



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

**Μελέτη ενσωμάτωσης χρωστικών, γλυκαντικών και
αρωματικών παραγόντων σε τσίχλα**

Διπλωματική Εργασία
Νικολουδάκη Ασπασία

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια
Τζιά Κωνσταντίνα

Αθήνα 2015

Ευχαριστίες

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

Αναγνωρίζοντας την πολύτιμη βοήθεια της Δρ. Χαρίκλειας Χρανιώτη και της Δρ. Βιργινίας Γιάννου, τις ευχαριστώ θερμά για την προθυμία τους, την ουσιαστική βοήθεια που μου παρείχαν και το εξαιρετικό κλίμα. Επίσης ευχαριστώ τους υποψήφιους διδάκτορες Σοφία Χανιώτη, Βασιλική Πολυχινιάτου, Παναγιώτη Σφακιανάκη και Παρασκευή Σιαμανδούρα, για τη βοήθεια, τις συμβουλές και την καθοδήγησή τους σε όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας μου.

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

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την οικογένειά μου και τους κοντινούς μου ανθρώπους για τη συμπαράσταση, την αγάπη και την υποστήριξή τους.

Ευχαριστώ την εταιρεία Cadbury Hellas για την παραχώρηση του κόμμεος βάσης και την Vioyl για την παραχώρηση των αιθέριων ελαίων.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία είχε δύο αντικείμενα μελέτης. Μελετήθηκε καταρχήν η επίδραση της σακχαρόζης και των εναλλακτικών γλυκαντικών, της σορβιτόλης και των γλυκοζιτών στεβιόλης, σε δείγματα τσίγλας με αιθέριο έλαιο μάραθου και λεμονιού με παράλληλη εξέταση των αντικειμενικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων. Τα αντικειμενικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων με σακχαρόζη και σορβιτόλη που εξετάστηκαν ήταν: η υφή (σκληρότητα, προσκολλησιμότητα, συνεκτικότητα, κομμιώδες) και η χημική σύσταση των αιθέριων ελαίων μάραθου και λεμονιού για χρονικό διάστημα 8 εβδομάδων σε ακραία θερμοκρασία 40 °C και για 12 εβδομάδες σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 25 °C. Στα δείγματα τσίγλας με γλυκοζίτες στεβιόλης εξετάστηκε (και συγκρίθηκε με την αντίστοιχη υφή των δειγμάτων σακχαρόζης και σορβιτόλης) η υφή (σκληρότητα, προσκολλησιμότητα, συνεκτικότητα, κομμιώδες) για χρονικό διάστημα 12 εβδομάδων σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 25 °C και προσδιορίστηκε η έκκριση γλυκοζιτών στεβιόλης στο σίελο καταναλωτή.

Επίσης, μελετήθηκε η επίδραση εγκλεισμένων και μη φυσικών χρωστικών σε μία σειρά φορέων εγκλεισμού σε δείγματα τσίγλας, όσον αφορά τα αντικειμενικά και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους. Τα αντικειμενικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων τσίγλας που εξετάστηκαν ήταν το επιφανειακό χρώμα (σε κλίμακα L, a, b) και η υφή (σκληρότητα, προσκολλησιμότητα, συνεκτικότητα, κομμιώδες) κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Όλα τα δείγματα συσκευάστηκαν και αποθηκεύτηκαν για χρονικό διάστημα 14 ημερών σε ακραία θερμοκρασία 40 °C και σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 25 °C. Οι φυσικές χρωστικές που επιλέχθηκαν να μελετηθούν είναι εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης και εκχύλισμα παντζαριού. Οι φορείς εγκλεισμού που χρησιμοποιήθηκαν ήταν αραβικό κόμμα, μαλτοδεξτρίνη, συνδυασμός αραβικού κόμμεος και τροποποιημένου αμύλου, συνδυασμός τροποποιημένου αμύλου με μαλτοδεξτρίνη και χιτοζάνη, συνδυασμός χιτοζάνης με τροποποιημένο άμυλο, και συνδυασμός τροποποιημένου αμύλου και χιτοζάνης

Από τα πειραματικά αποτελέσματα αποδείχθηκε πως η σκληρότητα των δειγμάτων τσίγλας με σακχαρόζη αυξάνεται ελαφρώς κατά τη διάρκεια αποθήκευσης και στις δύο θερμοκρασίες, ενώ τα δείγματα με σορβιτόλη παρουσιάζουν μία μέγιστη σκληρότητα κατά την τρίτη εβδομάδα αποθήκευσής τους και στις δύο θερμοκρασίες. Συνολικά, η σκληρότητα των δειγμάτων με σορβιτόλη ήταν μεγαλύτερη από εκείνη των δειγμάτων με σακχαρόζη. Τα δείγματα με σακχαρόζη δεν εμφάνισαν ιδιαίτερη προσκολλησιμότητα, σε αντίθεση με τα δείγματα με σορβιτόλη που ήταν ιδιαίτερα κολλώδη. Από την ανάλυση της χημικής σύστασης

προέκυψε ότι στους 40 °C υποβαθμίστηκε η ποσότητα των αρωματικών τόσο για το αιθέριο έλαιο μάραθου, αλλά και του λεμονιού. Η οργανοληπτική εξέταση των διαφόρων χαρακτηριστικών των δειγμάτων τσίγλας με σακχαρόζη και σορβιτόλη έδειξε πως το γευστικό προφίλ τους και η αρωματική επίδραση των αιθέριων ελαίων υποβαθμίζονται σταδιακά, χωρίς ωστόσο αυτά να απορρίπτονται σε καμία από τις δύο θερμοκρασίες αποθήκευσης. Η εμφάνιση των δειγμάτων δεν αλλοιώθηκε σημαντικά στο χρονικό διάστημα μελέτης. Σε συνολικό επίπεδο εξέτασης, προτιμώμενο άρωμα στα δείγματα με σακχαρόζη κρίθηκε το αιθέριο έλαιο λεμονιού, ενώ στα δείγματα με σορβιτόλη το αιθέριο έλαιο μάραθου.

Αναφορικά με τα δείγματα τσίγλας με γλυκοζίτες στεβιόλης που μελετήθηκαν βρέθηκε ότι η σκληρότητά τους δεν παρουσίαζε σημαντικές διακυμάνσεις μέχρι την 7^η εβδομάδα, μετά την οποία εμφάνισε μία σταδιακή μείωση. Επίσης αυτά δεν εμφάνισαν αξιοσημείωτη προσκολλησιμότητα, όπως συνέβη και με τα δείγματα τσίγλας με σακχαρόζη. Από την παραλαβή σιέλου και τον προσδιορισμό των γλυκοζιτών στεβιόλης, βρέθηκε ότι κατά τη μάσηση των δειγμάτων η συγκέντρωση γλυκοζιτών στεβιόλης ήταν 0,00003275g/mL σιέλου. Η οργανοληπτική εξέταση των διαφόρων χαρακτηριστικών των δειγμάτων τσίγλας με γλυκοζίτες στεβιόλης έδειξε πως το γευστικό προφίλ τους και η αρωματική επίδραση του αιθέριου ελαίου υποβαθμίζονται σταδιακά, χωρίς ωστόσο να απορρίπτονται στη χρονική διάρκεια της μελέτης. Η εμφάνιση των δειγμάτων δεν αλλοιώθηκε σημαντικά.

Στο δεύτερο μέρος των πειραμάτων σχετικά με τις φυσικές χρωστικές ουσίες αποδείχθηκε πως ο φορέας εγκλεισμού επηρεάζει σημαντικά το χρώμα και τη σταθερότητά του, αλλά και την υφή των δειγμάτων, ενώ οι τιμές των χαρακτηριστικών της υφής διατηρούνται σχεδόν αναλλοίωτες κατά τη διάρκεια αποθήκευσης, ενώ δεν συμβαίνει το ίδιο με το χρώμα των δύο εκχυλισμάτων χρωστικών. Το εκχύλισμα από κρόκο Κοζάνης παρουσιάζει σταθερή συμπεριφορά και δεν μεταβάλλεται στις δύο συνθήκες αποθήκευσης. Αντίθετα, τα δείγματα με χρωστική από εκχύλισμα παντζαριού κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία εμφάνισαν αλλοίωση, το αρχικό ροζ χρώμα απέκτησε μία καφέ απόχρωση. Αποτελεσματικότερος φορέας εγκλεισμού και για τις δύο χρωστικές αποδείχθηκε η μαλτοδεξτρίνη, με το συνδυασμό αραβικού κόμμεος και τροποποιημένου αμύλου να ακολουθεί, ενώ ο συνδυασμός μαλτοδεξτρίνης με τροποποιημένο άμυλο και χιτοζάνη κρίθηκε ο λιγότερο κατάλληλος φορέας εγκλεισμού χρωστικών σε δείγματα τσίγλας.

Περιεχόμενα

Περίληψη	3
Περιεχόμενα.....	5
ΜΕΡΟΣ Ι.....	11
Εισαγωγή.....	11
Κεφάλαιο 1: Η Τσίχλα	13
1.1 Ιστορική αναδρομή.....	13
1.2 Η σύγχρονη τσίχλα	14
Κεφάλαιο 2: Τεχνολογία	16
2.1 Πρώτες ύλες.....	16
2.2 Βιομηχανική παραγωγή τσίχλας	30
Κεφάλαιο 3: Τάσεις - Νέα προϊόντα	35
3.1 Χρωστικές	35
3.2 Αρωματικές ουσίες.....	46
3.3 Η τσίχλα ως μέσο πρόσληψης βιοενεργών και φαρμακευτικών ουσιών	51
ΜΕΡΟΣ ΙΙ	53
Κεφάλαιο 4: Πειραματικό Μέρος	53
4.1 Σκοπός.....	53
4.2 Συσκευές, όργανα και υλικά	55
4.3 Πειραματική Διαδικασία	56
4.4 Μετρήσεις και αναλύσεις.....	62
4.5 Σχεδιασμός πειραμάτων και στατιστική επεξεργασία	69
Κεφάλαιο 5: Αποτελέσματα και Συζήτηση	72
5.1 Αποτελέσματα πρώτου σκέλους 1 ^{ης} σειράς Πειραμάτων: Επίδραση γλυκαντικών στα αντικειμενικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά της τσίχλας με άρωμα λεμόνι και άρωμα μάραθου.....	72

5.2 Αποτελέσματα δεύτερου σκέλους 1 ^{ης} σειράς Πειραμάτων: Επίδραση εναλλακτικών γλυκαντικών στα αντικειμενικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά της τσίχλας	92
5.3 Αποτελέσματα 2 ^{ης} σειράς Πειραμάτων: Επίδραση φυσικών χρωστικών στα αντικειμενικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά της τσίχλας.....	100
Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα και προτάσεις	136
6.1 Συμπεράσματα	136
6.2 Προτάσεις για το μέλλον	137
Βιβλιογραφία	139
Παράρτημα.....	143

Ευρετήριο εικόνων

Εικόνα 1: Αναπαράσταση μορίων: D-γλυκικόλη (σορβιτόλη), D-μαννιτόλη, Ξυλιτόλη	24
Εικόνα 2: Δομή των γλυκοζιτών της στεβιόλης (Χρανιώτη 2014)	27
Εικόνα 3:Αναπαράσταση μορίου λεκιθίνης	29
Εικόνα 4: Τυπικό διάγραμμα ροής βιομηχανικής παραγωγής τσίχλας	32
Εικόνα 5: <i>Διάταξη μηχανής συνεχούς παραγωγής τσίχλας ευρεσιτεχνία US 5976581 A</i>	34
Εικόνα 6: <i>Τα άνθη του φυτού Crocus Sativus-διακρίνονται τα στίγματα</i>	37
Εικόνα 7: Στίγματα κρόκου Κοζάνης.....	37
Εικόνα 8: Αναπαράσταση του μορίου της Κροκίνης (Dictionary of Nutraceuticals and Functional Foods, Eskin N.A.M, Tamir S., 2006)	39
Εικόνα 9: Αναπαράσταση μορίου βήτα ξανθίνη.....	40
Εικόνα 10: Αναπαράσταση του μορίου βήτα κυανιδίνης	40
Εικόνα 11: Αραβικό κόμμι έτοιμο να συλλεχθεί από το φλοιό δέντρου Acacia Senegal.....	43
Εικόνα 12: Αναπαράσταση του μορίου της χιτοζάνης (Food Carbohydrates Chemistry Physical Properties and Applications, Cui S., 2005).....	44
Εικόνα 13: Αναπαράσταση του μορίου της χιτίνης (Food Carbohydrates Chemistry Physical Properties and Applications, Cui S., 2005)	44
Εικόνα 14: Ανάλυση χρωματικών παραμέτρων συστήματος CIELab.....	64

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1: Παραγωγή ζαχαροκάλαμου, ζαχαρότευτλων και σακχαρόζης το 1999 (σε χιλιάδες τόνους).....	18
Πίνακας 2: Σχετική γλυκύτητα σακχαρόζης με τα άλλα γλυκαντικά.....	19
Πίνακας 3: Δομή και γλυκαντική ισχύς των κυριότερων γλυκοζιτών της στεβιόλης (Χρανιώτη 2014)	28
Πίνακας 4: Δομή κυριότερων συστατικών αιθέριου ελαίου μάραθου. (Χρανιώτη X., 2014)	49
Πίνακας 5: Περιεκτικότητα σε βιταμίνες και ανόργανα στοιχεία του λεμονιού	51
Πίνακας 6: Ποσότητες πρώτων υλών για τη παρασκευή κάθε σειράς δειγμάτων με φυσικές χρωστικές.....	61
Πίνακας 7: Έντυπο Οργανοληπτικού Ελέγχου.....	68
Πίνακας 8: Κωδικοποίηση δειγμάτων 1ης σειράς Πειραμάτων.....	70
Πίνακας 9: Κωδικοποίηση δειγμάτων 2ης σειράς Πειραμάτων.....	71
Πίνακας 10: Κύριες αρωματικές ενώσεις στο μάραθο και στο λεμόνι και ο χρόνος έκλουσής τους.....	80
Πίνακας 11: Συγκέντρωση γλυκοζιτών στεβιόλης(g/mL σιέλου).....	96

Ευρετήριο Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Τυπικό διάγραμμα δύναμης-χρόνου.....	63
Διάγραμμα 2: Μεταβολή σκληρότητας δειγμάτων τσίχλας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.....	73
Διάγραμμα 3: Μεταβολή σκληρότητας δειγμάτων τσίχλας κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία.....	74
Διάγραμμα 4: Μεταβολή προσκολλησιμότητας δειγμάτων τσίχλας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.....	75
Διάγραμμα 5: Μεταβολή προσκολλησιμότητας δειγμάτων τσίχλας κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία.....	76
Διάγραμμα 6: Μεταβολή συνεκτικότητας δειγμάτων τσίχλας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.....	76
Διάγραμμα 7: Μεταβολή συνεκτικότητας δειγμάτων τσίχλας κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία.....	77
Διάγραμμα 8: Μεταβολή κομμιάδους δειγμάτων τσίχλας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.....	78
Διάγραμμα 9: Μεταβολή κομμιάδους δειγμάτων τσίχλας κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία.....	79
Διάγραμμα 10: Μεταβολή συγκέντρωσης των αρωματικών ουσιών λιμονένιο και dI-λιμονένιο σε δείγματα τσίχλας με σακχαρόζη και αιθέριο έλαιο λεμονιού κατά την αποθήκευσή τους σε διάστημα 8 εβδομάδων.....	81
Διάγραμμα 11: Μεταβολή συγκέντρωσης των αρωματικών ουσιών λιμονένιο και dI-λιμονένιο σε δείγματα τσίχλας με σορβιτόλη (χωρίς σακχαρόζη) και αιθέριο έλαιο λεμονιού κατά την αποθήκευσή τους σε διάστημα 8 εβδομάδων.....	81
Διάγραμμα 12: Μεταβολή συγκέντρωσης των αρωματικών ουσιών Φενχόνη Εστραγόλη και Ανηθόλη σε δείγματα τσίχλας με σακχαρόζη και αιθέριο έλαιο μάραθου κατά την αποθήκευσή τους σε διάστημα 8 εβδομάδων.....	82

Διάγραμμα 13: Μεταβολή συγκέντρωσης των αρωματικών ουσιών Φενχόνη Εστραγόλη και Ανηθόλη σε δείγματα τσίχλας χωρίς σακχαρόζη και αιθέριο έλαιο μάραθου κατά την αποθήκευσή τους σε διάστημα 8 εβδομάδων.....	83
Διάγραμμα 14: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίχλας με σακχαρόζη και αιθέριο έλαιο λεμονιού κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.....	84
Διάγραμμα 15: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίχλας με σακχαρόζη και αιθέριο έλαιο μάραθου κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.....	85
Διάγραμμα 16: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίχλας χωρίς σακχαρόζη και αιθέριο έλαιο λεμονιού κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.....	85
Διάγραμμα 17: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίχλας χωρίς σακχαρόζη και αιθέριο έλαιο μάραθου κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.....	86
Διάγραμμα 18: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίχλας με σακχαρόζη και αιθέριο έλαιο λεμονιού κατά την αποθήκευσή σε ακραία θερμοκρασία.....	86
Διάγραμμα 19: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίχλας με σακχαρόζη και αιθέριο έλαιο μάραθου κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία.....	87
Διάγραμμα 20: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίχλας χωρίς σακχαρόζη και αιθέριο έλαιο λεμονιού κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία.....	87
Διάγραμμα 21: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίχλας χωρίς σακχαρόζη και αιθέριο έλαιο μάραθου κατά την αποθήκευσή σε ακραία θερμοκρασία.....	88
Διάγραμμα 22: Ανάλυση συσχέτισης των μελετώμενων μεταβλητών για τα δείγματα του Πειράματος 1.....	89
Διάγραμμα 23: Μεγέθυνση της αριστερής πλευράς του διαγράμματος 22.....	89
Διάγραμμα 24: Ανάλυση συσχέτισης των δειγμάτων του Πειράματος 1.....	90
Διάγραμμα 25: Μεγέθυνση της περιοχής (-1-6,-2-1) του Διαγράμματος 24.....	91
Διάγραμμα 26: Μεγέθυνση της περιοχής (-5-4,1-3) του Διαγράμματος 24.....	91
Διάγραμμα 27: Μεταβολή σκληρότητας δειγμάτων τσίχλας με σακχαρόζη, με σορβιτόλη (χωρίς σακχαρόζη) και με γλυκοζίτες στεβιόλης κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.....	93
Διάγραμμα 28: Μεταβολή προσκολλησιμότητας δειγμάτων τσίχλας με σακχαρόζη, με σορβιτόλη (χωρίς σακχαρόζη) και με γλυκοζίτες στεβιόλης κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.....	93
Διάγραμμα 29: Μεταβολή συνεκτικότητας δειγμάτων τσίχλας με σακχαρόζη, με σορβιτόλη (χωρίς σακχαρόζη) και με γλυκοζίτες στεβιόλης κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.....	94
Διάγραμμα 30: Μεταβολή κομμώδους δειγμάτων τσίχλας με σακχαρόζη, με σορβιτόλη (χωρίς σακχαρόζη) και με γλυκοζίτες στεβιόλης κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.....	95
Διάγραμμα 31: Πρότυπη εργαστηριακή καμπύλη αναφοράς για προσδιορισμό γλυκοζιτών στεβιόλης ύστερα από ανάλυση HPLC.....	95
Διάγραμμα 32: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίχλας με γλυκοζίτες στεβιόλης και αιθέριο έλαιο λεμονιού κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.....	96
Διάγραμμα 33: Ανάλυση συσχέτισης των μελετώμενων μεταβλητών για τα δείγματα του δεύτερου σκέλους της 1ης σειράς Πειραμάτων.....	97
Διάγραμμα 34: Μεγέθυνση του δεύτερου τεταρτημορίου του Διαγράμματος 33.....	98
Διάγραμμα 35: Ανάλυση συσχέτισης των δειγμάτων του δεύτερου σκέλους της πρώτης σειράς Πειραμάτων.....	99
Διάγραμμα 36: Μεγέθυνση του τμήματος (0-6,-1-3) του Διαγράμματος 35.....	99
Διάγραμμα 37: Μεταβολή παράγοντα φωτεινότητας L για τα δείγματα τσίχλας με εκχύλισμα παντζαριού κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.....	100
Διάγραμμα 38: Μεταβολή παράγοντα φωτεινότητας L για τα δείγματα τσίχλας με εκχύλισμα παντζαριού κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία.....	101
Διάγραμμα 39: Μεταβολή παράγοντα φωτεινότητας L για τα δείγματα τσίχλας με εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.....	102
Διάγραμμα 40: Μεταβολή παράγοντα φωτεινότητας L για τα δείγματα τσίχλας με εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία.....	102
Διάγραμμα 41: Μεταβολή παράγοντα a για τα δείγματα τσίχλας με εκχύλισμα παντζαριού κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.....	103
Διάγραμμα 42: Μεταβολή παράγοντα a για τα δείγματα τσίχλας με εκχύλισμα παντζαριού κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία.....	104
Διάγραμμα 43: Μεταβολή παράγοντα b για τα δείγματα τσίχλας με εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.....	105
Διάγραμμα 44: Μεταβολή παράγοντα b για τα δείγματα τσίχλας με εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία.....	105

Διάγραμμα 73: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας με εγκλεισμένες χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα παντζαριού σε τροποποιημένο άμυλο-μαλτοδεξτρίνη-χιτοζάνη κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία.....	124
Διάγραμμα 74: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας με εγκλεισμένες χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα παντζαριού σε τροποποιημένο άμυλο-χιτοζάνη κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία	125
Διάγραμμα 75: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας με εγκλεισμένες χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα παντζαριού σε μαλτοδεξτρίνη κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία.....	125
Διάγραμμα 76: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας με χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα παντζαριού κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία.....	126
Διάγραμμα 77: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας με εγκλεισμένες χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης σε αραβικό κόμμι κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.....	126
Διάγραμμα 78: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας με εγκλεισμένες χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης σε αραβικό κόμμι-τροποποιημένο άμυλο κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος	127
Διάγραμμα 79: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας με εγκλεισμένες χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης σε τροποποιημένο άμυλο-μαλτοδεξτρίνη-χιτοζάνη κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.....	127
Διάγραμμα 80: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας με εγκλεισμένες χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης σε τροποποιημένο άμυλο-χιτοζάνη κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος	128
Διάγραμμα 81: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας με εγκλεισμένες χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης σε μαλτοδεξτρίνη κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.....	128
Διάγραμμα 82: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας με χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.....	129
Διάγραμμα 83: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας με εγκλεισμένες χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης σε αραβικό κόμμι κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία.....	129
Διάγραμμα 84: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας με εγκλεισμένες χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης σε αραβικό κόμμι-τροποποιημένο άμυλο κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία	130
Διάγραμμα 85: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας με εγκλεισμένες χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης σε τροποποιημένο άμυλο-μαλτοδεξτρίνη-χιτοζάνη κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία.....	130
Διάγραμμα 86: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας με εγκλεισμένες χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης σε τροποποιημένο άμυλο-χιτοζάνη κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία.....	131
Διάγραμμα 87: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας με εγκλεισμένες χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης σε μαλτοδεξτρίνη κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία.....	131
Διάγραμμα 88: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας με χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία.....	132
Διάγραμμα 89: Ανάλυση συσχέτισης των μελετώμενων μεταβλητών για τα δείγματα του Πειράματος 2.....	133
Διάγραμμα 90: Μεγέθυνση του δευτέρου τεταρτημόριου του Διαγράμματος 89.....	133
Διάγραμμα 91: Ανάλυση συσχέτισης των δειγμάτων του Πειράματος 2.....	134
Διάγραμμα 92: Μεγέθυνση του τμήματος (-3-0,-1,5-2) του Διαγράμματος 91	135
Διάγραμμα 93: Μεγέθυνση του τμήματος(-1,6-2,-0,4-3,2) του διαγράμματος 91	135

ΜΕΡΟΣ Ι

Εισαγωγή

Η μάσηση τσίγλας είναι στενά συνδεδεμένη με την ανθρώπινη ιστορία, καθώς ευρήματα μαρτυρούν την πρώτη μορφή τσίγλας ήδη από το 9000 π.Χ. Το πέρασμα στη σύγχρονη μορφή έγινε με μικρά καθοριστικά βήματα κυρίως το 19^ο και 20^ο αιώνα, χωρίς να απουσιάζουν οι ενδιάμεσες αναφορές από αρχαίους και μεσαιωνικούς πληθυσμούς. Κοινό χαρακτηριστικό των αναφορών, η παραλαβή ρητίνης από διαφορετικά δέντρα, ενδημικά σε κάθε περιοχή. Σε ορισμένες περιπτώσεις οι άνθρωποι μασούσαν απευθείας τη ρητίνη, ενώ σε άλλες έχει καταγραφεί η μάσηση έπειτα από θέρμανση. Η διαφοροποίηση αφορά στο είδος της ρητίνης και τις συνήθειες του εκάστοτε λαού, ενώ αυτό που δεν άλλαζε ήταν η διατροφική αξία της τσίγλας. Η διαδικασία δεν προσέδιδε κανένα θρεπτικό στοιχείο στον άνθρωπο, αλλά ήταν ευχάριστη και ξεχωριστή.

Το αίσθημα αυτό έχει παραμείνει αμετάβλητο ακόμα και σήμερα, ίσως έτσι είναι στη φύση του ανθρώπου. Σύγχρονες μελέτες έχουν δείξει ότι πέραν της ευχαρίστησης και της διέγερσης που προκαλεί σε τμήματα του εγκεφάλου, η μάσηση τσίγλας βοηθά στην αύξηση της συγκέντρωσης του καταναλωτή κατά την εκτέλεση απαιτητικής πνευματικής εργασίας. Συχνά, συγκρίνεται με την καφεΐνη ως διεγερτικός παράγοντας και θεωρείται παράγοντας μείωσης του άγχους. Κατά τη μάσηση τσίγλας παράγεται ποσότητα σάλιου που διευκολύνει την πέψη στους υγιείς οργανισμούς και κινητοποιεί το γαστρεντερικό σωλήνα, ενώ σε συγκεκριμένες κλινικές περιπτώσεις έχει αποδειχθεί πως βοηθά στην ταχύτερη μετεγχειρητική ανάρρωση ασθενών. Τα παραπάνω πλεονεκτήματα έρχονται σε αντίθεση με την πλήρη έλλειψη μειονεκτημάτων. Πέρα των μηδαμινών περιπτώσεων προσκόλλησης της τσίγλας σε κάποιο ιστό εφόσον κάποιος την καταπιεί, δεν αναφέρονται άλλες επιπτώσεις στον οργανισμό.

Επομένως δεν προκαλεί ερωτήματα η άνθιση της παγκόσμιας βιομηχανίας τσίγλας και η διαρκής ανανέωση της ποικιλίας των προϊόντων, όπου δημιουργούνται νέες γεύσεις και διαρκώς βελτιωμένες συνθέσεις προκειμένου να διατηρείται περισσότερο το άρωμα και η αίσθηση φρεσκάδας στη στοματική κοιλότητα του καταναλωτή. Κάθε εταιρεία που δραστηριοποιείται στον κλάδο διαθέτει δικά της εργαστήρια έρευνας και ανάπτυξης νέων

προϊόντων, με το ιδιαίτερο βάρος να ρίχνεται στη δημιουργία τσίγλας με θρεπτικό ή φαρμακευτικό ενδιαφέρον. Ακόμη, η στροφή των καταναλωτών σε ουσίες που προέρχονται αποκλειστικά από φυσικές πηγές, έχει δημιουργήσει την ανάγκη για αντικατάσταση των χημικών ουσιών (χρωστικές) από αντίστοιχες φυτικής προέλευσης.

Η διασφάλιση της ποιότητας του τελικού προϊόντος δεν είναι ιδιαίτερα απαιτητική, συγκρινόμενη με άλλα προϊόντα της βιομηχανίας τροφίμων. Οι άριστες πρώτες ύλες και η πλήρως αυτοματοποιημένη διαδικασία συντελούν στη δημιουργία ενός υποδειγματικού σταθερού τελικού προϊόντος. Η απουσία νερού από την τσίγλα, απομακρύνει τον κίνδυνο επιμόλυνσης και ανάπτυξης μικροοργανισμών, με μόνο κίνδυνο την υποβάθμιση των αρωματικών ουσιών καθώς αποθηκεύεται αεροστεγώς σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, μελετήθηκε η επίδραση των εναλλακτικών γλυκαντικών σε δείγματα τσίγλας και η επίδρασή τους στις αντικειμενικές και οργανοληπτικές τους ιδιότητες. Επίσης, μελετήθηκε η επίδραση φυσικών χρωστικών που προστέθηκαν σε δείγματα τσίγλας σε εγκλεισμένη μορφή με πέντε διαφορετικούς φορείς μικροεγκλεισμού.

Κεφάλαιο 1: Η Τσίγλα

1.1 Ιστορική αναδρομή

Η ρητίνη ορισμένων δέντρων χρησιμοποιήθηκε πολύ νωρίς από τον άνθρωπο, είτε για τη βελτίωση της γεύσης του, είτε για ιατρικούς σκοπούς. Στην αρχαία Ελλάδα, η ρητίνη, που ονομάστηκε μαστίχα, προερχόταν από το δέντρο *Pistacia lentiscus* ποικιλίας Chia όπως είναι η επίσημη ονομασία του ή μαστιχοφόρος σκίνος όπως είναι ευρέως γνωστό. Οι Μάγια και οι Αζτέκοι τραυματίζοντας το φλοιό του δέντρου *Sapodilla* παρελάμβαναν το χυμό του δέντρου και ύστερα από μία επεξεργασία μασούσαν τα πρώτα κομμάτια τσίγλας (μετά το βρασμό του χυμού το ιξώδες του αυξάνεται και μετατρέπεται σε μία πηκτή που μπορεί να τεμαχιστεί). Στη Βόρεια Αμερική ιθαγενείς μασούσαν τη ρητίνη από τα έλατα για βελτίωση της αναπνοής ή για να καταπολεμήσουν τη δίψα τους. Μέσω των ιθαγενών Ινδιάνων η συνήθεια της μασήσης τσίγλας μεταβιβάστηκε στους πρώτους ευρωπαίους αποίκους που έβρισκαν ιδιαίτερα απολαυστική τη διαδικασία.

Το εμπόριο της τσίγλας ξεκινά το 1848, όταν ο John B. Curtis και ο γιος του John Bacon σκέφτηκαν να συσκευάσουν την επεξεργασμένη ρητίνη από τα έλατα και να την πωλήσουν - νωρίτερα μόνο όποιος είχε πρόσβαση στα δέντρα ήταν δυνατό να απολαύσει το κομμιώδες αυτό προϊόν. Προκειμένου να βελτιώσουν την τσίγλα, μετά το διεξοδικό καθαρισμό των ρητινών με θέρμανση, πρόσθεσαν σακχαρόζη, έδωσαν το επιθυμητό σχήμα στο μίγμα, το άφησαν να ψυχθεί και το έκοψαν σε μικρές λωρίδες, αφού πρώτα τις εμβάπτιζαν σε σιρόπι καλαμποκιού, στη συνέχεια ακολουθούσε περιτύλιγμα με χαρτί και η τοποθέτησή τους σε ατομικούς ξύλινους περιέκτες. Τα παραπάνω στάδια παραμένουν κατά βάση ίδια με τα στάδια της σύγχρονης παραγωγής τσιγλών σε βιομηχανική κλίμακα. Η εταιρεία Curtis γνώρισε σημαντική οικονομική ανάπτυξη, ιδρύοντας το πρώτο εργοστάσιο παραγωγής τσίγλας στον κόσμο, ενώ επί πολλά χρόνια είχε και μονοπώλιο στο εμπόριο τσίγλας.

Ο William Semple στις 28 Δεκεμβρίου 1869 κατοχύρωσε στην αμερικανική επιτροπή ευρεσιτεχνίας με αριθμό #98.304 την πρώτη ευρεσιτεχνία για τσίγλα, όπου είχε προσπαθήσει να αντικαταστήσει τις ρητίνες πεύκου με κόμμι βάσης προερχόμενο από καουτσούκ. Όπως κοινοποιεί και στην αίτησή του για την κατοχύρωση της πατέντας του, δεν προσπάθησε ποτέ να δραστηριοποιηθεί στο εμπόριο της τσίγλας, αφήνοντας την εταιρεία Curtis ως μοναδικό προμηθευτή της αγοράς μέχρι την είσοδο του Thomas Adams. Ο Adams με παρότρυνση του μεξικανού στρατηγού Antonio Lopez de Santa Anna αντικατέστησε την παραφίνη με κόμμι βάσης από τα δέντρα *Sapodilla*, όπως συνήθιζαν οι Μάγια. Ο στρατηγός ήθελε να προωθήσει

το παραγόμενο κόμμα που αφθονούσε στη Νότια και Κεντρική Αμερική, γεγονός που εκμεταλλεύθηκε ο Adams αντικαθιστώντας την άγευστη παραφίνη με “chicle”. Η πρώτη ύλη πλέον ήταν φθηνότερη από το καουτσούκ και βελτίωνε σημαντικά τη γεύση της τσίγλας. Όπως και οι Curtis, ο Adams θέρμαινε την πρώτη ύλη, πρόσθετε άρωμα και σακχαρόζη και το μίγμα, αφού ζυμωνόταν, αφηνόταν να έλθει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, προτού αποκτήσει την τελική μορφή του. Το 1871, κατασκευάζεται στο εργοστάσιο Adams η πρώτη μηχανή που παραλαμβάνει το ζυμωμένο προϊόν και το μετατρέπει σε λεπτές επίπεδες πλάκες, που κόβονται περαιτέρω σε λωρίδες από τους φαρμακοποιούς, καθώς τα κεντρικά σημεία πώλησης τσίγλας ήταν τα φαρμακεία. Η μηχανή του Adams παρέμεινε για αρκετά χρόνια στην πρώτη γραμμή, ενώ η εταιρεία εξακολουθεί και σήμερα να παράγει τσίγλες, έχοντας συμπληρώσει παραπάνω από 150 χρόνια λειτουργίας.

Η αυξημένη ζήτηση της τσίγλας συνετέλεσε στην ίδρυση νέων εταιρειών, όπως η Dentyne, αλλά και η Wringley's Company, στην οποία ανήκει το μεγαλύτερο ποσοστό της παγκόσμιας αγοράς. Η οικογενειακή επιχείρηση στήριζε την επιτυχία της όχι μόνο στις καινοτόμες ιδέες όσον αφορά στις τσίγλες, αλλά και στις νέες μεθόδους προώθησης ως αμερικανική εταιρεία. Στήριζε το φρόνημα των στρατιωτών κατά την περίοδο του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, παραχωρώντας το σύνολο της παραγωγής της στον Αμερικανικό Στρατό, κίνηση που συνετέλεσε και στη διάδοση της τσίγλας στους ευρωπαϊούς στρατιώτες, ανοίγοντας την αγορά της τσίγλας στην Ευρώπη στη μεταπολεμική περίοδο. Η Wrigley's Company σχεδίασε και παρασκεύασε τσίγλα που μπορούσε να μασηθεί από άτομα με τεχνητές οδοντοστοιχίες.

Η εξάπλωση της αγοράς είχε ως αποτέλεσμα την αυξημένη ζήτηση πρώτης ύλης, καθώς η παραγωγή των ρητινών από τα δέντρα *Sapodilla* παρέμενε σταθερή -κάθε δέντρο παράγει μετά το εβδομηκοστό έτος ηλικίας του συγκεκριμένη ποσότητα ρητίνης- ή εμφάνιζε αυξομειώσεις όπως συμβαίνει με τις αγροτικές καλλιέργειες. Η λύση στο πρόβλημα δόθηκε με τη σύνθεση τεχνητού κόμματος βάσης, και έτσι στις μέρες μας κάθε εταιρεία διατηρεί μυστική την παρασκευή του κόμματος βάσης που χρησιμοποιεί για την εξασφάλιση της μοναδικότητας των προϊόντων της.

1.2 Η σύγχρονη τσίγλα

Η τσίγλα σύμφωνα με τον «Codex Alimentarius» που έχει θεσπιστεί από δύο οργανισμούς του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών, τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας και τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας κατατάσσεται στα τρόφιμα. (Bender, 2006)

Παγκοσμίως οι πωλήσεις της τσίγλας υπολογίζονται σε 19 δισεκατομμύρια δολάρια, με τη μεγαλύτερη κίνηση να σημειώνεται στην Ασία και να ακολουθεί η περιοχή της νότιας Αμερικής, ωστόσο η βόρεια Αμερική κατέχει την πρωτιά στην κατανάλωση τσίγλας ανά κάτοικο. Παραπάνω από 60% των συνολικών πωλήσεων πραγματοποιούνται από δύο εταιρείες, την “Wrigley Company” με έδρα τις Η.Π.Α. και την “Cadbury” θυγατρική εταιρεία της “Mondelez International” με έδρα το Ηνωμένο Βασίλειο, Στην Ελλάδα, πρώτες σε πωλήσεις είναι οι τσίγλες “Trident” και “Dentyne”, προϊόντα της “Cadbury”. Οι πωλήσεις υπολογιζόμενες σε κομμάτια τσίγλας αντιστοιχούν σε 1,3 εκατομμύρια τόνους τσίγλας ετησίως, εκ των οποίων το 15% αυτών αφορά σε τσιχλόφουσκες. (Kilcast et al 2000). Άλλες κατηγορίες είναι οι τσίγλες χωρίς επικάλυψη, συνηθέστερα σε επίπεδο παραλληλόγραμμο σχήμα, τα κουφέτα με επικάλυψη, είτε με γέμιση στον πυρήνα τους είτε χωρίς, οι τσίγλες σε σχήμα σφαίρας ιδιαίτερα δημοφιλείς στις παιδικές ηλικίες κ.α.

Η τσίγλα συχνά αντιμετωπίζεται ως ένα προϊόν χωρίς ουσία και δέχεται κριτική για την επιβάρυνση του περιβάλλοντος, ως μη πλήρως διασπώμενη, αλλά και για τη μόλυνση δημοσίων χώρων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η απαγόρευσή της στη Σιγκαπούρη, όπου επιτρέπεται μόνο η συνταγογραφημένη από γιατρό κατανάλωση τσίγλας με κάποια θεραπευτική ιδιότητα. Ο παραπάνω παράδοξος νόμος ήρθε ως αποτέλεσμα της ρύπανσης από τσίγλες που είχαν μασηθεί και προσκολληθεί σε δρόμους, πεζοδρόμια. Βέβαια, φαντάζει πιο λογική η διοργάνωση μίας καμπάνιας, με στόχο την ευαισθητοποίηση των καταναλωτών να μην μολύνουν το αστικό περιβάλλον. Σε άλλες χώρες, όπως η Κίνα, η μάσηση τσίγλας σε δημόσιο χώρο κατακρίνεται σφόδρα ως πράξη που φανερώνει έλλειψη σεβασμού. Αυτή η αντίληψη είναι αρκετά διαδεδομένη ή τουλάχιστον ήταν τις προηγούμενες δεκαετίες στην Ευρώπη. Συχνά η μάσηση τσίγλας προσέδιδε χαρακτηρισμούς ελαφρότητας ή έλλειψη σοβαροφάνειας, αλλά η χαλάρωση και απελευθέρωση της κοινωνίας οδήγησε στη σταδιακή αποδαιμονοποίηση. Στην Ελλάδα ακόμα και σήμερα οι καθηγητές δεν επιτρέπουν τις τσίγλες στις σχολικές αίθουσες και δεν συνηθίζεται η μάσηση σε χώρους θρησκευτικού ενδιαφέροντος. Η απουσία θρεπτικού χαρακτήρα βοήθησε στο δριμύ κατηγορώ, μιας και η μάσηση τσίγλας είχε συνδεθεί αποκλειστικά και μόνο με την απόλαυση και την ευχαρίστηση του καταναλωτή. Μία πρώτη αλλαγή συντελέστηκε με τη δημιουργία τσίγλας με ξυλιτόλη για την καταπολέμηση της οδοντικής πλάκας, αλλά και οι τσίγλες με νικοτίνη για την ομαλή διακοπή του καπνίσματος όπως και οι τσίγλες με δραστικές ουσίες για την καταπολέμηση της ναυτίας που οδήγησαν στην κοινή αποδοχή του προϊόντος.

Κεφάλαιο 2: Τεχνολογία

2.1 Πρώτες ύλες

2.1.1 Κόμμι Βάσης(Gum Base)

Οι τσίγλες έχουν ως βάση φυσικό ή συνθετικό κόμμι, μίγμα ελαστομερών προϊόντων (latex) από δέντρα που φυτρώνουν στα τροπικά δάση, τόσο της Κεντρικής και Νότιας Αμερικής (Sapodilla) όσο και της Ινδονησίας (Jatulong), όσον αφορά τα φυτικής προέλευσης κόμμεα. Η σύσταση των κόμμεων παραμένει μυστική, έτσι για λόγους ανταγωνισμού οι περισσότερες εταιρίες παραγωγής τσίγλας έχουν και το δικό τους ή αποκλειστικά συνεργαζόμενο εργοστάσιο παραγωγής κόμμεος. Ανάλογα με την τελική εφαρμογή το κόμμι διαφέρει, με αποτέλεσμα να υπάρχουν διάφορες κατηγορίες, όλες όμως παρασκευάζονται από συνδυασμό υδροφιλικών και υδροφοβικών πολυμερών (ελαστομερή στυρενίου- βουταδιενίου, πολυοξικό βινύλιο - PVA), κηροί, λιπαρά, έλαια, γαλακτωματοποιητές, μαλακτικές και διογκωτικές ουσίες, ταλκ ή ανθρακικό ασβέστιο για τη βελτίωση της υφής, υδρογονωμένο έλαιο σόγιας, σακχαρόζη, γλυκερίνη, χρωστικές και αρωματικές ουσίες, αντιοξειδωτικά κ.α. Είναι αξιοσημείωτη η συνάφεια των κόμμεων με τα περισσότερα αρώματα, κάτι που περιπλέκει την απελευθέρωσή τους από την τσίγλα.

2.1.2 Γλυκαντικές Ύλες

Το επόμενο βασικό συστατικό της τσίγλας πέραν του κόμμεος βάσης είναι οι γλυκαντικές ουσίες οι οποίες συμβάλλουν εξίσου αν όχι και περισσότερο από το κόμμι βάσης στον όγκο του τελικού προϊόντος και αποτελούν τη βάση της υδατοδιαλυτής φάσης της τσίγλας. Η τσίγλα καταναλώνεται για τη βελτίωση ή αλλαγή της αίσθησης στο στόμα, αλλά ακόμα και για αύξηση της συγκέντρωσης του ατόμου. Στα πρώτα βήματα παρασκευής τσίγλας ως γλυκαντικό χρησιμοποιείτο η σακχαρόζη, η μόνη γνωστή μορφή γλυκαντικού εκτός από το μέλι την εποχή εκείνη. Η σύνδεση της σακχαρόζης με την παχυσαρκία, με προβλήματα στη στοματική κοιλότητα αλλά και με καρδιαγγειακές παθήσεις οδηγεί στην αντικατάσταση της σακχαρόζης από αλκοόλες σακχάρων όπως η σορβιτόλη, η μανιτόλη, η ξυλιτόλη αλλά και από ακετοσουλφαμικό κάλιο σε μικρό ποσοστό. Τα τελευταία χρόνια έρευνες και δοκιμές πραγματοποιούνται για τη μερική αντικατάσταση κάποιων από τις παραπάνω πολυαλκοόλες με γλυκοζίτες στεβιόλης. (Branen et al, 2002).

Σακχαρόζη

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη παράγραφο οι πρώτες τσίχλες παρήχθησαν με σακχαρόζη ή κοινώς σακχαρόζη, εφόσον ήταν και η μόνη γνωστή πηγή γλυκαντικού μαζί με το μέλι. Η σακχαρόζη είναι ευρύτατα διαδεδομένη στη φύση, αλλά για τη μαζική παραγωγή της χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη το ζαχαροκάλαμο (*Saccharum officinarum*) και το ζαχαρότευτλο (*Beta vulgaris* ssp. *Vulgaris* ποικιλία *altissima*). Είναι δισακχαρίτης, το μόριό της αποτελείται από ένα μόριο γλυκόζης και ένα μόριο φρουκτόζης, ενωμένα με α-D-γλυκοζιτικό δεσμό. Είναι δεξιόστροφη με ειδική γωνία στροφής $[\alpha]_D^{20} = 66.5^\circ$. Η διαλυτότητά της στο νερό αυξάνεται με αύξηση της θερμοκρασίας και είναι δυνατή η παραγωγή υπερκορεσμένου διαλύματος με ψύξη ή εξάτμιση ενός κορεσμένου διαλύματος σακχαρόζης. Είναι πρακτικά αδιάλυτη σε αιθυλαιθέρα, ενώ εμφανίζει μικρή διαλυτότητα στην αιθανόλη.

Στον ανθρώπινο οργανισμό είναι αναγκαία η υδρόλυση της σακχαρόζης, προκειμένου να αξιοποιηθεί ενεργειακά από τα κύτταρα, υπεύθυνο ένζυμο για την υδρόλυση σε D-γλυκόζη και D-φρουκτόζη είναι η σουκράση που δρα στο γαστρεντερικό σωλήνα, ενώ για τη βιομηχανική υδρόλυση της σακχαρόζης απαιτείται όξινο ή ενζυματικό περιβάλλον. Έπειτα από τη δράση της ιμπερτάσης προκύπτει ένα ισομοριακό μίγμα D-γλυκόζης, D-φρουκτόζης, το ανάστροφο σάκχαρο που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία τροφίμων ως συστατικό σε μαρμελάδες και άλλα γλυκίσματα. Λόγω της επικράτησης της αριστερής στροφικής ικανότητας της φρουκτόζης (-93°), το μίγμα έχει αντίστροφη στροφική ικανότητα ίση με $-20,4^\circ$. Η θέρμανση της σακχαρόζης σε θερμοκρασία άνω των 200°C οδηγεί σε μερικό μετασχηματισμό της σε καραμέλα. Η καραμελοποίηση πραγματοποιείται είτε απουσία είτε παρουσία νερού, με την εξαίρεση ότι στην τελευταία περίπτωση απαιτείται εντονότερη θέρμανση. Το καραμελόχρωμα, προϊόν της παραπάνω περιγραφείσας διαδικασίας χρησιμοποιείται σε αναψυκτικά τύπου κόλα, σε ζαχαρωτά και προϊόντα ζύμης, διαδραματίζοντας πολλαπλό ρόλο (Belitz et al 2004).

Πίνακας 1, Παραγωγή ζαχαροκάλαμου, ζαχαρότευτλων και σακχαρόζης το 1999 (σε χιλιάδες τόνους)

Ήπειρος	Ζαχαροκάλαμο	Ζαχαρότευτλο	Σακχαρόζη
Ασία	568.541	45.934	43.665
Αφρική	83.121	5.873	8.943
Βόρεια και Κεντρική Αμερική	160.362	30.971	20.417
Ευρώπη	84	177.141	25.756
Νότια Αμερική	420.867	3.102	28.014
Ωκεανία	41.722	-	6.287

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται ενδεικτικά η παραγωγή ζαχαροκάλαμου, ζαχαρότευτλου και ακατέργαστης σακχαρόζης με γεωγραφική κατανομή για το έτος 1999. Είναι εμφανές ότι πέραν της Ευρώπης, όπου καλλιεργείται κυρίως ζαχαρότευτλο, το ζαχαροκάλαμο καλλιεργείται σε μεγαλύτερη αναλογία παγκοσμίως, με μεγαλύτερη παραγωγή την ασιατική. Η παραγωγή σακχαρόζης από ζαχαροκάλαμο είναι αυτή που προηγείται χρονικά, ήταν γνωστή η καλλιέργεια του στους Άραβες, ενώ και η σακχαρόζη στα ζαχαρότευτλα ανιχνεύτηκε πρώτη φορά το 1747 και η εμπορική της παραγωγή ξεκίνησε το 1802 από τον Achard. Η παραλαβή σακχαρόζης από τα δύο είδη φυτών διαφέρει σημαντικά, με αυτή από τα ζαχαρότευτλα να είναι πλήρως τελειοποιημένη, οι απώλειες σακχαρόζης περιορίζονται στο 0,4-0,9%. Επιγραμματικά τα στάδια επεξεργασίας είναι:

1. Έκπλυση και καθαρισμός των τεύτλων
2. Τεμαχισμός σε λεπτές λωρίδες, πάχους 2-3mm
3. Εκχύλιση των τεύτλων
4. Καθαρισμός του ακατέργαστου εκχυλίσματος σακχαρόζης (επεξεργασία με γαλάκτωμα ασβέστου και ανθρακίωση)
5. Συμπύκνωση με εξάτμιση του αραιού σιροπιού (15-18% στερεά)
6. Κρυστάλλωση.

Κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας προκύπτουν πέρα από λευκή σακχαρόζη και παραπροϊόντα που εκμεταλλεύεται πλήρως η βιομηχανία τροφίμων όπως η μελάσα και η εξευγενισμένη σακχαρόζη.

Η σακχαρόζη ως η παραδοσιακή γλυκαντική ουσία έχει θεωρηθεί ως το απόλυτο 1 στην κλίμακα γλυκύτητας που έχει δημιουργηθεί οργανοληπτικά για όλες τις γλυκαντικές ουσίες, με σκοπό να υπάρχει άμεση συσχέτιση. Όπως φαίνεται στον Πίνακα 2 μόνο η φρουκτόζη είναι πιο γλυκιά από τη σακχαρόζη και η ξυλιτόλη έχει την ίδια γλυκύτητα. Αυτά αφορούν στα φυσικά γλυκαντικά, μιας και οι σύνθετες γλυκαντικές ουσίες ξεπερνούν έως και 4 φορές τη γλυκύτητα της σακχαρόζης.

Πίνακας 2 Σχετική γλυκύτητα σακχαρόζης με τα άλλα γλυκαντικά

Σακχαρόζη	1,00
Φρουκτόζη	1,70
Ανάστροφο σάκχαρο	1,30
Γλυκόζη	0,75
Ξυλόζη	0,70
Μαλτόζη	0,50
Γαλακτόζη	0,30
α-Λακτιτόλη	0,40
Σορβιτόλη	0,50
Ξυλιτόλη	1
Μανιτόλη	0,6
Ακετοσουλφαμικό κάλιο	200
Ασπαρτάμη	180
Γλυκοζίτες στεβιόλης	300
Θαυματίνη	800

Γλυκόζη

Η γλυκόζη, μία εξόζη, είναι ευρέως διαδεδομένη σε κάθε μορφή ζωής, μιας και είναι μορφή ενέργειας για τα κύτταρα, φυτικά ή ζωικά. Είναι ένας μονοσακχαρίτης με 6 άτομα άνθρακα που συντίθεται κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης. Η εμπορική παραγωγή της γλυκόζης γίνεται με υδρόλυση του αμύλου. Αρχικά το άμυλο υγροποιείται με θέρμανση μέχρι τους

110 °C παρουσία του θερμικά σταθερού ενζύμου α-αμυλάση. Στη συνέχεια αυξάνεται η θερμοκρασία στους 135 °C για την πλήρη επίτευξη της ζελατινοποίησης, προτού παραληφθεί συγκεκριμένη γλυκόζη ως αποτέλεσμα συνδυασμού ενζύμων ζύμωσης - δύο από αυτά είναι η αμυλογλυκοζιδάση και η πουλουλανάση. Το τελευταίο ένζυμο προστίθεται για την υδρόλυση των 1-6 δεσμών στο άμυλο, ώστε η αμυλογλυκοζιδάση να δρα ευκολότερα και ταχύτερα, μειώνοντας το συνολικό χρόνο της υδρόλυσης. Η παραπάνω διαδικασία μετατροπής αμύλου σε γλυκόζη, αν και θα μπορούσε να ανθρώπινου σώματος χρησιμοποιούν τη διαθέσιμη στον οργανισμό γλυκόζη ως πηγή ενέργειας, για το λόγο αυτό η συγκέντρωση της γλυκόζης στο αίμα είναι απαραίτητο να παραμένει σταθερή και ίση με 4,5-5,5mmol/L. Σε διαφορετική περίπτωση ξεκινά μία σειρά αρνητικών επιπτώσεων για τον οργανισμό, όπως η υπογλυκαιμία για χαμηλότερα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα που είναι αναγκαίο να αντιμετωπιστεί άμεσα και ο διαβήτης για τα υψηλότερα επίπεδα. Η ινσουλίνη, μία ορμόνη που εκκρίνεται από είναι απόλυτη, έχει μία απόδοση μεταξύ 94-96% σε βάση επί ξηρού. Ο περιορισμός αυτός καθορίζεται από οικονομικούς και χρονικούς παράγοντες, μιας και πρόκειται για ενεργοβόρα και χρονοβόρα διαδικασία.

Τα κύτταρα του το πάγκρεας βοηθά στην ομαλή απορρόφηση γλυκόζης, και σε περιπτώσεις ασθενών με υπερβολικά αυξημένο σάκχαρο χορηγείται ινσουλίνη σε ενέσιμη μορφή.

Σε θερμοκρασία περιβάλλοντος η γλυκόζη έχει τη μορφή σιροπιού και η γλυκύτητά της προσδιορίζεται στο 0,75, όταν η σακχαρόζη έχει γλυκύτητα 1, όπως φαίνεται στον Πίνακα 2. Το σιρόπι γλυκόζης (αμυλοσιρόπι) χρησιμοποιείται όχι μόνο για την παραγωγή γλυκισμάτων, αναψυκτικών, προϊόντων αρτοποιίας και παγωτών. Επίσης, είναι διαδεδομένη η χρήση αφυδατωμένου αμυλοσιροπιού για την ενίσχυση του κόκκινου χρώματος στο νωπό κρέας και τα λουκάνικα.

Από τη γλυκόζη με μία σειρά χημικών αντιδράσεων είναι εφικτή η παραγωγή προϊόντων τα οποία, καθώς δεν είναι ζυμώσιμα είναι λιγότερο τερηδογόνα και χρησιμοποιούνται στην παρασκευή γλυκών προϊόντων. Όπως η σορβιτόλη, το σακχαρικό οξύ, το γλυκονικό οξύ κ.α. (Mitchell 2006, Belitz et al 2004)

Ακετοσουλφαμικό Κάλιο

Το ακετοσουλφαμικό κάλιο είναι μία σχετικά πρόσφατη ανακάλυψη για τη βιομηχανία τροφίμων, μιας και πρώτη φορά συντέθηκε από την εταιρία Hoechst Company στη δυτική Γερμανία το 1967. Σε πολλές χώρες η αναγνώρισή της και η καθιέρωση των επιτρεπτών συγκεντρώσεων καθυστέρησε πολύ, λόγω κάποιων αρχικών ευρημάτων καρκινογένεσης σε

ποντίκια, ωστόσο έπειτα από εξονυχιστική επανάληψη της έρευνας τα αρχικά αποτελέσματα αποδόθηκαν σε παράγοντες μη συσχετιζόμενους με το ακετοσουλφαμικό κάλιο. Περαιτέρω μελέτες έχουν δείξει ότι δεν είναι ούτε μεταλλαξιογόνος ούτε καρκινογόνος παράγοντας, και το αποδεκτό ημερήσιο όριο κατανάλωσης έχει θεσπιστεί στα 0-9mg/kg (βάρους του καταναλωτή).

Το ακετοσουλφαμικό κάλιο με χημικό τύπο $C_4H_4NO_4KS$ είναι πλήρως διαλυτό στο νερό στο οποίο σχηματίζει ουδέτερο διάλυμα. Σε θερμοκρασία δωματίου είναι μία λευκή κρυσταλλική σκόνη, χωρίς κανένα άρωμα και η γλυκύτητά του είναι έως και 200 φορές περισσότερη αυτής της σακχαρόζης. Το μόριό του όμως αποδομείται σε θερμοκρασία ανώτερη των 235 °C. Ο περιορισμός στη θερμική επεξεργασία οδηγεί στη χρήση της μόνο σε προϊόντα με ήπιες θερμικές διεργασίες ή και καθόλου, όπως είναι οι τσίγλες και τα αναψυκτικά, ενώ σε μικρή κλίμακα χρησιμοποιείται και σε προϊόντα υγιεινής, οδοντόπαστες ή διαλύματα καθαρισμού της στοματικής κοιλότητας.

Η χρήση του ακετοσουλφαμικού καλίου σε τσίγλα έχει εδραιωθεί έπειτα από έρευνες που έδειξαν ότι εντείνει την απελευθέρωση των αρωμάτων κατά τη μάσηση κυρίως σε τσίγλες με άρωμα μέντας αλλά και τη γλυκύτητα της. Δεδομένου ότι η απαιτούμενη ποσότητα ακετοσουλφαμικού καλίου για την αύξηση της γλυκύτητας στην τσίγλα είναι μερικά μικρογραμμάρια, εάν δεν προστεθεί κάποιο άλλο γλυκαντικό, η παραγωγή σε βάρος/όγκο τελικού προϊόντος θα είναι ιδιαίτερη μικρή. Το πρόβλημα αυτό επιλύεται με την προσθήκη αλκοολών σακχάρων, τα οποία δεν έχουν ιδιαίτερη ένταση γλυκύτητας, αλλά αυξάνουν το βάρος/όγκο αριθμό των τελικών προϊόντων. Επιπλέον, προσδίδουν στην τσίγλα τα επιθυμητά χαρακτηριστικά υφής και σταθερότητας κατά την αποθήκευση.

Η έντονη και ταχεία απελευθέρωση του αρώματος και της γλυκύτητας έχει ως αποτέλεσμα ο καταναλωτής έπειτα από μερικά λεπτά μάσησης να απορρίπτει την τσίγλα. Προκειμένου να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα αυτό, οι βιομηχανίες τσίγλας κατέφυγαν στο μικροεγκλεισμό του ακετοσουλφαμικού καλίου σε παράγοντες που καθυστερούν την απελευθέρωση της γλυκιάς αίσθησης. (Mitchell 2006, Belitz et al 2004)

Ασπαρτάμη

Η ασπαρτάμη, μία από τις πιο γνωστές και εμπορικές συνθετικές γλυκαντικές ουσίες, παρασκευάστηκε για πρώτη φορά το 1965 στα εργαστήρια της εταιρείας «G. D Searle» από τον J.D. Schlatter στις Η.Π.Α. Ωστόσο, ο σχεδιασμός της εργοστασιακής παραγωγής της τελειοποιήθηκε στην Ιαπωνία και εισήχθη στην ελεύθερη αγορά μετά το 1981 για να εδραιωθεί

ως γλυκαντική ουσία που θα αντικαταστούσε τη σακχαρόζη. Η γλυκύτητά της ξεπερνά έως και 200 φορές αυτή της σακχαρόζης, αλλά η έλλειψη πικρής μετάγευσης και η αποκλειστικά γλυκιά γεύση της την φέρνουν πρώτη στην προτίμηση του καταναλωτή ανάμεσα στα εναλλακτικά γλυκαντικά.

Μεγάλο ποσοστό καταναλωτών που ακολουθούν μία δίαιτα πτωχή σε σακχαρόζη, είτε πάσχοντες από διαβήτη είτε άτομα που αποφεύγουν τη σακχαρόζη για διατροφικούς λόγους, προτιμούν την ασπαρτάμη στα ροφήματά τους, καφέ τσάι κ.α. Ενώ, για την παρασκευή οικιακών γλυκισμάτων συνηθίζεται ο συνδυασμός της με πολυαλκοόλες. Η ασπαρτάμη συνδυάζεται όχι μόνο με πολυαλκοόλες, αλλά και με άλλα γλυκαντικά έντονης γλυκύτητας όπως το ακετοσουλφαμικό κάλιο για την επίτευξη της αναζητούμενης γλυκύτητας. Ένα παράδειγμα εφαρμογής του παραπάνω συνδυασμού είναι η τσίχλα, οργανοληπτικά το ακετοσουλφαμικό κάλιο σε συνδυασμό με την ασπαρτάμη ενισχύουν την αντίληψη γλυκύτητας από τον καταναλωτή αλλά και της διάρκειας του αρώματος της τσίχλας.

Η Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας αλλά και η Ευρωπαϊκή Ένωση έχουν θεσπίσει αυστηρά όρια για τη μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση ασπαρτάμης, παρόλο που εγκεκριμένες έρευνες αποδεικνύουν πως δεν υπάρχει λόγος ανησυχίας. Ένας ακόμα περιορισμός για την ασπαρτάμη αφορά στους ασθενείς με φαινυλκετονουρία, καθώς κατά τη διάσπαση της ασπαρτάμης από τον οργανισμό σχηματίζεται φαινυλαλανίνη. Οι ασθενείς εξαιτίας της ανεπάρκειας του ενζύμου υδροξυλάση της φαινυλαλανίνης δεν είναι σε θέση να μετατρέψουν το αμινοξύ φαινυλαλανίνη σε τυροσίνη, με αποτέλεσμα την αυξημένη συγκέντρωση φαινυλαλανίνης στους ιστούς που οδηγεί σε δυσλειτουργία του εγκεφάλου. Για την αποφυγή πρόσληψης ασπαρτάμης από καταναλωτές με φαινυλκετονουρία, οι εταιρείες είναι υποχρεωμένες να αναγράφουν στην ετικέτα ότι περιέχει πηγή φαινυλαλανίνης. (Mitchell 2006)

Σορβιτόλη

Η σορβιτόλη, μία αλκοόλη σακχάρων με έξι άτομα άνθρακα στο μόριό της, απομονώθηκε αρχικά από τους καρπούς του δέντρου *Sorbus Aucuparia*, αλλά δεν περιορίζεται μόνο εκεί, αφού συναντάται σε πολλά φρούτα όπως μήλα, δαμάσκηνα και λαχανικά. Παρόλο που συναντάται σε αφθονία στη φύση, η παραγωγή της σε βιομηχανική κλίμακα βασίζεται στην καταλυτική υδρογόνωση κατάλληλων εξοζών και είναι εμπορικά διαθέσιμη για παραπάνω από 80 χρόνια. Η κρυσταλλική σορβιτόλη παράγεται από σιρόπι γλυκόζης, έπειτα από υδρογόνωση σε υψηλή θερμοκρασία (συνήθως 100-150 °C) και υψηλή πίεση (συνήθως 100-150bar) παρουσία καταλύτη. Η παραπάνω διαδικασία ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες μπορεί

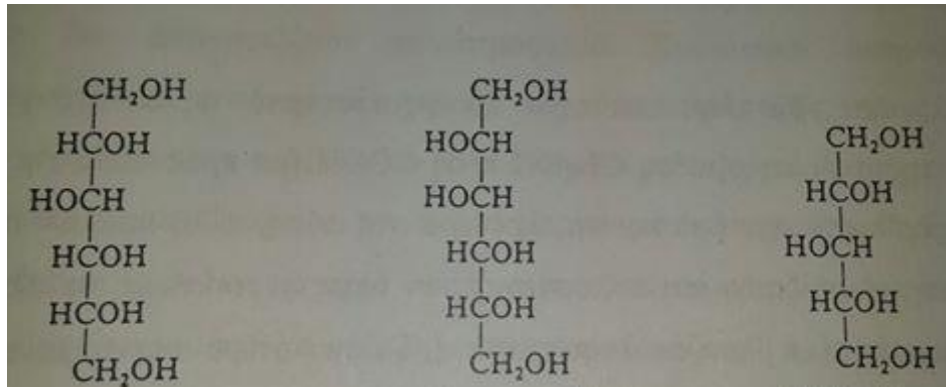
να διαρκέσει 1 ή 2h. Η υψηλή συγκέντρωση σε γλυκόζη του αρχικού μίγματος που είναι αναγκαία για την αποφυγή της καταστροφής του καταλύτη, επιτυγχάνεται με ιοντοεναλλαγή ή κρυσταλλοποίηση.

Η σορβιτόλη εμφανίζει τη μεγαλύτερη διαλυτότητα σε υδατικό διάλυμα από τις πολυαλκοόλες και αυτό καθιστά την απομάκρυνσή της από το διάλυμα γλυκόζης ιδιαίτερα επίπονη διαδικασία, καθώς οι σχηματιζόμενοι κρύσταλλοι ακόμα και σε υψηλή συγκέντρωση και χαμηλή θερμοκρασία δεν μπορούν να περισυλλεχθούν. Οι συμβατικές μέθοδοι κρυσταλλοποίησης δεν είναι αποδοτικές, και για την αντιμετώπιση του προβλήματος έχουν επικρατήσει δύο μέθοδοι, είτε η ξήρανση με εκνέφωση είτε η θέρμανση υπό κενό μέχρι την εξάτμιση του περιεχόμενου νερού, ώστε το αντίστοιχο ποσοστό στερεών να φτάσει περίπου 95%. Από την τελευταία διαδικασία η σορβιτόλη δεν παραλαμβάνεται σε μορφή σκόνης, αλλά με κατάλληλη επεξεργασία μπορεί εύκολα να μετατραπεί σε κρυσταλλική σκόνη. Η μέθοδος που θα επιλεγεί είναι στην κρίση του κάθε κατασκευαστή. Εμπορικά η σορβιτόλη, εκτός της κρυσταλλικής μορφής είναι και διαθέσιμη και σε σιρόπι, η παραγωγή του οποίου γίνεται με διάλυση σε νερό ποσότητας κρυσταλλικής σορβιτόλης.

Η σορβιτόλη, αν και αποδίδει τη μισή ισοδύναμη γλυκύτητα της σακχαρόζης, χρησιμοποιείται σε γλυκά και προϊόντα που καταναλώνονται από ειδικές ομάδες καταναλωτών, εξαιτίας του πολύ χαμηλού θερμιδικού περιεχομένου, αλλά και του χαμηλού γλυκαιμικού δείκτη. Επίσης η υγροσκοπικότητά της, η διατήρηση της νωπότητας και της μαλακιάς υφής στα προϊόντα την καθιστούν χρήσιμη στη βιομηχανία τροφίμων για την παραγωγή τσίχλας χωρίς σακχαρόζη, παγωτού, μπισκότων και σοκολάτας. Η ιδιότητα της σορβιτόλης να μειώνει το σχηματισμό κρυστάλλων σε σιρόπια ζαχαροπλαστικής κατά την αποθήκευσή τους την καθιστά ένα απαραίτητο συστατικό κατά την παρασκευή των τελευταίων για τη μη υποβάθμισή τους.

Οι τοξικολογικές μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί δεν αναγνωρίζουν κανένα πιθανό κίνδυνο από την κατανάλωσή της, με αποτέλεσμα να μην έχει θεσπιστεί ανώτατη επιτρεπτή συγκέντρωση αυτής.

