



**ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ &  
ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΑΠΟΜΟΝΩΣΗ ΠΟΛΥΣΑΚΧΑΡΙΤΩΝ ΑΠΟ ΜΠΑΜΙΕΣ ΚΑΙ  
ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥΣ ΣΤΗ ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ  
ΓΑΛΑΚΤΩΜΑΤΩΝ ΛΑΔΙΟΥ ΣΕ ΝΕΡΟ**

**ΚΟΡΝΕΖΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ – ΣΙΟΥΡΑ ΓΕΩΡΓΙΑ**

**ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2010**

ΑΠΟΜΟΝΩΣΗ ΠΟΛΥΣΑΚΧΑΡΙΤΩΝ ΑΠΟ ΜΠΑΜΙΕΣ ΚΑΙ  
ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥΣ ΣΤΗ ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ  
ΓΑΛΑΚΤΩΜΑΤΩΝ ΛΑΔΙΟΥ ΣΕ ΝΕΡΟ

ΚΟΡΝΕΖΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ – ΣΙΟΥΡΑ ΓΕΩΡΓΙΑ

Υποβολή Πτυχιακής διατριβής που αποτελεί μέρος των απαιτήσεων για την απονομή του Πτυχίου του Τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων του ΤΕΙ Θεσσαλονίκης.

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2010

ΓΕΩΡΓΙΑΔΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον καθηγητή του τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων, κ. Γεωργιάδη Νικόλαο, για την αμέριστη συμπαράστασή του ώστε να έρθει εις πέρας αυτή η εργασία.

ΑΠΟΜΟΝΩΣΗ ΠΟΛΥΣΑΚΧΑΡΙΤΩΝ ΑΠΟ ΜΠΑΜΙΕΣ ΚΑΙ  
ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥΣ ΣΤΗ ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ  
ΓΑΛΑΚΤΩΜΑΤΩΝ ΛΑΔΙΟΥ ΣΕ ΝΕΡΟ

Κορνέζου Παναγιώτα – Σιούρα Γεωργία

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

### Περίληψη

Τρία διαφορετικά εκχυλίσματα πολυσακχαριτών παραλήφθηκαν από την σάρκα μπάμιας και μελετήθηκε η επίδραση της προσθήκης τους στα ρεολογικά χαρακτηριστικά και την σταθερότητα γαλακτωμάτων λαδιού σε νερό. Η προσθήκη μικρής ποσότητας (0.125%) HBSS (εκχυλίσματος πολυσακχαριτών διαλυτών σε θερμό οξικό νάτριο, στους 70°C, pH= 5.2) σε γαλακτώματα σταθεροποιημένα με Tween-20, προκάλεσε κροκίδωση και εκτεταμένη αποκορύφωση, ενώ σε υψηλότερες συγκεντρώσεις (1.25%-2.50%) περιόρισε σημαντικά την αποκορύφωση των γαλακτωμάτων πιθανόν λόγω του υψηλού ιξώδους της συνεχούς φάσης που δημιουργούσε. Προσθήκη CHSS (εκχυλίσματος πολυσακχαριτών διαλυτών σε θερμό διάλυμα EDTA, στους 70°C, pH = 5.2) είχε σαν συνέπεια τα γαλακτώματα να εμφανίσουν ψευδοπλαστική ρεολογική συμπεριφορά και ταχεία αποκορύφωση όταν η συγκέντρωση του CHSS ήταν μεγαλύτερη από 0.5%. Τέλος, η προσθήκη μικρής ποσότητας (0.25%) DASS (εκχυλίσματος πολυσακχαριτών διαλυτών σε αραιό και θερμό διάλυμα αλκάλεως) προκάλεσε κροκίδωση, γρήγορη αποκορύφωση και ψευδοπλαστικότητα στα γαλακτώματα. Σε υψηλότερες συγκεντρώσεις DASS (>1.65%), το υψηλό ιξώδες της συνεχούς φάσης που δημιουργεί το εκχύλισμα βρέθηκε να καθυστερεί την αποκορύφωση.



## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μπάμια είναι ο καρπός του φυτού *Abelmoschus esculentus* (παλαιότερα γνωστού και ως *Hibiscus esculentus*) του γένους *Malvaceae*. Είναι μία πολύ καλή πηγή πρωτεϊνών (Karakoltsidis & Konstantinides, 1975) με υψηλή περιεκτικότητα σε μονοακόρεστα και πολυακόρεστα λίπη (Rachimov & Chernenko, 2003) και σημαντική αντιοξειδωτική δραστηριότητα, η οποία αυξάνει με τη θερμική επεξεργασία (Adelakun *et al.*, 2009). Το χαρακτηριστικό του καρπού είναι μία βλεννώδης υφή η οποία γίνεται έντονα αντιληπτή κατά το μαγείρεμα ή τη θερμική επεξεργασία εν γένει. Η υφή αυτή σχετίζεται με την παρουσία σειράς πολυσακχαριτών, οι οποίοι διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τη σύσταση και το φορτίο, το οποίο οφείλεται κυρίως στην παρουσία γαλακτουρονικού οξέος (Sengkhampan *et al.*, 2009b). Η κατανομή των πολυσακχαριτών μεταβάλλεται ανάλογα με το μέρος του καρπού. Έτσι, το προφίλ των πολυμερών υδατανθράκων αλλάζει ανάμεσα στο σώμα, στο μίσχο και στους σπόρους του καρπού (Ndjouenkeu *et al.*, 1997).

Η βασικότερη λειτουργική ιδιότητα των πολυσακχαριτών είναι η ιδιότητά τους να αυξάνουν το ιξώδες ή να προκαλούν την πήξη υδατικών διαλυμάτων (Dickinson, 1992). Κατά συνέπεια, υπάρχει ενδιαφέρον για την απομόνωση, το χαρακτηρισμό και τις δυνατότητες χρησιμοποίησης αυτού του ισχυρού φυσικού τροποποιητή ιξώδους/πηκτικού παράγοντα ως φυσικού πρόσθετου σε κρέμες, dressings, σάλτσες και άλλες εφαρμογές. Η παρούσα εργασία αποσκοπεί στην απομόνωση διαφορετικών κλασμάτων των πολυσακχαριτών της μπάμιας, καθώς και στη μελέτη της δυνατότητάς τους να επηρεάσουν την σταθερότητα γαλακτωμάτων λαδιού σε νερό και τα ρεολογικά τους χαρακτηριστικά.

## 2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

### 2.1 Μπάμια

Η μπάμια (okra, gumbo, gombo) είναι ένα αγγειόσπερμο, ποώδες, ετήσιο φυτό, που ανήκει στο γένος Ιβίσκος (*Hibiscus*) και στην οικογένεια των Μαλαχοειδών (*Malvaceae*). Προέρχεται από την Αφρική, αλλά καλλιεργείται και σε άλλες περιοχές όπως η Ασία, Μέση Ανατολή, Νότιο τμήμα των Η.Π.Α, Ελλάδα (Calisir *et al.*, 2005 και Sengkhamarn *et al.*, 2010). Η επιστημονική ονομασία του είδους είναι *Hibiscus esculentus* (L) Moench. Ο καρπός της μπάμιας χρησιμοποιείται ως λαχανικό, ενώ η βλέννη της ως πυκνωτικό μέσο σε σούπες και μαγειρεμένα φαγητά (BeMiller *et al.*, 1993; Woolfe *et al.*, 1997). Επίσης, χρησιμοποιείται στην ιατρική ως διουρητικός παράγοντας, καθώς και στην θεραπεία οδοντικών παθήσεων (Ndjouenkeu *et al.*, 1996). Πρόσφατα έχει αναφερθεί ότι οι υδατοδιαλυτοί πολυσακχαρίτες της μπάμιας μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υποκατάστατο του ασπραδιού του αυγού, ως υποκατάστατο λίπους σε μπισκότα σοκολάτας και σε κατεψυγμένα επιδόρπια σοκολάτας (Sengkhamarn *et al.*, 2010). Σχετικά πρόσφατη έρευνα των Agarwal *et al.*, (2001), έδειξε ότι η βλέννη της μπάμιας θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και στην επεξεργασία των λυμάτων αποχετεύσεων, καθώς βρέθηκε ότι είναι ένα πολύ αποτελεσματικό κροκιδωτικό μέσο με περίπου 86% απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών. Αυτές οι ιδιότητες θεωρείται ότι οφείλονται στην υψηλή περιεκτικότητα των καρπών τη μπάμιας σε πολυσακχαρίτες, που έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός υψηλού ιξώδους διαλύματος με βλεννώδη υφή, όταν οι καρποί της μπάμιας εκχυλίζονται με νερό.

