	0.478	0.098	0.038	0.041	0.478
3	460	676	553	282	823	173	001	841	977	609	797	841

## Υφή στο στόμα

### Συνεκτική

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	4056.490	1	4056.490	6494.622	<b>0.000000</b>
deigma	33.513	12	2.793	4.471	<b>0.000044</b>
xronos	4.319	5	0.864	1.383	0.243499
Error	37.476	60	0.625		

### Μίγματα κC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2042.287	1	2042.287	4867.748	<b>0.000000</b>
deigma	8.102	5	1.620	3.862	<b>0.009910</b>
xronos	2.229	5	0.446	1.063	0.404341
Error	10.489	25	0.420		

### Μίγματα IN/κC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2042.287	1	2042.287	4867.748	<b>0.000000</b>
deigma	8.102	5	1.620	3.862	<b>0.009910</b>
xronos	2.229	5	0.446	1.063	0.404341
Error	10.489	25	0.420		

### Μίγματα HPMC/chit

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	963.0198	1	963.0198	589.2352	0.000000
deigma	0.1528	2	0.0764	0.0468	0.954524
xronos	5.2662	5	1.0532	0.6444	0.672101
Error	16.3436	10	1.6344		

### Μίγματα chit/κC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1042.418	1	1042.418	1230.354	0.000000
deigma	5.432	2	2.716	3.206	0.083987
xronos	1.372	5	0.274	0.324	0.887441
Error	8.473	10	0.847		

### Duncan's Test

	{1} 6.751 7	{2} 7.665 0	{3} 7.250 0	{4} 7.833 3	{5} 8.358 3	{6} 5.390 0	{7} 7.030 0	{8} 7.193 3	{9} 7.416 7	{10} 7.333 3	{11} 7.055 0	{12} 7.111 7	{13} 7.361 7
1		0.097 125	0.348 553	0.050 177	<b>0.003</b> <b>338</b>	<b>0.004</b> <b>241</b>	0.544 289	0.397 791	0.225 259	0.279 993	0.536 099	0.479 816	0.262 175
2	0.097 125		0.427 017	0.713 608	0.156 903	<b>0.000</b> <b>042</b>	0.247 011	0.375 103	0.588 400	0.515 175	0.262 175	0.304 248	0.536 099
3	0.348 553	0.427 017		0.271 994	<b>0.037</b> <b>500</b>	<b>0.000</b> <b>431</b>	0.674 473	0.901 687	0.744 129	0.855 808	0.702 320	0.778 022	0.820 069
4	0.050 177	0.713 608	0.271 994		0.254 557	<b>0.000</b> <b>018</b>	0.145 194	0.234 211	0.395 214	0.338 106	0.155 236	0.184 038	0.354 089
5	0.003 338	0.156 903	0.037 500	0.254 557		<b>0.000</b> <b>010</b>	<b>0.015</b> <b>457</b>	<b>0.030</b> <b>337</b>	<b>0.062</b> <b>843</b>	0.051 576	<b>0.016</b> <b>819</b>	<b>0.021</b> <b>379</b>	0.054 202
6	0.004 241	0.000 042	0.000 431	0.000 018	0.000 010		<b>0.000</b> <b>988</b>	<b>0.000</b> <b>565</b>	<b>0.000</b> <b>179</b>	<b>0.000</b> <b>268</b>	<b>0.001</b> <b>046</b>	<b>0.000</b> <b>855</b>	<b>0.000</b> <b>241</b>
7	0.544 289	0.247 011	0.674 473	0.145 194	0.015 457	0.000 988		0.749 075	0.478 156	0.569 147	0.956 587	0.868 030	0.539 068
8	0.397 791	0.375 103	0.901 687	0.234 211	0.030 337	0.000 565	0.749 075		0.669 826	0.775 419	0.778 022	0.858 660	0.741 621
9	0.225 259	0.588 400	0.744 129	0.395 214	0.062 843	0.000 179	0.478 156	0.669 826		0.865 308	0.502 883	0.567 023	0.904 567
10	0.279 993	0.515 175	0.855 808	0.338 106	0.051 576	0.000 268	0.569 147	0.775 419	0.865 308		0.594 761	0.663 914	0.950 778
11	0.536 099	0.262 175	0.702 320	0.155 236	0.016 819	0.001 046	0.956 587	0.778 022	0.502 883	0.594 761		0.901 687	0.564 903
12	0.479 816	0.304 248	0.778 022	0.184 038	0.021 379	0.000 855	0.868 030	0.858 660	0.567 023	0.663 914	0.901 687		0.632 932
13	0.262 175	0.536 099	0.820 069	0.354 089	0.054 202	0.000 241	0.539 068	0.741 621	0.904 567	0.950 778	0.564 903	0.632 932	

### Κολλώδης

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2683.883	1	2683.883	3449.483	<b>0.000000</b>
deigma	57.715	12	4.810	6.182	<b>0.000001</b>
xronos	4.979	5	0.996	1.280	0.284483
Error	46.683	60	0.778		

### Μιγματα kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1184.851	1	1184.851	2584.843	<b>0.000000</b>
deigma	17.543	5	3.509	7.654	<b>0.000176</b>
xronos	1.563	5	0.313	0.682	0.641208
Error	11.460	25	0.458		

### Μιγματα IN/kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	553.8901	1	553.8901	1232.651	<b>0.000000</b>
deigma	6.5495	2	3.2748	7.288	<b>0.011155</b>
xronos	4.4592	5	0.8918	1.985	0.166692
Error	4.4935	10	0.4493		

