

**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

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

**Χρήση εδώδιμων επικαλυπτικών μεμβρανών σε τηγανισμένα προϊόντα
φρούτων και λαχανικών και διατήρησή τους σε συσκευασία
τροποποιημένης ατμόσφαιρας**



**Διπλωματική Εργασία
ΓΟΝΤΙΚΑ – ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΥ ΜΕΛΙΝΑ**

**Επιβλέπουσα Καθηγήτρια
ΤΖΙΑ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ**

ΑΘΗΝΑ 2016

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, υπό την επίβλεψη της καθηγήτριας Ε.Μ.Π. κας Κωνσταντίνας Τζιά.

Αρχικά, οφείλω τις θερμές μου ευχαριστίες στην κα. Κ. Τζιά για την ανάθεση του θέματος, την επιστημονική υποστήριξη, την καθοδήγηση και τις πολύτιμες συμβουλές στα στάδια εκπόνησης και συγγραφής της διπλωματικής εργασίας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους υποψήφιους διδάκτορες και επιστημονικούς συνεργάτες του εργαστηρίου, και ειδικότερα την υποψήφια διδάκτορα Σοφία Χανιώτη, για το ενδιαφέρον τους και την προθυμία τους να βοηθήσουν στην επίλυση κάθε απορίας μου καθώς και για την υπομονή που υπέδειξαν καθ' όλη τη διάρκεια διενέργειας της πειραματικής διαδικασίας.

Ακόμη, ευχαριστώ την εταιρεία ΜΙΝΕΡΒΑ Α.Ε. για την προμήθεια της πρώτης ύλης (μαγειρικό έλαιο) και την εταιρεία ΑΦΟΙ ΒΛΑΧΟΥ για το υλικό συσκευασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους φίλους μου για την αμέριστη συμπαράσταση, ενθάρρυνση και βοήθεια που μου προσέφεραν σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, και φυσικά στο διάστημα εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Αθήνα, Φεβρουάριος 2016
Γόντικα – Γιαννοπούλου Μελίνα

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	7
ABSTRACT.....	10
A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	
Κεφάλαιο 1: Φρούτα – Λαχανικά.....	12
1.1 Εισαγωγή	12
1.2 Σύσταση και θρεπτική αξία φρούτων και λαχανικών	13
1.2.1 Τα κυριότερα συστατικά	14
1.2.2 Αντιοξειδωτικά συστατικά.....	15
1.3 Ποιοτικές παράμετροι	18
1.4 Μεταβολές φρούτων και λαχανικών που οδηγούν στην υποβάθμισή τους	21
1.5 Μέθοδοι επεξεργασίας και συντήρησης φρούτων και λαχανικών	23
1.6 Συσκευασία υπό τροποποιημένη ατμόσφαιρα (MAP)	27
1.7 Εδώδιμες επικαλύψεις σε φρέσκα ή ελαφρώς επεξεργασμένα φρούτα και λαχανικά	30
Κεφάλαιο 2: Εδώδιμες επικαλυπτικές μεμβράνες	31
2.1 Εισαγωγή - Ιδιότητες εδώδιμων επικαλυπτικών	31
2.2 Ιστορική αναδρομή.....	32
2.3 Τεχνικές εφαρμογής εδώδιμων μεμβρανών στα τρόφιμα	33
2.4 Είδη εδώδιμων επικαλύψεων	34
2.4.1 Εδώδιμες επικαλύψεις από υδροκολλοειδή	35
2.4.1.1 Εδώδιμες επικαλύψεις από πολυσακχαρίτες	35
2.4.1.2 Εδώδιμες επικαλύψεις από πρωτεΐνες	38
2.4.2 Εδώδιμα επικαλυπτικά από λιπίδια	40
2.4.3 Σύνθετες και πολυστρωματικές μεμβράνες	41
2.5 Εφαρμογή εδώδιμων επικαλυπτικών στα φρέσκα ή ελαφρώς επεξεργασμένα φρούτα και λαχανικά	42
2.6 Χρήση αντιοξειδωτικών ως πρόσθετα στις εδώδιμες επικαλύψεις λαχανικά	44
Κεφάλαιο 3: Τηγανητά προϊόντα φρούτων και λαχανικών	48
3.1 Τηγάνισμα	48
3.2 Επίδραση του τηγανίσματος στην ποιότητα των ελαίων	48

3.3 Επίδραση του τηγανίσματος στο τρόφιμο	52
3.4 Αξιολόγηση ποιότητας ελαίου	53
3.5 Ποιότητα τηγανητών προϊόντων και χρόνος ζωής	54
3.6 Προστασία της οξειδωσης ελαίου με χρήση αντιοξειδωτικών	55
3.7 Τρόποι μείωσης πρόσληψης ελαίου από το προϊόν κατά το τηγάνισμα	59
3.7.1 Ξήρανση προϊόντος πριν το τηγάνισμα	59
3.7.1.1 Ξήρανση με θερμό αέρα	60
3.7.1.2 Ξήρανση υπό κατάψυξη	60
3.7.1.3 Ξήρανση υπό κενό	61
3.7.1.4 Μικροκύματα	62
3.7.1.5 Ωσμωτική αφυδάτωση	63
3.7.2 Τηγάνισμα υπό κενό	63
3.7.3 Εφαρμογή εδώδιμων επικαλύψεων σε τηγανισμένα φρούτα και λαχανικά	64
Κεφάλαιο 4: Τσιπς πατάτας και τσιπς μπανάνας plantain	66
4.1 Τσιπς πατάτας	66
4.1.1 Χημική σύνθεση κονδύλου πατάτας	68
4.1.2 Ποιοτικές παράμετροι τσιπς πατάτας	75
4.1.3 Ξήρανση των τσιπς πατάτας πριν το τηγάνισμα	77
4.1.4 Χρήση νέας τεχνολογίας τηγανίσματος	78
4.1.5 Εφαρμογή εδώδιμων μεμβρανών σε τσιπς πατάτας	79
4.2 Τσιπς μπανάνας plantain	80
4.2.1 Χημική σύνθεση μπανάνας plantain	83
4.2.2 Ποιοτικές παράμετροι τσιπς plantain	84
4.2.3 Ξήρανση τσιπς plantain πριν από το τηγάνισμα	85
4.2.4 Άλλες βιβλιογραφικές μελέτες πάνω στα plantain τσιπς	86
4.3 Συσσκευασία τηγανητών σνακ υπό τροποποιημένη ατμόσφαιρα (MAP)	87
B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	
Κεφάλαιο 5.....	88
5.1 Σκοπός	88
5.2 Υλικά – Εξοπλισμός	89
5.2.1 Πρώτες ύλες.....	89

5.2.2 Όργανα – Συσκευές.....	90
5.3 Πειραματική Διαδικασία	91
5.3.1 Παρασκευή τσιπς πατάτας	91
5.3.1.1 Διάγραμμα ροής παρασκευής τσιπς πατάτας	92
5.3.1.2 Αναλυτικά βήματα παρασκευής τσιπς πατάτας	92
5.3.2 Πειραματικές δοκιμές παρασκευής τσιπς μπανάνας	95
5.3.2 Παρασκευή plantain τσιπς	98
5.3.2.1 Διάγραμμα ροής παρασκευής plantain τσιπς	100
5.3.2.2 Τα αναλυτικά βήματα παρασκευής plantain τσιπς	101
5.4 Αναλύσεις – Μετρήσεις	104
5.5 Σχεδιασμός πειραμάτων και στατιστική επεξεργασία	111
Γ. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ	
Κεφάλαιο 6.....	116
6.1 Ομάδα Α: Τσιπς πατάτας	116
6.1.1 Αντικειμενικά Χαρακτηριστικά	116
6.1.2 Οργανοληπτικά Χαρακτηριστικά	125
6.1.3 Αριθμός υπεροξειδίων ελαίου και σταθερές K_{232} , K_{270}	152
6.2 Ομάδα Β: Plantain τσιπς	154
6.2.1 Αντικειμενικά Χαρακτηριστικά	154
6.2.2 Οργανοληπτικά Χαρακτηριστικά	170
Δ. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	
Κεφάλαιο 7.....	195
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	
Κεφάλαιο 8.....	203
8.1 Στατιστικά αποτελέσματα για τα τσιπς πατάτας	203
8.2 Διαγράμματα Arrhenius για τα τσιπς πατάτας	210
8.3 Ανάλυση συσχέτισης κύριων συνιστωσών για το σύνολο των πειραμάτων των τσιπς πατάτας	221
8.4 Στατιστικά αποτελέσματα για τα plantain τσιπς	222
8.5 Διαγράμματα Arrhenius για τα plantain τσιπς.....	233
8.6 Ανάλυση συσχέτισης κύριων συνιστωσών για το σύνολο των πειραμάτων των plantain τσιπς	241
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	242

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η μελέτη της συμβολής των εδώδιμων επικαλυπτικών μεμβρανών στον περιορισμό της απορρόφησης ελαίου και στη διατηρησιμότητα τηγανισμένων προϊόντων φρούτων και λαχανικών, συσκευασμένων υπό τροποποιημένη ατμόσφαιρα. Οι πρώτες ύλες που επιλέχθηκαν για επικάλυψη, ήταν οι πατάτες και οι μπανάνες plantain, από τις οποίες οι μεν πρώτες έχουν μελετηθεί ευρέως, ενώ οι δεύτερες βρίσκονται ακόμα σε πρωταρχικό στάδιο μελέτης. Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η χιτοζάνη, το HPMC, το CMC και η πηκτίνη, τα οποία έχουν ξαναμελετηθεί ως επικαλύψεις σε τσιπς πατάτας, ενώ επιλέχθηκε και η εξέταση μιας νέας, του αλγινικού νατρίου. Πριν τη διεργασία του τηγανίσματος των τσιπς, πραγματοποιείται φυσική ξήρανση των τσιπς πατάτας και ξήρανση με μικροκύματα των plantain τσιπς. Το βασικότερο ζητούμενο αυτής της εργασίας ήταν, λοιπόν, ο προσδιορισμός της καλύτερης επικαλυπτικής μεμβράνης που εξασφαλίζει τσιπς χαμηλών λιπαρών και προεκτείνει το χρόνο ζωής τους, διατηρώντας την ποιότητά τους.

Πιο συγκεκριμένα, αναφορικά με τα πειράματα των τσιπς πατάτας, μελετήθηκε ο ρόλος των επικαλυπτικών μεμβρανών στη διατήρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των συσκευασμένων, υπό τροποποιημένη ατμόσφαιρα, προϊόντων για χρόνο αποθήκευσης 80 ημερών. Επιπλέον, εξετάστηκε η συμβολή του αιθερίου ελαίου ρίγανης, ως πρόσθετο αντιοξειδωτικό των εδώδιμων επικαλύψεων, προκειμένου να διαπιστωθεί η προστατευτική του δράση στην ποιότητα του ελαίου κατά το τηγάνισμα των τσιπς πατάτας. Τα χαρακτηριστικά που εξετάστηκαν στα τσιπς πατάτας, ήταν από τη μία, το αντικειμενικό χρώμα, η αντικειμενική υφή, το ποσοστό απορρόφησης ελαίου και κάποιοι βασικοί δείκτες ποιότητας του ελαίου, όπως ο αριθμός υπεροξειδίων, οι σταθερές K_{232} και K_{270} και από την άλλη, αρκετά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά με πιο κρίσιμα τη συνολική αρέσκεια, την τραγανή υφή και τη γεύση.

Τα καλύτερα αποτελέσματα ελήφθησαν για τα τσιπς που είχαν επικαλυφθεί με το αλγινικό νάτριο, ενώ τα χειρότερα για τα επικαλυμμένα με χιτοζάνη δείγματα. Η πηκτίνη, το HPMC και το CMC αποδείχθηκαν ιδιαίτερα

καλά, δίνοντας ικανοποιητικά αποτελέσματα. Ακόμα, τα πειραματικά αποτελέσματα έδειξαν ότι και τα πέντε επικαλυπτικά υλικά ήταν αποτελεσματικά στη μείωση της απορρόφησης ελαίου, αλλά τα καλύτερα αποτελέσματα έδωσαν η πηκτίνη και το αλγινικό νάτριο (απορρόφηση ελαίου 24,64% και 24,80%, αντίστοιχα), ακολουθούμενα από το CMC και το HPMC (απορρόφηση ελαίου 25,15% και 26,42%, αντίστοιχα), ενώ η χιτοζάνη παρουσίασε τη χαμηλότερη προστατευτική δράση. (28,84%). Τέλος, τα επικαλυμμένα με αλγινικό νάτριο δείγματα παρουσίασαν το μεγαλύτερο χρόνο ζωής, ενώ τα επικαλυμμένα με πηκτίνη το χαμηλότερο.

Ο ρόλος του αιθερίου ελαίου ρίγανης, που ενσωματώθηκε στις εδώδιμες μεμβράνες για την επικάλυψη των τσιπς πατάτας, αποδείχθηκε ιδιαίτερα σημαντικός, καθώς κατά το τηγάνισμα των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες και ριγανέλαιο τσιπς, το έλαιο παρουσίασε μικρότερη αλλοίωση συγκριτικά με αυτή που εμφάνισε κατά το τηγάνισμα των επικαλυμμένων με τις απλές μεμβράνες τσιπς. Επιπλέον, τα επικαλυμμένα με εδώδιμες μεμβράνες και αιθέριο έλαιο δείγματα παρουσίασαν αυξημένο χρόνο ζωής με βάση τη συνολική τους αρέσκεια συγκριτικά με τα επικαλυμμένα χωρίς ριγανέλαιο δείγματα.

Όσον αφορά τα πειράματα των plantain τσιπς, εξετάστηκε αρχικά, το βέλτιστο πάχος τυφλού δείγματος και επιλέχθηκε το δείγμα πάχους 1 mm ως το καλύτερο κυρίως λόγω της καλύτερης υφής του. Έπειτα, μελετήθηκε ο ρόλος των εδώδιμων μεμβρανών στη διατήρηση της ποιότητας των συσκευασμένων, υπό τροποποιημένη ατμόσφαιρα, προϊόντων για χρόνο αποθήκευσης 30 ημερών. Τα χαρακτηριστικά που εξετάστηκαν ήταν από τη μία, το αντικειμενικό χρώμα, η αντικειμενική υφή, το ποσοστό απορρόφησης ελαίου και η ενεργότητα νερού και από την άλλη, διάφορα οργανοληπτικά με πιο βασικά τη συνολική αρέσκεια, την τραγανή υφή και τη γεύση.

Από τα πειραματικά αποτελέσματα βρέθηκε ότι όλες οι μεμβράνες λειτούργησαν προστατευτικά κατά την απορρόφηση ελαίου και καθυστέρησαν την ποιοτική υποβάθμιση των plantain τσιπς, επεκτείνοντας το χρόνο ζωής τους. Λίγο καλύτερα αποτελέσματα ελήφθησαν για τα επικαλυμμένα με HPMC, CMC και αλγινικό νάτριο plantain τσιπς, με όλα τα υπόλοιπα να ακολουθούν με μικρές διαφορές. Αναφορικά με τη μείωση της απορρόφησης ελαίου κατά το τηγάνισμα, το CMC και το HPMC έδωσαν τα καλύτερα αποτελέσματα

(απορρόφηση ελαίου 11,96% και 12,56%, αντίστοιχα), ακολουθούμενα από την πηκτίνη και το αλγινικό νάτριο (απορρόφηση ελαίου 13,19% και 13,26%, αντίστοιχα), ενώ η χιτοζάνη έδωσε το χειρότερο αποτέλεσμα (13,54%). Τέλος, τα επικαλυμμένα με αλγινικό νάτριο δείγματα παρουσίασαν το μεγαλύτερο χρόνο ζωής.

Λέξεις κλειδιά: τσιπς πατάτας, τσιπς μπανάνας, τηγάνισμα, αιθέριο έλαιο ρίγανης, εδώδιμες επικαλυπτικές μεμβράνες, τροποποιημένη ατμόσφαιρα, χρόνος ζωής

ABSTRACT

The aim of this thesis is the study of the influence of edible coatings on the oil absorption and shelf-life of fried fruits and vegetables, which have been packed under modified atmosphere (MAP). The raw materials, which were selected to be coated, were potatoes and plantains, of which the first ones have been extensively studied, while the second ones are in an early research stage. The edible materials that were used, were chitosan, HPMC, CMC and pectin, which have been already studied as coatings in potato chips, while a new one was also selected to be examined, and that is sodium alginate. Before the deep-fat frying of chips, natural and microwave drying was applied to potato chips and plantain chips, respectively. So, the basic issue of this thesis was to investigate the most effective edible coating, which results to low fat frying chips and extends their shelf-life, protecting their quality during the time of their storage.

More specifically, regarding to the experiments made on potato chips, the role of the edible coatings on the preservation of the physical properties of the packaged, under modified atmosphere, products was studied through the 80 days of storage. Moreover, the contribution of the oregano essential oil, as an antioxidant substance inside the edible coatings was investigated, in order to ascertain its protective effect on the oil quality during deep-fat frying of potato chips. The attributes, that were measured for all the potato chips samples, were, on one side, the color and firmness, detected by instrumental analysis, the fat content and some crucial quality parameters of the oil, such as peroxide value and the absorbance at 232 and 270 nm (K_{232} , K_{270}) and on the other side, many sensory attributes, of which the most important are the overall acceptance, the crispy texture and the taste.

The best results of the samples physical properties were obtained from the potato chips coated with sodium alginate, whereas the worst from the ones coated with chitosan. Pectin, HPMC and CMC were proved to be efficient, showing good results. Experimental results indicated that all five edible materials were effective in decreasing oil absorption, but the best effect resulted by using pectin and sodium alginate (oil absorption 24.60% and 24.80%, respectively), followed by CMC and HPMC (oil absorption 25.15% and 26.42%,

respectively), while chitosan exhibited the lowest effect (oil absorption 28.84%). In conclusion, the sodium alginate-treated samples presented the longest shelf-life of all the samples, whereas the chitosan-treated samples presented the shortest one.

The role of the oregano essential oil, which was incorporated in edible coatings of potato chips, was proved to be major, as the used oil during the frying of the coated samples, enriched with oregano oil, presented lower deterioration than this appeared during frying of non-enriched with oregano oil coated potato chips. Moreover, the coated samples with edible materials and oregano oil exhibited increased self-life based on the overall acceptance in comparison with the coated ones without oregano oil.

In the experiments that took place for the plantain chips, the first issue that was examined was the proper thickness of the control sample and the 1 mm thick sample slices were chosen as the best, mainly because of their better firmness. Afterwards, the effect of the edible coatings in quality preservation of the packaged, under modified atmosphere, products was studied through the 30 days of storage. The attributes, that were measured, were, on one side, the color and firmness, detected by instrumental analysis, the fat content and the water activity and on the other side, many sensory attributes, of which the most important are the overall acceptance, the crispy texture and the taste.

Experimental results indicated that all the edible coatings showed a protective effect against oil absorption and delayed quality deterioration of plantain chips, prolonging their storage life. Slightly better results were obtained by the HPMC, CMC and sodium alginate-treated plantain chips, while all the others were following with small differences. Regarding to the reduction of oil absorption during frying, CMC and HPMC exhibited the highest effect (oil absorption 11.96% and 12.56%, respectively), followed by pectin and sodium alginate (oil absorption 13.19% and 13.26%, respectively), while chitosan exhibited the lowest effect (oil absorption 13.54%). In conclusion, the sodium alginate-treated samples presented the longest shelf-life.

Key words: potato chips, plantain chips, frying, oregano essential oil, edible coatings, modified atmosphere, shelf-life

A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Κεφάλαιο 1: Φρούτα – Λαχανικά

1.1 Εισαγωγή

Τα φρούτα και τα λαχανικά είναι μαλακά, σαρκώδη, εδώδιμα φυτικά προϊόντα και λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε υγρασία θεωρούνται ιδιαίτερα ευαίσθητα για αλλοίωση στο στάδιο της συγκομιδής. Αν και βοτανολογικά η διαχωριστική γραμμή μεταξύ φρούτων και λαχανικών δεν είναι σαφής, τα προϊόντα έχουν διαφοροποιηθεί περισσότερο με βάση τη χρήση και τον τρόπο με τον οποίο καταναλώνονται. Γενικότερα, ο όρος <<φρούτα>> έχει επικρατήσει για εκείνα τα βοτανολογικά μέρη των φυτών που έχουν ευώδη, αρωματική γεύση και είναι είτε φυσικά γλυκά είτε αποκτούν γλυκιά γεύση με προσθήκη ζάχαρης. Ο όρος <<λαχανικά>>, από την άλλη, εφαρμόζεται σε όλα τα άλλα μαλακά, εδώδιμα φυτικά προϊόντα που τρώγονται συνήθως με το κρέας, τα ψάρια ή άλλο αλμυρό φαγητό. Αξίζει να σημειωθεί ότι τόσο τα φρούτα όσο και τα λαχανικά χρησιμοποιούνται με ποικίλους τρόπους στα διάφορα μέρη του κόσμου. Για παράδειγμα η μπανάνα και το plantain είναι φρούτα δύο πολύ σχετικών φυτικών ειδών, αλλά καταναλώνονται τελείως διαφορετικά. Η μπανάνα αποτελεί ένα σημαντικό επιδόρπιο φρούτο, ενώ το αμυλούχο plantain καταναλώνεται μαγειρεμένο ως λαχανικό. ^{[1], [2]}

Τα φρέσκα φρούτα και λαχανικά διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ανθρώπινη διατροφή, κυρίως ως πηγές βιταμινών, μεταλλικών αλάτων, διαιτητικών ινών και διαφόρων χημικών συστατικών που απαντώνται στους φυτικούς ιστούς. Επιπρόσθετα, περιέχουν μεγάλη ποικιλία βιοενεργών συστατικών που καλύπτουν ένα μεγάλο εύρος βιολογικών λειτουργιών οι οποίες αλληλεπικαλύπτονται ή αλληλοσυμπληρώνονται. Παραδείγματα τέτοιων ευεργετικών συστατικών είναι τα καροτενοειδή, οι πολυφαινόλες, οι ανθοκυάνες, τα φλαβονοειδή και άλλα, τα οποία εμφανίζουν έντονη αντιοξειδωτική δράση και είναι ωφέλιμα για τον ανθρώπινο οργανισμό. Η κατανάλωση, επομένως, πλούσιας ποσότητας φρούτων και λαχανικών θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική για τον ανθρώπινο οργανισμό καθώς πολλά από τα συστατικά τους συνεισφέρουν στην προστασία έναντι παθήσεων όπως

αυτές του καρδιαγγειακού συστήματος, της οστικής μάζας και πολλών τύπων καρκίνου. Τα φρούτα και τα λαχανικά μπορούν να επεξεργαστούν και καταναλωθούν με πολλούς τρόπους. Μεγάλη ποσότητα επεξεργάζεται προς παραγωγή πολτών, χυμών, αφυδατωμένων φρούτων ή λαχανικών και άλλων πλήρως ή ελαφρώς επεξεργασμένων προϊόντων. [3], [4], [5]

Τα τελευταία χρόνια, η επιθυμία των καταναλωτών για υψηλή ποιότητα σε φρούτα και λαχανικά μαζί με την αυξανόμενη ζήτηση για όσο το δυνατόν πιο εύκολη και σύντομη χρήση/κατανάλωσή τους οδήγησε στη δημιουργία των ελαφρώς επεξεργασμένων φρούτων και λαχανικών. Αυτή η κατηγορία θεωρείται ότι έχει καλύτερη ποιότητα από τα πλήρως επεξεργασμένα προϊόντα, ενώ συνδυάζει την ευκολία χρήσης του πλήρους επεξεργασμένου τροφίμου. Οι φρέσκες φέτες μήλου, το τεμαχισμένο μαρούλι και τα κομμένα ανθύλια μπρόκολου είναι μερικά παραδείγματα αυτής της κατηγορίας. Οι βασικές διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα για την προετοιμασία ενός ελαφρώς επεξεργασμένου προϊόντος είναι η αποφλοιώση, ο τεμαχισμός και το πλύσιμο. Ο μέσος χρόνος συντήρησης αυτών των προϊόντων είναι 7-14 ημέρες ανάλογα με το είδος, τις μεθόδους συσκευασίας και τις συνθήκες αποθήκευσης. [6]

1.2 Σύσταση και θρεπτική αξία φρούτων και λαχανικών

Τα φρούτα και τα λαχανικά είναι πλούσια σε θρεπτικά στοιχεία, με το βασικότερο συστατικό τους να είναι το νερό. Η σύνθεση και η διαθεσιμότητα των θρεπτικών στοιχείων στα φρούτα και τα λαχανικά μπορούν να διαφέρουν ανάλογα με το γενότυπο, τους προσυλλεκτικούς παράγοντες, το στάδιο ωριμότητας κατά τη συγκομιδή, τους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς και τις συνθήκες αποθήκευσης. Οι θρεπτικές ιδιότητες, των φρούτων και των λαχανικών είναι και αυτές που καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την τελική απόφαση του καταναλωτή να προβεί στην αγορά ενός τέτοιου προϊόντος ή όχι. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στα κυριότερα συστατικά των προϊόντων αυτών: [7]

1.2.1 Τα κυριότερα συστατικά

Νερό

Το νερό αποτελεί το ποσοστιαία κυρίαρχο συστατικό των φρούτων και λαχανικών (>80%). Συγκεκριμένα, στα λαχανικά το ποσοστό αυτό κυμαίνεται από 90-96%, ενώ στα φρούτα μεταξύ 80% και 90%. Μικρές διαφορές είναι πιθανό να εμφανίζονται, είτε λόγω του διαφορετικού είδους φρούτου/λαχανικού, είτε λόγω της διαθεσιμότητας νερού κατά την καλλιέργεια. Το ποσοστό νερού στα σταφύλια ανέρχεται σε 82%, στις φράουλες σε 92% και στις τομάτες φτάνει μέχρι και 93%. Επίσης, η μέγιστη περιεκτικότητα σε νερό μπορεί να ποικίλει και μεταξύ φρούτων και λαχανικών του ίδιου είδους. [4], [5]

Πρωτεΐνες

Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στα περισσότερα φρούτα ποικίλει από 0,5% έως 1%, ενώ στα λαχανικά το ποσοστό μπορεί να φτάσει και υψηλότερες τιμές. Για παράδειγμα το σπανάκι περιέχει 3,2% ποσοστό σε πρωτεΐνες, ενώ στα μπιζέλια το ποσοστό αυτό ανέρχεται σε 6,3%. Από τις υψηλότερες τιμές σε περιεκτικότητα πρωτεϊνών στα φρούτα διαθέτει το βύσσινο με 1,2% και το σταφύλι με 1,3%. Επειδή ο ανθρώπινος οργανισμός δεν μπορεί να συνθέσει όλα τα απαραίτητα για τη λειτουργία του αμινοξέα, η κατανάλωση φρούτων και λαχανικών κρίνεται απαραίτητη για την πρόσληψη σημαντικών αμινοξέων, όπως είναι η βαλίνη, η θρεονίνη, η τρυπτοφάνη, η λυσίνη και άλλα. [4], [5]

Υδατάνθρακες

Οι υδατάνθρακες απαντώνται στα φρούτα και τα λαχανικά είτε ως σάκχαρα χαμηλού μοριακού βάρους (μονοσακχαρίτες, δισακχαρίτες) είτε ως υψηλού μοριακού βάρους πολυμερή (π.χ. άμυλο, κυτταρίνη, ημικυτταρίνη και πηκτίνες). Τα περιεχόμενα σάκχαρα είναι κυρίως η γλυκόζη και η φρουκτόζη, αλλά σε φρούτα όπως τα ροδάκινα και τα βερούκοκα το κυριότερο σάκχαρο είναι η σακχαρόζη. Τα υψηλότερα ποσοστά σε υδατάνθρακες στα φρούτα σημειώνονται στις μπανάνες με 22,2%, στο σταφύλι με 15,7% και στο αχλάδι με 15,3%. Παράλληλα, στα περισσότερα λαχανικά τα ποσοστά είναι χαμηλότερα από αυτά στα φρούτα με τις μέγιστες περιεκτικότητες

υδατανθράκων να εντοπίζονται στην πατάτα σε ποσοστό 17,1% και στα μπιζέλια με 14,4%. [4], [5], [8]

Βιταμίνες

Τα φρούτα αποτελούν κυρίαρχες πηγές βιταμινών, όπως βιταμίνης C, βιταμίνης A, βιταμίνης B₆, θειαμίνης και νιασίνης. Η βιταμίνη C είναι ένα από τα σημαντικότερα συστατικά της ανθρώπινης διατροφής και η παρουσία της στη διατροφή μας προέρχεται κυρίως από τα φρούτα και τα λαχανικά. Οι μεγαλύτερες περιεκτικότητες σε βιταμίνη C στα φρούτα απαντώνται στις φράουλες, τα πορτοκάλια και το γκρέιπφρουτ ενώ στα λαχανικά στις πιπεριές, στο σπανάκι και στο λάχανο. Εκτός από τη βιταμίνη C οι βιταμίνες A, B₆, νιασίνη, ριβοφλαβίνη και θειαμίνη εντοπίζονται στα περισσότερα φρούτα και λαχανικά σε ποσά που είναι συνήθως επαρκή προκειμένου να καλυφθούν οι ανθρώπινες ανάγκες σε αυτές. [4], [5], [8]

Μεταλλικά στοιχεία

Τα φρούτα και τα λαχανικά περιέχουν επίσης διάφορα μεταλλικά στοιχεία όπως κάλιο, νάτριο, ασβέστιο, μαγνήσιο, φωσφόρο, σίδηρο και άλλα. Τα λαχανικά είναι πιο πλούσια σε μεταλλικά στοιχεία από τα φρούτα, με το περιεχόμενό τους σε αυτά να κυμαίνεται από 0,6% έως 1,8%. Ανάμεσα στα λαχανικά που είναι άφθονα σε μεταλλικά στοιχεία είναι το σπανάκι, τα καρότα, το μαρούλι και οι τομάτες ενώ στα φρούτα τα μεγαλύτερα ποσοστά εντοπίζονται στις φράουλες, τα κεράσια και τα ροδάκινα. [4], [5], [8]

1.2.2 Αντιοξειδωτικά συστατικά

Τα φρούτα αποτελούν επιπλέον σημαντικές πηγές αντιοξειδωτικών, συμπεριλαμβάνοντας τα φλαβονοειδή, τα φαινολικά οξέα αλλά και τα καροτενοειδή, το ασκορβικό οξύ και τις τοκοφερόλες. Η αντιοξειδωτική προστασία αφορά την παρεμπόδιση της καταστροφής των κυτταρικών δομών και ορισμένων βασικών για τη φυσιολογική λειτουργία του οργανισμού μακρομοριών, από ελεύθερες ρίζες, οι οποίες παράγονται εκτενώς από τις συνήθεις μεταβολικές δραστηριότητες του οργανισμού. Ο μηχανισμός της αντιοξειδωτικής δράσης αυτών των συστατικών περιλαμβάνει ένα

πολυπαραγοντικό δίκτυο, υψηλής πολυπλοκότητας και διαδραστικό. Το δίκτυο αυτό ενσωματώνει τις βιταμίνες C και E, το β-καροτένιο και άλλα καροτενοειδή. Είναι γνωστό ότι οι φαινολικές ενώσεις, καθώς και μερικά από τα άλλα αντιοξειδωτικά, συνδέονται άμεσα με τις οργανοληπτικές ιδιότητες των νωπών και των επεξεργασμένων φρούτων. Ειδικότερα, τα καροτενοειδή και οι ανθοκυανίνες συνεισφέρουν στο χρώμα προσδίδοντας τις αποχρώσεις από κίτρινο έως πορτοκαλί και κόκκινο, τα πρώτα, και κόκκινο έως πορφυρό και μπλε, τα δεύτερα, αντίστοιχα. Επιπλέον, ορισμένες φαινολικές ενώσεις συμμετέχουν ενεργά στην ανάπτυξη του αρώματος και την αίσθηση της γεύσης στα φρούτα. ^{[9], [10]}

Μεγάλες ποσότητες ανθοκυανίνης (έως 8100 mg/kg) εντοπίζονται σε φρούτα με έντονο χρώμα όπως τα κεράσια και τα κόκκινα σταφύλια ενώ η ποσότητα των φλαβονολών είναι γενικά μικρότερη από 150 mg kg⁻¹, με τα μεγαλύτερα ποσοστά τους να σημειώνονται σε κόκκινα σταφύλια, ροδάκινα και δαμάσκηνα. Εκτός από κάποιες εξαιρέσεις, τα φρούτα έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε φλαβονόλες ενώ είναι πλούσια σε φαινολικά οξέα. Επιπλέον, οι πιθανές ευεργετικές βιολογικές λειτουργίες των παραδοσιακών αντιοξειδωτικών βιταμινών, δηλαδή του ασκορβικού οξέος, της α-τοκοφερόλης και σε κάποιο βαθμό του β-καροτενίου (προβιταμίνη A) έχουν εξεταστεί εντατικά τα τελευταία χρόνια. Η βιταμίνη C βρίσκεται σε υψηλά ποσοστά στα φρέσκα φρούτα ενώ η προβιταμίνη A και η βιταμίνη E σε πολύ χαμηλότερα. Οι φράουλες και τα πορτοκάλια είναι πλούσια σε βιταμίνη C με ποσότητες στα 550–1000 mg/kg και 510 mg/kg, αντίστοιχα. Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί ότι τα μούρα αποτελούν μία ειδική κατηγορία με έντονες αντιοξειδωτικές ικανότητες. Η επεξεργασία των φρούτων ή των μούρων σε χυμούς και μαρμελάδες ή η ξήρανσή τους έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των ποσοτήτων από αντιοξειδωτικές ουσίες σε αυτά. Για παράδειγμα, απώλειες σε ανθοκυανίνες εντοπίζονται σε χυμούς και πολτούς από φράουλες, βατόμουρα και μύρτιλο καθώς και υποβάθμιση των φαινολών κατά την επεξεργασία χυμού μήλου. ^{[11], [12], [13]} Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1.1) παρουσιάζονται ορισμένες αντιοξειδωτικές ενώσεις σε επιλεγμένα φρούτα και μούρα και τα προϊόντα τους.

Πίνακας 1.1: Αντιοξειδωτικές ενώσεις σε επιλεγμένα φρούτα και μούρα και τα προϊόντα τους (mg/kg νωπού βάρους). [13]

Fruit or berry	Anthocyanins	Flavanols and proanthocyanidins	Flavonols	Hydroxycinnamates	Carotenoids (β-carotene)	Vitamin C	Vitamin E
Apple	4–5 ⁴	0–15 ¹¹⁶	17–70 ^{4,74}	263–308 ⁴	0.4 ⁹⁴	40 ¹¹⁷	2 ¹¹⁷
– juice		0–298 ¹¹⁸	2.5 ¹¹⁹	0.1–162 ^{10,117,120}	0.2 ¹¹⁷	300 ¹¹⁷	0 ¹¹⁷
Bilberry	3450–4635 ⁴	13–29 ⁴	41–195 ^{4,12}	170–347 ⁴	0.5 ⁹⁴	150 ¹¹⁷	19 ¹¹⁷
– soup			6 ¹²		0.01 ⁹⁴	20 ¹¹⁷	5 ¹¹⁷
Blueberry	3970–4840 ²⁹	63–70 ²⁹	115–139 ²⁹	226–315 ²⁹			
Blackcurrant	130–8100 ^{4,62}	205–374 ⁴	133–157 ^{4,12}	104–167 ⁴	1 ⁹⁴	1200 ¹¹⁷	23 ¹¹⁷
– juice	24 ¹⁷		36 ¹²		0.1 ¹¹⁷	380–421 ^{12,117}	11 ¹¹⁷
Cherry, sweet, red	31–4500 ^{22–31}	20–63 ^{28–31}	10–23 ²⁹	100–1900 ^{28–31}	1.2 ⁹⁴	70 ¹²¹	1 ¹²¹
Cloudberry	7–15 ⁴	2–6 ⁴	34–90 ⁴	90–128 ⁴	1.4 ⁹⁴	1000 ¹¹⁷	31 ¹¹⁷
Cranberry	460–1720 ^{4,6,122,123}	285 ⁴	139–334 ^{122–124}	191 ⁴	0.2 ⁹⁴	120 ¹²¹	10 ¹²¹
– juice	18–512 ¹²⁴						
Grapes, table, red	72.5–765 ¹²⁵	1–160 ¹¹⁸	13–25 ¹²⁵	5–19 ¹²⁵	0.3 ¹¹⁷	50 ¹¹⁷	7 ¹¹⁷
– wine, red	0.6–385 ^{13,15}	0–500 ¹¹⁸	10–55 ^{13,15}	4–13 ^{13,15}	tr ¹²¹	0 ¹²¹	0 ¹²¹
Grapes, table, white	0 ¹²⁵	0 ¹²⁵	10–13.5 ^{74,125}	5.5 ¹²⁵	0.3 ¹¹⁷	50 ¹¹⁷	7 ¹¹⁷
– wine, white	0 ¹⁵	0–106 ¹⁵		1–34 ¹⁵	tr ¹²¹	0 ¹²¹	0 ¹²¹
Orange			0–5 ⁷⁰	136–163 ¹²⁶	0–5 ^{70,74}	510 ¹¹⁷	4 ¹¹⁷
– juice					0.1 ⁹⁴	300–450 ¹¹	2 ¹¹⁷
Peach	0–17.8 ²⁷	24.5–700 ^{3,27}	0–11.9 ²⁷	54–148 ²⁷	0.9 ⁹⁴	80 ¹²¹	10 ¹²¹
– canned	0 ¹²⁷	tr ¹²⁷	tr ¹²⁷	11–29 ¹²⁷	1.0 ⁹⁴	20 ¹¹⁷	20 ¹¹⁷
Plum	19–76 ^{31,37}	140–600 ³	5.7–27 ³⁷	500–900 ^{23,37}	4.3 ¹²¹	54 ¹²¹	8.6 ¹²¹
– dried (prune)	0 ³⁷	0 ³⁷	42 ³⁷	1800 ³⁷	1.4 ⁹⁴	0 ¹¹⁷	18 ¹²¹
Raspberry, red	200–2200 ^{4,29}	4–480 ^{4,29}	6–39 ^{4,29,128}	3–35 ^{12,29}	0.1 ⁹⁴	296–380 ^{12,117}	11 ¹¹⁷
Sea buckthorn berry					15 ¹²¹	2000 ¹²¹	32 ¹²¹
Strawberry	202–790 ^{4,29}	9–184 ^{4,29}	7–174 ^{4,29,128}	14–69 ^{4,29}	0.1 ⁹⁴	420–600 ^{117,128}	6 ¹¹⁷
Strawberry jam	4–22 ¹¹		11.4 ¹²		0.04 ¹¹⁷	80–236 ^{12,117}	1.0 ¹¹⁷

Τα λαχανικά συγκριτικά με τα φρούτα περιέχουν πολύ μικρότερες ποσότητες αντιοξειδωτικών, με τα κυριότερα να είναι το ασκορβικό οξύ, οι τοκοφερόλες, τα καροτενοειδή και οι φαινολικές ενώσεις. Μεγάλη ποσότητα βιταμίνης C εντοπίζεται στην κόκκινη πιπεριά (1850 mg/kg) και αξιόλογες ποσότητες στα λαχανάκια Βρυξελλών (900 mg/kg) και το μπρόκολο (750–830 mg/kg) ενώ οι ποσότητες σε βιταμίνη E κυμαίνονται κάτω από 10 mg/kg. Σύμφωνα με τον Hussein et al., παρόλο που μπορεί να παρατηρείται σημαντική μείωση της βιταμίνης C κατά την αποθήκευση μπρόκολου και πράσινων πιπεριών, ως επί το πλείστο δεν παρατηρούνται διαφορές στην απώλεια της βιταμίνης C ή του β-καροτένιου ανάμεσα στα επεξεργασμένα ή μη λαχανικά. Αγκινάρες αποθηκευμένες σε διαφορετικές θερμοκρασίες σημείωσαν μείωση περίπου 40% σε βιταμίνη C γεγονός το οποίο οφείλεται πιθανώς στην ικανότητα της πολυφαινολικής οξειδάσης να καταλύει την οξείδωση του ασκορβικού οξέος. Στον Πίνακα 1.2 φαίνονται οι αντιοξειδωτικές ουσίες που περιέχονται σε επιλεγμένα λαχανικά και τα προϊόντα τους. [14], [15]

Πίνακας 1.2: Αντιοξειδωτικές ενώσεις σε επιλεγμένα λαχανικά και τα προϊόντα τους (mg/kg νωπού βάρους). ^[13]

Vegetable	Flavonols (quercetin)	Hydroxy- cinnamates	Carotenoids (beta-carotene)	Vitamin C	Vitamin E
Broccoli – boiled	15–65 ^{71,72,134}	62–148 ⁷²	4–27 ^{70,94}	750–830 ^{68,121} 640 ¹¹⁷	7 ¹²¹ 7 ¹¹⁷
Brussels sprouts	0–6 ⁷¹		4.3 ⁹⁴	900 ¹¹⁷	4 ¹¹⁷
Carrots – boiled			11–770 ^{70,94} 101 ¹¹⁷	60 ¹¹⁷ 42 ¹¹⁷	4 ¹¹⁷ 4 ¹¹⁷
Onions – blanched – fried	340–420 ^{71,105} 210–290 ¹⁰⁵ 220–370 ¹⁰⁵		0.1 ⁹⁴ 0.2 ¹¹⁷	75 ¹¹⁷ 57 ¹¹⁷	0.4 ¹¹⁷ 8 ¹¹⁷
Pea – boiled – fried	1.4–1.6 ¹⁰⁵ 0.8–1.0 ¹⁰⁵ 1.3–2.0 ¹⁰⁵		3.6 ⁹⁴ 3.6 ¹¹⁷	200 ¹¹⁷	2 ¹¹⁷
Potatoes – boiled		140 ⁷⁶	0.1 ⁹⁴	100 ¹¹⁷ 100 ¹¹⁷	1 ¹¹⁷ 1 ¹¹⁷
Spinach	tr ⁷¹		8–240 ⁷⁰	600 ¹¹⁷	12 ¹¹⁷
Tomatoes – juice – ketchup	2–14 ⁷¹ 13 ⁷¹		0.2–623 ^{94*} 99 ⁹⁴ *	140 ¹¹⁷ 140 ¹¹⁷ 80 ¹¹⁷	7 ¹¹⁷ 7 ¹¹⁷ 23 ¹¹⁷
Sweet red pepper			1.2–33 ⁷⁰	1850 ¹¹⁷	22 ¹¹⁷

* Lycopene.

Η διατήρηση της θρεπτικής αξίας των φρούτων και των λαχανικών είναι πολύ σημαντική παράμετρος για την προέκταση του χρόνου ζωής τους. Παράλληλα όμως, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά αποτελούν και αυτά ένα βασικό κριτήριο για τη διατήρηση ενός προϊόντος αλλά και την αποδοχή του από τους καταναλωτές.

1.3 Ποιοτικές παράμετροι

Οι βασικές παράμετροι ποιότητας που πρέπει να διατηρούνται σε επιθυμητά πλαίσια στα νωπά και ελαφρώς επεξεργασμένα φρούτα και λαχανικά είναι η εμφάνιση, η υφή, η γεύση και το άρωμα.

Εμφάνιση

Αυτή η παράμετρος είναι ο παράγων – κλειδί για τους καταναλωτές έτσι ώστε να προχωρήσουν στην αγορά ενός προϊόντος. Το μέγεθος, το σχήμα, το χρώμα, η συνολική ομοιομορφία καθώς και η απουσία ή μη ελαττωμάτων συνθέτουν τη γενικότερη εμφάνιση ενός τροφίμου. Το χρώμα είναι συνήθως το πρώτο χαρακτηριστικό που αντιλαμβάνεται κανείς και αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την επιλογή ή την αξιολόγηση της ποιότητας των τροφίμων αυτών. Το χρώμα μάλιστα μπορεί να βοηθήσει στην αύξηση της αποδοχής και ως προς τα υπόλοιπα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Επιπλέον, το μέγεθος και το σχήμα είναι δύο χαρακτηριστικά της εμφάνισης που πολλές φορές συνδυάζονται με το βαθμό ωριμότητας των φρούτων και των λαχανικών για αυτό και κρίνονται ιδιαίτερα σημαντικά. Από την άλλη πλευρά, η ύπαρξη ελαττωμάτων στη γενικότερη εικόνα του τροφίμου μπορεί να οδηγήσει γρήγορα σε απόρριψη, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη τα υπόλοιπα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Τα ελαττώματα μπορεί να είναι μορφολογικά, φυσικά, φυσιολογικά ή/και παθολογικά και επηρεάζουν άμεσα όλα τα υπόλοιπα στοιχεία της εμφάνισης, όπως το χρώμα και το σχήμα. Οι ατέλειες που αφορούν τη μορφολογία μπορεί να είναι η εμφάνιση βλαστών στις πατάτες, τα κρεμμύδια και το σκόρδο, η εμφάνιση ριζωμάτων στα κρεμμύδια, η επιμήκυνση και η καμπυλότητα στα σπαράγγια, η φύτευση σπόρων μέσα σε φρούτα όπως τα λεμόνια, σε ντομάτες, πιπεριές και άλλα. Στα φυσικά ελαττώματα κατατάσσονται η συρρίκνωση (ζάρωμα), η σύνθλιψη, οι μηχανικές βλάβες, όπως τρυπήματα, κοψίματα και βαθιές χαρακιές και άλλα. Τα φυσιολογικά ελαττώματα προέρχονται από κάποια κληρονομική ανωμαλία, είτε από την έλλειψη κάποιου θρεπτικού συστατικού ή νερού, είτε από τη χρήση χημικών ουσιών, ιδιαίτερα εκείνων που ρυθμίζουν την ανάπτυξη. Τέλος τα παθολογικά ελαττώματα οφείλονται στην προσβολή φρούτων ή λαχανικών από μύκητες, βακτήρια και παρουσιάζονται με μορφή σήψης. ^{[7], [8]}

Υφή

Η υφή των φρούτων και των λαχανικών θεωρείται βασική παράμετρος ποιότητας και διαφέρει από φρούτο σε φρούτο και από λαχανικό σε λαχανικό. Αναλύεται συνήθως στη σκληρότητα, την ευθραυστότητα, το χυμώδες και το ινώδες. Πέρα από σημαντικός δείκτης ποιότητας για την κατανάλωση ενός τροφίμου είναι και δείκτης ανθεκτικότητας του προϊόντος κατά τη μεταφορά του. Η συνεκτικότητα είναι ενδεικτικός παράγοντας για την ωρίμανση των μαλακών φρούτων, όπως το αβοκάντο, το μάνγκο ή το ροδάκινο ενώ η τρυφερότητα στα φρέσκα λαχανικά παίζει σημαντικό ρόλο στην επιλογή του καταναλωτή. Παρόλο που μερικά φρούτα και λαχανικά είναι επιθυμητό να είναι μαλακά, η υπερβολική έλλειψη σκληρότητας οδηγεί σε μη αποδεκτό προϊόν και είναι σημάδι υπερωρίμανσης ή εσωτερικής υποβάθμισης. Αξίζει να σημειωθεί ότι κάποια στοιχεία της υφής μπορούν να αναγνωριστούν και οπτικά, όταν το τρόφιμο για παράδειγμα έχει αρχίσει να ζαρώνει, χωρίς να απαιτείται η επαφή με το χέρι ή η αίσθηση στο στόμα. [7], [8], [10], [13]

Γεύση - Άρωμα

Η γεύση και το άρωμα των φρούτων και των λαχανικών συμβάλλουν επίσης σε μεγάλο βαθμό στην εκτίμηση της ποιότητας των προϊόντων αυτών και την αποδοχή τους από τους καταναλωτές. Το σύνθετο αποτέλεσμα της αίσθησης της οσμής και της γεύσης καλείται flavor. Παρόλο που η γεύση δεν μπορεί να εξεταστεί κατά την αγορά ενός προϊόντος, θεωρείται κρίσιμο στοιχείο για τη μετέπειτα επαναλαμβανόμενη αγορά του. Η γεύση μαζί με το άρωμα αποτελούν επίσης μία ακόμα ένδειξη του βαθμού ωριμότητας των φρούτων και της αποσύνθεσης των λαχανικών. Πιο συγκεκριμένα, η γεύση θεωρείται ένα τετραδιάστατο αίσθημα και γίνεται αντιληπτή σε 4 αποκλίσεις: γλυκό, ξινό, αλμυρό και πικρό και από αυτά καθορίζεται σε σημαντικό βαθμό το επίπεδο ωρίμανσης του φρούτου ή του λαχανικού. Για παράδειγμα, η περιεκτικότητα σε σάκχαρα στα φρούτα (μήλο, αχλάδι, μπανάνα, μάνγκο) αυξάνεται με το χρόνο ωρίμανσης, ενώ τα επίπεδα οξύτητας μειώνονται. Επιπλέον, πικρά συστατικά μπορούν να αναπτυχθούν σε διάφορα φρούτα και λαχανικά υπό ορισμένες συνθήκες αποθήκευσης ή από μόλυνση από παθογόνους μικροοργανισμούς.

Γενικότερα, το αρωματικό προφίλ αλλάζει σημαντικά κατά τη διάρκεια ζωής ενός φρέσκου φρούτου ή λαχανικού μετά τη συγκομιδή. Σε ορισμένα φρούτα και λαχανικά σημαντική συσσώρευση πτητικών ουσιών παρατηρείται κατά την αποθήκευση ενώ σε άλλα η συσσώρευση μειώνεται σημαντικά μετά την αποκοπή τους από το μητρικό φυτό. Ένα μη προσδοκώμενο ή δυσάρεστο άρωμα μπορεί να καταστήσει το προϊόν ακατάλληλο για αγορά, ακόμα και αν όλα τα άλλα ποιοτικά χαρακτηριστικά θεωρούνται αποδεκτά. [7], [8], [10], [13]

1.4 Μεταβολές φρούτων και λαχανικών που οδηγούν στην υποβάθμισή τους

Πλήθος παραγόντων μπορούν να προκαλέσουν την υποβάθμιση των νωπών ή ελαφρώς επεξεργασμένων φρούτων και λαχανικών. Ορισμένοι από αυτούς τους παράγοντες αποτελούν μέρος του κύκλου ζωής των προϊόντων αυτών, άλλοι είναι αποτέλεσμα της διαδικασίας συγκομιδής ή της μετέπειτα επεξεργασίας τους και άλλοι μπορεί να εμφανιστούν κατά τη διάρκεια αποθήκευσης. Οι βασικότερες μεταβολές που μπορεί να λάβουν χώρα και να επιδράσουν αρνητικά στην ποιότητα και την ασφάλεια των προϊόντων αυτών είναι οι εξής: [10]

Αυξημένος ρυθμός αναπνοής

Η διατήρηση της ποιότητας των φρούτων και των λαχανικών εξαρτάται από το ρυθμό αναπνοής τους. Ακόμα και μετά τη συγκομιδή τους τα φρούτα και τα λαχανικά συνεχίζουν να αναπνέουν και κατά τη διάρκεια ωρίμανσης ο ρυθμός αναπνοής αυξάνεται δραματικά. Είναι γνωστό ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο ρυθμός αναπνοής ενός προϊόντος, τόσο μικρότερη είναι η διάρκεια ζωής του. Ορισμένα είδη φρούτων που ανήκουν στην κατηγορία των κλιμακτηριακών μπορούν να συλλεχθούν άγουρα και να ωριμάσουν τεχνητά σε μεταγενέστερο στάδιο (πχ. το αβοκάντο, οι μπανάνες). Η αύξηση της αναπνοής είναι αποτέλεσμα πολλών βιοχημικών φαινομένων που προκαλούν αλλαγές στο χρώμα, τη γεύση, το άρωμα και τη θρεπτική ποιότητα των τροφίμων. Η αδυναμία αποτελεσματικού ελέγχου της αναπνοής μπορεί να αυξήσει την απώλεια νερού, να οδηγήσει στην εμφάνιση χαρακτηριστικών πτητικών

ενώσεων υπερώριμων καρπών ή να ευνοήσει την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών. [17]

Αυξημένη παραγωγή αιθυλενίου

Το αιθυλένιο είναι μία οργανική ένωση που παράγεται από τα φυτά και παίζει καθοριστικό ρόλο στην ωρίμανση και τη γήρανση των φρούτων και των λαχανικών. Όλα τα φυτικά κύτταρα παράγουν χαμηλά επίπεδα αιθυλενίου, ωστόσο τα τραυματισμένα ή τεμαχισμένα φρούτα και λαχανικά είναι επιρρεπή στην αύξηση της σύνθεσής του. Ο ρυθμός αύξησης της παραγωγής αιθυλενίου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως τον τύπο του προϊόντος, την ποικιλία, την κατάσταση ωριμότητας, τη θερμοκρασία επώασης, τη μέθοδο προετοιμασίας και άλλους. Το χρονικό διάστημα που απαιτείται συνήθως από τον τραυματισμό του φρούτου ή του λαχανικού μέχρι την έναρξη αυτής της αντίδρασης κυμαίνεται από λίγα λεπτά της ώρας έως 6-12 h. Ο αυξανόμενος σχηματισμός αιθυλενίου προκαλεί φυσιολογικές διαταραχές με άμεσες επιπτώσεις στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των προϊόντων. Μερικά παραδείγματα είναι η συγκέντρωση φαινολικών ενώσεων στα καρότα, η εκβλάστηση στις πατάτες, τα καφετί στίγματα στο μαρούλι και μία γενικότερη χαλάρωση της δομής. Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένα φρούτα όπως τα αχλάδια που δεν εμφανίζουν αύξηση παραγωγής αιθυλενίου κατά τον τραυματισμό τους, ενώ άλλα όπως οι μπανάνες και τα πεπόνια μπορεί να παρουσιάζουν διαφορετικά αποτελέσματα ανάλογα με το στάδιο ωριμότητας. Επίσης, αξίζει να τονιστεί ότι η παραγωγή αιθυλενίου εντοπίζεται στους ιστούς που βρίσκονται κοντά στο τραύμα ή το σημείο κοπής. Σημαντικός περιοριστικός παράγοντας για όλα τα παραπάνω αποτελεί η θερμοκρασία αποθήκευσης καθώς έχει διαπιστωθεί ότι η αποθήκευση τεμαχισμένων πεπονιών σε θερμοκρασία 0-2,5 °C καταστέλλει σχεδόν ολοκληρωτικά το σχηματισμό αιθυλενίου σε σχέση με υψηλότερες θερμοκρασίες. [18], [19]

Εμφάνιση μικροβιακής χλωρίδας

Η πιθανότητα εμφάνισης μόλυνσης σε φρούτα και λαχανικά εξαρτάται από τους χειρισμούς κατά τη συγκομιδή, από τα στάδια επεξεργασίας αλλά και

από τις συνθήκες αποθήκευσης. Κομμένες επιφάνειες με ιστούς που εκτίθενται σε μολυσματικούς παράγοντες είναι συχνό φαινόμενο ανάπτυξης μικροβιακής χλωρίδας καθώς το έκκριμα (χυμός) από τους κομμένους ιστούς αποτελεί ευνοϊκό μέσο για την ανάπτυξη μικροοργανισμών. Μύκητες, βακτήρια και ζύμες αποτελούν τις κύριες απειλές για αυτά τα τρόφιμα. Ο προσεκτικός χειρισμός φρούτων και λαχανικών αλλά και η σωστή συντήρησή τους είναι προαπαιτούμενα για τον περιορισμό της ανάπτυξης μικροβίων. Για παράδειγμα, η αποθήκευση σε χαμηλή θερμοκρασία μπορεί να μετατοπίσει τις συνθήκες για πολλαπλασιασμό των ψυχρότροφων μικροοργανισμών (*Clostridium botulinum*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* κ.α.), οι οποίοι σημειώνουν αύξηση στους 5 °C. [17], [19]

Δράση ενζύμων

Η κοπή του φρούτου ή του λαχανικού καταστρέφει την ακεραιότητα των κυτταρικών ιστών και φέρνει σε επαφή ενδογενή ένζυμα και υποστρώματα, που βρίσκονταν σε διαφορετικά διαμερίσματα. Μερικές από αυτές τις ενζυμικά καταλυόμενες αλλαγές είναι γνωστές. Η μηχανική βλάβη επιτρέπει στο ένζυμο πολυφαινολική οξειδάση να έρθει σε επαφή με το υπόστρωμά του με συνέπεια το σχηματισμό σκούρων υψηλού μοριακού βάρους χρωστικών, όπως η μελανίνη. Παράλληλα, ο υδρολυτικός αποπολυμερισμός των υποστρωμάτων πηκτικής από πολυγαλακτουρανάση και πηκτική λυάση οδηγεί στην υποβάθμιση του κυτταρικού τοιχώματος. Μία άλλη γνωστή αντίδραση είναι αυτή της λιποξυγενάσης και των ενδογενών υποστρωμάτων λιπιδίων από την οποία παράγονται υδροπεροξειδία που σχετίζονται με το μαρασμό των λαχανικών. Γενικότερα, η ενζυμική δραστηριότητα επηρεάζεται από την υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία, με τη μέγιστη σταθερότητα να επιτυγχάνεται στα αφυδατωμένα τρόφιμα με a_w μεταξύ 0,2 και 0,3. [17], [20]

1.5 Μέθοδοι επεξεργασίας και συντήρησης φρούτων και λαχανικών

Οι απαιτήσεις των καταναλωτών για φρέσκα ή ελαφρώς επεξεργασμένα φρούτα και λαχανικά, που παραμένουν ασφαλή και ποιοτικά αποδεκτά με το πέρας του χρόνου, θέτουν τη βάση για την εύρεση και την εφαρμογή των

κατάλληλων επεξεργασιών και συνθηκών για την αποθήκευσή τους. Ποικίλοι, λοιπόν, τρόποι έχουν βρεθεί για τον περιορισμό των μεταβολών που υποβαθμίζουν τα φρούτα και τα λαχανικά, από μία απλή συντήρηση υπό ψύξη μέχρι τη χρήση χημικών ουσιών ή ακτινοβολίας ιονισμού. Οι κυριότερες επεξεργασίες και συνθήκες συντήρησης από αυτές που εφαρμόζονται ευρέως είναι:

Συντήρηση υπό ψύξη

Η αποθήκευση των φρούτων και λαχανικών σε χαμηλές θερμοκρασίες έχει αποδειχθεί αποτελεσματική στη μείωση του ρυθμού υποβάθμισης των ευαίσθητων αυτών τροφίμων. Η ψύξη των προϊόντων αυτών πρέπει να γίνεται τόσο κατά τη μεταφορά τους στους χώρους πώλησης όσο και κατά την αποθήκευσή τους σε αυτούς. Η χαμηλή θερμοκρασία συντήρησης επιβραδύνει την αναπνευστική δραστηριότητα, τη δράση των ενζύμων, την παραγωγή αιθυλενίου και τη μικροβιακή δράση. Επιπλέον, τα νωπά οπωροκηπευτικά χαρακτηρίζονται από υψηλή περιεκτικότητα σε νερό (>80%). Όταν αυτά λοιπόν απομακρύνονται από το φυσικό τους περιβάλλον, τότε η παροχή νερού σταματά και αρχίζουν οι απώλειες, οι οποίες οφείλονται στην εξάτμιση ή/και στη διαπνοή. Κατά τη συντήρηση των προϊόντων σε ψυγεία, η ταχύτητα του αέρα μέσα σε αυτά μπορεί να επηρεάσει την απώλεια νερού. Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα του αέρα εντός του ψυγείου τόσο μεγαλύτερες είναι και οι απώλειες σε νερό. Προκειμένου τα νωπά προϊόντα να μην αφυδατώνονται, πρέπει η σχετική υγρασία του ψυγείου να είναι πολύ υψηλή (>90%) ή τα προϊόντα να τυλίγονται με φύλλα πολυαιθυλενίου, μεμβράνες ή άλλα μέσα. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι βέλτιστες θερμοκρασίες αποθήκευσης διαφόρων φρούτων και λαχανικών, η κατάλληλη επικρατούσα υγρασία και ο προβλεπόμενος χρόνος ζωής του υπό αυτές τις συνθήκες. ^{[10], [21]}

Πίνακας 1.3: Εύρος χρόνων αποθήκευσης για επιλεγμένα φρούτα και λαχανικά υπό συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας. [21]

Commodity	Temperature (°C)	Humidity (%)	Storage period
Apples	-1-4	90-95	1-8 months
Aubergines (eggplants)	8-12	90-95	1-2 weeks
Avocadoes (unripe)	4.5-13	85-90	2-5 weeks
(ripe)	2-5	85-90	1-2 weeks
Bananas (green)	13-15	85-90	10-30 days
(ripe)	13-16	85-90	5-10 days
Beans (French)	7-8	95-100	1-2 weeks
Broccoli	0-1	95-100	1-2 weeks
Cabbage (green)	0-1	95-100	3 months
(white)	0-1	95-100	6-7 months
Carrots (immature)	0-1	95-100	4-6 weeks
(mature)	0-1	95-100	4-8 months
Cauliflower	0-1	95-100	2-4 weeks
Celery	0-1	95-100	1-3 months
Citrus (easy peel)	4-8	90	3-8 weeks
Courgettes (zucchini)	8-10	90-95	1-2 weeks
Cucumbers	8-11	90-95	1-2 weeks
Garlic	0	70	6-8 months
Grapefruits	10-15	90	4-16 weeks
Grapes	-1-0	90-95	1-6 months
Kiwifruits	-0.5-0	90-95	2-3 months
Leeks	0-1	95-100	1-3 months
Lemons	10-14	90	2-6 months
Lettuce	0-1	95-100	1-4 weeks
Mangoes	5.5-14	90	2-7 weeks
Melons	4-15	85-90	1-3 weeks
Mushrooms	0	90-95	5-7 days
Onions	-1-0	70-80	6-8 months
Oranges	2-7	90	1-4 months
Pears	-1-0	90-95	1-6 months
Peas	0-1	95-100	1-3 weeks
Potatoes (immature)	4-5	90-95	3-8 weeks
(mature)	4-5	90-95	4-9 months
Soft fruits	-1-0	90-95	2 days-3 weeks
Spinach	0-1	95-100	1-2 weeks
Stone fruits	-1-1	90-95	1-7 weeks
Sweet peppers (capsicum)	7-10	90-95	1-3 weeks
Tomatoes (green)	12-15	90	1-2 weeks
(ripe)	8-10	90	1 week

Προσθήκη χημικών ουσιών

Οι χημικές ουσίες χρησιμοποιούνται για να επεκτείνουν τη ζωή των ελαφρώς επεξεργασμένων φρούτων και λαχανικών. Σημαντικά κριτήρια για την επιλογή της κατάλληλης χημικής ουσίας είναι να μην επηρεάζει τη γεύση του τροφίμου, να μην γίνεται αντιληπτή και να θεωρείται ασφαλής. Για παράδειγμα το ασκορβικό οξύ και το χλωριούχο ασβέστιο αποδείχθηκε ότι έχουν συνεργιστική επίδραση στη διατήρηση του χρώματος και της δομής των κατεψυγμένων φρέσκων τεμαχίων μήλων ενώ το βενζοϊκό νάτριο, το σορβικό κάλιο και το διθειώδες νάτριο προστίθενται σε κατεψυγμένες φρέσκες φέτες

ροδάκινων. Γενικότερα, τα θειώδη άλατα είναι από τις χημικές ουσίες που χρησιμοποιούνται και συνεχίζουν να χρησιμοποιούνται ευρέως στη διατήρηση της ποιότητας του χρώματος για τα τεμαχισμένα και επεξεργασμένα τρόφιμα. Πρόσφατες ενδείξεις όμως ότι τα θειώδη δεν είναι ασφαλή για τους καταναλωτές έχει οδηγήσει στην αναζήτηση εναλλακτικών χημικών, τα οποία θα προσφέρουν παρόμοια προστασία με αυτή των θειωδών αλάτων. Διάφορα οργανικά οξέα, φωσφορικά άλατα ή συνδυασμοί τους έχουν δοκιμαστεί και χρησιμοποιούνται για την καθυστέρηση της ενζυμικής αμαύρωσης, με αρκετά καλά αποτελέσματα. [9], [10], [22]

Ήπιες θερμικές επεξεργασίες

Η χρήση ήπιων θερμικών επεξεργασιών αποτελεί έναν άλλο τρόπο επέκτασης της διάρκειας ζωής μερικών ελαφρώς επεξεργασμένων φρούτων και λαχανικών. Ροδάκινα που θερμάνθηκαν σε σιρόπι που περιέχει βενζοϊκό νάτριο ή σορβικό κάλιο από 54 °C σε 63 °C έγιναν μαλακά και τραχιά μετά από 18 έως 20 εβδομάδες αποθήκευσης σε 0 °C, αλλά απέκτησαν καλύτερη γεύση από τα τυφλά δείγματα. Η βελτίωση γεύσης παρόλα αυτά δεν θεωρήθηκε επαρκής για να αντισταθμίσει την υποβάθμιση της δομής λόγω της θέρμανσης. Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι ο συνδυασμός επεξεργασιών, όπως η θέρμανση μαζί με τις πρόσθετες χημικές ουσίες ή η θέρμανση, η προσθήκη χημικών ουσιών και η αποθήκευση σε κατάψυξη, επιδρά πολύ πιο θετικά από τις μεμονωμένες επεξεργασίες στη διατήρηση ενός τροφίμου. Τέλος, έχει αποδειχθεί ότι οι ήπιες θερμικές επεξεργασίες συντελούν στη μείωση του αρχικού μικροβιακού φορτίου αλλά και στην αδρανοποίηση μερικών ενζύμων υποβάθμισης. [9], [22]

Μείωση ενεργότητας νερού

Η μείωση της ενεργότητας του νερού στα φρούτα και στα λαχανικά μπορεί να επεκτείνει τη διάρκεια ζωής τους για αρκετό διάστημα. Με αυτή την επεξεργασία τα διάφορα είδη μικροοργανισμών δεν θα επιζήσουν κάτω από συγκεκριμένα επίπεδα ενεργότητας και έτσι θα περιοριστεί η ανάπτυξή τους. Εκτός του περιορισμού της ανάπτυξης των μικροοργανισμών το νερό

επηρεάζει και άλλες δράσεις που σχετίζονται με τη σταθερότητα του τροφίμου, όπως ενζυμικές δράσεις και ορισμένες χημικές δράσεις. Οι ενζυμικές δράσεις εξελίσσονται με βραδύτατο ρυθμό σε τιμές ενεργότητας που αντιστοιχούν στο ισχυρά δεσμευμένο, μονοστρωματικό νερό. Αυτό οφείλεται κυρίως στην έλλειψη κινητικότητας των μορίων του υποστρώματος, που εμποδίζει την προσέγγιση του δραστικού κέντρου του ενζύμου και όχι σε επίδραση στα ίδια τα δραστικά κέντρα. Αύξηση της ενεργότητας του νερού ακολουθείται από αύξηση της δραστικότητας των ενζύμων. [9], [22]

Ακτινοβολία ιονισμού

Η ακτινοβολία ιονισμού θεωρείται μία επαρκής μέθοδος θανάτωσης των μικροοργανισμών στα φρούτα και τα λαχανικά, επεκτείνοντας το χρόνο ζωής τους. Η δράση της ακτινοβολίας αυτής στα φρούτα και στα λαχανικά πραγματοποιείται με την παρέμβαση στην κυτταρική διαίρεση, με αποτέλεσμα την αναστολή της βλάστησης σε ωμές πατάτες, κρεμμύδια και σκόρδα. Η έκθεση των φρούτων και λαχανικών σε ιονίζουσα ακτινοβολία επιβραδύνει επιπλέον το ρυθμό της ωρίμανσής τους. Ωστόσο, είναι ιδιαίτερα σημαντικό να προσδιοριστεί η βέλτιστη δοσολογία που απαιτείται για να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα σε κάθε είδος φρούτου ή λαχανικού. Υπερβολικά υψηλή δοσολογία μπορεί να προκαλέσει ανεπιθύμητες αλλαγές στην υφή, το χρώμα και τη γεύση των τροφίμων. [9], [22]

1.6 Συσσκευασία υπό τροποποιημένη ατμόσφαιρα (MAP)

Μετά από την εφαρμογή των διάφορων επεξεργασιών και των τρόπων συντήρησης των φρούτων και των λαχανικών, πολύ σημαντικό ρόλο στη διατήρηση των προϊόντων αυτών με την πάροδο του χρόνου παίζει ο τρόπος συσκευασίας τους. Η τεχνολογία της συσκευασίας σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα εφαρμόζεται ευρέως σε μεγάλη ποικιλία προϊόντων με πολύ επιτυχημένα αποτελέσματα. Περιλαμβάνει την προσθαφαίρεση αερίων στη συσκευασία του τροφίμου, με σκοπό τη δημιουργία της επιθυμητής ατμοσφαιρικής σύστασης στα τρία βασικά αέρια, N₂, O₂ και CO₂. Το τρόφιμο

συσκευάζεται με υλικό κατάλληλης διαπερατότητας και η σύνθεση της ατμόσφαιρας μεταβάλλεται εφάπαξ και δεν μπορεί να ελεγχθεί περαιτέρω. Όταν η διαπερατότητα του υλικού συσκευασίας σε O₂ και CO₂ προσαρμόζεται στην αναπνοή του προϊόντος, δημιουργείται μια τροποποιημένη ατμόσφαιρα ισορροπίας στη συσκευασία και η διάρκεια διατήρησης των φρούτων και λαχανικών αυξάνεται. [23], [24]

Τα τρία βασικά αέρια που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα είναι το CO₂, το O₂ και το N₂, μεμονωμένα ή σε συνδυασμό, με στόχο την ασφαλή επέκταση της διάρκειας διατήρησης του τροφίμου και την εξασφάλιση των βέλτιστων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του. Η επιλογή αερίου εξαρτάται κυρίως από το τρόφιμο που συσκευάζεται. Τα ευγενή ή αδρανή αέρια, όπως το αργό, επίσης χρησιμοποιούνται εμπορικά για προϊόντα όπως ο καφές ή διάφορα σνακ. [24]

Όσον αφορά τα ελαφρώς επεξεργασμένα φρούτα και λαχανικά η πιο συνηθισμένη τεχνολογία συσκευασίας είναι η συσκευασία σε τροποποιημένη ισορροπίας (equilibrium modified atmosphere – EMAP). Σε αυτή την περίπτωση λοιπόν η ατμόσφαιρα που χρησιμοποιείται αποτελείται συνήθως από χαμηλότερα επίπεδα οξυγόνου και υψηλότερα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα. Αυτού του είδους η συσκευασία επιβραδύνει τη φυσιολογική αναπνοή του προϊόντος και παρατείνει έτσι τη διάρκεια διατήρησής του. Επίσης, το χαμηλό επίπεδο οξυγόνου καθυστερεί την ωρίμανση του τροφίμου μέσω της παρεμπόδισης τόσο της παραγωγής όσο και της δράσης του αιθυλενίου. Η μεταφορά των αερίων στους ιστούς του προϊόντος πραγματοποιείται μέσω της διάχυσης των μορίων του αερίου λόγω της διαφοράς συγκεντρώσεων. Ανάλογα με το είδος του προϊόντος το πλήθος των διακενων αέρα διαφέρει. Για παράδειγμα στις πατάτες το πλήθος των διακενων υπολογίζεται στο 1-2% της συνολικής τους μάζας, στις τομάτες στο 15-20% και στα μήλα στο 25-30%. Ο περιορισμένος αριθμός διακενων οδηγεί σε αύξηση της αντίστασης στη διάχυση αερίου.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται ορισμένα προτεινόμενα μίγματα αερίων για τη δημιουργία της κατάλληλης τροποποιημένης ατμόσφαιρας στη συσκευασία φρούτων και λαχανικών. [24]

Πίνακας 1.4: Προτεινόμενες αναλογίες αερίων για τη συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα φρούτων και λαχανικών. [24]

Φρούτα/Λαχανικά	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	N ₂ (%)
Ακτινίδιο	1-2	3-5	93-96
Αχλάδι	2-3	0-1	96-98
Βερίκοκο	2-3	2-3	94-96
Μήλο	1-2	1-3	95-98
Μπανάνα	2-5	2-5	90-96
Πορτοκάλι	5-10	0-5	85-95
Ροδάκινο	1-2	3-5	93-96
Φράουλα	5-10	15-20	70-80
Αγγούρι	3-5	0	95-97
Καρότο	5	3-4	91-95
Κουνουπίδι	2-5	2-5	90-96
Λάχανο	2-3	3-6	81-95
Μαρούλι	1-3	0	97-99
Μπρόκολο	1-2	5-10	88-94
Τομάτα	3-5	0	95-97
Πιπεριές	3	5	92

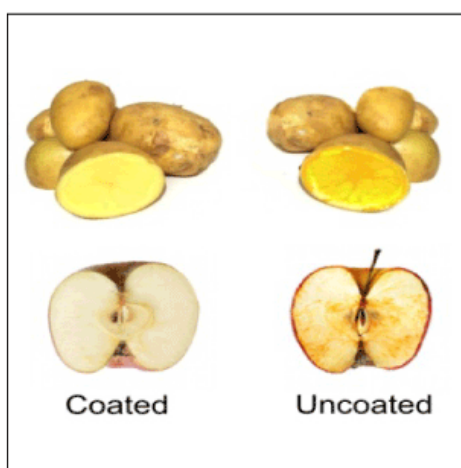


Εικόνα 1.1: Η διατήρηση των φρούτων και των λαχανικών σε τρεις διαφορετικές ατμοσφαιρικές συνθήκες. [25]

1.7 Εδώδιμες επικαλύψεις σε φρέσκα ή ελαφρώς επεξεργασμένα φρούτα και λαχανικά

Η μέθοδος της επικάλυψης με εδώδιμες μεμβράνες αποτελεί μία νέα εναλλακτική λύση στην αύξηση της διατηρησιμότητας των τροφίμων, με μία μάλιστα δυναμική εισχώρηση στη συσκευασία των φρέσκων ή ελαφρώς επεξεργασμένων φρούτων και λαχανικών τα τελευταία χρόνια. Οι μεμβράνες αυτές μπορούν να δομηθούν από υδροκολλοειδή, από λιπίδια ή από συνδυασμό των δύο. Η ιδιαίτερη απήχησή τους οφείλεται στο γεγονός ότι τα υλικά αυτά λειτουργούν ως ένας φραγμός που μπορεί να συμβάλλει αποτελεσματικά: α) στη μείωση της μετανάστευσης υγρασίας, β) στον επιλεκτικό έλεγχο της ανταλλαγής αερίων και γ) στην καταστολή ανεπιθύμητων φυσιολογικών αλλαγών. Έτσι, η επικάλυψη με τα διάφορα εδώδιμα υλικά διασφαλίζει ως ένα βαθμό την ποιότητα του προϊόντος και το προστατεύει από τη μικροβιακή ανάπτυξη. [26], [27], [28]

Όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα τα μη επικαλυμμένα δείγματα έχουν αλλοιωθεί μέσα σε 10 ημέρες, ενώ τα επικαλυμμένα διατηρούνται ακόμα. Η αλλοίωση που έχουν υποστεί τα μη επικαλυμμένα δείγματα είναι εμφανής και από το σκούρο χρώμα που προκλήθηκε από το ενζυμικό μαύρισμα αλλά και από τη συρρίκνωση του προϊόντος που συνεπάγεται την υποβάθμιση της υφής και άλλων ποιοτικών χαρακτηριστικών όπως είναι η γεύση. [29]



Εικόνα 1.2: Επικαλυμμένα και μη δείγματα πατάτας και μήλου μετά από 10 ημέρες αποθήκευσης στους 4°C. [29]

Το είδος του φρούτου ή του λαχανικού καθώς και οι ιδιαίτερες απαιτήσεις της κάθε εφαρμογής είναι οι βασικοί παράμετροι που καθορίζουν τα συστατικά που θα δομήσουν τη μεμβράνη, τη μέθοδο δημιουργίας της και την τεχνική εφαρμογής της σε αυτά. Οι εδώδιμες επικαλύψεις θα αναλυθούν διεξοδικώς στο Κεφάλαιο 2, ώστε να γίνει πλήρως αντιληπτός ο ρόλος τους αλλά και η συνεισφορά τους στη διατηρησιμότητα όχι μόνο φρούτων και λαχανικών αλλά και όλων των υπόλοιπων τροφίμων. ^[30]

Κεφάλαιο 2: Εδώδιμες επικαλυπτικές μεμβράνες

2.1 Εισαγωγή - Ιδιότητες εδώδιμων επικαλυπτικών

Τα τελευταία χρόνια η χρήση εδώδιμων επικαλύψεων έχει κυριαρχήσει ως ένας νέος, αποτελεσματικός και περιβαλλοντικά φιλικός εναλλακτικός τρόπος για την επέκταση του χρόνου ζωής πολλών προϊόντων, παρέχοντας έναν αποτελεσματικό φραγμό στην απώλεια υγρασίας και στην ανταλλαγή αερίων. ^[31] Η ανάπτυξη της συγκεκριμένης τεχνικής έχει βρει γόνιμο έδαφος, εξαιτίας της αυξανόμενης ζήτησης των καταναλωτών για υψηλή ποιότητα, μεγάλη διάρκεια ζωής και ποικιλία έτοιμων προς κατανάλωση τροφίμων. Επιπρόσθετα, η στροφή προς τη χρήση ανανεώσιμων υλικών συσκευασίας αποτελεί μία άκρως ελκυστική και αποτελεσματική λύση στο πρόβλημα της μη βιοαποικοδομησιμότητας των σύνθετων υλικών που χρησιμοποιούνται κατά κόρον στη συσκευασία τροφίμων. ^[32]

Σε αυτό το σημείο θεωρείται χρήσιμο να δοθεί ένας ορισμός για τις εδώδιμες μεμβράνες προσπαθώντας να καταστεί κατανοητή η εφαρμογή τους στα τρόφιμα. Μία εδώδιμη μεμβράνη, λοιπόν, ορίζεται ως ένα λεπτό συνεχές στρώμα εδώδιμου υλικού διαμορφωμένου επάνω σε ένα τρόφιμο ως επικάλυψη ή τοποθετημένου ανάμεσα στα συστατικά του. ^[33]

Ο ρόλος των εδώδιμων μεμβρανών στη διατηρησιμότητα ενός τροφίμου κρίνεται ιδιαίτερα σημαντικός. Συγκεκριμένα, οι εδώδιμες μεμβράνες προσφέρουν έναν μερικό φραγμό στην απώλεια υγρασίας και στη μεταφορά αερίων, όπως το οξυγόνο και το διοξείδιο του άνθρακα, καθυστερώντας έτσι τη συρρίκνωση του τροφίμου και δημιουργώντας μία τροποποιημένη ατμόσφαιρα γύρω από αυτό. ^[34] Με αυτή τους την ιδιότητα οι μεμβράνες αυτές συμβάλλουν,

από τη μία πλευρά, στη μείωση του ρυθμού των αντιδράσεων που υποβαθμίζουν την ποιότητα του τροφίμου και από την άλλη πλευρά στον περιορισμό της ανάπτυξης μικροοργανισμών στο τρόφιμο. Αναλυτικότερα, είναι ερευνητικά διαπιστωμένο ότι οι εδώδιμες επικαλύψεις λειτουργούν ως αρωγοί στη διατήρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του τροφίμου, όπως είναι η γεύση, η υφή, η οσμή, το χρώμα, η μετάγευση και άλλα, ενώ παράλληλα προστατεύουν το τρόφιμο σε μεγάλο βαθμό από την ανάπτυξη αλλοιογόνων ή παθογόνων μικροοργανισμών. ^[33]

Οι ιδιότητες των εδώδιμων επικαλύψεων ενισχύονται σημαντικά με την ενσωμάτωση πρόσθετων ουσιών, όπως πλαστικοποιητών, αντιοξειδωτικών, αντιμικροβιακών, αναστολέων κατά του ενζυμικού μαυρίσματος, χρωστικών, αρωματικών ή θρεπτικών συστατικών. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται έντονα η χρήση πλαστικοποιητών ως πρόσθετα στις εδώδιμες επικαλύψεις, καθώς συνεισφέρουν στην αύξηση της ευκαμψίας και της πλαστικότητάς τους. Οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενοι πλαστικοποιητές είναι η σορβιτόλη και η γλυκερόλη και η προσθήκη τους γίνεται συνήθως για τη μείωση των διαμοριακών δυνάμεων και την αύξηση της κινητικότητας των πολυμερικών αλυσίδων. Άλλα παραδείγματα πρόσθετων ουσιών είναι τα αντιοξειδωτικά, τα οποία προστίθενται στις μεμβράνες για την προστασία του τροφίμου από την οξείδωση των λιπαρών συστατικών του, και τα αντιμικροβιακά, τα οποία καθυστερούν την ανάπτυξη μικροοργανισμών στο τρόφιμο κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής του. ^{[35], [36]}

2.2 Ιστορική αναδρομή

Η τεχνική της επικάλυψης για τη διατήρηση διάφορων τροφίμων δεν αποτελεί μία νέα πραγματικότητα. Ήδη από το δωδέκατο και δέκατο τρίτο αιώνα η μέθοδος της επικάλυψης με κερί εφαρμοζόταν σε πορτοκάλια και λεμόνια στην Κίνα. Οι Κινέζοι αντιλαμβάνονταν ότι τα επικαλυμμένα με κερί φρούτα μπορούσαν να αποθηκεύονται για μεγαλύτερα διαστήματα από τα μη-επικαλυμμένα, χωρίς όμως να μπορούν να το αιτιολογήσουν. ^[37] Παρομοίως στην Ευρώπη, το δέκατο έκτο αιώνα, αποθήκευαν τα φρούτα μέσα σε κερί ή σε λίπη για τη μετέπειτα κατανάλωσή τους. ^[38] Αργότερα, κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1930, οι κηροί θερμοτηκόμενης παραφίνης χρησιμοποιήθηκαν

για την επικάλυψη πορτοκαλιών και λεμονιών στις ΗΠΑ και έγιναν εμπορικά διαθέσιμοι ως εδώδιμα επικαλυπτικά σε φρέσκα φρούτα. ^[39] Τέλος, η ανάπτυξη εδωδιμων μεμβρανών για χρήση σε προϊόντα κρέατος πρωτοαναφέρθηκε στο τέλος της δεκαετίας του 1950. Έκτοτε, και ιδιαίτερα από τα τέλη της δεκαετίας του 1980 και μετά, τα εδώδιμα επικαλυπτικά έχουν μελετηθεί εκτενώς αναφορικά με την εφαρμογή τους σε φρέσκα και επεξεργασμένα φρούτα και λαχανικά καθώς και σε άλλα είδη τροφίμων. Επίσης, έχουν πραγματοποιηθεί πολλές προσπάθειες για την εύρεση νέων υλικών που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως εδώδιμα επικαλυπτικά ακολουθώντας συγκεκριμένες προδιαγραφές, όπως να μην είναι τοξικά και να είναι όσο το δυνατόν πιο άγευστα, άοσμα και αποτελεσματικά στη διατήρηση των τροφίμων. ^{[39], [40]} Για την επίτευξη όμως μίας καλής επικάλυψης, πέρα από ένα αποτελεσματικό υλικό που θα εφαρμοστεί ως μεμβράνη, απαιτείται και η σωστή εφαρμογή του ανάλογα με το είδος του τροφίμου και τις οικονομικές απαιτήσεις.

2.3 Τεχνικές εφαρμογής εδωδιμων μεμβρανών στα τρόφιμα

Οι τεχνικές εφαρμογής των εδωδιμων μεμβρανών στα διάφορα είδη τροφίμων χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία αφορά τις άμεσες τεχνικές εφαρμογής, όπου η μεμβράνη βρίσκεται σε υγρή φάση και με βούρτσισμα, εμβάπτιση ή ψεκασμό, εφαρμόζεται στα τρόφιμα. Η άλλη κατηγορία δεν απαιτεί το τρόφιμο ως μέσο στήριξης και ακολουθεί τα μονοπάτια των συμβατικών παραγωγικών μεθόδων. Οι πιο δημοφιλείς τεχνικές είναι οι εξής: ^[33]

- Η εμβάπτιση, η οποία εφαρμόζεται στα περισσότερα τρόφιμα (κρέας, ψάρι, φρούτα, λαχανικά κ.α.) και διαθέτει το πλεονέκτημα της επικάλυψης τροφίμων με ακανόνιστη επιφάνεια/σχήμα. Μετά την εμβάπτιση απομακρύνεται το περισσεύον επικαλυπτικό υλικό από την επιφάνεια του προϊόντος και στη συνέχεια πραγματοποιείται ξήρανση του επικαλυμμένου τροφίμου. ^{[33], [41]} Ενώ ο χρόνος εμβάπτισης δεν αποτελεί σημαντική παράμετρο της μεθόδου αυτής, η ολοκληρωτική βύθιση του τροφίμου στο διάλυμα επικάλυψης είναι αναγκαία για τη

διαμόρφωση μίας καλής μεμβράνης σε όλη την επιφάνεια του προϊόντος. [42]

- Ο ψεκασμός, ο οποίος πλεονεκτεί της εμβάπτισης λόγω α) της δυνατότητας σχηματισμού μεμβράνης λεπτότερου πάχους, β) της δυνατότητας εφαρμογής της μεμβράνης στη μία μόνο πλευρά του τροφίμου και γ) της δυνατότητας να χρησιμοποιηθεί ως δεύτερο στρώμα μεμβράνης για καλύτερη προστασία. [33] Οι ψεκαστήρες χαμηλής πίεσης που χρησιμοποιούνταν στο παρελθόν εναπέθεταν περισσότερη ποσότητα υλικού επικάλυψης από την επιθυμητή πάνω στο τρόφιμο με αποτέλεσμα να απαιτείται ειδικός μηχανισμός για την παραλαβή της πλεονάζουσας ποσότητας και την επαναχρησιμοποίησή της. Αργότερα, υψηλής πίεσης ψεκαστήρες, που εναπέθεταν το υλικό στα 60-80 psi, ήταν διαθέσιμοι. Αυτοί χρησιμοποιούσαν πολύ λιγότερη ποσότητα επικαλυπτικού υλικού προσφέροντας καλύτερη κάλυψη στο τρόφιμο και χωρίς την ανάγκη ανακύκλωσης της περισσευούμενης ποσότητας. [42], [43]
- Η έγχυση σε καλούπι/επιφάνεια, η οποία σε αντίθεση με τις προηγούμενες δύο που ανήκουν στις άμεσες τεχνικές εφαρμογής, κατατάσσεται στις μεθόδους ανεξάρτητου σχηματισμού. Επιτυγχάνεται είτε με έγχυση ορισμένης ποσότητας σε καλούπι είτε με χρήση ειδικού μηχανήματος (spreader) που απλώνει το διάλυμα της μεμβράνης στο επιθυμητό πάχος πάνω σε μία οριοθετημένη επιφάνεια. [33]

2.4 Είδη εδωδιμων επικαλύψεων

Τα συστατικά των εδωδιμων μεμβρανών διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες, τα υδροκολλοειδή, τα λιπίδια και τα σύνθετα. Τα υδροκολλοειδή περιλαμβάνουν τις πρωτεΐνες και τους πολυσακχαρίτες, όπως το άμυλο, τα αλγινικά άλατα, τα παράγωγα της κυτταρίνης, τη χιτοζάνη και την πηκτίνη. Στα λιπίδια εντάσσονται οι κηροί, οι ακυλογλυκερόλες και τα λιπαρά οξέα. Τέλος, οι σύνθετες μεμβράνες αποτελούνται τόσο από υδροκολλοειδή συστατικά, όσο και από λιπίδια. Η επιλογή των υλικών για την παρασκευή μίας τέτοιας μεμβράνης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την επιθυμητή λειτουργία. [44]

Παρακάτω θα παρουσιαστούν πιο αναλυτικά ορισμένοι από τους κυριότερους πολυσακχαρίτες αλλά και ορισμένα λιπίδια.

2.4.1 Εδώδιμες επικαλύψεις από υδροκολλοειδή

2.4.1.1 Εδώδιμες επικαλύψεις από πολυσακχαρίτες

Οι πολυσακχαρίτες θεωρούνται μη τοξικοί, είναι ευρέως διαθέσιμοι και ικανοί να ελέγχουν αποτελεσματικά τη μεταφορά αερίων. Δημιουργώντας όμως υδρόφιλες μεμβράνες καταλήγουν σε μη ικανοποιητικούς φραγμούς για την υγρασία. Αυτό επιτρέπει τη διέλευση υδρατμών μέσα από τη μεμβράνη, εμποδίζοντας τη συμπύκνωση του νερού που μπορεί να αποτελέσει πηγή μικροβιακής αλλοίωσης στα αγροτικά προϊόντα. ^[32] Οι πιο βασικοί πολυσακχαρίτες που χρησιμοποιούνται για τη σύνθεση εδώδιμων επικαλύψεων στα τρόφιμα είναι:

Άμυλο

Το άμυλο είναι ιδιαίτερα βιοαποικοδομήσιμο και αποδοτικό υλικό ως προς το κόστος, αλλά και πολύ υδρόφιλο. Οι μεμβράνες που δομούνται από άμυλο αποτελούν μέτριους φραγμούς αερίων και οι μηχανικές τους ιδιότητες είναι γενικά κατώτερες σε σχέση με τις συνθετικές πολυμερικές μεμβράνες. Η αμυλόζη, το γραμμικό κλάσμα του αμύλου, είναι υπεύθυνη για την ικανότητα του αμύλου να σχηματίζει μεμβράνες. Δημιουργεί μία συνεκτική και σχετικά ισχυρή μεμβράνη, σε αντίθεση με τις μεμβράνες της αμυλοπηκτίνης, οι οποίες είναι εύθραυστες και μη-συνεχείς. ^[32]

Κυτταρίνη και Παράγωγα της Κυτταρίνης

Η κυτταρίνη είναι το πλέον άφθονο φυσικό πολυμερές στη Γη, και πρόκειται ουσιαστικά για γραμμικό φυσικό πολυμερές της γλυκόζης. Είναι υψηλά κρυσταλλική, ινώδης και αδιάλυτη. Λόγω, μάλιστα, της αδιαλυτότητάς της στο νερό είναι πολύ δύσκολο να χρησιμοποιηθεί ως επικάλυψη, γι' αυτό και έχουν κατασκευαστεί εμπορικά κάποια παράγωγά της που ξεπερνούν αυτό το εμπόδιο. Τέτοια παράγωγα είναι η καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη (CMC), η μεθυλοκυτταρίνη (MC) και η υδροξυπροπυλομεθυλοκυτταρίνη (HPMC).