Κατά τους Sengkhamarn *et al.*, (2010), οι υδατοδιαλυτοί πολυσακχαρίτες της μπάμιας αποτελούνται από γαλακτόζη, ραμνόζη και γαλακτουρονικό οξύ. Οι Deters *et al.*, (2005), επιβεβαίωσαν τα ευρήματα των Lengsfeld *et al.*, (2004), ότι οι πολυσακχαρίτες της μπάμιας συνίστανται από ραμνόζη, γαλακτόζη, γαλακτουρονικό οξύ, γλυκόζη και γλυκουρονικό οξύ. Ο Amin (1956) επίσης ανίχνευσε τα 3 πρώτα ζάχαρα και επιπρόσθετα την αραβινόζη. Οι Kelkar *et al.*, (1962) μετά από υδρόλυση της βλέννης βρήκαν γλυκόζη και γλυκοζαμίνη και προσδιόρισαν ποσοτικά 6 αμινοξέα. Οι Agarwal *et al.*, (2001), βρήκαν ότι το γαλακτουρονικό οξύ στους πολυσακχαρίτες της μπάμιας εμφανίζεται με L-διαμόρφωση. Η περιεκτικότητα των

πολυσακχαριτών σε ακετύλια προσδιορίστηκε από τους Tomoda *et al.*, (1980) σε 5,5% (w/w), χωρίς να αναφέρεται όμως η ακριβής θέση των ακετυλομάδων μέσα στους πολυσακχαρίτες. Οι Lengsfeld *et al.*, (2004), χρησιμοποιώντας χρωματογραφία ιοντοανταλλαγής, κατέληξαν ότι τα επιμέρους κλάσματα των πολυσακχαριτών που εκχυλίστηκαν με νερό, περιείχαν περισσότερη γαλακτουρονάνη σε σχέση με την ραμνογαλακτουρονάνη ως βασικό δομικό στοιχείο, ενώ οι διαδοχικές εκχυλίσεις του καρπού της μπάμιας έδειξαν ότι η μπάμια περιέχει διαφορετικούς τύπους πολυσακχαριτών όπως πηκτίνες, ξυλογλυκάνες, ξυλάνες και κυτταρίνες. Οι ρεολογικές ιδιότητες διαλυμάτων πολυσακχαριτών από μπάμιες έχουν μελετηθεί από τους Woolfe *et al.*, (1977); Meister, *et al.*, (1983) και Ndjouenkeu *et al.*, (1996). Εκχυλίσματα πολυσακχαριτών με την χρησιμοποίηση θερμού οξικού νατρίου (HBSS) βρέθηκε να περιέχουν ραμνογαλακτουρονάνη I με υψηλό ποσοστό διακλάδωσης των μορίων, ενώ εκχυλίσματα θερμού EDTA (CHSS) βρέθηκε να περιέχουν πηκτίνη και μικρότερο ποσοστό ραμνογαλακτουρονάνης I (Sengkhampan, *et al.*, 2009a). Ρεολογικές μετρήσεις υπό ταλάντωση (Oscillation) έχουν δείξει ότι πυκνά διαλύματα HBSS είναι κυρίως ελαστικά, ενώ τα CHSS είναι ιξώδη (Sengkhampan *et al.*, 2010). Λόγω των ρεολογικών αυτών χαρακτηριστικών τους, οι πολυσακχαρίτες της μπάμιας παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην βιομηχανία τροφίμων ως πυκνωτικά μέσα, συστατικά που αυξάνουν το ιξώδες, ζελοποιητικοί παράγοντες ή συστατικά τροποποίησης της υφής σε προϊόντα όπως salad dressings, σάλτσες και υποκατάστατα μαγιονέζας.

## 2.2 Ιξώδες

Η μελέτη των ρεολογικών ιδιοτήτων των τροφίμων είναι πολύ σημαντική, καθώς αυτές επηρεάζουν την ποιότητα των τελικών προϊόντων και καθορίζουν την επιλογή του μηχανολογικού εξοπλισμού στα εργοστάσια παραγωγής και επεξεργασίας τους.

Η κυριότερη ρεολογική ιδιότητα της ύλης είναι το ιξώδες ( $\mu$ ), το οποίο εκφράζει την αντίσταση ενός ρευστού στη ροή και αποτελεί μέτρο της εσωτερικής του τριβής. Αυτό οφείλεται στην επίδραση των δεσμών που συγκρατούν τη δομή του ρευστού. Η μελέτη της ρεολογικής συμπεριφοράς των υλικών και των τροφίμων γίνεται με την εφαρμογή σε αυτά μιας δύναμης ( $F$ ), η οποία εκφράζεται πάντα ανά μονάδα επιφάνειας ( $F/A$ ) και ονομάζεται τάση ( $\tau$ ). Οι δυνάμεις παραμόρφωσης μπορούν να εφαρμοστούν είτε κάθετα είτε εφαπτομενικά στην επιφάνεια εφαρμογής.



Όταν ασκούνται εφαπτομενικά ονομάζονται διατμητικές, ενώ στην περίπτωση που εφαρμόζονται κάθετα διακρίνονται σε δυνάμεις συμπίεσης και εφελκυσμού. Όσο πιο μεγάλη είναι η τριβή (ιξώδες) τόσο πιο μεγάλη είναι η δύναμη που πρέπει να εφαρμοστεί για να κινηθεί η στοιβάδα του ρευστού.

Η μέτρηση της ρεολογικής συμπεριφοράς των ρευστών μπορεί να γίνει μεταξύ άλλων και με τη χρήση του ιξωδομέτρου Brookfield. Το Brookfield ανήκει στην κατηγορία των περιστρεφόμενων ιξωδομέτρων και η λειτουργία του στηρίζεται στη μέτρηση της διατμητικής τάσης κατά την περιστροφική κίνηση ατράκτου μέσα στη μάζα του υπό μελέτη ρευστού. Η άτρακτος αποτελείται από κατακόρυφο άξονα που στο κάτω μέρος του βρίσκεται στερεωμένος, δίσκος. Για να είναι δυνατή η μέτρηση μεγάλου εύρους τιμών ιξώδους, υπάρχει διαθέσιμη σειρά ατράκτων με διαφορετική διάμετρο δίσκων. Για κάθε άτρακτο και για κάθε ταχύτητα περιστροφής είναι δυνατόν να υπολογιστεί το ιξώδες (σε centipoise ή mPa\*s) με τη βοήθεια πίνακα, ο οποίος συνοδεύει το όργανο (Δημητρέλη, 2009).

### **2.2.1 Νευτόνια ρευστά**

Η παραμόρφωση που υφίστανται τα ρευστά υλικά ως αποτέλεσμα της εφαρμογής τάσης, δεν είναι εφικτό να προσδιοριστεί και ως εκ τούτου εκφράζεται ως ρυθμός παραμόρφωσης ή ταχύτητα παραμόρφωσης ή ταχύτητα διάτμησης ( $\dot{\gamma}$ ). Ο λόγος της τάσης προς την ταχύτητα διάτμησης ονομάζεται ιξώδες ( $\mu = \tau / \dot{\gamma}$ ). Η γραφική παράσταση της σχέσης είναι ευθεία γραμμή, η οποία περνάει από την αρχή των αξόνων. Αυτό σημαίνει ότι τα δύο μεγέθη είναι ανάλογα, επομένως ο λόγος αυτών των δύο μεγεθών, ο οποίος εκφράζει το ιξώδες, παραμένει σταθερός και ισούται με την κλίση της ευθείας. Τα ρευστά τα οποία έχουν σταθερή τιμή ιξώδους, ανεξάρτητη από την ταχύτητα διάτμησης, ονομάζονται νευτόνια, ενώ το ιξώδες τους καλείται πραγματικό.

Η συμπεριφορά αυτών των ρευστών καθορίζεται από το είδος των μορίων τους και τη συγκέντρωσή τους. Τα μόρια που έχουν μικρό μοριακό βάρος και μέγεθος δε φέρουν φορτισμένες ομάδες και βρίσκονται σε μικρές συγκεντρώσεις. Αυτά τα ρευστά παρουσιάζουν την ίδια αντίσταση στη ροή όταν σε αυτά εφαρμοστούν είτε υψηλές είτε χαμηλές τιμές ταχύτητας διάτμησης, αφού τα μόριά τους βρίσκονται απομακρυσμένα το ένα από το άλλο και η δημιουργία αλληλεπιδράσεων μεταξύ τους είναι ανύπαρκτη. Τα περισσότερα ρευστά αποκλίνουν από αυτή τη συμπεριφορά και χαρακτηρίζονται ως μη νευτόνια.

### 2.2.2 Μη Νευτόνια ρευστά

Η συμπεριφορά αυτών των ρευστών υπακούει στη σχέση  $\tau = \kappa * \dot{\gamma}^n$ , όπου ο εκθέτης  $n$  ονομάζεται δείκτης ρεολογικής συμπεριφοράς και το  $\kappa$  είναι η σταθερά αναλογίας. Ανάλογα με την τιμή που έχει ο  $n$ , τα ρευστά διακρίνονται σε διασταλτικά, όταν  $n > 1$  και σε ψευδοπλαστικά, όταν  $n < 1$ . Στα ψευδοπλαστικά ρευστά το ιξώδες μειώνεται καθώς αυξάνεται η ταχύτητα διάτμησης, ενώ στα διασταλτικά ρευστά το ιξώδες αυξάνεται με την αύξηση της ταχύτητας διάτμησης. Το ιξώδες των μη νευτόνιων ρευστών επειδή δεν έχει σταθερή τιμή αλλά εξαρτάται από την ταχύτητα διάτμησης, ονομάζεται φαινομενικό.

Η ψευδοπλαστική συμπεριφορά υποδηλώνει κατάρρευση ή ανακατανομή της δομής, η οποία έχει ως αποτέλεσμα μειωμένη αντίσταση στη ροή. Αντίθετα, η διασταλτική συμπεριφορά αποτελεί ένδειξη δημιουργίας ή ανακατανομής της δομής, η οποία οδηγεί σε αυξημένη αντίσταση στην εφαρμοζόμενη δύναμη.

Τα μόρια των ψευδοπλαστικών ρευστών έχουν υψηλό μοριακό βάρος, φέρουν φορτισμένες ομάδες, βρίσκονται σε επαρκή συγκέντρωση, είναι ευέλικτα, ενώ το μέγεθος και το σχήμα τους επιτρέπει να παρουσιάζουν αυξημένο υδροδυναμικό όγκο. Τα ανωτέρω συντελούν στη δημιουργία αλληλεπιδράσεων μεταξύ γειτονικών μορίων, οι οποίες όμως δεν είναι ισχυρές. Έτσι, ενώ σε μικρές ταχύτητες διάτμησης τα μόρια φέρουν αντίσταση στη ροή, με την εφαρμογή υψηλών τιμών ταχύτητας διάτμησης οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μορίων καταστρέφονται και τα μόρια προσανατολίζονται εύκολα (επιμηκύνονται) στην κατεύθυνση της ροής.

