

# Τίτλος

Ανάπτυξη τεχνολογίας εξαγωγής

πολυσακχαρίτη από τον καρπό

του φυτού μπάμια.

**Επιβλέπων:** Γεωργιάδης Νίκος

**Φοιτητές:** 1) Γρηγοριάν Σεργκέϊ  
2) Παπαδημητρίου Κώστας

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ποσότητα ~700 Kg καρπών του φυτού μπάμια η οποίοι προοριζόταν για απόρριψη ως υπερώριμοι και ακατάλληλοι για επεξεργασία και παραγωγή καταψυγμένης μπάμιας για εμπορική διάθεση, παραχωρήθηκαν δωρεάν και με μεγάλη προθυμία εκ μέρους της εταιρείας ΜΠΑΡΜΠΑ ΣΤΑΘΗΣ Α.Β.Ε.Ε. Οι καρποί της μπάμιας χρησιμοποιήθηκαν σε μια προσπάθεια για την δημιουργία πρότυπης γραμμής επεξεργασίας σε πιλοτική κλίμακα, για την μαζική παραλαβή του πολυζαχαρίτη που περιέχουν. Μετά από σειρά δοκιμών, η γραμμή επεξεργασίας που προτείνεται μπορεί να περιλαμβάνει στάδια όπως: πλύσιμο, έλεγχο των καρπών, άλεση σε μύλο κοπής, μούλιασμα σε νερό ελεγχόμενης θερμοκρασίας 50°C και pH για την εκχύλιση του πολυζαχαρίτη, κοσκίνηση σε δονούμενα κόσκινα για διαχωρισμό των αδρομερών συστατικών, φυγοκεντρικό διαχωρισμό για την απομάκρυνση λεπτομερών στερεών, συμπύκνωση, ξήρανση σε ξηραντήριο κενού και συσκευασία.

## Περιεχόμενα

- 1.Εισαγωγή
- 2.Βιβλιογραφική ανασκόπηση
  - 2.1 Μπάμια
  - 2.2 Χημική σύσταση μπάμιας
    - 2.2.1 Σύσταση βλέννης
- 3.Σκοπός
- 4.Υλικά και μέθοδοι
  - 4.1 Πρώτη ύλη
  - 4.2 Μηχανήματα
  - 4.3 Αντιδραστήρια
  - 4.4 Μέθοδοι ανάλυσης
    - 4.4.1 Προσδιορισμός υγρασίας
    - 4.4.2 Προσδιορισμός πρωτεΐνης
  - 4.5 Προκαταρκτικές δοκιμές
    - 4.5.1 Δοκιμή ξήρανσης πολυζαχαρίτη σε ξηραντήριο με εκνέφωση
    - 4.5.2 Δοκιμή ξήρανσης πολυζαχαρίτη σε ξηραντήριο υγρόν τροφίμων με τύμπανα
  - 4.6 Πορεία εργασίας
5. Αποτελέσματα-συζήτηση
- 6.Συμπεράσματα
- 7.Προτάσεις για παραπέρα έρευνα
- 8.Βιβλιογραφία

## 1. Εισαγωγή

Η μπάμια είναι ο καρπός του φυτού *Ambelmoschus esculentus* του γένους *Malvaceae*. Είναι πολύ καλή πηγή πρωτεϊνών με υψηλή περιεκτικότητα σε μονοακόρεστα και πολυακόρεστα λίπη (Rachimov & Chernenko, 2003) και σημαντικές αντιοξειδωτικές ιδιότητες (Adelakun et al., 2009). Το χαρακτηριστικό του καρπού είναι μία βλεννώδης υφή η οποία γίνεται έντονα αντιληπτή κατά το μαγείρεμα και τη θερμική επεξεργασία. Η υφή αυτή οφείλεται στην παρουσία σειράς πολυσακχαριτών, οι οποίοι διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τη σύσταση και το φορτίο που φέρουν, το οποίο οφείλεται κυρίως στην παρουσία γαλακτουρονικού οξέος (Sengkhampan et al., 2009). Η κατανομή των πολυσακχαριτών ποικίλει στα διάφορα τμήματα (σάρκα, μίσχος, σπόροι) του καρπού (Ndjouenkeu et al., 1997).

Η βασικότερη λειτουργική ιδιότητα των πολυσακχαριτών που περιέχονται στις μπάμιες ή και σε άλλα παρόμοια φυτά όπως για παράδειγμα το σαλέπι, 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 (Romanchik-Cerponicz, 2006).

Η εκχύλιση πολυσακχαριτών από την πούλπα της μπάμιας, απαιτεί την χρησιμοποίηση αιθανόλης για την παραλαβή των αδιάλυτων σε αλκοόλη συστατικών (AIS) (Sengkhampan et al., 2009; Georgiadis et al., 2011; Kontogiorgos et al., 2012), γεγονός που πιθανόν καθιστά αντιοικονομική μια διαδικασία εκχύλισης σε μεγάλη κλίμακα.

Η παρούσα εργασία αποσκοπούσε σε μια προσπάθεια ανάπτυξης τεχνολογίας εξαγωγής πολυσακχαρίτη από τον καρπό του φυτού μπάμια, η οποία θα μπορούσε να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο για την εκμετάλλευση των καρπών που προορίζονται για απόρριψη από τις βιομηχανίες που επεξεργάζονται μπάμιες.

## 2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση

### 2.1. Η μπάμια

Η μπάμια (okra, gumbo, gombo) είναι ένα αγγειόσπερμο, ποώδες, ετήσιο φυτό, που ανήκει στο γένος *Hibiscus* και στην οικογένεια των *Malvaceae*. Προέρχεται από την Αφρική, αλλά καλλιεργείται και σε άλλες περιοχές όπως στην Ασία, Μέση Ανατολή, Νότιο τμήμα των Η.Π.Α και Ελλάδα (Calisir et al., 2005 και Sengkhampan et al., 2010). Η επιστημονική ονομασία της είναι *Hibiscus esculentus* (L) Moench.

Οι ποικιλίες που καλλιεργούνται στον κόσμο είναι πάρα πολλές και η κάθε μία έχει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και ιδιότητες. Επικρατέστερες θεωρούνται οι *Smooth Green*, *Clemson Spineless*, *Savour Selection*, *Emerald*, *Louisiana Green Velvet*, *Native Brown*, *Better Five* και *Early Five* κυρίως λόγω προτίμησης των καταναλωτών και της αγοράς γενικώς (Αβραμίδης, 2012).