Σύγκριση μεταξύ των παραγώγων αυτών ως επικαλυπτικά σε καρύδια χωρίς κέλυφος έχει δείξει ότι το CMC είναι το καλύτερο υλικό για αυτή την εφαρμογή, προσδίδοντας γυαλάδα και καθυστερώντας τον ταγγισμό. Επιπρόσθετα, παρατηρήθηκε ότι η διαπερατότητα στους υδρατμούς των μεμβρανών HPMC και MC μειώνεται με αύξηση του μοριακού βάρους του πολυμερούς. Τέλος το MC έχει χρησιμοποιηθεί προκειμένου να διατηρηθεί το πράσινο χρώμα και η υφή σε αβοκάντο κατά τη διάρκεια αποθήκευσής του. [32], [45]

Χιτίνη/Χιτοζάνη

Η χιτίνη είναι ένα φυσικό, μη τοξικό βιοπολυμερές και το δεύτερο πιο άφθονο στη γη μετά την κυτταρίνη. Συναντάται στον εξωσκελετό των οστρακόδερμων, στο κυτταρικό τοίχωμα των μυκήτων, και σε άλλα βιολογικά υλικά. Η εμπορική χιτίνη απομονώνεται κυρίως από τα οστρακόδερμα, λόγω του μεγάλου όγκου αποβλήτων που παράγονται ως παραπροϊόντα από τη βιομηχανική επεξεργασία αυτών των θαλάσσιων ειδών. [47], [48], [49] Πρόκειται κυρίως για πολυ(β-(1-4)-2-ακεταμιδο-D-γλυκόζη), η οποία είναι όμοια ως προς τη δομή με την κυτταρίνη. Η χιτοζάνη λαμβάνεται από τη χιτίνη με αποακετυλίωση σε αλκαλικό μέσο και ορίζεται από το βαθμό της αποακετυλίωσης και το μέσο μοριακό βάρος. Η σημασία της βασίζεται στις αντιμικροβιακές της ιδιότητες, σε συνδυασμό με την κατιονικότητά της και τις ιδιότητες σχηματισμού μεμβράνης. Οι εδώδιμες μεμβράνες από χιτοζάνη έχουν εκλεκτική διαπερατότητα σε αέρια (CO₂ και O₂) και καλές μηχανικές ιδιότητες, όπως αντοχή, ανθεκτικότητα και ευκαμψία. Ωστόσο, το γεγονός ότι οι μεμβράνες από χιτοζάνη είναι ιδιαίτερα διαπερατές από υδρατμούς περιορίζει τη χρήση τους, καθώς ο αποτελεσματικός έλεγχος της μεταφοράς υγρασίας είναι επιθυμητός στα περισσότερα τρόφιμα, και ιδιαίτερα σε υδατικά περιβάλλοντα. [44] Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί, ότι επειδή η χιτοζάνη ανήκει στους ιονικούς πολυσακχαρίτες απαιτεί την προσθήκη κατιόντων για να διευκολυνθεί ο σχηματισμός μεμβρανών. Ούσα μάλιστα κατιονικός πολυσακχαρίτης, η χιτοζάνη διαλυτοποιείται σε όξινο περιβάλλον, για παράδειγμα σε διάλυμα οξικού οξέος. [33] Οι εδώδιμες μεμβράνες από χιτοζάνη έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για την επέκταση της διάρκειας διατήρησης και τον έλεγχο της αλλοίωσης σε ροδάκινα, αχλάδια, αγγούρια, πιπεριές, τομάτες, φράουλες και ψάρια, καθώς επίσης και σε πολλά ακόμα φρούτα και

λαχανικά. Από τις έρευνες αυτές προέκυψε πως η χιτοζάνη προκαλεί μείωση της αναπνοής και της παραγωγής αιθυλενίου, αύξηση της εσωτερικής συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα και μείωση της αντίστοιχης συγκέντρωσης του οξυγόνου, διατήρηση της σκληρότητας των καρπών, μείωση των απωλειών βάρους και της φθοράς από παθογόνους μικροοργανισμούς. [49]

Πηκτίνη

Πρόκειται για συστατικά του μεσοκυτταρικού χώρου των φυτικών ιστών και συνίστανται, κατά κύριο λόγο, από πολυμερή γραμμικών αλυσίδων γαλακτουρονικού οξέος. Κατά την ωρίμανση των φρούτων δρουν διάφορες πηκτινάσες που μετατρέπουν τις πρωτοπηκτίνες σε άλλες πηκτίνες και τέλος υδρολύουν την πολυγαλακτουρονική άλυσσο, με αποτέλεσμα τη μεταβολή της δομής και της υφής. Η πηκτίνη που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία προέρχεται από φρούτα όπως είναι το κυδώνι, το μήλο και το πορτοκάλι και προορίζεται για την παρασκευή ισχυρών πηκτών (gel). Πρόσφατα, σε δύο διαφορετικές έρευνες διαπιστώθηκε ότι η επικάλυψη τσιπς πατάτας και μπανάνας με διάλυμα πηκτίνης πριν το τηγάνισμά τους συμβάλλει σημαντικά ($\approx 30\%$) στη μείωση της απορρόφησης ελαίου από τα προϊόντα αυτά, σε συγκεκριμένες συνθήκες τηγανίσματος. [50], [51], [52]

Αλγινικά άλατα

Τα αλγινικά άλατα, τα οποία εξάγονται από καφέ φύκια του είδους *Phaeophyceae*, είναι τα άλατα του αλγινικού οξέος, ενός γραμμικού συμπολυμερούς του D-μαννουρονικού και του L-γουλουρονικού οξέος. Η ικανότητα των αλγινικών αλάτων να αντιδρούν τόσο με δισθενή όσο και με τρισθενή κατιόντα χρησιμοποιείται στο σχηματισμό εδώδιμων μεμβρανών από αλγινικά άλατα. Τα ιόντα ασβεστίου, τα οποία είναι πιο αποτελεσματικά από τα ιόντα μαγνησίου, μαγγανίου, αργιλίου και δισθενούς και τρισθενούς σιδήρου, χρησιμοποιούνται ως πηκτικά μέσα. Οι εδώδιμες μεμβράνες από αλγινικά άλατα έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς στη διατήρηση διαφόρων ειδών ψαριών, κρεάτων και πουλερικών, καθώς και ορισμένων ειδών τυριών. [32]

2.4.1.2 Εδώδιμα επικαλυπτικά που βασίζονται σε πρωτεΐνες

Οι εδώδιμες μεμβράνες από πρωτεΐνες, ζωικής ή φυτικής προέλευσης, είναι κατάλληλες για την επικάλυψη διαφόρων ειδών τροφίμων. Από τις κυριότερες που έχουν χρησιμοποιηθεί για αυτό τον σκοπό είναι η πρωτεΐνη καλαμποκιού, σιταριού, σόγιας, γάλακτος, η ζελατίνη και η καζεΐνη. Αποτελούν καλά φράγματα για το οξυγόνο και το διοξείδιο του άνθρακα, αλλά όχι για το νερό. Οι εδώδιμες μεμβράνες που βασίζονται σε πρωτεΐνες είναι πιο αποδοτικές σε ότι αφορά τη διαπερατότητα οξυγόνου και υδρατμών όταν το σκεύασμα βρεθεί σε συνθήκες πέρα από το ισοηλεκτρικό τους σημείο, παράγοντας αδιάλυτα επικαλυπτικά. Επιπλέον, κρίνεται ενδιαφέρον το γεγονός ότι η χρήση πρωτεϊνών ως επικαλυπτικά σε διάφορα τρόφιμα συμβάλλει στην αύξηση της διατροφικής τους αξίας, ενώ αυτές μπορούν να λειτουργήσουν και ως γαλακτωματοποιητές. [32], [33]

Στη συνέχεια, συνοπτικά, παρουσιάζονται οι πιο δημοφιλείς πρωτεΐνες στον τομέα των εδώδιμων επικαλύψεων.

Πρωτεΐνη Καλαμποκιού

Η πρωτεΐνη του καλαμποκιού βρίσκει εμπορική χρήση στην παρασκευή εδώδιμων επικαλυπτικών για αποφλοιωμένους ξηρούς καρπούς, καραμέλες και φαρμακευτικά δισκία. Αποτελεί αποδεδειγμένα καλό φράγμα για το οξυγόνο, ενώ η διαπερατότητα υδρατμών μέσω αυτής είναι περίπου 800 φορές υψηλότερη σε σχέση με μία τυπική μεμβράνη. [32]

Πρωτεΐνη Σόγιας

Η ικανότητα της πρωτεΐνης της σόγιας να σχηματίζει μεμβράνες αξιοποιείται παραδοσιακά στην Άπω Ανατολή για την παρασκευή μεμβρανών από πρωτεΐνη σόγιας και λιπίδια, οι οποίες είναι γνωστές ως μεμβράνες "yuba". [32]

Πρωτεΐνες Γάλακτος

Η καζεΐνη, η πρωτεΐνη του ορού του γάλακτος, και οι ολικές πρωτεΐνες του γάλακτος μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην παραγωγή εδώδιμων μεμβρανών. Για τις εδώδιμες μεμβράνες που βασίζονται στην καζεΐνη δεν έχουν

πραγματοποιηθεί πολλές έρευνες, λόγω του υψηλού κόστους παραγωγής τους. Οι μεμβράνες από β-καζεΐνη αναμένεται να έχουν χαμηλότερη διαπερατότητα σε αέρια και υδρατμούς σε σχέση με τις υπόλοιπες μεμβράνες από πρωτεΐνες γάλακτος. Εκτός από την καζεΐνη, και τα καζεϊνικά άλατα, οι πρωτεΐνες του ορού γάλακτος είναι ικανές να σχηματίσουν μεμβράνες εξαιτίας της τυχαίας ελικοειδούς φύσης τους και της ικανότητάς τους να σχηματίζουν ηλεκτροστατικούς, υδρόφοβους, και εκτεταμένους διαμοριακούς δεσμούς υδρογόνου. Αυτές οι μεμβράνες είναι πολύ υδατοδιαλυτές, αλλά η υποβολή τους σε ρυθμιστικά διαλύματα στο ισοηλεκτρικό σημείο της καζεΐνης οδηγεί σε αδιάλυτες στο νερό μεμβράνες. Σε αντίθεση με τις μεμβράνες από καζεϊνικά άλατα, οι εδώδιμες μεμβράνες από πρωτεΐνες του ορού γάλακτος είναι αδιάλυτες στο νερό, λόγω της παρουσίας ομοιοπολικών δισουλφιδικών δεσμών, ενώ είναι επίσης εξαιρετικά φράγματα για τη μεταφορά οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα. Τέλος, τα τελευταία χρόνια έχουν διεξαχθεί αρκετές μελέτες για την παραγωγή εδώδιμων επικαλυπτικών από τις ολικές πρωτεΐνες του γάλακτος, με ιδιαίτερη έμφαση στη συσχέτιση των ιδιοτήτων τους με μοριακούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως η δομή και η σύνθεση των πρωτεϊνών σε σχέση με τη θερμοκρασία διατήρησης. [53]

Κολλαγόνο/Ζελατίνη

Το κολλαγόνο είναι μία ινώδης πρωτεΐνη. Η ικανότητά του να σχηματίζει μεμβράνες χρησιμοποιείται παραδοσιακά στη βιομηχανία κρέατος για την παραγωγή εδώδιμων περιβλημάτων για λουκάνικα. Πιο συγκεκριμένα, οι μεμβράνες κολλαγόνου είναι ιδιαίτερης σημασίας διότι προσφέρουν αρκετά πλεονεκτήματα, όπως είναι η βιοσυμβατότητα. Επίσης είναι μη τοξικές στους περισσότερους ιστούς ενώ μπορούν να επεξεργαστούν και να αποδώσουν μία ποικιλία μορφών. Η ζελατίνη είναι μία πρωτεΐνη που προκύπτει από τη μερική υδρόλυση του κολλαγόνου. Σχηματίζει διαυγείς, εύκαμπτες, ισχυρές και αδιαπέραστες από το οξυγόνο μεμβράνες, όταν λαμβάνεται από υδατικά διαλύματα που περιέχουν πλαστικοποιητή. Οι εδώδιμες μεμβράνες από ζελατίνη βρίσκουν εφαρμογή τόσο στη φαρμακευτική βιομηχανία, όσο και στη βιομηχανία τροφίμων. [32], [54]

2.4.2 Εδώδιμα επικαλυπτικά που βασίζονται σε λιπίδια

Στη κατηγορία των λιπιδίων ανήκουν τα φυσικά λιπίδια των γλυκεριδίων, τα οποία είναι εστέρες της γλυκερίνης, και τα λιπαρά οξέα και οι κηροί, τα οποία είναι εστέρες των μεγάλου μοριακού βάρους μονοϋδρικών αλκοολών και λιπαρών οξέων. Από αυτή την ομάδα, τα ακετυλιωμένα μονογλυκερίδια, οι φυσικοί κηροί και οι επιφανειοδραστικές ουσίες χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό για την παραγωγή εδώδιμων επικαλυπτικών. Η κύρια ιδιότητα των μεμβρανών που αποτελούνται από λιπίδια είναι ο υδρόφοβος χαρακτήρας τους, γεγονός που αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα για το είδος αυτό. Η αποκλειστική σύνθεση όμως αυτών των μεμβρανών από λιπίδια χρήζει ιδιαίτερης προσοχής διότι ενδέχεται να στερούνται δομικής ακεραιότητας. Για αυτό το λόγο, προτείνεται η χρήση υδροκολλοειδών, τα οποία συμβάλλουν στη συγκράτηση της μεμβράνης. Γενικότερα, οι εδώδιμες μεμβράνες από λιπίδια είναι αδιαφανείς και άκαμπτες, έχουν κηρώδη γεύση και δεν προσκολλώνται εύκολα στις υδρόφιλες επιφάνειες, γεγονός που περιορίζει τη χρήση τους στα τεμαχισμένα φρούτα. [32], [39]

Κηροί

Οι κηροί ανήκουν στην κατηγορία των μη-πολικών λιπιδίων, είναι αδιάλυτοι στο νερό και δεν απλώνονται εύκολα πάνω στις επιφάνειες. Εμφανίζουν μάλιστα έντονα υδρόφοβο χαρακτήρα, όπως αποδεικνύεται από τη διαλυτότητά τους στους τυπικούς οργανικούς διαλύτες. Οι μεμβράνες από κηρούς παρουσιάζουν διαφορές στη διαπερατότητά τους, οι οποίες οφείλονται κυρίως στις διαφορές στη χημική σύσταση και στον κρυσταλλικό τύπο τους. [32]

Γλυκερίδια

Τα μονογλυκερίδια εφαρμόζονται ως γαλακτωματοποιητές των εδώδιμων μεμβρανών, με σκοπό να αυξάνουν την προσκόλληση μεταξύ δύο συστατικών με διαφορετική υδροφοβικότητα. Τα τριγλυκερίδια, από την άλλη, είναι αδιάλυτα στο νερό, αλλά απλώνονται εύκολα στις επιφάνειες, σχηματίζοντας μία σταθερή επίστρωση. Ο υδρόφιλος ή υδρόφοβος χαρακτήρας των τριγλυκεριδίων εξαρτάται από τη δομή τους. Γενικότερα, οι

ιδιότητες φραγμού υγρασίας των εδώδιμων μεμβρανών με γλυκερίδια μπορούν να ενισχυθούν με την προσθήκη παλμιτικού, στεατικού ή λαυρικού οξέος ή στεαρυλικής αλκοόλης. [32]

2.4.3 Σύνθετες και πολυστρωματικές μεμβράνες

Οι εδώδιμες μεμβράνες που αποτελούνται μόνο από ένα βασικό συστατικό, είτε δρουν μόνο ως καλά φράγματα, είτε εμφανίζουν καλές μηχανικές ιδιότητες. Οι μεμβράνες υδροκολλοειδών, για παράδειγμα, είναι πολύ αποτελεσματικά φράγματα οξυγόνου, αλλά η αντίστασή τους στη μεταφορά υδρατμών είναι περιορισμένη, εξαιτίας της υδρόφιλης φύσης των συστατικών τους. Από την άλλη πλευρά, οι μεμβράνες που βασίζονται σε λιπίδια αποτελούν καλό φράγμα υδρατμών, αλλά παρουσιάζουν κάποια μειονεκτήματα, όπως μικρές οπές και ρωγμές στην επιφάνειά τους, κακή προσκόλληση, έλλειψη ομοιογένειας, και κηρώδη γεύση. [32]

Για την επίτευξη λοιπόν του καλύτερου δυνατού συνδυασμού όλων των παραπάνω επιθυμητών ιδιοτήτων των μεμβρανών, μπορεί να πραγματοποιηθεί ανάμιξη περισσότερων συστατικών για το σχηματισμό σύνθετων ή πολυστρωματικών μεμβρανών. Στην περίπτωση των σύνθετων μεμβρανών όλα τα συστατικά αναμιγνύονται για τη δημιουργία μιας ομογενούς επικάλυψης, ενώ στην περίπτωση των πολυστρωματικών μεμβρανών εφαρμόζονται δύο στρώσεις επικαλυπτικού, όπου η μία αποτελείται από υδροκολλοειδή και η άλλη από λιπίδια. Οι σύνθετες μεμβράνες είναι λιγότερο αποτελεσματικές ως φράγματα αερίων και υδρατμών σε σχέση με τις πολυστρωματικές. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η επιφάνεια των επικαλυμμένων με σύνθετες μεμβράνες τροφίμων καλύπτεται από ένα μόνο συστατικό σε κάθε σημείο, αφού η επικάλυψη αποτελείται από ένα πλέγμα στο οποίο τα λιπίδια και τα υδροκολλοειδή εναλλάσσονται. Ωστόσο, οι σύνθετες μεμβράνες είναι πιο εύκολες στη χρήση, αφού απαιτούν μόνο ένα στάδιο εφαρμογής και ένα στάδιο ξήρανσης. Επίσης η ύπαρξη τόσο πολικών όσο και μη-πολικών χαρακτηριστικών στις σύνθετες μεμβράνες τους προσδίδει την ιδιότητα της καλύτερης προσκόλλησης σε μεγαλύτερο αριθμό επιφανειών. [39]

Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των μιγμάτων λιπιδίων-υδροκολλοειδών που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή σύνθετων

εδώδιμων μεμβρανών, καθώς επίσης και ο τύπος και η συγκέντρωση των συστατικών τους, καθορίζουν τις φυσικές και μηχανικές ιδιότητες καθώς και τις ιδιότητες φραγμού των σύνθετων μεμβρανών. Η αύξηση της συγκέντρωσης των λιπιδίων ή του μεγέθους των σταγονιδίων που προστίθενται στα υδατικά διαλύματα των υδροκολλοειδών οδηγεί σε πιο αδιαφανείς μεμβράνες, ενώ η μείωση του μεγέθους αυτών των σταγονιδίων ή η καλύτερη κατανομή των λιπιδίων (π.χ. με ομογενοποίηση) βελτιώνει όλες τις ιδιότητες της επικάλυψης, μειώνοντας τη διαπερατότητά της σε υδρατμούς. Παρόλο που γενικά η αύξηση της συγκέντρωσης των λιπιδίων στις σύνθετες μεμβράνες μειώνει τη διαπερατότητα σε υδρατμούς, έχει βρεθεί ότι κάτω υπό ορισμένες συνθήκες, η αύξηση της συγκέντρωσης των λιπιδίων πάνω από συγκεκριμένες τιμές οδηγεί σε αύξηση της διαπερατότητας της μεμβράνης σε υδρατμούς. Αυτή η διαπίστωση οφείλεται στην ανεπαρκή διασπορά των λιπιδίων στα υδατικά γαλακτώματα που περιέχουν μεγάλες συγκεντρώσεις λιπιδίων.^[42] Οι σύνθετες και οι πολυστρωματικές μεμβράνες έχουν αποτελέσει αντικείμενο μελέτης από πολλούς ερευνητές σε διεθνές επίπεδο. Κάποια από τα μίγματα που έχουν εξεταστεί ερευνητικά είναι: άμυλο - ζελατίνη, χιτοζάνη - ζελατίνη, πρωτεΐνη σόγιας – αλγινικά άλατα, πρωτεΐνη σόγιας - προπυλενογλυκόλη (PGA), και καζεΐνη - αλγινικά άλατα - ακετυλιωμένα μονογλυκερίδια.^{[32], [39]}

2.5 Εφαρμογή εδώδιμων επικαλυπτικών στα φρέσκα ή ελαφρώς επεξεργασμένα φρούτα και λαχανικά

Όλοι οι τύποι εδώδιμων μεμβρανών έχουν εφαρμοστεί σε πολλά είδη τροφίμων από φρούτα και λαχανικά μέχρι κρέατα και ψάρια. Τα φρέσκα ή ελαφρώς επεξεργασμένα φρούτα και λαχανικά αποτελούν, όμως, ερευνητική πρόκληση, λόγω της ιδιαίτερης ευαισθησίας τους και της γρήγορης υποβάθμισής τους.^[31]

Αρχικά καλό είναι να αναφερθούν τα κυριότερα γνωρίσματα των φρούτων και των λαχανικών που χρειάζεται να διατηρηθούν αναλλοίωτα με την πάροδο του χρόνου. Η εμφάνιση του προϊόντος παραμένει το πιο βασικό χαρακτηριστικό που επηρεάζει στο μεγαλύτερο βαθμό την απόφαση του καταναλωτή να αγοράσει ή όχι ένα προϊόν. Η συνολική εμφάνιση του προϊόντος επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, οι οποίοι μπορούν να επιφέρουν

διάφορες μεταβολές στο τρόφιμο. Από τη μία, το ενζυμικό μαύρισμα που λαμβάνει χώρα στα φρεσκοκομμένα φρούτα και λαχανικά αποτελεί σημαντικό πρόβλημα και επιφέρει αλλοίωση του χρώματός τους. Από την άλλη, η υφή ως ένα επίσης σημαντικό γνώρισμα καθορίζει την αποδοχή ή μη ενός προϊόντος. Καθώς το φρούτο ή το λαχανικό ωριμάζει η μεταβολή της υφής του είναι αναπόφευκτη, με άμεσο αντίκτυπο και στην εμφάνισή του. Σε αυτό το σημείο αξίζει να τονιστεί ότι η ωριμότητα του προϊόντος κατά τη στιγμή της επεξεργασίας επηρεάζει σημαντικά τη διάρκεια ζωής των φρούτων ή των λαχανικών. Όλα τα παραπάνω επηρεάζουν και άλλα ποιοτικά χαρακτηριστικά του τροφίμου όπως η οσμή και η γεύση. ^{[31], [34]}

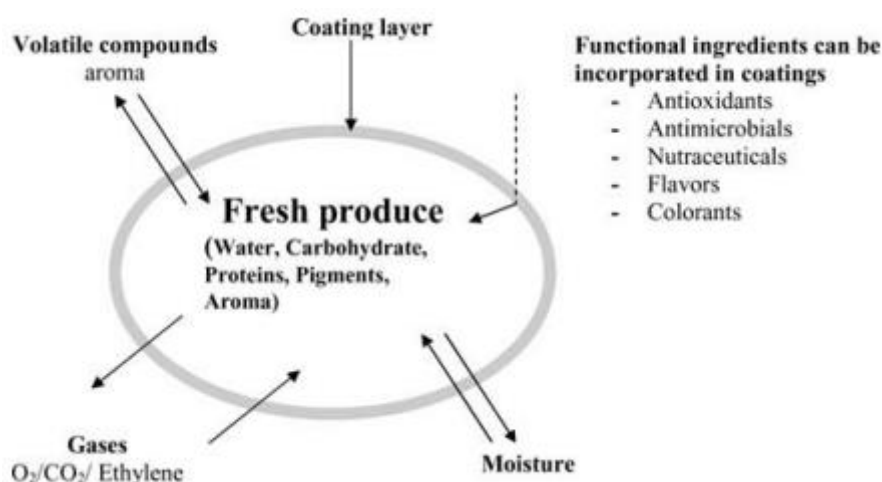


Εικόνα 2.1: Επικαλυμμένα φρεσκοκομμένα μήλα κατά την πραγματοποίηση ερευνητικής μελέτης στο τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων του Πανεπιστημίου Massey της Νέας Ζηλανδίας. ^[55]

Για την καθυστέρηση λοιπόν της υποβάθμισης των ποιοτικών χαρακτηριστικών των προϊόντων αυτών, η εφαρμογή των εδώδιμων επικαλυπτικών κρίνεται χρήσιμη αν όχι απαραίτητη. Οι μεμβράνες αυτές με τις ιδιότητές τους, τον περιορισμό δηλαδή της μετανάστευσης υγρασίας, τον επιλεκτικό έλεγχο της ανταλλαγής αερίων και αρωματικών ενώσεων και την καταστολή ανεπιθύμητων φυσιολογικών αλλαγών συμβάλλουν καθοριστικά στην επέκταση του χρόνου ζωής των φρούτων και των λαχανικών. ^[30]

Στις εδώδιμες μεμβράνες που εφαρμόζονται στα φρούτα και τα λαχανικά προστίθενται συχνά και ουσίες όπως αντιοξειδωτικά, αντιμικροβιακά, πλαστικοποιητές, συντηρητικά, βιταμίνες και άλλα που ενισχύουν τα χαρακτηριστικά της επιλεγμένης επικάλυψης και δρουν θετικά στη διατηρησιμότητα του τροφίμου. Πολλές έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί όλα

αυτά τα χρόνια στην εύρεση της κατάλληλης επικάλυψης για κάθε φρούτο ή λαχανικό, ενώ συνεχώς ανακαλύπτονται νέοι συνδυασμοί. [56]



Εικόνα 2.2: Λειτουργικές ιδιότητες των εδώδιμων μεμβρανών σε φρούτα και λαχανικά. [41]

Το τρόφιμο που επικαλύπτεται με την εδώδιμη μεμβράνη μπορεί να καταναλωθεί όπως είναι φρέσκο ή ελαφρώς επεξεργασμένο αλλά μπορεί και να οδηγηθεί προς περαιτέρω επεξεργασία, όπως είναι το τηγάνισμα.

2.6 Χρήση αντιοξειδωτικών ως πρόσθετα στις εδώδιμες επικαλύψεις

Η προσθήκη αντιοξειδωτικών ουσιών στις εδώδιμες επικαλύψεις πραγματοποιείται για την ενίσχυση των λειτουργικών ιδιοτήτων τους και κυρίως για την καθυστέρηση της αποικοδόμησης των λιπαρών υλών που περιέχονται στα τρόφιμα. Πολλοί ερευνητές έχουν μελετήσει τον τρόπο με τον οποίο η χρήση αντιοξειδωτικών προσθέτων επηρεάζει τις ιδιότητες των διαφορετικών μεμβρανών που λειτουργούν ως επικαλύψεις με αξιόλογα αποτελέσματα να βλέπουν το φως της δημοσιότητας. Τα τελευταία χρόνια, οι έρευνες έχουν εστιάσει στη δράση των αντιοξειδωτικών που προέρχονται από φυσικές πηγές, όπως είναι τα εκχυλίσματα φυτών, τα αιθέρια έλαια και άλλα συστατικά με αντιοξειδωτική δράση, σε μία προσπάθεια αντικατάστασης των συνθετικών. Για τα συγκεκριμένα θα γίνει περαιτέρω αναφορά στο Κεφάλαιο 3 στην ενότητα 3.6.

[57], [58]

Η εξάπλωσή τους αυτή είχε ως αποτέλεσμα και τη χρήση τους στη τεχνική των εδώδιμων επικαλύψεων με μεγάλη επιτυχία. Πριν την προσθήκη, όμως, των αντιοξειδωτικών στις εδώδιμες μεμβράνες είναι απαραίτητο να αξιολογηθεί όχι μόνο η αντιοξειδωτική τους ικανότητα, αλλά και ο τρόπος που επηρεάζουν α) τις ιδιότητες των υλικών των μεμβρανών και β) τα χαρακτηριστικά του τροφίμου, όπως είναι η γεύση, το χρώμα καθώς και οι χημικές μεταβολές.^[58]

Η χρήση των αιθερίων ελαίων ως φυσικά αντιοξειδωτικά σε εδώδιμες μεμβράνες έχει προταθεί από πολλούς ερευνητές κυρίως στις περιπτώσεις τροφίμων, όπου το άρωμά τους συνδέεται με τη χρήση συγκεκριμένων αιθερίων αρωματικών φυτών. Αρκετές είναι οι εφαρμογές που έχουν πραγματοποιηθεί σε φρούτα, λαχανικά, κρέατα και ψάρια με εμφανή αποτελέσματα στην προστασία των λιπαρών του τροφίμου από την οξείδωση. Ωστόσο, έχουν διαπιστωθεί και ορισμένες αρνητικές επιδράσεις στο τρόφιμο που απαιτούν κάποια ιδιαίτερη προσοχή.^[59] Τέτοιες είναι το έντονο άρωμα, ορισμένα θέματα τοξικότητας και πιθανές μεταβολές στις οργανοληπτικές ιδιότητες των προϊόντων. Μία στρατηγική για να λυθεί αυτό το πρόβλημα είναι η ενσωμάτωση των αιθερίων ελαίων στις εδώδιμες μεμβράνες.^{[60], [61]}

Αρκετές είναι οι πρόσφατες διεθνείς προσπάθειες που έχουν λάβει χώρα σε ερευνητικό επίπεδο για την εξέταση της δράσης διαφόρων αιθερίων ελαίων ως πρόσθετα σε εδώδιμες επικαλύψεις. Ο Tongnuanchan μαζί με τους συνεργάτες του, το 2013, μελέτησε τις αντιοξειδωτικές ιδιότητες μίας μεμβράνης ζελατίνης από δέρμα ψαριού, μέσα στην οποία είχαν ενσωματωθεί αιθέρια έλαια από διάφορες ρίζες. Σκοπός του ήταν να δείξει ότι αυτές οι μεμβράνες παρουσίαζαν υψηλότερη αντιοξειδωτική δράση από εκείνη που δεν περιείχε έλαιο και τα αποτελέσματα ήταν τα αναμενόμενα. Σε μία άλλη έρευνα του 2014 διαπιστώθηκε ότι εδώδιμες μεμβράνες χιτοζάνης που περιείχαν αιθέριο έλαιο από φύλλα κανέλας υπέδειξαν ιδιαίτερα υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα.^{[60], [62]} Τέλος, σε άλλη ερευνητική εργασία, δύο αιθέρια έλαια από διαφορετικό είδος θυμαριού, το *Thymus ripperella* και το *Thymus moroderi*, χρησιμοποιήθηκαν ως πρόσθετα σε μεμβράνες χιτοζάνης. Από την εφαρμογή των μεθόδων DPPH και FRAP, προέκυψε ότι το πρώτο είδος προσέδωσε υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα στη μεμβράνη συγκριτικά με το δεύτερο. Εκτός από την υψηλή αντιοξειδωτική τους ικανότητα, τα αιθέρια έλαια μπορούν επίσης να βελτιώσουν

τις ιδιότητες φραγμού της μεμβράνης ως προς τη μεταφορά υγρασίας, λόγω της υδρόφοβης χαρακτηριστικής φύσης των λιπιδίων, γεγονός που τα κάνει ακόμα πιο ελκυστικά. ^[63]

Επιπλέον, αξίζει να σημειωθεί ότι η αντιοξειδωτική ισχύς ενός εδωδιμου επικαλυπτικού που περιέχει αιθέρια έλαια είναι ανάλογη με την ποσότητα του προστιθέμενου ελαίου. Με άλλα λόγια, η αντιοξειδωτική δράση αυξάνεται με την αύξηση της συγκέντρωσης ελαίου στη μεμβράνη. ^[64] Παρόλα αυτά, η ποσότητα του ελαίου μέσα στη μεμβράνη χρήζει ιδιαίτερης προσοχής, διότι υψηλές συγκεντρώσεις μπορούν να επιφέρουν αρνητικά αποτελέσματα. Για παράδειγμα, σε πείραμα που είχε διεξαχθεί σε επικαλυμμένο φρεσκοκομμένο πεπόνι με υψηλή περιεκτικότητα σε αιθέριο έλαιο, διαπιστώθηκε απώλεια της υφής του. Αυτό εξηγήθηκε από την πιθανή δράση των αιθερίων ελαίων κανέλας, lemongrass και παλμαρόζας στον κυτταρικό ιστό του φρούτου, γεγονός που προκάλεσε δομικές μεταβολές. Παράλληλα, η χρήση μίας μεμβράνης με πρόσθετο κάποιο αιθέριο έλαιο σε υψηλή συγκέντρωση μπορεί να επιδράσει αρνητικά και στα οπτικά και χρωματικά χαρακτηριστικά του προϊόντος. Από την ίδια έρευνα παρατηρήθηκε ότι το χρώμα του πεπονιού, κατά τις πρώτες ώρες μετά την εφαρμογή της μεμβράνης γινόταν πιο σκούρο. Εν τούτοις, καμιά αξιόλογη μεταβολή στο χρώμα δεν παρατηρήθηκε κατά το χρόνο αποθήκευσης. ^[65]

Τέλος, ένας ακόμα περιοριστικός παράγοντας κατά την εφαρμογή εδωδιμων επικαλυπτικών που περιέχουν αιθέρια έλαια είναι η επίδραση αυτών των συστατικών στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τροφίμου. Λόγω του υψηλού ποσοστού αρωματικών ενώσεων στα αιθέρια έλαια, είναι πιθανό να επικαλύπτεται πολλές φορές το φυσικό άρωμα των φρούτων και των λαχανικών, γεγονός που είναι συνήθως ανεπιθύμητο. Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί μία έρευνα που διεξήχθη σε φρεσκοκομμένα μήλα με μεμβράνες όπου η μία περιέχει αιθέριο έλαιο lemongrass και η άλλη αιθέριο έλαιο ρίγανης. Η οργανοληπτική εξέταση των διαφορετικών δειγμάτων έδειξε ότι το αιθέριο έλαιο ρίγανης οδήγησε στη μείωση της συνολικής αρέσκειας του προϊόντος. Συμπερασματικά, θεωρείται πολύ σημαντικό τα αιθέρια έλαια και τα τρόφιμα, στα οποία προστίθενται, να είναι συμβατά μεταξύ τους. ^[66]

Πίνακας 2.1: Εφαρμογές εδωδιμων μεμβρανών που περιέχουν αιθέρια έλαια σε διάφορα τρόφιμα

Τρόφιμο	Εδωδιμη Μεμβράνη	Αιθέριο έλαιο	Αναφορά
<i>Σταφύλια</i>	Χιτοζάνη/HPMC	Περγαμόντου	[57]
<i>Πεπόνι</i>	Αλγινικό νάτριο	Κανέλας Lemongrass Παλμαρόζας	[62]
<i>Μήλο</i>	Αλγινικό νάτριο με πουρέ μήλου	Ρίγανης Lemongrass	[65]
<i>Γλυκοκολοκύθα</i>	Χιτοζάνη	Ρίγανης Ελιάς Σκόρδου Κρεμμυδιού Δενδρολίβανου	[67]
<i>Πέστροφα</i>	Χιτοζάνη	Κανέλας	[68]

Κεφάλαιο 3: Τηγανητά προϊόντα φρούτων και λαχανικών

3.1 Τηγάνισμα

Το τηγάνισμα είναι μία από τις πιο παλιές διεργασίες ξήρανσης, μαγειρέματος και δημιουργίας προϊόντων τροφίμων. Διάφορα λαχανικά, φρούτα, κρέατα και άλλα είδη τροφίμων επεξεργάζονται με τη μέθοδο του τηγανίσματος. Η μεγάλη διάδοσή του σε όλο τον κόσμο αλλά και η επικράτησή του ως ένας αγαπημένος τρόπος μαγειρέματος οφείλεται στα πλεονεκτήματα που διαθέτει. Τα πλεονεκτήματα αυτά, τα οποία είναι δύσκολο να συνδυαστούν σε άλλες μεθόδους, είναι η αποτελεσματική μεταφορά θερμότητας, η τραγανή υφή συνοδευόμενη από γρήγορη ξήρανση και τα εύγευστα τραγανά προϊόντα. Το μόνο μειονέκτημά του, που όμως είναι πολύ βασικό, είναι ότι τα προϊόντα που προκύπτουν έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά, κάτι το οποίο περιορίζει την αλόγιστη κατανάλωσή τους. Η εμφάνιση αρνητικών επιπτώσεων στην υγεία του καταναλωτή από την κατανάλωση τροφίμων πλούσιων σε λιπαρά αποτελεί καίριο ζήτημα που χρήζει ιδιαίτερης προσοχής. [69]

Χάρis στην πληθώρα των πλεονεκτημάτων του, το τηγάνισμα αποτελεί έναν αγαπητό τρόπο μαγειρέματος λοιπόν και για διάφορα φρούτα και λαχανικά, με σκοπό την παραγωγή εύγευστων σνακ. Μερικά παραδείγματα φρούτων και λαχανικών που επεξεργάζονται με τη μέθοδο του τηγανίσματος είναι η πατάτα, το μήλο, η κολοκύθα, το καρότο, το ροδάκινο, το κρεμμύδι, ο ανανάς, η μπανάνα και άλλα. (Εικόνα 3.1) [69]. [70]



Εικόνα 3.1: Τηγανητά προϊόντα φρούτων και λαχανικών

Βαθύ τηγάνισμα

Το τηγάνισμα διακρίνεται σε ρηχό ή βαθύ ανάλογα με το αν το τρόφιμο εμβαπτίζεται μερικώς ή πλήρως στο έλαιο. Η επικρατέστερη μέθοδος στις βιομηχανίες τροφίμων είναι το βαθύ τηγάνισμα, μία διαδικασία ταυτόχρονης μεταφοράς θερμότητας και μάζας. Η μεταφορά θερμότητας γίνεται με συναγωγή μεταξύ του ελαίου και της επιφάνειας των τροφίμων, και με αγωγή εντός του τροφίμου. Όταν το τρόφιμο εμβαπτίζεται σε καυτό έλαιο, πραγματοποιείται εξάτμιση του νερού που περιέχεται σε αυτό λόγω της υψηλής θερμοκρασίας. Έτσι, αναπτύσσονται πόροι στην επιφάνεια του τροφίμου και δημιουργείται μία κρούστα. Η χαρακτηριστική υδροφιλικότητα του νωπού προϊόντος χάνεται καθώς αναπτύσσεται η κρούστα στην επιφάνειά του, γεγονός το οποίο οδηγεί σε υψηλότερο ρυθμό απορρόφησης ελαίου. Το έλαιο εισάγεται στους πόρους που έχουν σχηματιστεί από την απώλεια νερού μέσα στο τρόφιμο, ενώ συχνά παρατηρείται συστολή του τροφίμου. Τέλος, κρίνεται σκόπιμο να τονιστεί ότι οι κυριότερες παράμετροι στη διαδικασία του τηγανίσματος είναι η θερμοκρασία και ο χρόνος τηγανίσματος. Η απορρόφηση του λιπαρού από το τρόφιμο αυξάνεται με αύξηση του χρόνου τηγανίσματος, ενώ μειώνεται με αύξηση της θερμοκρασίας. Οι επιδράσεις της διεργασίας του τηγανίσματος τόσο στο έλαιο της φριτέζας όσο και στο ίδιο το προϊόν είναι πολλές και σημαντικές. ^[69]

3.2 Επίδραση του τηγανίσματος στην ποιότητα των ελαίων

Το έλαιο που χρησιμοποιείται στη διεργασία του τηγανίσματος υφίσταται πλήθος μεταβολών που οδηγούν στη σταδιακή υποβάθμισή του. Οι μεταβολές αυτές μπορεί να είναι φυσικές ή χημικές.

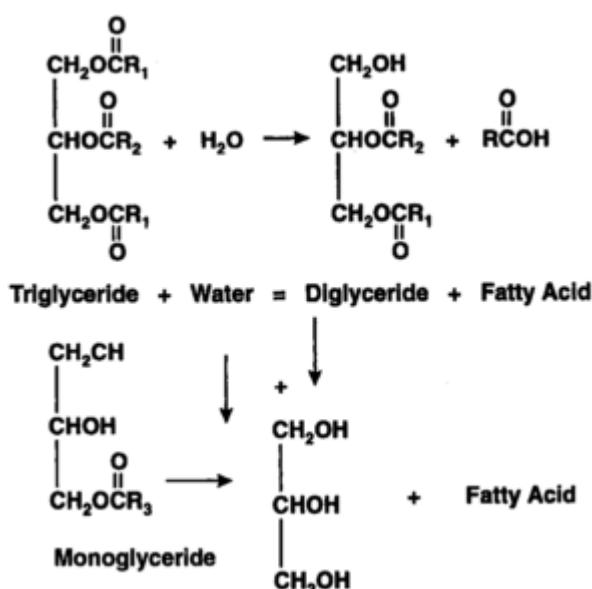
Οι φυσικές μεταβολές των ελαίων που πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια της θέρμανσης και του τηγανίσματος περιλαμβάνουν αύξηση του ιξώδους, μεταβολή στο χρώμα και ένταση του αφρισμού. Η έντονη, διαπεραστική οσμή καμμένου των θερμών ελαίων, αλλά και το πιο σκούρο χρώμα που αποκτούν αποτελούν ενδείξεις του βαθμού υποβάθμισής τους. Επιπλέον, ο υπερβολικός αφρισμός αλλά και η έντονη παραγωγή ατμού κατά το τηγάνισμα υποδηλώνουν φυσικές αλλοιώσεις στο έλαιο. Οι μεταβολές αυτές

αξιολογούνται συνήθως υποκειμενικά από την οπτική επιτήρηση κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος, αν και υπάρχουν και ποιοτικές μέθοδοι μέτρησής τους.

Παράλληλα, κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος πλήθος χημικών αντιδράσεων λαμβάνει χώρα με τις τρεις κυριότερες να είναι οι υδρολυτικές διασπάσεις, οι αντιδράσεις οξειδωσης και ο πολυμερισμός προϊόντων οξειδωσης. [70], [71]

Υδρολυτικές διασπάσεις

Η υδρόλυση είναι η κυρίαρχη χημική αντίδραση που λαμβάνει χώρα λαμβάνει χώρα κατά το τηγάνισμα. Πρόκειται για μία αργή αντίδραση του νερού του τροφίμου με το λιπαρό, η οποία οδηγεί στο σχηματισμό ελεύθερων λιπαρών οξέων, μονο- και δι-γλυκεριδίων. Τα μονογλυκερίδια υδρολύονται ταχύτατα σε λιπαρά οξέα και γλυκερόλη και κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες τηγανίσματος η γλυκερόλη αφυδραλογώνεται σε ακρολεΐνη (acrolein), που είναι πολύ πτητική. Η αντίδραση αυτή επιταχύνεται αυξανόμενης της θερμοκρασίας ή παρουσία ενζύμων ή μετάλλων και εξαρτάται από το ρυθμό ανανέωσης του λιπαρού. Ο βαθμός υδρόλυσης ενός ελαίου εκτιμάται με μέτρηση της οξύτητας, εκφρασμένης σε ποσοστό ελεύθερων λιπαρών οξέων. [69], [70], [71]



Εικόνα 3.2: Υδρολυτικές αντιδράσεις ελαίων τηγανίσματος. [70]

Οξειδωση

Ο οξειδωτικός ταγγισμός προκαλείται κυρίως από την αντίδραση του ατμοσφαιρικού οξυγόνου με το λιπαρό. Παρατηρείται πάντοτε στα ακόρεστα λιπαρά οξέα και επιταχύνεται με αύξηση της θερμοκρασίας, ή παρουσία οξυγόνου, φωτός, υγρασίας, ενζύμων ή ουσιών με καταλυτική - προοξειδωτική δράση. Η οξειδωση προχωρεί αρχικά αργά με σταθερό ρυθμό και τα υπεροξειδία που παράγονται θεωρούνται αρχικά ασταθή. Μετά από ορισμένο χρονικό διάστημα η αντίδραση επιταχύνεται με αποτέλεσμα το σχηματισμό πτητικών δύσοσμων ενώσεων από τα διασπώμενα υπεροξειδία. Παραδείγματα τέτοιων ενώσεων είναι οι αλδεΐδες, κετόνες, αλκόολες, οξέα, υδρογονάνθρακες, συζυγή διένια και τριένια, εποξειδία και πολυμερή. Ο οξειδωτικός ταγγισμός γίνεται αντιληπτός ακόμη και αν οι δύσοσμες αυτές ουσίες βρίσκονται σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις στα έλαια. Ο ρυθμός οξειδωσης μπορεί να μειωθεί με την προσθήκη αντιοξειδωτικών ουσιών στα έλαια. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι ορισμένα προϊόντα οξειδωσης που παραμένουν στο λιπαρό μπορεί να επιταχύνουν περαιτέρω την οξειδωσή του, με συνέχιση της αντίδρασης (αυτοοξειδωση). Η έκταση της οξειδωσης των ελαίων εκτιμάται από τον αριθμό υπεροξειδίων (PV) κατά τα αρχικά στάδια οξειδωσης, ενώ στη συνέχεια μέσω του αριθμού p-ανισιδίνης (p-AV). [69], [70], [71]

Πολυμερισμός προϊόντων οξειδωσης

Η εκτεταμένη οξειδωση του ελαίου συνοδεύεται από πολυμερισμό και σχηματισμό πληθώρας προϊόντων διάσπασης. Ορισμένα από αυτά τα προϊόντα είναι πτητικά και το μεγαλύτερο μέρος τους απομακρύνεται κατά το τηγάνισμα, ενώ μόνο μικρό τους μέρος συγκρατείται στα τηγανισμένα προϊόντα και συνεισφέρει στη γεύση τους. Ταυτοχρόνως, παράγονται και μη πτητικά προϊόντα διάσπασης όπως διάφορες πολικές ενώσεις. Αυτές οι ενώσεις παραμένουν στο τηγανισμένο λιπαρό, προκαλώντας μεταβολή στις ιδιότητές του (ιξώδες, χρώμα κτλ.) και την περαιτέρω αποσύνθεσή του, ενώ απορροφούνται από το τηγανισμένο τρόφιμο. Όλα αυτά τα προϊόντα είναι ανεπιθύμητα στη διεργασία του τηγανίσματος. Ο πολυμερισμός παρουσιάζει αύξηση, όταν αυξάνεται η ακορεστότητα των λιπαρών και για την εκτίμηση του

βαθμού πολυμερισμού των ελαίων, προσδιορίζονται η περιεκτικότητά τους σε πολικά συστατικά καθώς και η συγκέντρωση των συζυγών λιπαρών οξέων. [69], [70], [71]

3.3 Επίδραση του τηγανίσματος στο τρόφιμο

Οι μεταβολές που υφίστανται τα τρόφιμα κατά τη διεργασία του τηγανίσματος είναι πολλές. Αρχικά, οι γεωμετρικές ιδιότητες, όπως το σχήμα, το μέγεθος, το εμβαδόν επιφανείας, ο όγκος και η πυκνότητα των τροφίμων αλλάζουν κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος. Στη συνέχεια, λόγω των αλλαγών στη σύνθεση του τροφίμου (περιεκτικότητα σε υγρασία και έλαιο), τη θερμοκρασία και το πορώδες, αλλάζουν επίσης και οι θερμικές ιδιότητές του. Συγκεκριμένα, ο συντελεστής μεταφοράς θερμότητας με συναγωγή αλλάζει με την αύξηση της θερμοκρασίας και την αλλοίωση του ελαίου. Αλλαγές επίσης στη δομή των πόρων επηρεάζουν τη διαχυτότητα της υγρασίας και την πρόσληψη του ελαίου. Η διαχυτότητα της υγρασίας επηρεάζεται, επίσης από το χρόνο και τη θερμοκρασία τηγανίσματος και την περιεκτικότητα σε υγρασία του προϊόντος. Στη συνέχεια, είναι γνωστό ότι ένα πλήθος βιοχημικών αλλαγών απαντώνται στο τρόφιμο που τηγανίζεται, όπως είναι για παράδειγμα οι αντιδράσεις Maillard. Το χαρακτηριστικό χρώμα και το άρωμα (flavor) του τηγανισμένου προϊόντος είναι αποτέλεσμα των αντιδράσεων Maillard, που λαμβάνουν χώρα στην κρούστα. Αυτές οι αντιδράσεις επιδρούν γενικότερα στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τροφίμου, προσδίδοντας του καστανό χρώμα, χαρακτηριστική γεύση και άρωμα. Πραγματοποιούνται μεταξύ καρβονυλοενώσεων και αμινομάδων και οδηγούν μέσα από πολλά στάδια στη δημιουργία σκουρόχρωμων προϊόντων, γνωστών και ως μελανοϊδίνες. Επιπρόσθετα, η υφή του προϊόντος που τηγανίζεται μεταβάλλεται σημαντικά καθώς το τρόφιμο γίνεται συνήθως πιο σκληρό ενώ εμφανίζει ιδιαίτερα αυξημένη τραγανότητα. Τέλος, ο σχηματισμός του ακρυλαμιδίου, το οποίο είναι δυνητικά καρκινογόνο, συνδέεται επίσης με τις αντιδράσεις Maillard, ενώ παρατηρούνται και άλλες διαδικασίες όπως η ζελατινοποίηση του αμύλου, η μετουσίωση των πρωτεϊνών, η αδρανοποίηση ενζύμων και η καταστροφή μικροοργανισμών. [69]

3.4 Αξιολόγηση ποιότητας ελαίου

Ο έλεγχος της ποιότητας των ελαίων για χρήση στο τηγάνισμα έχει ιδιαίτερη σημασία λόγω της μεγάλης κατανάλωσης τηγανισμένων προϊόντων. Διάφορες μέθοδοι, φυσικές και χημικές, έχουν προταθεί για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της ποιότητας των ελαίων. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι ίδιοι έλεγχοι μπορούν να πραγματοποιηθούν και για την αξιολόγηση του ελαίου που έχει απορροφηθεί από το τρόφιμο, εφόσον πρώτα εκχυλιστεί από αυτό. Με αυτόν τον τρόπο εκτιμάται και ο χρόνος ζωής των τηγανητών προϊόντων. Οι κύριοι δείκτες/κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση είναι: [72], [73]

- Αριθμός υπεροξειδίων (PV): Χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του βαθμού πρωτογενούς οξειδωσης του λιπαρού με υπολογισμό της περιεκτικότητας (%) του λιπαρού σε υπεροξείδια.
- Ελεύθερα Λιπαρά Οξέα (FFA%): Χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του περιεχομένου των ελεύθερων λιπαρών οξέων και είναι ένδειξη της υδρολυτικής διάσπασης του λιπαρού.
- Συνολικά πολικά συστατικά (%): Χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό μονο- και δι-γλυκεριδίων, ελευθέρων λιπαρών οξέων, καρβονυλικών συστατικών, πολυμερών ενώσεων και άλλων προϊόντων οξειδωσης, υδρόλυσης ή διάσπασης των λιπαρών. Ο προσδιορισμός επιτυγχάνεται με χρωματογραφία στήλης και το μέγιστο αποδεκτό όριο είναι το 25 με 27%.
- Αριθμός p-Ανισιδίνης (p-AV): Χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό αλδεϋδών (δευτερογενή προϊόντα οξειδωσης) και εκφράζεται ως τιμή απορρόφησης από φασματοφωτομετρική μέτρηση.
- Δοκιμή Θειοβαρβιτορικού Οξέος (TBA): Χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της μηλονικής αλδεϋδης που παράγεται από τα υπεροξείδια του λινολενικού και του λινελαϊκού οξέος. Αποτελεί ένδειξη της έκτασης της οξειδωσης του λιπαρού.
- Δείκτης Totox (Total Oxidation Value): Χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της συνολικής οξειδωσης του λιπαρού μέσω της σχέσης: Δείκτης Totox = 2(PV) + p-AV.

- Απορρόφηση στο υπεριώδες: Χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της παρουσίας ή μη δευτερογενών προϊόντων οξειδωσης στο λιπαρό. Ο προσδιορισμός επιτυγχάνεται με μέτρηση της απορρόφησης των προϊόντων αυτοοξειδωσης του λιπαρού στο υπεριώδες φάσμα (στα 232 και 268 nm).
- Αριθμός Ιωδίου (IV): Χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της ακορεστότητας του λιπαρού και εκφράζεται ως g ιωδίου που απαιτούνται για να κορεστούν πλήρως οι διπλοί δεσμοί σε 100 g λιπαρού.
- Δείκτης διάθλασης: Σχετίζεται με την ακορεστότητα και επηρεάζεται από την οξειδωτική καταστροφή του λιπαρού (σχηματισμός ελεύθερων λιπαρών οξέων, υπεροξειδίων, συζυγών ενώσεων, trans λιπαρών).
- Διηλεκτρική σταθερά: Σχετίζεται με την ακορεστότητα και την παρουσία πολικών συστατικών κατά την οξειδωση των ελαίων και η μέτρησή της χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση της οξειδωσης του ελαίου κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος.
- Ιξώδες: Η αύξησή του συνδέεται με την οξειδωση και τον πολυμερισμό των ελαίων κατά τη διάρκεια του τηγανίσματος (και συσχετίζεται με την τάση για αφρισμό των ελαίων).
- Χρώμα: Η δημιουργία χρώματος σε τηγανισμένα έλαια είναι αποτέλεσμα της παρουσίας προϊόντων οξειδωσης. Το κόκκινο χρώμα οφείλεται σε οξειδωμένα λιπαρά οξέα και προϊόντα πυρόλυσης, το κίτρινο σε υπεροξειδία και αλδεΐδες και το μπλε σε νερό και λεπτά σωματίδια διαλυμένα στο έλαιο.

3.5 Ποιότητα τηγανητών προϊόντων και χρόνος ζωής

Η διατήρηση της ποιότητας των τηγανισμένων προϊόντων εξαρτάται κυρίως από την υποβάθμιση του απορροφημένου σε αυτά ελαίου. Η υποβάθμιση αυτή σημειώνεται με την πάροδο του χρόνου και συνοδεύεται από την εμφάνιση ανεπιθύμητων οσμών και τη δημιουργία προϊόντων επικίνδυνων για τον ανθρώπινο οργανισμό. Το απορροφημένο λιπαρό υπόκειται σε οξειδωτικές και υδρολυτικές μεταβολές κατά την αποθήκευση, παρόμοιες με αυτές που λαμβάνουν χώρα κατά το τηγάνισμα. Η διατήρηση των τηγανισμένων τροφίμων μέσα στο χρόνο, επομένως, εξαρτάται από το ρυθμό

αυτών των μεταβολών. Για τον περιορισμό των υδρολυτικών αντιδράσεων πρέπει αφενός μεν να γίνεται έλεγχος των συνθηκών της διεργασίας, έτσι ώστε να απενεργοποιηθούν τα ένζυμα που οδηγούν στην υδρόλυση και αφετέρου δε να επικρατούν χαμηλά επίπεδα υγρασίας κατά την αποθήκευση. Παράλληλα, για την προστασία των τροφίμων από τον οξειδωτικό ταγγισμό προτείνεται η συντήρηση σε χαμηλές θερμοκρασίες, η μείωση του οξυγόνου και του φωτός που έρχονται σε επαφή με το τρόφιμο ή η προσθήκη αντιοξειδωτικών. Πλήθος συνθετικών ή φυσικών αντιοξειδωτικών μπορούν να προστεθούν είτε στο έλαιο μέσα στη φριτέζα τηγανίσματος είτε στο ίδιο το προϊόν. [74]

Ένα άλλο σημαντικό ποιοτικό ελάττωμα που παρατηρείται στα τηγανισμένα τρόφιμα κατά την αποθήκευση είναι η μείωση της τραγανότητας, που είναι από τα πιο βασικά χαρακτηριστικά για την αποδοχή ενός τηγανισμένου προϊόντος. Αυτό οφείλεται στην απορρόφηση υγρασίας από το περιβάλλον που οδηγεί στην υποβάθμιση της υφής του προϊόντος. Για να αποφευχθεί κρίνεται απαραίτητη η χρήση υλικών συσκευασίας με τις κατάλληλες ιδιότητες φραγμού υγρασίας. Επιπλέον, είναι επιθυμητό το υλικό συσκευασίας να μην είναι διαπερατό από το φως ώστε να προφυλαχτεί το προϊόν και από τον οξειδωτικό ταγγισμό που αναφέρθηκε παραπάνω. Έτσι, η διάρκεια ζωής του προϊόντος θα επεκταθεί περισσότερο. [74]

3.6 Προστασία της οξείδωσης ελαίου με χρήση αντιοξειδωτικών ουσιών

Μία μέθοδος προστασίας έναντι της οξείδωσης λιπαρών είναι η χρήση προσθέτων τα οποία αναστέλλουν την οξείδωση και καλούνται αντιοξειδωτικά. Αυτοί οι αναστολείς αντιπροσωπεύουν μία κατηγορία ουσιών οι οποίες ποικίλουν ευρέως σε χημική δομή και έχουν διάφορους μηχανισμούς δράσης. Ο πιο σημαντικός μηχανισμός είναι η αντίδρασή τους με τις ελεύθερες ρίζες των λιπιδίων, σχηματίζοντας αδρανή προϊόντα. Η αντιοξειδωτική δράση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως η σύνθεση των λιπιδίων, η συγκέντρωση του αντιοξειδωτικού, η θερμοκρασία, η πίεση του οξυγόνου, και η παρουσία άλλων αντιοξειδωτικών. [75]

Τα αντιοξειδωτικά πρωτοχρησιμοποιήθηκαν πριν το Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο για τη διατήρηση τροφίμων. Ενώ τα πρώτα αντιοξειδωτικά προέρχονταν από φυσικές πηγές, γρήγορα αντικαταστάθηκαν από συνθετικά,

τα οποία ήταν φθηνότερα, μεγαλύτερης καθαρότητας και διέθεταν πιο ομοιόμορφες αντιοξειδωτικές ιδιότητες. Χαρακτηριστικά παραδείγματα συνθετικών αντιοξειδωτικών που χρησιμοποιούνται σε διάφορα τρόφιμα είναι το βουτυλιωμένο υδροξυτολουόλιο (butylated hydroxytoluene, BHT), η βουτυλιωμένη υδροξυανισόλη (butylated hydroxyanisole, BHA) και η τριτοταγής βουτυλο-υδροκινόνη (tertiary butylhydroquinone, TBHQ). Η αυξημένη χρήση των συνθετικών προσθέτων αμφισβητήθηκε από το καταναλωτικό κοινό και ζητήθηκε η χρήση περισσότερο φυσικών υλικών, τα οποία θεωρούνταν πιο ασφαλή. Οι βιομηχανίες, θέλοντας να συμβαδίσουν με τις επιθυμίες των καταναλωτών, αύξησαν τη χρήση των φυσικών προσθέτων, που ήταν αποδεκτά από τον κόσμο, αφού ήδη υπήρχαν στη διατροφή τους. [75], [76]

Οι τοκοφερόλες, το ασκορβικό οξύ, το κιτρικό οξύ, τα διάφορα καροτενοειδή καθώς και ενζυματικά αντιοξειδωτικών ανήκουν στην κατηγορία των φυσικών. [77] Παρόλο που τα φυσικά αντιοξειδωτικά παρουσιάζουν κάποια μειονεκτήματα, όπως είναι η χαμηλότερη αντιοξειδωτική τους ικανότητα συγκριτικά με τα συνθετικά και η παρουσία κάποιων άλλων ουσιών που μπορεί να επηρεάζουν αρνητικά τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τροφίμου, προσφέρουν πληθώρα πλεονεκτημάτων. Η σύνδεση μάλιστα των συνθετικών αντιοξειδωτικών ως πιθανές τοξικές ουσίες με αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία του καταναλωτή έστρεψε το ενδιαφέρον ερευνητών στα φυσικά αντιοξειδωτικά και στην ευρύτερη προσπάθεια περιορισμού των συνθετικών στις βιομηχανίες τροφίμων. Τα τελευταία χρόνια τα αιθέρια έλαια από διάφορα είδη φυτών έχουν βρει μεγάλη εφαρμογή ως φυσικά αντιοξειδωτικά σε ποικίλα τρόφιμα για αυτό και αξίζει μία πιο εκτενής αναφορά σε αυτά. [73]

Αιθέρια έλαια

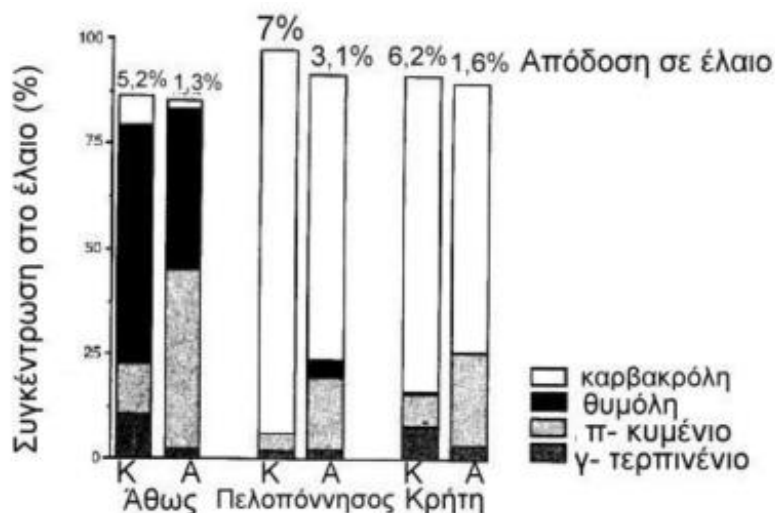
Τα αιθέρια έλαια είναι αρωματικές, φυσικές αντιοξειδωτικές και αντιμικροβιακές ουσίες οι οποίες έχουν εκχυλιστεί από διάφορα είδη φυτών με φυσικούς τρόπους. Αποτελούνται από ένα περίπλοκο μίγμα από φυσικά συστατικά, τα περισσότερα από τα οποία περιέχουν τερπένια, τερπενοειδή, φαινολικά οξέα, και άλλα αρωματικά και αλειφατικά συστατικά. Η σύστασή τους διαφέρει με βάση την προέλευσή τους. Η παρουσία των αιθερίων ελαίων στα τρόφιμα μπορεί να συνεπικουρήσει στην προέκταση του χρόνου ζωής τους

λόγω της ικανότητάς τους, να περιορίζουν την οξειδωση των λιπαρών. Μερικά παραδείγματα είναι το αιθέριο έλαιο του δεντρολίβανου, του φασκόμηλου, του λεμονιού, του βασιλικού, της ρίγανης και άλλα. [79], [80]

Αιθέριο έλαιο ρίγανης

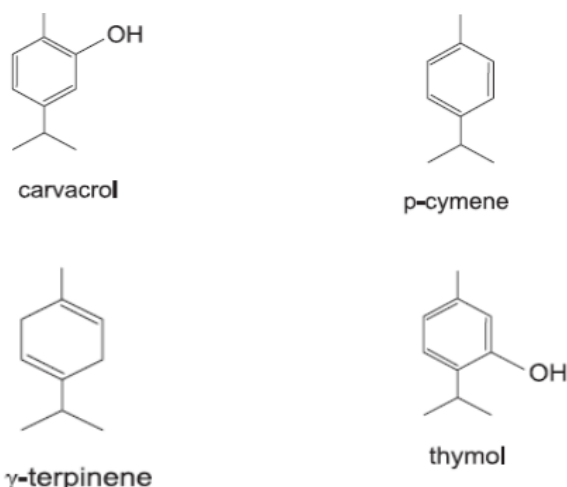
Ένα από τα πιο διαδεδομένα αιθέρια έλαια, είναι αυτό της ρίγανης. Είναι πλούσιο σε φαινολικά συστατικά και κατατάσσεται ανάμεσα στα πιο αποτελεσματικά αντιμικροβιακά και αντιοξειδωτικά αιθέρια έλαια. [80] Λαμβάνεται από τα φύλλα και τα άνθη της ρίγανης με διάφορες μεθόδους με την πιο συχνά χρησιμοποιούμενη να είναι η απόσταξη με υδρατμούς. Το χρώμα του ελαίου ποικίλει και μπορεί να είναι από ανοιχτό κίτρινο μέχρι και σκούρο πορτοκαλί. Έχει πυκνότητα μικρότερη από του νερού, με τιμές που συνήθως κυμαίνονται μεταξύ 0,94-0,96 g/mL. Τόσο η γεύση του όσο και η οσμή του είναι πολύ έντονη και θεωρείται μάλιστα από τα πιο δυνατά αιθέρια έλαια και γι' αυτό πριν χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να αραιώνεται σε μεγάλο βαθμό. [81]

Στην Ελλάδα καθώς και σε άλλες κοντινές μεσογειακές και βαλκανικές χώρες καλλιεργείται το υποείδος *Origanum vulgare hirtum*, το οποίο είναι γνωστό ως η ελληνική ρίγανη. Οι αποδόσεις σε αιθέριο έλαιο των διάφορων ειδών και υποειδών ρίγανης, καλύπτουν ένα μεγάλο εύρος τιμών. Έχουν αναφερθεί περιπτώσεις όπου υπήρχαν σχετικά μικρές ποσότητες ελαίου (0,1 με 1%). Από την άλλη μεριά, δείγματα ρίγανης από την Κρήτη, την Αμοργό (Κυκλάδες), το Γύθειο (Πελοπόννησος) και το βουνό Άθως (Άγιο Όρος) είχαν απόδοση σε έλαιο μεγαλύτερη από 5%. Αυτές οι τιμές είναι οι μεγαλύτερες που έχουν αναφερθεί για οποιαδήποτε ποικιλία ρίγανης. Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι οι τιμές αυτές αναφέρονται σε δείγματα ρίγανης που συλλέχθηκαν το καλοκαίρι ενώ τα δείγματα που συλλέχθηκαν την άνοιξη δεν είχαν ούτε τη μισή απόδοση. Στο παρακάτω ιστόγραμμα φαίνεται η διαφορά, λόγω εποχής συγκομιδής, στην απόδοση καθώς και στην περιεκτικότητα του αιθερίου ελαίου ρίγανης στα 4 κύρια συστατικά του (καρβακρόλη, θυμόλη, γ-τερπινένιο, π-κυμένιο). [82]



Εικόνα 3.3: Ιστόγραμμα με τις συγκεντρώσεις των 4 κύριων συστατικών του αιθερίου ελαίου ρίγανης και των αποδόσεων σε αυτό, το καλοκαίρι (Κ) και την άνοιξη (Α) από δείγματα τριών περιοχών της Ελλάδας. [82]

Από το ιστόγραμμα προκύπτει ότι η απόδοση διαφέρει σημαντικά ανάλογα με την εποχή αλλά και την περιοχή καλλιέργειας. Οι υψηλότερες τιμές σημειώνονται το καλοκαίρι στην ευρύτερη περιοχή της Πελοποννήσου. Χαρακτηριστική είναι η μείωση της συγκέντρωσης του π-κυμενίου και η αύξηση της συγκέντρωσης της καρβακρόλης το καλοκαίρι. Παρά τις διαφοροποιήσεις στη σύσταση, παρατηρήθηκε ότι το άθροισμα των 4 αυτών συστατικών παραμένει περίπου σταθερό (κυμαίνεται από 85% μέχρι 96,8%). Από τα παραπάνω εξάγεται το συμπέρασμα ότι η ελληνική ρίγανη χαρακτηρίζεται από σταθερότητα και στο έλαιό της επικρατούν οι φαινόλες. [82]



Εικόνα 3.4: Χημική δομή των 4 βασικών συστατικών του αιθερίου ελαίου ρίγανης.

Το αιθέριο έλαιο της ρίγανης παρουσιάζει ισχυρή αντιοξειδωτική δράση κυρίως χάρις στα παραπάνω συστατικά του. Αποτελέσματα ερευνών έδειξαν πως η αντιοξειδωτική δράση των αιθερίων ελαίων σχετίζεται με τα επίπεδα της καρβακρόλης και θυμόλης που βρίσκονται σε αυτά. Τα δεδομένα δείχνουν ότι η θυμόλη εμφανίζει μεγαλύτερη αντιοξειδωτική δράση, εξαιτίας της παρουσίας της υδροξυλομάδας στον αρωματικό δακτύλιο. ^[82]

3.7 Τρόποι μείωσης πρόσληψης ελαίου από το προϊόν κατά το τηγάνισμα

3.7.1 Ξήρανση προϊόντος πριν το τηγάνισμα

Είναι γεγονός ότι τα φρούτα και τα λαχανικά διαθέτουν υψηλό ποσοστό υγρασίας με αποτέλεσμα κατά τη διεργασία του τηγανίσματος να απορροφούν αρκετή ποσότητα ελαίου. Η αυξημένη ζήτηση των καταναλωτών, όμως, για τρόφιμα χαμηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά οδήγησε στην εφαρμογή διαφόρων μεθόδων ξήρανσης πριν τη διεργασία του τηγανίσματος τόσο σε ερευνητικό όσο και σε βιομηχανικό επίπεδο. Έτσι, με την απομάκρυνση ποσότητας νερού από το νωπό φρούτο ή λαχανικό, επιτυγχάνεται μειωμένη πρόσληψη λιπαρού κατά το τηγάνισμα, με αποτέλεσμα την παραγωγή πιο υγιεινών προϊόντων. Ποικίλες συμβατικές μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αφυδάτωση των τροφίμων πριν το τηγάνισμα όπως η ξήρανση με θερμό αέρα, η ξήρανση υπό κενό, η ξήρανση με ψεκασμό, η ξήρανση υπό κατάψυξη και άλλες. Η επιλογή της μεθόδου εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες, όπως το είδος του τροφίμου και οι ιδιότητές του, το επιθυμητά χαρακτηριστικά του μετά τη ξήρανση, το κόστος της διεργασίας και άλλοι. Παρακάτω παρουσιάζονται τέσσερις από τις πιο βασικές και ευρέως χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες ξήρανσης. ^[83]

3.7.1.1 Ξήρανση με θερμό αέρα

Η μέθοδος της ξήρανσης με θερμό αέρα χρησιμοποιείται περισσότερο για την παραγωγή αφυδατωμένων προϊόντων φρούτων και λαχανικών, ως η πιο απλή και οικονομική λύση. Είναι μία διεργασία ταυτόχρονης μεταφοράς θερμότητας, μάζας και ορμής. Τα δύο βασικά φαινόμενα μεταφοράς μάζας είναι

αρχικά η μεταφορά του νερού στην επιφάνεια του τροφίμου και στη συνέχεια η απομάκρυνση του νερού ως ατμός από την επιφάνεια. Για την επίτευξη υψηλής ποιότητας αφυδατωμένων προϊόντων η ξήρανση πρέπει να γίνεται αρκετά γρήγορα, ώστε να μην επηρεαστεί σε μεγάλο βαθμό το προϊόν από την άσκηση υψηλών θερμοκρασιών. Γενικότερα, η ξήρανση σε ρεύμα αέρα δίνει αφυδατωμένα προϊόντα που έχουν παρατεταμένο χρόνο ζωής έως και ένα έτος αλλά δυστυχώς, η ποιότητα του συμβατικά αφυδατωμένου προϊόντος είναι συνήθως πολύ κατώτερη από το αρχικό προϊόν λόγω της θερμικής καταπόνησης. [84], [85]

3.7.1.2 Ξήρανση υπό κατάψυξη

Η ξήρανση υπό κατάψυξη αποτελεί μία άκρως αποτελεσματική μέθοδο ξήρανσης για προϊόντα υψηλής αξίας όπως τρόφιμα που περιέχουν υψηλά ποσοστά πρωτεϊνών και πτητικών ουσιών και είναι επιρρεπή σε αντιδράσεις αμαύρωσης. Τα φρούτα και τα λαχανικά, λοιπόν, επεξεργάζονται ευρέως με αυτή τη μέθοδο, καθώς αποτελεί μία ήπια διεργασία για την παραγωγή προϊόντων υψηλής ποιότητας. Με την εφαρμογή χαμηλών πιέσεων το νερό απομακρύνεται από τη στερεή φάση (πάγος) σε φάση ατμού, χωρίς να διέρχεται από την υγρή φάση. Δεδομένου ότι το προϊόν παραμένει παγωμένο, η ξήρανση λαμβάνει χώρα σε χαμηλή θερμοκρασία και έτσι αποφεύγεται η θερμική καταπόνησή του. Η ξήρανση υπό κατάψυξη πραγματοποιείται συνήθως υπό την επίδραση υψηλού κενού, της τάξης των 0,03 έως 3 mbar. [86]

Λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών, τα αφυδατωμένα προϊόντα θεωρούνται ανώτερα εκείνων που αφυδατώνονται με τη χρήση συμβατικών μεθόδων. Έτσι, η ξήρανση υπό κατάψυξη συμβάλλει στη διατήρηση των θρεπτικών ουσιών, του χρώματος, του αρώματος και της γεύσης των φρούτων και των λαχανικών ενώ η απουσία αέρα στο θάλαμο σε συνδυασμό με τη χαμηλή θερμοκρασία ελαχιστοποιεί την υποβάθμιση των τροφίμων που οφείλεται στην οξειδωση ή τη χημική τροποποίησή τους. Οι παγοκρύσταλλοι που σχηματίζονται κατά την κατάψυξη και που απομακρύνονται κατά την ξήρανση προστατεύουν την πρωταρχική δομή και το σχήμα των προϊόντων, προκαλώντας τελικά μικρή μείωση του όγκου τους. [86], [87]

3.7.1.3 Ξήρανση υπό κενό

Η ξήρανση υπό κενό θεωρείται μία αξιόλογη μέθοδος ξήρανσης και είναι γνωστή ως έμμεση μέθοδος επειδή χρησιμοποιείται λίγο ή καθόλου αέρας. Η μεταφορά θερμότητας γίνεται μέσω συναγωγής και ακτινοβολίας και σε σύγκριση με τις άμεσες μεθόδους, η ξήρανση υπό κενό έχει μικρότερη μέγιστη θερμοκρασία ξήρανσης. Η χαμηλή πίεση που επικρατεί επιτρέπει στο νερό που εμπεριέχεται στα φρούτα και τα λαχανικά να εξατμισθεί σε χαμηλότερη θερμοκρασία και έτσι αυτά μπορούν να ξηραθούν, χωρίς την έκθεση σε υψηλή θερμοκρασία. Οι περισσότεροι ξηραντήρες κενού χρησιμοποιούν απόλυτη πίεση περίπου 7 kPa, που χαμηλώνει το σημείο βρασμού του νερού στους 39 °C. Η ξήρανση υπό κενό χρησιμοποιείται κυρίως για την προστασία του υλικού από αυξημένες θερμοκρασίες και οξειδώσεις. ^[83]

Τα πλεονεκτήματα της ξήρανσης υπό κενό σε σχέση με την ξήρανση σε ρεύμα αέρα είναι ότι η θερμοκρασία του υλικού είναι αρκετά χαμηλή ώστε να αποφεύγεται η θερμική καταπόνησή του με συνέπεια την καταστροφή βιταμινών και θρεπτικών συστατικών. Επιπλέον η ξήρανση υπό κενό απαιτεί πολύ λιγότερο χρόνο από την ξήρανση σε ρεύμα αέρα και το αφυδατωμένο προϊόν περιέχει μόνο 1 έως 3 % υγρασία. Στην αρχή της διεργασίας η πίεση ελαττώνεται γρήγορα, με αποτέλεσμα το υλικό να διαστέλλεται δημιουργώντας πόρους στο εσωτερικό του. Έτσι, τα προϊόντα που ξηραίνονται υπό κενό εμφανίζουν αρκετά μεγάλο πορώδες, όπως και μεγάλη ταχύτητα και υψηλό βαθμό ενυδάτωσης. ^[84]

Το βασικό μειονέκτημα των παραπάνω μεθόδων είναι οι χαμηλοί ρυθμοί ξήρανσης. Αυτό σημαίνει ότι η εφαρμογή μεγάλων χρόνων ξήρανσης σε σχετικώς υψηλές θερμοκρασίες για την επίτευξη της αφυδάτωσης των φρούτων και των λαχανικών συχνά οδηγεί σε ανεπιθύμητη θερμική υποβάθμιση του προϊόντος. ^[88]

3.7.1.4 Μικροκύματα

Η ξήρανση με μικροκύματα, λοιπόν, έρχεται για να υπερνικήσει το μειονέκτημα των παραπάνω μεθόδων, προσφέροντας μικρότερους χρόνους ξήρανσης και βελτιώνοντας την τελική ποιότητα του προϊόντος. Η αφυδάτωση

των τροφίμων με μικροκύματα είναι, ίσως, ο πιο υποσχόμενος κλάδος εφαρμογής της επεξεργασίας με μικροκύματα, ειδικά για φρούτα και λαχανικά. Η μέθοδος αυτή εμφανίζει αρκετά πλεονεκτήματα όπως μικρό χρόνο ξήρανσης, βελτιωμένη ποιότητα προϊόντος και ευελιξία για την παραγωγή μίας ευρείας γκάμας αφυδατωμένων προϊόντων. Η μέθοδος των μικροκυμάτων μπορεί να εφαρμοστεί για αφυδάτωση των τροφίμων υπό ατμοσφαιρικές συνθήκες αλλά και υπό κενό. Η μέθοδος των μικροκυμάτων υπό κενό έχει δοκιμαστεί σε ποικίλα φρούτα και λαχανικά όπως είναι οι πατάτες, τα καρότα, οι μπανάνες, τα σταφύλια με πολύ καλά αποτελέσματα στη μείωση του περιεχόμενου νερού. Ωστόσο, η εφαρμογή της έχει περιοριστεί σε εργαστηριακή κυρίως κλίμακα λόγω του υψηλού κόστους του εξοπλισμού. [88], [89], [90]

Τέλος αρκετό έδαφος τα τελευταία χρόνια έχει κατακτήσει η μέθοδος της ωσμωτικής αφυδάτωσης για την απομάκρυνση νερού από φρούτα και λαχανικά, η οποία όμως συνήθως πρέπει να ακολουθείται και από κάποια άλλη μέθοδο ξήρανσης.

3.7.1.5 Ωσμωτική αφυδάτωση

Η ωσμωτική αφυδάτωση είναι επεξεργασία απομάκρυνσης νερού κατά την οποία τα τρόφιμα με κυτταρική οργάνωση όπως τα φρούτα και τα λαχανικά, τοποθετούνται σε κατάλληλα υπερτονικά διαλύματα όπως διαλύματα σακχάρων, αλάτων ή ακόμα και μιγμάτων. Η ωσμωτική αφυδάτωση γίνεται με ταυτόχρονη διάχυση του νερού που περιέχεται στο φυτικό ιστό και της διαλυμένης ουσίας (σάκχαρο ή αλάτι) που περιέχεται στο ωσμωτικό διάλυμα και προς τις δύο κατευθύνσεις μέσω της ημιπερατής κυτταρικής μεμβράνης. Η ενεργότητα του νερού του ωσμωτικού διαλύματος είναι μικρότερη από αυτή του τροφίμου, ή η ωσμωτική πίεση του διαλύματος είναι μεγαλύτερη από αυτή του τροφίμου. Έτσι η διαλυμένη ουσία εισέρχεται από το διάλυμα στο εσωτερικό του τροφίμου και αντίστοιχα νερό από το τρόφιμο εξέρχεται προς το διάλυμα. Ο ρυθμός εξόδου του νερού από το τρόφιμο είναι συνήθως σημαντικά μεγαλύτερος από το ρυθμό διάχυσης της διαλυμένης ουσίας προς αυτό και έτσι το τελικό προϊόν, ενώ έχει αφυδατωθεί σημαντικά, έχει πολύ μικρή απορρόφηση διαλυμένης ουσίας. Το βασικό αντικείμενο στην αφυδάτωση των τροφίμων είναι η απομάκρυνση νερού να φτάσει σε τέτοιο σημείο, όπου η

μικροβιακή ανάπτυξη και οι ανεπιθύμητες χημικές αντιδράσεις να ελαχιστοποιηθούν. Πολλές φορές το ωσμωτικά αφυδατωμένο τρόφιμο δεν είναι μικροβιολογικά σταθερό, και έτσι χρησιμοποιούνται επιπλέον διαδικασίες συντήρησης όπως π.χ. η ψύξη ή η ξήρανση, προκειμένου το τρόφιμο να συντηρηθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα. ^{[91], [92], [93]}

3.7.2 Τηγάνισμα υπό κενό

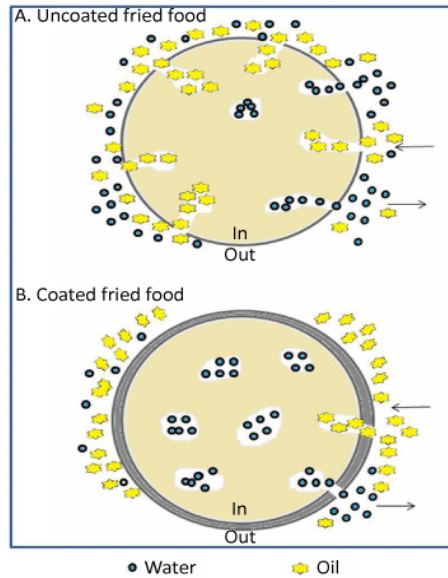
Τα τελευταία χρόνια έχει εισαχθεί μία νέα τεχνολογία τηγανίσματος η οποία διαφέρει από τη συμβατική στο γεγονός ότι το τηγάνισμα λαμβάνει χώρα υπό κενό. Η διεργασία αυτή πραγματοποιείται σε κλειστό σύστημα σε πίεση χαμηλότερη της ατμοσφαιρικής, με αποτέλεσμα το σημείο βρασμού τόσο του νερού που περιέχεται στο τρόφιμο όσο και του ελαίου στη φριτέζα να μειώνεται αρκετά. Συγκεντρωτικά, αποτελεί μία αποτελεσματική μέθοδο τηγανίσματος με πολλά πλεονεκτήματα έναντι της παραδοσιακής μεθόδου. Αρχικά, συμβάλλει στην ελάττωση του περιεχόμενου ελαίου στα τηγανητά φρούτα και λαχανικά, διατηρώντας τη θρεπτική τους αξία. Επιπρόσθετα, λόγω των χαμηλότερων θερμοκρασιών η μέθοδος αυτή συνεισφέρει στη μείωση του ρυθμού οξειδωσης του ελαίου που περιέχεται στο προϊόν, ενώ βοηθά στη διατήρηση ενός φυσικού χρώματος στα φρούτα και στα λαχανικά χωρίς έντονα σημάδια αμαύρωσης. Τέλος, έχει αποδειχθεί ότι προσδίδει καλύτερη υφή, περισσότερη ομοιομορφία και προστατεύει το τρόφιμο από την έντονη συρρίκνωση. Γενικότερα, μέσω του τηγανίσματος υπό κενό παράγονται πιο υγιεινά και ποιοτικά προϊόντα φρούτων και λαχανικών, με αρκετές εφαρμογές να έχουν πραγματοποιηθεί αρχικά σε ερευνητικό και έπειτα σε βιομηχανικό επίπεδο. Μερικά παραδείγματα φρούτων και λαχανικών που επεξεργάζονται με αυτή τη μέθοδο είναι η πατάτα, η γλυκοπατάτα, η μπανάνα, το μάνγκο, ο ανανάς, το μήλο, το καρότο, τα φασόλια, το κρεμμύδι και άλλα πολλά. ^{[94], [95], [96], [97], [98], [99]}



Εικόνα 3.5: Σύγκριση σνακ μωβ πατάτας και γλυκοπατάτας τηγανισμένα υπό κενό και με τον παραδοσιακό τρόπο. [99]

3.7.3 Εφαρμογή εδώδιμων επικαλύψεων σε τηγανισμένα φρούτα και λαχανικά

Η εφαρμογή εδώδιμων επικαλυπτικών σε φρέσκα φρούτα και λαχανικά που προορίζονται για τηγάνισμα αποτελεί μία εναλλακτική μέθοδο για τον περιορισμό της πρόσληψης λιπαρού. [100] Σε αυτή την περίπτωση, η εφαρμογή της εδώδιμης επικάλυψης πραγματοποιείται στην αρχή στο φρέσκο τρόφιμο και στη συνέχεια εφόσον το επικαλυμμένο προϊόν έχει αφεθεί να στεγνώσει ή έχει οδηγηθεί για ξήρανση, τηγανίζεται. Κατά το τηγάνισμα, η επικαλυπτική μεμβράνη προστατεύει σε μεγάλο βαθμό το φρούτο ή το λαχανικό από τη μετανάστευση υγρασίας από το εσωτερικό του προς τα έξω με αποτέλεσμα λοιπόν να περιορίζεται και η είσοδος μεγάλης ποσότητας ελαίου στο προϊόν. Έτσι σε ένα επικαλυμμένο τρόφιμο το έλαιο βρίσκεται περισσότερο στην επιφάνειά του, ενώ στο εσωτερικό του έχει εισχωρήσει μικρότερη ποσότητα λόγω της μη διαθεσιμότητας κενού χώρου. (Εικόνα 3.6) Γενικότερα, από τα είδη των εδώδιμων επικαλυπτικών στον τομέα των τηγανισμένων προϊόντων φρούτων και λαχανικών έχουν χρησιμοποιηθεί περισσότερο τα υδροκολλοειδή, όπως το κόμμι γκουάρ, τα παράγωγα της κυτταρίνης, η πηκτίνη και άλλοι πολυσακχαρίτες και πρωτεΐνες. [101], [102], [103]



Εικόνα 3.6: Η μεταφορά νερού και ελαίου στο εσωτερικό Α. μη επικαλυμμένου και Β. επικαλυμμένου με εδώδιμη μεμβράνη τροφίμου κατά το τηγάνισμα. [103]

Τέλος, η χρήση εδώδιμων επικαλύψεων δεν περιορίζεται μόνο σε τηγανισμένα φρούτα ή λαχανικά αλλά και σε άλλα είδη τροφίμων, όπως είναι προϊόντα δημητριακών, όπου επίσης διαπιστώθηκε ο περιορισμός της ποσότητας λιπαρού μέσα στο προϊόν μετά το τηγάνισμα. [104] Παράλληλα, έχουν εφαρμοστεί και διάφοροι συνδυασμοί πολυσακχαριτών και πρωτεϊνών, όπως για παράδειγμα ο συνδυασμός μίας πρωτεΐνης και ενός πολυσακχαρίτη (υδροξυπροπυλομεθυλοκυτταρίνη) που χρησιμοποιήθηκε σε τηγανισμένα προϊόντα πουλερικών και διαπιστώθηκε ότι η απορρόφηση ελαίου από το επικαλυμμένο προϊόν μειώθηκε έως 33,7% σε σύγκριση με το τυφλό. [105]

Κεφάλαιο 4: Τσιπς πατάτας και τσιπς μπανάνας plantain

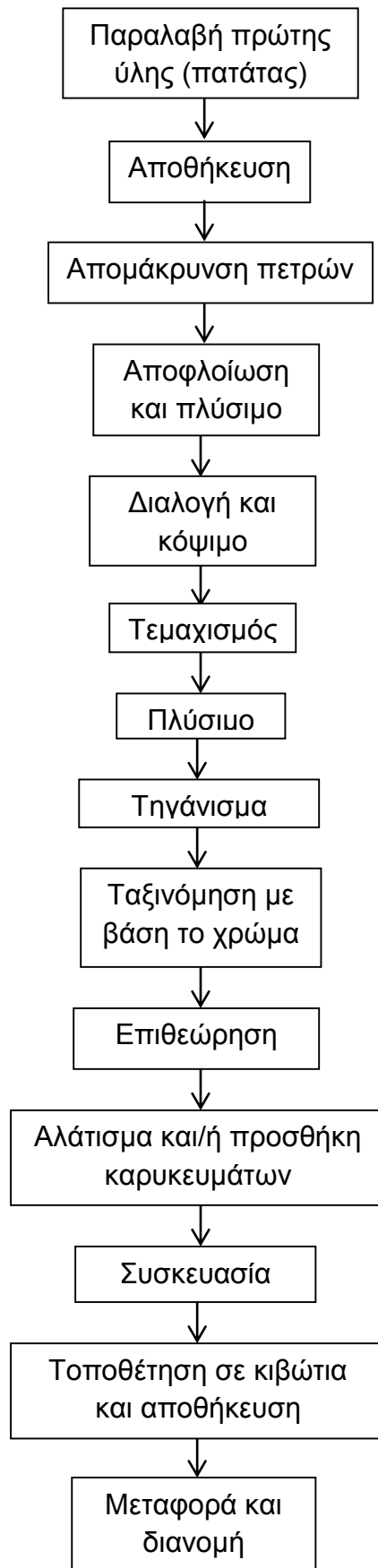
4.1 Τσιπς πατάτας

Ο Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών αναφέρει ότι η παγκόσμια παραγωγή πατάτας το 2013 ήταν περίπου 368 εκατομμύρια τόνοι. Πάνω από τα δύο τρίτα της παγκόσμιας παραγωγής καταναλώνονται από τους ανθρώπους, ενώ το υπόλοιπο δίνεται ως τροφή στα ζώα ή χρησιμοποιείται για την παραγωγή αμύλου. Ένα μεγάλο ποσοστό της παραγωγής που προορίζεται για κατανάλωση από τους ανθρώπους επεξεργάζεται βιομηχανικά για τη δημιουργία σνακ πατάτας. ^{[106], [107]}

Τα τσιπς πατάτας θεωρούνται τα πιο διαδεδομένα τηγανητά σνακ σε όλον τον κόσμο εδώ και πολλά χρόνια. Συγκεκριμένα, τα τσιπς πατάτας χαρακτηρίζονται ως λεπτές φέτες πατάτας που αφυδατώνονται μέσω της διεργασίας του τηγανίσματος, μέχρι να αποκτήσουν περιεκτικότητα σε υγρασία 2% και σε λιπαρό 35% - 45% σε υγρή βάση. Ο χρόνος ζωής τους υπολογίζεται περίπου στις 10 εβδομάδες με το ακριβές χρονικό διάστημα να εξαρτάται από τις συνθήκες αποθήκευσης, τα υλικά συσκευασίας ή/και την έκθεσή τους απευθείας σε φως. ^[108]

Σε μία βιομηχανία παρασκευής τσιπς πατάτας ακολουθείται συγκεκριμένη σειρά διεργασιών με αυστηρούς ελέγχους σε κάθε στάδιο, ώστε να παραληφθεί ένα ποιοτικό και ασφαλές προϊόν το οποίο θα μπορεί να διανεμηθεί στην αγορά. Το διάγραμμα ροής της όλης διαδικασίας φαίνεται παρακάτω: ^[109]

Διάγραμμα ροής παρασκευής τσιπς πατάτας



Σε αυτό το σημείο κρίνεται σκόπιμο να παρουσιαστεί η χημική σύνθεση των κονδύλων της πατάτας και να αναλυθούν τα βασικότερα συστατικά της.

