



ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΓΑΛΑΚΤΩΜΑΤΩΝ ΤΥΠΟΥ ΜΑΓΙΟΝΕΖΑΣ
ΜΕ ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΚΟΜΜΕΩΝ ΞΑΝΘΑΝΗΣ, ΓΚΟΥΑΡ ΚΑΙ ΧΑΡΟΥΠΙΟΥ**



ΜΠΑΜΠΑΜΗ ΜΑΡΙΑ-ΡΕΣΣΟΥ ΡΑΦΑΕΛΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2015

ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΓΑΛΑΚΤΩΜΑΤΩΝ ΤΥΠΟΥ ΜΑΓΙΟΝΕΖΑΣ ΜΕ
ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΚΟΜΜΕΩΝ ΞΑΝΘΑΝΗΣ, ΓΚΟΥΑΡ ΚΑΙ ΧΑΡΟΥΠΙΟΥ

ΜΠΑΜΠΑΜΗ ΜΑΡΙΑ-ΡΕΣΣΟΥ ΡΑΦΑΕΛΑ

Υποβολή πτυχιακής εργασίας που αποτελεί μέρος των απαιτήσεων για την απονομή του πτυχίου του Τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων του ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης.

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2015

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΘΩΜΑΡΕΪΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις θερμότερες ευχαριστίες μας στον καθηγητή του Τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων, κ. Θωμάρεϊ Απόστολο, για την ανάθεση του θέματος και την αμέριστη συμπαράστασή του σε κάθε βήμα της εργασίας αυτής.

ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΓΑΛΑΚΤΩΜΑΤΩΝ ΤΥΠΟΥ ΜΑΓΙΟΝΕΖΑΣ ΜΕ
ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΚΟΜΜΕΩΝ ΞΑΝΘΑΝΗΣ, ΓΚΟΥΑΡ ΚΑΙ ΧΑΡΟΥΠΙΟΥ

ΜΠΑΜΠΑΜΗ ΜΑΡΙΑ-ΡΕΣΣΟΥ ΡΑΦΑΕΛΑ

Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας & Τεχνολογίας
Τροφίμων & Διατροφής, ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης, Τ.Θ. 141, 57400 Θεσσαλονίκη

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Παρασκευάστηκαν εικοσιένα δείγματα τύπου μαγιονέζας μειωμένης λιπο-περιεκτικότητας, με 30% ηλιέλαιο και χωρίς την προσθήκη κρόκου αυγού, ως γαλακτωματοποιητή. Στην πρώτη ομάδα δειγμάτων μαγιονέζας προστέθηκαν σε συνολικό ποσοστό 1% οι σταθεροποιητές κόμμι γκουάρ και κόμμι ξανθάνης στις εξής μεταξύ τους αναλογίες: 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80, 10:90 και 0:100. Στη δεύτερη ομάδα δειγμάτων μαγιονέζας προστέθηκαν οι σταθεροποιητές κόμμι χαρουπιού και κόμμι ξανθάνης στις εξής μεταξύ τους αναλογίες: 100:0, 90:10, 80:20, 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, 30:70, 20:80 και 10:90. Μετά την παρασκευή τους, τα δείγματα αποθηκεύτηκαν σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος (18-22 °C) επί 95 ημέρες. Κάθε 3-4 ημέρες πραγματοποιούνταν μετρήσεις του φαινομενικού ιξώδους με ιξωδόμετρο RVTD και τη μέθοδο Mitschka, καθώς και μετρήσεις του pH και του χρώματος των δειγμάτων.

Διαπιστώθηκαν η σταθερότητα των γαλακτωμάτων σε ορισμένα δείγμα μαγιονέζας, η μεγάλη ψευδοπλαστικότητα που προσδίδει η ξανθάνη στα δείγματα και η συνέργεια μεταξύ ξανθάνης και κόμμεος γκουάρ και μεταξύ ξανθάνης και κόμμεος χαρουπιού στη διαμόρφωση του ιξώδους του προϊόντος. Η συνέργεια είναι μέγιστη στη σχέση κόμμεος ξανθάνης/γκουάρ 30:70 και στη σχέση κόμμεος ξανθάνης/χαρουπιού 60:40. Κατά την αποθήκευση παρατηρήθηκαν μείωση του ιξώδους, οφειλόμενη στην όξινη υδρόλυση του κόμμεος γκουάρ και του κόμμεος χαρουπιού, καθώς επίσης και μεταβολή στο pH και στο χρώμα των δειγμάτων μαγιονέζας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	2
2.1 Ρεολογικές έννοιες	2
2.1.1 Τάση και παραμόρφωση	3
2.1.2 Παραμόρφωση στερεών.....	3
2.1.3 Ροή ρευστών	4
2.2 Νευτώνεια ρευστά	5
2.3 Μη νευτώνεια ρευστά	5
2.3.1 Ρευστά με ροή χρονικά ανεξάρτητη	6
2.3.2 Ρευστά με ροή χρονικά εξαρτημένη	7
2.4 Γαλακτώματα	8
2.4.1 Λόγοι χρήσης γαλακτωμάτων.....	9
2.4.2 Σταθερότητα γαλακτωμάτων, μηχανισμοί αποσταθεροποίησης	10
2.5 Γαλακτωματοποιητές	12
2.6 Σταθεροποιητές	12
2.6.1 Κόμμεα.....	13
2.6.1.1 Κόμμι ξανθάνης (xanthan gum).....	14
2.6.1.2 Κόμμι γκουάρ (guar gum).....	16
2.6.1.3 Κόμμι χαρουπιού (locust bean gum)	17
2.7 Συνέργεια ξανθάνης και γαλακτομαννανών	17
2.8 Μαγιονέζα	19
2.8.1 Αναπληρώματα μαγιονέζας	20
2.8.1.1 Αναπληρώματα μαγιονέζας με χαμηλά λιπαρά.....	20
2.8.1.2 Αναπληρώματα μαγιονέζας χωρίς κρόκο αυγού	21

2.8.2 Μέθοδοι ρεολογικών ιδιοτήτων μαγιονέζας.....	21
2.9 Χρωματομετρία.....	23
2.9.1 Χρωματικό μοντέλο CIELab	23
3. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	26
4. ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ.....	27
4.1 Παρασκευή δειγμάτων μαγιονέζας.....	27
4.1.1 Όργανα και υλικά.....	27
4.1.2 Διαδικασία παρασκευής δειγμάτων	28
4.1.3 Δείγματα μαγιονέζας.....	28
4.2 Ρεολογική μελέτη δειγμάτων μαγιονέζας	29
4.2.1 Όργανα και υλικά.....	29
4.2.2 Μέθοδος μέτρησης.....	30
4.2.3 Υπολογισμός των ρεολογικών παραμέτρων	30
4.3 Μελέτη του pH δειγμάτων μαγιονέζας	32
4.3.1 Όργανα και υλικά.....	32
4.3.2 Μέθοδος μέτρησης.....	32
4.4 Μελέτη του χρώματος δειγμάτων μαγιονέζας.....	32
4.4.1 Όργανα και υλικά.....	32
4.4.2 Μέθοδος μέτρησης.....	33
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	34
5.1 Ρεολογικές παράμετροι.....	34
5.1.1 Δείκτης ρεολογικής συμπεριφοράς (n)	34
5.1.1.1 Δείκτης ρεολογικής συμπεριφοράς (n) δειγμάτων μαγιονέζας με προσθήκη κόμμεων ξανθάνης και γκουάρ.....	34
5.1.1.2 Δείκτης ρεολογικής συμπεριφοράς (n) δειγμάτων μαγιονέζας με προσθήκη κόμμεων ξανθάνης και χαρουπιού..	35

5.1.2 Συντελεστής συνεκτικότητας (k)	37
5.1.2.1 Συντελεστής συνεκτικότητας (k) δειγμάτων μαγιονέζας με προσθήκη κόμμεων ξανθάνης και γκουάρ	37
5.1.2.2 Συντελεστής συνεκτικότητας (k) δειγμάτων μαγιονέζας με προσθήκη κόμμεων ξανθάνης και χαρουπιού	38
5.2 pH	40
5.2.1 pH δειγμάτων μαγιονέζας με προσθήκη κόμμεων ξανθάνης και γκουάρ	40
5.2.2 pH δειγμάτων μαγιονέζας με προσθήκη κόμμεων ξανθάνης και χαρουπιού	42
5.3 Χρωματικές παράμετροι	43
5.3.1 Φωτεινότητα	43
5.3.1.1 Φωτεινότητα δειγμάτων μαγιονέζας με προσθήκη κόμμεων ξανθάνης και γκουάρ	43
5.3.1.2 Φωτεινότητα δειγμάτων μαγιονέζας με προσθήκη κόμμεων ξανθάνης και χαρουπιού	44
5.3.2 Παράμετρος a*	45
5.3.2.1 Παράμετρος a* δειγμάτων μαγιονέζας με προσθήκη κόμμεων ξανθάνης και γκουάρ	45
5.3.2.2 Παράμετρος a* δειγμάτων μαγιονέζας με προσθήκη κόμμεων ξανθάνης και χαρουπιού	46
5.3.3 Παράμετρος b*	47
5.3.3.1 Παράμετρος b* δειγμάτων μαγιονέζας με προσθήκη κόμμεων ξανθάνης και γκουάρ	47
5.3.3.2 Παράμετρος b* δειγμάτων μαγιονέζας με προσθήκη κόμμεων ξανθάνης και χαρουπιού	48
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	50
7. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ	51
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	52

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών (2010), μαγιονέζα νοείται το προϊόν σε μορφή ομοιογενούς πολτού, που παρασκευάζεται από εδώδιμο έλαιο (τουλάχιστον 60%) με προσθήκη κρόκου αυγού, μαγειρικού αλατιού, αρτυμάτων, χυμού λεμονιού ή κιτρικού οξέος και μερικές φορές ζάχαρης και ξιδιού. Οι εμπορικές μαγιονέζες συνήθως περιέχουν 70-80% λάδι.

Επειδή όμως υπάρχει μια συνεχής τάση για μείωση των λιπαρών στα τρόφιμα, κυκλοφορούν στην αγορά αναπληρώματα μαγιονέζας χαμηλών λιπαρών (light και low fat mayonnaise products) στη σύνθεση των οποίων περιλαμβάνονται άμυλα παράγωγα κυτταρίνης και υποκατάστατα του λίπους, ώστε το προϊόν να έχει αποδεκτή υφή (Batal et al., 1992; Pedersen, 1995). Παράλληλα, πολλοί καταναλωτές αποφεύγουν τη μαγιονέζα λόγω του κρόκου αυγού που περιέχει, για διάφορους διατροφικούς λόγους (υπερχοληστεριναιμία, φυτοφαγία, νηστεία). Για το σκοπό αυτό έχουν αναπτυχθεί και κατοχυρωθεί με διπλώματα ευρεσιτεχνίας αναπληρώματα μαγιονέζας χωρίς κρόκο αυγού (Kanda et al., 1981; Bodor & Petten, 2009).

Στην παρούσα εργασία γίνεται προσπάθεια να αναπτυχθούν και να μελετηθούν γαλακτώματα τύπου μαγιονέζας αφενός με χαμηλά λιπαρά (30%) και αφετέρου χωρίς κρόκο αυγού. Αυτό γίνεται εφικτό με προσθήκη κόμμεων ξανθάνης, γκουάρ και χαρουπιού σε συνδυασμούς. Τα γαλακτώματα που προκύπτουν αναφέρονται στο κείμενο, χάριν συντομίας, ως μαγιονέζες.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Ρεολογικές έννοιες

Οι ιδιότητες που αναφέρονται στη συμπεριφορά ενός υλικού όταν αυτό ρέει υπό την επίδραση δύναμης ή δυνάμεων, καθώς και η συμπεριφορά του υλικού όταν παραμορφώνεται υπό την επίδραση δύναμης, ονομάζονται μηχανικές ιδιότητες. Στην περίπτωση που λαμβάνεται υπόψη και ο χρόνος επίδρασης της δύναμης πάνω στο υλικό, τότε οι ιδιότητες ονομάζονται ρεολογικές (Ραφαηλίδης, 2006).

Η επιστήμη που μελετά την παραμόρφωση και τη ροή της ύλης, όταν βρίσκεται υπό την επίδραση δυνάμεων ονομάζεται ρεολογία (Li et al., 2015). Ο όρος «ρεολογία» χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1928 από τον Bingham, ο οποίος περιέγραψε τη θεωρία του Έλληνα φιλοσόφου Ηράκλειτου (500 π. Χ.), σύμφωνα με την οποία «τα πάντα ρει», που σημαίνει ότι τα πάντα βρίσκονται σε συνεχή κίνηση (Steffe, 1996).

Στη βιομηχανία τροφίμων η μελέτη της ροής των ρευστών αποτελεί σημαντικό κομμάτι, με ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τον μηχανικό, καθώς υπεισέρχεται στο σχεδιασμό των περισσότερων διεργασιών επεξεργασίας των τροφίμων. Πέραν, όμως, του σχεδιασμού του απαραίτητου εξοπλισμού η ρεολογική μελέτη των τροφίμων επιτρέπει την εκτίμηση της δομής τους, της λειτουργικότητας και της κατάστασή τους, ενώ συχνά χρησιμοποιείται και για τον έλεγχο των πρώτων υλών ή των διεργασιών παραγωγής των προϊόντων (Steffe, 1996).

Οι παράμετροι, συνεπώς, που καθορίζουν τη ρεολογική συμπεριφορά ενός υλικού είναι οι εξής:

- Η δύναμη που επιδρά στο υλικό
- Η παραμόρφωση που υφίσταται το υλικό
- Ο χρόνος επίδρασης της δύναμης

Η παραμόρφωση αναφέρεται στα στερεά υλικά και η ροή στα υγρά. Οι ρεολογικές ιδιότητες που ενδιαφέρουν, τόσο στα στερεά όσο και στα υγρά τρόφιμα, είναι η ελαστικότητα και το ιξώδες αντίστοιχα (Borwankar & Shoemaker, 1992).

Για τον προσδιορισμό των ρεολογικών ιδιοτήτων, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν θεμελιώδεις και εμπειρικές μέθοδοι. Η διαφορά μεταξύ των θεμελιωδών και των εμπειρικών ρεολογικών μεθόδων είναι ότι οι θεμελιώδεις μέθοδοι ερμηνεύουν την ένταση και τη φορά της δύναμης και της παραμόρφωσης για υλικά με συγκεκριμένο σχήμα και σύνθεση, που δεν συμβαίνει με τις εμπειρικές μεθόδους. Το πλεονέκτημα των θεμελιωδών μεθόδων είναι ότι βασίζονται σε γνωστές αρχές και εξισώσεις της φυσικής. Οι εμπειρικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται συχνά, όταν η σύνθεση του δείγματος ή η γεωμετρία του είναι τόσο σύνθετες, ώστε να μην μπορεί να υπολογιστεί η δύναμη ή η παραμόρφωση με τη χρήση γνωστών εξισώσεων.

2.1.1 Τάση και παραμόρφωση

Η ρεολογία είναι η μελέτη της παραμόρφωσης της ύλης, έτσι λοιπόν είναι απαραίτητη η αναφορά στις έννοιες της τάσης και της παραμόρφωσης.

Τάση ορίζεται ως η δύναμη ανά μονάδα επιφάνειας και εκφράζεται σε μονάδες πίεσης (Pascal). Όταν η κατεύθυνση της δύναμης είναι κάθετη προς την επιφάνεια εφαρμογής, τότε ορίζεται ως τάση συμπίεσης ή εφελκυσμού και συμβολίζεται με σ . Όταν η δύναμη εφαρμόζεται παράλληλα προς το επίπεδο που βρίσκεται το υλικό και την επιφάνεια εφαρμογής, τότε ορίζεται ως διατμητική τάση που συμβολίζεται με τ . Γενικά μπορούν να εκφραστούν από την σχέση:

$$\tau \text{ ή } \sigma = \frac{F}{A}$$

όπου F είναι η εφαρμοζόμενη δύναμη και A η επιφάνεια στην οποία εφαρμόζεται η δύναμη.

Η παραμόρφωση είναι η μεταβολή των διαστάσεων ή του σχήματος ενός σώματος το οποίο υποβάλλεται σε τάση. Εκφράζεται ως αδιάστατο μέγεθος σχετικό με την παραμόρφωση του υλικού.

2.1.2 Παραμόρφωση στερεών

Ο τύπος συμπεριφοράς κατά την οποία ένα παραμορφωμένο σώμα επιστρέφει στην αρχική του κατάσταση, όταν η τάση που προκαλεί την παραμόρφωση

απομακρυνθεί, ονομάζεται ελαστικότητα. Έτσι, η ύπαρξη της τάσης είναι απαραίτητη για να προκαλέσει και να διατηρήσει την παραμόρφωση. Η απλούστερη συμπεριφορά λαμβάνεται, όταν η τάση είναι ανάλογη με την παραμόρφωση. Αυτή η απλή συσχέτιση είναι ο νόμος του Hooke και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει την συμπεριφορά πολλών στερεών τροφίμων, όταν υφίστανται μικρές παραμορφώσεις (μικρότερες από 0,01). Μεγαλύτερες παραμορφώσεις προκαλούν καταστροφή της δομής τους ή μη γραμμική συμπεριφορά.

Στην περίπτωση της συμπίεσης και του εφελκυσμού, όπου εφαρμόζεται δύναμη κάθετη προς την επιφάνεια, υπολογίζεται το μέτρο ελαστικότητας ή μέτρο του Young (E) που περιγράφεται από την σχέση:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

όπου ϵ αναφέρεται στη γραμμική παραμόρφωση.

Το μέτρο ελαστικότητας είναι μέτρο της σκληρότητας του υλικού. Η αντίστοιχη μορφή του νόμου του Hooke για την απλή διάτμηση είναι:

$$G = \frac{\tau}{\gamma}$$

όπου G είναι το μέτρο διάτμησης.

Για ένα καθαρά ελαστικό σώμα, όλο το έργο που δαπανάται για την παραμόρφωση του υλικού, αποθηκεύεται ως ελαστική ενέργεια και μπορεί να ανακτηθεί όταν το υλικό επιτρέπεται να επανέλθει στην αρχική του κατάσταση (Steffe, 1996).

2.1.3 Ροή ρευστών

Για τα περισσότερα ρευστά, η ελαστική συμπεριφορά είναι πολύ μικρή ή μπορεί να αγνοηθεί, η πιο σημαντική ρεολογική ιδιότητά τους αποτελεί το ιξώδες. Το ιξώδες αποτελεί μέτρο μέτρησης της εσωτερικής τριβής ή αλλιώς είναι η ιδιότητα ενός ρευστού που υποδηλώνει αντίσταση σε συνεχή παραμόρφωση (Ραφαηλίδης, 2006). Αν δύο παράλληλα επίπεδα στη μάζα ενός ρευστού κινούνται το ένα σχετικά με το άλλο, έχει βρεθεί ότι μια σταθερή δύναμη θα πρέπει να εξασκείται ώστε να διατηρείται μια σταθερή σχετική ταχύτητα. Αν τα επίπεδα βρίσκονται σε απόσταση z το ένα από το άλλο και αν η σχετική τους ταχύτητα είναι u, τότε η δύναμη F που

απαιτείται για να διατηρήσει την κίνηση έχει βρεθεί πειραματικά να είναι ανάλογη της u και αντίστροφα ανάλογη της z για πολλά ρευστά. Ο συντελεστής αναλογίας ονομάζεται ιξώδες του ρευστού και συμβολίζεται ως η .

$$\frac{F}{A} = \eta \frac{u}{z}$$

όπου A η επιφάνεια στην οποία ασκείται η δύναμη. Ο λόγος u/z ονομάζεται ρυθμός διάτμησης.

Το ιξώδες συσχετίζει την εφαρμοζόμενη σε ένα ρευστό διατμητική τάση με το ρυθμό διάτμησης (παραμόρφωσης) του ρευστού και η σχέση που ισχύει μεταξύ αυτών των δύο μεγεθών καθορίζεται από πειραματικά δεδομένα. Η ρεολογική συμπεριφορά των ρευστών απεικονίζεται σε διαγράμματα της διατμητικής τάσης σε συνάρτηση με το ρυθμό διάτμησης.