Οι παράγοντες οι οποίοι συντελούν στην ψευδοπλαστικότητα επηρεάζουν και τη διασταλτική συμπεριφορά. Ωστόσο, η συγκέντρωση (αρκετά αυξημένη), το μέγεθος και το σχήμα των μορίων παίζουν σημαντικό ρόλο στα διασταλτικά ρευστά. Τα μόρια σε αυτήν την περίπτωση μπορεί να λεχθεί ότι είναι πολύ κοντά το ένα στο άλλο (ενώνονται μεταξύ τους), με αποτέλεσμα η αντίσταση που προβάλλουν να αυξάνεται με την αύξηση της δύναμης παραμόρφωσης, αφού είναι δύσκολο να προσανατολισθούν στην κατεύθυνση της ροής (Δημητρέλη, 2009)

### 2.3 Γαλακτώματα

Τα γαλακτώματα είναι μικροετερογενή συστήματα τα οποία αποτελούνται από τουλάχιστον ένα μη αναμειξιμο υγρό διασπαρμένο σε ένα άλλο υπό μορφή σταγόνων, των οποίων οι διάμετροι είναι, συνήθως, μεταξύ 0,1 και 100 $\mu\text{m}$ . Σε σχεδόν όλες τις περιπτώσεις, τουλάχιστον η μία υγρή φάση σε ένα γαλακτώμα είναι το νερό. Συνηθίζεται, λοιπόν, τα γαλακτώματα να αναφέρονται είτε ως γαλακτώματα ελαίου-σε-νερό O/W (oil-in-water) ή νερού-σε-έλαιο W/O (water-in-oil), όπου η πρώτη αναφερόμενη φάση είναι η φάση διασποράς και η δεύτερη η συνεχής φάση. Οπτικά εξεταζόμενα, τα γαλακτώματα εμφανίζονται ανάλογα με το μέγεθος των διασπαρμένων σταγόνων, γαλακτώδη – λευκά – θολά (όταν οι σταγόνες είναι μεγάλες), κυανίζοντα – λευκά – γκρι – ημιδιαφανή (όταν οι σταγόνες είναι κολλοειδών διαστάσεων), ή διαφανή (μικρογαλακτώματα, όπου οι διάμετροι των διασπαρμένων μικροφάσεων είναι μεταξύ 0,005 και 0,1 $\mu\text{m}$ ) (Παναγιώτου, 1998).

Τα γαλακτώματα παρουσιάζουν ελάχιστη σταθερότητα ως συστήματα καθώς για την παρασκευή τους απαιτείται η δημιουργία μίας τεράστιας διεπιφάνειας μεταξύ των δύο μη αναμειξιμων φάσεων με την προσθήκη έργου. Επειδή το έργο αυτό παραμένει στο σύστημα ως δυναμική ενέργεια, το σύστημα αναζητά τρόπους ελαχιστοποίησης της δυναμικής αυτής ενέργειας, με ελαχιστοποίηση της διεπιφάνειας (καταστροφή γαλακτώματος). Η αποσταθεροποίηση των γαλακτωμάτων εμφανίζεται με τη μορφή ρήξης (breaking), συνένωσης (coalescence), αποκορύφωσης/ κρέμωσης (creaming), ή θρόμβωσης (flocculation). Αν και οι όροι αυτοί συχνά εμφανίζονται σχεδόν ισοδύναμα, εντούτοις ο καθένας τους αντιστοιχεί σε σαφώς διακριτά φαινόμενα. Η θρόμβωση αναφέρεται στη σύμφυση ή συγκόλληση σταγόνων με σχηματισμό χαλαρών δομών τύπου τσαμπιού σταφυλιού. Κατά τη θρόμβωση οι αρχικές σταγόνες διατηρούν την ταυτότητά τους, το οποίο την καθιστά ως μία αντιστρεπτή διεργασία. Στην αποκορύφωση, οι αρχικές σταγόνες διατηρούν την ταυτότητα τους όμοια με την περίπτωση της θρόμβωσης. Παρατηρείται δε, με το χρόνο σε σχεδόν όλα τα γαλακτώματα στα οποία υπάρχει μία διαφορά πυκνότητας στις δύο φάσεις. Το ιξώδες του μέσου διασποράς παίζει σημαντικό ρόλο στο ρυθμό αποκορύφωσης των γαλακτωμάτων. Η αποκορύφωση είναι κι αυτή μία αντιστρεπτή διεργασία, δηλαδή το σύστημα μπορεί να επαναγαλακτωματοποιηθεί με τη χρήση ελάχιστης ενέργειας (Παναγιώτου, 1998).

Τα γαλακτώματα παρασκευάζονται και σταθεροποιούνται με τη βοήθεια κατάλληλων τασιενεργών παραγόντων που ονομάζονται γαλακτωματοποιητές, ή άλλων σταθεροποιητικών παραγόντων (Belitz *et al.*, 2004). Οι γαλακτωματοποιητές είναι μακρομόρια τα οποία προσροφούνται εκλεκτικά στη διεπιφάνεια ελαίου/νερού μειώνοντας την τάση των διασπαρμένων σταγονιδίων προς συνένωση, τόσο με τη μείωση της διεπιφανειακής τάσης όσο και με το σχηματισμό ‘μηχανικών φραγμάτων’ μεταξύ των σταγόνων (Παναγιώτου, 1998). Η δραστηριότητα των γαλακτωματοποιητών βασίζεται στη μοριακή τους δομή. Υπάρχει ένα λιπόφιλο ή υδρόφοβο τμήμα με καλή διαλυτότητα σε μη υδατική φάση, όπως λίπος ή λάδι και ένα υδρόφιλο ή πολικό τμήμα, που είναι διαλυτό στο νερό (Belitz *et al.*, 2004).

Τυπικά παραδείγματα γαλακτωμάτων λαδιού σε νερό στα τρόφιμα είναι τα salad dressings, επιδόρπια και σάλτσες. Τα φυσικά χαρακτηριστικά τέτοιων γαλακτωμάτων είναι ιδιαίτερα σημαντικά για τον έλεγχο της επεξεργασίας, της χρησιμοποίησής τους και την διατηρησιμότητά τους. Η σταθερότητα τέτοιων γαλακτωμάτων και η παρεμπόδιση του διαχωρισμού τους σε δύο στοιβάδες βιομηχανικά επιτυγχάνεται με την προσθήκη σταθεροποιητών. Για παράδειγμα ο μικροβιακής προέλευσης πολυσακχαρίτης ξανθάνη, προστίθεται σε κρέμες σαλάτας (salad creams) για τις προσδώσει αδιαφανή και κρεμώδη υφή που επιθυμούν οι καταναλωτές (Moates *et al.*, 2001).

Οι Ndjouenkeu *et al.*, (1997) μελέτησαν τις γαλακτωματοποιητικές ιδιότητες της μπάμιας και άλλων δύο υδροκολλοειδών [άγριο mango (Dika Nut) και Κάν (Khan)]. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι όταν προστίθενται σε σούπες, που αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα γαλακτώματος λαδιού σε νερό, το Khan δρούσε σαν πυκνωτικός και σταθεροποιητικός παράγοντας, ενώ η μπάμια και το άγριο mango λειτουργούσαν περισσότερο σαν πυκνωτικά παρά σαν σταθεροποιητές του γαλακτώματος.

### **3. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Οι σκοποί της παρούσης εργασίας ήταν:

Να γίνει απομόνωση πολυσακχαριτών από μπάμιες με την βοήθεια τριών διαφορετικών μέσων εκχύλισης,

Να μελετηθεί η επίδραση των τριών κλασμάτων των εκχυλισθέντων πολυσακχαριτών στις ρεολογικές ιδιότητες και την σταθερότητα γαλακτωμάτων λαδιού σε νερό.

## **4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ**

### **4.1 Η πρώτη ύλη**

Η προμήθεια της μπάμιας έγινε από την τοπική αγορά και η προέλευσή της ήταν από την περιοχή της Μελίκης Ημαθίας με μέσο μέγεθος καρπού 6-8 cm. Μετά την παραλαβή της, η πρώτη ύλη συσκευάστηκε σε πλαστικές σακούλες και καταψύχθηκε στους -20°C. Μετά την απόψυξη κάθε παρτίδας, οι μπάμιες χωρίστηκαν σε τρία μέρη (Σάρκα, σπόροι και μίσχοι), ακολούθησε λυοφιλίωση στους -15°C για 24 h στον λυοφιλοποιητή του Βιομηχανικού Εργαστηρίου (Christ A-4, Osterode, Germany), απολίπανσή τους και αποθήκευση μέχρι την κατεργασία τους.

### **4.2 Πορεία εργασίας**

Η πορεία εργασίας που ακολουθήθηκε είναι η εξής:

Η πρώτη ύλη μετά την παραλαβή της καταψύχθηκε και ο διαχωρισμός της σάρκας από τον μίσχο και τους σπόρους γινόταν σε παρτίδες και οι οποίες στην συνέχεια λυοφιλοποιούνταν. Ακολουθούσε απολίπανση της σάρκας, η μελέτη της οποίας αποτελούσε το αντικείμενο της παρούσης εργασίας, παραλαβή των αδιάλυτων σε αλκοόλη συστατικών (AIS) και διαδοχική εκχύλιση κλασμάτων πολυσακχαριτών με Ρυθμιστικό διάλυμα οξικού νατρίου (HBSS), με διάλυμα EDTA (CHSS) και αραιό άλκαλι (DASS). Ποσότητες από τα κλάσματα των πολυσακχαριτών προσθέτονταν σε γαλάκτωμα λαδιού σε νερό και ακολουθούσε η μελέτη της επίδρασής τους στην σταθερότητα των γαλακτωμάτων και η ρεολογική τους συμπεριφορά.