4.1.1 Χημική σύνθεση κονδύλου πατάτας

Η χημική σύσταση και η περιεκτικότητα σε θρεπτικά στοιχεία των κονδύλων της πατάτας μπορούν να επηρεαστούν από διάφορους παράγοντες. Αναλυτικότερα, η περίοδος ανάπτυξης του φυτού της πατάτας και οι συνθήκες που επικρατούν κατά τη διάρκειά της (θερμοκρασία, υγρασία) αποτελούν μία πολύ σημαντική παράμετρο για την τελική σύνθεση του κονδύλου. Επιπρόσθετα, ο τύπος του εδάφους και η περιεκτικότητά του σε θρεπτικά στοιχεία καθώς και τα γενετικά χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης καλλιέργειας ή ποικιλίας επηρεάζουν τη σύσταση της πατάτας σε μεγάλο βαθμό. ^[109]

Τα διαθέσιμα στοιχεία για τη χημική σύνθεση της πατάτας είναι με προσέγγιση ή προκύπτουν ως μέσοι όροι ενός εύρους τιμών ανάλογα με τις συνθήκες ανάπτυξης. Το περιεχόμενο νερό στον κόνδυλο της πατάτας εκτιμάται περίπου στο 76,3% με το υπόλοιπο 23,7% να αποτελεί τη ξηρή ύλη.

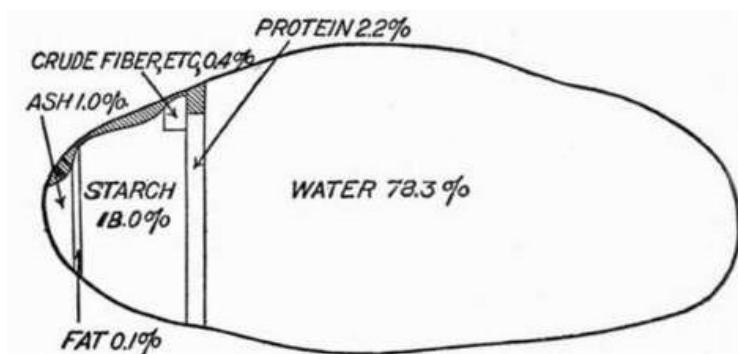
Πιο αναλυτικά, περίπου το 20% του περιεχόμενου νερού βρίσκεται σε δεσμευμένη μορφή, ως κρυσταλλικό νερό ή ως κολλοειδές (π.χ. στα κολλοειδή των πρωτεϊνών). Το υπόλοιπο τμήμα, το επονομαζόμενο ελεύθερο νερό, λειτουργεί ως διαλύτης για τις χαμηλού μοριακού βάρους υδροφιλικές ουσίες που υπάρχουν στους βολβούς. Το νερό μαζί με τις διαλυτές οργανικές και τις μεταλλικές χημικές ενώσεις συνθέτουν το χυμό του βολβού της πατάτας. Από την άλλη, η ξηρή ύλη της πατάτας αποτελείται από διαλυτά και αδιάλυτα συστατικά στο νερό, τα οποία αυξάνονται ποσοτικά κατά τη διάρκεια της περιόδου ανάπτυξης του φυτού. Αυτά τα συστατικά είναι το άμυλο, τα ολικά σάκχαρα, οι ακατέργαστες ίνες, οι πρωτεΐνες, τα λιπίδια και η τέφρα. Οι βολβοί πατάτας που περιέχουν υψηλές ποσότητες ξηρής ύλης ενδείκνυνται για τη βιομηχανική παραγωγή αφυδατωμένων τροφίμων και πρώτων υλών, ιδιαίτερα για τηγανισμένα προϊόντα. ^[110]

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένας πίνακας με τους μέσους όρους και το εύρος τιμών των χημικών ουσιών που υπάρχουν στους κονδύλους πατάτας, οι πιο σημαντικές από τις οποίες αναλύονται παρακάτω.

Πίνακας 4.1: Χημική Σύσταση των Κονδύλων Πατάτας ^[107]

Chemical Composition of Potato Tubers

Component	Content (%)	
	Average	Range
Dry matter	23.7	13.1–36.8
Starch	17.5	8.0–29.4
Reducing sugars	0.3	0.0–5.0
Total sugars	0.5	0.05–8.0
Crude fiber	0.71	0.17–3.48
Pectic substances	—	0.2–1.5
Total nitrogen	0.32	0.11–0.74
Crude protein	2.00	0.69–4.63
Amide nitrogen	—	0.029–0.052
Amino acid nitrogen	—	0.065–0.098
Nitrates	—	0.0–0.05
Lipids	0.12	0.02–0.2
Ash	1.1	0.44–1.87
Organic acids	0.6	0.4–1.0
Ascorbic acid and dehydroascorbic acid (mg/100 g)	10–25	1–54
Glycoalkaloids (mg/100 g)	3–10	0.2–41
Phenolic compounds	—	5–30



Εικόνα 4.1: Χημική σύνθεση πατάτας – Βασικά συστατικά ^[111]

Άμυλο

Το άμυλο αποτελεί το κυρίαρχο συστατικό της ξηρής μάζας της πατάτας, περίπου τα $\frac{3}{4}$ αυτής. Το μέγεθος των κόκκων αμύλου που υπάρχει στους κονδύλους της πατάτας κυμαίνεται από 5 σε 100 μm . Η δομή του κόκκου είναι ψευδοκρυσταλλική, δεν υπάρχει δηλαδή μία σαφής επαναλαμβανόμενη συμμετρία, αλλά εμφανίζει περισσότερο τη μορφή ενός θυσάνου από στενά «πλεγμένες» έλικες αμυλόζης και μόρια αμυλοπηκτίνης με ένα κεντρικό σημείο έναρξης. [8]



Τα δύο συστατικά, λοιπόν, που απαρτίζουν το μόριο του αμύλου είναι η αμυλόζη, ένα μακρύ πολυμερές ευθύγραμμης αλυσίδας που αποτελείται από μονάδες άνυδρης γλυκόζης, και η αμυλοπηκτίνη, μία ένωση με διακλαδισμένη αλυσίδα. Τα δύο αυτά συστατικά βρίσκονται σε αναλογία 1:3 έως 1:5, ενώ σε έρευνες που έχουν διεξαχθεί υποστηρίζεται ότι η περιεκτικότητα της αμυλόζης στο άμυλο κυμαίνεται από 17% έως 32%. Ο κόκκος αμύλου έχει διάμετρο μήκους περίπου 40 μm και περιέχει 20% αμυλόζη και 0,093% φωσφόρο. Τόσο η αναλογία αμυλόζης - αμυλοπηκτίνης όσο και η περιεκτικότητα σε φωσφόρο του αμύλου δεν επηρεάζεται από το χρόνο και τη θερμοκρασία αποθήκευσης. [107]

Η τεχνολογική χρησιμότητα του αμύλου σε όλα τα συστήματα τροφίμων προκύπτει από την ιδιότητά του να ζελατινοποιείται. Το ίδιο ισχύει λοιπόν και για το σύστημα της πατάτας. Αρχικά, ως ζελατινοποίηση ορίζεται η μη αντιστρεπτή διόγκωση των κόκκων του αμύλου με νερό κατά τη θέρμανσή του πάνω από μία κρίσιμη θερμοκρασία. Παρότι γίνεται αναφορά στη θερμοκρασία ζελατινοποίησης, T_g , στην πραγματικότητα το φαινόμενο συμβαίνει σε ένα εύρος περίπου 10°C. Οι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν το T_g είναι το pH, ο ρυθμός θέρμανσης (dQ/dt), και η παρουσία σακχάρων και λιπαρών. [8]

Σάκχαρα

Το περιεχόμενο της πατάτας σε σάκχαρα διαφοροποιείται σημαντικά ανάλογα με την ποικιλία, την ωριμότητα και τη φυσιολογική κατάστασή της. Τα σημαντικότερα σάκχαρα που εμπεριέχονται στην πατάτα είναι μονοσακχαρίτες, D-γλυκόζη (0,5-1,5%) και D-φρουκτόζη (0,15-1,5%), που είναι αναγωγικά σάκχαρα, καθώς και η σακχαρόζη, η οποία είναι μη αναγωγικός δισακχαρίτης (0,4-6,6%). Υπό ειδικές συνθήκες τα σάκχαρα αυτά παραμένουν σε δυναμική ισορροπία με το άμυλο και σε αμοιβαία ποσοτική αναλογία. Η κατάσταση αυτή όμως μπορεί να μεταβληθεί, εάν οι περιβαλλοντικές συνθήκες αλλάξουν, γεγονός που εντείνει την αφίδρωση ή τη μετατροπή αμύλου-σακχάρου. Η ποσότητα των σακχάρων στους βολβούς της πατάτας έχει διαπιστωθεί ότι εξαρτάται και από το μέγεθός τους. Οι μεγάλοι βολβοί είναι φτωχοί σε ολικά σάκχαρα, σε αντίθεση με τους μικρούς που εμφανίζουν υψηλή περιεκτικότητα.

Κατά τη διάρκεια αποθήκευσης, το περιεχόμενο της πατάτας σε σάκχαρα μεταβάλλεται. Με την πάροδο του χρόνου, για παράδειγμα, παρατηρούνται συγκεκριμένες αλλαγές στο περιεχόμενο της σακχαρόζης οι οποίες δηλώνουν την ωριμότητα των κονδύλων της πατάτας. Οι κόνδυλοι που διαθέτουν χαμηλό ποσοστό σε σακχαρόζη ωριμάζουν σε μικρότερο χρόνο κατά την αποθήκευσή τους. Επιπλέον, οι πατάτες με υψηλά επίπεδα σακχάρων κρίνονται ακατάλληλες για χρήση ως πρώτες ύλες για επεξεργασία, ιδιαίτερα αφυδατωμένων τηγανισμένων προϊόντων πατάτας. Αυτό απορρέει από το γεγονός ότι η υψηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα επιδρά αρνητικά στην εμφάνιση αλλά και στη γεύση των μαγειρεμένων πατατών. ^[107]

Πολυσακχαρίτες εκτός αμύλου

Οι πολυσακχαρίτες που συνθέτουν κατά κύριο λόγο το κυτταρικό τοίχωμα και τα ενδοκυτταρικά συστατικά των κονδύλων πατάτας είναι: η κυτταρίνη, οι ακατέργαστες ίνες, οι πηκτινικές ουσίες, η ημι-κυτταρίνη καθώς και άλλοι πολυσακχαρίτες. ^[107]

Κυτταρίνη

Ως το κύριο συστατικό δομής των κυτταρικών τοιχωμάτων, αποτελεί το 10 με 20% του συνόλου των πολυσακχαριτών (εκτός αμύλου) που εμπεριέχονται στην πατάτα. Η περιεκτικότητα ενός κονδύλου σε κυτταρίνη σε ξηρή βάση κυμαίνεται μεταξύ 2,7 και 3,8% ανάλογα με την ποικιλία. ^[107]

Ίνες

Οι ακατέργαστες ίνες δομούν το κυτταρικό τοίχωμα και αποτελούν το 1% σε ξηρή βάση του βάρους του κονδύλου πατάτας. Αυξάνονται με την ωρίμανση και με τη διάρκεια αποθήκευσης. ^[107]

Πηκτινικές Ουσίες

Τα πηκτινικά συστατικά είναι πολυμερή του γαλακτορουνικού οξέος με καρβοξυλομάδες κυρίως μεθυλιωμένες. Εμπεριέχονται στην κυτταρική μεμβράνη αποτελώντας το 47-66% του βάρους της. Η περιεκτικότητα ενός κονδύλου πατάτας σε πηκτινικές ουσίες σε ξηρή βάση κυμαίνεται μεταξύ 0,7 και 1,5%, με το φλοιό του κονδύλου της πατάτας να παρουσιάζει υψηλότερη περιεκτικότητα από τη σάρκα του. ^[107]

Ημι-κυτταρίνη

Οι ημικυτταρίνες είναι μίγματα γλυκοζιτικών αλυσίδων που περιέχουν συνδυασμούς του γλουκουρονικού οξέος με ξυλόζη και του γλουκουρονικού οξέος με αραβινόζη. Αποτελούν περίπου το 1% των συνολικών ακατέργαστων πολυσακχαριτών της πατάτας. ^[107]

Χημικές ενώσεις αζώτου

Οι ενώσεις αζώτου αποτελούν το δεύτερο, μετά τους υδατάνθρακες, κύριο συστατικό της ξηρής μάζας της πατάτας. Η περιεκτικότητα του κονδύλου σε ξηρή βάση σε ενώσεις αζώτου κυμαίνεται από 1 έως 2% και αυξάνεται κατά την ωρίμανση. Περίπου το 90% του περιεχόμενου αζώτου στους βολβούς βρίσκεται υπό τη μορφή υδατοδιαλυτών χημικών ενώσεων. Επίσης τα υψηλότερα ποσοστά αζώτου εντοπίζονται στους μικρούς βολβούς ενώ γενικότερα η περιεκτικότητα της πατάτας σε αυτό εξαρτάται από την

καλλιέργεια και τις περιβαλλοντικές συνθήκες υπό τις οποίες αναπτύχθηκε. Τα σημαντικότερα κλάσματα αζώτου είναι οι πρωτεΐνες και τα αμινοξέα. ^{[107], [112]}

Πρωτεΐνες

Πρόκειται για το βασικό κλάσμα αζώτου (23,7-73,4%) και απαρτίζουν το 1 έως 2% της πατάτας. Είναι σημαντικά συστατικά των κυτταρικών μεμβρανών καθώς και των κυττοπλασμικών δομών. Το κύριο κλάσμα τους αποτελείται από απλές πρωτεΐνες με σημαντικότερες την αλβουμίνη (49%), τη γλοβουλίνη (0,26%), την προλαμίνη (>4%) και τη γλουτελίνη (0,9%). ^{[107], [112]}

Αμινοξέα

Οι πρωτεΐνες της πατάτας αποτελούνται από 18-20 αμινοξέα, περιλαμβάνοντας την ασπαραγίνη και το γλουταμινικό οξύ, τα οποία και αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό αυτών. ^{[107], [112]}

Οργανικά Οξέα

Τα οργανικά οξέα αποτελούν το 0,4-1,0% της νωπής ύλης τη πατάτας με πιο σημαντικά τα ακόλουθα: κιτρικό, ισοκιτρικό, ασκορβικό, γαλακτικό, μηλικό, τρυγικό, ηλεκτρικό, οξαλικό και φουμαρικό. Η συνολική περιεκτικότητα σε οξέα αυξάνεται με την ωρίμανση της πατάτας. Τη μεγαλύτερη ποσότητα κατέχει το κιτρικό οξύ (0,84 έως 1,15% της πατάτας σε νωπή βάση) και ακολουθούν το μηλικό και το οξαλικό. ^{[107], [112]}

Λιπίδια

Η μέση περιεκτικότητα σε λιπίδια της πατάτας είναι περίπου 0,12% σε νωπή βάση (κυμαίνεται από 0,02 έως 0,2%). Συντίθενται κυρίως από ελεύθερα λιπαρά οξέα, λιπαρά και φωσφολιπίδια. Οι πατάτες περιέχουν πολλά λιπαρά οξέα με κυριότερα το λινελαϊκό οξύ (53% του συνόλου των λιπαρών οξέων), το λινολενικό οξύ (20-30%), το παλμιτικό οξύ (12%), ενώ ανιχνεύονται σε χαμηλότερο ποσοστό το στεατικό (5%) και το ελαϊκό οξύ (1-5%). Περίπου τα $\frac{3}{4}$ των λιπαρών οξέων είναι ακόρεστα. ^{[107], [112]}

Φαινολικές Ενώσεις

Οι πατάτες περιλαμβάνουν ένα μεγάλο αριθμό φαινολικών ενώσεων αλλά το ποσοστό τους είναι σχετικά χαμηλό. Μερικές από αυτές βρίσκονται σε ελεύθερη μορφή και άλλες σε δεσμευμένη. Οι φαινολικές ενώσεις που υπάρχουν στους κονδύλους πατάτας είναι η λιγνίνη, οι κουμαρίνες, οι ανθοκυάνες, οι φλαβόνες, οι ταννίνες, οι μονο-υδατικές φαινόλες και οι πολυφαινόλες. Η μεγαλύτερη αναλογία των φαινολικών ενώσεων εντοπίζεται στο φλοιό της πατάτας και στο στρώμα περιδερμίου ενώ έχει διαπιστωθεί ότι η συγκέντρωση των φαινολικών ενώσεων μειώνεται όσο ωριμάζουν οι κόνδυλοι. [107], [112]

Ανόργανα Συστατικά

Στον Πίνακα 7 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι των συγκεντρώσεων των ανόργανων στοιχείων που υπάρχουν στην πατάτα, εκφρασμένοι σε ξηρή βάση. Όπως παρατηρείται, το στοιχείο με το μεγαλύτερο ποσοστό στην πατάτα είναι το κάλιο. Συγκεκριμένα, αποτελεί το 77 % των συνολικών ανόργανων συστατικών. Πολύ υψηλή συγκέντρωση ανόργανων συστατικών έχει διαπιστωθεί ότι μπορεί να προκαλέσει ανεπιθύμητες αλλοιώσεις στη γεύση της πατάτας. [107], [112]

Πίνακας 4.2: Τα ανόργανα συστατικά της πατάτας. ^[107]

Ανόργανο Συστατικό	Συγκέντρωση σε ξηρή βάση (mg/kg)
P	430 – 6050
Ca	100 – 1200
Mg	460 – 2160
Na	0 – 3320
K	13940 – 28250
Fe	30 – 185
S	430 – 4230
Cl	450 – 805
Zn	17 – 22
Cu	6 – 28
Si	51 – 173
Mn	1.8 – 85
Al	2 – 354
Br	4.8 – 8.5
B	4.5 – 8.6
I	0.5 – 3.87
Li	Ίχνος
As	0.35
Co	0.065
Ni	0.26
Mo	0.26

4.1.2 Ποιοτικές παράμετροι τσιπς πατάτας

Τα βασικά ποιοτικά χαρακτηριστικά που καθορίζουν την αποδοχή ή μη των τσιπς πατάτας είναι η γεύση τους, η υφή, το μέγεθος, το χρώμα και η συνολική εμφάνισή τους. Όλα αυτά επηρεάζονται σημαντικά από διάφορους παράγοντες, όπως η ποιότητα της πρώτης ύλης, η ποσότητα των καρυκευμάτων που εφαρμόζονται (π.χ. αλάτι), οι συνθήκες που επικρατούν κατά την επεξεργασία των πατατών, το είδος της συσκευασίας κ.α. ^[113]

Εμφάνιση

Το χρώμα αλλά και η ομοιομορφία των τσιπς πατάτας παίζουν σημαντικό ρόλο στο κατά πόσο ο καταναλωτής βρίσκει αποδεκτό το προϊόν. Αν και υπάρχουν κάποιες αγορές όπου υπάρχει ζήτηση για κάπως πιο σκούρα τσιπς (καφέ χρώματος), η πλειοψηφία των καταναλωτών προτιμά το ανοιχτό κίτρινο χρώμα. Γενικώς, δεν υπάρχει θετική ανταπόκριση σε τσιπς που παρουσιάζουν στίγματα και ιδίως όταν υπάρχουν σκούρες καφέ «καμμένες» περιοχές. Αυτά τα ελαττώματα μπορούν να προκύψουν ακόμα και στα καλύτερα εργοστάσια παραγωγής τσιπς πατάτας λόγω της ποικιλομορφίας της πρώτης ύλης και επειδή είναι αδύνατο να υπάρχουν ομοιόμορφες συνθήκες τηγανίσματος για κάθε ένα από τα εκατομμύρια τσιπς που παράγονται ημερησίως. ^[113]

Γεύση - Άρωμα

Τα συστατικά που προσδίδουν στα τσιπς πατάτας τη γεύση και το άρωμά τους έχουν αποτελέσει αντικείμενο μελέτης. Όπως και στα περισσότερα τρόφιμα που έχουν υποβληθεί στη διαδικασία του τηγανίσματος, πολλά γευστικά χαρακτηριστικά αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια του μαγειρέματος. Ωστόσο, λίγα εξ αυτών συνεισφέρουν σημαντικά στη γεύση που αντιλαμβάνεται τελικά ο καταναλωτής. Τα συστατικά που συμβάλλουν στη δημιουργία της γεύσης των τσιπς διαφέρουν ανάλογα με την ποικιλία πατάτας που χρησιμοποιήθηκε, τις υπάρχουσες συνθήκες κατά την ανάπτυξη και τη συγκομιδή των κονδύλων πατάτας και τη μεταχείριση των πατατών κατά την αποθήκευσή τους. ^[113]

Σε έρευνα που διεξήχθη βρέθηκε ότι 53 συστατικά είχαν ευχάριστες επιθυμητές γεύσεις. Αυτά συμπεριελάμβαναν 8 αζωτούχες ενώσεις, 2 θειούχες, 14 υδρογονάνθρακες, 13 αλδεΐδες, 2 κετόνες, μία αλκοόλη, μία φαινόλη, 3 εστέρες, έναν αιθέρα και 8 οξέα. Το άρωμα των αλκυλο-υποκατεστημένων πυραζινών, των 2,4-διενίων και της φαινυλακεταλδεΐδης υποδηλώνει ότι ίσως αυτά παίζουν σημαντικό ρόλο στην προσφορά της επιθυμητής γεύσης στα τσιπς πατάτας. Το άρωμα της ουσίας 2,5-διμεθυλοπυραζίνης χαρακτηρίστηκε

κατά τον οργανοληπτικό έλεγχο ως «έντονη πατάτα», ενώ αυτό της 2-αιθυλοπυραζίνης ως «καβουρδισμένο φιστίκι». ^[113]

Υφή

Η υφή των τσιπς πατάτας εξαρτάται από τη σύσταση της πρώτης ύλης, το πάχος της φέτας πατάτας και την περιεχόμενη υγρασία στο τελικό προϊόν. Επιπλέον, το είδος και η ποσότητα του ελαίου που χρησιμοποιείται και απορροφάται από το προϊόν έχει σημασία στην υφή του τελικού προϊόντος, όπως και η ποσότητα του ελεύθερου αμύλου στην επιφάνεια του τσιπ τη στιγμή που αυτό εισέρχεται στη φριτέζα. ^[113]

4.1.3 Ξήρανση των τσιπς πατάτας πριν το τηγάνισμα

Η μερική ξήρανση των σνακ πατάτας πριν το τηγάνισμα συνεπικουρεί στον περιορισμό της πρόσληψης μεγάλης ποσότητας λιπαρού από το προϊόν. Διάφορες εργαστηριακές μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί πάνω στη συμβολή της αφυδάτωσης του νωπού προϊόντος πριν τη διεργασία του τηγανίσματος με αξιολογικά αποτελέσματα. Ο τρόπος που διεξάγεται η ξήρανση του προϊόντος ποικίλει με πλήθος τεχνολογιών να έχουν δοκιμαστεί κατά καιρούς.

Εργαστηριακά έχουν λάβει χώρα πολλές μελέτες πάνω σε αυτές τις τεχνολογίες εδώ και αρκετά χρόνια. Σε μία παλιά έρευνα επιλέχθηκε και εξετάστηκε η συνεισφορά της ξήρανσης με αέρα πριν το τηγάνισμα σνακ πατάτας τόσο στην απορρόφηση λιπαρού όσο και στα τελικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Τα αποτελέσματα έδειξαν, από τη μία, ότι η ξήρανση επηρέασε σημαντικά την πρόσληψη λιπαρού, κατά το τηγάνισμα συμβάλλοντας στη μείωση του περιεχομένου του στο τελικό προϊόν, ενώ από την άλλη, επέδρασε αρνητικά στο χρώμα των σνακ. Ακόμη, διαπιστώθηκε ότι για τη διατήρηση ικανοποιητικών οργανοληπτικών χαρακτηριστικών στο τελικό προϊόν απαιτείται προσοχή στο χρόνο ξήρανσής του πριν το τηγάνισμα. ^[114] Η επίδραση της αφυδάτωσης τσιπς πατάτας πριν το τηγάνισμα στην πρόσληψη λιπαρού και στην υφή του προϊόντος μελετήθηκε επίσης με την ξήρανση να λαμβάνει χώρα σε φούρνο των 60°C. Τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από αυτό το πείραμα ήταν ότι η ξήρανση πριν το τηγάνισμα βοήθησε στην αύξηση της τραγανότητας

του τελικού προϊόντος και στην ελάττωση της απορρόφησης ελαίου κατά το τηγάνισμα. ^[115]

Από την άλλη, αρκετές είναι οι εφαρμογές της ξήρανσης με μικροκύματα που έχουν πραγματοποιηθεί σε ερευνητικό επίπεδο στα τσιπς πατάτας με αξιολογικά αποτελέσματα. Επίσης αξίζει να αναφερθεί ότι ο συνδυασμός μεθόδων αποτελεί μία ενδιαφέρουσα λύση για την επίτευξη του καλύτερου αποτελέσματος. Για παράδειγμα, μία έρευνα απέδειξε ότι η εφαρμογή της μεθόδου των μικροκυμάτων υπό κενό σε σνακ πατάτας οδήγησε στη μείωση κατά 28% του απορροφούμενου λιπαρού κατά το τηγάνισμα συγκριτικά με τα μη αφυδατωμένα δείγματα. ^[116] Ο ίδιος συνδυασμός μεθόδων εξετάστηκε σε άλλη έρευνα και διαπιστώθηκε ότι η περιεκτικότητα λιπαρού στα τσιπς πατάτας μειωνόταν με αύξηση του χρόνου ξήρανσης πριν το τηγάνισμα. ^[117]

4.1.4 Χρήση νέας τεχνολογίας τηγανίσματος

Η νέα τεχνολογία του τηγανίσματος υπό κενό που αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 3 έχει εφαρμοστεί σε μεγάλο βαθμό στα τσιπς πατάτας με ιδιαίτερη επιτυχία τόσο στη μείωση πρόσληψης λιπαρού όσο και στη βελτίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών τους. Σε έρευνα του Dueik το 2011 η υποβολή των τσιπς πατάτας σε τηγάνισμα υπό κενό οδήγησε στην πρόσληψη ποσότητας ελαίου 50% λιγότερης συγκριτικά με τα τσιπς που τηγανίστηκαν σε ατμοσφαιρικές συνθήκες. Επίσης στο ίδιο πείραμα δοκιμάστηκαν δύο θερμοκρασίες τηγανίσματος, 98°C και 118°C, και βρέθηκε ότι οι 98°C επέφεραν πιο αποτελεσματική μείωση λιπαρού καθώς και καλύτερα ποιοτικά χαρακτηριστικά στα τελικά προϊόντα. ^[118]

Παλαιότερα οι Moreira και Garayo είχαν εξετάσει επίσης το τηγάνισμα τσιπς πατάτας σε συνθήκες πίεσης 3,115 kPa και παρατήρησαν τη μειωμένη πρόσληψη λιπαρού των τσιπς που παρασκευάστηκαν σε αυτές τις συνθήκες σε σχέση με τις ατμοσφαιρικές. Επιπλέον, διαπίστωσαν ότι όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία τηγανίσματος υπό κενό τόσο πιο υψηλός είναι ο ρυθμός εξάτμισης του νερού και συνεπώς και ο ρυθμός πρόσληψης λιπαρού από τα σνακ. Τέλος, εξήχθη το συμπέρασμα ότι τα τσιπς που είχαν τηγανιστεί υπό κενό

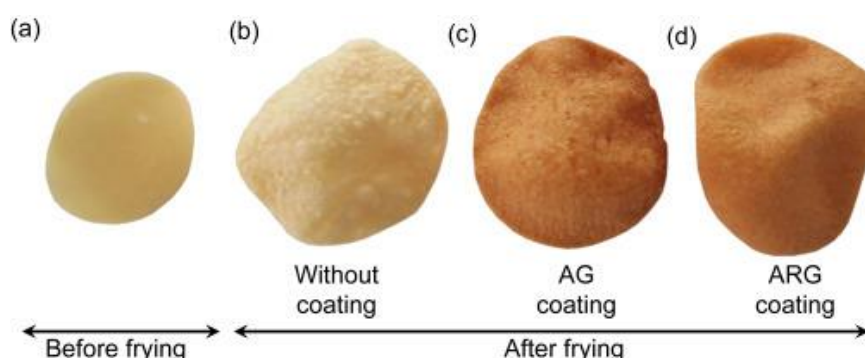
εμφάνισαν καλύτερη υφή τόσο ως προς τη σκληρότητα όσο και ως προς την τργανότητά τους. [119]

4.1.5 Εφαρμογή εδώδιμων μεμβρανών σε τσιπς πατάτας

Πολλές έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί για τη μελέτη της εφαρμογής εδώδιμων επικαλύψεων σε τσιπς πατάτας. Ο κύριος σκοπός τους είναι η εξακρίβωση του ρόλου των εδώδιμων μεμβρανών στη μείωση της πρόσληψης λιπαρού κατά το τηγάνισμα αλλά και στη διατήρηση των επιθυμητών ποιοτικών χαρακτηριστικών των προϊόντων αυτών. Επίσης, σε ορισμένες περιπτώσεις μελετήθηκε και η δράση των μεμβρανών στην υποβάθμιση του ελαίου που περιέχεται στα τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους.

Τα αποτελέσματα έρευνας που αφορούσε την επικάλυψη τσιπς πατάτας με μεμβράνη δομημένη από κόμμι γκουαρ αλλά και από κόμμι γκουάρ με γλυκερόλη, έδειξαν ότι η εφαρμογή της επικάλυψης περιόρισε αποτελεσματικά την απορρόφηση μεγάλης ποσότητας λιπαρού κατά το τηγάνισμα. Συγκεκριμένα, συγκρινόμενα με το τυφλό δείγμα, τα επικαλυμμένα με κόμμι γκουάρ τσιπς προσέλαβαν 34,8% λιγότερο λιπαρό, ενώ τα επικαλυμμένα με κόμμι γκουάρ και γλυκερόλη 51,8%. [120]

Η χρήση κόμμεος αμυγδάλου και αραβικού κόμμεος, επίσης, μελετήθηκαν για τη συμβολή τους τόσο στη μείωση απορρόφησης λιπαρού όσο και στη βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των τσιπς. [121]



Εικόνα 4.2: Τσιπς πατάτας από ερευνητική μελέτη: (a) πριν το τηγάνισμα, (b) μετά το τηγάνισμα χωρίς εδώδιμη επικάλυψη, (c) μετά το τηγάνισμα με επικάλυψη κόμμεος αμυγδάλου, και (d) μετά το τηγάνισμα με επικάλυψη αραβικού κόμμεος. [121]

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μεμβράνες συνέβαλαν σημαντικά στον περιορισμό της απορρόφησης λιπαρού από τα τσιπς πατάτας, ενώ βοήθησαν και στην ανάπτυξη καλύτερης υφής. Η μόνη παρατήρηση ήταν στο χρώμα των επικαλυμμένων τσιπς πατάτας που ήταν εμφανώς πιο σκούρο, χωρίς να επηρεάζει σημαντικά όμως τη συνολική αρέσκεια του προϊόντος. ^[121]

Άλλο παράδειγμα εργαστηριακής έρευνας επιβεβαίωσε τη συνεισφορά επικάλυψης πηκτίνης στην ελάττωση της ποσότητας λιπαρού που απορροφάται από τσιπς πατάτας κατά το τηγάνισμα. Από αυτή την έρευνα διαπιστώθηκε επίσης η μείωση του αριθμού υπεροξειδίων των επικαλυμμένων δειγμάτων, όπως αυτός μετρήθηκε κατά την αποθήκευσή τους. Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η μεμβράνη λειτούργησε προστατευτικά στην ανταλλαγή αερίων που θα μπορούσαν να επιφέρουν γρήγορη αλλοίωση στο περιεχόμενο λιπαρό. ^[122]

4.2 Τσιπς μπανάνας plantain

Τα plantain τσιπς αποτελούν ένα τηγανητό σνακ που παρασκευάζεται από το ιδιαίτερο είδος μπανάνας που ονομάζεται plantain. Οι μπανάνες plantain είναι μία ποικιλία μπανάνας που είναι περισσότερο γνωστές σε χώρες της Ασίας, της Αφρικής, της Ωκεανίας καθώς και της Κεντρικής και Νότιας Αμερικής. Ανήκουν στην οικογένεια των μουσοειδών (Musaceae) και θεωρείται ότι έχουν αναπτυχθεί από υβριδισμό δύο άγριων ειδών αυτής της οικογένειας. Παρότι αποτελούν είδος μπανάνας και κατατάσσονται στην κατηγορία των φρούτων, είναι πλούσιες σε άμυλο και προκειμένου να καταναλωθούν απαιτούν μαγείρεμα. Έτσι μπορεί να θεωρηθεί ότι μοιάζουν περισσότερο με λαχανικά και όχι με φρούτα και για αυτό ονομάζονται και από πολλούς ως πατάτες της Ινδίας. ^{[123], [124]}

Οι μπανάνες plantain διαφέρουν από τις κλασικές μπανάνες εμφανισιακά, αλλά και στην περιεκτικότητα των περιεχόμενων συστατικών τους. Στην Εικόνα 4.3 φαίνεται ότι η μπανάνα plantain είναι πιο μακριά και πιο λεπτή συγκριτικά με την κλασική, ενώ το χρώμα της τείνει σε πιο πράσινες αποχρώσεις. Επίσης, η μπανάνα plantain είναι πιο σκληρή εξωτερικά και δεν ξεφλουδίζεται εύκολα όπως η κλασική μπανάνα. ^[125]



Εικόνα 4.3: Μπανάνα plantain και κλασική μπανάνα

Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί ότι η παραπάνω μπανάνα plantain θεωρείται άγουρη, για αυτό και διαθέτει αυτό το πράσινο χρώμα. Γενικότερα, η plantain μπορεί να είναι πράσινη, κίτρινη ή μαύρη ανάλογα με το στάδιο ωρίμανσής της. Το πράσινο χρώμα δηλώνει ότι είναι άγουρη με έντονη αμυλώδη γεύση, ενώ θεωρείται το καλύτερο στάδιο για την παραγωγή plantain τσιπς. Το κίτρινο χρώμα υποδηλώνει μία αύξηση στα περιεχόμενα σάκχαρα και τότε η μπανάνα εμφανίζει πιο γλυκιά γεύση. Τέλος, η μαύρη είναι τόσο γλυκιά όσο περίπου μία κλασική μπανάνα και αρκετά μαλακιά ενώ μπορεί να μαγειρευτεί και να καταναλωθεί ως γλυκό. ^[125] (Εικόνα 4.4)

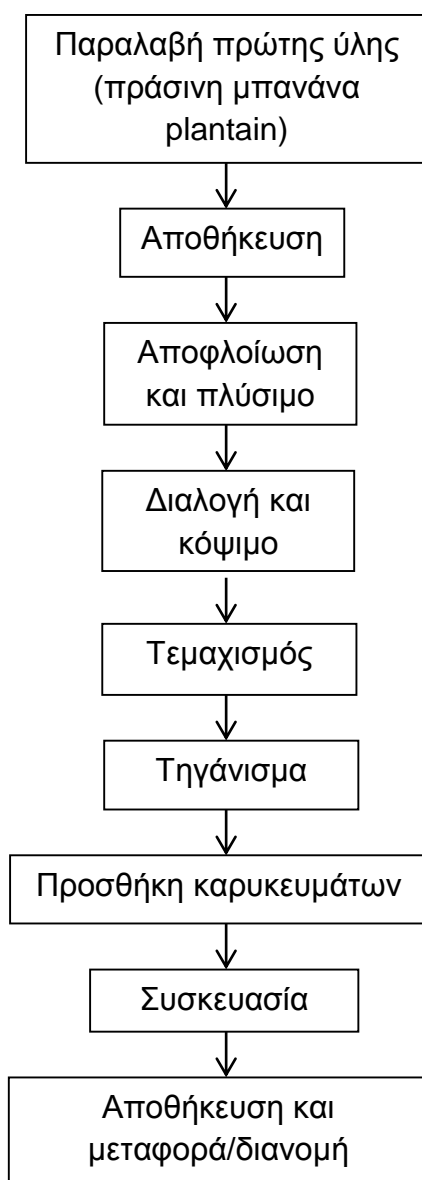


Εικόνα 4.4: Μπανάνα plantain σε τρία διαφορετικά στάδια ωρίμανσης

Τα σνακ από plantain θεωρούνται πολύ διαδεδομένα σε χώρες της Αφρικής, της Ασίας και της Αμερικής όπου και ανταγωνίζονται σημαντικά τα τσιπς πατάτας. Τα τελευταία χρόνια μάλιστα, οι επιχειρήσεις παρασκευής plantain τσιπς έχουν αυξηθεί πολύ με συνεχόμενη είσοδο νέων στον τομέα αυτό. Από ένα προϊόν που θεωρείτο αρκετά αμελητέο μπροστά σε άλλα

διάσημα σνακ, τα plantain τσιπς κέρδιζαν σιγά σιγά έδαφος και έφτασαν τώρα στο σημείο να αποτελούν πηγή τεράστιων κερδών για πολλές βιομηχανίες. Μάλιστα σε κάποιες χώρες εντοπίζεται ακόμα κενό στην παραγωγή τους σε σύγκριση με τις απαιτήσεις του καταναλωτικού κοινού. Στη Νιγηρία για παράδειγμα η ζήτηση για αγορά τέτοιων σνακ έχει εκτιμηθεί στους 148.900 τόνους ετησίως ενώ η ετήσια τροφοδοσία αυτή τη στιγμή υπολογίζεται στους 34.575 τόνους με ένα κενό προσφοράς 114.325 τόνων ετησίως. ^[123], ^[124] Ένα αντιπροσωπευτικό διάγραμμα ροής των διεργασιών που λαμβάνουν χώρα σε μια βιομηχανία παρασκευής plantain τσιπς είναι το εξής: ^[126]

Διάγραμμα παρασκευής plantain τσιπς





Εικόνα 4.5: Τηγανητά plantain τσιπς

4.2.1 Χημική σύνθεση μπανάνας *plantain*

Ανάλογα με το στάδιο ωρίμανσης της μπανάνας *plantain* οι περιεκτικότητες ορισμένων συστατικών της αλλάζουν σημαντικά. Επίσης, η χημική σύνθεση της διαφέρει πάρα πολύ από αυτή της κλασικής μπανάνας σε πολλά συστατικά και τις περιεκτικότητές τους. ^[126]

Πιο συγκεκριμένα, μικρές μεταβολές της περιεχόμενης υγρασίας συμβαίνουν με αύξηση της ωριμότητας της μπανάνας *plantain* της τάξης του 16%, με την περισσότερη να εντοπίζεται στην πιο ώριμη φάση. Μικρή μείωση από την άλλη σημειώνεται στους υδατάνθρακες των πιο ώριμων μπανανών *plantain* σε σύγκριση με τις άγουρες ενώ το άμυλο μειώνεται εντυπωσιακά κατά ποσοστό περίπου 86%. Ακόμη, αξίζει να αναφερθεί ότι οι πράσινες μπανάνες *plantain* εμφανίζουν ελάχιστη περιεκτικότητα σε σάκχαρα σε αντίθεση με τις μαύρες όπου τα σάκχαρα αυξάνονται ποσοστιαία μέχρι και 97%. ^[127]

Μεταξύ της μπανάνας *plantain* και της κλασικής εντοπίζονται επίσης έντονες διαφορές. Αρχικά, το περιεχόμενο νερό σε μία μπανάνα *plantain* υπολογίζεται στο 65% του συνολικού της βάρους, ενώ σε μία μπανάνα φτάνει μέχρι και το 83%. Επιπλέον, οι μπανάνες *plantain* είναι πλούσιες σε άμυλο σε αντίθεση με τις άλλες που είναι πλούσιες σε σάκχαρα. Παράλληλα, αξιοσημείωτες είναι οι διαφορές στις βιταμίνες όπως για παράδειγμα στη βιταμίνη C, αλλά και στην A οι οποίες βρίσκονται σε μεγαλύτερη ποσότητα στις *plantain*. Τέλος, το περιεχόμενο κάλιο στις μπανάνες *plantain* είναι περισσότερο από της κλασικής μπανάνας κατά ποσοστό περίπου 28%. ^[126]

Στον Πίνακα 4.3 παρουσιάζονται ενδεικτικά οι περιεκτικότητες των σημαντικότερων συστατικών μίας πράσινης άγουρης μπανάνας plantain.

Πίνακας 4.3: Περιεκτικότητες διαφόρων συστατικών ανά 100 g άγουρης μπανάνας plantain. ^[128]

Συστατικό	Περιεκτικότητα ανά 100g
Νερό	65.28
Υδατάνθρακες	31.89 g
σάκχαρα	15.00 g
Πρωτεΐνες	1.30 g
Λιπαρά	0.37g
Φυτικές ίνες	2.30 g
Βιταμίνες	
Βιταμίνη Α	1127 IU
Βιταμίνη Β-6	0.299 mg
Βιταμίνη C	18.40 mg
Βιταμίνη Ε	0.14 mg
Βιταμίνη Κ	0.70 μg
Μεταλλικά στοιχεία	
Νάτριο	4 mg
Κάλιο	499 mg
Ασβέστιο	3 mg
Σίδηρος	0.60 mg
Μαγνήσιο	37 mg
Φωσφόρος	34 mg
Ψευδάργυρος	0.14 mg

4.2.2 Ποιοτικές παράμετροι τσιπς plantain

Οι απαιτήσεις για τις ποιοτικές παραμέτρους των τσιπς plantain είναι αντίστοιχες με αυτές των τσιπς πατάτας. Πιο συγκεκριμένα, η γεύση, η υφή, το μέγεθος, το χρώμα και η συνολική εμφάνιση συνιστούν το πακέτο της αποδοχής ή μη του προϊόντος αυτού. Η ποικιλία της μπανάνας plantain καθώς και το στάδιο ωρίμανσής της καθορίζει σε σημαντικό βαθμό τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τσιπς που παρασκευάζονται από αυτές.

Αρχικά, η υφή στο χέρι κρίνεται αρκετά σκληρή, με το στοιχείο της τραγανότητας να μην είναι τόσο έντονο όσο στα τσιπς πατάτας, ενώ όσο πιο ώριμη είναι η μπανάνα plantain τόσο πιο μαλακά τσιπς παρασκευάζονται. Η γεύση τους, επίσης, χαρακτηρίζεται αρκετά ουδέτερη με έντονη την αίσθηση του αμύλου ως υφή στο στόμα, όταν η plantain μπανάνα βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο ωρίμανσης. Επειδή όμως όπως έχει σημειωθεί και παραπάνω η περιεκτικότητα σε σάκχαρα αυξάνεται όσο ωριμάζει η μπανάνα, η γεύση των τσιπς που παράγονται από κίτρινες ή μαύρες plantain είναι αρκετά γλυκιά και θυμίζει λίγο περισσότερο τη γεύση της κλασικής μπανάνας. Παράλληλα, το επιθυμητό χρώμα των τσιπς θεωρείται το έντονο κίτρινο, το οποίο όμως με την πάροδο του χρόνου αποκτά θαμπάδα και χάνει την ζωηρότητά του. Τέλος, στη συνολική τους εμφάνιση απαιτείται η ομοιομορφία καθώς και η λεία επιφάνεια. [125]

Όσον αφορά το ερευνητικό κομμάτι που έχει αφιερωθεί στη μελέτη των τσιπς από plantain, δεν υπάρχει ακόμα πλούσια βιβλιογραφία, σε αντίθεση με τα σνακ από τις κλασικές μπανάνες στα οποία υπάρχει εκτενής εργαστηριακή μελέτη. Στη συνέχεια λοιπόν θα παρουσιαστούν κάποιες από τις έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί πάνω στα τσιπς αυτά και έχουν αποφέρει αξιόλογα αποτελέσματα.

4.2.3 Ξήρανση τσιπς plantain πριν από το τηγάνισμα

Σε μία από τις ελάχιστες έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί στην ξήρανση τσιπς plantain, μελετήθηκε η εφαρμογή ωσμωτικής αφυδάτωσης σε σνακ plantain ως προκατεργασία. Σκοπός της έρευνας ήταν να εξετάσει την επίδραση της ωσμωτικής αφυδάτωσης στις ποιοτικές παραμέτρους του προϊόντος, αλλά και στην ελάττωση απορρόφησης λιπαρού κατά το τηγάνισμα. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων έδειξαν ότι το ποσοστό του λιπαρού που απορροφήθηκε από τα τσιπς κατά το τηγάνισμα μειώθηκε στα δείγματα με την προκατεργασία, ενώ επίσης μειώθηκε και ο χρόνος τηγανίσματος. Παράλληλα, όσον αφορά τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά παρατηρήθηκε ότι μέχρι τα 5 min τηγανίσματος το χρώμα και η υφή του προϊόντος ήταν καλύτερα από του τυφλού δείγματος, αλλά μετά τα 5 min το χρώμα σκούραινε πολύ και η υφή δεν ήταν η επιθυμητή. [129]

4.2.4 Άλλες βιβλιογραφικές μελέτες πάνω στα plantain τσιπς

Δυστυχώς δεν έχουν πραγματοποιηθεί έρευνες με αντικείμενο την επικάλυψη plantain τσιπς με εδώδιμες μεμβράνες ούτε με την εφαρμογή τηγανίσματος υπό κενό. Παρόλα αυτά έχουν διεξαχθεί πειράματα για τις μεταβολές που μπορεί να υφίστανται διάφορα συστατικά των plantain τσιπς κατά το βαθύ τηγάνισμα.

Αρχικά, από μία παλιά έρευνα διαπιστώθηκε συσχέτιση μεταξύ του περιεχόμενου αμύλου στα τσιπς plantain και του ποσοστού του ελαίου που απορροφάται κατά το τηγάνισμα. Σύμφωνα με αυτήν, η ποσότητα του απορροφούμενου λιπαρού στα τσιπς μειώνεται με αύξηση της περιεκτικότητάς τους σε άμυλο. ^[130]

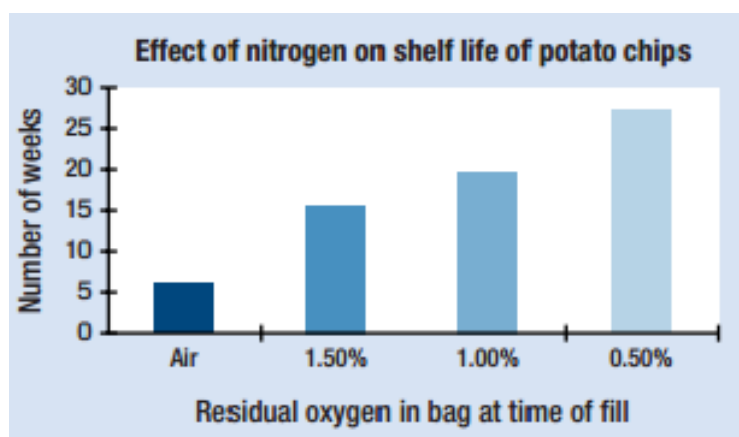
Ο Lemaire, σε μία άλλη πειραματική μελέτη το 1997, σύγκρινε τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τσιπς που παρασκευάστηκαν από μπανάνα plantain και από απλή μπανάνα, καθώς και την ποσότητα λιπαρού που απορρόφησαν κατά το τηγάνισμα. Τα αποτελέσματα της έρευνάς του έδειξαν ότι ο καλύτερος συνδυασμός ποιοτικών παραμέτρων και ποσότητας του απορροφούμενου λιπαρού επετεύχθη στα plantain τσιπς. Το περιεχόμενο λιπαρό διαπιστώθηκε περισσότερο στα τσιπς μπανάνας από τα plantain ενώ καλύτερα ποιοτικά κρίθηκαν επίσης τα δεύτερα. ^[131]

Πιο πρόσφατα, το 2007, μελετήθηκαν οι μεταβολές που υφίστανται ορισμένα θρεπτικά συστατικά των plantain τσιπς κατά τη διεργασία του τηγανίσματος. Συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε μείωση στην περιεκτικότητα του β-καροτένιου και της βιταμίνης C με την πάροδο του χρόνου τηγανίσματος καθώς και με την αύξηση της θερμοκρασίας τηγανίσματος. Τέλος, διερευνήθηκε και μία συσχέτιση μεταξύ του πάχους των τσιπς και της απορρόφησης λιπαρού. Διαπιστώθηκε ότι όσο πιο λεπτά ήταν τα τσιπς τόσο πιο μεγάλη ήταν η μείωση του περιεχόμενου νερού άρα και η πρόσληψη λιπαρού. ^[132]

4.3 Συσσκευασία τηγανητών σνακ υπό τροποποιημένη ατμόσφαιρα (MAP)

Πληθώρα βιομηχανιών σνακ στηρίζονται στη συσκευασία υπό τροποποιημένη ατμόσφαιρα για την επέκταση του χρόνου ζωής πολλών ειδών σνακ, όπως και των τσιπς πατάτας και μπανάνας plantain. Η επιλογή τους αυτή βασίζεται στο γεγονός ότι η τροποποιημένη ατμόσφαιρα συμβάλλει από τη μία πλευρά - στη διατήρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των σνακ, και από την άλλη - μειώνει την πιθανότητα οξειδωσής τους. [133]

Το αέριο άζωτο έχει αποδειχθεί ότι είναι ιδανικό για τη συσκευασία τηγανητών σνακ καθώς είναι άχρωμο, άγευστο, χωρίς άρωμα, μη τοξικό και δεν αντιδρά με κανένα άλλο συστατικό. Εξάγοντας το οξυγόνο και την υγρασία και εισάγοντας αέριο άζωτο στο υλικό συσκευασίας των σνακ έχει διαπιστωθεί ότι αποτρέπεται η ταχεία οξειδωσή τους και διατηρείται περισσότερο η ποιότητα του προϊόντος. Η γεύση, η υφή, το άρωμα και άλλα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τσιπς παραμένουν αναλλοίωτα για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, όταν η συσκευασία τους έχει γίνει υπό τροποποιημένη ατμόσφαιρα. Εκτός του αζώτου είναι πολύ σημαντικό το υλικό συσκευασίας των τσιπς να τα προστατεύει αποτελεσματικά από την επαφή με το φως, το οξυγόνο αλλά και την υγρασία. Η είσοδος υγρασίας μέσα στη συσκευασία των τσιπς θα έχει ως αποτέλεσμα τόσο την πιθανή ανάπτυξη μικροοργανισμών όσο και την υποβάθμιση της υφής του προϊόντος, καθώς χάνεται η τραγανότητά του. [109], [133] Στο παρακάτω ιστόγραμμα φαίνεται ότι ο χρόνος ζωής τσιπς πατάτας αυξάνεται όσο μειώνεται η περιεκτικότητα του οξυγόνου μέσα στη συσκευασία και αυξάνεται αντίστοιχα η περιεκτικότητα του αζώτου. [133]



Εικόνα 4.6: Ιστόγραμμα αύξησης του χρόνου ζωής τσιπς πατάτας με μείωση του περιεχομένου, στη συσκευασία, οξυγόνου και αύξηση του περιεχομένου αζώτου. [133]

B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Κεφάλαιο 5

5.1 Σκοπός

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη της εφαρμογής εδώδιμων επικαλυπτικών μεμβρανών σε τηγανητά σνακ πατάτας και μπανάνας plantain, τα οποία συσκευάζονται υπό τροποποιημένη ατμόσφαιρα, καθώς και η εκτίμηση του χρόνου ζωής τους. Η τεχνική της επικάλυψης τσιπς πατάτας, με εδώδιμες επικαλυπτικές μεμβράνες έχει εξεταστεί αρκετά στο παρελθόν, ενώ η μελέτη της εφαρμογής της στα plantain τσιπς, βρίσκεται σε πρωταρχικό στάδιο. Οι μεμβράνες που επιλέγονται για την επικάλυψη και των δύο τροφίμων είναι η χιτοζάνη, το HPMC, το CMC, η πηκτίνη και το αλγινικό νάτριο. Επιπλέον, εξετάζεται η επικάλυψη των τσιπς πατάτας με μεμβράνες, στις οποίες ενσωματώνεται αιθέριο έλαιο ρίγανης, προκειμένου να μελετηθεί ο προστατευτικός του ρόλος στην υποβάθμιση του ελαίου. Ως υλικό συσκευασίας επιλέγεται ένα πολυστρωματικό υλικό (PET 12 μm, ALU πάχους 7 μm και PE πάχους 80 μm) και ως τροποποιημένη ατμόσφαιρα το μίγμα N₂/CO₂ (70:30), που είχαν δοκιμαστεί με επιτυχία σε προηγούμενες εργασίες. Τα χαρακτηριστικά που επιλέγονται ως κρίσιμα για την αξιολόγηση της διατηρησιμότητας των τσιπς, είναι τόσο αντικειμενικά όσο και οργανοληπτικά. Από τη μία πλευρά, μετράται το αντικειμενικό χρώμα, η αντικειμενική υφή, το ποσοστό απορρόφησης ελαίου, η ενεργότητα νερού (για τα plantain τσιπς) και ορισμένοι βασικοί δείκτες ποιότητας του ελαίου, όπως ο αριθμός υπεροξειδίων και οι σταθερές K₂₃₂ και K₂₇₀ (για τα τσιπς πατάτας) και από την άλλη, εξετάζονται αρκετά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά με τα πιο βασικά να είναι η συνολική αρέσκεια, η τραγανή υφή και η γεύση των τσιπς.

5.2 Υλικά – Εξοπλισμός

5.2.1 Πρώτες ύλες

Ως πρώτη ύλη για το πρώτο μέρος της παρούσας διπλωματικής, χρησιμοποιούνται πατάτες ποικιλίας Κύπρου, οι οποίες προμηθεύτηκαν από γνωστή αλυσίδα σούπερ μάρκετ. Όσον αφορά το δεύτερο κομμάτι, η πρώτη ύλη για τα plantain τσιπς αγοράστηκε από ειδικό ινδικό παντοπωλείο και οι μπανάνες έφεραν την ονομασία Colombian Premium Plantains. Τα δείγματα πριν την επεξεργασία τους, διατηρούνται, για μικρό χρονικό διάστημα, σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, σε σκιερό και δροσερό μέρος.

Η επιλεγόμενη χημική ουσία για την αναστολή του ενζυμικού μαυρίσματος στα νωπά προϊόντα είναι το κιτρικό οξύ (της εταιρείας Pancreac) ενώ για τη δημιουργία των εδώδιμων επικαλυπτικών μεμβρανών γίνεται χρήση των εξής ουσιών:

- ❖ Χιτοζάνη (της εταιρείας SIGMA - ALDRICH)
- ❖ Καρβοξυλο-μεθυλο-κυτταρίνη (CMC) (της εταιρείας Μίλκας)
- ❖ Υδροξυ-προπυλο-μεθυλο-κυτταρίνη (HPMC) (της εταιρείας DOW)
- ❖ Πηκτίνη (the Copenhagen pectin factory)
- ❖ Αλγινικό άλας (της εταιρείας SIGMA - ALDRICH)

Για την παρασκευή του διαλύματος χιτοζάνης προστίθεται και οξικό οξύ της εταιρείας Pancreac.

Το έλαιο με το οποίο τηγανίζονται και τα δύο είδη τσιπς, είναι το Νίκη Fry της MINEPBA A.E.. Πρόκειται για ένα μίγμα φυτικών ελαίων (αραβοσιτέλαιο, φοινικέλαιο) που προτείνεται ειδικά για τηγάνισμα. Όσον αφορά τη συσκευασία των τσιπς επιλέγεται ως υλικό το PET/Alu/PE (12μm/7μm/80μm).

Επιπλέον, ο διαλύτης που χρησιμοποιείται για την εκχύλιση του ελαίου που απορροφάται από τα τσιπς, είναι το εξάνιο της εταιρείας Fisher Chemical ενώ το ριγανέλαιο, το οποίο προστίθεται στις εδώδιμες μεμβράνες των τσιπς πατάτας, είναι της εταιρείας VIORYL. Τέλος, γίνεται χρήση διαλύματος οξικού οξέος – χλωροφορμίου, κορεσμένου διαλύματος ιωδιούχου καλίου, δείκτη αμύλου και διαλύματος θειοθειικού νατρίου ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) για τον προσδιορισμό

του αριθμού υπεροξειδίων, ενώ για τη μέτρηση των K₂₃₂ και K₂₇₀ χρειάζεται ισοοκτάνιο.

5.2.2 Όργανα – Συσκευές

Τα όργανα και οι συσκευές που χρησιμοποιούνται κατά την πειραματική διαδικασία και κατά τη διάρκεια των μετρήσεων είναι τα εξής:

- ❖ Μαντολίνο για τον τεμαχισμό των τσιπς
- ❖ Υαλικά σκεύη (ποτήρια ζέσεως, κωνικές φιάλες, φιαλίδια, ογκομετρικοί κύλινδροι, προχοϊδα)
- ❖ Αναλυτικός ζυγός Precisa XT 220A (4 δεκαδικών ψηφίων)
- ❖ Συσκευή θερμοκόλλησης MEC IMPULSE FOOT SEALER (Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων ΕΜΠ)
- ❖ Φριτέζα Tefal, Vissialis, για βαθύ τηγάνισμα (Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων ΕΜΠ)
- ❖ Φούρνος μικροκυμάτων (Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων ΕΜΠ)
- ❖ Συσκευή υπερήχων Elma S 30 H, Elmasonic (Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων ΕΜΠ)
- ❖ Ομογενοποιητής υψηλής ταχύτητας (CAT Unidrive 1000 Homogenizer, CAT Scientific, Ca., USA) (Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων ΕΜΠ)
- ❖ Συσκευή μέτρησης ενεργότητας νερού AQUA LAB 4TEV – DECAGON DEVICES (Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων ΕΜΠ)
- ❖ Χρωματομέτρο Minolta CR/200 (Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων ΕΜΠ)
- ❖ Αναλυτής Υφής TA – XT2i Texture Analyser – Stable Micro Systems (Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων ΕΜΠ)
- ❖ Φασματοφωτόμετρο U-2900 (Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων ΕΜΠ)
- ❖ Συσκευή MAP (Modified Atmosphere Packaging) (Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων ΕΜΠ)

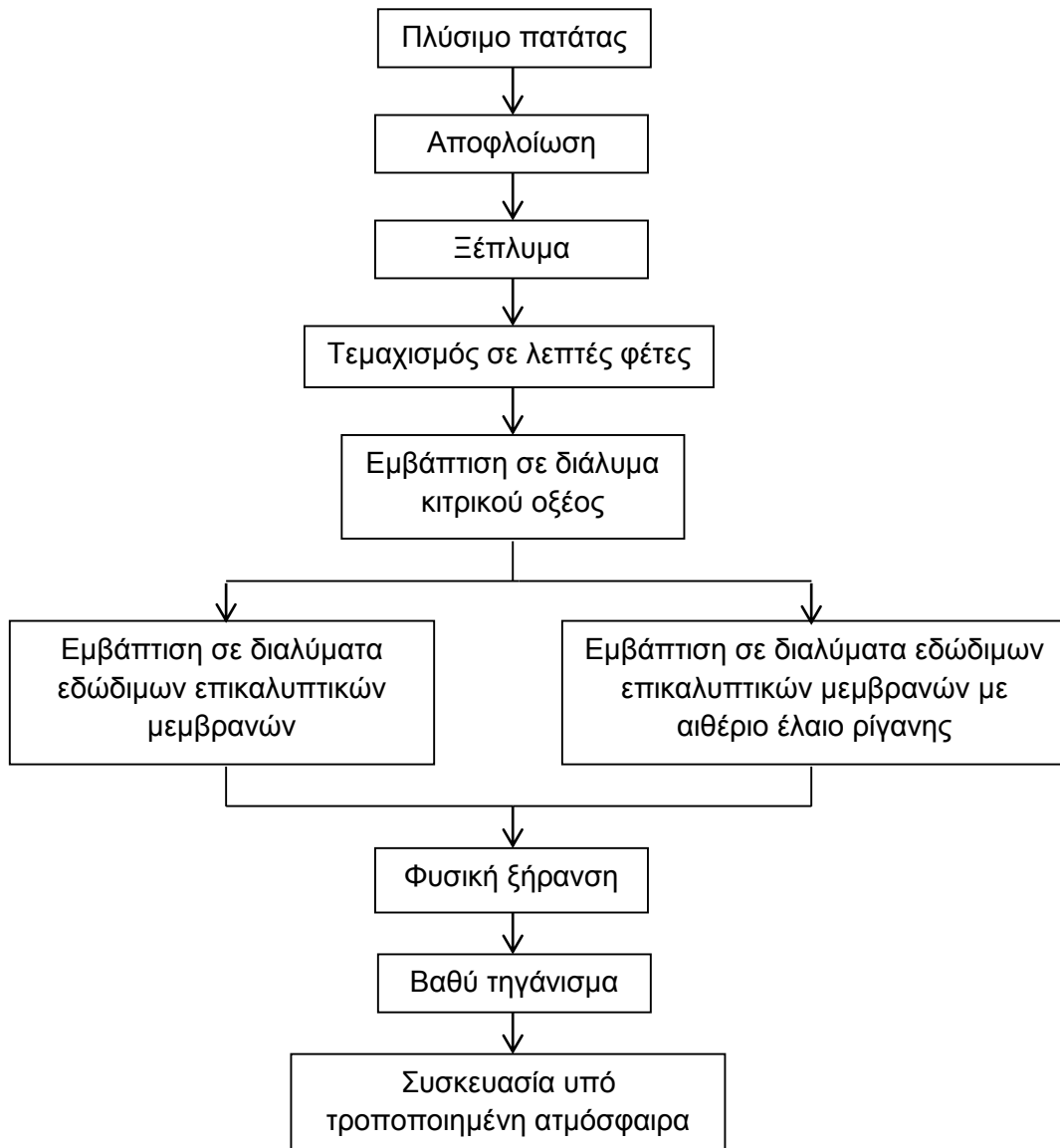
5.3 Πειραματική Διαδικασία

Επειδή στην παρούσα εργασία μελετώνται δύο διαφορετικά είδη τσιπς και οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα διαφέρουν μερικώς μεταξύ των δύο, θα παρουσιαστεί πρώτα η παρασκευή των τσιπς πατάτας και στη συνέχεια των plantain τσιπς. Σε αυτό το σημείο κρίνεται επίσης σημαντικό να αναφερθεί ότι πριν την παρουσίαση της πειραματικής διαδικασίας για την παρασκευή των plantain τσιπς, θα παρουσιαστούν εν συντομία κάποια δοκιμαστικά πειράματα που πραγματοποιήθηκαν για την παρασκευή τσιπς μπανάνας μέχρι την οριστικοποίηση των συνθηκών της διαδικασίας που οδηγούν σε αποδεκτά τελικά προϊόντα.

5.3.1 Παρασκευή τσιπς πατάτας

Αρχικά παρουσιάζεται ένα συγκεντρωτικό διάγραμμα ροής των σταδίων που έλαβαν χώρα για τη δημιουργία των τσιπς πατάτας στο εργαστήριο και στη συνέχεια αναλύεται εκτενέστερα η κάθε διαδικασία.

5.3.1.2 Διάγραμμα ροής παρασκευής τσιπς πατάτας



5.3.1.2 Αναλυτικά βήματα παρασκευής τσιπς πατάτας

Πιο αναλυτικά, τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την παρασκευή των τσιπς πατάτας είναι τα εξής:

1. Διεξάγεται καλό πλύσιμο των πατατών για απομάκρυνση χρώματος ή προσμίξεων από το φλοιό τους και αποφλοιώση με ειδικό μηχάνημα αποφλοιώσης ενώ ξεπλένονται καλά και τοποθετούνται μέσα σε νερό μέχρι τον τεμαχισμό τους.

2. Με χρήση ειδικού εργαλείου - πολυκόπτη λαχανικών (μαντολίνο) πραγματοποιείται ο τεμαχισμός της πατάτας σε πολύ λεπτές φέτες μορφής τσιπς με πάχος 1 mm.

3. Στη συνέχεια, τα δείγματα εμβάπτιζονται στιγμιαία (1-3 s) σε διάλυμα κιτρικού οξέος σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Το διάλυμα του αναστολέα του ενζυμικού μαυρίσματος περιεκτικότητας 1% w/v παρασκευάζεται με διάλυση 1 g κιτρικού οξέος σε 100 mL απιονισμένου νερού. Τα διαλύματα εμβάπτισης ανανεώνονται τακτικά, ώστε η σύστασή τους να μην μεταβάλλεται σημαντικά από τα υδατοδιαλυτά συστατικά της πατάτας.



Εικόνα 5.1: Εμβάπτιση τσιπς σε διάλυμα κιτρικού οξέος

4. Εκτός από το τυφλό δείγμα, που εμβάπτιζεται μόνο σε διάλυμα κιτρικού οξέος, παρασκευάζονται άλλες πέντε σειρές δειγμάτων, στις οποίες εφαρμόζονται οι εδώδιμες επικαλύψεις. Συγκεκριμένα γίνεται εμβάπτιση των τσιπς στα διαλύματα επικαλύψεων για 1–3 min σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η τακτική ανανέωση και αυτών των διαλυμάτων εμβάπτισης κρίνεται απαραίτητη. Σε αυτό το σημείο είναι χρήσιμο να αναφερθεί ο τρόπος παρασκευής των διαλυμάτων των εδώδιμων επικαλύψεων μέχρι τη στιγμή που είναι έτοιμα για χρήση.

Για την παρασκευή του διαλύματος της χιτοζάνης, 1 g χιτοζάνης και 1 mL οξικού οξέος διαλύονται σε 100 mL απιονισμένου νερού ενώ για τη δημιουργία των διαλυμάτων HPMC, CMC, πηκτίνης και αλγινικού νατρίου, διαλύεται 1 g της αντίστοιχης ουσίας σε 100 mL απιονισμένου νερού. Έπειτα, τα διαλύματα αναδεύονται στους 50°C πάνω σε πλάκα ανάδευσης μέχρι να υπάρξει πλήρης διαλυτοποίησή τους.



Εικόνα 5.2: Διάλυμα HPMC υπό ανάδευση

5. Παράλληλα με τις παραπάνω σειρές δειγμάτων, παρασκευάζονται άλλες πέντε σειρές όπου στα διαλύματα των επικαλύψεων προστίθεται και ποσότητα αιθερίου ελαίου ρίγανης. Αναλυτικότερα, στα διαλύματα της χιτοζάνης, της πηκτίνης και του αλγινικού νατρίου γίνεται προσθήκη ριγανέλαιου περιεκτικότητας 0,5% w/v και αφήνονται για ανάδευση μέχρι να ομογενοποιηθούν. Στα διαλύματα του HPMC και του CMC, λόγω μη δυνατότητας διάλυσης του ριγανέλαιου σε αυτά, πραγματοποιείται ομογενοποίησή τους με ειδική συσκευή (ομογενοποιητής) και η περιεκτικότητα του ριγανέλαιου ανέρχεται μόλις στο 0,05% w/v. Μετά την ομογενοποίηση, τα δύο διαλύματα οδηγούνται στο μηχάνημα υπερήχων, όπου τίθεται σε λειτουργία η επιλογή degas για απομάκρυνση των φυσαλίδων που δημιουργούνται από την ομογενοποίηση. Τα τσιπς εμβαπτίζονται έπειτα σε αυτά για 1–3 min σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.



Εικόνα 5.3: Αιθέριο έλαιο ρίγανης (VIORYL)



Εικόνα 5.4: Επικαλυμμένα με εδώδιμες μεμβράνες τσιπς πατάτας

6. Ακολουθεί φυσική ξήρανση των τσιπς για 10-15 min και στη συνέχεια οδηγούνται για βαθύ τηγάνισμα. Το τηγάνισμα λαμβάνει χώρα σε φριτέζα Tefal, Vissialis, στους 180°C, ενώ το έλαιο που χρησιμοποιείται είναι το Νίκη Fry της Μινέρβα Α.Ε. Τα δείγματα τοποθετούνται εντός της φριτέζας ανά 10 τεμάχια και παραμένουν εκεί για 2 min 40 s έως 3 min 20 s αναλόγως με το μέγεθός τους αλλά και την υγρασία τους. Μετά από την ολοκλήρωση του τηγανίσματος κάθε σειράς δειγμάτων συλλέγεται μικρή ποσότητα ελαίου από τη φριτέζα για τη μελέτη στη συνέχεια της μεταβολής βασικών δεικτών ποιότητας με την πάροδο του χρόνου τηγανίσματος.



Εικόνα 5.5: Τηγάνισμα τσιπς πατάτας

7. Τελικό στάδιο είναι η συσκευασία των δειγμάτων, η οποία γίνεται με τη βοήθεια συσκευής MAP (Modified Atmosphere Packaging). Τα δείγματα συσκευάζονται σε σακουλάκια από πολυστρωματικό φύλλο που αποτελείται από PET πάχους 12 μm, ALU πάχους 7 μm και PE πάχους 80 μm, τα οποία κωδικοποιούνται με αναγραφή της μεμβράνης επικάλυψης και της θερμοκρασίας αποθήκευσης. Η τροποποιημένη ατμόσφαιρα που επιλέγεται είναι αναλογίας 70% σε N₂ και 30% σε CO₂. Τα σακουλάκια με τα δείγματα αποθηκεύονται για 80 ημέρες σε τρεις θερμοκρασίες, σε ψύξη (4 °C), σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (25 °C) και στους 40 °C. Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης παρακολουθείται η μεταβολή των διαφόρων χαρακτηριστικών τους με δειγματοληψίες ανά 10 ημέρες.

5.3.2 Πειραματικές δοκιμές παρασκευής τσιπς μπανάνας

Αρχικά, η μπανάνα είχε επιλεγεί ως η πρώτη ύλη για τη δημιουργία τσιπς με μία σειρά δοκιμαστικών πειραμάτων να λαμβάνει χώρα προκειμένου να βρεθούν οι βέλτιστες συνθήκες παρασκευής τους. Το πάχος που επιλέχθηκε για τα τσιπς, βασιζόμενο σε αντίστοιχες πειραματικές μελέτες ήταν τα 2 mm ενώ πριν επεξεργαστούν τα δείγματα εμβαπτίστηκαν σε διάλυμα κιτρικού οξέος,

που χρησιμοποιείται ως αναστολέας του ενζυμικού μαυρίσματος. Πρώτο βήμα έπειτα, ήταν η εύρεση της κατάλληλης ισχύος μικροκυμάτων, αλλά και του βέλτιστου χρόνου ξήρανσης. Δοκιμάστηκαν τρεις τιμές, τα 400 W, τα 560 W και τα 800 W. Στα 400 W εξετάστηκαν οι χρόνοι 1 min 30 s και 2 min, στα 560 W οι χρόνοι 1 min 30 s και 2 min ενώ στα 800 W οι χρόνοι 1 min 15 s και 1 min 30 s.



Εικόνα 5.6: Αφυδατωμένα δείγματα μπανάνας στα 400 W για 1 min 30 s και 2 min, αντίστοιχα.

Από τις δύο σειρές δειγμάτων που αφυδατώθηκαν στα 400 W, αυτά με το μικρότερο χρόνο διατήρησαν περισσότερο το χρώμα τους ενώ τα άλλα εμφάνισαν μαύρα στίγματα, που πιθανότατα οφείλονται στις αντιδράσεις Maillard που υφίστανται λόγω της υψηλής θερμοκρασίας και της αυξημένης συγκέντρωσης σακχάρων.

Στις σειρές των 560 W τα σκουρόχρωμα σημεία ήταν περισσότερα ενώ ειδικά η δεύτερη σειρά, που ξηράθηκε για 2 min στο φούρνο μικροκυμάτων κρίθηκε μη αποδεκτή οργανοληπτικά για αυτό και απορρίφθηκε αμέσως.



Εικόνα 5.7: Αφυδατωμένα δείγματα μπανάνας στα 560 W για 1 min 30 s και 2 min,



Εικόνα 5.8: Αφυδατωμένα δείγματα μπανάνας στα 800 W για 1 min 15 s και 1 min 30 s, αντίστοιχα.

Τέλος, τα δείγματα που αφυδατώθηκαν στα 800 W για 1 min 15 s εμφάνισαν ελάχιστα μαύρα στίγματα ενώ αυτά που παρέμειναν για 1 min και 30 s στο φούρνο μικροκυμάτων χαρακτηρίστηκαν ιδιαίτερα σκούρα στην περισσότερη έκταση της επιφάνειάς τους.

Από όλα τα παραπάνω εξάγεται το συμπέρασμα ότι η σειρά των 560 W για 2 min και η σειρά των 800 W για 2 min 30 s απορρίπτονται λόγω μη ικανοποιητικής εμφάνισης. Επομένως, οι δύο σειρές των 400 W, η μία των 560 W για 1 min 30 s και η μία των 800 W για 1 min 15 s αποφασίστηκε να επεξεργαστούν με τη μέθοδο του τηγανίσματος. Έπειτα, εξετάστηκαν δύο θερμοκρασίες τηγανίσματος οι 160 °C και 180 °C, σε διαφορετικούς χρόνους και εφόσον ολοκληρώθηκε η διαδικασία του τηγανίσματος ακολούθησε οργανοληπτικός έλεγχος των δειγμάτων από ομάδα 4 ατόμων ώστε να κριθεί το καλύτερο.



Εικόνα 5.9: Τσιπς μπανάνας σε διαφορετικές συνθήκες ξήρανσης και τηγανίσματος

Τα δείγματα που κρίθηκαν στο σύνολο πιο αρεστά από την ομάδα τεσσάρων δοκιμαστών είναι αυτά που αφυδατώθηκαν στα 800 W για 1 min 15 s και τηγανίστηκαν στους 180 °C για 40 s. Οι κύριες ποιοτικές παράμετροι που έπαιξαν ρόλο για την τελική απόφαση ήταν η συνολική εμφάνιση, η υφή (με το χέρι και με το στόμα), το χρώμα και η γεύση. Η γενική εικόνα όμως που επικράτησε ήταν ότι όλες οι σειρές των τσιπς εμφάνιζαν μειονεκτήματα τα οποία δεν μπορούσαν να αγνοηθούν. Από τη συνολική εμφάνιση που δεν ήταν ικανοποιητική μέχρι την υφή που χαρακτηρίστηκε ιδιαίτερα λαστιχωτή και μη τραγανή, τα δείγματα δεν μπορούσαν να θεωρηθούν πλήρως αποδεκτά.

Επιπλέον, στη συνέχεια δοκιμάστηκε και η μέτρηση της αντικειμενικής υφής στον αναλυτή υφής και διαπιστώθηκε ότι τα τσιπς κολλούσαν πάνω στο κοπίδι τεμαχισμού, με αποτέλεσμα να είναι αδύνατο να ληφθεί κάποια ακριβής μέτρηση. Ως αποτέλεσμα όλων των παραπάνω θεωρήθηκε καλύτερο να μην επιλεγεί αυτό το προϊόν τελικά για την παραγωγή τσιπς, αλλά να αντικατασταθεί με ένα άλλο είδος μπανάνας που ονομάζεται plantain.

5.3.3 Παρασκευή plantain τσιπς

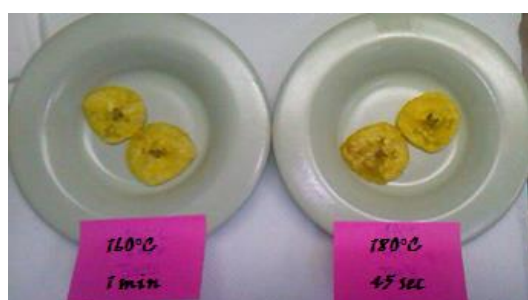
Για την παραγωγή των plantain τσιπς έγιναν αρχικά κάποια προκαταρκτικά πειράματα επειδή το προϊόν αυτό δεν είχε ξαναμελετηθεί στο εργαστήριο. Το πάχος των τσιπς πάνω στα οποία έγιναν οι δοκιμές ήταν τα 2 mm ενώ στη σειρά των κύριων πειραμάτων που έγινε στη συνέχεια μειώθηκε το πάχος στο 1 mm για την επίτευξη καλύτερων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών. Μέσα από τα πειράματα αυτά βρέθηκε ο βέλτιστος χρόνος ξήρανσης αλλά και η κατάλληλη ισχύς των μικροκυμάτων. Επίσης εξετάστηκε η θερμοκρασία αλλά και ο χρόνος τηγανίσματος.

Όσον αφορά αρχικά το στάδιο της μερικής ξήρανσης των φετών plantain στο φούρνο μικροκυμάτων επιλέχθηκαν και εξετάστηκαν τρεις διαφορετικές συνθήκες σε τυφλά δείγματα τα οποία είχαν εμβαπτιστεί μόνο σε διάλυμα κιτρικού οξέος για 1–3 s. Τα πρώτα δείγματα αφυδατώθηκαν σε φούρνο μικροκυμάτων με ισχύ 400 W για 1 min, τα δεύτερα με ισχύ 500 W για 1 min και τα τρίτα με ισχύ 800 W για 45 s. Οι παρατηρήσεις που σημειώθηκαν στις μερικώς αφυδατωμένες φέτες plantain είναι ότι τα 800 W επέφεραν μία περισσότερη συρρίκνωση του προϊόντος παρόλο το μικρότερο χρόνο, γεγονός που επηρέασε και την επιφάνειά του δημιουργώντας μία κοιλότητα στη φέτα. Έπειτα ανάμεσα στα 560 W και τα 400 W για τον ίδιο χρόνο επιλέχθηκαν τα 400 W, διότι οι φέτες είχαν ελαφρώς πιο ανοιχτό χρώμα συγκριτικά με αυτές που αφυδατώθηκαν στα 560 W και είχαν επίσης διατηρήσει περισσότερο τον όγκο τους.



Εικόνα 5.10: Αφυδατωμένα δείγματα plantain σε τρεις διαφορετικές συνθήκες ξήρανσης με μικροκύματα

Στη συνέχεια, εξετάστηκαν δύο διαφορετικές θερμοκρασίες τηγανίσματος για δύο φέτες plantain, μία πιο υψηλή, οι 180 °C και μια χαμηλότερη, οι 160 °C. Στους 160 °C τα τσιπς τηγανίστηκαν για 1 min ενώ στους 180 °C για 45 s. Όπως φαίνεται και από την Εικόνα 5.10 τα τσιπς που παρασκευάστηκαν στους 180 °C εμφάνιζαν έντονα σημάδια λιπαρότητας σε αντίθεση με αυτά της χαμηλότερης θερμοκρασίας, τα οποία ήταν πιο ομοιόμορφα. Το μειονέκτημα αυτό διαπιστώθηκε και μέσω της υψής καθώς τα δείγματα που τηγανίστηκαν στους 180 °C άφηναν τόσο στα χέρια όσο και στο στόμα των δοκιμαστών έντονη λιπαρότητα. Η γεύση των δειγμάτων ήταν παρόμοια χωρίς σημαντικές διαφορές, ενώ το άρωμα των πρώτων δειγμάτων ήταν ελαφρώς πιο ελαφρύ ως προς τη μυρωδιά του ελαίου που είχαν απορροφήσει σε σχέση με τα δεύτερα.

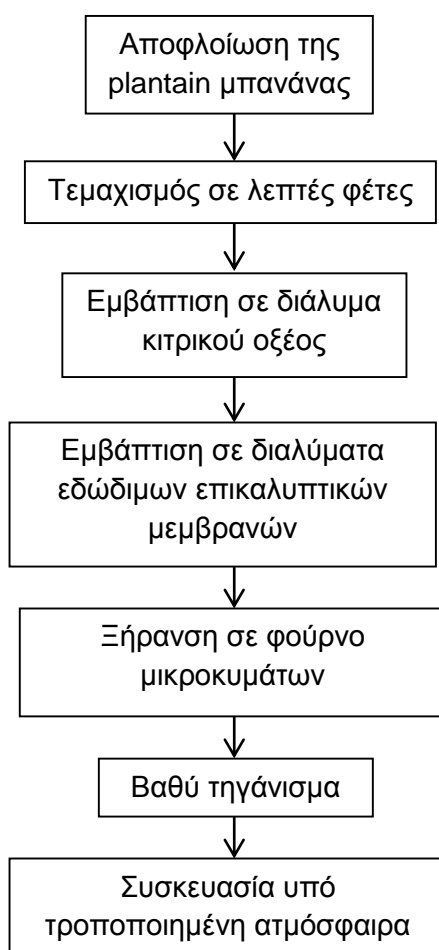


Εικόνα 5.11: Τσιπς plantain σε δύο διαφορετικές θερμοκρασίες και χρόνους τηγανίσματος

Έτσι συνυπολογίζοντας όλα τα ποιοτικά στοιχεία που εξετάστηκαν επιλέχθηκε τελικά η θερμοκρασία τηγανίσματος των 160 °C. Επίσης όπως αναφέρθηκε και στην αρχή, τα προκαταρκτικά πειράματα έγιναν για πάχος

δείγματος 2 mm το οποίο στη συνέχεια άλλαξε. Αυτή η αλλαγή οφείλεται στην διαπίστωση της ομάδας των δοκιμαστών ότι το τηγανισμένο προϊόν των 2 mm ήταν ιδιαίτερα σκληρό, ενώ μία δοκιμή για παρασκευή τσιπς πάχους 1 mm έδειξε ότι η υφή ήταν καλύτερη και για αυτό οι σειρές των κύριων πειραμάτων πραγματοποιήθηκαν σε φέτες plantain 1 mm. Ομοίως τώρα με τα τσιπς πατάτας, παρουσιάζεται αρχικά ένα συγκεντρωτικό διάγραμμα ροής της εργαστηριακής παρασκευής plantain τσιπς, ενώ ακολουθεί εκτενής αναφορά για το κάθε στάδιο.

5.3.2.1 Διάγραμμα ροής παρασκευής plantain τσιπς



5.3.2.2 Τα αναλυτικά βήματα παρασκευής plantain τσιπς

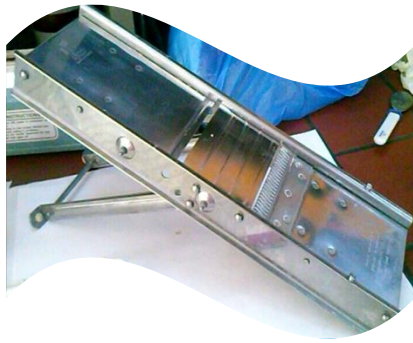
Οι διαδικασίες που ακολουθούνται για την παρασκευή των plantain τσιπς διαφέρουν σε ορισμένα σημεία από τις αντίστοιχες για τα τσιπς πατάτας για αυτό και έχει ενδιαφέρον να γίνει μια εκτενής αναφορά σε αυτές.

1. Το πρώτο βήμα είναι η αποφλοιώση της μπανάνας plantain η οποία πραγματοποιείται κάπως διαφορετικά από την κλασική μπανάνα, λόγω του ιδιαίτερα σκληρού περιβλήματός της. Αρχικά κόβονται τα δύο άκρα της και στη συνέχεια με ένα μαχαίρι χαράζονται από πάνω μέχρι κάτω και για ένα μικρό βάθος τα πλαϊνά μέρη. Έπειτα, χειρωνακτικά αφαιρείται ο φλοιός και παραλαμβάνεται το εσωτερικό τμήμα της μπανάνας, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

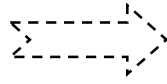


Εικόνα 5.12: Τρόπος αποφλοιώσης της μπανάνας plantain

2. Ακολούθως πραγματοποιείται τεμαχισμός της μπανάνας plantain σε λεπτές φέτες πάχους 1 mm με το μαντολινό της Εικόνας 5.12. Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι οι φέτες που προορίζονταν ως τυφλό δείγμα τεμαχίστηκαν σε δύο πάχη, του 1 mm και των 2 mm, ώστε να εξεταστεί η επίδραση του πάχους τόσο στα αντικειμενικά όσο και στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.



Εικόνα 5.13: Μαντολίνο τεμαχισμού των φετών



Εικόνα 5.14: Λεπτές φέτες plantain

3. Οι τεμαχισμένες φέτες εμβαπτίζονται σε διάλυμα κιτρικού οξέος 1% w/v για 1-3 s. Έπειτα αφήνονται να στραγγίσουν για 1–3 min μέχρι να επικαλυφθούν με τις εδώδιμες μεμβράνες.

4. Η εφαρμογή των εδώδιμων επικαλυπτικών γίνεται όπως ακριβώς περιγράφηκε και στα τσιπς πατάτας. Οι φέτες εμβαπτίζονται σε διαλύματα χιτοζάνης, HPMC, CMC, πηκτίνης και αλγινικού νατρίου, περιεκτικότητας 1% w/v, τα οποία έχουν παρασκευαστεί όπως σημειώθηκε παραπάνω. Αφού αφεθούν να στεγνώσουν για λίγο χρονικό διάστημα, οι φέτες οδηγούνται σε φούρνο μικροκυμάτων. Η σειρά του τυφλού δείγματος οδηγείται κατευθείαν για ξήρανση μετά την εμβάπτιση των φετών στο κιτρικό οξύ.



Εικόνα 5.15: Επικαλυμμένες με εδώδιμες μεμβράνες φέτες plantain.

5. Στη συνέχεια οι επικαλυμμένες πλέον φέτες, λοιπόν, οδηγούνται προς ξήρανση σε φούρνο μικροκυμάτων στα 400 W. Οι φέτες τοποθετούνται μέσα στο φούρνο ανά 6 και αφυδατώνονται για περίπου 1 min 30 s.

6. Οι αφυδατωμένες φέτες τηγανίζονται σε φριτέζα Tefal, Vissialis, στους 160°C, ενώ το έλαιο που χρησιμοποιείται είναι το Νίκη Fry της Μινέρβα Α.Ε..

τοποθετούνται ανά 10 μέσα στη φριτέζα και η διάρκεια του τηγανίσματος υπολογίζεται περίπου στα 2 min.

6. Τέλος, τα τηγανισμένα τσιπς συσκευάζονται με τη βοήθεια συσκευής MAP (Modified Atmosphere Packaging) σε σακουλάκια από πολυστρωματικό φύλλο που αποτελείται από PET πάχους 12 μm , ALU πάχους 7 μm και PE πάχους 80 μm . Τα σακουλάκια κωδικοποιούνται με αναγραφή της μεμβράνης επικάλυψης και της θερμοκρασίας αποθήκευσης. Τα σακουλάκια με τα δείγματα αποθηκεύονται για 30 ημέρες σε τρεις θερμοκρασίες, σε ψύξη (4 °C), σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (25 °C) και στους 40 °C. Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης παρακολουθείται η μεταβολή των διαφόρων χαρακτηριστικών τους με δειγματοληψίες ανά 6 ημέρες.



Εικόνα 5.16: Συσκευή MAP (Modified Atmosphere Packaging) BOSS, (Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων ΕΜΠ)

5.4 Αναλύσεις - Μετρήσεις

Για την εκτίμηση της διατηρησιμότητας των τσιπς πατάτας και των plantain τσιπς πραγματοποιούνται οι ακόλουθες βασικές αναλύσεις–μετρήσεις. Μέτρηση αντικειμενικού χρώματος, μέτρηση αντικειμενικής υφής, προσδιορισμός της περιεκτικότητας λιπαρού και οργανοληπτική εξέταση. Μεμονωμένα τώρα στα τσιπς πατάτας γίνονται επιπλέον μετρήσεις προσδιορισμού του αριθμού υπεροξειδίων στο έλαιο της φριτέζας κατά το τηγάνισμα των σειρών, ενώ στα plantain τσιπς μετράται η ενεργότητα νερού.

