

128

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ ΦΥΤΩΝ
ΑΝΩΤΑΤΗΣ ΓΕΩΠΟΝΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΑΘΗΝΩΝ

Διευθυντής: Καθηγητής Κ.Α.ΝΙΑΒΗΣ

* * * * *

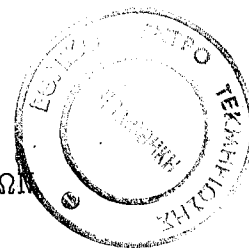
ΧΗΜΕΙΑ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ
ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ
ΟΝΤΟΓΕΝΕΣΗ ΤΩΝ ΚΑΡΠΩΝ ΚΑΙ ΤΗΝ ΩΡΙΜΑΝΣΗ ΤΟΥΣ

* * * * *

ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ Λ. ΜΠΟΥΡΑΝΗ
ΓΕΩΠΟΝΟΥ Α.Γ.Σ.Α.

Διδακτορική Διατριβή υποβληθείσα
στην Ανωτάτη Γεωπονική Σχολή Αθηνών

ΑΘΗΝΑ 1985



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ ΦΥΤΩΝ
ΑΝΩΤΑΤΗΣ ΓΕΩΠΟΝΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΑΘΗΝΩΝ

Διευθυντής: Καθηγητής Κ.Α.ΝΙΑΒΗΣ

* * * * *

ΧΗΜΕΙΑ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ
ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ
ΟΝΤΟΓΕΝΕΣΗ ΤΩΝ ΚΑΡΠΩΝ ΚΑΙ ΤΗΝ ΩΡΙΜΑΝΣΗ ΤΟΥΣ

* * * * *

ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ Α. ΜΠΟΥΡΑΝΗ
ΓΕΩΠΟΝΟΥ Α.Γ.Σ.Α.

Διδακτορική Διατριβή υποβληθείσα
στην Ανωτάτη Γεωπονική Σχολή Αθηνών

ΑΘΗΝΑ 1985

Π Ρ Ο Λ Ο Γ Ο Σ

Η μελέτη του κυτταρικού τοιχώματος αποτελεί ένα γνωστικό πεδίο με ιδιαίτερο ενδιαφέρον, το οποίο ερευνάται σήμερα με εντατικό ρυθμό σε παγκόσμιο επίπεδο. Το Εργαστήριο Φυσιολογίας και Μορφολογίας Φυτών της Α.Γ.Σ.Α. θέλησε να συμβάλλει σ' αυτή την ερευνητική προσπάθεια με την παρούσα πειραματική εργασία, στην οποία δίνεται έμφαση στην μελέτη της χημικής συστάσεως και στην διερεύνηση των μεταβολών των συστατικών του πρωτογενούς κυτταρικού τοιχώματος των καρπών.

Η εργασία διεξήχθη στο Εργαστήριο Φυσιολογίας και Μορφολογίας Φυτών της Ανωτάτης Γεωπονικής Σχολής Αθηνών.

Ευχαριστώ θερμά τον Καθηγητή μου κ. Κ. Νιαβή για την ουσιαστική συμβολή του στην πραγματοποίηση αυτής της εργασίας. Οι συζητήσεις, η κριτική και οι συμβουλές του, οι οποίες διεξήχθησαν πάντοτε με έντονη την φιλική-πατρική διάθεση σε όλες τις φάσεις της εργασίας, και ιδιαίτερα οι παροτρύνσεις για πρωτοβουλία και αυτενέργεια, με βοήθησαν να ξεπεράσω τις δυσκολίες που παρουσιάζει η εκπόνηση μιάς τέτοιας εργασίας.

Ευχαριστώ επίσης θερμά τους Καθηγητές μου κ. Χ. Παπαϊωάννου και κ. Ι. Δροσόπουλο, όλους τους συναδέλφους και το προσωπικό του Εργαστηρίου για την βοήθεια, την συμπαράσταση, την συνεργασία και ιδιαίτερα την φιλική διάθεση που έδειξαν.

ΑΘΗΝΑ 1985

Δημήτρης Α. Μπουράνης

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	1
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
1. Το αντικείμενο της εργασίας	7
2. Το πρωτογενές κυτταρικό τοίχωμα	8
2.1 Γενικά. Ορισμός	8
2.2 Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του πρωτογε- νούς κυτταρικού τοιχώματος	8
2.3 Η χημική σύσταση και η δομή του πρωτογε- νούς κυτταρικού τοιχώματος	10
3. Η χημεία των συστατικών του πρωτογενούς κυττα- ρικού τοιχώματος	12
3.1 Οι λειτουργικές ιδιότητες	12
3.2 Τα πολυμερή του πρωτογενούς κυτταρικού τοι- χώματος	16
3.2.1 Οι δομικές μονάδες	16
3.2.2 Ο τρόπος συνδέσεως των δομικών μονά- δων	18
3.2.3 Οι πηκτίνες	21
3.2.4 Οι ημικυτταρίνες	22
3.2.5 Η κυτταρίνη	25
3.2.6 Οι γλυκοπρωτεΐνες	26
3.3 Ο τρόπος συνδέσεως των πολυμερών του πρω- τογενούς κυτταρικού τοιχώματος	27
4. Η δομή και η οργάνωση του πρωτογενούς κυτταρι- κού τοιχώματος	28
4.1 Η δομή και η λειτουργική οργάνωση του σκε- λετικού υλικού	28
4.2 Η δομή και η λειτουργική οργάνωση των συγ- κολλητικών και γεμιστικών υλικών	31
4.3 Υποδείγματα της δομής και οργάνωσης του πρωτογενούς κυτταρικού τοιχώματος	32
5. Η αύξηση του πρωτογενούς κυτταρικού τοιχώμα- τος	35
6. Η ενζυμική αποδόμηση του πρωτογενούς κυτταρι- κού τοιχώματος	36
7. Η ανάλυση του πρωτογενούς κυτταρικού τοιχώμα-	

τος. Σημερινές θέσεις και προβλήματα	38
8. Το πρωτογενές κυτταρικό τοίχωμα του μεσοκαρπίου των καρπών πυρηνοκάρπων	42
8.1 Η αύξηση και η ωρίμανση του καρπού	42
8.2 Η ιστολογία του μεσοκαρπίου	45
8.3 Η σύσταση, η δομή και οι μεταβολές των συστατικών του πρωτογενούς κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου	46
I.1 Πηκτίνες	48
I.2 Πηκτινολυτικά ένζυμα	52
II.1 Ημικυτταρίνες	53
II.2 Ημικυτταρινολυτικά ένζυμα	54
III.1 Κυτταρίνη	56
III.2 Κυτταρινολυτικά ένζυμα	57
IV. Γλυκοπρωτεΐνες	58

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ

A. Το φυτικό υλικό	61
B. Οι πειραματικές μέθοδοι	62
1. Δειγματοληψία	62
2. Προκαταρκτικοί χειρισμοί του δείγματος ..	62
3. Γενικά για τις πειραματικές μεθόδους	63
4. Παραλαβή του ξηρού κυτταρικού τοιχώματος και του εκχυλίσματος των διαλυτών συστατικών του από το μεσοκάρπιο	64
5. Χειρισμός του υδατικού εκχυλίσματος των διαλυτών συστατικών του κυτταρικού τοιχώματος	67
6. Παραλαβή του ενζυμικού εκχυλίσματος	68
7. Προσδιορισμός της ενζυμικής δραστηριότητας ..	68
8. Προσδιορισμός του ολικού αζώτου του κυτταρικού τοιχώματος	70
9. Προσδιορισμός των ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου του κυτταρικού τοιχώματος	70
10. Κλάσμάτωση του κυτταρικού τοιχώματος	70
11. Υδρόλυση των κλασμάτων	73
12. Διαχωρισμός και παραλαβή των συστατικών ..	74
13. Χειρισμός των ολιγοσακχαριτών	77
14. Ποσοτικός προσδιορισμός των διαχωρισθέντων συστατικών. Φασματοφωτομετρικές μέθοδοι	77

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

1. Η αύξηση των καρπών	82
2. Οι μεταβολές της ξηρής ουσίας του μεσοκαρπίου	86
3. Οι μεταβολές της ξηρής μάζας του κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου	90
4. Οι μεταβολές των κλασμάτων του κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου	94
4.1 Μεταβολές των πηκτινικών κλασμάτων	94
4.2 Μεταβολές των ημικυτταρινικών κλασμάτων..	94
4.3 Μεταβολές του κυτταρινικού κλάσματος.....	99
5. Οι μεταβολές των συστατικών του κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου	108
5.1 Ολικό πηκτινικό κλάσμα	108
5.2 Ολικό ημικυτταρινικό κλάσμα	112
5.3 Κυτταρινικό κλάσμα	116
5.4 Οι συνολικές μεταβολές των σακχάρων και ουρονικών οξέων του κυτταρικού τοιχώματος	120
5.5 Το ολικό άζωτο του κυτταρικού τοιχώματος.	124
5.6 Τα δισθενή ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου του κυτταρικού τοιχώματος	128
5.7 Τα διαλυτά συστατικά του κυτταρικού τοιχώματος	128
6. Οι μεταβολές της δραστηριότητας ενζύμων υπευθύνων για τις μεταβολές του κυτταρικού τοιχώματος	135
6.1 β-D-γαλακτοζιδάση	142
6.2 β-D-ξυλοζιδάση	146
6.3 α-D-μαννοζιδάση	146
6.4 β-D-γλυκοζιδάση	146
6.5 β-D-γλυκουρονιδάση	146

ΜΕΡΟΣ ΤΡΙΤΟ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

1. Η σχετική ακρίβεια της μεθόδου κλασματώσεως...	147
2. Οι μεταβολές των αναπτυσσομένων καρπών.....	148
2.1 Η αύξηση των καρπών	148
2.2 Η ξηρή ουσία του μεσοκαρπίου	151
2.3 Το πρωτογενές κυτταρικό τοίχωμα τού μεσοκαρπίου	152
3. Οι μεταβολές των επιμέρους κλασμάτων του πρωτογενούς κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου	155
3.1 Το πηκτινικό κλάσμα	155
3.2 Το ημικυτταρινικό κλάσμα	158

3.3 Το κυτταρινικό κλάσμα	159
4. Οι μεταβολές των συστατικών του πρωτογενούς κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου	161
4.1 Τα συστατικά των πηκτινών	161
4.2 Τα συστατικά των ημικυτταρινών	168
4.3 Τα συστατικά της κυτταρίνης	172
4.4 Τα διαλυτά συστατικά	176
4.5 Το ολικό άζωτο των γλυκοπρωτεϊνών	180
4.6 Τα δισθενή ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου..	181
5. Ενζυμική δραστηριότητα και μεταβολές του κυττα- ρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου	184

ΜΕΡΟΣ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ ΤΟΥ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ ΕΝΑ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

1. Γενικά	197
2. Η έννοια του μαθηματικού μοντέλου	197
3. Θεωρητική ανάπτυξη του προτεινομένου μαθηματι- κού μοντέλου	198
4. Προσδιορισμός των σταθερών της προτεινομένης ε- ξισώσεως	205
5. Κριτική και χρησιμότητα του μαθηματικού μο- ντέλου	208
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	211
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΠΙΝΑΚΩΝ	219
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	259
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	263

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. ΤΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι φυσιολογικές μεταβολές των πρωτογενών κυτταρικών τοιχωμάτων του παρεγχυματικού ιστού των καρπών που οδηγούν στο μαλακωμα του ιστού, αποτελούν μια από τις πιο χαρακτηριστικές εκδηλώσεις της ωριμάνσεως και της υπερωριμάνσεως. Η απαίτηση να επιμηκυνθεί η εμπορική ζωή των καρπών οδήγησε στην αναζήτηση τρόπων με τους οποίους θα είναι δυνατός ο δυναμικός έλεγχος των διεργασιών που οδηγούν στην ωρίμανση και την υπερωρίμανση. Η διερεύνηση του μηχανισμού με τον οποίο πραγματοποιείται το μαλάκωμα παρουσιάζει διπλό ενδιαφέρον, τόσο από την θεωρητική-φυσιολογική πλευρά όσο και από την πρακτική, διότι είναι δυνατόν να οδηγήσει στην δυνατότητα επεμβάσεων για έλεγχο των διεργασιών αυτών. [38,91]

Η μελέτη αυτή είχε ως βασική επιδίωξη την σπουδή της χημείας και των μεταβολών των συστατικών του πρωτογενούς κυτταρικού τοιχώματος κατά την οντογένεση και την ωρίμανση των καρπών. Από τους διάφορους καρπούς επελέγησαν οι καρποί των πυρηνοκάρπων και συγκεκριμένα τα Κορόμηλα, τα Ροδάκινα και τα Βερύκοκκα. Η χημεία και οι μεταβολές του πρωτογενούς κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου των καρπών της Κορομηλιάς απετέλεσε το κύριο αντικείμενο μελέτης, ενώ για λόγους συγκρίσεως έγινε παράλληλα μελέτη των αντιστοιχών μεταβολών σε καρπούς Ροδακινιάς και Βερυκοκκιάς.

Οι στόχοι της εργασίας ήταν: 1) ανάπτυξη κατάλληλης πειραματικής μεθοδολογίας, 2) παρακολούθηση και διερεύνηση των μεταβολών του κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου με δειγματοληψίες κατά την διάρκεια της αυξήσεως των καρπών από την σκλήρυνση του ενδοκαρπίου μέχρι και την υπερωρίμανση, και 3) αναζήτηση των ομοιοτήτων και διαφορών στον τύπο των συγκεκριμένων μεταβολών στα είδη αυτά που είναι βοτανικώς συγγενή.

2. ΤΟ ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΣ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟ ΤΟΙΧΩΜΑ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ . ΟΡΙΣΜΟΣ

Τα φυτικά κύτταρα σχηματίζουν εξωτερικά του πλασμαλήμματος ένα χαρακτηριστικό περίβλημα από υλικά ορισμένης χημικής συστάσεως, τα οποία εκκρίνονται από το κυτταρόπλασμα. Το περίβλημα αυτό ονομάζεται ΚΥΤΤΑΡΙΚΟ ΤΟΙΧΩΜΑ (ΚΤ).

Το κυτταρικό τοίχωμα υπάρχει σε κάθε φυτικό κύτταρο και ανάλογα με τον τύπο και την λειτουργική συμπεριφορά του φυτικού κυττάρου διακρίνουμε σημαντικές παραλλαγές στην δομή και την οργάνωση του κυτταρικού τοιχώματος του.

Το κυτταρικό τοίχωμα που σχηματίζεται σε νεαρά φυτικά κύτταρα μετά την κυτταροδιαίρεση και την διάμρφωση του μεσοτοιχίου και παρακολουθεί τον ρυθμό της αυξήσεως αυτών των κυττάρων και του ιστού στον οποίο συμμετέχουν, ονομάζεται ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΣ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟ ΤΟΙΧΩΜΑ (ΠΚΤ).

Επειδή το κυτταρικό τοίχωμα είναι το μόνο τμήμα του φυτικού κυττάρου που παραμένει μετά την νέκρωση του κυτταροπλάσματος, εθεωρείτο και αντιμετωπίζετο για μεγάλο χρονικό διάστημα σαν ένας αδρανής, νεκρός σχηματισμός. Τα δεδομένα όμως προσφάτων ερευνητικών εργασιών οδήγησαν σε μία σχετική αναθεώρηση αυτών των απόψεων, όσον αφορά ειδικά το πρωτογενές κυτταρικό τοίχωμα. Το γεγονός, ότι αυτό εσωτερικά συμπλέκεται στενά με την κυτταροπλασματική μεμβράνη, υπόκειται σε μεταβολές υπό την επίδραση ενζύμων και είναι δυνατόν μερικά τουλάχιστον από τα συστατικά του να μεταβολίζονται, όπως συμβαίνει στην περίπτωση καρπών που ωριμάζουν, οδηγεί στην αντίληψη ότι δεν προκειται για μια αδρανή, νεκρή περιοχή του κυτταρού, αλλά για ένα σχηματισμό που είναι πολύ στενά συνδεδεμένος με το ζωντανό περιεχόμενο του κυτταροπλάσματος, του οποίου άλλωστε είναι προϊόν. [4, 5, 6, 12, 35, 91]

2.2 ΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ

Η ύπαρξη του ΠΚΤ στα φυτικά κύτταρα εξυπηρετεί ορισμένους βασικούς λειτουργικούς σκοπούς:

1) Το ΠΚΤ συναντάται σε λειτουργικά φυτικά κύτταρα που βρίσκονται σε αύξηση.