2.2 Νευτώνεια ρευστά

Πρόκειται για ρευστά που επιδεικνύουν απλή ρεολογική συμπεριφορά. Στην περίπτωση των νευτώνειων ρευστών, η διατμητική τάση (τ) είναι ευθέως ανάλογη με το ρυθμό διάτμησης ($\dot{\gamma}$) του ρευστού και περιγράφεται από τη σχέση:

$$\tau = \eta \dot{\gamma}$$

Σε ένα διάγραμμα της διατμητικής τάσης σε συνάρτηση με το ρυθμό διάτμησης, όσο μεγαλύτερη είναι η κλίση της ευθείας τόσο μεγαλύτερο είναι το ιξώδες (Wallevik & Wallecik, 2011)

2.3 Μη νευτώνεια ρευστά

Σε ένα πολύπλοκο δομικά ρευστό, εμφανίζονται σημαντικές αλληλεπιδράσεις, οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα την εμφάνιση μη γραμμικής σχέσης μεταξύ

διατμητικής τάσης και ρυθμού διάτμησης. Τέτοια ρευστά ονομάζονται μη νευτώνεια. Έτσι διαλύματα που περιέχουν μακρομόρια, είτε διαλυμένα, είτε σε κολλοειδή μορφή, αιωρήματα, πηκτές ή γαλακτώματα μπορεί να εμφανίζονται σύνθετες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διαφόρων συστατικών τους. Τα μη νευτώνεια ρευστά χαρακτηρίζονται από το φαινομενικό ιξώδες η_{app} (Barnes et al., 1989). Για την περιγραφή της συμπεριφοράς των μη νευτώνειων ρευστών προτάθηκε η σχέση:

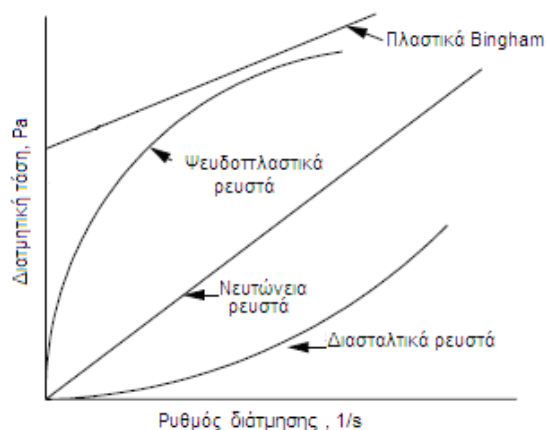
$$\tau = \tau_0 + k \cdot \dot{\gamma}^n$$

που ονομάζεται γενική εξίσωση του εκθετικού νόμου (*power law*) και όπου k είναι ο συντελεστής συνεκτικότητας, n ο δείκτης ρεολογικής συμπεριφοράς και τ_0 η τάση διαρροής, η οποία απαιτείται σε ορισμένα υγρά για να αρχίσουν να ρέουν (Βλαχάβας & Δοϊτσίνης, 2001).

Τα μη νευτώνεια ρευστά διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: εκείνα των οποίων η ροή είναι χρονικά ανεξάρτητη και σε εκείνα που είναι χρονικά εξαρτημένη.

2.3.1 Ρευστά με ροή χρονικά ανεξάρτητη

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα ψευδοπλαστικά ρευστά, τα διασταλτικά ρευστά και τα πλαστικά Bingham, που παρουσιάζονται στο **Σχήμα 1**.



Σχήμα 1. Συμπεριφορά νευτώνειων και μη νευτώνειων ρευστών (Rao & Steffe, 1992)

- Ψευδοπλαστικά ρευστά: Όσο αυξάνεται ο ρυθμός διάτμησης, το φαινομενικό ιξώδες αυτών των ρευστών μειώνεται, δηλαδή γίνονται πιο λεπτόρρευστα. Για τα ρευστά αυτά, η τάση διαρροής τους είναι μηδέν και ο δείκτης ρεολογικής συμπεριφοράς είναι μικρότερος της μονάδας (Βλαχάβας & Δοϊτσίνης, 2001). Πολλά κολλοειδή συστήματα τροφίμων εμφανίζουν ψευδοπλαστικότητα, η οποία οφείλεται σε ένα "σπάσιμο" της δομής κατά την εφαρμογή τάσης.
- Διασταλτικά ρευστά: Εμφανίζουν την αντίθετη συμπεριφορά με τα ψευδοπλαστικά. Πρόκειται για υγρά τα οποία γίνονται πιο παχύρρευστα, όταν αυξάνεται ο ρυθμός διάτμησης. Το φαινομενικό ιξώδες τους αυξάνεται όσο αυξάνεται ο ρυθμός διάτμησης. Για τα ρευστά αυτά, η τάση διαρροής τους είναι μηδέν και ο δείκτης ρεολογικής συμπεριφοράς είναι μεγαλύτερος της μονάδας (Βλαχάβας & Δοϊτσίνης, 2001). Η διασταλτικότητα είναι ένα σπάνιο φαινόμενο αλλά εμφανίζεται κυρίως σε πυκνά αιωρήματα, όπου η δομή γίνεται πιο συμπαγής κατά την εφαρμογή δύναμης, λόγω μιας αρχικής μείωσης του όγκου.
- Πλαστικά Bingham: Σ' αυτή την περίπτωση, για να αρχίσει η παραμόρφωση πρέπει η διατμητική τάση να υπερβεί μια ελάχιστη τιμή που αναφέρεται ως τάση διαρροής. Τη ρεολογική αυτή συμπεριφορά παρουσιάζουν διάφορα συστήματα διασποράς δυο φάσεων, όπως τα αιωρήματα. Για τα ρευστά αυτά η τάση διαρροής τους είναι μεγαλύτερη του μηδενός και ο δείκτης ρεολογικής συμπεριφοράς ισούται με τη μονάδα (Wallevik & Wallevik, 2011).

2.3.2 Ρευστά με ροή χρονικά εξαρτημένη

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα θιξοτροπικά και τα ρεοπηκτικά ρευστα.

- Θιξοτροπικά ονομάζονται τα ρευστά εκείνα στα οποία το ιξώδες μειώνεται, δηλαδή το υλικό γίνεται πιο λεπτόρρευστο κατά την παραμόρφωση (όπως και στα ψευδοπλαστικά ρευστά), αλλά η μείωση αυτή δεν εξαρτάται μόνο από το ρυθμό διάτμησης, αλλά συγχρόνως και από τη διάρκεια διάτμησης (Mewis & Wagner, 2009).
- Ρεοπηκτικά ονομάζονται τα ρευστά εκείνα στα οποία το ιξώδες αυξάνεται σε συνάρτηση με το ρυθμό και τη διάρκεια της διάτμησης (Barnes et al., 1989). Στα

τρόφιμα που παρουσιάζουν ρεοπηξία τα συστατικά τους τείνουν να συσσωματώνονται και να σχηματίζουν τρισδιάστατα πλέγματα (χωροπλέγματα) που προσδίδουν κάποιο βαθμό ακαμψίας στην υφή. Τα πλέγματα αυτά προκύπτουν από αλληλεπιδράσεις διαφόρων χαρακτηριστικών ενεργών ομάδων μεταξύ τους (Steffe, 1996).

2.4 Γαλακτώματα

Τα γαλακτώματα είναι μικροετερογενή συστήματα, τα οποία αποτελούνται από τουλάχιστον δύο μη αναμίξιμα υγρά, διεσπαρμένα το ένα στο άλλο υπό μορφή σταγόνων, των οποίων οι διάμετροι είναι, συνήθως, μεταξύ 0,1 και 100 μm. Τα συστήματα αυτά παρουσιάζουν μια ελάχιστη σταθερότητα, η οποία μπορεί να ενισχυθεί με την προσθήκη κατάλληλων ουσιών, όπως τασιενεργών, λεπτομερώς καταμερισμένων στερεών κ.λπ. (Παναγιώτου, 1998).

Τα γαλακτώματα αποτελούνται από ένα υγρό (συνεχής φάση) στο οποίο είναι διεσπαρμένο ένα δεύτερο υγρό (ασυνεχής φάση). Τα γαλακτώματα, ανάλογα με τη φύση της συνεχούς και της ασυνεχούς φάσης κατατάσσονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες (Lissant, 1974):

1. Λάδι σε νερό (O/W) (π.χ. γάλα, παγωτό, μαγιονέζα).
2. Νερό σε λάδι (W/O) (π.χ. βούτυρο, μαργαρίνη) (Lewis, 1990).

Στην πρώτη κατηγορία συνεχή φάση είναι το νερό και μη συνεχή φάση είναι το λάδι και στη δεύτερη κατηγορία συνεχή φάση είναι το λάδι και μη συνεχή φάση το νερό (Παναγιώτου, 1998).

Για το σχηματισμό ενός γαλακτώματος σημαντική επίδραση έχει η διεπιφάνεια, δηλαδή η επιφάνεια (A) που διαχωρίζει την υδατική φάση από τη φάση του ελαίου. Στα συστήματα ελαίου σε νερό, τα μη-πολικά μόρια του ελαίου δεν μπορούν να σχηματίσουν δεσμούς υδρογόνου με τα μόρια του νερού, λόγω του υψηλού υδρόφοβου χαρακτήρα τους, με αποτέλεσμα τα δυο υγρά να μην μπορούν να αναμιχθούν. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μειώνεται το μέγεθος των σωματιδίων του ελαίου, που είναι

διασκορπισμένα στο νερό, με σκοπό να ελαττωθεί η επιφάνεια επαφής τους με το νερό, δηλαδή η διεπιφάνεια, και επομένως ο αριθμός των ανεπιθύμητων αλληλεπιδράσεων μεταξύ των μορίων των δύο φάσεων. Αυτή η τάση μείωσης του μεγέθους των λιποσωματιδίων είναι το αποτέλεσμα της διεπιφανειακής τάσης, η τιμή της οποίας καθορίζεται από την έλλειψη ισορροπίας μεταξύ των μοριακών δυνάμεων. Εκφράζει το απαραίτητο ποσό ενέργειας (ΔG) που πρέπει να προσφερθεί στο σύστημα του γαλακτώματος, ώστε να αυξηθεί το εμβαδό της διεπιφάνειας μεταξύ των δυο μη αναμίξιμων υγρών και το σύστημα να επανέλθει στην κατάσταση ισορροπίας. Η σχέση ανάμεσα στην απαιτούμενη ενέργεια ΔG και τη διεπιφανειακή τάση (γ), υπολογίζεται από τη σχέση: $\Delta G = \gamma \Delta A$.

Από την παραπάνω σχέση προκύπτει ότι όσο λιγότερο αναμίξιμα είναι τα δυο υγρά τόσο πιο μεγάλη είναι η διεπιφανειακή τάση και άρα τόσο πιο μεγάλη είναι η απαιτούμενη ποσότητα ενέργειας για την επίτευξη της κατάστασης ισορροπίας. Η ενέργεια που απαιτείται ώστε τα σωματίδια της ασυνεχούς φάσης να διατμηθούν σε μικρότερα σωματίδια, προκαλώντας έτσι αύξηση του εμβαδού της διεπιφάνειας ανάμεσα στα δυο μη αναμίξιμα υγρά, παρέχεται κατά την έντονη ανάδευση του συστήματος με τη χρησιμοποίηση κατάλληλων συσκευών, όπως είναι οι ομογενοποιητές με πίεση ή υπερήχους κ.α. Η μείωση της απαιτούμενης ποσότητας ενέργειας επιτυγχάνεται με την προσθήκη στο σύστημα κατάλληλων ουσιών, των γαλακτωματοποιητών, οι οποίοι προκαλούν μείωση της διεπιφανειακής τάσης.

2.4.1 Λόγοι χρήσης γαλακτωμάτων

Τα γαλακτώματα χρησιμοποιούνται κυρίως σε περιπτώσεις όπου είναι απαραίτητο να ενσωματώσουμε συστατικά, μη αναμίξιμα μεταξύ τους. Για παράδειγμα, στην περίπτωση ενός τυπικού dressing για σαλάτα, μερικά από τα μυρωδικά δεν είναι διαλυτά στο λάδι και κάποια άλλα στο ξύδι καθώς επίσης δεν είναι διαλυτές και οι φάσεις τους λαδιού και του ξυδιού μεταξύ τους. Ως αποτέλεσμα, για να ενσωματωθούν τα συστατικά μεταξύ τους, πρέπει να ανακινήσουμε το μίγμα αυτών ή να χρησιμοποιήσουμε ένα γαλακτωματοποιητικό παράγοντα που θα κρατήσει τα μη αναμίξιμα υγρά αναμιγμένα. Ένας άλλος λόγος χρήσης των γαλακτωμάτων είναι η διατήρηση του αρώματος και της σταθερότητας των

προϊόντων, η ενδυνάμωση μιγμάτων φτωχών σε συστατικά και η ρύθμιση των φυσικών ιδιοτήτων κάποιων προϊόντων (Lissant, 1974).

2.4.2 Σταθερότητα γαλακτωμάτων και μηχανισμοί αποσταθεροποίησης

Οι φυσικοχημικές αρχές που κυριαρχούν προκειμένου ένα γαλάκτωμα να είναι σταθερό βασίζονται στις κλασικές θεωρίες της ηλεκτροστατικής και της στερεοχημικής σταθεροποίησης, κατάλληλα εφαρμοσμένες έτσι ώστε να επιτρέπουν την παρουσία τασιενεργών ουσιών και/ή πρωτεϊνών στη διεπιφάνεια ελαίου-νερού. Η ηλεκτροστατική σταθεροποίηση επέρχεται από την παρουσία ηλεκτρικών φορτίων στην επιφάνεια των σταγονιδίων ή συχνότερα από το φορτίο του προσροφημένου στη διεπιφάνεια των σταγονιδίων στρώματος. Όσο μεγαλύτερη είναι η πυκνότητα του φορτίου και όσο χαμηλότερη είναι η ιοντική ισχύς του υδατικού μέσου, τόσο πιο σταθερό είναι το γαλάκτωμα (Dickinson, 2010).

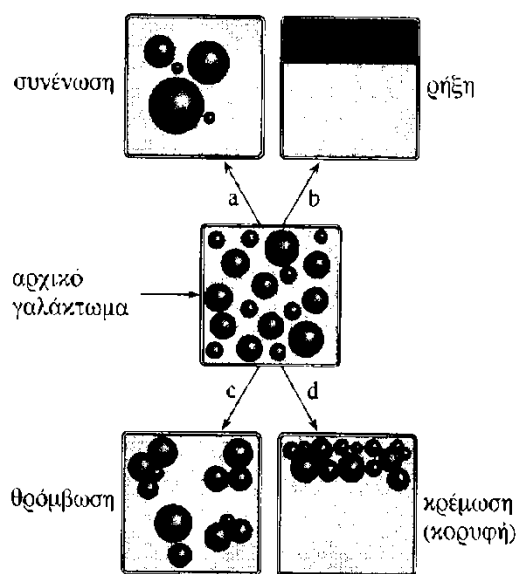
Τα γαλακτώματα είναι θερμοδυναμικά ασταθή συστήματα και έτσι μπορούν να διαχωριστούν σε ξεχωριστές φάσεις μετά από ένα σύντομο χρονικό διάστημα. Πριν λάβει χώρα η καταστροφή ενός γαλακτώματος συμβαίνουν διάφορες μεταβολές, γι' αυτό και είναι απαραίτητο να γίνει διάκριση μεταξύ των μηχανισμών οι οποίοι σχετίζονται με τη σταθερότητα των γαλακτωμάτων. Οι μηχανισμοί αποσταθεροποίησης, όπως παρουσιάζονται στο **Σχήμα 2**, είναι:

Ρήξη: Ρήξη ενός γαλακτώματος είναι ο σαφής διαχωρισμός του σε δύο ογκώδεις φάσεις (Παναγιώτου, 1998).

Συνένωση: Η συνένωση ή συγχώνευση είναι μία μη αντιστρεπτή διαδικασία, η οποία περιλαμβάνει τη διάσπαση του διεπιφανειακού υμενίου, τη συνένωση στη συνέχεια δύο ή περισσότερων λιποσφαιριδίων προς λιποσφαιρίδια μεγαλύτερου μεγέθους και τελικά τον πλήρη διαχωρισμό των δύο φάσεων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να παρατηρείται μακροσκοπικά η δημιουργία ελαιώδους στοιβάδας στο πάνω μέρος του γαλακτώματος (Dickinson, 2010).

Θρόμβωση: Η θρόμβωση ή συσσωμάτωση είναι μια αντιστρεπτή διαδικασία, κατά την οποία τα λιποσφαιρίδια πλησιάζουν και σχηματίζουν ένα τρισδιάστατο πλέγμα. Μέσα στα πλέγματα αυτά τα λιποσφαιρίδια συνδέονται χαλαρά με ελκτικές δυνάμεις, ακολουθώντας την κίνηση Brown, με αποτέλεσμα να συγκρούονται συχνά, κάτι που οδηγεί τελικά στην συσσωμάτωσή τους. Σε αυτή την αλληλεπίδραση των λιποσφαιριδίων, κυριότερο ρόλο παίζουν οι ηλεκτροστατικές δυνάμεις, οι δυνάμεις Van der Waals και οι πολυμερικές δυνάμεις (steric forces) που οφείλονται στα προσροφημένα μόρια των γαλακτωματοποιητών.

Κρέμωση: Η κρέμωση παρατηρείται με το χρόνο σε όλα σχεδόν τα γαλακτώματα, στα οποία υπάρχει μια διαφορά πυκνοτήτων στις δύο φάσεις. Στα γαλακτώματα ελαίου σε νερό τα λιποσφαιρίδια, έχοντας μικρότερη πυκνότητα από αυτή της υδατικής φάσης, αποκτούν την τάση να κινούνται ανοδικά χωρίς να παρατηρείται κάποια μεταβολή στο μέγεθός τους. Με την πάροδο του χρόνου διακρίνονται δύο ξεχωριστές στοιβάδες, μια υδατική και μια εμπλουτισμένη με σταγονίδια ελαίου. Το φαινόμενο αυτό είναι αντιστρεπτό γιατί με απλή ανάδευση επιτυγχάνεται ομοιόμορφη ανακατανομή των λιποσφαιριδίων σε όλο τον όγκο του γαλακτώματος (Παναγιώτου, 1998).



Σχήμα 2. Οι μηχανισμοί αποσταθεροποίησης ενός γαλακτώματος (Παναγιώτου, 1998).

2.5 Γαλακτωματοποιητές

Η σταθερότητα των γαλακτωμάτων μπορεί να ενισχυθεί με τη χρήση κατάλληλων προσθέτων. Τα πρόσθετα αυτά είναι γνωστά ως γαλακτωματοποιητές. Οι γαλακτωματοποιητές είναι επιφανειοδραστικά μόρια, τα οποία προσροφούνται στη διεπιφάνεια ελαίου - νερού ή νερού –ελαίου ενός γαλακτώματος σχηματίζοντας ένα προστατευτικό υμένιο. Το υμένιο αυτό περιβάλλει την επιφάνεια των σταγονιδίων της διεσπαρμένης φάσης εμποδίζοντας με αυτό τον τρόπο την συνένωση των σταγονιδίων. Ο βαθμός προσρόφησης ενός γαλακτωματοποιητή στη διεπιφάνεια είναι καθοριστικής σημασίας για το σχηματισμό και τη σταθεροποίηση ενός γαλακτώματος.

Το κύριο χαρακτηριστικό του μορίου των γαλακτωματοποιητών, στο οποίο οφείλεται και η γαλακτωματοποιητική τους ικανότητα, είναι η αμφιφιλική του δομή, δηλαδή η παρουσία στο μόριό τους τόσο υδρόφιλων όσο και υδρόφοβων ομάδων. Σύμφωνα με αυτή τη δομή οι πολικές ομάδες προσαρμόζουν τον γαλακτωματοποιητή στην υδατική φάση, ενώ οι μη πολικές κατευθύνουν το μόριο του γαλακτωματοποιητή στην ελαιώδη φάση (Yang & Lai, 2003).

Υπάρχουν πολλοί γαλακτωματοποιητές οι οποίοι κατατάσσονται σε δύο βασικές κατηγορίες: α) τους συνθετικούς γαλακτωματοποιητές (ή surfactants) και β) τις πρωτεΐνες. Ανάλογα με τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες και τη μοριακή δομή τους, εμφανίζουν διαφορετικό μηχανισμό προσρόφησης.

2.6 Σταθεροποιητές

Ένα γαλάκτωμα μπορεί να σταθεροποιηθεί με την αύξηση του ιξώδους της συνεχούς φάσης. Τα κόμμεα και οι πηκτίνες δεν είναι επιφανειοδραστικά μόρια, ωστόσο με την χρήση τους επιτυγχάνεται η σταθεροποίηση γαλακτωμάτων λαδιού σε νερό, γεγονός που οφείλεται στην επίδρασή τους στο ιξώδες της υδατικής φάσης. Επιπλέον, οι σταθεροποιητές έλκουν τα μόρια του νερού μειώνοντας έτσι τη δράση τους στην υδατική φάση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της διεπιφανειακής

τάσης και, κατά συνέπεια, την αύξηση της σταθερότητας του γαλακτώματος (www.agsci.ubc.ca).