### Μίγματα HPMC/chit

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	831.3683	1	831.3683	1174.284	0.000000
deigma	0.2091	2	0.1046	0.148	0.864533
xronos	11.3673	5	2.2735	3.211	0.054919
Error	7.0798	10	0.7080		

### Μίγματα chit/kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	654.0139	1	654.0139	502.7554	<b>0.000000</b>
deigma	14.0700	2	7.0350	5.4080	<b>0.025587</b>
xronos	1.9265	5	0.3853	0.2962	0.904226
Error	13.0086	10	1.3009		

### Duncan's Test

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}
	<b>4.1100</b>	<b>5.0850</b>	<b>5.3350</b>	<b>6.3600</b>	<b>4.7783</b>	<b>5.6117</b>	<b>6.2517</b>	<b>6.7500</b>	<b>6.6933</b>	<b>6.9450</b>	<b>6.6117</b>	<b>6.5017</b>	<b>5.2233</b>
1		0.074524	<b>0.033665</b>	<b>0.000164</b>	0.194495	<b>0.01094</b>	<b>0.000289</b>	<b>0.000024</b>	<b>0.000036</b>	<b>0.000014</b>	<b>0.000047</b>	<b>0.000077</b>	<b>0.048639</b>
2	0.074524		0.647829	<b>0.029600</b>	0.549448	0.353873	<b>0.043287</b>	<b>0.005941</b>	<b>0.007488</b>	<b>0.002171</b>	<b>0.010570</b>	<b>0.016752</b>	0.786954
3	0.033665	0.647829		0.069709	0.327002	0.589072	0.093570	<b>0.018110</b>	<b>0.021980</b>	<b>0.007424</b>	<b>0.029383</b>	<b>0.043287</b>	0.827301
4	0.000164	0.029600	0.069709		<b>0.007373</b>	0.171049	0.832376	0.503927	0.557957	0.324003	0.645633	0.781952	0.049065
5	0.194495	0.549448	0.327002	0.007373		0.151106	<b>0.011640</b>	<b>0.001134</b>	<b>0.001478</b>	<b>0.000369</b>	<b>0.002204</b>	<b>0.003771</b>	0.415929
6	0.010094	0.353873	0.589072	0.171049	0.151106		0.213821	0.056117	0.066025	<b>0.026247</b>	0.084087	0.115817	0.477813
7	0.000289	0.043287	0.093570	0.832376	0.011640	0.213821		0.401259	0.448913	0.248358	0.526816	0.647829	0.068793
8	0.000024	0.005941	0.018110	0.503927	0.001134	0.056117	0.401259		0.911872	0.703269	0.800626	0.662729	<b>0.011289</b>
9	0.000036	0.007488	0.021980	0.557957	0.001478	0.066025	0.448913	0.911872		0.645633	0.873229	0.726264	<b>0.013956</b>
10	0.000014	0.002171	0.007424	0.324003	0.000369	0.026247	0.248358	0.703269	0.645633		0.557957	0.447185	<b>0.004396</b>
11	0.000047	0.010570	0.029383	0.645633	0.002204	0.084087	0.526816	0.800626	0.873229	0.557957		0.829838	<b>0.019137</b>
12	0.000077	0.016752	0.043287	0.781952	0.003771	0.115817	0.647829	0.662729	0.726264	0.447185	0.829838		<b>0.029166</b>
13	0.048639	0.786954	0.827301	0.049065	0.415929	0.477813	0.068793	0.011289	0.013956	0.004396	0.019137	0.029166	

### Κορυμώδης

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2034.292	1	2034.292	2814.394	<b>0.000000</b>
deigma	87.616	12	7.301	10.101	<b>0.000000</b>
xronos	15.039	5	3.008	4.161	<b>0.002600</b>
Error	43.369	60	0.723		

### Μιγματα kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	767.0130	1	767.0130	1235.084	<b>0.000000</b>
deigma	53.8025	5	10.7605	17.327	<b>0.000000</b>
xronos	7.7259	5	1.5452	2.488	0.058349
Error	15.5255	25	0.6210		

### Μιγματα IN/ kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	309.5901	1	309.5901	840.1462	0.000000
deigma	0.5878	2	0.2939	0.7975	0.477125
xronos	1.9706	5	0.3941	1.0696	0.431845
Error	3.6850	10	0.3685		

### Μιγματα HPMC/chit

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	618.4645	1	618.4645	601.5294	0.000000
deigma	1.2252	2	0.6126	0.5958	0.569547
xronos	4.5345	5	0.9069	0.8821	0.527026
Error	10.2815	10	1.0282		

### Μιγματα chit/ kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	403.1853	1	403.1853	247.2717	0.000000
deigma	10.6632	2	5.3316	3.2699	0.080790
xronos	5.8540	5	1.1708	0.7180	0.624507
Error	16.3054	10	1.6305		