2) Χρησιμεύει σαν ένα ανθεκτικό εξωτερικό περιβλημα, το οποίο προορίζεται να συγκρατεί και να προστατεύει το ζωντανό περιεχόμενο του κυττάρου, αντισταθμίζοντας συγχρόνως τις εσωτερικές τάσεις.

3) Συμμετέχει στη διαμόρφωση του ωσμωτικού συστήματος, παρέχοντας μηχανική προστασία σ' αυτό.

4) Σ' ένα φυτικό ιστό που περιλαμβάνει αυξανόμενα κύτταρα, το κυτταρικό τοίχωμα κάθε κυττάρου βρίσκεται σε στενή επαφή με τα τοιχώματα των διπλανών κυττάρων προσδίδοντας στον συγκεκριμένο ιστό φυσική συνάφεια, ελαστικότητα και αντοχή, ώστε να αποτελεί το σκελετικό του υπόβαθρο. Η κοινή ζώνη επαφής που χωρίζει τα κυτταρικά τοιχώματα των γειτονικών αναπτυσσομένων κυττάρων ονομάζεται ΜΕΣΟΤΟΙΧΙΟ και θεωρείται μέρος του κυτταρικού τοιχώματος. Η μορφολογία ενός συγκεκριμένου φυτικού ιστού κατά συνέπεια επηρεάζεται από την δομή και την οργάνωση των κυτταρικών τοιχωμάτων που περιλαμβάνει.

5) Το ΠΚΤ δεν είναι ένα απλό, συμπαγές, στατικό περιβλημα, αλλά αυξάνει και μετασχηματίζεται παρακολουθώντας την πορεία της αυξήσεως του κυττάρου και την εξέλιξη του ιστού. Κατά τον μετασχηματισμό αυτό αλλάζει σε σχήμα, μέγεθος, σύσταση, δομή και υφή, καθώς νέα υλικά προστίθενται στην δομή του ήδη υπάρχοντος κυτταρικού τοιχώματος. Η διαφοροποίηση των κυτταρικών τοιχωμάτων είναι μία από τις πλέον εμφανείς και σημαντικές εκδηλώσεις της διαφοροποιήσεως μέσα στον ιστό.

6) Αποτελεί ένα δομικό φράγμα που προστατεύει τα κύτταρα από την εισβολή διαφόρων παθογόνων. Πολλά παθογόνα διεισδύουν εντός των κυττάρων του φυτού-ξενιστή, αφού πρώτα προσβάλλουν τα κυτταρικά τοιχώματα του ξενιστή σε κάποιο στάδιο της εξελίξεως του ιστού απελευθερώνοντας ένζυμα, τα οποία αποδομούν τα συστατικά των τοιχωμάτων. Η φύση, η εξειδίκευση και η αλληλουχία της επαγωγής τέτοιων ενζύμων σχετίζεται με τη μοριακή δομή του κυτταρικού τοιχώματος.

7) Είναι λεπτό σε πάχος και παρουσιάζει ετερογένεια ως προς την σύσταση και την δομή.

8) Υπάρχουν παραλλαγές στην δομή και την οργάνωση του ΠΚΤ ανάλογα με τους λειτουργικούς σκοπούς των κυττάρων και των ιστών που συμμετέχει. Από τα ερευνητικά δεδομένα φαίνεται όμως ότι τα ΠΚΤ ενός πλήθους ιστών των ανωτέρων φυτών έχουν αρκετά κοινά

χαρακτηριστικά γνωρίσματα και πιθανώς παρεμφερείς δομές, αλλά και ορισμένες διαφορές που αποδίδονται στα ιδιαίτερα λειτουργικά χαρακτηριστικά του κάθε ιστού.

9) Το ΠΚΤ αυξανόμενων κυττάρων κατά την περίοδο της μεγάλης αυξήσεως αυξάνει το μέγεθος και την επιφάνεια, είτε ομοιόμορφα είτε κατά ορισμένες κατευθύνσεις. [4,5,32,35,96,110,113,120,129,135,145]

2.3 Η ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ Η ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ

Τα δομικά συστατικά του ΠΚΤ είναι μακρομοριακές ενώσεις αποτελούμενες από πολυσακχαρίτες και γλυκοπρωτεΐνες.

Οι πολυσακχαρίτες του ΠΚΤ διακρίνονται από την άποψη της χημικής συστάσεως σε τρεις βασικές ομάδες:

- 1) την ΚΥΤΤΑΡΙΝΗ,
- 2) τους ημικυτταρινικούς πολυσακχαρίτες ή ΗΜΙΚΥΤΤΑΡΙΝΕΣ, και
- 3) τους πηκτινικούς πολυσακχαρίτες ή ΠΗΚΤΙΝΕΣ. [4,5,113,135]

Οι γλυκοπρωτεΐνες του ΠΚΤ διακρίνονται ομοίως σε δύο βασικές ομάδες:

- 4) σε ΔΟΜΙΚΕΣ ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ, που συμμετέχουν στην δομή του κυτταρικού τοιχώματος, και
- 5) σε ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ - ΕΝΖΥΜΑ, που συντελούν στις μεταβολές που υφίσταται το ΠΚΤ κατά την εξέλιξη των κυττάρων και των ιστών, στα οποία συμμετέχει. [4,5,35,96]

Τα συστατικά αυτά εξεταζόμενα από την άποψη της σημασίας τους στη δομή και την λειτουργική συμπεριφορά του ΠΚΤ, διακρίνονται πάλι σε δύο ομάδες:

- 1) τα ΣΚΕΛΕΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ, και
- 2) τα ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΑ και ΓΕΜΙΣΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ.

Στην πρώτη ομάδα περιλαμβάνεται η κυτταρίνη, ενώ την δεύτερη ομάδα αποτελούν οι πηκτίνες, οι ημικυτταρίνες και οι γλυκοπρωτεΐνες.

Η λειτουργική σημασία των σκελετικών υλικών βρίσκεται στο γεγονός ότι τα μόρια τους αποτελούνται από μη-διακλαδιζόμενες αλυσίδες. Με παράλληλη διάταξη τέτοιων γραμμικών μορίων σχηματίζονται μικροϊνίδια και απο συγκροτήματα τέτοιων μικροϊνιδίων σχηματίζεται ο σκελετός του συστήματος των κυτταρι-

κών τοιχωμάτων. Γι' αυτό τον λόγο τα υλικά αυτά ονομάζονται σκελετικά υλικά. Λόγω της συστάσεως των μορίων τους παρέχουν την δυνατότητα κανονικής παράλληλης διατάξεως στον χώρο και παρουσιάζουν ιδιότητες κρυσταλλικού υλικού, δηλαδή εμφανίζουν κρυσταλλικότητα σε μεγάλο βαθμό. [113,32,33,129]

Η λειτουργική σημασία των συγκολλητικών και γεμιστικών υλικών κατανοείται αν λάβουμε υπόψη ότι από αυτά σχηματίζεται η μάζα που παρεντίθεται ανάμεσα στα κενά που δημιουργούνται από την σύνδεση των σκελετικών υλικών μεταξύ τους και έτσι επιτυγχάνεται η δημιουργία ενός ενιαίου συγκροτήματος.

Τα συγκολλητικά υλικά, σε αντίθεση με τα σκελετικά, είναι είτε άμορφα, είτε έχουν πολύ λιγότερο εκφρασμένη την τάση για κρυσταλλικότητα, είτε βρίσκονται σε παρακρυσταλλική κατάσταση, όπως συμβαίνει με εκείνες τις ημικυτταρίνες που είναι πολύ στενά συνδεδεμένες με τα ινίδια της κυτταρίνης. Εκτός από τα πολυμερή υλικά υδατανθρακικής φύσεως, στο ΠΚΤ συναντώνται ως γεμιστικά και πολυμερή υλικά πρωτεϊνικής φύσεως, ορισμένες γλυκοπρωτεΐνες. [113,4,5,6,32,35,42,96]

Τα συστατικά του ΠΚΤ δεν αποτελούν απλές προσμίξεις, αλλά σύμφωνα με τα σύγχρονα ερευνητικά δεδομένα συνδέονται πολύ στενά μεταξύ τους, ώστε να δημιουργείται ένα τριδιάστατο πλέγμα και απαιτείται, όπως θα δούμε με λεπτομέρεια σε άλλη ενότητα, μία σειρά από χημικές και φυσικές διεργασίες για να απομονωθούν αυτά σε στερεή, φυσική κατάσταση.

Η αναλογία των συστατικών ποικίλλει μεταξύ των ΠΚΤ των διαφόρων ιστών, ενώ παρατηρούνται επίσης διαφορές τόσο στα μοριακά βάρη όλων σχεδόν από αυτά, όσο και στη σύσταση της ομάδας των υλικών που συμπεριλαμβάνονται στις πηκτίνες και κυρίως τις ημικυτταρίνες. Πολλές φορές ορισμένα υλικά της ομάδας των ημικυτταρινών είναι και χαρακτηριστικά ορισμένων ειδών φυτών ή και συστηματικών διαιρέσεων. [12,35,52,96,110,145]

Όμως, αν και η διάκριση των δομικών συστατικών του ΠΚΤ σε κυτταρίνη, ημικυτταρίνες και πηκτίνες διευκολύνει στην κατανόηση της λειτουργικής συμπεριφοράς του ΠΚΤ, αποδεικνύεται από τα σημερινά δεδομένα ότι είναι γενική διάκριση. Τα δομικά αυτά συστατικά μπορούν να διακριθούν ακόμη περισσότερο σε υποομάδες με διαφορετική συνεισφορά στα συνολικά χαρακτηριστι-

κά του ΠΚΤ. Αυτό επιτυγχάνεται αν θεωρήσουμε τις δομικές μονάδες και τον τρόπο συνδέσεως τους για τον σχηματισμό των διαφόρων πολυμερών του ΠΚΤ, οπότε διακρίνουμε τις επόμενες κατηγορίες μακρομοριακών ενώσεων:

- *γαλακτουρονάνες, ραμνογαλακτουρονάνες
- *γαλακτάνες, αραβινάνες, αραβινογαλακτάνες
- *μαννάνες, γαλακτομαννάνες, γαλακτογλυκομαννάνες, γλυκουρονομαννάνες
- *ξυλάνες, ξυλογλυκάνες
- *γλυκάνες
- *γλυκοπρωτεΐνες.

Οι ιδιότητες και η χημική συμπεριφορά κάθε δομικού συστατικού του ΠΚΤ αναφέρονται στην επόμενη ενότητα. [4,5,12,35,113,129,135]

3. Η ΧΗΜΕΙΑ ΤΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ

3.1 ΟΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Τα συστατικά του ΠΚΤ είναι μακρομοριακές ενώσεις που σχηματίζονται από ένα μεγάλο αριθμό ιδίων ή διαφορετικών ατόμων και ονομάζονται βιοπολυμερή. Ένα ΒΙΟΠΟΛΥΜΕΡΕΣ συγκροτείται από μόρια μεγάλου μεγέθους αποτελούμενα από μία τουλάχιστον αλυσίδα, που σχηματίζεται με πολλαπλή επαναλήψη ορισμένων ΔΟΜΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ και είναι κατάλληλο για μια συγκεκριμένη βιολογική λειτουργία.

Οι δεσμοί που αναπτύσσονται μεταξύ των ατόμων της αλυσίδας του μορίου είναι ομοιοπολικοί και αποτελούν τους ΚΥΡΙΟΥΣ ΔΕΣΜΟΥΣ. Υπάρχουν όμως και ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΕΣ ΔΕΣΜΟΙ που εξασκούνται μεταξύ γειτονικών μορίων. Ο τύπος δομής ενός βιοπολυμερούς του κυτταρικού τοιχώματος είναι το μεγάλο μόριο με την μορφή αλυσίδας από επαναλαμβανόμενες δομικές μονάδες. Σ' αυτόν τον τύπο δομής, όσο και στον χημικό χαρακτήρα των ατόμων που συγκροτούν τις δομικές μονάδες και κατ'επέκταση την αλυσίδα του μορίου, οφείλονται οι συγκεκριμένες ιδιότητές του.

Η δομή ενός βιοπολυμερούς του ΠΚΤ περιγράφεται πλήρως αν γνωρίζουμε τα εξής: 1) την σύσταση, 2) την μορφή, και 3) τον προσανατολισμό και την φυσική κατάσταση του. [4,5,12,20,35,52,55,117,129,130,156]

Γιά την γνώση της συστασεως ενός πολυμερους του ΠΚΤ απαιτείται να γνωρίζουμε την σύσταση της αλυσίδας, τους υποκαταστάτες της και τον τρόπο συνδέσεως των αλυσίδων μεταξύ τους. Η σύσταση της αλυσίδας περιγράφεται από τον τύπο και την αλληλουχία των ατόμων της αλυσίδας, τις δομικές μονάδες και τον βαθμό πολυμερισμού. Οι υποκαταστάτες περιγράφονται από την φύση και το είδος των πλευρικών και ακραίων μονάδων. Οι συνδέσεις των αλυσίδων μεταξύ τους περιγράφονται από τον τύπο και τον βαθμό των διακλαδώσεων και διασταυρώσεων για τον σχηματισμό πλέγματος. [130,145]

Ένα πολυμερές του ΠΚΤ μπορεί να αποτελείται από ένα ή περισσότερα (συνήθως) είδη δομικών μονάδων, οπότε το διακρίνουμε σε ομοπολυμερές και ετεροπολυμερές. [35,130,12] ΟΜΟΠΟΛΥΜΕΡΕΣ ονομάζεται εκείνο το βιοπολυμερές, του οποίου τα μόρια αποτελούνται από ένα είδος δομικών μονάδων. ΕΤΕΡΟΠΟΛΥΜΕΡΕΣ ονομάζεται αντίστοιχα το βιοπολυμερές, του οποίου τα μόρια αποτελούνται από δύο ή και περισσότερα είδη δομικών μονάδων. Στην περίπτωση των ετεροπολυμερών, αν λάβουμε υπόψη τις δυνατές μεταβολές στις αναλογίες και τον τρόπο με τον οποίο διαδέχονται η μία την άλλη οι διάφορες δομικές μονάδες που συμμετέχουν στη δομή του μορίου, βλέπουμε ότι ο αριθμός των δυνατών μορίων με διαφορές στην δομή λόγω συνθέσεως γίνεται πολύ μεγάλος.

Επόμενως, στα πολυμερή του ΠΚΤ η δομή διαφοροποιείται ανάλογα με την σύνθεση και μπορούμε να διακρίνουμε τρεις επόμενες περιπτώσεις:

- 1) ετεροπολυμερή με μικρά ή μεγάλα ομοπολυμερή τμήματα συνδεδεμένα κατά μήκος της αλυσίδας, με τις δομικές μονάδες να εναλλάσσονται με κάποιο τρόπο.
- 2) ετεροπολυμερή με ένα βασικό κορμό ομοπολυμερούς από τον οποίο αναπτύσσονται διακλαδώσεις από ομοπολυμερή τμήματα άλλου είδους δομικών μονάδων. [35,130,12]

Σε ένα πολυμερές του ΠΚΤ η δομή του μορίου διαφοροποιείται και ως προς την μορφή. Οι διαφορές στην μορφή, που διαφοροποιούν την δομή των μορίων διακρίνονται σε γενικές και ειδικές. Ανάλογα με την γενική μορφή του μορίου τα πολυμερή του ΠΚΤ μπορούν να χαρακτηριστούν ως γραμμικά, διακλαδισμένα και πλέγματα, ενώ ανάλογα με την ειδική μορφή του μορίου διακρίνουμε την στερεοχημική διευθέτηση και τις διαμορφώσεις. [35,52,118,130,135,156]

Σε ένα ΓΡΑΜΜΙΚΟ πολυμερές του ΠΚΤ το μόριο έχει την μορφή μιας απλής αλυσίδας δομικών μονάδων. Σε ολόκληρο το μόριο ή σε ένα γραμμικό τμήμα οποιουδήποτε πολυμερούς η δομή διαφοροποιείται: 1) από το είδος των δομικών μονάδων που υπεισέρχονται στην ανάπτυξη της αλυσίδας, 2) από την διάταξη των δομικών μονάδων στην αλυσίδα, και 3) από την στερεοχημική κανονικότητα που επιτυγχάνεται.