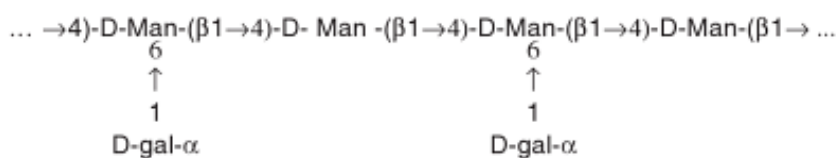
Οι κυριότεροι πολυσακχαρίτες (κυρίως οι ανιονικοί) που χρησιμοποιούνται στα τρόφιμα), λόγω της ικανότητά τους να συγκρατούν πλέγματα με μορφή πηκτής, είναι η ξανθάνη, η καραγενάνη, τα αλγινικά, η καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη και η πηκτίνη. (Cao et al., 1990; Dickinson, 1996; Dickinson & Galazka, 1991; Samant et al., 1993). Άλλοι πολυσακχαρίτες που χρησιμοποιούνται στα τρόφιμα και είναι γνωστοί για τη σταθεροποίηση γαλακτωμάτων με αλληλεπιδράσεις προσρόφησης είναι το αραβικό κόμμι, το κόμμι γκουάρ, το κόμμι χαρουπιού και το κόμμι (Benichou et al., 2002; Dickinson et al., 1991).

2.6.1 Κόμμεα

Η χαρακτηριστική ιδιότητα των κόμμεων είναι: η μεγάλη διαλυτότητά τους στο νερό και το υψηλό ιξώδες που σχηματίζουν τα υδατικά τους διαλύματα. Παρόλα αυτά δε σχηματίζουν γέλες (gels) και τα διαλύματά τους διατηρούν την πλαστικότητα τους ακόμα και σε υψηλές συγκεντρώσεις, πράγμα που εξηγείται από τη δομή τους. Το χαρακτηριστικό όλων των κόμμεων είναι η εκτενής διακλάδωση των πολυμερικών αλυσίδων τους. Αυτές οι εκτενείς διακλαδώσεις βοηθούν στο να παγιδευτεί μεγάλη ποσότητα μορίων νερού αλλά και να δημιουργούνται αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διακλαδώσεων, πράγμα που διασφαλίζει ότι ακόμα και τα αραιά τους διαλύματα θα έχουν μεγάλο ιξώδες. Στο παρελθόν η πιο συνήθης χρήση των κόμμεων στα τρόφιμα ήταν ως πηκτικά αντί αμύλου, στις μέρες μας όμως χρησιμοποιούνται πιο συχνά σε χαμηλές συγκεντρώσεις για να συνεισφέρουν στη σταθεροποίηση γαλακτωμάτων και να βελτιώσουν τις οργανοληπτικές ιδιότητες προϊόντων όπως για παράδειγμα το παγωτό. Ακόμα πιο πρόσφατα έχει διαπιστωθεί η ευεργετική δράση των κόμμεων στην πρόληψη της αρτηριοσκλήρωσης, ως αποτέλεσμα της παρουσίας τους στο αίμα μέσω των τροφών που τις περιέχουν, όπως οι φυτικές ίνες (Coultate, 2009).

Τα συνηθέστερα κόμμεα που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία των τροφίμων ως σταθεροποιητές είναι: η ξανθάνη, το τραγακάνθινο κόμμι, το κόμμι τζελάν, το κόμμι γκουάρ και το κόμμι χαρουπιού.

Ειδικότερα τα δύο τελευταία, ανήκουν σε μια υποκατηγορία των κόμμεων, τις γαλακτομαννάνες, δηλαδή κόμμεα των οποίων ο κορμός αποτελείται από μόρια μανόζης και διακλάδωσεις από μόρια γαλακτόζης, όπως εμφανίζεται στο **Σχήμα 3**. Η διαφορά μεταξύ των κόμμεων γκουάρ και χαρουπιού, είναι ότι στο κόμμι γκουάρ η διακλάδωση της γαλακτόζης απαντάται ανά δεύτερο μόριο μανόζης, ενώ στο κόμμι χαρουπιού η συχνότητα διακλάδωσης είναι πιο αραιή.

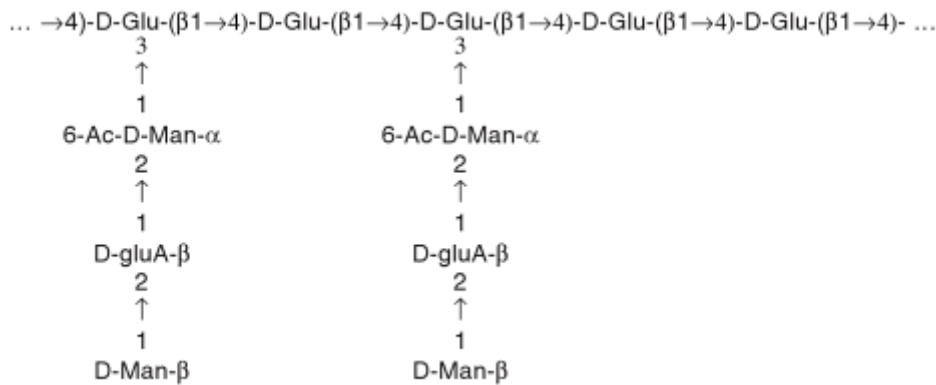


Σχήμα 3. Δομή του κόμμεος γκουάρ (Coultate, 2009).

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα κόμμεα που χρησιμοποιήθηκαν ως σταθεροποιητές στο πειραματικό μέρος της παρούσας εργασίας.

2.6.1.1 Κόμμι Ξανθάνης (Xanthan gum)

Η ξανθάνη είναι ένας πολυσακχαρίτης που παράγεται από το βακτήριο *Xanthomonas campestris* με αερόβια ζύμωση (Li & Fekete, 2015). Το μόριο της ξανθάνης στην ουσία είναι μια μεγάλη πολυμερής αλυσίδα το μήκος της οποίας κυμαίνεται μεταξύ 10000 έως 250000 μονοσακχαριτών. Όπως εμφανίζεται στο **Σχήμα 4**, ο κορμός της αποτελείται από μόρια γλυκόζης ενωμένα μεταξύ τους με β-1,4 γλυκοζητικούς δεσμούς, όπου σε κάθε πέμπτο μόριο γλυκόζης σχηματίζεται διακλάδωση ενός τρισακχαρίτη.



Σχήμα 4. Δομή κόμμεος ξανθάνης (Coultate, 2009).

Η ξανθάνη είναι εύκολα διαλυτή στο ζεστό ή κρύο νερό και παράγει παχύρρευστα και σταθερά διαλύματα σε χαμηλές συγκεντρώσεις κόμμεος. Οι εξαιρετικές ιδιότητες της ξανθάνης ως σταθεροποιητής, προέρχονται από την ευκολία με την οποία οι αλυσίδες των μορίων της συνενώνονται αλλά και την ευκολία με την οποία διαχωρίζονται κατά έναν αναστρέψιμο τρόπο. Όταν ένα διάλυμα ξανθάνης (που τυπικά στα τρόφιμα η συγκέντρωσή του κυμαίνεται σε ποσοστό από 0,1% έως 0,3%) δε θερμαίνεται και παραμένει ακίνητο, δηλαδή δε ρέει και δεν ανακατεύεται, τότε οι πολυμερείς αλυσίδες της παίρνουν ένα σχήμα ζιγκ-ζαγκ το οποίο βοηθά στο να σχηματιστεί ένα μοριακό πλέγμα τύπου γέλης. Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό αυτής της δομής είναι πως η παραμικρή φυσική καταπόνηση αρκεί για να σπάσουν οι δεσμοί μεταξύ των αλυσίδων. Αυτό σημαίνει πως τα διαλύματα ξανθάνης είναι θιξοτροπικά και αυτό την καθιστά έναν πολύ αποτελεσματικό σταθεροποιητή για γαλακτώματα όπως η μαγιονέζα (Coultate, 2009).

Η οξύτητα σε εύρος pH 6-9 έχει μικρή επίδραση στο ιξώδες της ξανθάνης, ενώ οι αλλαγές του ιξώδους είναι μικρές, ακόμη και πέρα από αυτό το εύρος pH (Branen et al., 1990). Το υψηλό ιξώδες διάλυμα που σχηματίζει παρουσιάζει υψηλού βαθμού ψευδοπλαστική συμπεριφορά. Επίσης η ξανθάνη παρουσία και άλλων κόμμεων (γκουάρ, χαρουπιού) δίνει σε υδατικά αιωρήματα υψηλότερο ιξώδες από ότι η ξανθάνη μόνη της και τα άλλα κόμμεα μόνα τους (Kang & Pettitt, 1993).

Η ξανθάνη χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία τροφίμων. Προστίθεται για να σταθεροποιήσει γαλακτώματα, αφρούς και διάφορα αιωρήματα. Η θιξοτροπία της έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη ενός αριθμού ξηρών μειγμάτων, όπως σως και

σάλτσες κρέατος, όπου μπορούν να θερμανθούν ή να αποψυχθούν χωρίς να χάσουν τη χαρακτηριστική επιθυμητή τους υφή. Επίσης χρησιμοποιείται για να βελτιώσει την παραγωγή και την αποθήκευση ζύμης καθώς και μειγμάτων που περιέχουν αλεύρι, γάλα και αυγό (Stephen, 1995).

2.6.1.2 Κόμμι Γκουάρ (Guar gum)

Το κόμμι γκουάρ (guar gum) λαμβάνεται από το ενδοσπέρμιο σπόρων του οσπριοειδούς φυτού *Cyamopsis tetragonolobus*. Ο θάμνος αυτός καλλιεργείται κυρίως στην Ινδία, το Πακιστάν, την Αυστραλία και τις Ηνωμένες Πολιτείες. Ο σπόρος απογυμνώνεται και αφαιρείται το φύτρο. Εκτός από τον πολυσακχαρίτη, το κόμμι γκουάρ, περιέχει 10-13% υγρασία, 3.5-4.0% πρωτεΐνη, 0.06% φώσφορο και 1.07% τέφρα (Tripathy & Das, 2013).

Το κόμμι γκουάρ ενυδατώνεται σχετικά γρήγορα σε κρύο νερό δίνοντας παχύρευστα ψευδοπλαστικά διαλύματα, που έχουν μεγαλύτερη συνεκτικότητα από άλλα υδροκολλοειδή σε χαμηλούς ρυθμούς διάτμησης. Σε υψηλές συγκεντρώσεις εκδηλώνουν θιξοτροπία. Δεν σχηματίζει πηκτές και παρουσιάζει μεγάλη σταθερότητα στον «κύκλο» κατάψυξη- απόψυξη (Tripathy & Das, 2013).

Λόγω του χαμηλού κόστους και την ικανότητα του να προσδίδει υψηλό ιξώδες σε σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις το κόμμι γκουάρ παρουσιάζει ένα ευρύ φάσμα βιομηχανικών εφαρμογών, τόσο στη βιομηχανία τροφίμων όσο και στον φαρμακευτικό τομέα. Χρησιμοποιείται ως συμπλήρωμα διατροφής καθώς και σαν πρόσθετο σε πολλά προϊόντα τροφίμων, όπως σάλτσες, σιρόπια, παγωτά, ποτά και αρτοσκευάσματα. Επίσης το κόμμι γκουάρ χρησιμοποιείται ως πυκνωτικό μέσο. Εκτός από τη βιομηχανία τροφίμων, το κόμμι γκουάρ χρησιμοποιείται στη βιομηχανία φαρμάκων και στον τομέα του φυσικού αερίου και του πετρελαίου (Prajapat & Gogate, 2015).

2.6.1.3 Κόμμι Χαρουπιού (Locust bean gum)

Οι σπόροι χαρουπιού προέρχονται από ένα αειθαλές δέντρο (*Ceratonia siliqua*) που καλλιεργείται στην περιοχή της Μεσογείου από αρχαιοτάτων χρόνων. Ο μακρύς εδώδιμος, σαρκώδης λοβός που περιέχει τους σπόρους χρησιμοποιείται επίσης ως χορτονομή. Οι σπόροι χαρουπιού αποτελούνται από 30-33% περίβλημα, 23-25% φύτρο και 42-46% ενδοσπέρμιο. Αυτοί, αλέθονται και το ενδοσπέρμιο αποχωρίζεται προκειμένου να χρησιμοποιηθεί. Το εμπορικό κόμμι χαρουπιού εμφανίζεται ως λευκή ή κιτρινόλευκη σκόνη και περιέχει περίπου 10-12% υγρασία, 5% πρωτεΐνη, 1,0% τέφρα, 1,0% ακατέργαστες ίνες και 0,5% λίπος (Barak & Mudgil, 2014).

Το κόμμι χαρουπιού περιγράφεται χημικώς ως γαλακτομαννάνη και η δομή του είναι παρόμοια με αυτή του κόμμι γκουάρ, όπως εμφανίζεται στο **Σχήμα 3**. Αποτελείται από υψηλού μοριακού βάρους πολυσακχαρίτη, αποτελούμενο από μονάδες γακλακτόζης και μαννόζης σε συνδυασμό με γλυκοζιτικούς δεσμούς (Barak & Mudgil, 2014).

Το κόμμι χαρουπιού, σε σύγκριση με το κόμμι γκουάρ, είναι μερικώς διαλυτό σε κρύο νερό. Απαιτεί υψηλότερες θερμοκρασίες προκειμένου να επιτευχθεί η πλήρης ενυδάτωση του (Barak & Mudgil, 2014).

Το κόμμι χαρουπιού παρουσιάζει ένα ευρύ φάσμα βιομηχανικών εφαρμογών, τόσο στη βιομηχανία τροφίμων όσο και στον φαρμακευτικό τομέα. Χρησιμοποιείται ως πυκνωτικό, ως μέσο σύνδεσης και ως σταθεροποιητής σε διάφορα τρόφιμα, καθώς επίσης βελτιώνει την ικανότητα δέσμευσης νερού στη ζύμη (Dakia et al., 2008).

2.7 Συνέργεια ξανθάνης και γαλακτομαννανών

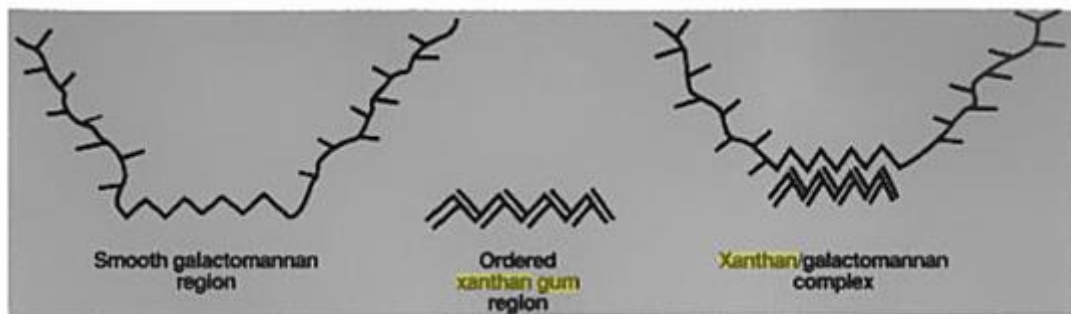
Η συνδυασμένη χρήση των διαφορετικών σταθεροποιητών μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της υφής των τροφίμων, ακόμα και όταν χρησιμοποιείται η χαμηλότερη δόση σταθεροποιητών, λόγω της συνέργειας αυτών (Camacho et al., 2005). Η αλληλεπίδραση μεταξύ των πολυσακχαριτών συνήθως αναφέρεται ως

συνέργεια εάν οδηγεί σε αύξηση του ιξώδους του μίγματος αυτών και ως ανταγωνισμός, εάν συμβεί το αντίθετο (Kaletunc-Gencer & Peleg, 1986).

Η συνέργεια της ξανθάνης με τις γαλακτομαννάνες εξαρτάται από το βαθμό διακλάδωσης των γαλακτομαννανών. Σε γενικές γραμμές όσο λιγότερες είναι οι διακλαδώσεις γαλακτόζης που φέρουν, τόσο πιο έντονη η αλληλεπίδρασή τους με την ξανθάνη (Kang & Pettitt, 1993). Έτσι το κόμμα χαρουπιού που έχει αναλογία μανόζης/γαλακτόζης περίπου ίση με 3,5/1, σχηματίζει πιο ισχυρούς δεσμούς με τη ξανθάνη από ότι το κόμμα γκουάρ, το οποίο έχει αναλογία μανόζης/γαλακτόζης σχεδόν 2/1. Η πιο επικρατής εξήγηση είναι ότι τα μη διακλαδισμένα τμήματα είναι αυτά που εμπλέκονται στην αλληλεπίδραση σχηματίζοντας δεσμούς με το μόριο της ξανθάνης, όπως φαίνεται στο **Σχήμα 5**.

Ελαστικές γέλες και με καλή συνοχή σχηματίζονται μετά από συνδυασμό κόμμεος χαρουπιού και ξανθάνης και σε αθροιστικές συγκεντρώσεις άνω του 0,03%, που πρώτα έχουν θερμανθεί και στη συνέχεια έχουν κρυώσει. Κάτω από αυτήν τη συγκέντρωση παρατηρείται συνεργηστική αύξηση του ιξώδους. Η ισχύς της γέλης του μίγματος ξανθάνης/κόμμεος χαρουπιού είναι συνάρτηση της αναλογίας των δύο κόμμεων καθώς και του pH της γέλης. Οι γέλες που σχηματίζονται από τα μίγματα ξανθάνης και κόμμεος χαρουπιού, είναι ελαστικές και εμφανίζουν συνοχή και σταθερότητα (Pedersen, 1980).

Σε αντίθεση με το κόμμα χαρουπιού, το κόμμα γκουάρ δε σχηματίζει γέλες σε συνδυασμό με την ξανθάνη, αλλά προκαλεί μια συνεργηστική αύξηση του ιξώδους του μίγματος, περισσότερο από ότι θα προβλεπόταν θεωρητικά, η οποία εξαρτάται από το pH και την παρουσία αλάτων. Πιο συγκεκριμένα, η συνεργηστική δράση αυξάνεται απουσία αλάτων (Clark, 1987).



Σχήμα 5. Σχηματική αναπαράσταση της αλληλεπίδρασης μεταξύ του κόμμεος ξανθάνης και των γαλακτομαννανών (McKetta, 1999).

2.8 Μαγιονέζα

Με τον όρο «Μαγιονέζα» εννοούμε το προϊόν με μορφή ομοιογενούς πολτού, το οποίο παρασκευάζεται από βρώσιμο λάδι, κρόκο αυγού, μαγειρικό αλάτι, καρυκεύματα, λεμόνι ή κιτρικό οξύ, καθώς επίσης ζάχαρη και ξύδι.

Όλες οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή της πρέπει να πληρούν τους όρους που συμπεριλαμβάνονται στον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών. Το χρώμα της μαγιονέζας θα πρέπει να προκύπτει από τις πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή της και όχι από την χρήση οποιασδήποτε χρωστικής ουσίας. Τα οργανοληπτικά της χαρακτηριστικά οφείλουν να είναι άμεμπτα και χωρίς ενδείξεις χρησιμοποίησης μειονεκτικών πρώτων υλών ή ατελούς επεξεργασίας. Επιπλέον, η προσθήκη γαλακτωματοποιητών - σταθεροποιητών και πηκτικών μέσων για την παρασκευή της μαγιονέζας επιτρέπεται σε μέγιστο ποσοστό 1% επί του έτοιμου προϊόντος είτε οι ουσίες αυτές χρησιμοποιηθούν μόνες τους είτε μίγμα αυτών, ενώ η χρήση συντηρητικών και αντιοξειδωτικών ουσιών δεν θα πρέπει να ξεπερνά το ποσοστό του 1% επί του έτοιμου προϊόντος. Τέλος η περιεκτικότητα της μαγιονέζας σε λάδι είναι επιθυμητό να μην είναι μικρότερη του 60%. Το λάδι που χρησιμοποιείται για την παρασκευή της θα πρέπει να είναι αυτούσιο και το είδος του να δηλώνεται ξεκάθαρα στον καταναλωτή στην περίπτωση που δεν εμφανίζεται κάπου η προέλευση του χρησιμοποιούμενου ελαίου, θεωρείται ότι το τελευταίο είναι ελαιόλαδο (ΚΤΠ, 2010).

Όσον αφορά στις φυσικοχημικές ιδιότητες, η μαγιονέζα είναι ένα γαλάκτωμα λαδιού σε νερό, έχοντας το λάδι ως διασπαρμένη φάση και το νερό ως συνεχή φάση. Γαλακτωματοποιητές και σταθεροποιητές που χρησιμοποιούνται ως πρόσθετα στη μαγιονέζα, παίζουν σημαντικό ρόλο στη σταθεροποίηση του συστήματος.

Η μαγιονέζα είναι ένα μη νευτώνειο, ψευδοπλαστικό ρευστό που εμφανίζει φαινόμενα θιξοτροπίας (thixotropy) και τάσης διαρροής (yield stress), παρουσιάζει επίσης ιξωδοελαστικές ιδιότητες. Η γνώση των ρεολογικών ιδιοτήτων της μαγιονέζας είναι απαραίτητη για τον έλεγχο της ποιότητάς της κατά την επεξεργασία, την αποθήκευση και τη μεταφορά της. Οι ιδιότητες αυτές επηρεάζουν επίσης τα οργανοληπτικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά του προϊόντος. Οι ρεολογικές ιδιότητες της μαγιονέζας καθορίζονται κυρίως από την περιεκτικότητά της σε λάδι και την παρουσία σταθεροποιητών, γαλακτωματοποιητών και πηκτικών μέσων (Juszczaketal., 2003).