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., 1977). Στην ιατρική έχει χρησιμοποιηθεί ως διουρητικός παράγοντας, για την θεραπεία γαστρεντερικών διαταραχών και οδοντικών παθήσεων εξαιτίας της υψηλής περιεκτικότητας σε πολυσακχαρίτες καθώς και ως διουρητικό Sengkhampan et al.(2009), Sengkhampan et al.(2010), Mishra et al.(2008). Σύμφωνα με τους Lengsfeld et al.(2004), οι πολυσακχαρίτες αυτοί έχουν υπογλυκαιμικές ιδιότητες και βρέθηκε να μειώνουν τα επίπεδα της χοληστερόλης στο πλάσμα των ποντικών. Πρόσφατα έχει αναφερθεί ότι οι υδατοδιαλυτοί πολυσακχαρίτες της μπάμιας μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υποκατάστατο του ασπραδιού του αυγού και ως υποκατάστατο λίπους σε μπισκότα σοκολάτας (Cerponicz et al., 2002) και σε κατεψυγμένα επιδόρπια σοκολάτας (Constantino and Cerponicz, 2004, Cerponicz et al., 2006 και Sengkhampan 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 που προκαλεί απομάκρυνση ~86 % των αιωρούμενων στερεών. Αυτές οι ιδιότητες θεωρείται ότι οφείλονται στην υψηλή περιεκτικότητα των καρπών τη μπάμιας σε πολυσακχαρίτες, που έχει ως αποτέλεσμα τη

δημιουργία ενός υψηλού ιξώδους διαλύματος με βλεννώδη υφή, όταν οι καρποί της εκχυλίζονται με νερό.

Ο καρπός της μπάμιας είναι λοβός το σχήμα του οποίου είναι επίμηκες και στο ένα άκρο του λεπταίνει και σχηματίζει ράμφος. Οι διαστάσεις του στο στάδιο της πλήρους ανάπτυξης είναι 10-30 x 2-6 cm (μήκος x διάμετρος). Ο καρπός φέρει κατά μήκος αύλακες είναι τριχωτός και όταν φθάσει στο στάδιο της φυσιολογικής ωρίμανσης σχίζεται κατά μήκος στις γωνίες αφήνοντας τους σπόρους να πέσουν στο έδαφος. Οι νεαροί λοβοί είναι τριχωτοί και ελαφρώς τραχείς. Ο αριθμός των ραχών ποικίλει από 1-10. Οι καρποί αποτελούνται από 55-62% περικάρπιο, 30-40% σπόρους και 7-11% ποδίσκο (Singh & Agarwal, 1988). Ο καρπός γίνεται ξυλώδης κατά την ωρίμανση.

Ο σπόρος της μπάμιας έχει σχήμα στρογγυλό, κυλινδρικό, το χρώμα του είναι από σκούρο πράσινο έως σκούρο καστανό και αποτελείται από (α) το σκληρό κέλυφος, (β) το ενδοσπέρμιο και (γ) το έμβρυο με τις αναδιπλούμενες κοτύλες (Serrato et al., 1992).

## 2.2 Χημική σύσταση της μπάμιας

Επειδή η ποιότητα του καρπού συνδέεται με την περιεκτικότητα του σε ίνες η οποία αυξάνει ταχύτητα κατά την διάρκεια της ανάπτυξης του κάνοντάς τον ακατάλληλο για κατανάλωση 9-10 ημέρες μετά την άνθιση ανάλογα με την ποικιλία (Sistrunk et al., 1960), για τον λόγο αυτό η συγκομιδή για νωπή κατανάλωση πρέπει να γίνει έγκαιρα δηλ. σε 7-8 ημέρες μετά την άνθιση για τους σχετικά μεγάλους καρπούς και σε 3-4 ημέρες για τους μικρούς καρπούς.

Στο στάδιο της συγκομιδής είτε για νωπή κατανάλωση είτε για επεξεργασία (κονσερβοποίηση, κατάψυξη ή αποξήρανση) ο καρπός της μπάμιας είναι ανώριμος και η ποιότητά του κρίνεται από το χρώμα, μέγεθος, σχήμα και την αίσθηση της υφής ή συνεκτικότητας. Συνήθως οι καρποί συγκομίζονται όταν είναι τρυφεροί, σαρκώδεις, το χρώμα τους λαμπερό πράσινο και οι σπόροι μικροί. Μετά την περίοδο αυτή ο λοβός γίνεται ινώδης και σκληρός και η ένταση του πράσινου χρώματος μειώνεται (Ρεκούμη, 2011).

Ο καρπός της μπάμιας περιέχει κυρίως πρωτεΐνες, υδατάνθρακες και βιταμίνη C (Lamont 1999, Owolarafe & Shotonde 2004, Arapitsas 2008, Dilruba et al. 2009). Μία τυπική σύσταση του βρώσιμου μέρους (%) περιλαμβάνει: Νερό 88.6 g, Ενέργεια 144.00 kJ (36 kcal), πρωτεΐνη 2.10

g, υδατάνθρακες 8.20 g, λιπαρά 0.20 g, κυτταρίνη 1.70 g, Ca 84.00 mg, P 90.00 mg, Fe 1.20 mg, β-καροτίνιο 185.00 µg, ριβοφλαβίνη 0.08 mg, Θειαμίνη 0.04 mg, Νιασίνη 0.60 mg και Ασκορβικό οξύ 47.00 mg (Benchasri, 2012), ενώ στον **Πίνακα 1** δίνεται η σύσταση διάφορων Νιγηριανών ποικιλιών μπάμιας.

Ο λοβός της μπάμιας είναι επίσης πλούσια πηγή αμινοξέων (**Πίνακας 2**), και λιπαρών οξέων (**Πίνακας 3**), με τα τελευταία να βρίσκονται κυρίως στους σπόρους του. Η γνώση των μεταβολών που συμβαίνουν στην σύσταση των υδατανθράκων της μπάμιας είναι ιδιαίτερα σημαντική. Είναι γνωστό για παράδειγμα, ότι οι ώριμες μπάμιες χάνουν την τρυφερότητα τους και η γλοιώδης υφή που εμφανίζουν οι νεαροί καρποί κατά το μαγείρεμά τους χάνεται με την πρόοδο της ωρίμανσης. Οι Longe et al. (1982) μελέτησαν τις μεταβολές στην σύσταση καρπών μπάμιας διαφορετικών ποικιλιών που συλλέχθηκαν σε διάστημα 1-10 ημερών μετά την ανθοφορία. Η πρωτεΐνη βρέθηκε να ελαττώνεται με την πρόοδο της ωρίμανσης ενώ οι άπεπτες ίνες αυξανόταν. Το άμυλο και τα διαλυτά σε αλκοόλη ζάχαρα παρουσίασαν μικρή μεταβολή, σε αντίθεση με την ημικυτταρίνη, κυτταρίνη και λυγνίνη που εμφάνισαν σημαντική αύξηση, με τον παράγοντα “ποικιλία” να παίζει σημαντικό ρόλο. Αυτό εξηγεί το γεγονός ότι με την πρόοδο της ωρίμανσης, οι καρποί της μπάμιας αποκτούν ξυλώδη και σκληρή υφή με συνέπεια της υποβάθμιση της ποιότητάς τους.