Σε ένα ΔΙΑΚΛΑΔΙΣΜΕΝΟ πολυμερές του ΠΚΤ το μόριο αποτελείται από ένα γραμμικό κορμό πάνω στον οποίο αναπτύσσονται πλευρικές διακλαδώσεις. Πλευρικές ομάδες, οι οποίες υπάρχουν κανονικά στην δομή του μονομερούς, δέν θεωρούνται ως διακλαδώσεις. Ανάλογα με την μορφή των διακλαδώσεων διακρίνουμε τα επόμενα είδη διακλαδισμένων πολυμερών: 1) ο γραμμικός κορμός του διακλαδισμένου βιοπολυμερούς φέρει απλές διακλαδώσεις μικρού μήκους, 2) ο γραμμικός κορμός φέρει απλές διακλαδώσεις μεγάλου μήκους, 3) ο γραμμικός κορμός φέρει σύνθετες διακλαδώσεις, και 4) ο γραμμικός κορμός φέρει στον ίδιο κόμβο περισσότερες από μία διακλαδώσεις με κάποιο από τους προηγούμενους τύπους.

Σε ένα ΠΛΕΓΜΑ το μόριο αποτελείται από αλυσίδες που συνδέονται μεταξύ τους με διασταυρούμενες συνδέσεις, ώστε να σχηματίζεται ένα δίκτυο.

Η διάταξη των ατόμων του μορίου στον χώρο δίνεται με την ΣΤΕΡΕΟΧΗΜΙΚΗ ΔΙΕΥΘΕΤΗΣΗ. Αυτή περιγράφει την διάρθρωση των ατόμων στην αλυσίδα που έχει σταθεροποιηθεί με χημικό δεσμό, την διευθέτηση των υποκαταστατών γύρω από ένα ορισμένο άτομο και την αλληλουχία των επιμέρους στερεοχημικών διευθετήσεων μέσα στην αλυσίδα.

Η θέση που παίρνουν κατά προτίμηση τα άτομα κατά την ελεύθερη περιστροφή στον χώρο γύρω από ένα απλό δεσμό περιγράφεται από την ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ. Η σειρά αυτών των διαμορφώσεων γύρω από απλούς δεσμούς προσδιορίζει την μορφή του συνολικού μακρομορίου. Ανάλογα με την κινητικότητα του μορίου του πολυμερούς ιδιαίτερα στις περιπτώσεις διαλυμάτων, το μόριο αλλάζει με πολύ ταχύ ρυθμό διαμορφώσεις που διαφέρουν στην σχετική θέση των ατόμων του άνθρακα μέσα στην αλυσίδα. Σε κάθε περίπτωση θεωρείται ότι επικρατεί ο θερμοδυναμικά πιθανότερος σχηματισμός. Οι διαμορφώσεις του πολυμερούς μπορεί να διαφέρουν σημαντικά στην υγρή και την στερεή κατάσταση. [130, 12, 36]

Ένα στερεό πολυμερές μπορεί να έχει μεγάλο βαθμό τάξεως στον τρόπο διευθετήσεως των μορίων του ή αντίθετα να έχει μικρό βαθμό. Στην πρώτη περίπτωση το πολυμερές είναι ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟ, ενώ στην δεύτερη περίπτωση ΑΜΟΡΦΟ. Τα κρυσταλλικά πολυμερή δεν είναι ποτέ ολοκρυσταλλικά, αλλά αποτελούνται από κρυσταλλικές και άμορφες περιοχές, οπότε διακρίνουμε ένα ΒΑΘΜΟ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟΤΗΤΑΣ.

Ο κυριότερος παράγοντας που καθορίζει αν ένα πολυμερές μπορεί να κρυσταλλωθεί ή όχι είναι η ύπαρξη διαδοχικών μονάδων στην αλυσίδα, οι οποίες βρίσκονται σε διατάξεις ανεπτυγμένης γεωμετρικής κανονικότητας. Η εμφάνιση κρυσταλλικότητας διαφοροποιεί τις ιδιότητες των στερεών πολυμερών. Φαίνεται να υπάρχει ένας συσχετισμός δομής και τάσεων για κρυσταλλικότητα, ανάλογα με την συμμετρία ή μη της δομής. Πολυμερή με πολύ ανεπτυγμένες διακλαδώσεις πλέγματος είναι άμορφα, δηλαδή δεν κρυσταλλώνονται καθόλου. Η ανάπτυξη διακλαδώσεων επηρεάζει ορισμένες ιδιότητες του γραμμικού πολυμερούς. Η επίδραση αυτή είναι συνάρτηση του αριθμού και του μεγέθους των διακλαδώσεων.

Οι διακλαδώσεις που έχουν μικρό μήκος επηρεάζουν σημαντικά την δυνατότητα κρυσταλλώσεως στην περίπτωση κρυσταλλικού βιοπολυμερούς. Κάθε σημείο διακλαδώσεως δημιουργεί μια τοπική διαταραχή στο κρυσταλλικό πλέγμα. Ορισμένος αριθμός διακλαδώσεων μικρού μήκους προκαλεί αντίστοιχο αριθμό διαταραχών με αποτέλεσμα την μείωση του βαθμού κρυσταλλικότητας. Όταν επηρεάζεται η κρυσταλλικότητα επηρεάζονται και όλες οι ιδιότητες που συνδέονται με αυτήν.

Οι διακλαδώσεις μικρού μήκους δεν επηρεάζουν αισθητά τις ιδιότητες των αμόρφων βιοπολυμερών ή τις ιδιότητες των διαλυμάτων, με εξαίρεση την περίπτωση όπου υπάρχει ένας πολύ μεγάλος αριθμός διακλαδώσεων μικρού μήκους. Οι διακλαδώσεις μεγάλου μήκους δεν επηρεάζουν σημαντικά την κρυσταλλικότητα. Η κυρία επίδραση των διακλαδώσεων μεγάλου μήκους παρατηρείται στις ιδιότητες των αμόρφων βιοπολυμερών και στις ιδιότητες των διαλυμάτων.

ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΣ βιοπολυμερούς είναι η διεύθυνση που προτιμούν να παίρνουν τα μόρια ή συγκροτήματα μορίων στην φυσική βιολογική κατάσταση του βιοπολυμερούς. [4, 5, 12, 20, 35, 38, 52, 55, 79, 117, 118, 129, 130, 135, 145, 156]

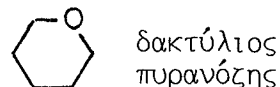
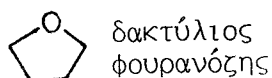
3.2 ΤΑ ΠΟΛΥΜΕΡΗ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ

3.2.1 ΟΙ ΔΟΜΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ

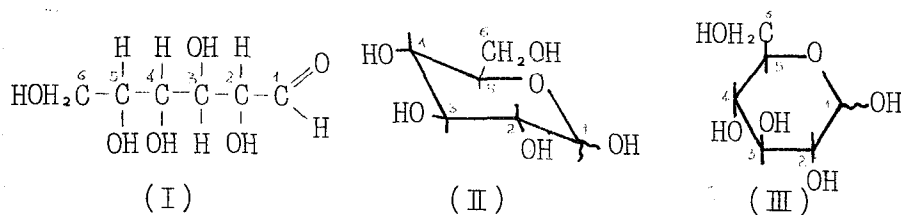
Οι πολυσακχαρίτες του ΠΚΤ συγκροτούνται από τα απλά σάκχαρα: ξυλόζη, αραβινόζη, γαλακτόζη, γλυκόζη, μαννόζη και τα παράγωγά τους: ραμνόζη, γαλακτουρονικό οξύ και γλυκουρονικό οξύ. Αυτά αποτελούν τις δομικές μονάδες των αντιστοιχών βιοπολυμερών. [12, 35, 38, 129]

Οι γλυκοπρωτεΐνες του ΠΚΤ περιέχουν στο υδατανθρακικό τμήμα τους ορισμένες από τις προηγούμενες δομικές μονάδες σακχάρων, ανάλογα με τον συγκεκριμένο φυτικό ιστό, και στο πρωτεϊνικό τμήμα τους ως δομικές μονάδες διάφορα αμινοξέα, από τα οποία σε μεγαλύτερη αναλογία συναντώνται η υδρόξυ-προλίνη και η σερίνη. [12, 35, 38, 129]

Τα σάκχαρα θεωρούνται ως ετεροκυκλικές ενώσεις με πενταμελή φουρανικό δακτύλιο ή εξαμελή πυρανικό δακτύλιο και ονομάζονται φουρανόζες ή πυρανόζες αντίστοιχα.



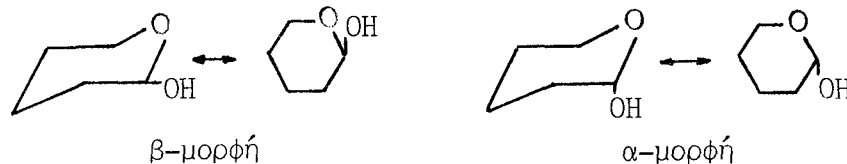
Για το μόριο της D-γλυκόζης, ο γραμμικός τύπος της ως αλδεύδης μετατρέπεται σε ετεροκυκλικό με ενδομοριακή αντίδραση μεταξύ καρβονυλικού C, C(1), και υδροξυλίου του πέμπτου ατόμου άνθρακα, C(5).



Ο τύπος II απεικονίζει την πραγματική διαμόρφωση του δακτυλίου, ο οποίος συνήθως βρίσκεται με την μορφή του ανακλίντρου. Οι υδροξυλικές ομάδες βρίσκονται κατά προτίμηση σε ισημερινές θέσεις, όπου οι στεreoχημικές αλληλεπιδράσεις (και συγκεκριμένα απώσεις Van der Waals) περιορίζονται στο ελάχιστο. Αντί του τύπου διαμορφώσεως II χρησιμοποιείται ως απλούστερος ο

τύπος προβολής III. Και στους δύο τύπους χρησιμοποιείται το σύμβολο \sim OH για να δηλώσει ότι η στερεοχημική δομή του C(1) δεν έχει προσδιοριστεί. Στους κυκλικούς τύπους II και III έχει δημιουργηθεί ένα επιπλέον ασύμμετρο άτομο, το C(1). Επομένως, στην D-γλυκόζη αντιστοιχούν δύο νέα στερεοϊσομερή που χαρακτηρίζονται ως ανωμερή και διαφέρουν στην στερεοχημική διάταξη τα H και τα OH του C(1), η α -μορφή με το OH σε αξονική θέση και η β -μορφή με το OH σε ισημερινή θέση.

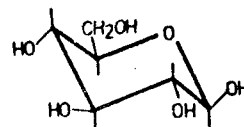
[130]



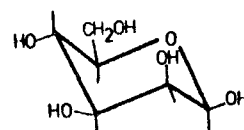
Αν η ομάδα $-\text{CH}_2\text{OH}$ των αλδοζών οξειδωθεί με ενζυμική δράση, έχουμε σχηματισμό ενός παραγώγου του απλού σακχάρου που ονομάζεται ουρονικό οξύ. [130] Από τα σάκχαρα που είναι οι δομικές μονάδες των πολυμερών του ΠΚΤ, ανευρίσκονται με την D-απεικόνιση (configuration) η γλυκόζη, μαννόζη, ξυλόζη, το γλυκουρονικό οξύ και το γαλακτουρονικό οξύ, ενώ η αραβινόζη και η ραμνόζη ανευρίσκονται με την L-διαμόρφωση. [130,12,35]

Οι χημικοί τύποι των δομικών μονάδων των πολυσακχαριτών του ΠΚΤ έχουν ως εξής:

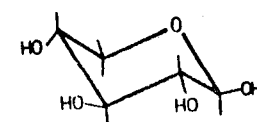
γλυκόζη
 β -D-γλυκοπυρανόζη (β -D-Glc_p)



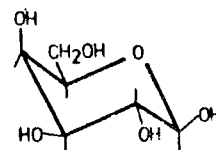
μαννόζη
 β -D-μαννοπυρανόζη (β -D-Man_p)



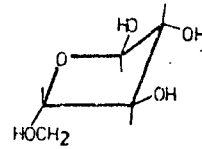
ξυλόζη
 β -D-ξυλοπυρανόζη (β -D-Xyl_p)



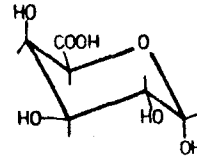
γαλακτόζη
 β -D-γαλακτοπυρανόζη (β -D-Gal_p)



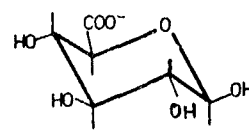
αραβινόζη
 α -L-αραβινοφουρανόζη (α -L-Ara_f)



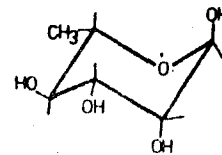
γαλακτουρονικό οξύ
 α -D-γλυκοπυρανόζυλουρονικό οξύ
 (α -D-Gal_pA)



γλυκουρονικό οξύ
 β -D-γλυκοπυρανόζυλουρονικό οξύ
 (β -D-Gluc_pA)



ραμνόζη
 α -L-ραμνοπυρανόζη (α -L-Rha_p)



3.2.2 Ο ΤΡΟΠΟΣ ΣΥΝΔΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΜΟΝΑΔΩΝ

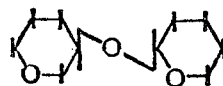
Οι συνδέσεις των συστατικών του ΠΚΤ μπορούν να γίνουν μεταξύ:

- 1) σακχάρου και σακχάρου,
- 2) σακχάρου και αμινοξέος,
- 3) αμινοξέος και αμινοξέος.

Στη συνέχεια εξετάζονται οι δυνατότητες που προκύπτουν από τους συνδυασμούς αυτούς. [Lampert (1970) 96]

A. ΣΥΝΔΕΣΗ ΣΑΚΧΑΡΟΥ ΜΕ ΣΑΚΧΑΡΟ

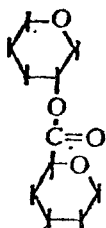
1. Γλυκοζιδικός δεσμός μεταξύ σακχάρων



Τα σάκχαρα μπορούν να ενωθούν με άλλα απλά μόρια μέσω του υδροξυλίου που προκύπτει από τις κυκλικές ενώσεις τους. Αν το -OH αυτό αντιδράσει με υδροξύλιο

του άλλου απλού μορίου, τότε προκύπτει ο Ο-ΓΛΥΚΟΖΙΔΙΚΟΣ ΔΕΣΜΟΣ και το σάκχαρο συνδέεται με το άλλο μόριο μέσω του οξυγόνου. Ο γλυκοζιδικός δεσμός είναι ένας αιθερικός δεσμός C-O-C, ευπαθής σε όξινο περιβάλλον, στο οποίο διασπάται με παραλαβή ενός μορίου H_2O . Η διάσπαση του συνθέτου οργανικού προϊόντος στα δομικά συστατικά του σε όξινο περιβάλλον με σύγχρονη πρόσληψη H_2O , ονομάζεται ΥΔΡΟΛΥΣΗ του γλυκοζιδικού δεσμού.