2.8.1 Αναπληρώματα μαγιονέζας

2.8.1.1 Αναπληρώματα μαγιονέζας με χαμηλά λιπαρά

Οι μαγιονέζες που κυκλοφορούν στην αγορά συνήθως περιέχουν 70-80% λάδι. Στην γενική προσπάθεια να παρασκευαστούν προϊόντα με λίγες θερμίδες αναπτύχθηκαν νέα προϊόντα, γνωστά ως «αναπληρώματα μαγιονέζας με χαμηλά λιπαρά» (light και low fat mayonnaise products). Για να επιτευχθεί η μείωση των λιπαρών και το προϊόν να παρουσιάζει υφή παρόμοια με αυτή της κανονικής μαγιονέζας προσθέτονται μακρομοριακές ενώσεις, ώστε να συγκρατήσουν το νερό. Έχει χρησιμοποιηθεί πληθώρα υδροκολλοειδών όπως η πηκτίνη (Pedersen, 1995), το άμυλο ρυζιού (Bakal et al., 1992), το άμυλο πατάτας (Nahla et al., 2011), μικροκρυσταλλική κυτταρίνη και η πολυδεξτρόζη (Meiners et al., 1995), αλγινικά και καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη, άμυλο, τροποποιημένο άμυλο κ.α (Jonson, 1977).

2.8.1.2 Αναπληρώματα μαγιονέζας χωρίς κρόκο αυγού

Πολλοί καταναλωτές αποφεύγουν τη μαγιονέζα λόγω του κρόκου αυγού που περιέχει, για διάφορους διατροφικούς λόγους όπως υπερχοληστεριναιμία, ή νηστεία. Στις μέρες μας επίσης πολλοί είναι εκείνοι που στρέφονται στη χορτοφαγία. Γι' αυτόν το λόγο έχουν αναπτυχθεί και κατοχυρωθεί με διπλώματα ευρεσιτεχνίας αναπληρώματα μαγιονέζας χωρίς κρόκο αυγού. Για το σκοπό αυτό έχουν προστεθεί ουσίες με γαλακτωματοποιητικές ιδιότητες, όπως πρωτεΐνη σόγιας (Kanda et al., 1981), γαλακτοματοποιητές και κόμμεα (Dartey et al., 1990).

2.8.2 Μέθοδοι ρεολογικών ιδιοτήτων μαγιονέζας

Για τη μέτρηση των ρεολογικών ιδιοτήτων της μαγιονέζας, έχουν χρησιμοποιηθεί οι παρακάτω τεχνικές:

- Ιξωδομετρία συμπιεστής ροής

Το δείγμα συμπιέζεται μεταξύ δύο παράλληλων πλακών ή μεταξύ μιας πλάκας και ενός αβαθούς περιέκτη, τα οποία έχουν λιπανθεί για την εξάλειψη των τριβών. Από τη μέτρηση της δύναμης προκύπτει ο συντελεστής ανάπτυξης τάσης ή εκτατό ιξώδες. Η μέθοδος αυτή έχει χρησιμοποιηθεί στην περίπτωση της μαγιονέζας από τους Hoffner et al. (1997).

- Ρεόμετρο αναδευτήρα

Ο αναδευτήρας αποτελείται από τέσσερις ή περισσότερες λεπίδες, οι οποίες διασταυρώνονται στο τέλος ενός κεντρικού άξονα και μπορεί να εισέλθει στο δείγμα με ελάχιστη ανατάραξη της μικροδομής. Ο αναδευτήρας αρχικά χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της τάσης διαρροής. Το ρευστό που περιβάλλει τον αναδευτήρα κινείται σαν στερεό κυλινδρικό σώμα ελαχιστοποιώντας αποτελεσματικά την ολίσθηση. Ο αναδευτήρας μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε περιπτώσεις όπου υπάρχει μεγάλο άνοιγμα ανάμεσα στα άκρα των λεπίδων και το εξωτερικό τοίχωμα. Επιπλέον, μπορεί να εισέλθει απευθείας στο πραγματικό δοχείο του προϊόντος για να πραγματοποιηθούν μετρήσεις χωρίς ανατάραξη της μικροδομής του υλικού (Stokes & Telford, 2004).

- Ιξωδόμετρο ομοαξονικών κυλίνδρων

Το ιξωδόμετρο ομοαξονικών κυλίνδρων είναι πολύ κοινό και λειτουργεί σε μέτριους ρυθμούς διάτμησης. Οι συνθήκες λειτουργίας του είναι: ροή στρωτή και σταθερή, το υπό δοκιμή ρευστό είναι ασυμπίεστο, οι ιδιότητες δεν επηρεάζονται από την πίεση, η θερμοκρασία είναι σταθερή, δεν υπάρχει ολίσθηση στα τοιχώματα του οργάνου, η αξονική και η ακτινική ταχύτητα είναι μηδέν. Στον τύπο Searle, ο εσωτερικός κύλινδρος περιστρέφεται και το δοχείο είναι σταθερό, ενώ στον τύπο Couette, το δοχείο περιστρέφεται και ο εσωτερικός κύλινδρος είναι σταθερός (Steffe, 1996).

- Ρεόμετρο κώνου και πλάκας

Χρησιμοποιώντας ρεόμετρο κώνου και πλάκας η καμπύλη της διατμητικής τάσης με το ρυθμό διάτμησης μπορεί να εξασφαλιστεί αμέσως, καθιστώντας ευκολότερους τους υπολογισμούς. Το όργανο είναι μια συσκευή με μέτριο ρυθμό διάτμησης, ο οποίος είναι ακατάλληλος για ρευστά με μεγάλα σωματίδια, επειδή η γωνία του κώνου είναι μικρή, κατά προτίμηση λιγότερο από 0,09 rad. Σε λειτουργία της συσκευής, η κορυφή του κώνου σχεδόν αγγίζει την πλάκα και το υγρό καλύπτει πλήρως το διάκενο. Ο κώνος περιστρέφεται σε γνωστή γωνιακή ταχύτητα Ω και η ροπή που προκύπτει (M) μετριέται στην ακίνητη πλάκα ή μέσω του κώνου. Μερικά ρεόμετρα σχεδιάζονται με περιστρεφόμενη πλάκα και σταθερό κώνο (Steffe, 1996).

Η ροή σε ένα τέτοιο ρεόμετρο μπορεί να είναι πολύπλοκη απαιτώντας μια επίπονη λύση των θεμελιωδών εξισώσεων κίνησης (Peressini et al., 1998).

- Ιξωδόμετρο Brookfield

Το ιξωδόμετρο Brookfield στηρίζεται στην αρχή μέτρησης του ιξώδους κατά την περιστροφική κίνηση της ατράκτου μέσα στη μάζα του υπό μελέτη ρευστού. Η άτρακτος αποτελείται από κατακόρυφο άξονα που στο κάτω μέρος του είναι στερεωμένος δίσκος και το επάνω μέρος του είναι προσαρμοσμένο στο σύστημα μέτρησης της διατμητικής τάσης που μετριέται σε αυθαίρετες τιμές που μπορούν να αναγνωσθούν ψηφιακά. Το όργανο είναι ρυθμισμένο να περιστρέφει την άτρακτο σε διαφορετικές καθορισμένες ταχύτητες περιστροφής με την βοήθεια συστήματος γραναζιών που εκτείνονται από 0,5 μέχρι 100 rpm. Για να μπορέσει το όργανο να καλύψει μεγάλη έκταση τιμών ιξώδους ρευστών, χρησιμοποιείται σειρά ατράκτων που έχουν διαφορετικής διαμέτρου δίσκους και φέρουν αριθμούς στον άξονά τους 1 έως 7. Για κάθε άτρακτο και για κάθε τιμή rpm που χρησιμοποιείται, το ιξώδες,

μπορεί να υπολογισθεί από ένα πίνακα και από τον αριθμό που εμφανίζεται στην φωτεινή οθόνη του οργάνου (Ραφαηλίδης, 2006).

Το ιξωδόμετρο BrookfieldRVT είναι σχεδιασμένο για τη μέτρηση του ιξώδους νευτώνειων ρευστών (www.brookfieldengineering.com) π.χ. μίγματα παγωτού (Icier & Tavman, 2006). Ο Mitschka (1982) επέκτεινε τη χρήση του ιξωδομέτρου αυτού και στα ψευδοπλαστικά ρευστά. Αρκετοί ερευνητές χρησιμοποίησαν τη μέθοδο του Mitschka (παράγραφος 4.2.3): για τη ρεολογική αξιολόγηση του μελιού (Haminiuk et al., 2009), τη ρεολογική συμπεριφορά κάποιων παραδοσιακών σουπών της Τουρκίας (Ibanoglu & Ibanoglu, 1998), τις ρεολογικές ιδιότητες σε πολύ ρεβιθιών (Swami et al., 2004) κ.ά.

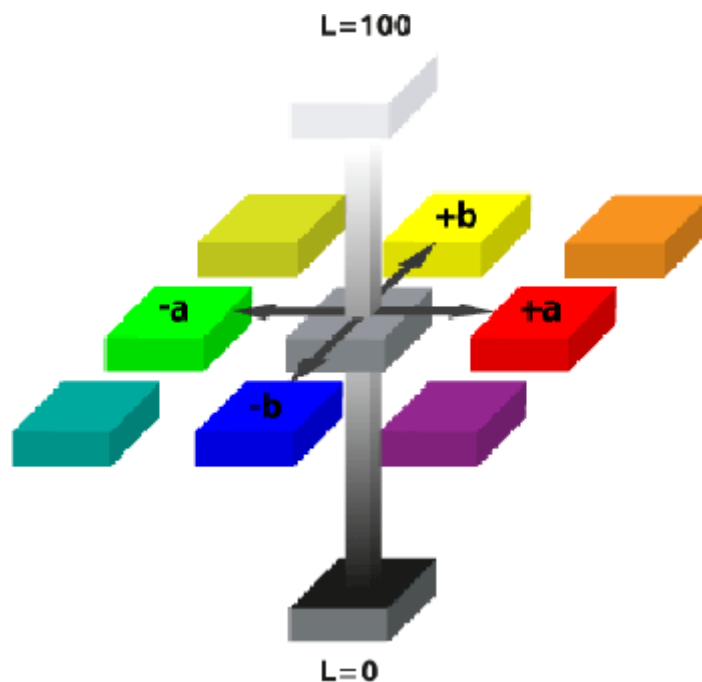
2.9 Χρωματομετρία

Χρωματομετρία (colorimetry) είναι η επιστήμη που ασχολείται με τον ποσοτικό προσδιορισμό και την φυσική περιγραφή της ανθρώπινης αντίληψης του χρώματος. Η χρωματομετρία ως επιστήμη εμφανίστηκε το 1931 από την Διεθνή Επιτροπή Φωτισμού CIE (*COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE*) με την διεξαγωγή πειραμάτων οπτικής. Τα χρωματομετρικά συστήματα της CIE είναι τα μόνα παγκοσμίως αποδεκτά για την μέτρηση του χρώματος με συνέπεια όλα τα διεθνή πρότυπα να είναι βασισμένα σε αυτά που ορίζονται από αυτή. Το χρώμα εκφράζεται από την CIE με μαθηματικές τιμές οι οποίες προκύπτουν από μαθηματικές εξισώσεις. Η προσπάθεια να προσδιοριστεί επακριβώς το χρώμα ξεκίνησε στις αρχές του 19ου αιώνα με την δημιουργία *χρωματικών μοντέλων*, χώρων δηλαδή που σε κάθε χρώμα αντιστοιχούν αριθμητικές συντεταγμένες (Gilchrist & Nobbs, 1999).

2.9.1 Χρωματικό μοντέλο CIELab

Το χρωματικό μοντέλο CIELab ή L^* , a^* , b^* παρουσιάστηκε από την CIE το 1976. Πρόκειται για ένα ομοιόμορφο οπτικά χρωματικό χώρο (*uniform color space*) ο οποίος προσομοιάζει καλύτερα από όλα τα χρωματικά συστήματα ή μοντέλα στην ανθρώπινη αντίληψη των χρωματικών διαφορών. Το κάθε χρώμα περιγράφεται από 3

κανάλια ή συντεταγμένες ή παράγοντες. Στο CIELab χρωματικό μοντέλο ή σύστημα οι χρωματικές συντεταγμένες ή χρωματικοί παράγοντες ονομάζονται L^* , a^* και b^* , (γι' αυτό και η ονομασία) και απεικονίζονται σε τρισδιάστατο καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων. Όπως εμφανίζεται στο **Σχήμα 6**, ο παράγοντας L^* (Lightness) αποθηκεύει όλη την πληροφορία φωτεινότητας της εικόνας παίρνοντας τιμές από 0 (μαύρο) έως 100 (λευκό) ενώ οι παράγοντες a^* και b^* την πληροφορία χρώματος χωρίς να υπάρχουν για αυτά κάποια αριθμητικά όρια. Θετικές τιμές του a^* αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του κόκκινου. Αρνητικές τιμές του a^* αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του πράσινου. Θετικές τιμές του b^* αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του κίτρινου. Αρνητικές τιμές b^* αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του μπλε(Weatherall & Coombs, 1992).



Σχήμα 6. Α) $L^* = 100$ (λευκό)- $L^* = 0$ (μαύρο) Β) a^* πράσινο / κόκκινο C) b^* μπλε/κίτρινο (zeiss-campus.magnet.fsu.edu).

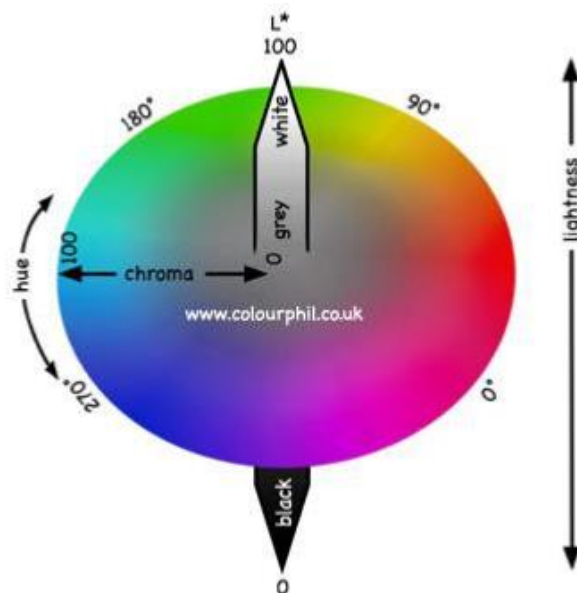
Το σημαντικότερο χαρακτηριστικό αυτού του χρωματικού μοντέλου είναι η ανεξαρτησία των πληροφοριών φωτεινότητας και χρώματος, που μας δίνει πάρα πολλές δυνατότητες. Ο παράγοντας L^* δηλαδή περιγράφει την άσπρη μαύρη εκδοχή του προς εξέταση αντικειμένου με διευρυμένο συνήθως φάσμα. Το μοντέλο CIELab

είναι ένας τεράστιος χρωματικός χώρος. Αν φτάσουμε στα όριά του, προκύπτουν χρώματα πρωτόγνωρα ή εξωπραγματικά, έξω από τις δυνατότητες πολλών συσκευών απεικόνισης. Τέλος πολύ σημαντικό είναι ότι το χρωματικό μοντέλο CIE Lab είναι 'device independent' ανεξάρτητο δηλαδή από ιδιότητες συσκευών καταγραφής ή απεικόνισης κάτι που δεν συμβαίνει με τα υπόλοιπα χρωματικά μοντέλα.

Το χρωματικό μοντέλο που περιγράφεται CIE Lab, μπορεί να αναπαρασταθεί και σε κυλινδρικό σύστημα πολικών συντεταγμένων με το μοντέλο CIE L^* , C^* , h (Σχήμα 7).

Όπου:

- L^* είναι η φωτεινότητα (*Lightness*)
- C^* (*Chroma*): *Χρωματική πυκνότητα*: Προσδιορίζει την συγκέντρωση δηλαδή την ένταση ή την καθαρότητα του χρώματος ή διαφορετικά τη σχέση μεταξύ της εντονότητας και της φωτεινότητας της μελετώμενης απόχρωσης.
- Χροιά h (*hue angle*): Μετράται σε μοίρες και προσδιορίζει την απόχρωση (Σχήμα 7) παίρνοντας τιμές 0° για το κόκκινο-πορφυρό, 90° για το κίτρινο, 180° για το γαλαζοπράσινο και 270° για το μπλε (Baldevbhai & Anand, 2012).



Σχήμα 7. Απεικόνιση του χρωματικού μοντέλου CIE Lab σε κυλινδρικό σύστημα συντεταγμένων L^* , C^* και h (Baldevbhai & Anand, 2012).

3. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση της δυνατότητας παρασκευής γαλακτωμάτων τύπου μαγιονέζας μειωμένης λιποπεριεκτικότητας, με 30% λάδι και χωρίς την προσθήκη κρόκου αυγού, καθώς και η μεταβολή της ρεολογικής συμπεριφοράς, του pH και του χρώματος των δειγμάτων που παρασκευάστηκαν με προσθήκη μιγμάτων σταθεροποιητών (κόμμι χαρουπιού/κόμμι ξανθάνης, κόμμι γκουάρ/κόμμι ξανθάνης) κατά την αποθήκευσή τους σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

4. ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ

4.1 Παρασκευή δειγμάτων μαγιονέζας

4.1.1 Όργανα και υλικά

Για την παρασκευή των δειγμάτων μαγιονέζας χρησιμοποιήθηκε ο παρακάτω εξοπλισμός:

- Οικιακός αναμκτήρας (mixer) κινουμένου κάδου
- Αναλυτικός ζυγός
- Ποτήρια ζέσεως

Οι πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή των δειγμάτων δίνονται στον **Πίνακα 1**.

Πίνακας 1. Αναλογίες πρώτων υλών στα δείγματα

Υλικά	Περιεκτικότητα %
Νερό	53,1
Ηλιέλαιο	30,0
Ξύδι	3,0
Χυμός λεμονιού	8,0
Αλάτι	1,2
Ζάχαρη	2,0
Βενζοϊκό οξύ	0,05
Σορβικό οξύ	0,05
Ασκορβικό οξύ	0,1
Μουστάρδα	1,5
Σταθεροποιητές	1,0

Οι σταθεροποιητές που προστέθηκαν στα δείγματα μαγιονέζας σε διαφορετικές αναλογίες ήταν:

- ❖ Κόμμι χαρουπιού (E410)
- ❖ Κόμμι γκουάρ (E412)
- ❖ Κόμμι ξανθάνης (E415)

4.1.2 Διαδικασία παρασκευής δειγμάτων

Η παρασκευή των δειγμάτων μαγιονέζας έγινε στον οικιακό αναμικτήρα με την παρακάτω ακολουθία:

- Αρχικά, προστίθενται αλάτι, ζάχαρη, βενζοϊκό, σορβικό, ασκορβικό οξύ και οι σταθεροποιητές (κόμμι γκουάρ και ξανθάνη /κόμμι χαρουπιού και ξανθάνη). Στη συνέχεια, προστέθηκε ζεστό αποσταγμένο νερό για να διαλυθούν οι σταθεροποιητές και αναμιγνύουμε σε μέτρια ταχύτητα επί 2 λεπτά.
- Αφήνουμε το μείγμα στο ψυγείο για 24 ώρες για να ενυδατωθούν πλήρως οι σταθεροποιητές.
- Την επόμενη ημέρα προσθέτουμε την ποσότητα του νερού που εξατμίστηκε, και επιπλέον το ξύδι, το χυμό λεμονιού και τη μουστάρδα, αναμιγνύοντας τα για 2 λεπτά.
- Αναμιγνύουμε προσθέτοντας με αργό ρυθμό την ποσότητα του λαδιού για άλλα 2 λεπτά, ώστε να σχηματιστεί το γαλάκτωμα.

4.1.3 Δείγματα μαγιονέζας

Παρασκευάστηκαν συνολικά 21 δείγματα μαγιονέζας με διαφορετικές αναλογίες μεταξύ των δύο σταθεροποιητών που χρησιμοποιήθηκαν (**Πίνακας 2**).