Στις τσίχλες χωρίς σακχαρόζη, πέραν της σορβιτόλης βρίσκουν εφαρμογή και άλλες πολυαλκοόλες όπως η ξυλιτόλη και η μαλιτιτόλη εξαιτίας της υδροδιαλυτής τους φύσης. Η υδατοδιαλυτότητά τους συμβάλλει στην απόδοση της γλυκύτητας κατά τη μάσηση, διαφορετικά ο καταναλωτής δε θα αντιλαμβανόταν την γλυκιά αίσθηση. (Mitchell 2006, Belitz 2004, Branen et al 2002)



Εικόνα 1 D-γλυκικόλη (σορβιτόλη), D-μαννιτόλη, Ξυλιτόλη

Ξυλιτόλη

Η Ξυλιτόλη, μία πολυαλκοόλη με πέντε άτομα άνθρακα στο μόριό της, συναντάται στη φύση σε μικρές συγκεντρώσεις σε φρούτα και λαχανικά. Έχει παρόμοια ένταση γλυκύτητας με τη σακχαρόζη, αλλά υπερτερεί έναντι αυτής όσον αφορά στη στοματική υγιεινή, γιατί όχι μόνο δεν προκαλεί τερηδόνα αλλά αποτρέπει και το σχηματισμό πλάκας σύμφωνα με έρευνες. Επίσης, ο χαμηλός γλυκαιμικός δείκτης και η μη απαιτούμενη παρουσία ινσουλίνης για την αποδόμησή της από τον οργανισμό την καθιστούν κατάλληλη γλυκαντική ουσία για ασθενείς με διαβήτη. Πρόσφατες έρευνες έχουν δείξει ότι η κατανάλωση Ξυλιτόλης βοηθά στην εύρυθμη λειτουργία του γαστρεντερολογικού συστήματος, όπου ορισμένη ποσότητα της Ξυλιτόλης αφομοιώνεται και η εναπομένουσα αποβάλλεται μέσω του παχέος εντέρου.

Η βιομηχανία τροφίμων αλλά και αυτή της οδοντόπαστας χρησιμοποιούν την Ξυλιτόλη ήδη από το 1960, ενώ η πρώτη σύνθεσή της αναφέρεται το 1891 από την ομάδα του Emil Fischer. Η Ξυλάνη που απομονώνεται από φλοιό δέντρων ή το κέλυφος αμυγδάλων αλλά και από παραπροϊόντα βιομηχανίας χάρτου, έπειτα από χημική επεξεργασία μετατρέπεται σε Ξυλιτόλη. Η καταλληλότητα των παραπάνω πρώτων υλών δεν είναι πάντα εξασφαλισμένη και πραγματοποιούνται αυστηροί έλεγχοι προτού ξεκινήσει η διαδικασία. Αρχικά, η Ξυλάνη υδρολύεται σχηματίζοντας Ξυλόζη, η οποία με τη σειρά της έπειτα από καταλυτική υδρογόνωση μετατρέπεται σε Ξυλιτόλη. Από την παραπάνω διεργασία δεν προκύπτει υψηλής καθαρότητας κρυσταλλική Ξυλιτόλη και απαιτούνται επιπλέον στάδια επεξεργασίας, κρυσταλλοποίηση, φυγοκέντρηση και ξήρανση του τελικού προϊόντος.

Ανάμεσα τις πολυαλκοόλες, η Ξυλιτόλη έχει χαρακτηριστεί οργανοληπτικά η πλέον γλυκιά με γλυκύτητα παρόμοια με αυτή της σακχαρόζης, ενώ επίσης σημειώνεται ως πλεονέκτημα έναντι

άλλων γλυκαντικών η απουσία πικρής μετάγευσης ή μεταλλικής γεύσης. Είναι ιδιαίτερα συνήθης ο συνδυασμός δύο πολυαλκοολών για την επίτευξη της επιθυμητής γλυκύτητας, παραδείγματος χάρη στην παρασκευή σοκολάτας χρησιμοποιείται ένα μίγμα μαλιτιτόλης-ξυλιτόλης με αναλογία 80:20 και για παρασκευή τσίγλας συνδυασμός ξυλιτόλης-σορβιτόλης με αναλογία 60:40.

Ιδιαίτερα χρήσιμη για τη βιομηχανία τσίγλας και καραμέλας έχει αποδειχθεί η ιδιότητα της ξυλιτόλης να ενδυναμώνει το αίσθημα δροσιάς κατά τη μάσηση γλυκισμάτων με μενθόλη ή άλλους παράγοντες δροσιάς. Η επαφή της ξυλιτόλης, που βρίσκεται στην εξωτερική επιφάνεια της τσίγλας, με το σίελο στο στόμα, δημιουργεί μία αίσθηση δροσιάς και φρεσκάδας. Εκτός από την τσίγλα και τη σοκολάτα όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η ξυλιτόλη χρησιμοποιείται σε γαλακτοκομικά προϊόντα, παγωμένα γλυκίσματα, σε κέικ και μπισκότα.

Σε τοξικολογικούς ελέγχους που έχουν διεξαχθεί, έχει αποδειχθεί ότι η ξυλιτόλη δεν είναι μεταλλαξιογόνος παράγοντας και δεν είναι τοξική για έμβρυα. Από την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας δεν έχει θεσπιστεί ανώτατο όριο ημερήσιας πρόσληψης, εφόσον κρίνεται απόλυτα ασφαλής για κατανάλωση από οποιοδήποτε άτομο ανεξαρτήτου ηλικίας (Mitchell 2006, Belitz et al 2004).

Γλυκοζίτες στεβιόλης

Οι γλυκοζίτες στεβιόλης προερχόμενοι από το φυτό στέβια, ένα φυσικό γλυκαντικό, που χρησιμοποιείται σε όλο σχεδόν τον κόσμο, παρουσιάζουν ιδιαίτερη φαρμακευτική και εμπορική σημασία. Η βοτανική ονομασία του φυτού είναι *Stevia rebaudiana* Bertoni και πρόκειται για έναν πολυετή θάμνο που ανήκει στην οικογένεια Asteraceae Compositae. Καλλιεργείται κατά κύριο λόγο στην Παραγουάη και τη Βραζιλία, ενώ συχνά αναφέρεται ως 'το γλυκό βότανο της Παραγουάης'. Αναπτύσσεται από 65 έως 180 cm ανάλογα με τη γονιμότητα του καλλιεργούμενου εδάφους, ενώ προτιμά αμμώδες έδαφος και ζεστό περιβάλλον. Το κατάλληλο φυσικό κλίμα θα πρέπει να είναι υποτροπικό και με θερμοκρασίες από 21 έως 43 °C, με μέση τιμή 24 °C. Τα φυσικά γλυκαντικά που μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως υποκατάστατα σακχαρόζης τυγχάνουν ιδιαίτερης προσοχής από τους ερευνητές, με τους γλυκοζίτες στεβιόλης να αποτελούν το κυριότερο από αυτά. Παρόλο που η πλήρης χημική σύσταση του εκχυλίσματος του φυτού στέβια εξακολουθεί να μην είναι γνωστή, η στεβιοσίδη, ένας διτερπενοειδής γλυκοζίτης που περιέχει τη στεβιόλη αποτελεί το κύριο συστατικό του. Εκτός από τη στεβιοσίδη, έχουν βρεθεί και άλλες ενώσεις όπως: στεβιολοβιοσίδη (steviolbioside), ρεμπαουδιοσίδη (rebaudioside) A, B, C, D, E και δουλκοσίδη (dulcoside) A,

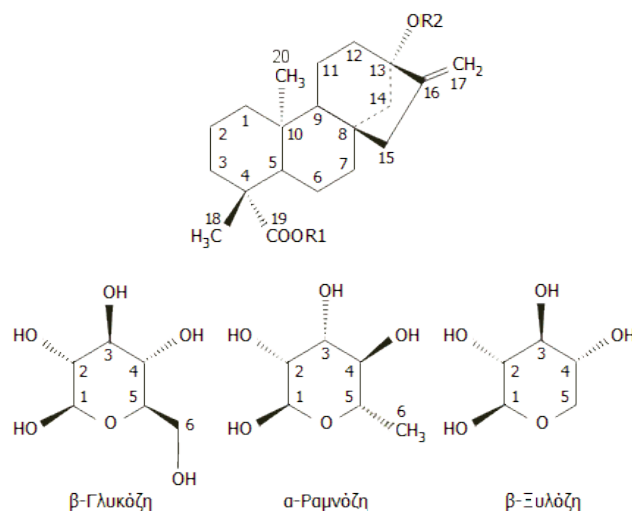
που περιέχονται στο εκχύλισμα του φυτού στέβιας και παρουσιάζουν κοινή χημική δομή, που βασίζεται στο μόριο της στεβιόλης (steviol). Συγκεκριμένα, πρόκειται για ένα τετρακυκλικό διτερπένιο, που αποτελεί το άγλυκο τμήμα των γλυκοζιτών οι οποίοι βρίσκονται στα φύλλα της στέβιας. Οι γλυκοζίτες της στεβιόλης (Εικόνα 2) προκύπτουν με αντικατάσταση του υδρογόνου του καρβοξυλίου (κάτω μέρος του μορίου της στεβιόλης, θέση R1) με γλυκόζη (glucose, Glc), σχηματίζοντας ένα εστέρα και του υδρογόνου του υδροξυλίου (επάνω μέρος του μορίου, θέση R2) με συνδυασμούς μορίων κυρίως γλυκόζης και σε κάποιους γλυκοζίτες με τα σάκχαρα ραμνόζη (rhamnose, Rha) και ξυλόζη (xylose, Xyl). Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 3) αναφέρεται η δομή καθώς και η γλυκαντική ισχύς των κυριότερων γλυκοζιτών της στεβιόλης που περιέχονται στο εκχύλισμα του φυτού στέβια. Ως προς τη σύσταση του εκχυλίσματος στους επιμέρους γλυκοζίτες, έχει βρεθεί ότι αυτή κυμαίνεται ως εξής: στεβιοσίδη 5-10 %, ρεμπαουδιοσίδη A 2-4%, ρεμπαουδιοσίδη C 1-2% και δουλκοσίδη A 0.4-0.7% επί ξηρής βάσης. Πέραν όμως της γλυκύτητας, οι γλυκοζίτες της στεβιόλης παρουσιάζουν και πικρή γεύση, λόγω της παρουσίας ορισμένων αιθερίων ελαίων, τανινών και φλαβονοειδών ουσιών. Επιπλέον, οι γλυκοζίτες στεβιοσίδη και ρεμπαουδιοσίδη A θεωρούνται υπεύθυνοι σε κάποιο βαθμό για την ‘επίγευση’ της πικρής γεύσης, αν και η συμβολή της ρεμπαουδιοσίδης A είναι σημαντικά μικρότερη. Τέλος, λοιπές ουσίες που έχουν ταυτοποιηθεί περιλαμβάνουν: νερό, ασκορβικό οξύ, β-καροτένιο, ριβοφλαβίνη, θειαμίνη, γκιβερελλικό οξύ, ινδολο-3-ακετονιτρίλιο, ισοκερκιτίνη, καμφερόλη, στιγμαστερόλη, χλωρογενικό οξύ, καφεϊκό οξύ, καθώς και στοιχεία όπως χρώμιο, κοβάλτιο, μαγνήσιο, σίδηρο, κάλιο και φωσφόρο.

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον για τους γλυκοζίτες στεβιόλης, που προέρχονται από το φυτό *Stevia rebaudiana* (Bert) Bertoni, και τη δυνατότητα χρήσης τους ως γλυκαντικούς παράγοντες τροφίμων εναλλακτικά της σακχαρόζης. Οι γλυκοζίτες στεβιόλης, αντίθετα με άλλες συνθετικές γλυκαντικές ουσίες (όπως η ασπαρτάμη, η σακχαρίνη, η σουκραλόζη και το ακετοσουλφαμικό κάλιο), που συχνά θεωρείται ότι έχουν ανεπιθύμητη γεύση και μετάγευση ή ότι η κατανάλωσή τους σχετίζεται με προβλήματα/επιπτώσεις στην υγεία, δύνανται να αποτελέσουν μία φυσική εναλλακτική γλυκαντική ουσία των τροφίμων.

Όπως έχει προαναφερθεί, η γλυκύτητα των γλυκοζιτών στεβιόλης οφείλεται κυρίως σε δύο ενώσεις, στη στεβιοσίδη (stevioside) και τη ρεμπαουδιοσίδη A (rebaudioside A). Ωστόσο, οι φυσικοχημικές και οργανοληπτικές ιδιότητες αυτών των γλυκοζιτών διαφέρουν. Συγκεκριμένα, η καθαρή ρεμπαουδιοσίδη A, η οποία διαθέτει μία επιπλέον μονάδα γλυκόζης σε σχέση με τη στεβιοσίδη, είναι ανώτερη όσον αφορά τη γλυκύτητα και την ποιότητα της γεύσης, ενώ αντίθετα η στεβιοσίδη παράγει συνήθως έντονα πικρή γεύση, προσδίδοντας μία

χαρακτηριστική πικρή μετάγευση στα εκχυλίσματα απομόνωσης των συστατικών αυτών. Επιπλέον, οι γλυκοζίτες στεβιόλης έχουν αποδειχθεί ανεπαρκείς έως ακατάλληλοι για χρήση σε εφαρμογές τροφίμων που περιλαμβάνουν θέρμανση (όπως ψήσιμο), ελεγχόμενη απελευθέρωση της γλυκιάς γεύσης, ή που απαιτούν ιδιαίτερες φυσικοχημικές ιδιότητες. Σε όλες τις ανωτέρω περιπτώσεις συνιστάται η χρήση της τεχνικής του μικροεγκλεισμού, η οποία παρέχει προστασία στις γλυκαντικές ουσίες, προσφέροντας αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες, βελτίωση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων (π.χ. αύξηση της ρευστότητας) και παράταση της αίσθησης της γλυκύτητας μέσω της ελεγχόμενης απελευθέρωσής τους. Η διαδικασία μικροεγκλεισμού, αποτελείται από την παρασκευή του διαλύματος διασποράς που περιέχει το μέσο εγκλεισμού και την προς εγκλεισμό ουσία (γλυκοζίτες στεβιόλης), το οποίο στη συνέχεια ξηραίνεται, συνήθως με χρήση ξήρανσης με ψεκασμό ή μέσω άλλων τεχνικών.

Οι γλυκοζίτες στεβιόλης είναι ένα ευρέως διαδεδομένο γλυκαντικό στην Ιαπωνία, καθώς το χρησιμοποιούν σε αναψυκτικά, καραμέλες, τσίγλες αλλά και σε γλυκά ή τρόφιμα που απευθύνονται σε ανθρώπους που πάσχουν από διαβήτη. Στα παραπάνω προϊόντα είναι συχνή η ανάμιξη των γλυκοζιτών στεβιόλης με άλλα γλυκαντικά. Σε αντίθεση με την νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης αλλά και των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής, η ιαπωνική νομοθεσία κατατάσσει τους γλυκοζίτες στεβιόλης στα φυτικής προέλευσης πρόσθετα τροφίμων και επιτρέπει τη χρήση τους χωρίς κανένα περιορισμό. (Kinghorn 2002, Χρανιώτη 2014)



Εικόνα 2 Δομή των γλυκοζιτών της στεβιόλης (Χρανιώτη 2014)

Πίνακας 3 Δομή και γλυκαντική ισχύς των κυριότερων γλυκοζιτών της στεβιόλης (Χρασιώτη 2014)

Όνομασία ένωσης	R1	R2	Γλυκαντική ισχύς
Στεβιόλη	H	H	-
Στεβιολοβιοσίδη	H	β -Glc- β -Glc (2 \rightarrow 1)	100 - 125
Στεβιοσίδη	β -Glc	β -Glc- β -Glc (2 \rightarrow 1)	150 - 300
Ρεμπαουδιοσίδη A	β -Glc	β -Glc- β -Glc (2 \rightarrow 1) β -Glc (3 \rightarrow 1)	250 - 400
Ρεμπαουδιοσίδη B	H	β -Glc- β -Glc (2 \rightarrow 1) β -Glc (3 \rightarrow 1)	300 - 350
Ρεμπαουδιοσίδη C (Δουλκοσίδη B)	β -Glc	β -Glc- α -Rha (2 \rightarrow 1) β -Glc (3 \rightarrow 1)	50 - 120
Ρεμπαουδιοσίδη D	β -Glc- β -Glc (2 \rightarrow 1)	β -Glc- β -Glc (2 \rightarrow 1) β -Glc (3 \rightarrow 1)	250 - 450
Ρεμπαουδιοσίδη E	β -Glc- β -Glc (2 \rightarrow 1)	β -Glc- β -Glc (2 \rightarrow 1)	150 - 300
Ρεμπαουδιοσίδη F	β -Glc	β -Glc- β -Xyl (2 \rightarrow 1) β -Glc (3 \rightarrow 1)	-
Δουλκοσίδη A	β -Glc	β -Glc- α -Rha (2 \rightarrow 1)	50 - 120

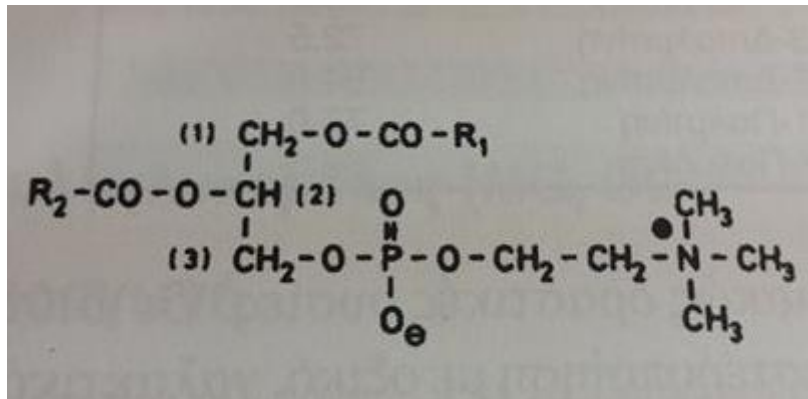
Οι γλυκοζίτες προέρχονται από τα φύλλα του φυτού *Stevia rebaudiana*, καλλιέργειες του οποίου συναντά κανείς στην Ιαπωνία, στην Κορέα και σε κάποιες χώρες της Νοτίου Αμερικής. Η γλυκύτητα των γλυκοζιτών ποικίλλει ανάλογα με τη φυσική του πηγή, παραμένοντας όμως πάντα σε πολύ υψηλές τιμές περίπου 300-400 φορές περισσότερη από την ισοδύναμη γλυκύτητα της σακχαρόζης. Οι γλυκοζίτες στεβιόλης είναι ένα ευρέως διαδεδομένο γλυκαντικό στην Ιαπωνία, καθώς το χρησιμοποιούν σε αναψυκτικά, καραμέλες, τσίχλες αλλά και σε γλυκά ή τρόφιμα που απευθύνονται σε ανθρώπους που πάσχουν από διαβήτη. Στα παραπάνω προϊόντα είναι συχνή η ανάμιξη των γλυκοζιτών στεβιόλης με άλλα γλυκαντικά. Σε αντίθεση με την νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης αλλά και των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής, η ιαπωνική νομοθεσία κατατάσσει τους γλυκοζίτες στεβιόλης στα φυτικής προέλευσης πρόσθετα τροφίμων και επιτρέπει τη χρήση τους χωρίς κανένα περιορισμό.

2.1.3 Λεκιθίνη

Η λεκιθίνη (φωσφατιδυλοχολίνη) προστίθεται στις τσίχλες με διπλό σκοπό, αφενός ως επιφανειακά ενεργή ουσία που αποτελεί το συνδετικό κρίκο μεταξύ της μη υδατοδιαλυτής

φάσης (κόμμι βάσης) και της υδατοδιαλυτής φάσης (γλυκαντικά), και αφετέρου δρα ως σταθεροποιητής αυξάνοντας το χρόνο ζωής του τελικού προϊόντος. Άλλοι σταθεροποιητές που χρησιμοποιούνται αποκλειστικά σε τσίγλες που περιέχουν σταγόνες στο εσωτερικό τους είναι εστέρες λιπαρών οξέων σορβιτάνης ή εστέρες λιπαρών οξέων γλυκερίνης.

Η λεκιθίνη, αναπαράσταση του μορίου φαίνεται στην Εικόνα 3, είναι ένα πολλαπλών χρήσεων φωσφολιπίδιο που συναντάται σε όλους τους ζωντανούς οργανισμούς και έχει μελετηθεί εκτενώς. Δεν είναι απαραίτητη η ημερήσια πρόσληψη λεκιθίνης καθώς δεν έχει βρεθεί οποιαδήποτε συνεισφορά στον οργανισμό. Για χρήση σε εμπορική κλίμακα η λεκιθίνη απομονώνεται κυρίως από τη σόγια ή τον κρόκο αυγού, αλλά βρίσκεται και λεκιθίνη από καλαμπόκι και ηλίανθο. (Ensminger et al 2000, Sikorski 2007).



Εικόνα 3 Αναπαράσταση του μορίου της λεκιθίνης

2.1.4 Γλυκερίνη

Η γλυκερίνη ή γλυκερόλη μία τριυδροξυλική αλκοόλη, είναι άχρωμη, ημίρρευστη σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και ελαφρώς γλυκιά γεύση, στην οποία οφείλει την ονομασία της. Κατατάσσεται στα τριγλυκερίδια και είναι προϊόν σαπωνοποίησης. Η υγροσκοπική δράση της και η συνάφεια με τις αρωματικές ενώσεις τις καθιστούν πολύτιμο συστατικό σε πολλά προϊόντα της βιομηχανίας τροφίμων, όπως κέικ και άλλα γλυκίσματα. Στην τσίγλα είναι το τελευταίο υλικό που προστίθεται συχνά ταυτόχρονα με τα αρωματικά. Διατηρεί την υγρασία του τελικού προϊόντος και αποτρέπει την κρυστάλλωση. (Bender 2006).

2.1.5 Πρόσθετες ουσίες

Μία τσίγλα προσδιορίζεται από το είδος του γλυκαντικού που περιέχει (με σακχαρόζη ή χωρίς σακχαρόζη) αλλά κυρίως από το άρωμά της και τη γεύση που της έχει προσδοθεί. Ενδεικτικά

αναφέρονται τσίχλες με μέντα, με δυόσμο, με κανέλλα, με φράουλα, με φρούτα του δάσους, με ψυκτικούς παράγοντες για δροσερή αναπνοή. Έτσι, τα αρώματα μπορεί να αποτελούν λιγότερο από το 1% της τελικής σύστασης, αλλά έχουν τη δύναμη να χαρακτηρίζουν ολόκληρο το προϊόν. Τα αρώματα αποτελούν το μεγαλύτερο πεδίο ερευνών της βιομηχανίας τσίχλας, με στόχο τη μεγαλύτερη διάρκεια του αρώματος, τη σταδιακή απελευθέρωσή του κατά τη μάσηση, αλλά και τη μελέτη και εξακρίβωση του μηχανισμού απελευθέρωσης, καθώς επηρεάζεται από τη φύση του κόμμεος και των γλυκαντικών. Η υφή της τσίχλας έχει συνδεθεί με την ταχύτητα απελευθέρωσης των αρωμάτων - οι τσίχλες που είναι περισσότερο μαλακές έχει προκύψει ότι απελευθερώνουν γρηγορότερα το άρωμά τους, το ίδιο ισχύει για τις πολύ γλυκές τσίχλες καθώς η γλυκύτητα εμποδίζει τον καταναλωτή να αντιληφθεί το άρωμα (Potineni, Peterson, 2008, Davidson et al 1999).

Πέραν των αρωματικών σε ιδιαίτερα μικρή συγκέντρωση προστίθενται και χρωστικές ουσίες στην τσίχλα. Η παρουσία χρώματος δεν είναι απαραίτητη, αλλά συνήθως ταιριάζει με το άρωμα, ώστε να προδιαθέτει τον καταναλωτή παραδείγματος χάρη συνήθως οι τσίχλες με άρωμα φράουλα είναι κόκκινες ή ροζ.

2.2 Βιομηχανική παραγωγή τσίχλας

2.2.1 Εισαγωγή

Ο σκοπός της διαδικασίας παραγωγής της τσίχλας είναι να μετατρέψει το κόμμι βάσης (συνήθως σφαιρίδια αυξημένης σκληρότητας) σε ένα μίγμα με ομογενή σύσταση το οποίο να μπορεί να διατηρήσει ένα συγκεκριμένο σχήμα και να έχει συγκεκριμένες ιδιότητες (άρωμα, χρώμα).

Τα βασικά στάδια για τη μετατροπή αυτή είναι τα ακόλουθα:

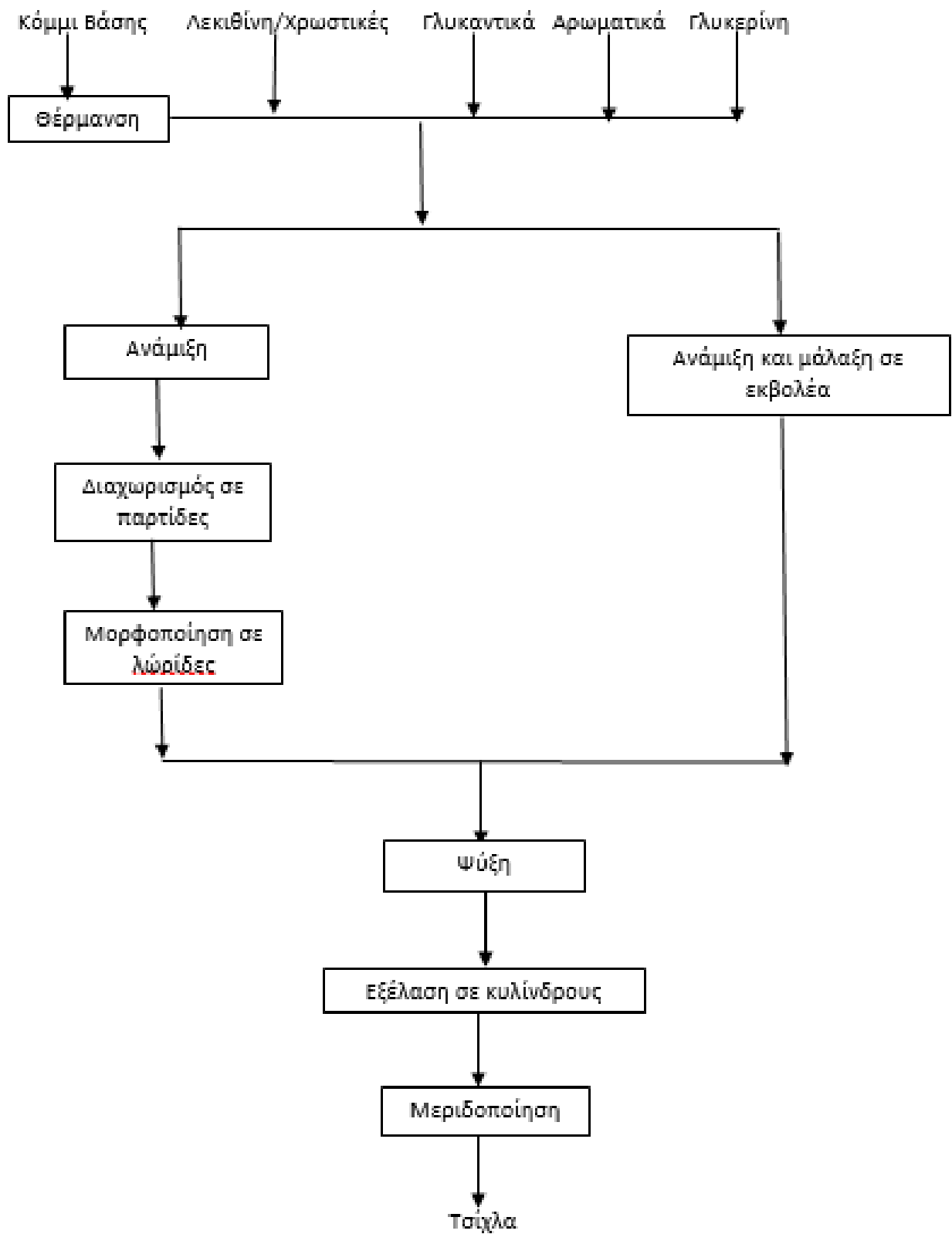
- Θέρμανση του κόμμεος βάσης
- Ανάμιξή του με τα υπόλοιπα υλικά
- Μορφοποίηση του μίγματος στο τελικό σχήμα της τσίχλας.

Παλαιότερα, όλα τα στάδια γίνονταν χειρωνακτικά, από ειδικευμένους παρασκευαστές. Στη συνέχεια, για κάθε στάδιο κατασκευάστηκαν κατάλληλα μηχανήματα, το μέγεθος, η λειτουργία και οι δυνατότητες των οποίων εξελίσσονται μέχρι και σήμερα. Πρόκειται για τον

αναμικτήρα, τον ζυμωτήρα, τον εκβολέα και τη μηχανή κοπής. Ακόμη, λόγω έλλειψης τεχνολογίας και τεχνογνωσίας η διαδικασία παραγωγής τσιγλών αρχικά γινόταν μόνο κατά παρτίδες προϊόντος, ενώ σήμερα η διαδικασία μπορεί να είναι και συνεχής. Ανάλογα με το αν η παραγωγή είναι κατά παρτίδες ή συνεχής και ανάλογα με το μέγεθος της παραγωγής, οι μηχανές μπορεί να αλλάζουν, αλλά η γενική ιδέα παραμένει σταθερή.

2.2.2 Μηχανήματα και μέθοδοι

Αρχικά, το κόμμι βάσης θερμαίνεται και παράλληλα αναδεύεται σε αναμικτή με κατάλληλο στέλεχος σχήματος z και θερμομανδύα, προκειμένου να διατηρείται σταθερή η θερμοκρασία του μεταξύ 50 ° και 70 °C για περίπου 30 min ανάλογα με τις απαιτήσεις του κόμμεος. Τα γλυκαντικά, σε μορφή σκόνης ή διαλύματος και οι ενεργές ουσίες προστίθενται σύμφωνα με αυστηρό χρονικό προγραμματισμό. Τα αρώματα και οι ψυκτικοί ή θερμαντικοί παράγοντες προστίθενται στο τέλος, ενώ ταυτόχρονα το μίγμα ψύχεται στους 35-40° C. Παλαιότερα, το μίγμα με τη βοήθεια κυλίνδρων ρυθμισμένων σε επιθυμητή απόσταση μετατρεπόταν σε επιφάνεια τσίγλας που στη συνέχεια με λεπίδες κοβόταν στις επιθυμητές διαστάσεις. Η σύγχρονη μέθοδος που εφαρμόζεται για το σχηματισμό της τσίγλας είναι εκβολή του μίγματος, λόγω της αποτελεσματικότητάς της, της ευελιξίας της διαδικασίας και του χαμηλού κόστους αναλογικά με το μέγεθος των τσιγλών. Στην Εικόνα 4 παρουσιάζεται το τυπικό διάγραμμα ροής βιομηχανικής παραγωγής τσίγλας.



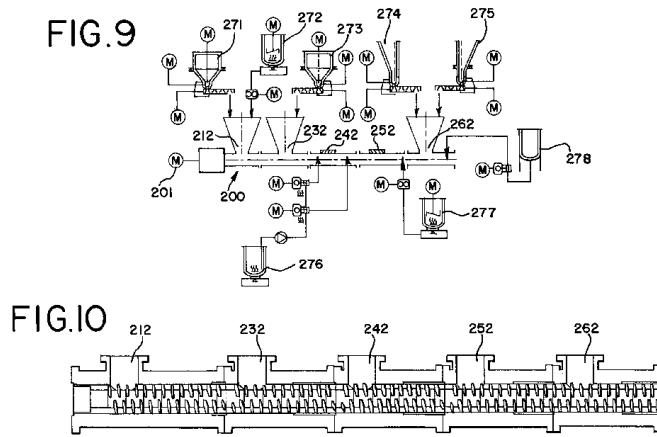
Εικόνα 4 Τυπικό διάγραμμα ροής βιομηχανικής παραγωγής τσίχλας.

Η επικάλυψη, που γίνεται στις τσίχλες κουφέτα, είναι το τελευταίο στάδιο το οποίο επίσης προσφέρεται για την προσθήκη αρώματος, χρώματος ή δραστικών ουσιών. Η επικάλυψη γίνεται σε περιστρεφόμενα τύμπανα και η περιστροφή διαρκεί μέχρι τα τεμάχια να απορροφήσουν επαρκή ποσότητα επικαλυπτικών υλικών. Τα επικαλυπτικά ποικίλλουν και μπορεί να είναι άμυλο, αραβικό κόμμι ή σιρόπι σακχαρόζης. Το φινίρισμα αυτό στοχεύει στην εξάλειψη τυχόν ατελειών στην επιφάνεια της τσίχλας και στο γυάλισμά της. Τα κουφέτα σκληραίνουν συνήθως μετά από 8 εβδομάδες αποθήκευσης ακολουθώντας μία συγκεκριμένη πορεία, καθώς τα σάκχαρα και οι πολυόλες (σορβιτόλη και ξυλιτόλη) σχηματίζουν κρυστάλλους που προσδίδουν την επιθυμητή σκληρότητα και την τραγανή υφή. Η κρυσταλλική δομή, όμως, δημιουργεί πορώδη επιφάνεια, με αποτέλεσμα η υγρασία και το οξυγόνο να διαπερνούν τα επικαλυπτικά και να αλλοιώνουν ή να υποβαθμίζουν την τσίχλα. Για να αποφευχθούν οι παραπάνω καταστάσεις απαιτείται αεροστεγής συσκευασία των κουφέτων, κάτι που δεν θεωρείται αναγκαίο αν πρόκειται για τσίχλες χωρίς επικάλυψη.

Οι τσίχλες κουφέτα, στο τελευταίο στάδιο παραγωγής επικαλύπτονται με παράγοντες επίπασης, με βασικό σκοπό την προστασία από την υγρασία αλλά και την αποφυγή φαινομένων συσσωμάτωσης δύο ή περισσότερων τσιχλών μέσα στη συσκευασία. Επίσης, σε περιπτώσεις συσκευασίας μεγάλου αριθμού τσιχλών διατηρείται ομοιόμορφο το σχήμα τους. Όσον αφορά στις τσίχλες με σχήμα μπάστουνη, η επίπαση πραγματοποιείται για τους ίδιους με τους προαναφερθέντες σκοπούς και χρησιμοποιείται λεπτόκοκκη πούδρα γλυκαντικής ουσίας, συνήθως ξυλιτόλης. Αποφεύγεται η χρήση χοντρόκοκκων γλυκαντικών εξαιτίας της δημιουργίας ανεπιθύμητων στιγμάτων στην επιφάνεια του τελικού προϊόντος.

Μέχρι και το 1995 οι γραμμές παραγωγής τσίχλας λειτουργούσαν ασυνεχώς σε παρτίδες, έχοντας ως αποτέλεσμα μεγάλους χρόνους αναμονής προκειμένου να καθαριστούν και τα μηχανήματα να είναι έτοιμα να επαναλειτουργήσουν. Με σκοπό τη βελτίωση της παραγωγικότητας, οι εταιρείες εκμεταλλευόμενες το αυστηρό χρονικό διάγραμμα προσθήκης των πρώτων υλών στο μίγμα δημιούργησαν ένα παραλληλόγραμμο αναμίκτη με εισόδους υλικών σε διαφορετικά σημεία. Κατά τη λειτουργία του στην πρώτη θέση πλήρωσης προστίθεται το κόμμι βάσης, αναμιγνυόμενο προχωρά παράλληλα με τον άξονα λειτουργίας, ενώ ο απαιτούμενος χρόνος μέχρι να φτάσει στην επόμενη θέση πλήρωσης ρυθμίζεται έτσι, ώστε να έχει πλήρως ομογενοποιηθεί. Η διαδικασία συνεχίζεται και σε κάθε θέση πλήρωσης προστίθενται αυτόματα οι απαιτούμενες ποσότητες γλυκαντικών, αρώματος ή χρωστικών. Στην Εικόνα 5 διακρίνεται η διάταξη για συνεχή παραγωγή τεμαχίων τσίχλας, όπως έχει

κατατεθεί στον Αμερικανικό Οργανισμό Κατοχύρωσης Ευρεσιτεχνιών και έχει λάβει τον αριθμό ευρεσιτεχνίας US 5976581 A.



U.S. Patent

Nov. 2, 1999

Sheet 6 of 6

5,976,581

Εικόνα 5 Διάταξη μηχανής συνεχούς παραγωγής τσίγλας όπως κατατέθηκε για την ευρεσιτεχνία US 5976581 A

Κεφάλαιο 3: Τάσεις - Νέα προϊόντα

3.1 Χρωστικές

Εισαγωγή

Από την αρχαιότητα υπήρχε η τάση να χρησιμοποιηθούν χρωστικές ουσίες, π.χ. σε αιγυπτιακούς τάφους απεικονίζεται η παρασκευή χρωματιστών γλυκισμάτων ήδη από το 1500 π.Χ. όπως και η περιγραφή του Πλινίου του πρεσβύτερου που περιγράφει τη χρήση πρόσθετων χρωστικών ουσιών σε κρασί. Αρκετά νωρίτερα, από το 5000 π.Χ., οι γυναίκες στην Αίγυπτο χρησιμοποιούσαν φυσικές χρωστικές ουσίες όπως οξειδωμένο χαλκό (πράσινο χρώμα) για σκιά ματιών, Χένα για να βάφουν κόκκινα τα μαλλιά τους, καρμίνη για τα χείλη. Με κρόκο έβαφαν κίτρινα τα πρόσωπά τους και τόνιζαν τη γραμμή των φρυδιών τους με χημική ένωση που προερχόταν από αρσενικό. Άλλες αναφορές χρωστικών ουσιών σε τρόφιμα γίνονται το 12^ο αι. στη Βρετανία όπου χρωμάτιζαν τη σακχαρόζη με πορφύρα επιτυγχάνοντας μία απόχρωση μεταξύ μωβ- κόκκινου (Watson 2000).

Στη σύγχρονη εποχή κατά την επιλογή και κατανάλωση τροφίμων όλες οι αισθήσεις λαμβάνουν μέρος, μεταξύ αυτών και η όραση, καθώς τυχόν αλλοιώσεις στο χρώμα πολλές φορές υποδεικνύουν ποιοτική υποβάθμιση του προϊόντος. Επίσης, οι καταναλωτές ελκύονται από τα χρώματα των προϊόντων. Για τους λόγους αυτούς η βιομηχανία τροφίμων διασφαλίζει με οπτικούς ελέγχους το χρώμα του τελικού προϊόντος ή μεταβάλλει το χρώμα των προϊόντων με χρωστικές ουσίες, προκειμένου να γίνουν πιο θελκτικά. Οι χρωστικές που χρησιμοποιούνται μπορεί να είναι συνθετικές ή φυσικές και είναι επιθυμητό να συμβάλλουν στην αύξηση του ορίου ζωής του τροφίμου (δρουν ως συντηρητικά). Οι φυσικές χρωστικές ουσίες αποτελούν το ένα τρίτο της αγοράς, στις ΗΠΑ η ετήσια αγορά χρωστικών ουσιών ανέρχεται στο ένα δισεκατομμύριο δολάρια. Οι συνθετικές ουσίες επιτυγχάνουν καλύτερα αποτελέσματα από τις φυσικές, μεγαλύτερη σταθερότητα και αυξημένη ικανότητα βαφής. Ωστόσο, τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται μία μείωση στην αγορά των συνθετικών χρωστικών και διπλάσιος ρυθμός αύξησης της ζήτησης φυσικών χρωστικών. Η τάση αυτή οφείλεται κυρίως στην στροφή των καταναλωτών σε φυσικά προϊόντα κυρίως σε χώρες όπως το Ηνωμένο Βασίλειο, οι σκανδιναβικές χώρες και άλλες της βόρειας Ευρώπης. Έχει βρεθεί ότι οι καταναλωτές αυτών των χωρών θα προτιμήσουν να αγοράσουν ένα τρόφιμο ανώτερης ποιότητας που έχει φυσικό χρώμα, παρά ένα με καλύτερο και πιο έντονο συνθετικό χρώμα. Επιπλέον, στην αποδοχή των προϊόντων με φυσικές χρωστικές συμβάλλει και η οικειότητα των καταναλωτών με τις πρώτες ύλες (παντζάρι, κόκκινο λάχανο, πάπρικα, κρόκος Κοζάνης)

έναντι μίας σύνθετης χημικής ένωσης που δεν έχει συναντήσει ποτέ του και έχει ονομασία E124 λόγου χάρη. Πέραν της ανησυχίας των καταναλωτών, το γεγονός ότι οι τοξικολογικές αναλύσεις για την πλήρη διασαφήνιση για το αν μία συνθετική χρωστική ουσία είναι ή όχι επικίνδυνη και σε ποια δόση, είναι ιδιαίτερα ακριβές και οι εταιρείες δεν επενδύουν στην ανάπτυξη καινούργιων συνθετικών χρωστικών. Η υπάρχουσα τεχνολογία, βέβαια, για τα φυσικά χρώματα, η εκχύλιση, η συγκέντρωση απαιτούμενης ποσότητας που είναι εξίσου αποτελεσματική με συνθετική χρωστική και ο καθαρισμός παραμένει ακριβή στην εφαρμογή της και για αυτό γίνονται συνεχείς μελέτες για τη βελτιστοποίηση και αύξηση της χρωστικής τους ικανότητας (Socaciu 2008).

Ένα από τα πρώτα αποτελέσματα των μελετών που ενθαρρύνει ακόμα περισσότερο τους καταναλωτές να στραφούν στις φυσικές χρωστικές είναι η θρεπτική αξία ορισμένων, όπως τα καροτενοειδή και οι ανθοκυανίνες. Στα καροτενοειδή κατατάσσονται το καροτένιο, η λουτεΐνη και λυκοπένιο, ουσίες γνωστές για την αντιοξειδωτική τους δράση που συνδέεται με την πρόληψη εκφυλιστικών ουσιών και έχει προκύψει ότι ο συνδυασμός τους έχει καλύτερη δράση έναντι της πρόσληψης ενός συγκεκριμένου. Οι ανθοκυανίνες από το φλοιό του σταφυλιού μειώνουν τις πιθανότητες για εκδήλωση καρδιαγγειακών νοσημάτων. Το επόμενο απαιτητικό βήμα είναι η δημιουργία τεχνικών ήπιας επεξεργασίας των φυσικών χρωστικών, ώστε να επιφέρουν το επιθυμητό αποτέλεσμα στο προϊόν και να μην αλλοιώνονται τάχιστα με την πάροδο του χρόνου ή όταν υφίστανται επεξεργασία σε υψηλές θερμοκρασίες (MacDougall 2000).

Κρόκος Κοζάνης

Μία από τις πρώτες εδώδιμες χρωστικές ουσίες στην οποία γίνεται αναφορά από την αρχαιότητα ήδη από τον 23^ο αιώνα π.Χ. είναι ο κρόκος Κοζάνης ή σαφράν, ένα ιδιαίτερο μπαχαρικό που συναντάται κυρίως στις μεσογειακές χώρες Ελλάδα, Ισπανία, Τουρκία, Μαρόκο αλλά και στην Ινδία και το Ιράν, με την Ελλάδα και συγκεκριμένα την περιοχή της Κοζάνης να παράγει μία από τις καλύτερες ποιότητες (το ινδικό σαφράν είναι ο κουρκουμάς). Συλλέγεται από τους στήμονες του φυτού *Crocus Sativus*, κάθε λουλούδι έχει μόνο 3 στίγματα όπως φαίνεται στην Εικόνα 6 και για αυτό το λόγο χρειάζονται περίπου 150.000 λουλούδια για τη συλλογή 1kg μπαχαρικού. Στην Εικόνα 7 παρουσιάζονται μερικά γραμμάρια στιγμάτων ικανά ωστόσο να χρωματίσουν πολύ μεγάλο όγκο υδατικού διαλύματος. Η παραλαβή των στιγμάτων από τα λουλούδια γίνεται χειρωνακτικά, κάτι που δικαιολογεί την αρκετά υψηλή τιμή του μπαχαρικού. Ο Κρόκος χαρίζει ιδιαίτερη γεύση και άρωμα αλλά και έντονο χρώμα.



Εικόνα 6 Άνθη του φυτού Crocus Sativus

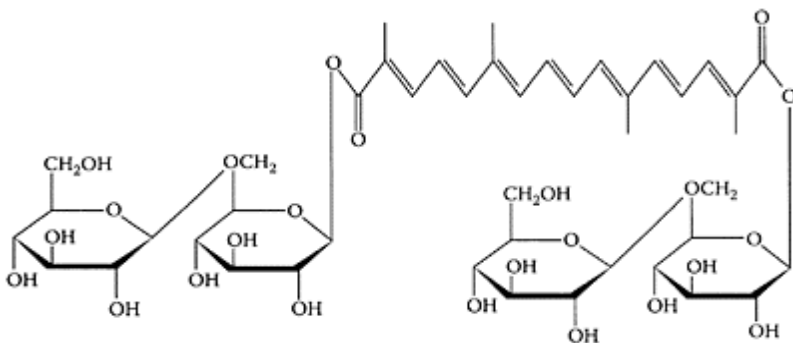


Εικόνα 7 Στίγματα Crocus Sativus

Στην ιατρική που εφαρμοζόταν κυρίως στην αρχαία Κίνα, αλλά και στη σύγχρονη, ο Κρόκος θεωρείται ότι έχει θεραπευτικές ιδιότητες για μία σειρά από ασθένειες όπως καρδιαγγειακά νοσήματα, νευρολογικές διαταραχές που συνδέονται με την απώλεια μνήμης και ηπατικά τραύματα. Επίσης, έρευνες έχουν δείξει ότι εκχυλίσματα από Κρόκο ανέστειλαν την ανάπτυξη καρκινικών κυττάρων σε ανθρώπινο όγκο. Τα κύτταρα στα οποία διοχετεύτηκε η κροκίνη ανέστειλαν ιδιαίτερα αποτελεσματικά την αύξηση του μεγέθους των καρκινικών κυττάρων. Τα καροτενοειδή που περιέχονται στον Κρόκο θεωρείται ότι έχουν χημειοπροστατευτική δράση έναντι του καρκίνου. Περαιτέρω, οφθαλμολογικές έρευνες έχουν δείξει ότι η κροκίνη αυξάνει τη ροή αίματος στον αμφιβληστροειδή χιτώνα, κάτι που βοηθά στην ανακούφιση των συμπτωμάτων της ηλικιακής εκφύλισης της ωχράς κηλίδας. Όσον αφορά στις νευρολογικές θεραπευτικές ιδιότητες της κροκίνης αναφέρεται ότι δρα ανασταλτικά στη δράση της αιθανόλης στον εγκέφαλο (απώλεια μνήμης).

Οι τρεις κύριοι ενεργοί μεταβολίτες είναι: (1) η κροκίνη, υδατο-διαλυτά καροτενοειδή που προσδίδει το χαρακτηριστικό χρώμα στα διαλύματα, (2) η πικρο-κροκίνη, στην οποία οφείλεται και η πικρή γεύση του Κρόκου, και (3) και η σαφρανάλη, το αιθέριο έλαιο (essential oil) που προσδίδει τη χαρακτηριστική οσμή και άρωμα στο μπαχαρικό. Επιπρόσθετα, ο Κρόκος περιέχει πρωτεΐνες, σάκχαρα, βιταμίνες, φλαβονοειδή, αμινοξέα, ανόργανα υλικά, κόμμεα και άλλες χημικές ουσίες (MacDougall 2000, Eskin et al 2006, Watson 2000, Bender 2006).

Η κύρια χρωστική ένωση στον κρόκο Κοζάνης είναι η κροκίνη όπως φαίνεται στην Εικόνα 8, ένας διγεντιοβιοζυλεστέρας του δικαρβοξυλικού καροτενοειδούς κροκετίνη. Το καρβοξύλιο και το ένα ποσοστό σακχάρων του μορίου την καθιστούν υδατοδιαλυτή. Τα υδατικά διαλύματα οξειδώνονται σχετικά εύκολα από τον ατμοσφαιρικό αέρα και το φως, για το λόγο αυτό προτείνεται η άμεση χρήση του διαλύματος. Παρόλα αυτά η χρήση του είναι διαδεδομένη. Η κατεργασία σε υψηλές θερμοκρασίες δεν υποβαθμίζει τις χρωστικές και για το λόγο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε τρόφιμα που επεξεργάζονται σε υπερ-υψηλές θερμοκρασίες.



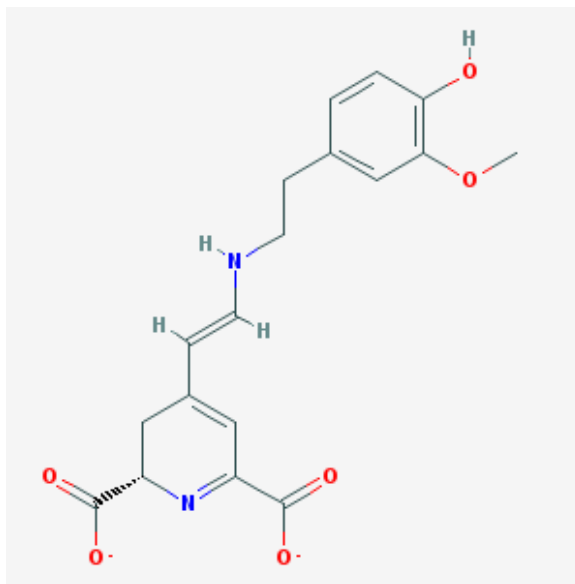
Εικόνα 8 Αναπαράσταση του μορίου της Κροκίνης (*Dictionary of Nutraceuticals and Functional Foods*, Eskin N.A.M, Tamir S., 2006)

Παντζάρι

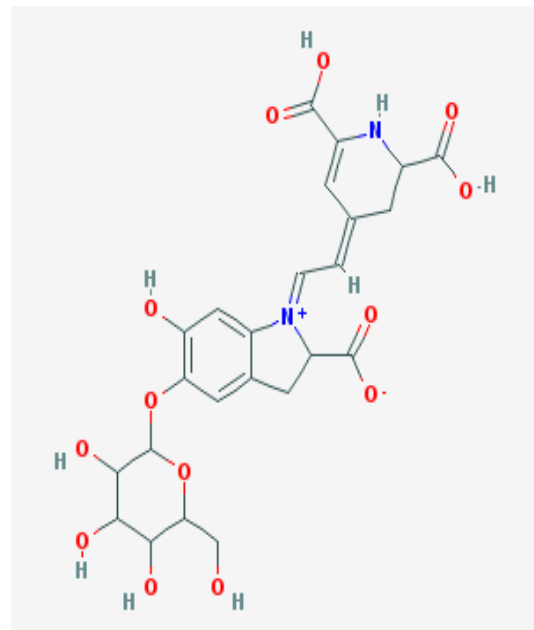
Τα παντζάρια καλλιεργούνται για αρκετούς αιώνες στα εύκρατα κλίματα και αρκετά νωρίς οι άνθρωποι ανακάλυψαν τις χρωστικές τους ικανότητες, οι οποίες ποικίλλουν από κόκκινο σε κίτρινο. Υπεύθυνες για αυτό είναι οι βεταλαΐνες που διαχωρίζονται στις κόκκινες βήτα-κυανίνες (Εικόνα 9) και στις κίτρινες βήτα-ξανθίνες (Εικόνα 10). Εκτός από τα παντζάρια (*Beta vulgaris*), οι βεταλαΐνες συναντώνται στα σέσκουλα (*B. vulgaris*) και τα φραγκόσυκα (*Opuntia ficus-indica*). Στα παντζάρια συνήθως περιέχονται και οι δύο ουσίες και ο λόγος τους εξαρτάται από την ποικιλία του καρπού. Ορισμένες ποικιλίες περιέχουν μόνο βήτα-ξανθίνες, από τις οποίες προκύπτουν χρωστικές μεταξύ κίτρινου και κόκκινου χρώματος. Η βετανίνη, η κυριότερη βήτα-κυανίνη, αφού αποτελεί το 75-90% των ολικών χρωστικών ουσιών είναι και η συχνότερα μελετημένη. Εμφανίζει σχετική σταθερότητα στις αλλαγές του pH και προτιμάται έναντι των ανθοκυανών. Ωστόσο, όσον αφορά στη σταθερότητα των βεταλαΐνων στη θέρμανση και στο φως, τα αποτελέσματα δεν είναι ικανοποιητικά, το ίδιο συμβαίνει και για παρουσία μεταλλικών ιόντων. Επομένως τα προϊόντα στα οποία μπορούν να εφαρμοστούν θα πρέπει να έχουν μικρή διάρκεια ζωής, να είναι συσκευασμένα κατάλληλα για να προστασία από τον ατμοσφαιρικό αέρα, την υγρασία και το φως και δεν θα εκτίθεται σε υψηλές θερμοκρασίες. Τέτοια προϊόντα είναι παγωτό, γιαούρτι, μίγματα για κέικ και έτοιμες σάλτσες για σαλάτες. Έχει μελετηθεί η τοξικότητα των βετανινών σε τρωκτικά και βρέθηκε ότι ακόμα και σε πολύ υψηλή συγκέντρωση δεν προκαλούν καρκινογένεση ή άλλα τοξικά αποτελέσματα και θεωρούνται ασφαλείς για χρήση σε τρόφιμα χωρίς κάποιο περιορισμό. Παρόλα αυτά αν δεν περιοριστεί

η διάσπασή τους, η χρήση τους θα παραμείνει περιορισμένη. Η βιομηχανική παραγωγή χρωστικής ουσίας από παντζάρια ξεκινά με τη συλλογή των καρπών το φθινόπωρο και με φυσικά μέσα (συμπίεση σε όξινο περιβάλλον) όπου λαμβάνεται ο χυμός, ο οποίος στη συνέχεια διέρχεται από φίλτρα και παστεριώνεται. Ένα υψηλού ιξώδους ρευστό παραλαμβάνεται με περιεκτικότητα περίπου 0,50% σε βετανίνη, το ποσοστό όμως αυτό μειώνεται σημαντικά κατά 0,15%, εάν η χρωστική εγκλειστεί σε διαφόρους φορείς (όπως μαλτοδεξτρίνη) για την παραλαβή σκόνης ύστερα από ξήρανση με εκνέφωση (spray drying).

Οι χρωστικές του παντζαριού δίνουν ένα χρώμα που θυμίζει φράουλα σε παγωτά, γαλακτοκομικά προϊόντα, μαρμελάδες, γλυκίσματα και ζαχαρωτά, τα οποία όμως δεν υπόκεινται σε θερμικές κατεργασίες. Αν πρόκειται να επεξεργαστούν θερμικά, το χρώμα προστίθεται στο προϊόν στο τελευταίο στάδιο για την αποφυγή της υποβάθμισής του, διαφορετικά αποκτά ένα καφέ χρωματισμό. Πέραν των θερμικών περιορισμών, η δράση τους είναι βέλτιστη σε pH 4.5 και δεν προτείνεται η εφαρμογή τους σε αλκαλικό περιβάλλον. Έχουν πολύ μεγάλη χρωστική ικανότητα και δεν απαιτούν υψηλές δόσεις για το χρωματισμό. (MacDougall 2002)



Εικόνα 9 Αναπαράσταση μορίου βήτα ζανθίνης



Εικόνα 10 Αναπαράσταση του μορίου βήτα κυανιδίνης

Μικροεγκλεισμός χρωστικών

Για την αποφυγή της οπτικής (οργανοληπτικής) υποβάθμισης των τροφίμων με φυσικές χρωστικές αλλά και για διεύρυνση της εφαρμογής τους, παραδείγματος χάρη χρωματισμός κέικ με χρωστική από παντζάρι, έδαφος φαίνεται να κερδίζει ο εγκλεισμός των φυσικών χρωστικών σε κατάλληλα επιλεγμένους φορείς. Ο εγκλεισμός ενεργών ουσιών δεν περιορίζεται μόνο στις χρωστικές, αλλά βρίσκει εφαρμογές σε όλες τις κατηγορίες ευαίσθητων μορίων όπως σε πτητικές αρωματικές ουσίες ή σε βιοενεργές ουσίες όπως οι βιταμίνες και η νικοτίνη. Για τις αρωματικές ουσίες, η εφαρμογή του μικροεγκλεισμού έχει ως στόχο τη βελτίωση της συνολικής σταθερότητας και την καθυστέρηση της απελευθέρωσης του αρώματος, μέχρι τον ζητούμενο- επιθυμητό χρόνο μαγειρέματος ή κατά την κατανάλωση. Για τα παραπάνω παραδείγματα είναι επιτακτική η καταστροφή του μικροεγκλεισμού την κατάλληλη στιγμή, λόγω χάρη οι τσίχλες που περιέχουν μικρόκοκκους με εγκλεισμένο άρωμα, αυτοί διασπώνται σταδιακά κατά την επαφή με το σίελο κατά τη μάσηση. Όσον αφορά στις χρωστικές, τα πράγματα είναι λίγο διαφορετικά, γιατί η πρόκληση είναι η διατήρηση της προστασίας τους που προσδίδεται από τις επικαλύψεις, παρά τις επιδράσεις των φυσικών ή χημικών παραγόντων στο τελικό προϊόν ή κατά την παρασκευή του. Εφόσον η πλειοψηφία των τροφίμων και ποτών έχουν βάση το νερό, ο μικροεγκλεισμός χρωστικών είναι περισσότερο χρήσιμος και απαραίτητος ο εγκλεισμός για χρωστικές που δεν είναι υδατοδιαλυτές, κάποια καροτενοειδή όπως η βήτα- καροτίνη, η βήτα-ξανθίνη, η βήτα-κυανίνη, η κροκίνη, η λουτεΐνη, πάπρικα, τουρμέρικ, καρμίνη, χλωροφύλλη κ.α. Μία πληθώρα διαφόρων μικροεγκλεισμένων χρωστικών είναι διαθέσιμες, με διαφορετικές μεθόδους παραγωγής, τελικού σχηματισμού και επικάλυψης.

Οι εγκλεισμένες χρωστικές ουσίες βρίσκουν άλλη μία εφαρμογή σε τρόφιμα με χρωματικά στρώματα, όπως κέικ, επεξεργασμένη ψίχα καβουριού και άλλα διακοσμητικά της ζαχαροπλαστικής. Στις προαναφερθείσες περιπτώσεις οι υδατοδιαλυτές χρωστικές ενώσεις μεταναστεύουν από το ένα στρώμα στο άλλο, καταστρέφοντας την εικόνα του τροφίμου, κάτι που αποφεύγεται αν πρώτα εγκλειστούν σε κατάλληλο φορέα που δεν επιτρέπει τη μετανάστευση μεταξύ των διαφορετικών στρωμάτων. Επιπρόσθετα, τα συμβατικά φυσικά χρώματα των τροφίμων χάνουν τη φωτεινότητά τους και τείνουν να

γκριζάρουν κατά την έντονη ανάμιξη, σε αντίθεση με τα εγκλεισμένα που προσδίδουν ένα ζωντανό και ελκυστικό χρώμα αυξάνοντας την αρέσκεια του τελικού προϊόντος στον καταναλωτή. Η χρωστική ικανότητα των εγκλεισμένων ουσιών είναι μεγαλύτερη από αυτή των συμβατικών, με αποτέλεσμα να απαιτούνται μικρότερες ποσότητες, για τις βιομηχανίες τροφίμων και ποτών. Αυτό έχει διπλό όφελος, αφενός μικρότεροι αποθηκευτικοί χώροι απαιτούνται και αφετέρου και κυριότερα στις ετικέτες αναγράφονται μικρότερες ποσότητες πρόσθετων υλών.

Οι μέθοδοι παραγωγής εγκλεισμένων χρωστικών συνήθως περιλαμβάνουν ανάμιξη, κονιοποίηση, σταθεροποίηση και ξήρανση του τελικού προϊόντος αν πρόκειται να διατεθεί σε ξηρή μορφή. Η μεγαλύτερη ικανότητα διασποράς στο νερό διευκολύνει τον καθαρισμό του εξοπλισμού επεξεργασίας των τροφίμων. Ο έλεγχος των σωματιδίων κατά τον εγκλεισμό είναι απαραίτητος για τη βέλτιστη χρήση των χρωστικών. Το χρώμα είναι αποτέλεσμα της αντανάκλασης του φωτός στην επιφάνεια του σωματιδίου. Ως εκ τούτου υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της συνολικής επιφάνειας των σωματιδίων και της έντασης του χρώματος. Επίσης, το μέγεθος των σωματιδίων διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη σταθερότητα του χρώματος, όταν πρόκειται για εφαρμογή τους σε ποτά, καθώς τα μεγαλύτερου μεγέθους σωματίδια έχουν την τάση να σχηματίζουν ιζήματα. (Zhao 2007)

Φορείς μικροεγκλεισμού

Οι φορείς που επιλέγονται στη βιομηχανία τροφίμων για χρήση τους στο μικροεγκλεισμό ουσιών είναι παραπροϊόντα από τρόφιμα, συνήθως πολυσακχαρίτες που αποτελούν την κατάλληλη μήτρα στις περισσότερες περιπτώσεις για το «φιλοξενούμενο» μόριο, χωρίς να όμως να αποκλείονται οι πρωτεΐνες και τα λιπίδια ως φορείς. Είναι επιθυμητή, αν όχι απαραίτητη η ύπαρξη αλληλεπίδρασης μεταξύ των μορίων του φορέα και του φιλοξενούμενου μορίου, ώστε να επιτευχθεί η ζητούμενη σταθερότητα του μορίου, η μείωση της αποικοδόμησης των μορίων υπό την επίδραση του οξυγόνου, της ακτινοβολίας ή της θέρμανσης καθώς και της πτητικότητας των αρωματικών ουσιών. (Sikorski 2007)

Αραβικό Κόμμι

Το αραβικό κόμμι αποτελεί άριστη επιλογή ως φορέας εγκλεισμού εδώ και πολλά χρόνια, δεδομένου ότι είναι μη τοξικό, άοσμο, άγευστο, διαθέτει εξαιρετική ικανότητα γαλακτωματοποίησης, και παρουσιάζει χαμηλό ιξώδες σε υδατικά διαλύματα και πολύ καλές ιδιότητες συγκράτησης πτητικών. Συλλέγεται ως έκκριμα από τα δέντρα *Acacia Senegal* στις υποσαχάριες χώρες, με το Σουδάν να έχει τη μεγαλύτερη ετήσια παραγωγή περίπου 45.000ton. Μετά το χάραγμα (τραυματισμό) των φλοιών των δέντρων οι αφυδατωμένες από τον αέρα σταγόνες συλλέγονται (Εικόνα 11). Περιγράφεται ως μία ένωση αραβινο-γαλακτάνης υψηλής διακλάδωσης, ενώ οι μονάδες πρωτεϊνών και πολυσακχαριτών που περιέχει στο μόριό του είναι θεμελιώδεις για τις λειτουργικές ιδιότητες αυτού του πολυσακχαρίτη. Το αραβικό κόμμι περιέχει κάποιες καρβοξυλικές ομάδες, ως μέρος της δομής του, αλλά δεν είναι πολύ αρνητικά φορτισμένο, ενώ φέρει δομή τύπου σπείρας (*globular-like, random coil structure*) με ένα σημαντικό ποσό του νερού να φράσσεται μεταξύ των αλυσίδων του τμήματος του πολυσακχαρίτη. Ως εκ τούτου, η ιδιαίτερη συμπεριφορά που παρουσιάζει αποδίδεται όχι μόνο στη μοριακή δομή του αλλά και στη μοναδική του διαμόρφωση, καθιστώντας το μηχανισμό σταθεροποίησής του συγκρίσιμο με πολύ λίγα άλλα συστήματα πολυσακχαριτών-πρωτεϊνών.



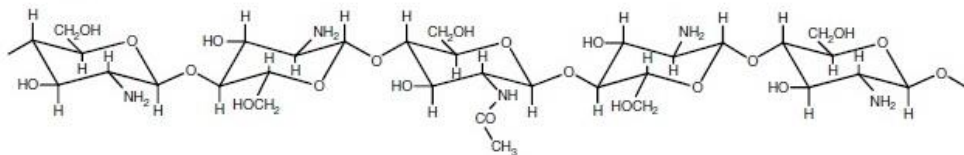
Εικόνα 11 Αραβικό κόμμι έτοιμο να συλλεχθεί από το φλοιό δέντρου *Acacia Senegal*

Αναφορικά με τον εγκλεισμό χρωστικών ουσιών, το αραβικό κόμμι είναι το κόμμι που χρησιμοποιείται πιο συχνά ως επικαλυπτικό μέσο λόγω των επιθυμητών φυσικοχημικών ιδιοτήτων του όπως η διαλυτότητα, το χαμηλό ιξώδες και οι γαλακτωματοποιητικές ιδιότητες. Επιπλέον, είναι ιδανικό για να τον εγκλεισμό πτητικών λιπιδίων καθώς πληροί το ρόλο τόσο του επιφανειακά ενεργού παράγοντα όσο και του παράγοντα ξήρανσης, εμποδίζοντας έτσι την απώλεια των ουσιών λόγω επαφής του με την ατμόσφαιρα.

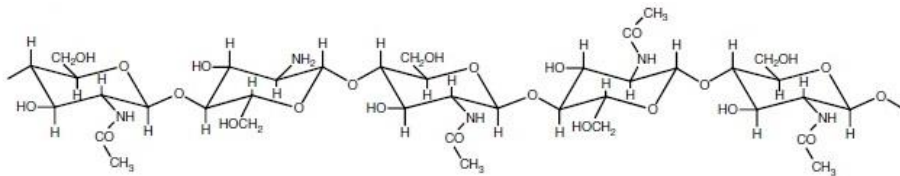
Παρόλα αυτά, η εφαρμογή του αραβικού κόμμεος στη βιομηχανία τροφίμων είναι περιορισμένη λόγω απρόβλεπτων διακυμάνσεων στην τιμή, στον εφοδιασμό και την ποιότητά του. Επομένως, η ολική ή μερική αντικατάστασή του από εναλλακτικά υλικά παραμένει μία συνεχής πηγή ενδιαφέροντος για τη βιομηχανία τροφίμων (Chranioti 2013).

Χιτοζάνη

Η χιτοζάνη (Εικόνα 12) είναι ένα πολυκατιονικό πολυμερές που λαμβάνεται μέσω αλκαλικής αποακετυλίωσης της χιτίνης (ή αλλιώς ένα πολυμερές N-ακετυλογλυκοζαμίνης) (Εικόνα 13). Η χιτίνη είναι το δεύτερο πιο άφθονο φυσικό πολυμερές στη φύση μετά την κυτταρίνη και βρίσκεται στη δομή ενός μεγάλου αριθμού ασπόνδυλων όπως τα μαλακόστρακα. Τα τελευταία χρόνια η χιτοζάνη έχει προσελκύσει μεγάλο ενδιαφέρον λόγω της μη τοξικότητας, της βιοδιασπασιμότητας και της βιοσυμβατότητάς της, καθώς και λόγω των ιδιοτήτων προσκόλλησης που παρουσιάζει. Λόγω των ιδιαίτερων, λοιπόν, χαρακτηριστικών της, όπως οι αντιβακτηριακές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες, η ικανότητα σχηματισμού υμένα/μεμβράνης, η ικανότητα ενίσχυσης πηκτής, οι γαλακτωματοποιητικές ιδιότητες και η ικανότητα για υψηλής απόδοσης εγκλεισμό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα μέσο εγκλεισμού. Συγκεκριμένα, έχει χρησιμοποιηθεί ως ενισχυτικός φορέας εγκλεισμού σε διεργασίες μικροεγκλεισμού βιοενεργών ενώσεων (Chranioti 2012).