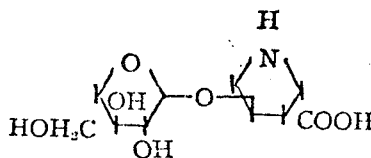
2. Εστερικός δεσμός μεταξύ ουρονικού καρβοξυλίου και υδροξυλίου σακχάρου



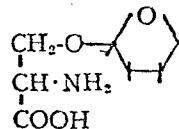
B. ΣΥΝΔΕΣΗ ΣΑΚΧΑΡΟΥ ΜΕ ΑΜΙΝΟΞΥ

1. Ο-γλυκοζιδικός δεσμός

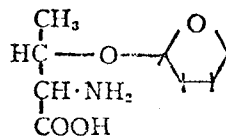
αραβινόζη - υδροξυπρολίνη



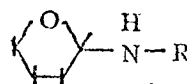
σάκχαρο - σερίνη



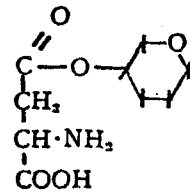
σάκχαρο - θρεονίνη



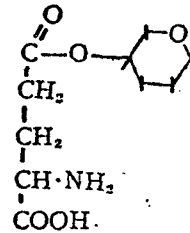
2. N-γλυκοζιδικός δεσμός



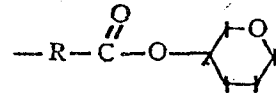
3. Εστερικός δεσμός
 ασπαραγινικό οξύ - σάκχαρο



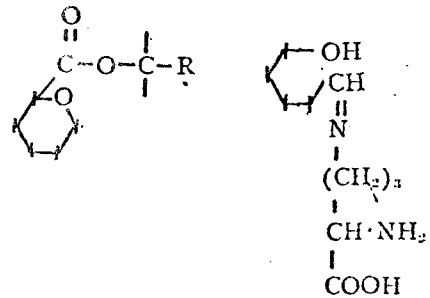
γλουταμινικό οξύ - σάκχαρο



C-τερματικό αμινοξύ - OH-σακχάρου



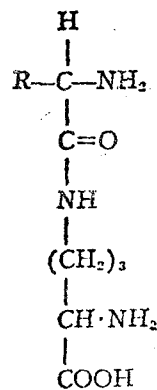
ουρονικό οξύ - υδρόξυαμινοξύ



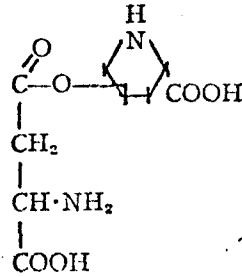
4. Ιμινικός δεσμός
 λυσίνη - σάκχαρο

Γ. ΣΥΝΔΕΣΗ ΑΜΙΝΟΞΕΩΣ ΜΕ ΑΜΙΝΟΞΥ

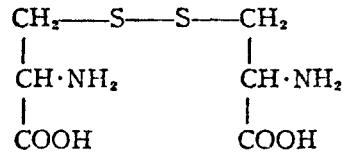
λυσίνη - ασπαραγινικό ή
 γλουταμινικό οξύ



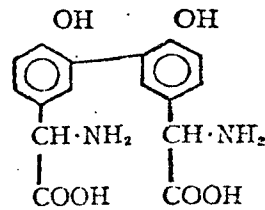
υδροξυπρολίνη - ασπαραγινικό
ή γλουταμινικό οξύ



κυστεΐνη - κυστεΐνη



τυροσίνη - τυροσίνη

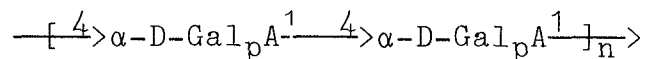


3.2.3 ΟΙ ΠΗΚΤΙΝΕΣ

Ως ΠΗΚΤΙΝΕΣ χαρακτηρίζονται οι πολυσακχαρίτες του ΠΚΤ που περιέχουν ως κύριες δομικές μονάδες: γαλακτουρονικό οξύ και ραμνόζη. Αυτές οι δομικές μονάδες συνδέονται μεταξύ τους με γλυκοσιδικό δεσμό και σχηματίζουν αφενός μεν ομοπολυμερείς πηκτίνες, οπότε έχουμε πολυμερές με μία μόνο δομική μονάδα, και αφετέρου ετεροπολυμερείς πηκτίνες, οπότε λαμβάνεται πολυμερές και με τις δύο δομικές μονάδες

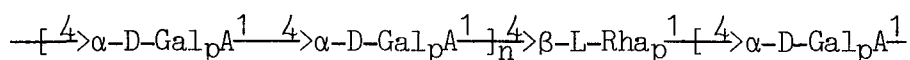
ΓΑΛΑΚΤΟΥΡΟΝΑΝΕΣ

Οι γαλακτουρονάνες είναι ομοπολυμερείς πηκτίνες με δομική μονάδα το γαλακτουρονικό οξύ. Οι αλυσίδες της ομο-γαλακτουρονάνης σχηματίζουν ευθύγραμμο σκελετό του τύπου [12,35,38]:



ΠΑΜΝΟΓΑΛΑΚΤΟΥΡΟΝΑΝΕΣ

Οι ραμνογαλακτουρονάνες είναι ετεροπολυμερείς πηκτίνες με δομικές μονάδες το γαλακτουρονικό οξύ, την ραμνόζη και σε μικρότερη αναλογία γαλακτόζη και αραβινόζη. Οι αλυσίδες της ραμνογαλακτουρονάνης σχηματίζουν ευθύγραμμο σκελετό του τύπου [12,35,38]:



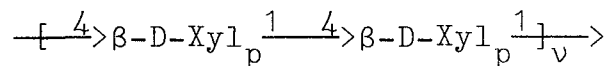
3.2.4 ΟΙ ΗΜΙΚΥΤΤΑΡΙΝΕΣ

Ως ΗΜΙΚΥΤΤΑΡΙΝΕΣ χαρακτηρίζονται οι πολυσακχαρίτες του κυτταρικού τοιχώματος που περιέχουν ως δομικές μονάδες: ξυλόζη, μαννόζη, γαλακτόζη, αραβινόζη, γλυκόζη, και γλυκουρονικό οξύ. Αυτές οι δομικές μονάδες συνδέονται μεταξύ τους με γλυκοζιδικό δεσμό και σχηματίζουν αφενός μεν ομοπολυμερείς ημικυτταρίνες, όπου έχουμε πολυμερές με μία μόνο δομική μονάδα και αφεντέρου ετεροπολυμερείς ημικυτταρίνες, όπου λαμβάνεται πολυμερές με περισσότερες από μία δομικές μονάδες. Στις ημικυτταρίνες συμπεριλαμβάνονται τα επόμενα πολυμερή: Ξυλάνες, μαννάνες, γαλακτομαννάνες, γλυκομαννάνες, γαλακτογλυκομαννάνες, γλυκουρονομαννάνες, ξυλογλυκάνες, γαλακτάνες, και αραβινάνες. [12,35,35]

Στις ομοπολυμερείς ημικυτταρίνες ανήκουν: 1) οι ξυλάνες και οι αραβινάνες, που χαρακτηρίζονται ως πεντοζάνες, και 2) οι μαννάνες και οι γαλακτάνες που χαρακτηρίζονται ως εξοζάνες. Στις ετεροπολυμερείς ημικυτταρίνες ανήκουν διάφοροι συνδυασμοί αυτών των σακχάρων, όπως: ξυλογλυκάνες, γλυκομαννάνες, γαλακτομαννάνες, αραβινογαλακτάνες κ.ά.

ΞΥΛΑΝΕΣ

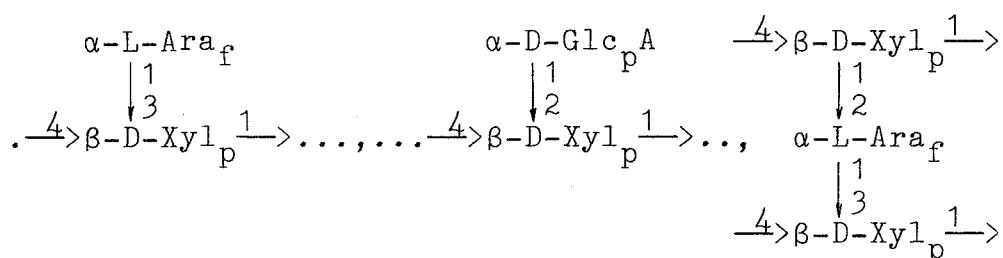
Οι ξυλάνες αποτελούνται από ένα ευθύγραμμο σκελετό με δομικές μονάδες β-D-ξυλοπυρανόζης που συνδέονται μεταξύ τους με γλυκοζιδικό δεσμό (1,4), και σχηματίζουν αλυσίδα του τύπου:



με βαθμό πολυμερισμού 100-200. Σ' αυτό τον ευθύγραμμο σκελετό μπορεί να ανευρεθεί (με μικρή συχνότητα 1 κάθε 10 έως 30 δομικές μονάδες) μικρός αριθμός διακλα-

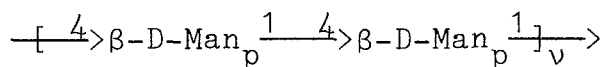
δώσεων μικρού μήκους. Οι ξυλάνες διαφορετικών φυτών συνήθως διαφέρουν ως προς την φύση των πλευρικών αλυσίδων που είναι γλυκοζιδικά συνδεδεμένες με τις μονάδες β-D-ξυλοπυρανόξης. [35,12]

Οι διακλαδώσεις, σύμφωνα με τα υπάρχοντα ερευνητικά δεδομένα [20,29,37,54,55,56,74,78,88,12,35] μπορεί να είναι: 1) μονάδες α-D-γλυκοπυρανοζυλουρονικού οξέος συνδεδεμένες με την β-D-ξυλοπυρανόξη με δεσμό (1,2), και 2) μονάδες α-L-αραβινοφουρανόξης συνδεδεμένες με την β-D-ξυλοπυρανόξη του σκελετού με δεσμό (1,3). Αυτή η μονάδα μπορεί να είναι συνδεδεμένη εκ νέου με β-D-ξυλοπυρανόξη, όχι όμως του ιδίου σκελετού και με δεσμό (1,2). Έτσι έχουμε τις περιπτώσεις:



MANNANES

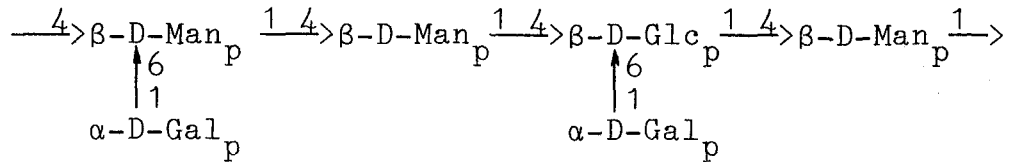
Οι μαννάνες αποτελούνται από ένα ευθύγραμμο σκελετό με δομικές μονάδες α ή β-D-μαννοπυρανόξης συνδεδεμένες με γλυκοζιδικό δεσμό (1,4). Σχηματίζουν αλυσίδα του τύπου:



με βαθμό πολυμερισμού 80-100. Μπορεί να υπάρχει μικρός αριθμός διακλαδώσεων μικρού μήκους, αποτελούμενων από γαλακτόζη ή γλυκόζη. [12,35]

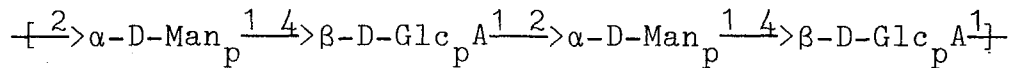
ΓΑΛΑΚΤΟΜΑΝΝΑΝΕΣ, ΓΛΥΚΟΜΑΝΝΑΝΕΣ, ΓΑΛΑΚΤΟΓΛΥΚΟΜΑΝΝΑΝΕΣ

Οι αλυσίδες των πολυμερών αυτών έχουν ευθύγραμμο σκελετό με δομικές μονάδες β-D-μαννοπυρανόξης και β-D-γλυκοπυρανόξης συνδεδεμένες με γλυκοζιδικό δεσμό (1,4), με υπεροχή της β-D-μαννοπυρανόξης στις αναλογίες. Συναντώνται πλευρικές αλυσίδες μικρού μήκους με α-D-γαλακτοπυρανόξη και δεσμό (1,6), τόσο με την μαννόζη όσο και με την μή-κυτταρινική γλυκόζη. [12,35]

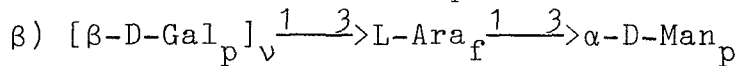
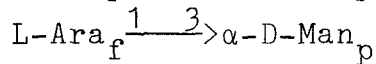
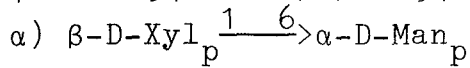


ΓΛΥΚΟΥΡΟΝΟΜΑΝΝΑΝΕΣ

Οι αλυσίδες τους έχουν ευθύγραμμο σκελετό του τύπου:

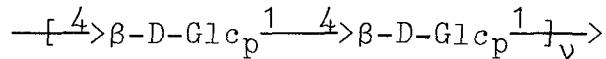


Στους διαφόρους τύπους γλυκουρονομαννανών που συναντώνται στο ΠΚΤ των κυττάρων διαφόρων φυτικών ιστών, συνήθως υπάρχουν πλευρικές αλυσίδες δύο τύπων: α) μικρού μήκους με δομικές μονάδες ξυλόζη ή αραβινόζη με μαννόζη, και β) μεγαλύτερου μήκους με δομικές μονάδες γαλακτόζη και αραβινόζη με μαννόζη. [35,12]

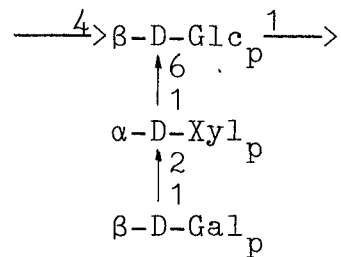
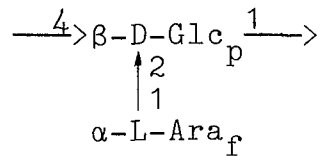
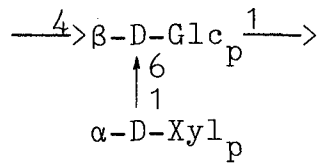


ΕΥΛΟΓΛΥΚΑΝΕΣ

Οι ξυλογλυκάνες αποτελούνται από ένα ευθύγραμμο σκελετό με δομικές μονάδες β-D-γλυκοπυρανόζης συνδεδεμένες μεταξύ τους με γλυκοζιδικό δεσμό (1,4) (κυτταρινικός σκελετός).

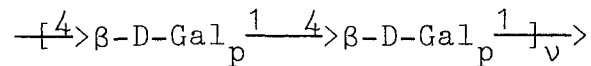


Στον ευθύγραμμο σκελετό συναντάμε πλευρικές διακλαδώσεις μικρού μήκους (με συχνότητα μεγαλύτερη από αυτή των ξυλανών), που αποτελούνται από μονάδες α-D-ξυλοπυρανόζης συνδεδεμένες στον σκελετό με δεσμό (1,6). [35,12]



ΓΑΛΑΚΤΑΝΕΣ

Οι αλυσίδες των γαλακτανών έχουν ευθύγραμμο σκελετό με δομικές μονάδες γαλακτόζης και βαθμό πολυμερισμού περίπου 100, του τύπου:



Σ'αυτον τον τύπο του ημικυτταρινικού πολυμερούς συναντώνται ελάχιστες ή καθόλου πλευρικές αλυσίδες. [35, 12]

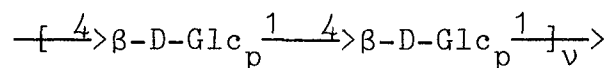
ΑΡΑΒΙΝΑΝΕΣ

Η δομική μονάδα είναι η $\alpha\text{-L-Ara}_f$. Οι αλυσίδες του βιοπολυμερούς αυτού είναι διακλαδιζόμενες με βαθμό πολυμερισμού 30-50. Οι αραβινάνες και οι γαλακτάνες ή και ο συνδυασμός τους οι αραβινογαλακτάνες φαίνεται να είναι εκείνα τα πολυμερή που χρησιμεύουν σαν σύνδεσμοι μεταξύ πηκτινών και ημικυτταρινών. [35, 12]

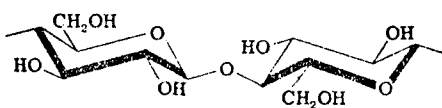
3.2.5 Η ΚΥΤΤΑΡΙΝΗ

Ως ΚΥΤΤΑΡΙΝΗ χαρακτηρίζεται ο πολυσακχαρίτης του κυτταρικού τοιχώματος που περιέχει ως δομική μονάδα την γλυκόζη. Η κυτταρίνη αποτελεί ένα βασικό δομικό υλικό του ΠΚΤ. Οι αλυσίδες του πολυμερούς της κυτταρίνης έχουν γραμμική δομή, με δομικές μονάδες $\beta\text{-D-γλυκοπυρανόζης}$ που συνδέονται μεταξύ τους με γλυκοζιδικό δεσμό (1,4). Απο πλευράς κατασκευής του μακρομορίου, η κυτταρίνη συγκροτείται με βασική μονάδα τον δισακχαρίτη κελλοβιόζη. Προκειμένου δύο μόρια της $\beta\text{-$