### Duncan's Test

	{1} 5.83 50	{2} 6.75 00	{3} 2.83 50	{4} 5.38 83	{5} 3.89 17	{6} 4.27 50	{7} 4.27 50	{8} 5.61 17	{9} 5.75 17	{10} 6.22 17	{11} 4.55 50	{12} 6.11 00	{13} 4.89 00
1		0.09 3249	<b>0.00</b> 0017	0.41 4862	<b>0.00</b> 0747	<b>0.00</b> 6078	<b>0.00</b> 6614	0.67 2045	0.86 5860	0.46 3373	<b>0.02</b> 3318	0.57 7512	0.09 0433
2	0.09 3249		<b>0.00</b> 0010	<b>0.01</b> 7066	<b>0.00</b> 0012	<b>0.00</b> 0035	<b>0.00</b> 0038	<b>0.04</b> 4309	0.07 3403	0.28 6176	<b>0.00</b> 0151	0.22 4569	<b>0.00</b> 1153
3	0.00 0017	0.00 0010		<b>0.00</b> 0029	<b>0.03</b> 5464	<b>0.00</b> 8046	<b>0.00</b> 6554	<b>0.00</b> 0020	<b>0.00</b> 0018	<b>0.00</b> 0011	<b>0.00</b> 1909	<b>0.00</b> 0018	<b>0.00</b> 0275
4	0.41 4862	0.01 7066	0.00 0029		<b>0.00</b> 7765	<b>0.04</b> 0699	<b>0.04</b> 5445	0.65 0880	0.49 0809	0.14 3377	0.11 3724	0.19 7646	0.31 4168
5	0.00 0747	0.00 0012	0.03 5464	0.00 7765		0.46 7240	0.43 8044	<b>0.00</b> 2445	<b>0.00</b> 1153	<b>0.00</b> 0077	0.22 4985	<b>0.00</b> 0140	0.07 3403
6	0.00 6078	0.00 0035	0.00 8046	0.04 0699	0.46 7240		1.00 0000	<b>0.01</b> 5957	<b>0.00</b> 8644	<b>0.00</b> 0731	0.57 0631	<b>0.00</b> 1344	0.24 3219
7	0.00 6614	0.00 0038	0.00 6554	0.04 5445	0.43 8044	1.00 0000		<b>0.01</b> 7731	<b>0.00</b> 9510	<b>0.00</b> 0791	0.59 5518	<b>0.00</b> 1465	0.26 0854
8	0.67 2045	0.04 4309	0.00 0020	0.65 0880	0.00 2445	0.01 5957	0.01 7731		0.77 6583	0.27 6907	0.05 2224	0.36 2792	0.17 0820
9	0.86 5860	0.07 3403	0.00 0018	0.49 0809	0.00 1153	0.00 8644	0.00 9510	0.77 6583		0.39 0828	<b>0.03</b> 1296	0.49 6800	0.11 4179
10	0.46 3373	0.28 6176	0.00 0011	0.14 3377	0.00 0077	0.00 0731	0.00 0791	0.27 6907	0.39 0828		<b>0.00</b> 3652	0.82 0934	<b>0.01</b> 9745

1	0.02	0.00	0.00	0.11	0.22	0.57	0.59	0.05	0.03	0.00		<b>0.00</b>	0.49
1	3318	0151	1909	3724	4985	0631	5518	2224	1296	3652		<b>6247</b>	7696
1	0.57	0.22	0.00	0.19	0.00	0.00	0.00	0.36	0.49	0.82	0.00		<b>0.03</b>
2	7512	4569	0018	7646	0140	1344	1465	2792	6800	0934	6247		<b>0832</b>
1	0.09	0.00	0.00	0.31	0.07	0.24	0.26	0.17	0.11	0.01	0.49	0.03	
3	0433	1153	0275	4168	3403	3219	0854	0820	4179	9745	7696	0832	

### Συσσωματώματα κόκκων

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	567.3247	1	567.3247	435.7575	<b>0.000000</b>
deigma	124.0224	12	10.3352	7.9384	<b>0.000000</b>
xronos	17.1234	5	3.4247	2.6305	<b>0.032383</b>
Error	78.1157	60	1.3019		

### Μιγματα kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	177.6889	1	177.6889	281.4954	<b>0.000000</b>
deigma	11.0393	5	2.2079	3.4977	<b>0.015597</b>
xronos	1.0856	5	0.2171	0.3440	0.881227
Error	15.7808	25	0.6312		

### Μιγματα IN/kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	78.91867	1	78.91867	398.6217	0.000000
deigma	0.82434	2	0.41217	2.0819	0.175429
xronos	1.52729	5	0.30546	1.5429	0.261298
Error	1.97979	10	0.19798		

### Μιγματα HPMC/chit

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	247.2347	1	247.2347	107.5548	<b>0.000001</b>
deigma	44.1071	2	22.0535	9.5940	<b>0.004720</b>
xronos	27.8473	5	5.5695	2.4229	0.109526
Error	22.9869	10	2.2987		

### Μιγματα chit/kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	115.9765	1	115.9765	52.71441	0.000027
deigma	4.2142	2	2.1071	0.95774	0.416334
xronos	9.7143	5	1.9429	0.88308	0.526464
Error	22.0009	10	2.2001		