Εικόνα 12 Αναπαράσταση του μορίου της χιτοζάνης (Food Carbohydrates Chemistry Physical Properties and Applications, Cui S., 2005)



Εικόνα 13 Αναπαράσταση του μορίου της χιτίνης (Food Carbohydrates Chemistry Physical Properties and Applications, Cui S., 2005)

Μαλτοδεξτρίνες

Η μαλτοδεξτρίνη είναι ένας μη γλυκός, θρεπτικός πολυσακχαρίτης, ο οποίος αποτελείται από μόρια D γλυκόζης ενωμένα κυρίως με α 1-4 δεσμούς. Οι μαλτοδεξτρίνες χρησιμεύουν ως μέσα μεταφοράς ουσιών στον οργανισμό, υποκατάστατα λιπών, μέσα ελέγχου της κατάψυξης για την αποφυγή ανακρυστάλλωσης, βοηθητικά μέσα σε ξήρανση με εκνέφωση ή ως προμηθευτής θρεπτικών ουσιών.

Οι μαλτοδεξτρίνες είναι μερικώς υδρολυμένα προϊόντα αμύλου. Χαρακτηρίζονται κυρίως από το βαθμό της υδρόλυσης, που εκφράζεται ως ισοδύναμο δεξτρόζης (Dextrose Equivalent, DE), το οποίο είναι το επί τοις εκατό ποσοστό των αναγωγικών σακχάρων, υπολογιζόμενο ως βάρος δεξτρόζης επί ξηρού βάρους. Μαλτοδεξτρίνες με ίδιο DE μπορεί να έχουν διαφορετικές εφαρμογές γεγονός που φανερώνει τις διαφορές στη μοριακή σύσταση. Μεγάλες τιμές DE οδηγούν σε αυξημένη λειτουργικότητα που συνεπάγεται ταπείνωση του σημείου κατάψυξης, ανύψωση του σημείου βρασμού, αύξηση της ενεργότητας νερού και άλλες ιδιότητες όπως υγροσκοπικότητα, γλυκύτητα, διαλυτότητα, ιξώδες.

Η χρήση τους ως φορείς εγκλεισμού είναι επίσης διαδεδομένη λόγω του χαμηλού κόστους, συγκρινόμενη με άλλους φορείς και της αποτελεσματικότητας στο τελικό προϊόν παρουσιάζουν καλή οξειδωτική σταθερότητα, ιδιαίτερα στα λιπαρά συστατικά, χαμηλό ιξώδες σε υψηλές συγκεντρώσεις στερεών. Ωστόσο, τα κύρια μειονεκτήματά τους είναι η χαμηλή ικανότητα γαλακτωματοποίησης που παρουσιάζουν συνοδευόμενη από την παραγωγή μη-σταθερών γαλακτωμάτων καθώς και τη χαμηλή ικανότητα συγκράτησης ελαίων. Ως προς τον εγκλεισμό των πτητικών-αρωματικών ενώσεων, έχει παρατηρηθεί ότι η συγκράτησή τους αυξάνεται με αύξηση του ισοδύναμου δεξτρόζης των μαλτοδεξτρινών, γεγονός που υποδηλώνει τη σημασία του DE στη λειτουργικότητα ενός φορέα εγκλεισμού. Επιπλέον, με αύξηση της τιμής DE των μαλτοδεξτρινών έχει παρατηρηθεί αύξηση και στη διατήρηση των αρωματικών ενώσεων κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, καθώς και στην προστασία ελαίων έναντι της οξείδωσης. Ωστόσο, η χρήση της τιμής DE δεν θεωρείται επαρκής για την πρόβλεψη της συγκράτησης ενός προς εγκλεισμού συστατικού.

Τροποποιημένο άμυλο

Προκειμένου το άμυλο να αποκτήσει ιδιότητες γαλακτωματοποίησης, πλευρικές αλυσίδες λιπόφιλου ηλεκτρικού οξέος εισάγονται εντός του μορίου του αμύλου, οδηγώντας στην παραγωγή χημικώς τροποποιημένου αμύλου. Στον εγκλεισμό αρωματικών, χρωστικών και λιπαρών συστατικών των τροφίμων χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι τροποποιημένων αμύλων, όπως Capsul, N-lok, Encapsul Hi-cap και Cleargum.

Τα χημικώς τροποποιημένα άμυλα θεωρούνται καλοί φορείς εγκλεισμού, μιας και παρουσιάζουν χαμηλά ιξώδη σε υψηλές συγκεντρώσεις στερεών και καλή διαλυτότητα στο νερό. Επίσης, λόγω των επιφανειο-δραστικών ιδιοτήτων τους μπορούν να σταθεροποιούν γαλακτώματα, προστατεύοντάς τα από φαινόμενα όπως κροκίδωση (*flocculation*) και συνένωση (*coalescence*). Ωστόσο, η ανεπιθύμητη μετάγευση και η φτωχή προστασία έναντι οξειδώσιμων αρωματικών ουσιών αποτελούν μερικά από τα μειονεκτήματά τους.

3.2 Αρωματικές ουσίες

Εισαγωγή

Η ανάπτυξη και η παραγωγή φυσικών ή συνθετικών αρωμάτων και μπαχαρικών αποτελεί ένα διαρκώς διευρυνόμενο πεδίο της βιομηχανίας τροφίμων. Η συντριπτική πλειοψηφία των αρωματικών ουσιών που χρησιμοποιούνται βρίσκονται σε υγρή κατάσταση σε θερμοκρασία δωματίου, ενώ τα επιμέρους συστατικά τους έχουν τάση να παρουσιάζουν ευαισθησία ως προς τις περιβαλλοντικές συνθήκες (αέρα, φως, ακτινοβολία και υψηλές θερμοκρασίες). Επιπλέον, τα αρωματικά συμπυκνώματα είναι γενικά ελαιώδη και λιπόφιλα υλικά, γεγονός που δυσκολεύει το χειρισμό τους. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητη η εφαρμογή μίας διαδικασίας, με σκοπό τη μετατροπή τους σε μία πιο εύχρηστη μορφή.. Στη βιομηχανία παραγωγής αρωμάτων, η παρεχόμενη προστασία αποτελεί ένα πολύ σημαντικό ζήτημα, δεδομένου ότι τα αιθέρια έλαια καθώς και τα αρώματα μπορεί να αποτελούνται από πληθώρα διαφορετικών στοιχείων (για παράδειγμα >200), και παρόλο που μερικά από αυτά μπορεί να περιέχονται σε μικρο-επίπεδα, εντούτοις προσδίδουν χαρακτηριστικές ιδιότητες στο άρωμα και ως εκ τούτου πρέπει να διατηρηθούν. Ακόμη,

είναι επιθυμητό να υπάρχει μία ομοιόμορφη απελευθέρωση χωρίς κλασματοποίηση των αρωματικών συστατικών, που θα μπορούσε να αλλάξει το άρωμά τους. (Χρασιώτη 2014)

Μάραθος

Ο μάραθος (*Foeniculum vulgare*) ανήκει στα αγγειόσπερμα, δικοτυλήδονα φυτά στην τάξη Lamiales και την οικογένεια των Σκιαδανθών. Πρόκειται για θάμνο ύψους 80–150 cm που μπορεί να είναι μονοετής, διετής ή πολυετής. Είναι γνωστό από την αρχαιότητα, και μολονότι φύτεται στη Μεσόγειο έχει εισαχθεί ως καλλιεργούμενο είδος και σε άλλες χώρες όπως η Ρωσία, η Γερμανία, η Αμερική, η Ινδία, η Κίνα και η Ιαπωνία.

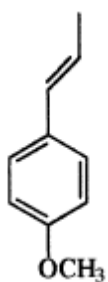
Σύμφωνα με τη συστηματική ταξινόμηση του φυτού υπάρχουν δύο υποείδη (subspecies, ssp):

1. το υποείδος ssp. *peritum*, ένα πολυετές και αποκλειστικά αυτοφρούμενο φυτό και
2. το υποείδος ssp. *vulgare* (Gilib.) Holmboe (ή *capillaceum*) στο οποίο υπάγονται τρεις ποικιλίες:
 - i) η var. *azoricum*, η οποία καλλιεργείται μόνο για τα πράσινα μέρη της, ως λαχανικό,
 - ii) η var. *dulce* μονοετές ή διετές φυτό με καρπούς γλυκιάς γεύσης και
 - iii) η var. *vulgare*, πολυετές φυτό με καρπούς πικρής γεύσης.

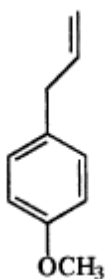
Οι κύριοι εμπορικοί τύποι του μάραθου είναι οι εξής δύο: ο ‘πικρός’ μάραθος, *Foeniculum vulgare* Mill. subsp. *vulgare* var. *vulgare*, και ο ‘γλυκός’ μάραθος *Foeniculum vulgare* Mill. subsp. *vulgare* var. *dulce* (Mill.). Ο μάραθος αποτελεί εδώδιμο αρωματικό φυτό, το οποίο χρησιμοποιείται σε πληθώρα προϊόντων όπως σε αλμυρά σκευάσματα, σάλτσες, λικέρ, γλυκά, ψωμί κ.α. Επίσης, εξαιτίας του ξεχωριστού του αρώματος και της μοναδικής του γεύσης μπορεί να καταναλωθεί ως φρέσκος, σε μορφή σπόρων, σε σαλάτες ή μαγειρεμένα λαχανικά. Τα υποείδη, οι ποικιλίες και οι πληθυσμοί του μάραθου δεν διαχωρίζονται εύκολα μορφολογικά και έτσι για τη βοτανική τους κατάταξη συχνά απαιτείται η ανάλυση του αιθέριου ελαίου τους. Ωστόσο, η σύσταση του αιθέριου ελαίου εξαρτάται από ενδογενείς (π.χ. γενετική δομή) και εξωγενείς παράγοντες (π.χ.

περιβαλλοντικές συνθήκες). Επίσης, κρίσιμη επίδραση στην απόδοση και τη σύσταση του ελαίου έχουν οι γεωργικές πρακτικές καθώς και τα επιμέρους στάδια ωρίμανσης του φυτού. Τα κύρια συστατικά του αιθέριου ελαίου που προκύπτει από τα διάφορα μέρη του φυτού είναι κυρίως παράγωγα του φαινυλοπροπανίου και τερπένια (Πίνακας 4). Από αυτά σημαντικότερα είναι η trans-ανηθόλη, υπεύθυνη για τη γλυκιά γεύση, η φενχόνη που υπάρχει σε μεγαλύτερη αναλογία στον πικρό μάραθο και η εστραγόλη (ή αλλιώς μεθυλοχαβικόλη ή ισο-ανηθόλη) που προσφέρει ένα πιο λεπτό και εκλεπτισμένο άρωμα. Άλλα συστατικά του αιθέριου ελαίου είναι τα εξής: πινένιο, μυρκένιο, κυμένιο, φελλανδρένιο και λιμονένιο. Τα παραπάνω συστατικά μαζί με την ανισαλδεΰδη (προϊόν αποικοδόμησης της trans-ανηθόλης) χρησιμοποιούνται ως χημικοί δείκτες για τη διάκριση των ποικιλιών του μάραθου. Το αιθέριο έλαιο των καρπών του χρησιμοποιείται τόσο από τη βιομηχανία αρωμάτων και καλλυντικών όσο και από τη φαρμακοβιομηχανία. Έχει αποδειχθεί ότι τα εκχυλίσματα του μάραθου διαθέτουν πολλές λειτουργικές ιδιότητες, όπως αντιοξειδωτικές, αντιφλεγμονώδεις, διουρητικές, αντιπυρετικές, αντισπασμωδικές, αναλγητικές, τονωτικές ως προς τη γαστρεντερική κινητικότητα και ωφέλιμες για τη θεραπεία των διαταραχών του νευρικού συστήματος. Επιπλέον, βάσει ερευνών το αιθέριο έλαιο του μάραθου τονώνει τη λειτουργία της καρδιάς και του αναπνευστικού συστήματος. Γενικά, τα αρωματικά βότανα όπως ο μάραθος ενσωματώνονται σε πολλά επεξεργασμένα τρόφιμα, κυρίως μέσω χρήσης είτε του αιθέριου ελαίου είτε της ελαιορητίνης (Χρασιώτη 2014).

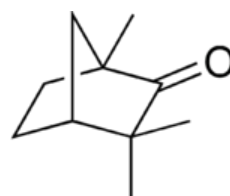
Πίνακας 4 Δομή κυριότερων συστατικών αιθέριου ελαίου μάραθου. (Χρανιώτη 2014)



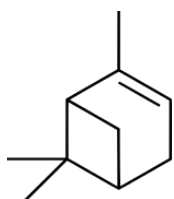
Trans-ανηθόλη



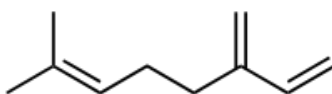
Εστραγόλη



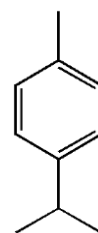
Φενχόνη



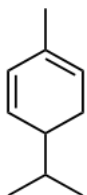
Πινένιο



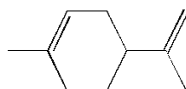
Μυρκένιο



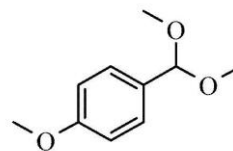
Κυμένιο



Φελλανδρένιο



Λιμονένιο



Ανισαλδεύδη

Λεμόνι

Το λεμόνι ανήκει στην οικογένεια των Ρυτοειδών και περισσότερα από 1300 είδη είναι γνωστά. Οι ρίζες του βρίσκονται στην νοτιοανατολική Ασία από όπου διαδόθηκε στην Ινδία και την Κίνα, ωστόσο η καλλιέργεια του διαδόθηκε σε όλο τον αρχαίο κόσμο. Ιστορικές πηγές αναφέρουν την καλλιέργεια λεμονιού στην Μεσοποταμία, αρχαία Αίγυπτο και Ελλάδα. Το αειθαλές δέντρο (η λεμονιά) είναι τις περισσότερες φορές χαμηλό σε ύψος, σπάνια ξεπερνά τα 6m για τη διευκόλυνση της συλλογής των καρπών, με πράσινα λογχοειδή φύλλα. Ευδοκίμει σε περιοχές με εύκρατο κλίμα, ήπιος χειμώνας και ζεστό άνυδρο καλοκαίρι, όπως η Καλιφόρνια των Η.Π.Α, η Ισπανία, η Ιταλία και άλλες μεσογειακές χώρες. Η συλλογή των καρπών πραγματοποιείται είτε χειρωνακτικά είτε μηχανικά σε μεγάλες εκτάσεις, προκειμένου να συλλεχθεί ο χυμός λεμονιού. Ο φλοιός και τα παραπροϊόντα της εξαγωγής του χυμού από το λεμόνι αξιοποιούνται για την παραγωγή αιθέριου ελαίου αλλά και πηκτίνης. Η έντονη οξύτητα του χυμού λεμονιού οφείλεται στο κιτρικό οξύ.

Στη βιομηχανία τροφίμων, πέραν των ροφημάτων με χυμό λεμονιού (λεμονάδες) βρίσκει ποικίλες εφαρμογές, ως παράγοντας παρεμπόδισης του μαυρίσματος φρέσκων φρούτων και λαχανικών, ως ενισχυτικό γεύσης κ.α. Επιπρόσθετα, το αιθέριο έλαιο λεμονιού χρησιμοποιείται σε αρτοσκευάσματα, σε τσίγλες, σε ροφήματα τύπου κόλα αλλά και για την κάλυψη άσχημων αρωμάτων. Έρευνες έχουν δείξει ότι το λεμόνι είναι αντιβακτηριακός παράγοντας, μικροβιολογικές καλλιέργειες *E. coli*, *S. Aureus* δεν αναπτύχθηκαν παρουσία αιθέριου ελαίου λεμονιού. Ενώ θεωρείται ότι η κατανάλωση αναραιώτου χυμού λεμονιού μειώνει την αρτηριακή πίεση και το σχηματισμό πέτρας στους νεφρούς.

Όπως έχουν ταυτοποιηθεί οι κύριες αρωματικές ενώσεις του αιθέριου ελαίου λεμονιού είναι το λιμονένιο (Πίνακας 4) , το dI-λιμονένιο , το β-πινένιο και η L-a τερπινέολη.

Πίνακας 5 Περιεκτικότητα σε βιταμίνες και ανόργανα στοιχεία του λεμονιού

Τμήμα καρπού	Υγρασία %	Ανόργανα (mg)					Βιταμίνη A IU	Νιασίνη mg	Ριβοφλαβίνη B12 mg	Θειαμίνη B1 mg	Βιταμίνη C mg
		Ca	P	Fe	Na	K					
Ενδοκάρπιο	90,1	26	16	0.6	2	138	20	0.1	0.02	0.04	53
Φλοιός	81.6	134	12	0.8	6	160	50	0.4	0.08	0.06	129
Χυμός λεμονιού	91	7	10	0.2	1	141	20	0.1	0.01	0.03	46

3.3 Η τσίγλα ως μέσο πρόσληψης βιοενεργών και φαρμακευτικών ουσιών

Η άποψη ότι οι τσίγλες ίσως είναι το νέο μέσο πρόσληψης βιοενεργών ή φαρμακευτικών ουσιών ενισχύεται από το γεγονός ότι δεν απαιτούνται ιδιαίτερες συνθήκες για τη μάσηση, είναι δυνατόν να μασηθούν από οποιονδήποτε οποιαδήποτε στιγμή της ημέρας ακόμα και από παιδιά (*Jain et al 2010*)

Διαρκώς αυξάνεται ο αριθμός των μελετών που πραγματοποιούνται με στόχο την αποσαφήνιση και διερεύνηση της αποτελεσματικής μεταφοράς στον οργανισμό, διαμέσου της μάσησης, βιοενεργών ουσιών. Έχει αποδειχθεί πως για τη ναυτία οι ασθενείς είναι προτιμότερο να λαμβάνουν τη δραστική ουσία με τη μορφή τσίγλας. Άλλη περίπτωση εφαρμογής είναι οι τσίγλες νικοτίνης, με τις οποίες οι καταναλωτές στην προσπάθειά τους να μειώσουν το κάπνισμα λαμβάνουν τη συνιστώμενη δόση νικοτίνης, μειώνοντας την ανάγκη τους για κάπνισμα. Για μία άλλη εξαρτησιογόνο ουσία, σαφέστατα λιγότερο τοξική από τη νικοτίνη, την καφεΐνη αποδείχθηκε ότι η πρόσληψή της κατά τη μάσηση τσίγλας είναι πιο αποτελεσματική καθώς αυτή απορροφάται ταχύτερα από τον οργανισμό επιφέροντας την παροδική αναζωογόνηση του οργανισμού και μειώνοντας το αίσθημα της κόπωσης και της ανάγκης για ύπνο. Σε άλλη έρευνα με αντικείμενο και πάλι την τσίγλα και την καφεΐνη βρέθηκε ότι ο εγκλεισμός της καφεΐνης συνέβαλε στην ομαλή

απελευθέρωση της ουσίας και στην εξάλειψη της πικρότητας. Η ομαλή απελευθέρωση συμβάλλει στην αφομοίωση των ουσιών στη στοματική κοιλότητα, κάτι που δεν συμβαίνει με την καφεΐνη που υπάρχει στα αναψυκτικά με καφεΐνη.

Το ασκορβικό οξύ και η πρόσληψή του μέσω τσίγλας έχει αποτελέσει πολλές φορές αντικείμενο μελέτης, δοκιμές έχουν δείξει ότι ανάμιξή του με υδρόφοβες ενώσεις καθιστούν ικανή την πλήρη μεταφορά της δραστικής ουσίας στον οργανισμό έπειτα από μάσηση 15min. Η απορρόφηση στη στοματική κοιλότητα αυξάνεται παρουσία ιόντων Na^+ και Ca^{2+} , καθώς επίσης και D-γλυκόζης, ενώ η D-φρουκτόζη και η D-μανιτόλη είχαν ελάχιστη συνεισφορά.

ΜΕΡΟΣ II

Κεφάλαιο 4: Πειραματικό Μέρος

4.1 Σκοπός

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

Αντικείμενο της εργασίας ήταν η παραγωγή τσίγλας (α) με συγκεκριμένες αρωματικές αποκλίσεις (με χρήση αρωματικών υλών αιθέριου ελαίου λεμονιού και μάραθου) και με γλυκαντικές ουσίες (σακχαρόζη και εναλλακτικά γλυκαντικά) όπως επίσης και (β) τσίγλας (βάση τσίγλας χωρίς άρωμα) με συγκεκριμένες φυσικές χρωστικές (από κρόκο Κοζάνης και παντζάρι).

Οι αρωματικές ουσίες που μελετήθηκαν είναι: το λεμόνι και ο μάραθος σε μορφή αιθέριου ελαίου. Οι γλυκαντικές ουσίες που μελετήθηκαν σε τσίγλες με τα παραπάνω αρώματα είναι: σακχαρόζη, σορβιτόλη και γλυκοζίτες στεβιόλης. Οι φυσικές χρωστικές παραλήφθηκαν από εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης για την απόδοση κίτρινου χρώματος και από εκχύλισμα παντζαριού για την απόδοση κόκκινου και εν εγκλείστηκαν σε εδώδιμους φορείς ((i)αραβικό κόμμα, (ii)μίγμα αραβικού κόμματος και τροποποιημένου αμύλου, (iii)μίγμα μαλτοδεξτρίνης με τροποποιημένο άμυλο και χιτοζάνη, (iv)μίγμα τροποποιημένου αμύλου και χιτοζάνης, και τέλος (v) μαλτοδεξτρίνη).

Προϊόντα που παρήχθησαν εξετάστηκαν ως προς τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους και μελετήθηκε η επίδραση ουσιών στα ποιοτικά αντικειμενικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά αμέσως μετά την παραγωγή τους. Επίσης μελετήθηκε η διατηρησιμότητα των προϊόντων με παρακολούθηση της μεταβολής των ποιοτικών χαρακτηριστικών κατά την αποθήκευση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (25 °C), αλλά και στην ακραία θερμοκρασία των 40 °C.

Τα αντικειμενικά χαρακτηριστικά που εξετάστηκαν ήταν η υφή, χρώμα και το άρωμα. Μελετήθηκε η επίδραση των ανωτέρω παραγόντων στα ποιοτικά χαρακτηριστικά της

τσίγλας και η μεταβολή αυτών κατά την αποθήκευση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (25 °C) για διάστημα δώδεκα (12) εβδομάδων και σε ακραία θερμοκρασία (40°C) για 8 εβδομάδες.

Σκοπός ήταν:

(α) η εργαστηριακή παρασκευή και μελέτη τσιγλών (κυκλικής επιφάνειας διαμέτρου 2cm και πάχους 3mm) με συγκεκριμένες αρωματικές αποκλίσεις (χρήση αρωματικών υλών αιθέριου ελαίου λεμονιού και μάραθου σε ποσοστό 1% του συνολικού όγκου) και με γλυκαντικές ουσίες (σακχαρόζη και εναλλακτικά γλυκαντικά (όσον αφορά στα γλυκαντικά ήταν σακχαρόζη, σορβιτόλη και τέλος γλυκοζίτες στεβιόλης που αντικατέστησαν μερικώς τη σορβιτόλη). Με σκοπό να μελετηθεί η επίδραση του είδους των γλυκαντικών στα αντικειμενικά (υφή, χρώμα, άρωμα) και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά ποιότητας της τσίγλας όπως και η επίδραση στη διατηρησιμότητά τους μέσω παρακολούθησης της μεταβολής των ιδίων παραμέτρων ύστερα από αποθήκευση σε ακραία θερμοκρασία.

(β) και επιπλέον, η εργαστηριακή παρασκευή και μελέτη τσιγλών (μόνο βάσης τσίγλας χωρίς άρωμα) με φυσικές χρωστικές ουσίες που παραλήφθηκαν από εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης και εκχύλισμα παντζαριού, οι οποίες εγκλείσθηκαν σε πέντε διαφορετικούς φορείς (αραβικό κόμμι, αραβικό κόμμι σε συνδυασμό με τροποποιημένο άμυλο, τροποποιημένο άμυλο σε συνδυασμό με μαλτοδεξτρίνη και χιτοζάνη, τροποποιημένο άμυλο σε συνδυασμό με χιτοζάνη και τελευταίος φορέας μαλτοδεξτρίνη). Το ποσοστό προσθήκης διέφερε ανάλογα με το φορέα, προκειμένου η παραγόμενη τσίγλα να έχει την επιθυμητή υφή κατά την ζύμωση. Σκοπός ήταν να βρεθεί η επίδραση της μορφής του φορέα στα αντικειμενικά (υφή, χρώμα) και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά ποιότητας της τσίγλας όπως και η επίδραση στη διατηρησιμότητά τους μέσω παρακολούθησης της μεταβολής των ιδίων παραμέτρων ύστερα από αποθήκευση σε ακραία θερμοκρασία.

4.2 Συσκευές, όργανα και υλικά

Για την παρασκευή των δειγμάτων ζυμαριού (μίγματος κόμμεος τσίγλας με άλλα συστατικά) τσίγλας χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω υλικά:

- Κόμμι βάσης (χορηγία της Cadbury Hellas AE)
- Κορεσμένο Διάλυμα Σορβιτόλης (OX 7070, Roquette)
- Γλυκερίνη 99% (Riedel de Haen)
- Μαλιτόλη (Roquette)
- Σιρόπι Γλυκόζης (HM 5080, Astron Chemicals)
- Σακχαρόζη σε μορφή σκόνης
- Σορβιτόλη σε σκόνη (Sorbitol powder 10025 Q5, Syral)
- Λεκιθίνη Σόγιας
- Ινουλίνη
- Κρυσταλλική Στέβια (εργαστηριακή)
- Αραβικό κόμμι
- Τροποποιημένο άμυλο
- Χιτοζάνη
- Μαλτοδεξτρίνη
- Αιθέριο έλαιο λεμονιού 4688/12 (χορηγία της Vioryl A.E.)
- Αιθέριο έλαιο μάραθου 20799-A/14 (χορηγία της Vioryl A.E.)
- Κρόκος Κοζάνης
- Εκχύλισμα από Παντζάρι

Για την παρασκευή και τη διατήρηση των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω όργανα:

- Ηλεκτρονικός ζυγός (620C της Precisa Instruments)
- Ηλεκτρικός αναμίκτης (Kenwood)
- Θερμαντική πλάκα με αναδούση
- Χρονόμετρο
- Υδατόλουτρο
- Όργανο κοπής των δειγμάτων
- Μηχανή φυλλοποίησης (pasta maker)

- Ξηραντήρας υπό κατάψυξη (Christ Alpha 1-4 LD Plus)
- Πιπέτες των 1000μL με τα αντίστοιχα tips

Για τη μελέτη των ποιοτικών χαρακτηριστικών χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθες συσκευές:

- Μέτρηση χαρακτηριστικών υφής: αναλυτής υφής TA-XT2 (Stable Micro Systems) με το στέλεχος P20 (20mm diameter cylindrical probe)
- Μέτρηση παραμέτρων χρώματος: χρωματόμετρο CR-200 (Konica-Minolta)
- Μέτρηση αρωματικών ουσιών: αέριος χρωματογράφος συνδυασμένος με P&T και φασματόμετρο μάζα (GC: Agilent Technologies, 7980 A, USA, MS: Agilent Technologies, 5975 CVL MSD with Triple-Axis Detector (τετραπολικό φίλτρο μάζας) USA, στήλη: Agilent 190915-43 διαστάσεων 30μm x 250μm x 0,25 μm, φέρον αέριο: Ήλιο)
- Μέτρηση σακχάρων: υγρή χρωματογραφία υψηλής πίεσης(HP 1100, Hewlett Packard) με διαθλασίμετρο ως ανιχνευτή (HP 1047A, Hewlett Packard)

4.3 Πειραματική Διαδικασία

Παρασκευή δειγμάτων τσίγλας με σακχαρόζη

Αρχικά 0,50g λεκιθίνη σόγιας ενυδατώνονται σε ποτήρι ζέσεως που περιέχει 10mL πόσιμο υδατός, το διάλυμα θερμαίνεται ήπια σε θερμοκρασία 50 °C και αναδεύεται περίπου για 20min με ρυθμό 200 rpm. Παράλληλα, ζυγίζονται 20,00g κόμμι βάσης, 13g σιρόπι γλυκόζης, 65g σακχαρόζης σε μορφή σκόνης (άχνη), 1,5g γλυκερίνης.

Σε προθερμασμένο υδατόλουτρο στους 85 °C τοποθετείται για 5min ο κάδος του αναμίκτη με το κόμμι βάσης, προκειμένου να είναι δυνατή η μάλαξη και ανάμιξη του με τα υπόλοιπα υλικά. Έπειτα τοποθετείται στη βάση του αναμίκτη για ανάδευση για 2min, και κατά τη διάρκεια αυτή προστίθεται στο μίγμα η λεκιθίνη. Στη συνέχεια διακόπτεται η ανάδευση και η μισή ποσότητα γλυκόζης προστίθεται, συνεχίζεται η ανάδευση για 2min. Στο στάδιο αυτό, το μίγμα θα πρέπει να παραμένει στους 60 °C για το λόγο αυτό μετά την τελευταία ανάδευση μεταφέρεται ο κάδος του αναμίκτη σε υδατόλουτρο για 3min.

Προστίθεται η σακχαρόζη σε μορφή σκόνης και συνεχίζεται η ανάδευση για 2min, μόλις το μίγμα αποκτήσει ενιαία υφή προστίθεται η εναπομείνασα ποσότητα γλυκόζης και με πιπέτα 1mL αιθέριου ελαίου (λεμόνι ή μάραθος ανάλογα με τα δείγματα). Για τη σταθεροποίηση της ζύμης, τελευταία αναμιγνύεται η γλυκερίνη και ακολουθεί ανάδευση 2min.

Η ζύμη αφαιρείται από τον κάδο του αναμίκτη και αφήνεται να ψυχθεί, εωσότου φτάσει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος για να είναι δυνατή η διαδικασία της φυλλοποίησης. Μαλιτιόλη χρησιμοποιείται για επίπαση, ώστε να μην κολλά η ζύμη στους κυλίνδρους της μηχανής φυλλοποίησης, αρχικά επιλέγεται η πρώτη από τις επτά κλίμακες, το φύλλο περνά δύο φορές και στη συνέχεια οι κύλινδροι μετατοπίζονται στην κλίμακα 5 για την επίτευξη του επιθυμητού πάχους (3mm). Με τη βοήθεια του εργαλείου κοπής σχηματίζονται τα κυκλικά δείγματα, τα εναπομείναντα τμήματα του φύλλου με μικρή άσκηση πίεσης μαλάσσονται και επανεπεξεργάζονται στη μηχανή φυλλοποίησης.

Τα δείγματα αποθηκεύονται αεροστεγώς σε πλαστικούς περιέκτες και ανάλογα αν πρόκειται να μελετηθεί η συμπεριφορά τους στους 25 °C (ενδεικτική θερμοκρασία περιβάλλοντος) ή στους 40 °C (ακραία θερμοκρασία αποθήκευσης για τσίχλα) τοποθετούνται σε επωαστήρα με αντίστοιχη θερμοκρασία. Μετρήθηκαν για 12 εβδομάδες τα αντικειμενικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά υφής και αρωμάτων των δειγμάτων που αποθηκεύτηκαν στους 25 °C και για 8 εβδομάδες τα αντικειμενικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων που αποθηκεύτηκαν στους 40 °C.

Παρασκευή δειγμάτων με σορβιτόλη (τσίχλες χωρίς σακχαρόζη)

Αρχικά 0,50g λεκιθίνη σόγιας ενυδατώνονται σε ποτήρι ζέσεως που περιέχει 10mL πόσιμου ύδατος, το διάλυμα θερμαίνεται ήπια σε θερμοκρασία 50 °C και αναδεύεται περίπου για 20min με ρυθμό 200 rpm. Παράλληλα, ζυγίζονται 35,00g κόμμι βάσης, 24,50g σιρόπι σορβιτόλης, 32,00g σορβιτόλη σε μορφή σκόνης, 8,00g γλυκερίνης. Σε προθερμασμένο υδατόλουτρο στους 85 °C τοποθετείται για 5min ο κάδος του αναμίκτη με το κόμμι βάσης, προκειμένου να είναι δυνατή η μάλαξη και ανάμιξη του με τα υπόλοιπα υλικά. Έπειτα τοποθετείται στη βάση του αναμίκτη για ανάδευση 2min, κατά τη

διάρκεια αυτή προστίθεται στο μίγμα η λεκιθίνη. Στη συνέχεια διακόπτεται η ανάδευση και η μισή ποσότητα σιροπιού σορβιτόλης προστίθεται, συνεχίζεται η ανάδευση για 2min. Στο στάδιο αυτό, το μίγμα θα πρέπει να παραμένει στους 60 °C για το λόγο αυτό μετά την τελευταία ανάδευση μεταφέρεται ο κάδος του αναμίκτη στο παρακείμενο υδατόλουτρο για 3min. Προστίθεται η σκόνη σορβιτόλης σε μορφή σκόνης και συνεχίζεται η ανάδευση για 2min, μόλις το μίγμα αποκτήσει ενιαία υφή προστίθεται η εναπομείνασα ποσότητα σορβιτόλης και με πιπέτα 1mL αιθέριου ελαίου (λεμόνι ή μάραθος ανάλογα τα δείγματα). Για τη σταθεροποίηση της ζύμης, τελευταία αναμιγνύεται η γλυκερίνη και ακολουθεί ανάδευση 2min. Η ζύμη αφαιρείται από τον κάδο του αναμίκτη και αφήνεται να ψυχθεί, έως ότου φτάσει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος για να είναι δυνατή η διαδικασία της φυλλοποίησης. Μαλτιτόλη χρησιμοποιείται για επίπαση, ώστε να μην κολλά η ζύμη στους κύλινδρους της μηχανής φυλλοποίησης. Αρχικά επιλέγεται η πρώτη από τις επτά κλίμακες, το φύλλο περνά δύο φορές και στη συνέχεια οι κύλινδροι μετατοπίζονται στην κλίμακα 5 για την επίτευξη του επιθυμητού πάχους (3mm). Με τη βοήθεια του εργαλείου κοπής σχηματίζονται τα κυκλικά δείγματα, τα εναπομείναντα τμήματα του φύλλου με μικρή άσκηση πίεσης μαλάσσονται και επανεπεξεργάζονται στη μηχανή φυλλοποίησης. Τα δείγματα αποθηκεύονται αεροστεγώς σε πλαστικούς περιέκτες και ανάλογα αν πρόκειται να μελετηθεί η συμπεριφορά τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 25 °C ή σε ακραία θερμοκρασία 40 °C τοποθετούνται σε επωαστήρα με αντίστοιχη θερμοκρασία. Μετρήθηκαν για 12 εβδομάδες τα αντικειμενικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά υφής και αρωμάτων των δειγμάτων που αποθηκεύτηκαν στους 25 °C και για 8 εβδομάδες τα αντικειμενικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων που αποθηκεύτηκαν στους 40 °C. (Potineni Peterson 2008)

Παρασκευή δειγμάτων με μερική αντικατάσταση σορβιτόλης από γλυκοζίτες στεβιόλης

Για την παρασκευή σιροπιού με γλυκοζίτες στεβιόλης αναμίχθηκαν 60,02g μαλτοδεξτρίνης, 13,34g ινουλίνης και 1,881g κρυσταλλικής εργαστηριακής στέβια με 46g πόσιμου νερού. Το διάλυμα θερμάνθηκε ήπια μέχρι θερμοκρασία 40 °C με παράλληλη ανάδευση.

Αρχικά 0,40g λεκιθίνη σόγιας ενυδατώνονται σε ποτήρι ζέσεως που περιέχει 10mL πόσιμου ύδατος, το διάλυμα θερμαίνεται ήπια σε θερμοκρασία 50 °C και αναδεύεται

περίπου για 20min με ρυθμό 200 rpm. Παράλληλα, ζυγίζονται 34,70g κόμμι βάσης, 21,60g σιρόπι στέβιας, 36,70g σορβιτόλη σε μορφή σκόνης, 6,50g γλυκερίνης. Σε προθερμασμένο υδατόλουτρο στους 85 °C τοποθετείται για 5min ο κάδος του αναμίκτη με το κόμμι βάσης προκειμένου να είναι δυνατή η μάλαξη και ανάμιξη του με τα υπόλοιπα υλικά. Έπειτα τοποθετείται στη βάση του αναμίκτη για ανάδευση 2min, κατά τη διάρκεια αυτή προστίθεται στο μίγμα η λεκιθίνη. Στη συνέχεια διακόπτεται η ανάδευση και η μισή ποσότητα σιροπιού γλυκοζιτών στεβιόλης προστίθεται, συνεχίζεται η ανάδευση για 2min. Στο στάδιο αυτό, το μίγμα θα πρέπει να παραμένει στους 40 °C για το λόγο αυτό μετά την τελευταία ανάδευση μεταφέρεται ο κάδος του αναμίκτη στο παρακείμενο υδατόλουτρο για 1min. Προστίθεται η σκόνη σορβιτόλης σε μορφή σκόνης και συνεχίζεται η ανάδευση για 2min, μόλις το μίγμα αποκτήσει ενιαία υφή προστίθεται η εναπομείνασα ποσότητα σιροπιού στέβια και με πιπέτα 1mL αιθέριου ελαίου (λεμόνι ή μάραθο ανάλογα τα δείγματα). Για τη σταθεροποίηση της ζύμης, τελευταία αναμειγνύεται η γλυκερίνη και ακολουθεί ανάδευση 2min. Η ζύμη αφαιρείται από τον κάδο του αναμίκτη και αφήνεται να ψυχθεί, έως ότου φτάσει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος για να είναι δυνατή η διαδικασία της φυλλοποίησης. Μαλτιτόλη χρησιμοποιείται για επίταση ώστε να μην κολλά η ζύμη στους κυλίνδρους της μηχανής φυλλοποίησης. Αρχικά, επιλέγεται η πρώτη από τις επτά κλίμακες, το φύλλο περνά δύο φορές και στη συνέχεια οι κύλινδροι μετατοπίζονται στην κλίμακα 5 για την επίτευξη του επιθυμητού πάχους (3mm). Με τη βοήθεια του εργαλείου κοπής σχηματίζονται τα κυκλικά δείγματα, τα εναπομείναντα τμήματα του φύλλου με μικρή άσκηση πίεσης μαλάσσονται και επανεπεξεργάζονται στη μηχανή φυλλοποίησης. Τα δείγματα αποθηκεύονται αεροστεγώς σε πλαστικούς περιέκτες και τοποθετούνται σε επωαστήρα με θερμοκρασία 25 °C (ενδεικτική θερμοκρασία περιβάλλοντος). Μετρήθηκαν για 12 εβδομάδες τα αντικειμενικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά υφής και αρωμάτων των δειγμάτων που αποθηκεύτηκαν στους 25 °C.

Παρασκευή δειγμάτων με φυσικές χρωστικές(από κρόκο Κοζάνης ή παντζάρι)

Παραλαβή υδατικών εκχυλισμάτων από κρόκο Κοζάνης και παντζάρι

Για τον κρόκο ζυγίστηκε ποσότητα στιγμάτων ίση με 1g και εκχυλίστηκε με 50mL απιονισμένο νερό σε λουτρό υπερήχων (Elmasonic S30H, Elma) υπό συνεχή ανακίνηση για 60 min σε συνθήκες $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ και σε σταθερή συχνότητα 30kHz. Η εκχύλιση από παντζάρι περιελάμβανε την πλύση, αποφλοίωση, βρασμό και παραλαβή του εκχυλίσματος ύστερα από φιλτράρισμα με διήθηση υπό κενό. Τα παραχθέντα διαλύματα τοποθετήθηκαν στους $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ για φύλαξη μέχρι τη περαιτέρω αξιοποίησή τους.

Μικροεγκλεισμός υδατικών εκχυλισμάτων κρόκου Κοζάνης και παντζαριού με χρήση ξήρανσης υπό κατάψυξη

Βάσει προηγούμενων πειραμάτων και μελετών ως φορείς εγκλεισμού επιλέχθηκαν από τα μεμονωμένα υλικά, η μαλτοδεξτρίνη (MD) και το αραβικού κόμμι (GA), από δυαδικά μίγματα, οι συνδυασμοί τροποποιημένου αμύλου με αραβικό κόμμι (GA-MS) και χιτοζάνη (MS-CH), συν ένα τριαδικό μίγμα αποτελούμενο από τροποποιημένο άμυλο, μαλτοδεξτρίνη και χιτοζάνη (MS-MD-CH). Ποσότητα 15g του μέσου εγκλεισμού διαλύοταν σε απεσταγμένο νερό μέχρι τελικού όγκου 100mL, ενώ παράλληλα παρασκευάστηκε διάλυμα χιτοζάνης (CH) συγκέντρωσης 2% σε διάλυμα κορεσμένου οξικού οξέος 1%. Τα διαλύματα των φορέων εγκλεισμού παρέμεναν υπό ανάδευση για 24h σε θερμοκρασία δωματίου, ώστε να διασφαλιστεί η πλήρης διασπορά τους, στη συνέχεια προστέθηκε υδατικό εκχύλισμα χρωστικών κρόκου Κοζάνης και παντζαριού σε σταθερή αναλογία ως προς τον εκάστοτε φορέα ίση με 0.33. Ακολούθησε διάλυση σε ομογενοποιητή υψηλής ταχύτητας (Unidrive X 1000, CAT) για 5min στις 10000rpm. Εν συνεχεία, τα προκύπτοντα διαλύματα διασποράς καταψύχθηκαν για 24h στους $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ και οδηγήθηκαν σε ξηραντήρα λυοφιλίωσης τύπου Freeze - dryer, FD- Christ Alpha 1-4 LD Plus, όπου παρέμειναν για 48h σε ανοικτά τριβλία Petri (διάμετρος 60mm, 10mL διαλύματος) στις ακόλουθες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας: $P = 0.017\text{mbar}$ και $T = -57^{\circ}\text{C}$. Τέλος, τα λυοφιλωμένα εκχυλίσματα χρωστικών κονιοποιήθηκαν με τη βοήθεια

ενός γουδιού και διατηρήθηκαν στο σκοτάδι στους -30 °C μέχρι περαιτέρω εξέτασης. (Chranioti 2012, Chranioti 2013)

Η διαδικασία που ακολουθείται και εδώ είναι παρόμοια με αυτή της τσίγλας χωρίς σακχαρόζη, μόνο που διαφέρουν οι ποσότητες που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή των δειγμάτων καθώς οι διαφορετικοί φορείς προσέδιδαν διαφορετική υφή στην ζύμη και απαιτείτο η προσαρμογή των αναλογιών. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι ποσότητες που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε φορέα.

Πίνακας 6 Ποσότητες πρώτων υλών για τη παρασκευή κάθε σειράς δειγμάτων με φυσικές χρωστικές

	AG	AGMS	MSMDCH	MSCH	MD	Μη εγκλεισμένο
Λεκιθίνη	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Κόμμα Βάσης	29,50	30,00	34,50	31,50	26,00	28,00
Σορβιτόλη σκόνη	25,60	26,50	29,00	27,00	31,00	29,00
Σορβιτόλη διάλυμα	25,55	25,40	18,00	22,50	22,00	24,00
Γλυκερίνη	6,85	5,60	6,00	6,50	8,50	6,50
Χρωστική	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00	12,00

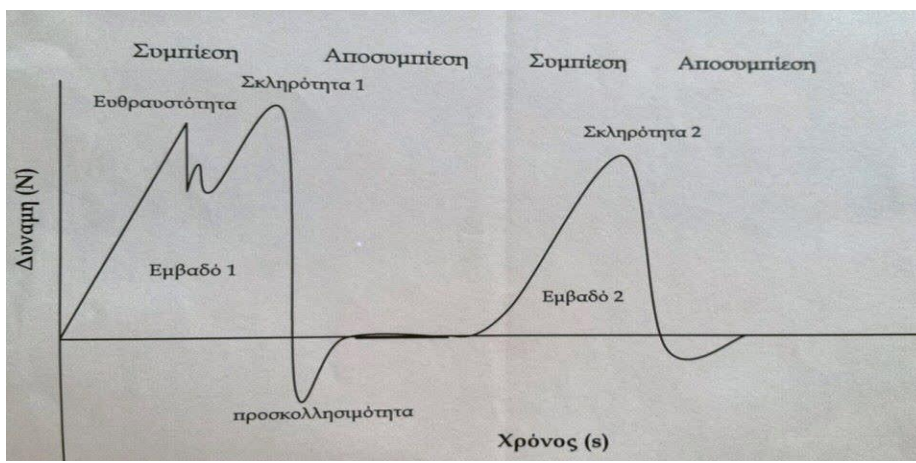
Αρχικά 0,50g λεκιθίνη σόγιας ενυδατώνονται σε ποτήρι ζέσεως που περιέχει 100mL πόσιμου ύδατος, το διάλυμα θερμαίνεται ήπια σε θερμοκρασία 50 °C και αναδεύεται περίπου για 20min με ρυθμό 200rpm. Μόλις ολοκληρωθεί η διαδικασία προστίθενται σταδιακά στο ποτήρι ζέσεως τα 12g χρωστικής ουσίας. Παράλληλα, ζυγίζονται οι κατάλληλες ποσότητες όπως φαίνεται στον πίνακα, κόμμεος βάσης, σιροπιού σορβιτόλης, σορβιτόλης σε μορφή σκόνης, γλυκερίνης. Σε προθερμασμένο υδατόλουτρο στους 85 °C τοποθετείται για 5min ο κάδος του αναμίκτη με το κόμμα βάσης, προκειμένου να είναι δυνατή η μάλαξη και ανάμιξη του με τα υπόλοιπα υλικά. Έπειτα τοποθετείται στη βάση του αναμίκτη για ανάδευση 2min, κατά τη διάρκεια αυτή προστίθεται στο μίγμα η λεκιθίνη με τις χρωστικές. Στη συνέχεια διακόπτεται η ανάδευση και η μισή ποσότητα σιροπιού σορβιτόλης προστίθεται, συνεχίζεται η ανάδευση για 2min. Στο στάδιο αυτό, το μίγμα θα πρέπει να παραμένει στους 60 °C για το λόγο αυτό μετά την τελευταία ανάδευση μεταφέρεται ο κάδος του αναμίκτη στο παρακείμενο υδατόλουτρο για 1min. Προστίθεται η σορβιτόλη σε μορφή σκόνης και συνεχίζεται η ανάδευση για 2min, μόλις το μίγμα

αποκτήσει ενιαία υφή προστίθεται η εναπομείνασα ποσότητα σιροπιού σορβιτόλης. Για τη σταθεροποίηση της ζύμης, τελευταία αναμειγνύεται η γλυκερίνη και ακολουθεί ανάδευση 2min. Η ζύμη αφαιρείται από τον κάδο του αναμίκτη και αφήνεται να ψυχθεί, έως ότου φτάσει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος για να είναι δυνατή η διαδικασία της φυλλοποίησης. Μαλιτιτόλη χρησιμοποιείται για επίπαση, ώστε να μην κολλά η ζύμη στους κυλίνδρους της μηχανής φυλλοποίησης, αρχικά επιλέγεται η πρώτη από τις επτά κλίμακες, το φύλλο περνά δύο φορές και στη συνέχεια οι κύλινδροι μετατοπίζονται στην κλίμακα 5 για την επίτευξη του επιθυμητού πάχους (3mm). Με τη βοήθεια του εργαλείου κοπής σχηματίζονται τα κυκλικά δείγματα, τα εναπομείναντα τμήματα του φύλλου με μικρή άσκηση πίεσης μαλάσσονται και επανεπεξεργάζονται στη μηχανή φυλλοποίησης. Τα δείγματα αποθηκεύονται αεροστεγώς σε πλαστικούς περιέκτες και ανάλογα αν πρόκειται να μελετηθεί η συμπεριφορά τους στους 25 °C (ενδεικτική θερμοκρασία περιβάλλοντος) ή στους 40 °C (ακραία θερμοκρασία αποθήκευσης για τσίχλα) τοποθετούνται σε επωαστήρα με αντίστοιχη θερμοκρασία. Μετρήθηκαν για 15 μέρες αντικειμενικά και οργανοληπτικά η υφή και το χρώμα για όλα τα δείγματα.

4.4 Μετρήσεις και αναλύσεις

- Ανάλυση χαρακτηριστικών υφής

Τα χαρακτηριστικά υφής των δειγμάτων μετρήθηκαν ενόργανα με τη χρήση του αναλυτή υφής «TA-XT2 Texture Analyzer» της εταιρείας Stable Micro Systems ο οποίος είναι συνδεδεμένος με ηλεκτρονικό υπολογιστή στον οποίο είναι εγκατεστημένο το λογισμικό Texture Exponent της ίδιας εταιρείας. Κατά τη μέτρηση τα δείγματα τοποθετούνται οριζόντια στην ειδική περιοχή του αναλυτή και υφίστανται συμπίεση (ταχύτητα διείσδυσης 3mm/s, βάθος διείσδυσης 15mm) που λαμβάνει χώρα σε δύο κύκλους μέσω του προσαρτημένου κυλινδρικού στελέχους. Η ασκούμενη πίεση καταγράφεται σε συνάρτηση με το χρόνο. Οι μετρήσεις επαναλήφθηκαν 3 φορές για καθένα από τα όμοια δείγματα και οι τελικές τιμές προκύπτουν από το μέσο όρο. Στο Διάγραμμα 1 παρουσιάζεται ένα τυπικό διάγραμμα που προκύπτει από τον αναλυτή υφής.



Διάγραμμα 1 Τυπικό διάγραμμα δύναμης-χρόνου

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα, η μέγιστη δύναμη κατά την πρώτη συμπίεση αντιστοιχεί στη σκληρότητα του δείγματος, η προσκολλησιμότητα, το αρνητικό εμβαδόν μεταξύ των δύο συμπίεσεων, αντιστοιχεί στο έργο που απαιτείται για την αποκόλληση του δείγματος από το κυλινδρικό στέλεχος, η συνεκτικότητα ορίζεται ως λόγος του εμβαδού της δεύτερης συμπίεσης ως προς το εμβαδόν της πρώτης συμπίεσης (εμβαδό 2 /εμβαδό 1) και τέλος το κομμιώδες του δείγματος προκύπτει από τον πολλαπλασιασμό της σκληρότητας επί τη συνεκτικότητα.

- Προσδιορισμός χρώματος

Το χρώμα των δειγμάτων μετριέται με τη βοήθεια του χρωματόμετρου Minolta CR-200 (Minolta Company) και γίνεται χρήση των παραμέτρων χρώματος CIE (Commission International de l'Éclairage) Lab. Το χρωματόμετρο αυτό φέρει στο άκρο του οπή διαμέτρου 8mm. Αρχικά, πριν πραγματοποιηθεί η μέτρηση προηγείται βαθμονόμηση με τη βοήθεια λευκής πλάκας (Calibration plate CR-200, $L=97.50$, $a=-0.31$, $b=-3.83$). Κατά τη χρωματομέτρια μέτρησης των συντεταγμένων Lab της κλίμακας CIE το L εκφράζει τη φωτεινότητα των δειγμάτων, ενώ οι άλλες δύο παράμετροι a και b σχετίζονται με το χρώμα του δείγματος, όπως απεικονίζεται στην εικόνα 14.

Η παράμετρος a όταν παίρνει αρνητικές τιμές προσδιορίζει πράσινο χρώμα, ενώ στις θετικές προσδιορίζει το κόκκινο. Από την άλλη η παράμετρος b στις αρνητικές τιμές προσδιορίζει το μπλε χρώμα και στις θετικές το κίτρινο. Από τις τιμές αυτές υπολογίζεται

η συνολική μεταβολή της οπτικής απόκρισης DE και η συνολική μεταβολή του χρώματος DC. Οι τιμές τους υπολογίζονται από τις εξισώσεις 1 και 2.

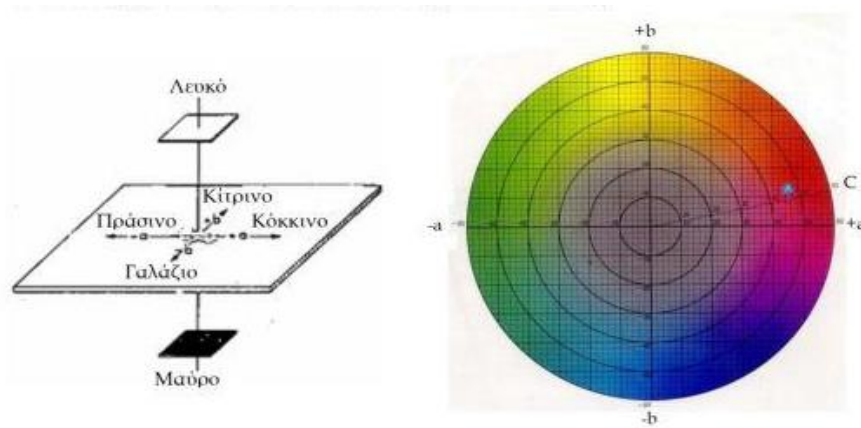
$$DE = \sqrt{(L - L_0)^2 + [(a - a_0]^2 + [(b - b_0]^2)} \sqrt{(L - L_0)^2 + [(a - a_0]^2 + [(b - b_0]^2)}$$

Εξίσωση 1

$$DC = \sqrt{(a - a_0)^2 + (b - b_0)^2} \sqrt{(a - a_0)^2 + (b - b_0)^2}$$

Εξίσωση 2

όπου τα L_0 , a_0 και b_0 αναφέρονται στα δείγματα αναφοράς.



Εικόνα 14 Ανάλυση χρωματικών παραμέτρων συστήματος CIELab

- Προσδιορισμός χημικής σύστασης αιθέριων ελαίων μάραθου και λεμονιού

Η χημική σύσταση των αιθέριων ελαίων μάραθου και λεμονιού προσδιορίστηκε με χρήση του συστήματος Purge and Trap (P&T) σε συνδυασμό με τη μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας - φασματοσκοπία μάζας (Gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS). Οι συνθήκες λειτουργίας του συστήματος Purge and Trap (P&T, OI Analytical Eclipse MODEL 4660) ήταν οι εξής: ροή αερίου = 40 mL/min, χρόνος εξαέρωσης (purge time) = 20 min, θερμοκρασία εξαέρωσης νερού (purge water temperature) = 80 °C, χρόνος

εκρόφησης (desorb time) = 1.5min , θερμοκρασία φούρνου (bake temperature) = 210 °C, λόγος διαχωρισμού (split ratio) = 10:1, ροή εξαέρωσης (septum purge flow) = 3mL/min, και ποσότητα δείγματος προς ανάλυση =2μL. Ως προς τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν με τη μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας - φασματοσκοπία μάζας, αυτές διεξήχθησαν σε ένα σύστημα αέριου χρωματογράφου τύπου Agilent Technologies 7890A GC GC συζευγμένο με έναν εκλεκτικό ανιχνευτή μάζας (mass selective detector) τύπου Agilent Technologies 5975 C MSD με τριπλό άξονα, και τριχοειδή στήλη τύπου Agilent 1909/S (30 m×0.25 mm i.d., πάχος επικάλυψης = 0.25 μm). Το φέρον αέριο που χρησιμοποιήθηκε ήταν ήλιο με ρυθμό ροής = 1mL/min και τιμή ενέργειας (EI) ορισμένη στα 70eV. Το πρόγραμμα θερμοκρασίας του φούρνου του αέριου χρωματογράφου ήταν το εξής: 50 °C (0.5min), 50-70 °C (5 °C/min), 70-160 °C (10°C/min), 160 °C(1min). Η θερμοκρασία μετά το πέρας της μέτρησης προγραμματίστηκε στους 240 °C για 5min. Η ταυτοποίηση των αρωματικών συστατικών πραγματοποιήθηκε με σύγκριση των χρόνων απόκρισης και των δεδομένων φασματοσκοπίας μαζών (φασμάτων) με τα αντίστοιχα των προτύπων ουσιών (LIB: Wiley 7/NIST05). Η ανάλυση κάθε δείγματος γινόταν εις τριπλούν, ενώ το λογισμικό καταγραφής και επεξεργασίας δεδομένων ήταν το GC-MS Analysis.

- Προσδιορισμός της αποδέσμευση σακχάρων στο σίελο (γλυκοζιτών στεβιόλης) κατά τη μάζηση

Η συγκέντρωση των γλυκοζιτών στεβιόλης στο σίελο δοκιμαστών προσδιορίστηκε με υγρή χρωματογραφία υψηλής πίεσης (HPLC–HP 1100- Hewlett Packard, Waldbronn) με χρήση διαθλασίμετρου (HP 1047A, Hewlett Packard, Waldbronn) ως ανιχνευτή. Για την ανάλυση στην HPLC χρησιμοποιήθηκε η στήλη Nucleosil Carbohydrate EC 250/4 (Macherey-Nagel, Duren) με προστήλη Nucleosil Carbohydrate CC8/4 (Macherey-Nagel, Duren), ενώ η κινητή φάση ήταν μίγμα ακετονιτριλίου/νερού σε αναλογία 80/20 (ακετονιτρίλιο κατάλληλο για HPLC, καθαρότητας min 99.9%, SDS, Peypin και νερό κατάλληλο για HPLC, Lab-Scan Analytical Sciences). Όλα τα δείγματα πριν την ανάλυσή τους υποβλήθηκαν σε φιλτράρισμα με φίλτρα Chromafil P-45/25 PVDF((Macherey-

Nagel, Duren) και το διάλυμα της κινητής φάσης απαεριωνόταν σε λουτρό υπερήχων για 5min σε σταθερή συχνότητα 30kHz.

Για την παραλαβή των δειγμάτων οι δοκιμαστές που συμμετείχαν μασούσαν 2,5g τσίχλας για 9min με σταθερό ρυθμό μία μάσηση/s, για τη διασφάλιση του σταθερού ρυθμού μάσησης οι δοκιμαστές ήταν εξοπλισμένοι με φορητό μετρονόμο ρυθμισμένο στην επιθυμητή συχνότητα. Απέβαλλαν σίελο σε σταθερούς χρόνους στα 0,10,30,50,70,110,180,240,360 και 480s μέσα σε αποστειρωμένους αποδέκτες. Ο σίελος συλλεγόταν άμεσα και μεταφερόταν σε σωλήνες φυγοκέντρωσης, προκειμένου να υποστεί φυγοκέντρωση 2500rpm για 10min. Το υπερκείμενο υγρό από κάθε σωλήνα παραλαμβάνονταν με τη βοήθεια πιπέτας και αποθηκευόταν στους -30 °C σε φιαλίδια μέχρι περαιτέρω ανάλυσης. Προηγίτο της ανάλυσης αραίωση των δειγμάτων σε αναλογία 1:2 με διαλύτη ακετονιτριλίου/νερού σε αναλογία 80/20 (ακετονιτρίλιο κατάλληλο για HPLC, καθαρότητας min 99.9%, SDS, Peypin και νερό κατάλληλο για HPLC, Lab-Scan Analytical Sciences). (Potineni R.V., Peterson D. G., 2008).

- Εκτίμηση οργανοληπτικών χαρακτηριστικών

Ο οργανοληπτικός έλεγχος των δειγμάτων (τσίχλες) πραγματοποιήθηκε στο διαπιστευμένο κατά ISO 17025 Εργαστήριο Οργανοληπτικών Δοκιμών του Εργαστηρίου Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων της Σχολής Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ. Οι δοκιμαστές αξιολογούσαν χωριστά τα δείγματα σε ειδικά σχεδιασμένους και κατάλληλα φωτιζόμενους θαλάμους. Προκειμένου να εξασφαλίζονται σταθερές συνθήκες κατά τη διεξαγωγή των δοκιμών, η θερμοκρασία του χώρου διατηρείτο σταθερή (περίπου 25 °C), ενώ χρησιμοποιούνταν σκεύη και αναλώσιμα (πλαστικά πιάτα, ποτήρια, εμφιαλωμένο νερό για την έκπλυση του στόματος κ.α.) με σταθερά χαρακτηριστικά. Η διαδικασία προετοιμασίας των δειγμάτων που ακολουθήθηκε ήταν η εξής: ζυγίζονται δείγματα τσίχλας (δύο όμοια δείγματα με έκαστο βάρος 1,5g), τοποθετούνται σε πλαστικά πιάτα τα οποία φέρουν κατάλληλη κωδικοποίηση. Τα πιάτα μοιράζονται στους δοκιμαστές μαζί με τα αντίστοιχα έντυπα. Για την καλύτερη και πληρέστερη εκτίμηση των χαρακτηριστικών της τσίχλας, πραγματοποιήθηκε οργανοληπτική εξέταση των δειγμάτων από 3-6 δοκιμαστές εκπαιδευμένους στην αναγνώριση και την αξιολόγηση των αντίστοιχων χαρακτηριστικών με χρήση της ποσοτικής περιγραφικής ανάλυσης (Quantitative

Descriptive Analysis, QDA). Η εκτίμηση και βαθμολόγηση των περιγραφικών όρων έγινε με χρήση 9-βάθμιας ή 5-βάθμιας κλίμακας (1-9 ή 1-5) (1=λίγο/ανεπαρκές/μη ικανοποιητικό, 5 ή 9 = πολύ/κανονικό/ικανοποιητικό). Οι τιμές βαθμολόγησης σημειώνονταν σε ειδικά έντυπα οργανοληπτικού ελέγχου που κατασκευάστηκαν για το σκοπό αυτό. Επιπλέον, οι δοκιμαστές κλήθηκαν να σημειώσουν και προσωπικές κρίσεις στα έντυπα οργανοληπτικού ελέγχου, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις όπου τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του δείγματος δεν μπορούσαν επαρκώς να περιγραφούν από τους αναγραφόμενους στο έντυπο περιγραφικούς όρους. Ένα δείγμα εντύπου φαίνεται στον Πίνακα 7.

Πίνακας 7 Έντυπο Οργανοληπτικού Ελέγχου

Οργανοληπτικά Χαρακτηριστικά		Σημειώστε με 1 την ύπαρξη ή με 0 την απουσία	Βαθμολογία (1-10)	Παρατηρήσεις
Χρόμα	Κανονικό Ανοιχτόχρωμο Σκουρόχρωμο Ομοιόμορφο			
Εμφάνιση	Επίταση Ομοιομορφία Σχήμα Δομή (συνεχής) Συνεκτικότητα/Συνοχή Επίταση Τεμαχισμός Ελαττώματα			
Υφή στο χέρι	Μαλακιά Σκληρή Ελαστική Εκτατότητα			
Οσμή	Άπλωμα Ευχάριστη Αρωματική Φρούτου Πικάντικη Χημική Αλλοιωμένη			
Γεύση	Ξένη Γλυκιά Ξινή Μεταλλική Χημική Επικρατέστερη			
Υφή στο στόμα	Άλλη Μαλακιά Σκληρή Ελαστική Εκτατότητα			
Άρωμα (οσμή/γεύση)	Άπλωμα Συνεκτικότητα/Συνοχή Άπλωμα/Συνάφεια Διάλυση/αποικοδόμηση Συσσωματώματα Κομμάτια υλικών Ευχάριστη Αρωματική Φρούτου Πικάντικη Χημική Αλλοιωμένη Ξένη Αρωματική ουσία Επικρατέστερη Ταγγό Αλλοιωμένο Ξένο			
Διάρκεια – Ένταση – Συνολικό αποτέλεσμα Αποδέσμευση αρώματος Μετάγευση				

4.5 Σχεδιασμός πειραμάτων και στατιστική επεξεργασία

Όπως αναφέρθηκε και στο σκοπό, η παρούσα διπλωματική περιλαμβάνει δύο σειρές Πειραμάτων:

1^η σειρά Πειραμάτων που αφορά τη μελέτη των χαρακτηριστικών υφής και αρωμάτων των τσιγλών με τροποποίηση της συνταγής ως προς τις γλυκαντικές ουσίες.

2^η σειρά Πειραμάτων που αφορά την προσθήκη φυσικών χρωστικών σε βάση τσίγλας χωρίς άρωμα και μελέτη της συμπεριφοράς τους.

- Σχεδιασμός 1^{ης} σειράς Πειραμάτων (Παρασκευή τσιγλών με εναλλαγή γλυκαντικών και μελέτη της επίδρασης αυτών στα ποιοτικά χαρακτηριστικά)

Η σειρά αυτή των πειραμάτων διαχωρίστηκε σε δύο σκέλη, για το πρώτο σκέλος παρήχθησαν τέσσερις ομάδες δειγμάτων με αιθέριο έλαιο μάραθου είτε με αιθέριο έλαιο λεμονιού και ως γλυκαντικό είτε σακχαρόζη είτε σορβιτόλη. Προκειμένου να μελετηθεί η επίδραση των γλυκαντικών στην υφή της τσίγλας και στην απελευθέρωση των αρωματικών, με οργανοληπτική αξιολόγηση με χρήση δοκιμαστών αλλά και με χημική ανάλυση της σύστασης του αρώματος των προϊόντων.

Αναφορικά με το δεύτερο σκέλος των πειραμάτων της 1^{ης} σειράς Πειραμάτων, αρχικός σκοπός ήταν η παραγωγή τσίγλας με γλυκοζίτες στεβιόλης. Δοκιμάστηκε η πλήρης αντικατάσταση των άλλων γλυκαντικών από γλυκοζίτες στεβιόλης, αλλά δεν προέκυπτε προϊόν που να πληροί τις ποιοτικές προϋποθέσεις. Ως εκ τούτου δοκιμάστηκε η μερική αντικατάσταση από γλυκοζίτες στεβιόλης, η σκέψη να αντικατασταθεί η σορβιτόλη σε μορφή σκόνης εγκαταλείφθηκε λόγω της έντασης αναλογίας γλυκύτητας, θα έπρεπε να προστεθεί το υποδεκαπλάσιο του όγκου σκόνης με αποτέλεσμα να καθίσταται αδύνατη η ομαλή ανάμιξη της τσίγλας και θα μειωνόταν δραματικά ο όγκος του προϊόντος. Το επόμενο βήμα ήταν η εργαστηριακή παρασκευή σιροπιού στεβιοζιτών, όπως έχει περιγραφεί παραπάνω. Οι τσίγλες σχηματίζονταν χωρίς μεγάλη δυσκολία, αλλά δεν ήταν δυνατή η αποθήκευσή τους στους 40°C, με αποτέλεσμα η μελέτη των χαρακτηριστικών υφής και των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών να πραγματοποιηθεί για αποθήκευση στους 25 °C. Επίσης, έγινε μέτρηση υψηλής χρωματογραφίας για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης στεβιοζιτών στο σίελο των δοκιμαστών.