D-γλυκόζης να συνδεθούν μεταξύ τους με β-γλυκοζιδικό δεσμό και να σχηματίσουν την β-κελλοβιόζη, το ένα από αυτά πρέπει να στραφεί κατά 180°. Μονάδες της κελλοβιόζης με β-γλυκοζιδικούς δεσμούς απαρτίζουν το γραμμικό πολυμερές της κυτταρίνης με τον επόμενο τύπο:



Οι διάφοροι ερευνητές [12,33,35,129] έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι ο βαθμός πολυμερισμού της κυτταρίνης είναι της τάξεως των 5000 έως 10000. Οι δακτύλιοι της β-D-γλυκόζης βρίσκονται με την μορφή του ανακλίντρου (chair). [12,33,35,129]



3.2.6 ΟΙ ΓΛΥΚΟΠΡΩΤΕΙΝΕΣ

Ως ΓΛΥΚΟΠΡΩΤΕΙΝΕΣ χαρακτηρίζονται εκείνα τα πολυμερή-συστατικά του ΠΚΤ, τα οποία περιέχουν πολυσακχαρικό και πρωτεϊνικό τμήμα ενωμένα με ορισμένη διάταξη που χαρακτηρίζει το ΠΚΤ. Τα διάφορα ΠΚΤ περιέχουν 5-10% γλυκοπρωτεΐνη, κατά τους Lamport, Preston και Talmadge. Οι γλυκοπρωτεΐνες του κυτταρικού τοιχώματος είναι πλούσιες σε υδροξυπρολίνη. Περιέχουν επίσης ένα σχετικά υψηλό ποσοστό σε αλανίνη, σερίνη και θρεονίνη. Το υδατανθρακικό τμήμα των γλυκοπρωτεϊνών του ΠΚΤ συνήθως περιέχει μονάδες αραβινόζης και γαλακτόζης. Η αραβινόζη είναι ενωμένη με υδροξυπρολίνη, με την οποία σχηματίζει τετρα-αραβινοζίδια με δομή: $\text{L-Ara}_f \xrightarrow{1} \xrightarrow{3} \beta\text{-L-Ara}_f \xrightarrow{1} \xrightarrow{2} \beta\text{-L-Ara}_f \xrightarrow{1} \xrightarrow{2} \beta\text{-L-Ara}_f \xrightarrow{1} \xrightarrow{4} \text{ΥΠ}$

Μονάδες γαλακτόζης είναι γλυκοζιδικά συνδεδεμένες με τα υδροξύλια της σερίνης. Κάθε πρωτεϊνικό τμήμα της γλυκοπρωτεΐνης περιέχει ένα πενταπεπτίδιο από σερίνη και υδροξυπρολίνη, στο οποίο μπορεί να είναι προσαρτημένες μια ή περισσότερες μονάδες γαλακτόζης με ομοιοπολικό δεσμό. Συνήθως το πολυσακχαρικό τμήμα των γλυκοπρωτεϊνών του ΠΚΤ είναι μια αραβινογαλακτάνη. [43,31,82,93,94,95]

3.3 Ο ΤΡΟΠΟΣ ΣΥΝΔΕΣΕΩΣ ΤΩΝ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ

Τα μόρια των πολυμερών του ΠΚΤ παρουσιάζονται με την μορφή ενός πλέγματος ή δικτύου από γραμμικά πολυμερή, που συνδέονται μεταξύ τους με ένα μικρό ή μεγάλο αριθμό συνδέσεων. Οι συνδέσεις αυτές χαρακτηρίζονται ως ΣΥΝΔΕΣΕΙΣ ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΕΩΣ. Ο αριθμός των συνδέσεων διασταυρώσεως καθορίζει την πυκνότητα του πλέγματος. Οι συνδέσεις διασταυρώσεως μπορούν να χαρακτηρισθούν με βάση τον αριθμό των αλυσίδων που συμβάλλουν για τον σχηματισμό τους. [130,129,12,35]

Το πλέγμα των πολυμερών του ΠΚΤ παρουσιάζει ανάπτυξη και στις τρεις διαστάσεις του χώρου. Για την ανάπτυξη του τριδιάστατου πλέγματος η σύνδεση των γραμμικών μορίων μπορεί να γίνει τόσο με κύριους, όσο και με δευτερεύοντες δεσμούς. [79]

Τα δομικά συστατικά συνδέονται μεταξύ τους με ομοιοπολικούς δεσμούς για να σχηματίσουν τις μακρομοριακές αλυσίδες. Τα μακρομόρια ενώνονται μεταξύ τους και σχηματίζουν ένα συγκρότημα, το τριδιάστατο πλέγμα. Η διαφορά σ' αυτή την φάση συναρμοσμένης του ΠΚΤ είναι ότι τα συστατικά μακρομόρια δεν ενώνονται μεταξύ τους με ομοιοπολικό δεσμό, αλλά συγκρατούνται με ασθενέστερες μή-ομοιοπολικές δυνάμεις, που είναι οι εξής: 1) δυνάμεις Van der Waals, 2) ιονικές αλληλεπιδράσεις α) δυνάμεις προσανατολισμού διπόλου, και β) δυνάμεις επαγωγής, 3) δεσμοί υδρογόνου. [130,129,12, 35, 79]

Αυτή η μή-ομοιοπολική σύνδεση των μακρομορίων σε συγκροτήματα είναι εξειδικευμένη και σταθερή και χαρακτηρίζεται από γεωμετρική κανονικότητα, η οποία έχει μεγάλη σημασία λόγω της ακρίβειας που απαιτείται για την εφαρμογή του υποστρώματος στο ενεργό κέντρο του ενζύμου. [132]

Οι συνδέσεις που επιτυγχάνονται σύμφωνα με τα ερευνητικά δεδομένα [79,38,12,35] είναι καθορισμένες και όχι τυχαίες, διότι υπάρχουν στερεοταξικοί περιορισμοί που κατευθύνουν σε ορισμένες θέσεις την ανάπτυξη των διαμοριακών συνδέσεων. Η σταθερότητα της δομής του πλέγματος βασίζεται στην σταθερότητα των συνδέσεων που περιλαμβάνει. Οι ιδιότητες του πλέγματος επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από την ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ του πλέγματος.

Αυτή εκφράζει την πυκνότητα των συνδέσεων διασταυρώσεως, οι οποίες δημιουργούν την δομή του πλέγματος και χαρακτηρίζονται από τον αριθμό των δομικών μονάδων που παρεμβάλλονται μεταξύ δύο διαδοχικών συνδέσεων. Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των δομικών μονάδων, τόσο μικρότερη είναι η πυκνότητα του πλέγματος. [130, 12, 35, 38]

Από τα προηγούμενα βλέπουμε ότι, η σύσταση και η μορφή χαρακτηρίζουν την χημική δομή, ενώ ο προσανατολισμός και η φυσική κατάσταση την φυσική δομή. Η έννοια της χημικής δομής περιλαμβάνει την δόμηση του ανεξαρτήτου μορίου και επηρεάζει την χημική συμπεριφορά, ενώ η φυσική δομή περιλαμβάνει την δόμηση συγκροτημάτων μορίων και καθορίζει τις φυσικές ιδιότητες του βιοπολυμερούς. Και οι δύο μαζί προσδιορίζουν τις ιδιότητες του βιοπολυμερούς, που απορρέουν από τη συνολική δομή του και καθορίζουν την λειτουργική συμπεριφορά του ΠΚΤ. [130, 79]

4. Η ΔΟΜΗ ΚΑΙ Η ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ

4.1 Η ΔΟΜΗ ΚΑΙ Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΟΥ ΣΚΕΛΕΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Το σκελετικό υπόβαθρο του πρωτογενούς κυτταρικού τοιχώματος οφείλεται στην κυτταρίνη που περιέχει. Στην ιδιαίτερη συμβολή του υλικού αυτού που χαρακτηρίζεται ως σκελετικό, οφείλει το ΠΚΤ την πολύ οργανωμένη δομή που παρουσιάζει. Τα υφιστάμενα δεδομένα (μέθοδοι με ακτίνες-X, ηλεκτρονικό μικροσκόπιο) δείχνουν ότι τα μόρια της κυτταρίνης έχουν μια ορισμένη κανονικότητα στη διατάξη τους στον χώρο, με παράλληλη κατά μήκος διάταξη των κρυσταλικών περιοχών της κυτταρίνης, οι οποίες εμφανίζουν διπλοθλαστικότητα. Έτσι η κρυσταλλική δομή της κυτταρίνης προκύπτει από την κανονικότητα της διατάξεως των αλυσίδων της. Το μήκος της αλυσίδας της κυτταρίνης είναι της τάξεως του 1 μ. [Albersheim (1965) 5, (1976) 4, Colvin (1980) 33, Darvill (1980) 35, Dey (1984) 38, Mühlethaler (1967) 110, Νιαβής (1977) 113, Preston (1974) 129, Setterfield (1961) 135, Keegstra et al (1973) 79]

Οι μη-διακλαδισμένες μακρομοριακές αλυσίδες της κυτταρίνης διευθετούνται σε ομάδες ή δέσμες, ραβδομορφες ή ταινιοειδείς. Επομένως, η κυτταρίνη στο ΠΚΤ βρίσκεται με την μορφή στοιχειωδών ινιδίων, που ονομάζονται ΜΙΚΡΟΙΝΙΔΙΑ, με διαστάσεις που μόνο με την μεγέθυνση του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου είναι δυνατόν να αποκαλυφθούν.

Τα μικροϊνίδια της κυτταρίνης αποτελούν την βασική μορφολογική μονάδα της δομής του ΠΚΤ, με τις επόμενες λειτουργικές ιδιότητες:

- 1) Με παράλληλη διάταξη παρέχουν συνεχείς στρώσεις, οι οποίες πολλές φορές δεν έχουν την ίδια κατεύθυνση και διασταυρώνονται μεταξύ τους.
- 2) Έχουν αραιότερη ή πυκνότερη διάταξη και μεταξύ αυτών παρεμβάλλονται τα άλλα συστατικά του ΠΚΤ.
- 3) Προκύπτουν από την παράλληλη και κατά μήκος τοποθέτηση των αλυσίδων της κυτταρίνης.
- 4) Κάθε μικροϊνίδιο αποτελείται από 150-200 αλυσίδες κυτταρίνης.
- 5) Έχουν μήκος και διάμετρο που κυμαίνεται με μέση τιμή 100-250 Å.
- 6) Έχουν χαλαρή και ακανόνιστη σύνδεση, λόγω της οποίας το ΠΚΤ αποκτά ελαστικότητα και ικανότητα να εκτείνεται.
- 7) Διευθύνονται προς όλες τις δυνατές κατευθύνσεις από την κάθετη (εγκάρσια) της εσωτερικής επιφανείας ως την παράλληλη της εξωτερικής. [110, 5, 4, 79, 33, 35, 38, 113, 129, 135]

Από την εξέταση της κυτταρίνης με ακτίνες-Χ διαπιστώθηκε ότι τυπική κρυσταλική δομή παρουσιάζουν στοιχειώδεις περιοχές διαστάσεων μήκους 600 Å περίπου κατά την έννοια του μήκους των μικροϊνιδίων, πλάτους 50-150 Å και πάχους το μισό του πλάτους. Οι στοιχειώδεις αυτές κρυσταλικές περιοχές της κυτταρίνης ονομάζονται ΜΙΚΗΛΛΙΑ. Τα μικήλλια αποτελούν τμήματα των μικροϊνιδίων που προκύπτουν από την παράλληλη τοποθέτηση των μακρομορίων της κυτταρίνης.

Κάθε μικήλλιο είναι πολυμερές κυτταρίνης αποτελούμενο από πολλά μόρια αυτής, 35-100 περίπου. Κάθε μόριο κυτταρίνης διατρέχει περισσότερα μικήλλια. Κάθε μικροϊνίδιο αποτελείται από 20 περίπου μικήλλια. Από τα διαγράμματα των ακτίνων-Χ υπολογίστηκε ότι η απ-

λούστερη επαναλαμβανόμενη μονάδα στην οργάνωση των μικυλλίων είναι η μονοκλινής κυψελίδα, ένα ρομβόεδρο με διαστάσεις 8.35 Å, 10.3 Å, 7.9 Å και γωνία 84°. Το ύψος μιας κυψελίδας αντιστοιχεί με το μήκος μιας μονάδας κελλοβιόξης.

Επομένως, κάθε μικροϊνίδιο έχει σύνθετη εσωτερική οργάνωση και συναρμολογείται κατά ένα μέρος από ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ, τα μικύλλια, και κατά το υπόλοιπο μέρος από ΠΑΡΑΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ αποτελούμενες από μεμονωμένες μοριακές αλυσίδες χωρίς συγκεκριμένη διάταξη. Οι παρακρυσταλικές αλυσίδες έχουν μήκος μεγαλύτερο από τα μικύλλια και έτσι τα συνδέουν συμβάλλοντας στον σχηματισμό του τριδιαστάτου πλέγματος του ΠΚΤ.

Το ΠΚΤ διαθέτει υψηλή μικροϊνιδιακή οργάνωση. Με βάση τα μικροϊνίδια σχηματίζονται ινίδια σύνθετα και από αυτά άλλα ινίδια ακόμη πιο σύνθετα μέχρι τον σχηματισμό ινιδίων μεγάλου μήκους, δηλαδή τα μικροϊνίδια οργανώνονται σε μονάδες με μεγαλύτερο μέγεθος που ονομάζονται ΜΑΚΡΟΙΝΙΔΙΑ, με διάμετρο της τάξεως του 0,5 μm που φαίνονται στο οπτικό μικροσκόπιο. Σ' αυτή την ιεραρχημένη οργάνωση θέση-κλειδί κατέχει το μικροϊνίδιο που είναι η βασική μονάδα. Μεταξύ των διαφόρων ινιδίων παρεμβάλλονται συγκολλητικά υλικά. Η σχετική αναλογία των μακροϊνιδίων της κυτταρίνης στο ΠΚΤ επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τις ιδιότητες και την λειτουργική συμπεριφορά του.

Όσον αφορά την διάταξη των μακροϊνιδίων της κυτταρίνης, αυτά δεν τοποθετούνται απλά το ένα δίπλα στο άλλο, αλλά συμπλέκονται και έτσι επιτυγχάνεται μεγαλύτερη σταθερότητα. Το ΠΚΤ αποτελείται από πολλές δέσμες μακροϊνιδίων αλληλοσυνδεόμενες που σχηματίζουν τελικά ένα τριδιάστατο δίκτυο. Τα μακροϊνίδια εσωτερικά του ΠΚΤ παρουσιάζουν διάταξη εγκάρσια προς τον άξονα του κυττάρου, ενώ εξωτερικά τείνουν να είναι διατεταγμένα κατά διεύθυνση περισσότερο παράλληλη προς τον άξονα του κυττάρου. Οι διευθύνσεις διατάξεως των μακροϊνιδίων σε διάφορες θέσεις του δικτύου είναι διαφορετικές, ενώ τα μακροϊνίδια σε κάθε θέση έχουν παράλληλη μεταξύ τους διάταξη. Επομένως, τα ινίδια της κυτταρίνης συγκροτούν το σκελετικό υπόβαθρο του ΠΚΤ αποτελούμενο από πολυμερή κυτταρίνης που κλιμακώνονται ως προς την τάξη μεγέθους. [110, 129, 33, 79]

4.2 Η ΔΟΜΗ ΚΑΙ Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΗ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΩΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΓΕΜΙΣΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ.

Σύμφωνα με τις σύγχρονες αντιλήψεις, τα σκελετικά υλικά συδεόμενα μεταξύ τους δημιουργούν κενούς χώρους. Έτσι στις θέσεις ανάμεσα σε τρία ή τέσσερα μικύλλια καθώς και μεταξύ των γειτονικών μικροϊνιδίων εμφανίζονται κενοί τριχοειδείς χώροι με πλάτος από 10 έως 100 Α, οι οποίοι ονομάζονται ΕΝΔΙΑΜΕΣΟΙ ΜΙΚΥΛΛΙΑΚΟΙ και ΕΝΔΙΑΜΕΣΟΙ ΙΝΙΔΙΑΚΟΙ ΧΩΡΟΙ αντίστοιχα. Σ' αυτούς τους χώρους παρεμβάλλονται τα συγκολλητικά και γεμιστικά δομικά υλικά του ΠΚΤ, που είναι οι πηκτίνες, οι ημικυτταρίνες και οι γλυκοπρωτεΐνες.