1. Αντικειμενικό Χρώμα

Το αντικειμενικό χρώμα των δειγμάτων μετράται με χρήση χρωματόμετρου Minolta CR/200, το οποίο παρέχει τις τιμές των χρωματικών παραμέτρων L, a και b της κλίμακας CIELAB. Το L εκφράζει τη φωτεινότητα (λαμπρότητα) του χρώματος, ενώ οι τιμές των a και b αποτελούν τις ορθογώνιες συντεταγμένες πάνω στο επίπεδο διατομής του χρώματος, κάθετο στον άξονα μαύρου-άσπρου. Οι θετικές τιμές της παραμέτρου a αντιστοιχούν στο κόκκινο χρώμα, ενώ οι αρνητικές στο πράσινο. Αντίστοιχα, οι θετικές τιμές του b παραπέμπουν στο κίτρινο, ενώ οι αρνητικές στο μπλε. Κάθε μέτρηση γίνεται συνολικά δύο φορές και η τελική τιμή για κάθε δείγμα προκύπτει ως ο μέσος όρος των δύο μετρήσεων. Η ολική μεταβολή του χρώματος προκύπτει από την εξίσωση:

$$\Delta E = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2}$$



Εικόνα 5.17: Χρωματόμετρο Minolta CR/200

2. Αντικειμενική σκληρότητα

Η μέτρηση της αντικειμενικής σκληρότητας των δειγμάτων πραγματοποιείται με αναλυτή υφής (TA-XT2i Texture Analyser–Stable Micro Systems), ο οποίος είναι συνδεδεμένος με ηλεκτρονικό υπολογιστή που διαθέτει το πρόγραμμα Texture Exponent 32. Κατά την εκτέλεση των μετρήσεων, εκτελείται θραύση των δειγμάτων με χρήση κοπιδιού, το οποίο διεισδύει με ταχύτητα 1 mm/s σε βάθος ρυθμισμένο στο 1 mm. Για κάθε δείγμα πραγματοποιούνται δύο ανεξάρτητες μετρήσεις οι οποίες εμφανίζονται μέσω διαγραμμάτων δύναμης (N) συναρτήσεως του χρόνου στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Από τα διαγράμματα αυτά απομονώνεται η μέγιστη τιμή της δύναμης που εμφανίζεται, η οποία αντιπροσωπεύει τη σκληρότητα του δείγματος.



Εικόνα 5.18: Μέτρηση αντικειμενικής σκληρότητας σε plantain τσιπς

3. Περιεκτικότητα ελαίου των τσιπς

Για τη μέτρηση της περιεκτικότητας ελαίου στα τσιπς πατάτας και στα plantain τσιπς ακολουθείται η εξής διαδικασία εκχύλισης.

Αρχικά, ζυγίζονται περίπου 3 g δείγματος τσιπς πατάτας και 2 g plantain τσιπς σε μικρά κομμάτια και τοποθετούνται σε φιαλίδιο, όπου προστίθενται 30 mL και 20 mL εξανίου, αντίστοιχα. Το φιαλίδιο οδηγείται σε λουτρό υπερήχων όπου γίνεται εκχύλιση του ελαίου για 15 min σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Έπειτα το εκχύλισμα διηθείται με τη βοήθεια διηθητικού χαρτιού και συλλέγεται σε προζυγισμένο φιαλίδιο, όπου αφήνεται για 24h ώσπου να εξατμιστεί ο διαλύτης. Τελικό βήμα είναι η ζύγιση του εκχυλισμένου λιπαρού που έχει απομείνει στο φιαλίδιο. Η περιεκτικότητα του τροφίμου σε λιπαρό υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\text{Λιποπεριεκτικότητα (\%)} = m \cdot 100 / m_0$$

όπου: m : η μάζα του εκχυλισμένου ελαίου σε g

m_0 : η μάζα του δείγματος σε g



Εικόνα 5.19: Φιαλίδια με το εκχύλισμα που συλλέγεται μετά την απομάκρυνση των τσιπς.

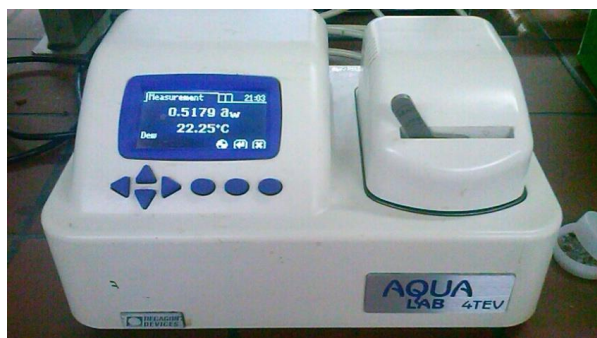


Εικόνα 5.20: Φιαλίδια με το εκχυλισμένο λιπαρό που απέμεινε μετά την εξάτμιση του διαλύτη.

4. Ενεργότητα νερού

Ο υπολογισμός της ενεργότητας νερού πραγματοποιήθηκε μόνο για τα plantain τσιπς με τη βοήθεια του μηχανήματος μέτρησης ενεργότητας νερού AQUA LAB 4TEV-DECAGON DEVICES. Το δείγμα θρυμματίζεται και τοποθετείται μέσα στο μηχάνημα, το οποίο μετά από 5–10 min δίνει τη μέτρηση. Η ενεργότητα νερού (a_w) σε ένα τρόφιμο σε ισορροπία με το περιβάλλον του ορίζεται ως ο λόγος της μερικής πίεσης ατμών του περιβάλλοντος σε ισορροπία με το τρόφιμο (p) προς την τάση ατμών του καθαρού νερού (πίεση κορεσμού) (p_0):

$$a_w = \frac{p}{p_0}$$



Εικόνα 5.21: Συσκευή μέτρησης ενεργότητας νερού AQUA LAB 4TEV

5. Αριθμός υπεροξειδίων–K₂₃₂ και K₂₇₀

Κατά το τηγάνισμα των τσιπς πατάτας συλλέγεται μικρή ποσότητα ελαίου από τη φριτέζα κάθε φορά πριν τηγανιστεί μία νέα σειρά τσιπς. Σε αυτά τα έλαια μετράται ο αριθμός υπεροξειδίων καθώς και οι σταθερές K₂₃₂ και K₂₇₀ (απορρόφηση στο υπεριώδες φάσμα).

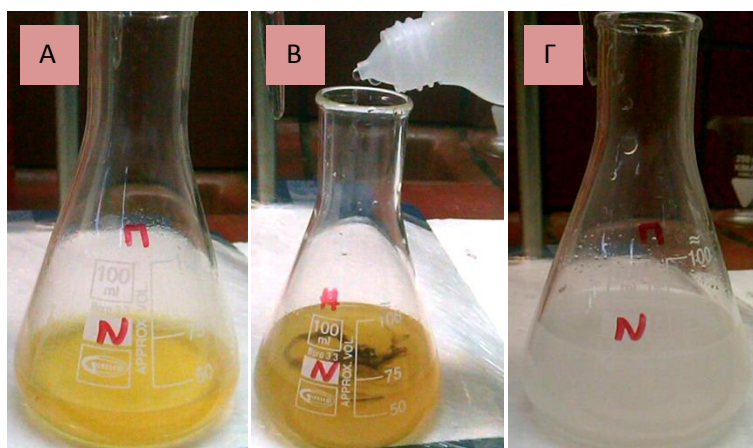
Ο προσδιορισμός του αριθμού υπεροξειδίων γίνεται ως εξής: Σε κωνική φιάλη των 100 mL ζυγίζεται 1,00 ± 0,05 g δείγματος. Προστίθενται 30 mL μίγματος οξικού οξέος – χλωροφορμίου 3:2 και 0,5 mL κορεσμένου διαλύματος KI (A). Η φιάλη ανακινείται για 1 min και αφήνεται σε σκοτεινό μέρος για 5 min. Ακολουθεί προσθήκη 30 mL απεσταγμένου νερού και 0,5 mL δείκτη αμύλου (B). Στη συνέχεια τιτλοδοτείται με διάλυμα θειοθειϊκού νατρίου Na₂S₂O₃ 0,01 N. Η τιτλοδότηση ολοκληρώνεται με την εξαφάνιση του μπλε χρώματος (Γ). Από την παρακάτω σχέση στη συνέχεια υπολογίζεται ο αριθμός υπεροξειδίων:

$$PV = \frac{(S-B) \cdot N \cdot 1000}{\text{βάρος δείγματος}} \quad [\text{meq O}_2/\text{kg ελαίου}]$$

όπου S: τα καταναλωθέντα mL δ/τος Na₂S₂O₃ για το δείγμα

B: τα καταναλωθέντα mL δ/τος Na₂S₂O₃ για το τυφλό (B = 0,20 mL)

N: κανονικότητα του δ/τος Na₂S₂O₃



Εικόνες 5.22: Η πορεία της διαδικασίας μέτρησης του αριθμού υπεροξειδίων σε δείγμα ελαίου που έχει συλλεχθεί από τη φριτέζα

Για τον προσδιορισμό των σταθερών K_{232} και K_{270} ζυγίζεται ποσότητα ελαίου της τάξης των $0,03 \pm 0,01$ g σε ογκομετρική φιάλη των 25 mL, η οποία συμπληρώνεται με ισοοκτάνιο μέχρι τη χαραγή. Στη συνέχεια μετράται η απορρόφηση του διαλύματος στα 232 nm και στα 270 nm ως προς ισοοκτάνιο (διάλυμα αναφοράς) με χρήση φασματοφωτόμετρου. Οι σταθερές υπολογίζονται, έπειτα, μέσα από τον τύπο:

$$K_{232,270} = \frac{\text{Απορρόφηση στα 232/270 nm}}{C \text{ διαλύματος} \cdot d}$$

Όπου C: η συγκέντρωση του διαλύματος σε g/L

d: το μήκος τη κυψελίδας σε cm

Η απορρόφηση στα 232 nm, οφείλεται σε ενώσεις (υδροϋπεροξειδία) που παράγονται στο πρωταρχικό στάδιο οξειδωσης, αλλά και σε ενώσεις (συζυγή διένια), που παράγονται σε ένα ενδιάμεσο στάδιο οξειδωσης. Η απορρόφηση στα 270 nm, οφείλεται σε ενώσεις με καρβονυλικές ομάδες (αλδεΐδες και κετόνες), οι οποίες αποτελούν δευτερογενή προϊόντα οξειδωσης, καθώς και από ενώσεις (συζυγή τριένια), που παράγονται κατά τη διάρκεια βιομηχανικής επεξεργασίας.

6. Οργανοληπτική εξέταση

Με τη βοήθεια της ομάδας οργανοληπτικού ελέγχου του εργαστηρίου Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων, τα δείγματα των τσιπς πατάτας εξετάζονται οργανοληπτικά ανά 10 ημέρες αποθήκευσης, ενώ των plantain τσιπς ανά 6 ημέρες αποθήκευσης. Τα βασικά ποιοτικά χαρακτηριστικά που μελετώνται είναι η εμφάνιση, το χρώμα, η οσμή, η υφή (με το χέρι και με το στόμα), η γεύση, το άρωμα και η συνολική αρέσκεια. Το έντυπο που χρησιμοποιείται κατά την εξέταση των τσιπς πατάτας φαίνεται στον Πίνακα 5.1, ενώ για τα τσιπς plantain στον Πίνακα 5.2. Τα χαρακτηριστικά μετρούνται με κλίμακα από 0 έως 10, όπου το 0 αντιστοιχεί στην ελάχιστη ένταση και το 10 στη μέγιστη. Οι δοκιμαστές που έλαβαν μέρος στη διαδικασία του οργανοληπτικού ελέγχου ήταν από 2 έως 4.

Πίνακας 5.1: Έντυπο οργανοληπτικής εξέτασης τσιπς πατάτας

Όνομα δοκιμαστή:

Ημερομηνία:

Χαρακτηριστικό / Επεξεργασία		0: ελάχιστο - 10: μέγιστο										
		Τυφλό	Χιτοζάνη	Χιτοζάνη-ριγανέλαο	HPMC	HPMC-ριγανέλαο	CMC	CMC-ριγανέλαο	πηκτίνη	Πηκτίνη - ριγανέλαο	Αλγινικό νάτριο	Αλγινικό νάτριο-ριγανέλαο
Εμφάνιση	Κανονική											
	Ανίχνευση επικαλυπτικού											
	Στίγματα/Ελαττώματα											
Χρώμα	Κανονικό											
	Αλλοιωμένο (Σκούρο)											
	Αποχρωματισμένο											
Οσμή	Κανονική											
	Λιπαρή											
	Αλλοιωμένη / Ξένη											
Υφή (με το χέρι)	Σκληρή											
	Τραγανή											
	Μαλακιά (Νωπή)											
Υφή (με το στόμα)	Σκληρή											
	Τραγανή											
	Μαλακιά (Νωπή)											
	Αμυλούχα											
	Λιπαρή											
Γεύση	Κανονική / Ευχάριστη											
	Αλλοιωμένη / Ξένη											
	Ανίχνευση επικαλυπτικού											
	Ανίχνευση αρωματικού											
Άρωμα	Κανονικό											
	Αλλοιωμένο / Ξένο											
	Ανίχνευση επικαλυπτικού											
	Ανίχνευση αρωματικού											
Σύνολο	Αρέσκεια											
Παρατηρήσεις												

Πίνακας 5.2: Έντυπο οργανοληπτικής εξέτασης plantain τσιπς

Όνομα δοκιμαστή:

Ημερομηνία:

Χαρακτηριστικό / Επεξεργασία		0: ελάχιστο - 10: μέγιστο					
		Τυφλό	Χιτοζάνη	HPMC	CMC	πηκτίνη	Αλγινικό νάτριο
Εμφάνιση	Κανονική						
	Ανίχνευση επικαλυπτικού						
	Στίγματα/Ελαττώματα						
	Λιπαρότητα						
Χρώμα	Κανονικό						
	Αλλοιωμένο (Σκούρο)						
	Αποχρωματισμένο						
Οσμή	Κανονική						
	Λιπαρή						
	Αλλοιωμένη / Ξένη						
Υφή (με το χέρι)	Σκληρή						
	Τραγανή						
	Μαλακιά (Νωπή)						
Υφή (με το στόμα)	Σκληρή						
	Τραγανή						
	Μαλακιά (Νωπή)						
	Αμυλούχα						
	Λιπαρή						
Γεύση	Κανονική / Ευχάριστη						
	Αλλοιωμένη / Ξένη						
	Ανίχνευση επικαλυπτικού						
Άρωμα	Κανονικό						
	Αλλοιωμένο / Ξένο						
	Ανίχνευση επικαλυπτικού						
Σύνολο	Αρέσκεια						
Παρατηρήσεις							

5.5 Σχεδιασμός πειραμάτων και στατιστική επεξεργασία

Αρχικά, τα πειράματα χωρίζονται σε δύο κύριες ομάδες, την πρώτη ομάδα (Α), στην οποία ανήκουν τα πειράματα των τσιπς πατάτας και τη δεύτερη (Β), στην οποία ανήκουν τα plantain τσιπς.

Στην πρώτη ομάδα πειραμάτων (Α) υπάρχουν έντεκα σειρές δειγμάτων. Η πρώτη σειρά περιλαμβάνει τα τυφλά δείγματα, τα οποία έχουν εμβαπτιστεί μόνο σε κιτρικό οξύ, ενώ οι άλλες δέκα περιλαμβάνουν τα επικαλυμμένα με τις εδώδιμες μεμβράνες δείγματα. Στις δέκα σειρές των επικαλυμμένων δειγμάτων, οι πέντε πρώτες περιλαμβάνουν τα δείγματα που έχουν επικαλυφθεί με εδώδιμες μεμβράνες που περιέχουν αιθέριο έλαιο ρίγανης, ενώ οι υπόλοιπες περιλαμβάνουν τα δείγματα με τις απλές μεμβράνες, δηλαδή αυτές χωρίς αιθέριο έλαιο. Τα επικαλυμμένα τσιπς πατάτας με τις απλές εδώδιμες μεμβράνες συμβολίζονται στα διαγράμματα με τα αρχικά τους γράμματα κεφαλαία, δηλαδή τα δείγματα που έχουν επικαλυφθεί με χιτοζάνη συμβολίζονται ως Χ, με ΗΡΜC, ως Η, με CMC, ως C, με πηκτίνη, ως Π και με αλγινικό νάτριο, ως Α. Αντίστοιχα, τα επικαλυμμένα δείγματα με μεμβράνες που έχουν ως πρόσθετο το αιθέριο έλαιο ρίγανης συμβολίζονται με το αρχικό γράμμα της μεμβράνης και το γράμμα Ρ ως το αρχικό γράμμα της ρίγανης. Τα τυφλά δείγματα συμβολίζονται με κεφαλαίο Τ.

Πίνακας 5.3: Συμβολισμός τυφλού και επικαλυμμένων δειγμάτων τσιπς πατάτας

Εδώδιμη μεμβράνη	Συμβολισμός
Τυφλό	Τ
Χιτοζάνη	Χ
ΗΡΜC	Η
CMC	C
Πηκτίνη	Π
Αλγινικό νάτριο	Α
Χιτοζάνη – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	Χ-Ρ
ΗΡΜC – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	Η-Ρ
CMC – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	C-Ρ
Πηκτίνη – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	Π-Ρ
Αλγινικό νάτριο – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	Α-Ρ

Στη δεύτερη ομάδα πειραμάτων (B) υπάρχουν επτά σειρές δειγμάτων. Οι πρώτες δύο σειρές περιλαμβάνουν τα τυφλά δείγματα, τα οποία έχουν εμβαπτιστεί μόνο σε κιτρικό οξύ. Η μία σειρά από τις δύο σειρές τυφλών δειγμάτων αφορά τα τσιπς plantain, με πάχος 2 mm, ενώ η δεύτερη τα τσιπς με πάχος 1 mm. Οι σειρές αυτές συμβολίζονται με το αρχικό γράμμα T, για την ένδειξη του τυφλού δείγματος, και με το πάχος του μέσα σε παρένθεση, δηλαδή T, (2mm) και T, (1mm), αντίστοιχα. Οι υπόλοιπες πέντε σειρές αντιστοιχούν στις πέντε μεμβράνες που χρησιμοποιήθηκαν για την επικάλυψη των plantain τσιπς, τα οποία έχουν πάχος 1 mm, και συμβολίζονται με τα αρχικά γράμματα των μεμβρανών, δηλαδή ως X, H, C, Π και A για τα επικαλυμμένα δείγματα με χιτοζάνη, HPMC, CMC, πηκτίνη και αλγινικό νάτριο, αντίστοιχα.

Πίνακας 5.4: Συμβολισμός τυφλών και επικαλυμμένων δειγμάτων plantain τσιπς

Εδώδιμη μεμβράνη	Συμβολισμός
Τυφλό (1 mm)	T (1 mm)
Τυφλό (2 mm)	T (2 mm)
Χιτοζάνη	X
HPMC	H
CMC	C
Πηκτίνη	Π
Αλγινικό νάτριο	A

Επιπρόσθετα, είναι χρήσιμο να αναφερθεί ότι η παρουσίαση των διαγραμμάτων των διαφόρων παραμέτρων που εξετάστηκαν και στις δύο ομάδες δειγμάτων γίνεται με διαφορετικό τρόπο ανάλογα με την παράμετρο.

Πιο αναλυτικά, στην πρώτη ομάδα δειγμάτων (A), οι αντικειμενικές παράμετροι του χρώματος και της σκληρότητας παρουσιάζονται σε διαγράμματα μεταβολής του χαρακτηριστικού με το χρόνο. Σε ξεχωριστά διαγράμματα παρουσιάζονται τα επικαλυμμένα δείγματα με τις τυφλές μεμβράνες και τα επικαλυμμένα με τις μεμβράνες που περιέχουν αιθέριο έλαιο ρίγανης. Έτσι, για τις τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες υπάρχουν συνολικά έξι διαγράμματα για κάθε αντικειμενική παράμετρο, ενώ αξίζει να σημειωθεί ότι σε κάθε διάγραμμα αναγράφεται η θερμοκρασία αποθήκευσης των δειγμάτων αλλά και ο συμβολισμός των μεμβρανών με την κωδικοποίηση που έχει

αναφερθεί παραπάνω. Ακόμη, υπάρχουν δύο διαγράμματα στηλών όπου δίνονται οι τιμές της περιεκτικότητας των δειγμάτων σε έλαιο, αναλόγως της μεμβράνης που χρησιμοποιήθηκε, με το ένα διάγραμμα να περιλαμβάνει τις τυφλές μεμβράνες και το άλλο τις μεμβράνες με αιθέριο έλαιο. Τέλος, όσον αφορά τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τσιπς πατάτας, επιλέγονται αυτά που θεωρούνται πιο κρίσιμα για την αποδοχή ενός τηγανητού προϊόντος και παρουσιάζονται σε διαγράμματα ιστού αράχνης. Στα τρία βασικότερα χαρακτηριστικά εφαρμόζεται το μαθηματικό μοντέλο του Arrhenius, για τη συσχέτιση των ρυθμών υποβάθμισής τους με τη θερμοκρασία αποθήκευσης και την εκτίμηση έτσι του χρόνου ζωής των τσιπς. Τέλος, παρατίθενται δύο διαγράμματα του αριθμού υπεροξειδίων δειγμάτων ελαίου τηγανίσματος συναρτήσει του χρόνου τηγανίσματος των τσιπς πατάτας καθώς και οι μεταβολές των σταθερών K_{232} και K_{270} σε πίνακες.

Την ίδια λογική ακολουθούν και τα διαγράμματα των τσιπς plantain. Στα αντικειμενικά χαρακτηριστικά προστίθεται και αυτό της ενεργότητας νερού, για το οποίο εφαρμόζεται και το μοντέλο του Arrhenius, όπως επίσης και για τα κυριότερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Επιπλέον, πρέπει να σημειωθεί ότι η παρουσίαση των διαγραμμάτων ξεκινά με τα τυφλά δείγματα (με κιτρικό οξύ), τα οποία διαφέρουν ως προς το πάχος και στη συνέχεια παρατίθενται τα διαγράμματα με τα επικαλυμμένα δείγματα.

Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων πραγματοποιείται με το πρόγραμμα Statistica 7 και οι πίνακες που προκύπτουν παρατίθενται στο Παράρτημα της εργασίας.

Δ. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Κεφάλαιο 6

Στις ομάδες Α και Β των τηγανισμένων, επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες σνακ πατάτας και μπανάνας plantain, που είχαν συσκευαστεί υπό τροποποιημένη ατμόσφαιρα, έγινε παρακολούθηση ορισμένων βασικών αντικειμενικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών για την εκτίμηση του χρόνου ζωής των προϊόντων αυτών.

Στο Κεφάλαιο αυτό, παρουσιάζονται αρχικά, τα διαγράμματα μεταβολής των αντικειμενικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των τσιπς πατάτας με την πάροδο του χρόνου στις τρεις θερμοκρασίες αποθήκευσης. Πιο συγκεκριμένα, η παρουσίαση ξεκινά με τα διαγράμματα του αντικειμενικού χρώματος, της αντικειμενικής υφής και του ποσοστού απορρόφησης ελαίου από τα τσιπς πατάτας, ενώ ακολουθούν τα διαγράμματα μεταβολής του αριθμού υπεροξειδίων και οι πίνακες των σταθερών K_{232} και K_{270} του μέσου τηγανίσματος, συναρτήσει του χρόνου τηγανίσματος. Στη συνέχεια, παρατίθενται τα διαγράμματα μεταβολής των κρίσιμων οργανοληπτικών παραμέτρων, δηλαδή της συνολικής αρέσκειας, της τραγανής υφής και της γεύσης συναρτήσει του χρόνου αποθήκευσης, στις τρεις θερμοκρασίες, και μέσω της εφαρμογής του μοντέλου του Arrhenius στους ρυθμούς υποβάθμισης αυτών των χαρακτηριστικών, πραγματοποιείται εκτίμηση του χρόνου ζωής των τσιπς. Η τραγανή υφή έχει προκύψει ως ο μέσος όρος της υφής στο στόμα και στο χέρι.

Με τη χρήση του μοντέλου του Arrhenius, αποτυπώνονται μαθηματικά οι μεταβολές των ρυθμών υποβάθμισης κάθε παραμέτρου ως συνάρτηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης, ενώ μέσω της γραμμικοποίησής του με λογαρίθμηση βρίσκονται τα μεγέθη της ενέργειας ενεργοποίησης και της εμπειρικής σταθεράς k_{ref} , για κάθε σειρά δειγμάτων.

$$k = k_{ref} \cdot \exp\left(-\frac{Ea}{RT}\right) \Rightarrow \ln k = \ln k_{ref} + \left(\frac{Ea}{RT}\right) \cdot \left(\frac{1}{T}\right)$$

Όπου:

k: ο ειδικός ρυθμός αύξησης/υποβάθμισης της παραμέτρου σε θερμοκρασία T

Ea: η ενέργεια ενεργοποίησης (kJ / mol)

k_{ref} : εμπειρική σταθερά στη θερμοκρασία αναφοράς ($T_{ref} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$)

R: παγκόσμια σταθερά των αερίων ($R=8,3144 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$)

T: θερμοκρασία (K)

Όσον αφορά την ομάδα πειραμάτων B, ακολουθείται ο ίδιος τρόπος παρουσίασης που αναφέρθηκε παραπάνω, δηλαδή παρουσιάζονται αρχικά τα διαγράμματα μεταβολής των αντικειμενικών χαρακτηριστικών και έπειτα των οργανοληπτικών. Στα αντικειμενικά χαρακτηριστικά προστίθεται και η εξέταση της μεταβολής της ενεργότητας νερού των plantain τσιπς συναρτήσεως του χρόνου αποθήκευσης στις τρεις θερμοκρασίες. Επίσης, βρίσκοντας τους ρυθμούς αύξησης της παραμέτρου αυτής στις τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες και με την εφαρμογή του μαθηματικού μοντέλου του Arrhenius εκτιμάται ο χρόνος ζωής των τσιπς.

Ο σχολιασμός των μεταβολών, που υφίστανται τα χαρακτηριστικά των τσιπς πατάτας και μπανάνας plantain, βασίζεται τόσο στην εικόνα των διαγραμμάτων όσο και στα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη στατιστική επεξεργασία. Έτσι, σχηματίζεται μία ολοκληρωμένη άποψη για το ρόλο των εδωδιμων επικαλυπτικών μεμβρανών στη διατήρηση των συσκευασμένων, υπό τροποποιημένη ατμόσφαιρα, τσιπς με την πάροδο του χρόνου, ενώ πραγματοποιείται σύγκριση μεταξύ των διαφορετικών ειδών επικαλυπτικού υλικού για την εύρεση του καλύτερου. Τέλος, προσδιορίζεται ο χρόνος ζωής όλων των δειγμάτων τσιπς πατάτας και plantain τσιπς, στις τρεις θερμοκρασίες, με βάση το χαρακτηριστικό της συνολικής αρέσκειας. Ως όριο συνολικής αρέσκειας επιλέγεται το 5 και ο υπολογισμός γίνεται με χρήση της παρακάτω εξίσωσης:

$$t_{SL} = \frac{S_0 - S_1}{K_{sens} \cdot \exp\left[-\frac{E_a}{R} \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}}\right)\right]}$$

όπου: t_{SL} : η διάρκεια ζωής (σε ημέρες),

S_1, S_0 : το ανώτατο ($S_0 = 10$) και κατώτατο όριο αποδοχής ($S_1 = 5$)

k_{sens} : η σταθερά ρυθμού μεταβολής της συνολικής αρέσκειας σε θερμοκρασία T (K)

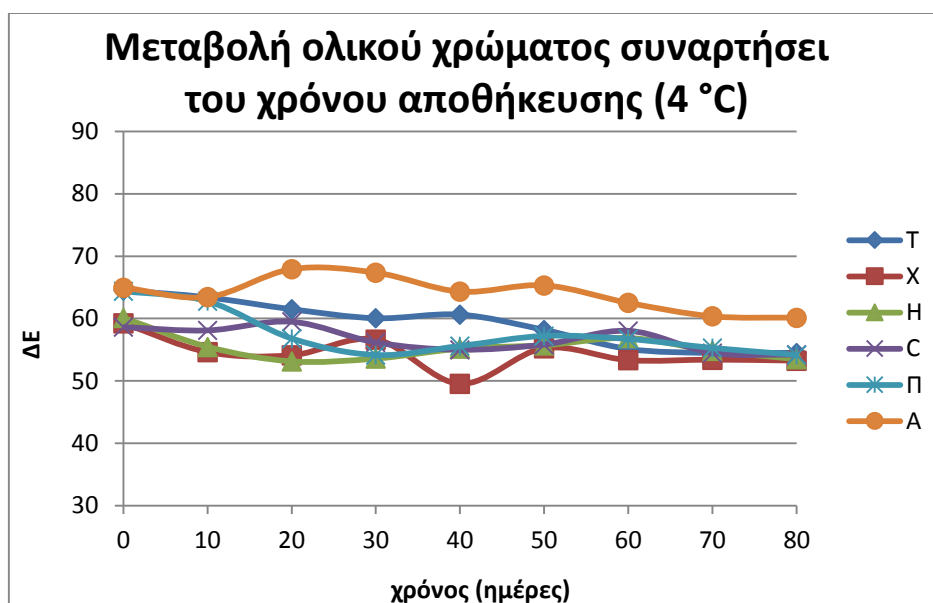
E_a : η ενέργεια ενεργοποίησης

R: η παγκόσμια σταθερά των αερίων ($R=8,3144 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$)

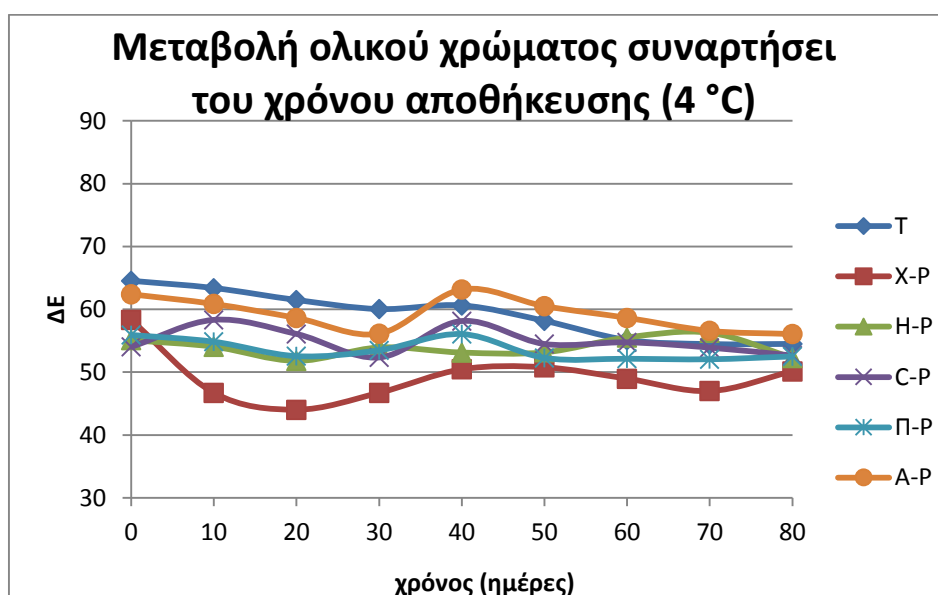
6.1 Ομάδα Α: Τσιπς πατάτας

6.1.1 Αντικειμενικά Χαρακτηριστικά

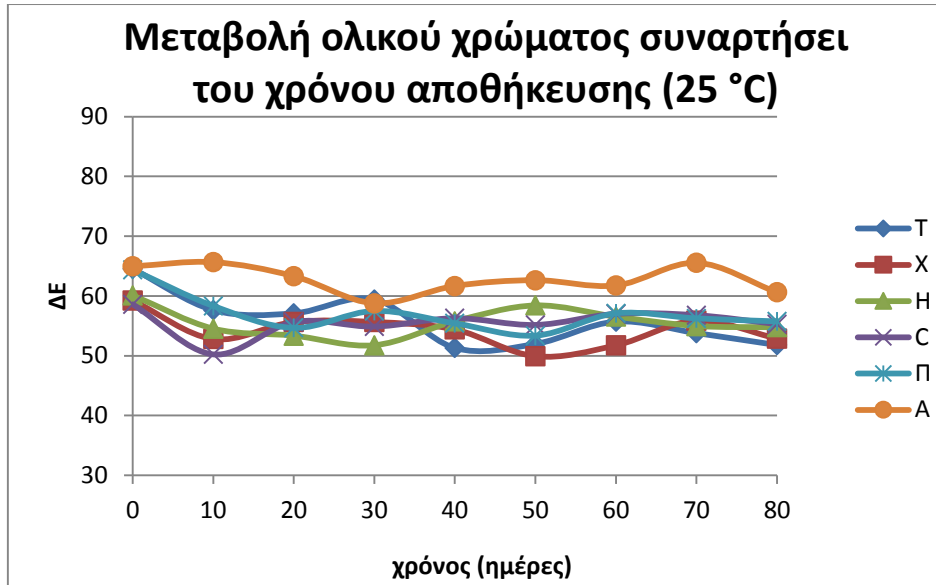
Αντικειμενικό Χρώμα



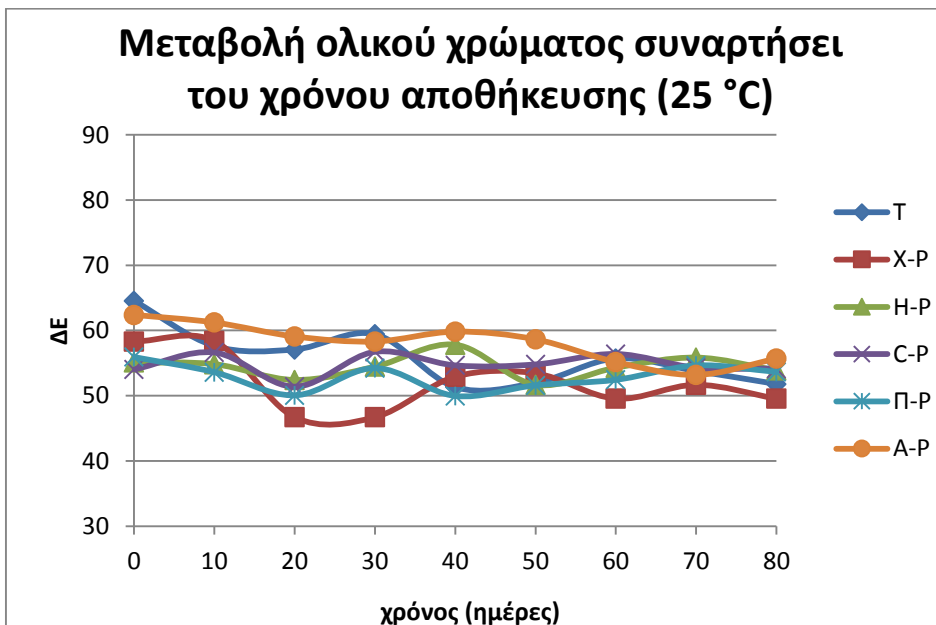
Διάγραμμα 6.1: Μεταβολή του ολικού χρώματος συναρτήσει του χρόνου του τυφλού δείγματος και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.



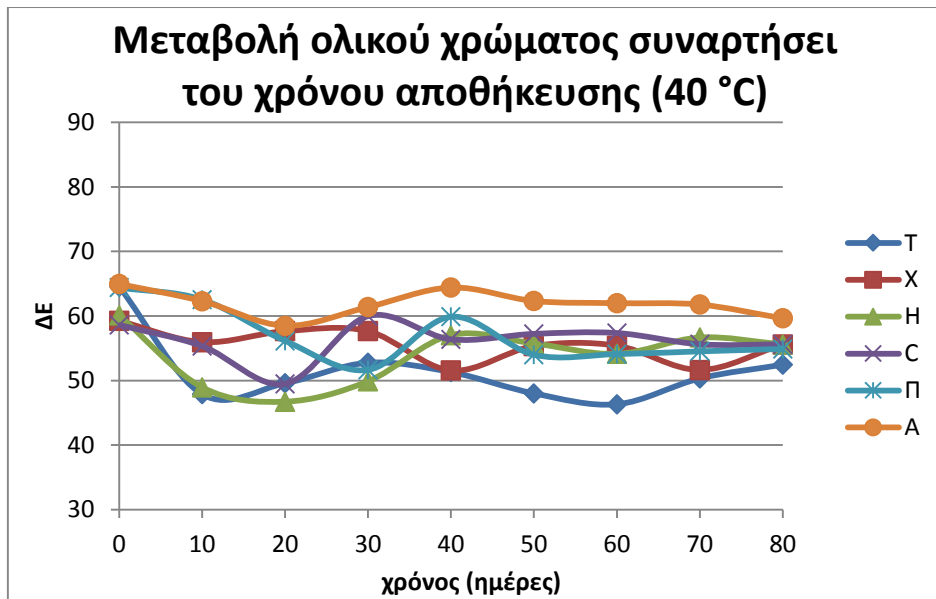
Διάγραμμα 6.2: Μεταβολή του ολικού χρώματος συναρτήσει του χρόνου του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες, που περιέχουν αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.



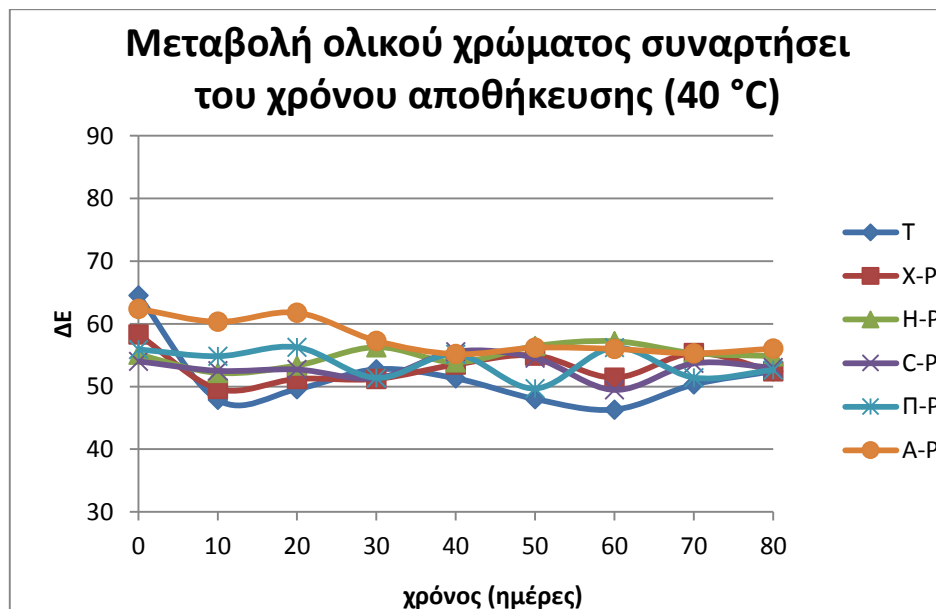
Διάγραμμα 6.3: Μεταβολή του ολικού χρώματος συναρτήσει του χρόνου του τυφλού δείγματος και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 25 °C.



Διάγραμμα 6.4: Μεταβολή του ολικού χρώματος συναρτήσει του χρόνου του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες, που περιέχουν αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 25 °C.



Διάγραμμα 6.5: Μεταβολή του ολικού χρώματος συναρτήσει του χρόνου του τυφλού δείγματος και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 40 °C.

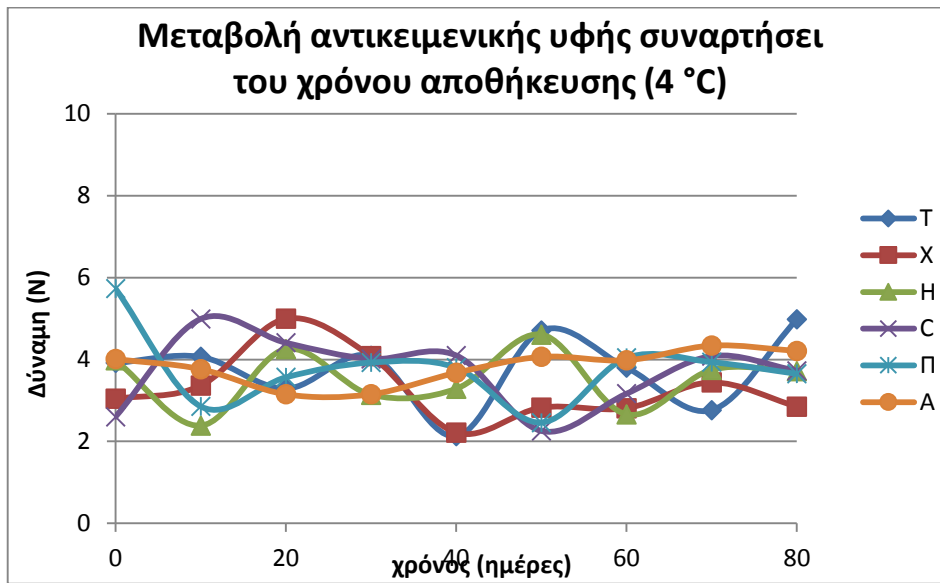


Διάγραμμα 6.6: Μεταβολή του ολικού χρώματος συναρτήσει του χρόνου του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες, που περιέχουν αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 40 °C.

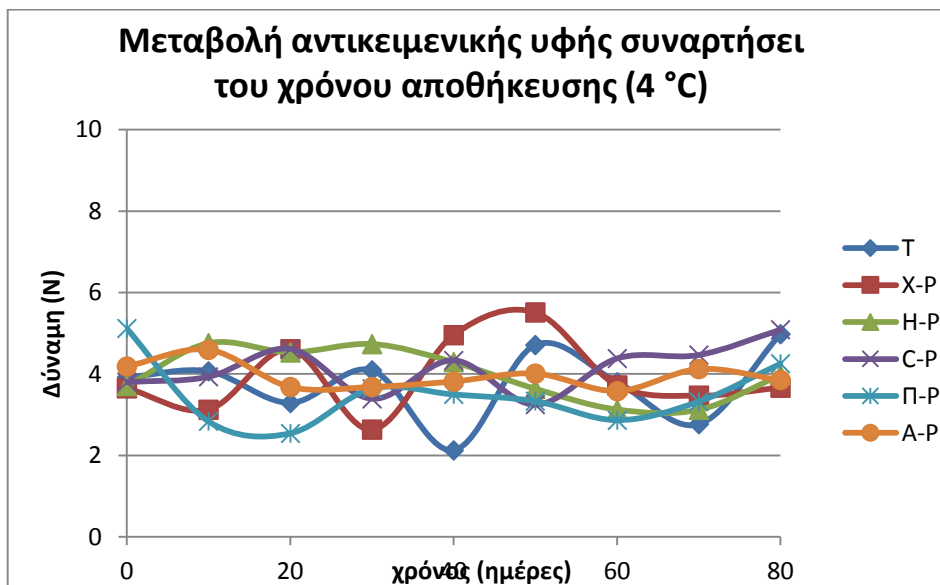
Από τα παραπάνω διαγράμματα φαίνεται, αρχικά, ότι οι τιμές του ολικού χρώματος του τυφλού δείγματος αλλά και των επικαλυμμένων με τις απλές, ή μη μεμβράνες χαρακτηρίζονται από διακυμάνσεις κατά την πάροδο του χρόνου αποθήκευσης. Όσον αφορά τη σύγκριση μεταξύ των επικαλυμμένων με τις απλές μεμβράνες δειγμάτων, σε κάθε θερμοκρασία, διαπιστώνεται ότι τα επικαλυμμένα με αλγινικό νάτριο τσιπς πατάτας είναι αυτά που εμφανίζουν πιο ανοιχτόχρωμο χρώμα συγκριτικά με το τυφλό και με όλα τα υπόλοιπα επικαλυμμένα δείγματα. Από τις υπόλοιπες μεμβράνες, τα επικαλυμμένα με χιτοζάνη τσιπς φαίνεται γενικότερα να εμφανίζουν τις πιο μικρές τιμές ολικού χρώματος, δηλαδή να είναι τα πιο σκουρόχρωμα. Παράλληλα, από τα διαγράμματα των επικαλυμμένων με τις εδώδιμες μεμβράνες και το αιθέριο έλαιο ρίγανης δείγματα, διαπιστώνεται επίσης ότι τα επικαλυμμένα με αλγινικό νάτριο και αιθέριο έλαιο ρίγανης δείγματα διατηρούν τον πιο υψηλό μέσο όρο ολικού χρώματος σε όλες τις θερμοκρασίες, ενώ η χιτοζάνη φαίνεται να είναι πάλι η μεμβράνη με τα πιο σκουρόχρωμα δείγματα. Τέλος, ανάμεσα στα δείγματα των διαφορετικών θερμοκρασιών φαίνεται ότι ελάχιστα μικρότερες τιμές ολικού χρώματος παρουσιάζουν τα τσιπς των 40 °C.

Στατιστικά, διαπιστώνεται ότι το είδος του επικαλυπτικού, η προσθήκη του αιθερίου ελαίου ρίγανης αλλά και ο χρόνος αποθήκευσης επιδρούν σημαντικά ($P < 0,05$) στην παράμετρο του αντικειμενικού χρώματος. Αντίθετα, η θερμοκρασία αποθήκευσης φαίνεται να μην συμβάλλει σημαντικά στη μεταβολή του. Με την εφαρμογή του τεστ Duncan στους παράγοντες που επιδρούν σημαντικά στο ολικό χρώμα, διαπιστώνεται ότι τα επικαλυμμένα με χιτοζάνη και αλγινικό νάτριο δείγματα διαφέρουν σημαντικά από όλα τα υπόλοιπα συμπεριλαμβανομένου και του τυφλού, με τα μεν πρώτα να αποτελούν τα πιο ανοιχτόχρωμα και τα δε δεύτερα τα πιο σκούρα. Το αιθέριο έλαιο, από την άλλη, φαίνεται να επέδρασε αρνητικά στο χρώμα όλων των δειγμάτων, καθώς τα αντίστοιχα δείγματα αποδείχθηκαν πιο σκούρα από τα επικαλυμμένα με τις απλές μεμβράνες. Επιπλέον, το ολικό χρώμα όλων των δειγμάτων κρίνεται ότι μετά τη δεύτερη δειγματοληψία παραμένει σχετικά σταθερό κατά την αποθήκευση.

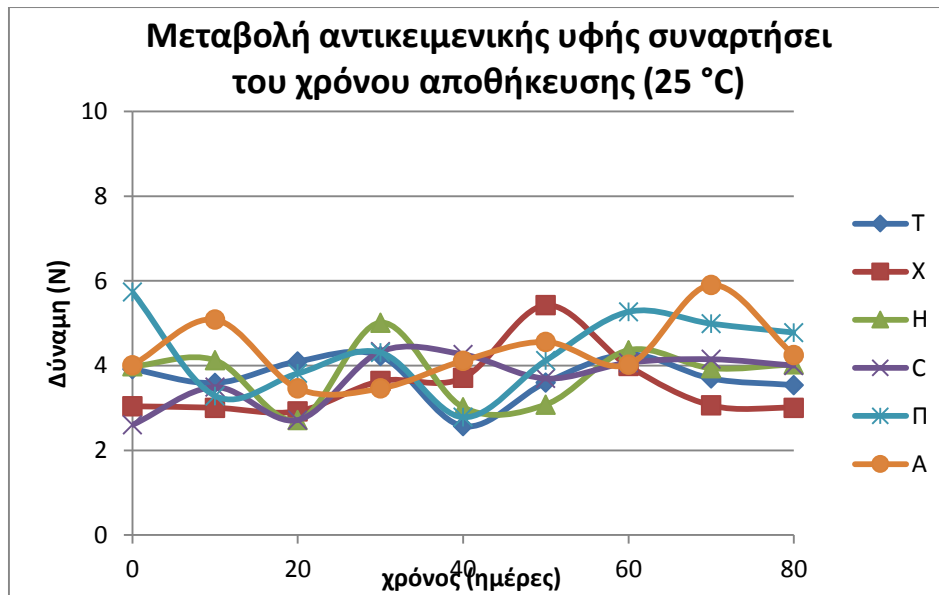
Αντικειμενική Υφή



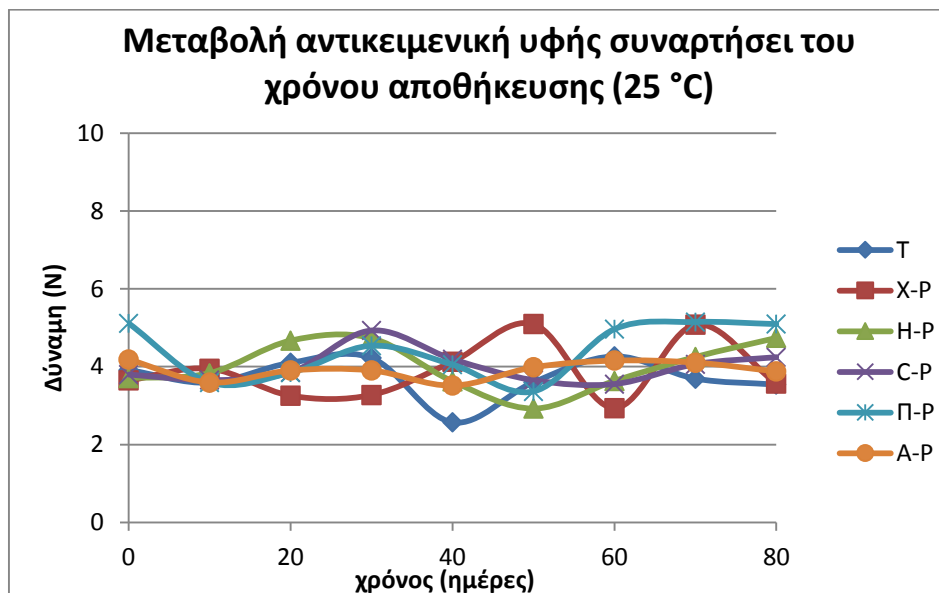
Διάγραμμα 6.7: Μεταβολή της αντικειμενικής υφής συναρτήσει του χρόνου του τυφλού δείγματος και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.



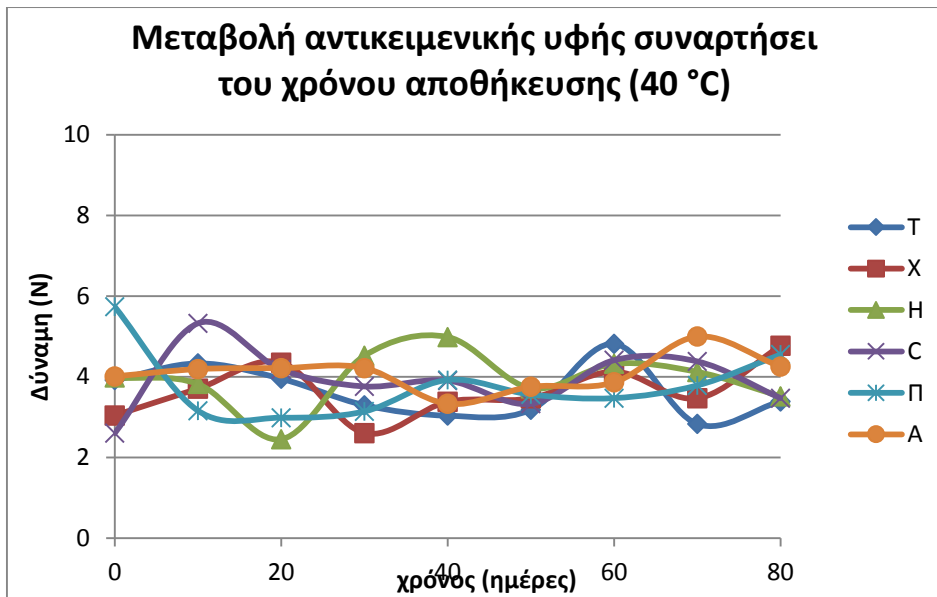
Διάγραμμα 6.8: Μεταβολή της αντικειμενικής υφής συναρτήσει του χρόνου του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες, που περιέχουν αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.



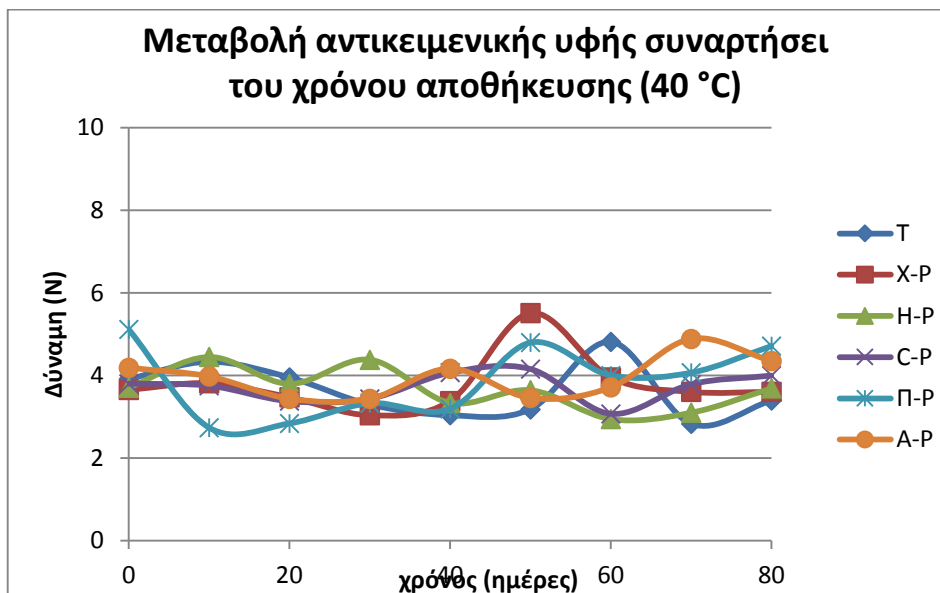
Διάγραμμα 6.9: Μεταβολή της αντικειμενικής υφής συναρτήσει του χρόνου του τυφλού δείγματος και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 25 °C.



Διάγραμμα 6.10: Μεταβολή της αντικειμενικής υφής συναρτήσει του χρόνου του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες, που περιέχουν αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 25 °C.



Διάγραμμα 6.11: Μεταβολή της αντικειμενικής υφής συναρτήσει του χρόνου του τυφλού δείγματος και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 40 °C.

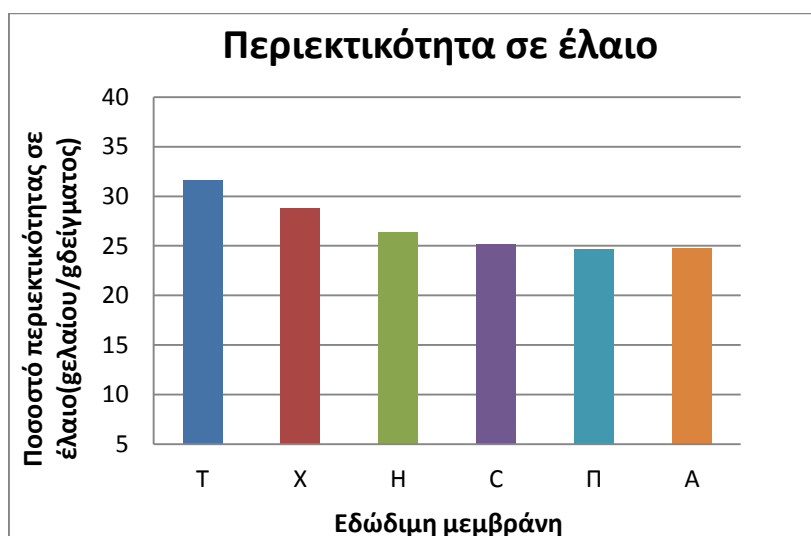


Διάγραμμα 6.12: Μεταβολή της αντικειμενικής υφής συναρτήσει του χρόνου του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες, που περιέχουν αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 40 °C.

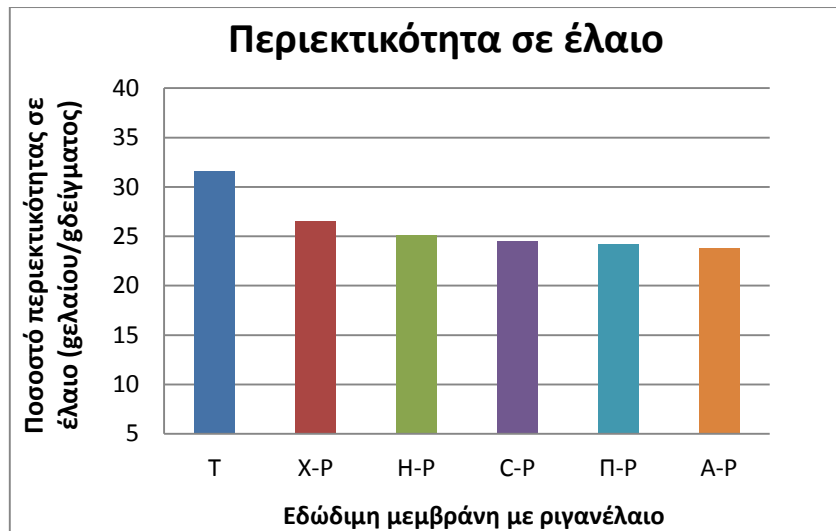
Όσον αφορά την αντικειμενική υφή, οι τιμές σε όλα τα διαγράμματα παρουσιάζουν διακυμάνσεις κατά την πάροδο του χρόνου με ένα σταθερό όμως μέσο όρο να παρατηρείται σε όλα τα δείγματα. Από τα διαγράμματα δεν μπορεί να εντοπιστεί κάποια σημαντική διαφορά μεταξύ των επικαλυμμένων δειγμάτων, ούτε αυτών που περιέχουν αιθέριο έλαιο ρίγανης. Επίσης σημαντικές μεταβολές με βάση τη θερμοκρασία αποθήκευσης δεν μπορούν να ανιχνευθούν.

Με τη στατιστική επεξεργασία των παραπάνω τιμών διαπιστώνεται ότι κανένας παράγοντας δεν επιδρά σημαντικά στην παράμετρο της αντικειμενικής υφής.

Ποσοστό περιεκτικότητας σε έλαιο



Διάγραμμα 6.13: Ποσοστό περιεκτικότητας σε έλαιο του τυφλού δείγματος και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες δειγμάτων τσιπς πατάτας.



Διάγραμμα 6.14: Ποσοστό περιεκτικότητας σε έλαιο του τυφλού δείγματος και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες, που περιέχουν αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων τσιπς πατάτας.

Παρατηρώντας τα παραπάνω διαγράμματα εξάγεται το συμπέρασμα ότι τόσο οι απλές μεμβράνες όσο και αυτές που περιέχουν το αιθέριο έλαιο ρίγανης, λειτούργησαν προστατευτικά στον περιορισμό της απορρόφησης ελαίου κατά το τηγάνισμα συγκριτικά με το τυφλό δείγμα. Τα καλύτερα αποτελέσματα, τόσο στα επικαλυμμένα με τις απλές μεμβράνες δείγματα όσο και σε αυτά με τις μεμβράνες και το αιθέριο έλαιο ρίγανης, αντιστοιχούν στα επικαλυμμένα με αλγινικό νάτριο και πηκτίνη δείγματα (Πίνακας 6.1).

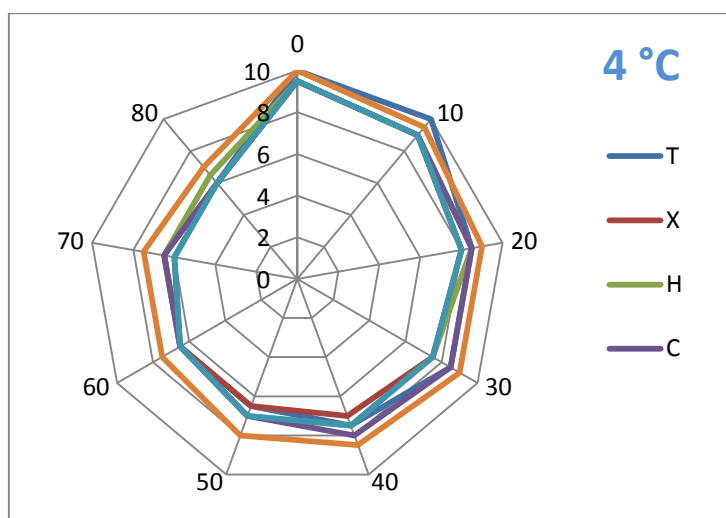
Πίνακας 6.1: Ποσοστά περιεκτικότητας σε έλαιο των τσιπς πατάτας

Εδώδιμη Μεμβράνη	Περιεκτικότητα σε έλαιο (%)
Τυφλό	31,563
Χιτοζάνη	28,842
HPMC	26,420
CMC	25,150
Πηκτίνη	24,641
Αλγινικό Νάτριο	24,800
Χιτοζάνη – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	26,563
HPMC – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	25,123
CMC – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	24,523
Πηκτίνη – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	24,230
Αλγινικό Νάτριο – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	23,780

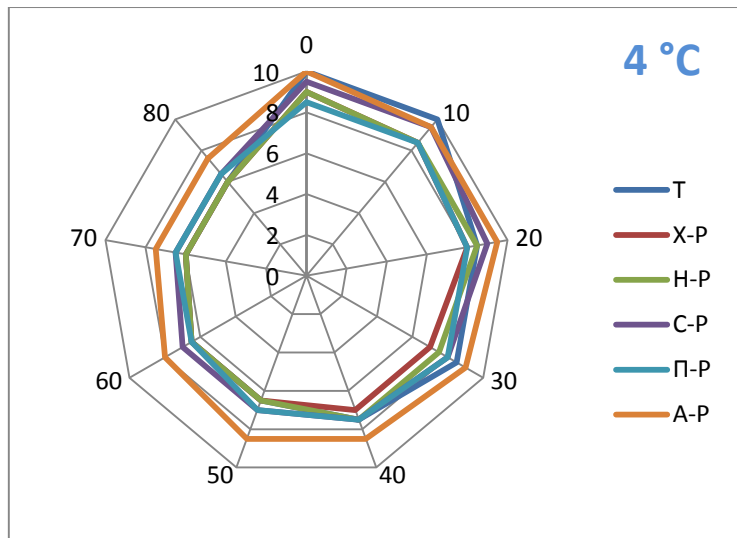
Παράλληλα, από τη στατιστική επεξεργασία, αποδεικνύεται ότι το είδος του επικαλυπτικού αλλά και η προσθήκη αιθερίου ελαίου ρίγανης σε αυτό συμβάλλουν σημαντικά ($P < 0,05$) στην παράμετρο της λιποπεριεκτικότητας. Από το τεστ Duncan, για το είδος του επικαλυπτικού διαπιστώνεται ότι το τυφλό δείγμα και τα επικαλυμμένα με χιτοζάνη δείγματα σημειώνουν το μεγαλύτερο ποσοστό περιεκτικότητας ελαίου ενώ τα επικαλυμμένα με πηκτίνη και αλγινικό νάτριο το μικρότερο. Επίσης ανάμεσα στα επικαλυμμένα δείγματα με τις τυφλές μεμβράνες και σε αυτά με το πρόσθετο αιθέριο έλαιο φαίνεται ότι τα πρώτα περιέχουν μεγαλύτερο ποσοστό ελαίου με μέσο όρο 26,87% έναντι 24,84% των δευτέρων.

6.1.2 Οργανοληπτικά Χαρακτηριστικά

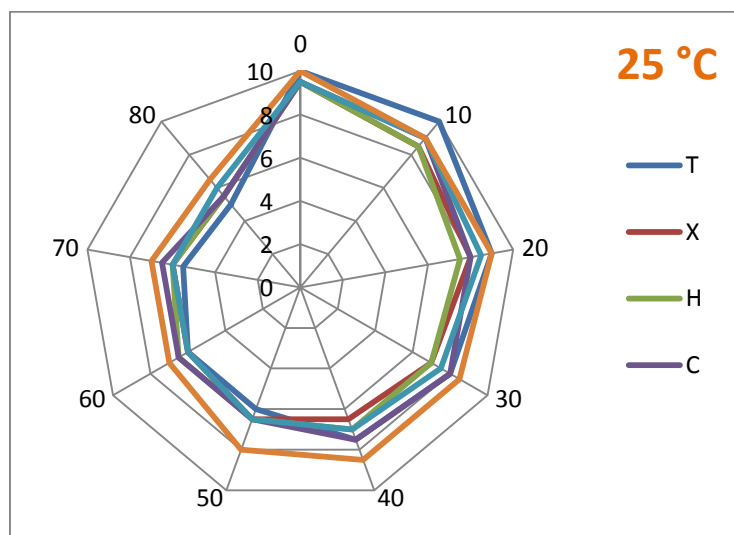
Συνολική Αρέσκεια



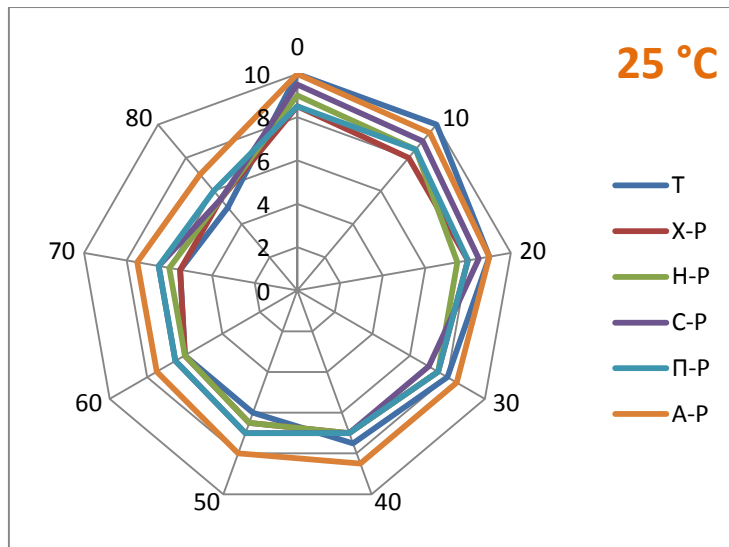
Διάγραμμα 6.15: Μεταβολή της συνολικής αρέσκειας συναρτήσει του χρόνου του τυφλού δείγματος και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.



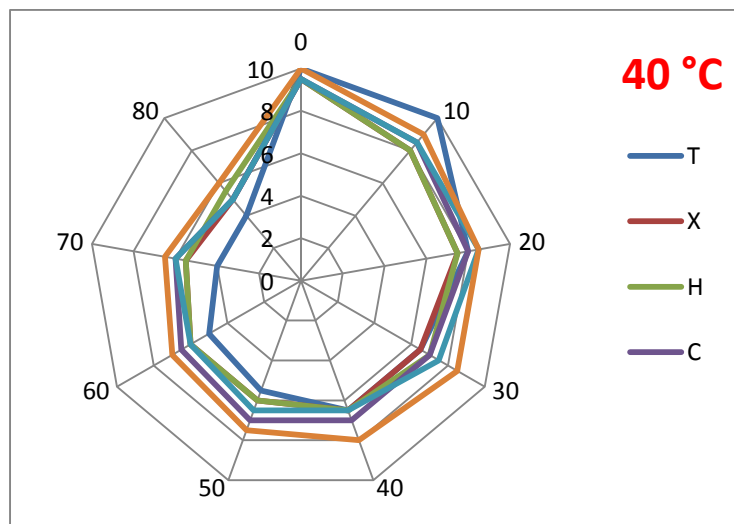
Διάγραμμα 6.16: Μεταβολή της συνολικής αρέσκειας συναρτήσει του χρόνου του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες, που περιέχουν αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.



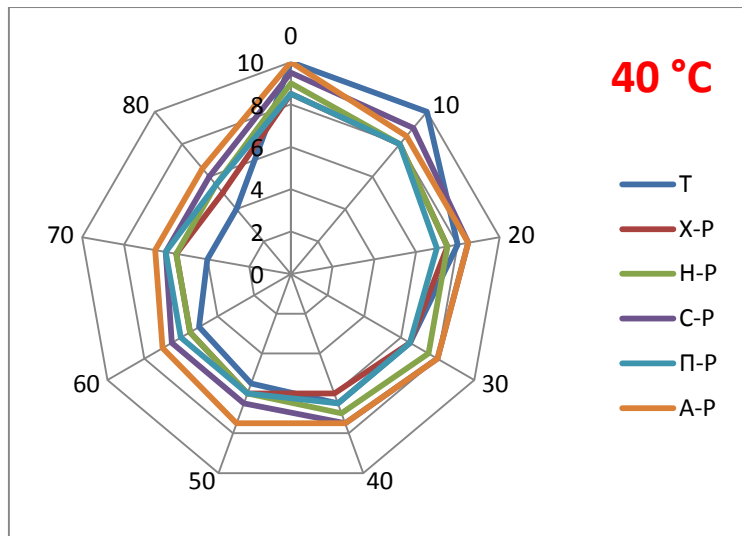
Διάγραμμα 6.17: Μεταβολή της συνολικής αρέσκειας συναρτήσει του χρόνου του τυφλού δείγματος και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 25 °C.



Διάγραμμα 6.18: Μεταβολή της συνολικής αρέσκειας συναρτήσει του χρόνου του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες, που περιέχουν αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 25 °C.



Διάγραμμα 6.19: Μεταβολή της συνολικής αρέσκειας συναρτήσει του χρόνου του τυφλού δείγματος και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 40 °C.



Διάγραμμα 6.20: Μεταβολή της συνολικής αρέσκειας συναρτήσει του χρόνου του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες, που περιέχουν αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 40 °C.

Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρείται ότι με την πάροδο του χρόνου αποθήκευσης όλα τα δείγματα παρουσιάζουν μείωση στη συνολική αρέσκεια, γεγονός που ήταν αναμενόμενο, ενώ μεταξύ των μεμβρανών διαπιστώνεται ότι τα δείγματα που έχουν επικαλυφθεί με αλγινικό νάτριο υπερεισχύουν στην προτίμηση των δοκιμαστών έναντι των άλλων.

Στατιστικά, είναι φανερό ότι το είδος του επικαλυπτικού καθώς και η θερμοκρασία και ο χρόνος αποθήκευσης διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην παράμετρο της συνολικής αρέσκειας ($P < 0,05$), ενώ το αιθέριο έλαιο ρίγανης δεν φαίνεται να συνεπικουρεί σημαντικά σε αυτό το οργανοληπτικό χαρακτηριστικό. Πιο συγκεκριμένα, μέσω του Duncan τεστ, επιβεβαιώνεται ότι τα επικαλυμμένα με αλγινικό νάτριο δείγματα κατατάσσονται πρώτα στην προτίμηση των δοκιμαστών ως προς τη συνολική τους αρέσκεια, ενώ τα δείγματα της χιτοζάνης κρίνονται ως τα λιγότερο αποδεκτά. Έπειτα, τα δείγματα, όπως είναι αναμενόμενο, θεωρούνται πιο αρεστά κατά την αποθήκευση τους στους 4 °C, ενώ αναφορικά με το χρόνο αποθήκευσης, διαπιστώνεται ότι όλα τα δείγματα κρίνονται αποδεκτά ως προς τη συνολική τους αρέσκεια μέχρι τις 40 ημέρες, ενώ ακόμα και στις 80 ημέρες αποθήκευσης ο μέσος όρος τους δεν έχει μειωθεί κάτω από το 5.

Για τη συνολική αρέσκεια υπολογίζονται και οι ρυθμοί υποβάθμισής της, προσαρμόζοντας ευθείες γραμμές στα διαγράμματα μεταβολής της με το χρόνο

(Πίνακας 6.2). Τα διαγράμματα αυτά παρατίθενται στο Παράρτημα της εργασίας.

Πίνακας 6.2: Ρυθμοί υποβάθμισης της συνολικής αρέσκειας των τσιπς πατάτας στις τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες αποθήκευσης

Εδώδιμη επικαλυπτική μεμβράνη	k (days ⁻¹)		
	4 °C	25 °C	40 °C
Τυφλό	0,0567	0,0692	0,0817
Χιτοζάνη	0,0425	0,0467	0,0483
ΗΡΜC	0,0400	0,0433	0,0458
CΜC	0,0450	0,0467	0,0475
Πηκτίνη	0,0442	0,0483	0,0525
Αλγινικό Νάτριο	0,0367	0,0408	0,0452
Χιτοζάνη – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	0,0383	0,0408	0,0433
ΗΡΜC – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	0,0408	0,0425	0,0450
CΜC – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	0,0433	0,0458	0,0475
Πηκτίνη – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	0,0300	0,0325	0,0342
Αλγινικό Νάτριο – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	0,0325	0,0358	0,0392

Στη συνέχεια εφαρμόζεται το μαθηματικό μοντέλο του Arrhenius για τη μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης ως συνάρτηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης και προκύπτουν τα μεγέθη της ενέργειας ενεργοποίησης και της εμπειρικής σταθεράς k_{ref} για κάθε σειρά δειγμάτων.

Πίνακας 6.3: Τιμές παραμέτρων του μαθηματικού μοντέλου Arrhenius (E_a , k_{ref}) και του συντελεστή προσδιορισμού R^2 για κάθε σειρά δειγμάτων.

Εδώδιμη επικαλυπτική μεμβράνη	E_a (kJ/mol)	k_{ref} (days ⁻¹)	R^2
Τυφλό	7,24	0,0703	0,9941
Χιτοζάνη	2,61	0,0462	0,9812
HPMC	2,70	0,0434	0,9501
CMC	1,74	0,0472	0,9858
Πηκτίνη	3,39	0,0489	0,9399
Αλγινικό Νάτριο	4,11	0,0413	0,9857
Χιτοζάνη – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	2,42	0,0411	0,9876
HPMC – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	1,91	0,0430	0,9501
CMC – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	1,85	0,0458	0,9999
Πηκτίνη – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	2,62	0,0325	1,0000
Αλγινικό Νάτριο – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	3,70	0,0362	0,9877

Παρατηρείται ότι η σειρά των τυφλών δειγμάτων εμφανίζει τη μεγαλύτερη ενέργεια ενεργοποίησης, δηλαδή ο ρυθμός υποβάθμισης της συνολικής τους αρέσκειας εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από τη θερμοκρασία. Αντίθετα, τα δείγματα που επηρεάζονται λιγότερο από τη μεταβολή της θερμοκρασίας είναι τα επικαλυμμένα με CMC και αιθέριο έλαιο ρίγανης.

Με βάση τη συνολική αρέσκεια και τις παραμέτρους του Arrhenius, που υπολογίστηκαν, προσδιορίζεται ο χρόνος ζωής όλων των δειγμάτων τσιπς πατάτας στις τρεις θερμοκρασίες από τον τύπο:

$$t_{SL} = \frac{S_0 - S_1}{K_{sens} \cdot \exp\left[-\frac{E_a}{R} \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}}\right)\right]}$$

όπου: t_{SL} είναι η διάρκεια ζωής (σε ημέρες),

S_1 , S_0 είναι το ανώτατο ($S_0 = 10$) και κατώτατο όριο αποδοχής ($S_1 = 5$)

k_{sens} είναι η σταθερά ρυθμού μεταβολής της συνολικής αρέσκειας σε θερμοκρασία T (K)

E_a είναι η ενέργεια ενεργοποίησης

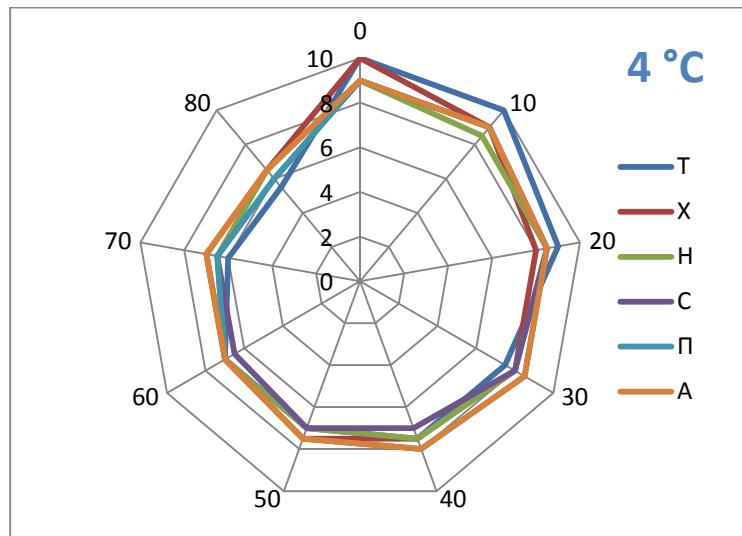
R η παγκόσμια σταθερά των αερίων.

Πίνακας 6.4: Χρόνοι διατηρησιμότητας του τυφλού και των επικαλυμμένων δειγμάτων τσιπς πατάτας με βάση τη συνολική τους αρέσκεια σε θερμοκρασίες 4 °C, 25 °C και 40 °C.

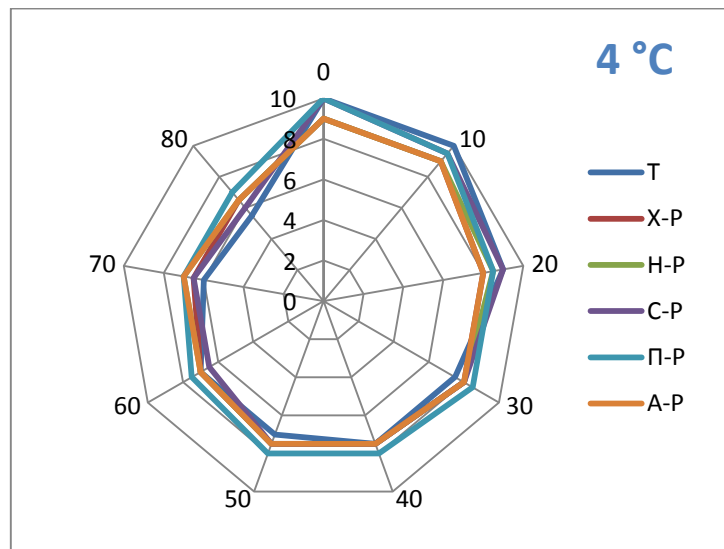
Είδος επικαλυπτικού	t _{st} (days)		
	4 °C	25 °C	40 °C
Τυφλό	88	72	61
Χιτοζάνη	117	107	103
HPMC	124	115	109
CMC	111	107	105
Πηκτίνη	113	103	95
Αλγινικό νάτριο	136	122	110
Χιτοζάνη – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	130	122	115
HPMC – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	122	117	111
CMC – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	115	109	105
Πηκτίνη – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	166	153	146
Αλγινικό νάτριο – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	153	147	122

Από τον παραπάνω πίνακα εξάγεται το συμπέρασμα ότι το τυφλό δείγμα είναι αυτό που διατηρείται για μικρότερο χρονικό διάστημα, γεγονός που δηλώνει ότι οι μεμβράνες λειτούργησαν προστατευτικά στη διατήρηση της ποιότητας των τσιπς πατάτας. Από τα είδη των μεμβρανών φαίνεται ότι το αλγινικό νάτριο καθυστερεί περισσότερο από όλες τις άλλες μεμβράνες την υποβάθμιση της συνολικής αρέσκειας του προϊόντος, ενώ ο ρόλος του αιθερίου ελαίου ρίγανης δεν είναι ξεκάθαρος. Αναφορικά με τη θερμοκρασία η ψύξη στους 4 °C αποδεικνύεται η καλύτερη για τη διατήρηση του προϊόντος.

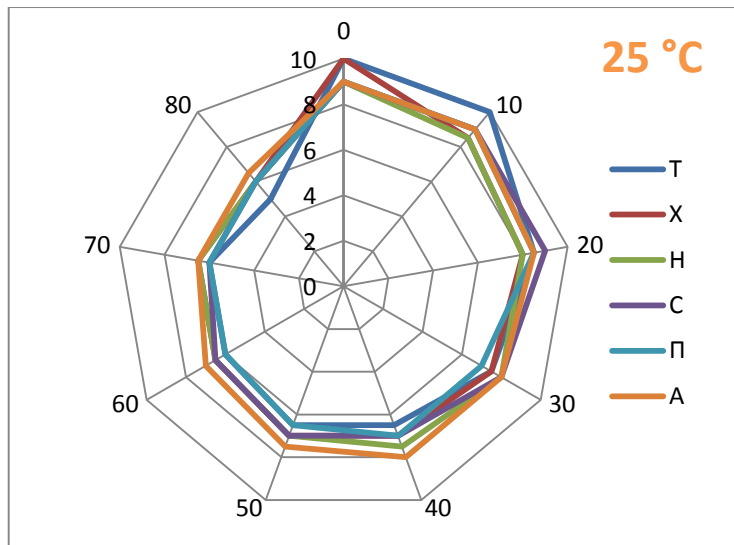
Τραγανή υφή



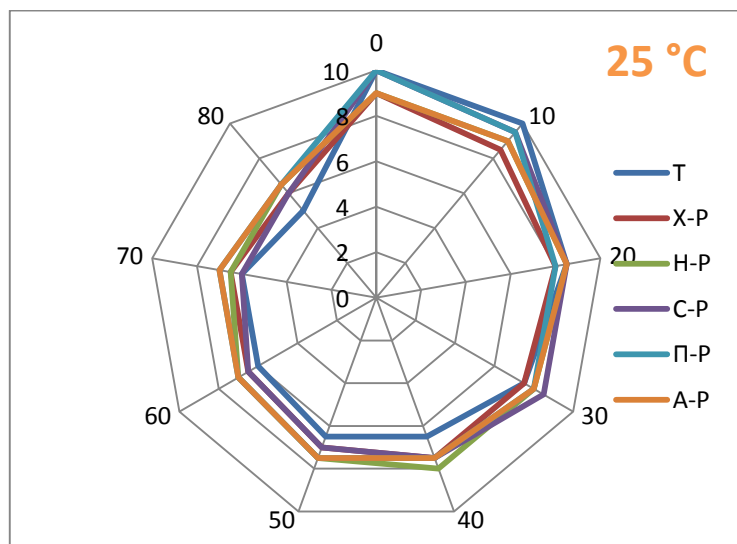
Διάγραμμα 6.21: Μεταβολή της τραγανότητας συναρτήσει του χρόνου του τυφλού δείγματος και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.



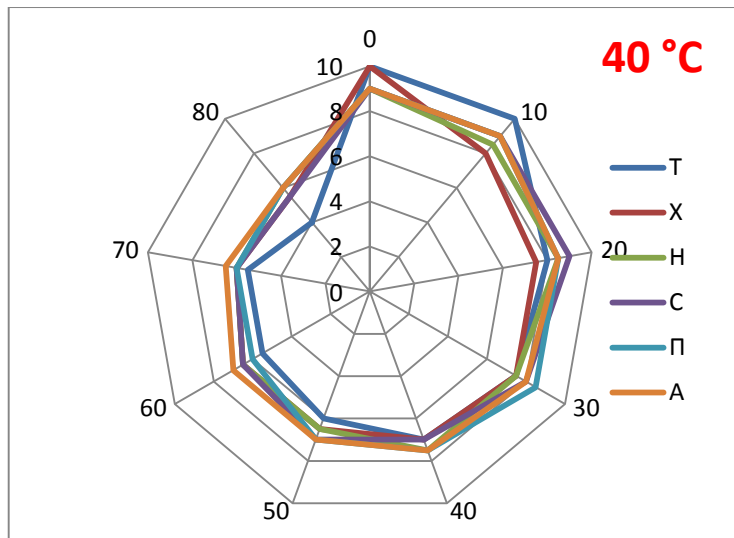
Διάγραμμα 6.22: Μεταβολή της τραγανότητας συναρτήσει του χρόνου του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες, που περιέχουν αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.



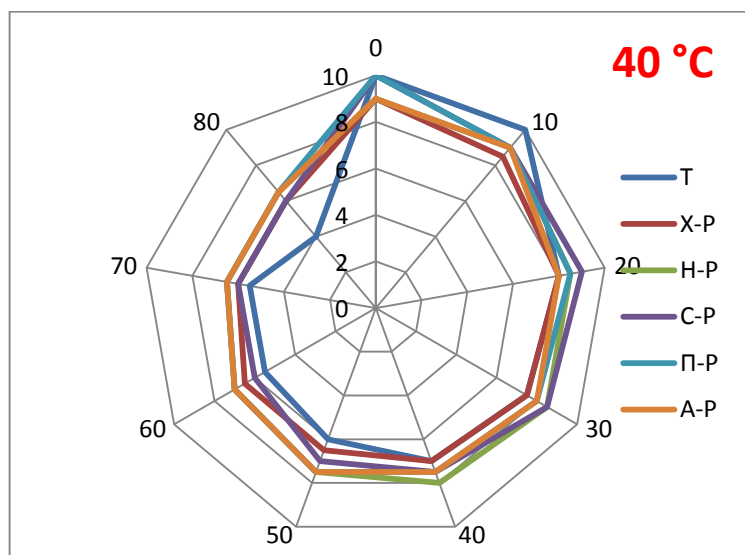
Διάγραμμα 6.23: Μεταβολή της τραγανότητας συναρτήσει του χρόνου του τυφλού δείγματος και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 25 °C.



Διάγραμμα 6.24: Μεταβολή της τραγανότητας συναρτήσει του χρόνου του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες, που περιέχουν αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 25 °C.



Διάγραμμα 6.25: Μεταβολή της τραγανότητας συναρτήσει του χρόνου του τυφλού δείγματος και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 40 °C.



Διάγραμμα 6.26: Μεταβολή της τραγανότητας συναρτήσει του χρόνου του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες, που περιέχουν αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 40 °C.

Από τη γενικότερη εικόνα των διαγραμμάτων παρατηρείται μείωση της τραγανότητας του προϊόντος με την πάροδο του χρόνου, ενώ δεν μπορεί να εντοπιστεί με βεβαιότητα η μεμβράνη που δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά στη διατήρηση αυτού του ποιοτικού χαρακτηριστικού.

Η στατιστική μελέτη για την παράμετρο της τραγανότητας έδειξε ότι όλοι οι παράγοντες επιδρούν σημαντικά σε αυτή ($P < 0,05$). Πιο αναλυτικά, για το είδος του επικαλυπτικού από το τεστ Duncan, είναι φανερό ότι η πηκτίνη είναι η μεμβράνη που αντιστοιχεί στα πιο τραγανά δείγματα, ενώ το τυφλό δείγμα κατατάσσεται ως το λιγότερο τραγανό. Το αιθέριο έλαιο, από την άλλη, φαίνεται να επιδρά θετικά στην τραγανή υφή των τσιπς, αφού τα αντίστοιχα δείγματα σημειώνουν υψηλότερο μέσο όρο. Ακόμη, τα αποθηκευμένα των 25 °C και των 40 °C δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους, με τα καλύτερα να παραμένουν αυτά των 4 °C. Τέλος, όλα τα δείγματα φαίνεται να διατηρούν την τραγανή υφή τους σε υψηλά επίπεδα μέχρι και τις 50 ημέρες αποθήκευσης.

Έπειτα, υπολογίζονται οι ρυθμοί υποβάθμισης της τραγανότητας προσαρμόζοντας ευθείες γραμμές στα διαγράμματα μεταβολής της με το χρόνο (Πίνακας 6.5). Τα διαγράμματα παρουσιάζονται στο Παράρτημα.

Πίνακας 6.5: Ρυθμοί υποβάθμισης της τραγανότητας των τσιπς πατάτας στις τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες αποθήκευσης

Εδώδιμη επικαλυπτική μεμβράνη	k (days ⁻¹)		
	4 °C	25 °C	40 °C
Τυφλό	0,0575	0,0633	0,0733
Χιτοζάνη	0,0375	0,0425	0,0450
HPMC	0,0333	0,0367	0,0408
CMC	0,0408	0,0450	0,0483
Πηκτίνη	0,0392	0,0442	0,0458
Αλγινικό Νάτριο	0,0333	0,0350	0,0392
Χιτοζάνη – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	0,0333	0,0358	0,0392
HPMC – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	0,0325	0,0350	0,0358
CMC – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	0,0508	0,0533	0,0542
Πηκτίνη – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	0,0367	0,040	0,0417
Αλγινικό Νάτριο – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	0,0308	0,0325	0,0333

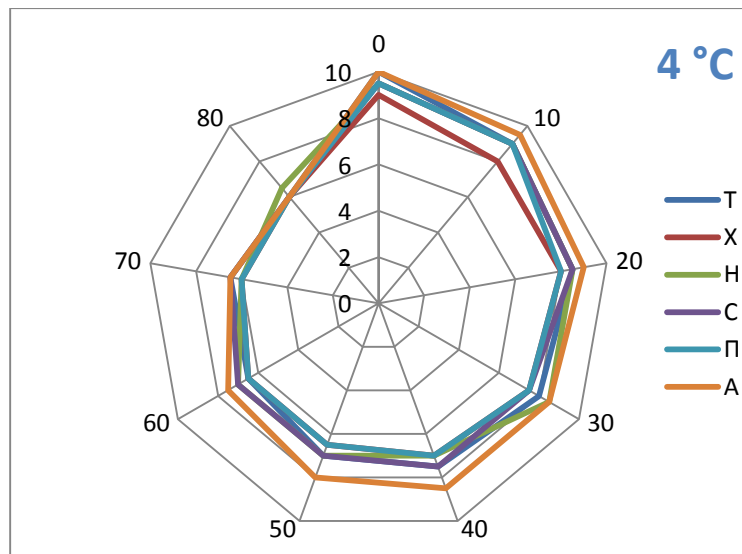
Στη συνέχεια εφαρμόζεται το μαθηματικό μοντέλο του Arrhenius για τη μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της τραγανής υφής ως συνάρτηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης και υπολογίζονται οι παράμετροί του. (Πίνακας 6.6)

Πίνακας 6.6: Τιμές παραμέτρων του μαθηματικού μοντέλου Arrhenius (E_a , k_{ref}) και του συντελεστή προσδιορισμού R^2 για κάθε σειρά δειγμάτων.