**Πίνακας 1:** Σύσταση ποικιλιών μπάμιας (% επί ξηρού βάρους) Adetuyietal.,(2011)

Variety	Υγρασία	Πρωτεΐνες	Φυτικές ίνες	Λιπαρά	Τέφρα
Benin	88.73	14.87	10.63	9.67	8.26
Auchi	87.59	13.61	10.15	9.82	7.19
Ikaro	90.13	16.27	11.18	9.03	9.63
Akure	89.02	15.17	10.93	9.97	8.56
Okene	89.63	15.77	11.63	10.57	9.16
Lokoja	88.35	14.41	10.28	9.22	7.89



Πίνακας 2: Σύσταση Αμινοξέων Μπάμιας σε διάφορες ποικιλίες, (g/16 gN). (Udayasekhara,1985; Al-Wandawi, 1983).

Αμινοξέα	Pusa savani	Emerald	Ibtaira
Lysine	9,3	7,24	8,9
Histidine	3,6	1,78	1,83
Arginine	13,8	11,04	10,16
Aspartic acid	12,9	11,82	13,17
Threonine	3,6	3,02	3,49
Serine	5,9	5,25	6,35
Glutamic acid	22,0	22,08	20,74
Proline	-	3,83	4,18
Glycine	6,0	6,13	6,66
Alanine	4,4	5,51	6,66
Cystine	-	2,45	2,53
Valine	5,8	4,00	4,95
Methionine	2,3	1,66	1,85
Isoleucine	4,2	3,15	3,32
Leucine	7,2	6,68	7,03
Tyrosine	3,0	3,69	3,83
Phenylalanine	4,0	4,28	3,93
Tryptophan	1,9	0,96	0,85

Πίνακας 3: Σύσταση διάφορων ποικιλιών μπάμιας σε λιπαρά οξέα (Udayasekhara,1985; Al-Wandawi, 1983)

Λιπαρό οξύ (%)	Pusa savani	Emerald	Ibtaira
myristic acid (14:O)	0,4	0,30	0,30
palmitic acid (16:O)	23,5	39,14	32,91
stearic acid(18:O)	4,3	4,19	3,46
oleic acid (18:1)	28,9	55,92	62,87
linoleic acid (18:2)	42,4	0,1	0,09
linolenic acid (18:3)	<0,5	-	-

Ακόμη, παράλληλα με την μείωση της περιεχόμενης υγρασίας παρατηρείται μια σχετική αύξηση στην συγκέντρωση των ιξωδών ουσιών επί του νωπού βάρους του καρπού (Iremiren, 1991). Η περιεκτικότητα των πράσινων καρπών σε ιξώδεις (κολλώδεις) ουσίες ανέρχεται σε περίπου σε 0.55-0.65% και διαφέρει ανάλογα με τον γονότυπο (Girase et al. 2003).

Μια ενδεικτική περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες των καρπών της μπάμιας δίνεται στον Πίνακα 4. Εκτός από τα ελεύθερα ζάχαρα και το άμυλο, η πηκτίνη και οι πολυσακχαρίτες είναι μείζονος σημασίας αφού αυτά είναι που προσδίδουν τις ιδιαίτερες ιδιότητες που έχει το λαχανικό αυτό.

**Πίνακας 4:** Συγκέντρωση υδατανθράκων σε τέσσερις ποικιλίες μπάμιας (g/100 g ξηρού βάρους) (Longe et al, 1982)

Ποικιλία	Ελεύθερα σάκχαρα	Άμυλο	Υδατοδιαλυτοί υδατάνθρακες (πηκτίνη+ πολυσακχαρίτες)	Ημικυτταρίνες	Κυτταρίνη	Λιγνίνη
A	7,91±1,61	3,27±0,66	14,2±6,05	17,6±6,62	8,90±5,05	8,56±1,37
B	9,76±1,59	3,26±0,48	14,1±2,44	11,5±3,65	16,9±7,75	7,33±7,75
Γ	9,76±0,82	3,36±0,67	18,4±4,19	12,0±2,97	7,29±4,20	6,46±2,26
Δ	9,86±1,30	2,87±0,73	13,4±2,57	14,7±2,08	9,70±4,80	13,1±3,28

### 2.2.1 Η σύσταση της βλέννης

Η βλέννη της μπάμιας αποτελείται από όξινους πολυσακχαρίτες και τέφρα και χαρακτηρίζεται από pH 6.9-7.5 και ιξώδες 19.2 cP (Whistler & Conrad, 1954; El-Mahdy & El-Sebaiy,1984). Οι πολυσακχαρίτες αποτελούνται απο γαλακτόζη, ραμνόζη και γαλακτουρονικό οξύ. Ο Amin (1956) επίσης ανίχνευσε τα τρία πρώτα ζάχαρα και επιπρόσθετα την αραβινόζη. Τα παραπάνω επιβεβαιώθηκαν από τους Lengsfeld et al.,(2004) και Deters *et al.*,(2005), οι οποίοι πρόσθεσαν στα ήδη υπάρχοντα γνωστά σάκχαρα την γλυκόζη και το γλυκουρονικό οξύ. Κατά τους Tomoda et al.(1980), το βασικό δομικό στοιχείο του πολυσακχαρίτη της μπάμιας αποτελείται από επαναλαμβανόμενες και εναλλασσόμενες μονάδες α-(1→2)-ραμνόζης και α-(1→4)-γαλακτουρονικού οξέος, εκ των οποίων οι μισές ομάδες της ραμνόζης φέρουν διακλαδισμένη αλυσίδα δισακχαρίτη αποτελούμενη από β-(1→4)-γαλακτόζη.

Η σύνθεση των αδιάλυτων σε αλκοόλη συστατικών (AIS) της μπάμιας σε σάκχαρα παρουσιάζεται στον **Πίνακα 5** και αποτελούνται κυρίως από

γλυκόζη (Glc) 44 %, γαλακτόζη (Gal)17 % και γαλακτουρονικό οξύ (GalA) 16 %. Οι Kelkar *et al.*, (1962) μετά από υδρόλυση της βλέννης διαπίστωσαν την παρουσία γλυκόζης και γλυκοζαμίνης και προσδιόρισαν

Πίνακας 5: σύνθεση σε ζάχαρα των αδιάλυτων συστατικών σε αλκοόλη (AIS) της μπάμιας (Sengkhamparn *et al.*, (2009).

	Gal	Glc	GalA
AIS	17(10)	44(25)	16(14)
HBSS	34(3.2)	1(0.1)	35(4.0)
CHSS	17(0.6)	1(0)	63(3.0)
DASS	19(1.8)	4(0.4)	48(5.5)

ποσοτικά έξι αμινοξέα. Οι Agarwal *et al.*, (2001), αναφέρουν 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), με την βοήθεια χρωματογραφίας 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 (Sengkhamparn, *et al.*, 2009b). Ρεολογικές μετρήσεις υπό ταλάντωση (Oscillation) έχουν δείξει ότι πυκνά διαλύματα HBSS είναι κυρίως ελαστικά, ενώ τα CHSS είναι ιξώδη (Sengkhamparn *et al.*, 2010). Λόγω των ρεολογικών αυτών χαρακτηριστικών τους, οι πολυσακχαρίτες της μπάμιας παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην βιομηχανία τροφίμων όπως ήδη έχει προαναφερθεί στο κεφ. 2.1.