Επίσης, εξωτερικά από κάθε μικύλλιο και ινίδιο υπάρχουν ημικυτταρίνες πολύ στενά συνδεδεμένες με την κυτταρίνη. Τα συστατικά αυτά, δηλαδή η κυτταρίνη και οι στενά συνδεδεμένες με αυτήν ημικυτταρίνες, φαίνεται ότι περιλαμβάνουν εκτός από χημικούς δεσμούς, δεσμούς υδρογόνου και ισχυρές διαμοριακές έλξεις, ενώ ο διαχωρισμός τους απαιτεί έντονες συνθήκες. Οι στενά συνδεδεμένες με την κυτταρίνη ημικυτταρίνες είναι πολυμερή με δομικές μονάδες ξυλόζης και μαννόζης.

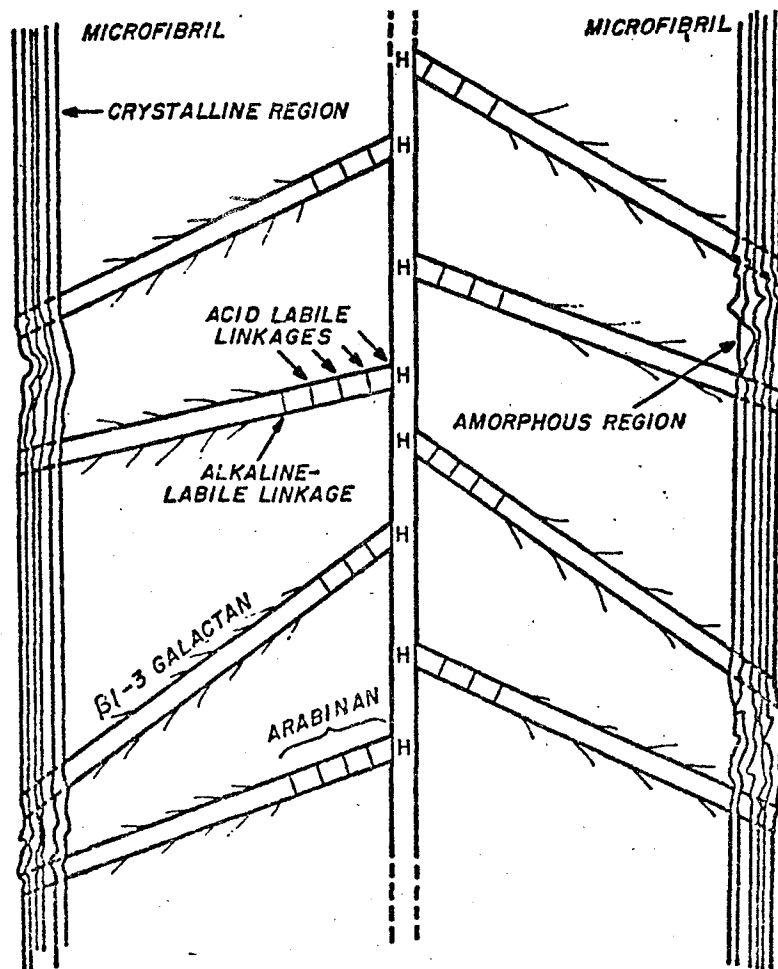
Στο ΠΚΤ η αναλογία των σκελετικών υλικών (δηλαδή των οργανωμένων ινιδίων της κυτταρίνης) είναι μικρότερη από την αναλογία των υπολοίπων συγκολλητικών και γεμιστικών υλικών. Αυτό έχει σαν συνέπεια να μπορεί ΠΚΤ να εκτείνεται, ώστε να μην εμποδίζει την αύξηση των κυττάρων. Τα μικροϊνίδια του ΠΚΤ, λόγω διατάξεως τους προς διάφορες διευθύνσεις σχηματίζουν ένα τριδιάστατο δίκτυο με πολλά μικρά ανοίγματα. Αυτό το είδος δομής σε συνδυασμό με την μεγάλη ποσότητα νερού που συγκρατείται από τα υδρόφιλα συγκολλητικά και γεμιστικά υλικά των ενδιάμεσων χώρων, δίνει στο σύστημα τις ιδιότητες εκείνες που του επιτρέπουν να ανταποκρίνεται στην αύξηση του κυττάρου.

Τέτοιο τύπο κυτταρικού τοιχώματος (ΠΚΤ) έχουν τα μεριστωματικά κύτταρα καθώς και όλα τα κύτταρα όσο διαρκεί ή αύξηση τους. Πολλοί τύποι κυττάρων όμως και ιδιαίτερα αυτά που εκδηλώνουν έντονη μεταβολική δραστηριότητα (για παράδειγμα ο παρεγχυματικός ιστός του μεσοκαρπίου) είναι δυνατόν να έχουν αποκλειστικά πρωτογενές κυτταρικό τοίχωμα σε όλη την διάρκεια της ζωής τους και της λειτουργίας τους. [4, 5, 33, 35, 38, 110, 113, 79, 129, 135]

4.3 ΥΠΟΔΕΙΓΜΑΤΑ ΤΗΣ ΔΟΜΗΣ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΩΣΕΩΣ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ

Ο Lamport και ο Albersheim με τους συνεργάτες του [96,79], προσπάθησαν να αποδώσουν σχηματικά την δομή του ΠΚΤ, βασιζόμενοι στα υπάρχοντα ερευνητικά δεδομένα.

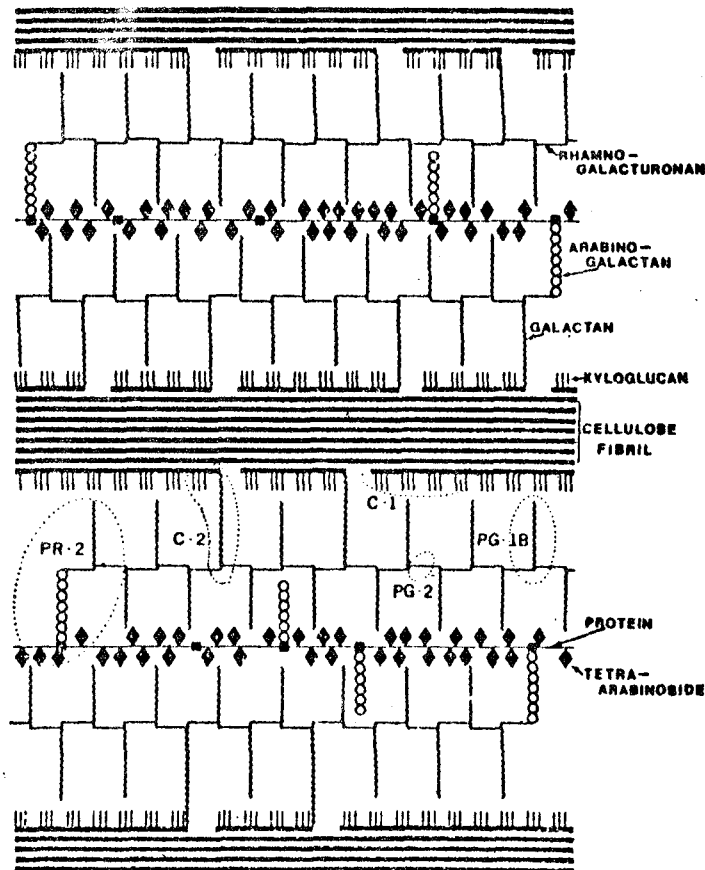
Η σχηματική απόδοση της δομής του ΠΚΤ κατά τον Lamport [(1970) 96] φαίνεται στο σχήμα 1.



Σχήμα 1

Στο σχήμα αυτό παρουσιάζονται τα μικροϊνίδια της κυτταρίνης με τις κρυσταλλικές και παρακρυσταλλικές περιοχές. Αυτά ενώνονται με το σύμπλοκο των πολυσακχαριτών και γλυκοπρωτεϊνών του ΠΚΤ μέσω γαλακτανών και αραβινανών, με την συμβολή των παρακρυσταλλικών περιοχών. Οι γαλακτάνες συνδέουν τις παρακρυσταλλικές περιοχές με τις αραβινάνες, χωρίς να αναφέρεται πως γίνεται η σύνδεση αυτή. Οι αραβινάνες συνδέονται με τα υπόλοιπα συστατικά που σχηματίζουν ένα σκελετό, χωρίς να δίνονται περισσότερες λεπτομέρειες. Αναφέρεται όμως σαφώς ότι στο τμήμα των αραβινανών υπάρχουν δεσμοί ασταθείς σε όξινο περιβάλλον και στο όριο μεταξύ γαλακτανών και αραβινανών δεσμοί ασταθείς σε αλκαλικό περιβάλλον.

Μια νεώτερη και πληρέστερη απόδοση της δομής του ΠΚΤ, που έγινε από την ερευνητική ομάδα του Albersheim [Keegstra et al (1973) 79], φαίνεται στο σχήμα 2.



Σχήμα 2

Αυτό το δοκιμαστικό μοντέλο της δομής του ΠΚΤ στηρίχθηκε σε ερευνητικά δεδομένα της αναλύσεως του ΠΚΤ καλλιεργημένων κυττάρων *Acer pseudoplatanus* [Talmadge et al (1973) 145, Bauer et al (1973) 20]. Λεπτομερής ανάλυση του σχήματος αυτού γίνεται στα άρθρα 79 και 4 [Keegstra et al (1973) 79, Albersheim (1976) 4]. Τα κύρια σημεία του σχήματος έχουν ως εξής: Τα ινίδια της κυτταρίνης φέρουν πλευρικά ξυλογλυκάνες, οι οποίες ενώνονται με γαλακτάνες και αραβινάνες. Αυτές συνδέονται με μια αλυσίδα ραμνογαλακτουρονάνης, συμμετέχοντας ως πλευρικές αλυσίδες. Η ραμνογαλακτουρονάνη, οι αραβινάνες και οι γαλακτάνες συγκροτούν τους πηκτινικούς πολυσακχαρίτες. Η ραμνογαλακτουρονάνη είναι η κύρια αλυσίδα (ο σκελετός) των πηκτινικών πολυμερών, ενώ οι αραβινάνες και οι 4-συνδεδεμένες γαλακτάνες είναι οι πλευρικές αλυσίδες αυτών.

Ο σκελετός της ραμνογαλακτουρονάνης συνδέεται με το πρωτεϊνικό τμήμα του ΠΚΤ μέσω αραβινογαλακτανών. Στο σχήμα φαίνεται μάλιστα ότι η αλυσίδα της ραμνογαλακτουρονάνης τερματίζει σε αραβινογαλακτάνες. Αυτές φέρουν δεσμούς (3,6) και είναι προσαρτημένες σε μονάδες σερίνης του τοιχώματος. Οι γλυκοπρωτεΐνες του τοιχώματος φέρουν τετρααραβινοζίδια προσαρτημένα με γλυκοζιδικό δεσμό σε μονάδες υδροξυπρολίνης. Φέρουν επίσης και μονάδες σερίνης που δεν είναι συνδεδεμένες με άλλες μονάδες σακχάρων.

Η απόσταση μεταξύ των ινιδίων κυτταρίνης στο σχήμα είναι μεγαλύτερη από το κανονικό, για να αποδοθεί ευκρινώς η διασύνδεση των υπολοίπων συστατικών. Οι περιοχές σε κύκλο δείχνουν κλάσματα του τοιχώματος που απελευθερώνονται με δράση αποδομητικών ενζύμων. Τα PG-1B και PG-2 απελευθερώνονται από ενδοπολυγαλακτουρονάση [145], τα C-1 και C-2 με ενδογλυκανάση [20], ενώ το PR-2 με προνάση [79]. Το μοντέλο αυτό περιέχει τα βασικά σημεία του μοντέλου Lamport, αλλά παρουσιάζει πολύ περισσότερες και τεκμηριωμένες λεπτομέρειες.

Από την παρουσίαση αυτού του μοντέλου μέχρι σήμερα δεν έχουμε εμφάνιση νεωτέρου, πληρεστέρου ή διαφορετικού, μοντέλου. Οι μεταγενέστερες εργασίες παράλληλα με την παρουσίαση των ερευνητικών δεδομένων περιέχουν και συγκρίσεις με το μοντέλο αυτό, σε μια εκτεταμένη προσπάθεια να αποδειχθεί αν το μοντέλο περιγράφει γενικά κάθε ΠΚΤ. Τέτοιες συγκρίσεις που αφορούν το ΠΚΤ διαφόρων καρπών αναφέρονται σε διάφορα σημεία της εργασίας.

5. Η ΑΥΞΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ

Το ΠΚΤ είναι το πρώτο περίβλημα που σχηματίζει ένα νεαρό κύτταρο. Σε πολλούς κυτταρικούς τύπους παραμένει το μοναδικό τοίχωμα. Σε όλες όμως τις περιπτώσεις αντιστοιχεί σε εκείνο το μέρος του τοιχώματος που σχηματίζεται ενώ το κύτταρο εξακολουθεί να αυξάνει σε μέγεθος.

Το ΠΚΤ παρουσιάζει αύξηση περιορισμένης εκτάσεως κατά πάχος, η οποία είναι αποτέλεσμα προσθήκης νέου σκελετικού και γεμιστικού υλικού στο εσωτερικό του αρχικού τοιχώματος και σε κανονική διάταξη. Τα ινίδια της κυτταρίνης παράγονται κατά διεύθυνση κάθετη προς τον άξονα αναπτύξεως του κυττάρου. Καθώς αυξάνει το κύτταρο αποτίθεται νέο υλικό εσωτερικά και τα παλαιότερα ινίδια απωθούνται προς τα έξω. Λόγω της εσωτερικής τάσεως αυτά τείνουν να γίνουν παράλληλα προς τον άξονα του κυττάρου. [32, 129] Επομένως, το ΠΚΤ αυξάνει επιφανειακά, παράλληλα με την αύξηση του κυτταροπλάσματος και τον σχηματισμό των χυμοτοπίων. Οι διεργασίες αυτές καταλήγουν σε έντονη ελαστικότητα του νεαρού τοιχώματος, που σταθεροποιείται με την αύξηση της επιφανείας. Η ελαστική τάση μεγαλώνει το εύρος των κυψελίδων στο μικροϊνιδιακό δίκτυο του ΠΚΤ, το οποίο κλιμακώνεται με τις μεγαλύτερες τιμές στο εξωτερικό. [32, 129, 38]

Για τον μηχανισμό της αυξήσεως έχει ιδιαίτερη σημασία η ικανότητα των μικροϊνιδίων να μεταβάλλουν τις αμοιβαίες θέσεις της διατάξεως τους. Χωρίς αυτή την δυνατότητα θα ήταν πολύ μεγάλες οι ανάγκες για την απόθεση νέου μικροϊνιδιακού υλικού για την αύξηση της επιφανείας του τοιχώματος. [32]

Οι μηχανισμοί με τους οποίους επιτυγχάνεται αυτή η αύξηση του ΠΚΤ είναι οι εξής:

- 1) Νέα μικροϊνίδια και γεμιστικά υλικά προστίθενται ανάμεσα στα ήδη υπάρχοντα μικροϊνίδια.
- 2) Νέα υλικά αποτίθενται πάνω στα ήδη υπάρχοντα υλικά.
- 3) Τα αρχικά μικροϊνίδια αναδιατάσσονται, οπότε δεν απαιτείται προσθήκη μεγάλης ποσότητας νέου μικροϊνιδιακού υλικού. [32, 38, 129, 113]

Στο ΠΚΤ η αύξηση γίνεται με συνδυασμό και των τριών προηγούμενων τρόπων, δηλαδή χαλαρώνει το δίκτυο

αναδιατάσσονται τα υπάρχοντα μικροϊνίδια, προστίθενται στους ενδιαμέσους χώρους νέα υλικά και σχηματίζονται επιπλέον νέες στιβάδες. Τα συγκολλητικά υλικά προστίθενται ανάμεσα στα ινίδια, δηλαδή ή αύξηση των συγκολλητικών και γεμιστικών υλικών γίνεται πάντοτε με παρένθεση. [110, 113, 135]

Σύμφωνα με τα υπάρχοντα δεδομένα όσον αφορά την επιφανειακή αύξηση του ΠΚΤ με αναδιάταξη και νέο προσανατολισμό των μικροϊνιδίων στις διαδοχικές θέσεις του δικτύου, αυτή έχει ως εξής:

- 1) Η εσωτερική στρώση του ΠΚΤ είναι η πιο νέα με τα μικροϊνίδια εγκάρσια τοποθετημένα.
- 2) Η αύξηση της επιφάνειας του κυττάρου προκαλεί μία παθητική αλλαγή στον προσανατολισμό των μικροϊνιδίων στις ενδιάμεσες θέσεις του δικτύου.
- 3) Η εξωτερική στρώση του ΠΚΤ έχει τα μικροϊνίδια αναδιαταγμένα με προσανατολισμό παράλληλο προς τον επιμήκη άξονα του κυττάρου καθετα στα υλικά του μεσοτοιχείου.