### Duncan's Test

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}
	4.94 50	3.22 00	1.50 00	1.77 83	2.00 00	1.89 17	2.39 00	2.11 17	3.17 33	5.83 33	2.44 17	1.72 00	2.05 50
1		<b>0.01</b> 1277	<b>0.00</b> <b>0022</b>	<b>0.00</b> <b>0061</b>	<b>0.00</b> <b>0140</b>	<b>0.00</b> <b>0092</b>	<b>0.00</b> <b>0624</b>	<b>0.00</b> <b>0195</b>	<b>0.01</b> <b>2505</b>	0.18 2672	<b>0.00</b> <b>0665</b>	<b>0.00</b> <b>0052</b>	<b>0.00</b> <b>0168</b>
2	0.01 1277		<b>0.03</b> <b>0531</b>	0.06 7103	0.11 4973	0.08 9176	0.25 8179	0.13 9784	0.94 3845	<b>0.00</b> <b>0339</b>	0.27 1161	0.05 8497	0.12 7196
3	0.00 0022	0.03 0531		0.69 4237	0.50 7741	0.59 4718	0.25 7136	0.43 2138	0.03 4251	<b>0.00</b> <b>0010</b>	0.23 4350	0.73 9718	0.47 0159
4	0.00 0061	0.06 7103	0.69 4237		0.75 4329	0.86 4087	0.42 5876	0.65 9332	0.07 3954	<b>0.00</b> <b>0018</b>	0.39 4098	0.92 9830	0.70 7229
5	0.00 0140	0.11 4973	0.50 7741	0.75 4329		0.87 0027	0.59 6289	0.87 4979	0.12 4456	<b>0.00</b> <b>0018</b>	0.55 8620	0.70 3865	0.93 3830
6	0.00 0092	0.08 9176	0.59 4718	0.86 4087	0.87 0027		0.50 9161	0.76 5523	0.09 7440	<b>0.00</b> <b>0017</b>	0.47 4201	0.80 8600	0.81 7743
7	0.00 0624	0.25 8179	0.25 7136	0.42 5876	0.59 6289	0.50 9161		0.67 4295	0.26 8092	<b>0.00</b> <b>0032</b>	0.93 7834	0.38 9337	0.63 6076
8	0.00 0195	0.13 9784	0.43 2138	0.65 9332	0.87 4979	0.76 5523	0.67 4295		0.14 7319	<b>0.00</b> <b>0023</b>	0.64 1124	0.61 0922	0.93 1829
9	0.01 2505	0.94 3845	0.03 4251	0.07 3954	0.12 4456	0.09 7440	0.26 8092	0.14 7319		<b>0.00</b> <b>0331</b>	0.27 1249	0.06 4871	0.13 6200
10	0.18 2672	0.00 0339	0.00 0010	0.00 0018	0.00 0018	0.00 0017	0.00 0032	0.00 0023	0.00 0331		<b>0.00</b> <b>0039</b>	<b>0.00</b> <b>0011</b>	<b>0.00</b> <b>0019</b>
11	0.00 0665	0.27 1161	0.23 4350	0.39 4098	0.55 8620	0.47 4201	0.93 7834	0.64 1124	0.27 1249	0.00 0039		0.35 8701	0.59 9437
12	0.00 0052	0.05 8497	0.73 9718	0.92 9830	0.70 3865	0.80 8600	0.38 9337	0.61 0922	0.06 4871	0.00 0011	0.35 8701		0.65 7736
13	0.00 0168	0.12 7196	0.47 0159	0.70 7229	0.93 3830	0.81 7743	0.63 6076	0.93 1829	0.13 6200	0.00 0019	0.59 9437	0.65 7736	

### Διασπορά

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	512.9744	1	512.9744	827.6994	<b>0.000000</b>
deigma	49.2006	12	4.1001	6.6156	<b>0.000000</b>
xronos	2.7134	5	0.5427	0.8756	0.502981
Error	37.1856	60	0.6198		

### Μίγματα κC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	142.7228	1	142.7228	437.6599	<b>0.000000</b>
deigma	8.2098	5	1.6420	5.0351	<b>0.002508</b>
xronos	0.8328	5	0.1666	0.5107	0.765468
Error	8.1526	25	0.3261		

### Μίγματα IN/ κC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	73.48761	1	73.48761	274.7212	<b>0.000000</b>
deigma	4.46508	2	2.23254	8.3460	<b>0.007381</b>
xronos	1.22583	5	0.24517	0.9165	0.508226
Error	2.67499	10	0.26750		

### Μιγματα HPMC/chit

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	88.93334	1	88.93334	240.4521	<b>0.000000</b>
deigma	7.69188	2	3.84594	10.3984	<b>0.003610</b>
xronos	5.91409	5	1.18282	3.1980	0.055520
Error	3.69859	10	0.36986		

### Μιγματα chit/ kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	88.93334	1	88.93334	240.4521	<b>0.000000</b>
deigma	7.69188	2	3.84594	10.3984	<b>0.003610</b>
xronos	5.91409	5	1.18282	3.1980	0.055520
Error	3.69859	10	0.36986		