Στον Πίνακα 8 παρουσιάζεται η κωδικοποίηση των δειγμάτων της 1^{ης} σειράς Πειραμάτων

Πίνακας 8 Κωδικοποίηση δειγμάτων 1^{ης} σειράς Πειραμάτων

Δείγμα	Κωδικοποίηση
Τσίχλα άρωμα λεμονιού και με σακχαρόζη	Sd_lemon
Τσίχλα με σακχαρόζη και άρωμα μάραθου	Sd_fennel
Τσίχλα χωρίς σακχαρόζη και άρωμα λεμονιού	Sf_lemon
Τσίχλα χωρίς σακχαρόζη και άρωμα μάραθου	Sf_fennel
Τσίχλα με γλυκοζίτες στεβιόλης	Stevia

- Σχεδιασμός 2^{ης} σειράς Πειραμάτων (Παρασκευή βάσης τσίχλας χωρίς άρωμα με φυσικές χρωστικές και μελέτη των ποιοτικών χαρακτηριστικών)

Κατά την παρασκευή των δειγμάτων της σειράς σχηματίζονται δώδεκα ομάδες δειγμάτων, καθώς μελετήθηκαν δύο χρωστικές ουσίες οι οποίες εγκλείστηκαν σε πέντε διαφορετικούς φορείς, επίσης παρασκευάστηκαν και τσίχλες όπου οι χρωστικές χρησιμοποιήθηκαν ως είχαν (χωρίς εγκλεισμό). Η πρώτη κατηγορία αναφέρεται στις τσίχλες που περιελάμβαναν χρωστικές εγκλεισμένες σε αραβικό κόμμα (AG), η δεύτερη κατηγορία αναφέρεται στις τσίχλες για τις οποίες οι χρωστικές εγκλείστηκαν σε αραβικό κόμμα (AG) και τροποποιημένο άμυλο (MS), η τρίτη κατηγορία είχε ως φορέα το τριπλό μίγμα τροποποιημένου αμύλου (MS), μαλτοδεξτρίνης (MD) και χιτοζάνης (CH), η τέταρτη κατηγορία αφορούσε στο συνδυασμό χιτοζάνης (CH) και τροποποιημένου αμύλου (MS), στην πέμπτη κατηγορία χρησιμοποιήθηκε μαλτοδεξτρίνη ως φορέας, ενώ τέλος στην έκτη κατηγορία οι χρωστικές δεν εγκλείστηκαν, αλλά προστέθηκαν ως είχαν με τη μορφή ατόφιου διαλύματος.

Στον Πίνακα 9 παρουσιάζεται η κωδικοποίηση που ακολουθήθηκε.

Πίνακας 9 Κωδικοποίηση δειγμάτων 2^{ης} σειράς Πειραμάτων

Περιγραφή Δείγματος	Κωδικοποίηση
Τσίχλα με εγκλεισμένη χρωστική παντζαριού σε αραβικό κόμμα	AG_Beetroot
Τσίχλα με εγκλεισμένη χρωστική παντζαριού σε αραβικό κόμμα και τροποποιημένο άμυλο	AGMS_Beetroot
Τσίχλα με εγκλεισμένη χρωστική παντζαριού σε τροποποιημένο άμυλο, μαλτοδεξτρίνη και χιτοζάνη	MSMDCH_Beetroot
Τσίχλα με εγκλεισμένη χρωστική παντζαριού σε τροποποιημένο άμυλο και χιτοζάνη	MSCH_Beetroot
Τσίχλα με εγκλεισμένη χρωστική παντζαριού σε μαλτοδεξτρίνη	MD_Beetroot
Τσίχλα με χρωστική παντζαριού	Sol_Beetroot
Τσίχλα με εγκλεισμένη χρωστική κρόκου Κοζάνης σε αραβικό κόμμα	AG_Crocus
Τσίχλα με εγκλεισμένη χρωστική κρόκου Κοζάνης σε αραβικό κόμμα και τροποποιημένο άμυλο	AGMS_Crocus
Τσίχλα με εγκλεισμένη χρωστική κρόκου Κοζάνης σε τροποποιημένο άμυλο, μαλτοδεξτρίνη και χιτοζάνη	MSMDCH_Crocus
Τσίχλα με εγκλεισμένη χρωστική κρόκου Κοζάνης σε μαλτοδεξτρίνη	MD_Crocus
Τσίχλα με χρωστική κρόκου Κοζάνης	Sol_Crocus

Κεφάλαιο 5: Αποτελέσματα και Συζήτηση

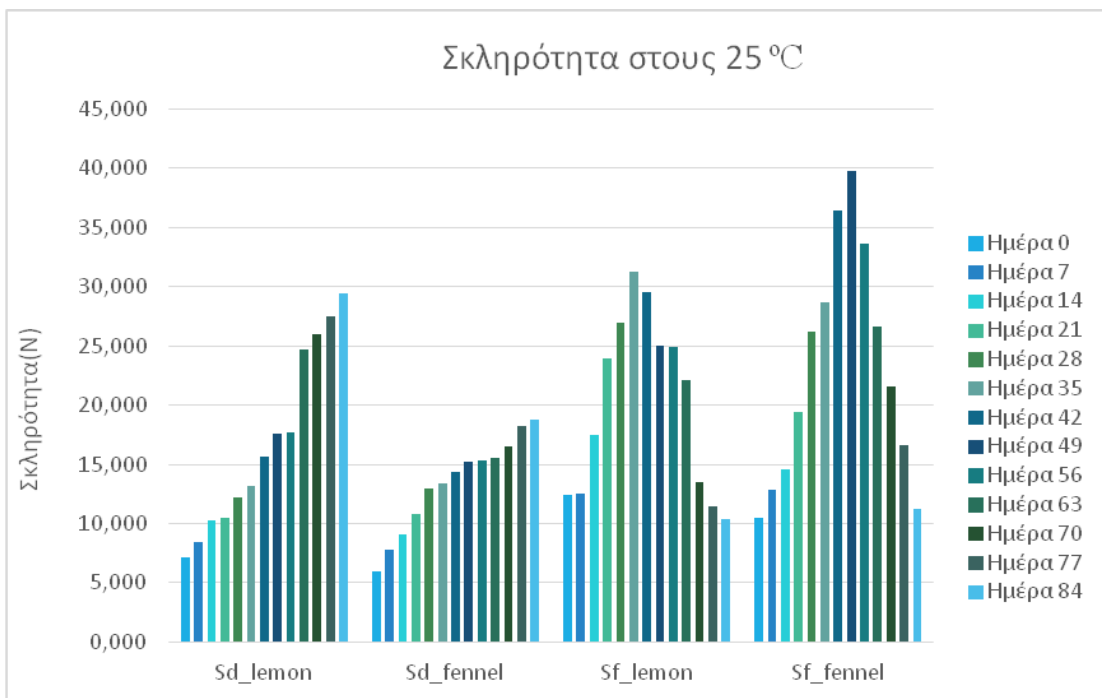
Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων γίνεται ανά σειρά πειράματος, αρχικά τα Αποτελέσματα της 1^{ης} σειράς Πειραμάτων, με το πρώτο σκέλος να διαχωρίζεται από το δεύτερο λόγω της διαφοράς κατά την αποθήκευση των προϊόντων και μετά τα Αποτελέσματα της 2^{ης} σειράς Πειραμάτων.

Το πρώτο σκέλος της 1^{ης} σειράς Πειραμάτων, είχε ως στόχο τη διερεύνηση της επίδρασης των επιλεγμένων γλυκαντικών ουσιών στα ποιοτικά χαρακτηριστικά της τσίγλας με αρωματικές ύλες λεμόνι και μάραθο αν μεταβάλλονται τα χαρακτηριστικά υφής, η συγκέντρωση των πτητικών αρωματικών, η απελευθέρωση των αρωμάτων κατά τη μύσηση καθώς και τα εν γένει οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.

5.1 Αποτελέσματα πρώτου σκέλους 1^{ης} σειράς Πειραμάτων: Επίδραση γλυκαντικών στα αντικειμενικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά της τσίγλας με άρωμα λεμόνι και άρωμα μάραθου

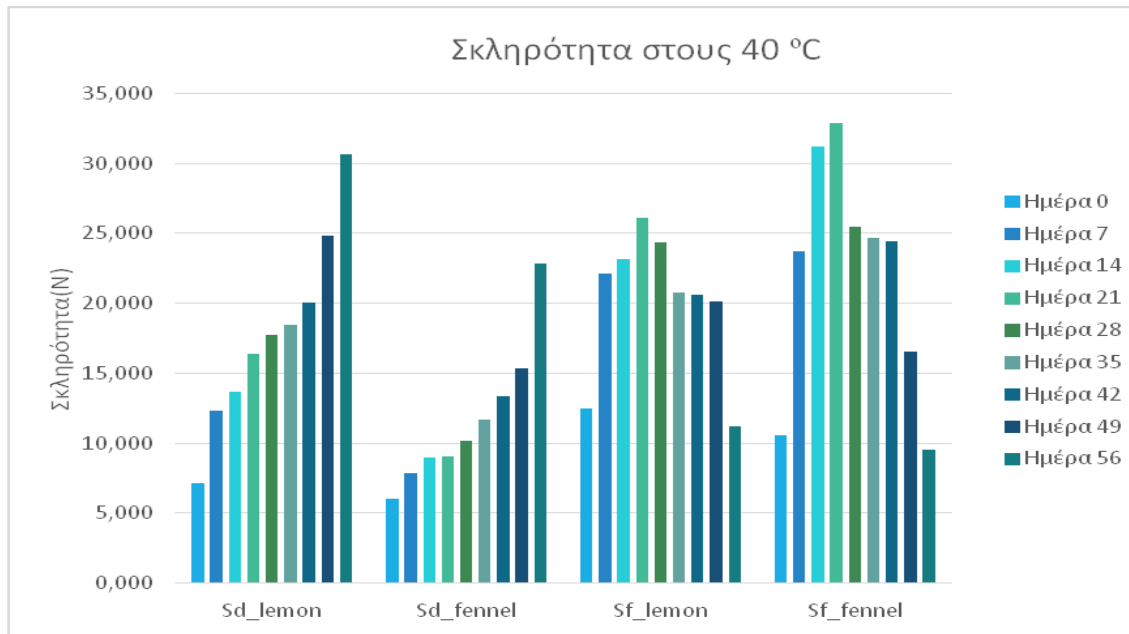
a) Μετρήσεις Σκληρότητας

Στο Διάγραμμα 2 παρουσιάζεται η μεταβολή της σκληρότητας των δειγμάτων τσίγλας με άρωμα λεμόνι και άρωμα μάραθου τις δύο διαφορετικές συνταγές, με σακχαρόζη και σορβιτόλη(χωρίς σακχαρόζη) κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (25°C). Παρατηρείται πως οι τιμές της σκληρότητας των δειγμάτων με σακχαρόζη αυξάνουν διαρκώς κατά την αποθήκευση των δειγμάτων και με τα δύο αρώματα - στα δείγματα με λεμόνι τις τέσσερις τελευταίες εβδομάδες η αύξηση σκληρότητας ήταν ραγδαία, ενώ στα δείγματα με μάραθο υπήρχε μία μικρή αύξηση σταδιακά ανά εβδομάδα. Εν αντιθέσει, στα δείγματα με σορβιτόλη (χωρίς σακχαρόζη) σημειώθηκε μία μέγιστη τιμή σκληρότητας, την πέμπτη εβδομάδα για τις τσίγλες με λεμόνι και την έκτη εβδομάδα για τα δείγματα με μάραθο. Όπως προκύπτει και από τη στατιστική ανάλυση των τιμών σκληρότητας σημαντική επίδραση έχουν ο χρόνος και το είδος του γλυκαντικού, ενώ το άρωμα δεν επηρεάζει σημαντικά τη σκληρότητα.



Διάγραμμα 2 : Μεταβολή σκληρότητας δειγμάτων τσίχλας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος

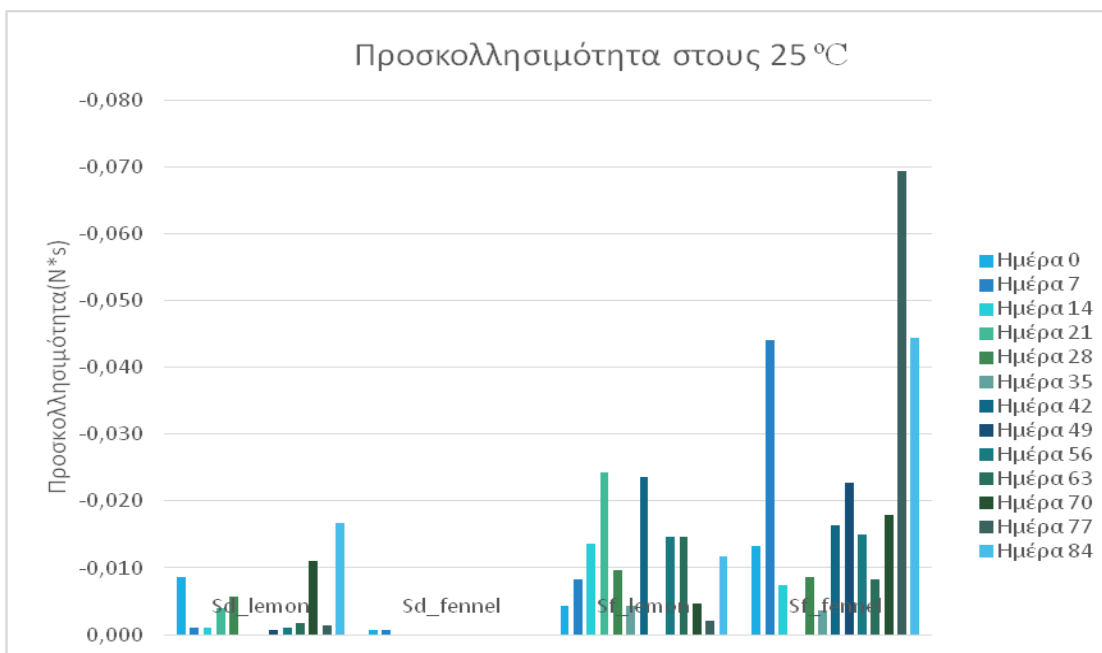
Στο Διάγραμμα 3 παρουσιάζεται η μεταβολή της σκληρότητας των δειγμάτων τσίχλας με άρωμα λεμόνι και άρωμα μάραθου με τις δύο διαφορετικές συνταγές, με σακχαρόζη και με σορβιτόλη(χωρίς σακχαρόζη) κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία 40 °C. Παρατηρείται, όπως και στο αντίστοιχο διάγραμμα 2 για τους 25 °C, ότι οι τιμές της σκληρότητας των δειγμάτων και με τα δύο αρώματα με σακχαρόζη αυξάνουν διαρκώς κατά την αποθήκευση, αλλά τις δύο τελευταίες εβδομάδες με μεγαλύτερο ρυθμό. Εν αντιθέσει, στα δείγματα και με τα δύο αρώματα με σορβιτόλη (χωρίς σακχαρόζη) σημειώθηκε μία μέγιστη τιμή σκληρότητας, την τρίτη εβδομάδα, η πρόιμη αυτή εμφάνιση του μέγιστου, σε σχέση με την εμφάνισή του στη θερμοκρασία των 25 °C αφορά στην επιταχυνόμενη κόπωση που υφίστανται τα δείγματα στην ακραία θερμοκρασία των 40 °C.



Διάγραμμα 3: Μεταβολή σκληρότητας δειγμάτων τσίγλας κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία

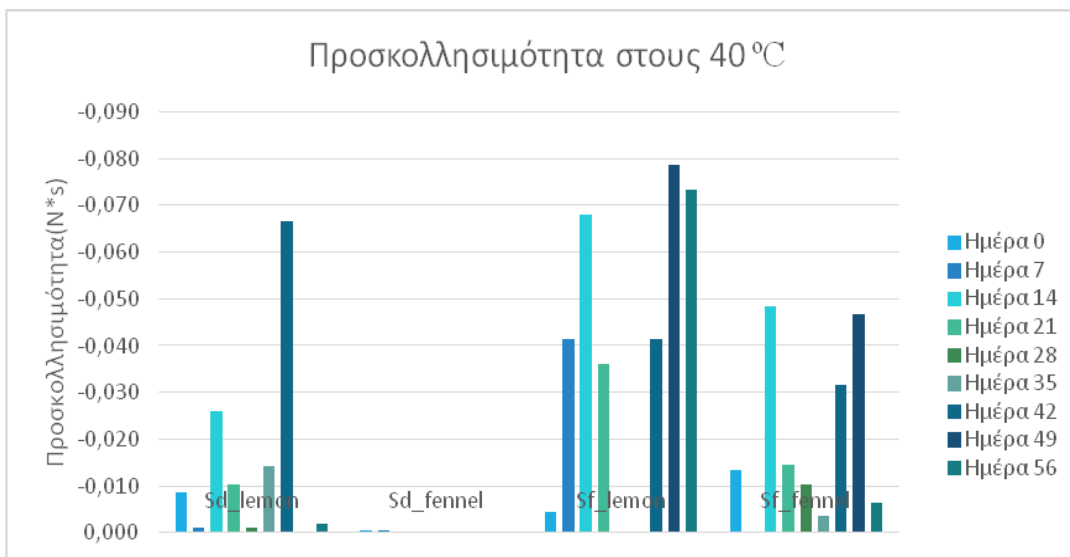
β) Μετρήσεις Προσκολλησιμότητας

Στο Διάγραμμα 4 παρουσιάζεται η μεταβολή της προσκολλησιμότητας των δειγμάτων τσίγλας με τις δύο διαφορετικές συνταγές, με σακχαρόζη και με σορβιτόλη (χωρίς σακχαρόζη) κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Παρατηρείται πως οι τσίγλες με σακχαρόζη κολλούν ελάχιστα, ιδίως αυτές με το μάραθο, στο στέλεχος, ενώ οι τσίγλες με σορβιτόλη (χωρίς σακχαρόζη) σχεδόν σε όλες τις εβδομάδες εμφανίζουν προσκολλησιμότητα στο στέλεχος του αναλυτή υψής. Τα παραπάνω συμπεράσματα επαληθεύονται πλήρως και από τη στατιστική επεξεργασία καθώς ο μόνος παράγοντας που έχει σημαντική διαφορά είναι το είδος του γλυκαντικού.



Διάγραμμα 4: Μεταβολή προσκολλησιμότητας δειγμάτων τσίγλας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος

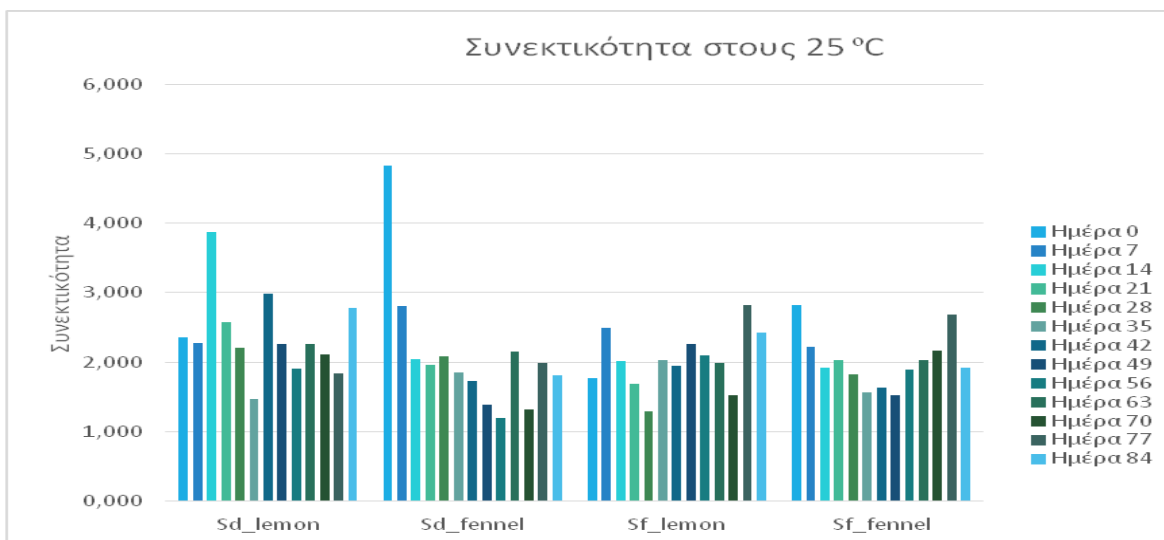
Στο Διάγραμμα 5 παρουσιάζεται η μεταβολή της προσκολλησιμότητας των δειγμάτων τσίγλας με τις δύο διαφορετικές συνταγές, με σακχαρόζη και με σορβιτόλη (χωρίς σακχαρόζη) κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία (40°C). Παρατηρείται παρόμοια συμπεριφορά με τις τσίγλες που αποθηκεύτηκαν στους 25 °C, καθώς οι τσίγλες με σορβιτόλη (χωρίς σακχαρόζη) κολλούν στο στέλεχος του αναλυτή, μόνο που παρατηρείται και κολλώδης συμπεριφορά στα δείγματα με σακχαρόζη και αιθέριο έλαιο λεμονιού. Η διαφοροποίηση αυτή φαίνεται και στους στατιστικούς πίνακες, στους οποίους εκτός από το είδος του γλυκαντικού φαίνεται ότι και η θερμοκρασία παίζει ρόλο στην προσκολλησιμότητα.



Διάγραμμα 5: Μεταβολή προσκολλησιμότητας δειγμάτων τσίγλας κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία

c) Μετρήσεις Συνεκτικότητας

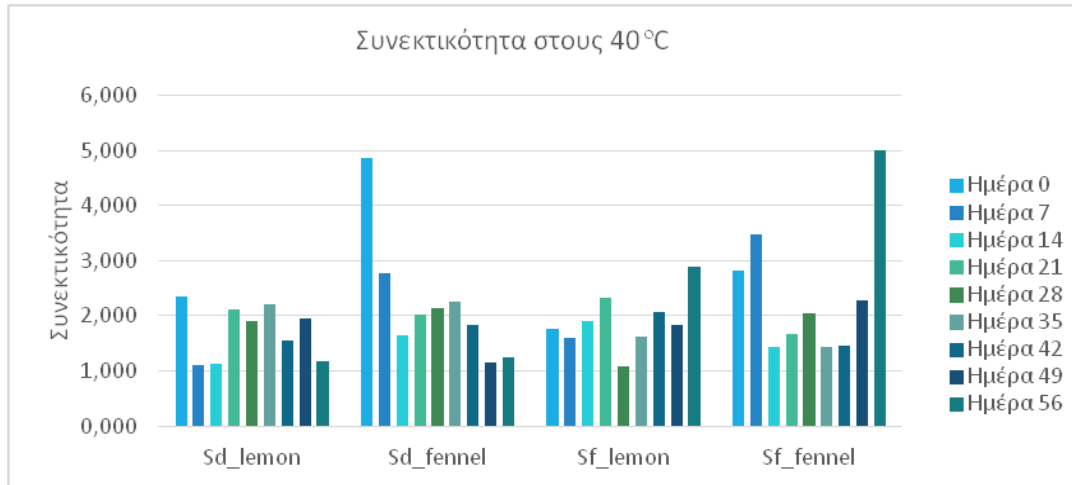
Στο Διάγραμμα 6 παρουσιάζεται η μεταβολή της συνεκτικότητας των δειγμάτων τσίγλας με τις δύο διαφορετικές συνταγές, με σακχαρόζη και με σορβιτόλη (χωρίς σακχαρόζη) κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Δεν παρατηρούνται σημαντικές αλλαγές στη συνεκτικότητα της τσίγλας ανάλογα με τη σύστασή της.



Διάγραμμα 6: Μεταβολή συνεκτικότητας δειγμάτων τσίγλας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος

Στο Διάγραμμα 7 παρουσιάζεται η μεταβολή της συνεκτικότητας των δειγμάτων τσίγλας με τις δύο διαφορετικές συνταγές, με σακχαρόζη και με σορβιτόλη (χωρίς σακχαρόζη)

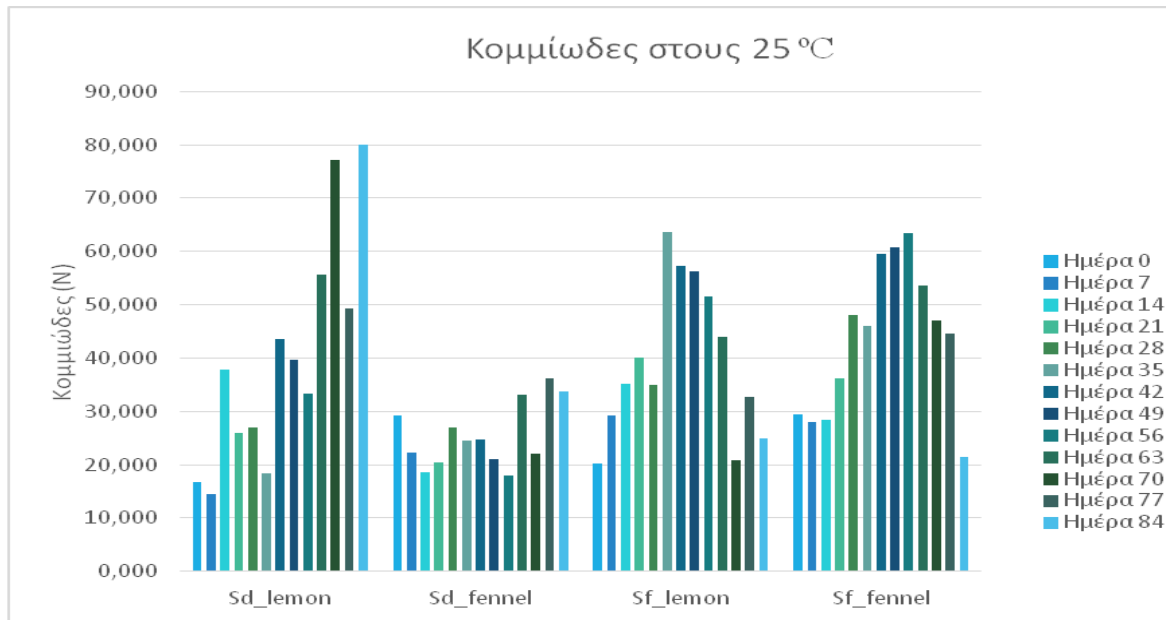
κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία. Δεν παρατηρούνται σημαντικές αλλαγές στη συνεκτικότητα της τσίχλας ανάλογα με τη σύστασή της κάτι που είναι και εμφανές στους στατιστικούς πίνακες.



Διάγραμμα 7: Μεταβολή συνεκτικότητας δειγμάτων τσίχλας κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία

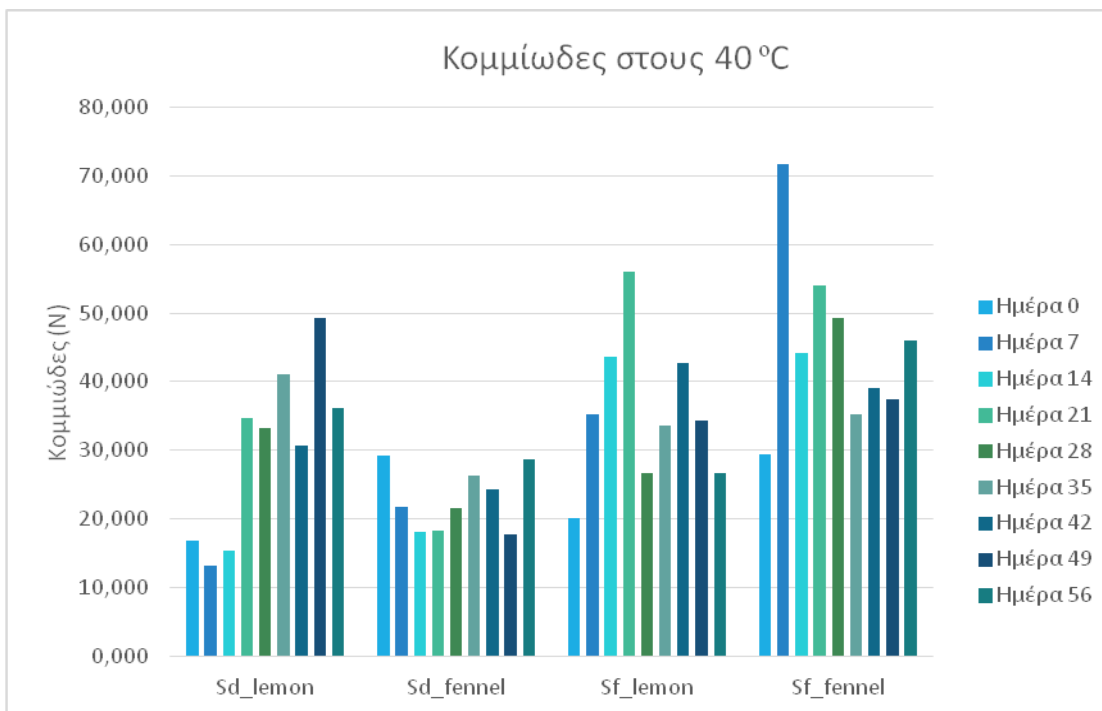
d) Μετρήσεις Κομμιάδους

Στο Διάγραμμα 8 παρουσιάζεται η μεταβολή του κομμιάδους των δειγμάτων τσίχλας με τις δύο διαφορετικές συνταγές, με σακχαρόζη και με σορβιτόλη (χωρίς σακχαρόζη) κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Οι τσίχλες με σορβιτόλη (χωρίς σακχαρόζη) εμφανίζουν παρόμοια συμπεριφορά, ωστόσο τα δείγματα με σακχαρόζη και αιθέριο έλαιο λεμονιού, όπως συνέβη και στη σκληρότητα, (είναι άλλωστε αναμενόμενο να παρουσιάζουν ανάλογη συμπεριφορά) τις 3 τελευταίες εβδομάδες εμφανίζουν μέγιστες τιμές κομμιάδους. Έπειτα από τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων προκύπτει πως μόνο το είδος του γλυκαντικού επηρεάζει σημαντικά το κομμιάδες των προϊόντων.



Διάγραμμα 8: Μεταβολή κομμιώδους δειγμάτων τσίγλας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος

Στο Διάγραμμα 9 παρουσιάζεται η μεταβολή του κομμιώδους των δειγμάτων τσίγλας με τις δύο διαφορετικές συνταγές, με σακχαρόζη και με σορβιτόλη (χωρίς σακχαρόζη) κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία (40 °C). Οι τσίγλες με σορβιτόλη (χωρίς σακχαρόζη) εμφανίζουν παρόμοια συμπεριφορά και οι τιμές είναι πολύ υψηλότερες των δειγμάτων με σακχαρόζη. Όπως προέκυψε και για τα δείγματα που αποθηκευτήκαν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος ύστερα από τη στατιστική επεξεργασία μόνο το είδος του γλυκαντικού διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο στο κομμιώδες των προϊόντων.



Διάγραμμα 9: Μεταβολή κομμιάδους δειγμάτων τσίγλας κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία ,

ε) Μετρήσεις πτητικών αρωματικών ουσιών

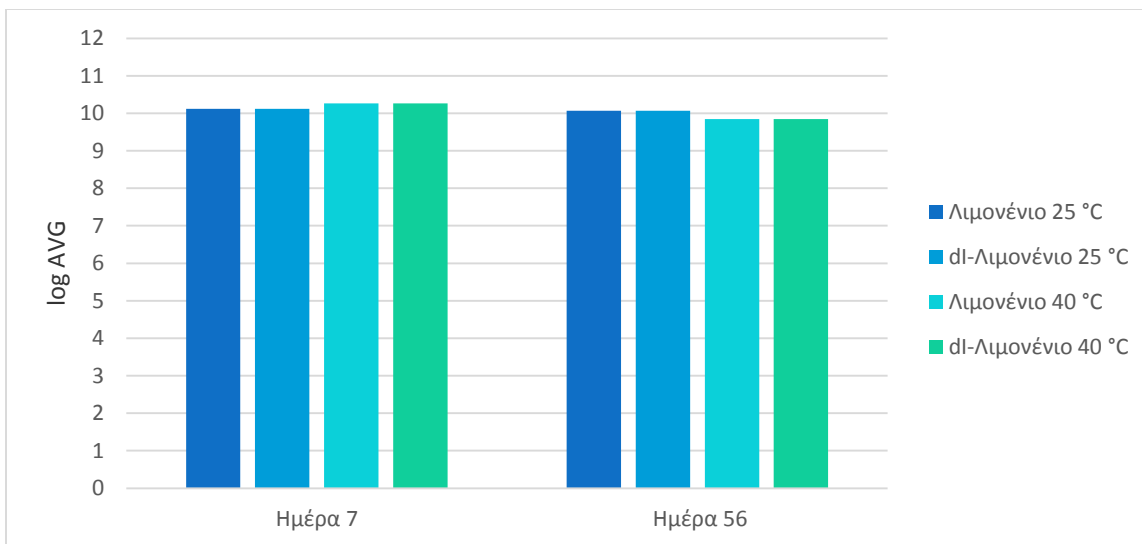
Στον αέριο χρωματογράφο συνδυασμένο με φασματόμετρο μάζας αναλύθηκαν δείγματα τσίγλας, στον Πίνακα 7 βρίσκονται οι 16 αρωματικές ενώσεις που επιλέχθηκαν να ποσοτικοποιηθούν από το χρωματογράφημα και ο χρόνος έκλουσης καθεμιάς. Όπως γίνεται και μέσω των παρακάτω πινάκων αντιληπτό, στις τσίγλες με μάραθο επικρατούν η εστραγόλη (estragole) η ανηθόλη (anethole) και η φενχόνη (fenchone), ενώ στα δείγματα με τσίγλα με αιθέριο έλαιο λεμονιού το λιμονένιο και το dI-λιμονένιο είναι οι επικρατέστερες.

Πίνακας 10 Κύριες αρωματικές ενώσεις στο μάραθο και στο λεμόνι και ο χρόνος έκλουσης τους

Αρωματική Ένωση	Χρόνος έκλουσης(min)
a-pinene	5,819
camphene	6.113
sabinene	6.581
b-pinene	6.650
b-myrcene	6.889
limonene	7.693
gamma-terpine	8.150
fenchone	8.670
dl-Limonene	7.693
cis-ocimene	7.683
linalool	8.875
estragole	10.490
anisaldehyde	11.136
fenchyl-acetate	11.136
n-decanal	11.547
anethole	11.806

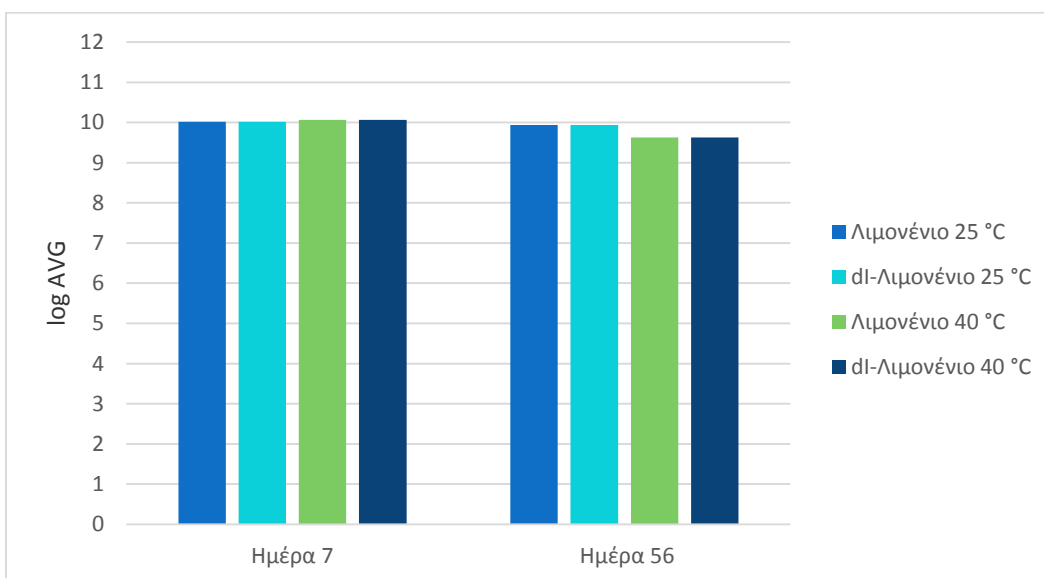
Κάθε δείγμα μετρήθηκε δύο φορές, η πρώτη μέτρηση πραγματοποιήθηκε την πρώτη εβδομάδα αποθήκευσης και η δεύτερη στις 8 εβδομάδες, κάθε μέτρηση επαναλήφθηκε 3 φορές.

Στο διάγραμμα 10 παρουσιάζονται οι τιμές της λογαριθμικής απόκρισης που προέκυψαν από την αέρια χρωματογραφία των δειγμάτων με σακχαρόζη και αιθέριο έλαιο λεμονιού, κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και σε ακραία θερμοκρασία. Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι στη θερμοκρασία περιβάλλοντος δεν επηρεάζεται η συγκέντρωση των πτητικών ενώσεων, ενώ στην ακραία θερμοκρασία παρατηρείται μία μικρή μείωση. Η ανωτέρω περιγραφείσα μεταβολή είναι κοινή και για τις δύο αρωματικές ουσίες.



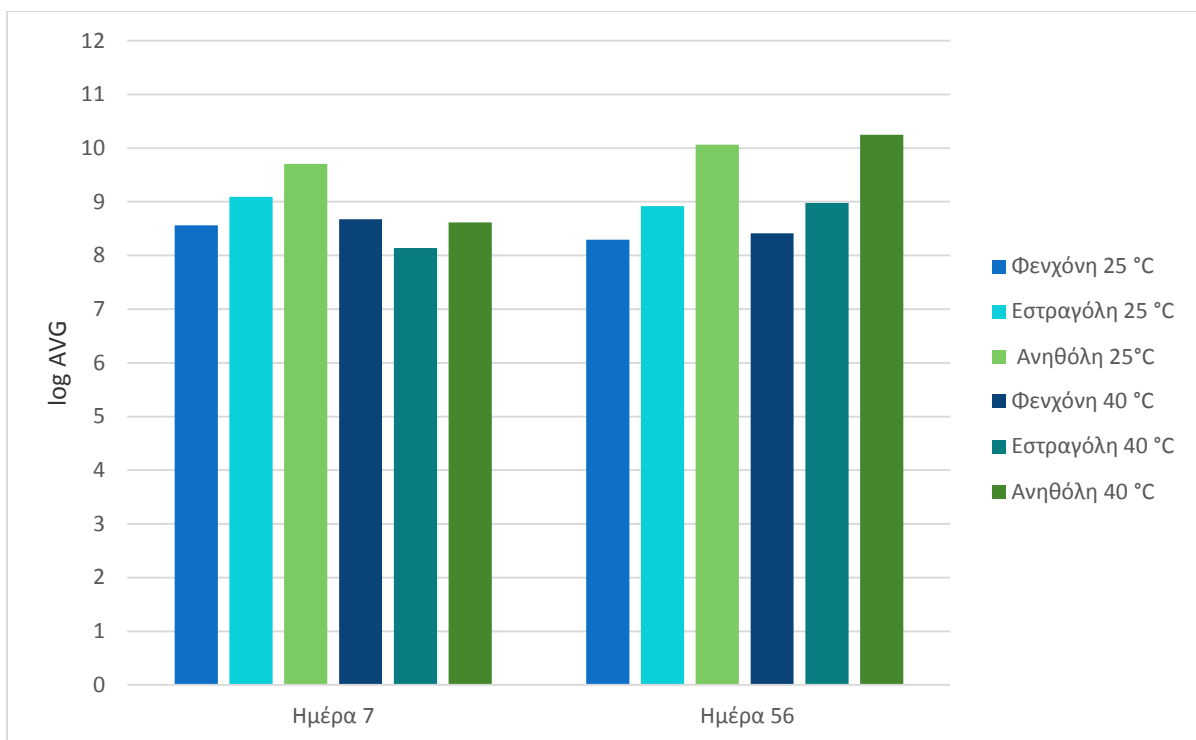
Διάγραμμα 10: Μεταβολή συγκέντρωσης των αρωματικών ουσιών λιμονένιο και dI-λιμονένιο σε δείγματα τσίγλας με σακχαρόζη και αιθέριο έλαιο λεμονιού κατά την αποθήκευσή τους σε διάστημα 8 εβδομάδων

Στο διάγραμμα 11 παρουσιάζονται οι τιμές της λογαριθμικής απόκρισης που προέκυψαν από την αέρια χρωματογραφία των δειγμάτων με σορβιτόλη (χωρίς σακχαρόζη) και αιθέριο έλαιο λεμονιού, κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και σε ακραία θερμοκρασία. Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι στη θερμοκρασία περιβάλλοντος δεν επηρεάζεται η συγκέντρωση των πτητικών ενώσεων, ενώ στην ακραία θερμοκρασία παρατηρείται μείωση της συγκέντρωσης και η μείωση αυτή είναι μεγαλύτερη της αντίστοιχης μείωσης για τα δείγματα με σακχαρόζη.



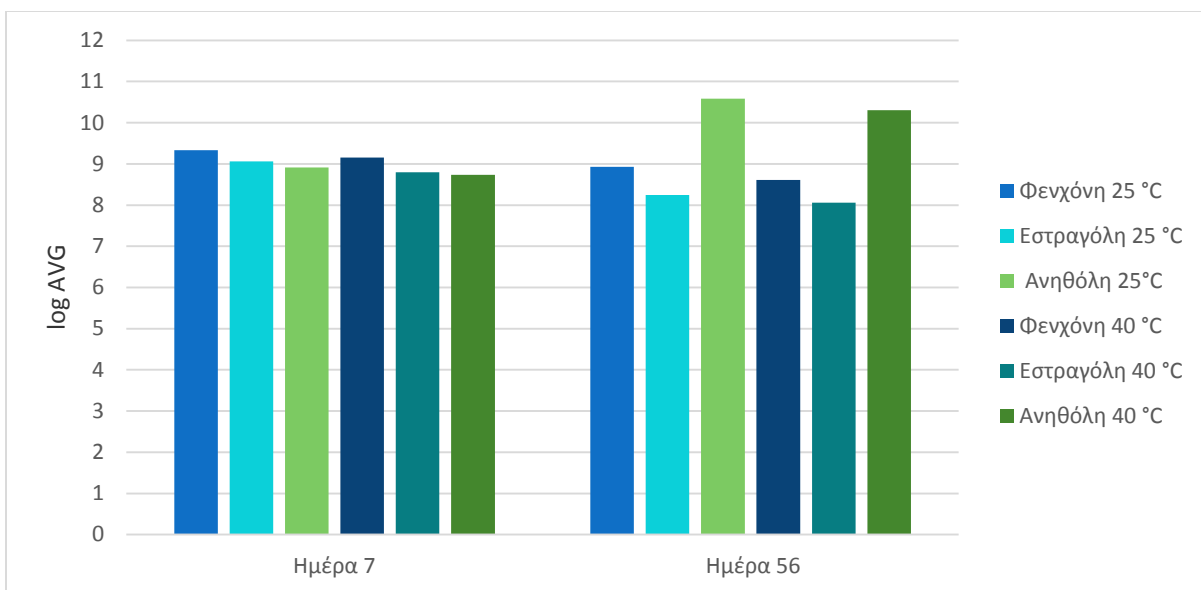
Διάγραμμα 11: Μεταβολή συγκέντρωσης των αρωματικών ουσιών λιμονένιο και dI-λιμονένιο σε δείγματα τσίγλας με σορβιτόλη (χωρίς σακχαρόζη) και αιθέριο έλαιο λεμονιού κατά την αποθήκευσή τους σε διάστημα 8 εβδομάδων

Στο διάγραμμα 12 παρουσιάζονται οι τιμές της λογαριθμικής απόκρισης που προέκυψαν από την αέρια χρωματογραφία των δειγμάτων με σακχαρόζη και αιθέριο έλαιο μάραθου, κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και σε ακραία θερμοκρασία. Για τη φενχόνη και την εστραγόλη προκύπτει ότι με την πάροδο του χρόνου και την κόπωση του δείγματος η ένταση της συγκέντρωσής τους μειώνεται ενώ για την ανηθόλη παρατηρείται αύξηση της συγκέντρωσης.



Διάγραμμα 12: Μεταβολή συγκέντρωσης των αρωματικών ουσιών Φενχόνη Εστραγόλη και Ανηθόλη σε δείγματα τσίχλας με σακχαρόζη και αιθέριο έλαιο μάραθου κατά την αποθήκευσή τους σε διάστημα 8 εβδομάδων

Στο διάγραμμα 13 παρουσιάζονται οι τιμές της λογαριθμικής απόκρισης που προέκυψαν από την αέρια χρωματογραφία των δειγμάτων με σορβιτόλη (χωρίς σακχαρόζη) και αιθέριο έλαιο μάραθου, κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και σε ακραία θερμοκρασία. Για τη φενχόνη και την εστραγόλη προκύπτει ότι με την πάροδο του χρόνου και την κόπωση του δείγματος η ένταση της συγκέντρωσής τους μειώνεται ενώ για την ανηθόλη παρατηρείται αύξηση της συγκέντρωσης, όπως παρατηρήθηκε και στα αντίστοιχα δείγματα με σακχαρόζη.



Διάγραμμα 13: Μεταβολή συγκέντρωσης των αρωματικών ουσιών Φενχόνη Εστραγόλη και Ανηθόλη σε δείγματα τσίγλας χωρίς σακχαρόζη και αιθέριο έλαιο μάραθου κατά την αποθήκευσή τους σε διάστημα 8 εβδομάδων

f) Οργανοληπτική αξιολόγηση

Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τα οποία μελετήθηκαν στα δείγματα του Πειράματος

1 αναφέρονται παρακάτω:

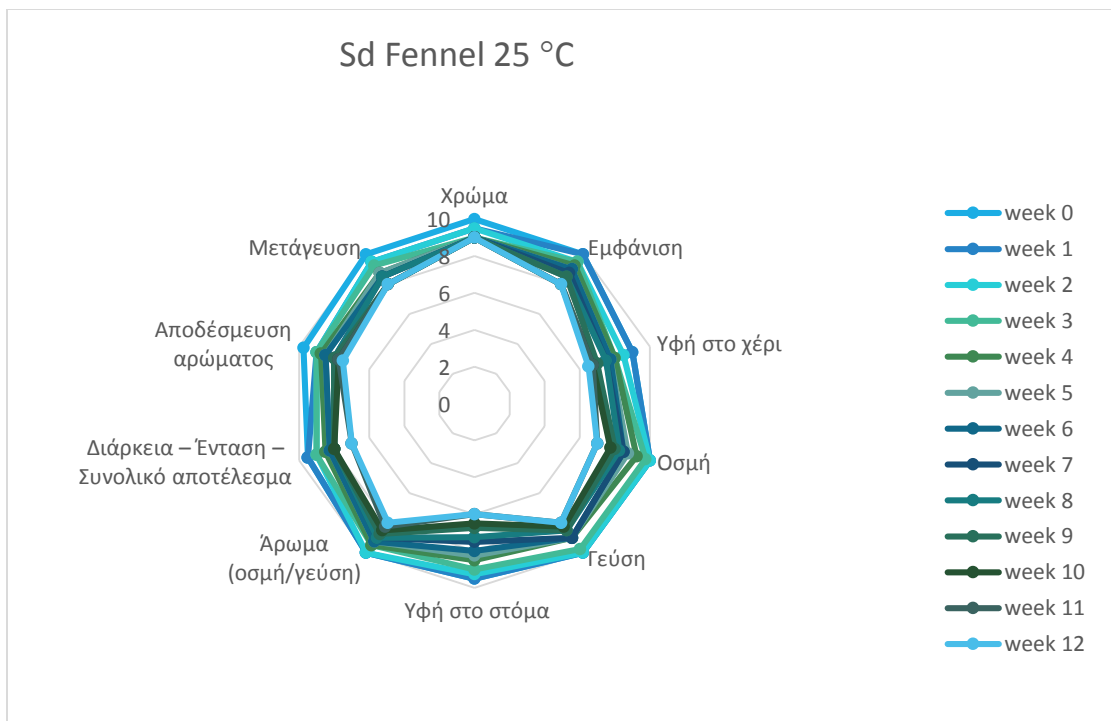
- Χρώμα τσίγλας
- Εμφάνιση τσίγλας
- Υφή δείγματος κατά την επαφή με το χέρι
- Οσμή
- Υφή δείγματος στο στόμα
- Άρωμα (οσμή/γεύση κατά τη μάσηση)
- Διάρκεια- Ένταση αρώματος
- Αποδέσμευση αρώματος
- Μετάγευση

Στο Διάγραμμα 14, Διάγραμμα 15, Διάγραμμα 16 και Διάγραμμα 17 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής εξέτασης των δειγμάτων του Πειράματος 1

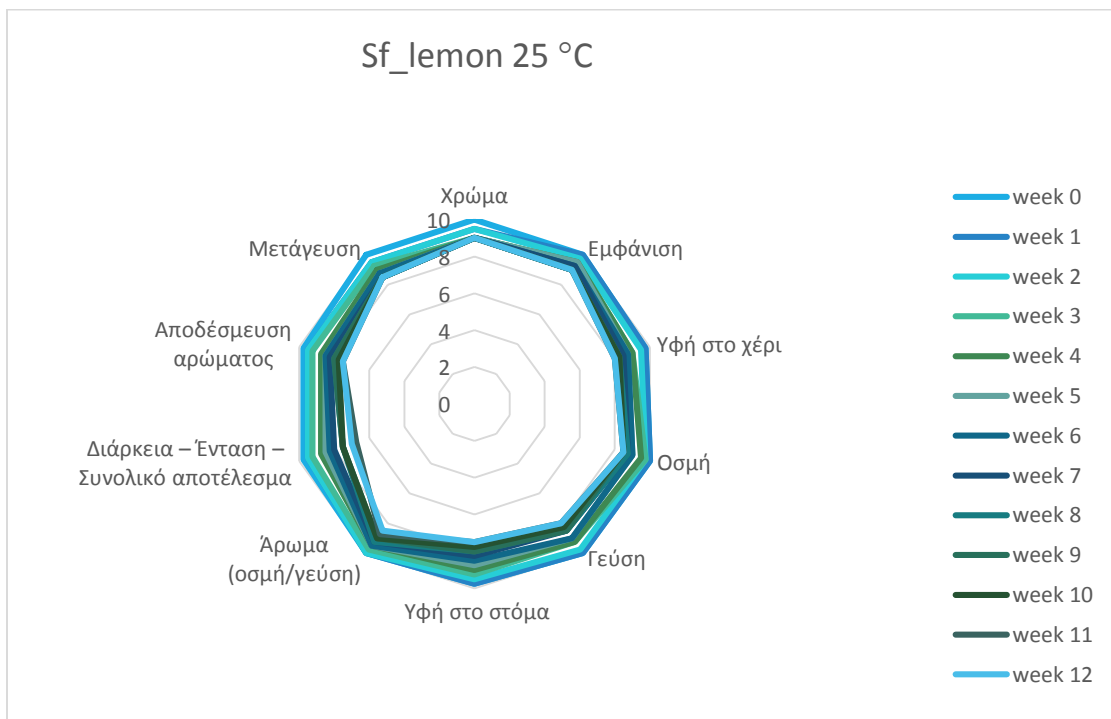
καθόλη τη διάρκεια αποθήκευσής τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, ενώ στα Διαγράμματα Διάγραμμα 18, Διάγραμμα 19 , Διάγραμμα 20 και Διάγραμμα 21, φαίνονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα για την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία. Να σημειωθεί πως τα χαρακτηριστικά βαθμολογούνται στην κλίμακα 1-10 με την τιμή 5 ως «κατώφλι» αποδοχής.



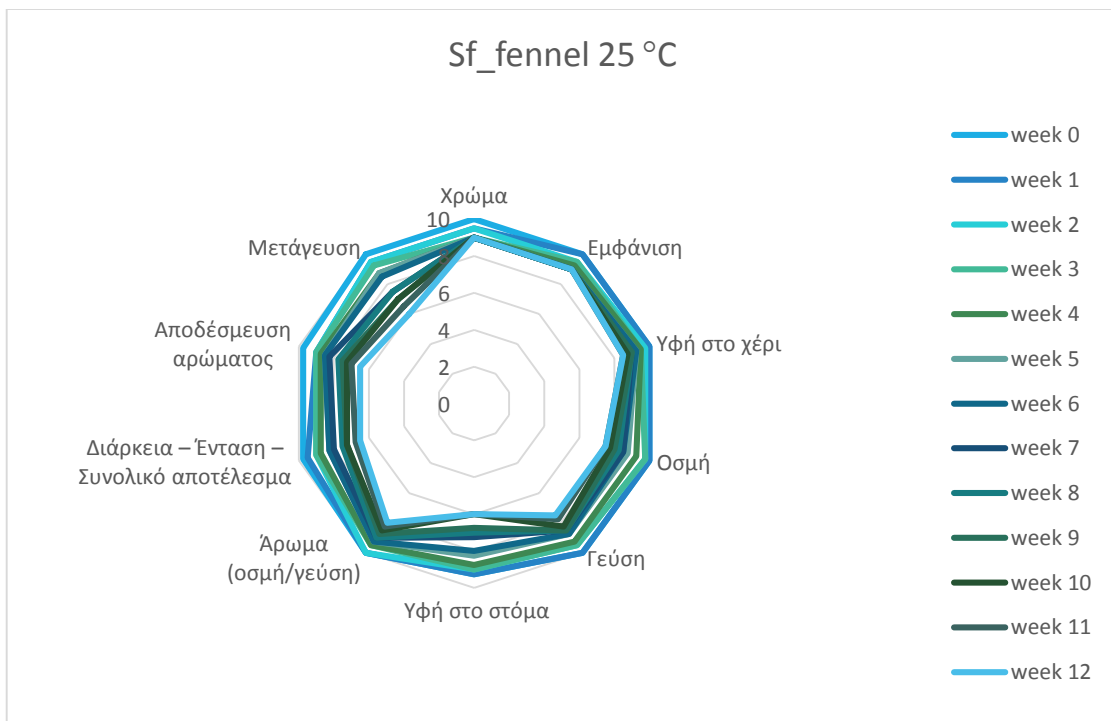
Διάγραμμα 14: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας με σακχαρόζη και αιθέριο έλαιο λεμονιού κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος



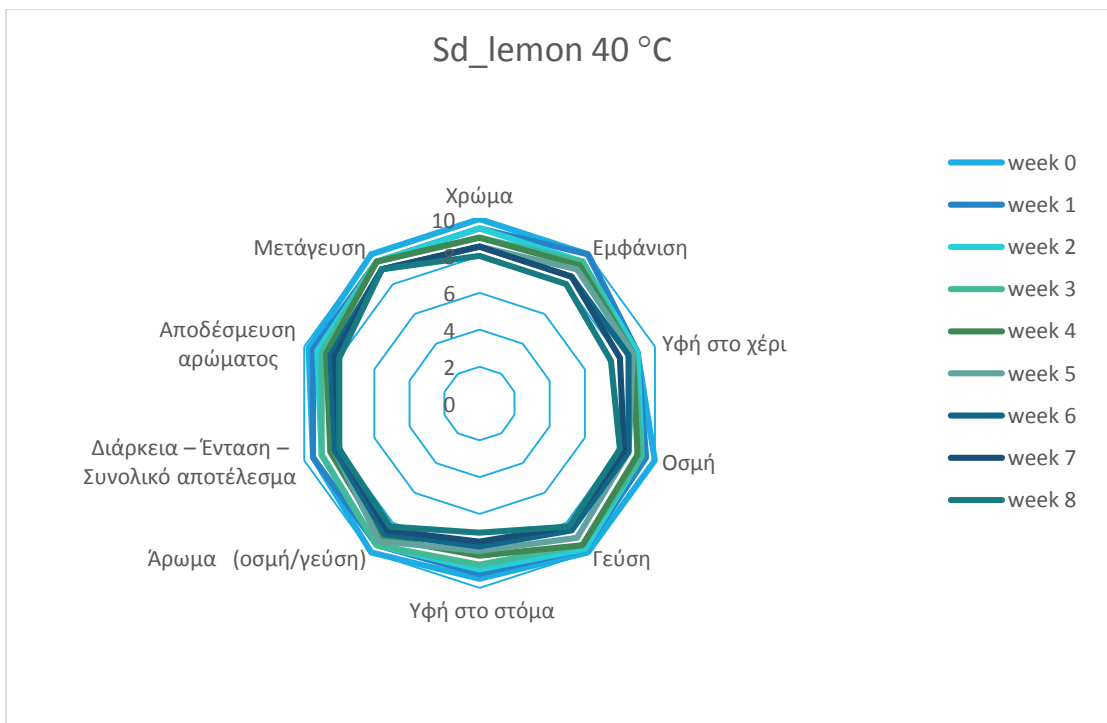
Διάγραμμα 15: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας με σακχαρόζη και αιθέριο έλαιο μάραθου κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος



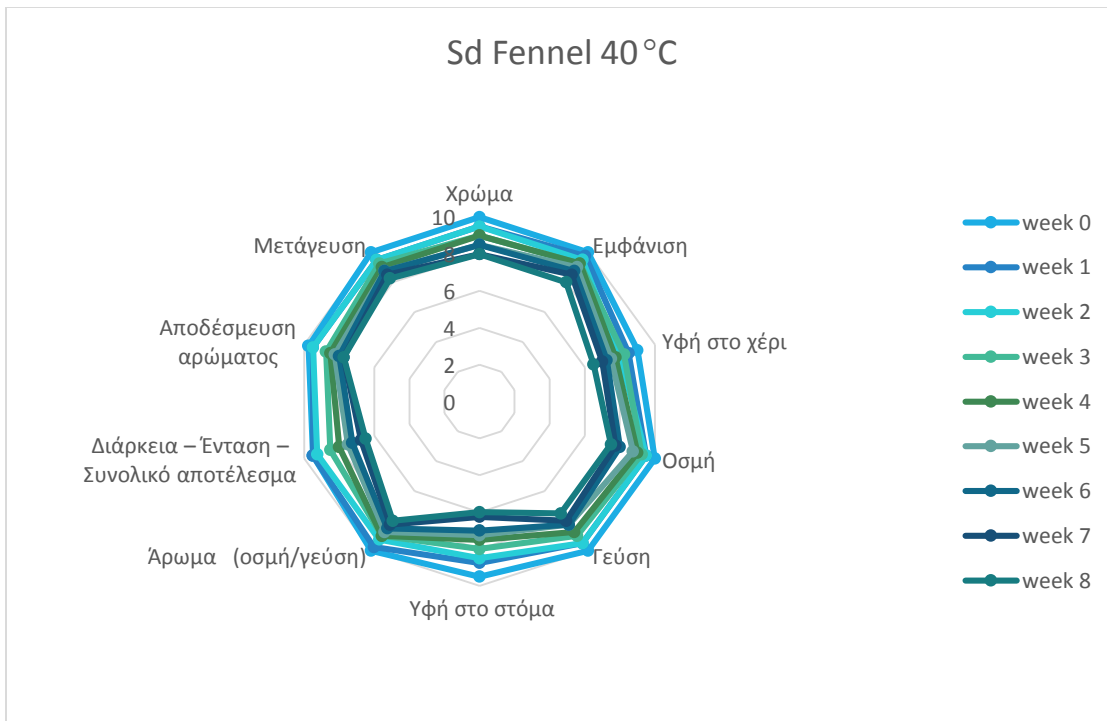
Διάγραμμα 16: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας χωρίς σακχαρόζη και αιθέριο έλαιο λεμονιού κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος



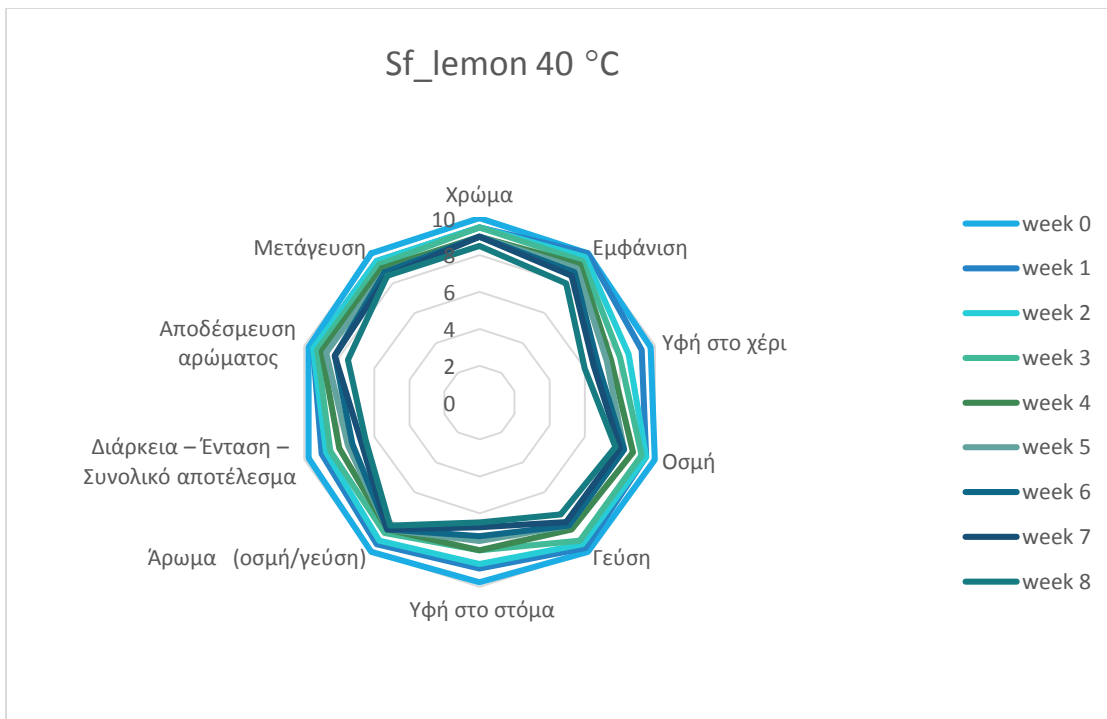
Διάγραμμα 17: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας χωρίς σακχαρόζη και αιθέριο έλαιο μάραθου κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος



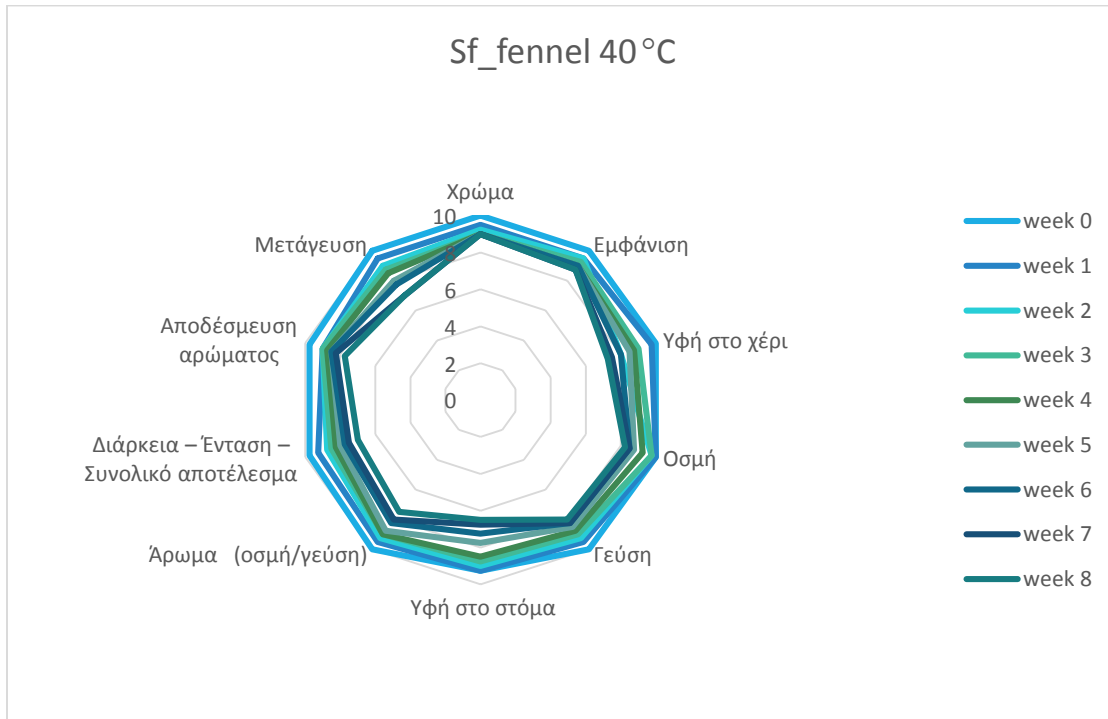
Διάγραμμα 18: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας με σακχαρόζη και αιθέριο έλαιο λεμονιού κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία



Διάγραμμα 19: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας με σακχαρόζη και αιθέριο έλαιο μάραθου κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία



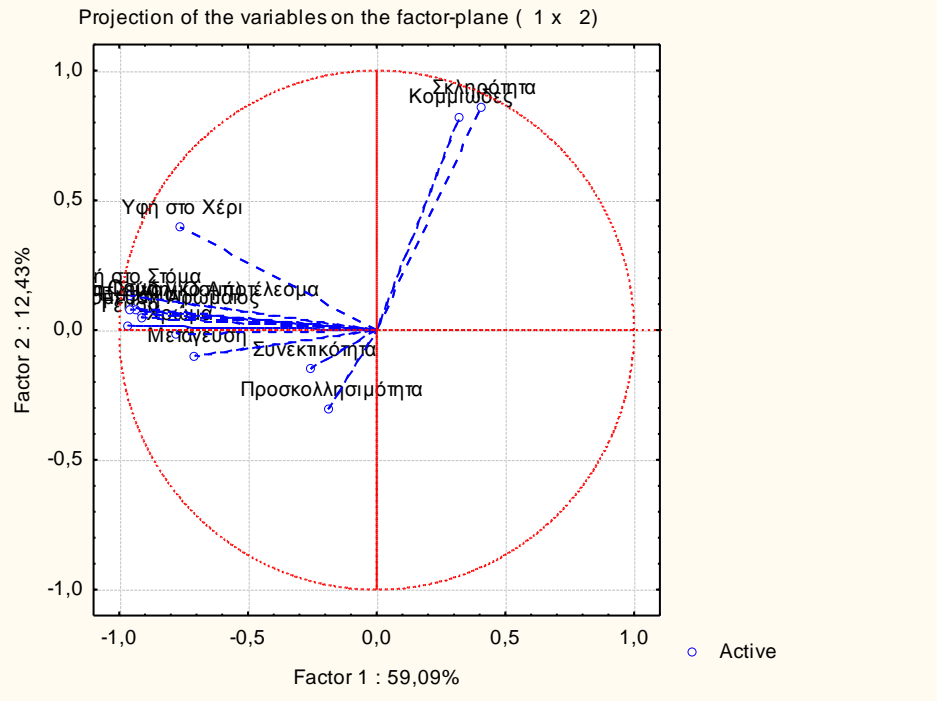
Διάγραμμα 20: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας χωρίς σακχαρόζη και αιθέριο έλαιο λεμονιού κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία



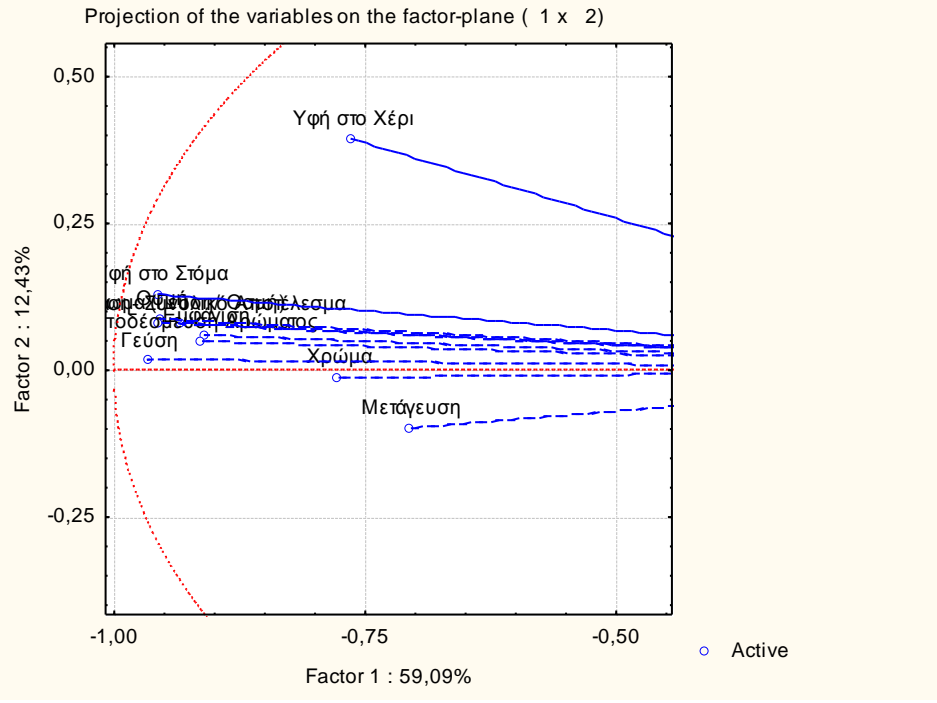
Διάγραμμα 21: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίχλας χωρίς σακχαρόζη και αιθέριο έλαιο μάραθου κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία.

g) Ανάλυση συσχέτισης

Πραγματοποιήθηκε ανάλυση κύριων συνιστωσών (PCA) για τα δείγματα του Πειράματος 1. Στο Διάγραμμα 22 και στο διάγραμμα 23 παρουσιάζεται Ανάλυση συσχέτισης των μελετώμενων μεταβλητών για τα δείγματα του Πειράματος 1 φαίνεται η συσχέτιση των μεταβλητών που μελετήθηκαν. Επαναλαμβάνεται πως οι μεταβλητές που μελετήθηκαν χωρίζονται στις αντικειμενικές (σκληρότητα, προσκολλησιμότητα, συνεκτικότητα, κομμιώδες) και στις οργανοληπτικές (χρώμα, εμφάνιση, υφή στο χέρι, οσμή, γεύση, υφή στο στόμα, άρωμα(γεύση/οσμή), διάρκεια-ένταση-συνολική εκτίμηση, αποδέσμευση αρώματος, μετάγευση). Όπως είναι εμφανές από το διάγραμμα, όλα τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά επιδρούν σημαντικά στην πρώτη κύρια συνιστώσα του πειράματος (59,09%), ενώ η σκληρότητα και το κομμιώδες επηρεάζουν την δεύτερη κύρια συνιστώσα του πειράματος (12,43%). Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά φαίνονται να συσχετίζονται όλα μεταξύ τους εκτός από τη μετάγευση.