Πίνακας 2. Αναλογίες σταθεροποιητών στα δείγματα μαγιονέζας

Δείγματα	Κόμι γκουάρ (%)	Κόμι ξανθάνης (%)	Δείγματα	Κόμι χαρουπιού (%)	Κόμι ξανθάνης (%)
S0	1,0	0,0	T0	1,0	0,0
S1	0,9	0,1	T1	0,9	0,1
S2	0,8	0,2	T2	0,8	0,2
S3	0,7	0,3	T3	0,7	0,3
S4	0,6	0,4	T4	0,6	0,4
S5	0,5	0,5	T5	0,5	0,5
S6	0,4	0,6	T6	0,4	0,6
S7	0,3	0,7	T7	0,3	0,7
S8	0,2	0,8	T8	0,2	0,8
S9	0,1	0,9	T9	0,1	0,9
S10	0,0	1,0			

4.2 Ρεολογική μελέτη δειγμάτων μαγιονέζας

4.2.1 Όργανα και υλικά

Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν για τη ρεολογική μελέτη των δειγμάτων της μαγιονέζας είναι τα εξής:

- Εργαστηριακό ιξωδόμετρο Brookfield RVTD
- Άτρακτος Brookfield No 6
- Ποτήρι ζέσεως (1000ml)

4.2.2 Μέθοδος μέτρησης

Αρχικά ποσότητα 600 ml του κάθε δείγματος μαγιονέζας τοποθετείται σε αντίστοιχα ποτήρια ζέσεως. Η άτρακτος Νο 6 προσαρμόζεται στο ιξωδόμετρο και στη συνέχεια βυθίζεται με τρόπο τέτοιο ώστε ο δίσκος της να φτάσει στο μέσο του δείγματος. Το ιξωδόμετρο τίθεται σε λειτουργία και λαμβάνονται οι ενδείξεις του οργάνου διαδοχικά στις ακόλουθες ταχύτητες περιστροφής της ατράκτου: 0,5 1, 2,5, 5, 10, 20, 50 και 100 rpm. Για κάθε δείγμα πραγματοποιούνται 2 επαναληπτικές μετρήσεις σε όλες τις παραπάνω ταχύτητες περιστροφής

Η μελέτη διήρκησε 95 ημέρες προκειμένου να παρατηρηθεί η μεταβολή του ιξώδους κατά την διάρκεια αποθήκευσης των δειγμάτων μαγιονέζας.

4.2.3 Υπολογισμός των ρεολογικών παραμέτρων

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του Mitschka για τη μελέτη του φαινομενικού ιξώδους των δειγμάτων. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή ισχύουν οι σχέσεις:

$$\tau = k_{M\tau} M \quad \text{και} \quad \gamma = k_{N\gamma}(n) N$$

όπου:

τ = διατμητική τάση (Pa)

M = ποσοστό της μέγιστης ροπής του οργάνου (0-100), το οποίο είναι η ένδειξη του οργάνου.

$k_{M\tau}$ = συντελεστής μετατροπής της ένδειξης του οργάνου (ποσοστό ροπής) σε διατμητική τάση. Για την άτρακτο Νο 6, $k_{M\tau} = 2,35$ Pa.

γ = ταχύτητα ή ρυθμός διάτμησης (s^{-1})

N = ταχύτητα περιστροφής της ατράκτου (rpm ή min^{-1})

$k_{N\gamma}(n)$ = συντελεστής μετατροπής της ταχύτητας περιστροφής σε ταχύτητα διάτμησης ($mins^{-1}$). Για την άτρακτο Νο 6, $ok_{N\gamma}(n)$ είναι συνάρτηση του δείκτη ρεολογικής συμπεριφοράς n (**Πίνακας 3**).

Για τον υπολογισμό του $k_{N\gamma}(n)$ σε τιμές του δείκτη ρεολογικής συμπεριφοράς ενδιάμεσες αυτών του Πίνακα 3, στην παρούσα πτυχιακή εργασία,

πραγματοποιήθηκε παλινδρόμηση με τις τιμές του Πίνακα 3 και προέκυψε η παρακάτω ευθεία:

$$\log k_{N\gamma}(n) = -0,6132 - 0,766 \log n \quad (R^2 = 0,9984)$$

Πίνακας 3. Ο συντελεστής μετατροπής $k_{N\gamma}(n)$ σε συνάρτηση με το δείκτη ρεολογικής συμπεριφοράς n (Mitschka, 1982).

n	$k_{N\gamma}(n)$
0,1	1,366
0,2	0,851
0,3	0,629
0,4	0,503
0,5	0,421
0,6	0,363
0,7	0,320
0,8	0,286
0,9	0,260
1,0	0,238

Άρα το φαινομενικό ιξώδες η_{app} προκύπτει από τη σχέση:

$$\eta_{app} = \tau/\dot{\gamma} = k_{M\tau} M / [k_{N\gamma}(n) N]$$

Επίσης, αφού $\tau = k \dot{\gamma}^n$, όπου k = συντελεστής συνεκτικότητας, προκύπτει:

$$k_{M\tau} M = k [k_{N\gamma}(n) N]^n = k [(k_{N\gamma}(n))^n N^n]$$

$$M = (k / k_{M\tau}) [(k_{N\gamma}(n))^n N^n]$$

Και αν $K = (k / k_{M\tau}) [(k_{N\gamma}(n))^n]$, τότε

$$M = K N^n \text{ και}$$

$$\log M = \log K + n \log N$$

Οπότε με παλινδρόμηση μεταξύ των πειραματικών τιμών M και N υπολογίζονται ο δείκτης ρεολογικής συμπεριφοράς n και ο συντελεστής συνεκτικότητας k .

4.3 Μελέτη του pH δειγμάτων μαγιονέζας

4.3.1 Όργανα και υλικά

Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό του pH των δειγμάτων της μαγιονέζας είναι τα εξής:

- Πεχάμετρο, μοντέλο HI 8424NEW
- Ρυθμιστικά διαλύματα pH 7 και pH 4

4.3.2 Μέθοδος μέτρησης

Η μέτρηση του pH των δειγμάτων έγινε με τη βοήθεια πεχαμέτρου, μοντέλο HI 8424NEW (HannahInstruments). Αρχικά ρυθμίζεται το όργανο με τη χρήση δύο ρυθμιστικών διαλυμάτων pH 7,0 και 4,0. Έπειτα, ενεργείται η μέτρηση του pH με βύθιση του ηλεκτροδίου του στη μάζα του προϊόντος. Μετά από μερικά δευτερόλεπτα σταθεροποίησης, λαμβάνεται η ένδειξη του πεχαμέτρου. Μετά την εμβάπτιση σε οποιοδήποτε διάλυμα ή μίγμα, γίνεται έκπλυση του ηλεκτροδίου με αποσταγμένο νερό και καθαρισμός του με μαλακό χαρτί.

Η μελέτη διήρκεσε 95 ημέρες για να παρατηρηθεί η μεταβολή του pH κατά την διάρκεια της αποθήκευσης των δειγμάτων. Καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης λαμβάνονταν 2 επαναληπτικές μετρήσεις του pH στο κάθε δείγμα μαγιονέζας.

4.4 Μελέτη του χρώματος δειγμάτων μαγιονέζας

4.4.1 Όργανα και υλικά

Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη της μεταβολής του χρώματος των δειγμάτων της μαγιονέζας είναι τα εξής:

- Χρωματόμετρο Micro Color
- Βαθμονόμηση οργάνου: ένα λευκό κεραμικό και μαύρο πλαστικό πλακίδιο

4.4.2 Μέθοδος μέτρησης

Η μέτρηση του χρώματος των δειγμάτων μαγιονέζας πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια χρωματόμετρου Micro Color (Dr. Lange, Germany), το οποίο είναι τύπου Hunter. Η βαθμονόμηση του οργάνου πραγματοποιήθηκε με τη χρήση δύο προτύπων, ενός λευκού κεραμικού και ενός μαύρου πλαστικού πλακιδίου.

Οι συντεταγμένες που δίνει το όργανο συμβολίζονται με τα γράμματα L^* , a^* και b^* και συσχετίζονται με τις συντεταγμένες του Διεθνούς Συστήματος C.I.E.

Η συντεταγμένη L^* δείχνει τη λαμπρότητα ή φωτεινότητα, η συντεταγμένη a^* τη διαβάθμιση του χρώματος από πράσινο ($-a^*$) ως ερυθρό ($+a^*$) και η συντεταγμένη b^* τη διαβάθμιση από κυανό ($-b^*$) σε κίτρινο ($+b^*$) (Αρβανιτογιάννης et al., 2008).

Η μελέτη διήρκησε 95 ημέρες για να παρατηρηθεί η μεταβολή του χρώματος κατά την διάρκεια της αποθήκευσης των δειγμάτων. Καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης λαμβάνονταν 3 επαναληπτικές μετρήσεις στο κάθε δείγμα μαγιονέζας.

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ- ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα δείγματα μαγιονέζας παρέμειναν σταθερά καθ' όλη τη διάρκεια αποθήκευσης, εκτός από τα δείγματα S0, S1, T0, T1, T2 και T3, T4 στα οποία, την 12η ημέρα και 95η ημέρα αποθήκευσης αντίστοιχα, παρατηρήθηκε διαχωρισμός των δύο φάσεων του γαλακτώματος με τη δημιουργία ελαιώδους στοιβάδας στο πάνω μέρος του γαλακτώματος. Το γεγονός αυτό είχε ως αποτέλεσμα την απομάκρυνσή τους από την πειραματική διαδικασία.

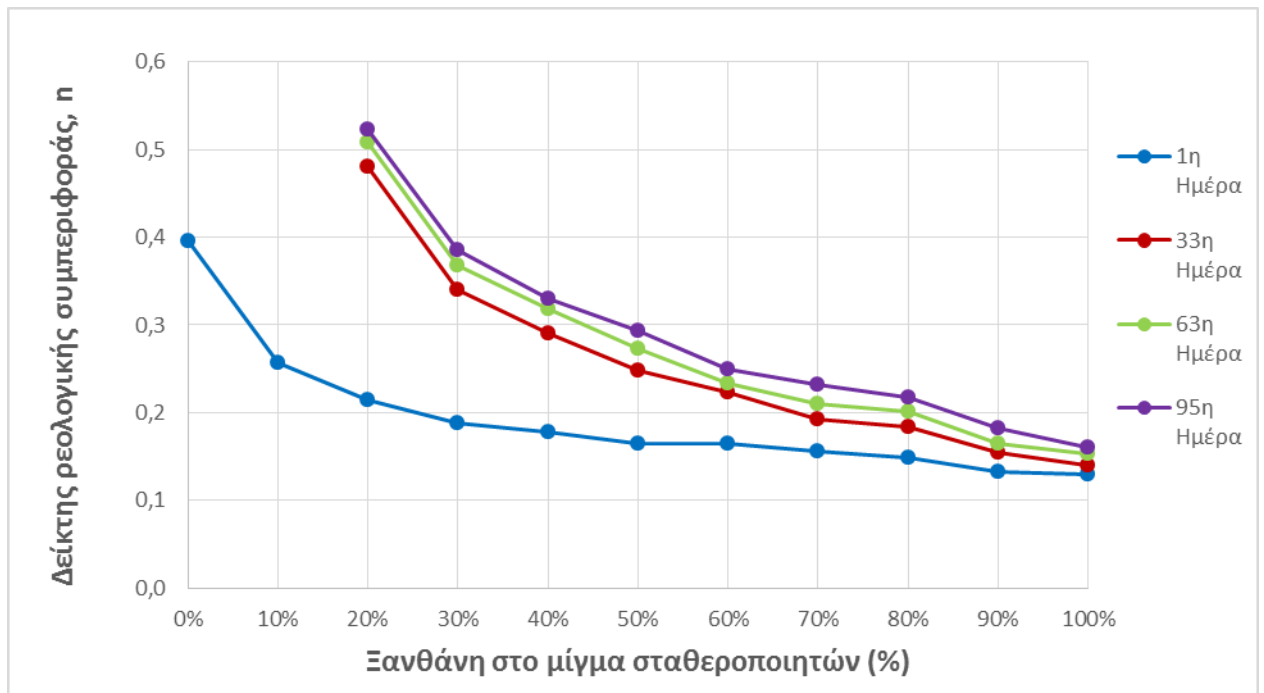
5.1 Ρεολογικές παράμετροι

5.1.1 Δείκτης ρεολογικής συμπεριφοράς (n)

5.1.1.1 Δείκτης ρεολογικής συμπεριφοράς (n) δειγμάτων μαγιονέζας με προσθήκη κόμμεων ξανθάνης και γκουάρ.

Οι τιμές του δείκτη ρεολογικής συμπεριφοράς n δίνονται για τα δείγματα μαγιονέζας με προσθήκη κόμμεων ξανθάνης και γκουάρ, την 1^η, 33^η, 63^η και 95^η ημέρα αποθήκευσης (**Σχήμα 8**).

Το δείγμα που περιέχει ως σταθεροποιητή μόνο ξανθάνη (100%) παρουσιάζει τη μικρότερη τιμή, δηλαδή είναι το πιο ψευδοπλαστικό. Αντίθετα, όσο μειώνεται η συμμετοχή της ξανθάνης και κατ' επέκταση αυξάνεται η συμμετοχή του κόμμεος γκουάρ, τόσο η τιμή του δείκτη ρεολογικής συμπεριφοράς (n) αυξάνεται και τα δείγματα εμφανίζονται ολοένα και λιγότερο ψευδοπλαστικά. Παρατηρείται ότι με την πάροδο του χρόνου αποθήκευσης των δειγμάτων, οι τιμές του δείκτη ρεολογικής συμπεριφοράς αυξάνονται. Συγκεκριμένα από την 33^η έως και την τελευταία μέρα αποθήκευσης (95^η), οι τιμές του δείκτη ρεολογικής συμπεριφοράς είναι υψηλότερες από αυτές της πρώτης ημέρας, εκτός από το δείγμα που περιέχει μόνο ξανθάνη (100%). Το γεγονός αυτό αποτελεί ένδειξη ότι το κόμμι γκουάρ υφίσταται υδρόλυση και τα δείγματα αυτά γίνονται λιγότερα ψευδοπλαστικά.



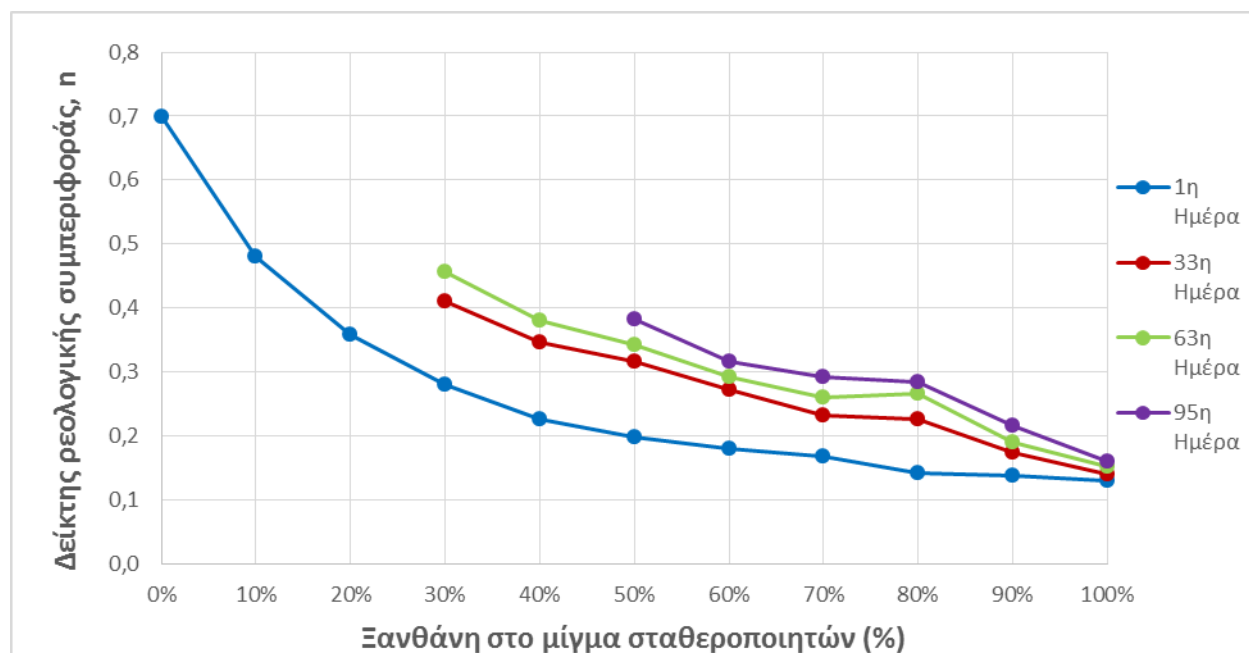
Σχήμα 8. Δείκτης ρεολογικής συμπεριφοράς (n) των δειγμάτων μαγιονέζας σε συνάρτηση με το ποσοστό ξανθάνης στο μίγμα σταθεροποιητών (ξανθάνη/ κόμμι γκουάρ), κατά την 1^η, 33^η, 63^η και 95^η ημέρα αποθήκευσης.

5.1.1.2 Δείκτης ρεολογικής συμπεριφοράς (n) δειγμάτων μαγιονέζας με προσθήκη κόμμεων ξανθάνης και χαρουπιού.

Οι τιμές του δείκτη ρεολογικής συμπεριφοράς n δίνονται για τα δείγματα μαγιονέζας με προσθήκη κόμμεων ξανθάνης και χαρουπιού, την 1^η, 33^η, 63^η και 95^η ημέρα αποθήκευσης (**Σχήμα 9**).

Το δείγμα που περιέχει ως σταθεροποιητή μόνο ξανθάνη (100%) παρουσιάζει τη μικρότερη τιμή, δηλαδή είναι το πιο ψευδοπλαστικό. Αντίθετα, όσο μειώνεται η συμμετοχή της ξανθάνης και κατ' επέκταση αυξάνεται η συμμετοχή του κόμμεος χαρουπιού, τόσο η τιμή του δείκτη ρεολογικής συμπεριφοράς (n) αυξάνεται και τα δείγματα εμφανίζονται ολοένα και λιγότερο ψευδοπλαστικά. Παρατηρούμε ότι με την πάροδο του χρόνου αποθήκευσης των δειγμάτων, οι τιμές του δείκτη ρεολογικής συμπεριφοράς αυξάνονται. Συγκεκριμένα από την 33^η έως και την τελευταία μέρα αποθήκευσης (95^η), οι τιμές του δείκτη ρεολογικής συμπεριφοράς είναι υψηλότερες

από αυτές της πρώτης ημέρας, εκτός από το δείγμα που περιέχει μόνο ξανθάνη (100%). Αυτό αποτελεί ένδειξη ότι το κόμμι χαρουπιού υφίσταται υδρόλυση και οι μαγιονέζες γίνονται λιγότερο ψευδοπλαστικές.



Σχήμα 9. Δείκτης ρεολογικής συμπεριφοράς (n) των δειγμάτων μαγιονέζας σε συνάρτηση με το ποσοστό ξανθάνης στο μίγμα σταθεροποιητών (ξανθάνη/κόμμι χαρουπιού), κατά την 1^η, 33^η, 63^η και 95^η ημέρα αποθήκευσης.

Από τα Σχήματα 8 και 9, την πρώτη ημέρα αποθήκευσης παρατηρείται ότι η τιμή του δείκτη ρεολογικής συμπεριφοράς για το δείγμα μαγιονέζας που περιέχει μόνο κόμμι γκουάρ είναι χαμηλότερη ($n=0,40$) από την αντίστοιχη τιμή του δείγματος μαγιονέζας που περιέχει μόνο κόμμι χαρουπιού ($n=0,70$), ενώ το δείγμα που περιέχει μόνο ξανθάνη εμφανίζει την χαμηλότερη τιμή ($n=0,13$) από τα δύο παραπάνω. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει ότι το κόμμι γκουάρ εμφανίζει υψηλότερη ψευδοπλαστικότητα από το κόμμι χαρουπιού, ενώ η ξανθάνη εμφανίζει την πιο ψευδοπλαστική συμπεριφορά από τους άλλους δύο σταθεροποιητές.

5.1.2 Συντελεστής συνεκτικότητας (k)

5.1.2.1 Συντελεστής συνεκτικότητας (k) δειγμάτων μαγιονέζας με προσθήκη κόμμεων ξανθάνης και γκουάρ.

Οι τιμές του συντελεστή συνεκτικότητας k, που προέκυψαν με τη βοήθεια της μεθόδου του Mitschka για τα δείγματα μαγιονέζας την 1^η, 33^η, 63^η και 95^η ημέρα αποθήκευσης απεικονίζονται στο **Σχήμα 10**.