### **4.3 Υλικά –Μέθοδοι**

#### **4.3.1 Αντιδραστήρια**

Η προμήθεια των Tween 20 (P 1379), Trizma base (2-amino-2-(hydroxymethyl)-1,2 propanediol), Νατραζίδιο (S 8032), Βοροϋδριδίου του νατρίου (S 9125) και δινάτριου άλατος EDTA (E 1644), έγινε από την Sigma (St Louis, MO). Ο Πετρελαϊκός αιθέρας (UN 1268) ήταν της εταιρίας Mallincrodt Baker BV (Deventer, Holland). Το ελαιόλαδο αγοράστηκε από πολυκατάστημα, ενώ το νερό που χρησιμοποιήθηκε στην παρασκευή των διαλυμάτων ήταν απιονισμένο.

## 4.3.2 Μέθοδοι

### 4.3.2.1 Απολίπανση των δειγμάτων

Η απολίπανση της λυοφιλοποιημένης σάρκας της μπάμιας γινόταν σε αυτόματη συσκευή Soxhlet (Velp Scientifica, Mod 148, Μιλάνο, Ιταλία) με πετρελαϊκό αιθέρα (σ.ζ. 40°– 65°C).

### 4.3.2.2 Αδιάλυτα σε αλκοόλη συστατικά (AIS)

Τα απολιπασμένα δείγματα (20 g) εκχυλίζονταν με αιθυλική αλκοόλη 70% (κ.ο) στους 40 °C για 1 h (2 φορές × 300 mL). Μετά την διήθηση σε χωνί Buchner, ακολουθούσε έκπλυση του στερεού υπολείμματος με ακετόνη (2 φορές × 150 mL) και ξήρασή του στον αέρα για 24 h (Alcohol-Insoluble Solids). Τα δείγματα παρέμεναν συσκευασμένα υπό κενό μέχρι την παραπέρα ανάλυσή τους.

### 4.3.2.3 Διαδοχική εκχύλιση των αδιάλυτων σε αλκοόλη συστατικών

Η παραλαβή των πολυσακχαριτών από τα AIS γινόταν σύμφωνα με την μέθοδο των Vierhuis *et al.* (2000), όπως αυτή τροποποιήθηκε για τις μπάμιες από τους Sengkhampan *et al.*, (2009b). Συγκεκριμένα, 20 g λυοφιλοποιημένων και απολιπασμένων AIS δειγμάτων σάρκας, εκχυλίζονταν κάθε φορά διαδοχικά με την βοήθεια 600 mL από τα παρακάτω αντιδραστήρια: (α) ρυθμιστικό διάλυμα Οξικού Νατρίου 0.05 M, pH 5.2 (τρεις φορές) στους 70 °C για 30 min (**Hot Buffer Soluble Solids, HBSS**), (β) διάλυμα EDTA 0.05 M και Οξικού Νατρίου 0.05 M σε Οξαλικό Νάτριο 0.05 M, pH 5.2 (τρεις φορές) στους 70 °C για 30 min (**Chelating Agent Soluble Solids, CHSS**) και (γ) διάλυμα Υδροξειδίου του Νατρίου 0.05 M και Βοροϋδριδίου του Νατρίου (NaBH<sub>4</sub>) 20 mM (δύο φορές) στους 0° C για 30 min (**Diluted Alkali Soluble Solids, DASS**). Μετά από κάθε εκχύλιση, το διαλυτοποιημένο πολυμερές (πολυσακχαρίτες) διαχωριζόταν από το αδιάλυτο υπόλειμμα με φυγοκέντρηση (5000g X 25 min) και στη συνέχεια λυοφιλοποιούνταν.

#### 4.3.2.4 Παρασκευή γαλακτωμάτων

Τα γαλακτώματα που μελετήθηκαν, παρασκευάζονταν με ανάμιξη ίσων όγκων Stock γαλακτώματος (A) και διαλύματος εκχυλισμένου πολυσακχαρίτη (B), η παρασκευή των οποίων δίνεται παρακάτω:

**Stock γαλάκτωμα (A):** Παρασκευάστηκε ρυθμιστικό διάλυμα που περιείχε 0.025 M Trizma και 0.025 % Νατραζίδιο και το pH του ρυθμίστηκε στο 7.0. Ακολούθησε η προσθήκη ποσότητας του μη ιονικού τασιενεργού συστατικού Tween 20 για την παρασκευή διαλύματος 4 %. Η συγκέντρωση αυτή θεωρείται κατάλληλη για την σταθεροποίηση των μικρών σταγονιδίων του γαλακτώματος, ενώ παράλληλα περιορίζονται φαινόμενα εκκένωσης του ενδιάμεσου χώρου μεταξύ των σταγονιδίων (depletion effects), (Dickinson *et al.*, 1999). Το διάλυμα αναδεύτηκε σε μαγνητικό αναδευτήρα με ελαιόλαδο ώστε να παρασκευαστεί ένα πρωτογενές μίγμα με κλάσμα όγκου (volume fraction) του λαδιού  $\phi = 0.5$ . Ακολούθησε ομογενοποίηση του μίγματος σε ομογενοποιητή υπερήχων (Hielscher UP-100H, Germany) για 4 min. Το μέγεθος και η κατανομή των σταγονιδίων μετρήθηκε στην συσκευή κοκκομετρικής ανάλυσης με σκέδαση φωτός (Mastersizer 2000, Malvern Instruments Ltd, Worcestershire, U. K.) ώστε να εξασφαλιστεί ότι όλα τα δείγματα είχαν την ίδια μέση διάμετρο σταγονιδίων ( $d_{32} = 0.51 \pm 0.02 \mu\text{m}$ ) καθώς και την ίδια κατανομή μεγέθους.

**Διάλυμα εκχυλισμένου πολυσακχαρίτη (B):** Το κάθε εκχύλισμα από την σάρκα της μπάμιας (HBSS, CHSS, DASS) αναμίχθηκε με υδατικό ρυθμιστικό διάλυμα που περιείχε 0.025 M Trizma και 0.025 % Νατραζίδιο (pH=7.0), ώστε να παρασκευαστεί διάλυμα 5 % από το εκχύλισμα. Από το εκχύλισμα αυτό, με την προσθήκη κατάλληλων ποσοτήτων ρυθμιστικού διαλύματος (0.025 M Trizma, 0.025 % αζίδιο νατρίου, pH=7.0) παρασκευάστηκε σειρά αραιώσεων (Διαλύματα B).

**Παρασκευή γαλακτωμάτων:** Τα γαλακτώματα που μελετήθηκαν παρασκευάστηκαν με ανάμιξη ίσων όγκων Stock γαλακτώματος (A) και διαλύματος εκχυλισμένου πολυσακχαρίτη (B) από HBSS, CHSS ή DASS. Προέκυψε έτσι σειρά γαλακτωμάτων με κλάσμα όγκου σταγονιδίων λαδιού  $\phi = 0.25$  και διάφορες συγκεντρώσεις εκχυλισμάτων των πολυσακχαριτών από 0 έως 2.5 %. Η συγκέντρωση αυτή είναι g/100 mL γαλακτώματος (όχι της συνεχούς φάσης).



#### 4.3.2.5 Ρεολογικές μετρήσεις

Μετά την προετοιμασία των δειγμάτων, γινόταν μέτρηση της κατανομής μεγέθους των σταγονιδίων με την συσκευή κοκκομετρικής ανάλυσης Mastersizer 2000. Ακολουθούσε η μελέτη της ρεολογικής συμπεριφοράς τους στους 20°C με τη χρησιμοποίηση ιξωδομέτρου Brookfield DV-II (Stoughton, MA, U.S.A) εφοδιασμένου με άτρακτο CP-41 (κόνου-πλάκας) κατάλληλη για μέτρηση υγρών δειγμάτων. Παράλληλα, μία ποσότητα από κάθε δείγμα τοποθετούνταν σε δοκιμαστικό σωλήνα με βιδωτό πώμα και παρέμενε σε ηρεμία στους 20°C, όπου γινόταν μελέτη της αποκορύφωσής του. Για τον σκοπό αυτό προσδιοριζόταν ο δείκτης αποκορύφωσης (creaming index), σε συνάρτηση με τον χρόνο παραμονής, όπου:

$$\text{Δείκτης αποκορύφωσης} = \frac{\text{ύψος στοιβάδας του διακριτού ορού}}{\text{συνολικό ύψος του γαλακτώματος}}$$