### 3. Σκοπός της εργασίας

Ο σκοπός της εργασίας ήταν:

- Να αναπτυχθεί μια τεχνολογία παραλαβής πολυζαχαρίτη από καρπούς μπάμιας που προορίζονται για απόρριψη από τις βιομηχανίες επεξεργασίας τους λόγω ακαταλληλότητας, με την χρησιμοποίηση συστημάτων επεξεργασίας του Βιομηχανικού Εργαστηρίου του Τμήματος
- να γίνει προσπάθεια αριστοποίησης των συνθηκών παραλαβής του πολυζαχαρίτη.

## 4. Υλικά και μέθοδοι

### 4.1 Η πρώτη ύλη

Η πρώτη ύλη που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία (~700 Kg), ήταν ευγενική προσφορά της Εταιρίας ΜΠΑΡΜΠΑ ΣΤΑΘΗΣ Α.Β.Ε.Ε (Σίνδος, Θεσσαλονίκη). Η προέλευσή της ήταν από την Κομοτηνή, συλλέχθηκε τους θερινούς μήνες του 2012 και αποτελούνταν από καρπούς μεγάλου μεγέθους οι οποίοι κανονικά απορρίπτονται από την γραμμή παραγωγής ως ακατάλληλοι για παραπέρα επεξεργασία (κατάψυξη). Η μεταφορά της έγινε σε κατεψυγμένη μορφή και αποθηκεύθηκε στον καταψύκτη του Βιομηχανικού Εργαστηρίου στους  $-12^{\circ}\text{C}$  μέχρι την παραπέρα επεξεργασία της.

### 4.2 Μηχανήματα

Στις προκαταρκτικές δοκιμές που αποτελούν σημαντικό τμήμα της παρούσας εργασίας και στην προτεινόμενη διαδικασία εξαγωγής του πολυζαχαρίτη από τους καρπούς της μπάμιας, χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω μηχανήματα:

- α. Διπλότοιχη, θερμαινόμενη δεξαμενή με αναδευτήρα χωρητικότητας 194 L της εταιρείας PIERRE GUERIN, Γαλλίας.
- β. Πολύστροφος μύλος κοπής (cutter) της εταιρείας HENRI BIAUGEAUD, Γαλλίας.
- γ. Δονούμενο κόσκινο (ιδιοκατασκευή), με βροχίδες διαμετρήματος 2 mm. και σίτες.
- δ. Οριζόντιος φυγοκεντρικός διαχωριστής τύπου DECANter της εταιρείας ROBATEL, Γαλλίας και φυγοκεντρικός διαυγαστής του λαδιού της εταιρείας WESTFALIA, Γερμανίας.
- ε. Διβάθμιος συμπυκνωτής κατερχόμενης στιβάδας, εξατμιστικής ικανότητας 100 L/h, με δυνατότητα λειτουργίας υπό ελεγχόμενη ελαττωμένη πίεση μέχρι 100 mbar, πλήρως αυτοματοποιημένος με έλεγχο λειτουργίας μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή, της εταιρείας ALFA-LAVAL, Σουηδίας.
- στ. Ξηραντήριο υγρών τροφίμων με εκνέφωση (spray-drier), εξατμιστικής ικανότητας 50 L/h, της εταιρείας NIRO, Δανίας.
- ζ. Ξηραντήριο στερεών τροφίμων με δίσκους (tray-drier) με σύστημα ελέγχου του ρυθμού ξήρανσης, της εταιρείας APEX, Μ. Βρετανίας

- η. Φυγοκεντρικός διαχωριστής / διαυγαστής της εταιρείας ALFA-LAVAL, Γαλλίας.
- θ. Συσκευή απομάκρυνσης φλοιών φρούτων (ραφινέζα) της εταιρείας HENRI BIAUGEAUD, Γαλλίας.
- ι. Φούρνος κενού της εταιρείας J.P. SELECTA S.A. (Mod. Vaciotem), Ισπανίας.

#### 4.3 Αντιδραστήρια

α. Όξινο τρυγικό κάλιο (extra pure) (cod. 25506) της εταιρείας Riedel-de Haën, Seelze, Germany.

β. Όξινο ανθρακικό νάτριο εμπορικής καθαρότητας

#### 4.4 Μέθοδοι ανάλυσης

##### 4.4.1 Προσδιορισμός υγρασίας

Ο προσδιορισμός της περιεχόμενης υγρασίας στα δείγματα γινόταν με ξήρανση ορισμένης ποσότητας του δείγματος σε petri σε φούρνο με ρεύμα αέρα (Gallenkamp, model OV-160, Loughborough, U. K.) στους 110°C x 2 h.

$$\text{Περιεχόμενη υγρασία (\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

Όπου  $W_1$  = αρχικό βάρος του δείγματος (g)

$W_2$  = βάρος δείγματος μετά την ξήρανση στους 110 °C (g)

##### 4.4.2 Προσδιορισμός πρωτεΐνης

Ο προσδιορισμός της πρωτεΐνης έγινε με την μέθοδο Kjeldahl (AOAC, 2002).

#### 4.5 Προκαταρκτικές δοκιμές

##### 4.5.1 Δοκιμή ξήρανσης του πολυζαχαρίτη σε ξηραντήριο με εκνέφωση (Spray drier)

Ποσότητα κατεψυγμένης μπάμιας (40kg) πολτοποιήθηκε στον κόφτη για 15 s, χρόνος που κρίθηκε κατάλληλος για την αποφυγή ή περιορισμό του σπασίματος των σπόρων. Το πολτοποιημένο δείγμα μεταφέρθηκε σε διπλότοιχη, θερμαινόμενη δεξαμενή με αναδευτήρα, αναμίχθηκε με ίση ποσότητα νερού και το pH ρυθμίστηκε στο 5.5, με την βοήθεια όξινου τρυγικού καλίου και HCL 0.1 M. Το δοχείο θερμάνθηκε στους 50 °C με κυκλοφορία θερμού νερού στο διπλό τοίχωμα του από εξωτερική πηγή



θέρμανσης και το δείγμα παρέμεινε εκεί ~3 h υπό συνεχή ανάδευση και σε ηρεμία ~19 h. Ακολούθησε ο μηχανικός διαχωρισμός των αδρομερών συστατικών δηλ. των ινών και των σπόρων της μπάμιας από το παχύρευστο αιώρημα που προέκυψε κατά την διάρκεια της εκχύλισης με την βοήθεια δονούμενων κοσκίνων με βροχίδες διαμετρήματος 2 mm. Ο ρυθμός παραλαβής της βλέννης από τα κόσκινα φάνηκε να βελτιώνεται με την προσθήκη ποσοτήτων νερού. Προσπάθεια διαχωρισμού των σπόρων από το παχύρευστο αιώρημα με την βοήθεια ραφινέζας δεν απέδωσε.