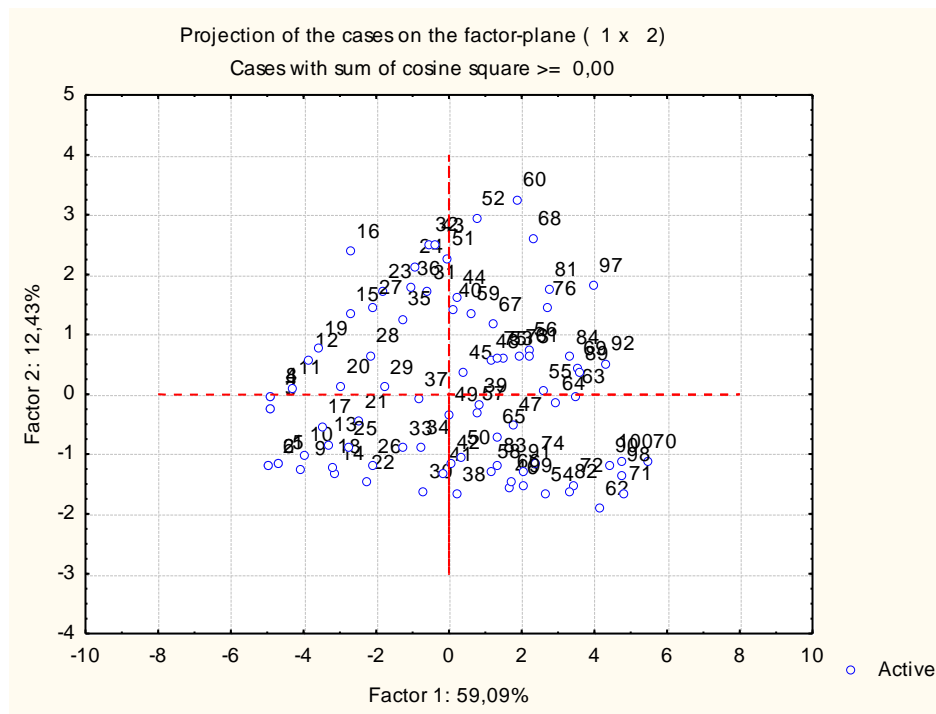
Διάγραμμα 22 Ανάλυση συσχέτισης των μελετούμενων μεταβλητών για τα δείγματα του Πειράματος 1



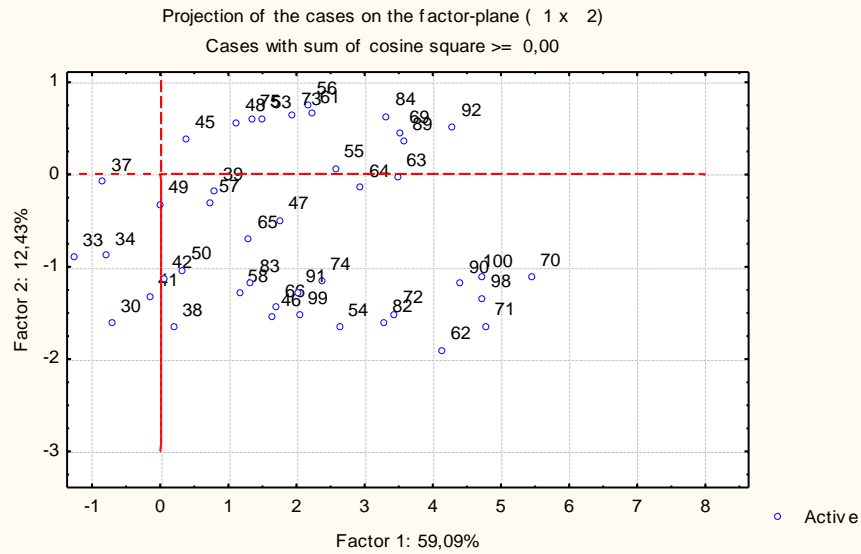
Διάγραμμα 23 Μεγέθυνση της αριστερής πλευράς του διαγράμματος 22

Στο Διάγραμμα 24 παρουσιάζεται η συσχέτιση των δειγμάτων, ενώ στα Διαγράμματα Διάγραμμα 25 και Διάγραμμα 26 φαίνονται τμήματα σε μεγέθυνση για καλύτερη

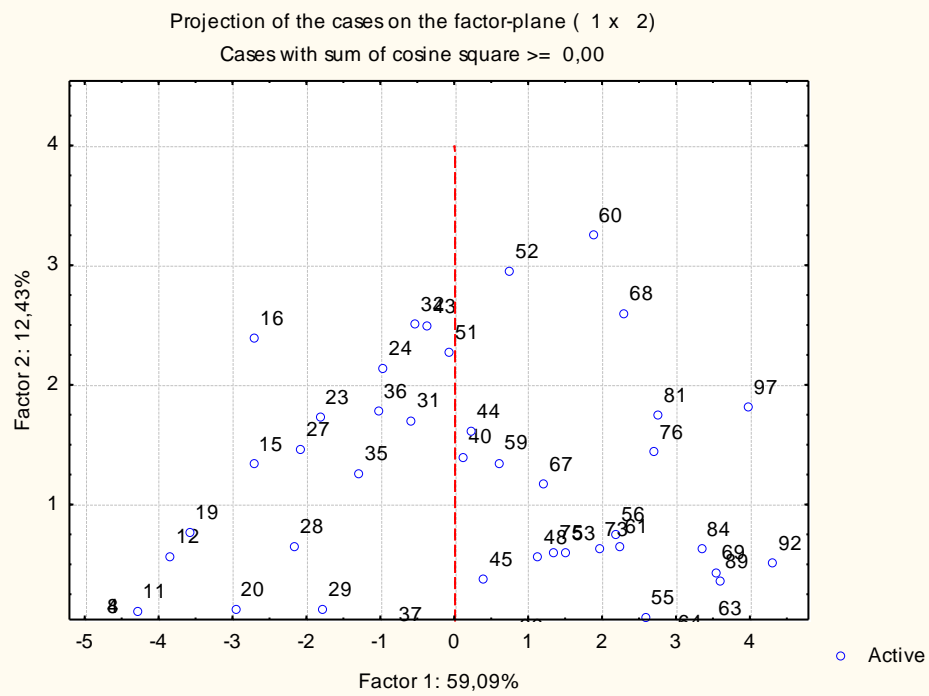
κατανόηση. Οι ομάδες που φαίνεται να σχηματίζονται αφορούν κυρίως την οργανοληπτική αξιολόγηση των δειγμάτων, καθώς τα κοινά στοιχεία των δειγμάτων αφορούν οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά. Μία ομάδα αποτελούν τα σημεία 46,54,58,66,74,83,91,99 (τέταρτο τεταρτημόριο), τα οποία αντιστοιχούν στα δείγματα με σακχαρόζη και αιθέριο έλαιο μάραθου για την ακραία θερμοκρασία αποθήκευσης στις διάφορες ημέρες μετρήσεων. Μία άλλη ομάδα σχηματίζεται από τα σημεία 45,48,53,56,61 και 75 (πρώτο τεταρτημόριο) τα οποία αντιστοιχούν στα δείγματα με σακχαρόζη και αιθέριο έλαιο λεμονιού για την ακραία θερμοκρασία αποθήκευσης στις διάφορες ημέρες μετρήσεων.



Διάγραμμα 24 Ανάλυση συσχέτισης των δειγμάτων του Πειράματος 1



Διάγραμμα 25 Ανάλυση συσχέτισης των δειγμάτων μεγέθυνση της περιοχής (-1-6,-2-1)



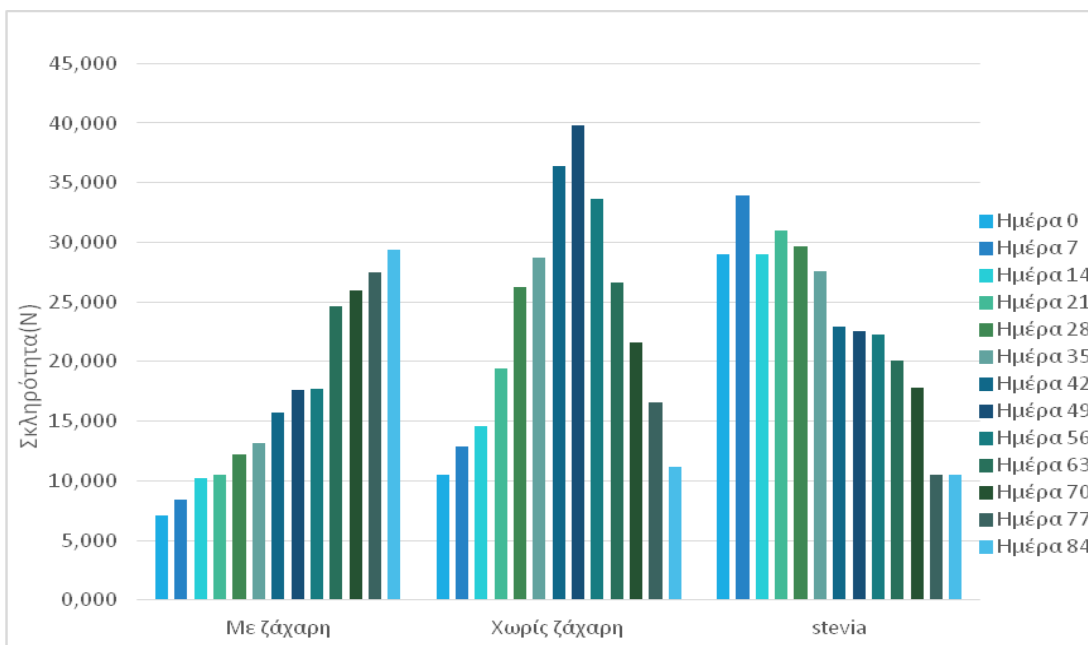
Διάγραμμα 26 Ανάλυση συσχέτισης των δειγμάτων μεγέθυνση της περιοχής (-5-4,1-3)

5.2 Αποτελέσματα δεύτερου σκέλους 1^{ης} σειράς Πειραμάτων: Επίδραση εναλλακτικών γλυκαντικών στα αντικειμενικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά της τσίγλας

Τα εργαστηριακά παρασκευασθέντα δείγματα τσίγλας με μερική αντικατάσταση γλυκαντικών από γλυκοζίτες στεβιόλης σε όλες τις μετρήσεις του αναλυτή υφής θα συγκριθούν με τη σειρά δειγμάτων με σακχαρόζη και αιθέριο έλαιο λεμονιού (Sd_lemon) και με τη σειρά δειγμάτων χωρίς σακχαρόζη με μάραθο(Sf_fennel) καθώς αυτά κρίθηκαν τα βέλτιστα από τις αξιολογήσεις. Επομένως, στα παρακάτω αποτελέσματα όπου δείγματα με σακχαρόζη θα γίνεται αναφορά στα αντίστοιχα δείγματα με αιθέριο έλαιο λεμονιού και όπου δείγματα με σορβιτόλη (χωρίς σακχαρόζη) θα γίνεται αναφορά στα αντίστοιχα δείγματα με αιθέριο έλαιο μάραθου.

a) Μετρήσεις σκληρότητας

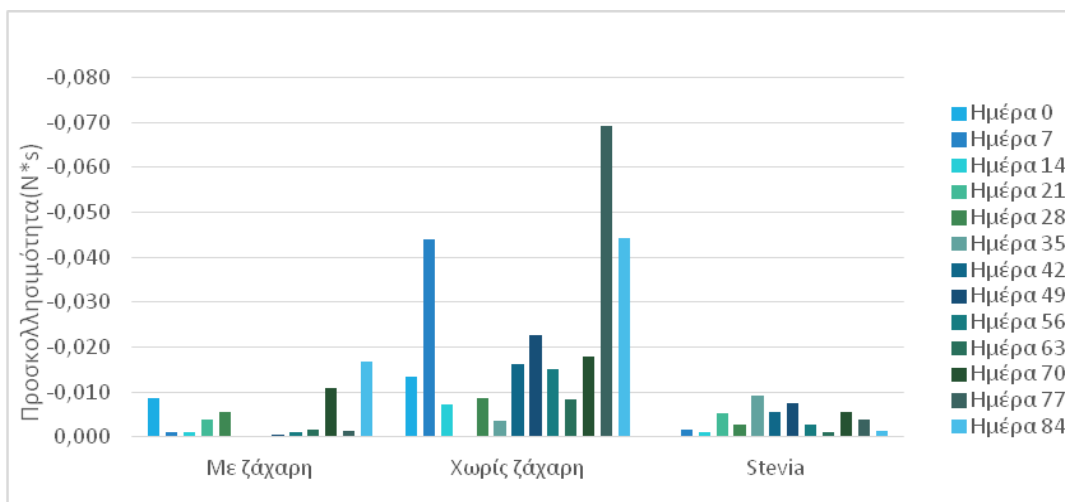
Στο Διάγραμμα 27 παρουσιάζεται η μεταβολή της σκληρότητας των δειγμάτων τσίγλας με σακχαρόζη, με σορβιτόλη (χωρίς σακχαρόζη) και με γλυκοζίτες στεβιόλης κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Παρατηρείται πως η σκληρότητα των δειγμάτων με γλυκοζίτες στεβιόλης παρουσιάζουν παρόμοια συμπεριφορά με τα δείγματα με σορβιτόλη (χωρίς σακχαρόζη). Μόνο που η μέγιστη τιμή δεν είναι ξεχωρίζει με την ίδια ένταση και εν γένει οι τιμές της παραμένουν πρακτικά σταθερές για μεγάλο διάστημα. Η τελική τιμή, μετά την πάροδο 3 μηνών αποθήκευσης είναι ίδια με την τιμή των δειγμάτων με σορβιτόλη (χωρίς σακχαρόζη). Αυτή η συμπεριφορά είναι απόλυτα δικαιολογημένη εφόσον η επικρατούσα συνταγή για τις τσίγλες με γλυκοζίτες στεβιόλης βασίστηκε στην συνταγή των δειγμάτων με σορβιτόλη (χωρίς σακχαρόζη) και περιέχει σορβιτόλη σε μορφή σκόνης. Σύμφωνα και με τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων η σκληρότητα των προϊόντων δεν επηρεάζεται σημαντικά από την πάροδο του χρόνου και το είδος του γλυκαντικού.



Διάγραμμα 27 Μεταβολή σκληρότητας δειγμάτων τσίγλας με σακχαρόζη, με σορβιτόλη (χωρίς σακχαρόζη) και με γλυκοζίτες στεβιόλης κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος

b) Μετρήσεις Προσκολλησιμότητας

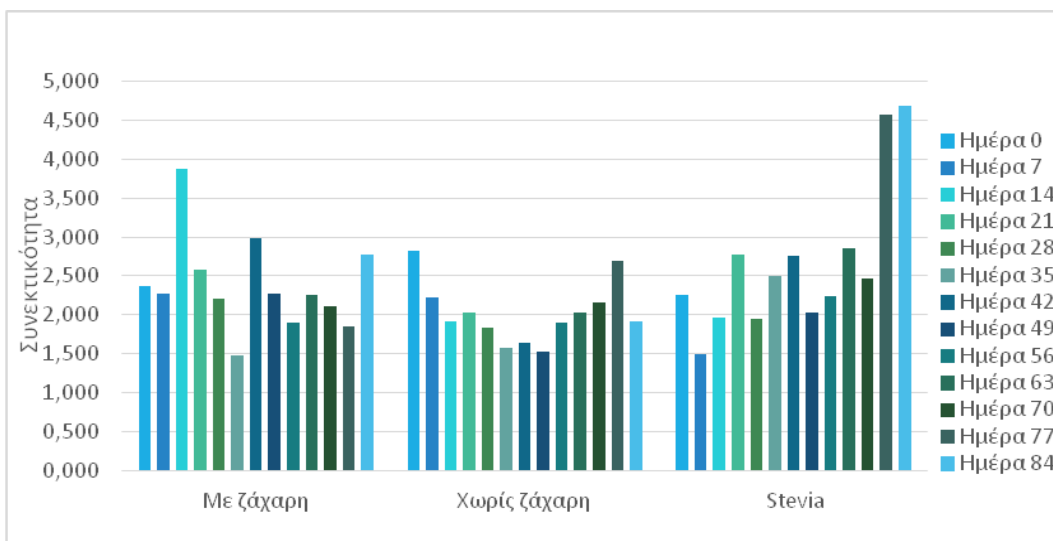
Στο Διάγραμμα 28 παρουσιάζεται η μεταβολή της προσκολλησιμότητας των δειγμάτων τσίγλας με σακχαρόζη, με σορβιτόλη (χωρίς σακχαρόζη) και με γλυκοζίτες στεβιόλης κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Παρατηρείται πως τα δείγματα με γλυκοζίτες στεβιόλης παρουσιάζουν κολλώδη συμπεριφορά, κολλούν στο στέλεχος του αναλυτή υφής, αλλά όχι στην ίδια ένταση με τα δείγματα με σορβιτόλη (χωρίς σακχαρόζη).



Διάγραμμα 28 Μεταβολή προσκολλησιμότητας δειγμάτων τσίγλας με σακχαρόζη, με σορβιτόλη (χωρίς σακχαρόζη) και με γλυκοζίτες στεβιόλης κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος

c) Μετρήσεις Συνεκτικότητας

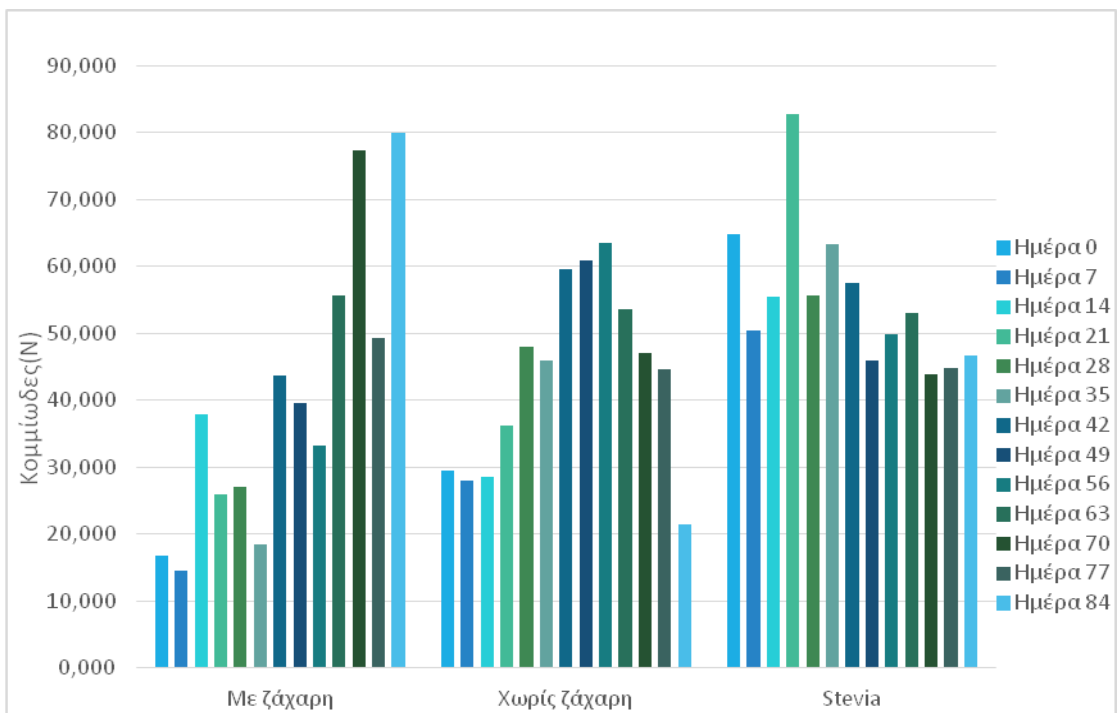
Στο Διάγραμμα 29 παρουσιάζεται η μεταβολή της συνεκτικότητας των δειγμάτων τσίχλας με σακχαρόζη, με σορβιτόλη (χωρίς σακχαρόζη) και με γλυκοζίτες στεβιόλης κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Παρατηρείται πως τα δείγματα με γλυκοζίτες στεβιόλης παρουσιάζουν τη μέγιστη τιμή συνεκτικότητας τις δύο τελευταίες εβδομάδες αποθήκευσης.



Διάγραμμα 29 Μεταβολή συνεκτικότητας δειγμάτων τσίχλας με σακχαρόζη, με σορβιτόλη (χωρίς σακχαρόζη) και με γλυκοζίτες στεβιόλης κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος

d) Μετρήσεις Κομμιώδους

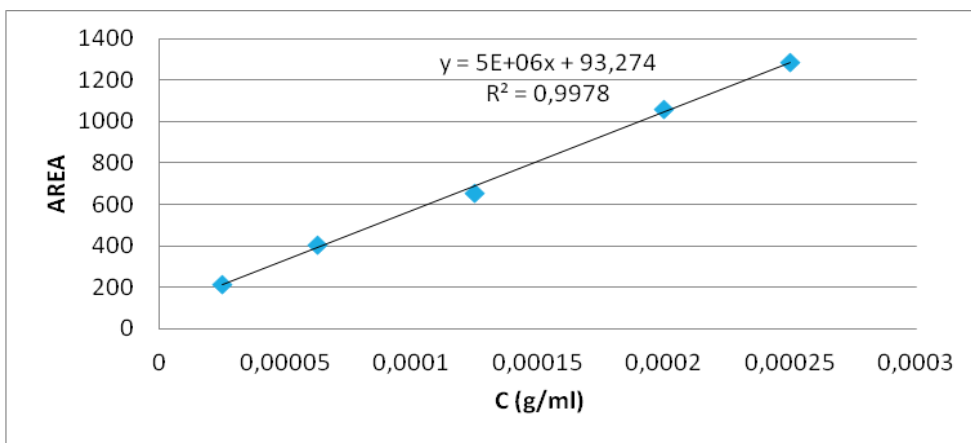
Στο Διάγραμμα 30 παρουσιάζεται η μεταβολή του κομμιώδους των δειγμάτων τσίχλας με σακχαρόζη, με σορβιτόλη (χωρίς σακχαρόζη) και με γλυκοζίτες στεβιόλης κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Παρατηρείται πως τα δείγματα με γλυκοζίτες στεβιόλης απαιτούν μεγαλύτερη δύναμη για τη μύσηση από τις τσίχλες χωρίς σακχαρόζη.



Διάγραμμα 30 Μεταβολή κομμιάδους δειγμάτων τσίγλας με σακχαρόζη, με σορβιτόλη (χωρίς σακχαρόζη) και με γλυκοζίτες στεβιόλης κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος

ε) Προσδιορισμός σακχάρων (γλυκοζιτών στεβιόλης)

Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 31 από ανάλυση πρότυπου διαλύματος γλυκοζιτών στεβιόλης με HPLC έχει κατασκευασθεί καμπύλη αναφοράς με $R^2=0.9978$, στην οποία στηρίχθηκε και ο προσδιορισμός των γλυκοζιτών στεβιόλης στα δείγματα σιέλου των δοκιμαστών.



Διάγραμμα 31 Πρότυπη εργαστηριακή καμπύλη αναφοράς για προσδιορισμό γλυκοζιτών στεβιόλης με ανάλυση HPLC

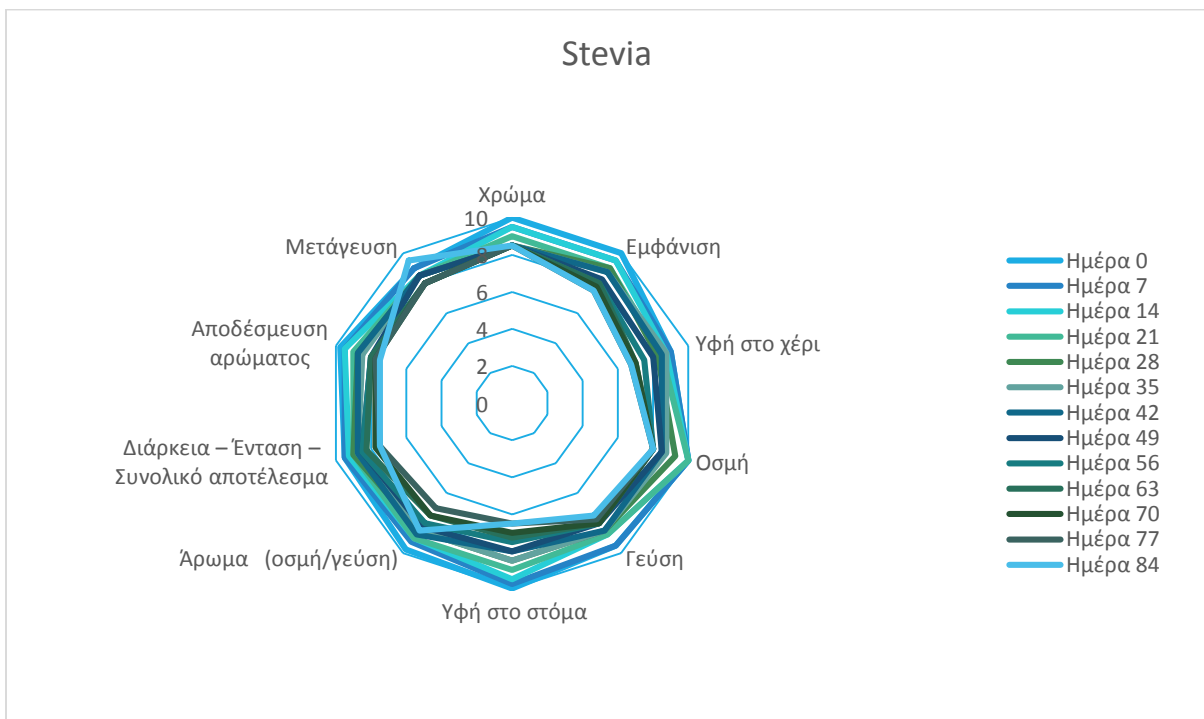
Οι τέσσερις δοκιμαστές επανέλαβαν 2 φορές τη διαδικασία και στον Πίνακα 8 παρουσιάζονται ο μέσος όρος της υπολογιζόμενης συγκέντρωσης γλυκοζιτών στεβιόλης στο σίελο.

Πίνακας 11 Συγκέντρωση γλυκοζιτών στεβιόλης(g/mL σιέλου)

	Συγκέντρωση γλυκοζιτών στεβιόλης (g/mL σιέλου)
Δοκιμαστής Α	0,000042
Δοκιμαστής Β	0,000032
Δοκιμαστής Γ	0,000027
Δοκιμαστής Δ	0,000030

f) Οργανοληπτική Αξιολόγηση

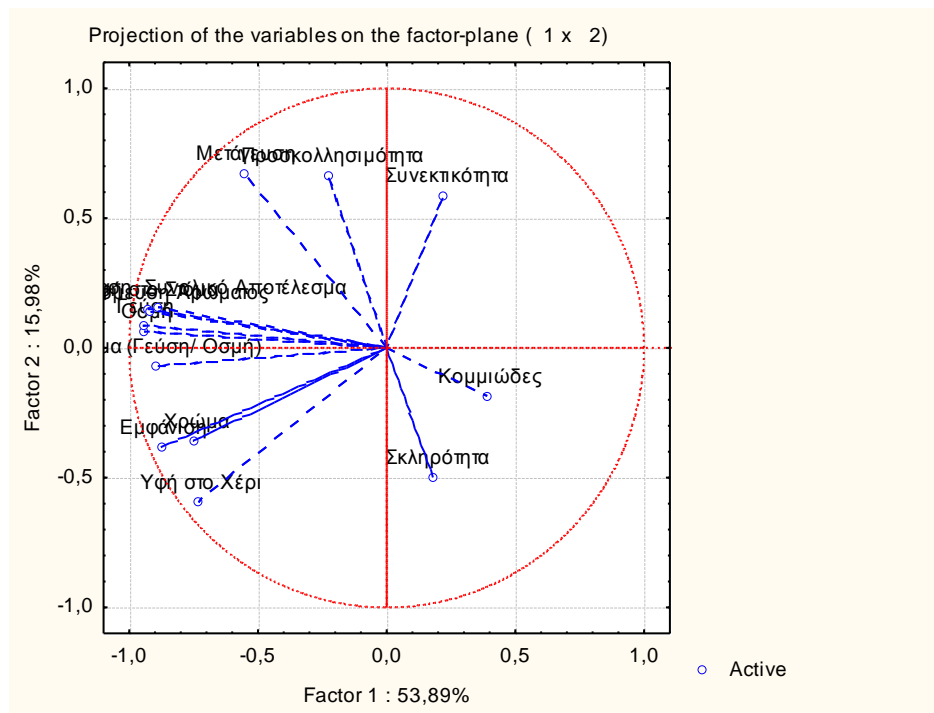
Στο Διάγραμμα 32 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής εξέτασης των δειγμάτων με γλυκοζίτες στεβιόλης καθόλη τη διάρκεια αποθήκευσής τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Να σημειωθεί πως τα χαρακτηριστικά βαθμολογούνται στην κλίμακα 1-10 με την τιμή 5 ως «κατώφλι» αποδοχής.



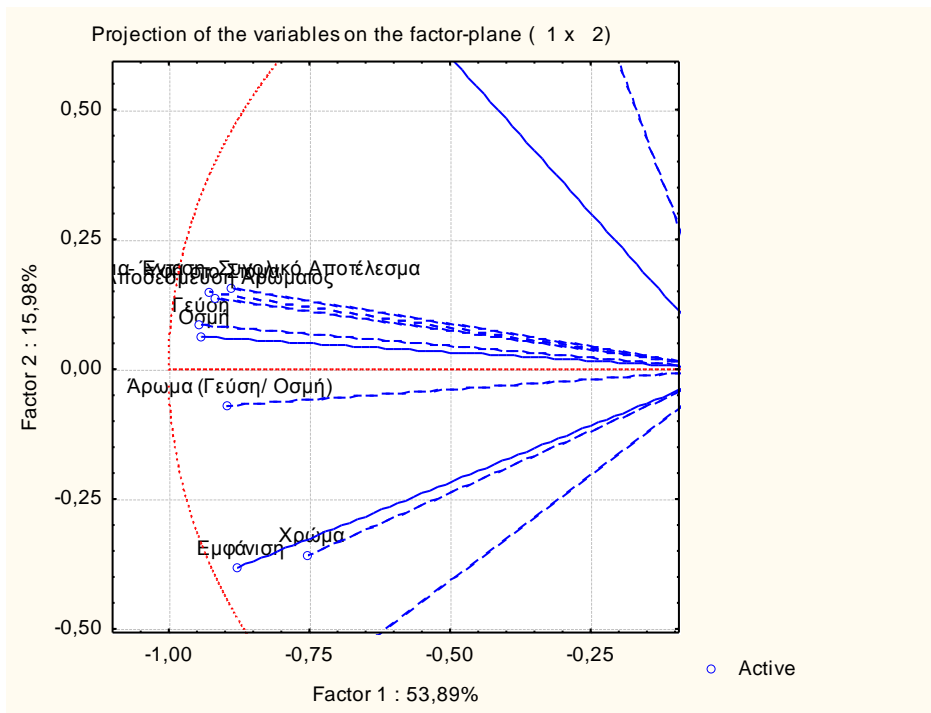
Διάγραμμα 32: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίχλας με γλυκοζίτες στεβιόλης και αιθέριο έλαιο λεμονιού κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος

g) Ανάλυση συσχέτισης

Πραγματοποιήθηκε ανάλυση κύριων συνιστωσών (PCA) για τα δείγματα του Πειράματος 2. Στο Διάγραμμα 33 και στο διάγραμμα 34 παρουσιάζεται Ανάλυση συσχέτισης των μελετώμενων μεταβλητών για τα δείγματα του Πειράματος 2 φαίνεται η συσχέτιση των μεταβλητών που μελετήθηκαν. Επαναλαμβάνεται πως οι μεταβλητές που μελετήθηκαν χωρίζονται στις αντικειμενικές (σκληρότητα, προσκολλησιμότητα, συνεκτικότητα, κομμιώδες) και στις οργανοληπτικές (χρώμα, εμφάνιση, υφή στο χέρι, επίταση, ομοιομορφία). Όπως είναι εμφανές από το Διάγραμμα 33, όλα τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά επιδρούν σημαντικά στην πρώτη κύρια συνιστώσα του πειράματος (53,89%) ενώ η προσκολλησιμότητα και η συνεκτικότητα επηρεάζουν την δεύτερη κύρια συνιστώσα του πειράματος (15,98%). Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά φαίνονται να συσχετίζονται όλα μεταξύ τους, εκτός από τη μετάγευση.

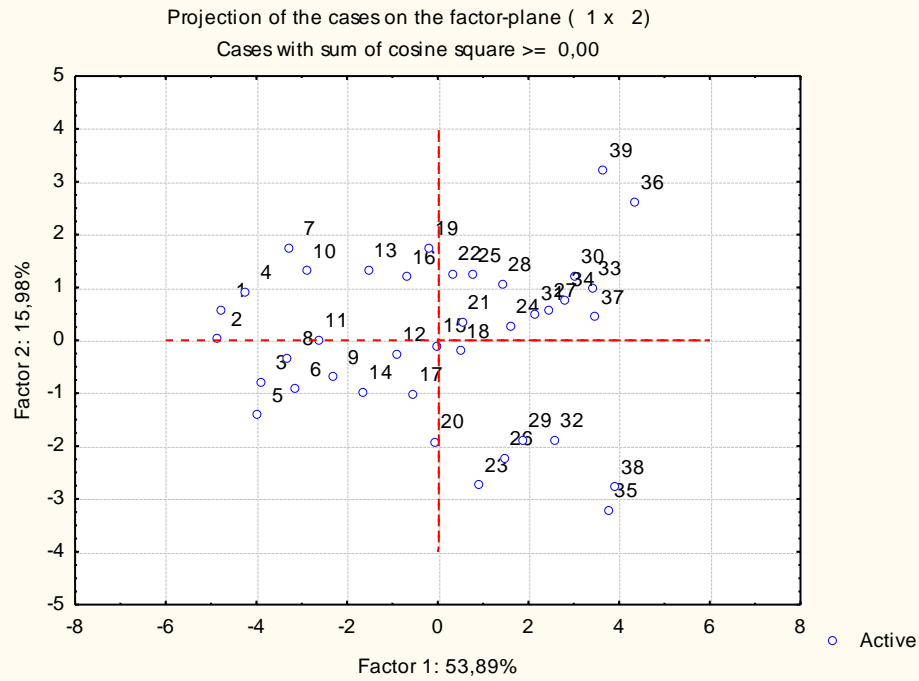


Διάγραμμα 33: Ανάλυση συσχέτισης των μελετώμενων μεταβλητών για τα δείγματα του δεύτερου σκέλους της 1^{ης} σειράς Πειραμάτων

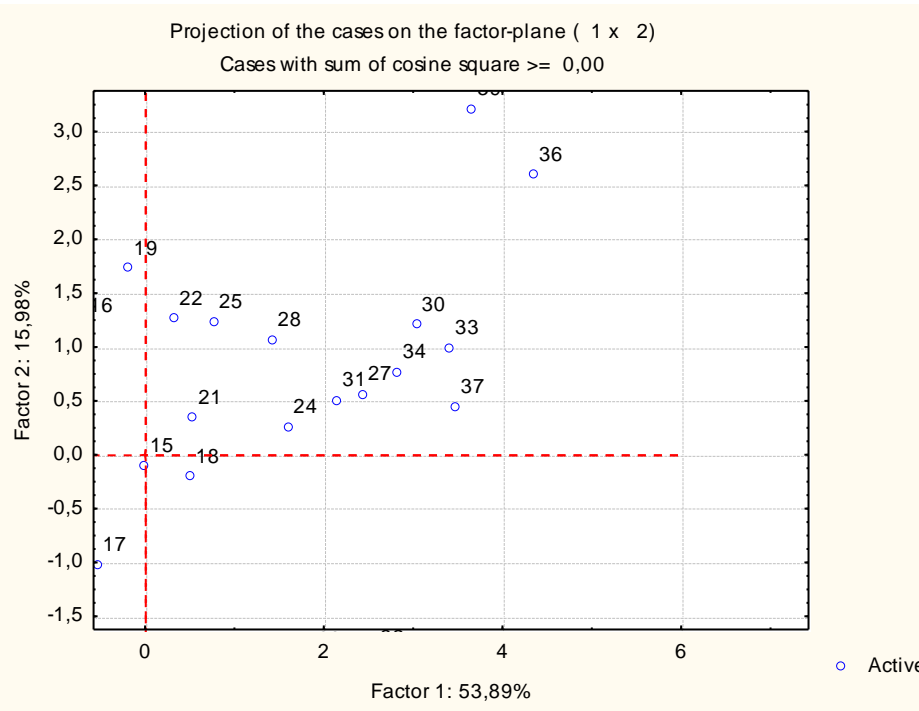


Διάγραμμα 34: Μεγέθυνση του δευτέρου τεταρτημορίου του Διαγράμματος 33

Στο Διάγραμμα 35 παρουσιάζεται η συσχέτιση των δειγμάτων, ενώ στο Διάγραμμα 36 φαίνεται τμήματα σε μεγέθυνση για καλύτερη κατανόηση. Οι ομάδες που φαίνεται να σχηματίζονται αφορούν κυρίως την υφή, καθώς τα κοινά στοιχεία των δειγμάτων αφορούν την υφή τους που καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τη φύση του γλυκαντικού αλλά και την οργανοληπτική αξιολόγησή του. Μία ομάδα αποτελούν τα σημεία 24,27,30,33 (πρώτο τεταρτημόριο), τα οποία αντιστοιχούν σε δείγματα με γλυκοζίτες της στεβιόλης σε διαφορετικές ημέρες μέτρησης. Μία άλλη ομάδα σχηματίζεται από τα σημεία 23,26,29,32,35,38 (πρώτο τεταρτημόριο) τα οποία αντιστοιχούν σε δείγματα τσίχλας χωρίς σακχαρόζη στις διάφορες ημέρες μετρήσεων.



Διάγραμμα 35: Ανάλυση συσχέτισης των δειγμάτων

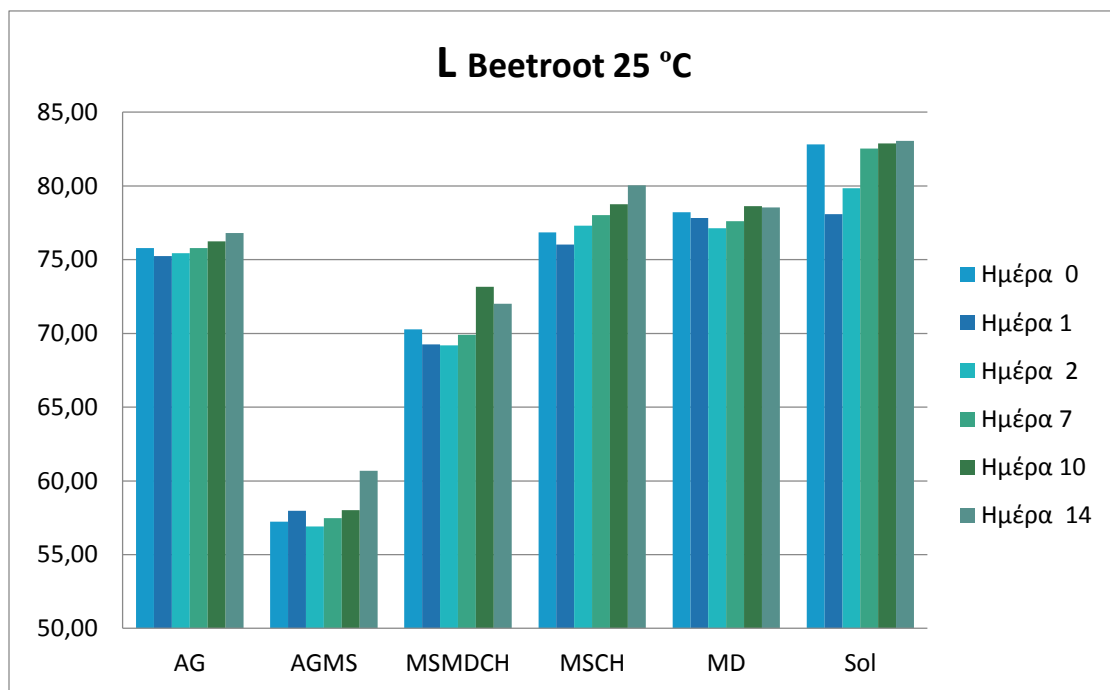


Διάγραμμα 36: Μεγέθυνση του τμήματος (0-6,-1-3)

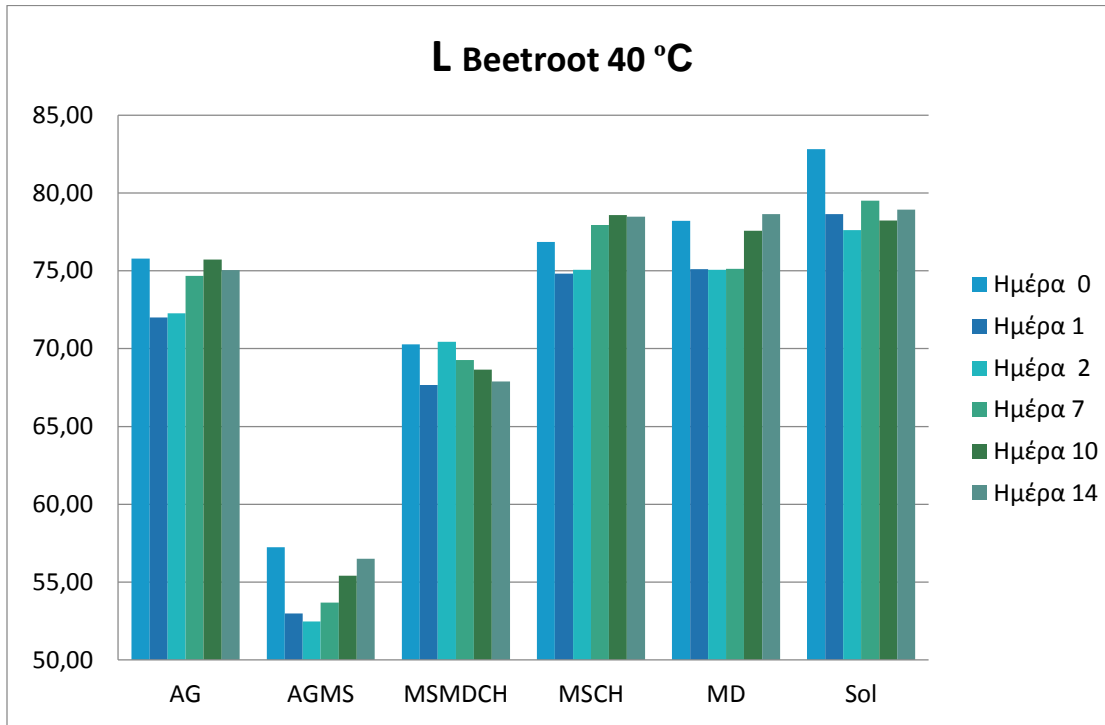
5.3 Αποτελέσματα 2^{ης} σειράς Πειραμάτων: Επίδραση φυσικών χρωστικών στα αντικειμενικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά της τσίχλας

a) Μετρήσεις Χρώματος

Στα διαγράμματα, Διάγραμμα 37 και Διάγραμμα 38 παρουσιάζεται η μεταβολή της φωτεινότητας των δειγμάτων τσίχλας με εκχύλισμα χρωστικής από παντζάρι κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και ακραία θερμοκρασία αντίστοιχα. Παρατηρείται ότι η σειρά με φορέα εγκλεισμού αραβικό κόμμι και τροποποιημένο άμυλο (AG-MS) δίνει τα πιο σκούρα δείγματα, με σημαντική διαφοροποίηση από τις άλλες σειρές ενώ τα δείγματα που προστέθηκε ατόφιο το εκχύλισμα παντζαριού δίνουν τις μεγαλύτερες τιμές φωτεινότητας. Όσον αφορά στη μεταβολή του παράγοντα φωτεινότητας L κατά τη αποθήκευσή των δειγμάτων σε ακραία θερμοκρασία είναι εμφανές ότι η τιμή μειώνεται αλλά όχι σημαντικά, εκτός από τα δείγματα με φορέα αραβικό κόμμι και τροποποιημένο άμυλο (AG-MS). Έπειτα από στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων προκύπτει πως μόνο ο χρόνος δεν επηρεάζει σημαντικά τη μεταβολή του παράγοντα φωτεινότητας.

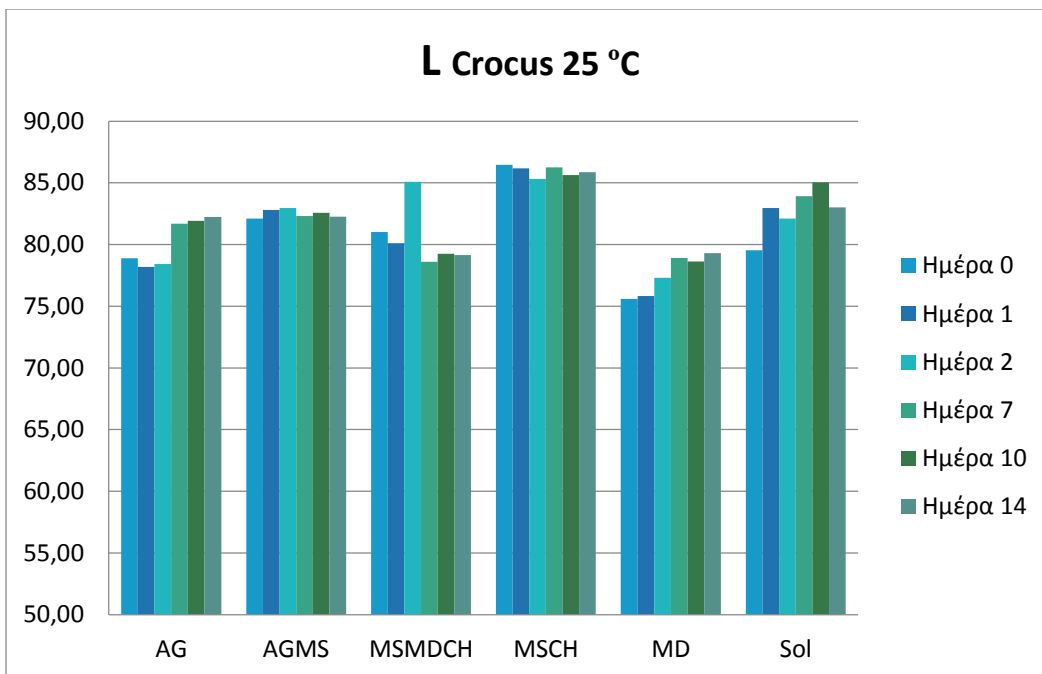


Διάγραμμα 37: Μεταβολή παράγοντα φωτεινότητας L για τα δείγματα τσίχλας με εκχύλισμα παντζαριού κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος

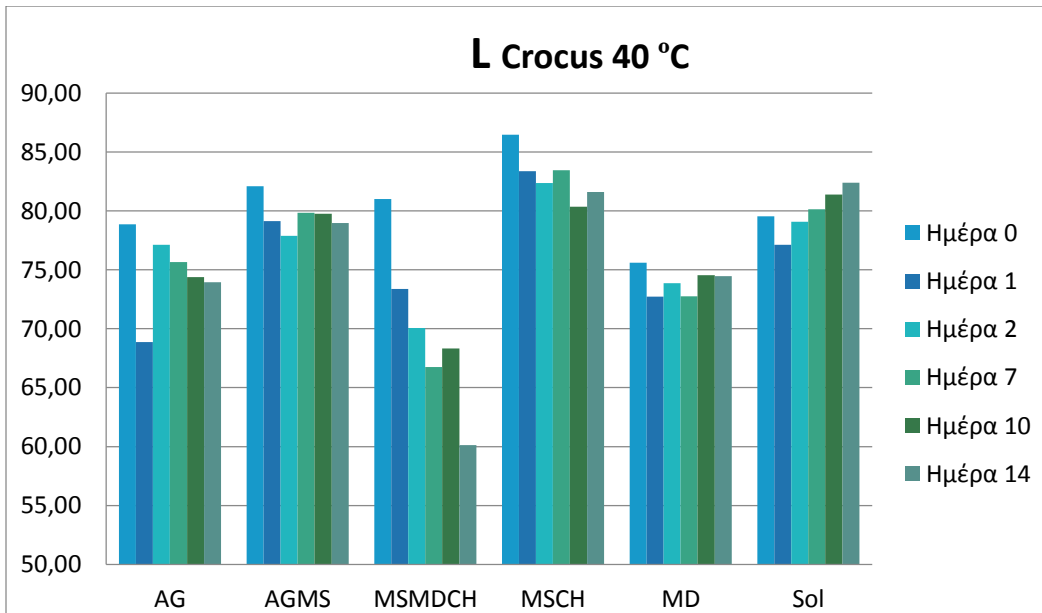


Διάγραμμα 38: Μεταβολή παράγοντα φωτεινότητας L για τα δείγματα τσίχλας με εκχύλισμα παντζαριού κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία

Στα διαγράμματα, Διάγραμμα 39 και Διάγραμμα 40 παρουσιάζεται η μεταβολή της φωτεινότητας των δειγμάτων τσίχλας με εκχύλισμα χρωστικής από κρόκο Κοζάνης κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και ακραία θερμοκρασία αντίστοιχα. Παρατηρείται ότι η σειρά με φορέα εγκλεισμού χιτοζάνη και τροποποιημένο άμυλο (MS-CH) δίνει τα πιο φωτεινά δείγματα, με σημαντική διαφοροποίηση από τις άλλες σειρές ιδίως από αυτή με φορέα μαλτοδεξτρίνη (MD). Όσον αφορά στη μεταβολή του παράγοντα φωτεινότητας L κατά τη αποθήκευσή των δειγμάτων σε ακραία θερμοκρασία είναι εμφανές ότι η τιμή μειώνεται για όλους τους φορείς, με τη μεγαλύτερη διαφοροποίηση να εμφανίζεται για το μίγμα φορέων τροποποιημένο άμυλο, μαλτοδεξτρίνη και χιτοζάνη (MS-MD-CH). Έπειτα από στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων προκύπτει πως μόνο ο χρόνος δεν επηρεάζει σημαντικά τη μεταβολή του παράγοντα φωτεινότητας.



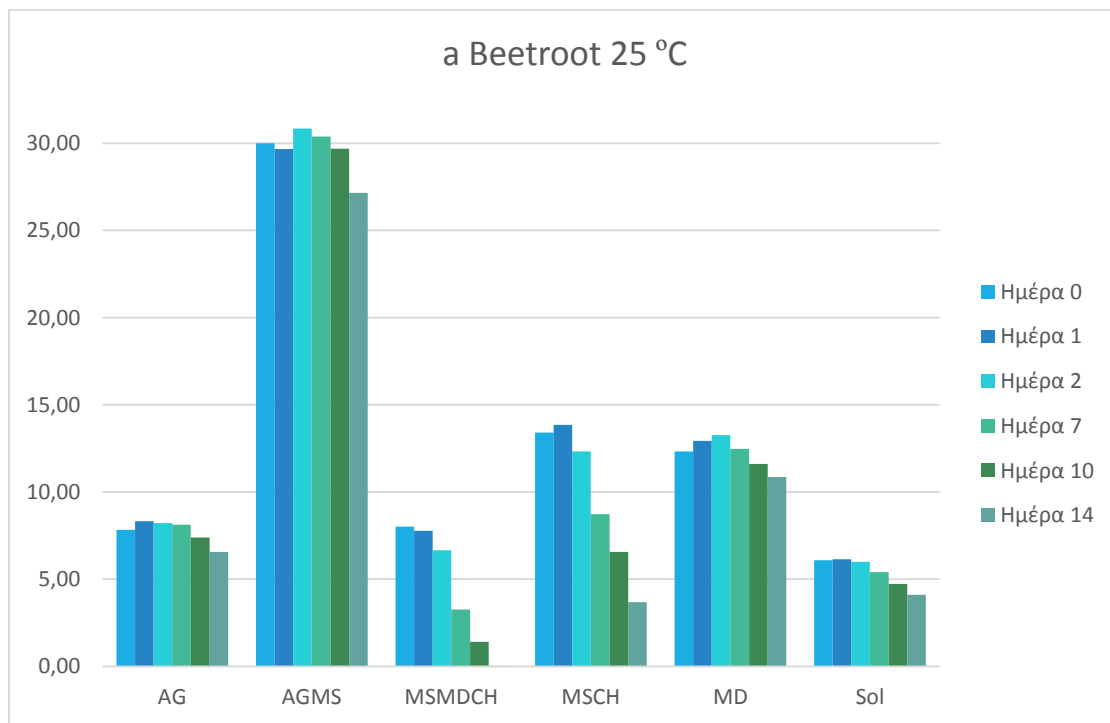
Διάγραμμα 39: Μεταβολή παράγοντα φωτεινότητας L για τα δείγματα τσίγλας με εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος



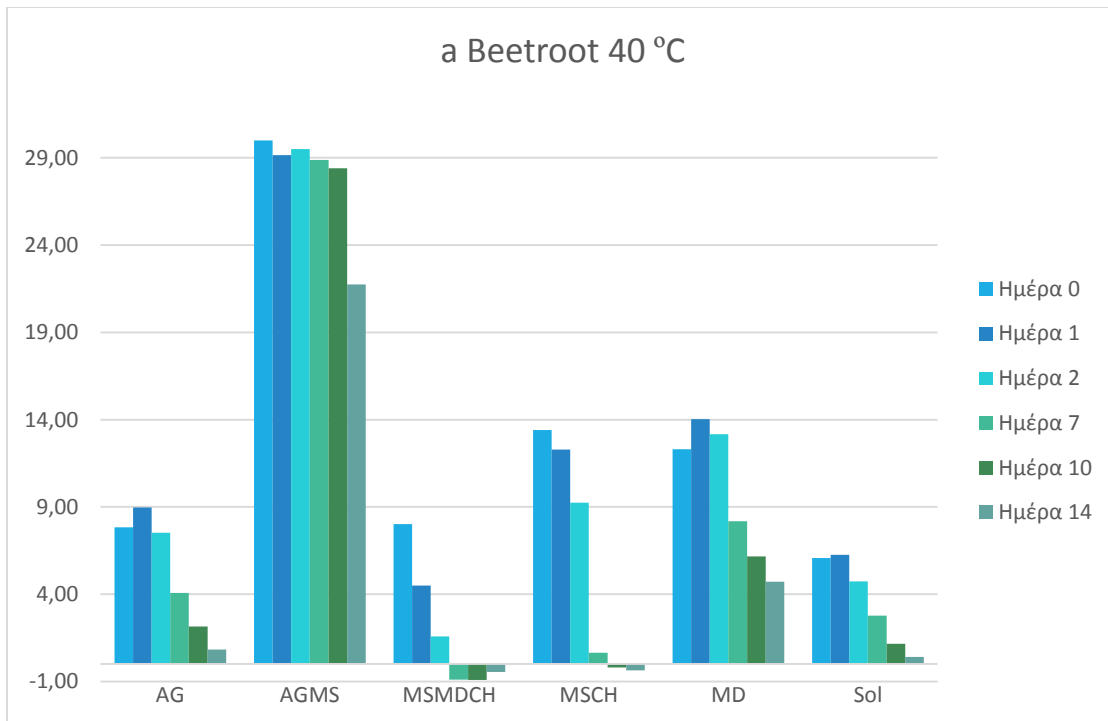
Διάγραμμα 40: Μεταβολή παράγοντα φωτεινότητας L για τα δείγματα τσίγλας με εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία

Στα διαγράμματα, Διάγραμμα 41 και Διάγραμμα 42 παρουσιάζεται η μεταβολή του παράγοντα a (ένδειξη ύπαρξης του κόκκινου χρώματος) των δειγμάτων τσίγλας με

εκχύλισμα χρωστικής από παντζάρι κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και ακραία θερμοκρασία αντίστοιχα. Παρατηρείται ότι η σειρά με φορέα αραβικό κόμμι και τροποποιημένο άμυλο (AG-MS) δίνει τις υψηλότερες τιμές, έντονο κόκκινο χρώμα, ακολουθούν η σειρά με φορέα μαλτοδεξτρίνη (MD) και με φορέα τροποποιημένο άμυλο και χιτοζάνη (MS-CH). Στον ίδιο φορέα ωστόσο, τροποποιημένο άμυλο και χιτοζάνη (MS-CH) κατά την παραμονή σε θερμοκρασία 40 °C σημειώνεται σημαντική υποβάθμιση του κόκκινου χρώματος, όπως και στο μίγμα φορέων τροποποιημένο άμυλο, μαλτοδεξτρίνη και χιτοζάνη (MS-MD-CH). Μόνο, τα δείγματα τσίγλας με φορέα χρωστικών μαλτοδεξτρίνης (MD) και αραβικό κόμμι με τροποποιημένο άμυλο (AG-MS), διατήρησαν σε παρόμοια επίπεδα τον συντελεστή α με τα δείγματα που παρέμειναν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Κατά τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων προκύπτει ότι το είδος του φορέα εγκλεισμού διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην τιμή του παράγοντα α (κόκκινο χρώμα).

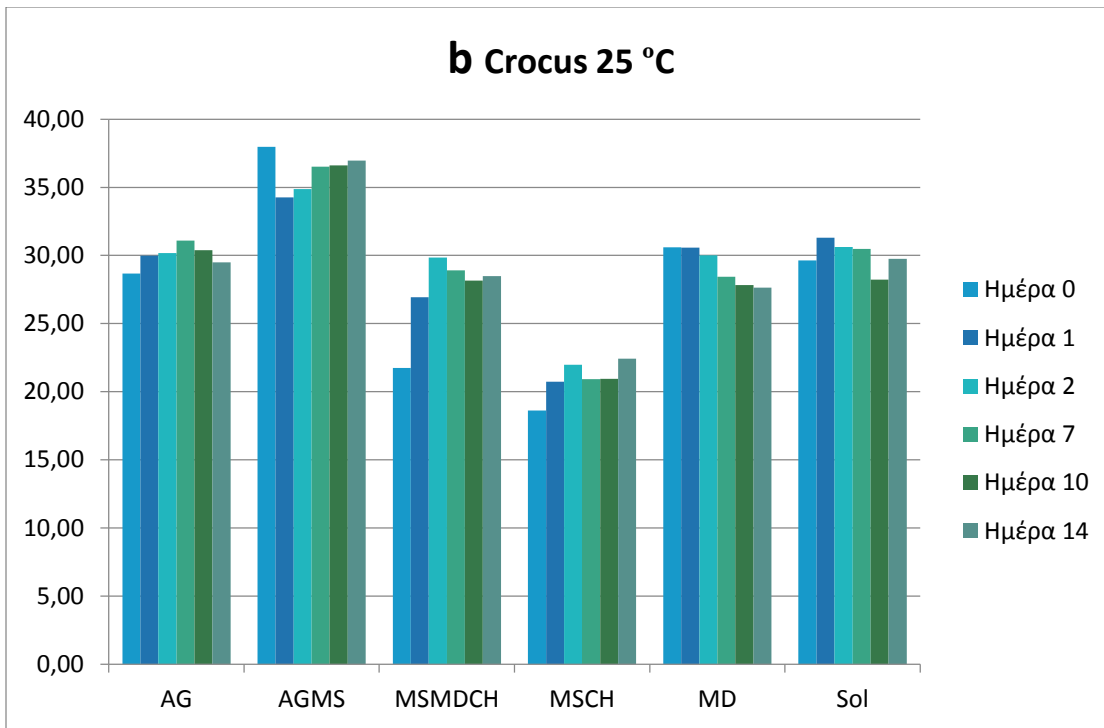


Διάγραμμα 41: Μεταβολή παράγοντα α για τα δείγματα τσίγλας με εκχύλισμα παντζαριού κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος

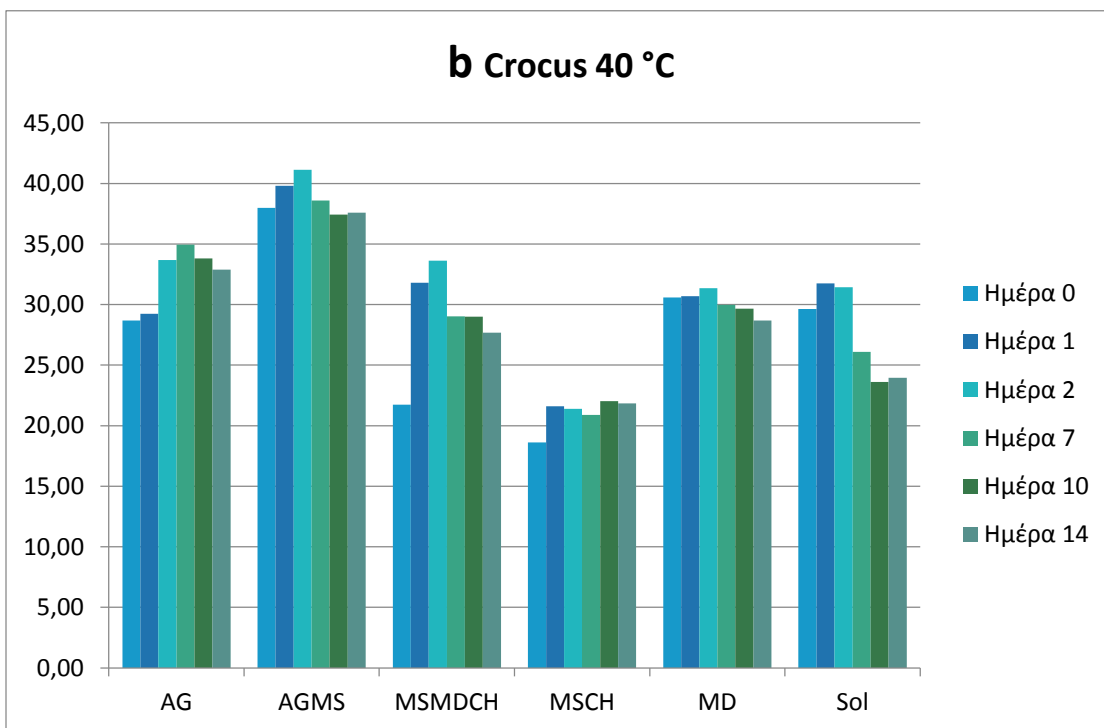


Διάγραμμα 42: Μεταβολή παράγοντα a για τα δείγματα τσίγλας με εκχύλισμα παντζαριού κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία

Στα διαγράμματα, Διάγραμμα 43 και Διάγραμμα 44 παρουσιάζεται η μεταβολή του παράγοντα b (ένδειξη ύπαρξης του κίτρινου χρώματος) των δειγμάτων τσίγλας με εκχύλισμα χρωστικής από κρόκο Κοζάνης κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και ακραία θερμοκρασία αντίστοιχα. Παρατηρείται ότι η σειρά με φορέα αραβικό κόμμι και τροποποιημένο άμυλο (AG-MS) δίνει τις υψηλότερες τιμές, έντονο κίτρινο χρώμα και ακολουθεί η σειρά με φορέα μαλτοδεξτρίνη (MD). Αναφορικά με τα δείγματα τσίγλας που αποθηκεύτηκαν σε ακραία θερμοκρασία παρατηρείται ότι όλα διατήρησαν την κίτρινη απόχρωσή τους ανεξάρτητα του φορέα, με τους φορείς μαλτοδεξτρίνη (MD) και αραβικό κόμμι με τροποποιημένο άμυλο (AG-MS) να δίνουν τις υψηλότερες τιμές και τη μικρότερη μεταβολή από τα δείγματα που παρέμειναν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Όπως ήταν αναμενόμενο το είδος του φορέα έχει καθοριστικό ρόλο και στον παράγοντα b (κίτρινο χρώμα) ο οποίος επηρεάζεται και από την πάροδο του χρόνου.