### Duncan's Test

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}
	3.16	1.39	2.00	2.55	1.33	2.50	2.22	3.11	2.89	4.55	2.44	2.83	2.33
	50	00	00	50	50	33	33	17	00	50	33	50	17
1		<b>0.00</b>	<b>0.03</b>	0.24	<b>0.00</b>	0.21	0.08	0.90	0.57	<b>0.00</b>	0.17	0.51	0.12
		<b>1024</b>	<b>2604</b>	0014	<b>0752</b>	0443	3386	7087	3384	<b>3462</b>	7546	5661	2852
2	0.00		0.18	<b>0.02</b>	0.90	<b>0.03</b>	0.08	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.04</b>	<b>0.00</b>	0.06
	1024		4724	<b>7901</b>	4197	<b>3403</b>	7633	<b>1361</b>	<b>5127</b>	<b>0011</b>	<b>0873</b>	<b>6596</b>	1816
3	0.03	0.18		0.29	0.17	0.33	0.62	<b>0.04</b>	0.09	<b>0.00</b>	0.38	0.11	0.49
	2604	4724		4267	2906	2988	5086	<b>0125</b>	9004	<b>0019</b>	2008	7961	6981
4	0.24	0.02	0.29		<b>0.02</b>	0.90	0.52	0.27	0.49	<b>0.00</b>	0.81	0.54	0.66
	0014	7901	4267		<b>2581</b>	9977	4314	1795	2663	<b>0147</b>	9372	0323	0307
5	0.00	0.90	0.17	0.02		<b>0.02</b>	0.07	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.03</b>	<b>0.00</b>	0.05
	0752	4197	2906	2581		<b>7443</b>	8278	<b>1012</b>	<b>3931</b>	<b>0010</b>	<b>4224</b>	<b>5127</b>	3255
6	0.21	0.03	0.33	0.90	0.02		0.58	0.24	0.44	<b>0.00</b>	0.89	0.49	0.72
	0443	3403	2988	9977	7443		1397	1312	6005	<b>0116</b>	5521	6981	5335
7	0.08	0.08	0.62	0.52	0.07	0.58		0.09	0.21	<b>0.00</b>	0.65	0.24	0.81
	3386	7633	5086	4314	8278	1397		9650	3315	<b>0030</b>	2434	7344	2530
8	0.90	0.00	0.04	0.27	0.00	0.24	0.09		0.62	<b>0.00</b>	0.20	0.57	0.14
	7087	1361	0125	1795	1012	1312	9650		7665	<b>3353</b>	5835	1061	4611
9	0.57	0.00	0.09	0.49	0.00	0.44	0.21	0.62		<b>0.00</b>	0.39	0.90	0.29
	3384	5127	9004	2663	3931	6005	3315	7665		<b>1003</b>	0595	4197	1349
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>
	3462	0011	0019	0147	0010	0116	0030	3353	1003		<b>0084</b>	<b>0828</b>	<b>0047</b>
11	0.17	0.04	0.38	0.81	0.03	0.89	0.65	0.20	0.39	0.00		0.44	0.80
	7546	0873	2008	9372	4224	5521	2434	5835	0595	0084		0127	6877
12	0.51	0.00	0.11	0.54	0.00	0.49	0.24	0.57	0.90	0.00	0.44		0.33
	5661	6596	7961	0323	5127	6981	7344	1061	4197	0828	0127		2988
13	0.12	0.06	0.49	0.66	0.05	0.72	0.81	0.14	0.29	0.00	0.80	0.33	
	2852	1816	6981	0307	3255	5335	2530	4611	1349	0047	6877	2988	

### Γεωση

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3924.883	1	3924.883	13488.63	<b>0.000000</b>
deigma	58.748	12	4.896	16.82	<b>0.000000</b>
xronos	17.656	5	3.531	12.14	<b>0.000000</b>
Error	17.459	60	0.291		



### Μιγματα kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2007.040	1	2007.040	27167.69	<b>0.000000</b>
deigma	9.301	5	1.860	25.18	<b>0.000000</b>
xronos	3.420	5	0.684	9.26	<b>0.000044</b>
Error	1.847	25	0.074		

### Μιγματα IN/ kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1112.033	1	1112.033	10620.46	<b>0.000000</b>
deigma	1.225	2	0.613	5.85	<b>0.020777</b>
xronos	2.516	5	0.503	4.81	<b>0.016885</b>
Error	1.047	10	0.105		

### Μιγματα HPMC/chit

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	622.1040	1	622.1040	1833.210	0.000000
deigma	1.4499	2	0.7249	2.136	0.168850
xronos	20.3916	5	4.0783	12.018	<b>0.000574</b>
Error	3.3935	10	0.3394		

### Μιγματα chit/ kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	879.3420	1	879.3420	1726.461	<b>0.000000</b>
deigma	22.2475	2	11.1237	21.840	<b>0.000224</b>
xronos	8.7073	5	1.7415	3.419	<b>0.046378</b>
Error	5.0933	10	0.5093		

### Duncan's Test

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}
	<b>6.27</b> <b>83</b>	<b>6.58</b> <b>50</b>	<b>7.80</b> <b>33</b>	<b>7.36</b> <b>00</b>	<b>8.22</b> <b>00</b>	<b>7.75</b> <b>00</b>	<b>7.61</b> <b>00</b>	<b>5.88</b> <b>83</b>	<b>5.52</b> <b>67</b>	<b>6.22</b> <b>17</b>	<b>7.22</b> <b>17</b>	<b>7.41</b> <b>83</b>	<b>8.33</b> <b>33</b>
1		0.32 8868	<b>0.00</b> <b>0044</b>	<b>0.00</b> <b>1762</b>	<b>0.00</b> <b>0018</b>	<b>0.00</b> <b>0066</b>	<b>0.00</b> <b>0210</b>	0.24 3464	<b>0.02</b> <b>9335</b>	0.85 6339	<b>0.00</b> <b>5050</b>	<b>0.00</b> <b>1199</b>	<b>0.00</b> <b>0017</b>
2	0.32 8868		<b>0.00</b> <b>0718</b>	<b>0.02</b> <b>0661</b>	<b>0.00</b> <b>0025</b>	<b>0.00</b> <b>1077</b>	<b>0.00</b> <b>3529</b>	<b>0.04</b> <b>3581</b>	<b>0.00</b> <b>2599</b>	0.27 7241	<b>0.04</b> <b>5405</b>	<b>0.01</b> <b>5641</b>	<b>0.00</b> <b>0019</b>
3	0.00 0044	0.00 0718		0.21 2417	0.18 6079	0.86 4704	0.56 3444	<b>0.00</b> <b>0017</b>	<b>0.00</b> <b>0017</b>	<b>0.00</b> <b>0032</b>	0.10 6897	0.26 7303	0.11 2859
4	0.00 1762	0.02 0661	0.21 2417		<b>0.01</b> <b>6158</b>	0.26 1103	0.45 4901	<b>0.00</b> <b>0065</b>	<b>0.00</b> <b>0022</b>	<b>0.00</b> <b>1220</b>	0.65 8640	0.85 2163	0.00 7001
5	0.00 0018	0.00 0025	0.18 6079	0.01 6158		0.15 9755	0.07 7631	<b>0.00</b> <b>0017</b>	<b>0.00</b> <b>0011</b>	<b>0.00</b> <b>0017</b>	<b>0.00</b> <b>5644</b>	<b>0.02</b> <b>2859</b>	0.71 7335
6	0.00 0066	0.00 1077	0.86 4704	0.26 1103	0.15 9755		0.65 4790	<b>0.00</b> <b>0018</b>	<b>0.00</b> <b>0017</b>	<b>0.00</b> <b>0043</b>	0.13 6474	0.32 1349	0.09 1672
7	0.00 0210	0.00 3529	0.56 3444	0.45 4901	0.07 7631	0.65 4790		<b>0.00</b> <b>0021</b>	<b>0.00</b> <b>0018</b>	<b>0.00</b> <b>0137</b>	0.26 3159	0.54 0722	0.04 0416
8	0.24 3464	0.04 3581	0.00 0017	0.00 0065	0.00 0017	0.00 0018	0.00 0021		0.25 0218	0.28 8862	<b>0.00</b> <b>0187</b>	<b>0.00</b> <b>0045</b>	<b>0.00</b> <b>0011</b>
9	0.02 9335	0.00 2599	0.00 0017	0.00 0022	0.00 0011	0.00 0017	0.00 0018	0.25 0218		<b>0.03</b> <b>7761</b>	<b>0.00</b> <b>0029</b>	<b>0.00</b> <b>0019</b>	<b>0.00</b> <b>0010</b>
10	0.85 6339	0.27 7241	0.00 0032	0.00 1220	0.00 0017	0.00 0043	0.00 0137	0.28 8862	0.03 7761		<b>0.00</b> <b>3758</b>	<b>0.00</b> <b>0790</b>	<b>0.00</b> <b>0018</b>