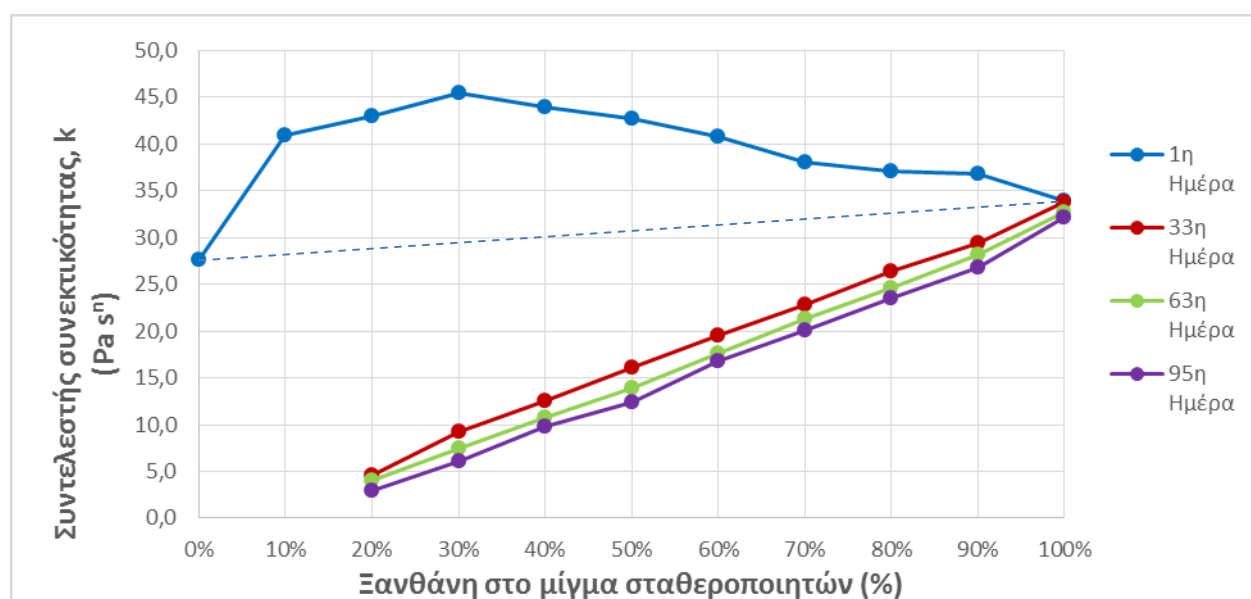
Ο συντελεστής συνεκτικότητας ισούται αριθμητικά με το φαινομενικό ιξώδες όταν η ταχύτητα διάτμησης ισούται με τη μονάδα ($\gamma=1s^{-1}$). Κατά την 1^η ημέρα αποθήκευσης παρατηρείται ότι το δείγμα μαγιονέζας που έχει ως σταθεροποιητή μόνο το κόμμι ξανθάνης (100%) εμφανίζει υψηλότερο συντελεστή συνεκτικότητας και κατ' επέκταση υψηλότερο φαινομενικό ιξώδες, σε σύγκριση με το δείγμα μαγιονέζας που περιέχει μόνο κόμμι γκουάρ (0% ξανθάνη). Ωστόσο, τα δείγματα που περιέχουν μίγματα των δύο σταθεροποιητών εμφανίζουν υψηλότερο συντελεστή συνεκτικότητας, δηλαδή είναι πιο ιξώδη από αυτά που παρασκευάστηκαν μόνο με κόμμι ξανθάνης ή μόνο με κόμμι γκουάρ. Αυτό αποτελεί ένδειξη ότι οι δύο σταθεροποιητές παρουσιάζουν μεταξύ τους συνέργεια ως προς τη δημιουργία ιξώδους.

Η συνέργεια μεταξύ των σταθεροποιητών, την 1^η ημέρα αποθήκευσης εμφανίζεται σε όλα τα δείγματα μαγιονέζας. Ωστόσο μεγάλη συνέργεια παρατηρείται στα δείγματα με αναλογία ξανθάνης/κόμμεος γκουάρ από 10:90 έως 50:50, ενώ η μέγιστη συνέργεια εμφανίζεται στο δείγμα με αναλογία ξανθάνης/κόμμεος γκουάρ 30:70. Ως προς τη συνέργεια, τα αποτελέσματα συμφωνούν με αυτά των Bortnowska & Makiewicz (2006) που διαπίστωσαν αλληλεπίδραση μεταξύ ξανθάνης και κόμμεος γκουάρ σε αναλογία 33:67, και του Zalewski (1997) σε αναλογία 20:80.

Παρατηρώντας τις καμπύλες του **Σχήματος 10** διαπιστώνεται ότι την 33^η ημέρα αποθήκευσης ο συντελεστής συνεκτικότητας μειώνεται, δηλαδή όλα τα δείγματα γίνονται πιο λεπτόρρευστα, με εξαίρεση το δείγμα που περιέχει μόνο ξανθάνη. Έτσι επιβεβαιώνεται ότι κατά τη διάρκεια αποθήκευσης σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, λαμβάνει χώρα όξινη υδρόλυση του κόμμεος γκουάρ, λόγω του χαμηλού pH του προϊόντος (3,0-3,5), ενώ η ξανθάνη μένει ανέπαφη, αφού είναι το

μοναδικό δείγμα που δεν υφίσταται υδρόλυση. Σύμφωνα με τους Sharma et al. (2006) η ξανθάνη παραμένει σταθερή σε τιμές pH 1 έως 13, δηλαδή τόσο σε όξινο όσο και σε αλκαλικό περιβάλλον (Katzbauer, 1998).

Ήδη από την 33^η η συνέργεια μεταξύ των σταθεροποιητών έχει χαθεί αφού έχει πλέον υδρολυθεί το κόμμι γκουάρ. Η περαιτέρω μείωση του συντελεστή συνεκτικότητας στα δείγματα, όπως σημειώνεται την 63^η και την 95^η ημέρα αποθήκευσης, οφείλεται σε μικρή υδρόλυση της ξανθάνης.



Σχήμα 10. Συντελεστής συνεκτικότητας (k) σε συνάρτηση με το ποσοστό ξανθάνης στο μίγμα σταθεροποιητών (ξανθάνη/κόμμι γκουάρ), κατά την 1^η, 33^η, 63^η και 95^η ημέρα αποθήκευσης.

5.1.2.2 Συντελεστής συνεκτικότητας (k) δειγμάτων μαγιονέζας με προσθήκη κόμμιων ξανθάνης και χαρουπιού

Οι τιμές του συντελεστή συνεκτικότητας k, που προέκυψαν με τη βοήθεια της μεθόδου του Mitschka για τα δείγματα μαγιονέζας την 1^η, 33^η, 63^η και 95^η ημέρα αποθήκευσης απεικονίζονται στο **Σχήμα 11**.

Κατά την 1^η ημέρα αποθήκευσης, παρατηρείται ότι το δείγμα μαγιονέζας που έχει για σταθεροποιητή μόνο το κόμμι ξανθάνης (100%) εμφανίζει υψηλότερο

συντελεστή συνεκτικότητας και κατ' επέκταση υψηλότερο φαινομενικό ιξώδες, από το δείγμα μαγιονέζας που περιέχει μόνο κόμμι χαρουπιού. Με τη σειρά τους τα δείγματα που περιέχουν μίγματα των δύο σταθεροποιητών εμφανίζουν υψηλότερο συντελεστή συνεκτικότητας, δηλαδή είναι πιο ιξώδη από αυτά που παρασκευάστηκαν μόνο με κόμμι ξανθάνης ή μόνο με κόμμι χαρουπιού. Αυτό αποτελεί ένδειξη ότι οι δύο σταθεροποιητές παρουσιάζουν μεταξύ τους συνέργεια ως προς τη δημιουργία ιξώδους.

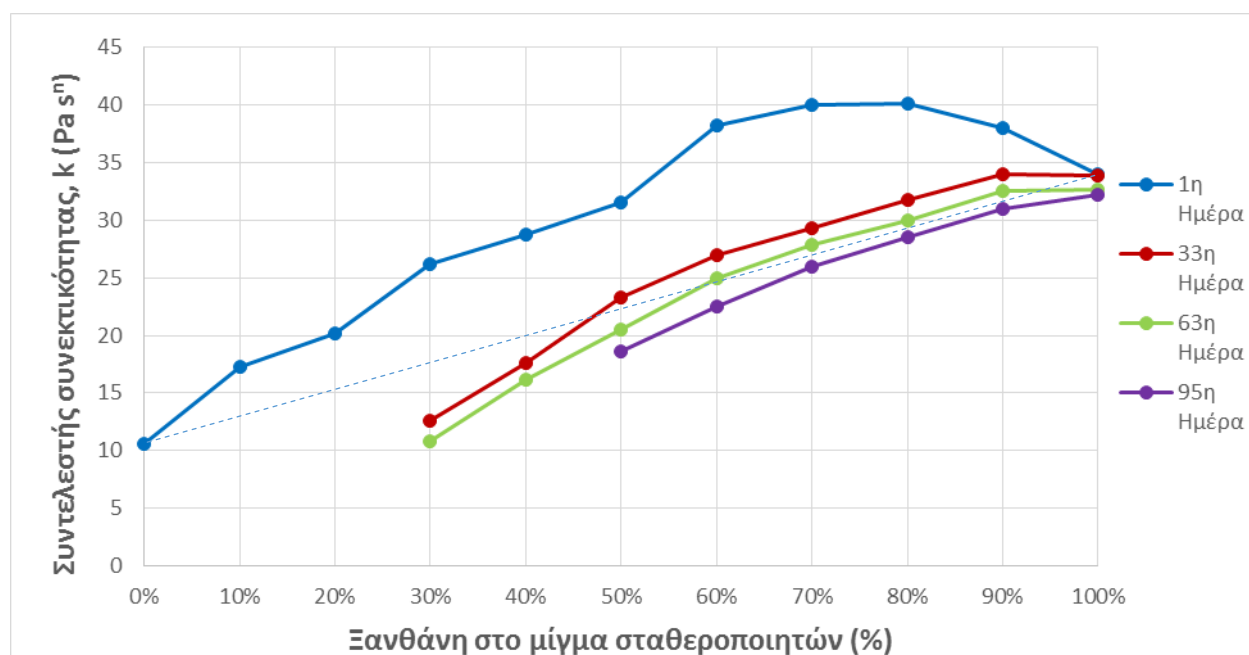
Η συνέργεια μεταξύ των σταθεροποιητών την 1^η ημέρα αποθήκευσης εμφανίζεται σε όλα τα δείγματα μαγιονέζας. Ωστόσο μεγάλη συνέργεια παρατηρείται στα δείγματα με αναλογία ξανθάνης/κόμμιος χαρουπιού από 60:40 έως 80:20, σημειώνοντας τη μέγιστη συνέργεια στο δείγμα με αναλογία ξανθάνης/κόμμιος χαρουπιού 60:40. Οι Higiro et al. (2006) διαπίστωσαν ισχυρή αλληλεπίδραση μεταξύ ξανθάνης και κόμμιος χαρουπιού σε αναλογία 60:40.

Κατά τη διάρκεια αποθήκευσης σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, ο συντελεστής συνεκτικότητας μειώνεται, δηλαδή όλα τα δείγματα γίνονται πιο λεπτόρρευστα, με εξαίρεση το δείγμα που περιέχει μόνο ξανθάνη. Αυτό αποτελεί ένδειξη ότι το κόμμι χαρουπιού υφίσταται όξινη υδρόλυση, λόγω του χαμηλού pH του προϊόντος (3,3-3,5), ενώ η ξανθάνη μένει ανέπαφη, αφού είναι το μοναδικό δείγμα που δεν υφίσταται υδρόλυση. Σύμφωνα με τους Sharma et al. (2006) η ξανθάνη παραμένει σταθερή σε τιμές pH 1 έως 13, δηλαδή τόσο σε όξινο όσο και σε αλκαλικό περιβάλλον (Katzbauer, 1998).

Όπως παρατηρείται στο **Σχήμα 11**, οι καμπύλες τιμών του συντελεστή συνεκτικότητας, οι οποίες αντιστοιχούν στην 33^η, 65^η και 95^η ημέρα αποθήκευσης, διατηρούν την καμπυλότητά τους. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει ότι το κόμμι χαρουπιού δεν έχει πλήρως υδρολυθεί, με αποτέλεσμα να εμφανίζεται, ακόμα, μια μικρή συνέργεια μεταξύ των κόμμιων ξανθάνης και χαρουπιού. Επομένως το κόμμι χαρουπιού εμφανίζεται πιο ανθεκτικό στην υδρόλυση από το κόμμι γκουάρ.

Στα **Σχήματα 10** και **11**, φαίνεται ότι το δείγμα που περιέχει μόνο ξανθάνη εμφανίζει το υψηλότερο ιξώδες, ακολουθεί το δείγμα που περιέχει μόνο κόμμι γκουάρ, ενώ το δείγμα που περιέχει μόνο κόμμι χαρουπιού παρουσιάζει το χαμηλότερο ιξώδες, με μεγάλη διαφορά, από τα δύο προηγούμενα. Συγκρίνοντας

μεταξύ τους τα μίγματα ξανθάνης/κόμμεος γκουάρ και ξανθάνης/κόμμεος χαρουπιού, παρατηρείται ότι τα μεν πρώτα παρουσιάζουν συνέργεια σε χαμηλό ποσοστό ξανθάνης, ενώ τα δεύτερα σε υψηλό. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το βαθμό διακλαδώσεων γαλακτόζης των δύο γαλακτομαννανών. Δηλαδή, για συγκεκριμένη ποσότητα ξανθάνης απαιτείται μεγαλύτερη ποσότητα κόμμεος γκουάρ απ' ότι κόμμεος χαρουπιού.



Σχήμα 11. Συντελεστής συνεκτικότητας (k) σε συνάρτηση με το ποσοστό ξανθάνης στο μίγμα σταθεροποιητών (ξανθάνη/κόμμι χαρουπιού), κατά την 1^η, 33^η, 63^η και 95^η ημέρα αποθήκευσης.

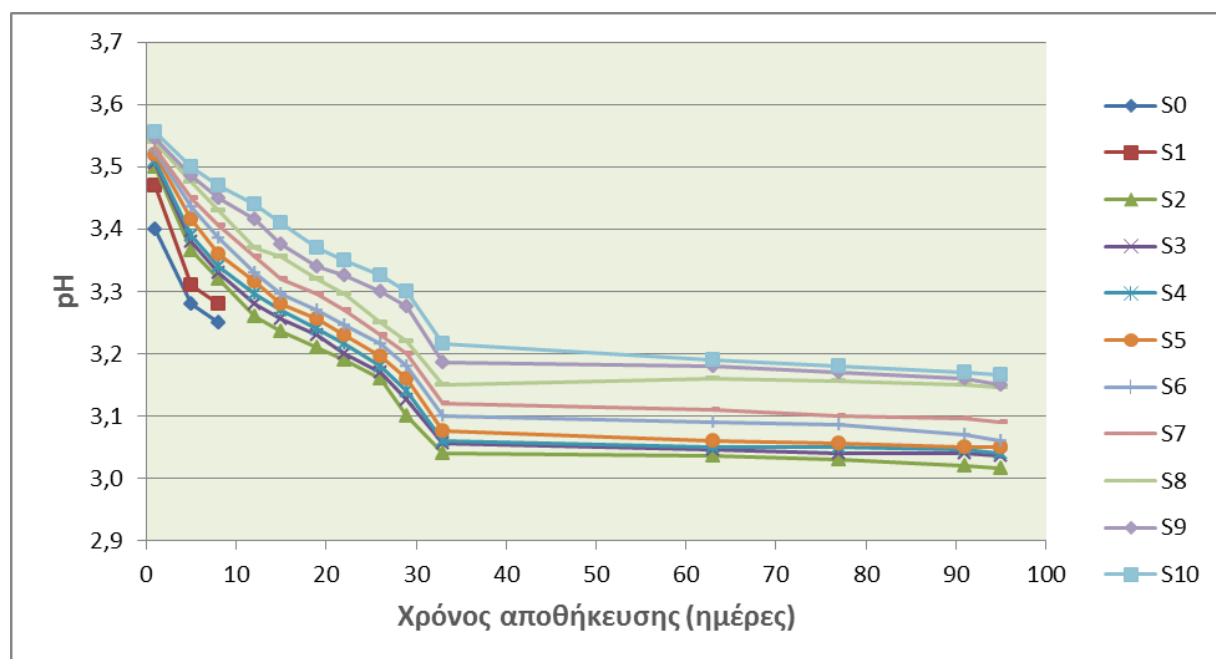
5.2 pH

5.2.1 pH δειγμάτων μαγιονέζας με προσθήκη κόμμεων ξανθάνης και γκουάρ.

Στο **Σχήμα 12** παρουσιάζεται η μεταβολή του pH των δειγμάτων μαγιονέζας με προσθήκη ξανθάνης και κόμμεος γκουάρ, σε σχέση με τον χρόνο αποθήκευσης.

Παρατηρείται ότι οι τιμές του pH μειώνονται κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε όλα τα δείγματα. Συγκεκριμένα σημειώνεται μικρή μείωση του pH μέχρι την 33^η ημέρα αποθήκευσης, η οποία οφείλεται όχι σε αλλοιώσεις αλλά πιθανόν σε ωσμωτικά φαινόμενα, ενώ στη συνέχεια η καμπύλη ακολουθεί σταθερή πορεία λόγω της ισορροπίας που έχει επέλθει. Πρέπει να επισημανθεί ότι η πτώση του pH σε όλα τα δείγματα από την 1^η έως την 95^η ημέρα είναι σχεδόν ανάλογη και υπολογίζεται στο 0,15-0,39.

Επίσης, παρατηρείται ότι το pH σε κάθε δείγμα διαφέρει, και είναι φανερό ότι όσο μεγαλύτερο ποσοστό ξανθάνης έχει το δείγμα, τόσο υψηλότερο είναι και το pH του. Κατά συνέπεια το δείγμα S₁₀, το οποίο περιέχει μόνο ξανθάνη, εμφανίζεται ως το λιγότερο όξινο.



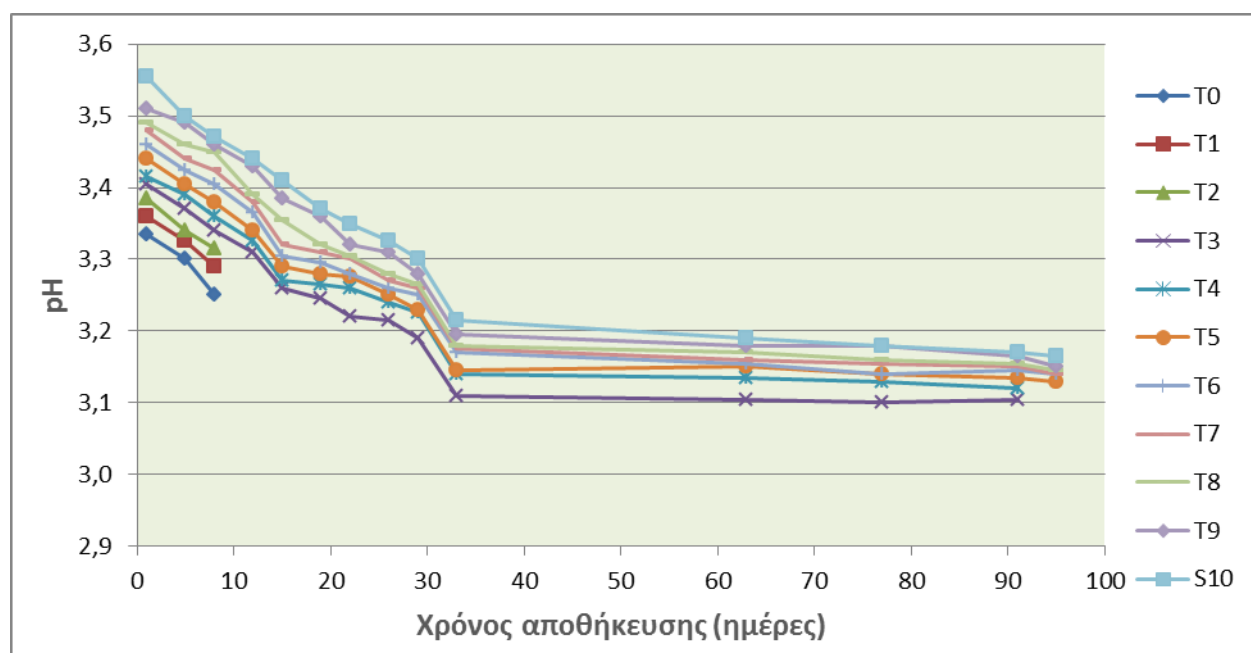
Σχήμα 12. pH των δειγμάτων μαγιονέζας, με σταθεροποιητές κόμμεα ξανθάνης και γκουάρ, σε συνάρτηση με το χρόνο αποθήκευσης.

5.2.2 pH δειγμάτων μαγιονέζας με προσθήκη κόμμεων ξανθάνης και χαρουπιού

Οι τιμές pH των δειγμάτων μαγιονέζας σε συνάρτηση με το χρόνο αποθήκευσης δίνονται στο **Σχήμα 13**.

Παρατηρείται ότι οι τιμές του pH στα δείγματα μαγιονέζας μειώνονται ελαφρώς έως την 33^η ημέρα αποθήκευσης, γεγονός που πιθανόν να οφείλεται σε οσμωτικά φαινόμενα και όχι σε αλλοιώσεις, και στη συνέχεια η καμπύλη ακολουθεί σταθερή πορεία λόγω της ισορροπίας που έχει επέλθει. Η πτώση του pH από την πρώτη έως και την τελευταία μέρα αποθήκευσης είναι σχεδόν ανάλογη και υπολογίζεται στο 0,10-0,39.