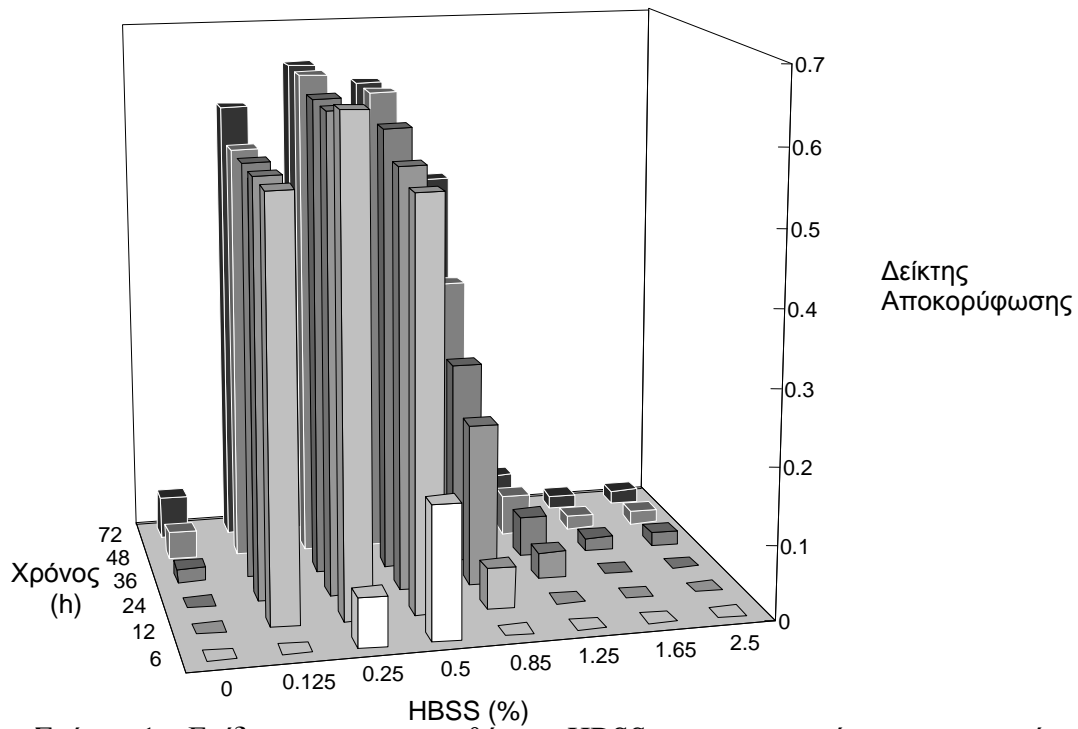
## 5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στο Σχήμα 1, φαίνεται η τάση αποκορύφωσης των γαλακτωμάτων που περιείχαν διαφορετικές ποσότητες εκχυλίσματος HBSS. Όπως παρατηρείται, ακόμη και η προσθήκη μικρής ποσότητας HBSS προκάλεσε μεγάλη απώλεια της σταθερότητάς τους. Συγκεκριμένα, η προσθήκη 0.125 % HBSS είχε σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση ευδιάκριτης στοιβάδας ορού (φάση πλούσια σε νερό) μέχρι το 50 % του ύψους της συνολικής στοιβάδας του γαλακτώματος (δείκτης αποκορύφωσης ~ 0.5) σε διάστημα 12 h από την στιγμή της προετοιμασίας του γαλακτώματος. Επιπλέον αύξηση της προστεθείσας ποσότητας HBSS στο δείγμα, είχε σαν αποτέλεσμα ακόμη γρηγορότερη εμφάνιση της αποκορύφωσης σε συγκεντρώσεις 0.25% και 0.5% HBSS, ένας διαυγής ορός παρατηρήθηκε σε 6 h (οι φωτογραφίες δεν δίνονται). Μεγαλύτερη συγκέντρωση HBSS από 0.85% σε 1.25% ή και περισσότερο, προκάλεσε αντίθετα αποτελέσματα, καθυστερώντας σημαντικά την αποκορύφωση και μειώνοντας τον δείκτη της (μείωση της στοιβάδας του ορού). Παρατήρηση των δειγμάτων στο μικροσκόπιο, έδειξε ότι όλα τα δείγματα που περιείχαν HBSS ήταν κροκιδωμένα, με τον βαθμό κροκίδωσης να αυξάνεται με την αύξηση της συγκέντρωσης του HBSS. Δεδομένου ότι: (1) η κροκίδωση αυξάνει όσο αυξάνεται η ποσότητα του προστιθέμενου εκχυλίσματος, (2) το κυρίαρχο συστατικό του εκχυλίσματος είναι υψηλού μοριακού βάρους (>100 kDa) πολυσακχαρίτες (Sengkhampan *et al.*, 2009a) και (3) οι πολυσακχαρίτες αυτοί δεν παρουσιάζουν μεγάλη γαλακτωματοποιητική ικανότητα (emulsifying capacity) (Ndjouenkeu *et al.*, 1997), μπορεί να διεξαχθεί το συμπέρασμα ότι η κροκίδωση οφείλεται πιθανόν σε φαινόμενα εκκένωσης του ενδιάμεσου χώρου μεταξύ των σταγονιδίων (depletion) που προκαλείται από τέτοια μη προσροφημένα μακρομόρια (Σχήμα 1α).

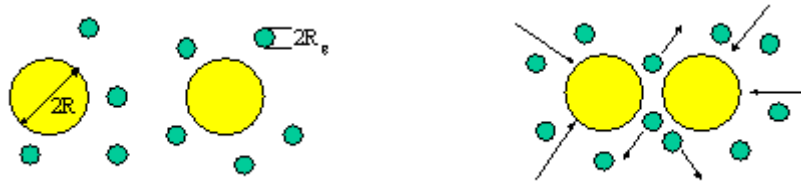
Στο Σχήμα 2, φαίνεται η ρεολογική συμπεριφορά των γαλακτωμάτων της προηγούμενης παραγράφου. Ακόμη και μικρές ποσότητες του εκχυλίσματος των πολυσακχαριτών είχαν σαν αποτέλεσμα την αλλαγή της ρεολογίας των γαλακτωμάτων σε σημαντικό βαθμό. Ποσότητα HBSS ακόμη και 0.125% αύξησε το ιξώδες τουλάχιστον στο διπλάσιο, σε σχέση με το γαλάκτωμα που δεν περιείχε πολυσακχαρίτη. Η ρεολογική συμπεριφορά των κροκιδωμένων γαλακτωμάτων ήταν ψευδοπλαστική, δηλαδή στην συγκεκριμένη συγκέντρωση (0.125% HBSS) το ιξώδες

στην χαμηλή διατμητική τάση ήταν μία τάξη μεγέθους μεγαλύτερο από το αντίστοιχο όταν μετρήθηκε σε υψηλότερη διατμητική τάση. Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1, εκτεταμένη αποκορύφωση σε τέτοια γαλακτώματα έλαβε χώρα σε λιγότερο από 12 h. Παραπέρα αύξηση της προσθήκης HBSS οδήγησε σε επιπρόσθετη αύξηση του ιξώδους, κάτι που είναι ιδιαίτερα εμφανές όταν η συγκέντρωση από 0.5% αυξήθηκε στο 0.85%. Στα γαλακτώματα που περιείχαν HBSS περισσότερο από 0.85% και τα οποία όπως φαίνεται στο Σχήμα 1 εμφάνισαν μεγάλη καθυστέρηση στην αποκορύφωση, το ιξώδες στις υψηλές διατμητικές τάσεις ήταν περισσότερο από 0.1 Pa s.

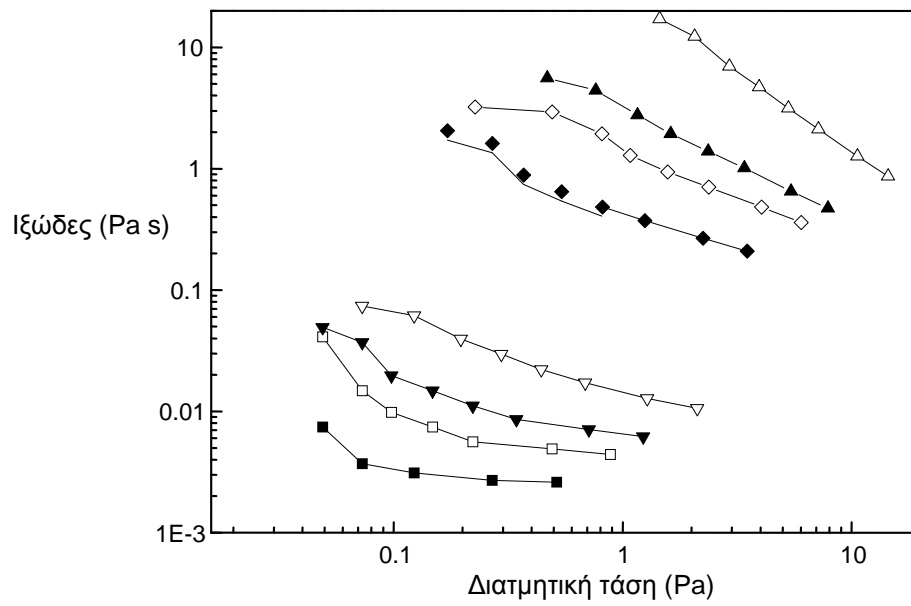
Έχει υποστηριχθεί ήδη στο παρελθόν (Campanella *et al.*, 1995; Dickinson and Golding, 1997; Dickinson *et al.*, 1999; Dickinson and Ritzoulis, 2000), ότι η δημιουργία κροκιδώσης συνδέεται με την αύξηση του ιξώδους σε χαμηλή διατμητική τάση. Με την αύξηση της συγκέντρωσης HBSS, αυξάνει και το ιξώδες σε χαμηλή διατμητική τάση, που υποδηλώνει ότι η κροκιδώση εντείνεται με την αύξηση της συγκέντρωσης των πολυσακχαριτών. Αυτό φαίνεται και στις μικροφωτογραφίες στο Σχήμα 3 (αριστερή στήλη). Οι μικροφωτογραφίες (Σχήμα 3) είναι ιδιαίτερα διαφωτιστικές. Ένα μη κροκιδωμένο γαλάκτωμα (0%) κροκιδώθηκε μετά την προσθήκη μικρής ποσότητας HBSS (0.50%). Ένα τέτοιο γαλάκτωμα (HBSS, 0.50%) εμφάνισε εκτεταμένη αποκορύφωση (Σχήμα 1). Παραπέρα αύξηση της συγκέντρωσης HBSS σε 0.85% (Σχήμα 3) είχε σαν αποτέλεσμα την ένταση της κροκιδώσης, πιθανόν λόγω της αυξημένης περιεκτικότητας του δείγματος σε πολυσακχαρίτες που είναι δυνατόν να προκαλέσουν οσμωτική κροκιδώση (depletion flocculation). Το σύστημα αυτό εμφάνισε μεν αποκορύφωση αλλά σε μικρότερο βαθμό (Σχήμα 1). Παραπέρα αύξηση της προσθήκης HBSS σε ποσοστό 2.5% αύξησε το ιξώδες της συνεχούς φάσης σε τέτοιο βαθμό, ώστε η βαρυτική κίνηση των μεμονωμένων σταγονιδίων πρακτικά παρεμποδίστηκε κάτω από τις συγκεκριμένες συνθήκες του πειράματος. Αυτό συμφωνεί με όσα ισχυρίζονται οι Manoj *et al.*, (1998), ότι δηλαδή το ιξώδες της συνεχούς φάσης είναι ο καθοριστικός παράγοντας παρεμπόδισης της αποκορύφωσης στα γαλακτώματα.