Το κοσκινισμένο δείγμα αποθηκεύτηκε υπό ψύξη (5°C) και την επομένη έγινε δοκιμή ξήρανσής του στο σύστημα ξήρανσης με εκνέφωση (Spray-drier). Οι θερμοκρασίες εισόδου και εξόδου του αέρα ήταν 170-190°C και 40°C αντίστοιχα. Η δοκιμή αυτή χαρακτηρίστηκε ως ανεπιτυχής διότι η βλέννη διατηρούνταν στα τοιχώματα του εκνεφωτή ρευστή, αλλά όχι αποξηραμένη πιθανόν λόγω της υδροκολλοειδούς φύσης της.

**4.5.2 Δοκιμή ξήρανσης του πολυζαχαρίτη σε ξηραντήριο υγρών τροφίμων με τύμπανα (drum-drier)**

Η πιθανότητα ξήρανσης του παχύρευστου αιωρήματος με την βοήθεια ξηραντηρίου με τύμπανα απορρίφθηκε, διότι η δοκιμαστική θέρμανση μικρής ποσότητας από αυτό στους 130°C x 30 min είχε ως συνέπεια την διάσπασή του όπως έδειξε η μέτρηση της ρεολογικής του συμπεριφοράς.

#### **4.6 Πορεία εργασίας**

Με βάση τις διάφορες προκαταρκτικές δοκιμές που προηγήθηκαν, η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την παραλαβή του πολυζαχαρίτη δίνεται επιγραμματικά στο **Σχήμα .....**

Πιο συγκεκριμένα:

Γινόταν άλεση 60kg κατεψυγμένης μπάμιας σε μύλο κοπής (cutter) για 15 s και μεταφορά της σε διπλότοιχη, θερμαινόμενη δεξαμενή (50°C) με αναδευτήρα, με προσθήκη ίσης ποσότητα νερού στο οποίο είχε προστεθεί Όξινο ανθρακικό νάτριο (610 g). Ακολουθούσε ανάδευση του δείγματος και παραμονή στην θερμοκρασία αυτή για ~24 h.

Την επομένη ημέρα, γινόταν νέα προσθήκη ποσότητας Όξινου ανθρακικού νατρίου (500 g), για διόρθωση της τιμής του pH του δείγματος και ακολουθούσε η διαδικασία της κοσκίνισης.

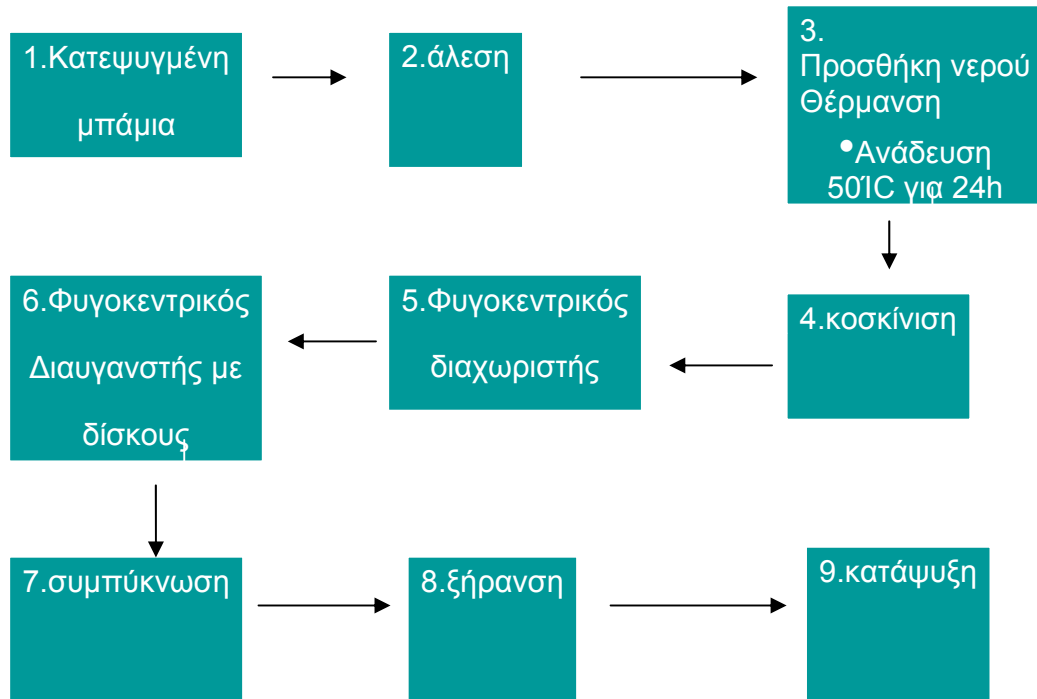
Το κοσκινισμένο δείγμα αποθηκευόταν στο ψυγείο στους 5°C, ενώ την ίδια ημέρα γινόταν επεξεργασία και νέας παρτίδας 60 Kg μπάμιας με την ίδια διαδικασία.

Οι ενοποιημένες παρτίδες των δύο ημερών οδηγούνταν σε οριζόντιο φυγοκεντρικό διαχωριστή με εσωτερικό κοχλιομεταφορέα (Decanter) και φυγοκεντρικό διαυγαστή για τον διαχωρισμό των υπολειμμάτων των ινών που βρίσκονταν μέσα στο πολτό που προέκυψε από το διαχωρισμό με τις σήτες.

Το δείγμα παρέμενε στο ψυγείο και την επόμενη ημέρα ακολουθούσε συμπύκνωση σε διβάθμιο συμπυκνωτή κατερχόμενης στιβάδας. Μετά τη συμπύκνωση το προϊόν τοποθετούνταν σε ξηραντήριο με δίσκους στους 35°C σε εξαναγκασμένο ρεύμα αέρα για 48 ώρες. Το τελικό προϊόν αποθηκευόταν στην κατάψυξη στους -12°C.

Με την διαδικασία αυτή επεξεργαζόταν ~120 kg μπάμιας σε διάστημα μίας εβδομάδας.