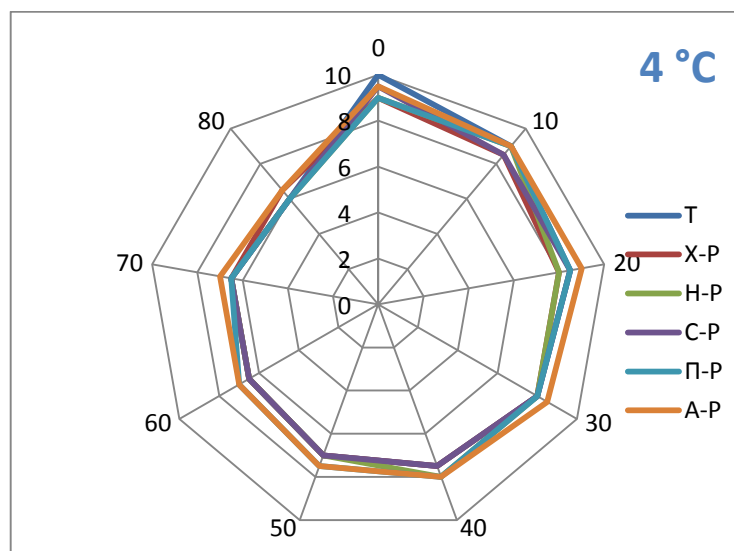
Εδώδιμη επικαλυπτική μεμβράνη	E_a (kJ/mol)	k_{ref} (days⁻¹)	R^2
Τυφλό	4,75	0,0655	0,9392
Χιτοζάνη	3,69	0,0421	0,9932
ΗΡΜC	3,99	0,0389	0,9764
CMC	3,36	0,0451	0,9987
Πηκτίνη	3,19	0,0434	0,9699
Αλγινικό Νάτριο	3,12	0,0361	0,8820
Χιτοζάνη – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	3,18	0,0364	0,9628
ΗΡΜC – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	1,98	0,0346	0,9717
CMC – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	1,32	0,0530	0,9798
Πηκτίνη – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	2,58	0,0397	0,9952
Αλγινικό Νάτριο – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	1,58	0,0323	0,9928

Από τη σύγκριση των παραπάνω τιμών διαπιστώνεται ότι η σειρά των τυφλών δειγμάτων εμφανίζει τη μεγαλύτερη ενέργεια ενεργοποίησης. Γενικότερα οι διαφορές που σημειώνονται στις τιμές της ενέργειας ενεργοποίησης μεταξύ των επικαλυμμένων δειγμάτων δεν είναι μεγάλες, ενώ η τραγανή υφή των επικαλυμμένων με CMC και αιθέριο έλαιο δειγμάτων εμφανίζει την ασθενέστερη εξάρτηση από τη θερμοκρασία.

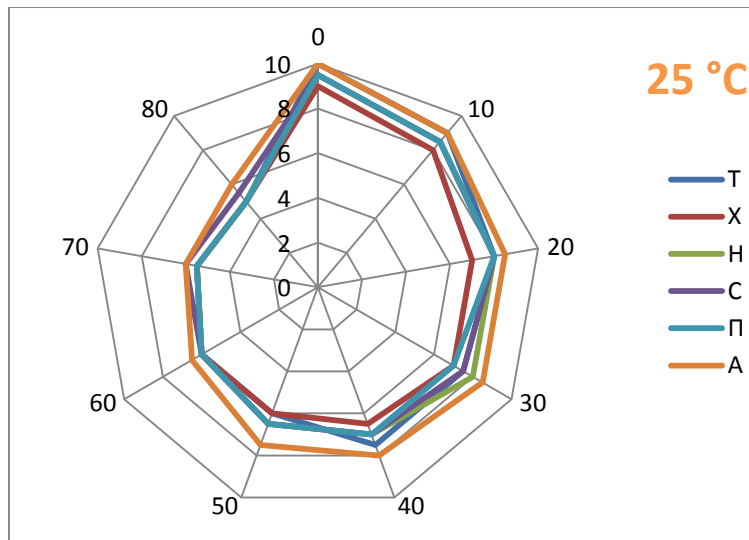
Γεύση



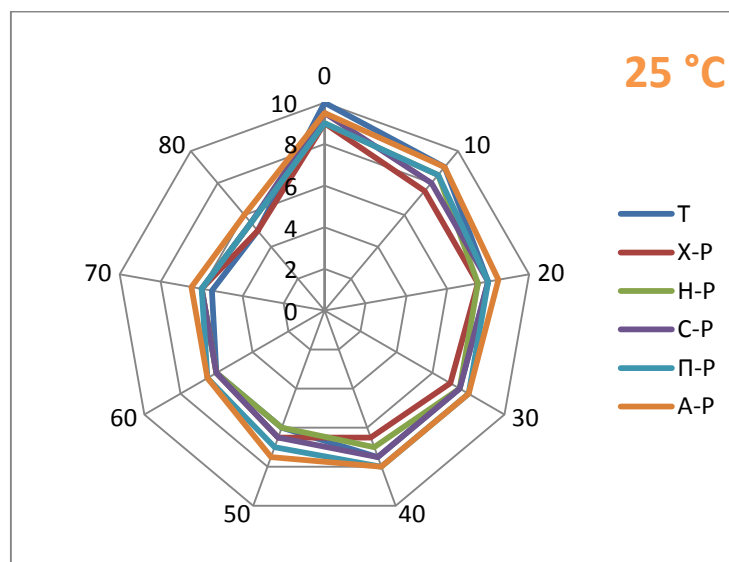
Διάγραμμα 6.27: Μεταβολή της γεύσης συναρτήσει του χρόνου του τυφλού δείγματος και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.



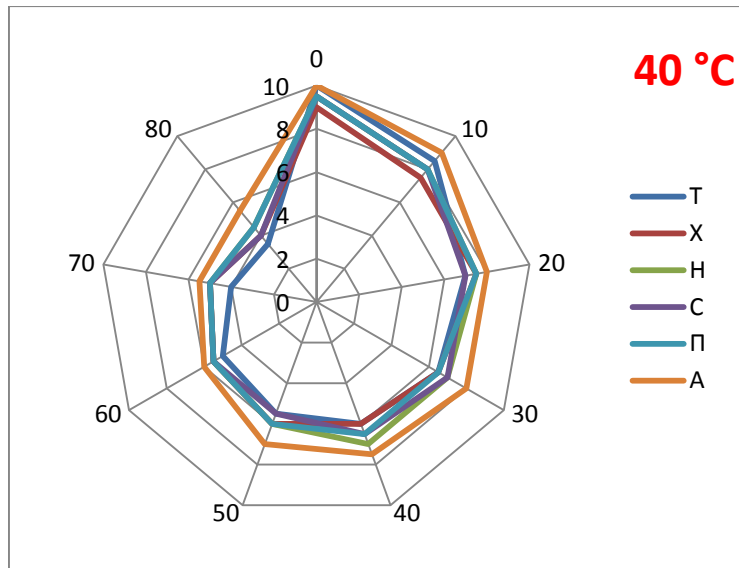
Διάγραμμα 6.28: Μεταβολή της γεύσης συναρτήσει του χρόνου του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες, που περιέχουν αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.



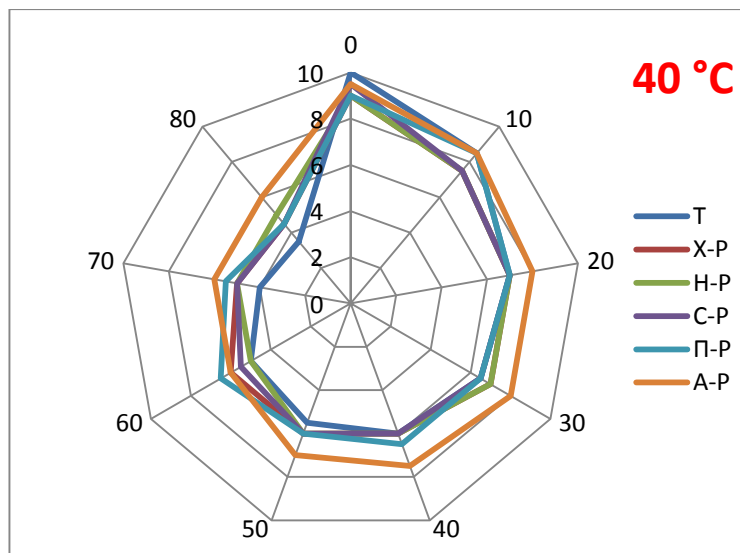
Διάγραμμα 6.29: Μεταβολή της γεύσης συναρτήσει του χρόνου του τυφλού δείγματος και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 25 °C.



Διάγραμμα 6.30: Μεταβολή της γεύσης συναρτήσει του χρόνου του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες, που περιέχουν αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 25 °C.



Διάγραμμα 6.31: Μεταβολή της γεύσης συναρτήσει του χρόνου του τυφλού δείγματος και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 25 °C.



Διάγραμμα 6.32: Μεταβολή της γεύσης συναρτήσει του χρόνου του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες, που περιέχουν αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 25 °C.

Από τα παραπάνω διαγράμματα γίνεται αντιληπτό ότι η παράμετρος της γεύσης των τσιπς πατάτας μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου, σημειώνοντας χαμηλότερες βαθμολογίες, ενώ για τις διαφορές μεταξύ των επικαλυμμένων δειγμάτων δεν υπάρχει σαφής εικόνα.

Η στατιστική επεξεργασία έδειξε ότι οι παράγοντες που επιδρούν σημαντικά ($P < 0,05$) στην παράμετρο της γεύσης είναι το είδος της επικαλυπτικής μεμβράνης, η θερμοκρασία και ο χρόνος αποθήκευσης. Τα τσιπς πατάτας με την επικάλυψη της χιτοζάνης βαθμολογούνται πιο χαμηλά από όλα τα υπόλοιπα δείγματα ως προς τη γεύση τους, ενώ του αλγινικού νατρίου βαθμολογούνται ως τα καλύτερα. Επίσης τα δείγματα των διαφορετικών θερμοκρασιών εμφανίζουν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους ως προς τη γεύση με το χαμηλότερο μέσο όρο να αντιστοιχεί στους 40 °C, ενώ, τέλος, τα δείγματα διατηρούν τη γεύση τους σε αρκετά ικανοποιητικά επίπεδα μέχρι και τις 50 ημέρες αποθήκευσης.

Οι ρυθμοί υποβάθμισης της γεύσης σε κάθε θερμοκρασία δίνονται στον Πίνακα 6.7, ενώ οι παράμετροι του μοντέλου Arrhenius για τη μεταβολή των ρυθμών ως συνάρτηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης στον Πίνακα 6.8.

Πίνακας 6.7: Ρυθμοί υποβάθμισης της γεύσης των τσιπς πατάτας στις τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες αποθήκευσης

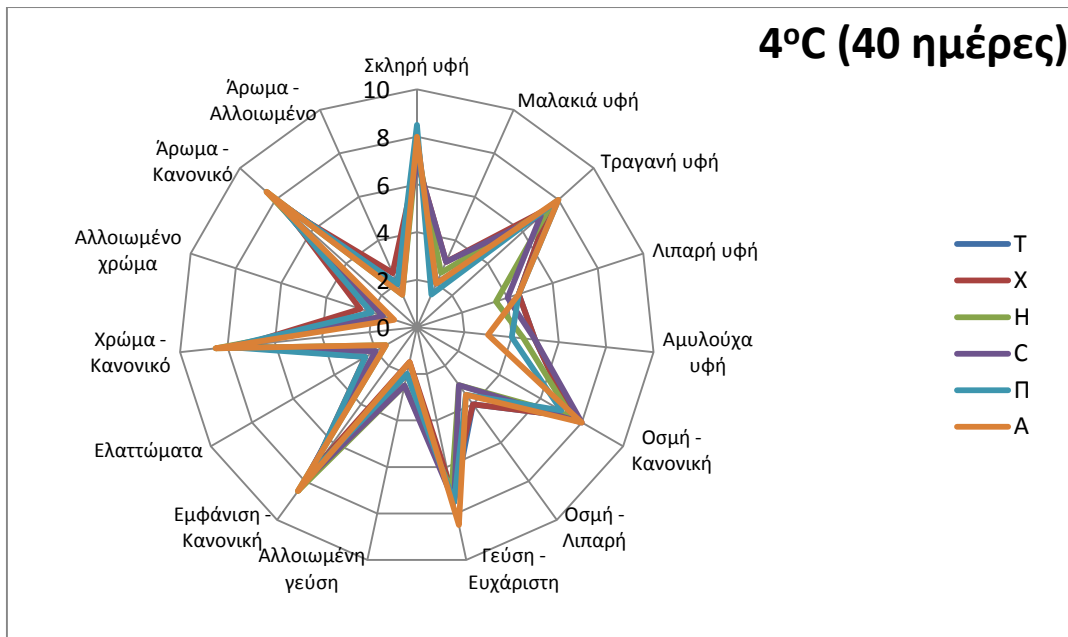
Εδώδιμη επικαλυπτική μεμβράνη	k (days ⁻¹)		
	4 °C	25 °C	40 °C
Τυφλό	0,0470	0,0600	0,0742
Χιτοζάνη	0,036	0,044	0,0533
HPMC	0,0420	0,0540	0,0560
CMC	0,0417	0,0475	0,0592
Πηκτίνη	0,0450	0,0525	0,0558
Αλγινικό Νάτριο	0,0475	0,0500	0,0558
Χιτοζάνη – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	0,0330	0,0400	0,0440
HPMC – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	0,0390	0,0430	0,0470
CMC – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	0,0417	0,0450	0,0517
Πηκτίνη – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	0,0383	0,0425	0,0475
Αλγινικό Νάτριο – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	0,0383	0,0433	0,0442

Πίνακας 6.8: Τιμές παραμέτρων του μαθηματικού μοντέλου Arrhenius (E_a , k_{ref}) και του συντελεστή προσδιορισμού R^2 για κάθε σειρά δειγμάτων.

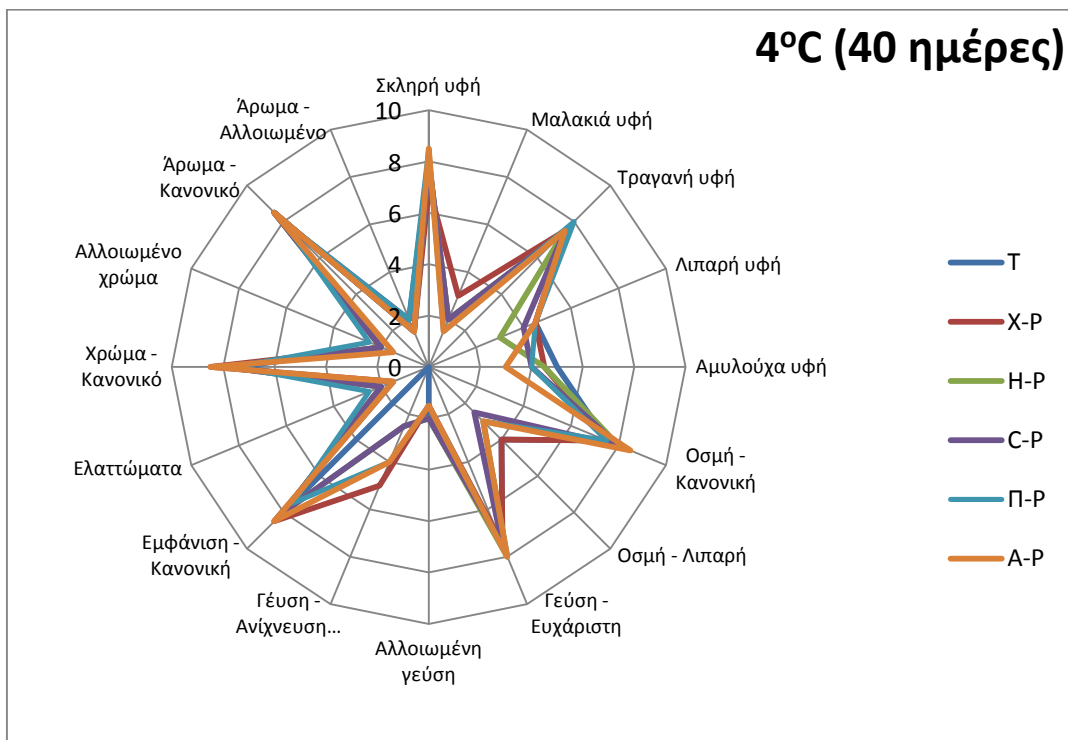
Εδώδιμη επικαλυπτική μεμβράνη	E_a (kJ/mol)	k_{ref} (days ⁻¹)	R^2
Τυφλό	9,03	0,0614	0,9921
Χιτοζάνη	5,06	0,0425	0,9510
HPMC	5,98	0,0514	0,9248
CMC	6,77	0,0502	0,9254
Πηκτίνη	4,37	0,0517	0,9867
Αλγινικό Νάτριο	3,08	0,0515	0,8913
Χιτοζάνη – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	5,81	0,0395	0,9960
HPMC – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	3,67	0,0434	0,9895
CMC – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	4,14	0,0466	0,9149
Πηκτίνη – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	4,23	0,0432	0,9781
Αλγινικό Νάτριο – Αιθέριο έλαιο ρίγανης	2,97	0,0423	0,9334

Από τον παραπάνω πίνακα διαπιστώνεται ότι η σειρά των τυφλών δειγμάτων εμφανίζει τη μεγαλύτερη ενέργεια ενεργοποίησης και για αυτήν την οργανοληπτική παράμετρο, ενώ το αιθέριο έλαιο ρίγανης φαίνεται γενικότερα να έχει συμβάλει σε μία μικρή μείωση της ενέργειας ενεργοποίησης.

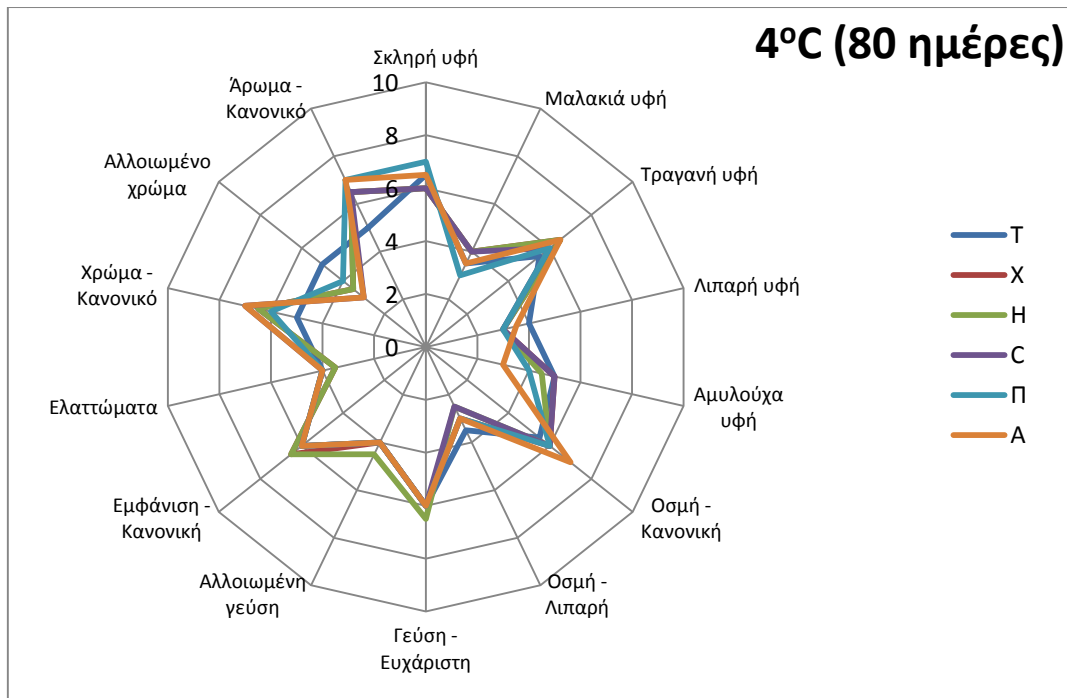
Τα παραπάνω οργανοληπτικά χαρακτηριστικά μαζί με κάποια ακόμα παρουσιάζονται συνολικά στα παρακάτω διαγράμματα για τις 40 και τις 80 ημέρες αποθήκευσης του τυφλού και των επικαλυμμένων δειγμάτων με τις εδώδιμες μεμβράνες, στις τρεις θερμοκρασίες αποθήκευσης. Σε αυτό το σημείο χρειάζεται να τονιστεί ότι η παράμετρος της ανίχνευσης του επικαλυπτικού υλικού τόσο στην εμφάνιση όσο και στη γεύση δεν συμπεριλαμβάνεται στα παρακάτω διαγράμματα διότι δεν είχαν εντοπιστεί κάποια αντίστοιχα σημάδια/χαρακτηριστικά. Σημειώνεται επίσης ότι οι παράμετροι της σκληρής, τραγανής και μαλακιάς υφής προέκυψαν από το μέσο όρο των αποτελεσμάτων της υφής στο χέρι και στο στόμα.



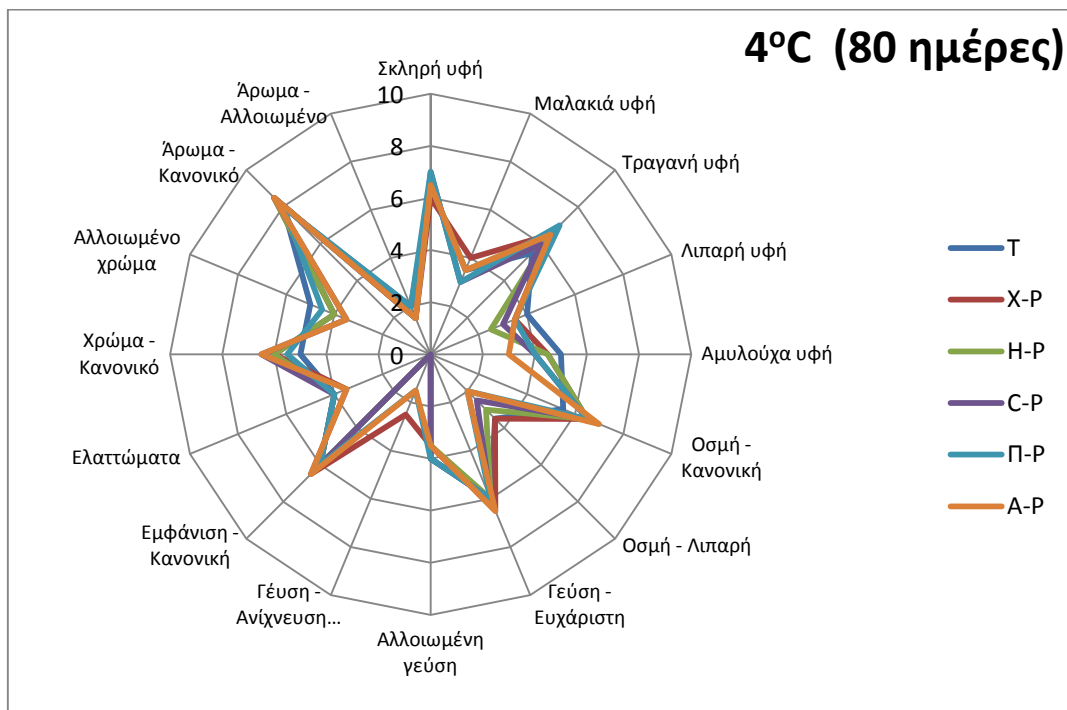
Διάγραμμα 6.33: Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους στους 4 °C για 40 ημέρες.



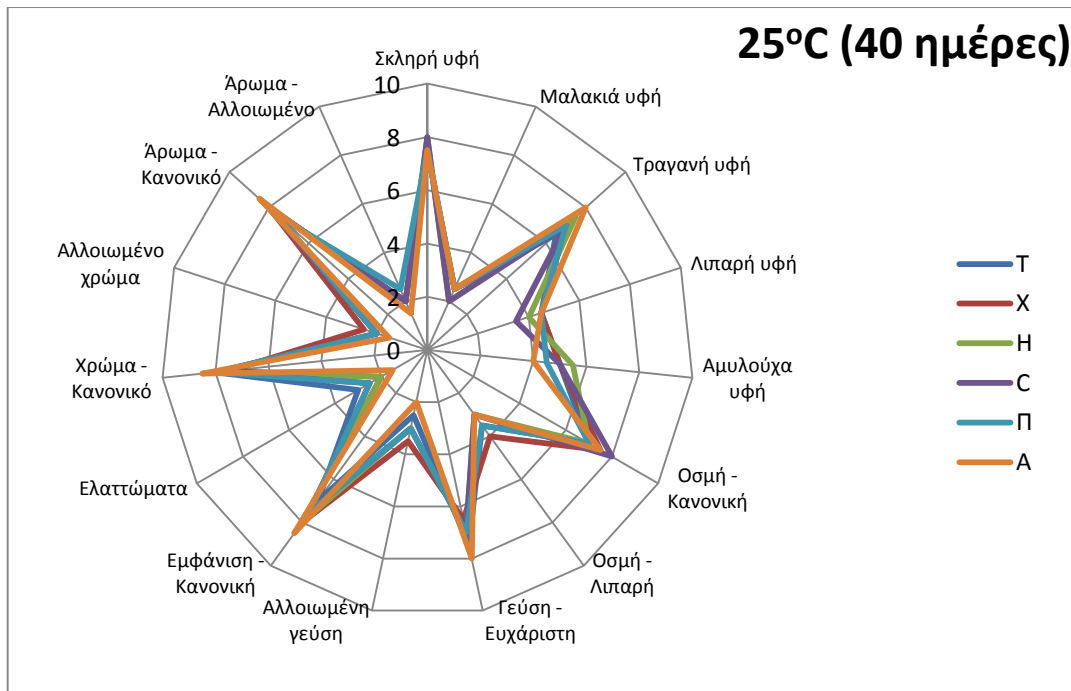
Διάγραμμα 6.34: Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες, που περιέχουν αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C για 40 ημέρες.



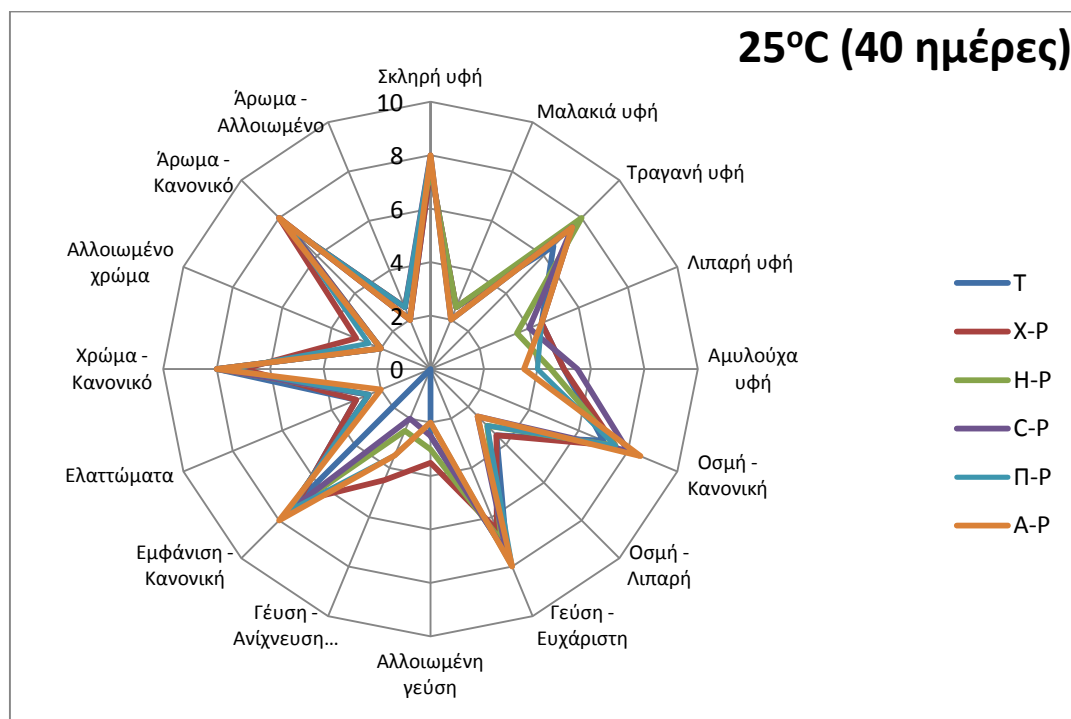
Διάγραμμα 6.35: Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους στους 4 °C για 80 ημέρες.



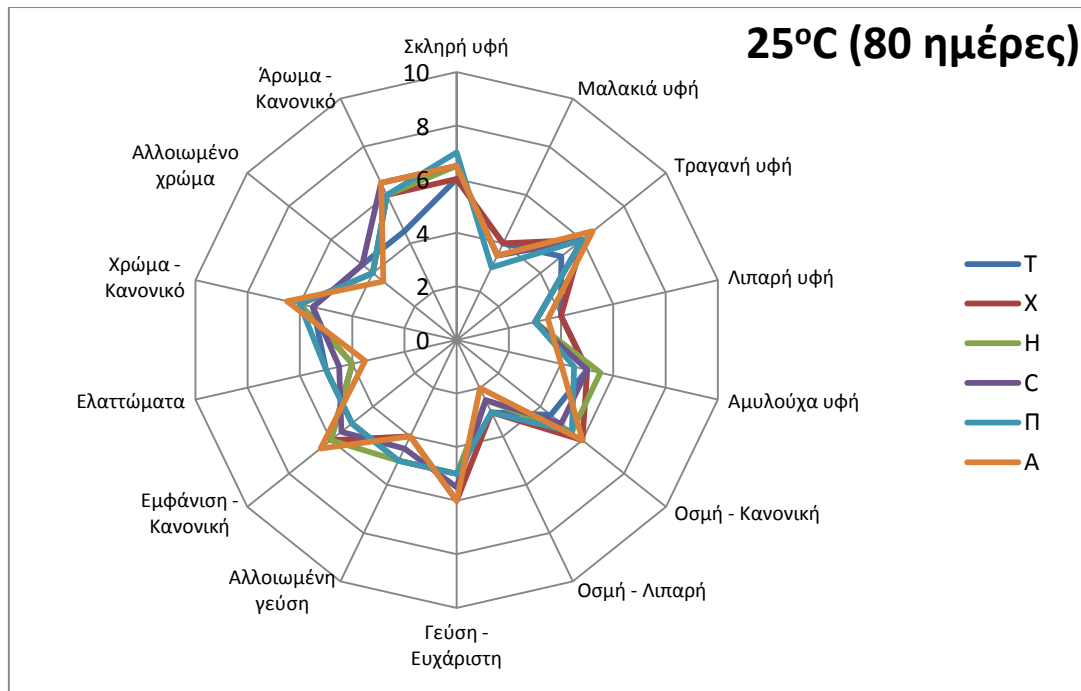
Διάγραμμα 6.36: Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες, που περιέχουν αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C για 80 ημέρες.



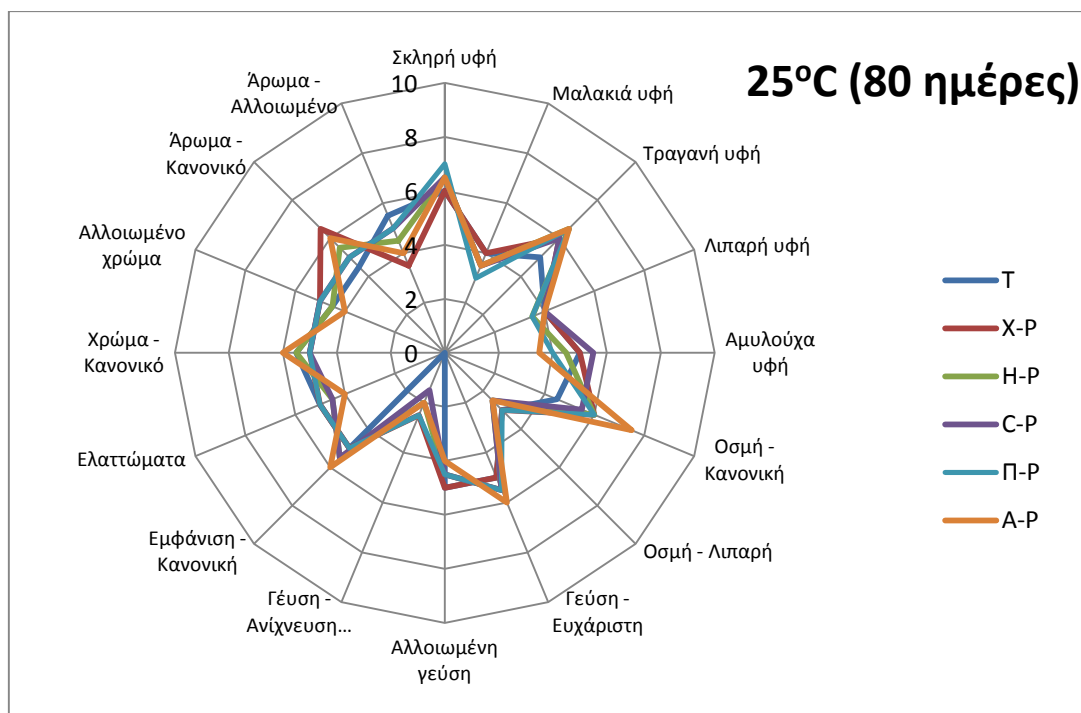
Διάγραμμα 6.37: Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους στους 25 °C για 40 ημέρες.



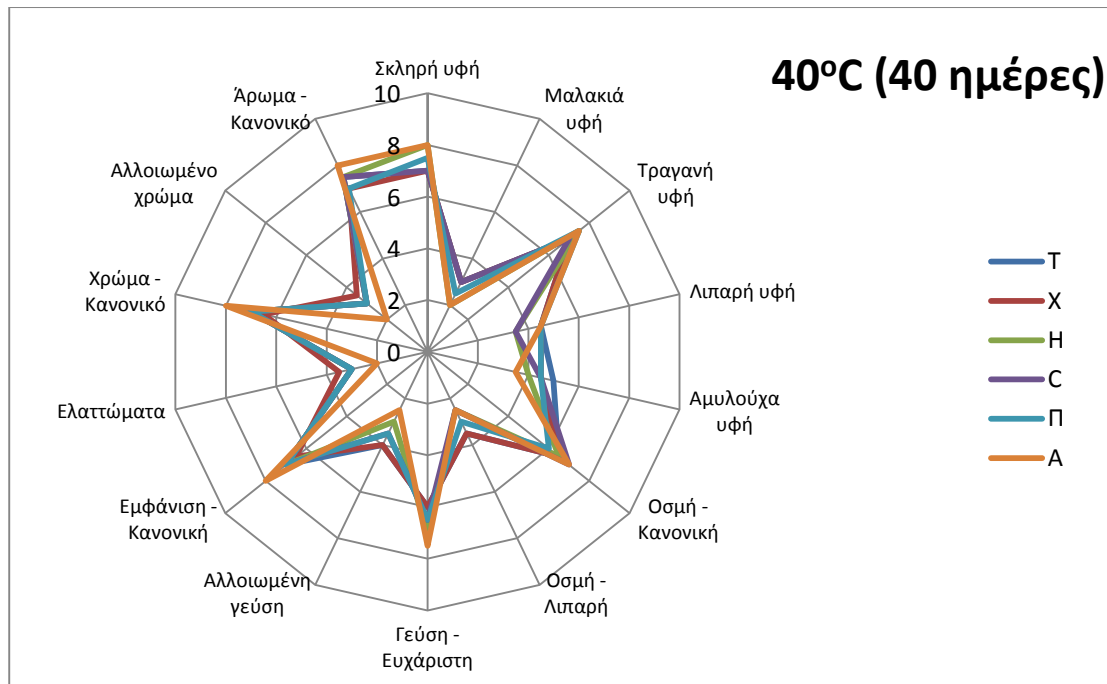
Διάγραμμα 6.38: Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες, που περιέχουν αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 25 °C για 40 ημέρες.



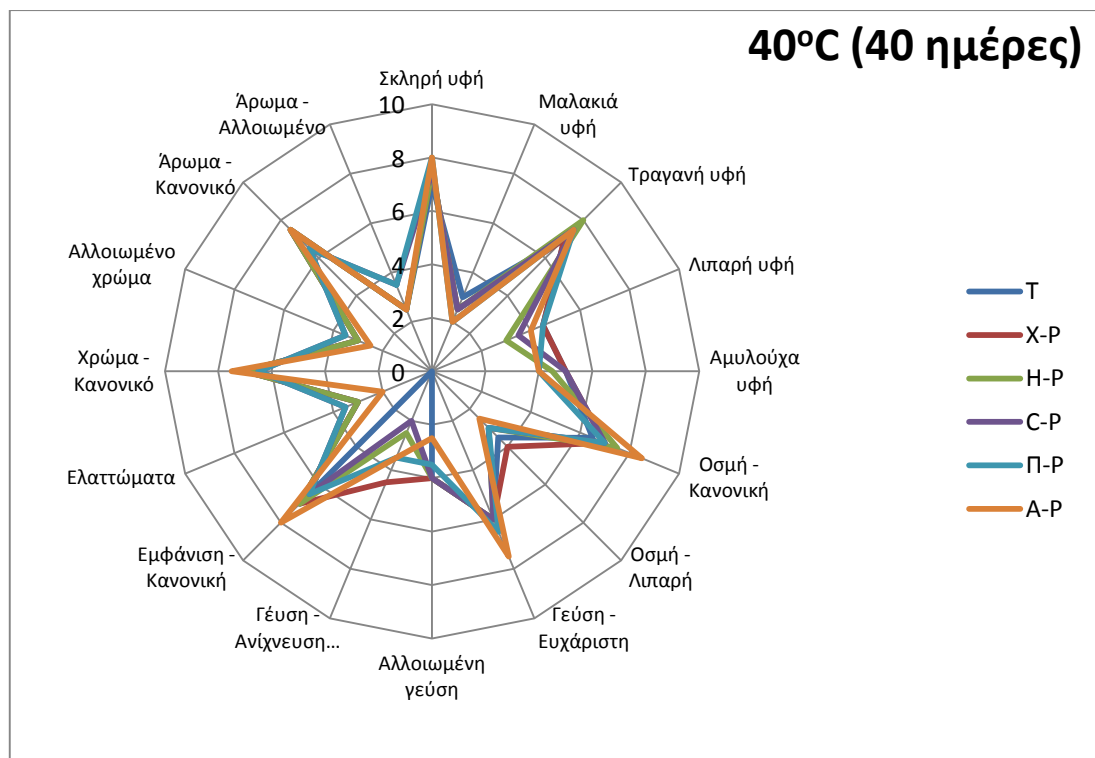
Διάγραμμα 6.39: Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους στους 25 °C για 80 ημέρες.



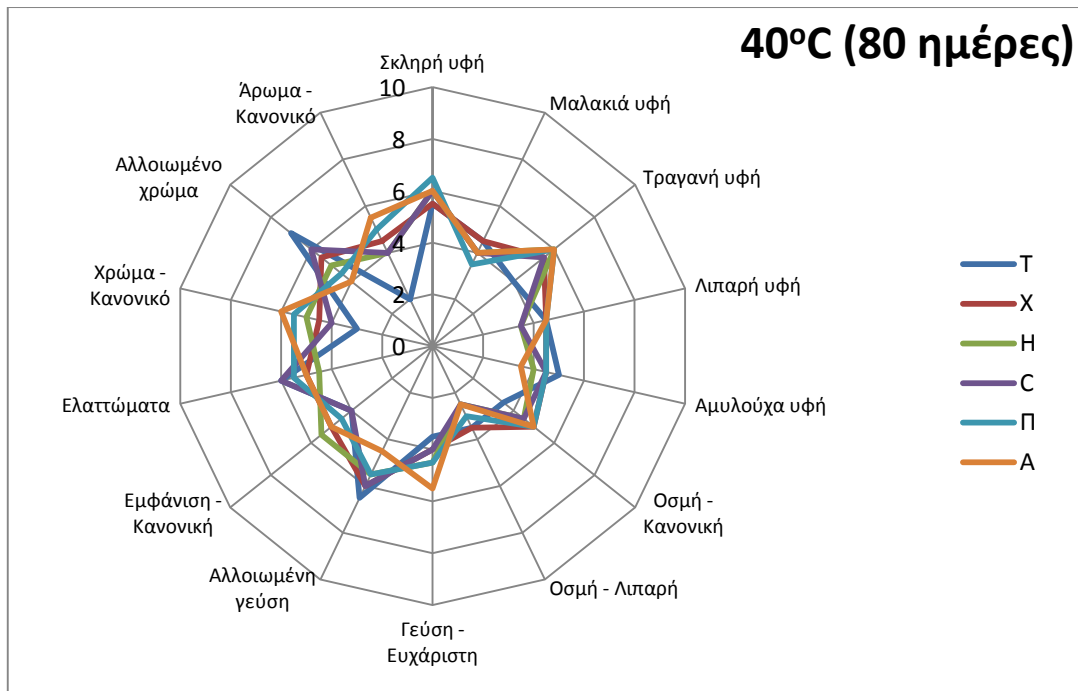
Διάγραμμα 6.40: Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες, που περιέχουν αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 25 °C για 80 ημέρες.



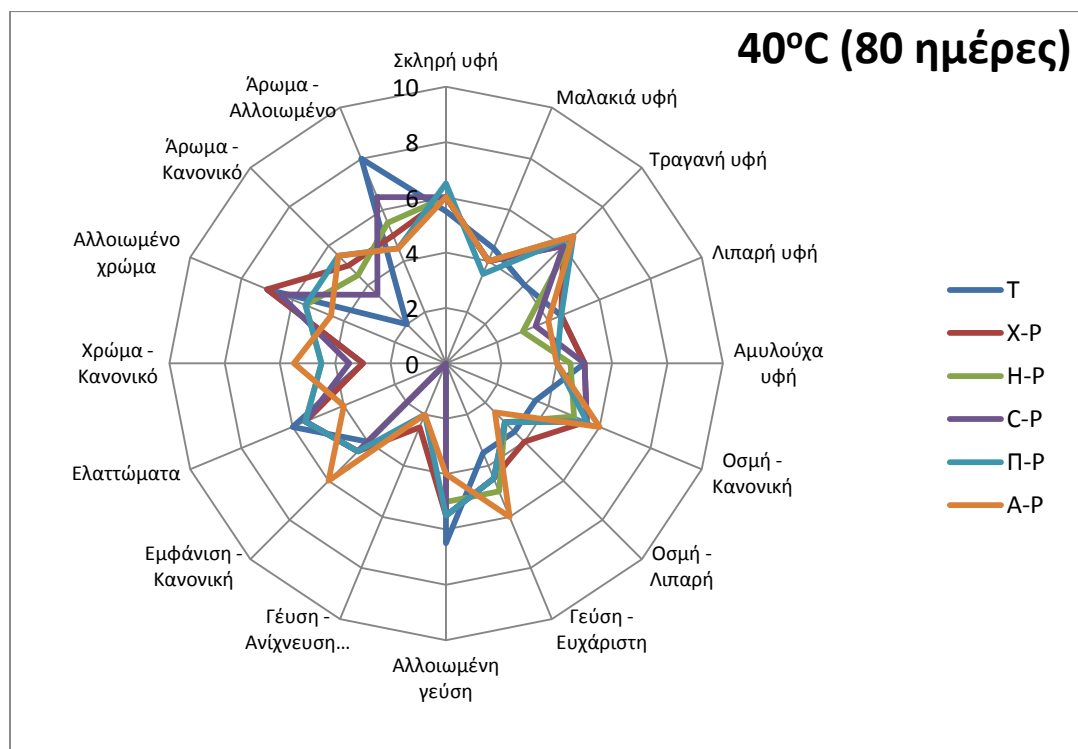
Διάγραμμα 6.41: Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους στους 40 °C για 40 ημέρες.



Διάγραμμα 6.42: Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες, που περιέχουν αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 40 °C για 40 ημέρες.



Διάγραμμα 6.43: Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους στους 40 °C για 80 ημέρες.

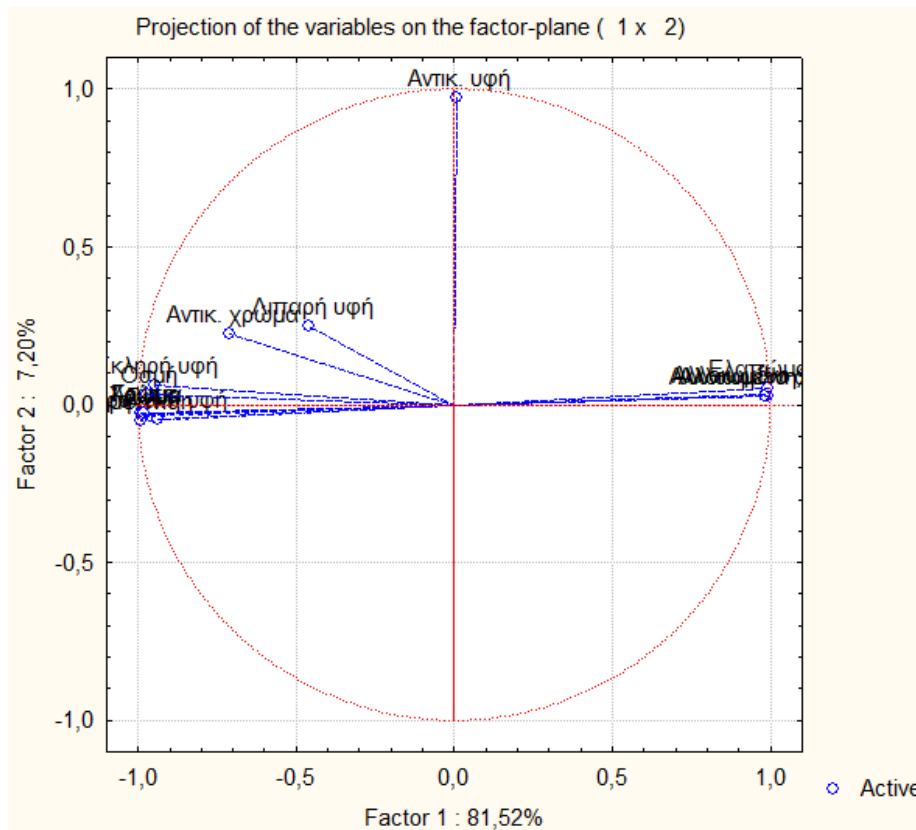


Διάγραμμα 6.44: Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες, που περιέχουν αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 40 °C για 80 ημέρες.

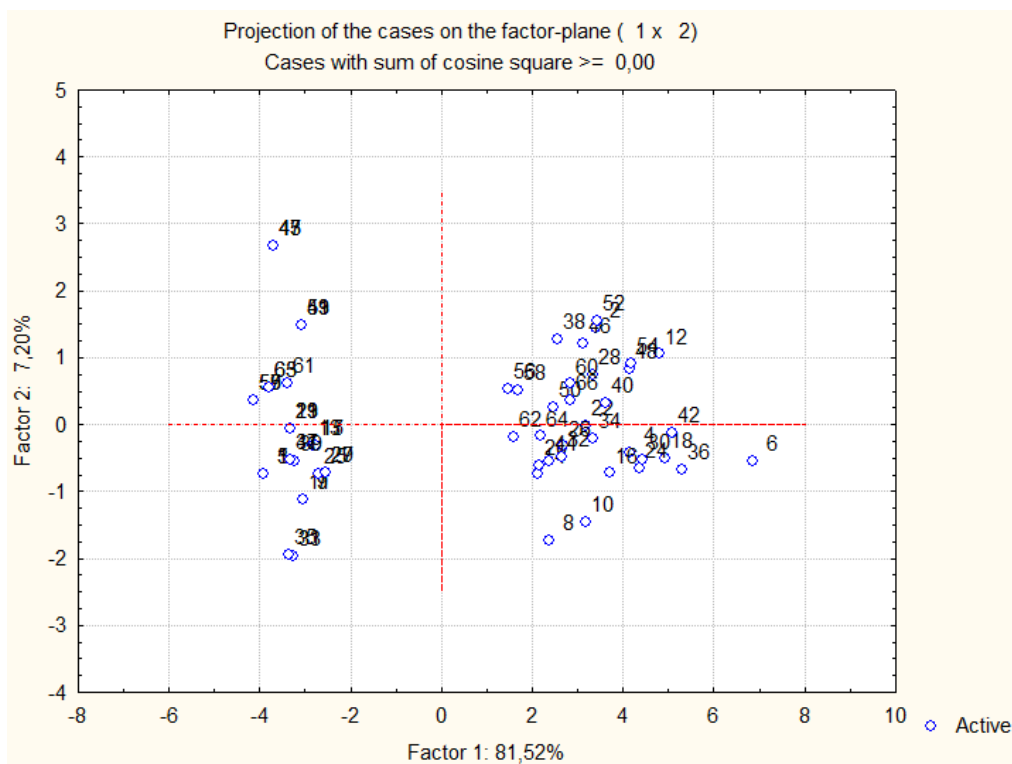
Με μία σύντομη παρατήρησή τους διαπιστώνεται, όπως ήταν αναμενόμενο, ότι τα περισσότερα θετικά ποιοτικά χαρακτηριστικά υποβαθμίζονται με την πάροδο του χρόνου και με την αύξηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης, ενώ υπάρχουν κάποια τα οποία δεν μεταβάλλονται σημαντικά ούτε με την πάροδο του χρόνου ούτε με τη θερμοκρασία αποθήκευσης, όπως είναι η αμυλούχα και η λιπαρή υφή. Μεταξύ των μεμβρανών φαίνεται ότι το αλγινικό νάτριο έδωσε στα περισσότερα χαρακτηριστικά τα καλύτερα αποτελέσματα, ενώ στο σύνολό τους οι μεμβράνες διατήρησαν καλύτερα τα περισσότερα χαρακτηριστικά σε σχέση με το τυφλό. Επιπρόσθετα, τα χαρακτηριστικά των επικαλυμμένων με τις εδώδιμες μεμβράνες, που περιέχουν ριγανέλαιο, δειγμάτων φαίνεται ότι διαφέρουν από αυτά των δειγμάτων των αντίστοιχων απλών μεμβρανών σε ελάχιστα σημεία. Αξίζει να σημειωθεί, για παράδειγμα, ότι σημειώνεται μία διαφορά στη διατήρηση της έντασης του ευχάριστου αρώματος τόσο με την πάροδο του χρόνου όσο και με την αύξηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης, δηλαδή το αιθέριο έλαιο φαίνεται να δρα προστατευτικά στη διατήρηση του ευχάριστου αρώματος. Επίσης, μία άλλη σημαντική διαπίστωση είναι ότι το ριγανέλαιο ανιχνεύεται περισσότερο στο άρωμα του προϊόντος και λιγότερο στη γεύση του, ενώ με την πάροδο του χρόνου και στις υψηλότερες θερμοκρασίες φαίνεται να χάνεται η έντασή του.

Ανάλυση συσχέτισης κύριων συνιστωσών (PCA)

Για να υπάρξει ακόμη πιο ολοκληρωμένη εικόνα των αποτελεσμάτων πραγματοποιείται Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (PCA) του τυφλού και των επικαλυμμένων plantain τσιπς. Λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων επιλέγονται και παρουσιάζονται μόνο τα χαρακτηριστικά των δειγμάτων των 0 και 80 ημερών αποθήκευσης. Τα αντίστοιχα διαγράμματα για όλες τις μέρες παρατίθενται στο Παράρτημα της εργασίας.



Διάγραμμα 6.45: Ανάλυση συσχέτισης των μεταβλητών του πειράματος στις δύο κύριες συνιστώσες για τα χαρακτηριστικά των δειγμάτων της πρώτης και της τελευταίας ημέρας αποθήκευσης



Διάγραμμα 6.46: Γραφική απεικόνιση των δειγμάτων της πρώτης και της τελευταίας ημέρας αποθήκευσης με ανάλυση κύριων συνιστωσών

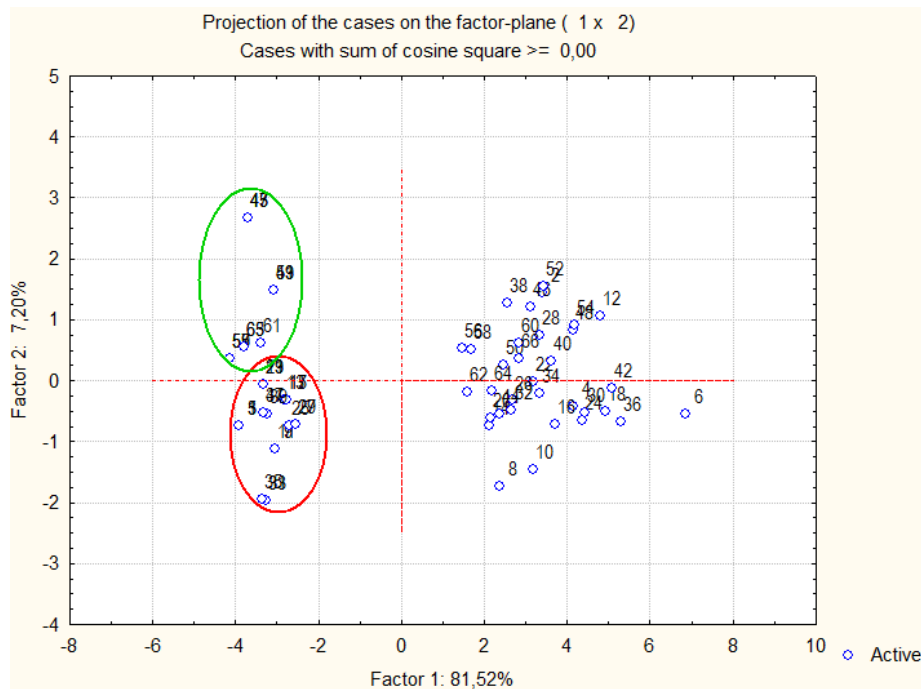
Από το Διάγραμμα 6.45 διαπιστώνεται ότι η πρώτη κύρια συνιστώσα εμφανίζει συνεισφορά ίση με 81,52% στο πείραμα, ενώ η δεύτερη 7,20%.

Ακόμη, γίνεται αντιληπτό ότι σημαντική επίδραση στην πρώτη κύρια συνιστώσα παρουσιάζουν οι μεταβλητές του Χρώματος (Κανονικό και Αλλοιωμένο), της Εμφάνισης και των Ελαττωμάτων της Εμφάνισης, καθώς και της Γεύσης (Κανονικής και Αλλοιωμένης) ενώ η παράμετρος της Αντικειμενικής υφής είναι η μοναδική με σημαντική επίδραση στη δεύτερη κύρια συνιστώσα.

Κάποιες πρόσθετες παρατηρήσεις είναι ότι το αλλοιωμένο χρώμα, η αλλοιωμένη γεύση, το αλλοιωμένο άρωμα, τα ελαττώματα της εμφάνισης και η αντικειμενική υφή παρουσιάζουν θετική συνεισφορά και στις δύο κύριες συνιστώσες, ενώ το αντικειμενικό χρώμα, η οσμή, η σκληρή και λιπαρή υφή, έχουν αρνητική συνεισφορά στην πρώτη κύρια συνιστώσα και θετική στην δεύτερη. Όλες οι υπόλοιπες παράμετροι εμφανίζουν αρνητική συνεισφορά και στις δύο κύριες συνιστώσες.

Αξίζει να τονιστεί ότι η μεγάλη διαφορά των ποσοστών συνεισφοράς των δύο συνιστωσών οφείλεται στο γεγονός ότι τα πειράματα ήταν αρκετά καλά χωρίς έντονες μεταβολές των χαρακτηριστικών τους.

Για την καλύτερη κατανόηση των πειραμάτων και των αποτελεσμάτων που προέκυψαν γίνεται προσπάθεια ομαδοποίησης των δειγμάτων. Στο δεξί μέρος του διαγράμματος δεν μπόρεσε να γίνει κάποιος διαχωρισμός των δειγμάτων, ενώ στο αριστερό μέρος ομαδοποιήθηκαν δύο σύνολα δειγμάτων, τα οποία είναι:



Διάγραμμα 6.47: Ομαδοποιημένη προβολή των πειραμάτων της πρώτης και τελευταίας ημέρας δειγματοληψίας ως προς τις δύο κύριες συνιστώσες

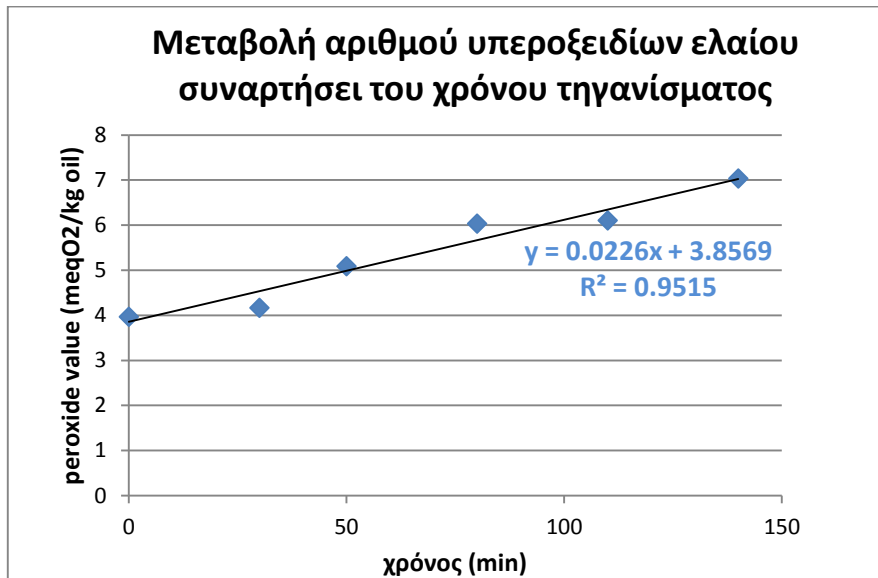
Με πράσινο χρώμα περικλείονται τα επικαλυμμένα με αλγινικό νάτριο και πηκτίνη δείγματα, κατά την πρώτη ημέρα δειγματοληψίας, ενώ με κόκκινο περίγραμμα περικλείονται το τυφλό δείγμα και τα δείγματα που είχαν επικαλυφτεί με χιτοζάνη, HPMC και CMC, κατά την πρώτη ημέρα δειγματοληψίας επίσης.

Με βάση τα παραπάνω και το Διάγραμμα 6.45 προβολής της επίδρασης των εξαρτημένων μεταβλητών στις δύο κύριες συνιστώσες, εξάγεται το συμπέρασμα ότι:

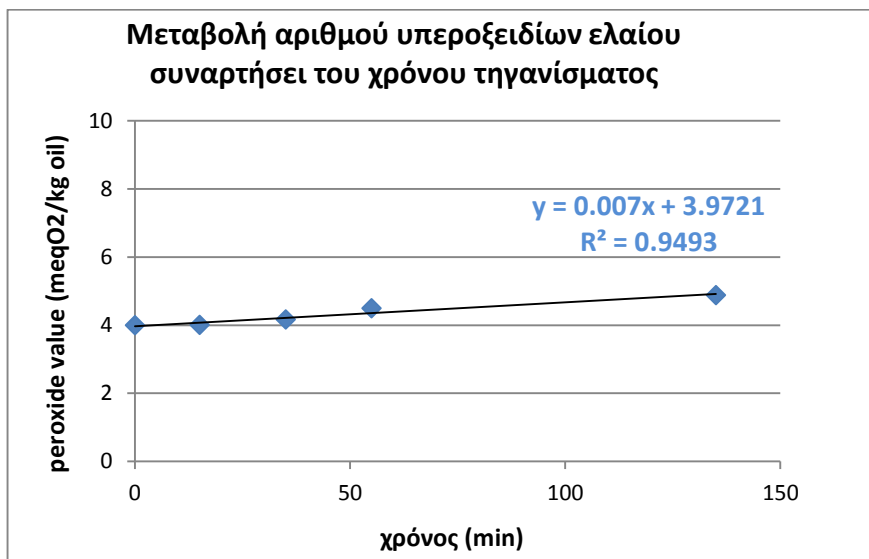
- Τα επικαλυμμένα με αλγινικό νάτριο και πηκτίνη δείγματα, κατά την πρώτη ημέρα δειγματοληψίας, εμφανίζουν ανοιχτό χρώμα και ευχάριστη οσμή, ενώ είναι σκληρά και έχουν έντονη λιπαρή υφή.
- Τα επικαλυμμένα με χιτοζάνη, HPMC και CMC, καθώς και το τυφλό δείγμα, κατά την πρώτη ημέρα δειγματοληψίας, θεωρούνται αρκετά εύγευστα, με έντονο άρωμα και καλή εμφάνιση, ενώ έχουν υψηλές τιμές ως προς την αντικειμενική τους υφή.

6.1.3 Αριθμός υπεροξειδίων ελαίου και σταθερές K_{232} και K_{270}

Αρχικά παρουσιάζονται τα διαγράμματα μεταβολής του αριθμού υπεροξειδίων ελαίου τηγανίσματος κατά το χρόνο τηγανίσματος, πρώτα του τυφλού και των επικαλυμμένων με τις απλές εδώδιμες μεμβράνες τσιπς πατάτας και έπειτα των επικαλυμμένων με το πρόσθετο αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων.



Διάγραμμα 6.48: Μεταβολή αριθμού υπεροξειδίων ελαίου συναρτήσει του χρόνου τηγανίσματος του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες δειγμάτων τσιπς πατάτας.



Διάγραμμα 6.49: Μεταβολή αριθμού υπεροξειδίων ελαίου συναρτήσει του χρόνου τηγανίσματος των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες και πρόσθετο αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων τσιπς πατάτας.

Όπως φαίνεται από τα διαγράμματα, ο ρυθμός αύξησης του αριθμού υπεροξειδίων του ελαίου κατά το τηγάνισμα του τυφλού και των επικαλυμμένων με απλές εδώδιμες μεμβράνες δειγμάτων, με την πάροδο του χρόνου είναι 0,0226 σε αντίθεση με αυτόν κατά το τηγάνισμα των επικαλυμμένων με μεμβράνες, που περιέχουν αιθέριο έλαιο ρίγανης, που είναι 0,0070. Έτσι εξάγεται το συμπέρασμα ότι το αιθέριο έλαιο ρίγανης συνέβαλε προστατευτικά στην αλλοίωση του ελαίου, καθώς καθυστέρησε την οξειδωσή του.

Πίνακας 6.9: Τιμές των σταθερών K_{232} και K_{270} του ελαίου ανάλογα με το χρόνο τηγανίσματος του τυφλού και των επικαλυμμένων με τις απλές μεμβράνες δειγμάτων

Χρόνος τηγανίσματος (min)	K_{232}	K_{270}
0	0,3349	0,3969
30	0,3372	0,4145
50	0,3606	0,4396
80	0,3882	0,4422
110	0,4515	0,4482
140	0,4743	0,4505

Πίνακας 6.10: Τιμές των σταθερών K_{232} και K_{270} του ελαίου ανάλογα με το χρόνο τηγανίσματος των επικαλυμμένων με τις μεμβράνες και το αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων

Χρόνος τηγανίσματος (min)	K_{232}	K_{270}
0	0,2880	0,3334
15	0,2972	0,3795
35	0,3445	0,3970
55	0,4278	0,4158
135	0,4652	0,4485

Από τη μελέτη των παραπάνω αποτελεσμάτων συμπεραίνεται ότι όσο αυξάνεται ο χρόνος τηγανίσματος τόσο αυξάνονται και οι τιμές των σταθερών, δηλαδή παράγονται περισσότερα συζυγή διένια και τριένια. Επιπλέον, φαίνεται

ότι κατά το τηγάνισμα του τυφλού και των επικαλυμμένων με τις απλές μεμβράνες δειγμάτων οι τιμές των σταθερών K_{232} και K_{270} είναι μεγαλύτερες, συγκριτικά με αυτές που σημειώνονται κατά το τηγάνισμα των επικαλυμμένων. Συνοψίζοντας, διαπιστώνεται ότι το αιθέριο έλαιο ρίγανης διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην προστασία του ελαίου που απορροφάται από τα τσιπς πατάτας.

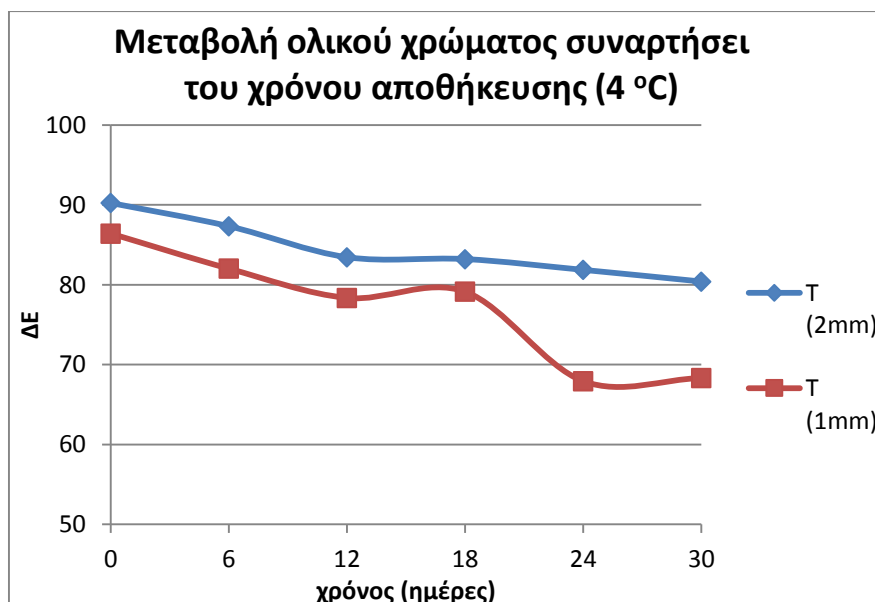
6.2 Ομάδα Β: Plantain τσιπς

Αρχικά παρουσιάζονται τα διαγράμματα σύγκρισης των δύο σειρών των τυφλών δειγμάτων που διαφέρουν ως προς το πάχος τους, με τα στατιστικά αποτελέσματα και το σχολιασμό τους, και ακριβώς μετά ακολουθούν τα διαγράμματα των επικαλυμμένων δειγμάτων.

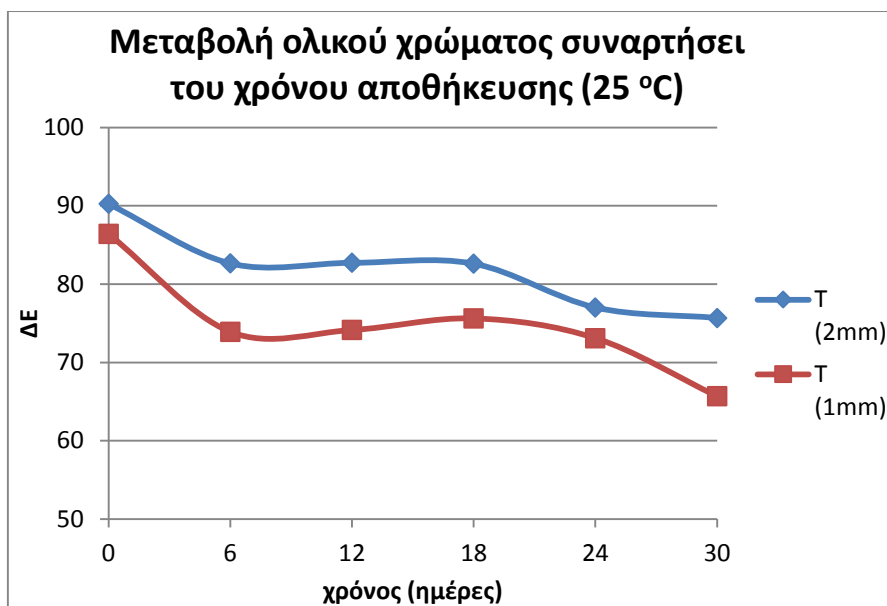
6.2.1 Αντικειμενικά Χαρακτηριστικά

Αντικειμενικό Χρώμα

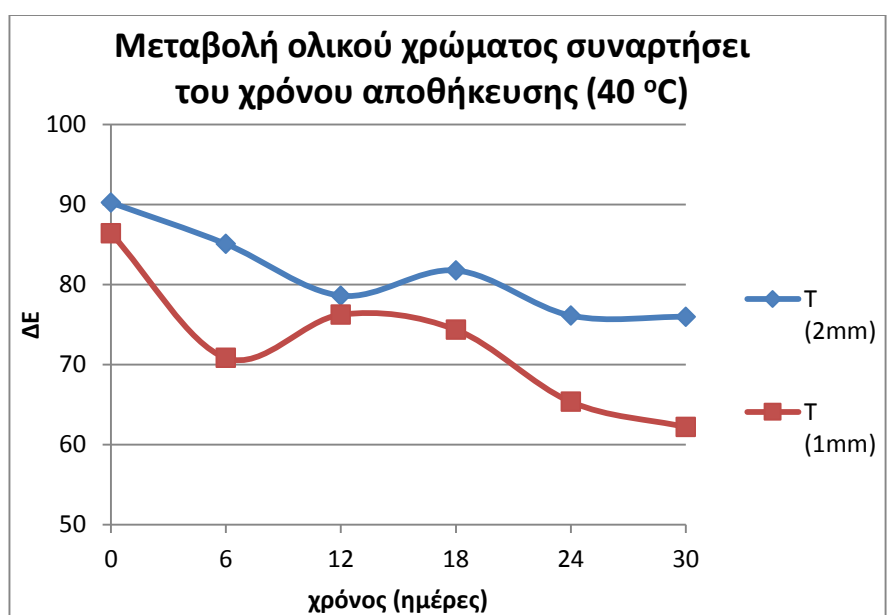
Τυφλά δείγματα



Διάγραμμα 6.50: Μεταβολή του ολικού χρώματος συναρτήσει του χρόνου των δύο σειρών των τυφλών δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.



Διάγραμμα 6.51: Μεταβολή του ολικού χρώματος συναρτήσει του χρόνου των δύο σειρών των τυφλών δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 25 °C.

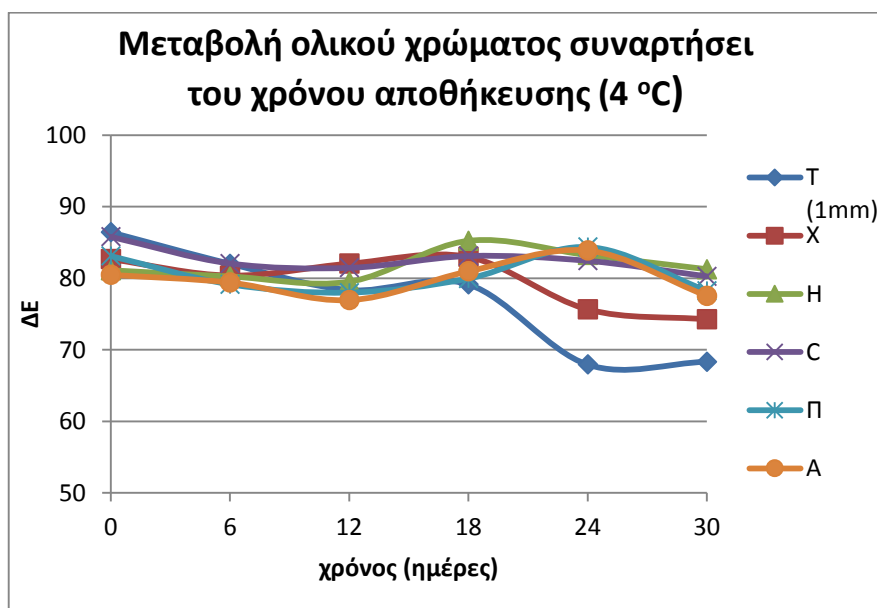


Διάγραμμα 6.52: Μεταβολή του ολικού χρώματος συναρτήσει του χρόνου των δύο σειρών των τυφλών δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 40 °C.

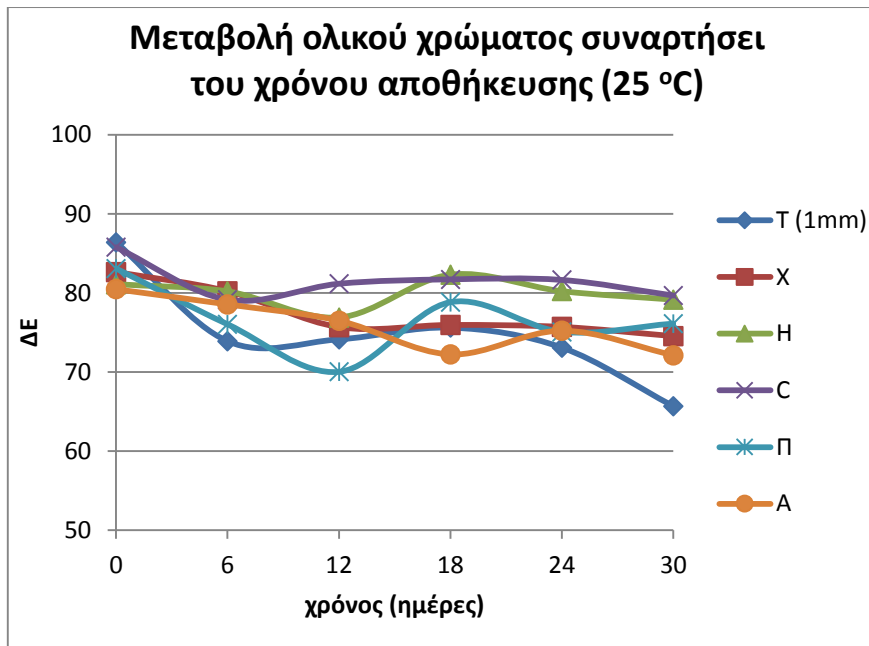
Παρατηρώντας τα παραπάνω διαγράμματα εξάγεται το συμπέρασμα ότι το τυφλό δείγμα με πάχος 2 mm είναι πιο ανοιχτόχρωμο από το τυφλό των 1 mm καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου αποθήκευσης και στις τρεις θερμοκρασίες.

Στατιστικά, όλοι οι παράγοντες επιδρούν σημαντικά στο ολικό χρώμα των τυφλών plantain τσιπς ($P < 0,05$). Πιο αναλυτικά, το τυφλό δείγμα των 2 mm είναι πιο ανοιχτόχρωμο από αυτό των 1 mm, ενώ τα τυφλά δείγματα που είχαν αποθηκευτεί στους 40 °C είναι τα πιο σκουρόχρωμα. Τέλος, ενώ γενικότερα τα δείγματα σκουραίνουν από χρόνο σε χρόνο δειγματοληψίας, διαπιστώνεται ότι μέχρι τις 24 ημέρες αποθήκευσης διατηρούν ικανοποιητικά το χρώμα τους χωρίς σημαντικές διαφορές.

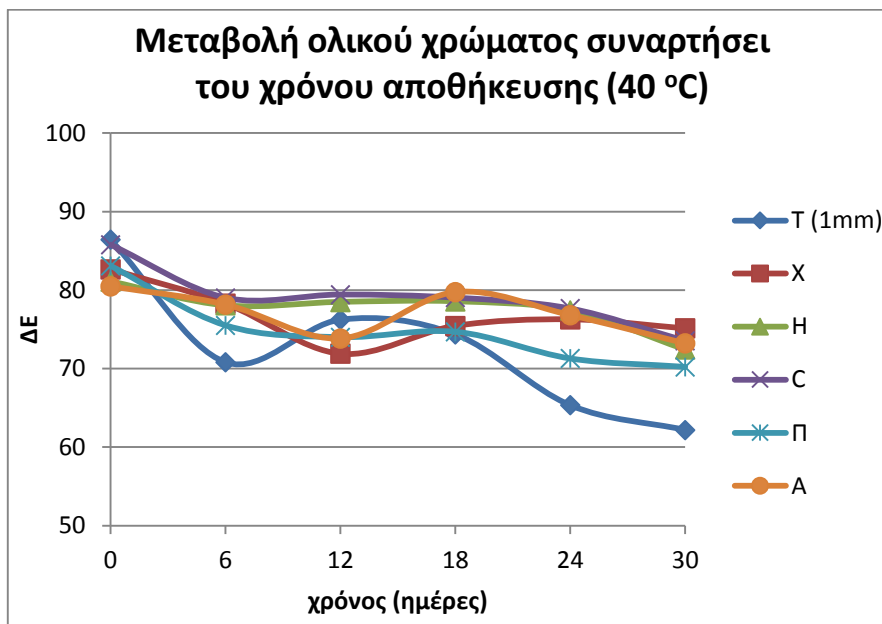
Τυφλό και επικαλυμμένα με εδώδιμες μεμβράνες δείγματα



Διάγραμμα 6.53: Μεταβολή του ολικού χρώματος συναρτήσει του χρόνου του τυφλού και των επικαλυμμένων δειγμάτων τσιπς plantain κατά την αποθήκευσή τους στους 4 °C.



Διάγραμμα 6.54 Μεταβολή του ολικού χρώματος συναρτήσει του χρόνου του τυφλού και των επικαλυμμένων δειγμάτων τσιπς plantain κατά την αποθήκευσή τους στους 25 °C.



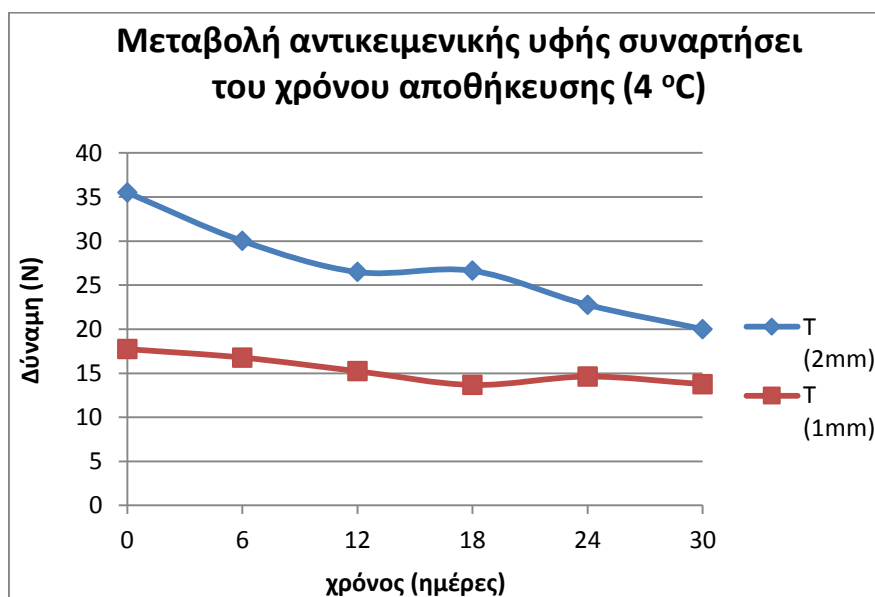
Διάγραμμα 6.55: Μεταβολή του ολικού χρώματος συναρτήσει του χρόνου του τυφλού και των επικαλυμμένων δειγμάτων τσιπς plantain κατά την αποθήκευσή τους στους 40 °C.

Από τα διαγράμματα του τυφλού και των επικαλυμμένων δειγμάτων εξάγεται το συμπέρασμα ότι το ολικό χρώμα παρουσιάζει διακυμάνσεις με την πάροδο του χρόνου αποθήκευσης, ενώ δεν υπάρχει σαφής εικόνα για το χρώμα των επικαλυμμένων σε σύγκριση με το τυφλό.

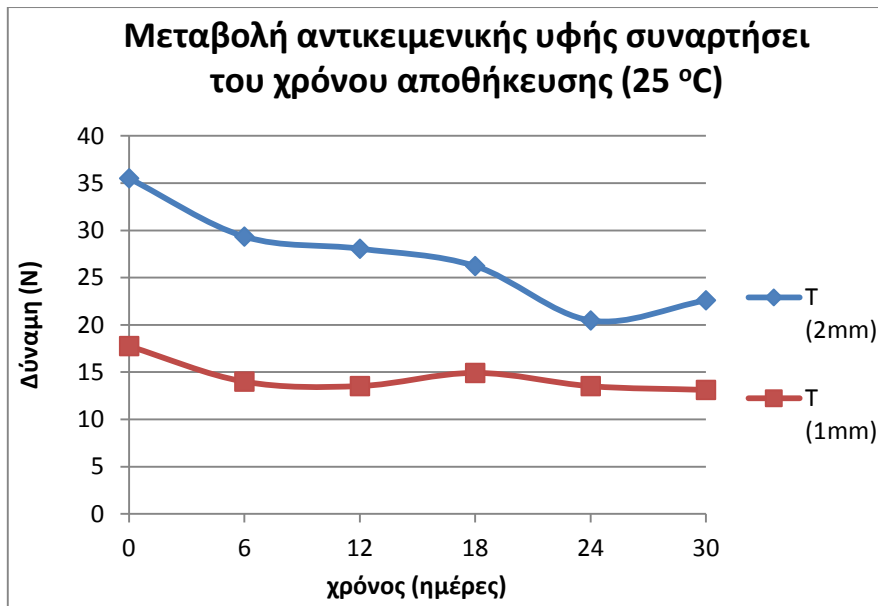
Εξετάζοντας τα δεδομένα στατιστικά αποδεικνύεται ότι το είδος του επικαλυπτικού, η θερμοκρασία αλλά και ο χρόνος αποθήκευσης έχουν σημαντική επίδραση στην παράμετρο του αντικειμενικού χρώματος ($P<0,05$). Αναλυτικότερα, το τυφλό δείγμα αποδεικνύεται το πιο σκούρο συγκριτικά με τα επικαλυμμένα, ενώ οι επικαλύψεις HPMC και CMC φαίνεται αντιστοιχούν στα πιο ανοιχτόχρωμα δείγματα. Επίσης, όλα τα τσιπς διατηρούν το χρώμα τους σε αποδεκτά επίπεδα μέχρι την 24^η μέρα αποθήκευσης.

Αντικειμενική Υφή

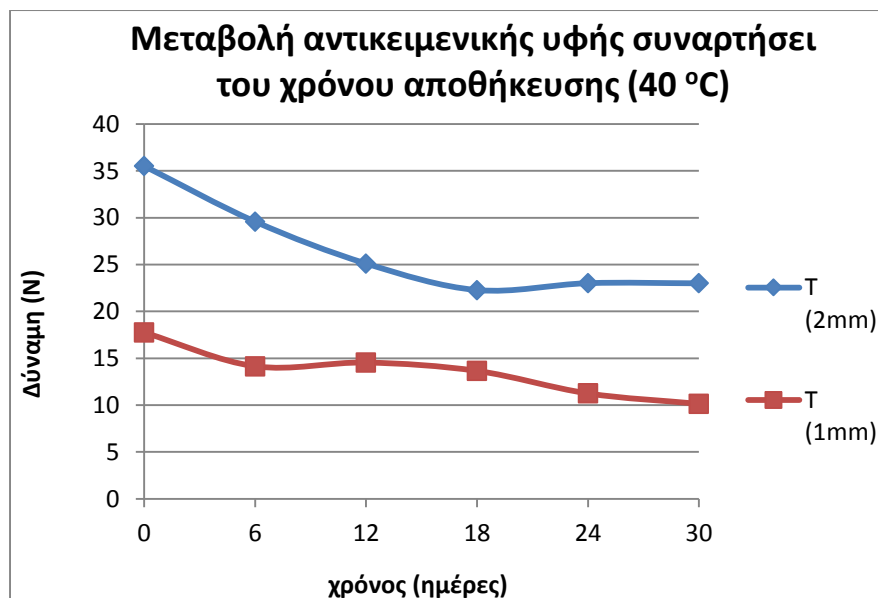
Τυφλά δείγματα



Διάγραμμα 6.56: Μεταβολή της αντικειμενικής υφής συναρτήσει του χρόνου των δύο σειρών των τυφλών δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.



Διάγραμμα 6.57: Μεταβολή της αντικειμενικής υφής συναρτήσει του χρόνου των δύο σειρών των τυφλών δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 25 °C.

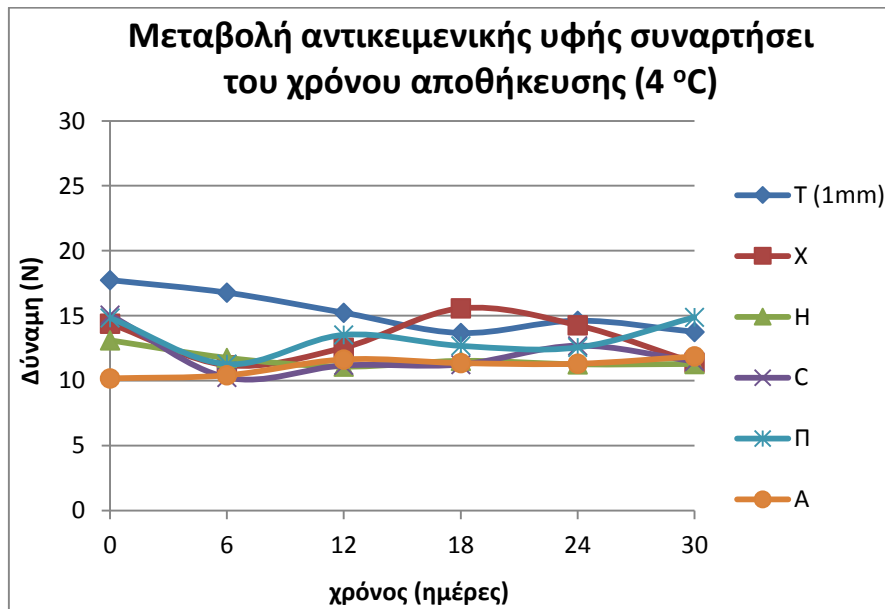


Διάγραμμα 6.58: Μεταβολή της αντικειμενικής υφής συναρτήσει του χρόνου των δύο σειρών των τυφλών δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 40 °C.

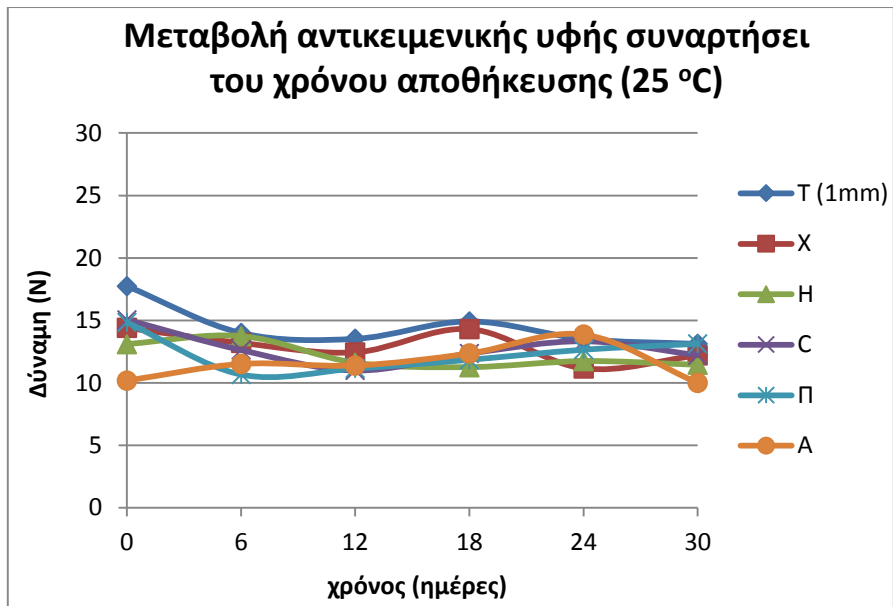
Από τα παραπάνω διαγράμματα γίνεται αντιληπτό ότι τα πάχους 2 mm τσιπς είναι πιο σκληρά από τα αντίστοιχα, πάχους 1 mm, και στις τρεις θερμοκρασίες αποθήκευσης. Ωστόσο τα πρώτα τσιπς (2 mm) εμφανίζουν με την πάροδο του χρόνου μία φθίνουσα τάση, σε αντίθεση με τα δεύτερα (1 mm) που φαίνεται να διατηρούν γενικά ένα σταθερό μέσο όρο σκληρότητας, εκτός από τα συσκευασμένα στους 40 °C, τα οποία σημειώνουν μια ταχύτερη υποβάθμιση της υφής τους.