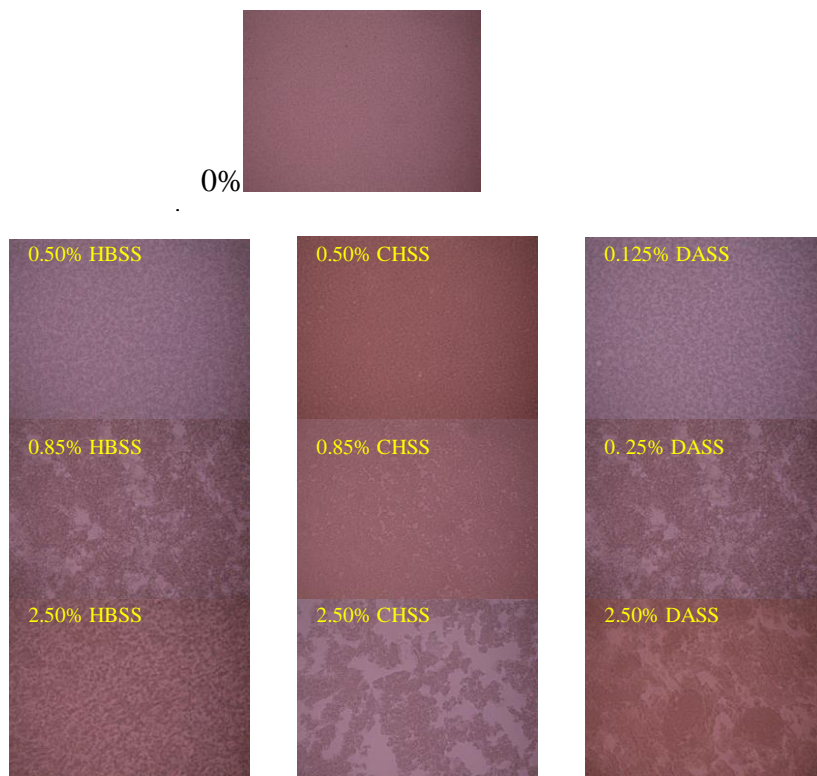
Σχήμα 1: Επίδραση της προσθήκης HBSS και του χρόνου παραμονής στην αποκορύφωση των γαλακτωμάτων



Σχήμα 1α: Εκκένωση χώρου μεταξύ των σταγονιδίων (κίτρινα) του γαλακτώματος από τα μεγαλομόρια του μη προσροφημένου πολυσακχαρίτη (πράσινα) λόγω οσμωτικών φαινομένων (depletion flocculation)



Σχήμα 2: Επίδραση της προσθήκης HBSS στο ιξώδες γαλακτωμάτων: ■ 0%; □ 0.125%; ▼ 0.25%; ▽ 0.5%; ◆ 0.85%; ◇ 1.25%; ▲ 1.65%, △ 2.5%

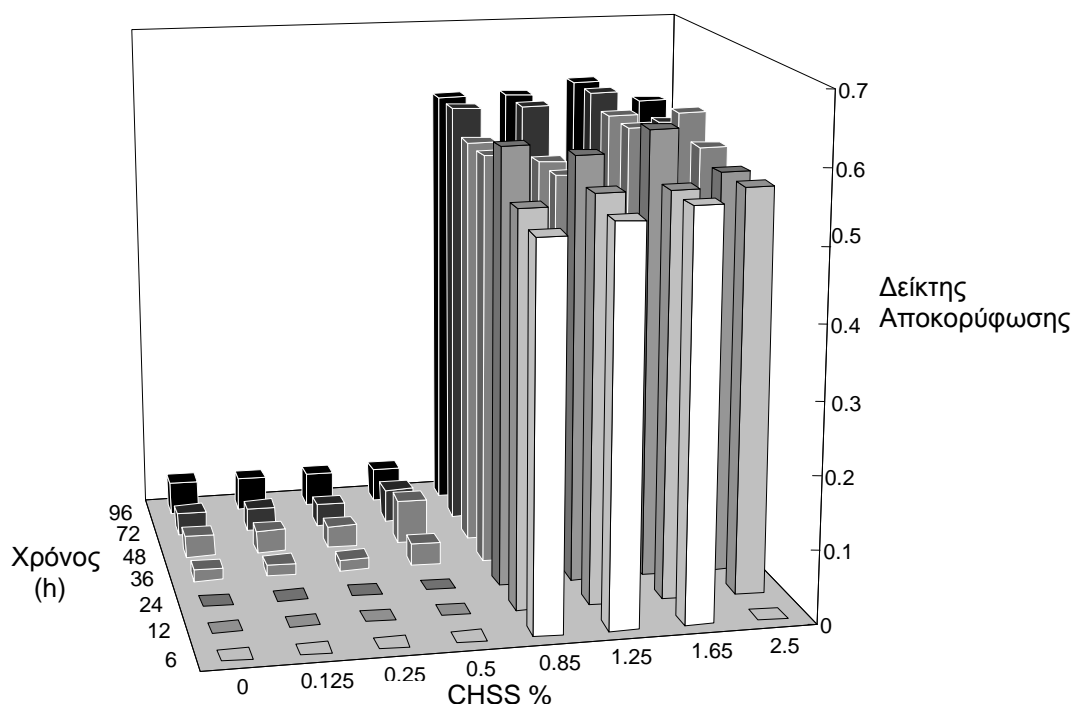


Σχήμα 3: Μικροφωτογραφίες γαλακτωμάτων με διάφορες περιεκτικότητες σε εκχυλίσματα πολυσακχαριτών. Επάνω: Μάρτυρας (0%), Αριστερή στήλη: με προσθήκη HBSS, Μεσαία στήλη: με προσθήκη CHSS, Δεξιά στήλη: με προσθήκη DASS. (χρόνος παρατήρησης: 1 h μετά την παρασκευή τους).

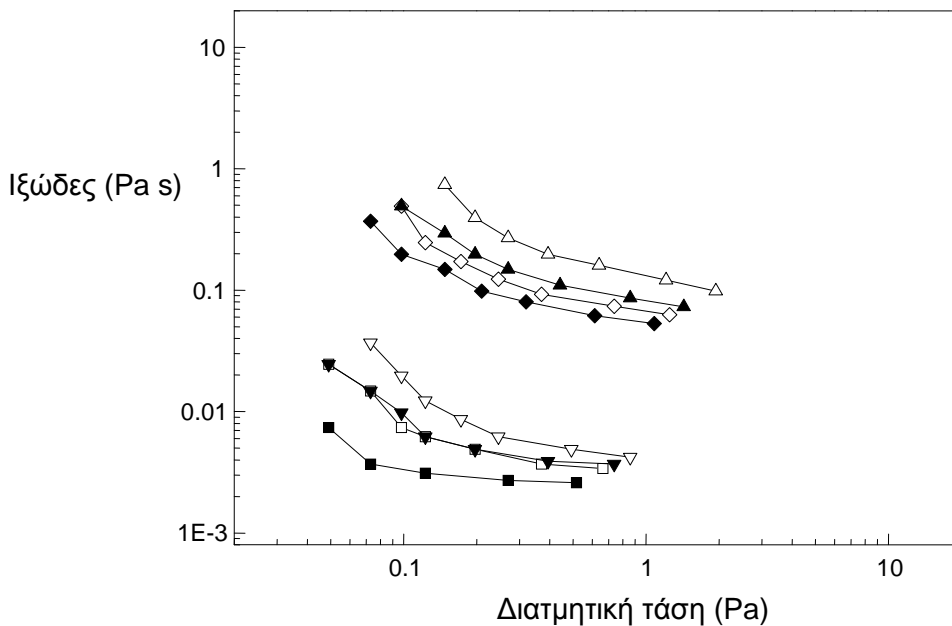
Στο Σχήμα 4 φαίνεται η τάση αποκορύφωσης των γαλακτωμάτων στα οποία προστέθηκε CHSS, το δεύτερο εκχύλισμα πολυσακχαριτών της μπάμιας. Όπως προκύπτει, χαμηλές συγκεντρώσεις CHSS έως και 0.50% δεν επηρέασαν την αποκορύφωση του γαλακτώματος. Πιο συγκεκριμένα, αποκορύφωση δεν έλαβε χώρα, πιθανώς λόγω της φυσιολογικής κίνησης των σταγονιδίων λόγω βαρύτητας σε πολύ χαμηλό ρυθμό (παρατηρήθηκε μόνο μικρή ποσότητα ορού στον πυθμένα του σωλήνα μετά από 96 h. Σε συγκέντρωση CHSS 0.85% έλαβε χώρα έντονη αποκορύφωση, με τον σχηματισθέντα ορό να καταλαμβάνει περίπου το μισό ύψος του γαλακτώματος σε λιγότερο από 6 h. Παρόμοιο μοντέλο αποκορύφωσης εμφανίστηκε και σε ακόμη υψηλότερες συγκεντρώσεις εκχυλίσματος πολυσακχαρίτη. Ο διαχωρισμός των δύο φάσεων (ορού και κρέμας) εμφανίστηκε μετά από 12 h περίπου σε συγκέντρωση CHSS 2.5%, με υψηλό δείκτη αποκορύφωσης. Η παρατήρηση στο μικροσκόπιο (Σχήμα 3, μεσαία στήλη) έδειξε ότι σε συγκέντρωση CHSS έως και 0.5% δεν υπήρχε κροκίδωση, ενώ αντίθετα ήταν εμφανής σε 0.85% ή

και περισσότερο. Αυτό συμφωνεί με τα αποτελέσματα του Σχήματος 4, καθώς τα κροκιδωμένα γαλακτώματα είχαν υποστεί γρήγορη και εκτεταμένη αποκορύφωση. Μέτρηση του μεγέθους των σταγονιδίων με την συσκευή κοκκομετρικής ανάλυσης μετά από αραιώση του δείγματος έδειξε ότι η κροκίδωση ήταν πλήρως αντιστρεπτή.