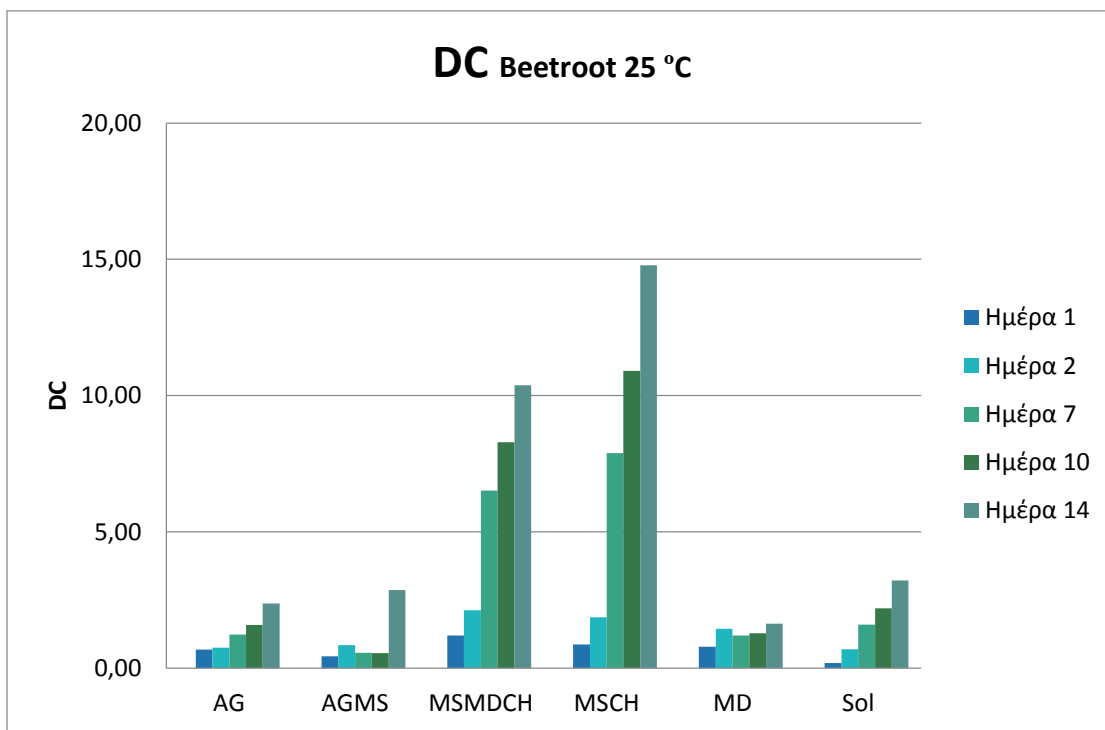


Διάγραμμα 43: Μεταβολή παράγοντα *b* για τα δείγματα τσίγλας με εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος

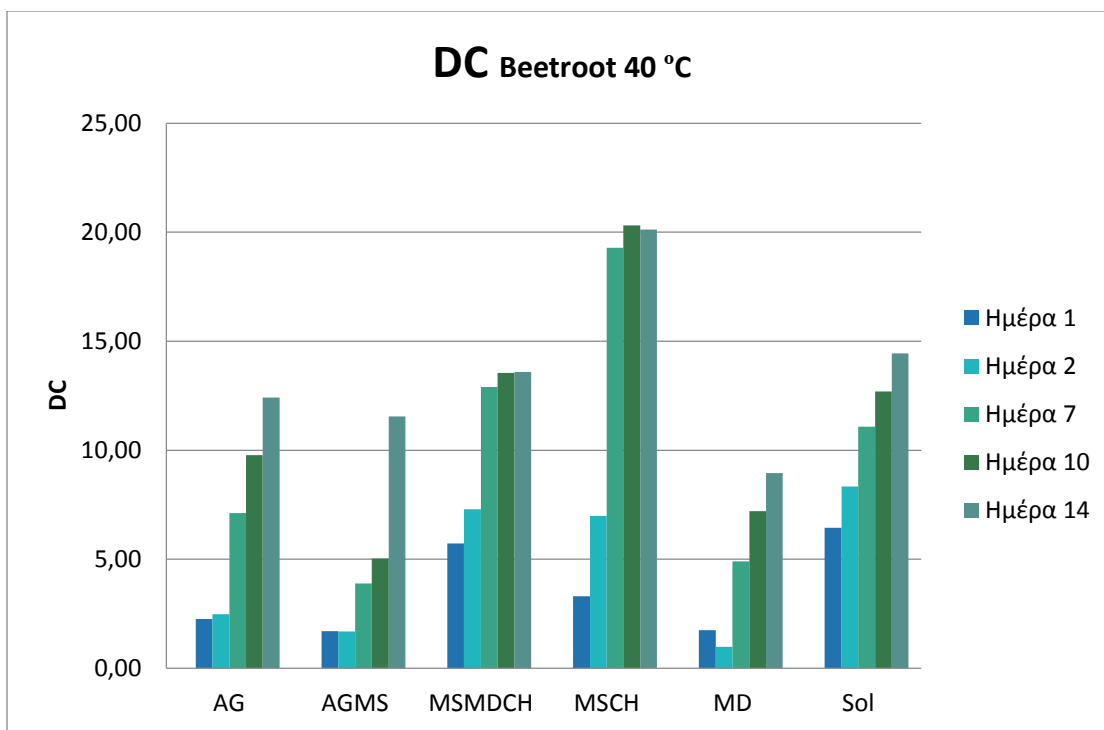


Διάγραμμα 44: Μεταβολή παράγοντα *b* για τα δείγματα τσίγλας με εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία

Στα διαγράμματα, Διάγραμμα 45 και Διάγραμμα 46 παρουσιάζεται η μεταβολή του συνολικού χρώματος DC όπως έχει υπολογιστεί από την Εξίσωση 2 των δειγμάτων τσίχλας με εκχύλισμα χρωστικής από παντζάρι κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και ακραία θερμοκρασία αντίστοιχα. Όπως ήταν αναμενόμενο και από τις προηγούμενες παρατηρήσεις, οι σειρές δειγμάτων που εμφανίζουν την μεγαλύτερη χρωματική μεταβολή- αλλοίωση είναι αυτά με φορέα το μίγμα τροποποιημένο άμυλο, μαλτοδεξτρίνη, χιτοζάνη (MS-MD-CH) και τροποποιημένου αμύλου- χιτοζάνης (MS-CH). Τα δείγματα με μαλτοδεξτρίνη (MD) παρουσιάζουν τη μικρότερη αλλοίωση για κάθε μέτρηση και στις δύο διαφορετικές θερμοκρασίες αποθήκευσής. Το χρώμα των δειγμάτων που αποθηκεύτηκαν στην ακραία θερμοκρασία μεταβλήθηκε σε πιο σύντομο χρονικό διάστημα, συγκρινόμενο με το χρώμα των δειγμάτων σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η μεταβολή του συνολικού χρώματος επηρεάζεται σημαντικά από όλους τους παράγοντες.

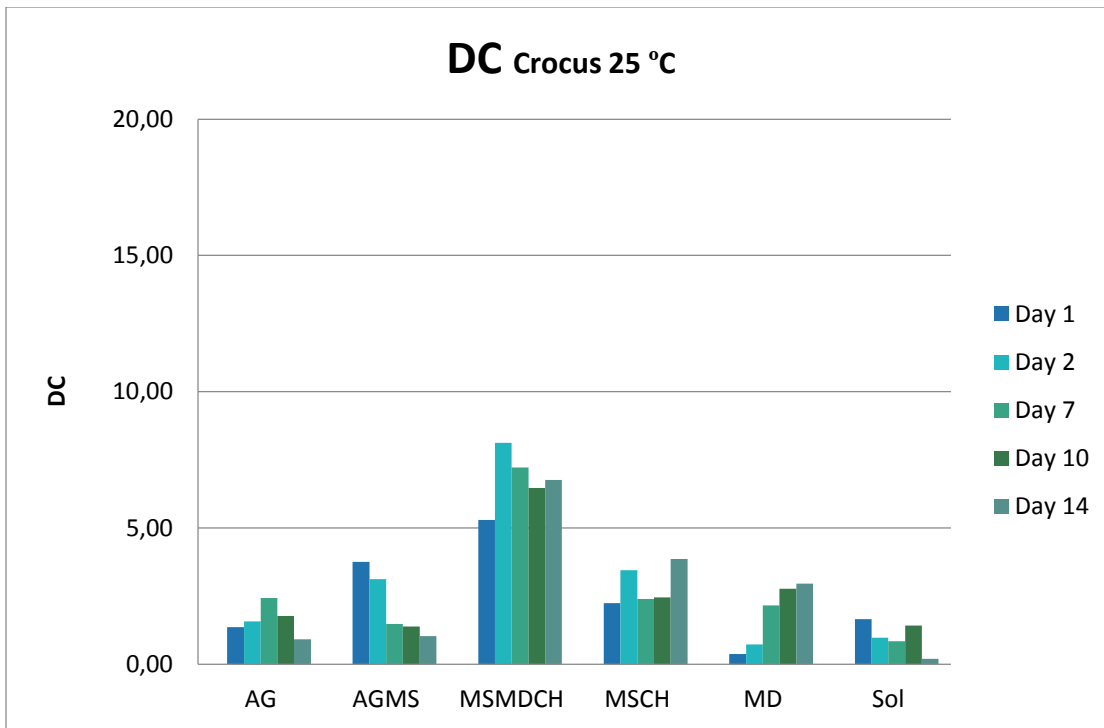


Διάγραμμα 45: Μεταβολή συνολικού χρώματος για τα δείγματα τσίχλας με εκχύλισμα από παντζάρι κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος

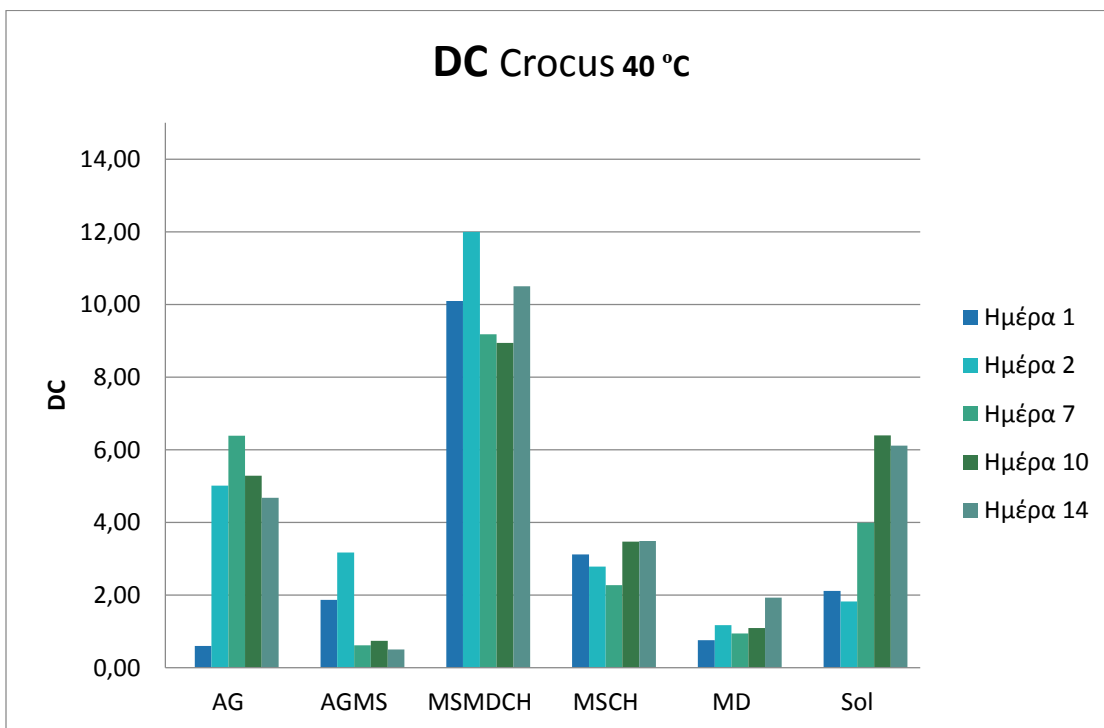


Διάγραμμα 46: Μεταβολή συνολικού χρώματος για τα δείγματα τσίγλας με εκχύλισμα από παντζάρι κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία

Στα διαγράμματα, Διάγραμμα 47 και Διάγραμμα 48 παρουσιάζεται η μεταβολή του συνολικού χρώματος DC όπως έχει υπολογιστεί από την Εξίσωση 2 των δειγμάτων τσίγλας με εκχύλισμα χρωστικής από κρόκο Κοζάνης κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και ακραία θερμοκρασία αντίστοιχα. Όπως ήταν αναμενόμενο και από τις προηγούμενες παρατηρήσεις, οι σειρές δειγμάτων που εμφανίζουν την μεγαλύτερη χρωματική μεταβολή- αλλοίωση είναι αυτά με φορέα το μίγμα τροποποιημένο άμυλο, μαλτοδεξτρίνη, χιτοζάνη (MS-MD-CH). Τα δείγματα με μαλτοδεξτρίνη παρουσιάζουν τη μικρότερη αλλοίωση για κάθε μέτρηση και στις δύο διαφορετικές θερμοκρασίες αποθήκευσης. Το χρώμα των δειγμάτων που αποθηκεύτηκαν στην ακραία θερμοκρασία μεταβλήθηκε σε πιο σύντομο χρονικό διάστημα, συγκρινόμενο με το χρώμα των δειγμάτων σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.



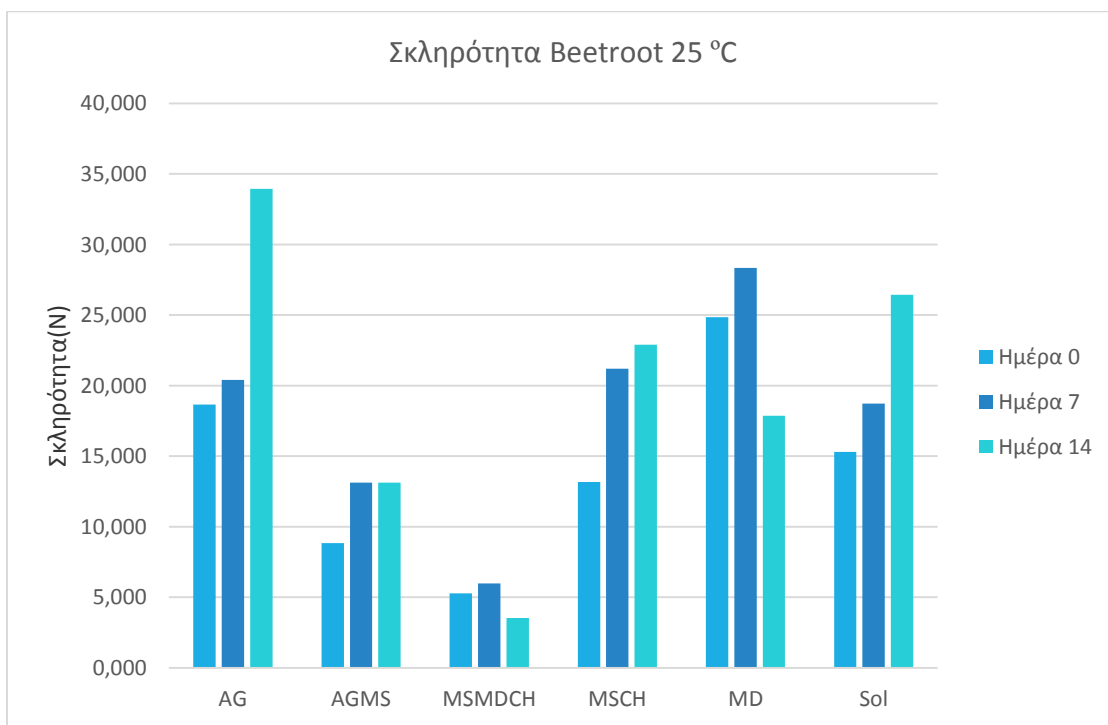
Διάγραμμα 47: Μεταβολή συνολικού χρώματος για τα δείγματα τσίγλας με εκχύλισμα από κρόκο Κοζάνης κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος



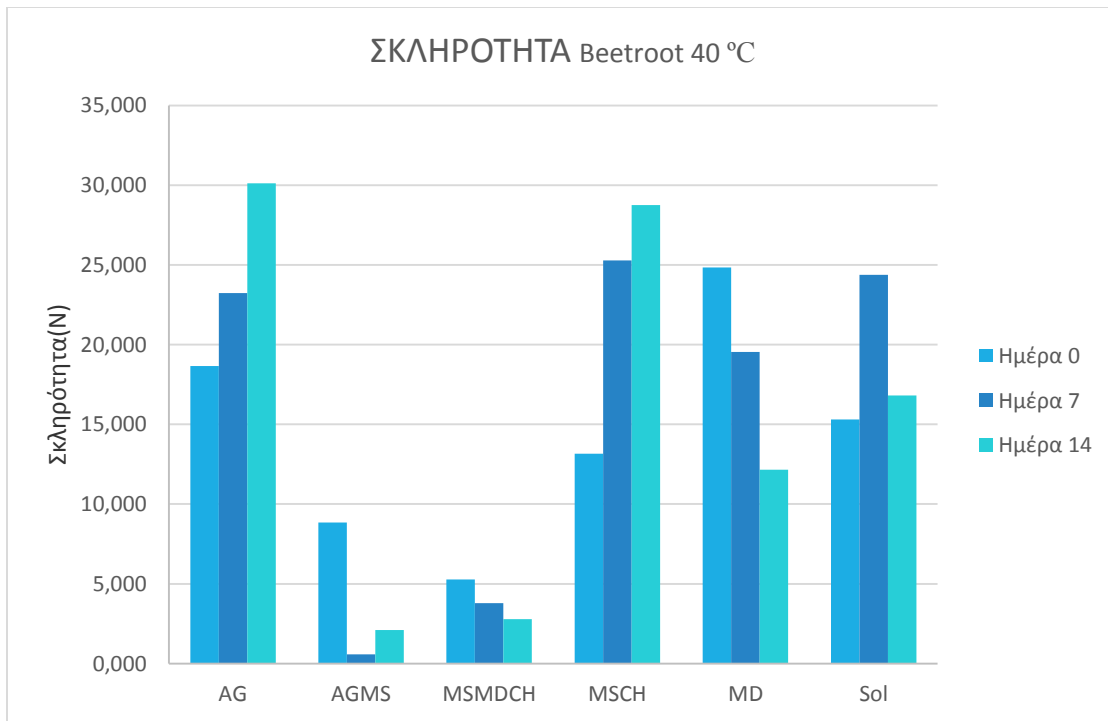
Διάγραμμα 48: Μεταβολή συνολικού χρώματος για τα δείγματα τσίγλας με εκχύλισμα από κρόκο Κοζάνης κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία

b) Μετρήσεις Σκληρότητας

Στα διαγράμματα, Διάγραμμα 49 και Διάγραμμα 50 παρουσιάζεται η μεταβολή της σκληρότητας των δειγμάτων τσίγλας με εκχύλισμα χρωστικής από παντζάρι κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και ακραία θερμοκρασία αντίστοιχα. Παρατηρείται πως οι τιμές της σκληρότητας των δειγμάτων διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ανάλογα το φορέα εγκλεισμού της χρωστικής, αξιοσημείωτο είναι ότι τα δείγματα με φορέα εγκλεισμού το μίγμα τροποποιημένο άμυλο, μαλτοδεξτρίνη, χιτοζάνη (MS-MD-CH) παρουσίασαν αρκετά χαμηλή τιμή σκληρότητας κάτι που δε παρατηρήθηκε στα δείγματα που χρησιμοποιήθηκε αποκλειστικά μαλτοδεξτρίνη (MD) ή σε αυτά με το συνδυασμό τροποποιημένου αμύλου, χιτοζάνης (MS-CH).

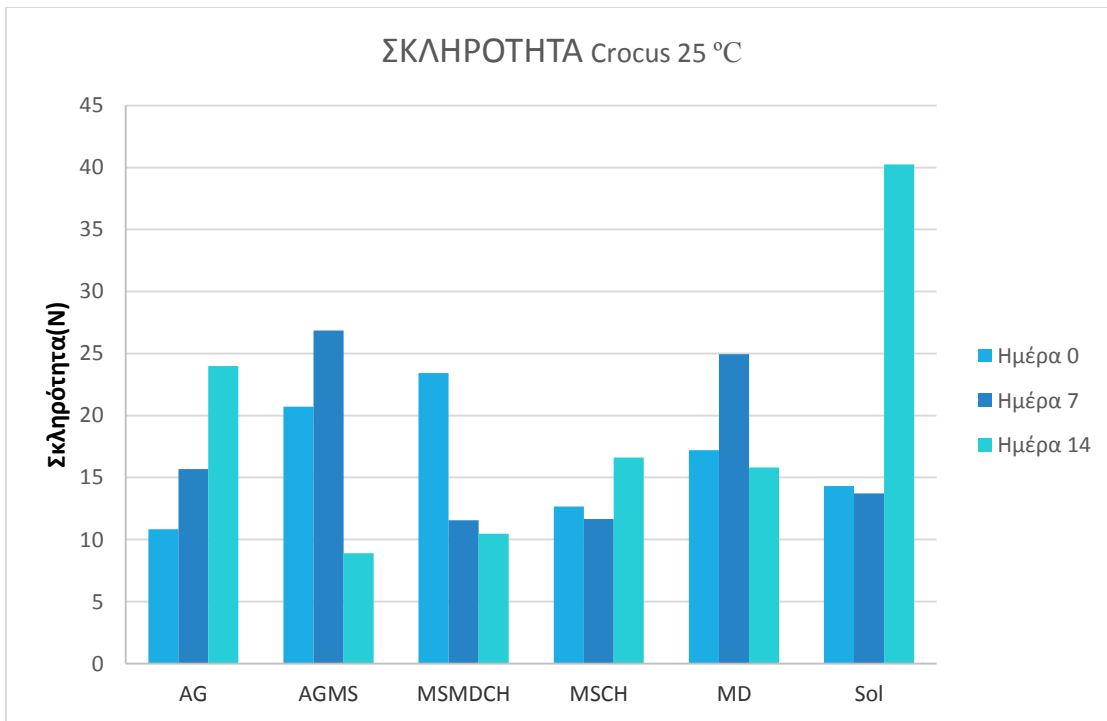


Διάγραμμα 49: Μεταβολή σκληρότητας για τα δείγματα τσίγλας με εκχύλισμα παντζαριού κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος

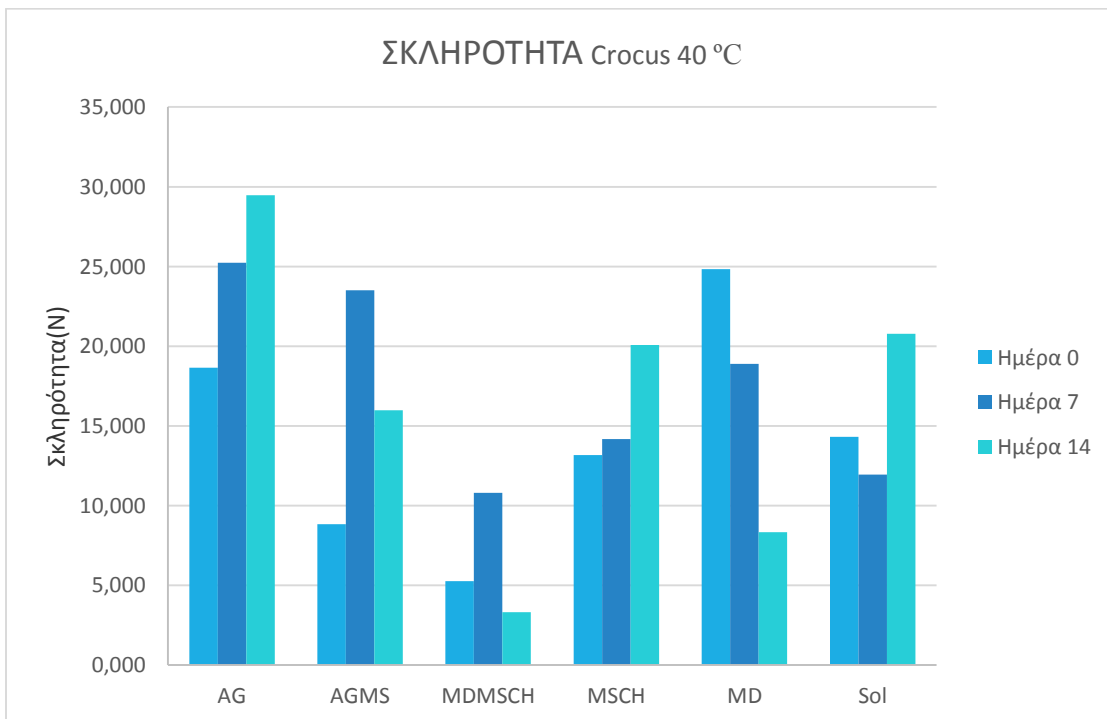


Διάγραμμα 50: Μεταβολή σκληρότητας για τα δείγματα τσίγλας με εκχύλισμα παντζαριού κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία

Στα διαγράμματα, Διάγραμμα 51 και Διάγραμμα 52 παρουσιάζεται η μεταβολή της σκληρότητας των δειγμάτων τσίγλας με εκχύλισμα χρωστικής από κρόκο Κοζάνης κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και ακραία θερμοκρασία αντίστοιχα. Παρατηρείται πως οι τιμές της σκληρότητας των δειγμάτων διαφέρουν μεταξύ τους ανάλογα το φορέα εγκλεισμού της χρωστικής. Επιπλέον, στη σειρά δειγμάτων που αποθηκεύτηκαν στην ακραία θερμοκρασία τα δείγματα με φορέα εγκλεισμού το μίγμα τροποποιημένο άμυλο, μαλτοδεξτρίνη, χιτοζάνη (MS-MD-CH) παρουσίασαν αρκετά χαμηλή τιμή σκληρότητας κάτι που δε παρατηρήθηκε στα δείγματα που χρησιμοποιήθηκε αποκλειστικά μαλτοδεξτρίνη (MD) ή σε αυτά με το συνδυασμό τροποποιημένου αμύλου, χιτοζάνης (MS-CH). Ο καθοριστικός παράγοντας που επηρεάζει σημαντικά την τιμή της σκληρότητας είναι το είδος του φορέα εγκλεισμού όπως φαίνεται και στη στατιστική επεξεργασία, αυτό ισχύει για όλα τα δείγματα, είτε περιέχουν χρωστική από κρόκο Κοζάνης είτε από παντζάρι.



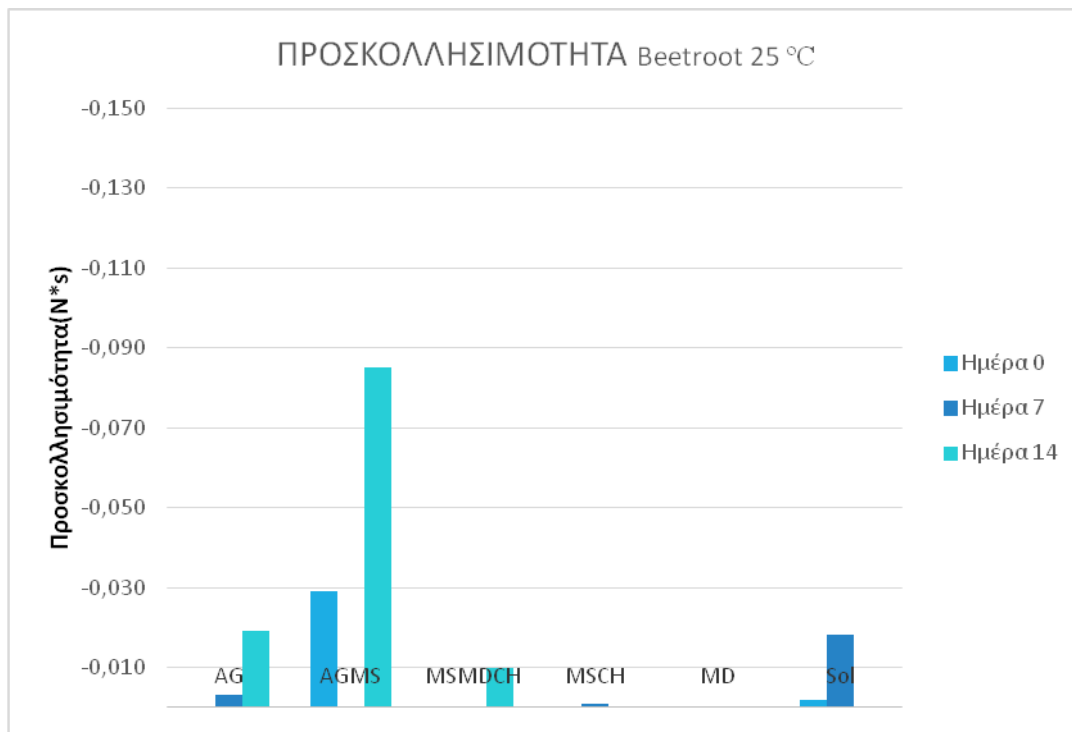
Διάγραμμα 51: Μεταβολή σκληρότητας για τα δείγματα τσίχλας με εκχύλισμα από κρόκο Κοζάνης κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος



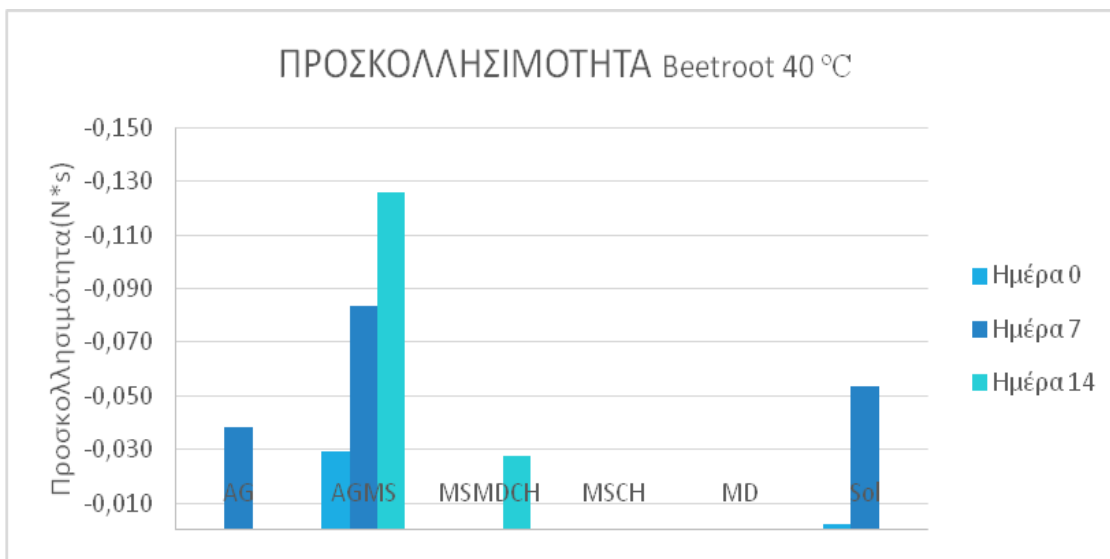
Διάγραμμα 52: Μεταβολή σκληρότητας για τα δείγματα τσίχλας με εκχύλισμα από κρόκο Κοζάνης κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία

c) Μετρήσεις Προσκολλησιμότητας

Στα διαγράμματα, Διάγραμμα 53 και Διάγραμμα 54 παρουσιάζεται η μεταβολή της προσκολλησιμότητας των δειγμάτων τσίχλας με εκχύλισμα χρωστικής από παντζάρι κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και ακραία θερμοκρασία αντίστοιχα. Παρατηρείται πως δεν παρουσιάζουν όλες οι σειρές δειγμάτων κολλώδη συμπεριφορά και με την αύξηση της θερμοκρασίας και του χρόνου παραμονής η συμπεριφορά αυτή αυξάνεται. Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση η προσκολλησιμότητα επηρεάζεται σημαντικά από το είδος του φορέα εγκλεισμού αλλά όχι από τη θερμοκρασία ή το χρόνο αποθήκευσης.

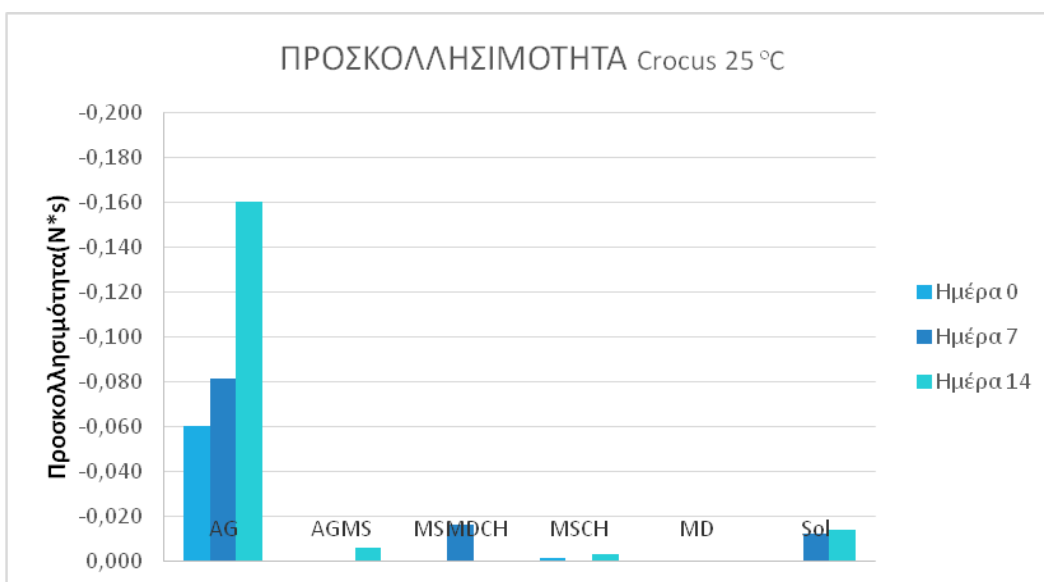


Διάγραμμα 53: Μεταβολή προσκολλησιμότητας για τα δείγματα τσίχλας με εκχύλισμα παντζαριού κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος

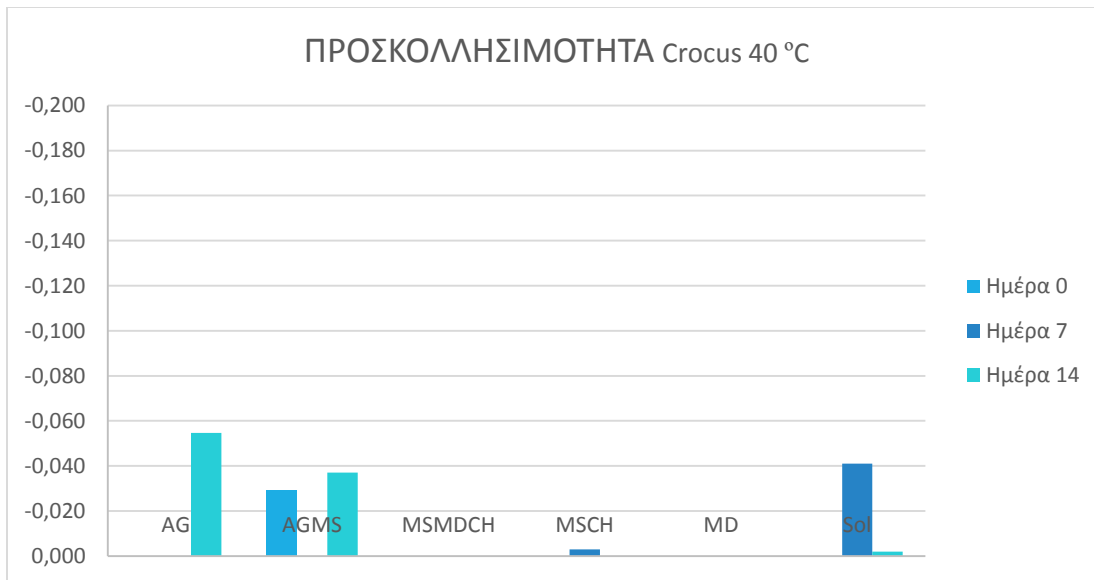


Διάγραμμα 54: Μεταβολή προσκολλησιμότητας για τα δείγματα τσίχλας με εκχύλισμα παντζαριού κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία

Στα διαγράμματα, Διάγραμμα 55 και Διάγραμμα 56 παρουσιάζεται η μεταβολή της προσκολλησιμότητας των δειγμάτων τσίχλας με εκχύλισμα χρωστικής από παντζάρι κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και ακραία θερμοκρασία αντίστοιχα. Παρατηρείται πως δεν παρουσιάζουν όλες οι σειρές δειγμάτων κολλώδη συμπεριφορά και με την αύξηση της θερμοκρασίας και του χρόνου παραμονής η συμπεριφορά αυτή αυξάνεται.



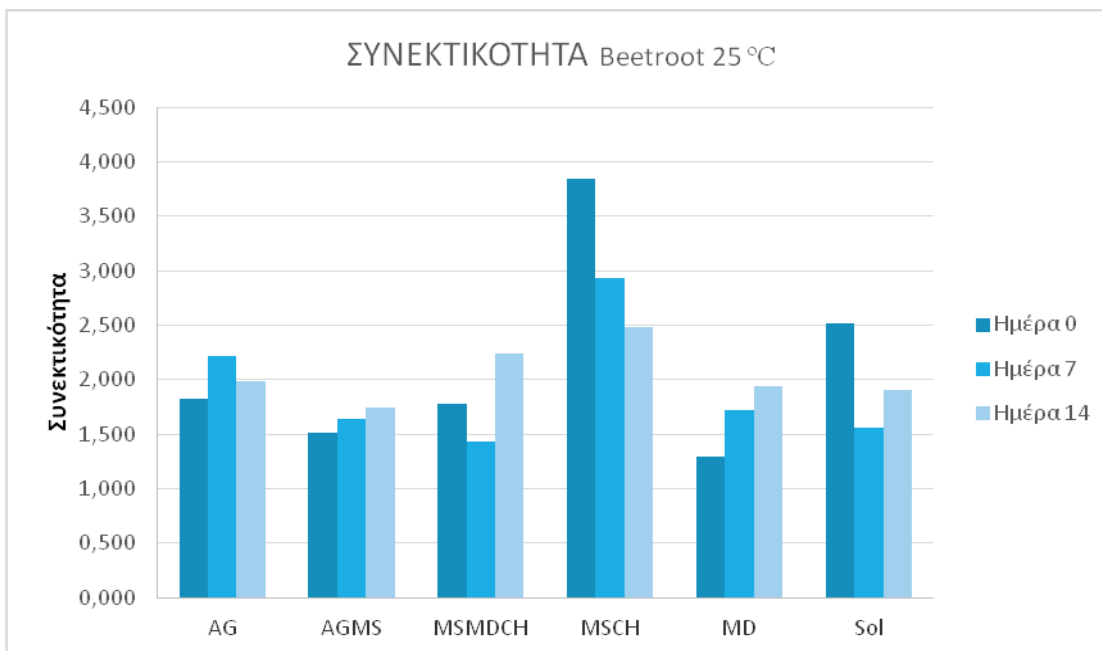
Διάγραμμα 55: Μεταβολή προσκολλησιμότητας για τα δείγματα τσίχλας με εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος



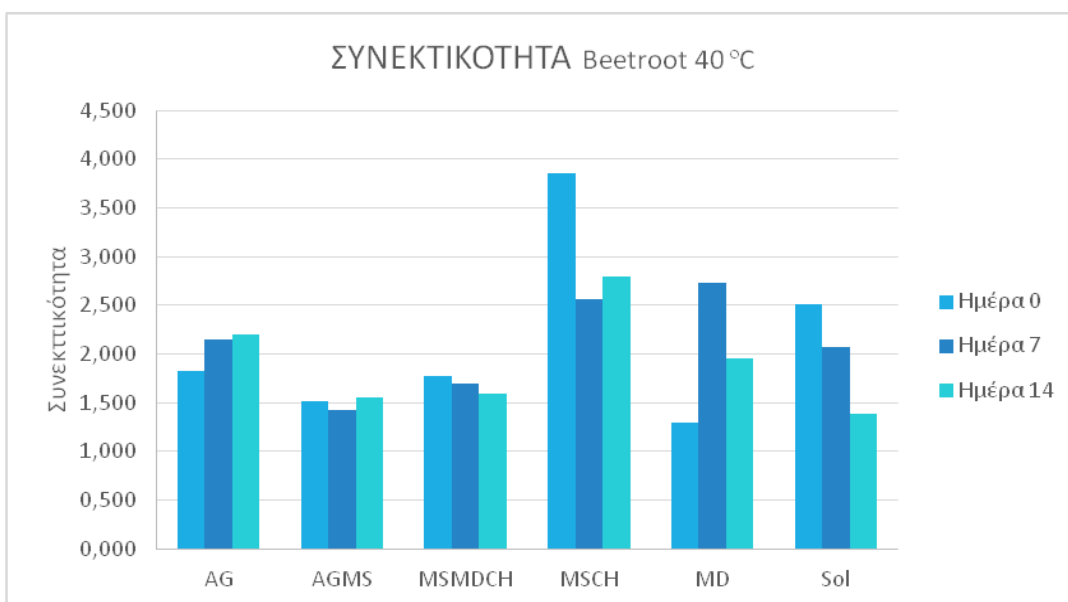
Διάγραμμα 56: Μεταβολή προσκολλησιμότητας για τα δείγματα τσίχλας με εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία

d) Μετρήσεις Συνεκτικότητας

Στα διαγράμματα, Διάγραμμα 57 και Διάγραμμα 58 παρουσιάζεται η μεταβολή της συνεκτικότητας των δειγμάτων τσίχλας με εκχύλισμα χρωστικής από παντζάρι κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και ακραία θερμοκρασία αντίστοιχα. Παρατηρείται πως οι τιμές της συνεκτικότητας είναι παρόμοιες και δεν επηρεάζονται από τη θερμοκρασία αποθήκευσης, τα μόνο δείγματα που εμφανίζουν μεγαλύτερη συνεκτικότητα είναι αυτά με φορέα εγκλεισμού τροποποιημένο άμυλο-χιτοζάνη (MS-CH). Η τιμή της συνεκτικότητας επηρεάζεται αρκετά από το είδος του φορέα εγκλεισμού όπως προκύπτει από τη στατιστική ανάλυση.



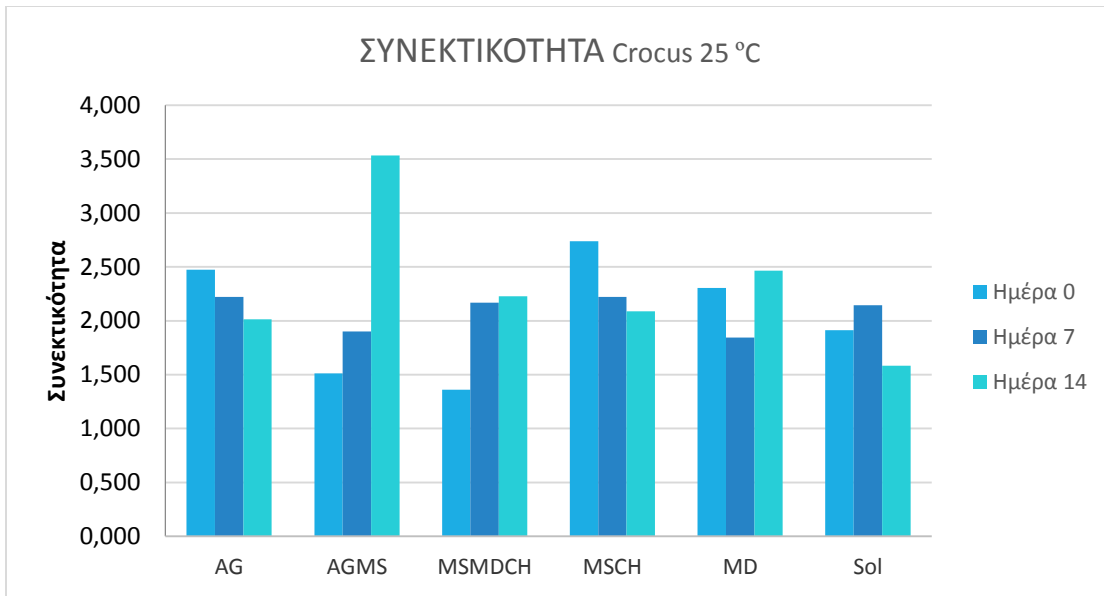
Διάγραμμα 57: Μεταβολή συνεκτικότητας για τα δείγματα τσίχλας με εκχύλισμα παντζαριού κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος



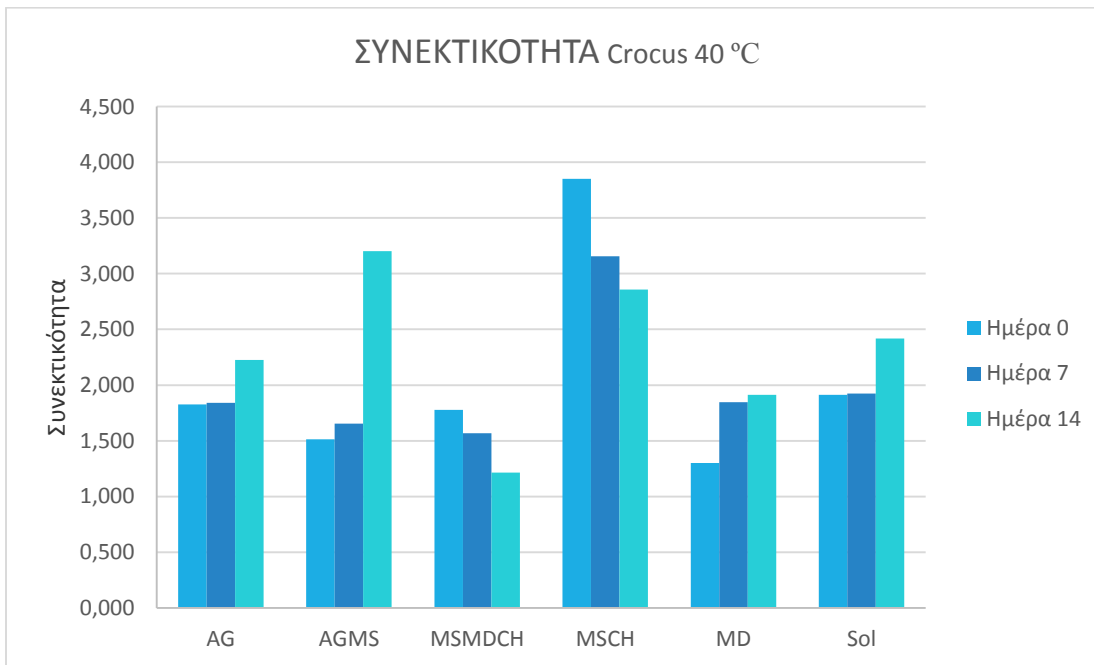
Διάγραμμα 58: Μεταβολή συνεκτικότητας για τα δείγματα τσίχλας με εκχύλισμα παντζαριού κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία

Στα διαγράμματα, Διάγραμμα 59 και Διάγραμμα 60 παρουσιάζεται η μεταβολή της συνεκτικότητας των δειγμάτων τσίχλας με εκχύλισμα χρωστικής από κρόκο Κοζάνης κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και ακραία θερμοκρασία αντίστοιχα. Όπως παρατηρήθηκε και στα δείγματα με εκχύλισμα χρωστικής από παντζάρι οι τιμές της συνεκτικότητας είναι παρόμοιες και δεν επηρεάζονται από τη θερμοκρασία

αποθήκευσης, τα μόνο δείγματα που εμφανίζουν μεγαλύτερη συνεκτικότητα είναι αυτά με φορέα εγκλεισμού τροποποιημένο άμυλο-χιτοζάνη (MS-CH).



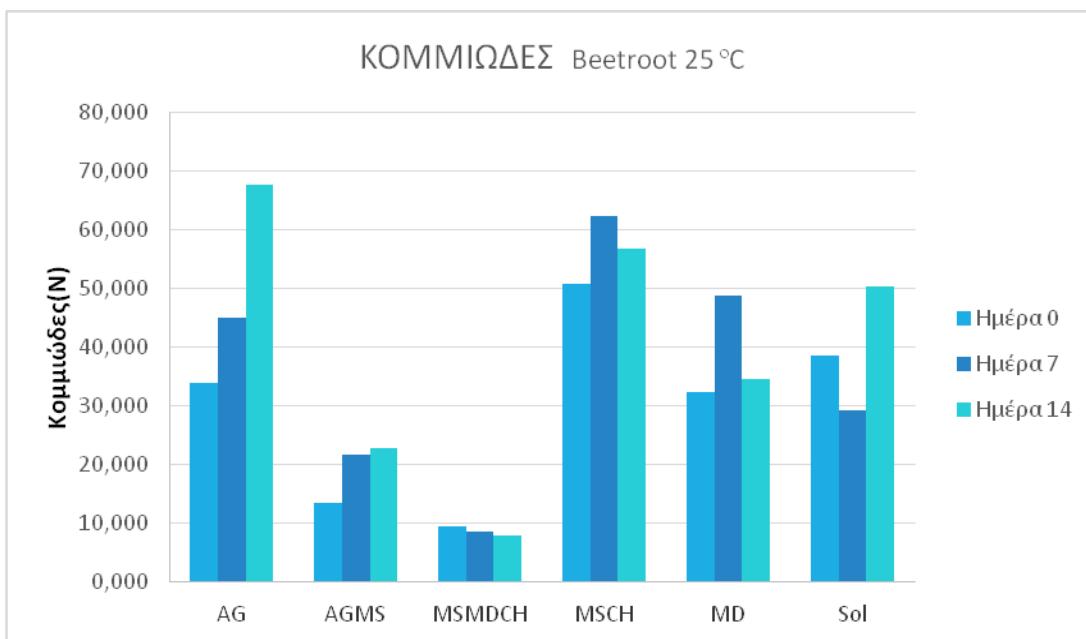
Διάγραμμα 59: Μεταβολή συνεκτικότητας για τα δείγματα τσίγλας με εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος



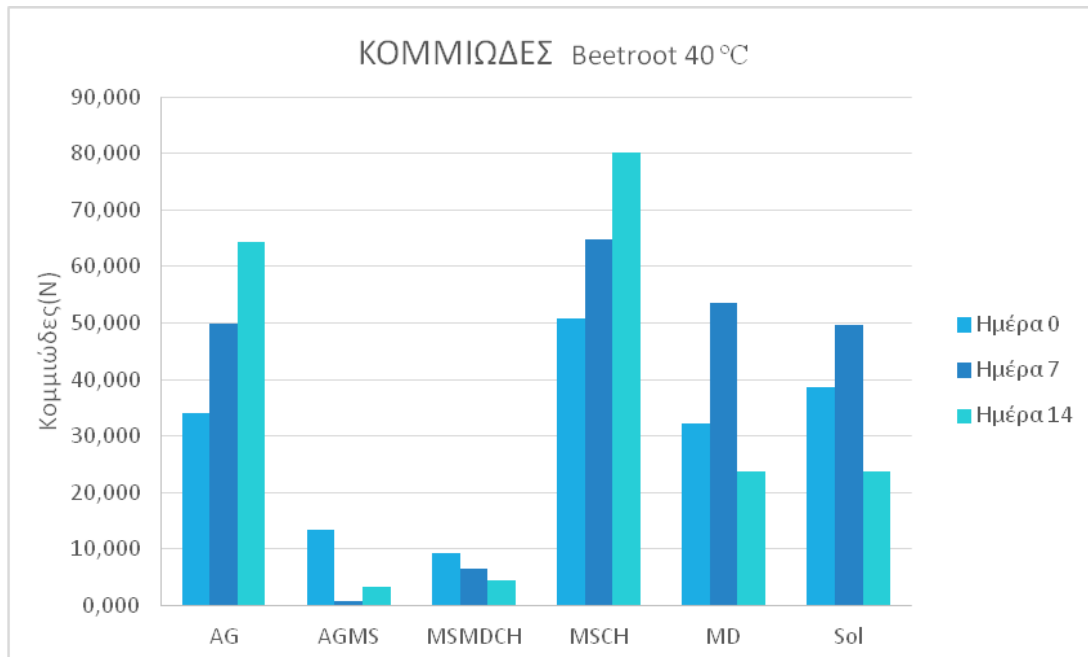
Διάγραμμα 60: Μεταβολή συνεκτικότητας για τα δείγματα τσίγλας με εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία

ε) Μετρήσεις Κομμώδους

Στα διαγράμματα, Διάγραμμα 61 και Διάγραμμα 62 παρουσιάζεται η μεταβολή του κομμώδους των δειγμάτων τσίχλας με εκχύλισμα χρωστικής από παντζάρι κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και ακραία θερμοκρασία αντίστοιχα. Παρατηρείται πως οι τιμές του κομμώδους των δειγμάτων διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ανάλογα το φορέα εγκλεισμού της χρωστικής, αξιοσημείωτο είναι ότι τα δείγματα με φορέα εγκλεισμού το μίγμα τροποποιημένο άμυλο, μαλτοδεξτρίνη, χιτοζάνη (MS-MD-CH) παρουσίασαν αρκετά χαμηλή τιμή σκληρότητας κάτι που δε παρατηρήθηκε στα δείγματα που χρησιμοποιήθηκε αποκλειστικά μαλτοδεξτρίνη (MD) ή σε αυτά με το συνδυασμό τροποποιημένου αμύλου, χιτοζάνης (MS-CH). Επίσης, τα δείγματα με φορέα αραβικό κόμμι και τροποποιημένο άμυλο (AG-MS) απαιτούν ελάχιστη δύναμη για τη μάσηση τους. Η σημαντική εξάρτηση του κομμώδους μόνο από το είδος του φορέα έρχεται σε πλήρη συμφωνία με την εξάρτηση όλων των άλλων μετρήσεων του αναλυτή υφής από τον ίδιο παράγοντα.

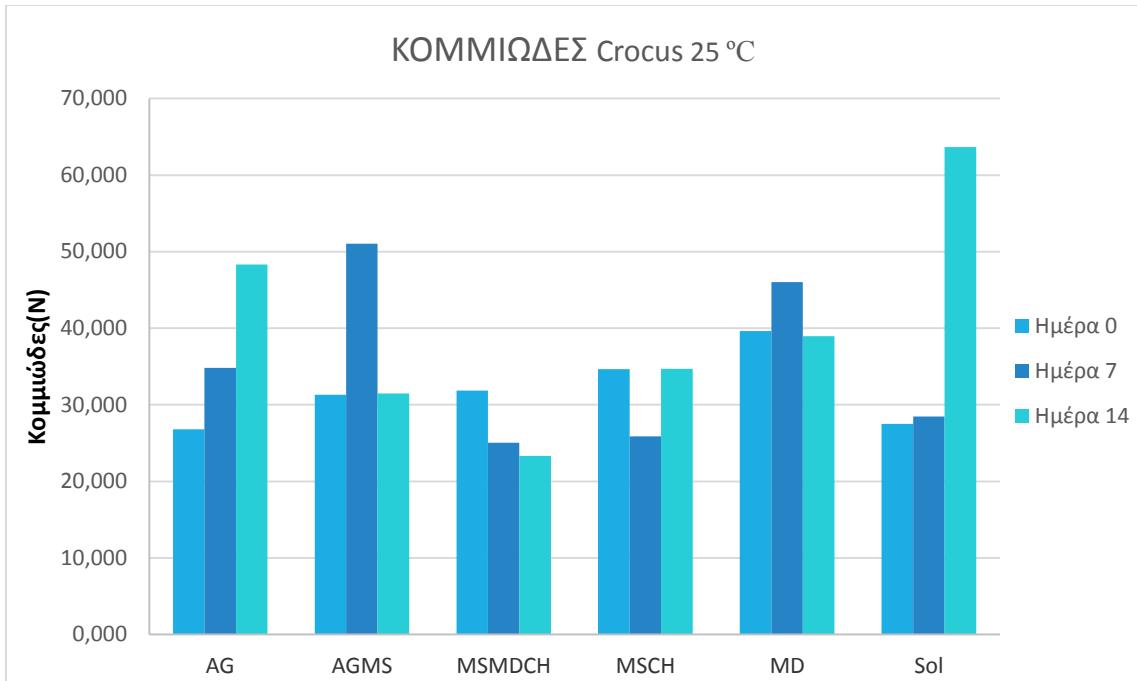


Διάγραμμα 61: Μεταβολή συνεκτικότητας για τα δείγματα τσίχλας με εκχύλισμα παντζαριού κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος

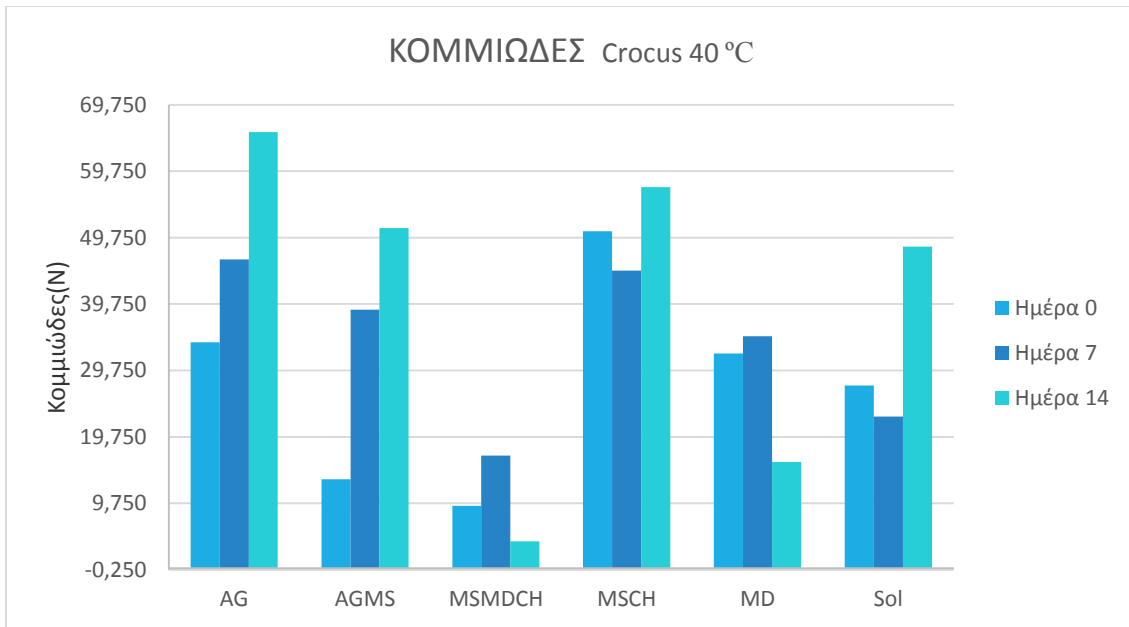


Διάγραμμα 62: Μεταβολή κομμιάδους για τα δείγματα τσίχλας με εκχύλισμα παντζαριού κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία

Στα διαγράμματα, Διάγραμμα 63 και Διάγραμμα 64 παρουσιάζεται η μεταβολή του κομμιάδους των δειγμάτων τσίχλας με εκχύλισμα χρωστικής από κρόκο Κοζάνης κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και ακραία θερμοκρασία αντίστοιχα. Παρατηρείται πως οι τιμές του κομμιάδους των δειγμάτων διαφέρουν μεταξύ τους ανάλογα το φορέα εγκλεισμού της χρωστικής, αξιοσημείωτό είναι ότι τα δείγματα με φορέα εγκλεισμού το μίγμα τροποποιημένο άμυλο, μαλτοδεξτρίνη, χιτοζάνη (MS-MD-CH) παρουσίασαν στην ακραία θερμοκρασία αποθήκευση πολύ χαμηλό κομμιάδες κάτι που δε παρατηρήθηκε στα δείγματα που χρησιμοποιήθηκε αποκλειστικά μαλτοδεξτρίνη (MD) ή σε αυτά με το συνδυασμό τροποποιημένου αμύλου, χιτοζάνης (MS-CH).



Διάγραμμα 63: Μεταβολή κομμιώδους για τα δείγματα τσίγλας με εκχύλισμα χρωστικής κρόκου Κοζάνης κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος



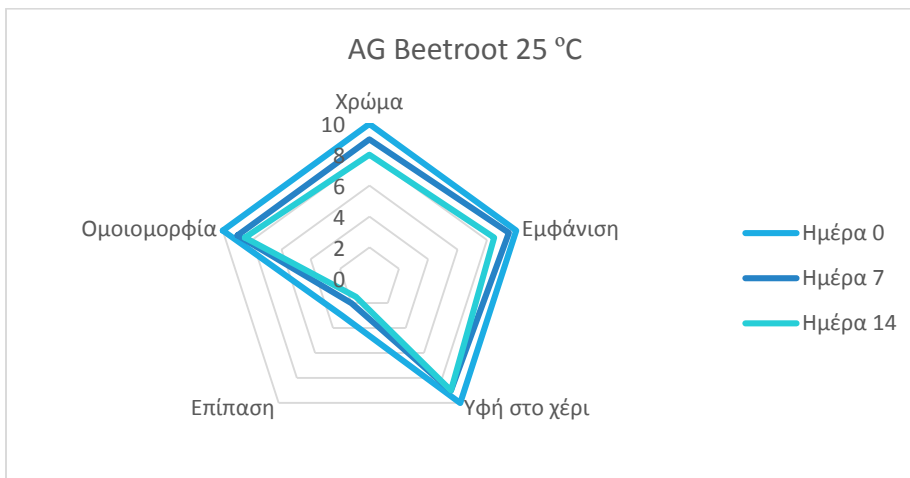
Διάγραμμα 64: Μεταβολή κομμιώδους για τα δείγματα τσίγλας με εκχύλισμα χρωστικής κρόκου Κοζάνης κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία

f) Οργανοληπτική ανάλυση

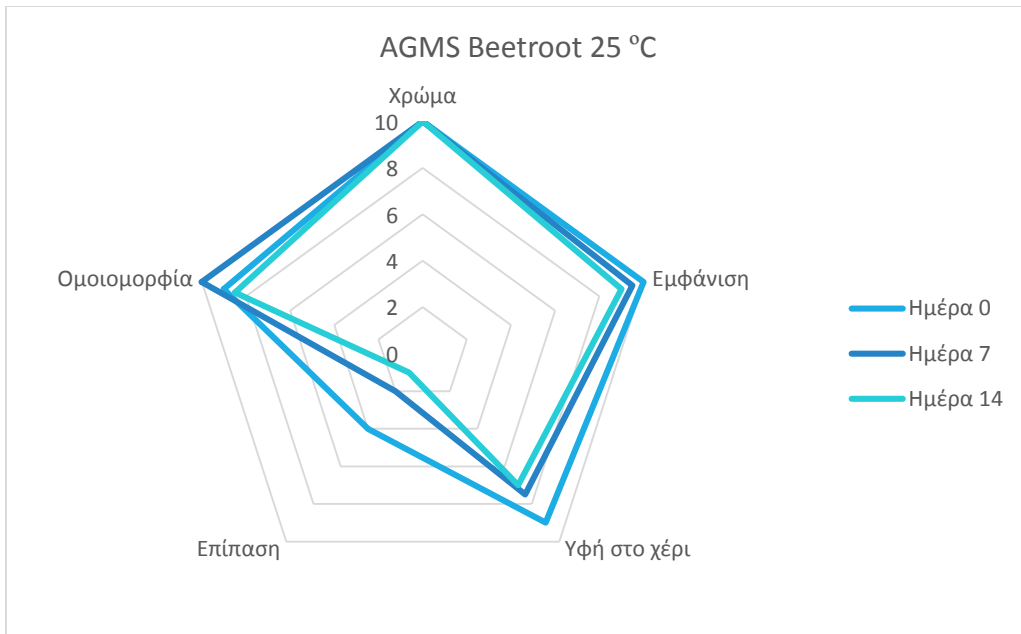
Ο οργανοληπτικός έλεγχος των δειγμάτων του Πειράματος 3 περιορίστηκε μόνο στην οπτική εξέταση και στην εξέταση με την αφή, καθώς δεν ήταν σκοπός αυτής της σειράς πειραμάτων η μελέτη των αρωμάτων. Οι τσίγλες δεν εμπλουτίστηκαν με άρωμα και θεωρήθηκε απαραίτητη η μάσηση της. Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τα οποία μελετήθηκαν στα δείγματα του Πειράματος 3 αναφέρονται παρακάτω:

- Χρώμα τσίγλας
- Εμφάνιση τσίγλας
- Υφή δείγματος κατά την επαφή με το χέρι
- Επίταση (με 1 σημειώνεται η αφομοίωση της επίτασης και απουσία του λευκού χρώματος ενώ με 10 η πλήρης διάκριση της επίτασης)
- Ομοιομορφία δειγμάτων

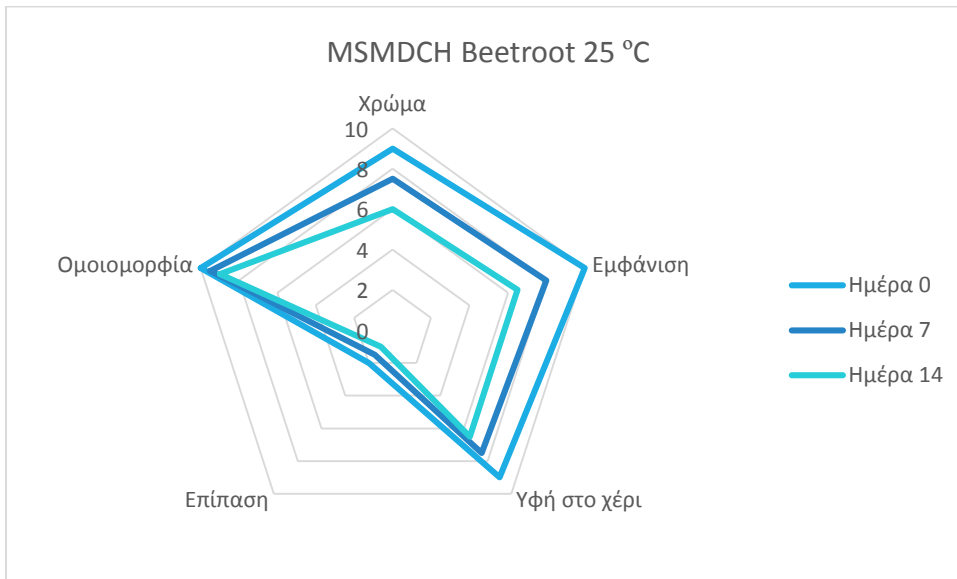
Στο Διάγραμμα 65, Διάγραμμα 66, Διάγραμμα 67, Διάγραμμα 68, Διάγραμμα 69 και Διάγραμμα 70 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής εξέτασης των δειγμάτων με εκχύλισμα χρωστικών από παντζάρι καθόλη τη διάρκεια αποθήκευσής τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, ενώ στα Διαγράμματα Διάγραμμα 71, Διάγραμμα 72, Διάγραμμα 73, Διάγραμμα 74, Διάγραμμα 75 και Διάγραμμα 76, φαίνονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα για την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία.