Με αυτή την διαδικασία η αρχική πλοκή μεταβάλλεται και τα μικροϊνίδια επιτυγχάνουν αυτόν τον σαφή προσανατολισμό κάθετα προς την διεύθυνση της αυξήσεως του τοιχώματος, ενώ ένα μέρος τους διευθύνεται παράλληλα προς τον επιμήκη άξονα του κυττάρου. Τα δεδομένα επί της αυξήσεως του ΠΚΤ διερευνώνται σήμερα με εντατικό ρυθμό, με σκοπό την επιβεβαίωση των προηγούμενων και εμβάθυνση στους βιοχημικούς μηχανισμούς που οδηγούν στην αύξηση και τις μεταβολές του ΠΚΤ. [Cleland (1971) 32, Preston (1974) 129, Dey et al (1984) 38, Mühlethaler (1967) 110, Setterfield et al (1961) 135]

6. Η ΕΝΖΥΜΙΚΗ ΑΠΟΔΟΜΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ

Τα συστατικά των κυτταρικών τοιχωμάτων υπόκεινται σε μεταβολές κατά την διάρκεια της οντογενέσεως των φυτικών οργάνων και της αυξήσεως των κυττάρων των διαφόρων ιστών. Οι μεταβολές αυτές ανάλογα με την φύση του φυτικού οργάνου και ιστού και τις διεργασίες που πραγματοποιούνται στα φυτικά κύτταρα κατά την διάρκεια της αυξήσεως ή της οντογενέσεως ποικίλλουν, όσον αφορά το είδος τους και την διάρκεια τους.

Ανεξάρτητα από τις ειδικές μεταβολές που είναι δυνατόν να υποστούν τα συστατικά των κυττάρων των επιμέρους φυτικών οργάνων και επειδή οι μεταβολές του κυτταρικού τοιχώματος πραγματοποιούνται μέσω ειδικών ενζύμων, παραθέτουμε τις σημερινές απόψεις επί των δραστηριοτήτων που αφορούν τα συστατικά του πρωτογενούς κυτταρικού τοιχώματος, για την κατανόηση της φύσεως των μεταβολών του κατά τις διεργασίες της ωριμάνσεως των καρπών.

Τα ενζυμικά συστήματα που σχετίζονται με τις μεταβολές και την αποδόμηση των πολυμερών του κυτταρικού τοιχώματος και κατ'επέκταση με το μαλάκωμα και τις μεταβολές της υφής των καρπών που ωριμάζουν, αποτελούν σήμερα αντικείμενο εντατικής έρευνας. Οι δραστηριότητες του παρεγχυματικού ιστού του μεσοκαρπίου των καρπών αυξάνουν και εντείνονται καθώς προχωράμε προς την ωρίμανση. Ένα σημαντικό πρόβλημα στην κατανόηση του μεταβολισμού των κυτταρικών τοιχωμάτων των καρπών είναι να γνωρίσουμε ποιές από τις πολλές δραστηριότητες παίζουν ένα ενεργό ρόλο [Labavitch (1981) 91]. Τα ένζυμα που συμμετέχουν σ'αυτά τα ενζυμικά συστήματα είναι κυρίως υδρολυτικά (υδρολάσες). Διασπούν ομοιοπολικούς δεσμούς με σύγχρονη προσθήκη μορίων νερού στα ελεύθερα φορτία που εμφανίζονται. Τα υδρολυτικά ένζυμα διακρίνονται με βάση τον δεσμό που υδρολύουν. Ο τύπος της ενζυμικής δράσεως έχει την μορφή: $AB + H_2O \longrightarrow AH + BOH$. [Rexonά-Benkονά et al (1976) 132]

Για την περίπτωση της αποδομήσεως των πολυμερών του κυτταρικού τοιχώματος ενδιαφερόμαστε για τα υδρολυτικά ένζυμα που υδρολύουν γλυκοζιδικούς δεσμούς. Οι παράμετροι που επηρεάζουν την εξειδίκευση αυτών των ενζύμων είναι οι εξής:

- 1) Η φύση του μονοσακχαρίτη που συμμετέχει στον γλυκοζιδικό δεσμό με την αναγωγική ομάδα.
- 2) Η α ή β-μορφή του μονοσακχαρίτη, ως προς το άτομο του άνθρακα που συμμετέχει στον γλυκοζιδικό δεσμό.
- 3) Η D ή L-δομή του μονοσακχαρίτη.
- 4) Ο τύπος του δακτυλίου του μονοσακχαρίτη, εξαμελής δακτύλιος πυρανόξης ή πενταμελής δακτύλιος φουρανόξης. Έτσι τα ένζυμα διακρίνονται σε πυρανοζιδάσες και φουρανοζιδάσες.
- 5) Η διαμόρφωση του δακτυλίου του μονοσακχαρίτη (chair ή boat).

6) Η θέση του άνθρακα στον οποίο υπάρχει γλυκοζιδικός δεσμός.

7) Το μέγεθος του μορίου.

8) Η φύση του ατόμου του γλυκοζιδικού δεσμού. Οι Ο-υδρολάσες δρουν όταν το οξυγόνο είναι το άτομο που συμμετέχει στον γλυκοζιδικό δεσμό.

Οι ιστοί των καρπών περιέχουν ένα μεγάλο απόθεμα ενζύμων που αποδομούν τους υδατάνθρακες. Μερικά από τα ένζυμα αυτά, που επενεργούν επί των πολυσακχαριτών-συστατικών του ΠΚΤ, τελευταία έχει διαπιστωθεί ότι είναι συνδεδεμένα με τα κυτταρικά τοιχώματα, διότι είναι διαλυτά από υπολείμματα κυτταρικών τοιχωμάτων με ρυθμιστικά διαλύματα υψηλής ιοντικής δυνάμεως. Τα ένζυμα που αποδομούν συστατικά του κυτταρικού τοιχώματος διακρίνονται γενικά σε πηκτινολυτικά, ημικυτταρινολυτικά και κυτταρινολυτικά και ειδικότερα σε γαλακτανάσες, αραβινασάσες, β-D-γαλακτοζιδάση, β-D-γλυκοζιδάση κ.λ.π. [91, 132, 128]

Τα ερευνητικά δεδομένα που αφορούν τα ένζυμα αυτά, μέχρι σήμερα καλύπτουν την δράση των πηκτινολυτικών ενζύμων κατά κύριο λόγο και δευτερευόντως την δράση των κυτταρινολυτικών ενζύμων [18, 19, 22, 26, 39, 41, 57, 58, 63, 73, 90, 111, 112, 115, 125, 126, 127, 128, 132, 134, 143, 144, 150, 154, 155, 157, 158, 159]. Αντιθέτως, τα δεδομένα που αφορούν τα ημικυτταρινολυτικά ένζυμα είναι περιορισμένα [17, 48, 56, 62, 92, 148, 149], όπως θα δούμε και σε επόμενη ενότητα.

7. Η ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ ΣΗΜΕΡΙΝΕΣ ΘΕΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

Η δομή του κυτταρικού τοιχώματος σε γενικές γραμμές θεωρείται ότι αποτελείται από ίνες κυτταρίνης, που χαρακτηρίζονται ως ο "οπλισμός" του, βυθισμένες σε ένα άμορφο μίγμα πολυσακχαριτών και γλυκοπρωτεϊνών, που χαρακτηρίζεται ως "θεμελιώδης" μάζα και τα υλικά αυτά ως γεμιστικά υλικά. Η εικόνα όμως αυτή του τοιχώματος ενώ φαίνεται ότι είναι σύμφωνη προς την πραγματικότητα δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι αποδίδει την λεπτομερειακή υφή του κυτταρικού τοιχώματος.

Προϋποθέσεις για μια ακριβή ανάλυση και περιγραφή της υφής του κυτταρικού τοιχώματος μπορούν να θεωρηθούν ότι είναι:

- 1) Η απομόνωση και ταυτοποίηση καθενός από τα επιμέρους μακρομοριακά συστατικά του τοιχώματος.
- 2) Ο προσδιορισμός της πρωτοταγούς δομής καθενός από αυτά τα μακρομόρια.
- 3) Ο προσδιορισμός της τριδιάστατης δομής καθενός από αυτά τα μακρομόρια.
- 4) Ο προσδιορισμός του πως και που αυτά τα μακρομόρια συντίθενται μέσα στο φυτικό κύτταρο.
- 5) Ο προσδιορισμός του τρόπου με τον οποίο αυτά τα μακρομόρια συνδέονται το ένα με το άλλο ή πως σχετίζονται μεταξύ τους.
- 6) Ο προσδιορισμός του τρόπου με τον οποίο τα μακρομόρια αυτά κατανέμονται μέσα στην μάζα του κυτταρικού τοιχώματος.
- 7) Ο προσδιορισμός του τρόπου με τον οποίο τα νεοσυντεθέντα μακρομόρια εισέρχονται μέσα στο τοίχωμα και του τρόπου με τον οποίο αυξάνει το τοίχωμα. [Darvill et al (1980) 35, Aspinall (1980) 12]

Η βιοχημεία του κυτταρικού τοιχώματος βρίσκεται ακόμα στο στάδιο της ταυτοποιήσεως και διασαφήσεως της δομής των μακρομοριακών συστατικών του τοιχώματος (σημεία 1 και 2 στα προηγούμενα). Επομένως πρώτα από όλα θα αναφερθούμε στην ταυτότητα και την δομή των κυρίων μακρομοριακών συστατικών του κυτταρικού τοιχώματος. Αναφορά θα γίνει επίσης στις γνωστές δομικές μορφές καθενός από τα γνωστά συστατικά του τοιχώματος, καθώς και στις πληροφορίες που είναι γνωστές για την χημική διασύνδεση οποιασδήποτε μορφής, που υπάρχει μεταξύ των δομικών συστατικών του πρωτογενούς κυτταρικού τοιχώματος (σημείο 5).

Αν και η τριδιάστατη δομή των πολυσακχαριτών έχει κινήσει το ερευνητικό ενδιαφέρον, λίγα είναι γνωστά για την δευτεροταγή, τριτοταγή και τεταρτοταγή δομή των πολυμερών του κυτταρικού τοιχώματος. Περαιτέρω αν και η κατανομή των πολυσακχαριτών μέσα στη μάζα του τοιχώματος έχει μελετηθεί σε μικροσκοπικό επίπεδο (σημείο 6) δεν έχει γίνει ακόμα γενικά αποδεκτό ένα πρότυπο που να αφορά την υφή του κυτταρικού τοιχώματος. Σχεδόν τίποτα δεν είναι γνωστό σχετικά με την ενσωμάτωση των νεοσυντεθέντων μακρομορίων στο τοίχωμα και λίγα είναι γνωστά για την βιοχημεία της αυξήσεως του τοιχώματος (σημείο 7). Για να περιγραφεί σωστά η δομή του πρωτογενούς κυτταρικού τοιχώματος εί-

ναι αναγκαίο να μελετηθούν τα μακρομόρια που κατά το δυνατόν απομονώνονται κατευθείαν από το τοίχωμα και δεν αποτελούν προσμίξεις άλλων συστατικών του φυτικού ιστού. [Darvill et al (1980) 35, Aspinall (1980) 12]

Υπάρχουν σημαντικά τεχνικά προβλήματα στη μελέτη της συστάσεως και της δομής του ΠΚΤ. Ένα σημαντικό πρόβλημα είναι ο καθαρισμός (purification) του κυτταρικού τοιχώματος. Γενικά, τα τοιχώματα καθαρίζονται με αξιοποίηση της αδιαλυτότητας τους σε ρυθμιστικά διαλύματα αλάτων και σε οργανικούς διαλύτες. Τέτοιες διαδικασίες καθαρισμού απομακρύνουν χωρίς αμφιβολία μερικά από τα μόρια που είναι παρόντα στα τοιχώματα αθίκτου φυτικού ιστού, μερικά δε από αυτά τα απορριπτόμενα μόρια μπορεί να έχουν μία δομική λειτουργία μέσα στο τοίχωμα. Η καθαρότητα των παρασκευασμάτων κυτταρικού τοιχώματος που έχουν μελετηθεί, μπορεί επίσης να αμφισβητηθεί. Αν και συνηθίζεται η έκπλυση των παραλαμβανόμενων κυτταρικών τοιχωμάτων, τα τοιχώματα μπορεί να μολύνονται από μερικά κυτταροπλασματικά συστατικά που έρχονται σε επαφή με αυτά κατά την διάρκεια της ομογενοποίησής του ιστού. Για παράδειγμα, τα μακρομόρια του αμύλου είναι δύσκολο να απομακρυνθούν πλήρως από το κυτταρικό τοίχωμα.

Η μη-διαλυτότητα των δομικών συστατικών του κυτταρικού τοιχώματος προκαλεί και άλλο ένα τεχνικό πρόβλημα. Για να μελετήσουμε την δομή κάθε συστατικού του τοιχώματος ξεχωριστά, πρέπει τα συστατικά αυτά να παραληφθούν, να διαλυτοποιηθούν και να καθαρισθούν. Δεν μπορεί να θεωρηθεί όμως ότι η διαδικασία διαλυτοποιήσεως των συστατικών του κυτταρικού τοιχώματος επιτυγχάνει τον σκοπό της χωρίς να επιφέρει έστω και κάποια μικρή μεταβολή της δομής του κυτταρικού τοιχώματος. Όλες οι τρέχουσες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την διαλυτοποίηση των δομικών συστατικών του τοιχώματος έχουν για τον λόγο αυτό σχετικά μειονεκτήματα.

Για τις περισσότερες χημικές τεχνικές διαλυτοποίησής υπάρχουν υπόνοιες ή είναι γνωστό ότι κάθε μια διασπά διάφορους δεσμούς με αποτέλεσμα να προκύπτει μετά την διαλυτοποίηση ένα ετερογενές ως προς το μέγεθος μίγμα συστατικών του τοιχώματος. Τα ένζυμα που διαλυτοποιούν πολυμερή του τοιχώματος, το επιτυγχάνουν με υδρόλυση ομοιοπολικών δεσμών και κατά συνέπεια μεταβάλλουν τα πολυμερή που διαλυτοποιούν. Ένζυμα που έχουν υποστεί καθαρισμό παρουσιάζουν το πλεο-

νέκτημα της παραλαβής των πολυμερών του τοιχώματος μετά από προκαθορισμένη διάσπαση ορισμένων κυτταρικών δεσμών. Και στην περίπτωση των ενζύμων είναι πάντοτε δυνατό, ακόμη και για τα ένζυμα που έχουν υποστεί καθαρισμό σε μεγάλο βαθμό, να περιέχουν προσμίξεις με αποδομητικές δραστηριότητες που δεν μπορούν να ανιχνευθούν. Αυτό το πρόβλημα ελαχιστοποιείται με προσεκτική εξέταση της δυνατότητας των ενζύμων αυτών να αποδομήσουν μοντέλα υποστρωμάτων. Τα ένζυμα συχνά παρουσιάζουν ανάλογες αδυναμίες, όπως και οι περισσότερες διαδικασίες που βασίζονται σε κατεργασία και εκχύλιση με χημικά μέσα, και δεν καθιστούν δυνατή την εκχύλιση του συνόλου του υποστρώματος από τα τοιχώματα. Δεν είναι πάντοτε εμφανές γιατί μία διαδικασία εκχυλίσεως αποτυγχάνει να διαλυτοποιήσει πλήρως ένα ιδιαίτερο συστατικό του τοιχώματος. [35,12]

Από τα προηγούμενα καταφαίνεται ότι οι δυσκολίες που σχετίζονται με την διαλυτοποίηση των πολυμερών του κυτταρικού τοιχώματος παραμένουν ίσως το μεγαλύτερο εμπόδιο στην πρόοδο της κλασμάτωσης και αναλύσεως των συστατικών του κυτταρικού τοιχώματος. Επιπροσθέτως, η επεξεργασία και ο καθαρισμός ενός συστατικού του τοιχώματος μέχρι πλήρους ομοιογενείας, δεν είναι ευχερής εργασία ακόμα και αν το συστατικό αυτό έχει εκχυλισθεί επιτυχώς από το τοίχωμα.