Οι ρεολογικές μετρήσεις των γαλακτωμάτων στα οποία προστέθηκε CHSS (Σχήμα 5) βρίσκονται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα της αποκορύφωσης (Σχήμα 4). Δηλαδή αύξηση της συγκέντρωσης CHSS αύξησε ελαφρά το ιξώδες, ενώ στο 0.85% παρατηρήθηκε μια ξαφνική αύξηση του ιξώδους [στα 0.2 Pa από  $\sim 0.007$  Pa s ( 0.5% CHSS) στα  $\sim 0.1$  Pa s (0.85% CHSS)]. Παραπέρα προσθήκη εκχυλίσματος οδήγησε σε αύξηση του ιξώδους αλλά σε μικρότερο βαθμό.



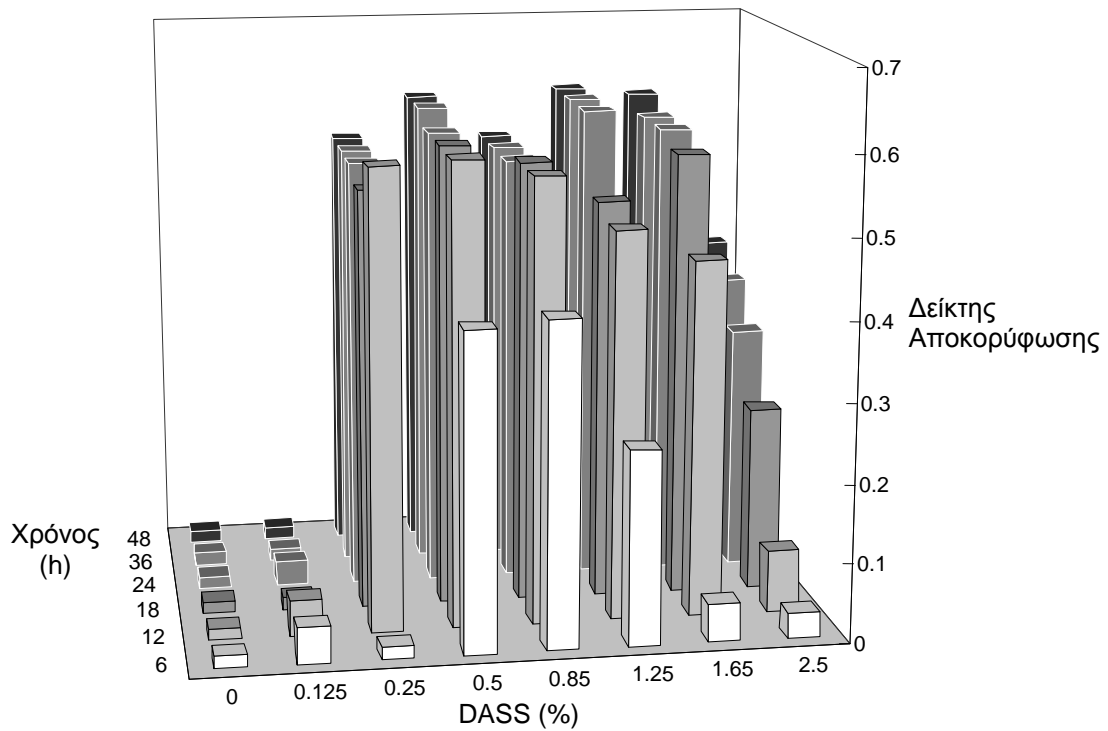
Σχήμα 4: Επίδραση της προσθήκης CHSS και του χρόνου παραμονής στην αποκορύφωση γαλακτωμάτων.



Σχήμα 5: Επίδραση της προσθήκης CHSS στο ιξώδες γαλακτωμάτων: ■ 0%; □ 0.125%; ▼ 0.25%; ▽ 0.5%; ◆ 0.85%; ◇ 1.25%; ▲ 1.65%, △ 2.5%

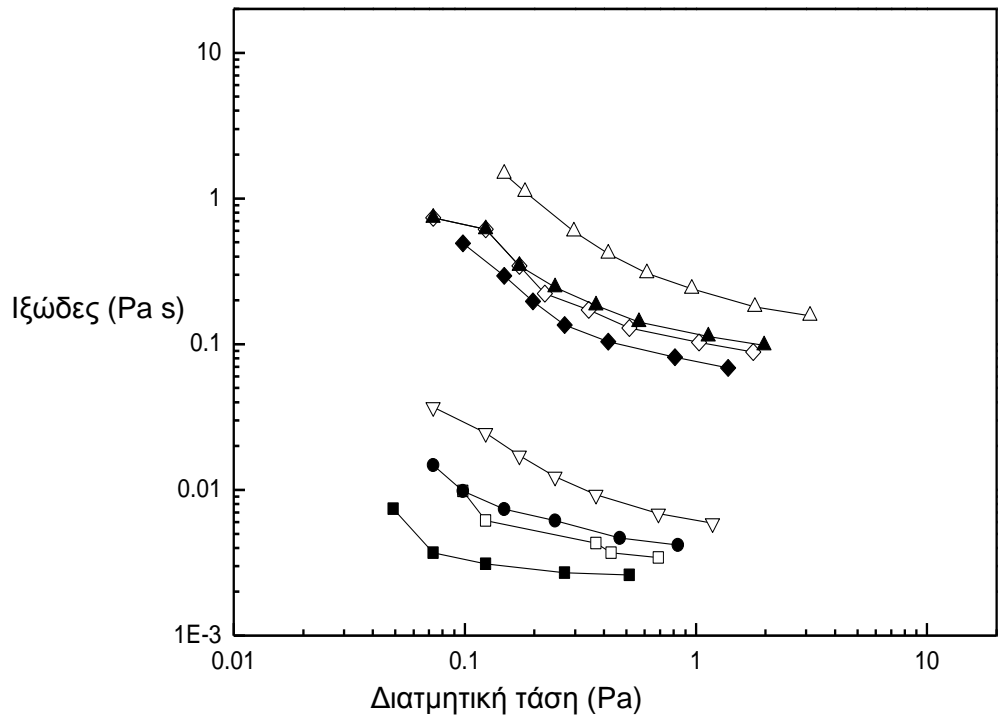
Η προσθήκη του τρίτου εκχυλίσματος πολυσακχαριτών (DASS) είχε ως αποτέλεσμα την εμφάνιση έντονης αποκορύφωσης όταν η συγκέντρωση του DASS ήταν χαμηλή (0.25%) (Σχήμα 6). Η αποκορύφωση προχώρησε πιο γρήγορα σε συγκεντρώσεις εκχυλίσματος 0.50% και 0.85% (εμφάνιση σημαντικής ποσότητας ορού σε 6 h από την προετοιμασία του δείγματος), ενώ αντίθετα καθυστέρησε και ήταν λιγότερη με την αύξηση της συγκέντρωσης από 1.65% σε 2.5%. Οι μικροφωτογραφίες (Σχήμα 3, δεξιά στήλη) δείχνουν μια ελαφρά κροκίδωση σε συγκέντρωση DASS 0.125%, ενώ σε υψηλότερες συγκεντρώσεις (0.25% και 2.5%) η κροκίδωση είναι έντονη.





Σχήμα 6: Επίδραση της προσθήκης DASS και του χρόνου παραμονής στην αποκορύφωση γαλακτωμάτων.

Οι ρεολογικές μετρήσεις των γαλακτωμάτων που περιείχαν διάφορες συγκεντρώσεις DASS δείχνουν μια αύξηση στο ιξώδες με την αύξηση της συγκέντρωσης του DASS (Σχήμα 7). Πιο συγκεκριμένα, μια απότομη αύξηση του παρατηρήθηκε μεταξύ συγκέντρωσης εκχυλίσματος 0.50% και 0.85%. Οι τιμές του ιξώδους ήταν παρόμοιες με αυτές που καταγράφηκαν στην περίπτωση των γαλακτωμάτων που περιείχαν CHSS (Σχήμα 5), αλλά σημαντικά χαμηλότερες από αυτές στην περίπτωση του HBSS (Σχήμα 2).