Από τη στατιστική ανάλυση διαπιστώνεται ότι το πάχος του τυφλού δείγματος και ο χρόνος ασκούν σημαντική επίδραση στην αντικειμενική υφή των τσιπς ($P<0,05$), σε αντίθεση με τη θερμοκρασία αποθήκευσης που δεν επιδρά σημαντικά. Πιο συγκεκριμένα, το τεστ Duncan, έδειξε ότι τα τυφλά δείγματα πάχους 1 mm, είναι πιο μαλακά συγκριτικά με τα τυφλά πάχους 2 mm. Επιπλέον, όλα τα δείγματα φαίνεται να διατηρούν την επιθυμητή αντικειμενική υφή μέχρι και την τελευταία ημέρα της αποθήκευσής τους.

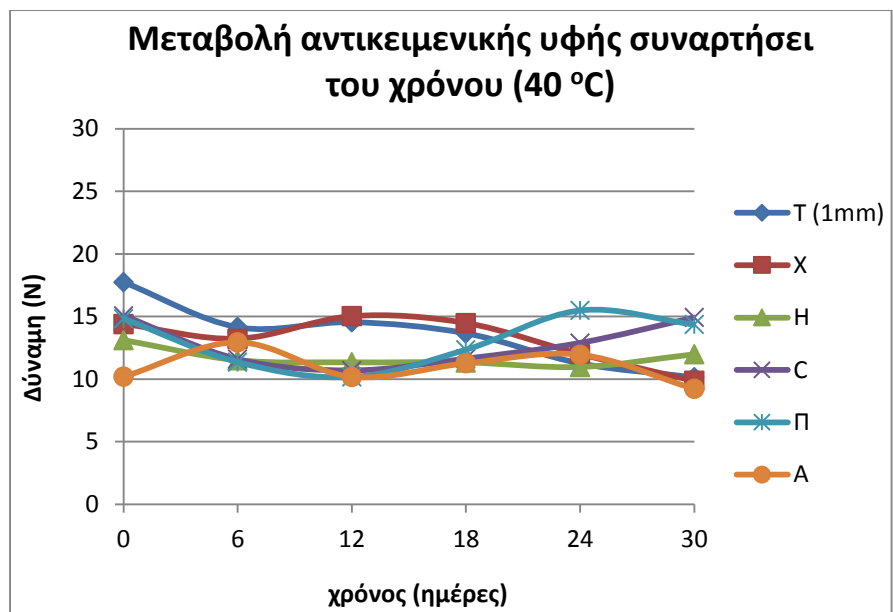
Τυφλό και επικαλυμμένα με εδώδιμες μεμβράνες δείγματα



Διάγραμμα 6.59: Μεταβολή της αντικειμενικής υφής συναρτήσει του χρόνου του τυφλού και των επικαλυμμένων δειγμάτων τσιπς plantain κατά την αποθήκευσή τους στους 4 °C.



Διάγραμμα 6.60: Μεταβολή της αντικειμενικής υφής συναρτήσει του χρόνου του τυφλού και των επικαλυμμένων δειγμάτων τσιπς plantain κατά την αποθήκευσή τους στους 25 °C.



Διάγραμμα 6.61: Μεταβολή της αντικειμενικής υφής συναρτήσει του χρόνου του τυφλού και των επικαλυμμένων δειγμάτων τσιπς plantain κατά την αποθήκευσή τους στους 40 °C.

Μελετώντας τα παραπάνω διαγράμματα συμπεραίνεται ότι η αντικειμενική υφή παρουσιάζει διακύμανση κατά τη διάρκεια του χρόνου χωρίς να μπορεί να γίνει διακριτή κάποια σαφής διαφορά μεταξύ των επικαλυμμένων δειγμάτων και του τυφλού.

Η στατιστική επεξεργασία των τιμών της αντικειμενικής υφής έδειξε ότι το είδος της μεμβράνης επικάλυψης και ο χρόνος αποθήκευσης των δειγμάτων συνεισφέρουν σημαντικά στην παράμετρο αυτή ($P < 0,05$). Μέσω των τεστ Duncan, αποδεικνύεται μάλιστα, ότι μεγαλύτερη αντικειμενική σκληρότητα έχουν τα τυφλά δείγματα, με τα επικαλυμμένα με χιτοζάνη να ακολουθούν επόμενα στη σειρά, ενώ τα επικαλυμμένα με αλγινικό νάτριο να αποτελούν τα πιο μαλακά. Τέλος, όλα τα δείγματα διατηρούνται στα επιθυμητά επίπεδα ως προς τη σκληρότητά τους μέχρι και την τελευταία ημέρα, με μικρές διαφορές να σημειώνονται μεταξύ των χρόνων δειγματοληψίας.

Περιεκτικότητα σε έλαιο

Τυφλά δείγματα

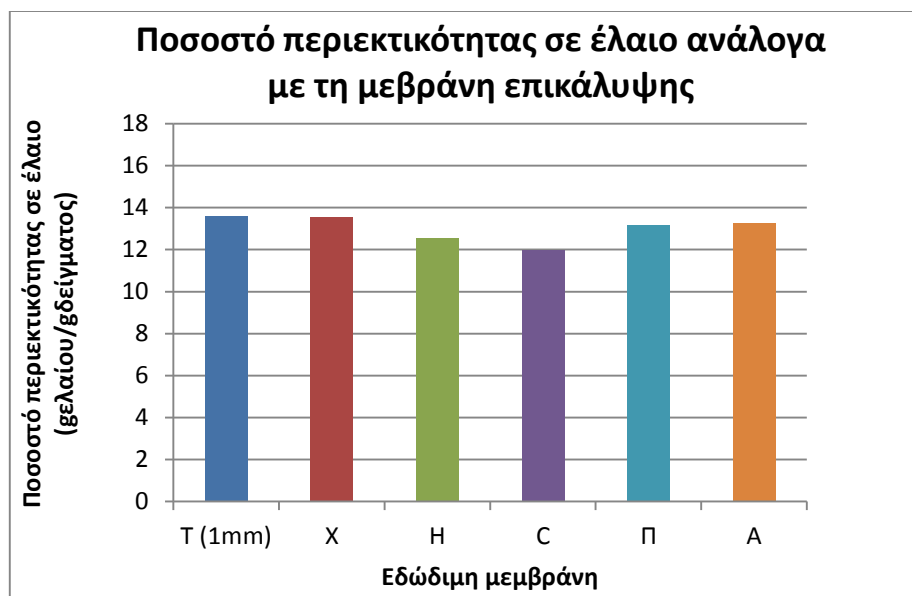


Διάγραμμα 6.62: Ποσοστό περιεκτικότητας σε έλαιο των δύο σειρών των τυφλών δειγμάτων plantain τσιπς διαφορετικού πάχους.

Όπως είναι φανερό από το παραπάνω διάγραμμα, τα τυφλά δείγματα πάχους 2 mm περιέχουν μικρότερη ποσότητα ελαίου από τα πιο λεπτά τσιπς.

Η περιεκτικότητα των πρώτων σε έλαιο ανέρχεται σε 10,53% ενώ των τελευταίων σε 13,57%.

Τυφλό και επικαλυμμένα με εδώδιμες μεμβράνες δείγματα



Διάγραμμα 6.63: Ποσοστό περιεκτικότητας σε έλαιο του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες δειγμάτων plantain τσιπς.

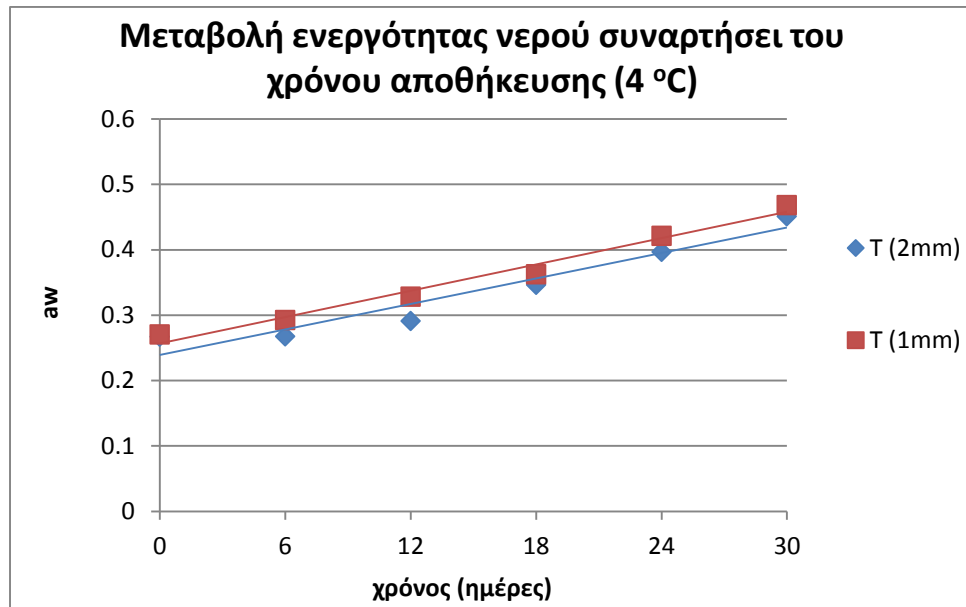
Από το Διάγραμμα 6.46 φαίνεται ότι τα επικαλυμμένα, με CMC δείγματα, απορρόφησαν τη μικρότερη ποσότητα ελαίου, ενώ το τυφλό δείγμα μαζί με της χιτοζάνης την περισσότερη. Στη συνέχεια παρατίθεται ο Πίνακας 6.10 με όλα τα ποσοστά των επικαλυμμένων και μη δειγμάτων.

Πίνακας 6.11: Ποσοστά περιεκτικότητας σε λιπαρό των plantain τσιπς

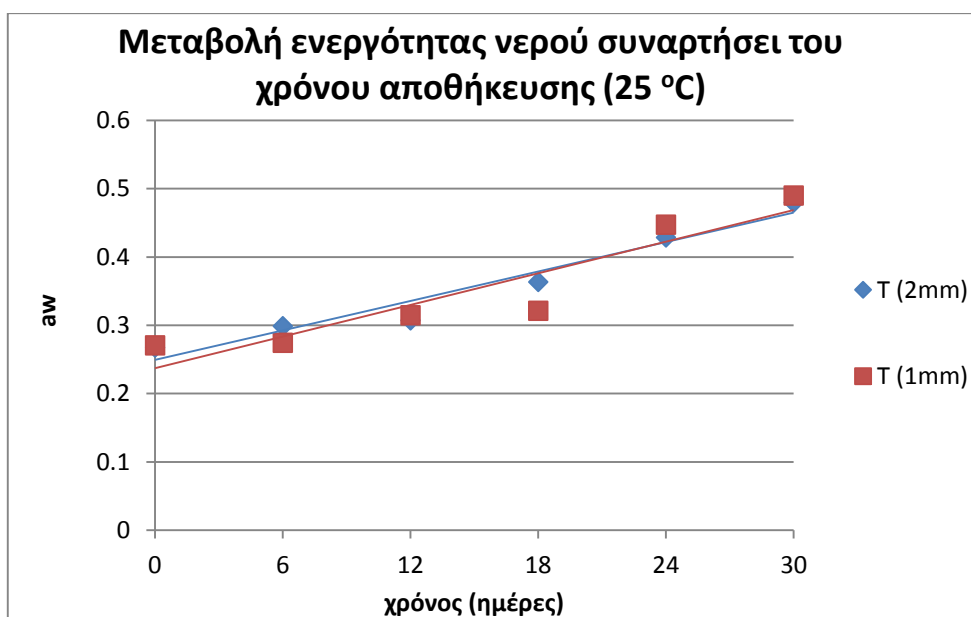
Εδώδιμη μεμβράνη	Περιεκτικότητα σε έλαιο (% gελαίου/gδείγματος)
Τυφλό	13,57
Χιτοζάνη	13,54
HPMC	12,56
CMC	11,96
Πηκτίνη	13,19
Αλγινικό Νάτριο	13,26

Ενεργότητα νερού

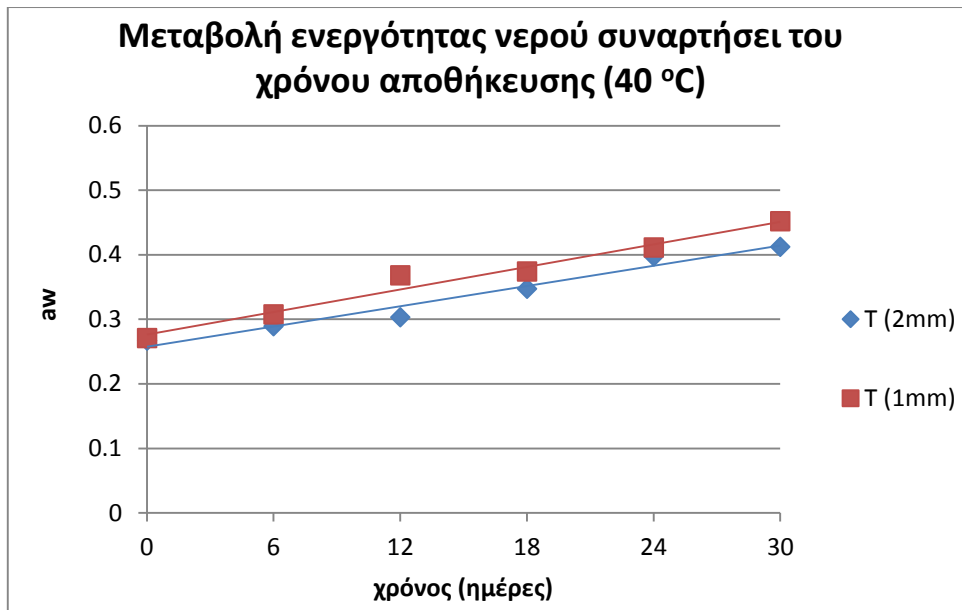
Τυφλά δείγματα



Διάγραμμα 6.64: Μεταβολή της ενεργότητας νερού συναρτήσει του χρόνου των δύο σειρών των τυφλών δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.



Διάγραμμα 6.65: Μεταβολή της ενεργότητας νερού συναρτήσει του χρόνου των δύο σειρών των τυφλών δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 25 °C.



Διάγραμμα 6.66: Μεταβολή της ενεργότητας νερού συναρτήσει του χρόνου των δύο σειρών των τυφλών δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 40 °C.

Η εικόνα των παραπάνω ευθειών δείχνει ότι δεν υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ των τιμών των τυφλών δειγμάτων και ότι και οι δύο σειρές παρουσιάζουν αυξητική τάση στην ενεργότητα νερού και στις τρεις θερμοκρασίες.

Στατιστικά, το πάχος του τυφλού δείγματος και ο χρόνος αποθήκευσης φαίνεται να παίζουν σημαντικό ρόλο στη μεταβολή της παραμέτρου της ενεργότητας νερού ($P < 0,05$), σε αντίθεση με τη θερμοκρασία που δεν επιδρά σημαντικά. Το τεστ Duncan έδειξε ότι τα πιο λεπτά δείγματα έχουν μεγαλύτερο μέσο όρο ενεργότητας νερού, ενώ μέχρι και την έκτη ημέρα δειγματοληψίας και οι δύο σειρές δειγμάτων διατηρούν σχεδόν σταθερά τα επίπεδα της ενεργότητας, με μία σημαντική αυξητική τάση να λαμβάνει χώρα από τις 12 ημέρες αποθήκευσης και μετά.

Από τις παραπάνω ευθείες βρίσκεται ο ρυθμός αύξησης της παραμέτρου της ενεργότητας νερού για τις δύο σειρές τυφλών δειγμάτων στις τρεις θερμοκρασίες αποθήκευσης.

Πίνακας 6.12: Ρυθμοί αύξησης της ενεργότητας νερού των τυφλών δειγμάτων plantain τσιπς στις τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες αποθήκευσης.

Τυφλό δείγμα	k (days ⁻¹)		
	4 °C	25 °C	40 °C
Τυφλό (1 mm)	0,0058	0,0067	0,0077
Τυφλό (2 mm)	0,0052	0,0065	0,0072

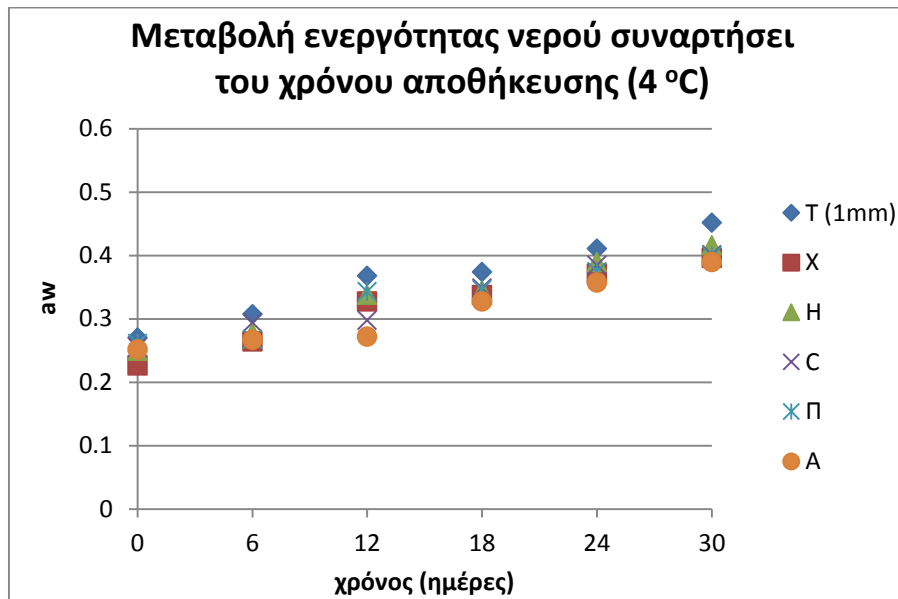
Έπειτα εφαρμόζεται το μαθηματικό μοντέλο του Arrhenius για τη μεταβολή των ρυθμών αύξησης της ενεργότητας νερού ως συνάρτηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης και μέσω της γραμμικοποίησής του με λογαρίθμηση προκύπτουν τα μεγέθη της ενέργειας ενεργοποίησης και της εμπειρικής σταθεράς k_{ref} για κάθε σειρά δειγμάτων.

Πίνακας 6.13: Τιμές παραμέτρων του μαθηματικού μοντέλου Arrhenius (E_a , k_{ref}) και του συντελεστή προσδιορισμού R^2 για κάθε σειρά δειγμάτων.

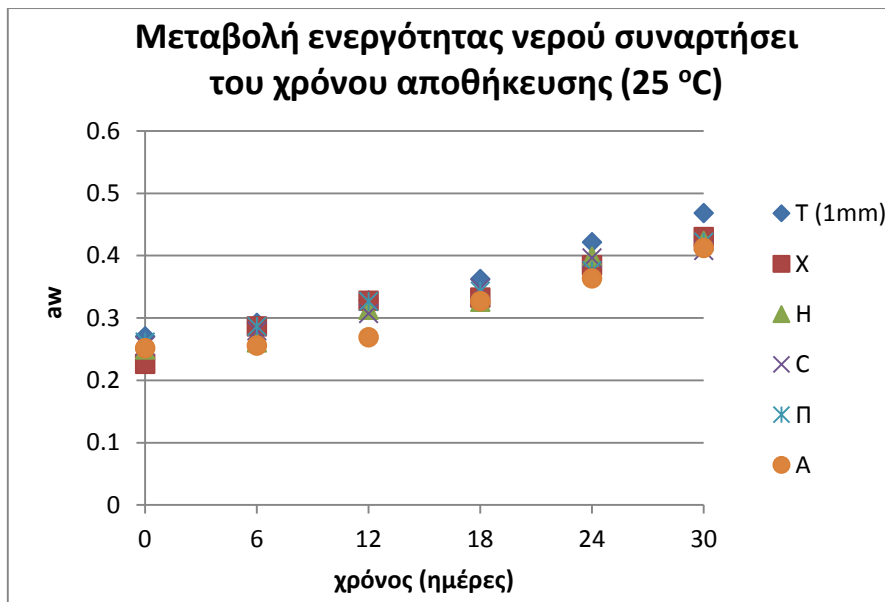
Τυφλό δείγμα	E_a (kJ/mol)	k_{ref} (days ⁻¹)	R^2
Τυφλό (1 mm)	5,59	0,0068	0,9859
Τυφλό (2 mm)	6,59	0,0064	0,9933

Η ενέργεια ενεργοποίησης του τυφλού δείγματος με πάχος 1 mm είναι κατά μία μονάδα μικρότερη από αυτή του τυφλού δείγματος των 2 mm, γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ο ρυθμός αύξησης της ενεργότητας νερού του πιο λεπτού δείγματος έχει ασθενέστερη εξάρτηση από τη μεταβολή της θερμοκρασίας σε σχέση με το άλλο δείγμα.

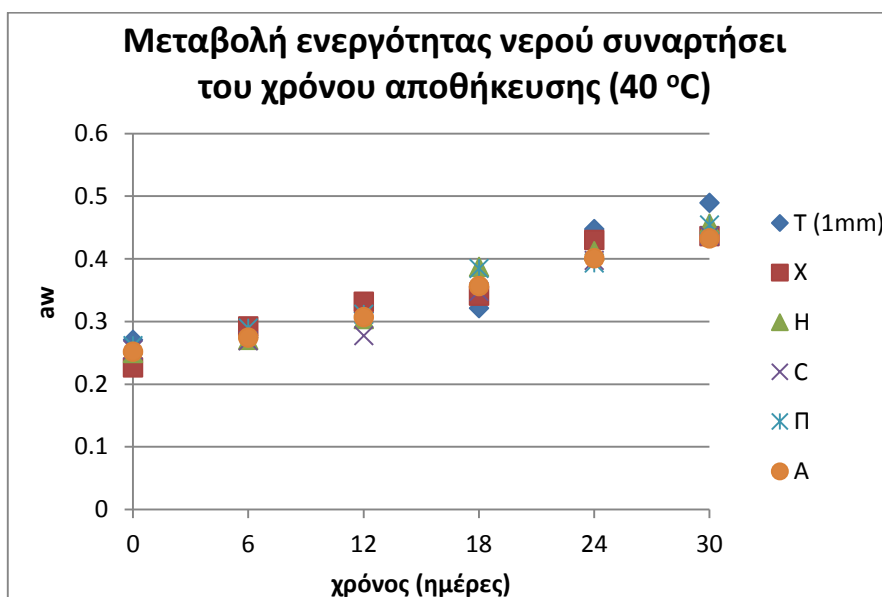
Τυφλό και επικαλυμμένα με εδώδιμες μεμβράνες δείγματα



Διάγραμμα 6.67: Μεταβολή της ενεργότητας νερού συναρτήσει του χρόνου του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.



Διάγραμμα 6.68: Μεταβολή της ενεργότητας νερού συναρτήσει του χρόνου του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 25 °C.



Διάγραμμα 6.69: Μεταβολή της ενεργότητας νερού συναρτήσει του χρόνου του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 40 °C.

Τα διαγράμματα μεταβολής της ενεργότητας νερού με το χρόνο δεν μπορούν να δώσουν μία σαφή εικόνα για τις διαφορές μεταξύ των επικαλυμμένων δειγμάτων, ενώ διακρίνεται μία ανοδική τάση στις τιμές όλων των δειγμάτων κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους.

Μελετώντας τα στατιστικά αποτελέσματα, διαπιστώνεται ότι όλοι οι παράγοντες συμβάλλουν σημαντικά στην παράμετρο της ενεργότητας νερού ($P < 0,05$). Πιο συγκεκριμένα, το τυφλό δείγμα αποδεικνύεται αυτό με το μεγαλύτερο μέσο όρο ενεργότητας νερού, ενώ τα επικαλυμμένα με αλγινικό νάτριο διακρίνονται ως αυτά με το χαμηλότερο μέσο όρο. Ακόμη, τα επίπεδα της ενεργότητας νερού των αποθηκευμένων στους 4 °C και στους 25 °C δειγμάτων διατηρούνται εξίσου ικανοποιητικά, σε αντίθεση με αυτά των 40 °C. Τέλος, αναφορικά με τον παράγοντα του χρόνου, διαπιστώνεται ότι όσο αυξάνεται η περίοδος αποθήκευσης, τόσο αυξάνεται και ο μέσος όρος της ενεργότητας νερού για τα δείγματα.

Οι ρυθμοί αύξησης της παραμέτρου της ενεργότητας νερού για τις σειρές του τυφλού και των επικαλυμμένων δειγμάτων στις τρεις θερμοκρασίες αποθήκευσης παρουσιάζονται παρακάτω.

Πίνακας 6.14: Ρυθμοί υποβάθμισης της συνολικής αρέσκειας του τυφλού και των επικαλυμμένων δειγμάτων plantain τσιπς στις τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες αποθήκευσης.

Εδώδιμη μεμβράνη	k (days ⁻¹)		
	4 °C	25 °C	40 °C
Τυφλό	0,0058	0,0067	0,0077
Χιτοζάνη	0,0056	0,0063	0,0070
HPMC	0,0056	0,0062	0,0073
CMC	0,0050	0,0055	0,0065
Πηκτίνη	0,0048	0,0052	0,0064
Αλγινικό Νάτριο	0,0048	0,0056	0,0063

Ακολουθεί η εφαρμογή του μαθηματικού μοντέλου του Arrhenius για τη μεταβολή των ρυθμών αύξησης της ενεργότητας νερού ως συνάρτηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης και μέσω της γραμμικοποίησής του με λογαρίθμηση προκύπτουν τα μεγέθη της ενέργειας ενεργοποίησης και της εμπειρικής σταθεράς k_{ref} για κάθε σειρά δειγμάτων.

Πίνακας 6.15: Τιμές παραμέτρων του μαθηματικού μοντέλου Arrhenius (E_a , k_{ref}) και του συντελεστή προσδιορισμού R^2 για κάθε σειρά δειγμάτων.

Εδώδιμη μεμβράνη	E_a (kJ/mol)	k_{ref} (days ⁻¹)	R^2
Τυφλό	5,59	0,0068	0,9859
Χιτοζάνη	4,41	0,0064	0,9906
HPMC	5,13	0,0065	0,9326
CMC	5,06	0,0057	0,9204
Πηκτίνη	5,46	0,0055	0,8624
Αλγινικό Νάτριο	5,41	0,0056	0,9973

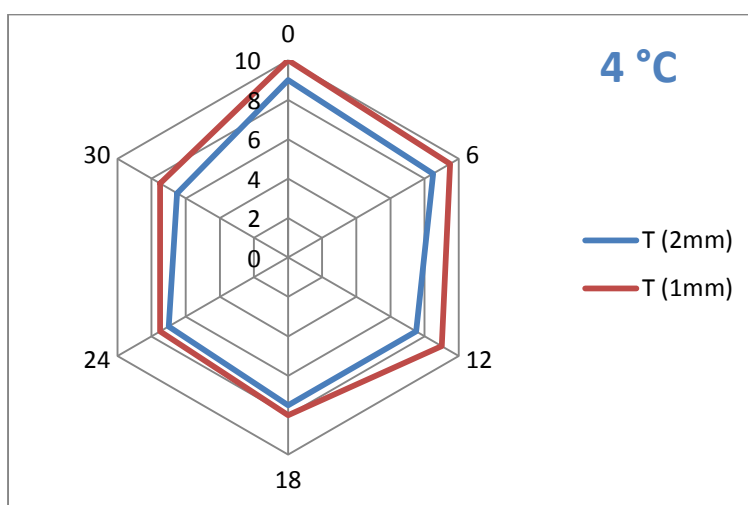
Η ενέργεια ενεργοποίησης του τυφλού δείγματος φαίνεται να είναι η μεγαλύτερη από όλες τις άλλες, γεγονός που σημαίνει ότι ο ρυθμός αύξησης της ενεργότητας νερού του τυφλού δείγματος έχει ισχυρότερη εξάρτηση από τη μεταβολή της θερμοκρασίας σε σχέση με τα επικαλυμμένα. Επιπλέον, η

ενεργότητα νερού των επικαλυμμένων με χιτοζάνη και CMC δειγμάτων αποδεικνύεται ότι επηρεάζεται σε μικρότερο βαθμό από τη θερμοκρασία σε σχέση με τα υπόλοιπα δείγματα.

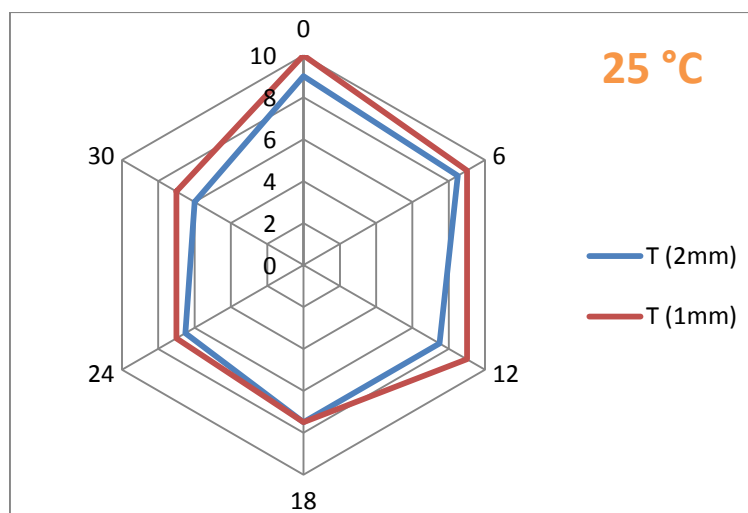
6.2.2 Οργανοληπτικά Χαρακτηριστικά

Συνολική Αρέσκεια

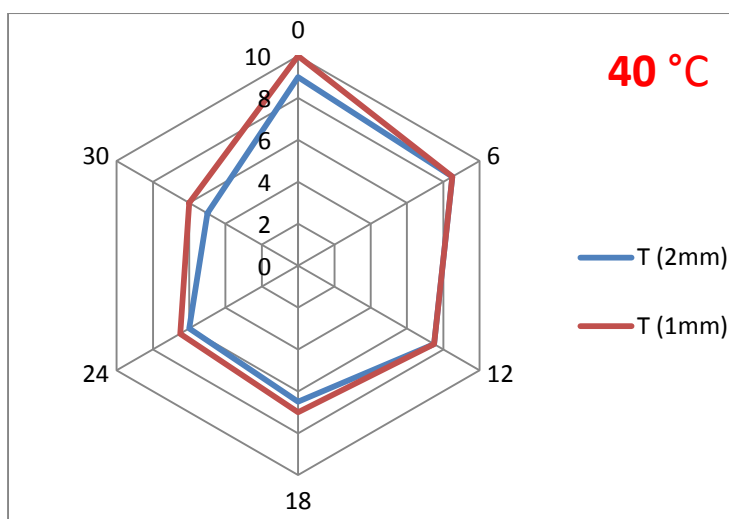
Τυφλά δείγματα



Διάγραμμα 6.70: Μεταβολή της συνολικής αρέσκειας συναρτήσει του χρόνου των δύο σειρών των τυφλών δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.



Διάγραμμα 6.71: Μεταβολή της συνολικής αρέσκειας συναρτήσει του χρόνου των δύο σειρών των τυφλών δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 25 °C.



Διάγραμμα 6.72: Μεταβολή της συνολικής αρέσκειας συναρτήσει του χρόνου των δύο σειρών των τυφλών δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 40 °C.

Τα τυφλά δείγματα των 2 mm φαίνεται να βαθμολογήθηκαν χαμηλότερα από τα τυφλά του 1 mm και στις τρεις θερμοκρασίες. Καλύτερη εικόνα για τις διαφορές τους ως προς τη συνολική αρέσκεια μπορεί να δοθεί με τη στατιστική επεξεργασία, η οποία φανερώνει ότι το πάχος του τυφλού δείγματος, η θερμοκρασία αλλά και ο χρόνος αποθήκευσης επιδρούν σημαντικά στην παράμετρο της συνολικής αρέσκειας ($P < 0,05$). Τα πιο λεπτά τσιπς παρουσιάζουν μεγαλύτερο μέσο όρο συνολικής αρέσκειας, ενώ όλα τα τυφλά δείγματα κρίνονται ικανοποιητικά αρεστά μέχρι και την 18^η ημέρα δειγματοληψίας.

Οι ρυθμοί υποβάθμισης της παραμέτρου της συνολικής αρέσκειας για τις δύο σειρές τυφλών δειγμάτων στις τρεις θερμοκρασίες αποθήκευσης παρατίθενται στον Πίνακα 6.16:

Πίνακας 6.16: Ρυθμοί υποβάθμισης της συνολικής αρέσκειας των τυφλών δειγμάτων plantain τσιπς στις τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες αποθήκευσης.

Τυφλό δείγμα	k (days ⁻¹)		
	4 °C	25 °C	40 °C
Τυφλό (1 mm)	0,0929	0,1071	0,1262
Τυφλό (2 mm)	0,0810	0,100	0,1357

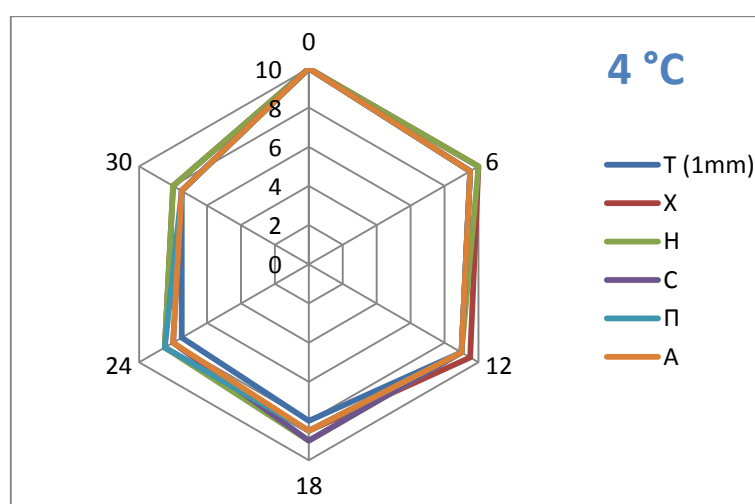
Εφαρμόζοντας το μαθηματικό μοντέλο του Arrhenius για τη μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της συνολικής αρέσκειας ως συνάρτηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης προκύπτουν τα μεγέθη της ενέργειας ενεργοποίησης και της εμπειρικής σταθεράς k_{ref} για κάθε σειρά δειγμάτων.

Πίνακας 6.17: Τιμές παραμέτρων του μαθηματικού μοντέλου Arrhenius (E_a , k_{ref}) και του συντελεστή προσδιορισμού R^2 για κάθε σειρά δειγμάτων.

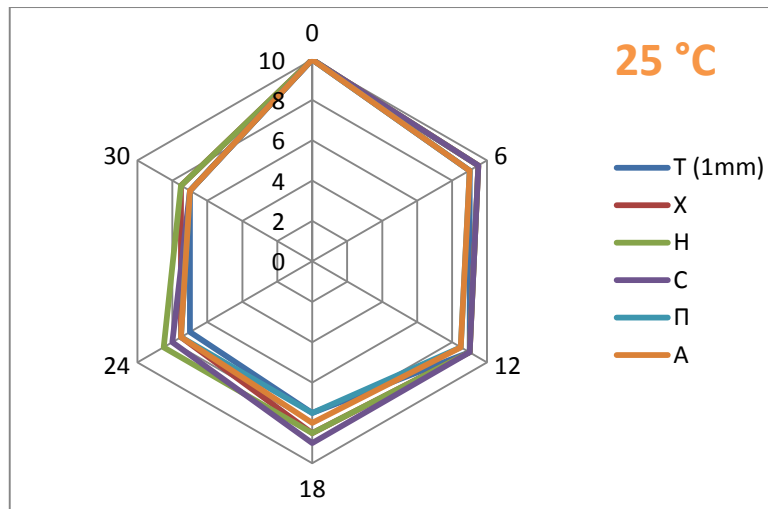
Τυφλό δείγμα	E_a (kJ/mol)	k_{ref} (days ⁻¹)	R^2
Τυφλό (1 mm)	5,99	0,1103	0,9712
Τυφλό (2 mm)	10,02	0,1071	0,9459

Η ενέργεια ενεργοποίησης του τυφλού δείγματος με πάχος 1 mm είναι κατά πολύ μικρότερη από αυτή του τυφλού δείγματος των 2 mm, γεγονός που δηλώνει ότι ο ρυθμός υποβάθμισης της συνολικής αρέσκειας του πιο λεπτού δείγματος εμφανίζει ασθενέστερη εξάρτηση από τη μεταβολή της θερμοκρασίας σε σχέση με το άλλο δείγμα.

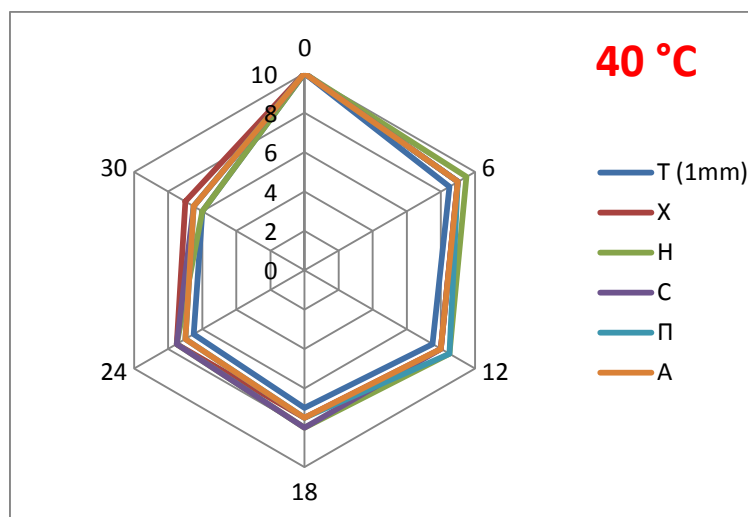
Τυφλό και επικαλυμμένα με εδώδιμες μεμβράνες δείγματα



Διάγραμμα 6.73: Μεταβολή της συνολικής αρέσκειας συναρτήσει του χρόνου του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.



Διάγραμμα 6.74: Μεταβολή της συνολικής αρέσκειας συναρτήσει του χρόνου του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 25 °C.



Διάγραμμα 6.75: Μεταβολή της συνολικής αρέσκειας συναρτήσει του χρόνου του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 40 °C.

Η συνολική αρέσκεια των δειγμάτων των plantain τσιπς φαίνεται να βαθμολογήθηκε αρκετά υψηλά από την ομάδα των δοκιμαστών και στις τρεις θερμοκρασίες.

Στατιστικά, τόσο το είδος του επικαλυπτικού όσο και η θερμοκρασία και ο χρόνος αποθήκευσης επιδρούν σημαντικά στην παράμετρο της συνολικής αρέσκειας ($P < 0,05$). Από τα τεστ Duncan, διαπιστώνεται ότι τα επικαλυμμένα με HPMC και χιτοζάνη δείγματα λαμβάνουν την υψηλότερη βαθμολογία από τους δοκιμαστές ενώ η χαμηλότερη αντιστοιχεί στο τυφλό δείγμα. Όσον αφορά τη θερμοκρασία αποθήκευσης, τα δείγματα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους, με τα αποθηκευμένα στους 4 °C να βαθμολογούνται πιο υψηλά από τα άλλα. Τέλος, οι δοκιμαστές έκριναν ότι όλα τα δείγματα ήταν αποδεκτά μέχρι και την τελευταία ημέρα δειγματοληψίας.

Οι ρυθμοί υποβάθμισης της παραμέτρου της συνολικής αρέσκειας για το τυφλό δείγμα και τα επικαλυμμένα με εδώδιμες μεμβράνες στις τρεις θερμοκρασίες αποθήκευσης παρατίθενται στον Πίνακα 6.18:

Πίνακας 6.18: Ρυθμοί υποβάθμισης της συνολικής αρέσκειας του τυφλού και των επικαλυμμένων δειγμάτων plantain τσιπς στις τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες αποθήκευσης.

Εδώδιμη μεμβράνη	k (days ⁻¹)		
	4 °C	25 °C	40 °C
Τυφλό	0,0929	0,1071	0,1262
Χιτοζάνη	0,0738	0,0905	0,0952
HPMC	0,0810	0,0881	0,0952
CMC	0,0690	0,0929	0,1048
Πηκτίνη	0,0762	0,0976	0,1024
Αλγινικό Νάτριο	0,0714	0,0833	0,1024

Από την εφαρμογή του μαθηματικού μοντέλου του Arrhenius για τη μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της συνολικής αρέσκειας ως συνάρτηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης προκύπτουν τα παρακάτω μεγέθη.

Πίνακας 6.19: Τιμές παραμέτρων του μαθηματικού μοντέλου Arrhenius (E_a , k_{ref}) και του συντελεστή προσδιορισμού R^2 για κάθε σειρά δειγμάτων.

Εδώδιμη μεμβράνη	E_a (kJ/mol)	k_{ref} (days ⁻¹)	R^2
Τυφλό	5,99	0,1103	0,9712
Χιτοζάνη	5,24	0,0876	0,9585
HPMC	6,16	0,0889	0,9888
CMC	8,49	0,0904	0,9879
Πηκτίνη	6,11	0,0934	0,9425
Αλγινικό Νάτριο	7,02	0,0870	0,9553

Η ενέργεια ενεργοποίησης των επικαλυμμένων με CMC δειγμάτων λαμβάνει την υψηλότερη τιμή, γεγονός που δηλώνει ότι ο ρυθμός υποβάθμισης της συνολικής αρέσκειας των δειγμάτων αυτών παρουσιάζει ισχυρή εξάρτηση από τη μεταβολή της θερμοκρασίας αποθήκευσης.

Με βάση τη συνολική αρέσκεια και τις παραμέτρους του Arrhenius, που υπολογίστηκαν, προσδιορίζεται ο χρόνος ζωής των δειγμάτων plantain τσιπς στις τρεις θερμοκρασίες. Ως όριο συνολικής αρέσκειας επιλέγεται το 5.

Ο υπολογισμός του χρόνου διατηρησιμότητας γίνεται με χρήση της παρακάτω εξίσωσης:

$$t_{SL} = \frac{S_0 - S_l}{K_{sens} \cdot \exp\left[-\frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}}\right)\right]}$$

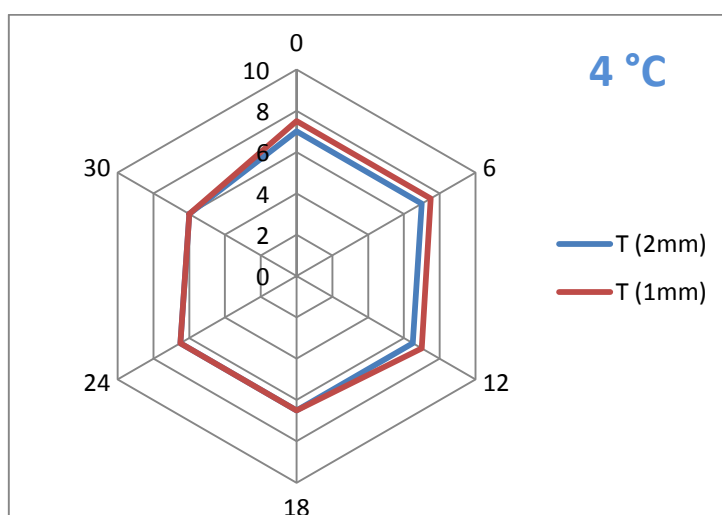
Πίνακας 6.20: Χρόνοι διατηρησιμότητας των τυφλών και των επικαλυμμένων δειγμάτων plantain τσιπς με βάση τη συνολική τους αρέσκεια σε θερμοκρασίες 4 °C, 25 °C και 40 °C.

Είδος επικαλυπτικού	t_{sl} (days)		
	4 °C	25 °C	40 °C
T (1mm)	54	47	40
T (2mm)	62	50	37
Χιτοζάνη	68	55	53
HPMC	62	57	53
CMC	62	54	48
Πηκτίνη	66	51	49
Αλγινικό νάτριο	70	60	49

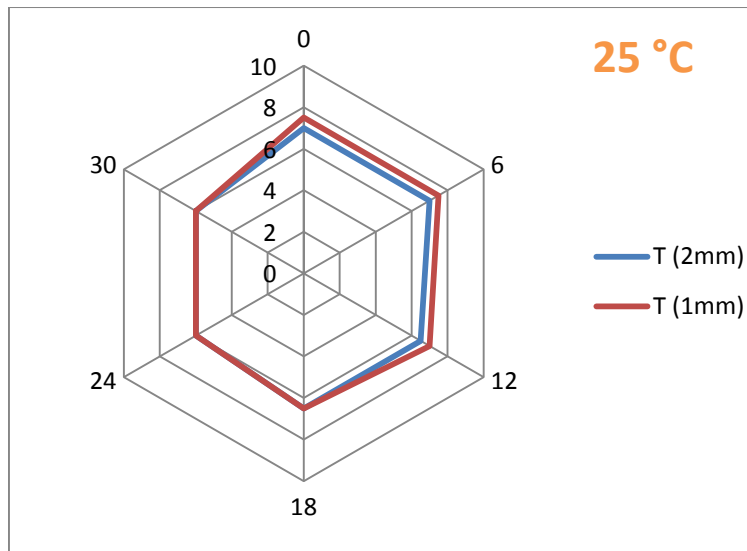
Από τον παραπάνω πίνακα εξάγεται το συμπέρασμα ότι στους 4 °C τα δείγματα που διατηρούνται καλύτερα είναι τα επικαλυμμένα με χιτοζάνη και αλγινικό νάτριο, στους 25 °C τα επικαλυμμένα με αλγινικό και HPMC ενώ στους 40 °C τα επικαλυμμένα με χιτοζάνη, HPMC και αλγινικό. Όσον αφορά τη σύγκριση μεταξύ των τυφλών δειγμάτων, τα δείγματα με το μεγαλύτερο πάχος φαίνεται να διατηρούνται περισσότερο στους 4 °C και στους 25 °C, ενώ στους 40 °C ο χρόνος ζωής τους είναι κατά 3 ημέρες μικρότερος από τα πιο λεπτά τσιπς.

Τραγανή υφή

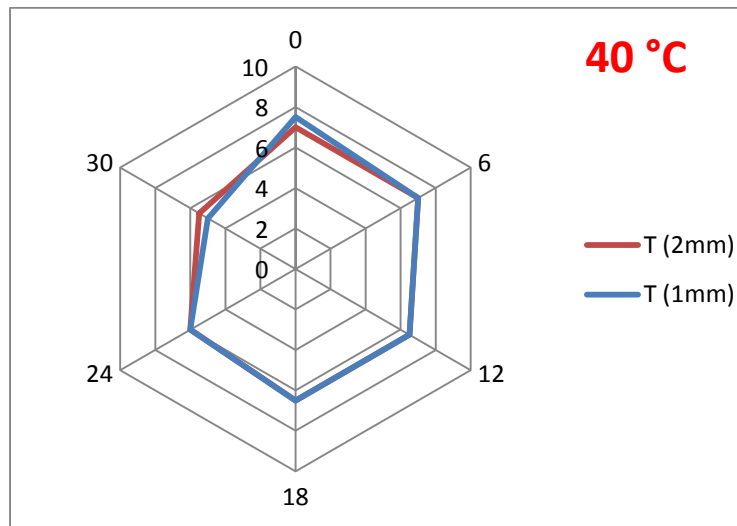
Τυφλά δείγματα



Διάγραμμα 6.76: Μεταβολή της τραγανής υφής συναρτήσει του χρόνου των δύο σειρών των τυφλών δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.



Διάγραμμα 6.77: Μεταβολή της τραχανής υφής συναρτήσει του χρόνου των δύο σειρών των τυφλών δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 25 °C.



Διάγραμμα 6.78: Μεταβολή της τραχανής υφής συναρτήσει του χρόνου των δύο σειρών των τυφλών δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 40 °C.

Η μεταβολή της τραγανότητας των τυφλών δειγμάτων με το χρόνο φαίνεται να παρουσιάζει μικρή πτωτική τάση, ενώ από τα διαγράμματα αυτά δεν είναι εφικτό να εξαχθεί ένα σαφές συμπέρασμα για τις διαφορές σε σχέση με το πάχος των τυφλών τσιπς.

Στατιστικά όλοι οι παράγοντες επιδρούν σημαντικά στην τραγανή υφή των τυφλών δειγμάτων ($P < 0,05$). Πιο αναλυτικά, τα πιο λεπτά δείγματα αποδεικνύεται ότι έχουν πιο τραγανή υφή, ενώ όλα τα δείγματα βαθμολογούνται ικανοποιητικά ως προς την τραγανότητάς τους μέχρι και την 24^η ημέρα δειγματοληψίας

Οι ρυθμοί υποβάθμισης της παραμέτρου της τραγανής υφής για τις δύο σειρές τυφλών δειγμάτων στις τρεις θερμοκρασίες αποθήκευσης παρατίθενται στον Πίνακα 6.21:

Πίνακας 6.21: Ρυθμοί υποβάθμισης της τραγανής υφής των τυφλών δειγμάτων plantain τσιπς στις τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες αποθήκευσης.

Τυφλό δείγμα	k (days ⁻¹)		
	4 °C	25 °C	40 °C
Τυφλό (1 mm)	0,0524	0,0595	0,0738
Τυφλό (2 mm)	0,0310	0,0381	0,0500

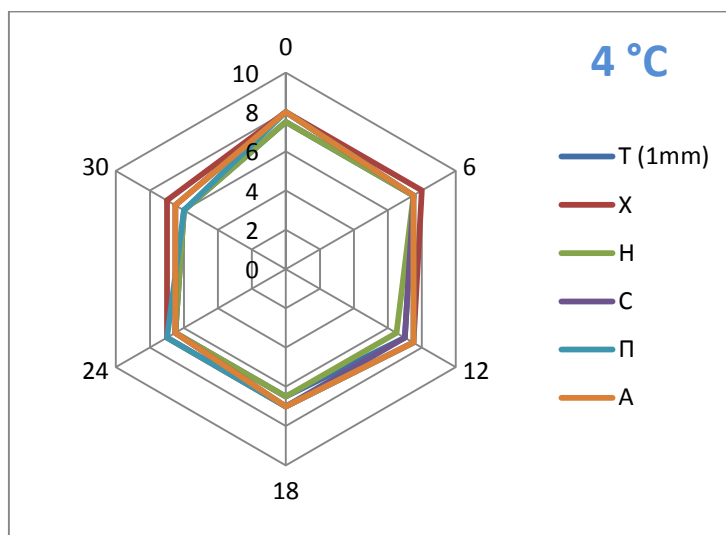
Εφαρμόζοντας το μαθηματικό μοντέλο του Arrhenius για τη μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της τραγανής υφής ως συνάρτηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης προκύπτουν τα μεγέθη της ενέργειας ενεργοποίησης και της εμπειρικής σταθεράς k_{ref} για κάθε σειρά δειγμάτων.

Πίνακας 6.22: Τιμές παραμέτρων του μαθηματικού μοντέλου Arrhenius (E_a , k_{ref}) και του συντελεστή προσδιορισμού R^2 για κάθε σειρά δειγμάτων.

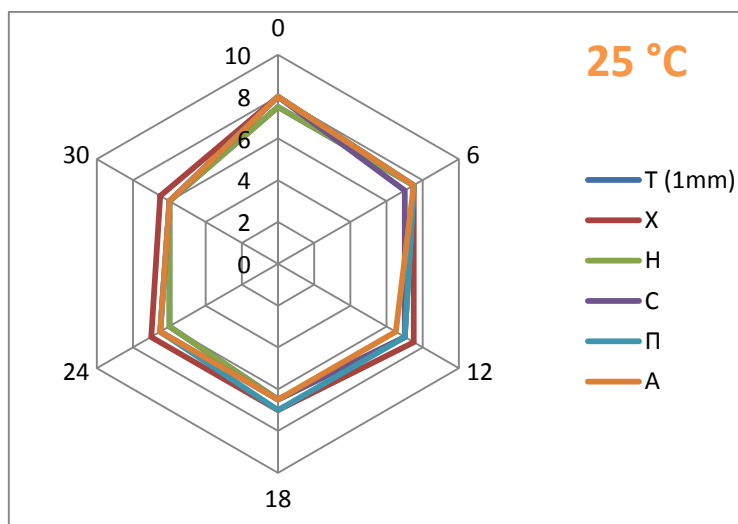
Τυφλό δείγμα	E_a (kJ/mol)	k_{ref} (days ⁻¹)	R^2
Τυφλό (1 mm)	6,61	0,0403	0,9572
Τυφλό (2 mm)	9,32	0,0628	0,9251

Η ενέργεια ενεργοποίησης του τυφλού δείγματος με πάχος 1 mm είναι κατά πολύ μικρότερη από αυτή του τυφλού δείγματος των 2 mm, γεγονός που δηλώνει ότι ο ρυθμός υποβάθμισης της τραγανής υφής των πιο παχιών δειγμάτων έχει ισχυρότερη εξάρτηση από τη θερμοκρασία.

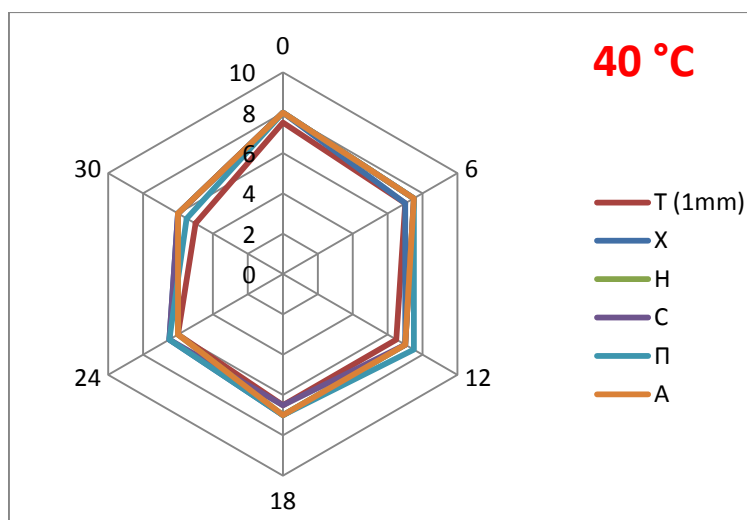
Τυφλό και επικαλυμμένα με εδώδιμες μεμβράνες δείγματα



Διάγραμμα 6.79: Μεταβολή της τραγανής υφής συναρτήσει του χρόνου του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.



Διάγραμμα 6.80: Μεταβολή της τραγανής υφής συναρτήσει του χρόνου του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 25 °C.

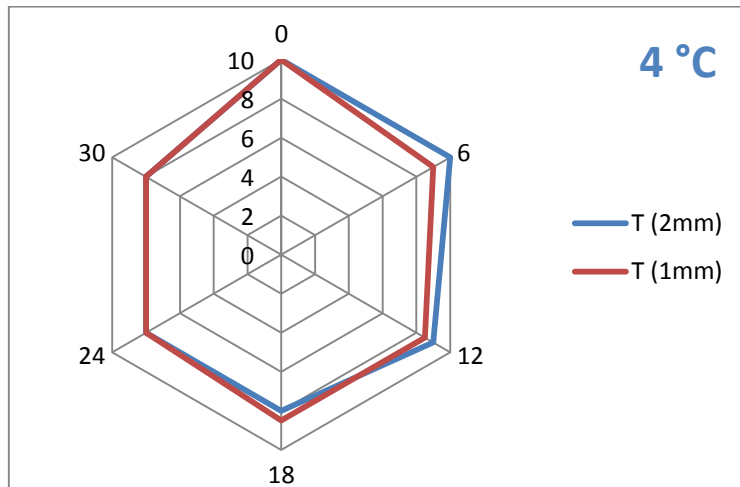


Διάγραμμα 6.81: Μεταβολή της τραγανής υφής συναρτήσει του χρόνου του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 40 °C.

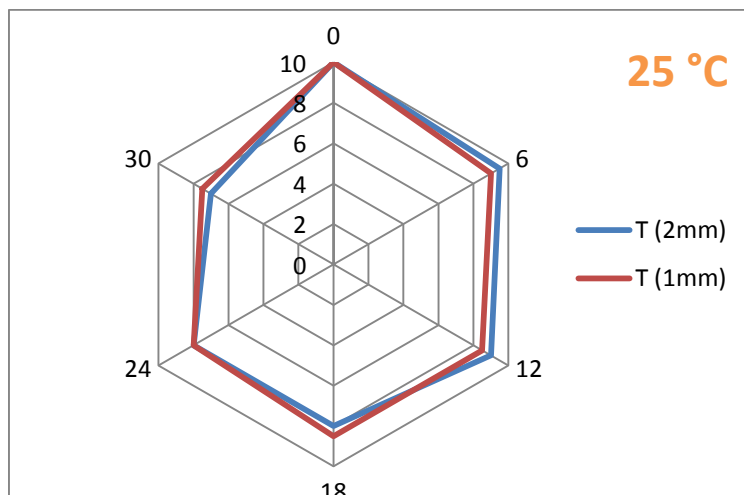
Από τα διαγράμματα δεν μπορεί να σχηματιστεί μια σαφής εικόνα για τη μεταβολή της τραγανής υφής. Έτσι οι τιμές της παραμέτρου αυτής εξετάζονται στατιστικά και αποδεικνύεται ότι όλοι οι παράγοντες συμβάλλουν σημαντικά στο χαρακτηριστικό αυτό ($P < 0,05$). Αναλυτικότερα, τα πιο τραγανά δείγματα κρίνονται τα επικαλυμμένα με χιτοζάνη, τα οποία δεν διαφέρουν σημαντικά από τα επικαλυμμένα με πηκτίνη. Αντίθετα στα λιγότερο τραγανά κατατάσσονται τα τυφλά και τα επικαλυμμένα με HPMC τσιπς. Αναφορικά με τον χρόνο αποθήκευσης, όλα τα δείγματα εμφανίζουν σημαντικές διαφορές από δειγματοληψία σε δειγματοληψία, με μία συνεχή τάση υποβάθμισης της τραγανότητάς τους.

Γεύση

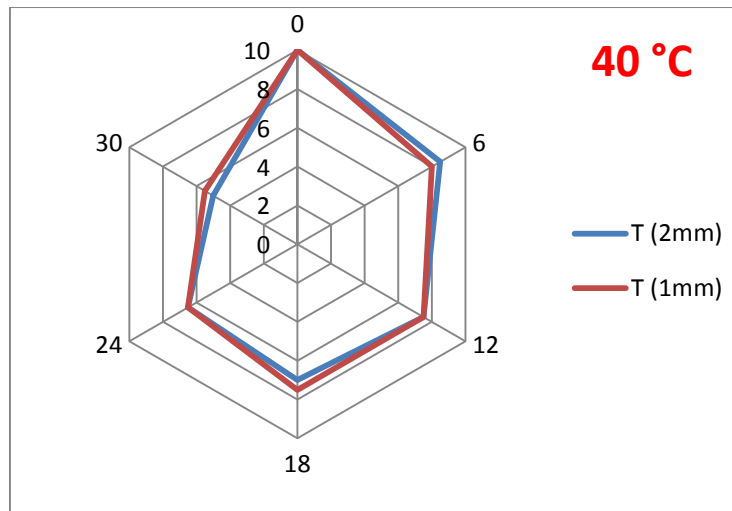
Τυφλά δείγματα



Διάγραμμα 6.82: Μεταβολή της γεύσης συναρτήσει του χρόνου των δύο σειρών των τυφλών δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.



Διάγραμμα 6.83: Μεταβολή της γεύσης συναρτήσει του χρόνου των δύο σειρών των τυφλών δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 25 °C.



Διάγραμμα 6.84: Μεταβολή της γεύσης συναρτήσει του χρόνου των δύο σειρών των τυφλών δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 40 °C.

Το συμπέρασμα που εξάγεται από τα παραπάνω διαγράμματα είναι ότι η γεύση των τυφλών δειγμάτων μεταβάλλεται τόσο με το χρόνο όσο και με τη θερμοκρασία αποθήκευσης, ενώ μεταξύ των δειγμάτων διαφορετικού πάχους δεν σημειώνεται μεγάλη διαφορά.

Στατιστικά φαίνεται ότι η θερμοκρασία και ο χρόνος αποθήκευσης είναι όντως οι δύο παράγοντες που επιδρούν σημαντικά στην παράμετρο της γεύσης ($P < 0,05$). Από τα τεστ Duncan διαπιστώνεται ότι τα δείγματα είναι αποδεκτά ως προς τη γεύση τους και στις τρεις θερμοκρασίες αποθήκευσης με τους 40 °C να αντιστοιχούν, όπως είναι αναμενόμενο στα λιγότερο αποδεκτά, ενώ μέχρι και την τελευταία ημέρα δειγματοληψίας διατηρήθηκαν αρκετά ικανοποιητικά ως προς τη γεύση τους.

Ακόμη, βρίσκονται και για αυτή την ποιοτική παράμετρο οι ρυθμοί υποβάθμισης για τις δύο σειρές τυφλών δειγμάτων στις τρεις θερμοκρασίες αποθήκευσης.

Πίνακας 6.23: Ρυθμοί υποβάθμισης της γεύσης των τυφλών δειγμάτων plantain τσιπς στις τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες αποθήκευσης.

Τυφλό δείγμα	k (days ⁻¹)		
	4 °C	25 °C	40 °C
Τυφλό (1 mm)	0,0619	0,0738	0,1286
Τυφλό (2 mm)	0,0810	0,0976	0,1500

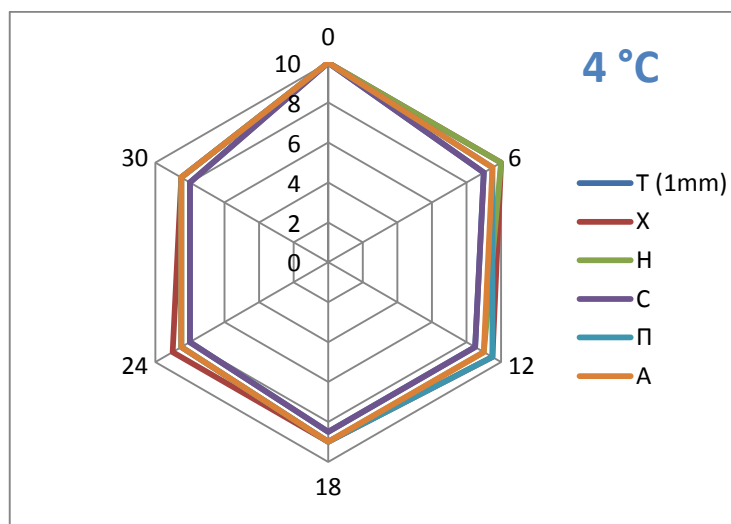
Εφαρμόζοντας το μαθηματικό μοντέλο του Arrhenius για τη μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της γεύσης ως συνάρτηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης προκύπτουν τα μεγέθη της ενέργειας ενεργοποίησης και της εμπειρικής σταθεράς k_{ref} για κάθε σειρά δειγμάτων.

Πίνακας 6.24: Τιμές παραμέτρων του μαθηματικού μοντέλου Arrhenius (E_a , k_{ref}) και του συντελεστή προσδιορισμού R^2 για κάθε σειρά δειγμάτων.

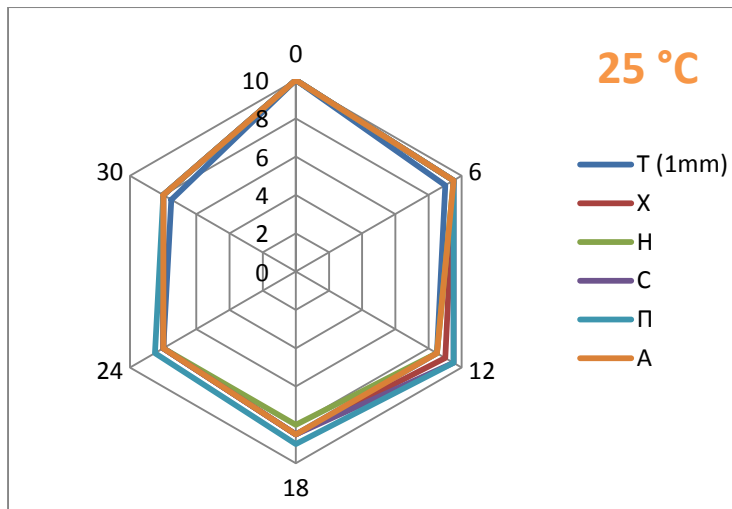
Τυφλό δείγμα	E_a (kJ/mol)	k_{ref} (days ⁻¹)	R^2
Τυφλό (1 mm)	13,84	0,0403	0,9572
Τυφλό (2 mm)	11,77	0,0628	0,9251

Η ενέργεια ενεργοποίησης του τυφλού δείγματος με πάχος 1 mm είναι κατά πολύ μικρότερη από αυτή του τυφλού δείγματος των 2 mm, γεγονός που δηλώνει ότι ο ρυθμός υποβάθμισης της τραγανής υφής των πιο παχιών δειγμάτων έχει ισχυρότερη εξάρτηση από τη θερμοκρασία.

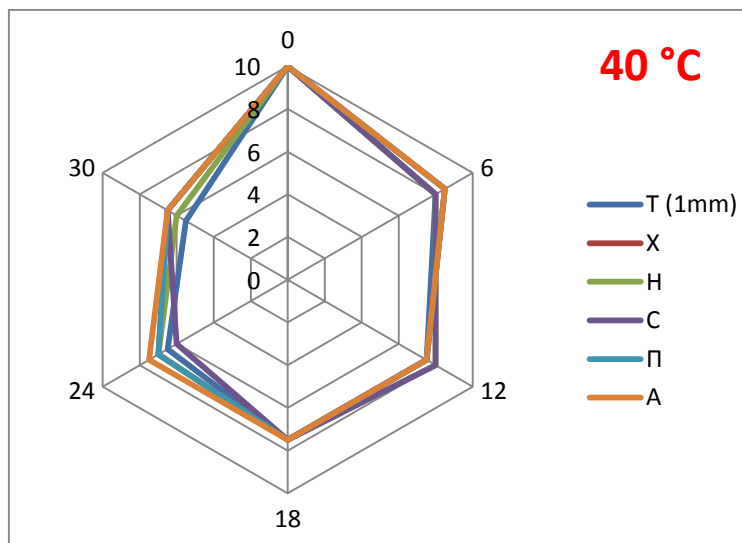
Τυφλό και επικαλυμμένα με εδώδιμες μεμβράνες δείγματα



Διάγραμμα 6.85: Μεταβολή της γεύσης συναρτήσει του χρόνου του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C.



Διάγραμμα 6.86: Μεταβολή της γεύσης συναρτήσει του χρόνου του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 25 °C.

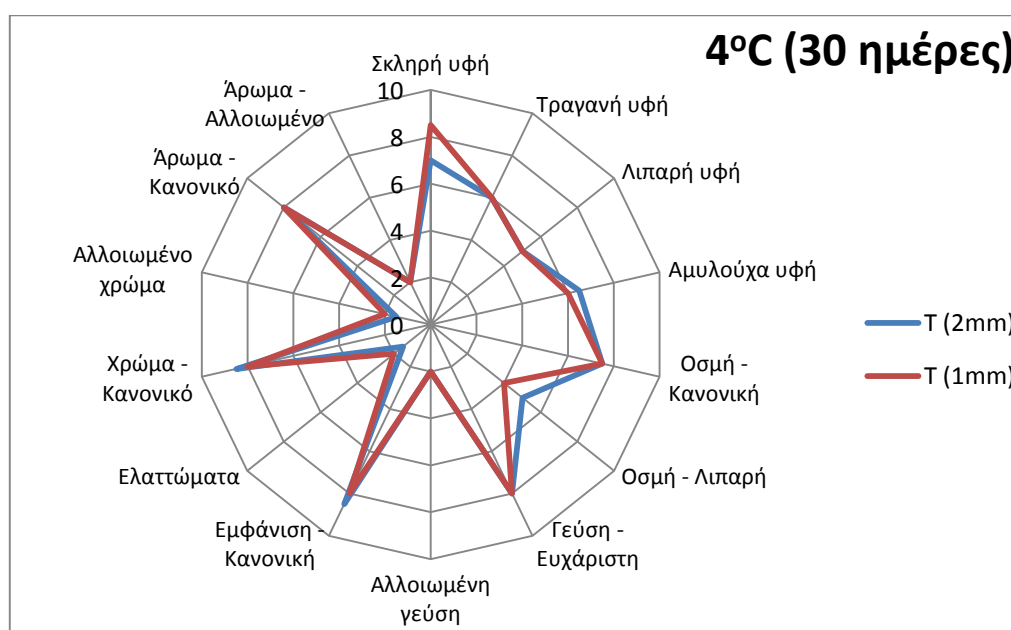


Διάγραμμα 6.87: Μεταβολή της γεύσης συναρτήσει του χρόνου του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 40 °C.

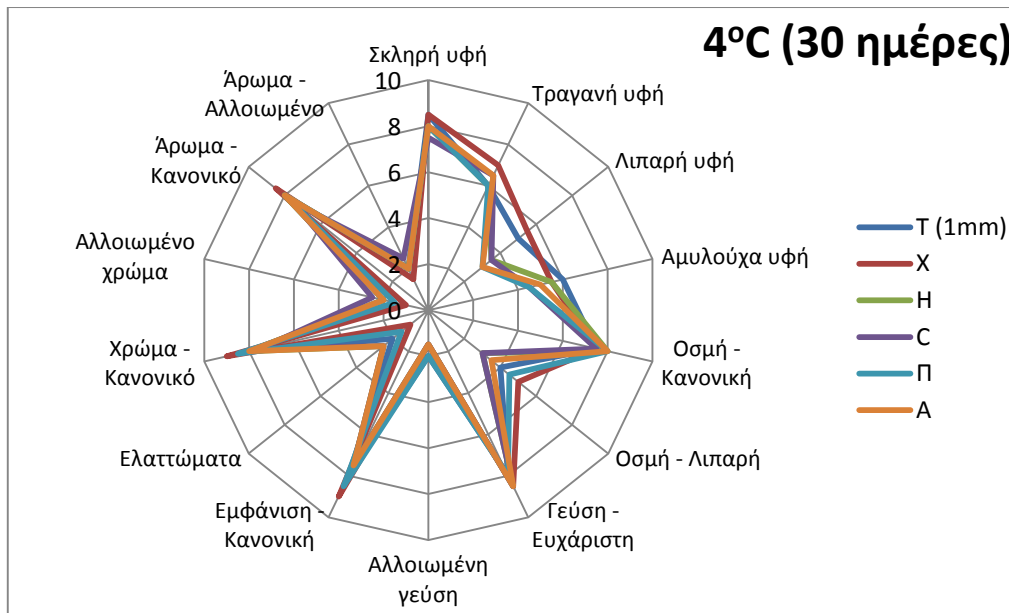
Παρατηρώντας τα διαγράμματα, η μόνη διαπίστωση που μπορεί να γίνει με βεβαιότητα είναι ότι η γεύση των δειγμάτων υποβαθμίζεται με την αύξηση της θερμοκρασίας διατήρησης. Στατιστικά αποδεικνύεται ότι όλοι οι παράγοντες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην παράμετρο της γεύσης ($P < 0,05$). Ανάμεσα στα επικαλυπτικά, η πηκτίνη φαίνεται να έχει την καλύτερη επίδραση στη γεύση του προϊόντος, ενώ το τυφλό παρουσιάζει το μικρότερο μέσο όρο.

Όσον αφορά τη θερμοκρασία αποθήκευσης, εντοπίζονται σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγμάτων, με τη θερμοκρασία των 4 °C να αντιστοιχεί στα δείγματα που διατηρούν την καλύτερη γεύση. Τέλος, η γεύση όλων των δειγμάτων διατηρείται στα επιθυμητά επίπεδα μέχρι και τις 30 ημέρες αποθήκευσης.

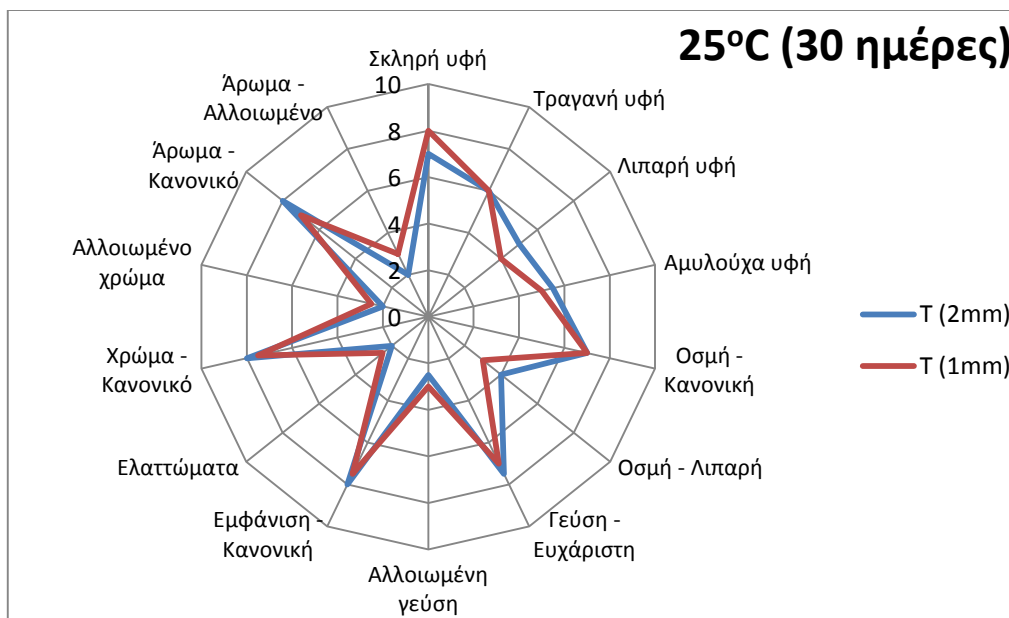
Τα παραπάνω οργανοληπτικά χαρακτηριστικά μαζί με κάποια ακόμα, που θεωρήθηκαν σημαντικά για την αξιολόγηση των τυφλών και των επικαλυμμένων δειγμάτων, παρουσιάζονται συνολικά στα παρακάτω διαγράμματα για 30 ημέρες αποθήκευσης. Σημειώνεται ότι



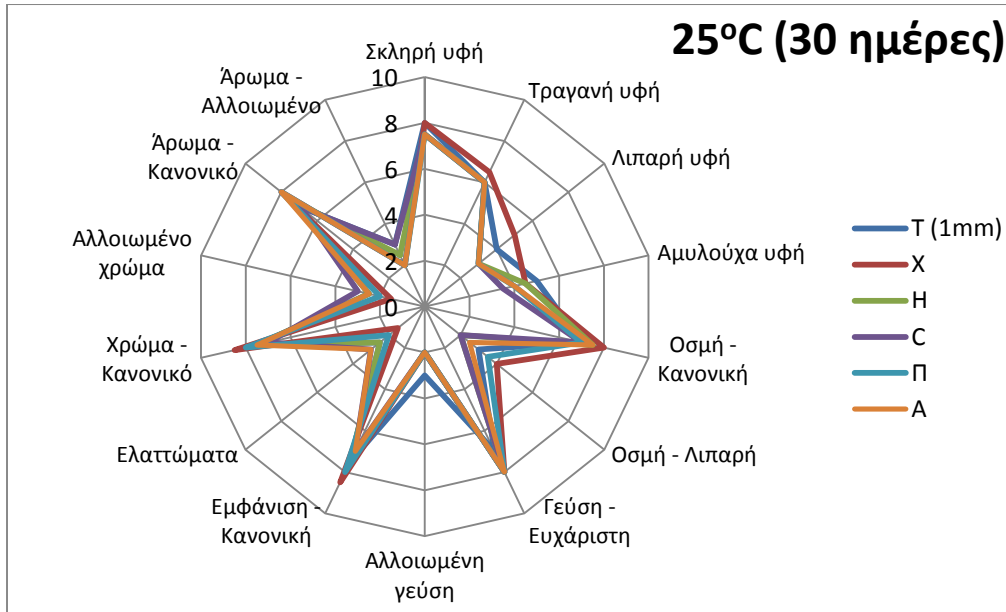
Διάγραμμα 6.88: Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των δύο σειρών των τυφλών δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C για 30 ημέρες.



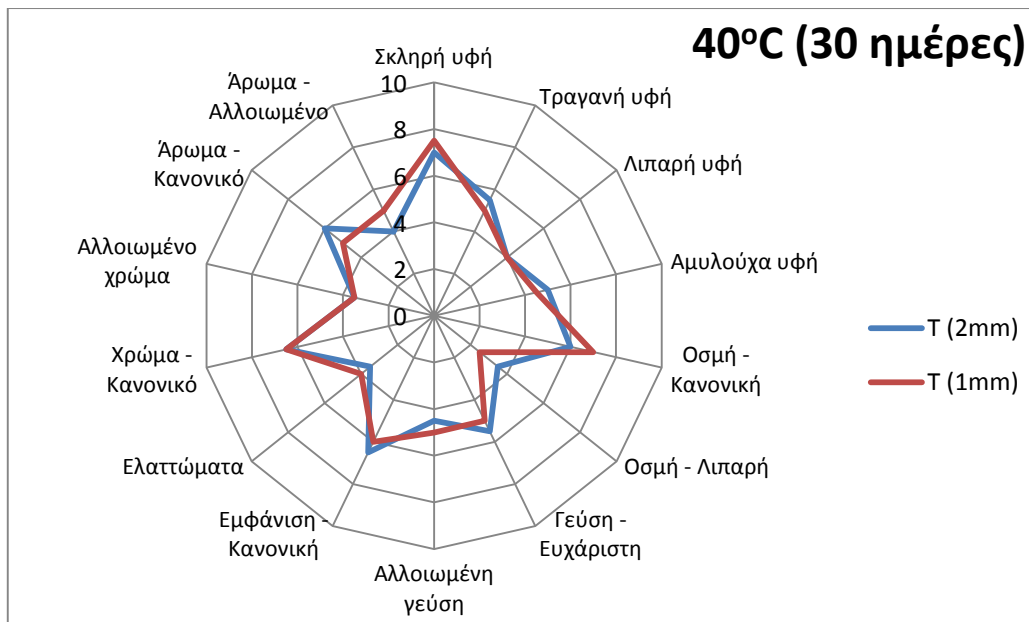
Διάγραμμα 6.89: Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 4 °C για 30 ημέρες.



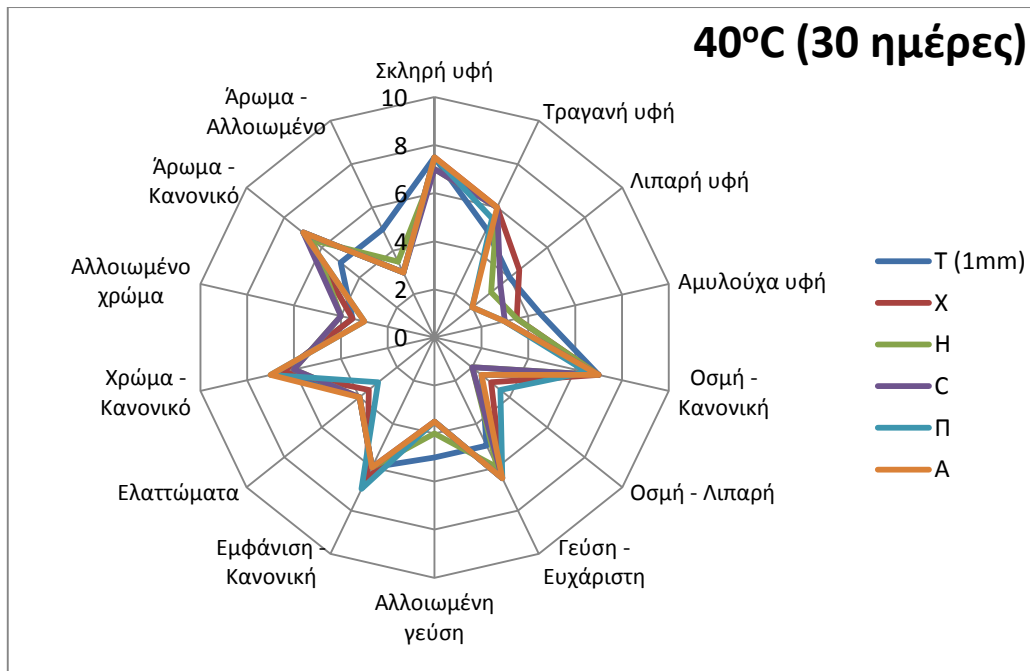
Διάγραμμα 6.90: Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των δύο σειρών των τυφλών δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 25 °C για 30 ημέρες.



Διάγραμμα 6.91: Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 25 °C για 30 ημέρες.



Διάγραμμα 6.92: Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των δύο σειρών των τυφλών δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 40 °C για 30 ημέρες.

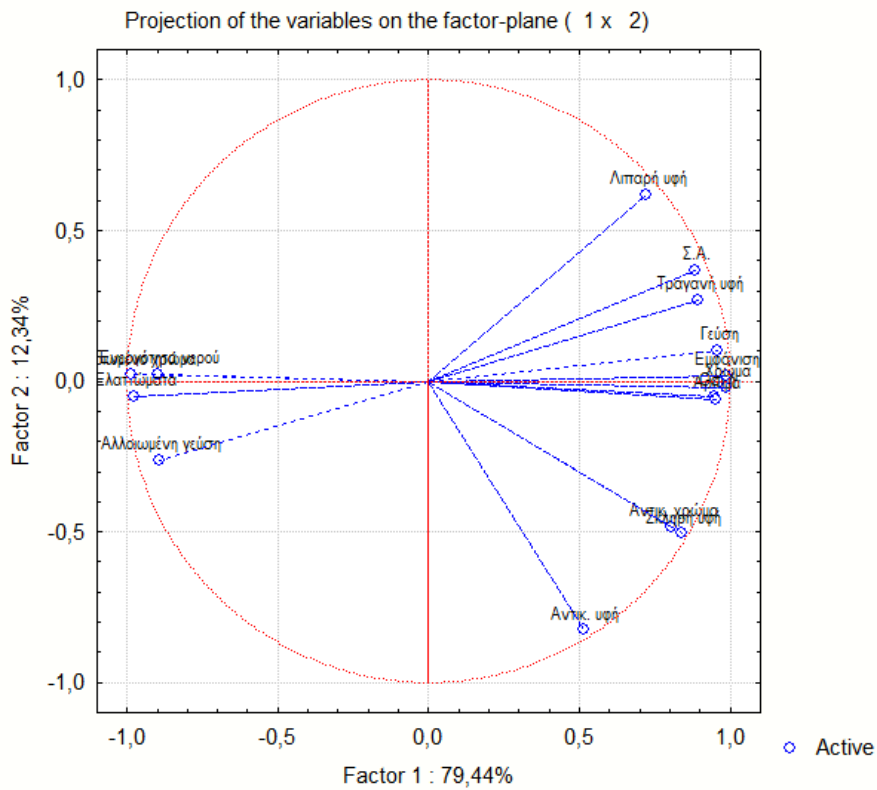


Διάγραμμα 6.93: Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τυφλού και των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες δειγμάτων plantain τσιπς κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία 25 °C για 30 ημέρες.

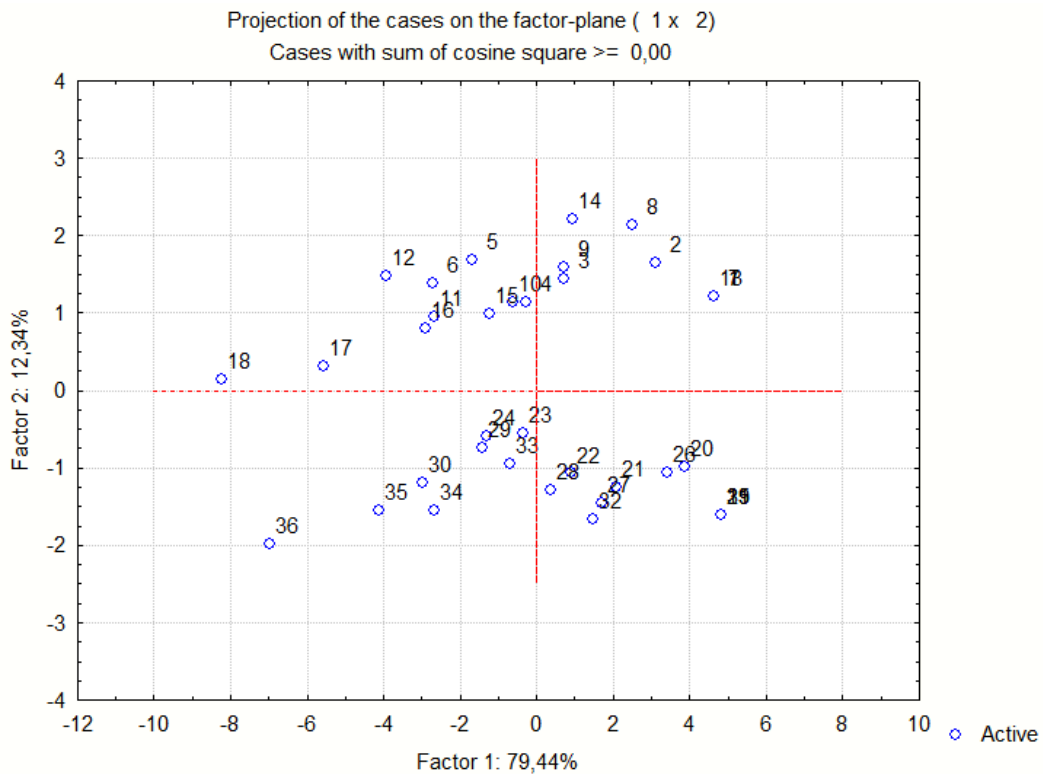
Ανάλυση συσχέτισης κύριων συνιστωσών (PCA)

Για να υπάρξει ακόμη πιο ολοκληρωμένη εικόνα των αποτελεσμάτων πραγματοποιείται Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών (PCA) τόσο για τα τυφλά όσο και για τα επικαλυμμένα plantain τσιπς. Τα διαγράμματα των τυφλών αντιστοιχούν στο σύνολο των πειραμάτων ενώ για τα επικαλυμμένα, λόγω του μεγάλου όγκου αποτελεσμάτων και για την καλύτερη κατανόηση των διαγραμμάτων, επιλέγονται και επεξεργάζονται μόνο τα χαρακτηριστικά των δειγμάτων των 0 και 30 ημερών αποθήκευσης. Τα διαγράμματα για το σύνολο των πειραμάτων παρατίθενται στο Παράρτημα της εργασίας.

Τυφλά δείγματα



Διάγραμμα 6.94: Ανάλυση συσχέτισης των μεταβλητών του πειράματος στις δύο κύριες συνιστώσες



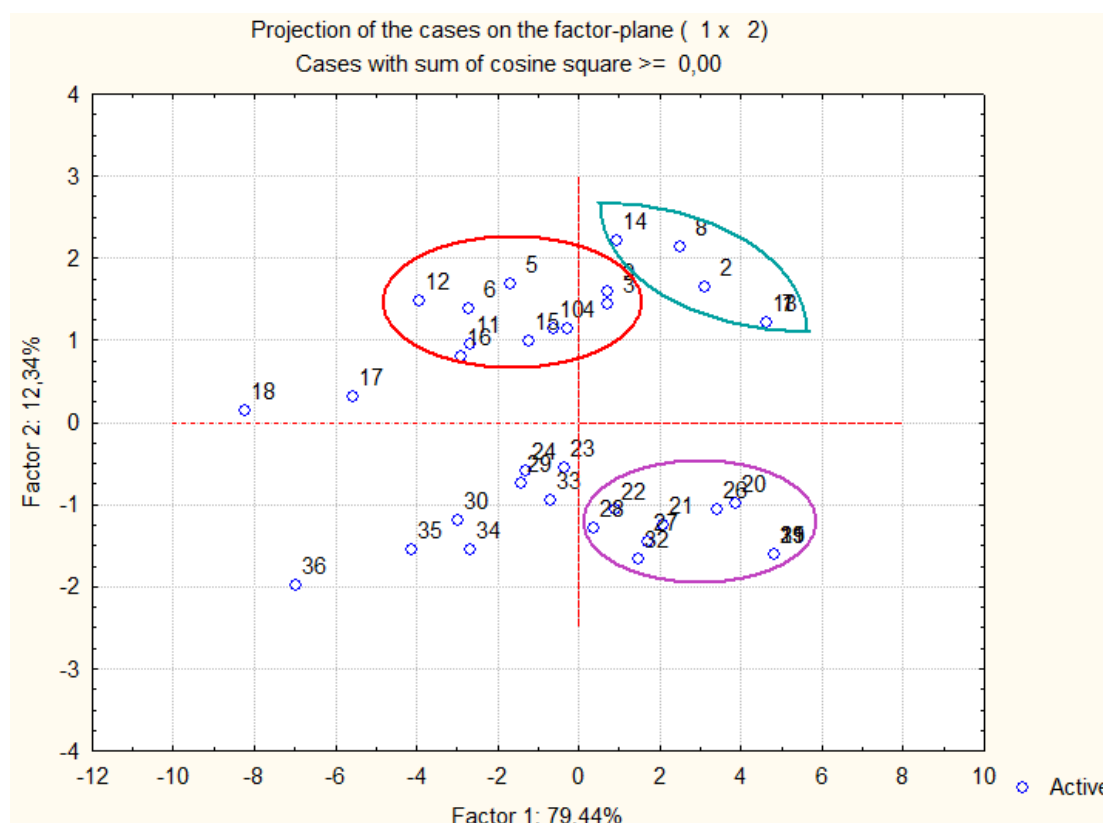
Διάγραμμα 6.95: Γραφική απεικόνιση του συνόλου των τυφλών δειγμάτων με ανάλυση κύριων συνιστωσών

Από το Διάγραμμα διαπιστώνεται ότι η πρώτη κύρια συνιστώσα εμφανίζει συνεισφορά ίση με 79,44% στο πείραμα, ενώ η δεύτερη 12,34%.