## Πορεία εργασίας



## 5. Αποτελέσματα-Συζήτηση

Οι καρποί της μπάμιας που επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθούν στη παρούσα εργασία ήταν υπερώριμοι και ακατάλληλοι για επεξεργασία και παραγωγή καταψυγμένης μπάμιας για εμπορική διάθεση. Ως εκ τούτου αποτελούσαν προϊόν χωρίς εμπορική αξία για την εταιρεία από όπου έγινε η προμήθεια της και στη πραγματικότητα αποτελούσε απόβλητο, οπότε και η παραχώρηση της ήταν δωρεάν και μάλιστα με μεγάλη προθυμία και γενναιοδωρία εκ μέρους της εταιρείας. Επιλέχθηκαν οι υπερώριμοι καρποί γιατί όταν είναι υπερώριμη η μπάμια περιέχει τη μεγαλύτερη δυνατή ποσότητα πολυζαχαρίτη ενώ περιέχει τη μικρότερη δυνατή ποσότητα ζαχάρων, τα κυτταρικά τοιχώματα των καρπών σε μεγάλο βαθμό έχουν ξυλοποιηθεί και επομένως απομακρύνονται πιο εύκολα κατά τη επεξεργασία. Επιπλέον, στους σπόρους του καρπού περιέχεται όλη η ποσότητα του ποσοστού πρωτεΐνης που υπάρχει στον καρπό. Στην υπερώριμη κατάσταση τα τοιχώματα τους έχουν επίσης σκληρύνει κατά πολύ και επομένως είναι πιο εύκολο να απομακρυνθούν χωρίς να σπάσουν. Το σπάσιμο των σπόρων είναι επιζήμιο γιατί από τους σπασμένους σπόρους αποδεσμεύεται η πρωτεΐνη που αναμιγνύεται με τον πολυζαχαρίτη και δυνητικά προκαλεί προβλήματα τόσο στις λειτουργικές του ιδιότητες όσο και στην συντηρησιμότητα του. Η μπάμια παραλήφθηκε από την εταιρεία καταψυγμένη αλλά όχι ζεματισμένη ώστε τα πηκτινολυτικά ένζυμα που περιέχει να μη έχουν αδρανοποιηθεί και να μπορούν να δράσουν όταν βρεθούν σε κατάλληλες συνθήκες. Έτσι ώστε να υδρολύσουν τη υπάρχουσα πηκτίνη και να μη μπορέσει αυτή να αναμιχθεί με τον πολυζαχαρίτη ο οποίος επιζητείται να παραληφθεί σε όσο γίνεται πιο καθαρή κατάσταση.

Το πρώτο στάδιο της επεξεργασίας των καταψυγμένων καρπών της μπάμιας (εφεξής με τη λέξη μπάμια εννοούμε το καρπό του φυτού) ήταν η άλεση της σε πολύστροφο μύλο κοπής (cutter) της εταιρείας HENRI BIAUGAUD, Γαλλίας για χρονικό διάστημα 15s. Η μπάμια τοποθετήθηκε στο δοχείο του μύλου χωρίς προηγουμένως να ξεπαγώσει οπότε η κοπή ήταν πιο εύκολη. Ο χρόνος και η διαδικασία κοπής ρυθμίστηκε έτσι ώστε ένας πολύ μικρός αριθμός των σπόρων να σπάσει και οι υπόλοιποι να παραμείνουν ανέπαφοι. Μετά τη κοπή η αλεσμένη μπάμια τοποθετήθηκε σε δεξαμενή με διπλότοιχο τοίχωμα, εφοδιασμένη με ισχυρό αναδευτήρα με λοξά πτερύγια υπό γωνία. Στο δοχείο

προστέθηκε ίση ποσότητα νερού και το μίγμα άρχισε να αναδεύεται με το αναδευτήρα σε συνεχή κίνηση. Συγχρόνως από εξωτερική πηγή θέρμανσης το δοχείο θερμάνθηκε στους 50°C με κυκλοφορία θερμού νερού στο διπλό τοίχωμα του. Στα στάδιο αυτό με το θερμό νερό γίνεται η εκχύλιση (maceration) του πολυζαχαρίτη από τους αλεσμένους καρπούς και συγχρόνως λόγω της δράσης των πηκτινολυτικών ενζύμων υδρολύεται η πηκτίνη και μετατρέπεται σε αδιάλυτο πηκτικό οξύ. Η όλη διαδικασία διαρκεί γύρω στις 22-24 ώρες.

Στις πρώτες δοκιμές κατά την ανάπτυξη της τεχνολογίας για να μειωθεί το pH της μπάμιας από περίπου 6,2-6,5 γύρω στο 5 όπου είναι το άριστο pH για τη δράση των ενζύμων στη θερμοκρασία των 50°C γινόταν προσθήκη όξινου τρυγικού καλίου και υδροχλωρικού οξέος. Επειδή όμως διαπιστώθηκε ότι το pH δύσκολα μειωνότανε λόγω της παρουσίας ισχυρών ρυθμιστικών συστημάτων που έχει η μπάμια όπως όλοι οι βιολογικοί οργανισμοί αλλά κυρίως επειδή κατά τη διάρκεια της νύκτας συνέβαινε μείωση του pH στη τιμή 3,8 αποφασίστηκε να μη προστίθεται ούτε το όξινο άλας ούτε το οξύ. Η δραματική πτώση του pH οφειλότανε στη δράση γαλακτικών βακτηρίων που προκαλούσαν υδρόλυση όχι μόνο των ζαχάρων της μπάμιας αλλά και του πολυζαχαρίτη, οπότε συνέβαινε παραγωγή γαλακτικού οξέος με συνακόλουθο τη πτώση του pH. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχει ενδεχόμενο η προσθήκη του όξινου άλατος τελικά να έδρασε και ως εκκινητής (starter) που ευνόησε τη δράση των γαλακτικών βακτηρίων και κατά βάση την επιτάχυνε. Ως γνωστό, αποτελεί βιομηχανική πρακτική στη κονσερβοποίηση της μπάμιας η προσθήκη γαλακτικού οξέος ως εκκινητή στη ζύμωση της μπάμιας η οποία επιτελείται σε 48 ώρες στους 35°C περίπου, με σκοπό τη πλήρη υδρόλυση του πολυζαχαρίτη και τη πτώση του pH στο 3,8 ώστε η μπάμια να υποστεί παστερίωση και όχι αποστείρωση η οποία διαφορετικά θα είχε δυσάρεστες συνέπειες για την υφή της κατά την κονσερβοποίηση. Για να αποφευχθεί η υδρόλυση του πολυζαχαρίτη αποφασίστηκε να προστίθεται στην έναρξη της εκχύλισης μαζί με το νερό και όξινο ανθρακικό νάτριο που βοήθησε στη διατήρηση του pH σε τιμές πάνω από 4,2-4,5 με αποτέλεσμα να διατηρηθούν σχετικά ανέπαφα τα μόρια του πολυζαχαρίτη και μάλιστα να διευκολυνθεί κατά πολύ και ο διαχωρισμός του πολυζαχαρίτη από τα υπόλοιπα συστατικά της μπάμιας και κυρίως των ινών της κυτταρίνης και των ανέπαφων σπόρων. Το επόμενο στάδιο της διαδικασίας ήταν ο μηχανικός διαχωρισμός των

αδρομερών συστατικών δηλ. των ινών και των σπόρων της μπάμιας από το παχύρευστο αιώρημα που προέκυψε κατά την διάρκεια της εκχύλισης. Ο διαχωρισμός έγινε σε δύο στάδια με σήτες διαφορετικού διαμετρήματος. Στο πρώτο στάδιο ο διαχωρισμός έγινε με δονούμενα κόσκινα με βροχίδες διαμετρήματος 2 mm και στο δεύτερο στάδιο με στατικό κόσκινο με βροχίδες διαμετρήματος 1.5 mm.