1	0.00	0.04	0.10	0.65	0.00	0.13	0.26	0.00	0.00	0.00		0.55	<b>0.00</b>
1	5050	5405	6897	8640	5644	6474	3159	0187	0029	3758		6734	<b>2220</b>
1	0.00	0.01	0.26	0.85	0.02	0.32	0.54	0.00	0.00	0.00	0.55		<b>0.01</b>
2	1199	5641	7303	2163	2859	1349	0722	0045	0019	0790	6734		<b>0379</b>
1	0.00	0.00	0.11	0.00	0.71	0.09	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	
3	0017	0019	2859	7001	7335	1672	0416	0011	0010	0018	2220	0379	

### Άρωμα

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3873.694	1	3873.694	9103.901	<b>0.000000</b>
deigma	64.498	12	5.375	12.632	<b>0.000000</b>
xronos	19.176	5	3.835	9.013	<b>0.000002</b>
Error	25.530	60	0.425		

### Μίγματα kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2007.040	1	2007.040	27167.69	<b>0.000000</b>
deigma	9.301	5	1.860	25.18	<b>0.000000</b>
xronos	3.420	5	0.684	9.26	<b>0.000039</b>
Error	1.847	25	0.074		

### Μίγματα IN/ kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1112.033	1	1112.033	10620.46	<b>0.000000</b>
deigma	1.225	2	0.613	5.85	<b>0.020340</b>
xronos	2.516	5	0.503	4.81	<b>0.015879</b>
Error	1.047	10	0.105		

### Μίγματα HPMC/chit

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	622.1040	1	622.1040	1833.210	0.000000
deigma	1.4499	2	0.7249	2.136	0.168850
xronos	20.3916	5	4.0783	12.018	<b>0.000556</b>
Error	3.3935	10	0.3394		

### Μίγματα chit/ kC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	879.3420	1	879.3420	1726.461	<b>0.000000</b>
deigma	22.2475	2	11.1237	21.840	<b>0.000234</b>
xronos	8.7073	5	1.7415	3.419	<b>0.046568</b>
Error	5.0933	10	0.5093		