Σχήμα 7: Επίδραση της προσθήκης DASS στο ιξώδες γαλακτωμάτων: ■ 0%; □ 0.125%; ▼ 0.25%; ▽ 0.5%; ◆ 0.85%; ◇ 1.25%; ▲ 1.65%, △ 2.5%

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η προσθήκη εκχυλίσματος πολυσακχαριτών HBSS σε γαλακτώματα σταθεροποιημένα με Tween-20 (μη ιονικό τασιενεργό συστατικό) προκάλεσε εκτεταμένη κροκίδωση, έντονη ψευδοπλαστική ρεολογική συμπεριφορά (strong shear-thinning rheology), και ταχεία αποκορύφωση σε πολύ χαμηλή συγκέντρωση εκχυλίσματος (0.125%), που αποδίδεται σε οσμωτικές αλληλεπιδράσεις (depletion interactions) (Σχήμα 1α), που με την σειρά τους οφείλονται σε μη προσροφημένους πολυσακχαρίτες (unabsorbed polysaccharides). Υψηλότερες συγκεντρώσεις εκχυλίσματος HBSS αύξησαν περαιτέρω την ψευδοπλαστικότητα (shear thinning character) του γαλακτώματος και τον βαθμό κροκίδωσης. Σε τέτοιες υψηλές συγκεντρώσεις (1.25% – 2.50%), η αποκορύφωση ελαττώθηκε σημαντικά, γεγονός που πιθανόν οφείλεται στην αύξηση του ιξώδους της συνεχούς φάσης λόγω της παρουσίας του εκχυλίσματος των πολυσακχαριτών, δηλαδή λόγω της ύπαρξης ενός πληθυσμού μεγαλομορίων.

Το εκχύλισμα CHSS προκάλεσε επίσης κροκίδωση και εκτεταμένη αποκορύφωση που συνοδεύονταν από ανάπτυξη έντονα ψευδοπλαστικής συμπεριφοράς σε συγκεντρώσεις εκχυλίσματος πάνω από 0,50 %. Η αποκορύφωση δεν μειώθηκε ακόμη και σε συγκέντρωση 2.5 % CHSS. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στο χαμηλό ιξώδες των διαλυμάτων CHSS, δεδομένου ότι σύμφωνα με τους Ριτζούλη και Γεωργιάδη, (2010), (μη δημοσιευμένα αποτελέσματα) μόνο το 70% περίπου του συγκεκριμένου εκχυλίσματος αποτελείται από πολυσακχαρίτες. Το εκχύλισμα DASS, έδειξε συμπεριφορά ανάμεσα στα δύο προηγούμενα, δηλαδή, αποκορύφωση και εμφάνιση ψευδοπλαστικής ρεολογικής συμπεριφοράς συνοδευόμενη και από κροκίδωση του γαλακτώματος, παρατηρήθηκε μετά από προσθήκη ποσότητας εκχυλίσματος πολυσακχαρίτη (0.25 %), ενώ υψηλότερες συγκεντρώσεις DASS είχαν ως αποτέλεσμα αυξημένο ιξώδες στην συνεχή φάση που παρεμπόδιζε την εκτεταμένη αποκορύφωση.

## **7. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ**

- Χαρακτηρισμός των πολυσακχαριτών στα διάφορα κλάσματα που παραλαμβάνονται με χρωματογραφία αποκλεισμού μεγέθους (HPSEC)
- Μελέτη επίδρασης πολυσακχαριτών από άλλες πηγές στην σταθερότητα γαλακτωμάτων

## 8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ξενόγλωσση

Adelakun O.E., Oyelade O.J., Ade-Omowaye B.I.O., Adeyemi I.A., Van de Venter M., (2009). Chemical composition and the antioxidative properties of Nigerian Okra Seed (*Abelmoschus esculentus* Moench) Flour: *Food and Chemical Toxicology* 47 1123–1126.

Agarwal M., Srinivasan R. and Mishra A., (2001). Study on Flocculation Efficiency of Okra Gum in Sewage Waste Water. *Macromol. Mater. Eng.*, **286**, 560-563.

Amin E. S., (1956). The mucilages of *Hibiscus esculentus* (okra or bamia fellahi) and *Corchorus olitorius*(mulukhia). *Journal of Chemical Society*, 828-832.

Belitz H.D., Grosch W. and Schieberle P., (2004). Χημεία Τροφίμων. 3<sup>η</sup> Έκδοση, Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ, Θεσσαλονίκη.

BeMiller J.N., Whistler R.L. and Barbalowm D.G., (1993). In: R.L. Whistler and J.N. BeMiller (Eds). *Industrial Gums, Polysaccharides and their derivatives*. San Diego, CA: Academic Press. pp 235–255.

Calisir S., Ozcan M., Haciseferogullari H. and Yildiz M. U., (2005). A study on Some Physico-chemical Properties of Turkey okra (*Hibiscus esculenta* L.) Seeds. *J. Food Engineering*, **68**, 73-78.

Campanella O.H., Dorward N.M. and Singh H., (1995). A study of the rheological properties of concentrated food emulsions, *Journal of Food Engineering*, 25, 427–440.

Deters A.M., Lengsfeld C. and Hensel A., (2005). *J.Ethnopham*,**102**, 391-399.

Dickinson E., (1992). *An Introduction to Food Colloids*. Dickinson, E., (Ed). Oxford University Press, Oxford.

Dickinson E. and Golding M., (1997). Rheology of sodium caseinate stabilized oil-in water emulsions. *Journal of Colloid and Interface Science*, **191**, 166–176.

Dickinson E., Ritzoulis C. and Povey M.J.W., (1999) Stability of emulsions containing both sodium caseinate and Tween 20, *Journal of Colloid and Interface Science*, **212**, 466–473.

Dickinson E. and Ritzoulis C., (2000). Creaming and rheology of oil-in-water emulsions containing sodium dodecyl sulfate and sodium caseinate, *Journal of Colloid and Interface Science*, **224**, 148–154.

- Karakoltsidis P.A., Kostantinides S.M. (1975). Okra seeds: A new protein source: *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 23:1204–1207.
- Kelkar G. M., Ingle, T. R. and Bhide, B.V.J., (1962). Mucilages from okra. *J. Indian Chem. Soc.*, **39**, pp. 557–558.
- Lengsfeld C., Titgemeyer F., Faller G. and Hensel A., (2004). *J. Agric. Food Chem.*, **52**, 1495-1503.
- Manoj P., Fillery-Travis A.J., Watson A.D., Hibberd D. J. and Robins M.M., (1998). Characterization of a Depletion-Flocculated Polydisperse Emulsion I. Creaming Behavior, *Journal of Colloid and Interface Science*, **207**, 283–293.
- Meister J.J., Anderle K. and Merriman G., (1983). Rheology of aqueous solutions of okra mucilage F, *Journal of Rheology*, **27**, 37–46.
- Moates G. K., Watson A. D. and Robins M. M., (2001). Creaming and oscillation rheology of weakly flocculated concentrated emulsions. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, **190**, 167–178
- Ndjouenkeu R., Goycoolea F.M., Morrisa E.R. and Akingbala J.O., (1996). Rheology of okra (*Hibiscus esculentus* L.) and dika nut (*Irvingia gabonensis*) polysaccharides, *Carbohydrate Polymers*, **29**, 263–269.
- Ndjouenkeu R., Akingbala J.O. and Oguntimein G.B., (1997). Emulsifying properties of three African food hydrocolloids: okra (*Hibiscus esculentus*), dika nut (*Irvingia gabonensis*), and khan (*Belschmiedia* sp.). *Plant Foods for Human Nutrition*, **51**, 245–255.
- Rachimov D.A, Chernenko T.V., (2003). Lipid–carbohydrate composition of Hibiscus esculentus : *Chemistry of Natural Compounds*, **39**, 246–248.
- Sengkhampan N., Bakx E.J., Verhoef R., Schols H.A., Sajjaanantakul T. and Voragen A.G.J., (2009a). Okra pectin contains an unusual substitution of its rhamnosyl residues with acetyl and alpha-linked galactosyl groups. *Carbohydrate Research*, **344**, 1842–1851.
- Sengkhampan N., Verhoef R., Schols H. A., Sajjaanantakul T. and Voragen A. G. J., (2009b). Characterization of Cell Wall Polysaccharides from Okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). *Carbohydrate Research*, **344**, 1824-1832.
- Sengkhampan N., Sagis L. M. C., De Vries R., Schols H. A., Sajjaanantakul T. and Voragen A. G. J., (2010). Physicochemical Properties of Pectins from Okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). *Food Hydrocolloids*, **24**, 35-41.

Tomoda M., Shimada K., Saito Y. and Sugi M., (1980). Plant Mucilages XXVI. Isolation and Structural Features of a Mucilage, Okra Mucilage F, From the Imature Fruits of *Abelmoschus Esculentus*, *Chem. Pharm. Bull.*, **28**(10), 2933-2940.

Woolfe M. L., Chaplin M. F. and Otchere G., (1977). Studies on the Mucilages Extracted from Okra Fruits (*Hibiscus esculentus* L.) and Baobab Leaves (*Adansonia digitata* L.) *J. Sci. Fd Agric.*, **28**, 519-529.

### **Ελληνική**

Παναγιώτου Κ., (1998). Διεπιφανειακά Φαινόμενα και Κολλοειδή Συστήματα. Β' Έκδοση, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

Δημητρέλη Γ., (2009). Σημειώσεις Μηχανική Τροφίμων Ι Εργαστήριο.

## Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	2
2.1 Μπάμια.....	2
2.2 Ιξώδες.....	3
2.3 Γαλακτώματα.....	6
3. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	8
4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	9
4.1 Η πρώτη ύλη.....	9
4.2 Πορεία εργασίας.....	9
4.3 Υλικά –Μέθοδοι.....	9
4.3.2 Μέθοδοι.....	10
4.3.2.3 Διαδοχική εκχύλιση των αδιάλυτων σε αλκοόλη συστατικών.....	10
4.3.2.4 Παρασκευή γαλακτωμάτων.....	11
4.3.2.5 Ρεολογικές μετρήσεις.....	12
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	13
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	22
7. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.....	23
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	24