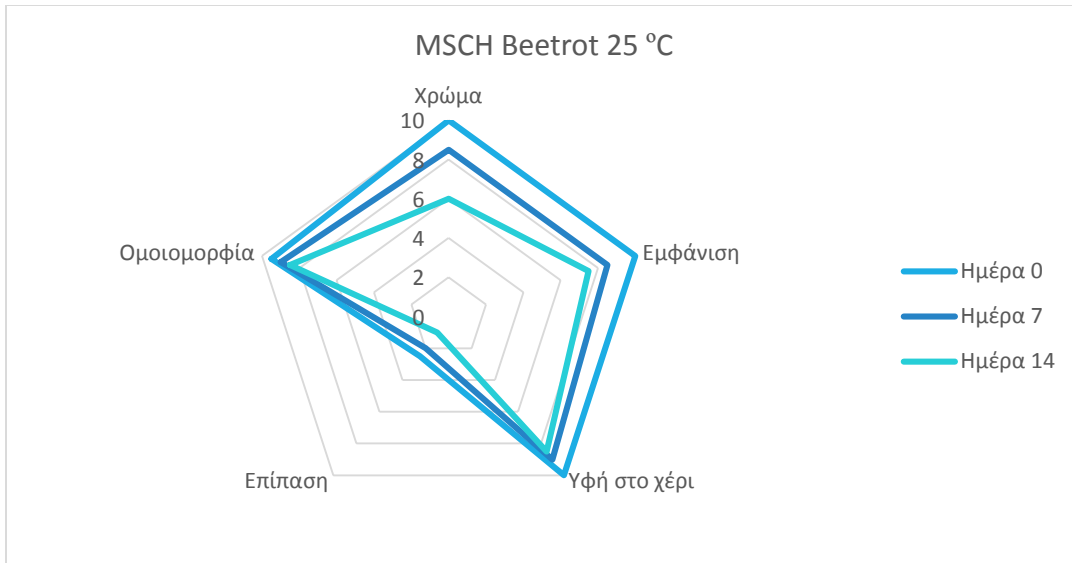
Διάγραμμα 65: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας με εγκλεισμένες χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα παντζαριού σε αραβικό κόμμα κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος



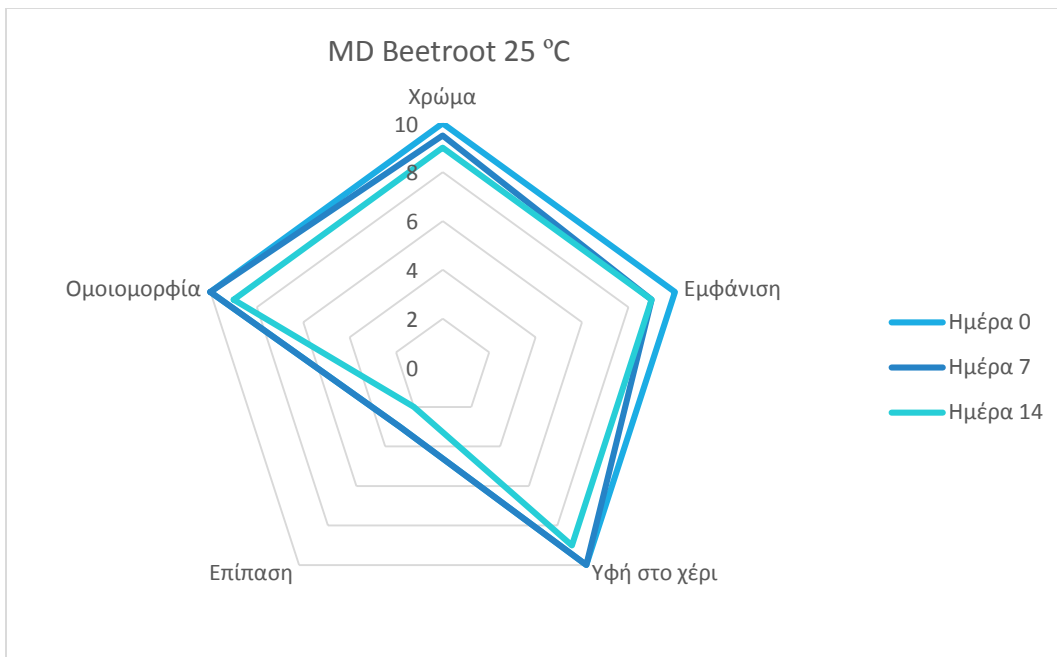
Διάγραμμα 66: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίχλας με εγκλεισμένες χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα παντζαριού σε αραβικό κόμμι-τροποποιημένο άμυλο κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος



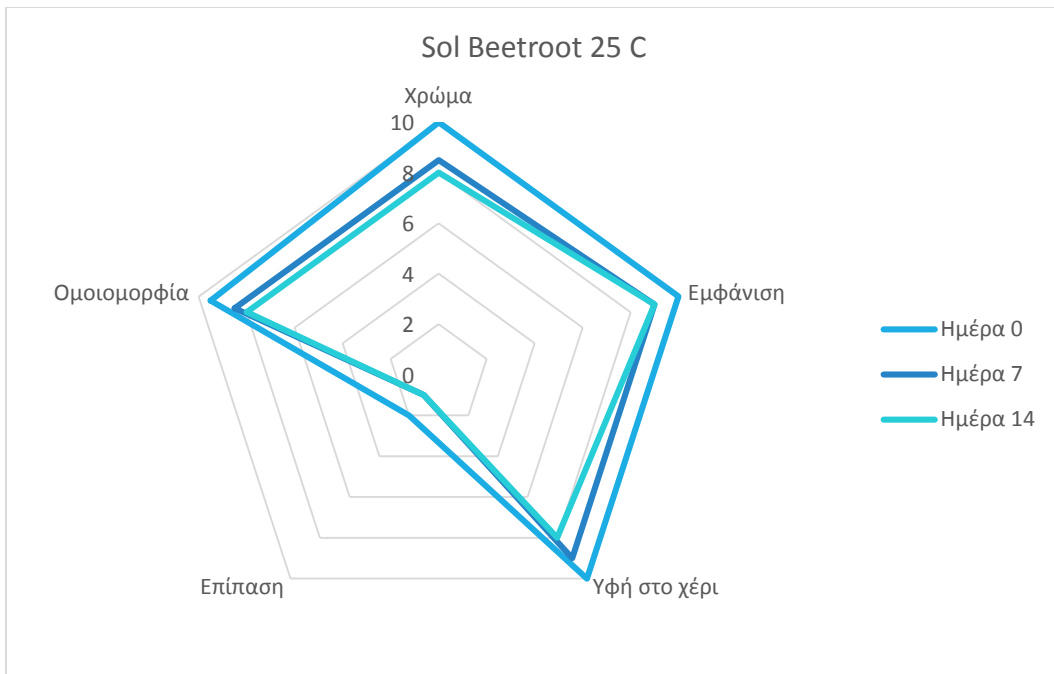
Διάγραμμα 67: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίχλας με εγκλεισμένες χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα παντζαριού σε τροποποιημένο άμυλο-μαλτοδεξτρίνη-χιτοζάνη κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος



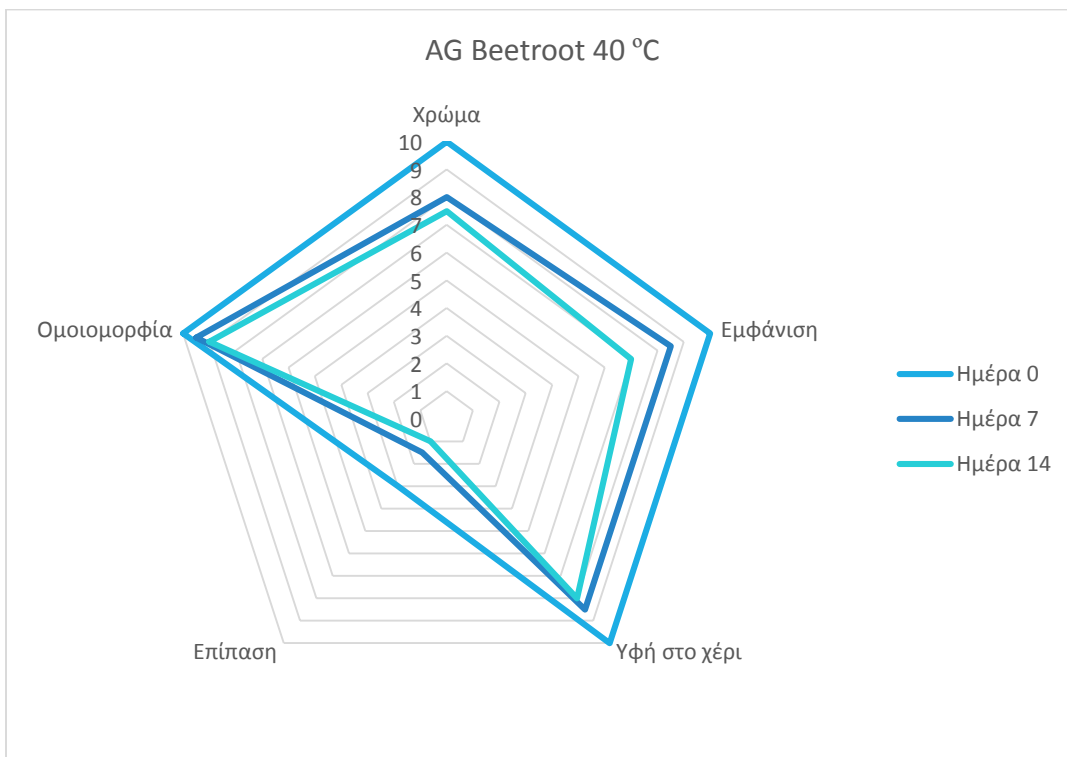
Διάγραμμα 68: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίχλας με εγκλεισμένες χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα παντζαριού σε τροποποιημένο άμυλο-χιτοζάνη κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος



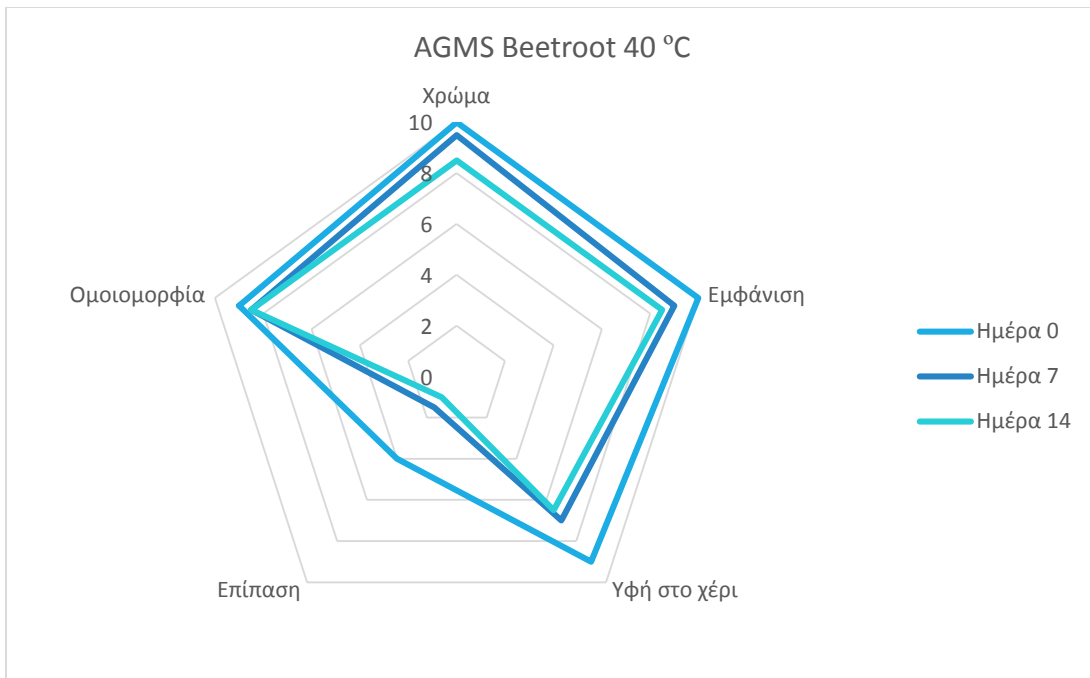
Διάγραμμα 69: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίχλας με εγκλεισμένες χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα παντζαριού σε μαλτοδεξτρίνη κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος



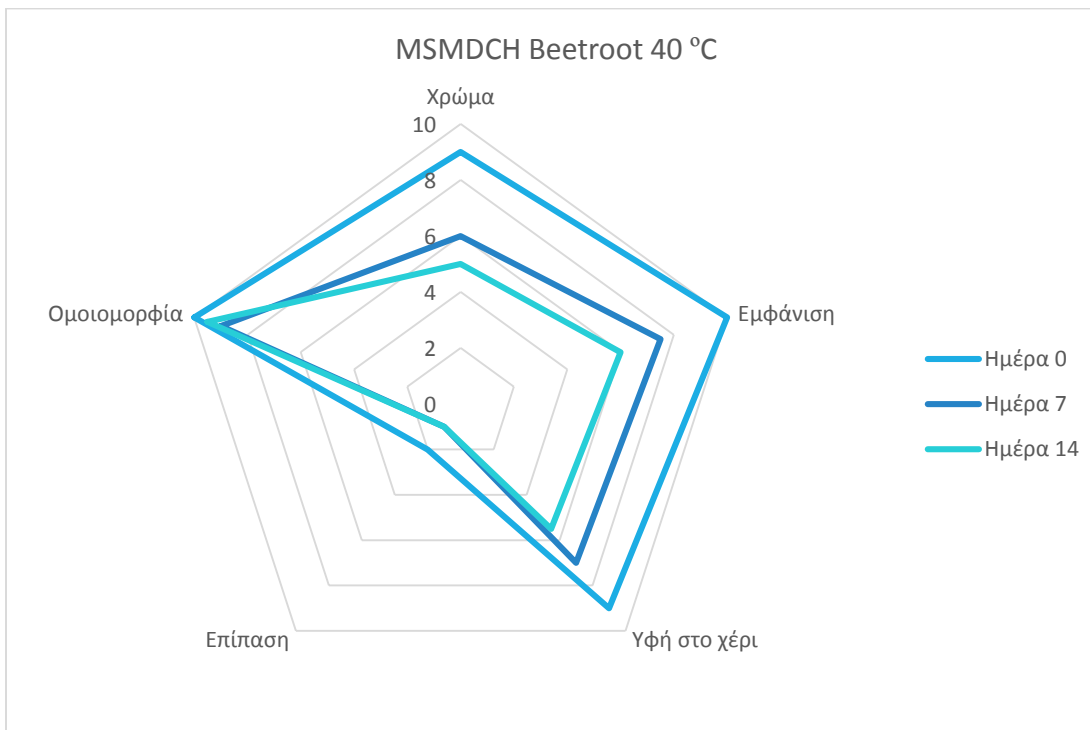
Διάγραμμα 70: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας με χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα παντζαριού κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος



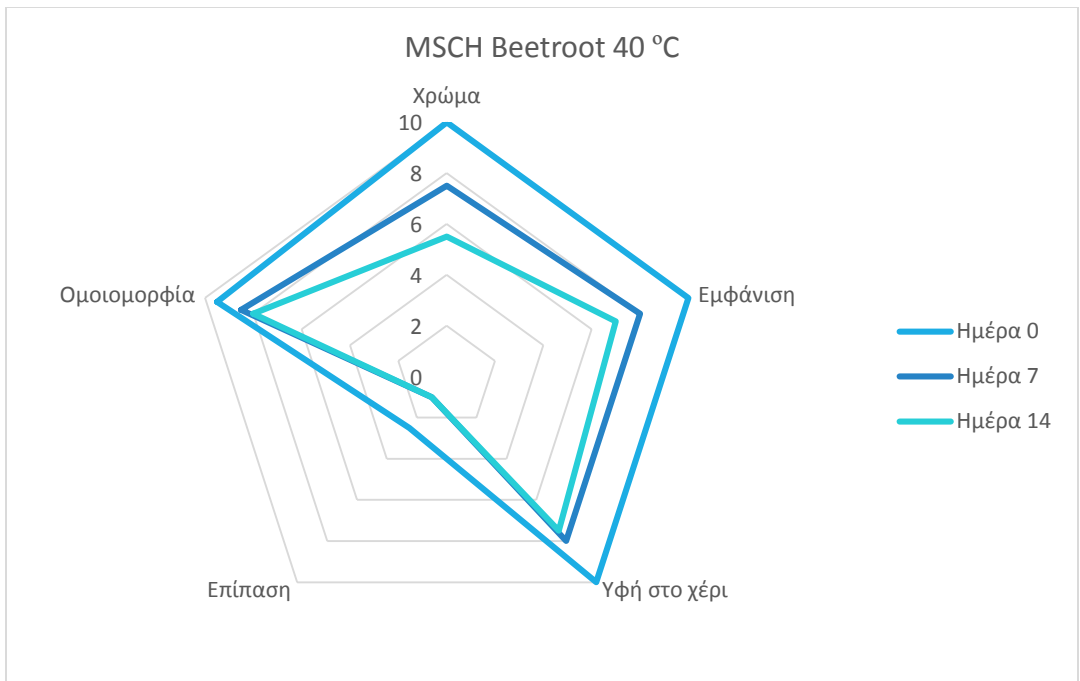
Διάγραμμα 71: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας με εγκλεισμένες χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα παντζαριού σε αραβικό κόμμα κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία



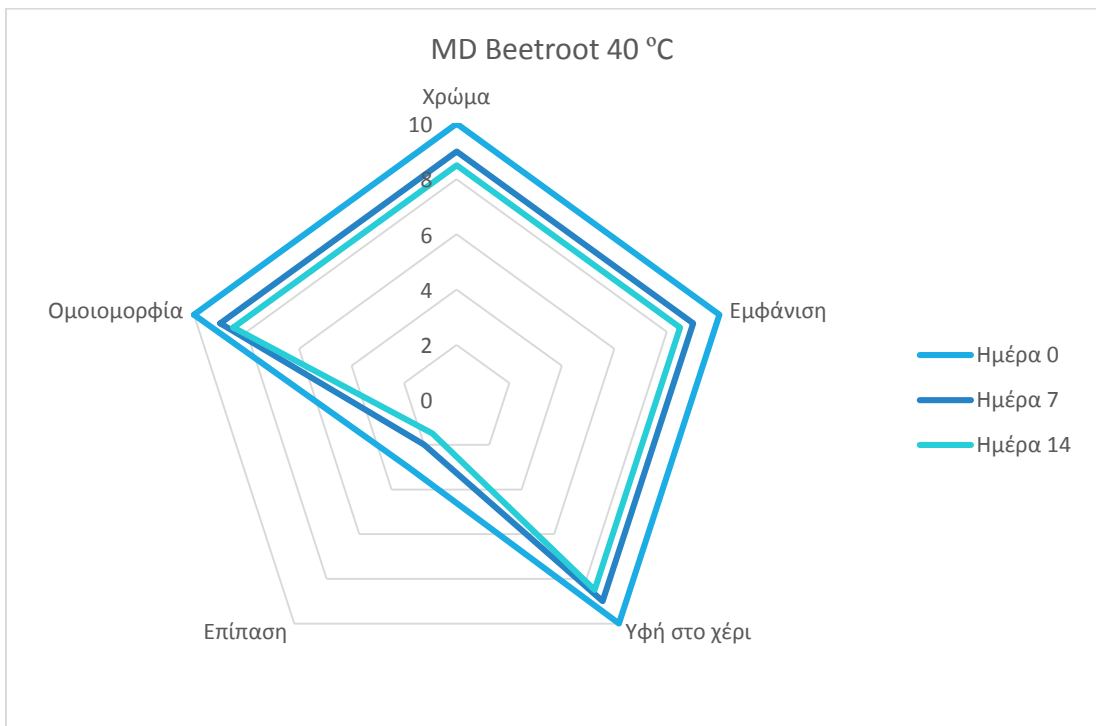
Διάγραμμα 72: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας με εγκλεισμένες χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα παντζαριού σε αραβικό κόμμι-τροποποιημένο άμυλο κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία



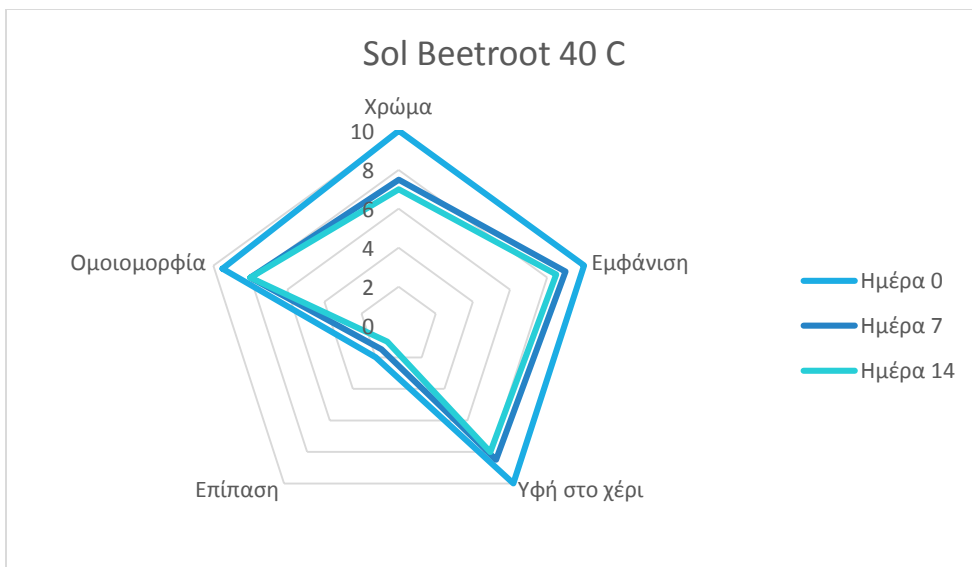
Διάγραμμα 73: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας με εγκλεισμένες χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα παντζαριού σε τροποποιημένο άμυλο-μαλτοδεξτρίνη-χιτοζάνη κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία



Διάγραμμα 74: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίχλας με εγκλεισμένες χρωστικές ουσίες από εκχύλιμα παντζαριού σε τροποποιημένο άμυλο-χιτοζάνη κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία.

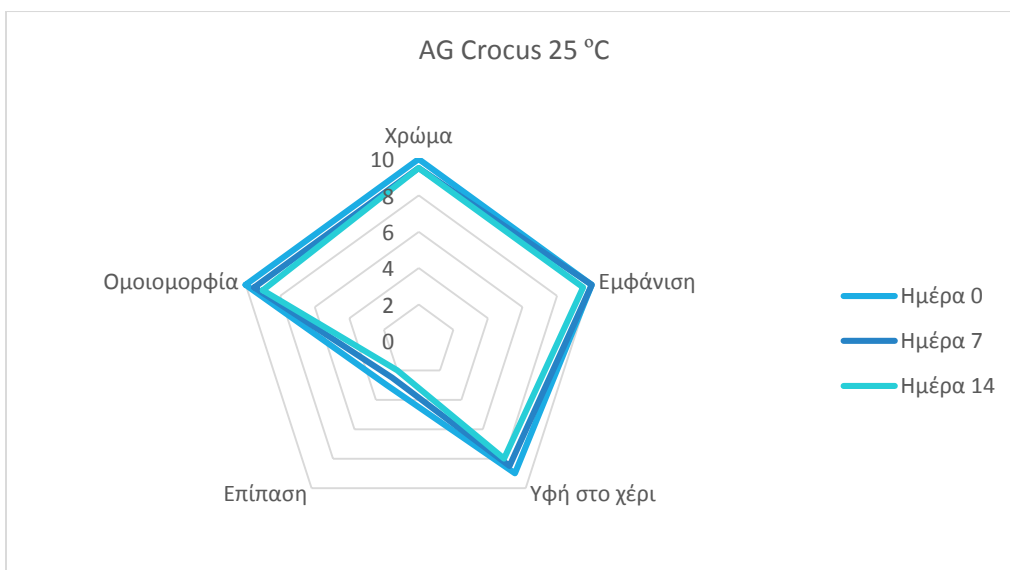


Διάγραμμα 75: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίχλας με εγκλεισμένες χρωστικές ουσίες από εκχύλιμα παντζαριού σε μαλτοδεξτρίνη κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία.

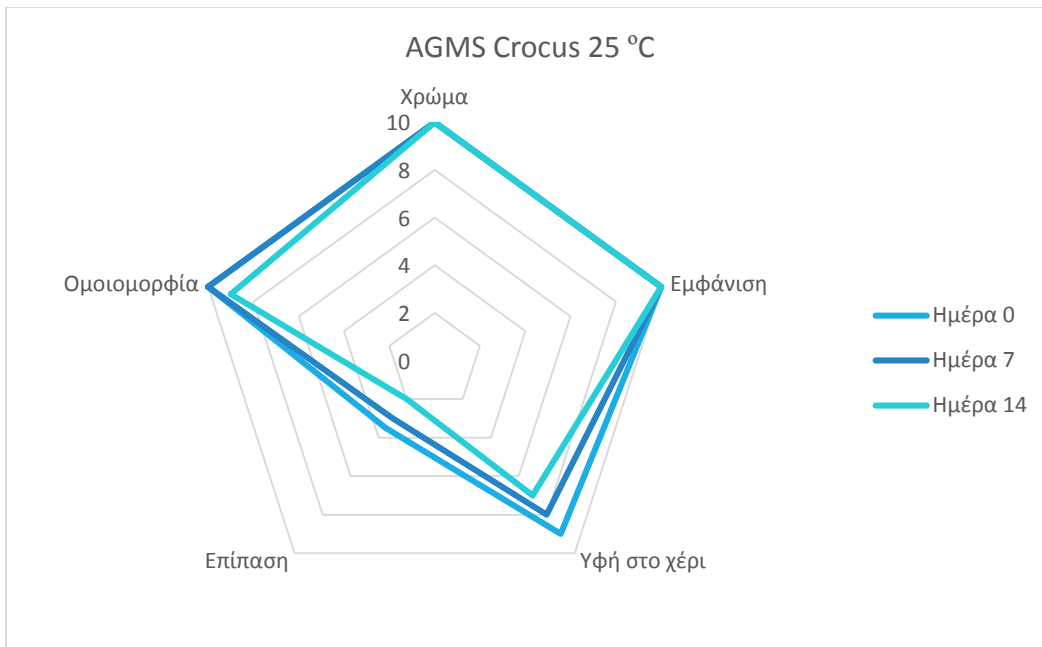


Διάγραμμα 76: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας με χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα παντζαριού κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία

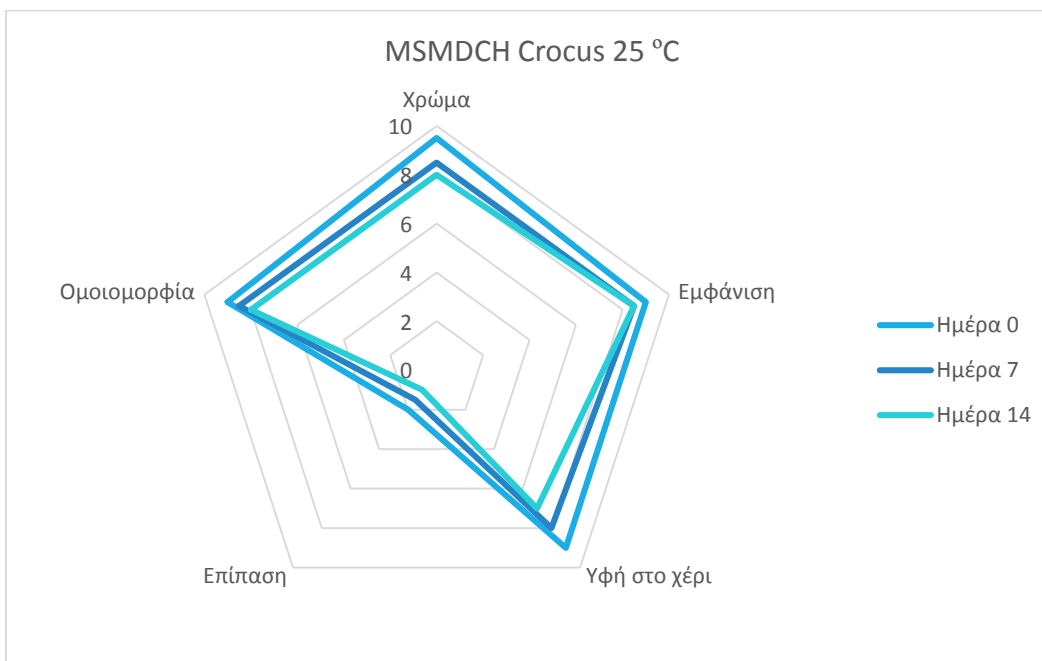
Στο Διάγραμμα 77, Διάγραμμα 78, Διάγραμμα 79, Διάγραμμα 80, Διάγραμμα 81 και Διάγραμμα 82 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής εξέτασης των δειγμάτων με εκχύλισμα χρωστικών από κρόκο Κοζάνης καθόλη τη διάρκεια αποθήκευσής τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, ενώ στα Διαγράμματα Διάγραμμα 83, Διάγραμμα 84, Διάγραμμα 85, Διάγραμμα 86, Διάγραμμα 87 και Διάγραμμα 88, φαίνονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα για την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία.



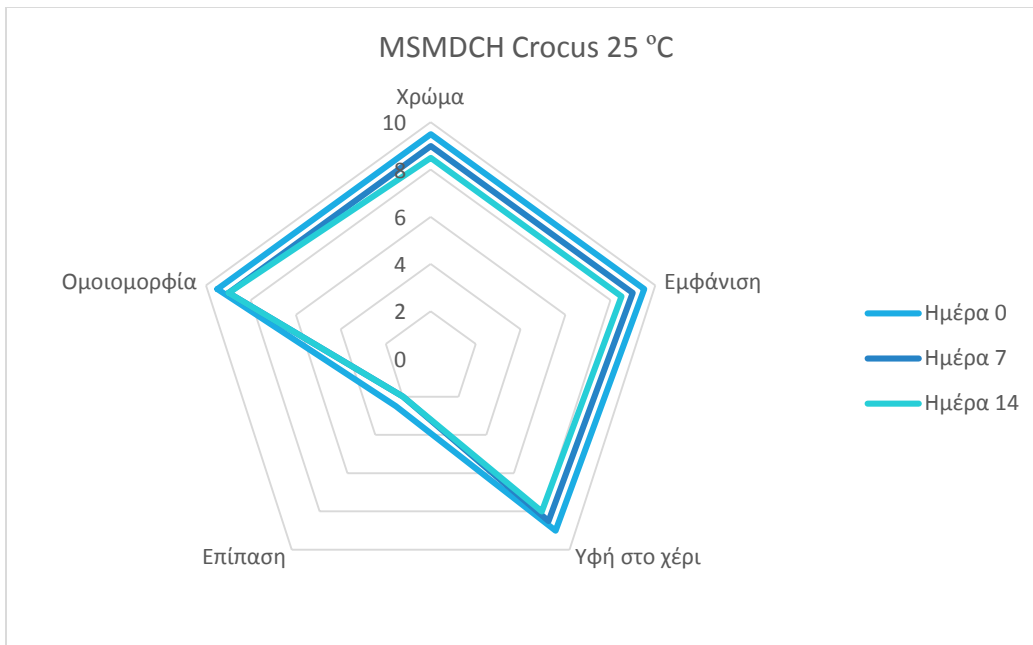
Διάγραμμα 77: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας με εγκλεισμένες χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης σε αραβικό κόμμα κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος



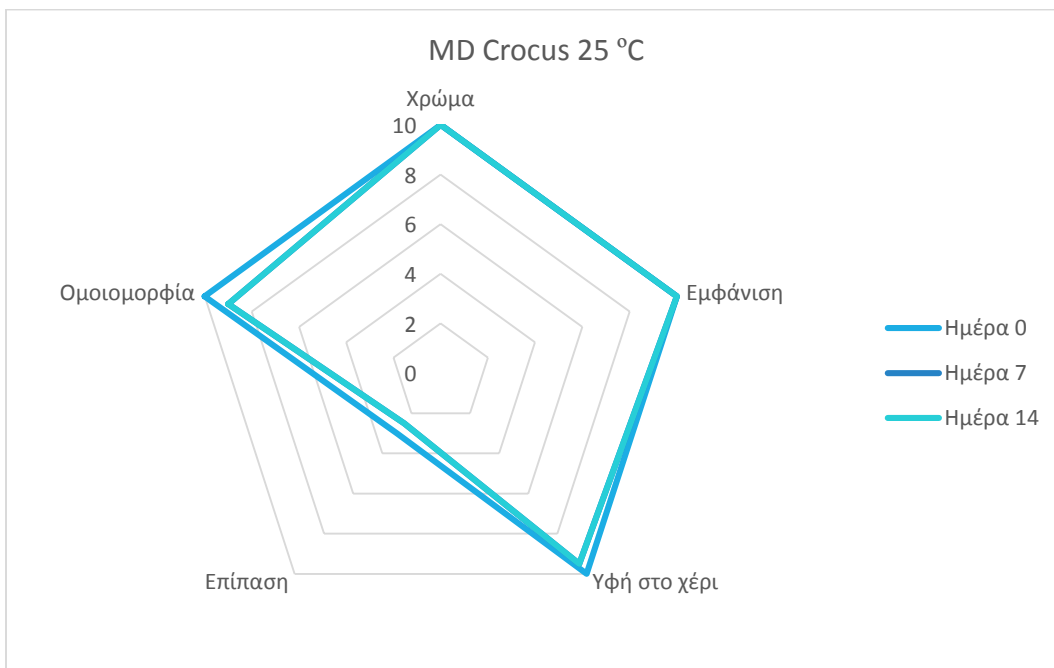
Διάγραμμα 78: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίχλας με εγκλεισμένες χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης σε αραβικό κόμμι-τροποποιημένο άμυλο κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος



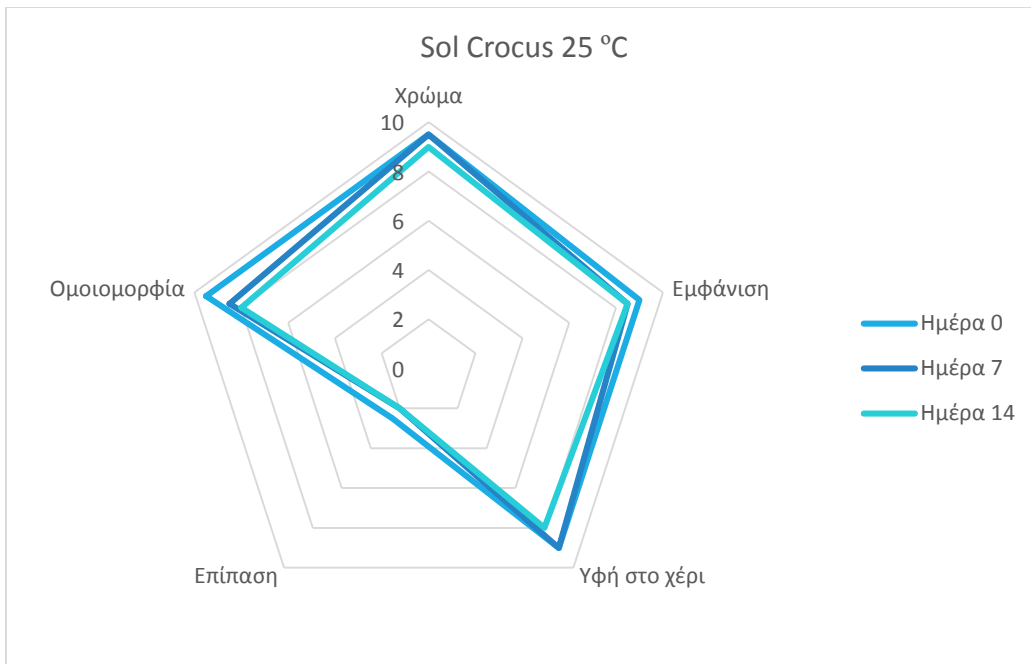
Διάγραμμα 79: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίχλας με εγκλεισμένες χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης σε τροποποιημένο άμυλο-μαλτοδεξτρίνη-χιτοζάνη κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος



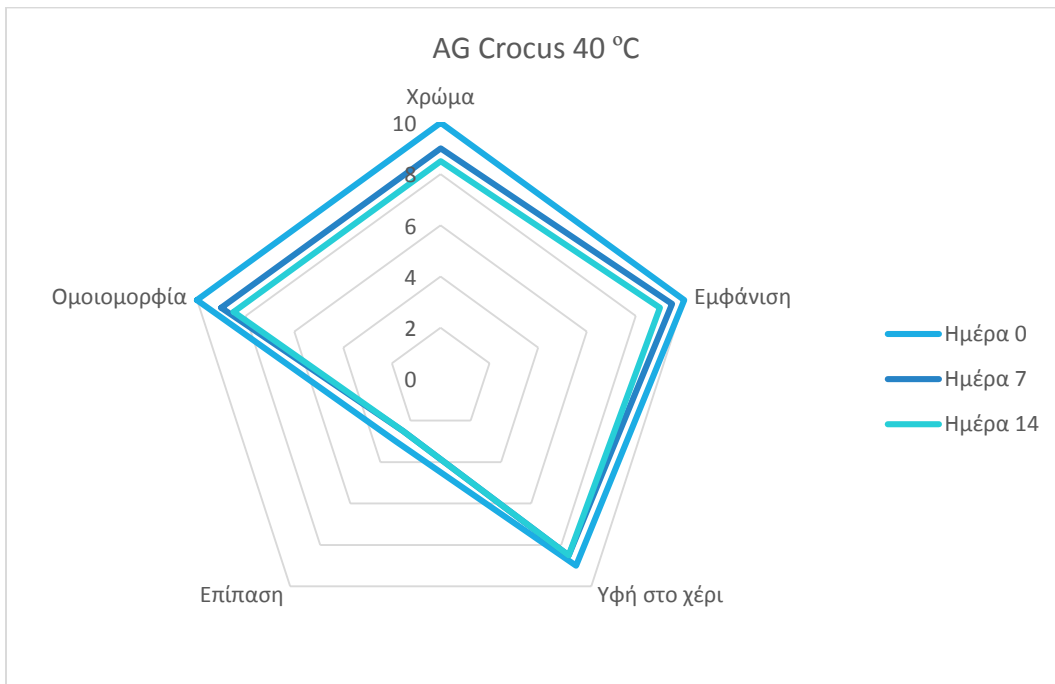
Διάγραμμα 80: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας με εγκλεισμένες χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης σε τροποποιημένο άμυλο-χιτοζάνη κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος



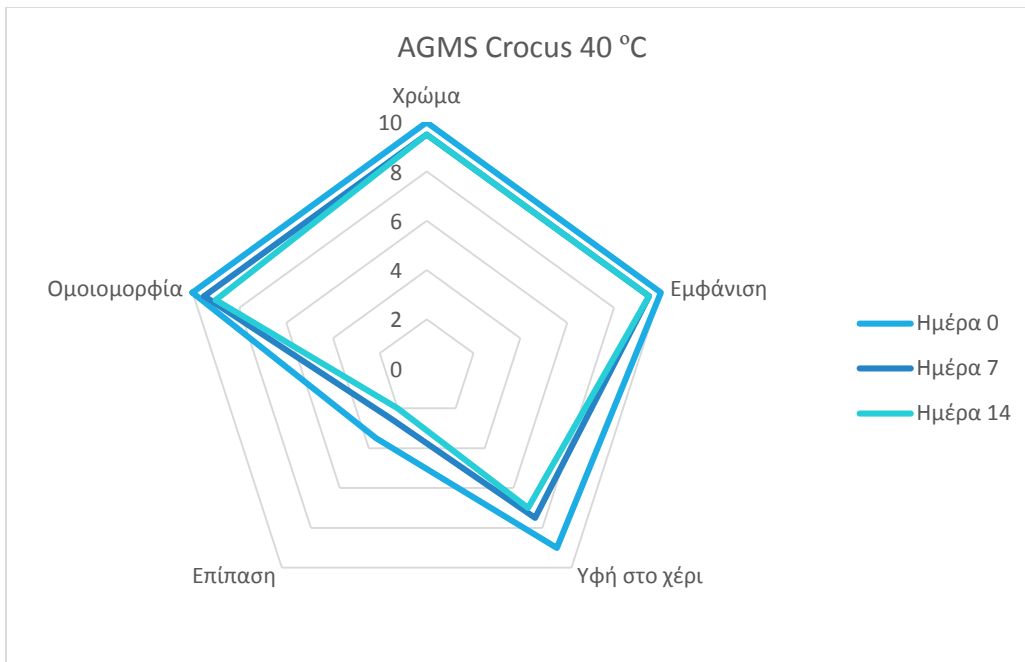
Διάγραμμα 81: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας με εγκλεισμένες χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης σε μαλτοδεξτρίνη κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος



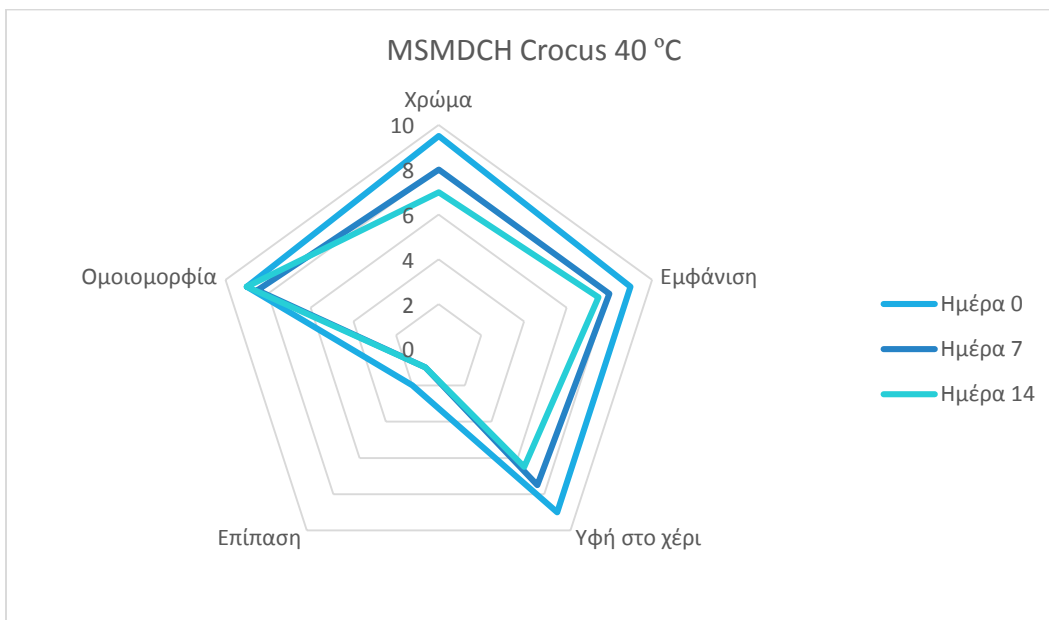
Διάγραμμα 82: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας με χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος



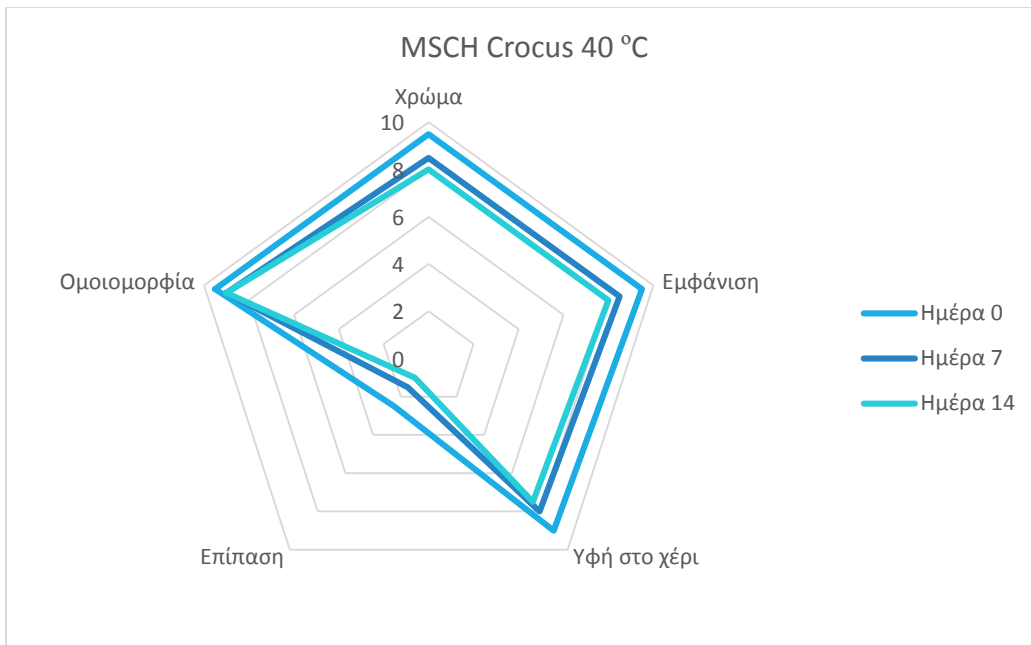
Διάγραμμα 83: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας με εγκλεισμένες χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης σε αραβικό κόμμα κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία



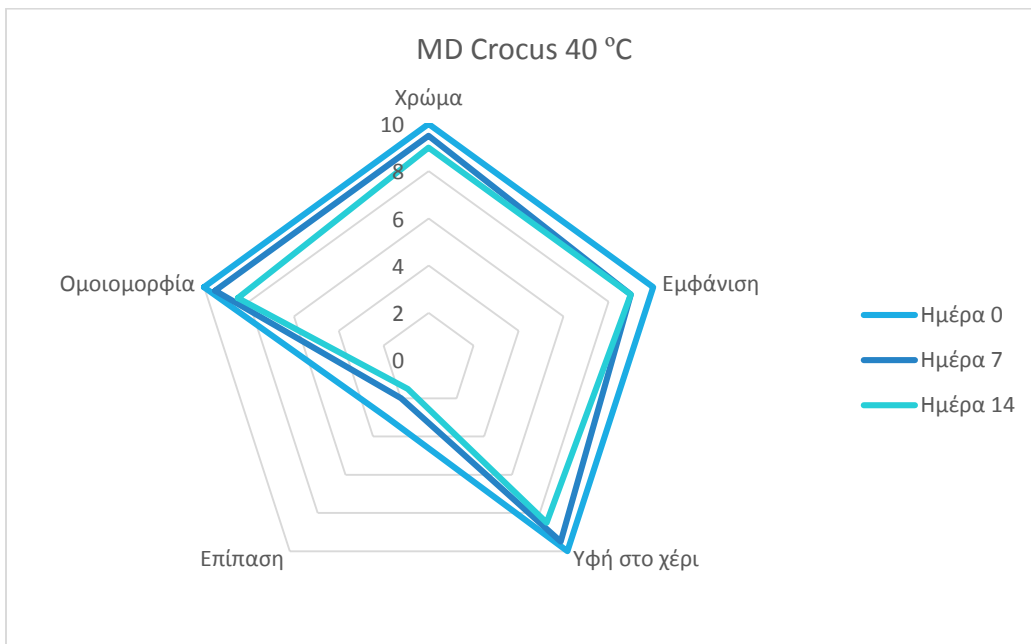
Διάγραμμα 84: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας με εγκλεισμένες χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης σε αραβικό κόμμι-τροποποιημένο άμυλο κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία.



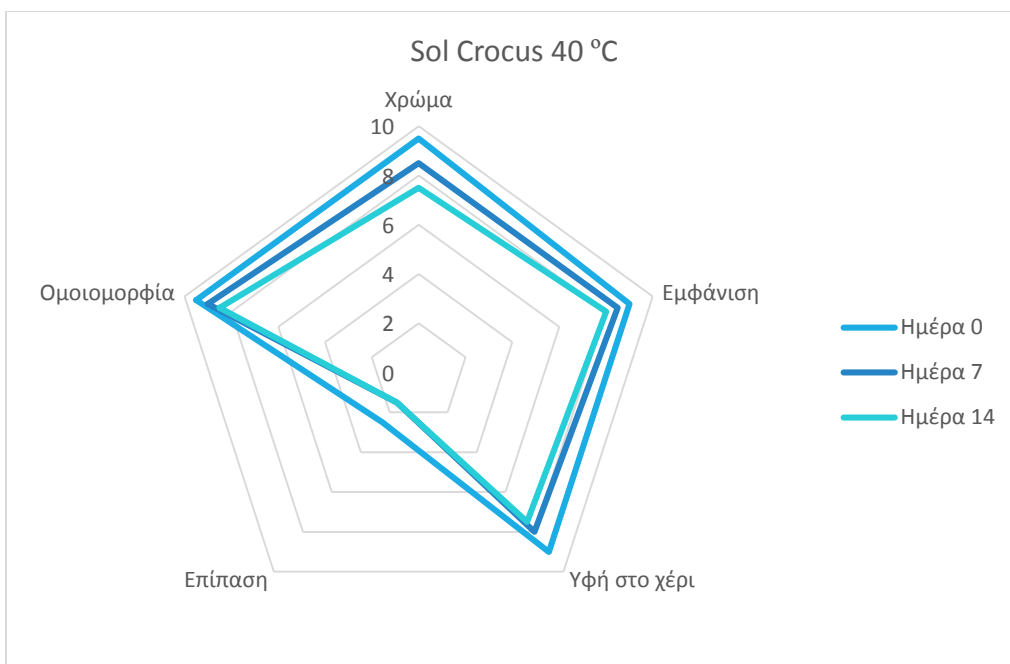
Διάγραμμα 85: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίγλας με εγκλεισμένες χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης σε τροποποιημένο άμυλο-μαλτοδεξτρίνη-χιτοζάνη κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία.



Διάγραμμα 86: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίχλας με εγκλεισμένες χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης σε τροποποιημένο άμυλο-χιτοζάνη κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία



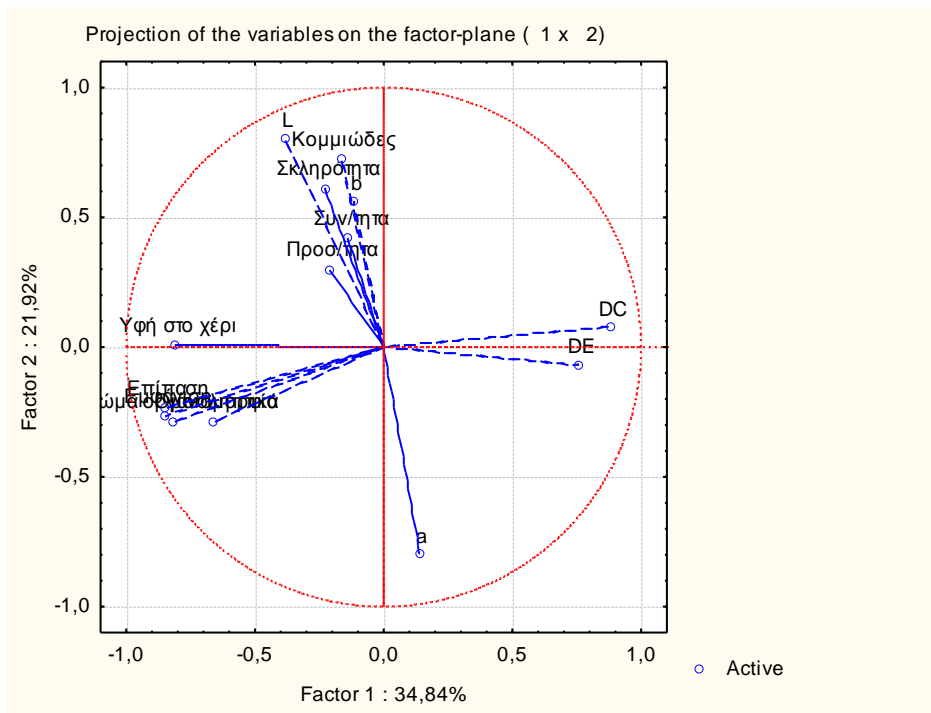
Διάγραμμα 87: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίχλας με εγκλεισμένες χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης σε μαλτοδεξτρίνη κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία



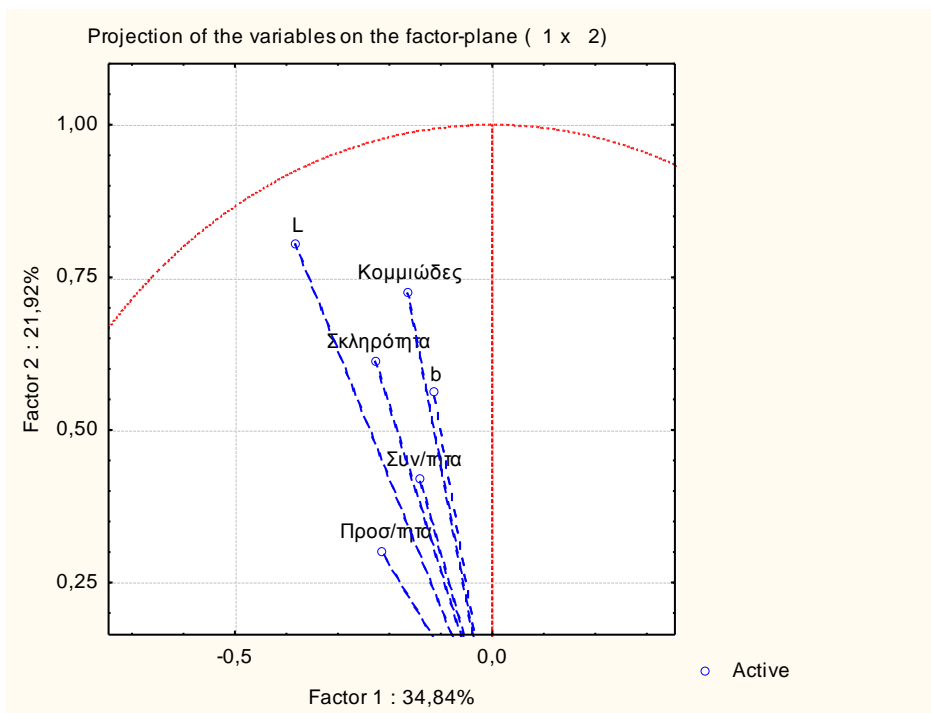
Διάγραμμα 88: Οργανοληπτικός έλεγχος δειγμάτων τσίχλας με χρωστικές ουσίες από εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης κατά την αποθήκευσή τους σε ακραία θερμοκρασία

g) Ανάλυση συσχέτισης

Πραγματοποιήθηκε ανάλυση κύριων συνιστωσών (PCA) για τα δείγματα του Πειράματος 3. Στο Διάγραμμα 89 και στο διάγραμμα 90 παρουσιάζεται Ανάλυση συσχέτισης των μελετώμενων μεταβλητών για τα δείγματα του Πειράματος 3 φαίνεται η συσχέτιση των μεταβλητών που μελετήθηκαν. Επαναλαμβάνεται πως οι μεταβλητές που μελετήθηκαν χωρίζονται στις αντικειμενικές (παράγοντες χρώματος, σκληρότητα, προσκολλησιμότητα, συνεκτικότητα, κομμιώδες) και στις οργανοληπτικές (χρώμα, εμφάνιση, υφή στο χέρι, επίταση, ομοιομορφία). Όπως είναι εμφανές από το διάγραμμα 85, όλα τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά επιδρούν σημαντικά στην πρώτη κύρια συνιστώσα του πειράματος (34,84%) όπως και οι υπολογισμένες μεταβολές DC, DE, ενώ η σκληρότητα, το κομμιώδες και οι παράγοντες L, a και b επηρεάζουν την δεύτερη κύρια συνιστώσα του πειράματος (21,92%). Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά φαίνονται να συσχετίζονται όλα μεταξύ τους, όπως συμβαίνει και για τις αντικειμενικές μετρήσεις από τον αναλυτή υφής και το χρωματόμετρο.



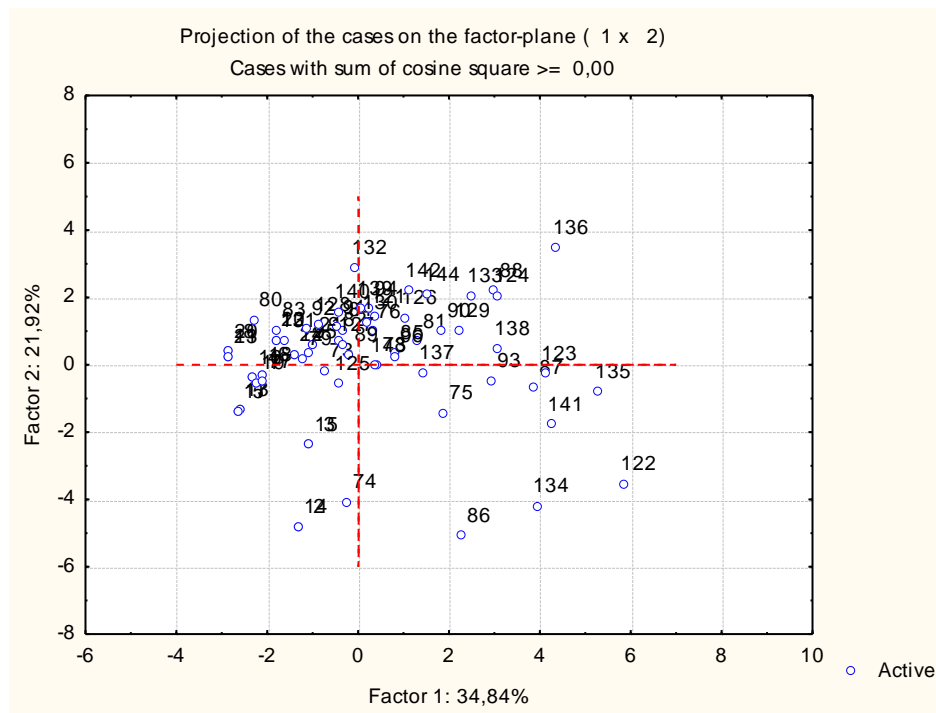
Διάγραμμα 89: Ανάλυση συσχέτισης των μελετώμενων μεταβλητών για τα δείγματα του Πειράματος 2



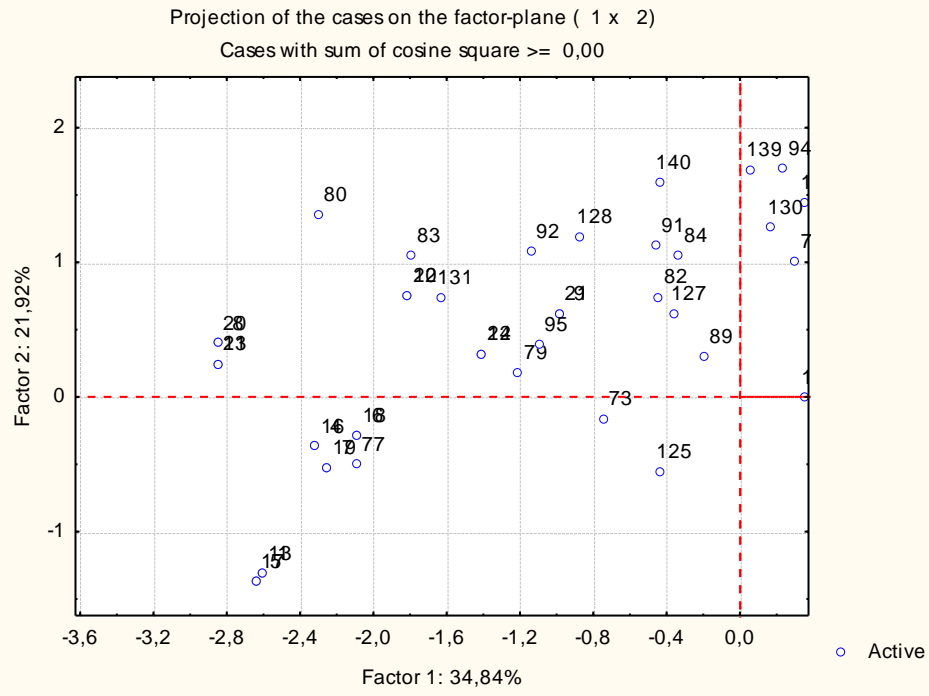
Διάγραμμα 90: Μεγέθυνση του δευτέρου τεταρτημορίου του Διαγράμματος 89

Στο Διάγραμμα 91 παρουσιάζεται η συσχέτιση των δειγμάτων, ενώ στα Διαγράμματα Διάγραμμα 92 και Διάγραμμα 93 φαίνονται τμήματα σε μεγέθυνση για καλύτερη

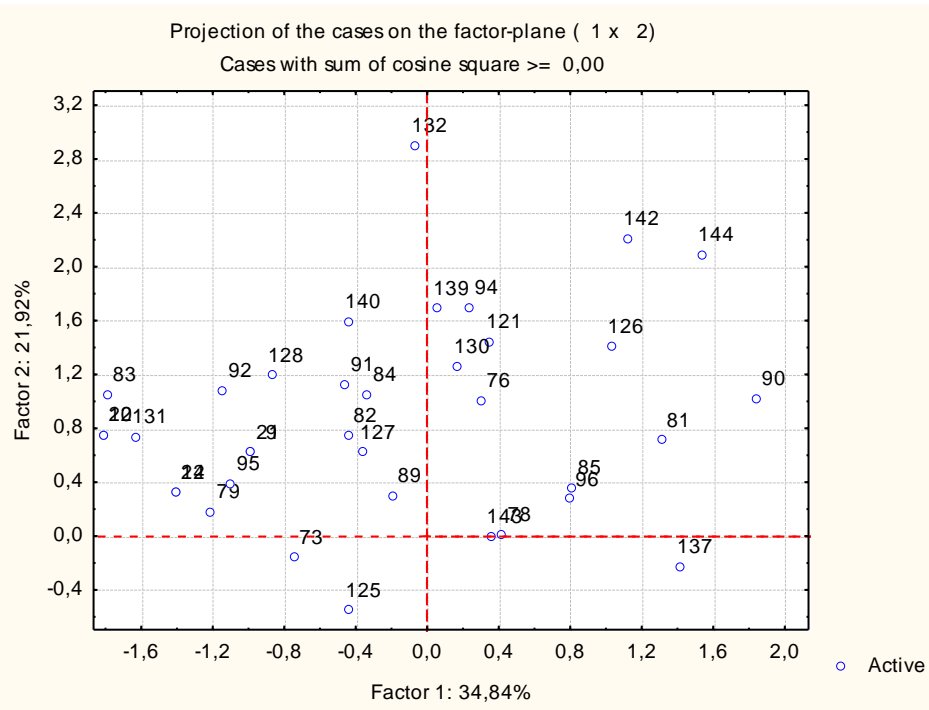
κατανόηση. Οι ομάδες που φαίνεται να σχηματίζονται αφορούν κυρίως το χρώμα, καθώς τα κοινά στοιχεία των δειγμάτων αφορούν τους παράγοντες L,a,b αλλά και την οργανοληπτική αξιολόγησή του χρώματος. Μία ομάδα αποτελούν τα σημεία 6,9,14,16,77,135(δεύτερο τεταρτημόριο), τα οποία αντιστοιχούν σε δείγματα με εκχύλισμα χρωστικής από παντζάρι εγκλεισμένα σε διαφορετικούς φορείς και για τις δύο θερμοκρασίες αποθήκευσης. Μία άλλη ομάδα σχηματίζεται από τα σημεία 140,139,94,130, (πρώτο τεταρτημόριο) τα οποία αντιστοιχούν σε δείγματα με εκχύλισμα χρωστικών από κρόκο Κοζάνης σε διαφορετικούς φορείς εγκλεισμού για την ακραία θερμοκρασία αποθήκευσης στις διάφορες ημέρες μετρήσεων.



Διάγραμμα 91: Ανάλυση συσχέτισης των δειγμάτων του Πειράματος 2



Διάγραμμα 92: Μεγέθυνση του τμήματος (-3-0,-1,5-2)



Διάγραμμα 93: Μεγέθυνση του τμήματος(-1,6-2,-0,4-3,2)

Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα και προτάσεις

6.1 Συμπεράσματα

Επίδραση γλυκαντικών στην τσίχλα

Στην παρούσα διπλωματική εργασία μελετήθηκε η επίδραση των γλυκαντικών (σακχαρόζη, σορβιτόλη) στα αντικειμενικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά δειγμάτων τσίχλας, δηλαδή μελετήθηκε η μεταβολή στην υφή και στην απελευθέρωση αρωμάτων κατά τη μάσηση, καθ' όλη τη χρονική διάρκεια αποθήκευσής τους σε ακραία θερμοκρασία και θερμοκρασία περιβάλλοντος.

Τα φαινόμενα υποβάθμισης που συντελούνται κατά την αποθήκευσή των δειγμάτων ήταν ιδιαίτερα έντονα στα δείγματα τσίχλας με μερική αντικατάσταση γλυκαντικών με γλυκοζίτες στεβιόλης. Τα δείγματα αυτά αποθηκεύτηκαν μόνο σε θερμοκρασία περιβάλλοντος λόγω της αποδόμησης τους στην ακραία θερμοκρασία, διαχωρισμός των γλυκαντικών από το κόμμι βάσης. Σε αντίθεση, η υφή των δειγμάτων με σακχαρόζη και σορβιτόλη δεν μεταβλήθηκε σημαντικά, οι όποιες διακυμάνσεις πιθανόν να οφείλονται στην εργαστηριακή παραγωγική διαδικασία.

Το αιθέριο έλαιο μάραθου και λεμονιού που χρησιμοποιήθηκε στα δείγματα τσίχλας ως άρωμα, δεν εμφάνισε σημαντικές μεταβολές στην συγκέντρωση των αρωματικών ενώσεων όπως ήταν αναμενόμενο λόγω της σταθερής σύνθεσης του. Ωστόσο, οργανοληπτικά οι δοκιμαστές αντιλαμβάνονταν σε μικρότερο βαθμό το άρωμα, αυτό οφείλεται στην μεταβολή των χαρακτηριστικών της υφής κατά τη μάσηση με την πάροδο του χρόνου.

Επίδραση φορέα εγκλεισμού στο χρώμα

Στο δεύτερο μέρος των πειραμάτων μελετήθηκε η επίδραση εγκλεισμένων και μη φυσικών χρωστικών σε δείγματα τσίχλας. Οι φορείς εγκλεισμού που επιλέχθηκαν ήταν αραβικό κόμμι, μαλτοδεξτρίνη, συνδυασμός αραβικού κόμμιος και τροποποιημένου αμύλου, συνδυασμός τροποποιημένου αμύλου με μαλτοδεξτρίνη και χιτοζάνη, συνδυασμός χιτοζάνης με τροποποιημένο άμυλο, και συνδυασμός τροποποιημένου αμύλου και

χιτοζάνης. Ενώ οι χρωστικές που επιλέχθηκαν ήταν εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης και εκχύλισμα παντζαριού. Κάθε φορέας εγκλεισμού εμφάνισε μεγάλη διαφοροποίηση από τους άλλους τόσο σε επίπεδο χρώματος όσο και σε επίπεδο υφής του τελικού προϊόντος. Η υφή των δειγμάτων και στις δύο θερμοκρασίες αποθήκευσης παρουσίασε πολύ μικρή μεταβολή με την πάροδο του χρόνου. Δε συνέβη όμως το ίδιο με το χρώμα των δειγμάτων, ειδικά αυτών με χρωστική από εκχύλισμα παντζαριού. Με την πάροδο του χρόνου το χρώμα των δειγμάτων τσίγλας που αποθηκεύτηκαν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος σταδιακά εξασθενούσε, ενώ ο ρυθμός εξασθένησης ήταν μεγαλύτερος στην ακραία θερμοκρασία. Τα δείγματα τσίγλας με εκχύλισμα κρόκου Κοζάνης εμφάνισαν μεγαλύτερη σταθερότητα στην ακραία θερμοκρασία διατηρώντας αναλλοίωτα τα χαρακτηριστικά τους.

Η βέλτιστη απόδοση και μεγαλύτερη σταθερότητα των χρωστικών ουσιών εξασφαλίστηκε από τη μαλτοδεξτρίνη και ακολούθησε ο συνδυασμός αραβικού κόμμεος με τροποποιημένο άμυλο, ενώ ο τριπλός συνδυασμός μαλτοδεξτρίνης με τροποποιημένο άμυλο και χιτοζάνη κρίνεται μη αποτελεσματικός για το χρωματισμό δειγμάτων τσίγλας.