### Duncan's Test

	{1} 6.72 00	{2} 6.75 00	{3} 7.88 83	{4} 7.42 00	{5} 8.36 17	{6} 7.64 00	{7} 7.36 00	{8} 5.66 67	{9} 5.27 67	{10} 5.94 67	{11} 7.00 00	{12} 7.50 17	{13} 8.08 17
1		0.93 6859	<b>0.00</b> <b>8078</b>	<b>0.10</b> <b>2334</b>	<b>0.00</b> <b>0231</b>	<b>0.03</b> <b>6397</b>	<b>0.12</b> <b>6329</b>	<b>0.00</b> <b>9458</b>	<b>0.00</b> <b>0603</b>	<b>0.04</b> <b>4483</b>	0.48 8891	0.07 2581	<b>0.00</b> <b>2106</b>
2	0.93 6859		<b>0.00</b> <b>9167</b>	<b>0.10</b> <b>9339</b>	<b>0.00</b> <b>0275</b>	<b>0.04</b> <b>0331</b>	<b>0.13</b> <b>1304</b>	<b>0.00</b> <b>9358</b>	<b>0.00</b> <b>0564</b>	<b>0.04</b> <b>7004</b>	0.50 9479	0.07 9032	<b>0.00</b> <b>2446</b>
3	0.00 8078	0.00 9167		0.26 4452	0.24 1743	0.51 2295	0.21 9185	<b>0.00</b> <b>0017</b>	<b>0.00</b> <b>0017</b>	<b>0.00</b> <b>0028</b>	0.04 0716	0.33 9057	0.60 9695
4	0.10 2334	0.10 9339	0.26 4452		<b>0.02</b> <b>9815</b>	0.58 6688	0.87 4048	<b>0.00</b> <b>0079</b>	<b>0.00</b> <b>0020</b>	<b>0.00</b> <b>0639</b>	0.29 9008	0.82 9178	0.12 2855
5	0.00 0231	0.00 0275	0.24 1743	0.02 9815		0.08 4359	0.02 2368	<b>0.00</b> <b>0011</b>	<b>0.00</b> <b>0010</b>	<b>0.00</b> <b>0018</b>	<b>0.00</b> <b>1938</b>	<b>0.04</b> <b>3974</b>	0.46 0226
6	0.03 6397	0.04 0331	0.51 2295	0.58 6688	0.08 4359		0.50 5595	<b>0.00</b> <b>0025</b>	<b>0.00</b> <b>0017</b>	<b>0.00</b> <b>0130</b>	0.13 5786	0.71 4798	0.27 4728
7	0.12 6329	0.13 1304	0.21 9185	0.87 4048	0.02 2368	0.50 5595		<b>0.00</b> <b>0113</b>	<b>0.00</b> <b>0024</b>	<b>0.00</b> <b>0909</b>	0.34 3090	0.72 6398	0.09 7933
8	0.00 9458	0.00 9358	0.00 0017	0.00 0079	0.00 0011	0.00 0025	0.00 0113		0.30 4661	0.46 0226	<b>0.00</b> <b>1716</b>	<b>0.00</b> <b>0047</b>	<b>0.00</b> <b>0018</b>
9	0.00 0603	0.00 0564	0.00 0017	0.00 0020	0.00 0010	0.00 0017	0.00 0024	0.30 4661		0.09 7442	<b>0.00</b> <b>0092</b>	<b>0.00</b> <b>0018</b>	<b>0.00</b> <b>0011</b>
10	0.04 4483	0.04 7004	0.00 0028	0.00 0639	0.00 0018	0.00 0130	0.00 0909	0.46 0226	0.09 7442		<b>0.01</b> <b>1517</b>	<b>0.00</b> <b>0366</b>	<b>0.00</b> <b>0018</b>
11	0.48 8891	0.50 9479	0.04 0716	0.29 9008	0.00 1938	0.13 5786	0.34 3090	0.00 1716	0.00 0092	0.01 1517		0.23 1727	<b>0.01</b> <b>3431</b>
12	0.07 2581	0.07 9032	0.33 9057	0.82 9178	0.04 3974	0.71 4798	0.72 6398	0.00 0047	0.00 0018	0.00 0366	0.23 1727		0.16 6291
13	0.00 2106	0.00 2446	0.60 9695	0.12 2855	0.46 0226	0.27 4728	0.09 7933	0.00 0018	0.00 0011	0.00 0018	0.01 3431	0.16 6291	

### Συνολική εκτίμηση

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	4126.598	1	4126.598	10649.11	<b>0.000000</b>
deigma	56.179	12	4.682	12.08	<b>0.000000</b>
xronos	19.085	5	3.817	9.85	<b>0.000001</b>
Error	23.250	60	0.388		

### Μίγματα κC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2078.144	1	2078.144	18312.15	<b>0.000000</b>
deigma	13.059	5	2.612	23.01	<b>0.000000</b>
xronos	2.931	5	0.586	5.17	<b>0.002169</b>
Error	2.837	25	0.113		

### Μίγματα IN/ κC-XG

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1179.199	1	1179.199	19551.57	<b>0.000000</b>
deigma	0.646	2	0.323	5.36	<b>0.026220</b>
xronos	2.368	5	0.474	7.85	<b>0.003065</b>
Error	0.603	10	0.060		

**Μιγματα HPMC/chit**

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	721.8733	1	721.8733	1108.978	0.000000
deigma	4.3611	2	2.1806	3.350	0.076993
xronos	20.8441	5	4.1688	6.404	<b>0.006430</b>
Error	6.5094	10	0.6509		

**Μιγματα chit/ kC-XG**

	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	982.7222	1	982.7222	902.7073	0.000000
deigma	7.7141	2	3.8570	3.5430	0.068675
xronos	6.1841	5	1.2368	1.1361	0.402176
Error	10.8864	10	1.0886		