Το επόμενο στάδιο ήταν ο διαχωρισμός των υπολειμμάτων των ινών που βρίσκονται σε λεπτομερή διαμερισμό μέσα στο πολτό που προέκυψε από το διαχωρισμό με τις σίτες, με τη βοήθεια οριζόντιου φυγοκεντρικού διαχωριστή με εσωτερικό κοχλιομεταφορέα (Decanter). Στο στάδιο αυτό απομακρύνθηκαν οι υπόλοιπες ίνες της μπάμιας και προέκυψε ένα υγρό το οποίο περιείχε σε κολλοειδή μορφή τον πολυζαχαρίτη, κυτταρίνη, πρωτεΐνη και διάφορα ζάχαρα. Η απομάκρυνση των κολλοειδών σωματιδίων έγινε με φυγοκεντρική διαλύγηση που επιτελέστηκε σε τριφασικό φυγοκεντρικό διαχωριστή με δίσκους όπου απομακρύνθηκε υπό τη μορφή πολτού η πλειονότητα των κολλοειδών σωματιδίων και προέκυψε ένα διάλυμα ή αραιό αιώρημα που περιείχε τον πολυζαχαρίτη, μέρος της διαλυτής πρωτεΐνης και ζάχαρα. Το υγρό αυτό οδηγήθηκε προς συμπίκνωση σε διβάθμιο συμπυκνωτή κατερχόμενης στιβάδας όπου συμπυκνώθηκε τουλάχιστο στο 1/3 με 1/4 του αρχικού όγκου του, σε ελαττωμένη πίεση (200 mbar) μέχρι η συγκέντρωση των διαλυτών στερεών του συστήματος να φθάσει περίπου τους 5° Brix. Τα διαλυτά στερεά του συστήματος αποτελούνται από διαλυτά ζάχαρα, άλατα και διάφορα οργανικά οξέα που έτσι και αλλιώς συνυπάρχουν στο σύστημα αυτό μαζί με τα μεγαλομόρια πολυζαχαριτών και πρωτεϊνών. Μετά τη συμπίκνωση το προϊόν τοποθετήθηκε σε δίσκους ξηραντηρίου και η περίσσεια του νερού εξατμίστηκε στους 35°C σε εξαναγκασμένο ρεύμα αέρα για 48 ώρες. Το τελικό προϊόν είχε ποσοστό υγρασίας 73-74% και πρωτεΐνη 30.7% (επί ξηρού). Η χρήση αέρα ξήρανσης πολύ χαμηλής θερμοκρασίας έγινε για να αποφευχθεί η διάσπαση του πολυζαχαρίτη που διαπιστώθηκε ότι συμβαίνει όταν η θερμοκρασία ξεπεράσει τους 100°C. Δεν κατέστη δυνατό να συμπυκνωθεί περαιτέρω το προϊόν γιατί ο πολυζαχαρίτης ως εξαιρετικά ισχυρό υδροκολλοειδές που είναι δεν επέτρεπε την αποδέσμευση του νερού από το σύστημα σε ικανοποιητικό βαθμό. Το τελικό προϊόν αποθηκεύτηκε καταψυγμένο για μελλοντική χρήση.

Με βάση τα ανωτέρω μια πιθανή γραμμή παραγωγής πολυζαχαρίτη από τη μπάμια ξεκινώντας από τον αγρό θα έχει το ακόλουθο διάγραμμα ροής:

Αγρός (αλωνισμός μπάμιας)

Μεταφορά με πλατφόρμες χύδην στο εργοστάσιο

Πλύση

Επιθεώρηση

Κοπή σε μύλο

Μούλιασμα σε νερό σε ελεγχόμενη θερμοκρασία και pH

Διαχωρισμός σε δονούμενα κόσκινα δύο βαθμίδων των αδρομερών στερεών

Διαχωρισμός των λεπτομερών στερεών σε Decanter

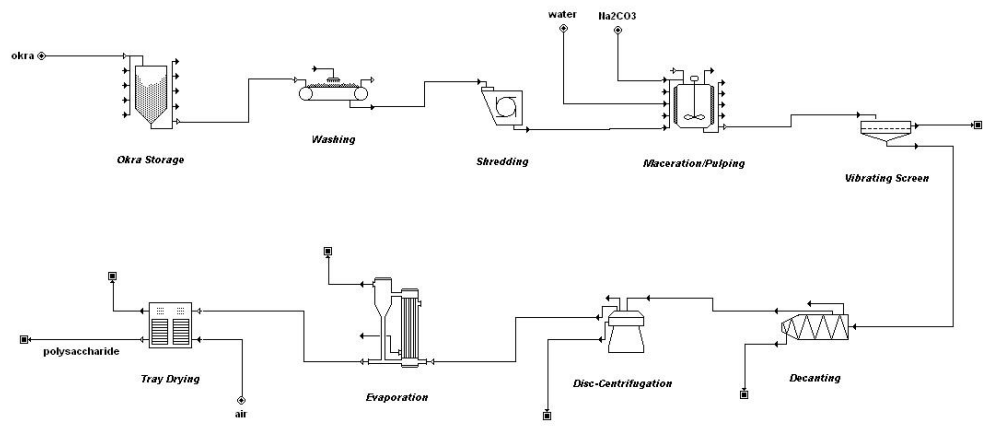
Διούγαση σε φυγοκεντρικό διαχωριστή με δίσκους

Συμπύκνωση του διαυγασθέντος διαλύματος σε διβάθμιο συμπυκνωτή κενού

Ξήρανση σε ξηραντήριο κενού τύπου σήραγγας με ταινιομεταφορέα

Συσκευασία

Το παραπάνω διάγραμμα ροής παρουσιάζεται και στο **Σχήμα.....**



Σχήμα.....Προτεινόμενο διάγραμμα ροής



## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η προτεινόμενη τεχνολογία εξαγωγής του πολυζαχαρίτη από τον καρπό της μπάμιας, με τις κατάλληλες προσαρμογές και βελτιώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραλαβή μεγάλων ποσοτήτων τελικού προϊόντος από καρπούς μπάμιας που απορρίπτονται σε μεγάλες ποσότητες από τις βιομηχανίες που τις επεξεργάζονται.
- Η μέθοδος που προτείνεται, μειώνει σημαντικά την ποσότητα της αιθυλικής αλκοόλης που απαιτείται σε σχέση με την διαδικασία που εφαρμόζεται για την παραλαβή πολυζαχαριτών σε μικροκλίμακα.
- Η προτεινόμενη τεχνολογία μετά από μελέτη, ίσως θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και για την παραλαβή πολυζαχαρίτη από παραπροϊόντα και άλλων καρπών.