6.2 Προτάσεις για το μέλλον

Η τσίγλα με εναλλακτικά γλυκαντικά έχει κυριαρχήσει στην αγορά έναντι της τσίγλας με σακχαρόζη για ιατρικούς λόγους. Η επόμενη ανάγκη του καταναλωτή που καλείται να ικανοποιήσει η βιομηχανία της τσίγλας και εν γένει των τροφίμων είναι η αντικατάσταση των χημικών ουσιών με αντίστοιχες φυτικής προέλευσης. Τα εναλλακτικά γλυκαντικά, σορβιτόλη, ξυλιτόλη, η μανιτόλη παράγονται με χημικές μεθόδους με πρώτες ύλες παραπροϊόντα άλλων βιομηχανικών διαδικασιών, ενώ οι γλυκοζίτες στεβιόλης απομονώνονται από τα φύλλα του θάμνου *Stevia rebaudiana*. Η φυτική προέλευσης των γλυκοζιτών στεβιόλης και το μηδενικό θερμιδικό περιεχόμενο τους προκαλεί το ενδιαφέρον καταναλωτών, ερευνητών και εταιρειών.

Όσον αφορά στην εφαρμογή σε τσίγλες απαιτείται η βελτίωση της σταθερότητας του τελικού προϊόντος, είναι πολύ πιθανό να επιτευχθεί με πρότερο εγκλεισμό των γλυκοζιτών στεβιόλης.

Τα εναλλακτικά γλυκαντικά δεν είναι τα μόνα συστατικά της τσίγλας χημικής σύνθεσης, το ίδιο ισχύει και για τις επικρατούσες χρωστικές ουσίες. Χημικά συντεθειμένες ουσίες με μεγάλη χρωστική ικανότητα και αυξημένη σταθερότητα. Οι παραπάνω ιδιότητες είναι δύσκολο να επιτευχθούν από χρωστικές φυτικής προέλευσης χωρίς βέβαια να είναι ανεπίτευκτες. Στη φύση συναντώνται πληθώρα ουσιών με χρωστική ικανότητα και με εγκλεισμός αυτών σε κατάλληλο φορέα είναι δυνατή η σταθεροποίηση και η αυξημένη απόδοση τους. Ενδεικτικά, φυσικές χρωστικές ουσίες απομονώνονται από καρότο, σμέουρα, παντζάρια, μπαχαρικά όπως η πάπρικα, ο κουρκουμάς, ο κρόκος Κοζάνης κ.α.

Βιβλιογραφία

Al-Jabri N.N., Hossain M.A., (2014) Comparative chemical composition and antimicrobial activity study of essential oils from two imported lemon fruits samples against pathogenic bacteria, Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences doi:10.1016/j.bjbas.2014.10.011

Barabolak R., Hoerman K., Kroll B., Record D., (1991). Gum chewing profiles in the U.S population, Community Dent Oral Epidemiol, 19, 125-126.

Belitz H.-D., Grosch W., Schieberle P., (2004). Food Chemistry, Springer Verlag Berlin Heidelberg.

Bender D.A., (2006). Benders' dictionary of nutrition and food technology, Woodhead Publishing Limited.

Branen L.A., Davidson M.P., Salminen S. Thorngate III J.H., (2002). Food Additives, Revised and Expanded, Marcel Dekker, Inc.

Chranioti C., Tzia K., (2012). Binary mixtures of modified Starch, maltodextrin and chitosan as efficient encapsulating agents of fennel oleoresin, Food and Bioprocess Technology, doi 10.1007/s11947-012-0966-7.

Chranioti C., Tzia K., (2013). Arabic gum mixtures as encapsulating agents of freeze-dried fennel oleoresin, Products Food and Bioprocess Technology, doi 10.1007/s11947-013-1074-z.

Cui S.W., (2005). Food Carbohydrates, Chemistry, Physical Properties and Applications, CRC Press, Taylor & Francis Group.

Davidson J. M., Linforth R. S. T., Hollowood T.A., Taylor A.J., (1999). Effect of sucrose on the perceived flavor intensity of chewing gum, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47, 4336-4340.

Embuscado M.E., Huber K.C., (2009). Edible films and coatings for food applications, Springer Dordrecht Heidelberg.

Ertas I. E., Gungorduk K., Ozdemir A., Solmaz U., Dogan A., Yildirim Y., (2013). Influence of gum chewing on postoperative bowel activity after complete staging surgery for gynecological malignancies: A randomized controlled trial, *Gynecologic Oncology*, 131, 118-122

Haahr A. M., Bardow A., Thomsen C.E., Jensen S.B., Nauntofte B, Bakke M., Adler-Nissen J., Bredie W.L.P., (2004). Release of peppermint flavour compounds from chewing gum: effect of oral functions, *Physiology & Behavior*, 82, 531-540.

Hendrickson, R., (1976). *The Great American Chewing Gum Book*. Chilton Book Company.

Imfeld T., (1999). Chewing Gum- Facts and fiction: a review of gum-chewing and oral health, *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 10:405, doi: 10.1177/10454411990100030901.

Jain H., Shah M., Shah B., Pasha T.Y., (2010). Medicated Chewing Gum: A Novel Oral Drug Delivery, *International Journal of Drug Formulation & Research*, 1, 80-96.

Kilcast D., Subramanian P., (2000) *The stability and shelf-life of food*, Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC

Kinghorn A.D., (2002) *Stevia*, Taylor & Francis

Kress-Rogers E., Brimelow C.J.B., (2001) *Instrumentation and sensors for the food industry*, Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC

Lakkis J., (2007). *Encapsulation and controlled release technologies in food systems*, Blackwell Publishing, Chapter 8.

MacDougall D.B., (2002). *Colour in food, Improving Quality*, Woodhead Publishing Limited.

Marsill R., (2002). *Flavor, Fragrance and Odor Analysis*, Marcel Dekker, Inc.

Mitchell H., (2006) *Sweeteners and sugar alternatives in food technology*, Blackwell Publishing

Neyrad E., Prinz J., Dransfield E., (2003). NaCl and sugar release, salivation and taste during mastication of salted chewing gum, *Physiology & Behavior*, 79, 731-737.

Nussinovitch A., (2010). Plant Gum Exudates of the world, Sources, Distribution, Properties and Applications, CRC Press, Taylor & Francis Group.

Ogawa, K., Tezuka, S., Terasawa, M., Iwata, S. (1979) Center-filled chewing gum. Lotte Co., Ltd.

Pandey R. M., Upadhyay S. K. Food Additive

Pokorny J., N Yanishlieva N., Gordon M., (2001) Antioxidants in Food, Practical Applications, Woodhead Publishing Ltd

Potineni R.V., Peterson D. G., (2008). Influence of flavor solvent on flavor release and perception in sugar free chewing gum, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56, 3254-3259.

Potineni R.V., Peterson D. G., (2008). Mechanisms of flavor release in chewing gum: Cinnamaldehyde, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56, 3260-3267.

Reineccius G., (2006). Flavor chemistry and Technology, CRC Press, Taylor & Francis Group.

Roos K. B., (2003). Effect of texture and microstructure on flavor retention and release, International Dairy Journal, 13, 593-605.

Shahidi F., Arachchi J.K.V., Jeon You-Jin, (1999). Food applications of chitin and chitosans, Trends in Food Science & Technology, 10, 37-51.

Sikorski Z.E., (2007). Chemical and Functional Properties of Food Components, CRC Press, Taylor & Francis Group.

Socaciu C., (2008). Food Colorants, Chemical and Functional Properties, CRC Press, Taylor & Francis Group.

Stephen A.M., Glyn O. P., Williams P. A., (2006). Food Polysaccharides and their applications, CRC Press, Taylor & Francis Group.

Tomasik P., (2004). Chemical and Functional Properties of Food Saccharides, CRC Press, Taylor & Francis Group.

U.S. patent 4,157,402.

Varzakas T., Labropoulos A., Anestis S., (2012). Sweeteners: Nutritional aspects, applications and production technology, CRC Press Taylor & Francis Group

Watson D.H., (2000). Food chemical safety, Volume 2: Additives, CRC Press, Taylor & Francis Group.

Wong W.S., Bin Yu, Curran P., Zhou W., (2009). Characterising the release of flavour compounds from chewing gum through HS-SPME analysis and mathematical modelling, Food Chemistry, 114, 852-858, doi:10.1016/j.foodchem.2008.10.030.

Zhao Y., (2007) Berry Fruit Value-Added Products for Health Promotion, CRC Press, Taylor & Francis Group.

Χρανιώτη Χ., (2014) Μικροεγκλεισμός αρωματικών, χρωστικών και γευστικών παραγόντων τροφίμων σε δομές πολυμερών, Αθήνα Ε.Μ.Π

Παράρτημα

Univariate Tests of Significance for Σκληρότητα (σκληρότητα)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	24311,74	1	24311,74	570,0632	0,000000
Time	1268,90	12	105,74	2,4794	0,008944
Temperature	0,08	1	0,08	0,0018	0,966195
Sweetener	883,41	1	883,41	20,7141	0,000021
Aroma	25,39	1	25,39	0,5953	0,442906
Error	3070,62	72	42,65		

Figure 1 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στη σκληρότητα των δειγμάτων του πρώτου σκέλους της 1^{ης} σειράς Πειραμάτων

Duncan test; variable Σκληρότητα			
Homogenous Groups, alpha = ,1			
Error: Between MS = 42,647, df			
Cell No.	Time	Σκληρότητα Mean	
1	1	9,02925	****
2	2	13,44825	**** ****
3	3	16,04413	**** ****
13	13	17,43825	****
12	12	18,43342	****
4	4	18,61925	****
11	11	19,40433	****
5	5	19,50150	****
6	6	20,25617	****
9	9	20,72550	****
7	7	21,80275	****
8	8	21,81129	****
10	10	22,23792	****

Figure 2 Duncan's test (σκληρότητα, t)

Duncan test; variable Σκληρότητα (σκληρότητα)			
Homogenous Groups, alpha = ,05000			
Error: Between MS = 42,647, df = 72,			
Cell No.	Sweetener	Σκληρότητα Mean	
1	1	15,01298	****
2	2	21,34976	****

Figure 3 Duncan's test (σκληρότητα, είδος γλυκαντικού)

Univariate Tests of Significance for Προσκολλησιμότητα Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,014744	1	0,014744	55,50661	0,000000
Time	0,003940	12	0,000328	1,23625	0,276102
Temperature	0,002134	1	0,002134	8,03495	0,005951
Sweetener	0,006217	1	0,006217	23,40630	0,000007
Aroma	0,000516	1	0,000516	1,94097	0,167849
Error	0,019124	72	0,000266		

Figure 4 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στη προσκολλησιμότητα των δειγμάτων του πρώτου σκέλους της 1^{ης} σειράς Πειραμάτων

Duncan test; variable Προσκολλησιμότητα (στασι) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00027, df = 72,000				
Cell No.	Temperature	Προσκολλησιμότητα Mean	1	2
2	2	-0,018037	****	
1	1	-0,008865		****

Figure 5 Duncan's test (προσκολλησιμότητα, θερμοκρασία)

Duncan test; variable Προσκολλησιμότητα (στασι) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00027, df = 72,000				
Cell No.	Sweetener	Προσκολλησιμότητα Mean	1	2
2	2	-0,021023	****	
1	1	-0,004212		****

Figure 6 Duncan's test (προσκολλησιμότητα, είδος γλυκαντικού)

Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	314,8637	1	314,8637	601,4266	0,000000
Time	9,2752	12	0,7729	1,4764	0,153306
Temperature	0,1017	1	0,1017	0,1943	0,660649
Sweetener	0,0512	1	0,0512	0,0977	0,755503
Aroma	0,2921	1	0,2921	0,5579	0,457521
Error	37,6940	72	0,5235		

Figure 7 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στη συνεκτικότητα των δειγμάτων του πρώτου σκέλους της 1^{ης} σειράς Πειραμάτων

Effect	Univariate Tests of Significance for Κομμιώδες (στατιστ Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	95336,44	1	95336,44	499,0818	0,000000
Time	2570,52	12	214,21	1,1214	0,356942
Temperature	31,89	1	31,89	0,1669	0,684073
Sweetener	2577,85	1	2577,85	13,4949	0,000457
Aroma	135,97	1	135,97	0,7118	0,401638
Error	13753,70	72	191,02		

Figure 8 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στο κομμιώδες των δειγμάτων του πρώτου σκέλους της 1^{ης} σειράς Πειραμάτων

Cell No.	Duncan test; variable Κομμιώδες (στα Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 191,02, df = 72		
	Sweetener	Κομμιώδες Mean	1 2
1	1	30,15007	****
2	2	40,97481	****

Figure 9 Duncan's test (κομμιώδες, είδος γλυκαντικού)

Effect	Univariate Tests of Significance for Χρώμα (στατιστικά Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	5860,766	1	5860,766	133202,2	0,000000
Time	14,028	12	1,169	26,6	0,000000
Temperature	0,147	1	0,147	3,3	0,072000
Sweetener	1,080	1	1,080	24,6	0,000005
Aroma	0,160	1	0,160	3,6	0,060674
Error	3,168	72	0,044		

Figure 10 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στο χρώμα των δειγμάτων του πρώτου σκέλους της 1^{ης} σειράς Πειραμάτων

Duncan test; variable Χρώμα (στατιστικά) Homogenous Groups, alpha = ,05000 (Non Error: Between MS = ,04400, df = 72,000							
Cell No.	Time	Χρώμα Mean	1	2	3	4	5
9	9	8,62500	****				
8	8	8,75000	****	****			
6	6	8,81250	****	****	****		
7	7	8,81250	****	****	****		
10	10	8,87500	****	****	****		
13	13	8,87500	****	****	****		
11	11	8,87500	****	****	****		
12	12	8,87500	****	****	****		
5	5	8,93750		****	****		
4	4	9,06250			****		
3	3	9,46875				****	
2	2	9,50000				****	
1	1	10,00000					****

Figure 11 Duncan's test (χρώμα, t)

Duncan test; variable Χρώμα (στατιστικά) Homogenous Groups, alpha = ,05 Error: Between MS = ,04400, df =				
Cell No.	Sweetener	Χρώμα Mean	1	2
1	1	8,954545	****	
2	2	9,176136		****

Figure 12 Duncan's test (χρώμα, είδος γλυκαντικού)

Univariate Tests of Significance for Εμφάνιση (στατιστικά) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	5851,054	1	5851,054	105523,0	0,000000
Time	24,362	12	2,030	36,6	0,000000
Temperature	0,730	1	0,730	13,2	0,000529
Sweetener	1,438	1	1,438	25,9	0,000003
Aroma	0,035	1	0,035	0,6	0,430827
Error	3,992	72	0,055		

Figure 13 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στη συνολική εμφάνιση των δειγμάτων του πρώτου σκέλους της 1^{ης} σειράς Πειραμάτων

Duncan test; variable Εμφάνιση (στατιστικά) Homogenous Groups, alpha = ,05000 (Non-Exhaustive) Error: Between MS = ,05545, df = 72,000									
Cell No.	Time	Εμφάνιση Mean	1	2	3	4	5	6	7
9	9	8,46875	****						
11	11	8,50000	****						
12	12	8,50000	****						
13	13	8,50000	****						
8	8	8,75000	****	****					
10	10	8,75000	****	****					
7	7	8,90625		****	****				
6	6	9,06250			****	****			
5	5	9,25000				****	****		
4	4	9,43750					****	****	
3	3	9,56250						****	
2	2	9,90625							****
1	1	10,00000							****

Figure 14 Duncan test (συνολική εμφάνιση, t)

Duncan test; variable Εμφάνιση () Homogenous Groups, alpha = ,0 Error: Between MS = ,05545, df :			
Cell No.	Temperature	Εμφάνιση Mean	1
1	1	9,115385	****
2	2	9,159722	****

Figure 15 Duncan's test (συνολική εμφάνιση, θερμοκρασία)

Duncan test; variable Εμφάνιση (στα Homogenous Groups, alpha = ,0500 Error: Between MS = ,05545, df = 72				
Cell No.	Sweetener	Εμφάνιση Mean	1	2
1	1	9,005682	****	
2	2	9,261364		****

Figure 16 Duncan's test (συνολική εμφάνιση, είδος γλυκαντικού)

Univariate Tests of Significance for Υφή στο Χέρι (στατ) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	4752,500	1	4752,500	14592,41	0,000000
Time	40,237	12	3,353	10,30	0,000000
Temperature	6,420	1	6,420	19,71	0,000032
Sweetener	9,393	1	9,393	28,84	0,000001
Aroma	0,035	1	0,035	0,11	0,744701
Error	23,449	72	0,326		

Figure 17 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στην υφή στο χέρι των δειγμάτων του πρώτου σκέλους της 1^{ης} σειράς Πειραμάτων

Duncan test; variable Υφή στο Χέρι (στατιστικά) Homogenous Groups, alpha = ,05000 (Non-Exhaustive) Error: Between MS = ,32568, df = 72,000								
Cell No.	Time	Υφή στο Χέρι Mean	1	2	3	4	5	6
9	9	7,468750	****					
13	13	7,500000	****					
12	12	7,562500	****					
8	8	7,750000	****	****				
11	11	7,812500	****	****				
10	10	7,937500	****	****	****			
7	7	8,031250	****	****	****	****		
6	6	8,218750	****	****	****	****		
5	5	8,437500		****	****	****		
4	4	8,625000			****	****	****	
3	3	8,750000				****	****	
2	2	9,281250					****	****
1	1	9,437500						****

Figure 18 Duncan's test (υφή στο χέρι, t)

Duncan test; variable Υφή στο Χέρι (στατιστικά) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,32568, df = 72,000				
Cell No.	Temperature	Υφή στο Χέρι Mean	1	2
2	2	8,145833	****	
1	1	8,423077		****

Figure 19 Duncan's test (υφή στο χέρι, θερμοκρασία)

Duncan test; variable Υφή στο Χέρι (στατιστικά) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,32568, df = 72,000				
Cell No.	Sweetener	Υφή στο Χέρι Mean	1	2
1	1	7,982955	****	
2	2	8,636364		****

Figure 20 Duncan's test (υφή στο χέρι, είδος γλυκαντικού)

Univariate Tests of Significance for Οσμή (στατιστικά) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	5422,343	1	5422,343	79262,67	0,000000
Time	53,130	12	4,428	64,72	0,000000
Temperature	1,918	1	1,918	28,03	0,000001
Sweetener	0,518	1	0,518	7,57	0,007508
Aroma	0,256	1	0,256	3,75	0,056801
Error	4,926	72	0,068		

Figure 21 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στην οσμή των δειγμάτων του πρώτου σκέλους της 1^{ης} σειράς Πειραμάτων

Duncan test; variable Οσμή (στατιστικά)										
Homogenous Groups, alpha = ,05000 (Non-Exhaustive Se										
Error: Between MS = ,06841, df = 72,000										
Cell No.	Time	Οσμή Mean	1	2	3	4	5	6	7	8
12	12	7,75000	****							
13	13	7,75000	****							
11	11	8,00000	****	****						
9	9	8,09375		****	****					
10	10	8,12500		****	****					
8	8	8,34375			****	****				
7	7	8,46875				****	****			
6	6	8,68750					****			
5	5	9,15625						****		
4	4	9,59375							****	
3	3	9,68750							****	****
2	2	9,81250							****	****
1	1	10,00000								****

Figure 22 Duncan's test (οσμή, t)

Duncan test; variable Οσμή (στα			
Homogenous Groups, alpha = ,			
Error: Between MS = ,06841, d			
Cell No.	Temperature	Οσμή Mean	1
1	1	8,841346	****
2	2	8,930556	****

Figure 23 Duncan's test (οσμή, θερμοκρασία)

Duncan test; variable Οσμή (στατιστικά)				
Homogenous Groups, alpha = ,050				
Error: Between MS = ,06841, df =				
Cell No.	Sweetener	Οσμή Mean	1	2
1	1	8,801136	****	
2	2	8,954545		****

Figure 24 Duncan's test (οσμή, είδος γλυκαντικού)

Univariate Tests of Significance for Γεύση (στατιστικά)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	5511,154	1	5511,154	129997,1	0,000000
Time	42,339	12	3,528	83,2	0,000000
Temperature	3,556	1	3,556	83,9	0,000000
Sweetener	0,683	1	0,683	16,1	0,000145
Aroma	0,444	1	0,444	10,5	0,001834
Error	3,052	72	0,042		

Figure 25 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στη γεύση των δειγμάτων του πρώτου σκέλους της 1^{ης} σειράς Πειραμάτων

		Duncan test; variable Γεύση (στατιστικά) Homogenous Groups, alpha = ,05000 (Non-Exhaustive S Error: Between MS = ,04239, df = 72,000								
Cell No.	Time	Γεύση Mean	1	2	3	4	5	6	7	8
13	13	7,87500	****							
12	12	7,93750	****							
9	9	8,21875		****						
11	11	8,31250		****						
8	8	8,43750		****	****					
10	10	8,56250			****	****				
7	7	8,62500			****	****				
6	6	8,71875				****				
5	5	9,09375					****			
4	4	9,37500						****		
3	3	9,65625							****	
2	2	9,81250							****	****
1	1	10,00000								****

Figure 26 Duncan's test (γεύση, t)

		Duncan test; variable Γεύση (στατιστικά) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,04239, df = 72		
Cell No.	Temperature	Γεύση Mean	1	2
2	2	8,881944	****	
1	1	8,971154		****

Figure 27 Duncan's test (γεύση, θερμοκρασία)

		Duncan test; variable Γεύση (στατιστικά) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,04239, df = 72		
Cell No.	Sweetener	Γεύση Mean	1	2
2	2	8,846591	****	
1	1	9,022727		****

Figure 28 Duncan's test (γεύση, είδος γλυκαντικού)

		Duncan test; variable Γεύση (στατιστικά) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,04239, df = 72		
Cell No.	Aroma	Γεύση Mean	1	2
2	2	8,863636	****	
1	1	9,005682		****

Figure 29 Duncan's test (γεύση, είδος αιθέριου ελαίου)

Univariate Tests of Significance for Υφή στο Στόμα (σ Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	4362,738	1	4362,738	34283,85	0,000000
Time	84,970	12	7,081	55,64	0,000000
Temperature	7,670	1	7,670	60,27	0,000000
Sweetener	0,102	1	0,102	0,80	0,372979
Aroma	5,253	1	5,253	41,28	0,000000
Error	9,162	72	0,127		

Figure 30 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στην υφή στο στόμα των δειγμάτων του πρώτου σκέλους της 1^{ης} σειράς Πειραμάτων

Duncan test; variable Υφή στο Στόμα (στατιστικά) Homogenous Groups, alpha = ,05000 (Non-Exhaustive Search) Error: Between MS = ,12725, df = 72,000										
Cell No.	Time	Υφή στο Στόμα Mean	1	2	3	4	5	6	7	8
13	13	6,625000	****							
12	12	6,687500	****							
11	11	6,937500	****	****						
9	9	7,000000	****	****						
10	10	7,250000		****						
8	8	7,312500		****						
7	7	7,781250			****					
6	6	8,031250			****	****				
5	5	8,375000				****	****			
4	4	8,687500					****	****		
3	3	9,031250						****	****	
2	2	9,281250							****	****
1	1	9,500000								****

Figure 31 Duncan's test (υφή στο στόμα, t)

Duncan test; variable Υφή στο Στόμα (c Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,12725, df = 72,0			
Cell No.	Temperature	Υφή στο Στόμα Mean	1
2	2	8,006944	****
1	1	8,110577	****

Figure 32 Duncan's test (υφή στο στόμα, θερμοκρασία)

Duncan test; variable Υφή στο Στόμα Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,12725, df = 72				
Cell No.	Aroma	Υφή στο Στόμα Mean	1	2
2	2	7,823864	****	
1	1	8,312500		****

Figure 33 Duncan's test (υφή στο στόμα, είδος αιθέριου ελαίου)

Effect	Univariate Tests of Significance for Άρωμα (Γεύση/ Οσμή) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	5747,102	1	5747,102	124332,9	0,000000
Time	28,047	12	2,337	50,6	0,000000
Temperature	6,722	1	6,722	145,4	0,000000
Sweetener	0,059	1	0,059	1,3	0,262027
Aroma	0,513	1	0,513	11,1	0,001364
Error	3,328	72	0,046		

Figure 34 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στο άρωμα(γεύση/οσμή) των δειγμάτων του πρώτου σκέλους της 1ης σειράς Πειραμάτων

		Duncan test; variable Άρωμα (Γεύση/ Οσμή) (στατιστικά) Homogenous Groups, alpha = ,05000 (Non-Exhaustive Search) Error: Between MS = ,04622, df = 72,000								
Cell No.	Time	Άρωμα (Γεύση/ Οσμή) Mean	1	2	3	4	5	6	7	8
13	13	8,25000	****							
12	12	8,43000	****	****						
9	9	8,53125	****	****						
8	8	8,68750	****	****						
11	11	8,68750	****	****						
10	10	8,81250		****	****					
7	7	8,90625		****	****					
6	6	9,06250			****	****				
5	5	9,18750				****	****			
4	4	9,37500					****	****		
3	3	9,65625							****	
2	2	9,78125							****	****
1	1	10,00000								****

Figure 35 Duncan's test (άρωμα (γεύση/οσμή), t)

		Duncan test; variable Άρωμα (Γεύση/ Οσμή) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,04622, df = 72,000		
Cell No.	Temperature	Άρωμα (Γεύση/ Οσμή) Mean	1	2
2	2	8,937500	****	
1	1	9,239808		****

Figure 36 Duncan's test (άρωμα (γεύση/οσμή), θερμοκρασία)

		Duncan test; variable Άρωμα (Γεύση/ Οσμή) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,04622, df = 72,000		
Cell No.	Aroma	Άρωμα (Γεύση/ Οσμή) Mean	1	2
2	2	9,039773	****	
1	1	9,192500		****

Figure 37 Duncan's test (άρωμα (γεύση/οσμή), είδος αιθέριου ελαίου)

Univariate Tests of Significance for Διάρκεια- Ένταση- Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	4659,218	1	4659,218	50518,09	0,000000
Time	65,013	12	5,418	58,74	0,000000
Temperature	3,337	1	3,337	36,18	0,000000
Sweetener	0,480	1	0,480	5,21	0,025472
Aroma	0,230	1	0,230	2,50	0,118590
Error	6,640	72	0,092		

Figure 38 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στη διάρκεια-ένταση των δειγμάτων του πρώτου σκέλους της 1^{ης} σειράς Πειραμάτων

Duncan test; variable Διάρκεια- Ένταση- Συνολικό Αποτ. Homogenous Groups, alpha = ,05000 (Non-Exhaustive t) Error: Between MS = ,09223, df = 72,000									
Cell No.	Time	Διάρκεια- Ένταση- Συνολικό Αποτέλεσμα Mean	1	2	3	4	5	6	7
12	12	6,875000	****						
13	13	6,875000	****						
9	9	7,375000	****						
8	8	7,625000	****	****					
10	10	7,687500	****	****	****				
11	11	7,687500	****	****	****				
7	7	7,937500	****	****	****				
6	6	8,062500				****	****		
5	5	8,406250					****		
4	4	8,843750						****	
3	3	9,031250							****
2	2	9,406250							****
1	1	9,625000							****

Figure 39 Duncan's test (διάρκεια- ένταση, t)

Duncan test; variable Διάρκεια- Έντα Homogenous Groups, alpha = ,0500 Error: Between MS = ,09223, df = 72,000			
Cell No.	Temperature	Διάρκεια- Ένταση- Συνολικό Αποτέλεσμα Mean	1
1	1	8,259615	****
2	2	8,263889	****

Figure 40 Duncan's test (διάρκεια- ένταση, θερμοκρασία)

Duncan test; variable Διάρκεια- Έντασι Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,09223, df = 72,000				
Cell No.	Sweetener	Διάρκεια- Ένταση- Συνολικό Αποτέλεσμα Mean	1	2
2	2	8,187500	****	
1	1	8,335227		****

Figure 41 Duncan's test (διάρκεια-ένταση, είδος γλυκαντικού)

Univariate Tests of Significance for Αποδέσμευση Αρώματος Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	5073,344	1	5073,344	120392,2	0,000000
Time	40,318	12	3,360	79,7	0,000000
Temperature	0,000	1	0,000	0,0	1,000000
Sweetener	0,003	1	0,003	0,1	0,795878
Aroma	0,557	1	0,557	13,2	0,000518
Error	3,034	72	0,042		

Figure 42 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στην αποδέσμευση του αρώματος δειγμάτων του πρώτου σκέλους της 1ης σειράς Πειραμάτων

Duncan test; variable Αποδέσμευση Αρώματος (στατιστικά) Homogenous Groups, alpha = ,05000 (Non-Exhaustive Search) Error: Between MS = ,04214, df = 72,000											
Cell No.	Time	Αποδέσμευση Αρώματος Mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	13	7,250000	****								
12	12	7,500000		****							
11	11	7,625000		****	****						
9	9	7,843750			****	****					
10	10	7,875000				****					
8	8	8,125000					****				
7	7	8,406250						****			
6	6	8,500000							****		
5	5	8,750000								****	
4	4	9,031250									****
3	3	9,218750									****
2	2	9,250000									****
1	1	9,750000									****

Figure 43 Duncan test (αποδέσμευση αρώματος, t)

Duncan test; variable Αποδέσμευση Αρώματος Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,04214, df = 72,000				
Cell No.	Aroma	Αποδέσμευση Αρώματος Mean	1	2
2	2	8,465909	****	
1	1	8,625000		****

Figure 44 Duncan test (αποδέσμευση αρώματος, είδος αιθέριου ελαίου)

Univariate Tests of Significance for Μετάγευση (στατιστικά Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition)					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	5552,283	1	5552,283	26120,25	0,000000
Time	30,727	12	2,561	12,05	0,000000
Temperature	1,253	1	1,253	5,90	0,017667
Sweetener	9,393	1	9,393	44,19	0,000000
Aroma	13,330	1	13,330	62,71	0,000000
Error	15,305	72	0,213		

Figure 45 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στην μετάγευση των δειγμάτων του πρώτου σκέλους της 1^{ης} σειράς Πειραμάτων

Duncan test; variable Μετάγευση (στατιστικά) Homogenous Groups, alpha = ,05000 (Non-Ex Error: Between MS = ,21257, df = 72,000							
Cell No.	Time	Μετάγευση Mean	1	2	3	4	5
13	13	8,00000	****				
12	12	8,12500	****				
11	11	8,31250	****	****			
10	10	8,37500	****	****			
9	9	8,40625	****	****			
8	8	8,43750	****	****			
7	7	8,75000		****	****		
6	6	8,84375		****	****		
5	5	9,06250			****	****	
4	4	9,31250			****	****	
3	3	9,50000				****	****
2	2	9,56250				****	****
1	1	10,00000					****

Figure 46 Duncan's test (μετάγευση, t)

Duncan test; variable Μετάγευση (στατιστικά) Homogenous Groups, alpha = ,05000 (Non-Ex Error: Between MS = ,21257, df = 72,000			
Cell No.	Temperature	Μετάγευση Mean	1
1	1	8,913462	****
2	2	8,965278	****

Figure 47 Duncan's test (μετάγευση, θερμοκρασία)

Duncan test; variable Μετάγευση (στατιστικά) Homogenous Groups, alpha = ,05000 (Non-Ex Error: Between MS = ,21257, df = 72,000				
Cell No.	Sweetener	Μετάγευση Mean	1	2
2	2	8,607955	****	
1	1	9,261364		****

Figure 48 Duncan's test (μετάγευση, είδος γλυκαντικού)

Duncan test; variable Μετάγευση Homogenous Groups, alpha = , Error: Between MS = ,21257, df				
Cell No.	Aroma	Μετάγευση Mean	1	2
2	2	8,545455	****	
1	1	9,323864		****

Figure 49 Duncan's test (μετάγευση, είδος αιθέριου ελαίου)

Univariate Tests of Significance for Σκληρότητα (στατιο Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	17453,97	1	17453,97	201,1127	0,000000
Time	437,92	12	36,49	0,4205	0,940000
Sweetener	350,44	2	175,22	2,0189	0,154735
Error	2082,89	24	86,79		

Figure 50 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στη σκληρότητα των δειγμάτων του δεύτερου σκέλους της 1^{ης} σειράς Πειραμάτων

Univariate Tests of Significance for Προσκολλησιμότητα Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,003542	1	0,003542	24,67696	0,000045
Time	0,001748	12	0,000146	1,01505	0,465943
Sweetener	0,002498	2	0,001249	8,70169	0,001439
Error	0,003445	24	0,000144		

Figure 51 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στην προσκολλησιμότητα των δειγμάτων του δεύτερου σκέλους της 1^{ης} σειράς Πειραμάτων

Duncan test; variable Προσκολλησιμότητα (στατιο Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00014, df = 24,000				
Cell No.	Sweetener	Προσκολλησιμότητα Mean	1	2
2	2	-0,020846	****	
1	1	-0,004051	****	
3	3	-0,003692	****	

Figure 52 Duncan test (προσκολλησιμότητα, είδος γλυκαντικού)

Univariate Tests of Significance for Συνεκτικότητα (στατιστικά) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	215,5909	1	215,5909	462,3341	0,000000
Time	5,9051	12	0,4921	1,0553	0,435503
Sweetener	2,6598	2	1,3299	2,8520	0,077404
Error	11,1914	24	0,4663		

Figure 53 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στη συνεκτικότητα των δειγμάτων του δεύτερου σκέλους της 1^{ης} σειράς Πειραμάτων

Univariate Tests of Significance for Κομμιώδες (στατιστικά) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	83028,12	1	83028,12	275,1206	0,000000
Time	1828,08	12	152,34	0,5048	0,891148
Sweetener	1587,32	2	793,66	2,6299	0,092745
Error	7242,91	24	301,79		

Figure 54 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στο κομμιώδες των δειγμάτων του δεύτερου σκέλους της 1^{ης} σειράς Πειραμάτων

Univariate Tests of Significance for Χρώμα (στατιστικά) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3105,231	1	3105,231	161472,0	0,000000
Time	7,269	12	0,606	31,5	0,000000
Sweetener	1,038	2	0,519	27,0	0,000001
Error	0,462	24	0,019		

Figure 55 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στο χρώμα των δειγμάτων του δεύτερου σκέλους της 1^{ης} σειράς Πειραμάτων

Duncan test; variable Χρώμα (στατιστικά) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01923, df = 24,						
Cell No.	Time	Χρώμα Mean	1	2	3	4
7	7	8,66667	****			
12	12	8,66667	****			
11	11	8,66667	****			
10	10	8,66667	****			
5	5	8,66667	****			
6	6	8,66667	****			
13	13	8,66667	****			
8	8	8,66667	****			
9	9	8,66667	****			
4	4	9,00000		****		
2	2	9,50000			****	
3	3	9,50000			****	
1	1	10,00000				****

Figure 56 Duncan's test (χρώμα, t)

Duncan test; variable Χρώμα (στατ Homogenous Groups, alpha = ,05(Error: Between MS = ,01923, df =				
Cell No.	Sweetener	Χρώμα Mean	1	2
3	3	8,807692	****	
1	1	8,807692	****	
2	2	9,153846		****

Figure 57 Duncan's test (χρώμα, είδος γλυκαντικού)

Univariate Tests of Significance for Εμφάνιση (στατιστικ Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3100,771	1	3100,771	36972,25	0,000000
Time	13,708	12	1,142	13,62	0,000000
Sweetener	2,946	2	1,473	17,56	0,000020
Error	2,013	24	0,084		

Figure 58 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στην εμφάνιση των δειγμάτων του δεύτερου σκέλους της 1^{ης} σειράς Πειραμάτων

Duncan test; variable Εμφάνιση (στατιστικά ΜΕ ΣΤΕΒΙ Homogenous Groups, alpha = ,05000 (Non-Exhaustive Error: Between MS = ,08387, df = 24,000									
Cell No.	Time	Εμφάνιση Mean	1	2	3	4	5	6	7
12	12	8,16667	****						
13	13	8,16667	****						
11	11	8,25000	****						
9	9	8,50000	****	****					
10	10	8,50000	****	****					
8	8	8,66667	****	****	****				
7	7	8,91667		****	****	****			
6	6	8,91667		****	****	****			
5	5	9,16667			****	****	****		
4	4	9,33333				****	****	****	
3	3	9,50000					****	****	****
2	2	9,83333						****	****
1	1	10,00000							****

Figure 59 Duncan's test (εμφάνιση, t)

Duncan test; variable Εμφάνιση (στατιστικ Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,08387, df = 24,000					
Cell No.	Sweetener	Εμφάνιση Mean	1	2	3
3	3	8,576923	****		
1	1	8,923077		****	
2	2	9,250000			****

Figure 60 Duncan's test (εμφάνιση, είδος γλυκαντικού)

Univariate Tests of Significance for Υφή στο Χέρι (στα Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2758,564	1	2758,564	44517,52	0,000000
Time	16,061	12	1,338	21,60	0,000000
Sweetener	13,138	2	6,569	106,01	0,000000
Error	1,487	24	0,062		

Figure 61 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στην υφή το χέρι των δειγμάτων του δεύτερου σκέλους της 1^{ης} σειράς Πειραμάτων

Duncan test; variable Υφή στο Χέρι (στατιστικά ΜΕ ΣΤΕΒΙ) Homogenous Groups, alpha = ,05000 (Non-Exhaustive Se Error: Between MS = ,06197, df = 24,000									
Cell No.	Time	Υφή στο Χέρι Mean	1	2	3	4	5	6	7
12	12	7,416667	****						
13	13	7,416667	****						
11	11	7,750000	****	****					
10	10	7,833333	****	****					
9	9	8,083333	****	****					
8	8	8,333333			****	****			
7	7	8,583333				****	****		
5	5	8,666667					****	****	****
6	6	8,666667					****	****	****
4	4	8,833333						****	****
3	3	9,083333							****
1	1	9,333333							****
2	2	9,333333							****

Figure 62 Duncan's test (υφή στο χέρι, t)

Duncan test; variable Υφή στο Χέρι (στα Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,06197, df = 24,00				
Cell No.	Sweetener	Υφή στο Χέρι Mean	1	2
3	3	7,980769	****	
1	1	8,019231	****	
2	2	9,230769		****

Figure 63 Duncan's test (υφή στο χέρι, είδος γλυκαντικού)

Univariate Tests of Significance for Οσμή (στατιστικά I Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3025,442	1	3025,442	188787,6	0,000000
Time	28,683	12	2,390	149,2	0,000000
Sweetener	0,115	2	0,058	3,6	0,042922
Error	0,385	24	0,016		

Figure 64 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στην οσμή των δειγμάτων του δεύτερου σκέλους της 1^{ης} σειράς Πειραμάτων

Duncan test; variable Οσμή (στατιστικά ΜΕ ΣΤ)								
Homogenous Groups, alpha = ,05000 (Non-Ext)								
Error: Between MS = ,01603, df = 24,000								
Cell No.	Time	Οσμή Mean	1	2	3	4	5	6
12	12	7,83333	****					
13	13	7,83333	****					
11	11	7,91667	****	****				
10	10	8,00000	****	****				
9	9	8,08333		****				
8	8	8,50000			****			
7	7	8,50000			****			
6	6	8,75000				****		
5	5	9,25000					****	
3	3	9,91667						****
4	4	9,91667						****
1	1	10,00000						****
2	2	10,00000						****

Figure 65 Duncan test (οσμή, t)

Duncan test; variable Οσμή (στατιστικά ΜΕ ΣΤ)				
Homogenous Groups, alpha = ,05000 (Non-Ext)				
Error: Between MS = ,01603, df = 24,000				
Cell No.	Sweetener	Οσμή Mean	1	2
2	2	8,730769		****
3	3	8,846154	****	
1	1	8,846154	****	

Figure 66 Duncan's test (οσμή, είδος γλυκαντικού)

Univariate Tests of Significance for Γεύση (στατιστικά ΜΕ ΣΤ)					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3012,245	1	3012,245	86752,66	0,000000
Time	17,359	12	1,447	41,66	0,000000
Sweetener	3,500	2	1,750	50,40	0,000000
Error	0,833	24	0,035		

Figure 67 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στη γεύση των δειγμάτων του δεύτερου σκέλους της 1^{ης} σειράς Πειραμάτων

Duncan test; variable Γεύση (στατιστικά ΜΕ) Homogenous Groups, alpha = ,05000 (Non-Exhaustive Search) Error: Between MS = ,03472, df = 24,000							
Cell No.	Time	Γεύση Mean	1	2	3	4	5
13	13	7,666667	****				
12	12	7,833333	****				
11	11	8,250000		****			
10	10	8,416667		****	****		
8	8	8,500000		****	****		
9	9	8,500000		****	****		
7	7	8,750000			****		
6	6	8,750000			****		
5	5	9,166667				****	
4	4	9,333333				****	
3	3	9,416667				****	
1	1	9,833333					****
2	2	9,833333					****

Figure 68 Duncan's test (γεύση, t)

Duncan test; variable Γεύση (στατιστικά ΜΕ) Homogenous Groups, alpha = ,05000 (Non-Exhaustive Search) Error: Between MS = ,03472, df = 24,000					
Cell No.	Sweetener	Γεύση Mean	1	2	3
3	3	8,403846	****		
2	2	8,826923		****	
1	1	9,134615			****

Figure 69 Duncan's test (γεύση, είδος γλυκαντικού)

Univariate Tests of Significance for Υφή στο Στόμα (στίγμα) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2532,130	1	2532,130	27439,35	0,000000
Time	43,016	12	3,585	38,85	0,000000
Sweetener	2,202	2	1,101	11,93	0,000253
Error	2,215	24	0,092		

Figure 70 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στην υφή στο στόμα των δειγμάτων του δεύτερου σκέλους της 1ης σειράς Πειραμάτων

Duncan test; variable Υφή στο Στόμα (στατιστικά ΜΕ ΣΤΕΒΙΑ) Homogenous Groups, alpha = ,05000 (Non-Exhaustive Search) Error: Between MS = ,09228, df = 24,000											
Cell No.	Time	Υφή στο Στόμα Mean	1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	13	6,500000	****								
12	12	6,583333	****								
11	11	6,833333	****	****							
10	10	7,166667		****	****						
9	9	7,416667			****	****					
8	8	7,833333				****	****				
7	7	8,166667					****	****			
6	6	8,416667						****	****		
5	5	8,583333						****	****		
4	4	8,916667							****	****	
3	3	9,250000								****	****
2	2	9,500000									****
1	1	9,583333									****

Figure 71 Duncan's test (υφή στο στόμα, t)

Duncan test; variable Υφή στο Στόμα (στα Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,09228, df = 24,000				
Cell No.	Sweetener	Υφή στο Στόμα Mean	1	2
2	2	7,730769		****
3	3	8,153846	****	
1	1	8,288462	****	

Figure 72 Duncan's test (υφή στο στόμα, είδος γλυκαντικού)

Univariate Tests of Significance for Άρωμα (Γεύση/ Οσμ) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3123,103	1	3123,103	43226,97	0,000000
Time	14,689	12	1,224	16,94	0,000000
Sweetener	5,474	2	2,737	37,89	0,000000
Error	1,734	24	0,072		

Figure 73 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στο άρωμα (γεύση/οσμή) των δειγμάτων του δεύτερου σκέλους της 1ης σειράς Πειραμάτων

Duncan test; variable Άρωμα (Γεύση/ Οσμή) (στα Homogenous Groups, alpha = ,05000 (Non-Exhau) Error: Between MS = ,07225, df = 24,000							
Cell No.	Time	Άρωμα (Γεύση/ Οσμή) Mean	1	2	3	4	5
12	12	7,916667	****				
11	11	8,250000	****	****			
10	10	8,333333	****	****			
13	13	8,333333	****	****			
9	9	8,666667		****	****		
8	8	8,750000		****	****		
6	6	9,000000			****		
7	7	9,083333			****	****	
5	5	9,166667			****	****	
4	4	9,500000				****	****
3	3	9,666667					****
2	2	9,750000					****
1	1	9,916667					****

Figure 74 Duncan's test (άρωμα (γεύση/οσμή), t)

Duncan test; variable Άρωμα (Γεύση/ Οσμη) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,07225, df = 24,000				
Cell No.	Sweetener	Άρωμα (Γεύση/ Οσμή) Mean	1	2
3	3	8,423077		****
2	2	9,153846	****	
1	1	9,269231	****	

Figure 75 Duncan's test (άρωμα (γεύση/οσμή), είδος γλυκαντικού)

Univariate Tests of Significance for Διάρκεια- Ένταση- Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2716,673	1	2716,673	45919,75	0,000000
Time	24,869	12	2,072	35,03	0,000000
Sweetener	1,413	2	0,707	11,95	0,000251
Error	1,420	24	0,059		

Figure 76 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στη διάρκεια- ένταση των δειγμάτων του δεύτερου σκέλους της 1^{ης} σειράς Πειραμάτων

Duncan test; variable Διάρκεια- Ένταση- Συνολικό Αποτέ Homogenous Groups, alpha = ,05000 (Non-Exhaustive S Error: Between MS = ,05916, df = 24,000									
Cell No.	Time	Διάρκεια- Ένταση- Συνολικό Αποτέλεσμα Mean	1	2	3	4	5	6	7
13	13	7,000000	****						
12	12	7,083333	****						
11	11	7,666667		****					
10	10	7,833333		****	****				
9	9	8,000000		****	****	****			
8	8	8,166667			****	****			
7	7	8,416667				****	****		
6	6	8,416667				****	****		
5	5	8,750000					****	****	
4	4	9,000000						****	
3	3	9,083333						****	
2	2	9,500000							****
1	1	9,583333							****

Figure 77 Duncan's test (διάρκεια-ένταση, t)

Duncan test; variable Διάρκεια- Έντασι Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,05916, df = 24,0				
Cell No.	Sweetener	Διάρκεια- Ένταση- Συνολικό Αποτέλεσμα Mean	1	2
2	2	8,134615	****	
1	1	8,307692	****	
3	3	8,596154		****

Figure 78 Duncan's test (διάρκεια- ένταση, είδος γλυκαντικού)

Univariate Tests of Significance for Αποδέσμευση Αρώ Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2741,769	1	2741,769	55337,92	0,000000
Time	21,522	12	1,794	36,20	0,000000
Sweetener	0,644	2	0,322	6,50	0,005543
Error	1,189	24	0,050		

Figure 79 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στην αποδέσμευση αρώματος των δειγμάτων του δεύτερου σκέλους της 1^{ης} σειράς Πειραμάτων

Duncan test; variable Αποδέσμευση Αρώματος (στατιστικά ΜΕ Homogenous Groups, alpha = ,05000 (Non-Exhaustive Search) Error: Between MS = ,04955, df = 24,000										
Cell No.	Time	Αποδέσμευση Αρώματος Mean	1	2	3	4	5	6	7	8
13	13	7,166667	****							
12	12	7,500000	****	****						
11	11	7,583333	****	****	****					
10	10	7,833333	****	****	****	****				
9	9	7,916667		****	****					
8	8	8,083333			****					
6	6	8,500000				****				
7	7	8,583333				****				
5	5	8,750000					****	****		
4	4	9,000000						****	****	
2	2	9,166667							****	
3	3	9,166667								****
1	1	9,750000								****

Figure 80 Duncan's test (αποδέσμευση αρώματος, t)

Duncan test; variable Αποδέσμευση Αρωματικού (στατιστικά ΜΕ Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,04955, df = 24,000				
Cell No.	Sweetener	Αποδέσμευση Αρώματος Mean	1	2
2	2	8,211538		****
1	1	8,423077		****
3	3	8,519231		****

Figure 81 Duncan's test (αποδέσμευση αρώματος, είδος γλυκαντικού)

Univariate Tests of Significance for Μετάγευση (στατιστικά ΜΕ Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3051,923	1	3051,923	5752,026	0,000000
Time	10,160	12	0,847	1,596	0,159248
Sweetener	22,683	2	11,341	21,375	0,000005
Error	12,734	24	0,531		

Figure 82 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στη μετάγευση των δειγμάτων του δεύτερου σκέλους της 1^{ης} σειράς Πειραμάτων

Duncan test; variable Μετάγευση (στατιστικά ΜΕ Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,53058, df = 24,000				
Cell No.	Sweetener	Μετάγευση Mean	1	2
2	2	8,134615	****	
3	3	8,500000	****	
1	1	9,903846		****

Figure 83 Duncan's test (μετάγευση, είδος γλυκαντικού)

Effect	Univariate Tests of Significance for L (new probably fine Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition)				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	831313,9	1	831313,9	32268,82	0,000000
TIME	71,8	5	14,4	0,56	0,732609
TEMPERATURE	389,6	1	389,6	15,12	0,000159
PIGMENT	1517,6	1	1517,6	58,91	0,000000
TYPE OF AGENT	2733,2	5	546,6	21,22	0,000000
Error	3374,8	131	25,8		

Figure 84 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στη φωτεινότητα L των δειγμάτων της 2^{ης} σειράς Πειραμάτων

Duncan test; variable L (new probably fine Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 25,762, df = 131,0)				
Cell No.	TEMPERATURE	L Mean	1	2
			2	2
1	1	77,62519		****

Figure 85 Duncan's test (παράγοντας L, θερμοκρασία)

Duncan test; variable L (new probably fine Homogenous Groups, alpha = ,0 Error: Between MS = 25,762, df = 131,0)				
Cell No.	PIGMENT	L Mean	1	2
			1	1
2	2	79,22671		****

Figure 86 Duncan's test (παράγοντας L, χρωστική)

Duncan test; variable L (new probably fine Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 25,762, df = 131,00)						
Cell No.	TYPE OF AGENT	L Mean	1	2	3	4
			2	2	68,69083	
3	3	72,53833				****
1	1	76,29444	****			
5	5	76,55167	****			
6	6	80,88583		****		
4	4	80,92097		****		

Figure 87 Duncan's test (παράγοντας L, είδος φορέα εγκλεισμού)

Effect	Univariate Tests of Significance for a (new probably final Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition)				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1068,999	1	1068,999	34,1202	0,000000
TIME	136,791	5	27,358	0,8732	0,501061
TEMPERATURE	18,399	1	18,399	0,5873	0,444856
PIGMENT	8261,093	1	8261,093	263,6770	0,000000
TYPE OF AGENT	2140,922	5	428,184	13,6668	0,000000
Error	4104,276	131	31,330		

Figure 88 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στον παράγοντα a (κόκκινο χρώμα) των δειγμάτων της 2^{ης} σειράς Πειραμάτων

Duncan test; variable a (new probably final Homogenous Groups, alpha = ,0 Error: Between MS = 31,330, df				
Cell No.	PIGMENT	a Mean	1	2
2	2	-4,84958	****	
1	1	10,29884		****

Figure 89 Duncan's test (παράγοντας a, χρωστική)

Duncan test; variable a (new probably final Homogenous Groups, alpha = ,0 Error: Between MS = 31,330, df				
Cell No.	TYPE OF AGENT	a Mean	1	2
6	6	-0,29264	****	
3	3	0,33778	****	
1	1	1,21778	****	
4	4	1,60736	****	
5	5	2,34222	****	
2	2	11,13528		****

Figure 90 Duncan's test (παράγοντας a, είδος φορέα εγκλεισμού)

Effect	Univariate Tests of Significance for b (new probably final Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition)				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	46550,34	1	46550,34	1530,180	0,000000
TIME	228,38	5	45,68	1,501	0,193688
TEMPERATURE	164,13	1	164,13	5,395	0,021733
PIGMENT	18672,69	1	18672,69	613,800	0,000000
TYPE OF AGENT	674,06	5	134,81	4,431	0,000922
Error	3985,21	131	30,42		

Figure 91 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στον παράγοντα b (κίτρινο χρώμα) των δειγμάτων της 2^{ης} σειράς Πειραμάτων

Duncan test; variable b (new probably Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 30,421, df = 131)			
Cell No.	TEMPERATURE	b	1 2
		Mean	
1	1	16,91199	****
2	2	19,04722	****

Figure 92 Duncan's test (παράγοντας b, θερμοκρασία)

Duncan test; variable b (new probably Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 30,421, df = 131)			
Cell No.	PIGMENT	b	1 2
		Mean	
1	1	6,59227	****
2	2	29,36694	****

Figure 93 Duncan's test (παράγοντας b, χρωστική)

Duncan test; variable b (new probably Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 30,421, df = 131)				
Cell No.	TYPE OF AGENT	b	1 2 3	
			Mean	
4	4	14,75986	****	
5	5	17,07431	****	****
2	2	17,34097	****	****
6	6	17,64833	****	****
1	1	19,22278	****	****
3	3	21,83139		****

Figure 94 Duncan's test (παράγοντας b, είδος φορέα εγκλεισμού)

Univariate Tests of Significance for DC (new probably find Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition)					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2296,589	1	2296,589	179,5694	0,000000
TIME	860,199	5	172,040	13,4517	0,000000
TEMPERATURE	229,921	1	229,921	17,9775	0,000042
PIGMENT	203,594	1	203,594	15,9190	0,000109
TYPE OF AGENT	435,860	5	87,172	6,8159	0,000011
Error	1675,415	131	12,789		

Figure 95 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στη μεταβολή του συνολικού χρώματος DC των δειγμάτων της 2^{ης} σειράς Πειραμάτων

Duncan test; variable DC (new probably fine)						
Homogenous Groups, alpha = ,05000						
Error: Between MS = 12,789, df = 131,00						
Cell No.	TIME	DC Mean	1	2	3	4 5
1	1	0,000000				****
2	2	2,437798	****			
3	3	3,306999	****	****		
4	4	4,918566		****	****	
5	5	5,638324			****	****
6	6	7,659682				****

Figure 96 Duncan's test (DC, t)

Duncan test; variable DC (new probably fine)				
Homogenous Groups, alpha = ,05000				
Error: Between MS = 12,789, df = 131				
Cell No.	TEMPERATURE	DC Mean	1	2
1	1	2,729965	****	
2	2	5,257158		****

Figure 97 Duncan's test (DC, θερμοκρασία)

Duncan test; variable DC (new probably fine)			
Homogenous Groups, alpha = ,0			
Error: Between MS = 12,789, df = 131			
Cell No.	PIGMENT	DC Mean	1 2
2	2	2,804507	****
1	1	5,182616	****

Figure 98 Duncan's test (DC, χρωστική)

Duncan test; variable DC (new probably fine)				
Homogenous Groups, alpha = ,0				
Error: Between MS = 12,789, df = 131				
Cell No.	TYPE OF AGENT	DC Mean	1	2
5	5	1,874109	****	
1	1	2,943694	****	
2	2	2,963320	****	
6	6	3,599467	****	
4	4	5,658343		****
3	3	6,922437		****

Figure 99 Duncan's test (DC, είδος φορέα εγκλεισμού)

Effect	Univariate Tests of Significance for Σκληρότητα (new ρ Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition)				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	20284,91	1	20284,91	388,2713	0,000000
TIME	68,10	2	34,05	0,6517	0,524667
TEMPERATURE	40,41	1	40,41	0,7735	0,382523
PIGMENT	16,02	1	16,02	0,3066	0,581795
TYPE OF AGENT	1276,63	5	255,33	4,8872	0,000782
Error	3239,14	62	52,24		

Figure 100 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στη σκληρότητα των δειγμάτων της 2^{ης} σειράς Πειραμάτων

Duncan test; variable Σκληρότητα (new ρ Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 52,244, df = 62,000)					
Cell No.	TYPE OF AGENT	Σκληρότητα Mean	1	2	3
3	3	9,13764			****
2	2	13,60381	****		****
4	4	17,69103	****	****	
5	5	19,16681	****	****	
6	6	19,35933	****	****	
1	1	21,75114		****	

Figure 101 Duncan test (σκληρότητα, είδος φορέα εγκλεισμού)

Effect	Univariate Tests of Significance for Προσ/τητα (new ρ Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition)				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,016177	1	0,016177	21,30460	0,000020
TIME	0,002710	2	0,001355	1,78446	0,176402
TEMPERATURE	0,000020	1	0,000020	0,02626	0,871797
PIGMENT	0,000009	1	0,000009	0,01123	0,915947
TYPE OF AGENT	0,017741	5	0,003548	4,67288	0,001103
Error	0,047077	62	0,000759		

Figure 102 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στην προσκολλησιμότητα των δειγμάτων της 2^{ης} σειράς Πειραμάτων

Duncan test; variable Προσ/τητα (new ρ Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00076, df = 62,0)					
Cell No.	TYPE OF AGENT	Προσ/τητα Mean	1	2	3
1	1	-0,039657		****	
2	2	-0,032972		****	****
6	6	-0,012083	****		****
3	3	-0,004472	****		
4	4	-0,000750	****		
5	5	0,000000	****		

Figure 103 Duncan's test (προσκολλησιμότητα, είδος φορέα εγκλεισμού)

Univariate Tests of Significance for Συν/τητα (new probab Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	313,9618	1	313,9618	1395,131	0,000000
TIME	0,1710	2	0,0855	0,380	0,685565
TEMPERATURE	0,0012	1	0,0012	0,005	0,942962
PIGMENT	0,1520	1	0,1520	0,675	0,414343
TYPE OF AGENT	9,6342	5	1,9268	8,562	0,000003
Error	13,9525	62	0,2250		

Figure 104 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στη συνεκτικότητα των δειγμάτων της 2^{ης} σειράς Πειραμάτων

Duncan test; variable Συν/τητα (new probab Homogenous Groups, alpha = , Error: Between MS = ,22504, d				
Cell No.	TYPE OF AGENT	Συν/τητα Mean	1	2
3	3	1,702099	****	
2	2	1,892546	****	
5	5	1,968480	****	
6	6	1,987623	****	
1	1	2,122212	****	
4	4	2,856243		****

Figure 105 Duncan's test (συνεκτικότητα, είδος φορέα εγκλεισμού)

Univariate Tests of Significance for Κομμιώδες (new probab Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	88189,21	1	88189,21	472,7020	0,000000
TIME	712,81	2	356,40	1,9104	0,156640
TEMPERATURE	16,97	1	16,97	0,0910	0,763982
PIGMENT	28,42	1	28,42	0,1524	0,697629
TYPE OF AGENT	9836,04	5	1967,21	10,5444	0,000000
Error	11566,97	62	186,56		

Figure 106 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στο κομμιώδες των δειγμάτων της 2^{ης} σειράς Πειραμάτων

Duncan test; variable Κομμιώδες (new probab Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 186,56, df = 62,000						
Cell No.	TYPE OF AGENT	Κομμιώδες Mean	1	2	3	4
3	3	14,93628			****	
2	2	25,86825	****		****	
5	5	36,69226	****	****		
6	6	37,38580	****	****		
1	1	45,31033		****	****	
4	4	49,79424				****

Figure 107 Duncan's test (κομμιώδες, είδος φορέα εγκλεισμού)

Univariate Tests of Significance for Χρώμα οργανοληπτι					
Sigma-restricted parameterization					
Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	5662,253	1	5662,253	14564,28	0,000000
TIME	36,382	2	18,191	46,79	0,000000
TEMPERATURE	5,281	1	5,281	13,58	0,000481
PIGMENT	7,670	1	7,670	19,73	0,000037
TYPE OF AGENT	33,559	5	6,712	17,26	0,000000
Error	24,104	62	0,389		

Figure 108 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στο οργανοληπτικό χρώμα των δειγμάτων της 2^{ης} σειράς Πειραμάτων

Duncan test; variable Χρώμα οργανοληπτι					
Homogenous Groups, alpha = ,05000					
Error: Between MS = ,38878, df = 62,00					
Cell No.	TIME	Χρώμα οργανοληπτικά Mean	1	2	3
3	6	8,062500	****		
2	4	8,750000		****	
1	1	9,791667			****

Figure 109 Duncan's test (χρώμα οργανοληπτικά, t)

Duncan test; variable Χρώμα οργανοληπτικά (n				
Homogenous Groups, alpha = ,05000				
Error: Between MS = ,38878, df = 62,000				
Cell No.	TEMPERATURE	Χρώμα οργανοληπτικά Mean	1	2
2	2	8,597222	****	
1	1	9,138889		****

Figure 110 Duncan's test (χρώμα οργανοληπτικά, θερμοκρασία)

Duncan test; variable Χρώμα οργανοληπτι				
Homogenous Groups, alpha = ,05000				
Error: Between MS = ,38878, df = 62,00				
Cell No.	PIGMENT	Χρώμα οργανοληπτικά Mean	1	2
1	1	8,541667	****	
2	2	9,194444		****

Figure 111 Duncan's test (χρώμα οργανοληπτικά, χρωστική)

Duncan test; variable Χρώμα οργανοληπτικά (new prob: Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,38878, df = 62,000							
Cell No.	TYPE OF AGENT	Χρώμα οργανοληπτικά Mean	1	2	3	4	5
3	3	7,750000					****
4	4	8,375000	****				
6	6	8,708333	****	****			
1	1	9,083333		****	****		
5	5	9,541667			****	****	
2	2	9,750000				****	

Figure 112 Duncan test (χρώμα οργανοληπτικά, είδος φορέα εγκλεισμού)

Univariate Tests of Significance for Εμφάνιση (new prob: Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	5859,031	1	5859,031	20204,49	0,000000
TIME	24,646	2	12,323	42,49	0,000000
TEMPERATURE	2,531	1	2,531	8,73	0,004422
PIGMENT	1,531	1	1,531	5,28	0,024953
TYPE OF AGENT	16,531	5	3,306	11,40	0,000000
Error	17,979	62	0,290		

Figure 113 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στην εμφάνιση των δειγμάτων της 2^{ης} σειράς Πειραμάτων

Duncan test; variable Εμφάνιση (n Homogenous Groups, alpha = ,05 Error: Between MS = ,28999, df =					
Cell No.	TIME	Εμφάνιση Mean	1	2	3
3	6	8,375000	****		
2	4	8,895833		****	
1	1	9,791667			****

Figure 114 Duncan's test (Εμφάνιση, t)

Duncan test; variable Εμφάνιση (new prob: Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,28999, df = 62,00				
Cell No.	TEMPERATURE	Εμφάνιση Mean	1	2
2	2	8,833333	****	
1	1	9,208333		****

Figure 115 Duncan's test (εμφάνιση, θερμοκρασία)

Duncan test; variable Εμφάνιση (n Homogenous Groups, alpha = ,05 Error: Between MS = ,28999, df =				
Cell No.	PIGMENT	Εμφάνιση Mean	1	2
1	1	8,875000	****	
2	2	9,166667		****

Figure 116 Duncan's test (εμφάνιση, χρωστική)

Duncan test; variable Εμφάνιση (new probal Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,28999, df = 62,000						
Cell No.	TYPE OF AGENT	Εμφάνιση Mean	1	2	3	4
3	3	8,208333				****
4	4	8,666667		****		
6	6	8,916667		****	****	
1	1	9,291667	****		****	
5	5	9,458333	****			
2	2	9,583333	****			

Figure 117 Duncan's test (εμφάνιση, είδος φορέα εγκλεισμού)

Univariate Tests of Significance for Υφή στο χέρι (new Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	5193,503	1	5193,503	28997,87	0,000000
TIME	35,715	2	17,858	99,71	0,000000
TEMPERATURE	2,170	1	2,170	12,12	0,000921
PIGMENT	0,281	1	0,281	1,57	0,214861
TYPE OF AGENT	27,976	5	5,595	31,24	0,000000
Error	11,104	62	0,179		

Figure 118 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στην Υφή στο χέρι των δειγμάτων της 2^{ης} σειράς Πειραμάτων

Duncan test; variable Υφή στο χέρι (r Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,17910, df = 62					
Cell No.	TIME	Υφή στο χέρι Mean	1	2	3
3	6	7,708333	****		
2	4	8,354167		****	
1	1	9,416667			****

Figure 119 Duncan's test (υφή στο χέρι, t)

Duncan test; variable Υφή στο χέρι (new pr Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,17910, df = 62,000				
Cell No.	TEMPERATURE	Υφή στο χέρι Mean	1	2
2	2	8,319444	****	
1	1	8,666667		****

Figure 120 Duncan's test (υφή στο χέρι, θερμοκρασία)

Duncan test; variable Υφή στο χέρι (new r Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,17910, df = 62,000					
Cell No.	TYPE OF AGENT	Υφή στο χέρι Mean	1	2	3
3	3	7,625000		****	
2	2	7,791667		****	
4	4	8,583333	****		
6	6	8,666667	****		
1	1	8,833333	****		
5	5	9,458333			****

Figure 121 Duncan's test (υφή στο χέρι, είδος φορέα εγκλεισμού)

Univariate Tests of Significance for Επίπαση (new prob Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	294,0313	1	294,0313	2105,141	0,000000
TIME	21,0208	2	10,5104	75,250	0,000000
TEMPERATURE	1,0035	1	1,0035	7,184	0,009408
PIGMENT	1,8368	1	1,8368	13,151	0,000582
TYPE OF AGENT	11,6979	5	2,3396	16,750	0,000000
Error	8,6597	62	0,1397		

Figure 122 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στην επίπαση των δειγμάτων της 2^{ης} σειράς Πειραμάτων

Duncan test; variable Επίπαση (n Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,13967, df =					
Cell No.	TIME	Επίπαση Mean	1	2	3
3	6	1,458333	****		
2	4	1,854167		****	
1	1	2,750000			****

Figure 123 Duncan's test (επίπαση, t)

Duncan test; variable Επίπαση (new pr Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,13967, df = 62,0				
Cell No.	TEMPERATURE	Επίπαση Mean	1	2
2	2	1,902778	****	
1	1	2,138889		****

Figure 124 Duncan's test (επίπαση, θερμοκρασία)

Duncan test; variable Επίπαση (n Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,13967, df =				
Cell No.	PIGMENT	Επίπαση Mean	1	2
1	1	1,861111	****	
2	2	2,180556		****

Figure 125 Duncan's test (επίπαση, χρωστική)

Duncan test; variable Επίταση (new p Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,13967, df = 62,					
Cell No.	TYPE OF AGENT	Επίταση Mean	1	2	3
3	3	1,416667		****	
6	6	1,708333		****	****
4	4	1,791667			****
1	1	2,291667	****		
5	5	2,416667	****		
2	2	2,500000	****		

Figure 126 Duncan's test (επίταση, είδος φορέα εγκλεισμού)

Univariate Tests of Significance for Ομοιομορφία (new Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	5995,125	1	5995,125	36092,03	0,000000
TIME	12,646	2	6,323	38,07	0,000000
TEMPERATURE	0,125	1	0,125	0,75	0,389022
PIGMENT	0,056	1	0,056	0,33	0,565141
TYPE OF AGENT	3,750	5	0,750	4,52	0,001422
Error	10,299	62	0,166		

Figure 127 Ανάλυση επίδρασης των παραγόντων στην ομοιομορφία των δειγμάτων της 2^{ης} σειράς Πειραμάτων

Duncan test; variable Ομοιομορφία (n Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,16611, df = 62,					
Cell No.	TIME	Ομοιομορφία Mean	1	2	3
3	6	8,645833	****		
2	4	9,062500		****	
1	1	9,666667			****

Figure 128 Duncan test (ομοιομορφία, t)

Duncan test; variable Ομοιομορφία (new p Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,16611, df = 62,000					
Cell No.	TYPE OF AGENT	Ομοιομορφία Mean	1	2	3
6	6	8,708333			****
4	4	9,000000	****		****
3	3	9,083333	****	****	
2	2	9,250000	****	****	
1	1	9,333333	****	****	
5	5	9,375000			****

Figure 129 Duncan test (ομοιομορφία, είδος φορέα εγκλεισμού)