**Duncan's Test**

	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}	{10}	{11}	{12}	{13}
	<b>6.27</b> <b>83</b>	<b>6.55</b> <b>50</b>	<b>7.91</b> <b>83</b>	<b>7.49</b> <b>83</b>	<b>8.27</b> <b>83</b>	<b>7.83</b> <b>33</b>	<b>8.17</b> <b>00</b>	<b>6.63</b> <b>83</b>	<b>6.72</b> <b>17</b>	<b>5.63</b> <b>83</b>	<b>7.16</b> <b>67</b>	<b>7.22</b> <b>00</b>	<b>8.64</b> <b>00</b>
1		0.44 4578	<b>0.00</b> <b>0114</b>	<b>0.00</b> <b>3343</b>	<b>0.00</b> <b>0020</b>	<b>0.00</b> <b>0218</b>	<b>0.00</b> <b>0025</b>	0.35 0988	0.26 8345	0.08 0115	<b>0.02</b> <b>8985</b>	<b>0.02</b> <b>2651</b>	<b>0.00</b> <b>0011</b>
2	0.44 4578		<b>0.00</b> <b>1139</b>	<b>0.02</b> <b>2407</b>	<b>0.00</b> <b>0063</b>	<b>0.00</b> <b>2097</b>	<b>0.00</b> <b>0141</b>	0.81 7534	0.66 6117	<b>0.01</b> <b>7743</b>	0.12 5762	0.10 3918	<b>0.00</b> <b>0018</b>
3	0.00 0114	0.00 1139		0.27 6428	0.35 0988	0.81 3953	0.48 6611	<b>0.00</b> <b>2068</b>	<b>0.00</b> <b>3606</b>	<b>0.00</b> <b>0017</b>	0.06 5487	0.08 0058	<b>0.07</b> <b>0374</b>
4	0.00 3343	0.02 2407	0.27 6428		0.05 5794	0.35 5145	0.09 2407	<b>0.03</b> <b>4621</b>	<b>0.05</b> <b>1314</b>	<b>0.00</b> <b>0027</b>	0.39 0227	0.44 1853	<b>0.00</b> <b>5514</b>
5	0.00 0020	0.00 0063	0.35 0988	0.05 5794		0.26 6539	0.76 4259	<b>0.00</b> <b>0114</b>	<b>0.00</b> <b>0215</b>	<b>0.00</b> <b>0011</b>	<b>0.00</b> <b>7624</b>	<b>0.01</b> <b>0197</b>	0.31 8422
6	0.00 0218	0.00 2097	0.81 3953	0.35 5145	0.26 6539		0.38 3116	<b>0.00</b> <b>3654</b>	<b>0.00</b> <b>6112</b>	<b>0.00</b> <b>0018</b>	0.09 4884	0.11 1858	<b>0.04</b> <b>7787</b>
7	0.00 0025	0.00 0141	0.48 6611	0.09 2407	0.76 4259	0.38 3116		<b>0.00</b> <b>0266</b>	<b>0.00</b> <b>0498</b>	<b>0.00</b> <b>0017</b>	<b>0.01</b> <b>5003</b>	<b>0.01</b> <b>9382</b>	0.22 3189
8	0.35 0988	0.81 7534	0.00 2068	0.03 4621	0.00 0114	0.00 3654	0.00 0266		<b>0.81</b> <b>7534</b>	<b>0.01</b> <b>1952</b>	0.17 0873	0.14 5594	<b>0.00</b> <b>0020</b>
9	0.26 8345	0.66 6117	0.00 3606	0.05 1314	0.00 0215	0.00 6112	0.00 0498	0.81 7534		<b>0.00</b> <b>7556</b>	0.22 0565	0.19 6496	<b>0.00</b> <b>0023</b>
10	0.08 0115	0.01 7743	0.00 0017	0.00 0027	0.00 0011	0.00 0018	0.00 0017	0.01 1952	0.00 7556		<b>0.00</b> <b>0225</b>	<b>0.00</b> <b>0161</b>	<b>0.00</b> <b>0010</b>
11	0.02 8985	0.12 5762	0.06 5487	0.39 0227	0.00 7624	0.09 4884	0.01 5003	0.17 0873	0.22 0565	0.00 0225		0.88 2616	<b>0.00</b> <b>0441</b>
12	0.02 2651	0.10 3918	0.08 0058	0.44 1853	0.01 0197	0.11 1858	0.01 9382	0.14 5594	0.19 6496	0.00 0161	0.88 2616		<b>0.00</b> <b>0637</b>
13	0.00 0011	0.00 0018	0.07 0374	0.00 5514	0.31 8422	0.04 7787	0.22 3189	0.00 0020	0.00 0023	0.00 0010	0.00 0441	0.00 0637	

PCA

Factor coordinates of the variables, based on correlations (Spreadsheet1)

	<b>Factor 1</b>	<b>Factor 2</b>	<b>Factor 3</b>	<b>Factor 4</b>
<b>sklhr</b>	0.390295	<b>-0.742345</b>	-0.368789	0.289254
<b>komm</b>	0.353737	<b>-0.726154</b>	-0.446759	0.281930
<b>proskol</b>	<b>-0.691913</b>	0.430780	-0.079673	-0.201234
<b>synekt</b>	-0.303350	0.169092	-0.654611	-0.084195
<b>sklhr cyl</b>	0.281727	<b>-0.808928</b>	-0.017803	0.173737
<b>komm cyl</b>	<b>0.683710</b>	-0.049568	0.471999	-0.189177
<b>proskol cyl</b>	-0.536486	0.012638	-0.640519	-0.150353
<b>synekt cyl</b>	0.171317	-0.104788	-0.405748	-0.667786
<b>DE</b>	0.367823	0.324473	-0.262979	-0.288287
<b>lkswdes</b>	0.370216	-0.112299	0.522501	-0.304721
<b>S.E.</b>	0.914914	0.075914	-0.105039	0.109323
<b>Xrwma</b>	0.600178	0.058519	-0.182768	-0.023506
<b>Osmi</b>	<b>0.789751</b>	0.215768	-0.253805	-0.078381
<b>Geysh</b>	<b>0.892557</b>	0.197389	-0.061051	0.070837
<b>Arwma</b>	<b>0.841282</b>	0.219651	0.012120	0.118883
<b>Epif. Anwm</b>	<b>-0.720232</b>	-0.234464	0.002726	-0.381066
<b>Susswm</b>	<b>-0.833050</b>	-0.012726	0.078401	0.179136
<b>En.Maza (k)</b>	0.490752	-0.225531	-0.010014	-0.508428
<b>Kollwd (K)</b>	-0.280519	-0.344624	0.363796	-0.033871
<b>Reust (K)</b>	0.188784	<b>0.578536</b>	-0.364571	0.214741
<b>Syn (st)</b>	-0.007212	-0.128570	0.163032	-0.567804
<b>Kollwd (st)</b>	-0.270344	-0.351864	-0.370252	-0.513263
<b>Komm (st)</b>	-0.445554	-0.338294	0.264520	-0.032120
<b>Susswm (st)</b>	<b>-0.728085</b>	0.143770	0.160401	0.261184
<b>Lipar</b>	-0.489539	-0.106159	-0.386221	0.254156