Ακόμη, γίνεται αντιληπτό ότι σημαντική επίδραση στην πρώτη κύρια συνιστώσα παρουσιάζουν οι μεταβλητές του Χρώματος (Κανονικό και Αλλοιωμένο), της Εμφάνισης και των Ελαττωμάτων της Εμφάνισης, ενώ η παράμετρος της Αντικειμενικής υφής είναι η μοναδική με σημαντική επίδραση στη δεύτερη κύρια συνιστώσα.

Κάποιες πρόσθετες παρατηρήσεις είναι ότι η λιπαρή και τραγανή υφή, η συνολική αρέσκεια, η γεύση και η εμφάνιση εμφανίζουν θετική συνεισφορά και στις δύο κύριες συνιστώσες ενώ η οσμή, το άρωμα, το αντικειμενικό και μη χρώμα καθώς και η αντικειμενική και υποκειμενική υφή έχουν αρνητική συνεισφορά στη δεύτερη κύρια συνιστώσα και θετική στην πρώτη.

Για την καλύτερη κατανόηση των πειραμάτων και των αποτελεσμάτων που προέκυψαν γίνεται προσπάθεια ομαδοποίησης των δειγμάτων. Έτσι κάποια πιθανά σύνολα που μπορούν να δημιουργηθούν είναι τα εξής:



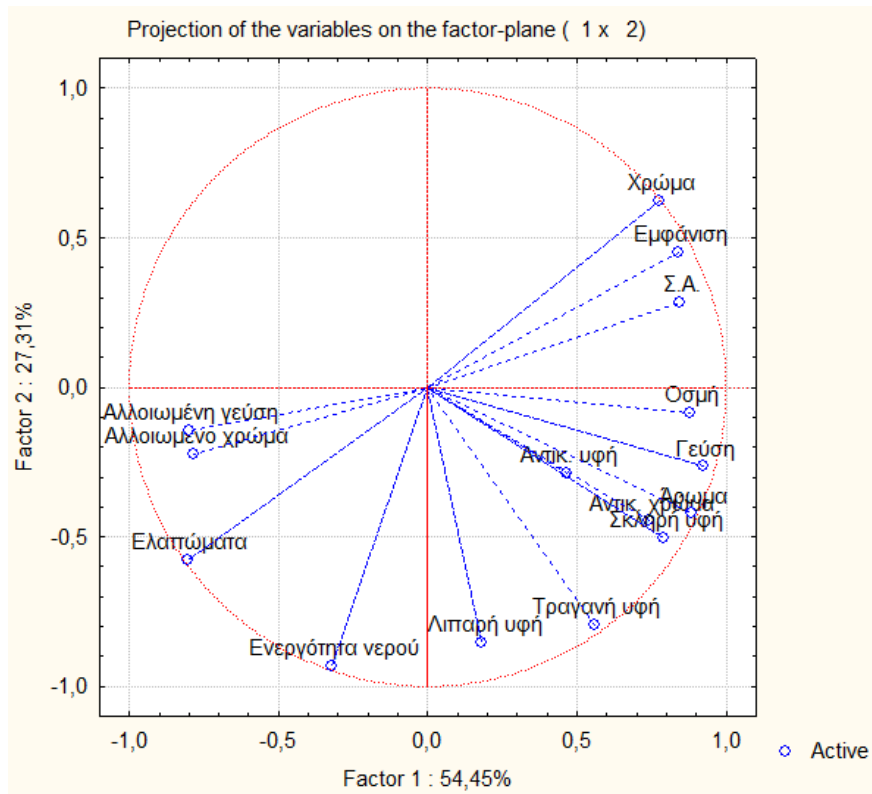
Διάγραμμα 6.96: Ομαδοποιημένη γραφική απεικόνιση του συνόλου των τυφλών δειγμάτων με ανάλυση κύριων συνιστωσών

Με κόκκινο χρώμα περικλείονται τα αποθηκευμένα και στις τρεις θερμοκρασίες, τυφλά δείγματα πάχους 1 mm, από την 12^η ημέρα δειγματοληψίας μέχρι και την τελευταία, εκτός των 17 και 18, τα οποία αντιστοιχούν στα αποθηκευμένα στους 40 °C δείγματα, των δύο τελευταίων δειγματοληψιών. Έπειτα, με μπλε χρώμα περικλείονται τα τυφλά δείγματα πάχους 1 mm, που αντιστοιχούν στις δειγματοληψίες της πρώτης και της έκτης ημέρας, ενώ με μωβ χρώμα περικλείονται τα τυφλά δείγματα πάχους 2 mm, που είχαν αποθηκευτεί και στις τρεις θερμοκρασίες μέχρι και την 18^η ημέρα δειγματοληψίας.

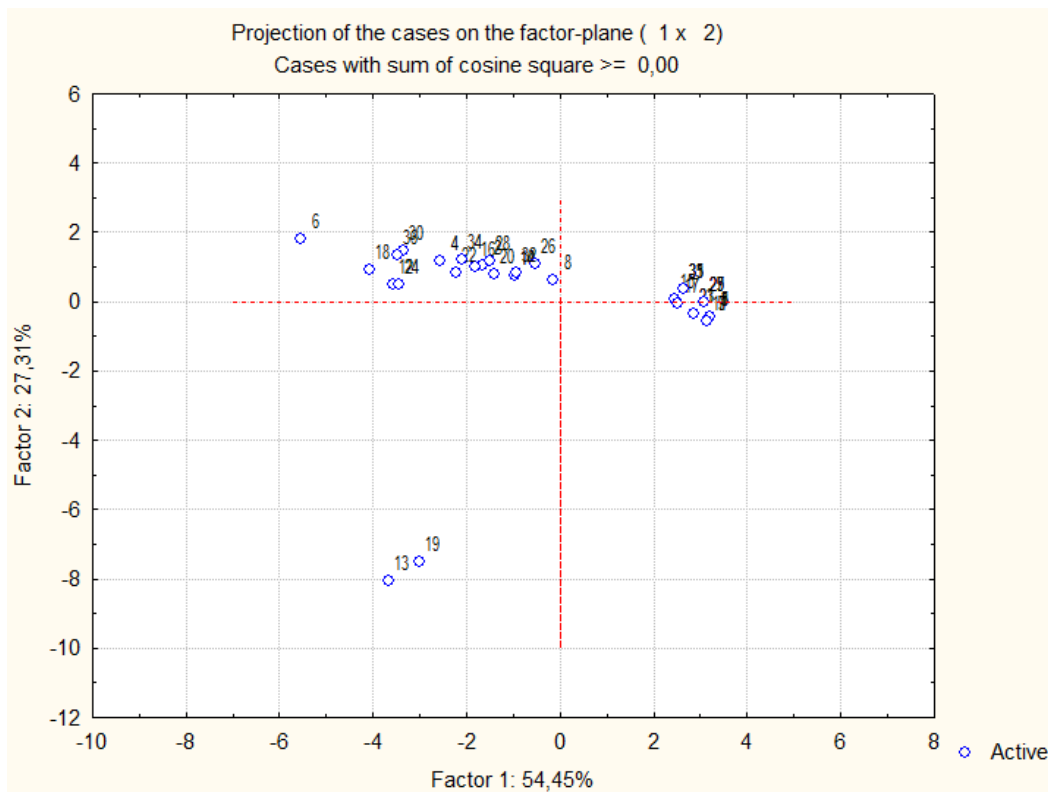
Με βάση τα παραπάνω εξάγονται τα εξής συμπεράσματα:

- Τα τυφλά δείγματα πάχους 1 mm, αποθηκευμένων από την 12^η ημέρα μέχρι και την τελευταία, και στις τρεις θερμοκρασίες, εμφανίζουν χαμηλές τιμές σκληρής υφής, τόσο αντικειμενικά όσο και οργανοληπτικά, ενώ θεωρούνται και ως προς το αντικειμενικό τους χρώμα αρκετά σκούρα.
- Τα αποθηκευμένα στους 40 °C δείγματα 17 και 18, των δύο τελευταίων δειγματοληψιών, παρουσιάζουν αυξημένες τιμές ενεργότητας νερού καθώς και αλλοιωμένο χρώμα.
- Τα τυφλά δείγματα πάχους 1 mm, που ήταν αποθηκευμένα και στις τρεις θερμοκρασίες μέχρι και την έκτη ημέρα, εμφανίζουν έντονη λιπαρή υφή και θεωρούνται αρκετά αρεστά στο σύνολό τους, ενώ χαρακτηρίζονται και από τραγανή υφή.
- Τα τυφλά δείγματα πάχους 2 mm, που είχαν αποθηκευτεί και στις τρεις θερμοκρασίες μέχρι και την 18^η ημέρα δειγματοληψίας, κρίνονται αρκετά σκληρά τόσο αντικειμενικά όσο και οργανοληπτικά καθώς και αρκετά ανοιχτόχρωμα.

Τυφλό και επικαλυμμένα δείγματα



Διάγραμμα 6.97: Ανάλυση συσχέτισης των μεταβλητών του πειράματος στις δύο κύριες συνιστώσες



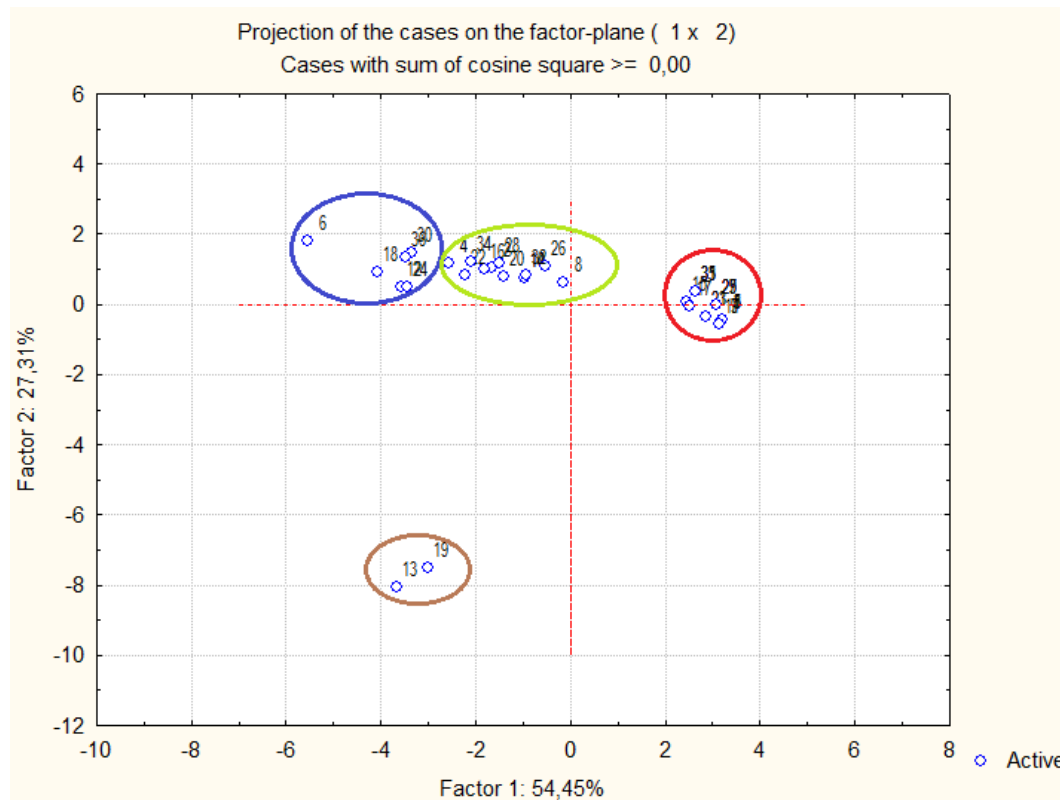
Διάγραμμα 6.98: Γραφική απεικόνιση των δειγμάτων της πρώτης και 30^{ης} ημέρας αποθήκευσης ως προς τις δύο κύριες συνιστώσες.

Όπως παρατηρείται από το Διάγραμμα 6.76 προέκυψαν δύο κύριες συνιστώσες, από τις οποίες η πρώτη έχει ποσοστό συνεισφοράς 54,45% στη διακύμανση του πειράματος ενώ η δεύτερη 27,31%. Με αθροιστικό ποσοστό, λοιπόν, 81,76%, θεωρείται ότι οι δύο κύριες συνιστώσες περιγράφουν επαρκώς το σύστημα των μετρήσεων.

Αναλυτικότερα, διαπιστώνεται ότι σημαντική επίδραση στην πρώτη κύρια συνιστώσα παρουσιάζουν οι μεταβλητές της Γεύσης και του Αρώματος, ενώ οι παράμετροι της Ενεργότητας νερού και της Λιπαρής υφής έχουν σημαντική επίδραση στη δεύτερη κύρια συνιστώσα.

Κάποιες πρόσθετες παρατηρήσεις είναι ότι το χρώμα, η εμφάνιση και η συνολική αρέσκεια έχουν θετική συνεισφορά και στις δύο κύριες συνιστώσες ενώ η αλλοιωμένη γεύση, το αλλοιωμένο χρώμα, τα ελαττώματα της εμφάνισης και η ενεργότητα νερού έχουν αρνητική συνεισφορά και στις δύο κύριες συνιστώσες. Όλα τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά έχουν θετική συνεισφορά στην πρώτη και αρνητική στη δεύτερη συνιστώσα.

Για την καλύτερη κατανόηση των πειραμάτων και των αποτελεσμάτων γίνεται προσπάθεια ομαδοποίησης των δειγμάτων με πιθανά σύνολα τα εξής:



Διάγραμμα 6.99: Ομαδοποιημένη προβολή των πειραμάτων της πρώτης και τελευταίας ημέρας δειγματοληψίας ως προς τις δύο κύριες συνιστώσες

Με μπλε χρώμα περικλείονται τα πειράματα της τελευταίας ημέρας δειγματοληψίας για όλα τα αποθηκευμένα στους 40 °C δείγματα. Με πράσινο περίγραμμα περικλείονται τα πειράματα της τελευταίας ημέρας δειγματοληψίας για όλα τα αποθηκευμένα δείγματα στους 4 °C και 25 °C. Το κόκκινο περίγραμμα περικλείει τα πειράματα της πρώτης ημέρας δειγματοληψίας των αποθηκευμένων δειγμάτων στους 4 °C, 25 °C και 40 °C, εκτός από τα επικαλυμμένα με HPMC και CMC δείγματα, που είχαν αποθηκευτεί στους 4 °C και τα οποία περικλείονται από το καφέ περίγραμμα.

Με βάση τα παραπάνω και το Διάγραμμα προβολής της επίδρασης των εξαρτημένων μεταβλητών στις δύο κύριες συνιστώσες, εξάγεται το συμπέρασμα ότι:

- Τα αποθηκευμένα στους 40 °C δείγματα, όπως αυτά μετρήθηκαν την τελευταία ημέρα δειγματοληψίας, αποδεικνύονται να εμφανίζουν τα χειρότερα χαρακτηριστικά τόσο οργανοληπτικά, όπως η οσμή, η γεύση, το άρωμα, όσο και αντικειμενικά όπως η υφή. Όσον αφορά το χρώμα τους είναι αρκετά σκουρόχρωμα λαμβάνοντας υπόψη και την αντικειμενική μέτρηση αλλά και την οργανοληπτική εξέταση.
- Τα αποθηκευμένα δείγματα στους 4 °C και 25 °C για 30 ημέρες παρουσιάζουν μικρές τιμές τόσο ως προς τη λιπαρή υφή τους όσο και ως προς την τραγανότητά τους.
- Τα αποθηκευμένα στους 4 °C και 25 °C, δείγματα της πρώτης ημέρας δειγματοληψίας, φαίνεται να έχουν καλή συνολική αρέσκεια και την επιθυμητή οσμή, ενώ δεν εμφανίζουν αλλοιώσεις και ελαττώματα ούτε ως προς το χρώμα και τη γεύση τους ούτε ως προς την εμφάνισή τους. Η μοναδική εξαίρεση είναι τα επικαλυμμένα με HPMC και CMC, τα οποία αποδεικνύεται να έχουν υψηλές τιμές ενεργότητας νερού.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Κεφάλαιο 7

Συνοψίζοντας, λοιπόν, τα αποτελέσματα ξεχωριστά για τις δύο ομάδες πειραμάτων, Α (τσιπς πατάτας) και Β (plantain τσιπς), εξάγονται διάφορα ενδιαφέροντα συμπεράσματα.

Ομάδα Α: Τσιπς πατάτας

Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά που εξετάστηκαν για τη συνολική αξιολόγηση των συσκευασμένων, υπό τροποποιημένη ατμόσφαιρα, επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες, τσιπς πατάτας κατά την αποθήκευσή τους σε τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες για 80 ημέρες είναι τα εξής: το αντικειμενικό χρώμα, η αντικειμενική υφή, το ποσοστό απορρόφησης ελαίου, οι δείκτες ποιότητας ελαίου (αριθμός υπεροξειδίων, σταθερές K₂₃₂ και K₂₇₀), καθώς και πλήθος οργανοληπτικών παραμέτρων, με κυριότερες τη συνολική αρέσκεια, την τραγανή υφή και τη γεύση.

Αρχικά, θα γίνει αναφορά στο ρόλο που διαδραμάτισαν οι επικαλυπτικές μεμβράνες στη διατηρησιμότητα των τσιπς πατάτας και θα διερευνηθεί ποια ήταν η καλύτερη από αυτές, συγκρίνοντας τα αποτελέσματα που προέκυψαν για κάθε μία από τις παραπάνω παραμέτρους. Αξίζει να σημειωθεί ότι όλα τα επικαλυμμένα δείγματα, με ορισμένες διαβαθμίσεις, διατήρησαν τα χαρακτηριστικά τους σε ικανοποιητικό βαθμό, για χρόνο αποθήκευσης 80 ημερών.

Για τα αντικειμενικά χαρακτηριστικά:

- Χρώμα: Τα καλύτερα αποτελέσματα στη διατήρηση ανοιχτόχρωμων τσιπς πατάτας καθ' όλη τη διάρκεια αποθήκευσής τους στις τρεις θερμοκρασίες έδωσε το αλγινικό νάτριο, με το HPMC, το CMC και την πηκτίνη να ακολουθούν στη σειρά, ενώ τα χειρότερα αντιστοιχούν στα επικαλυμμένα με χιτοζάνη τσιπς.

- Υφή: Ικανοποιητικά αποτελέσματα χωρίς σημαντικές διαφορές έδωσαν όλες οι εδώδιμες μεμβράνες.
- Περιεκτικότητα σε έλαιο: Οι μεμβράνες που λειτούργησαν περισσότερο προστατευτικά, κατά της απορρόφησης ελαίου, στα τσιπς πατάτας ήταν το αλγινικό νάτριο και η πηκτίνη, το HPMC και το CMC λειτούργησαν ικανοποιητικά, ενώ η χιτοζάνη αποδείχθηκε η λιγότερο ικανή στον περιορισμό της πρόσληψης ελαίου κατά το τηγάνισμα.

Για τα σημαντικότερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά:

- Γεύση: Τα καλύτερα αποτελέσματα στη διατήρηση αναλλοίωτης της γεύσης των σνακ έδωσε το αλγινικό νάτριο, ενώ ακολουθούν η πηκτίνη, το HPMC και το CMC. Η μεμβράνη της χιτοζάνης θεωρήθηκε η χειρότερη στη διατήρηση της παραμέτρου αυτής.
- Τραγανή υφή: Τα επικαλυπτικά υλικά της πηκτίνης και του αλγινικού νατρίου συνέβαλαν στη διατήρηση τραγανών τσιπς, σε αντίθεση με τη χιτοζάνη που έδωσε τα χειρότερα αποτελέσματα. Τα επικαλυμμένα με HPMC και CMC τσιπς κρίθηκαν ικανοποιητικά.
- Συνολική Αρέσκεια: Ως προς τη συνολική αρέσκεια τα επικαλυμμένα με αλγινικό νάτριο και CMC δείγματα βαθμολογήθηκαν υψηλότερα από τα υπόλοιπα. Επόμενα στη σειρά ήταν τα επικαλυμμένα με πηκτίνη και HPMC, ενώ τα επικαλυμμένα με χιτοζάνη έλαβαν τη μικρότερη βαθμολογία.

Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι τα καλύτερα αποτελέσματα για όλα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά (αντικειμενικά και οργανοληπτικά) των τσιπς πατάτας προέκυψαν από τη χρήση της επικαλυπτικής μεμβράνης του αλγινικού νατρίου. Οι μεμβράνες πηκτίνης, HPMC και CMC αποδείχθηκαν αρκετά ικανοποιητικές, ενώ η μεμβράνη της χιτοζάνης θεωρήθηκε η χειρότερη.

Όσον αφορά την επίδραση της θερμοκρασίας αποθήκευσης στη διατηρησιμότητα των τσιπς πατάτας, επικαλυμμένων ή μη, διαπιστώθηκε ότι ήταν σημαντική, καθώς αποδείχθηκε, όπως ήταν αναμενόμενο, ότι τα δείγματα που διατηρούνταν για περισσότερο χρονικό διάστημα ήταν τα αποθηκευμένα στους 4 °C, ενώ ακολουθούσαν αυτά των 25 °C και των 40 °C.

Με βάση τη συνολική αρέσκεια των αποθηκευμένων, στις τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες, σνακ πατάτας και με την εφαρμογή του μοντέλου του Arrhenius για την εύρεση των ρυθμών υποβάθμισής της, υπολογίστηκαν οι χρόνοι ζωής των δειγμάτων. Τα επικαλυμμένα με αλγινικό νάτριο δείγματα αποδείχθηκε ότι όντως διατηρούνται περισσότερο και στις τρεις θερμοκρασίες αποθήκευσης, ενώ ακολουθούν, σε φθίνουσα σειρά διατηρησιμότητας, τα επικαλυμμένα με HPMC, CMC, χιτοζάνη και πηκτίνη. Γενικότερα, όλα τα επικαλυμμένα δείγματα παρουσίασαν αυξημένο χρόνο ζωής σε σύγκριση με τα τυφλά τσιπς πατάτας, αποδεικνύοντας ότι οι εδώδιμες μεμβράνες λειτούργησαν προστατευτικά στη διατήρηση της ποιότητάς τους. Τέλος, αξίζει να επισημανθεί ότι, σε σύγκριση με προηγούμενα πειράματα που έχουν πραγματοποιηθεί πάνω στην επικάλυψη τσιπς πατάτας με εδώδιμες μεμβράνες, τα αποτελέσματα των πειραμάτων της παρούσας διπλωματικής εμφανίστηκαν ιδιαίτερα καλά, γεγονός που μπορεί να οφείλεται και στη σύνθεση της τροποποιημένης ατμόσφαιρας υπό την οποία συσκευάστηκαν. Η αναλογία 70% N₂ και 30% CO₂, που χρησιμοποιήθηκε, φάνηκε να συνεπικουρεί σημαντικά στην καθυστέρηση της αλλοίωσης των προϊόντων, αυξάνοντας το χρόνο διατηρησιμότητάς τους.

Ως αντικείμενο μελλοντικής μελέτης προτείνεται η εξέταση διάφορων τρόπων ξήρανσης των νωπών τσιπς πατάτας πριν το βαθύ τηγάνισμα ώστε να περιοριστεί ακόμα περισσότερο το ποσοστό περιεκτικότητας σε έλαιο, αλλά και να αυξηθεί ακόμα περισσότερο ο χρόνος διατηρησιμότητάς τους. Θα μπορούσε να εξεταστεί η μέθοδος με μικροκύματα, που ήδη εξετάστηκε στα plantain τσιπς και έδωσε πολύ καλά αποτελέσματα, αλλά και ο συνδυασμός αφυδάτωσης με μικροκύματα υπό κενό, που έχει δείξει ιδιαίτερα ενθαρρυντικά πρώτα σημάδια σε άλλες έρευνες. Τέλος, θα μπορούσε να διερευνηθεί και η διεργασία του τηγανίσματος υπό κενό που έχει δείξει πολύ καλά αποτελέσματα τόσο στη μείωση πρόσληψης ελαίου όσο και στη βελτίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών. Για όλες τις παραπάνω προτάσεις προτείνεται η χρησιμοποίηση του επικαλυπτικού υλικού του αλγινικού νατρίου, που όπως φάνηκε ήταν το καλύτερο συγκριτικά με τα άλλα υλικά, ενώ μπορεί να δοκιμαστεί και συνδυασμός διαφορετικών υλικών για τη δημιουργία σύνθετων ή πολυστρωματικών μεμβρανών.

Παράλληλα, σημαντικό κομμάτι στα πειράματα της ομάδας Α ήταν η εξέταση του ρόλου του αιθερίου ελαίου ρίγανης, ως πρόσθετο στις εδώδιμες μεμβράνες, στην προστασία του απορροφούμενου ελαίου κατά το τηγάνισμα. Με βάση λοιπόν, του δείκτες ποιότητας που μετρήθηκαν (αριθμός υπεροξειδίων, σταθερές K_{232} και K_{270}), συμπεραίνεται ότι το αιθέριο έλαιο ρίγανης καθυστερεί την αλλοίωση του ελαίου, χάρη στην αντιοξειδωτική του δράση. Με βάση τη συνολική αρέσκεια υπολογίστηκε ο χρόνος ζωής των επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες και αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων και διαπιστώθηκε ότι τα δείγματα παρουσίαζαν αυξημένο χρόνο ζωής συγκριτικά με τα επικαλυμμένα με τις απλές μεμβράνες. Επιπλέον, θεωρείται χρήσιμο να γίνει μία αναφορά στην επίδραση που μπορεί να είχε το αιθέριο έλαιο ρίγανης στα διάφορα ποιοτικά χαρακτηριστικά των τσιπς πατάτας, όπως αυτά βαθμολογήθηκαν από την ομάδα δοκιμαστών.

Έτσι, για το αντικειμενικό χρώμα αποδείχθηκε ότι, τα επικαλυμμένα δείγματα με μεμβράνες που περιείχαν και αιθέριο έλαιο, ήταν εξ αρχής και μέχρι και τις 80 ημέρες αποθήκευσης πιο σκούρα σε σχέση με τα επικαλυμμένα με τις απλές μεμβράνες δείγματα, γεγονός που σημαίνει ότι το αιθέριο έλαιο ρίγανης επέδρασε στο χρώμα των δειγμάτων δημιουργώντας πιο σκούρα προϊόντα. Επιπρόσθετα, η αντικειμενική υφή των δειγμάτων δεν παρουσίασε καμία αλλαγή παρουσία του ριγανέλαιου στις εδώδιμες μεμβράνες, ενώ μία ενδιαφέρουσα παρατήρηση ήταν ότι τα επικαλυμμένα με μεμβράνες και αιθέριο έλαιο ρίγανης δείγματα απορρόφησαν λιγότερο έλαιο κατά το τηγάνισμα συγκριτικά με τα επικαλυμμένα με τις αντίστοιχες απλές μεμβράνες. Αναφορικά με τα κυριότερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τσιπς φαίνεται ότι το ριγανέλαιο δεν επηρέασε σημαντικά τη γεύση, ενώ μικρή επίδραση φάνηκε να έχει στην τραγανότητα των σνακ, όπου τα επικαλυμμένα με μεμβράνες με αιθέριο έλαιο δείγματα βαθμολογήθηκαν ως πιο τραγανά. Τέλος, η ανίχνευση του ριγανέλαιου ήταν περισσότερο εμφανής στο άρωμα του προϊόντος παρά στη γεύση του, με τη σημαντική διαπίστωση ότι η ένταση του ευχάριστου αρώματος των προϊόντων διατηρούταν περισσότερο κατά την πάροδο του χρόνου στα επικαλυμμένα με το αιθέριο έλαιο τσιπς. Τέλος, στα επικαλυμμένα δείγματα με τις εδώδιμες μεμβράνες και το αιθέριο έλαιο ρίγανης η ευχάριστη οσμή διατηρήθηκε για περισσότερο χρονικό διάστημα.

Από τις παραπάνω παρατηρήσεις γεννιούνται διάφορες ιδέες για περαιτέρω διερεύνηση της δράσης του αιθερίου ελαίου ρίγανης στη διατηρησιμότητα των τσιπς πατάτας. Αρχικά, προτείνεται η δοκιμή διαφορετικών συγκεντρώσεων ριγανέλαιου μέσα στις εδώδιμες μεμβράνες ώστε να μελετηθεί η δράση του ανάλογα με την περιεκτικότητά του σε εκτενέστερο επίπεδο, ενώ μπορεί να πραγματοποιηθεί συνδυασμός προσθήκης ποσότητας αιθερίου ελαίου στο μέσο τηγανίσματος και στις εδώδιμες μεμβράνες, ώστε να διαπιστωθεί αν επιτυγχάνεται καλύτερη προστατευτική δράση του προϊόντος. Τέλος, εκτός από το αιθέριο έλαιο ρίγανης θα μπορούσαν να εξεταστούν και άλλα αιθέρια έλαια.

Ομάδα Β: Plantain τσιπς

Στην ομάδα Β, εξετάστηκαν επίσης κάποια σημαντικά χαρακτηριστικά που θεωρούνται κρίσιμα για τη συνολική αξιολόγηση των συσκευασμένων, υπό τροποποιημένη ατμόσφαιρα, επικαλυμμένων με εδώδιμες μεμβράνες, plantain τσιπς, κατά την αποθήκευσή τους σε τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες για 30 ημέρες. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι τα εξής: το αντικειμενικό χρώμα, η αντικειμενική υφή, το ποσοστό απορρόφησης ελαίου, η ενεργότητα νερού καθώς και πλήθος οργανοληπτικών παραμέτρων, με κυριότερες τη συνολική αρέσκεια, την τραγανή υφή και τη γεύση.

Αρχικά, πραγματοποιείται σύγκριση μεταξύ των σειρών των τυφλών δειγμάτων διαφορετικού πάχους και εξάγονται τα εξής συμπεράσματα:

Για τα αντικειμενικά χαρακτηριστικά:

- Χρώμα: Το τυφλό δείγμα πάχους 2 mm διατηρήθηκε πιο ανοιχτόχρωμο συγκριτικά με το αντίστοιχο πάχους 1 mm, κατά την αποθήκευσή τους και στις τρεις θερμοκρασίες.
- Υφή: Το τυφλό δείγμα πάχους 1 mm παρουσίασε πιο μαλακιά υφή από την πρώτη ημέρα αποθήκευσης μέχρι την τελευταία, ενώ το δείγμα πάχους 2 mm θεωρήθηκε ιδιαίτερα σκληρό από την πρώτη δειγματοληψία μέχρι και την τελευταία.

- Περιεκτικότητα σε έλαιο: Το δείγμα πάχους 2 mm απορρόφησε μικρότερη ποσότητα ελαίου σε σύγκριση με το πιο λεπτό δείγμα.
- Ενεργότητα νερού: Τα πιο λεπτά δείγματα παρουσίασαν πιο αυξημένες τιμές ενεργότητας καθ' όλη τη διάρκεια αποθήκευσής τους και στις τρεις θερμοκρασίες.

Για τα σημαντικότερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά:

- Γεύση: Η γεύση των τυφλών δειγμάτων δεν παρουσίασε διαφορές, καθώς και τα δύο έδωσαν ικανοποιητικά αποτελέσματα μέχρι και την τελευταία ημέρα δειγματοληψίας.
- Τραγανή υφή: Τα δείγματα πάχους 1 mm κρίθηκαν πιο τραγανά, διατηρώντας αυτό το χαρακτηριστικό τους κατά το χρόνο αποθήκευσής τους.
- Συνολική Αρέσκεια: Τα λεπτότερα δείγματα βαθμολογήθηκαν υψηλότερα από τα τυφλά πάχους 2 mm και στις τρεις θερμοκρασίες αποθήκευσης.

Από τα παραπάνω εξάγεται το συμπέρασμα ότι το πάχος του δείγματος διαδραματίζει σημαντικό ρόλο σε κάποια χαρακτηριστικά ποιότητας. Από το πιο ανοιχτό χρώμα δείγματος και τη λιγότερη απορροφημένη ποσότητα ελαίου μέχρι τις μικρότερες τιμές ενεργότητας νερού φάνηκε ότι τα δείγματα μεγαλύτερου πάχους είναι καλύτερα. Οργανοληπτικά, από την άλλη πλευρά όμως, διαπιστώθηκε ότι τα πιο λεπτά τσιπς ήταν περισσότερο αρεστά, ενώ σοβαρό μειονέκτημα των δειγμάτων μεγαλύτερου πάχους ήταν η ιδιαίτερα σκληρή υφή τους. Αυτός ήταν και ο λόγος που αποφασίστηκε τα επικαλυμμένα με τις εδώδιμες μεμβράνες τσιπς να διαθέτουν πάχος 1 mm. Παρόλα αυτά, και οι δύο σειρές τυφλών διατηρήθηκαν αρκετά ικανοποιητικά και τις 30 ημέρες αποθήκευσης, χωρίς σημαντική υποβάθμισή τους.

Όσον αφορά τις σειρές των επικαλυμμένων δειγμάτων plantain τσιπς προέκυψαν οι παρακάτω διαπιστώσεις:

Για τα αντικειμενικά χαρακτηριστικά:

- Χρώμα: Τα καλύτερα αποτελέσματα στη διατήρηση ανοιχτόχρωμων τσιπς πατάτας καθ' όλη τη διάρκεια αποθήκευσής τους στις τρεις θερμοκρασίες έδωσε το HPMC και το CMC, ενώ ακολουθούν η χιτοζάνη, το αλγινικό νάτριο και η πηκτίνη.
- Υφή: Τα επικαλυμμένα με αλγινικό νάτριο δείγματα παρουσίασαν πιο μαλακιά υφή, ενώ επόμενα στη σειρά ήταν τα επικαλυμμένα με πηκτίνη, CMC, HPMC και χιτοζάνη.
- Περιεκτικότητα σε έλαιο: Οι μεμβράνες που λειτούργησαν περισσότερο προστατευτικά, κατά την απορρόφηση ελαίου, στα plantain τσιπς ήταν CMC και το HPMC, ενώ όλες οι υπόλοιπες κυμάνθηκαν σε πολύ κοντινά επίπεδα με το τυφλό δείγμα.
- Ενεργότητα νερού: Τα επικαλυμμένα με αλγινικό νάτριο και CMC εμφάνισαν τις μικρότερες τιμές ενεργότητας νερού καθ' όλη τη διάρκεια αποθήκευσης των δειγμάτων, ενώ ακολουθούν τα επικαλυμμένα με χιτοζάνη, HPMC και πηκτίνη.

Για τα σημαντικότερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά:

- Γεύση: Ικανοποιητικά αποτελέσματα στη διατήρηση αναλλοίωτης της γεύσης των plantain τσιπς έδωσαν όλες οι μεμβράνες.
- Τραγανή υφή: Τα επικαλυπτικά υλικά της πηκτίνης και της χιτοζάνης συνέβαλαν στη διατήρηση τραγανών τσιπς, σε αντίθεση με το HPMC και το CMC που κρίθηκαν κατώτερα στην ικανότητά τους αυτή.
- Συνολική Αρέσκεια: Τα καλύτερα αποτελέσματα στη συνολική αρέσκεια των plantain σνακ έδωσαν το HPMC, το CMC και η χιτοζάνη ενώ το αλγινικό νάτριο και η πηκτίνη κατατάσσονται λίγο πιο χαμηλά στην προτίμηση των δοκιμαστών.

Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι τα καλύτερα αποτελέσματα για το σύνολο των ποιοτικών χαρακτηριστικών (αντικειμενικών και οργανοληπτικών) των plantain τσιπς προέκυψαν από τη χρήση των επικαλυπτικών μεμβρανών HPMC, CMC και αλγινικού νατρίου. Οι μεμβράνες της χιτοζάνης και της

πηκτίνης αποδείχθηκαν επίσης αρκετά ικανοποιητικές χωρίς σημαντικές διαφορές μεταξύ τους.

Όσον αφορά την επίδραση της θερμοκρασίας στη διατηρησιμότητα των plantain τσιπς, επικαλυμμένων ή μη, διαπιστώθηκε ότι ήταν σημαντική, καθώς τα δείγματα διατηρούνταν για περισσότερο χρονικό διάστημα αποθηκευμένα στους 4 °C, ενώ ακολουθούσαν αυτά των 25 °C και των 40 °C.

Με βάση τη συνολική αρέσκεια των αποθηκευμένων, στις τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες, plantain σνακ και με την εφαρμογή του μοντέλου του Arrhenius για την εύρεση των ρυθμών υποβάθμισής της, υπολογίστηκαν οι χρόνοι ζωής των δειγμάτων. Τα επικαλυμμένα με αλγινικό νάτριο και χιτοζάνη δείγματα αποδείχθηκε ότι διατηρούνται περισσότερο αλλά επειδή το διάστημα των μετρήσεων ήταν μικρό, τα αποτελέσματα αυτά δεν μπορούν να θεωρηθούν άκρως αξιόπιστα. Γενικότερα, όλα τα επικαλυμμένα δείγματα παρουσίασαν αυξημένο χρόνο ζωής σε σύγκριση με τα τυφλά plantain τσιπς, αποδεικνύοντας ότι οι εδώδιμες μεμβράνες λειτούργησαν προστατευτικά στη διατήρηση της ποιότητάς τους.

Τέλος, η μέθοδος ξήρανσης των δειγμάτων στα μικροκύματα, συνέβαλε στον περιορισμό της πρόσληψης μεγάλης ποσότητας ελαίου από τα plantain τσιπς, με ποσοστά τελικής περιεκτικότητας που δεν ξεπερνούν το 14%. Συγκριτικά με πιο παλιές έρευνες που είχαν πραγματοποιηθεί στο τηγάνισμα άγουρων νωπών plantain και είχε μετρηθεί η πρόσληψη ελαίου από αυτές φαίνεται ότι με τη ξήρανση επήλθε μείωση κοντά στο 40%.

Συνοψίζοντας, κρίνεται σκόπιμο να επισημανθεί ότι τα τσιπς από μπανάνα plantain ήταν ένα καινούριο προϊόν που δεν είχε ξαναμελετηθεί στο εργαστήριο, για αυτό και προτείνεται η εκτενέστερη μελέτη του στο μέλλον και για διάστημα μεγαλύτερο των 30 ημερών, ώστε να εξαχθούν πιο αξιόπιστα συμπεράσματα για τη διατηρησιμότητά τους. Επίσης μπορούν να εξεταστούν και άλλα υλικά εδώδιμων μεμβρανών ή συνδυασμός τους για παραγωγή σύνθετων ή πολυστρωματικών μεμβρανών. Επιπλέον, μπορούν να εξεταστούν διάφοροι τρόποι ξήρανσης ως προκατεργασία πριν το τηγάνισμα ή να μελετηθεί η διεργασία του τηγανίσματος υπό κενό, όπως προτάθηκε και για τα τσιπς πατάτας. Επίσης, θα ήταν ενδιαφέρον να διερευνηθεί η μεταβολή των διαφόρων αντικειμενικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών κατά την αποθήκευση των τσιπς από μπανάνες plantain διαφορετικής ωριμότητας.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Κεφάλαιο 8

Στους παρακάτω πίνακες, οι μεμβράνες αναγράφονται με νούμερα από το 0 έως το 5, όπου το 0 αντιστοιχεί στο τυφλό δείγμα, το 1 στην χιτοζάνη, το 2 στο HPMC, το 3 στο CMC και ούτω καθεξής, και για τις δύο ομάδες πειραμάτων Α και Β. Η προσθήκη ή μη αιθερίου ελαίου ρίγανης συμβολίζεται με 0 και 1, αντίστοιχα για τα τσιπς πατάτας ενώ οι θερμοκρασίες αναγράφονται με 0 για τους 4 °C, με 1 για τους 25 °C και με 2 για τους 40 °C και στις δύο ομάδες. Τέλος, οι χρόνοι αποθήκευσης των τσιπς πατάτας δίνονται από το 0 μέχρι το 8 όπου το 0 αντιστοιχεί σε χρόνο 0, το 1 στις 10 μέρες, το 2 στις 20, το 3 στις 30, το 4 στις 40 και ούτω καθεξής ενώ για τα τσιπς plantain το 0 αντιστοιχεί στο μηδενικό χρόνο, το 1 στις 6 μέρες, το 2 στις 12, το 3 στις 18, το 4 στις 24 και το 5 στις 30. Τέλος, για τις δύο σειρές τυφλών δειγμάτων των τσιπς plantain υπάρχουν ξεχωριστοί πίνακες με τα στατιστικά στοιχεία όπου το 0 αντιστοιχεί στο τυφλό με πάχος 1 mm δείγμα και το 1 στο τυφλό των 2 mm.

8.1 Στατιστικά αποτελέσματα για τα τσιπς πατάτας

Στατιστικά αποτελέσματα για το αντικειμενικό χρώμα

Univariate Tests of Significance for αντικειμενικό χρώμα (τσιπς πατάτας) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. Of	MS	F	p
Intercept	828954,6	1	828954,6	102097,6	0,000000
είδος επικαλυπτικού	1614,2	5	322,8	39,8	0,000000
αιθέριο έλαιο ρίγανης	590,2	1	590,2	72,7	0,000000
θερμοκρασία	35,6	2	17,8	2,2	0,113717
χρόνος	680,4	8	85,1	10,5	0,000000
Error	2273,4	280	8,1		

Duncan test; variable αντικειμενικό χρώμα (τσιπς πατάτας) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 8,1192, df = 280,00						
είδος επικαλυπτικού	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
	55,512	53,074	54,698	55,186	55,250	60,215

1	0		0,000096	0,214880	0,607766	0,658371	0,000009
2	1	0,000096		0,006109	0,000535	0,000460	0,000004
3	2	0,214880	0,006109		0,410602	0,383917	0,000004
4	3	0,607766	0,000535	0,410602		0,913629	0,000003
5	4	0,658371	0,000460	0,383917	0,913629		0,000011
6	5	0,000009	0,000004	0,000004	0,000003	0,000011	

Duncan test; variable αντικειμενικό χρώμα (τσιπς πατάτας) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 8,1192, df = 280,00

αιθέριο έλαιο ρίγανης		{1} 56,888	{2} 54,206
1	0		0,000009
2	1	0,000009	

Duncan test; variable αντικειμενικό χρώμα (τσιπς πατάτας) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 8,1192, df = 280,00

χρόνος	{1} 59,783	{2} 55,608	{3} 54,813	{4} 55,144	{5} 55,912	{6} 55,296	{7} 55,149	{8} 54,944	{9} 54,371
1	0	0,00001 1	0,00000 5	0,00000 4	0,00000 9	0,00000 3	0,00000 4	0,00000 4	0,00000 1
2	1	0,00001 1	0,33249 7	0,55467 4	0,66490 4	0,65642 7	0,54126 9	0,40937 9	0,13233 8
3	2	0,00000 5	0,33249 7	0,65971 5	0,18350 5	0,54997 5	0,66928 0	0,85221 4	0,52915 7
4	3	0,00000 4	0,55467 4	0,65971 5	0,33947 6	0,84054 8	0,99513 4	0,77468 7	0,32203 3
5	4	0,00000 9	0,66490 4	0,18350 5	0,33947 6	0,41196 2	0,32822 5	0,23552 6	0,06050 7
6	5	0,00000 3	0,65642 7	0,54997 5	0,84054 8	0,41196 2	0,83361 9	0,65384 6	0,25804 1
7	6	0,00000 4	0,54126 9	0,66928 0	0,99513 4	0,32822 5	0,83361 9	0,78547 0	0,33331 2
8	7	0,00000 4	0,40937 9	0,85221 4	0,77468 7	0,23552 6	0,65384 6	0,78547 0	0,44622 8
9	8	0,00000 1	0,13233 8	0,52915 7	0,32203 3	0,06050 7	0,25804 1	0,33331 2	0,44622 8

Στατιστικά αποτελέσματα για την αντικειμενική υφή

Univariate Tests of Significance for αντικειμενική υφή (τσιπς πατάτας) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition

	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	3992,160	1	3992,160	8321,089	0,000000
είδος επικαλυπτικού	3,752	5	0,750	1,564	0,170320

αιθέριο έλαιο ρίγανης	0,619	1	0,619	1,290	0,257077
θερμοκρασία	2,266	2	1,133	2,362	0,096110
χρόνος	4,714	8	0,589	1,228	0,282309
Error	134,334	280	0,480		

Στατιστικά αποτελέσματα για το ποσοστό περιεκτικότητας σε έλαιο

Univariate Tests of Significance for λιποπεριεκτικότητα (τσιπς πατάτας) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition

	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	6932,224	1	6932,224	25964,34	0,000000
είδος επικαλυπτικού	42,119	5	8,424	31,55	0,002610
αιθέριο έλαιο ρίγανης	3,004	1	3,004	11,25	0,028462
Error	1,068	4	0,267		

Duncan test; variable λιποπεριεκτικότητα (τσιπς πατάτας) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,26699, df = 4,0000

	είδος επικαλυπτικού	{1} 31,563	{2} 27,682	{3} 25,762	{4} 24,812	{5} 24,415	{6} 24,290
1	0		0,002457	0,000626	0,000376	0,000295	0,000274
2	1	0,002457		0,026454	0,007499	0,004899	0,004318
3	2	0,000626	0,026454		0,164134	0,077395	0,061965
4	3	0,000376	0,007499	0,164134		0,516831	0,408605
5	4	0,000295	0,004899	0,077395	0,516831		0,833923
6	5	0,000274	0,004318	0,061965	0,408605	0,833923	

Duncan test; variable λιποπεριεκτικότητα (τσιπς πατάτας) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,26699, df = 4,0000

	αιθέριο έλαιο ρίγανης	{1} 26,877	{2} 24,844
1	0		0,003090
2	1	0,003090	

Στατιστικά αποτελέσματα για τη συνολική αρέσκεια

Univariate Tests of Significance for συνολική αρέσκεια (τσιπς πατάτας) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition

	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	14706,37	1	14706,37	99868,68	0,000000
είδος επικαλυπτικού	54,60	5	10,92	74,16	0,000000

αιθέριο έλαιο ρίγανης	0,30	1	0,30	2,04	0,154601
θερμοκρασία	19,80	2	9,90	67,23	0,000000
χρόνος	403,89	8	50,49	342,84	0,000000
Error	41,23	280	0,15		

Duncan test; variable συνολική αρέσκεια (τσιπς πατάτας) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,14726, df = 280,00

	είδος επικαλυπτικού	{1} 7,2593	{2} 6,9630	{3} 7,1296	{4} 7,5370	{5} 7,2037	{6} 8,2222
1	0		0,000395	0,125364	0,000503	0,486145	0,000011
2	1	0,000395		0,036678	0,000004	0,003599	0,000004
3	2	0,125364	0,036678		0,000003	0,353101	0,000004
4	3	0,000503	0,000004	0,000003		0,000053	0,000009
5	4	0,486145	0,003599	0,353101	0,000053		0,000003
6	5	0,000011	0,000004	0,000004	0,000009	0,000003	

Duncan test; variable συνολική αρέσκεια (τσιπς πατάτας) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,14726, df = 280,00

	θερμοκρασία	{1} 7,7020	{2} 7,4192	{3} 7,0707
1	0		0,000009	0,000011
2	1	0,000009		0,000009
3	2	0,000011	0,000009	

Duncan test; variable συνολική αρέσκεια (τσιπς πατάτας) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,14726, df = 280,00

	χρόνος	{1} 9,4242	{2} 8,8333	{3} 8,2273	{4} 7,6364	{5} 7,2727	{6} 6,7576	{7} 6,4242	{8} 6,1515	{9} 5,8485
1	0		0,000009	0,000011	0,000003	0,000004	0,000004	0,000004	0,000005	0,000001
2	1	0,000009		0,000009	0,000011	0,000003	0,000004	0,000004	0,000004	0,000005
3	2	0,000011	0,000009		0,000009	0,000001	0,000003	0,000004	0,000004	0,000004
4	3	0,000003	0,000011	0,000009		0,000012	0,000001	0,000003	0,000004	0,000004
5	4	0,000004	0,000003	0,000011	0,000012		0,000009	0,000001	0,000003	0,000004
6	5	0,000004	0,000004	0,000003	0,000011	0,000009		0,000042	0,000001	0,000003
7	6	0,000004	0,000004	0,000004	0,000003	0,000001	0,000042		0,003894	0,000001
8	7	0,000005	0,000004	0,000004	0,000004	0,000003	0,000001	0,003894		0,001343

9	8	0,00000 1	0,00000 5	0,00000 4	0,00000 4	0,00000 4	0,00000 3	0,00001 1	0,00134 3	
---	---	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--

Στατιστικά αποτελέσματα για την τραγανή υφή

Univariate Tests of Significance for τραγανότητα (τσιπς πατάτας) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	15587,60	1	15587,60	83277,27	0,000000
είδος επικαλυπτικού	3,20	5	0,64	3,42	0,005092
αιθέριο έλαιο ρίγανης	2,13	1	2,13	11,40	0,000840
θερμοκρασία	3,70	2	1,85	9,88	0,000071
χρόνος	344,19	8	43,02	229,86	0,000000
Error	52,41	280	0,19		

Duncan test; variable τραγανότητα (τσιπς πατάτας) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,18718, df = 280,00							
	είδος επικαλυπτικού	{1} 7,3704	{2} 7,4537	{3} 7,6296	{4} 7,6111	{5} 7,7407	{6} 7,6944
1	0		0,354138	0,006905	0,010216	0,000111	0,000731
2	1	0,354138		0,063657	0,080073	0,003098	0,012595
3	2	0,006905	0,063657		0,836873	0,246467	0,471099
4	3	0,010216	0,080073	0,836873		0,192469	0,386347
5	4	0,000111	0,003098	0,246467	0,192469		0,606705
6	5	0,000731	0,012595	0,471099	0,386347	0,606705	

Duncan test; variable τραγανότητα (τσιπς πατάτας) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,18718, df = 280,00			
	αιθέριο έλαιο ρίγανης	{1} 7,5093	{2} 7,7148
1	0		0,000053
2	1	0,000053	

Duncan test; variable τραγανότητα (τσιπς πατάτας) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,18718, df = 280,00				
	θερμοκρασία	{1} 7,7525	{2} 7,5707	{3} 7,4848
1	0		0,003113	0,000030
2	1	0,003113		0,162649
3	2	0,000030	0,162649	

Duncan test; variable τραγανότητα (τσιπς πατάτας) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,18718, df = 280,00

	χρόνος	{1} 9,2879	{2} 9,0303	{3} 8,3939	{4} 7,9545	{5} 7,4394	{6} 7,1364	{7} 6,6818	{8} 6,4091	{9} 6,0909
1	0		0,01560 0	0,00001 1	0,00000 3	0,00000 4	0,00000 4	0,00000 4	0,00000 5	0,00000 1
2	1	0,01560 0		0,00000 9	0,00001 1	0,00000 3	0,00000 4	0,00000 4	0,00000 4	0,00000 5
3	2	0,00001 1	0,00000 9		0,00004 5	0,00001 1	0,00000 3	0,00000 4	0,00000 4	0,00000 4
4	3	0,00000 3	0,00001 1	0,00004 5		0,00001 0	0,00001 1	0,00000 3	0,00000 4	0,00000 4
5	4	0,00000 4	0,00000 3	0,00001 1	0,00001 0		0,00445 7	0,00001 1	0,00000 3	0,00000 4
6	5	0,00000 4	0,00000 4	0,00000 3	0,00001 1	0,00445 7		0,00002 8	0,00001 1	0,00000 3
7	6	0,00000 4	0,00000 4	0,00000 4	0,00000 3	0,00001 1	0,00002 8		0,01046 0	0,00001 1
8	7	0,00000 5	0,00000 4	0,00000 4	0,00000 4	0,00000 3	0,00001 1	0,01046 0		0,00281 8
9	8	0,00000 1	0,00000 5	0,00000 4	0,00000 4	0,00000 4	0,00000 3	0,00001 1	0,00281 8	

Στατιστικά αποτελέσματα για τη γεύση

Univariate Tests of Significance for γεύση (τσιπς πατάτας) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition

	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	13755,45	1	13755,45	105871,9	0,000000
είδος επικαλυπτικού	26,17	5	5,23	40,3	0,000000
αιθέριο έλαιο ρίγανης	0,11	1	0,11	0,9	0,353891
θερμοκρασία	50,15	2	25,08	193,0	0,000000
χρόνος	454,30	8	56,79	437,1	0,000000
Error	36,38	280	0,13		

Duncan test; variable γεύση (τσιπς πατάτας) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,12993, df = 280,00

	είδος επικαλυπτικού	{1} 7,0185	{2} 6,8148	{3} 7,0648	{4} 7,0556	{5} 7,1111	{6} 7,7407
1	0		0,006569	0,564488	0,621092	0,265672	0,000004
2	1	0,006569		0,001574	0,001884	0,000185	0,000004
3	2	0,564488	0,001574		0,901660	0,536656	0,000011
4	3	0,621092	0,001884	0,901660		0,488909	0,000003

5	4	0,265672	0,000185	0,536656	0,488909		0,000009
6	5	0,000004	0,000004	0,000011	0,000003	0,000009	

Duncan test; variable γεύση (τσιπς πατάτας) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests
Error: Between MS = ,12993, df = 280,00

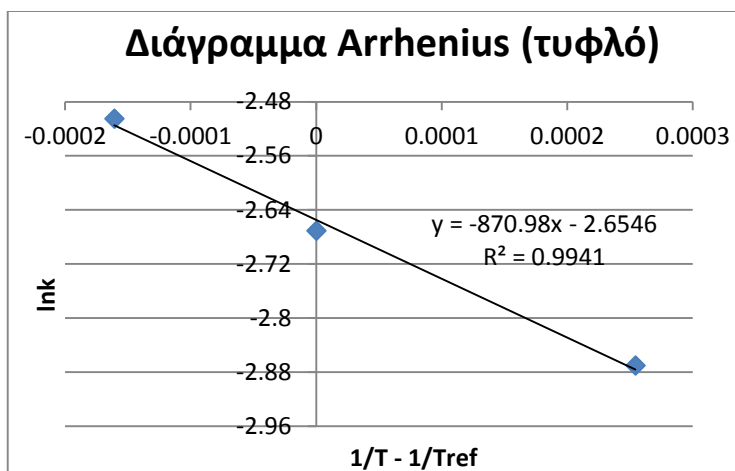
	θερμοκρασία	{1} 7,6313	{2} 7,1768	{3} 6,6263
1	0		0,000009	0,000011
2	1	0,000009		0,000009
3	2	0,000011	0,000009	

Duncan test; variable γεύση (τσιπς πατάτας) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests
Error: Between MS = ,12993, df = 280,00

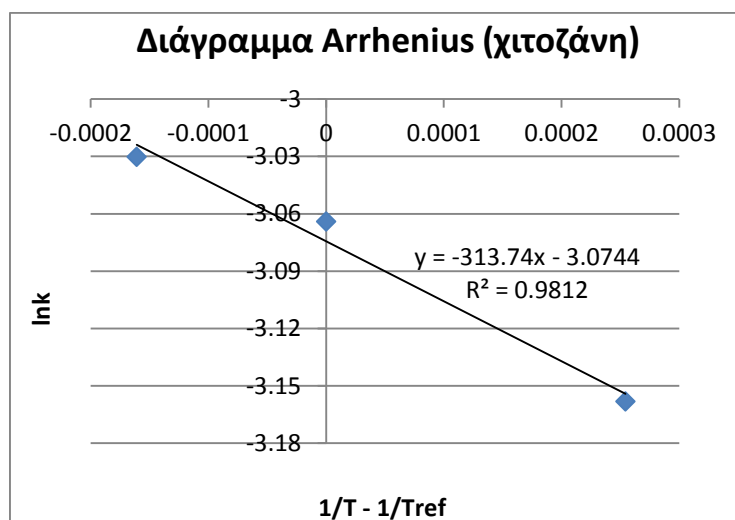
	χρόνος	{1} 9,4091	{2} 8,4545	{3} 7,8788	{4} 7,5152	{5} 7,1212	{6} 6,5909	{7} 6,1818	{8} 5,7879	{9} 5,3636
1	0		0,000009	0,000011	0,000003	0,000004	0,000004	0,000004	0,000005	0,000001
2	1	0,000009		0,000009	0,000011	0,000003	0,000004	0,000004	0,000004	0,000005
3	2	0,000011	0,000009		0,0000049	0,000001	0,000003	0,000004	0,000004	0,000004
4	3	0,000003	0,000001	0,0000049		0,0000017	0,000001	0,000003	0,000004	0,000004
5	4	0,000004	0,000003	0,000001	0,0000017		0,000009	0,000001	0,000003	0,000004
6	5	0,000004	0,000004	0,000003	0,000001	0,000009		0,0000013	0,000001	0,000003
7	6	0,000004	0,000004	0,000004	0,000003	0,000001	0,000003		0,0000017	0,000001
8	7	0,000005	0,000004	0,000004	0,000004	0,000003	0,000001	0,0000017		0,000001
9	8	0,000001	0,000005	0,000004	0,000004	0,000004	0,000003	0,000001	0,000001	

8.2 Διαγράμματα Arrhenius του ρυθμού υποβάθμισης της συνολικής αρέσκειας, της τραγανής υφής και της γεύσης των σιπις πατάτας με τη θερμοκρασία

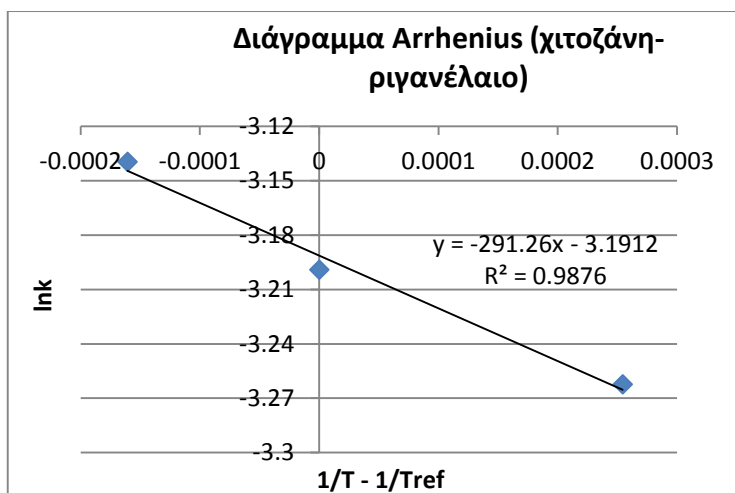
Συνολική αρέσκεια



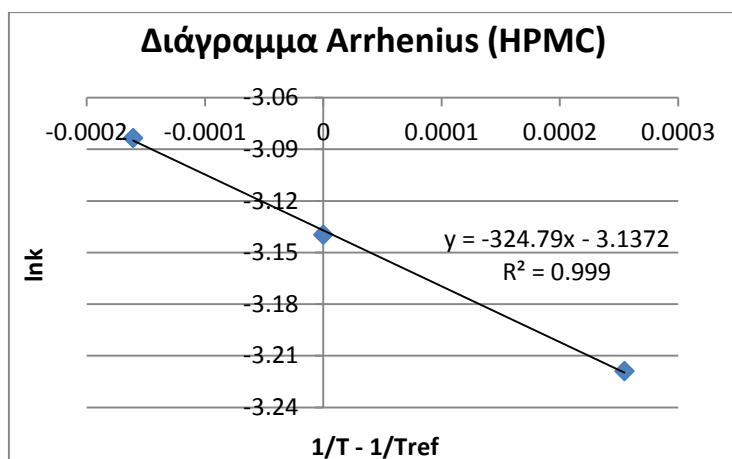
Διάγραμμα 8.1: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της συνολικής αρέσκειας του τυφλού δείγματος με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



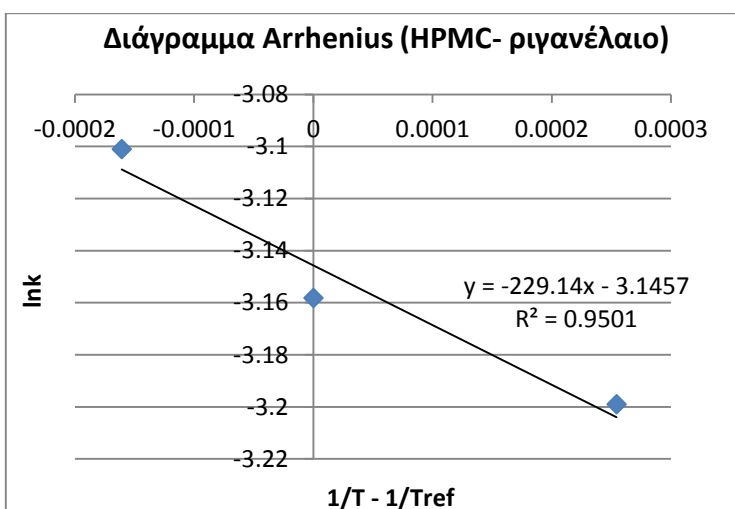
Διάγραμμα 8.2: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της συνολικής αρέσκειας των επικαλυμμένων με χιτοζάνη δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



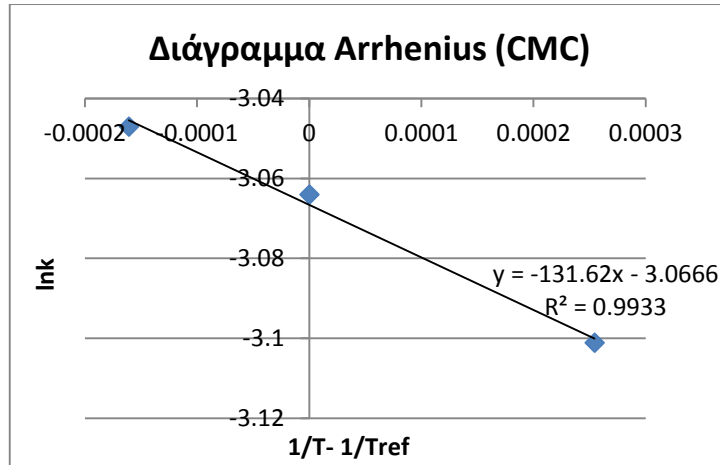
Διάγραμμα 8.3: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της συνολικής αρέσκειας των επικαλυμμένων με χιτοζάνη και αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



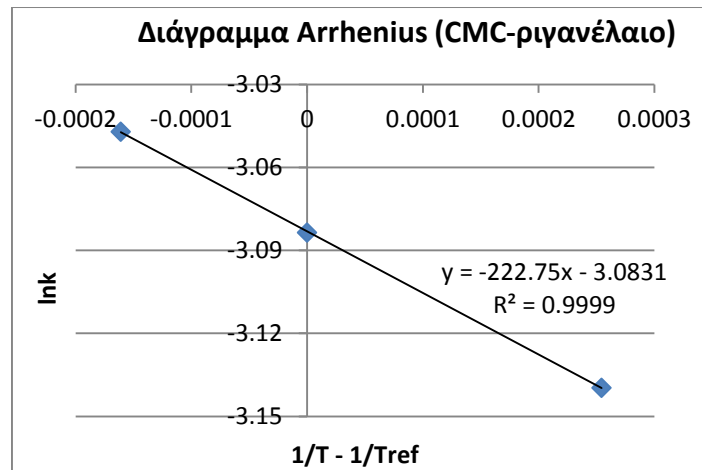
Διάγραμμα 8.4: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της συνολικής αρέσκειας των επικαλυμμένων με HPMC δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



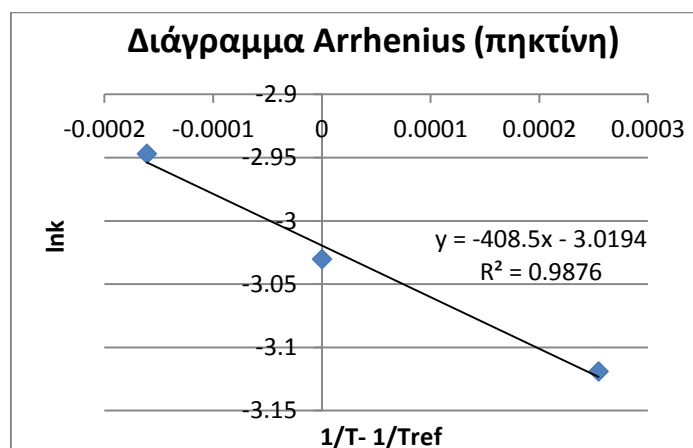
Διάγραμμα 8.5: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της συνολικής αρέσκειας των επικαλυμμένων με HPMC και αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



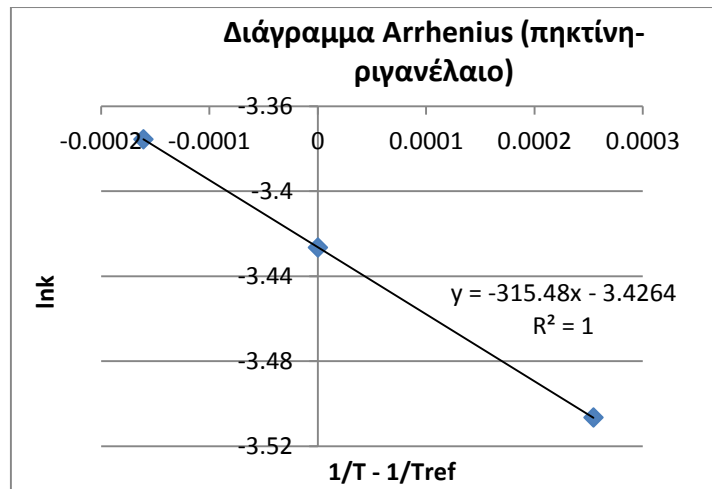
Διάγραμμα 8.6: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της συνολικής αρέσκειας των επικαλυμμένων με CMC δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



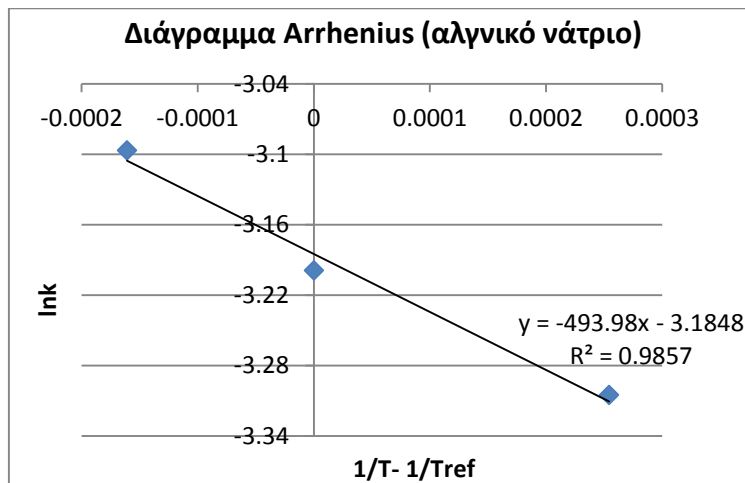
Διάγραμμα 8.7: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της συνολικής αρέσκειας των επικαλυμμένων με CMC και αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



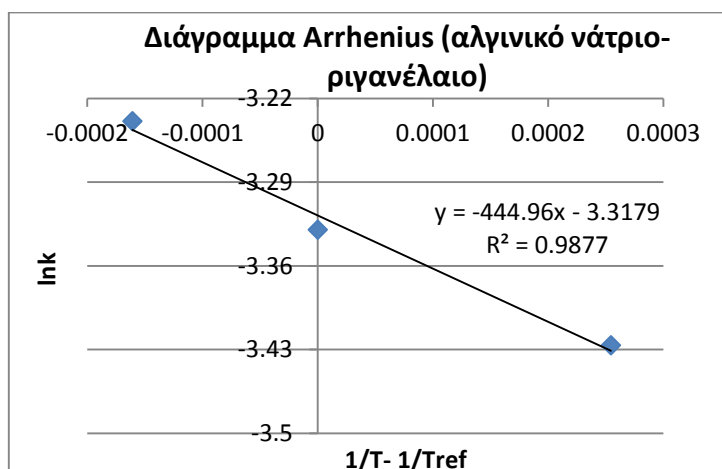
Διάγραμμα 8.8: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της συνολικής αρέσκειας των επικαλυμμένων με πηκτίνη δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



Διάγραμμα 8.9: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της συνολικής αρέσκειας των επικαλυμμένων με πηκτίνη και αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius

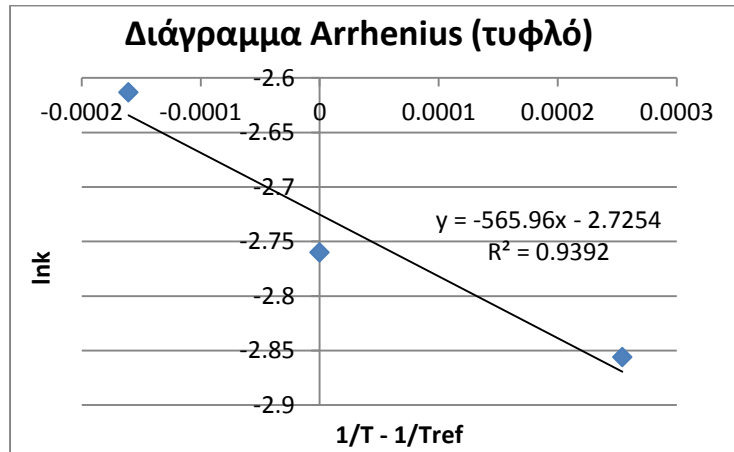


Διάγραμμα 8.10: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της συνολικής αρέσκειας των επικαλυμμένων με αλγινικό νάτριο δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius

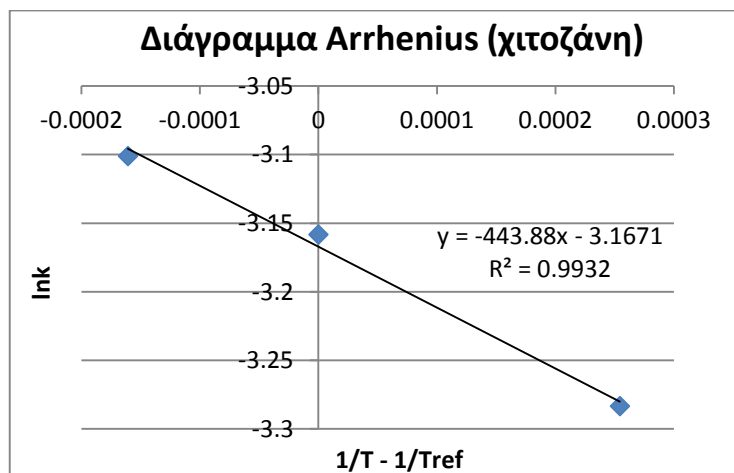


Διάγραμμα 8.11: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της συνολικής αρέσκειας των επικαλυμμένων με αλγινικό νάτριο και αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius

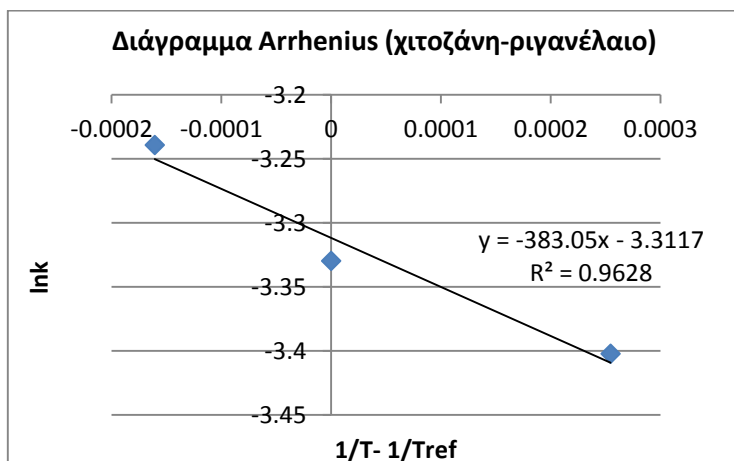
Τραγανή υφή



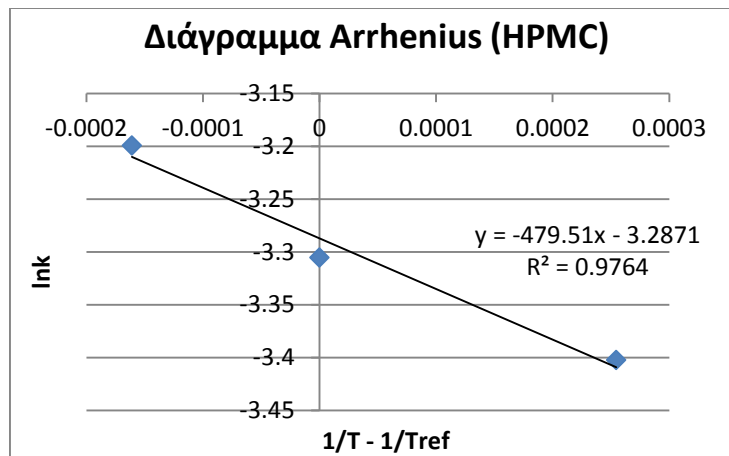
Διάγραμμα 8.12: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της τραγανής υφής του τυφλού δείγματος με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



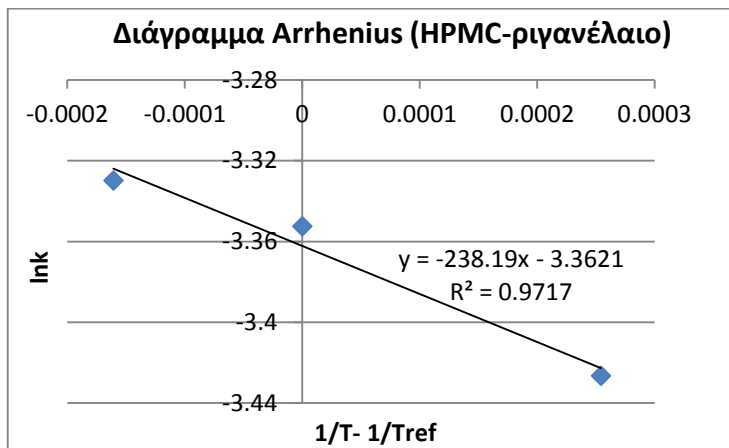
Διάγραμμα 8.13: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της τραγανής υφής των επικαλυμμένων με χιτοζάνη δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



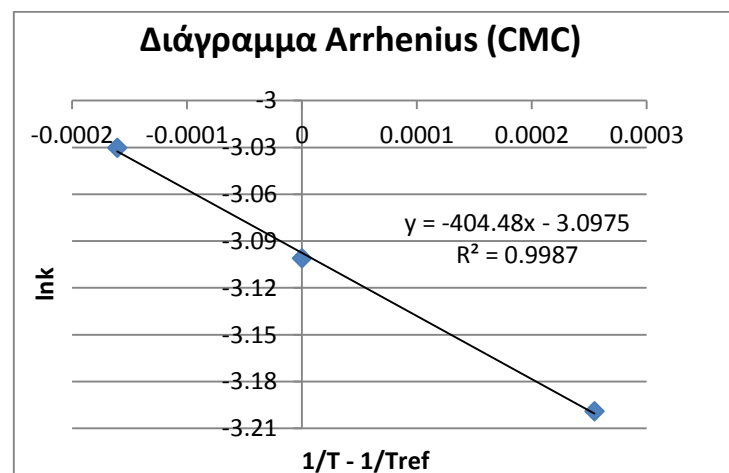
Διάγραμμα 8.14: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της τραγανής υφής των επικαλυμμένων με χιτοζάνη και αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



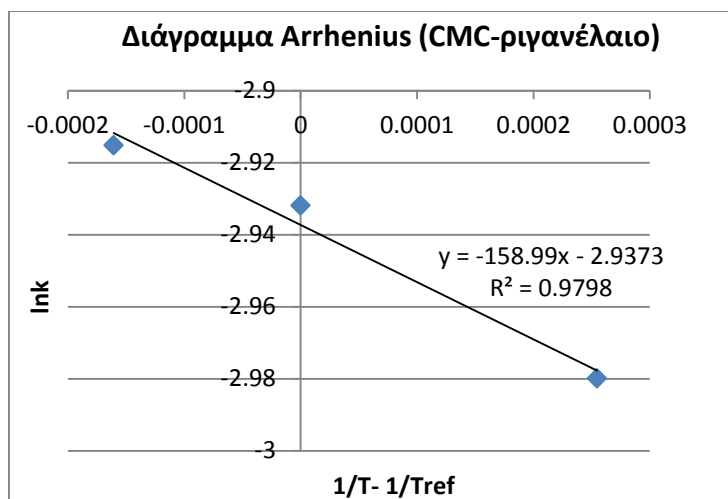
Διάγραμμα 8.15: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της τραγανής υφής των επικαλυμμένων με HPMC δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



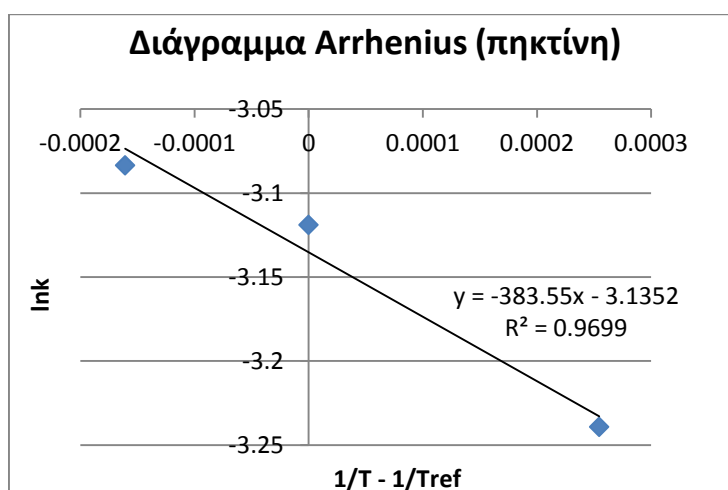
Διάγραμμα 8.16: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της τραγανής υφής των επικαλυμμένων με HPMC και αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



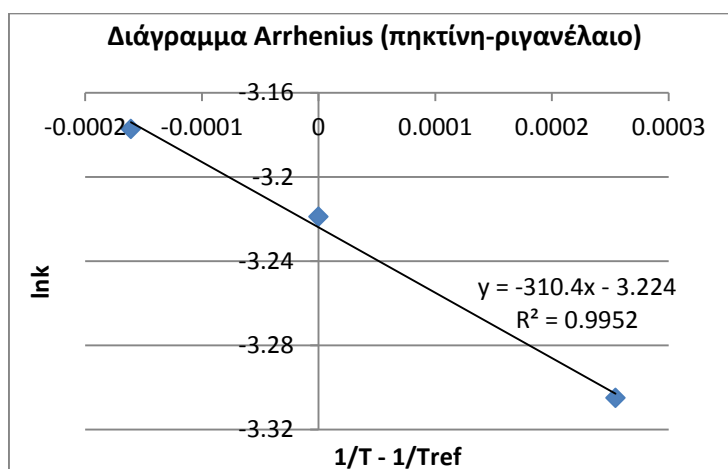
Διάγραμμα 8.17: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της τραγανής υφής των επικαλυμμένων με CMC δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



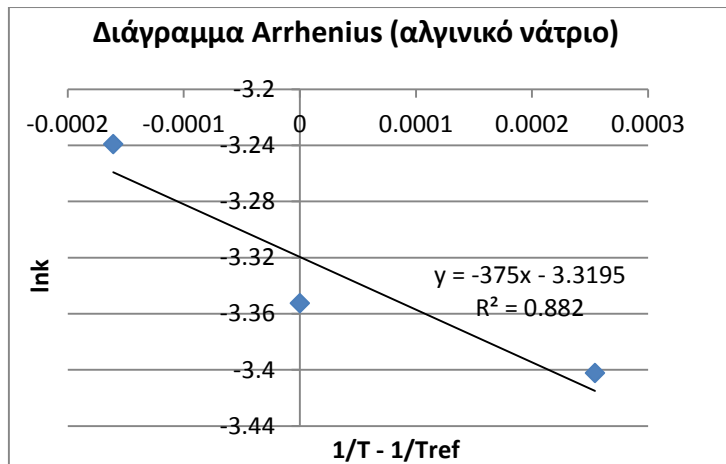
Διάγραμμα 8.18 : Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της τραγανής υφής των επικαλυμμένων με CMC και αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



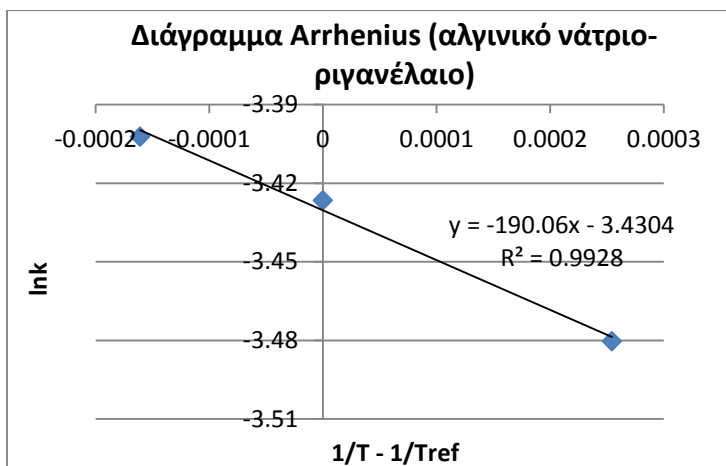
Διάγραμμα 8.19: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της τραγανής υφής των επικαλυμμένων με πηκτίνη δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



Διάγραμμα 8.20: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της τραγανής υφής των επικαλυμμένων με πηκτίνη και αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius

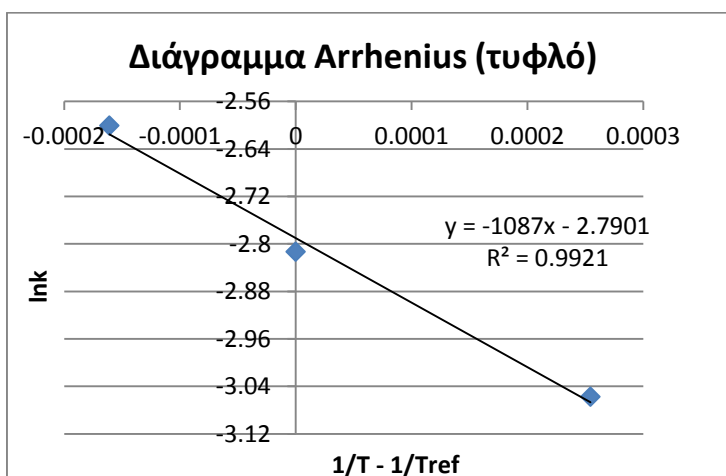


Διάγραμμα 8.21: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της τραγανής υφής των επικαλυμμένων με αλγινικό νάτριο δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius

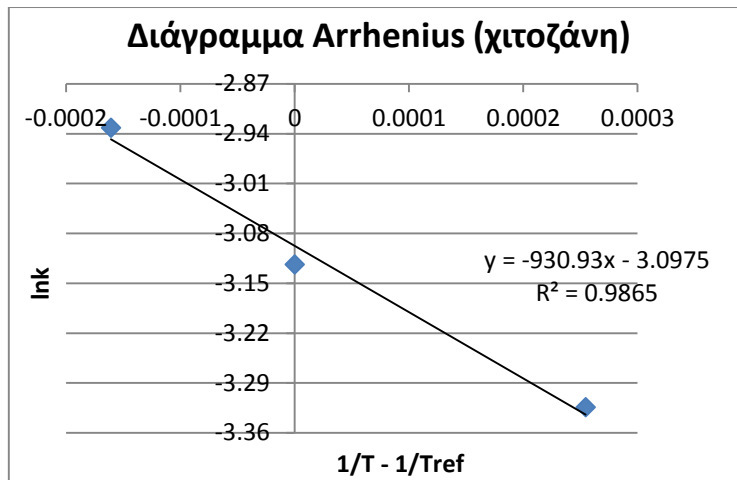


Διάγραμμα 8.22: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της τραγανής υφής των επικαλυμμένων με αλγινικό νάτριο και αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius

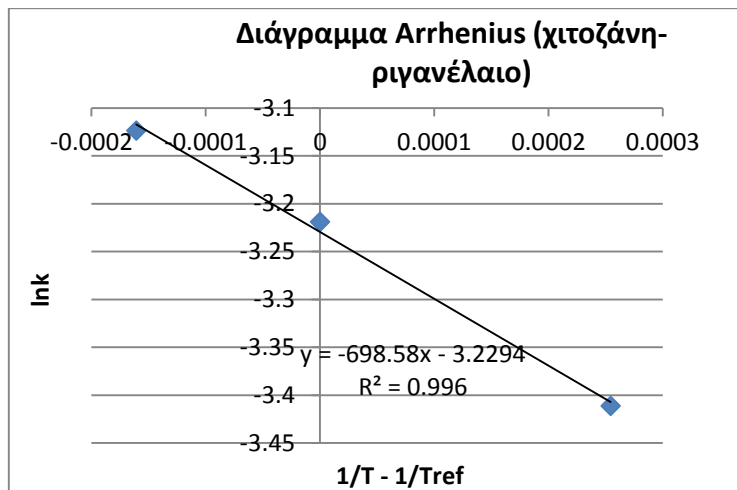
Γεύση



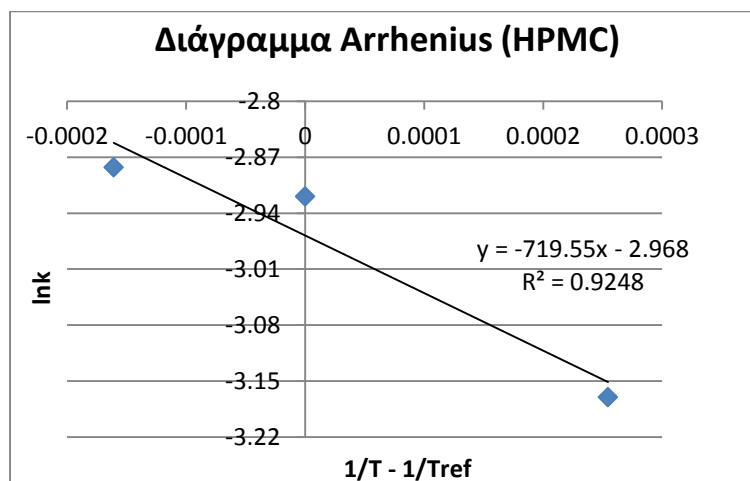
Διάγραμμα 8.23: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της γεύσης του τυφλού δείγματος με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



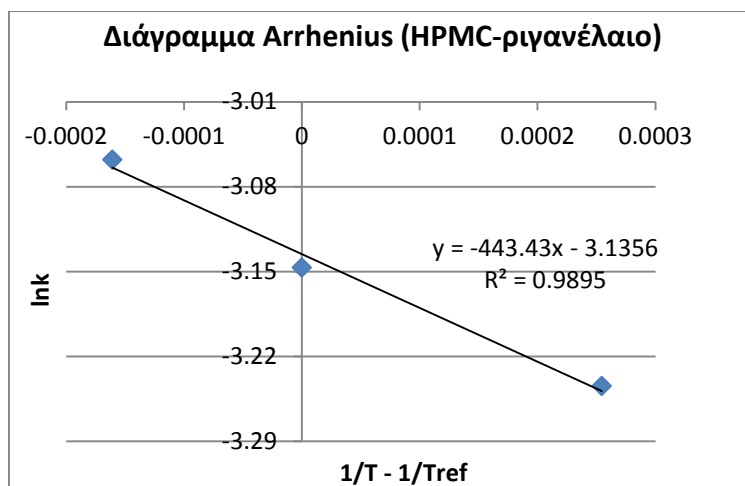
Διάγραμμα 8.24: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της γεύσης των επικαλυμμένων με χιτοζάνη δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



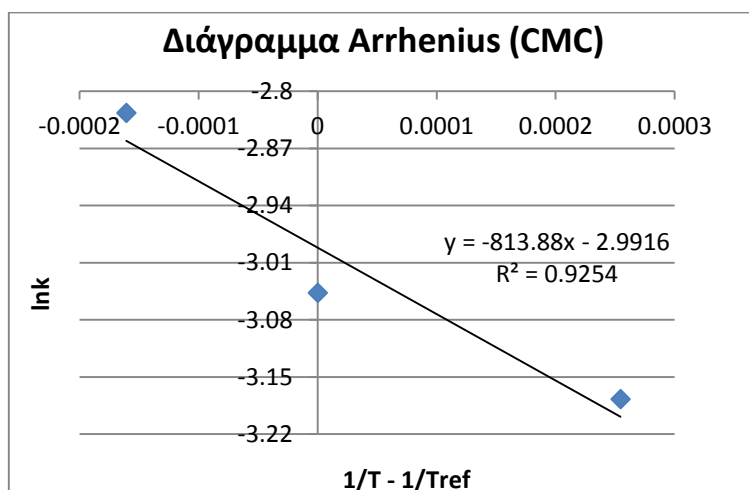
Διάγραμμα 8.25: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της τραγανής υφής των επικαλυμμένων με χιτοζάνη και αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