## 7. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΑΡΑΠΕΡΑ ΕΡΕΥΝΑ

- Εύρεση των ισοζυγίων μάζας που να αφορούν την όλη διεργασία.
- Καθαροποίηση και χαρακτηρισμός του πολυζαχαρίτη όσον αφορά την σύσταση του
- Περαιτέρω βελτίωση και αριστοποίηση των συνθηκών επεξεργασίας
- Μελέτη της επίδρασης του κάθε σταδίου επεξεργασίας στην ποιότητα του πολυζαχαρίτη που παραλαμβάνεται

## 8.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ελληνική

Ρεκούμη, Κ. (2011). Μελέτη της επίδρασης διάφορων παραγόντων που επηρεάζουν την μετασυλλεκτική συμπεριφορά και ποιότητα της μπάμιας (*Hibiscus sculentus*). Διδακτορική Διατριβή. Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

### Ξένη

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.

Adetuyi, F. O., Osagie, A. U., Adekunle, A. T. (2011). Nutrient, antinutrient, mineral and zinc bioavailability of okra *Abelmoschus esculentus* (L) Moench Variety. American Journal of Food and Nutrition, **1**, 49-54.

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.

Al-Wandawi., H. (1983). Chemical composition of seeds of two okra cultivars. J. Agric. Food Chem. **31**, 1358-1360.

Amin, El. S. (1956) The musilages of *Hibiscus esculentus* (Okra or Bamia fellahi) and *Chorchorus oltorius* (muluchia). J. of Chemical Society, 828-832.

AOAC (2002). Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis, 17th Ed, Gaithersburg, Maryland.

Arapitsas, P. (2008): Identification and quantification of polyphenolic compounds from okra seeds and skins. Food Chemistry, **110**,1041-1045.

Benchasri, S. (2012). Okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) as a Valuable Vegetable of the World. Ratar. Povrt. **49**,105-112.

Deters, A. M., Christian Lengsfeld, C., & Hensel, A. (2005). Oligo- and polysaccharides exhibit a structure-dependent bioactivity on human keratinocytes in vitro. Journal of Ethnopharmacology,**102**, 391–399.

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

- Dilruba, S., Hasanuzzaman, M., Karim, R. & Nahar, K. (2009). Yield response of okra to different sowing time and application of growth hormones. *J. Hortic. Sci. Ornamental Plants*, **1**, 10-14.
- El-Macdy, A. R. and El-Sebaiy, L.A. (1984). Preliminary studies on the mucilages extracted from Okra fruits, Taro tubers, Jew's mellow leaves and Fenugreek seeds. *Food Chemistry*, **14**, 237-249.
- Georgiadis, N., Ritzoulis, C., Sioura, G., Kornezou, P., Vasiliadou, C., & Tsiptsias, C. (2011). Contribution of okra extracts to the stability and rheology of oil-in water emulsions. *Food Hydrocolloids*, **25**, 991-999.
- Girase, Y.P., Chavan, U.D., and Chavan, J.K. (2003). Mucilage from okra(*Abelmoschus esculentus*) cortex-extraction and cultivar evaluation. *Journal of Food Science and Technology(Mysore)*, **40**, 118-119.
- Iremiren, G. O., Osara, A. W. & Okiy, D.A. (1991). Effects of age of harvesting after pod set on growth, yield and quality of okra(*Abelmoschus esculentus*). *Experimental Agriculture*, **27**, 33-37.
- Kelkar G. M., Ingle, T. R. and Bhide, B.V.J., (1962). Mucilages from okra. *J. Indian Chem. Soc.*, **39**, 557–558.
- Kontogiorgos V., I. Margelou, N. Georgiadis, C. Ritzoulis.(2012). Rheological characterization of okra pectins. *Food Hydrocolloids*, **29**, 356-362.
- Lamont, W. (1999). Okra a versatile vegetable crop. *Hort. Technol.* **9**, 179-184.
- Lengsfeld C., Titgemeyer F., Faller G, Hensel A. (2004). Glycosylated compounds from okra inhibit adhesion of *Helicobacter pylori* to human gastric mucosa. *J. Agric. Food Chem.* **52**, 1495-1503.
- Longe, O.G., Fetuga, B.L. & Akenova, M. E. (1982). Changes in the composition and carbohydrate constituents of okra (*Abelmoschus esculentus*, Linn.) with age. *Food Chemistry*, **8**, 27-32.
- Meister J.J., Anderle K. and Merriman G., (1983). Rheology of aqueous solutions of okra mucilage F, *Journal of Rheology*, **27**, 37–46.
- Ndjouenkeu R., Goycoolea F.M., Morrissa 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.

- Owolarafe, O.K. & Shotonde, H.O. (2004). Some physical properties of fresh okra fruit. *J. Food Engin.* **63**, 299-302.
- Rachimov D.A, Chernenko T.V. (2003). Lipid-carbohydrate composition of *Hibiscus esculentus*. *Chemistry of Natural Compounds*, **39**, 246-248.
- Romanchik-Cerpovicz, J. E., Costantino, A. C. & Gunn, L. H. (2006). Sensory Evaluation Ratings and Melting Characteristics Show that Okra Gum Is an Acceptable Milk-Fat Ingredient Substitute in Chocolate Frozen Dairy Dessert, *Journal of the American Dietetic Association*, 594-597.
- Udayasekhara R. P. (1985). Chemical composition and biological evaluation of Okra (*Hibiscus esculentus*) seeds and their kernels. *Qual. Plant Foods Hum. Nutrition*, **35**, 389-396.
- Sengkhampan N., Verhoef R., Schols H. A., Sajjaanantakul T. and Voragen A. G. J., (2009). Characterization of Cell Wall Polysaccharides from Okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). *Carbohydrate Research*, **344**, 1824-1832.
- Sengkhampan N., Bakx E.J., Verhoef R., Schols H.A., Sajjaanantakul T. and Voragen A.G.J., (2009b). Okra pectin contains an unusual substitution of its rhamnosyl residues with acetyl and alpha-linked galactosyl groups. *Carbohydrate Research*, **344**, 1842-1851.
- 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.
- Singh, R. & Agarwal, R. A. (1988). Okra fruit components and their production in okra genotypes. *Research and Development Report*, **5**, 99-100.
- Serrato, Y., Comara, G. L., Lotito, S. and Quagliotti, L. (1992). Seed coat structure and Histochemistry of *Abelmoschus esculentus* chalazal region and water entry. *Annals of Botany*, **69**, 313-321.
- Sistrunk, W. A., Jones, L. G., and Miller, J. C. (1960). Okra pod growth habits. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, **76**, 486-491.
- Tomoda, M., Shimada, K., Saito, Y. & Sugi, M. (1980). Plant mucilages XXVI. *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.