Επίσης παρατηρείται ότι το pH σε κάθε δείγμα διαφέρει, και είναι φανερό ότι όσο μεγαλύτερο ποσοστό ξανθάνης έχει το δείγμα, τόσο υψηλότερο είναι και το pH του. Για το λόγο αυτό το δείγμα S₁₀, το οποίο περιέχει αποκλειστικά ξανθάνη εμφανίζεται ως το λιγότερο όξινο.



Σχήμα 13. pH των δειγμάτων μαγιονέζας, με σταθεροποιητές κόμμεα ξανθάνης και χαρουπιού, σε συνάρτηση με το χρόνο αποθήκευσης.

5.3 Χρωματικές παράμετροι

5.3.1 Φωτεινότητα

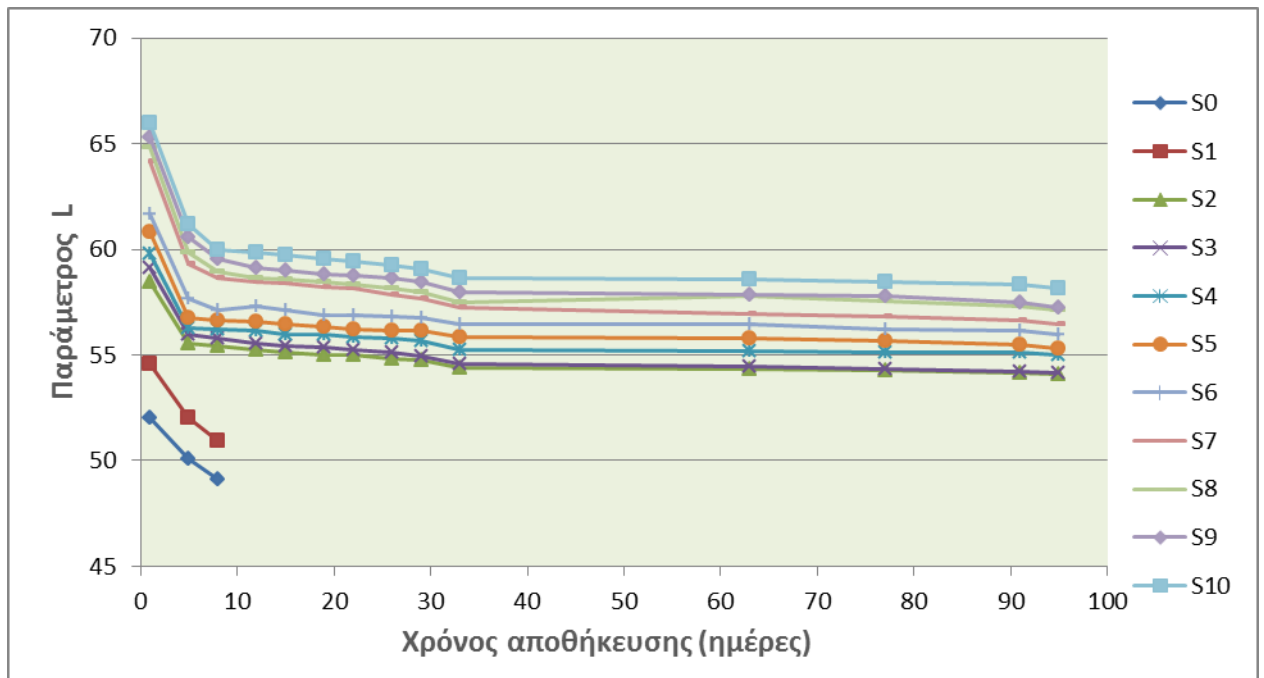
5.3.1.1 Φωτεινότητα δειγμάτων μαγιονέζας με προσθήκη κόμμεων ξανθάνης και γκουάρ

Στο **Σχήμα 14**, παρουσιάζεται η μεταβολή της φωτεινότητας (παράμετρος L^*) δειγμάτων μαγιονέζας με προσθήκη ξανθάνης και κόμμεος γκουάρ, σε σχέση με τον χρόνο αποθήκευσης.

Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης και συγκεκριμένα μέχρι την 33^η ημέρα, παρατηρείται συνεχής μείωση της παραμέτρου L^* στα δείγματα μαγιονέζας, ενώ στη συνέχεια μέχρι και την 95^η ημέρα αποθήκευσης η καμπύλη έχει σχεδόν σταθερή πορεία. Η μείωση της φωτεινότητας (L^*) οφείλεται στην οξείδωση των χρωστικών ουσιών της μαγιονέζας και συγκεκριμένα των φωτοευαίσθητων καροτενοειδών του λαδιού. Με τη επίδραση του φωτός τα οξειδωμένα καροτενοειδή ανακλούν λιγότερο το φως και το προϊόν γίνεται πιο σκούρο. Τα αποτελέσματα συμφωνούν με αυτά της σχετικής έρευνας (Depree & Savage, 2001).

Όπως εμφανίζεται στο **Σχήμα 14**, τα δείγματα είναι μέσης φωτεινότητα, αφού οι τιμές κυμαίνονται από 52- 66%.

Παρατηρείται επίσης, ότι το δείγμα που περιέχει μόνο ξανθάνη (S_{10}) παρουσιάζει τις υψηλότερες τιμές φωτεινότητας (L^*), δηλαδή είναι το πιο ανοιχτόχρωμο ή αλλιώς το πιο λευκό δείγμα. Όσο υψηλότερη περιεκτικότητα σε κόμμι γκουάρ έχει το δείγμα τόσο μικρότερη είναι η φωτεινότητα του, δηλαδή γίνεται πιο σκούρο. Μάλιστα το δείγμα S_0 , το οποίο περιέχει μόνο κόμμι γκουάρ, και το δείγμα S_1 που περιέχει αναλογία ξανθάνης/ κόμμεος γκουάρ 10:90, μέχρι να διαχωριστούν, διέφεραν σημαντικά ως προς τη φωτεινότητα από τα υπόλοιπα δείγματα.



Σχήμα 14. Φωτεινότητα (L^*) των δειγμάτων μαγιονέζας, με σταθεροποιητές κόμμεα ξανθάνης και γκουάρ, σε συνάρτηση με το χρόνο αποθήκευσης.

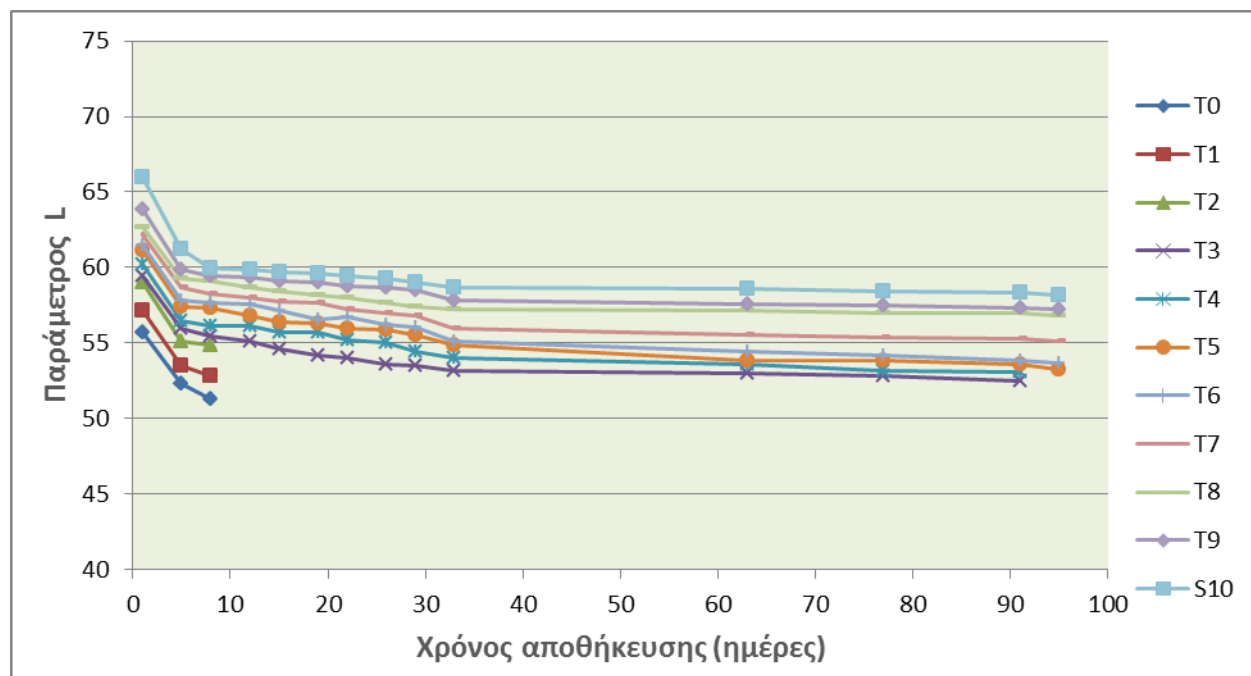
5.3.1.2 Φωτεινότητα δειγμάτων μαγιονέζας με προσθήκη κόμμεων ξανθάνης και χαρουπιού

Στο **Σχήμα 15**, παρουσιάζεται η μεταβολή της φωτεινότητας (παράμετρος L^*) των δειγμάτων μαγιονέζας με προσθήκη κόμμεων ξανθάνης και χαρουπιού, σε σχέση με τον χρόνο αποθήκευσης.

Κατά την διάρκεια της αποθήκευσης και συγκεκριμένα μέχρι την 33^η ημέρα, παρατηρείται συνεχής μείωση της παραμέτρου L^* στα δείγματα μαγιονέζας, ενώ στη συνέχεια μέχρι και την 95^η ημέρα αποθήκευσης η καμπύλη έχει σχεδόν σταθερή πορεία. Η μείωση της φωτεινότητας (L^*) οφείλεται στην οξείδωση των χρωστικών ουσιών της μαγιονέζας και συγκεκριμένα των καροτενοειδών (Depree & Savage, 2001).

Όπως εμφανίζεται στο **Σχήμα 15**, τα δείγματα είναι μέσης φωτεινότητα, αφού οι τιμές τους κυμαίνονται από 55- 66%.

Παρατηρείται επίσης, ότι το δείγμα που περιέχει μόνο ξανθάνη (S10) παρουσιάζει τις υψηλότερες τιμές φωτεινότητας (L^*), δηλαδή είναι το πιο ανοιχτόχρωμο. Όσο αυξάνεται η συμμετοχή του κόμμεος χαρουπιού στα δείγματα, αυτά γίνονται πιο σκούρα καθώς η φωτεινότητα τους μειώνεται.



Σχήμα 15. Φωτεινότητα (L^*) των δειγμάτων μαγιονέζας με σταθεροποιητές κόμμεα ξανθάνης και χαρουπιού, σε συνάρτηση με το χρόνο αποθήκευσης.

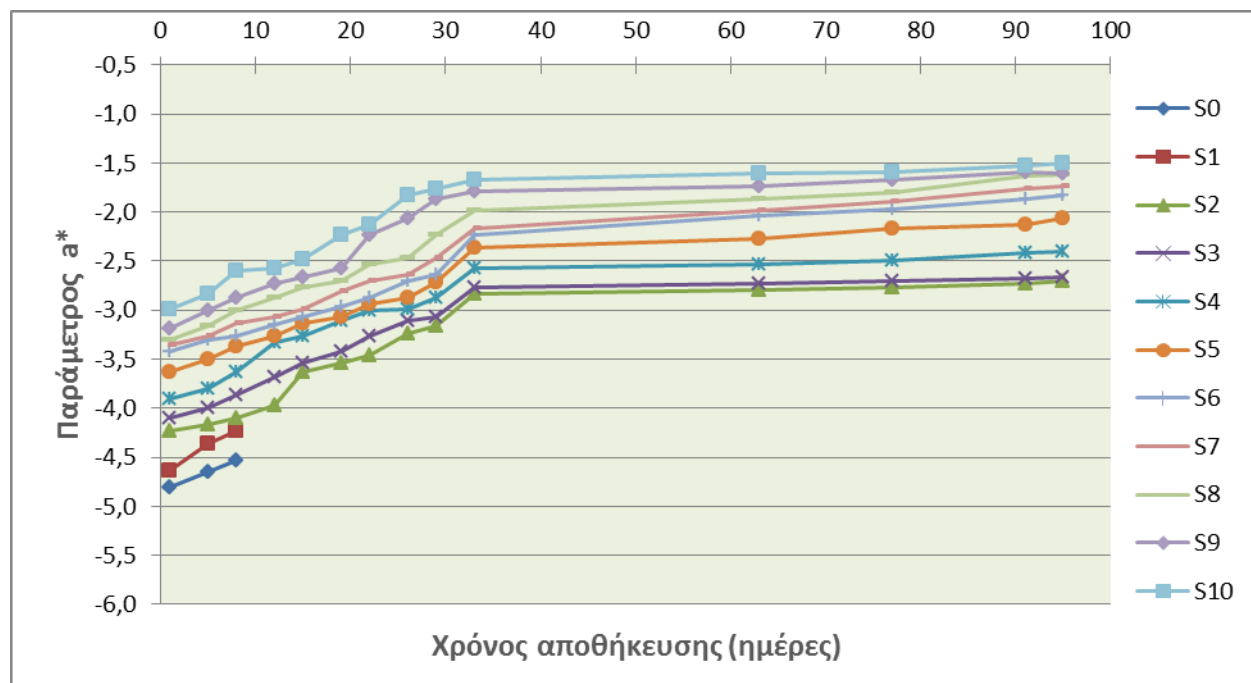
5.3.2 Παράμετρος a^*

5.3.2.1 Παράμετρος a^* δειγμάτων μαγιονέζας με προσθήκη κόμμεων ξανθάνης και γκούαρ

Στο **Σχήμα 16** παρουσιάζεται η μεταβολή της παραμέτρου a^* σε σχέση με τον χρόνο αποθήκευσης των δειγμάτων.

Παρατηρείται ότι τα δείγματα έχουν αρνητικές τιμές στην παράμετρο a^* , που σημαίνει ότι παρουσιάζουν ελαφρώς πράσινη χροιά, η οποία γίνεται εντονότερη με την αύξηση του κόμμεος γκούαρ. Όπως εμφανίζεται στο **Σχήμα 16**, η παράμετρος a^* μέχρι την 33^η ημέρα αποθήκευσης των δειγμάτων αυξάνεται ελαφρώς εξαιτίας της

οξειδωσης των χρωστικών ουσιών της μαγιονέζας (καροτενοειδή), ενώ στην συνέχεια η καμπύλη ακολουθεί σχεδόν σταθερή πορεία. Παρατηρείται, επομένως, ότι τα δείγματα μαγιονέζας χάνουν ελαφρώς την πράσινη χροιά τους κατά τις πρώτες 33 ημέρες αποθήκευσης.



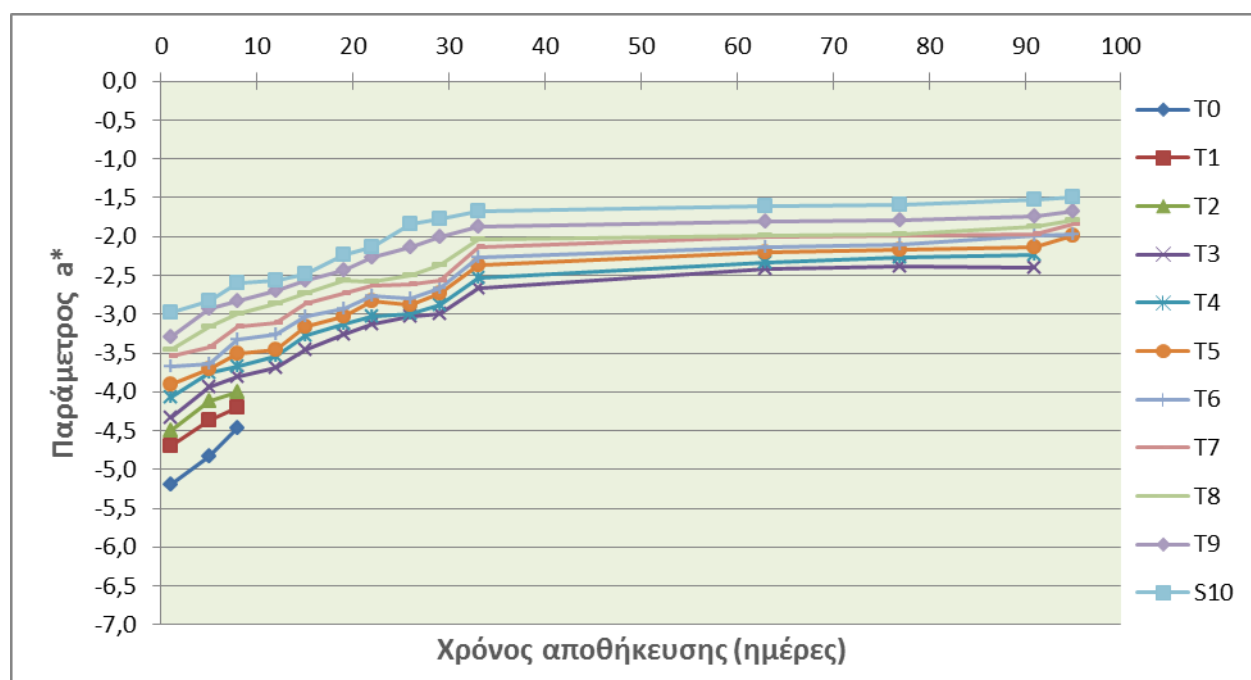
Σχήμα 16. Χρωματική παράμετρος a^* για δείγματα μαγιονέζας, με σταθεροποιητές κόμμεα ξανθάνης και γκουάρ, σε συνάρτηση με το χρόνο αποθήκευσης.

5.3.2.2 Παράμετρος a^* δειγμάτων μαγιονέζας με προσθήκη κόμμεων ξανθάνης και χαρουπιού

Στο **Σχήμα 17**, παρουσιάζεται η μεταβολή της παραμέτρου a^* σε σχέση με τον χρόνο αποθήκευσης των δειγμάτων.

Παρατηρείται ότι τα δείγματα έχουν αρνητικές τιμές στην παράμετρο a^* , που σημαίνει ότι παρουσιάζουν ελαφρώς πράσινη χροιά, η οποία γίνεται εντονότερη με την αύξηση του κόμμεος χαρουπιού.

Όπως εμφανίζεται στο **Σχήμα 17**, η παράμετρος a^* μέχρι την 33^η ημέρα αποθήκευσης αυξάνεται ελαφρώς εξαιτίας της οξείδωσης των χρωστικών ουσιών της μαγιονέζας (καροτενοειδή), ενώ στην συνέχεια η καμπύλη ακολουθεί σχεδόν σταθερή πορεία. Παρατηρείται, επομένως, ότι τα δείγματα μαγιονέζας χάνουν ελαφρώς την πράσινη χροιά τους κατά τις 33 πρώτες ημέρες αποθήκευσης, όπως και στην περίπτωση των δειγμάτων με την προσθήκη κόμμεων ξανθάνης και γκουάρ.



Σχήμα 17.Χρωματική παράμετρος a^* για δείγματα μαγιονέζας, με σταθεροποιητές κόμμεα ξανθάνης και χαρουπιού, σε συνάρτηση με το χρόνο αποθήκευσης.

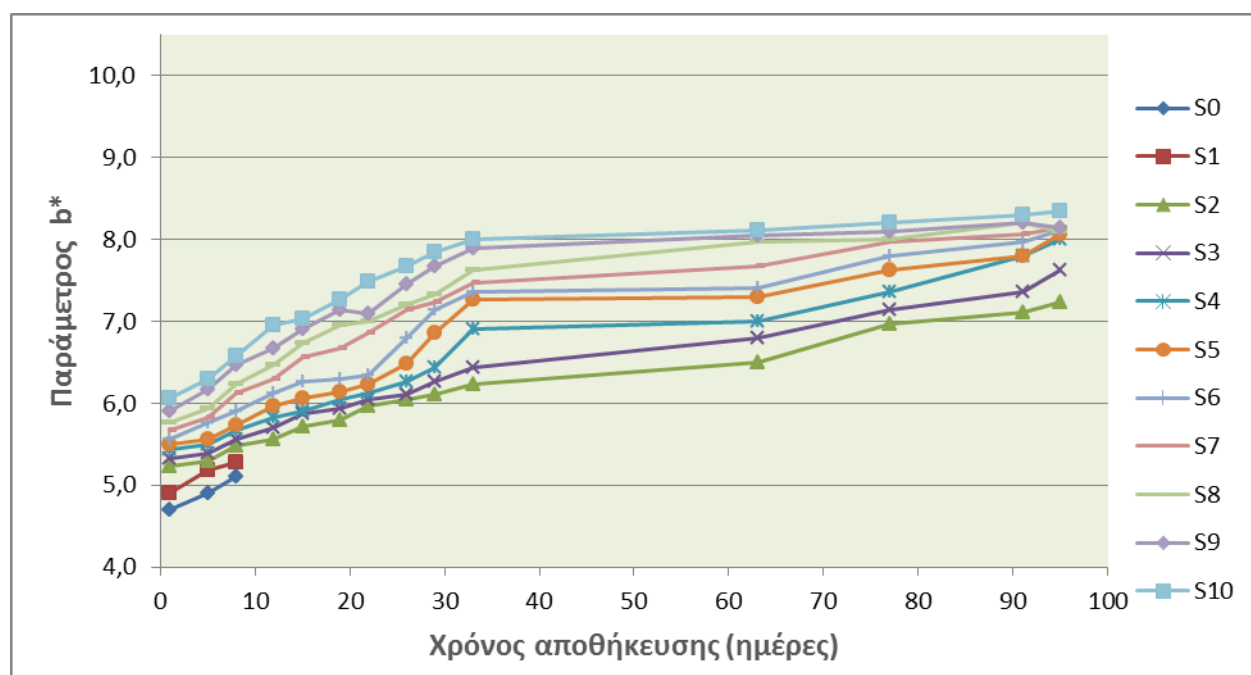
5.3.3 Παράμετρος b^*

5.3.3.1 Παράμετρος b^* δειγμάτων μαγιονέζας με προσθήκη κόμμεων ξανθάνης και γκουάρ

Στο **Σχήμα 18**, απεικονίζεται η μεταβολή της παραμέτρου b^* σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

Εφόσον οι τιμές της παραμέτρου b^* είναι θετικές συμπεραίνεται ότι τα δείγματα έχουν κίτρινη απόχρωση. Το δείγμα που περιέχει μόνο κόμμι ξανθάνης (S_{10}) εμφανίζεται πιο κίτρινο, ενώ όσο αυξάνεται η συμμετοχή του κόμμεος γκουάρ, τα δείγματα εμφανίζονται ολοένα και λιγότερο κίτρινα.