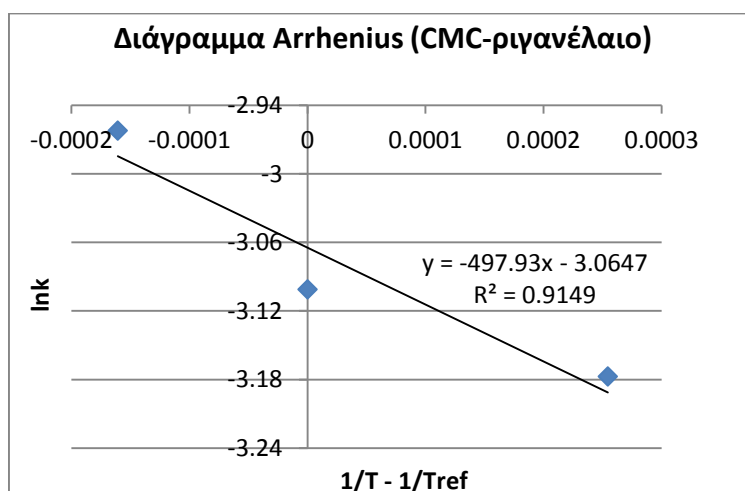
Διάγραμμα 8.26: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της γεύσης των επικαλυμμένων με HPMC δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



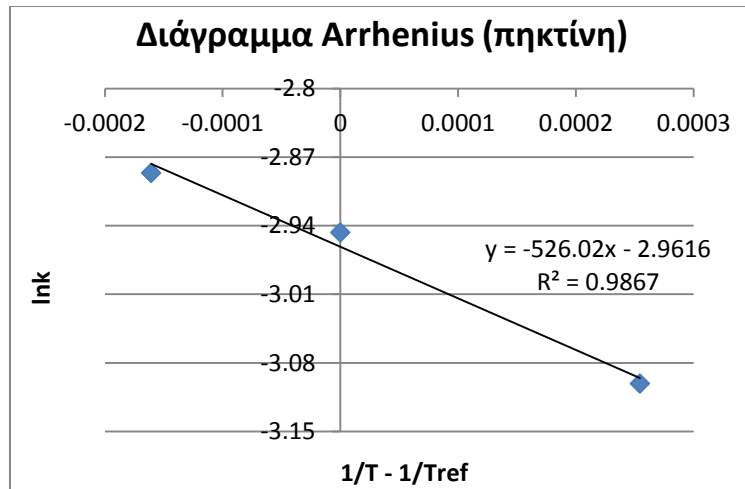
Διάγραμμα 8.27: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της τραγανής υφής των επικαλυμμένων με HPMC και αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



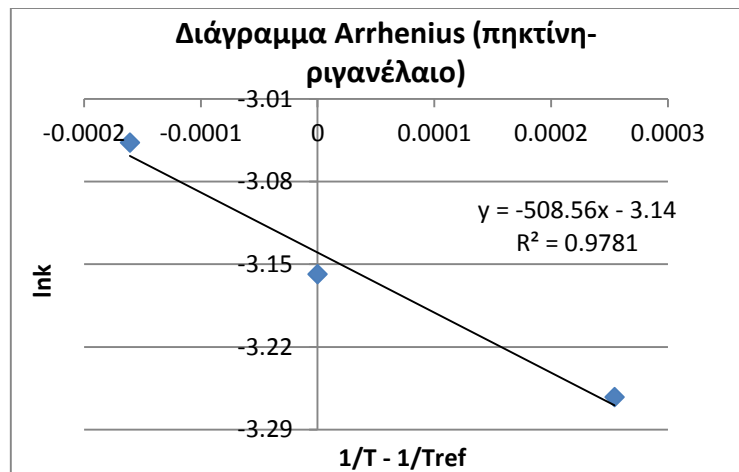
Διάγραμμα 8.28: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της γεύσης των επικαλυμμένων με CMC δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



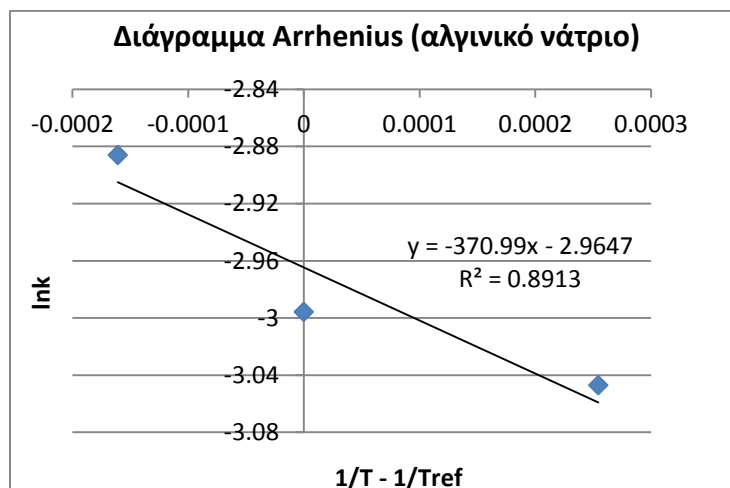
Διάγραμμα 8.29: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της τραγανής υφής των επικαλυμμένων με CMC και αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



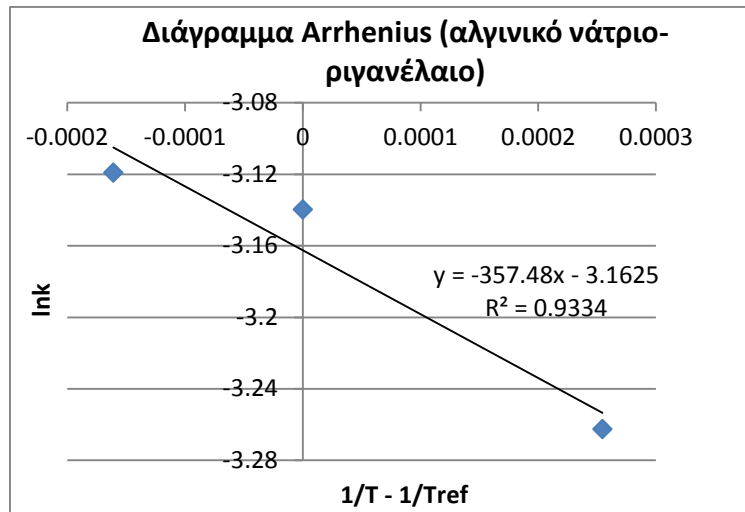
Διάγραμμα 8.30: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της γεύσης των επικαλυμμένων με πηκτίνη δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



Διάγραμμα 8.31: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της τραγανής υφής των επικαλυμμένων με πηκτίνη και αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius

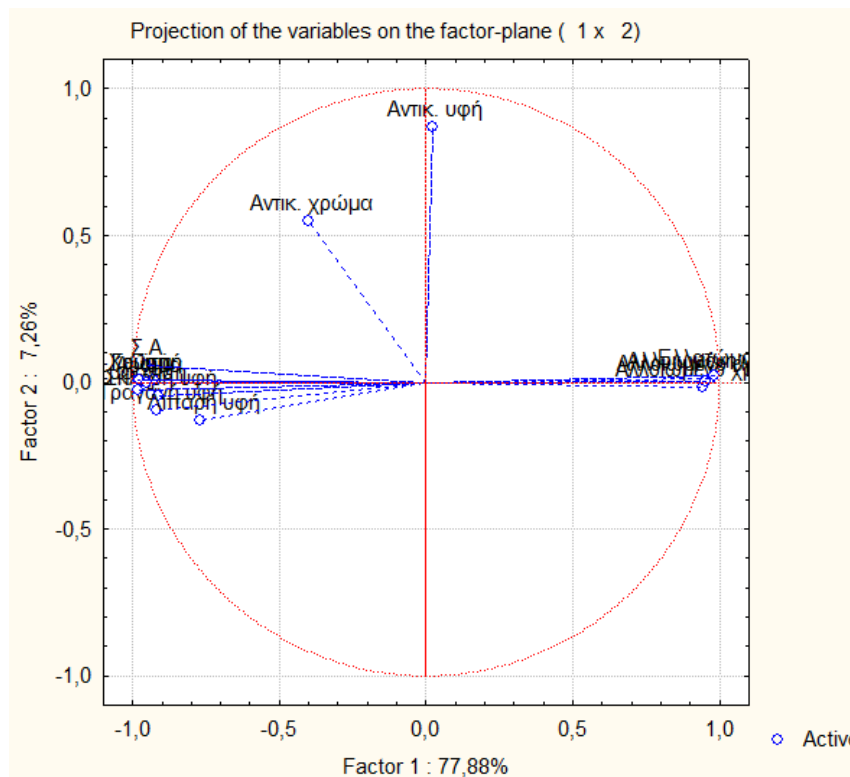


Διάγραμμα 8.32: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της γεύσης των επικαλυμμένων με αλγινικό νάτριο δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius

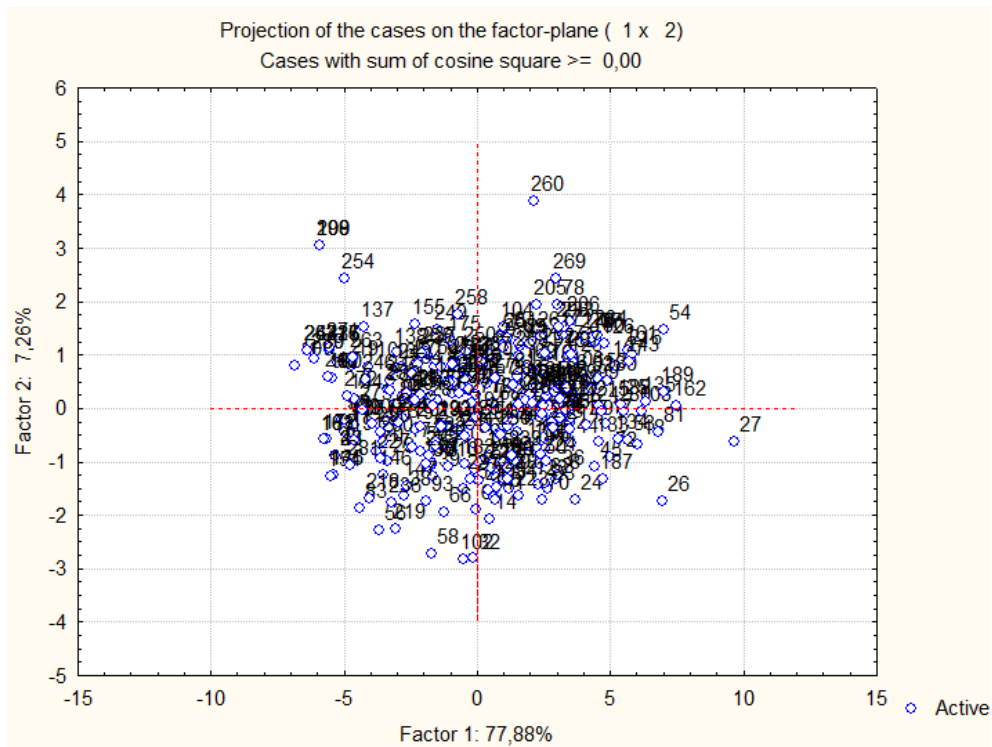


Διάγραμμα 8.33: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της τραγανής υφής των επικαλυμμένων με αλγινικό νάτριο και αιθέριο έλαιο ρίγανης δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius

8.3 Ανάλυση συσχέτισης κύριων συνιστωσών για το σύνολο των πειραμάτων



Διάγραμμα 8.34: Ανάλυση συσχέτισης των μεταβλητών του πειράματος στις δύο κύριες συνιστώσες



Διάγραμμα 8.35: Γραφική απεικόνιση του συνόλου των δειγμάτων τσιπς πατάτας με ανάλυση κύριων συνιστωσών

8.4 Στατιστικά αποτελέσματα για τα plantain τσιπς

Τυφλά δείγματα

Στατιστικά αποτελέσματα για το αντικειμενικό χρώμα

Univariate Tests of Significance for Αντικ. χρώμα (τυφλά plantain) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	222734,3	1	222734,3	33511,43	0,000000
πάχος τυφλού δείγματος	535,0	1	535,0	80,50	0,000000
θερμοκρασία	88,5	2	44,2	6,66	0,004463
χρόνος	1055,3	5	211,1	31,76	0,000000
Error	179,5	27	6,6		

Duncan test; variable Αντικ. χρώμα (τυφλά plantain) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 6,6465, df = 27,000			
	πάχος τυφλού δείγματος	{1} 74,803	{2} 82,513
1	0		0,000144
2	1	0,000144	

Duncan test; variable Αντικ. χρώμα (τυφλά plantain) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 6,6465, df = 27,000

	θερμοκρασία	{1} 80,725	{2} 78,318	{3} 76,930
1	0		0,030377	0,001775
2	1	0,030377		0,198474
3	2	0,001775	0,198474	

Duncan test; variable Αντικ. χρώμα (τυφλά plantain) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 6,6465, df = 27,000

	χρόνος	{1} 88,330	{2} 80,302	{3} 78,920	{4} 79,451	{5} 73,564	{6} 71,379
1	0		0,000152	0,000056	0,000066	0,000034	0,000026
2	1	0,000152		0,389589	0,572461	0,000242	0,000038
3	2	0,000056	0,389589		0,724050	0,001406	0,000095
4	3	0,000066	0,572461	0,724050		0,000751	0,000070
5	4	0,000034	0,000242	0,001406	0,000751		0,153949
6	5	0,000026	0,000038	0,000095	0,000070	0,153949	

Τυφλό και επικαλυμμένα δείγματα

Στατιστικά αποτελέσματα για το αντικειμενικό χρώμα

Univariate Tests of Significance for αντικ. χρώμα (Τσιπς plantain) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition

	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	658300,3	1	658300,3	74286,92	0,000000
είδος επικαλυπτικού	422,1	5	84,4	9,53	0,000000
θερμοκρασία	283,9	2	142,0	16,02	0,000001
χρόνος	831,3	5	166,3	18,76	0,000000
Error	841,9	95	8,9		

Duncan test; variable αντικ. χρώμα (Τσιπς plantain) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 8,8616, df = 95,000

	είδος επικαλυπτικού	{1} 74,803	{2} 77,913	{3} 79,815	{4} 81,043	{5} 77,274	{6} 77,589
1	0		0,004070	0,000033	0,000024	0,014607	0,008340
2	1	0,004070		0,058313	0,003073	0,548480	0,745216
3	2	0,000033	0,058313		0,219030	0,019442	0,035243
4	3	0,000024	0,003073	0,219030		0,000612	0,001417
5	4	0,014607	0,548480	0,019442	0,000612		0,751165

6	5	0,008340	0,745216	0,035243	0,001417	0,751165	
---	---	----------	----------	----------	----------	----------	--

Duncan test; variable αντικ. χρώμα (Τσιπς plantain) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 8,8616, df = 95,000

	θερμοκρασία	{1} 80,218	{2} 77,702	{3} 76,299
1	0		0,000638	0,000053
2	1	0,000638		0,048535
3	2	0,000053	0,048535	

Duncan test; variable αντικ. χρώμα (Τσιπς plantain) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 8,8616, df = 95,000

	χρόνος	{1} 83,260	{2} 78,403	{3} 76,927	{4} 78,886	{5} 76,850	{6} 74,111
1	0		0,000058	0,000047	0,000135	0,000029	0,000024
2	1	0,000058		0,140498	0,627602	0,143266	0,000113
3	2	0,000047	0,140498		0,064289	0,938058	0,007676
4	3	0,000135	0,627602	0,064289		0,062798	0,000041
5	4	0,000029	0,143266	0,938058	0,062798		0,007048
6	5	0,000024	0,000113	0,007676	0,000041	0,007048	

Τυφλά δείγματα

Στατιστικά αποτελέσματα για την αντικειμενική υφή

Univariate Tests of Significance for Αντικ. υφή (τυφλά plantain) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition

	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	15304,06	1	15304,06	3363,506	0,000000
πάχος τυφλού δείγματος	1369,15	1	1369,15	300,911	0,000000
θερμοκρασία	7,69	2	3,84	0,845	0,440811
χρόνος	369,14	5	73,83	16,226	0,000000
Error	122,85	27	4,55		

Duncan test; variable Αντικ. υφή (τυφλά plantain) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 4,5500, df = 27,000

	πάχος τυφλού δείγματος	{1} 14,451	{2} 26,785
1	0		0,000144
2	1	0,000144	

Duncan test; variable Αντικ. υφή (τυφλά plantain) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 4,5500, df = 27,000

	χρόνος	{1} 26,628	{2} 22,312	{3} 20,495	{4} 19,565	{5} 17,607	{6} 17,104
1	0		0,001751	0,000104	0,000061	0,000034	0,000026
2	1	0,001751		0,151891	0,042962	0,001281	0,000545
3	2	0,000104	0,151891		0,456642	0,033828	0,016365
4	3	0,000061	0,042962	0,456642		0,123657	0,068415
5	4	0,000034	0,001281	0,033828	0,123657		0,686602
6	5	0,000026	0,000545	0,016365	0,068415	0,686602	

Τυφλό και επικαλυμμένα δείγματα

Στατιστικά αποτελέσματα για την αντικειμενική υφή

Univariate Tests of Significance for αντικ. υφή (Τσιπς plantain) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition

	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	17354,37	1	17354,37	9027,625	0,000000
είδος επικαλυπτικού	112,79	5	22,56	11,734	0,000000
θερμοκρασία	0,98	2	0,49	0,254	0,776478
χρόνος	57,16	5	11,43	5,946	0,000079
Error	182,62	95	1,92		

Duncan test; variable αντικ. υφή (Τσιπς plantain) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 1,9224, df = 95,000

	είδος επικαλυπτικού	{1} 14,451	{2} 13,113	{3} 11,845	{4} 12,516	{5} 12,922	{6} 11,211
1	0		0,004819	0,000030	0,000160	0,001923	0,000024
2	1	0,004819		0,012177	0,227652	0,680367	0,000218
3	2	0,000030	0,012177		0,150041	0,028717	0,173083
4	3	0,000160	0,227652	0,150041		0,382216	0,007976
5	4	0,001923	0,680367	0,028717	0,382216		0,000698
6	5	0,000024	0,000218	0,173083	0,007976	0,000698	

Duncan test; variable αντικ. υφή (Τσιπς plantain) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 1,9224, df = 95,000

	χρόνος	{1} 14,223	{2} 12,345	{3} 12,126	{4} 12,656	{5} 12,641	{6} 12,068
1	0		0,000227	0,000066	0,001135	0,001358	0,000052
2	1	0,000227		0,636331	0,531040	0,523583	0,577402
3	2	0,000066	0,636331		0,303083	0,298124	0,901828

4	3	0,001135	0,531040	0,303083		0,974524	0,265942
5	4	0,001358	0,523583	0,298124	0,974524		0,265668
6	5	0,000052	0,577402	0,901828	0,265942	0,265668	

Τυφλά δείγματα

Στατιστικά αποτελέσματα για την **ενεργότητα νερού**

Univariate Tests of Significance for ενεργότητα νερού (τυφλά plantain) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	4,427868	1	4,427868	12146,56	0,000000
πάχος τυφλού δείγματος	0,001955	1	0,001955	5,36	0,028399
θερμοκρασία	0,000411	2	0,000206	0,56	0,575384
χρόνος	0,166440	5	0,033288	91,32	0,000000
Error	0,009842	27	0,000365		

Duncan test; variable ενεργότητα νερού (τυφλά plantain) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00036, df = 27,000			
	πάχος τυφλού δείγματος	{1} 0,35808	{2} 0,34334
1	0		0,028523
2	1	0,028523	

Duncan test; variable ενεργότητα νερού (τυφλά plantain) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00036, df = 27,000							
	χρόνος	{1} 0,26885	{2} 0,28825	{3} 0,31867	{4} 0,35250	{5} 0,41712	{6} 0,45887
1	0		0,089879	0,000214	0,000056	0,000034	0,000026
2	1	0,089879		0,010413	0,000067	0,000056	0,000034
3	2	0,000214	0,010413		0,005004	0,000063	0,000056
4	3	0,000056	0,000067	0,005004		0,000146	0,000063
5	4	0,000034	0,000056	0,000063	0,000146		0,000905
6	5	0,000026	0,000034	0,000056	0,000063	0,000905	

Τυφλό και επικαλυμμένα δείγματα

Στατιστικά αποτελέσματα για την **ενεργότητα νερού**

Univariate Tests of Significance for ενεργότητα νερού (Τσιπς plantain) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	12,21495	1	12,21495	40413,24	0,000000
είδος επικαλυπτικού	0,01398	5	0,00280	9,25	0,000000
θερμοκρασία	0,00272	2	0,00136	4,49	0,013656
χρόνος	0,41429	5	0,08286	274,13	0,000000
Error	0,02871	95	0,00030		

Duncan test; variable ενεργότητα νερού (Τσιπς plantain) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00030, df = 95,000							
	είδος επικαλυπτικού	{1} 0,35808	{2} 0,33172	{3} 0,33720	{4} 0,33118	{5} 0,33906	{6} 0,32059
1	0		0,000074	0,000773	0,000053	0,001591	0,000024
2	1	0,000074		0,347060	0,926203	0,237277	0,071914
3	2	0,000773	0,347060		0,332775	0,749653	0,008752
4	3	0,000053	0,926203	0,332775		0,221671	0,070909
5	4	0,001591	0,237277	0,749653	0,221671		0,004136
6	5	0,000024	0,071914	0,008752	0,070909	0,004136	

Duncan test; variable ενεργότητα νερού (Τσιπς plantain) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00030, df = 95,000				
	θερμοκρασία	{1} 0,33231	{2} 0,33323	{3} 0,34338
1	0		0,821482	0,011136
2	1	0,821482		0,015170
3	2	0,011136	0,015170	

Duncan test; variable ενεργότητα νερού (Τσιπς plantain) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00030, df = 95,000							
	χρόνος	{1} 0,25267	{2} 0,27846	{3} 0,31477	{4} 0,34766	{5} 0,39509	{6} 0,42918
1	0		0,000131	0,000053	0,000047	0,000029	0,000024
2	1	0,000131		0,000110	0,000053	0,000047	0,000029
3	2	0,000053	0,000110		0,000110	0,000053	0,000047
4	3	0,000047	0,000053	0,000110		0,000110	0,000053
5	4	0,000029	0,000047	0,000053	0,000110		0,000110
6	5	0,000024	0,000029	0,000047	0,000053	0,000110	

Τυφλά δείγματα

Στατιστικά αποτελέσματα για τη **συνολική αρέσκεια**

Univariate Tests of Significance for Σ.Α. (τυφλά plantain) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	2177,778	1	2177,778	17863,29	0,000000
πάχος τυφλού δείγματος	4,694	1	4,694	38,51	0,000001
θερμοκρασία	3,931	2	1,965	16,12	0,000025
χρόνος	43,806	5	8,761	71,86	0,000000
Error	3,292	27	0,122		

Duncan test; variable Σ.Α. (τυφλά plantain) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,12191, df = 27,000			
	πάχος τυφλού δείγματος	{1} 8,1389	{2} 7,4167
1	0		0,000144
2	1	0,000144	

Duncan test; variable Σ.Α. (τυφλά plantain) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,12191, df = 27,000				
	θερμοκρασία	{1} 8,1250	{2} 7,8750	{3} 7,3333
1	0		0,090933	0,000071
2	1	0,090933		0,000880
3	2	0,000071	0,000880	

Duncan test; variable Σ.Α. (τυφλά plantain) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,12191, df = 27,000							
	χρόνος	{1} 9,5000	{2} 8,7500	{3} 8,0000	{4} 7,3333	{5} 6,7500	{6} 6,3333
1	0		0,001067	0,000063	0,000056	0,000034	0,000026
2	1	0,001067		0,001067	0,000064	0,000056	0,000034
3	2	0,000063	0,001067		0,002814	0,000064	0,000056
4	3	0,000056	0,000064	0,002814		0,007592	0,000106
5	4	0,000034	0,000056	0,000064	0,007592		0,048573
6	5	0,000026	0,000034	0,000056	0,000106	0,048573	

Τυφλό και επικαλυμμένα δείγματα

Στατιστικά αποτελέσματα για τη **συνολική αρέσκεια**

Univariate Tests of Significance for Σ.Α. (Τσιπς plantain) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	7769,037	1	7769,037	74183,64	0,000000

είδος επικαλυπτικού	3,657	5	0,731	6,98	0,000013
θερμοκρασία	12,144	2	6,072	57,98	0,000000
χρόνος	101,213	5	20,243	193,29	0,000000
Error	9,949	95	0,105		

Duncan test; variable Σ.Α. (Τσιπς plantain) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests
Error: Between MS = ,10473, df = 95,000

	είδος επικαλυπτικού	{1} 8,1389	{2} 8,6389	{3} 8,6667	{4} 8,6111	{5} 8,3889	{6} 8,4444
1	0		0,000054	0,000035	0,000101	0,022718	0,007799
2	1	0,000054		0,797452	0,797452	0,034980	0,091342
3	2	0,000035	0,797452		0,631600	0,021520	0,061698
4	3	0,000101	0,797452	0,631600		0,053366	0,125770
5	4	0,022718	0,034980	0,021520	0,053366		0,607850
6	5	0,007799	0,091342	0,061698	0,125770	0,607850	

Duncan test; variable Σ.Α. (Τσιπς plantain) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests
Error: Between MS = ,10473, df = 95,000

	θερμοκρασία	{1} 8,8750	{2} 8,5139	{3} 8,0556
1	0		0,000117	0,000053
2	1	0,000117		0,000110
3	2	0,000053	0,000110	

Duncan test; variable Σ.Α. (Τσιπς plantain) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests
Error: Between MS = ,10473, df = 95,000

	χρόνος	{1} 10,000	{2} 9,3056	{3} 8,6667	{4} 8,1111	{5} 7,6667	{6} 7,1389
1	0		0,000110	0,000053	0,000047	0,000029	0,000024
2	1	0,000110		0,000110	0,000053	0,000047	0,000029
3	2	0,000053	0,000110		0,000111	0,000053	0,000047
4	3	0,000047	0,000053	0,000111		0,000186	0,000053
5	4	0,000029	0,000047	0,000053	0,000186		0,000114
6	5	0,000024	0,000029	0,000047	0,000053	0,000114	

Τυφλά δείγματα

Στατιστικά αποτελέσματα για την τραγανή υφή

Univariate Tests of Significance for Τραγανή υφή (τυφλά plantain) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition

	SS	Degr. of	MS	F	p
--	----	----------	----	---	---

Intercept	1560,250	1	1560,250	28886,91	0,000000
πάχος τυφλού δείγματος	0,250	1	0,250	4,63	0,040550
θερμοκρασία	0,542	2	0,271	5,01	0,014066
χρόνος	10,000	5	2,000	37,03	0,000000
Error	1,458	27	0,054		

Duncan test; variable Τραγανή υφή (τυφλά plantain) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,05401, df = 27,000

	πάχος τυφλού δείγματος	{1} 6,6667	{2} 6,5000
1	0		0,040668
2	1	0,040668	

Duncan test; variable Τραγανή υφή (τυφλά plantain) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,05401, df = 27,000

	θερμοκρασία	{1} 6,7083	{2} 6,6250	{3} 6,4167
1	0		0,387695	0,006501
2	1	0,387695		0,037001
3	2	0,006501	0,037001	

Duncan test; variable Τραγανή υφή (τυφλά plantain) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,05401, df = 27,000

	χρόνος	{1} 7,2500	{2} 7,1667	{3} 6,6667	{4} 6,5000	{5} 6,1667	{6} 5,7500
1	0		0,539904	0,000303	0,000064	0,000034	0,000026
2	1	0,539904		0,001038	0,000105	0,000056	0,000034
3	2	0,000303	0,001038		0,224993	0,001313	0,000056
4	3	0,000064	0,000105	0,224993		0,019617	0,000070
5	4	0,000034	0,000056	0,001313	0,019617		0,004593
6	5	0,000026	0,000034	0,000056	0,000070	0,004593	

Τυφλό και επικαλυμμένα δείγματα

Στατιστικά αποτελέσματα για την τραγανή υφή

Univariate Tests of Significance for τραγανότητα (Τσιπς plantain) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition					
	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	5201,391	1	5201,391	86178,88	0,000000
είδος επικαλυπτικού	3,095	5	0,619	10,26	0,000000
θερμοκρασία	0,963	2	0,481	7,98	0,000627

χρόνος	39,067	5	7,813	129,46	0,000000
Error	5,734	95	0,060		

Duncan test; variable τραγανότητα (Τσιπς plantain) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,06036, df = 95,000

	είδος επικαλυπτικού	{1} 6,6667	{2} 7,1944	{3} 6,8056	{4} 6,9444	{5} 7,0556	{6} 6,9722
1	0		0,000024	0,093276	0,001492	0,000045	0,000637
2	1	0,000024		0,000045	0,005167	0,093276	0,010794
3	2	0,093276	0,000045		0,093276	0,005167	0,056333
4	3	0,001492	0,005167	0,093276		0,204880	0,735339
5	4	0,000045	0,093276	0,005167	0,204880		0,311541
6	5	0,000637	0,010794	0,056333	0,735339	0,311541	

Duncan test; variable τραγανότητα (Τσιπς plantain) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,06036, df = 95,000

	θερμοκρασία	{1} 7,0694	{2} 6,9028	{3} 6,8472
1	0		0,005065	0,000373
2	1	0,005065		0,339900
3	2	0,000373	0,339900	

Duncan test; variable τραγανότητα (Τσιπς plantain) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,06036, df = 95,000

	χρόνος	{1} 7,8611	{2} 7,4444	{3} 7,0556	{4} 6,7778	{5} 6,4444	{6} 6,0556
1	0		0,000112	0,000053	0,000047	0,000029	0,000024
2	1	0,000112		0,000116	0,000053	0,000047	0,000029
3	2	0,000053	0,000116		0,001129	0,000053	0,000047
4	3	0,000047	0,000053	0,001129		0,000202	0,000053
5	4	0,000029	0,000047	0,000053	0,000202		0,000116
6	5	0,000024	0,000029	0,000047	0,000053	0,000116	

Τυφλά δείγματα

Στατιστικά αποτελέσματα για τη γεύση

Univariate Tests of Significance for Γεύση (τυφλά plantain) Sigma-restricted parameterization Effective hypothesis decomposition

	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	2458,507	1	2458,507	11025,00	0,000000

πάχος τυφλού δείγματος	0,007	1	0,007	0,03	0,861241
θερμοκρασία	11,847	2	5,924	26,56	0,000000
χρόνος	37,868	5	7,574	33,96	0,000000
Error	6,021	27	0,223		

Duncan test; variable Γεύση (τυφλά plantain) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests
Error: Between MS = ,22299, df = 27,000

	θερμοκρασία	{1} 8,7500	{2} 8,5833	{3} 7,4583
1	0		0,395082	0,000064
2	1	0,395082		0,000146
3	2	0,000064	0,000146	

Duncan test; variable Γεύση (τυφλά plantain) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests
Error: Between MS = ,22299, df = 27,000

	χρόνος	{1} 10,000	{2} 9,0000	{3} 8,3330	{4} 7,9167	{5} 7,5000	{6} 6,8333
1	0		0,001200	0,000065	0,000056	0,000034	0,000026
2	1	0,001200		0,021413	0,000719	0,000067	0,000034
3	2	0,000065	0,021413		0,138217	0,006778	0,000067
4	3	0,000056	0,000719	0,138217		0,138217	0,000719
5	4	0,000034	0,000067	0,006778	0,138217		0,021413
6	5	0,000026	0,000034	0,000067	0,000719	0,021413	

Τυφλό και επικαλυμμένα δείγματα

Στατιστικά αποτελέσματα για τη γεύση

Univariate Tests of Significance for γεύση (Τσιπς plantain) Sigma-restricted parameterization
Effective hypothesis decomposition

	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	7845,558	1	7845,558	52008,03	0,000000
είδος επικαλυπτικού	2,512	5	0,502	3,33	0,008156
θερμοκρασία	33,060	2	16,530	109,58	0,000000
χρόνος	74,289	5	14,858	98,49	0,000000
Error	14,331	95	0,151		

Duncan test; variable γεύση (Τσιπς plantain) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests
Error: Between MS = ,15085, df = 95,000

	είδος επικαλυπτικού	{1} 8,2500	{2} 8,6667	{3} 8,5278	{4} 8,4167	{5} 8,6944	{6} 8,5833
1	0		0,003756	0,044116	0,201194	0,002254	0,018811

2	1	0,003756		0,316861	0,080352	0,830682	0,521465
3	2	0,044116	0,316861		0,393078	0,247147	0,668943
4	3	0,201194	0,080352	0,393078		0,057185	0,229201
5	4	0,002254	0,830682	0,247147	0,057185		0,423724
6	5	0,018811	0,521465	0,668943	0,229201	0,423724	

Duncan test; variable γεύση (Τσιπς plantain) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests
Error: Between MS = ,15085, df = 95,000

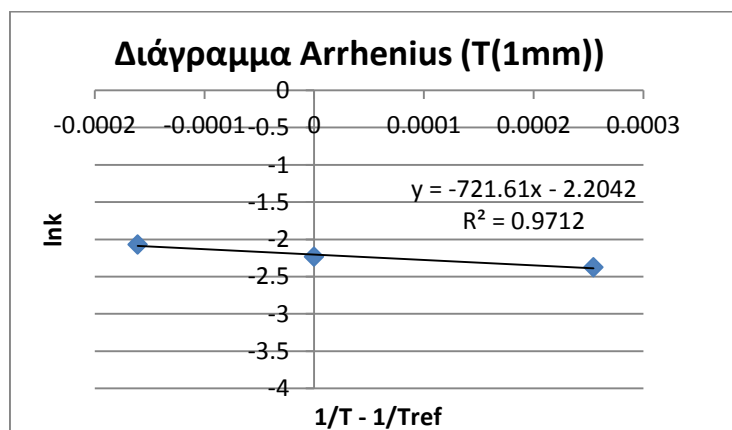
	θερμοκρασία	{1} 9,0139	{2} 8,8056	{3} 7,7500
1	0		0,025205	0,000053
2	1	0,025205		0,000110
3	2	0,000053	0,000110	

Duncan test; variable γεύση (Τσιπς plantain) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests
Error: Between MS = ,15085, df = 95,000

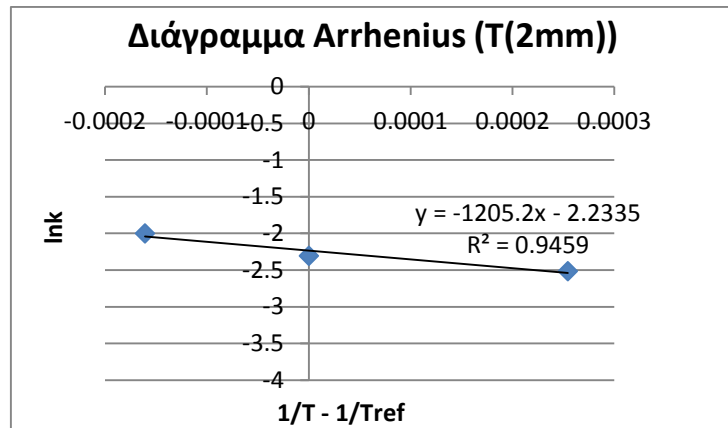
	χρόνος	{1} 10,000	{2} 9,0556	{3} 8,5278	{4} 8,2778	{5} 7,7778	{6} 7,5000
1	0		0,000110	0,000053	0,000047	0,000029	0,000024
2	1	0,000110		0,000200	0,000053	0,000047	0,000029
3	2	0,000053	0,000200		0,056560	0,000053	0,000047
4	3	0,000047	0,000053	0,056560		0,000308	0,000053
5	4	0,000029	0,000047	0,000053	0,000308		0,034543
6	5	0,000024	0,000029	0,000047	0,000053	0,034543	

8.5 Διαγράμματα Arrhenius του ρυθμού υποβάθμισης της συνολικής αρέσκειας, της τραγανής υφής και της γεύσης των plantain τσιπς με τη θερμοκρασία

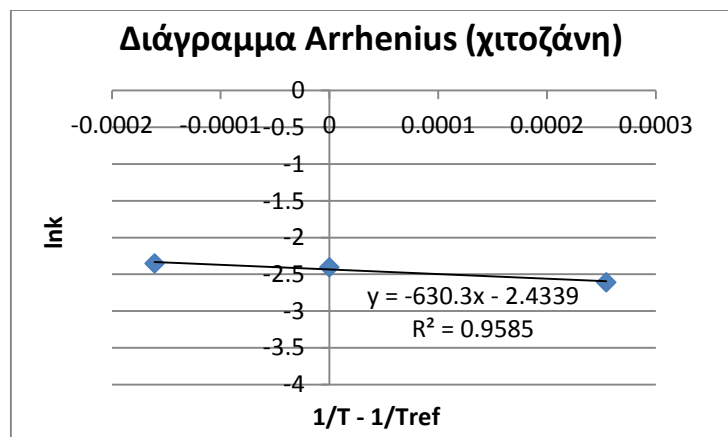
Συνολικά αρέσκεια



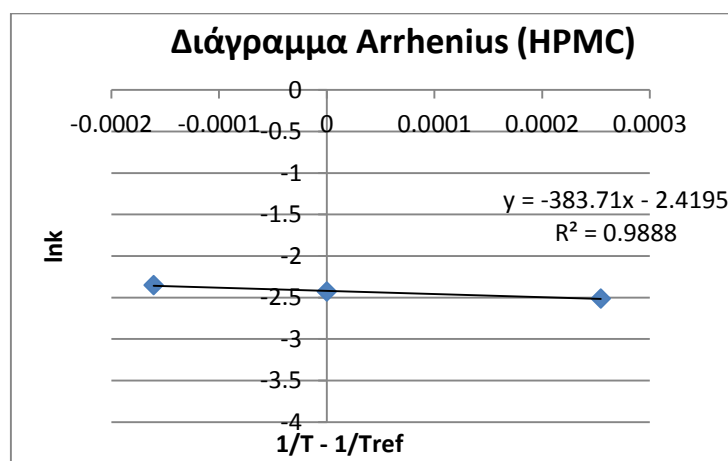
Διάγραμμα 8.36: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της συνολικής αρέσκειας της σειράς τυφλού δείγματος πάχος 1 mm με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



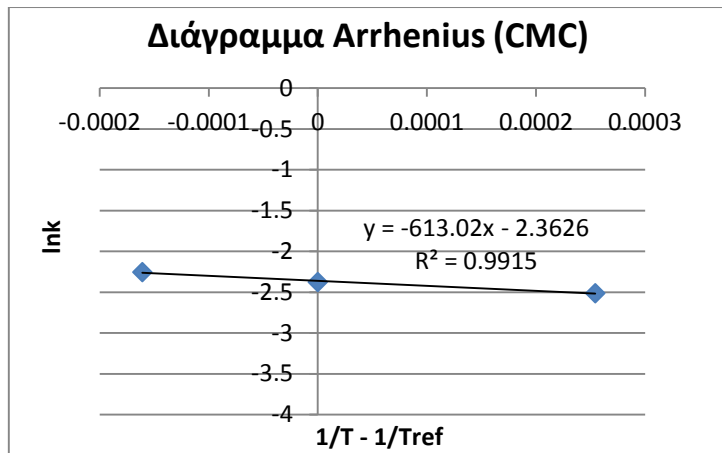
Διάγραμμα 8.37: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της συνολικής αρέσκειας της σειράς τυφλού δείγματος πάχος 2 mm με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



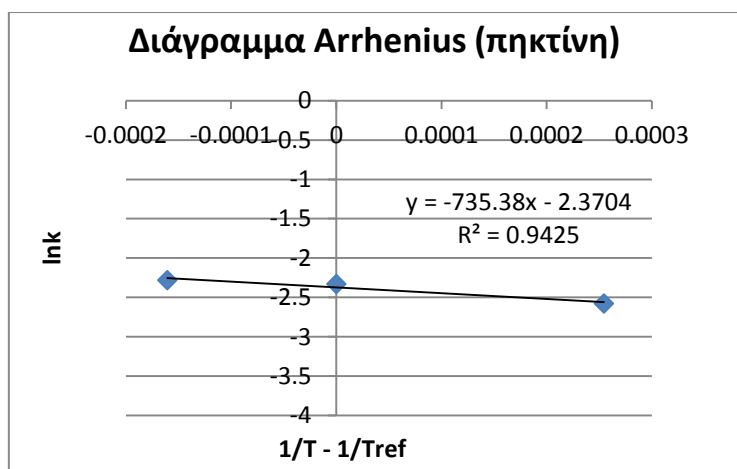
Διάγραμμα 8.38: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της συνολικής αρέσκειας των επικαλυμμένων με χιτοζάνη δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



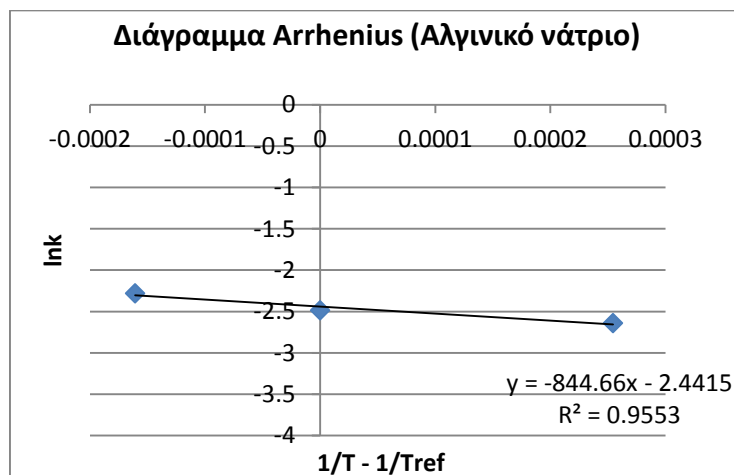
Διάγραμμα 8.39: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της συνολικής αρέσκειας των επικαλυμμένων με ΗΡΜC δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



Διάγραμμα 8.40: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της συνολικής αρέσκειας των επικαλυμμένων με CMC δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius

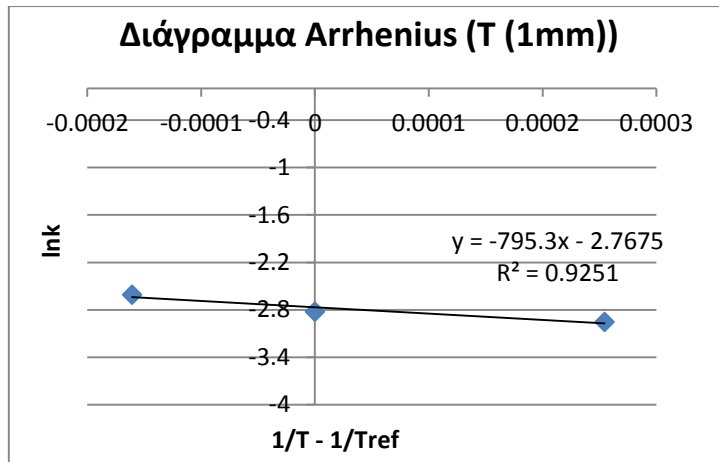


Διάγραμμα 8.41: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της συνολικής αρέσκειας των επικαλυμμένων με πηκτίνη δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius

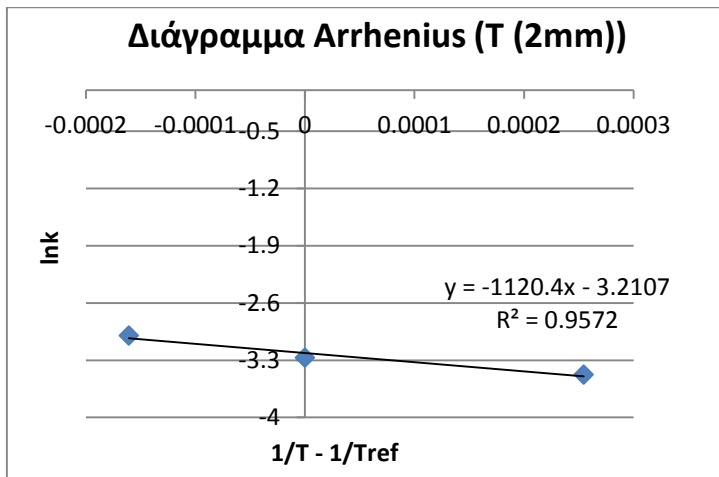


Διάγραμμα 8.42: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της συνολικής αρέσκειας των επικαλυμμένων με αλγινικό νάτριο δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius

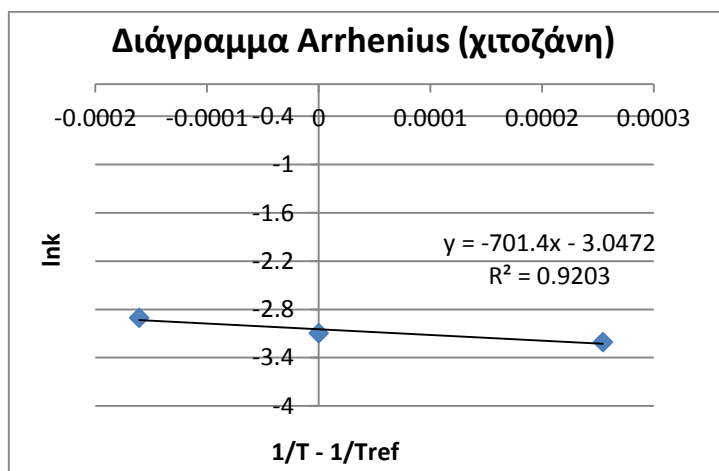
Τραγανή υφή



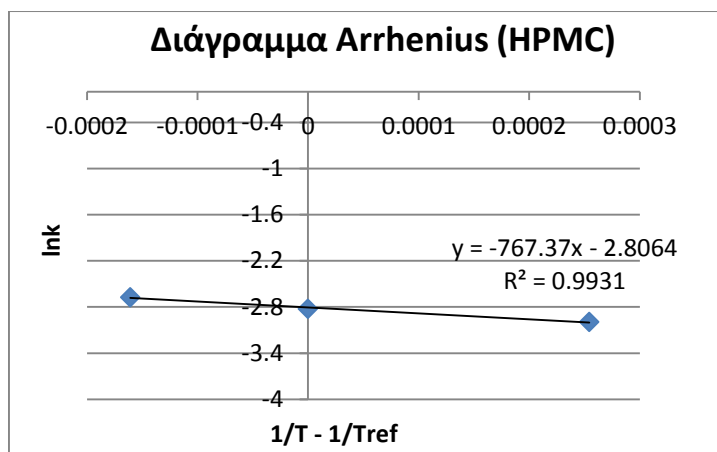
Διάγραμμα 8.43: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της τραγανής υφής της σειράς τυφλού δείγματος πάχους 1 mm με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



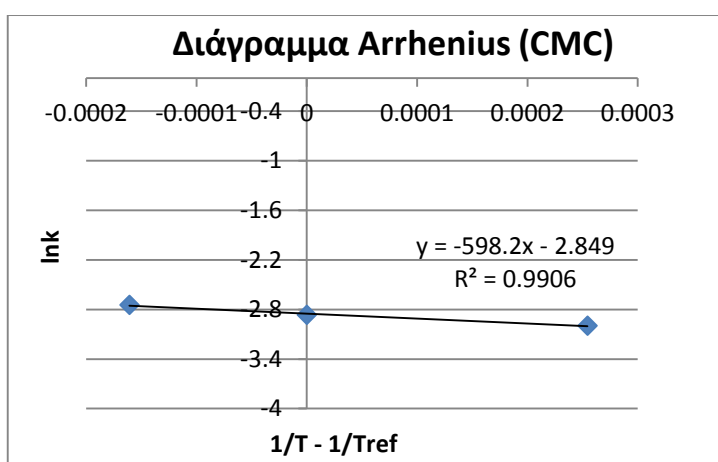
Διάγραμμα 8.44: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της τραγανής υφής της σειράς τυφλού δείγματος πάχους 2 mm με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



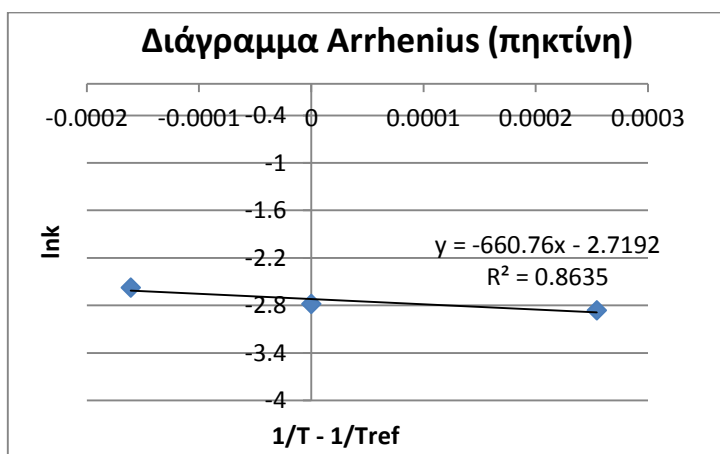
Διάγραμμα 8.45: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της τραγανής υφής των επικαλυμμένων με χιτοζάνη δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



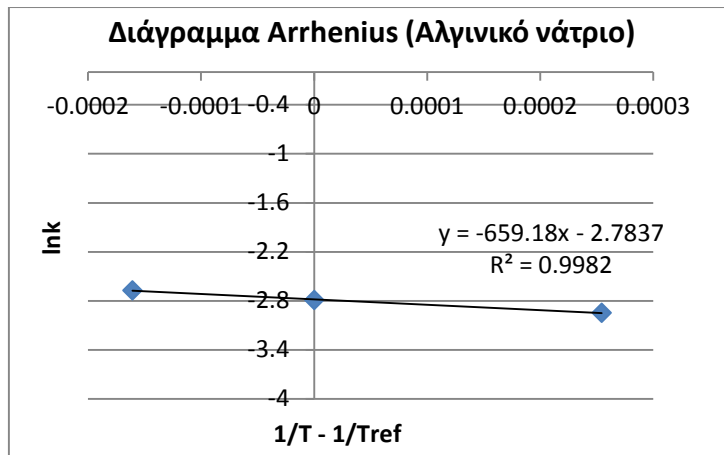
Διάγραμμα 8.46: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της τραγανής υφής των επικαλυμμένων με HPMC δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



Διάγραμμα 8.47: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της τραγανής υφής των επικαλυμμένων με CMC δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius

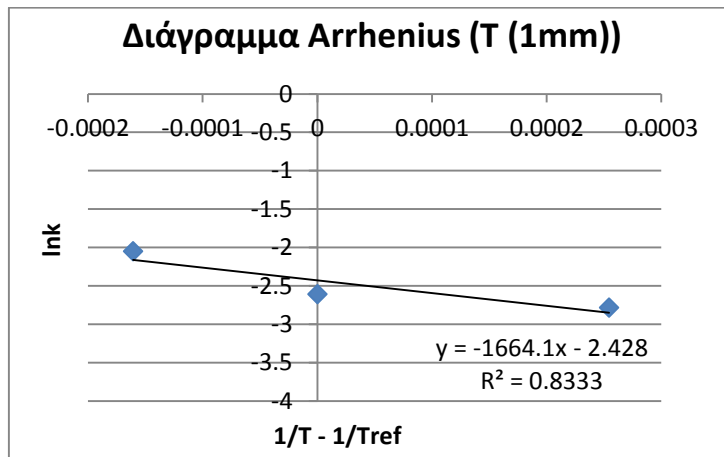


Διάγραμμα 8.48: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της τραγανής υφής των επικαλυμμένων με πηκτίνη δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius

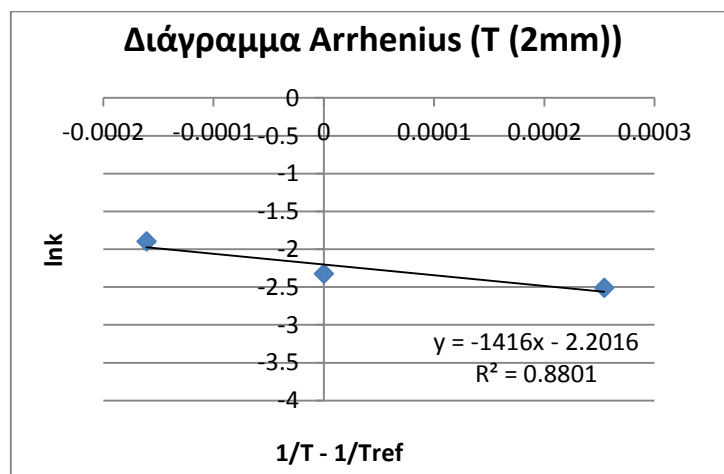


Διάγραμμα 8.49: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της τραγανής υφής των επικαλυμμένων με αλγινικό νάτριο δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius

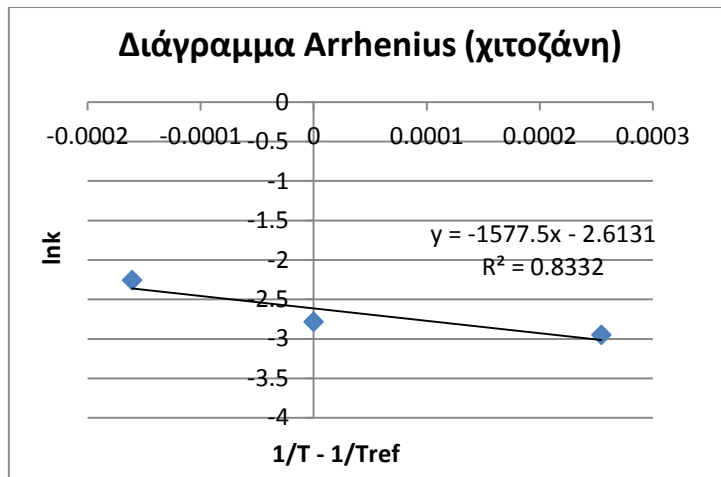
Γεύση



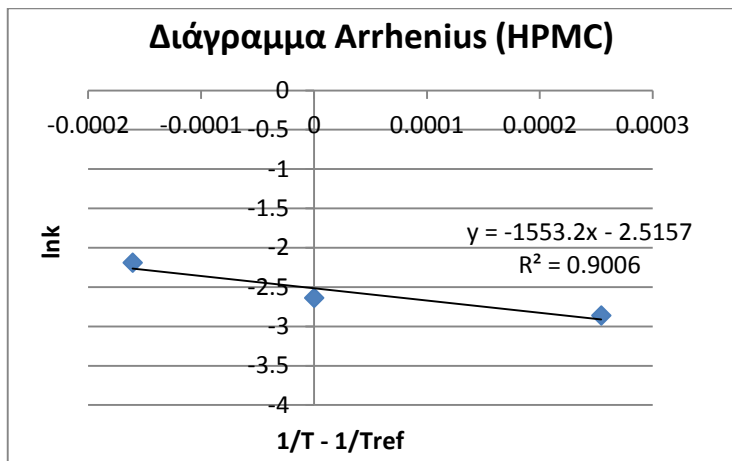
Διάγραμμα 8.50: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της γεύσης της σειράς τυφλού δείγματος πάχους 1 mm με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



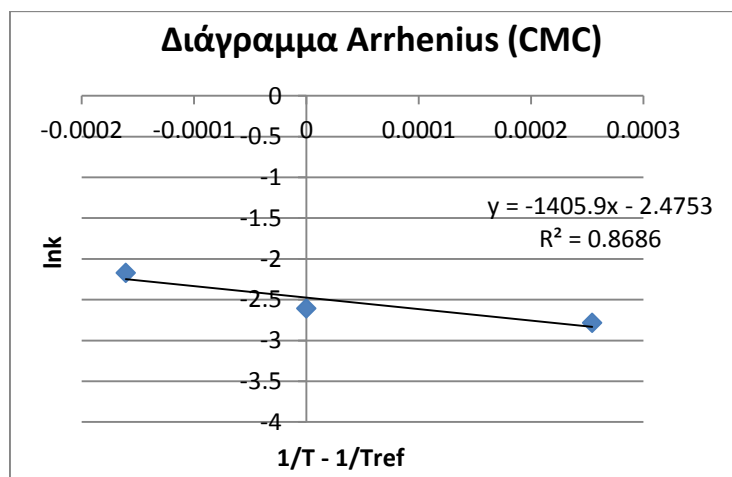
Διάγραμμα 8.51: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της γεύσης της σειράς τυφλού δείγματος πάχους 2 mm με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



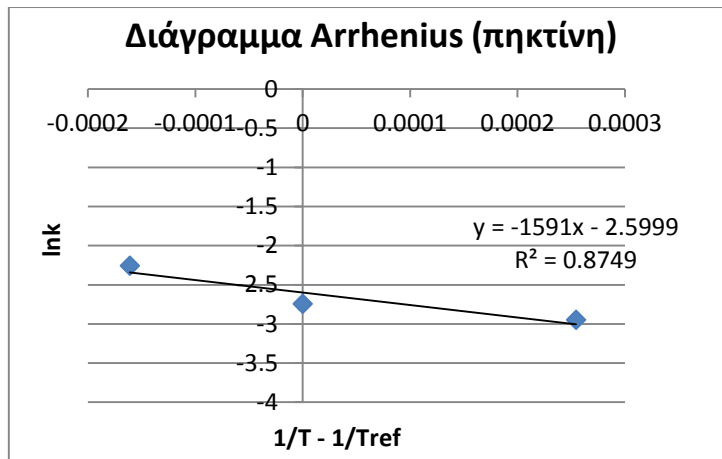
Διάγραμμα 8.52: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της γεύσης των επικαλυμμένων με χιτοζάνη δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



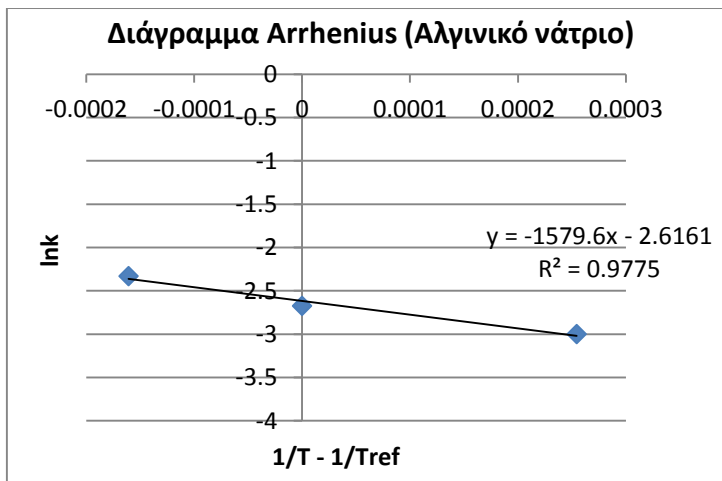
Διάγραμμα 8.53: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της γεύσης των επικαλυμμένων με HPMC δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius



Διάγραμμα 8.54: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της γεύσης των επικαλυμμένων με CMC δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius

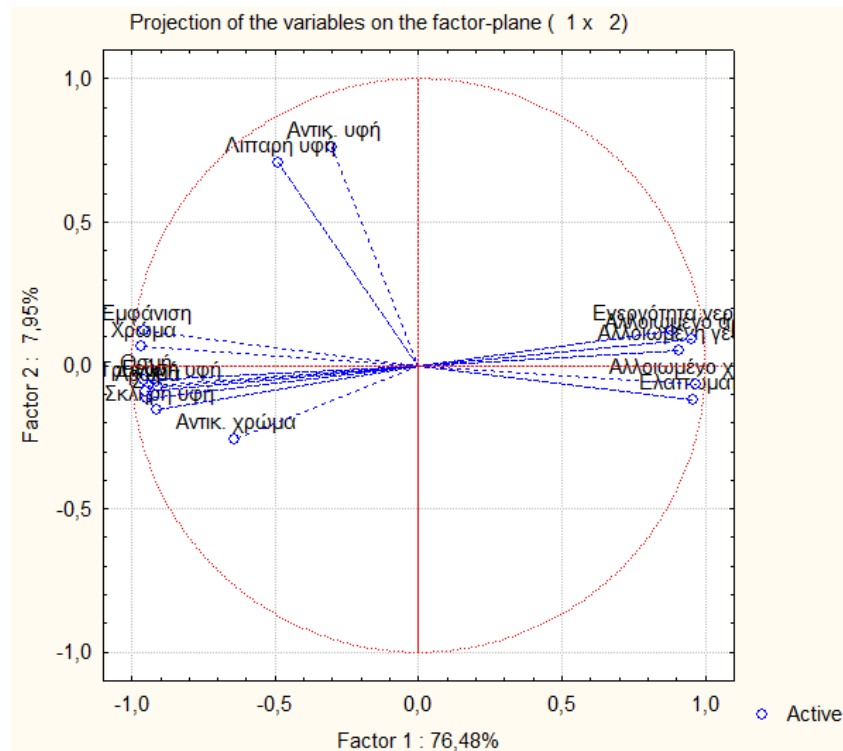


Διάγραμμα 8.55: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της γεύσης των επικαλυμμένων με πηκτίνη δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius

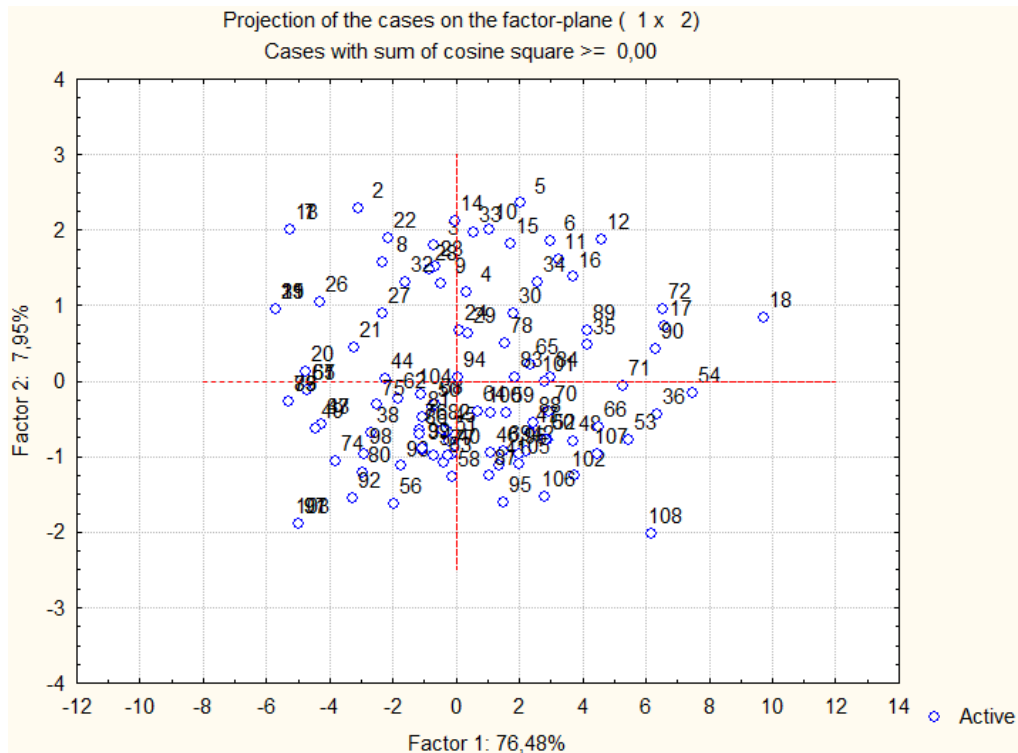


Διάγραμμα 8.56: Μεταβολή των ρυθμών υποβάθμισης της γεύσης των επικαλυμμένων με αλγινικό νάτριο δειγμάτων με τη θερμοκρασία με βάση το μοντέλο του Arrhenius

8.6 Ανάλυση συσχέτισης κύριων συνιστωσών για το σύνολο των πειραμάτων



Διάγραμμα 8.57: Ανάλυση συσχέτισης των μεταβλητών του πειράματος στις δύο κύριες συνιστώσες



Διάγραμμα 8.58: Γραφική απεικόνιση του συνόλου των δειγμάτων plantain σοιτς με ανάλυση κύριων συνιστωσών

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Thomas S.C.Li, (2008). Vegetables and Fruits: Nutritional and Therapeutic Values, ed. Taylor & Francis Group, CRC Press, Boca Raton, New York
2. Joseph J. Jen, (1989). Quality Factors of Fruits and Vegetables: Chemistry and Technology, pp. 203-215
3. Ronald R. Watson, (2001). Vegetables, Fruits, and Herbs in Health Promotion, CRC Press, Boca Raton, New York
4. Salunkhe D.K. and Desai B.B., (1984). Postharvest Biotechnology of Vegetables, vol. I, CRC Press, Boca Raton, pp. 108
5. Joseph J. Jen, (1989). Quality Factors of Fruits and Vegetables, Chemistry and Technology, pp. 203-215
6. Laurila, E., and Ahvenainen, R., (2002). Fruit and vegetable processing: Improving quality, Chapter 14: Minimal processing of fresh fruits and vegetables, Edited by Wim Jongen
7. Kader, A.A., (2002). Fresh-cut Fruits and Vegetables: Science, Technology, and Market, Chapter 2: Quality Parameters of Fresh-cut Fruit and Vegetable Products, Edited by Olusola Lamikanra
8. Τζιά, Κ., Ταούκης, Π., Ωραιοπούλου, Β., (2009). Επιστήμη και Μηχανική Τροφίμων: Συστατικά – Ιδιότητες – Ποιότητα – Μικροβιολογία – Ρεολογία – Συσκευασία, Σημειώσεις Παραδόσεων
9. Mircea Enachescu Dauthy, (1995). Fruit and vegetable processing, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome
10. Aked, J., (2002). Fruit and Vegetable Processing: Improving quality. Chapter 7: Maintaining the post-harvest quality of fruits and vegetables. Edited by Wim Jongen
11. Ho C.T, Lee C.Y and Huang M.T., (1992). Phenolic compounds in food. An overview, in Phenolic Compounds in Food and their Effects on Health 1. ACS Symposium Series, 506, pp. 2–7
12. Staples, L.C., and Francis, F.J., (1968). Colorimetry of cranberry cocktail by wide range spectrophotometry, Food Technol, 22, pp. 611–615

13. Spanos, G.A., Wrolstad, R.E. and Heatherbell, D.A., (1990). Influence of processing and storage on the phenolic composition of apple juice', *J Agric Food Chem*, 38, pp. 1572–1589
14. Heinonen, I.M., and Meyer, A.S., (2002). Fruit and vegetable processing: Improving quality, Chapter 3: Antioxidants in fruits, berries and vegetables, Edited by Wim Jongen
15. Hussein, A., Odumeru, J.A., Ayanbadejo, T., Faulkner, H., Mcnab, W.B., Hager, H. and Szijarto, L., (2000). Effects of processing and packaging on vitamin C and b-carotene content of ready-to-use (RTU) vegetables, *Food Res Internat*, 32, pp. 131–136
16. Gil-Izquierdo, A., Gil, M.I., Conesa, M.A. and Ferreres, F., (2001). The effect of storage temperatures on vitamin C and phenolics content of artichoke (*Cynara scolymus* L.) heads, *Inn Food Sci Emerging Technol*, 2, pp. 199–202
17. Watada, A.E., Ko, N.P., (1996). Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products, *Postharvest Biology and Technology*, 9, pp. 115-125
18. Toivonen, Peter M. A. and DeEll, Jennifer R., (2002). Fresh-cut Fruits and Vegetables: Science, Technology, and Market, Chapter 5: Physiology of Fresh-cut Fruits and Vegetables. Edited by Olusola Lamikanra, CRC Press LLC
19. Rolle, R., Chism, G.W., (1987). Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables, Department of Food Science and Nutrition
20. Wiley, R.C., (1994). Minimally Processed Refrigerated Fruits and Vegetables
21. Snowdon, A.L. and Ahmed, A.H.M., (1981). The Storage and Transport of Fresh Fruits and Vegetables, UK, National Institute of Fresh Produce, 32
22. Devlieghere, F., Vermeiren, L., (2004). New preservation technologies: Possibilities and Limitations, *International Dairy Journal*, 14, pp. 273-285
23. Krishi Vigyan Kendra, (2009). Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future need, Punjab Agricultural University, Samrala, Ludhiana, Italy

24. Sandhya, (2010). Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs, *LWT*, 43, pp. 381-392
25. <http://www.packaging-gateway.com/contractors/materials/tpbi/tpbi4.html>
26. Porta, R., Rossi-Marquez, G., Mariniello, L., Sorrentino, A., Giosafatto, C.V.L., Esposito, M. and Prospero Di Pierro, (2013). Edible Coating as Packaging Strategy to Extend the Shelf-life of Fresh-Cut Fruits and Vegetables, *Journal of Biotechnology & Biomaterials*
27. Beaulieu, J.C., Ingram, D.A., Lea, J.M., Bett-Garber, K.L., (2004). Effect of Harvest Maturity on the Sensory Characteristics of Fresh-cut Cantaloupe, *Journal of Food Science*, 69, pp. 250–258.
28. Soliva-Fortuny, R.C., Alos-Saiz, N., Espachs-Barroso, A., Martin-Belloso, O., (2004). Influence of Maturity at Processing on Quality Attributes of Fresh-cut Conference Pears, *Journal of Food Science*, 69 (7), pp. 290–294.
29. Porta, R., Rossi-Marquez, G., Mariniello, L., Sorrentino, A., Giosafatto, C.V.L., Esposito, M. and Prospero Di Pierro, (2013). Edible Coating as Packaging Strategy to Extend the Shelf-life of Fresh-Cut Fruits and Vegetables, *Journal of Biotechnology & Biomaterials*
30. Gontard, N., Guilbert, S. 1992. Bio-packaging: Technology and properties of edible and/or biodegradable material of agricultural origin. In: *Food Packaging and Preservation*. pp. 159–181.
31. Valencia-Chamorro, S.A., Pérez-Gago, M.B., del Río, M.A., Palou, L., (2011). Antimicrobial edible films and coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables: a review. *Crit. Rev. Food Science Nutritional*, 51, pp. 872–900
32. Cha, D.S. and Chinnan, M.S., (2004). Biopolymer based Antimicrobial Packaging: A Review, Department of Food Science and Technology, University of Georgia, Griffin, GA.
33. Gennadios, Aristippos, (2002). PROTEIN-BASED FILMS and COATINGS, Proteins as Raw Materials for Films and Coatings: Definitions, Current Status, and Opportunities, John M. Krochta., Ph.D. 2002 by CRC Press LLC.

34. Kester, J.J. and Fennema, O.R., (1986). Edible films and coatings: a review. *Food Technol.*, 40, pp. 47-59.
35. Tharanathan, R.N., (2003). Biodegradable films and composite coatings: past, present and future. Department of Biochemistry and Nutrition, Central Food Technological Research Institute, India.
36. Durango, A.M., Soares, N.F.F., Benevides, S., Teixeira, J., Carvalho, M., Wobeto, C., Andrade, N.J., (2006). Development and evaluation of an edible antimicrobial film based on yam starch and chitosan. *Packaging Technology and Science*. 19, pp. 55-59.
37. Hardenburg, R.E., (1967). Wax and related coatings for horticultural products. U.S. Dept. Agr. Bul. ARS-51-15. pp. 1–15.
38. Labuza, T.P. and Contreras – Medellin, R., (1981). Prediction of moisture protection requirements for foods. *Cereal Foods World*. 26 (7), pp. 335 – 344.
39. Olivas, G.I. and Barbosa-Canovas, G.V., (2005). Edible Coatings for Fresh-Cut Fruits, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45, pp. 657-670.
40. Park, H.J., (1999). Development of advanced edible coatings for fruits, Graduate School of Biotechnology, Korea University, South Korea.
41. Lin, D. and Zhao, Y., (2007). Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, vol. 6
42. Grant, L.A., Burns, J., (1994). Application of coatings. In: *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*. pp. 189–200. Eds.: Krochta, J.M., Baldwin, E.A., Nisperos - Carriedo, M.O. Technomic Publishing CO., Inc., Basel, Switzerland.
43. Donhowe, I.G., Fennema, O., (1994). Edible films and coatings: characteristics, formation, definitions, and testing methods. In: *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*. pp. 1–24. Eds.: Krochta, J.M., Baldwin, E.A., Nisperos-carriedo, M.O. Technomic Publishing CO., Inc., Basel, Switzerland.

44. Min, S., Krochta J.M., (2005). Antimicrobial films and coatings for fresh fruit and vegetables. In: Improving the safety of fresh fruits and vegetables. Taylor and Francis.
45. Embuscado, Milda E., Huber, Kerry C., (2009). Edible Films and Coatings for Food Applications, Springer.
46. Muzzarelli, R.A.A., (1973). Natural Chelating Polymers; New York: Pergamon.
47. Peniche, C., Arguelles-Monal, W., Peniche, H. and Acosta, N., (2003). Macromol. Biosci., 3(10), pp. 511-520.
48. Elsabee, M.Z. and Abdou, E.S., (2013). Chitosan based edible films and coatings: A review, Materials Science and Engineering C, 33, pp. 1819-1841.
49. Shahidi, F., Arachchi, J.K.V. and Jeon, Y.J., 1999, Food applications of chitin and chitosans, Trends in Food Science & Technology, 10, pp. 37-51.
50. Nisperos - Carriedo, M.O., Baldwin, E.A., Shaw, P.E., (1992). Development of edible coating for extending postharvest life of selected fruits and vegetables, Proceedings of the Florida State Horticultural Society, 104, pp. 122–125.
51. Xiao Hua, Kun Wang, Ruijin Yang, Jiaqi Kang, Hui Yang, (2015). Edible coatings from sun flower head pectin to reduce lipid uptake in fried potato chips. Food Science and Technology 62, pp. 1220 – 1225.
52. Singthong, J., Thongkaew, Ch., (2009). Using hydrocolloids to decrease oil absorption in banana chips, Journal of Food Science and Technology, 42, pp. 1199-1203
53. Khwaldia, K., Perez, C., Banon, S., Desobry, S. and Hardy, J., 2004, Milk Proteins for Edible Films and Coatings, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 44, pp. 239-251.
54. Thawien Wittaya, (2012). Protein-Based Edible Films: Characteristics and Improvement of Properties, Structure and Function of Food Engineering
<http://www.intechopen.com/books/structure-and-function-of-food-engineering/protein-based-edible-films-characteristics-and-improvement-of-properties>

55. Project in edible coating for freshly-cut apples, School Of Engineering and Advanced Technology, Major of Food Technology, Massey University, New Zealand.
<http://seat.massey.ac.nz/projects/yearbook/yearbook11/project.asp?id=09195343>
56. Vargas, M., Pastor, C., Chiralt, A., (2008). Recent advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48, pp. 496–511
57. Sanchez - Gonzalez, L., Pastor, C., Vargas, M., Chiralt, A., Gonzalez - Martinez, C., Chafer, M., (2011). Effect of Hydroxypropylmethylcellulose and Chitosan Coatings with and Without Bergamot Essential Oil on Quality and Safety of Cold-Stored Grapes, *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v. 60, n. 1, pp. 57-63
58. Pokorny, J., (2007). Antioxidants in Food Preservation. In: Rahman, M. S. (Ed.). *Handbook of Food Preservation*. 2. ed. New York: CRC Press, pp. 259-286. (Food Science and Technology).
59. Ruberto, G., Baratta, T.M., (2000). Antioxidant activity of selected essential oil components in two lipid model systems, *Food Chemistry*, 69, pp. 167-174
60. Tongnuanchan, P., Benjakul, S., Prodpran, T., (2013). Physicochemical Properties, Morphology and Antioxidant Activity of Film from Fish Skin Gelatin Incorporated with Root Essential Oils, *Journal of Food Engineering*, Essex, v. 117, n. 3, pp. 350-360.
61. Perdonés, Á., Vargas, M., Atarés, L., Chiralt, A., (2014). Physical, Antioxidant and Antimicrobial Properties of Chitosan-Cinnamon Leaf oil Films as Affected by Oleic Acid. *Food Hydrocolloids*, Oxford, v. 36, pp. 256-264
62. Atarés, L., Bonilla, J., Chiralt, A., (2010). Characterization of sodium caseinate - based edible films incorporated with cinnamon or ginger essential oils, *Journal of Food Engineering*, Essex, v. 100, n. 4, pp. 678-687
63. Ruiz - Navajas, Y., Viuda - Martos, M., Sendra, E., Perez - Alvarez, J. A., Fernández - López, J., (2013). In Vitro Antibacterial and Antioxidant Properties of Chitosan Edible Films Incorporated with *Thymus Moroderi*

- or Thymus Piperella Essential Oils. *Food Control*, Guildford, v. 30, n. 2, pp. 386-392
64. Bonilla, J., Talon, E., Atarés, L., Vargas, M.; Chiralt, A., (2013). Effect of the Incorporation of Antioxidants on Physicochemical and Antioxidant Properties of Wheat Starch - Chitosan Films, *Journal of Food Engineering*, Essex, v. 118, n. 3, pp. 271-278
65. Raybaudi - Massilia, R.M., Mosqueda - Melgar, J., Martín - Belloso, O., (2008). Edible alginate-based coating as carrier of antimicrobials to improve shelf-life and safety of fresh-cut melon, *International Journal of Food Microbiology*, 121, pp. 313–327
66. Rojas - Graü, M.A., Raybaudi - Massilia, R.M., Soliva - Fortuny, R.C., Avena - Bustillos, R. J., McHugh, T.H. and Martín - Belloso, O., (2007). Apple puree-alginate edible coating as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf-life of fresh-cut apples, 45 (2), pp. 254–264
67. Ponce, A.G., Rouraa, S.I., del Vallea, C.E., Moreira, M.R., (2008). Antimicrobial and antioxidant activities of edible coatings enriched with natural plant extracts: In vitro and in vivo studies, *Postharvest Biology and Technology*, 49, pp. 294–300
68. Ojagh, S.M., Rezaei, M., Razavi, S.H., Hosseini, S.M., (2010). Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout, *Food Chemistry*, 120, pp. 193-198
69. Sahin, S., Sumnu, S. G., (2009). *Advances in Deep-Fat Frying of Foods*, CRC Press
70. Warner, K., Gupta, M.K., White, P.J., (2004). *Frying Technology and Practice*, AOCS Press.
71. Rossell, J. B., (2001). *Frying: Improving quality*, CRC Press
72. Gertz, C., (2000). Chemical and physical parameters as quality indicators of used frying fats, *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 102, pp. 419-425
73. Brinkmann, B., (2000). Quality criteria of industrial frying oils and fats, *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 102, pp. 539-541
74. Mujumdar, A.S., (2006). *Handbook of industrial drying*, Third Edition, Vassiliki Oreopoulou, Magdalini Krokida and Dimitris Marinos-Kouris, Chapter 52: Frying of Foods, CRC Press

75. Pokorny, J., Yanishlieva, N., Gordon, M., (2001). Antioxidants in food: Practical applications, CRC Press
76. Andrè, C., Castanheira, I., Cruz, J. M., Paseiro, P., Sanches-Silva, A., (2010). Analytical Strategies to Evaluate Antioxidants in Food: a Review. Trends in Food Science & Technology, Cambridge, v. 21, n. 5, pp. 229-246
77. Finley, J. W., Kong, A. N., Hintze, K. J., Jeffery, E. H., (2011). Antioxidants in foods: state of the science important to the food industry. Journal of Agricultural and Food Chemistry, Washington, v. 59, n. 13, pp. 6837-6846
78. Pokorny, J., (2007). Are Natural Antioxidants Better - and Safer - than Synthetic Antioxidants?, European Journal of Lipid Science and Technology, Weinheim, v. 109, n. 6, pp. 629-642
79. Fernandez–Pan, I., Royo, M., Ignacio Mate, J., (2012). Antimicrobial activity of whey protein isolate edible films with essential oils against food spoilers and foodborne pathogens, Journal of Food Science, 77 (7), pp. 383-390
80. Burt Sara, (2004). Essentials oils: their antibacterial properties and potential applications in foods- a review. International Journal of Food Microbiology, 94, pp. 225-253
81. Kokkini, S., Karousou, R. & Hanlidou, E., (2003). Herbs of the Labiatae. In: Cabarello, B. Trugo, L. & Finglas, P. (eds.), Encyclopaedia of Food Sciences and Nutrition, pp. 3082-3090. Academic Press, London
82. Kokkini, S., (1996). Taxonomy, diversity and distribution of Origanum Species, Proceedings of the IPGRI International Workshop on Oregano CIHEAM, pp. 2-12
83. Mujumdar, A.S., (2006). Handbook of industrial drying, Third Edition, Chapter 25: Drying of Fruits and Vegetables, Jayaraman, K.S. and Das Gupta, D.K., CRC Press
84. Jon, C.K., Mujumdar, A.S., Kiang, C.S., Choy, H.J., Hawaldar, M.N.A., (2000). Drying Technology on Agriculture and Food Science, Ed., Science Publishing, Inc., Enfield, NH, pp. 213–251.

85. Barbosa-Canovas, G.V., & Vega-Mercado, H., (1996). Dehydration of Foods, New York: Chapman & Hall
86. Marques, L.G., and Freire, J.T., (2005). Analysis of freeze-drying of tropical fruits. *Drying Technology: An International Journal*, 23(9): pp. 2169 – 2184
87. Krokida, M.K., Karathanos, V.T. and Maroulis, Z.B., (1998). Effect of freeze-drying conditions on shrinkage and porosity of dehydrated agricultural products. *Journal of Food Engineering*, 35(4): pp. 369-380
88. Clary, C.D., Wang, S.J. and Petrucci, V.E., (2005). Fixed and incremental levels of microwave power application on drying grapes under vacuum. *Journal of Food Science*, 70(5), pp. 344-349.
89. Zhang, M., Tang, J., Mujumdar, A.S. and Wang, S., (2006). Trends in microwave-related drying of fruits and vegetables, *Trends in Food Science & Technology* 17, pp. 524-534
90. Ohlsson, T. and Bengtsson, N., (2001). *Advances in Food and Nutrition Research*, Vol. 43 – Microwave Technology and Foods
91. Scanlon, M.G., Pang, C.H. & Biliaderis, C.G., (1996). The effect of osmotic adjustment on the mechanical properties of potato parenchyma. *Food Research International*, Vol. 29, pp. 481-488
92. Mayor, L., Cunha, R.L. and Sereno, A.A.M., (2007). Relation between mechanical properties and structural changes during osmotic dehydration of pumpkin, *Food Research International*, 40, pp. 448- 460
93. Toregianni, D., (1993). Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing, *Food Research International*, 26, pp. 59-68
94. Crosa, M.J., et al., (2014). Changes produced in oils during vacuum and traditional frying of potato chips, *J. Agric. Food Chem*, 146, pp. 603–607
95. Albertos, I., et al., (2015). Effect of high pressure processing or freezing technologies as pretreatment in vacuum fried carrot snacks, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, Available online 18 November 2015
96. Dueik, V., Robert, P., Bouchon, P., (2010). Vacuum frying reduces oil uptake and improves the quality parameters of carrot crisps, *Food Chemistry*, 119, pp. 1143–1149

97. Sothornvit, R., (2011). Edible coating and post-frying centrifuge step effect on quality of vacuum-fried banana chips, *Journal of Food Engineering*, 107 (3), pp. 319–325
98. Shyu, S.-L. and Hwang, L.S., (2001). Effects of processing conditions on the quality of vacuum fried apple chips, 34 (2–3), pp. 133–142
99. Da Silva, P.F. and Moreira, R.G., (2008). Vacuum frying of high quality fruit and vegetable-based snacks, *Journal of Food Science and Technology*, 41 (10), pp. 1758–176
100. Pinthus, E.J., Weinberg, P., Saguy, I.S., (1993). Criterion for oil uptake during deep-fat frying, *Journal of Food Science*, 58 (1), pp. 204–205
101. Mellema, M., (2003). Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods, *Trends in Food Science & Technology*, 14, pp. 364–373
102. Williams, R., Mittal, G.S., (1999). Low-fat fried foods with edible coatings: modeling and simulation, *Journal of Food Science*, 64, pp. 317–322
103. Porta, R., et al., (2012). Water Barrier Edible Coatings of Fried Foods, *J. Biotechnol. Biomater.*, 2, e116
104. Albert, S., Mittal, G.S., (2002). Comparative evaluation of edible coatings to reduce fat uptake in a deep-fried cereal product, *Food Research International* 35, pp. 445–458
105. Balasubramaniam, V.M., Chinnan, M.S., Mallikarjunan, P., Phillips, R.D., (1997). The effect of edible film on oil uptake and moisture retention of a deep fat fried poultry product, *Journal of Food Process Engineering*, 20, pp. 17–29
106. Ιστοσελίδα Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών:
<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>
107. Lisinska, G., Leszczynski, W., (1989). *Potato Science and Technology*, Elsevier Applied Science.
108. Mellema, M., (2003). Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods, *Trends in Food Science & Technology* 14, pp. 364–373
109. Lusas, E.W., Rooney, L.W., (2001). *Snack Foods Processing*, Section III: Snack Foods Preparation and Dedicated Equipment, Chapter 8: POTATOES AND POTATO CHIPS, CRC Press.
110. Sablani, S.S., and Mujumdar, A.S., (2006). *Handbook of Industrial Drying*. Third Edition. Part III: Drying in Various Industrial Sectors.

- Chapter 27: Drying of Potato, Sweet Potato and Other Roots. pp. 647-648
111. Grubb, E.H., and Guilford, W.S., (1912). The Potato: A Compilation of Information from Every Available Source.
 112. Smith O., (1976). Potatoes: Production, Storing, Processing, Chapter 5: Chemical Composition of the Potato, Second Edition
 113. Matz S. A., (1992). Snack Food Technology, Chapter 17 – Potato Chips, Third Edition.
 114. Krokida, M.K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z.B., Marinos-Kouris, D., (2001). Effect of pre-drying on quality of French fries, Journal of Food Engineering, 49, pp. 347-354
 115. Pedreschi, F. and Moyano, P., (2005). Effect of pre-drying on texture and oil uptake of potato chips, Journal of Food Science and Technology, 38 (6), pp. 599–604
 116. Tajner-Czopek, A., Figiel, A., Rytel, E., (2007). EFFECT OF POTATO STRIPS PRE-DRYING METHODS ON FRENCH FRIES QUALITY, Pol. J. Food Nutr. Sci., Vol. 57, No. 2(A), pp. 175-181
 117. Song, X.J., Zhang, M., and Mujumdar, A.S., (2007). Optimization of Vacuum Microwave Predrying and Vacuum Frying Conditions to Produce Fried Potato Chips, Drying Technology: An International Journal, 25 (12)
 118. Dueik, V., and Bouchon,, P., (2011). Vacuum frying as a route to produce novel snacks with desired quality attributes according to new health trends, Journal of Food Science, 76, pp. 188-195
 119. Garayo, J., Moreira, R., (2002). Vacuum frying of potato chips, Journal of Food Engineering, 55 (2), pp. 181–191
 120. Lin Yu, (2016). Effect of guar gum with glycerol coating on the properties and oil absorption of fried potato chips, 54 (A), pp. 211–219
 121. Bouaziz, F., et al., (2016). Feasibility of using almond gum as coating agent to improve the quality of fried potato chips: Evaluation of sensorial properties, Food Science and Technology, 65, pp. 800-807
 122. Aminlari, M., Ramezani, R., Khalili, M.H., (2005). Production of Protein-Coated Low-Fat Potato Chips, Food Science and Technology International, 11 (3), pp. 177-181

123. Essiet, D., The rise of plantain chips business, online Nigeria's newspaper, 22 October 2014.
<http://thenationonlineng.net/the-rise-of-plantain-chips-business/>
124. Ιστοσελίδα για τον τομέα της Γεωργίας στη Νιγηρία:
<http://agriculturenigeria.com/agro-processing/processing-of-crops/plantain-chips>
125. Marriot, J., Robinson, M. and Karikari, S.K., (1981). Starch and sugar transformation during the ripening of plantains and bananas, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 32 (10), pp. 1021-1026
126. Ferris, R.S.B., (1995). Postharvest Technology and Commodity Marketing: Proceedings of a Postharvest Conference, Accra, Ghana
127. AHENKORA, K., KYEI, M.A., MARFO, E.K., and BANFUL, B., (1995). Nutritional composition of false horn Apantu pa plantain during ripening and processing, *African Crop Science Journal*, 5 (2), pp. 243-248
128. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, National Nutrient Database for Standard Reference
129. Ikoko, J., and Kuri, V., (2007). Osmotic pre-treatment effect on fat intake reduction and eating quality of deep-fried plantain, *Journal of Food Chemistry*, 102 (2), pp. 523–531
130. Diaz, A., Trystram, G., Vitrac, O., Dufour, D., Raoult-Wack, A.-L., (1999). Kinetics of moisture loss and fat absorption during frying for different varieties of plantain, *J. Sci. Food Agric.*, 79, pp. 291–299
131. Lemaire, H., Reynes, M., Ngalani, J.A., Guillaumont, A., (1997). Aptitude à la friture de cultivars de plantains et bananes à cuire *Fruits*, 52 (4), pp. 273-282
132. Adelaide, D.M., Inocent, G., Marlyse, L., Richard, E.A., Michel, N.J. and Felicite, T.M., (2007). Losses in β -carotene and vitamin C due to frying of plantain (*Musa paradisiaca*) chips, *African Journal of Biotechnology*, 6 (3), pp. 280-284
133. Ιστοσελίδα της εταιρίας βιομηχανικών αερίων Air Products:
<http://www.airproducts.com/~media/Files/PDF/industries/food-freshline-map-for-snack-foods33205034.pdf?la=en>