Κατά την διάρκεια της αποθήκευσης και συγκεκριμένα μέχρι την 33^η ημέρα, παρατηρείται συνεχής αύξηση της παραμέτρου b^* στα δείγματα μαγιονέζας, η οποία οφείλεται στην οξείδωση των κίτρινων χρωστικών της μαγιονέζας ενώ μέχρι την 95^η ημέρα αποθήκευσης η καμπύλη παρουσιάζει σχεδόν σταθερή πορεία.



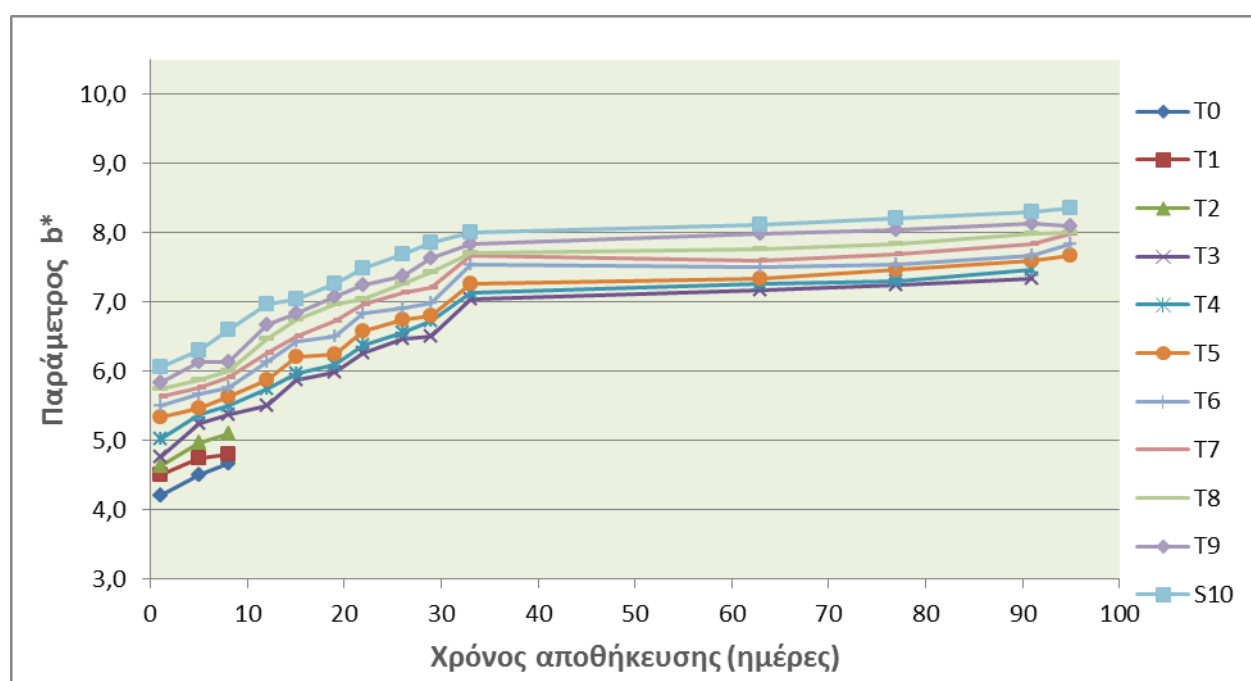
Σχήμα 18. Χρωματική παράμετρος b^* για δείγματα μαγιονέζας, με σταθεροποιητές κόμμεα ξανθάνης και γκουάρ, σε συνάρτηση με το χρόνο αποθήκευσης.

5.3.3.2 Παράμετρος b^* δειγμάτων μαγιονέζας με προσθήκη κόμμεων ξανθάνης και χαρουπιού

Στο **Σχήμα 19**, απεικονίζεται η μεταβολή της παραμέτρου b^* σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

Εφόσον οι τιμές της παραμέτρου b^* είναι θετικές συμπεραίνεται ότι τα δείγματα έχουν κίτρινη απόχρωση. Το δείγμα που περιέχει μόνο ξανθάνη (S_{10}) εμφανίζεται πιο κίτρινο, ενώ όσο αυξάνεται η συμμετοχή του κόμμεος χαρουπιού, τα δείγματα εμφανίζονται ολοένα και λιγότερο κίτρινα.

Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης και συγκεκριμένα μέχρι την 33η ημέρα, παρατηρείται συνεχής αύξηση της παραμέτρου b^* στα δείγματα μαγιονέζας, η οποία οφείλεται στην οξείδωση των κιτρικών χρωστικών της μαγιονέζας ενώ μέχρι την 95^η ημέρα αποθήκευσης η καμπύλη παρουσιάζει σχεδόν σταθερή πορεία. Τα αποτελέσματα είναι παρόμοια με αυτά των δειγμάτων με την προσθήκη κόμμεων ξανθάνης και γκουάρ.



Σχήμα 19. Χρωματική παράμετρος b^* για δείγματα μαγιονέζας, με σταθεροποιητές κόμμεα ξανθάνης και χαρουπιού, σε συνάρτηση με το χρόνο αποθήκευσης.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα εργασία είναι τα εξής:

- Τα γαλακτώματα παραμένουν σταθερά επί 95 ημέρες σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, εκτός από τα δείγματα με συμμετοχή ξανθάνης μικρότερης του 30% και του 50% στο μίγμα των σταθεροποιητών, τα οποία αποσταθεροποιούνται την 12^η ημέρα και την 95^η αντίστοιχα.
- Η συμμετοχή της ξανθάνης αυξάνει την ψευδοπλαστικότητα των δειγμάτων μαγιονέζας.
- Το κόμμι γκουάρ εμφανίζει υψηλότερη ψευδοπλαστικότητα από το κόμμι χαρουπιού.
- Υπάρχει συνέργεια μεταξύ ξανθάνης και κόμμεος γκουάρ στη διαμόρφωση του ιξώδους με μέγιστη τιμή στη μεταξύ τους σχέση 30:70.
- Υπάρχει συνέργεια μεταξύ ξανθάνης και κόμμεος χαρουπιού στη διαμόρφωση του ιξώδους με μέγιστη τιμή στη μεταξύ τους σχέση 60:40.
- Το δείγμα που περιέχει μόνο ξανθάνη εμφανίζει υψηλότερο συντελεστή συνεκτικότητας και κατ' επέκταση υψηλότερο φαινομενικό ιξώδες, από τα δείγματα που περιέχουν αποκλειστικά κόμμι γκουάρ ή κόμμι χαρουπιού.
- Η μείωση του συντελεστή συνεκτικότητας κατά την αποθήκευση εξηγείται από την όξινη υδρόλυση των κόμμεων γκουάρ και χαρουπιού. Το δείγμα με ξανθάνη διατηρεί το ιξώδες του, σημειώνοντας μια μικρή υδρόλυση μόνο μετά από 33 ημέρες αποθήκευσης.
- Η συμμετοχή της ξανθάνης δίνει πιο ανοιχτόχρωμα, πιο κίτρινα και λιγότερο όξινα δείγματα.
- Κατά την αποθήκευση το χρώμα των δειγμάτων κιτρινίζει περαιτέρω και σκουραίνει εξαιτίας της οξειδωσης των χρωστικών τους.

7. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

- Παρασκευή δειγμάτων μαγιονέζας με τη χρήση άλλων σταθεροποιητών (καραγενάνη, αλγινικά άλατα κλπ) αυτούσιων ή σε συνδυασμούς.
- Παρασκευή δειγμάτων μαγιονέζας χαμηλών λιπαρών με τη χρήση διαφορετικού τύπου λαδιού (π.χ. λάδι σόγιας).
- Οργανοληπτική αξιολόγηση των δειγμάτων και σύγκριση με προϊόντα της αγοράς.
- Μέτρηση του ιξώδους των δειγμάτων μαγιονέζας και με άλλου τύπου ιξωδόμετρο (π.χ. κώνου-πλάκας).
- Αποθήκευση των δειγμάτων μαγιονέζας σε θερμοκρασίες ψυγείου και μελέτη των μεταβολών των ιδιοτήτων τους με το χρόνο.
- Ανάλυση του μεγέθους των λιποσφαιρίων των δειγμάτων μαγιονέζας.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική βιβλιογραφία

- Αρβανιτογιάννης, Ι.Σ., Βαρζάκης, Θ.Χ., Τζίφα, Κ.Ν. (2008). *Έλεγχος Ποιότητας Τροφίμων*, Κεφ. 7, pp. 187-188. Εκδόσεις Σταμούλης Α.Ε., Αθήνα.
- Βλαχάβας, Γ.& Δοϊτσίνης, Κ. (2001). *Μελέτη του φαινομενικού ιξώδους ανακατεργασμένων τυριών κατά την πήξη*. Πτυχιακή εργασία, ΣΤΕΤΡΟΔ, ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης.
- ΚΤΠ (1995). *Κώδικας Τροφίμων και Ποτών*. Εκδότης Αλυσανδράτος Γ.Σ., Αθήνα.
- Παναγιώτου, Κ. (1998). *Διεπιφανειακά φαινόμενα και κολλοειδή συστήματα*. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Ραφαηλίδης, Σ. (2006). *Εργαστηριακές σημειώσεις μηχανικής τροφίμων Ι*. ΣΤΕΤΡΟΔ, ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης.

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- Baldevbhai, P.J. & Anand, R.S. (2012). Color image segmentation for medical images using $L^* a^* b^*$ color space. *IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering*.**1**(2), 24-45.
- Barak, S. & Mudgil, D. (2014). Locust bean gum: Processing, properties and food applications-A review. *International Journal of Biological Macromolecules*.**66**, 74-80.
- Barnes, H.A., Hutton, J.F. & Walters, K. (1989). *An introduction to rheology*. Elsevier, Amsterdam, Holland.
- Batal, A.I., Galbreath, T. & Cash, P.A. (1992). *Fat-free and low fat mayonnaise-like dressings*. US Patent 5137742.
- Benichou, A., Aserin, A. & Garti, N. (2002). Protein-polysaccharide interactions for stabilization of food emulsions. *Journal of Dispersion Science and technology*.**23**(1-3), 93-123.
- Bodor, J. & Petten, A.M. (2009). *Mayonnaise product and a process for preparing it*. US Patent 20090258133.

- Bortnowska, G. & Makiewicz, A. (2006). Technological utility of guar gum and xanthan for the production of low fat inulin-enriched mayonnaise. *ACTA Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*. **2** (5), 135-146.
- Borwankar, P.R. & Shoemaker, F.C. (1992). *Rheology of Foods*, pp. 151-163
- Branen, A.L., Davidson, P.M. & Salminen, S. (1990). *Food additives*. pp. 347-363, Dekker, M., Inc., New York.
- Camacho, M.M., Martinez-Navarrete, N. & Chiralt, A. (2005). Rheological characterization of experimental dairy creams formulated with locust bean gum and λ -carrageenan combinations. *International Dairy Journal*. **15** (3), 243-248.
- Cao, Y., Dickinson, E. & Wedlock, D.J. (1990). Creaming and flocculation in emulsions containing polysaccharide. *Food Hydrocolloids*. **4** (3), 185-195.
- Clark, R.C. (1987). Viscoelastic response of Xanthan Gum/Guar Gum blend. In: *Gums and Stabilizers for the Food Industry*, Vol. 4, (edited by Phillips, G.O et al.), IRL Press, Washington, DC, pp. 165-172.
- Coultate, T.P. (2009). *Food: The Chemistry of its Components/ Polysaccharites*, (5th edition), RCS Publishing, Cambridge, UK.
- Dakia, P.A., Blecker, C., Robert, C., Wathelet, B. & Paquot, M. (2008). Composition and physicochemical properties of locust bean gum extracted from whole seeds by acid or water dehulling pre-treatment. *Food Hydrocolloids*. **22** (5), 807-818.
- Dartey, C.K., Trainor, T.M. & Evans, R. (1990). Low cholesterol mayonnaise substitute and process for its preparation. US Patent 4948617.
- Depree, J.A. & Savage, G.P. (2001). Physical and flavor stability of mayonnaise. *Trends in Food Science & Technology*. **12** (5-6), 157-163.
- Dickinson, E. & Galazka, V.B. (1991). Emulsion stabilization by ionic and covalent complexes of β -lactoglobulin with polysaccharides. *Food Hydrocolloids*. **5** (3), 281-296.
- Dickinson, E., Galazka, V.B. & Anderson, D-M.W. (1991). Emulsifying behavior of gum Arabic. Part 1: effect of the nature of the oil phase on the emulsion droplet-size distribution. *Carbohydrate Polymers*. **14** (4), 373-383.

- Dickinson, E. (1996). Biopolymer interactions in emulsion system: influences on creaming, flocculation, and rheology. In: *Macromolecular Interactions in Food Technology*,(Ed. Parris, N.), **16**, 197–207, ACS Symposium Series, Washington DC.
- Dickinson, E. (2010). Food emulsions and foams: Stabilization by particles. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*. **15** (1-2), 40-49.
- Gilchrist, A. & Nobbs, J. (1999). Colorimetry, Theory. *Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry*, 337-343.
- Haminiuk, C.W.I., Maciely, G.M., Vicente Plata-Oviedo, M.S., Quenehenn, A. & Scheer, P.A. (2009). Study of the rheological parameters of honey using the Mitschka method. *International Journal of Food Engineering*. **5** (3), Article 13.
- Higiro, J., Herald, T.J. & Alavi, S. (2006). Rheological study of xanthan and locust bean gum interaction in dilute solution. *Food Research International*. **39** (2), 165-175.
- Hoffner, B., Gerhards, C. & Peleg, M. (1997). Imperfect lubricated squeezing flow viscometry for foods. *Department of Food Science*. **36** (6), 686-693.
- Ibanoglu, S. & Ibanoglu, E. (1998). Rheological characterization of some traditional Turkish soups. *Journal of Enginnering*. **35** (2), 251-256.
- Icier, F. & Tavman, S. (2006). Ohmic heating behavior and rheological properties of ice cream mixes. *International Journal of Food Properties*. **s9**(4), 679-689.
- Jonson, N.B. (1977). Low calorie products of the mayonnaise and dressings type and a method of producing.US Patent 4140808.
- Juszczak, L., Fortuna, T. & Kosla, A. (2003). Sensory and rheological properties of polish commercial mayonnaise. *Food/Nahrung*. **47** (4), 232-235.
- Kaletunc-Gencer, G. & Peleg, M. (1986). Rheological characteristics of selected food gum mixtures in solution. *Journal of Texture Studies*. **17** (1), 61-70.
- Kanda, H., Mikami, Y. & Uno, A. (1981). Process for preparing mayonnaise like foods. US Patent 4293574.
- Kang, K.S. & Pettitt, D.J. (1993). *Industrial Gums- Polysaccharides and their Derivatives*.(3rd Edition). London: Academic Press, Inc.

- Katzbauer, B. (1998). Properties and applications of xanthan gum. *Polymer Degradation and Stability*. **59** (1-3), 81-84.
- Lewis, J. M. (1990). *Physical properties of foods and food processing systems*. Ellis Horwood Limited.(1987), 178-184
- Li, R. & Feke, D.L. (2015). Rheological and kinetic study of the ultrasonic degradation of xanthan gum in aqueous solutions. *Food Chemistry*. **172**, 808-813.
- Li, C., Farrokhpay, S., Shi, F. & Runge, K. (2015). A novel approach to measure froth rheology in flotation. *Minerals Engineering*. **71**,89-96.
- Lissant, K.J. (1974). Food emulsions. In:*Emulsions and emulsion technology, Part 1*. (Ed. Schick J. M. & Fowkes F. M.), Ch. 5, 253 – 258, Dekker, M., Inc., New York.
- McKetta, J.J. (1999). *Encyclopedia of Chemical Processing and Design*, Vol. 67. Water and Wastewater Treatment: Protective Coating Systems to Zeolite, CRC Press, pp. 255-276.
- Meiners, M.D., Merolla, T.V., Smagula, M.S., Bernardini, D.L. & Harkabus, E.M. (1995). A low fat mayonnaise product and method for making the same. European Patent 19910116163.
- Mewis, J. & Wagner, N.J. (2009). Trixotropy. *Advances in Colloid and Interface Science*, **147-148**, 214-227.
- Mitschka, P. (1982). Simple conversion of Brookfield R.V.T. readings into viscosity functions. *Rheological Acta*. **12**, 207-209.
- Nahla, E.A., Craafar, A.M. & Salem, A.A (2011). Development of light mayonnaise formula using carbohydrate based fat replacement. *Australian Journal of basic and Applied Sciences*. **5** (9),673-682.
- Pedersen, J.K. (1980). Carrageenan, pectin and xanthan/locust bean gum gels trends in their food use, *Food Chemistry*. **6** (1),77-88.
- Pedersen, H.C.A. (1995). No and low fat mayonnaise compositions. US Patent 5641533.
- Peressini, D., Sensidoni, A. & De Cindio, B. (1998). Rheological characterization of traditional and light mayonnaise. *Journal of Food Engineering*. **35**(4),409-417.

- Prajapat, A.L. & Gogate, P.R. (2015). Depolymerization of guar gum solution using different approaches based on ultrasound and microwave irradiations, *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*. **88**, 1-9.
- Rao, M.A. & Steffe, J.F. (1992). *Viscoelastic properties of foods*. Elsevier Applied Science, 355-370, New York.
- Samant, S. K., Singhal, R. S., Kulkarni, P. R., & Rege, D. V. (1993). Protein–Polysaccharide interactions: a new approach in food formulations. *International Journal of Food Science & Technology*. **28** (6),547-562.
- Sharma, B.R., Naresh, L., Dhuldhoya, N.C.,Merchant, S.U. & Merchant, U.C. (2006). Xanthan Gum - A Boon to Food Industry, *Food Promotion Chronicle*. **1** (5), 27-30.
- Steffe J.F. (1996). *Rheological methods in food process engineering*.(Secondedition).Freeman Press & Still Valley Pr. East Lansing, USA.
- Stephen, M. (1995). *Food polysaccharides and their application*, 127 – 345 Marcel Dekker, Inc, New York.
- Stokes, J.R. & Telford, J.H. (2004). Measuring the yield behavior of structured fluids. *Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics*. **124** (1-3), 137-146.
- Swami, S.B.,Das, S.K. &Maiti, B. (2004). Effect of water and air content on rheological properties of the black gram batter. *Journal of Food Engineering*. **65** (2), 189-196.
- Tripathy, S. & Das, M.K. (2013). Guar gum: present status and applications. *Journal of Pharmaceutical & Scientific Innovation*. **2** (4), 24-28.
- Wallevik, O.H. & Wallevik, J.E. (2011). Rheology as a tool in concrete science: the use of rheographs and workability boxes, *Cement and Concrete Research*. **41** (12), 1279-1288.
- Weatherall, I.L. & Coombs, B.D. (1992). Skin color measurements in terms of CIELAB color space values. *Journal of Investigative Dermatology*. **99** (4), 468-473.
- Yang, S.C. & Lai, L.S. (2003). Dressings and mayonnaise: Chemistry of the products. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. (2nd Edition), 1898-1903.

- Zalewski, S. (1997). *Rudiments of the gastronomic technology*. WNT, Warsaw, Poland.

Ηλεκτρονική βιβλιογραφία

- www.agsci.ubc.ca
- www.brookfieldengineering.com
- http://www.zeiss.co.in/microscopy/en_in/products/spectrometer-modules/applications-spectrometers/Color-measurement.html#color-space