Στη συνέχεια, μετά την απομόνωση των συστατικών του κυτταρικού τοιχώματος σε ομοιογενή κατάσταση, παρουσιάζεται το πρόβλημα του προσδιορισμού της πρωτοταγούς δομής καθενός από τα μακρομόρια αυτά και της διερευνήσεως του τρόπου με τον οποίο συνδέονται μεταξύ τους τα συστατικά αυτά στην φυσική κατάσταση του τοιχώματος.

Παλαιότεροι ερευνητές θεωρούσαν ότι το τοίχωμα αποτελείται από τρία κλάσματα πολυσακχαριτών και συγκεκριμένα από την κυτταρίνη, τις ημικυτταρίνες και τις πηκτίνες. Στο πηκτινικό κλάσμα υπάγονται όλοι οι πολυσακχαρίτες, οι οποίοι εκχυλίστηκαν από τα κυτταρικά τοιχώματα με θερμό νερό, οξαλικό αμμώνιο, ασθενές οξύ ή χηλικά αντιδραστήρια. Οι ημικυτταρίνες δεν εκχυλίζονται με ασθενή οξέα, αλλά με σχετικά ισχυρό άλκαλι. Το υπόλειμμα του τοιχώματος που απομένει μετά την εκχύλιση με άλκαλι αποτελείται κυρίως από κυτταρίνη. Αυτές οι τεχνικές εκχυλίσεως έχουν οδηγήσει σε κάποια συγχυση και αντιφάσεις στη βιβλιογραφία, που οφείλονται κυρίως σε ατελή και επικαλυπτόμενη εκχύλιση των

πολυμερών του τοιχώματος, λόγω των χημικών διαδικασιών που χρησιμοποιήθηκαν. [35, 12, 4, 5, 8, 21]

Όμως, παρά τις παραπάνω επιφυλάξεις, νεώτερες εργασίες έδειξαν ότι η κλασική ταξινόμηση των πολυσακχαριτών του τοιχώματος σε κυτταρίνη, ημικυτταρίνες και πηκτινίνες είναι κατά βάση ακριβής. Σήμερα ονομάζονται πηκτινικοί πολυσακχαρίτες εκείνα τα πολυμερή πολυσακχαριτών που βρίσκονται σε ομοιοπολική σύνεση με πολυσακχαρίτες που περιέχουν ως δομικές μονάδες κατά βάση μόρια γαλακτουρονικού οξέος. Ημικυτταρίνες ονομάζονται εκείνοι οι πολυσακχαρίτες που είναι μη-ομοιοπολικά συνδεδεμένοι με την κυτταρίνη. Έχει αναφερθεί επίσης ότι οι ημικυτταρίνες μπορούν να συνδεθούν ισχυρά με δεσμούς υδρογόνου με την κυτταρίνη [Bauer et al (1973) 20]. Οι ημικυτταρίνες του πρωτογενούς κυτταρικού τοιχώματος είναι ξυλογλυκάνες και διάφορες μαννάνες, καθώς και ετεροξυλάνες. [Bauer et al (1973) 20, Darvill (1976, 1980) 35, Keegstra et al (1973) 79, McNeil et al (1975) 107, Talmadge et al (1973) 145]

Η αρχική ταξινόμηση των πολυσακχαριτών του τοιχώματος μπορεί να συσχετισθεί με την σύγχρονη ορολογία. Ήπιο όξινο περιβάλλον εκχυλίζει κατά προτίμηση πηκτινικούς πολυσακχαρίτες, ενώ στη συνέχεια εκχύλιση με άλκαλι διαλυτοποιεί κατά προτίμηση τις ημικυτταρίνες. Επίσης χρησιμοποιούνται και οι όροι μη-κυτταρινικοί πολυσακχαρίτες του τοιχώματος και μη-πολυσακχαρικά συστατικά του τοιχώματος. [35, 12]

8. ΤΟ ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΣ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟ ΤΟΙΧΩΜΑ ΤΟΥ ΜΕΣΟΚΑΡΠΙΟΥ ΤΩΝ ΚΑΡΠΩΝ ΠΥΡΗΝΟΚΑΡΠΩΝ

8.1 Η ΑΥΞΗΣΗ ΚΑΙ Η ΩΡΙΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΚΑΡΠΟΥ

Η διερεύνηση της βιοχημικής πλευράς του μαλακώματος των καρπών καθιστά αναγκαία την γνώση της ανάπτυξεως και της ιστολογίας τους.

Ο σχηματισμός και η εξέλιξη του καρπού αρχίζει από την γονιμοποίηση του άνθους. Ο καρπός των Κορομηλών, των Ροδακίνων και των Βερυκόκκων σχηματίζεται από τα τοιχώματα της ωθήκης και περικλείει τα σπέρματα. Στα πυρηνόκαρπα που προέρχονται από περίγυνα άνθη δεν φαίνεται κανένα ίχνος από σέπαλα και πέταλα, διότι ο

καρπός που αναπτύσσεται απωθεί αυτά τα μέρη. Βοτανικά, ο καρπός των πυρηνοκάρπων είναι ΔΡΥΠΗ και προέρχεται μόνο από τις ωθήκες. Στους καρπούς αυτούς διακρίνουμε: 1) το εξωτερικό μέρος, το ΕΞΩΚΑΡΠΙΟ, που αντιστοιχεί στον ΦΛΟΙΟ, 2) το ενδιάμεσο σαρκώδες μέρος, το ΜΕΣΟΚΑΡΠΙΟ, που αντιστοιχεί στην ΣΑΡΚΑ, και 3) το εσωτερικό μέρος, το ΕΝΔΟΚΑΡΠΙΟ, που αντιστοιχεί στον ΠΥΡΗΝΑ. Στους καρπούς των πυρηνοκάρπων το ενδοκάρπιο είναι ξυλοποιημένο και περιέχει ένα σπέρμα, σπανίως δύο. Οι καρποί που εξετάζουμε είναι απλοί, σαρκώδεις καρποί. [Pressey (1977) 128, Δροσόπουλος. Μετασυλλεκτική Φυσιολογία των καρπών. Σημειώσεις ΑΓΣΑ (1983)]

Μετά την γονιμοποίηση του ωοκυττάρου αρχίζει η ανάπτυξη των ιστών και ο καρπός αυξάνει με διαίρεση των κυττάρων του επί 4-5 εβδομάδες. Έπειτα η αύξηση γίνεται από την διόγκωση των κυττάρων αυτών, την αντίστοιχη διαμόρφωση των κυτταρικών τοιχωμάτων τους, την αύξηση των μεσοκυτταρίων χώρων κ.ά. Αυτό το στάδιο της αυξήσεως του καρπού διαρκεί περισσότερο από το πρώτο. Τα πυρηνόκαρπα παρουσιάζουν μία γρήγορη αύξηση του καρπού στην αρχή, μία περίοδο μικρής αυξήσεως στη συνέχεια και τελικά μια τρίτη περίοδο γρήγορης αυξήσεως που ακολουθείται από την ωρίμανση των καρπών. Λεπτομερέστερα, κατά την ανάπτυξη του καρπού των πυρηνοκάρπων διακρίνονται τρεις χαρακτηριστικές φάσεις (στάδια), τα οποία διαρκούν περισσότερο ή λιγότερο, ανάλογα με την εποχή και την ποικιλία. Κατά την πρώτη φάση της αναπτύξεως ο καρπός αναπτύσσεται πολύ γρήγορα με πολλαπλασιασμό των κυττάρων του και το ενδοκάρπιο αποκτά όλο σχεδόν το τελικό μέγεθος του. Κατά την δεύτερη φάση ο ρυθμός αυξήσεως του καρπού επιβραδύνεται και το ενδοκάρπιο σκληραίνει και δεν αυξάνει άλλο. Η διάρκεια της δεύτερης φάσης εξαρτάται από την ποικιλία του συγκεκριμένου είδους. Κατά την τρίτη φάση παρατηρείται μια γρήγορη αύξηση του μεγέθους του καρπού μέχρι την ωρίμανση, η οποία οφείλεται στην διόγκωση των κυττάρων του μεσοκαρπίου. Κατά την φάση αυτή ο καρπός μπορεί να πάρει γύρω στα 2/3 της αυξήσεως του σε βάρος. Σύμφωνα με τα προηγούμενα, η αύξηση των καρπών των πυρηνοκάρπων αποδίδεται με διπλή σιγμοειδή καμπύλη. Αυτό σημαίνει ότι η αύξηση των αυτών πραγματοποιείται σε δύο ξεχωριστές φάσεις που αντιστοιχούν στις δύο επιμέρους σιγμοειδείς καμπύλες με παρέμβαση μίας σύντομης φάσης ανασχέσεως της αυξήσεως. [Δροσόπουλος (1983), Pressey (1977) 128]

Ο καρπός κατά την διάρκεια της παραμονής του στο δένδρο μέχρι την υπερωρίμανση και την πτώση του ή την συλλογή του, αλλά και μετά την συλλογή και μέχρι να καταστραφεί, υφίσταται μία αλληλουχία από χαρακτηριστικές βιοχημικές και βιοφυσικές μεταβολές, που οδηγούν στην απόκτηση των γνωστών χαρακτήρων των ωρίμων καρπών, όπως π.χ. την αλλαγή του χρώματος, την απόκτηση γεύσεως και αρώματος και την μεταβολή των αναλογιών των περιεχομένων ουσιών, μερικές από τις οποίες εξαφανίζονται και άλλες εμφανίζονται κατά την πρόοδο της ωριμάνσεως. Οι μεταβολές αυτές μαζί με το μαλάκωμα του σαρκώδους μεσοκαρπίου του καρπού είναι τό αποτέλεσμα όπως είδαμε μιάς προγραμματισμένης αλληλουχίας βιοχημικών διεργασιών. Με τις μεταβολές αυτές αφενός μεν μετατρέπεται ο άωρος, μη-φαγώσιμος καρπός σε ώριμο και φαγώσιμο και αφετέρου αποκτά τα χαρακτηριστικά που καθορίζουν την ποιότητα του σχετικά με την γεύση και το άρωμα, ενώ ορισμένες από αυτές επηρεάζουν και την φυσική του κατάσταση (υφή και σκληρότητα της σάρκας). [Labavitch (1981) 91, Pressey (1977) 128]

Μεταξύ των βιοχημικών αλλαγών που οδηγούν στην ωρίμανση είναι και το μαλάκωμα του μεσοκαρπίου, το οποίο είναι συνέπεια σημαντικών μεταβολών του κυτταρικού τοιχώματος. Ιστολογικές μελέτες επιβεβαιώνουν, ότι το μαλάκωμα το οποίο σχετίζεται με το μεσοκάρπιον καρπών που ωριμάζουν περιλαμβάνει εκτενή αποδιόργανωση του κυτταρικού τοιχώματος. [91, 128] Το μαλάκωμα της σάρκας είναι όχι μόνο μιά από τις πιό έντονες μεταβολές που συνοδεύουν την ωρίμανση των περισσότερων καρπών, αλλά και μιά παράμετρος της ποιότητας από τις πιό σημαντικές, αν όχι η πιό χαρακτηριστική που αποτελεί και το αποκορύφωμα της ωριμάνσεως των καρπών, όσον αφορά την υφή τους. Η υφή των ωρίμων καρπών συνήθως σχετίζεται με μιά πολύ στενή περιοχή σταθερότητας.

Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι η υφή που θεωρείται άριστη για να χαρακτηριστούν οι καρποί ως ώριμοι, μπορεί να μην είναι η καλύτερη για τους καρπούς που θα υποστούν βιομηχανική επεξεργασία.

Συμφωνα με τα προηγούμενα το μαλάκωμα του καρπού χωρίς αμφιβολία αντανακλά μεταβολές στα τοιχώματα του μεσοκαρπίου του, καθώς αυτός προχωρεί από την άωρη κατάσταση διαμέσου της ωριμάνσεως προς το γήρας. Από την στιγμή που αυτή η διαδικασία αρχίζει στους ώριμους δεν αναστέλλεται και σε βραχύτερο ή μακρύτερο

χρονικό διάστημα οδηγεί στην κατάρρευση της υφής, γι' αυτό η περίοδος της αποδεκτής υφής μπορεί να είναι σύντομη ακόμη και υπό συνθήκες αποθηκεύσεως υπό ψύξη ή κάτω από ελεγχόμενη ατμόσφαιρα. Μία προϋπόθεση για την βελτίωση των μεθόδων του ελεγχόμενου μαλακώματος, είτε το ξεκινούν και το επιταχύνουν είτε το παρεμποδίζουν πέρα από την άριστη κατάσταση, είναι η βαθύτερη γνώση της δομής του κυτταρικού τοιχώματος, καθώς επίσης και των μεταβολών του. Τα ένζυμα που σχετίζονται με τις μεταβολές αυτές συμβάλλουν με την καταλυτική δράση τους στην αποδόμηση και αποσυναρμολόφηση των συστατικών του κυτταρικού τοιχώματος, με αποτέλεσμα την κατάρρευση της υφής του μεσοκαρπίου και το μαλάκωμα του καρπού. Δεδομένου όμως ότι τα κύτταρα των καρπών και ειδικότερα του σαρκώδους μεσοκαρπίου αποτελούν ένα ειδικό παρεγχυματικό ιστό και οι μεταβολές των καρπών κατά την ωρίμανση είναι μεταβολές των κυττάρων του ιστού αυτού κατά κύριο λόγο, στη συνέχεια αναφέρονται ορισμένες πληροφορίες σχετικά με την ιστολογία του μεσοκαρπίου. [Labavitch (1981) 91, Pressey (1977) 128]

8.2 Η ΙΣΤΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΜΕΣΟΚΑΡΠΙΟΥ

Ο σαρκώδης ιστός του μεσοκαρπίου αποτελείται από σχετικώς χαλαρά, ζωντανά παρεγχυματικά κύτταρα, τα οποία κλιμακώνονται σε μέγεθος από την περιφέρεια προς το εσωτερικό. Πρόκειται για λειτουργικό ιστό, στον οποίο πραγματοποιούνται οι βιοχημικές και βιοφυσικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά την οντογένεση του καρπού.

Το μεσοκάρπιο κατά την δεύτερη φάση και κυρίως κατά την τρίτη φάση της αυξήσεως των καρπών αυξάνει με γρήγορη διόγκωση των κυττάρων. [128] Το παρεγχυματικό κύτταρο έχει συνήθως πολυεδρική, ισοδιαμετρική κατασκευή με λεπτό πρωτογενές κυτταρικό τοίχωμα και μεταβολικό κυτταρόπλασμα. Η πολυεδρικότητα εξαρτάται από τον αριθμό, το μέγεθος και το σχήμα των μεσοκυτταρικών χώρων, αφού η παρουσία των τελευταίων μειώνει την επιφάνεια επαφής ανάμεσα σε γειτονικά κύτταρα. Σε καρπούς που βρίσκονται στα πρώτα στάδια της αναπτύξεως τους τα παρεγχυματικά κύτταρα βρίσκονται σε πυκνή διάταξη, σχεδόν χωρίς μεσοκυτταρικούς χώρους.

Κατά την διαδικασία της αυξήσεως και αναπτύξεως του μεσοκαρπίου μεγαλώνει ο όγκος των κυττάρων και

αυξάνει ο αριθμός των εδρών τους. Έτσι είναι δύσκολο να παραμείνουν σε πλήρη επαφή οι αντίστοιχες πλευρές των γειτονικών κυττάρων. Οι αντίθετες δυνάμεις που αναπτύσσονται έχουν ως αποτέλεσμα τον μερικό αποχωρισμό των τοιχωμάτων. Έτσι δημιουργούνται οι μεσοκυτταρικοί χώροι, μέσα στους οποίους κανονικά διακινείται αέρας ή σε ορισμένες, κατά κύριο λόγο παθολογικές περιπτώσεις είναι δυνατόν να περιέχεται και κυτταρικός χυμός. [9, 19, 128, 91]

Οι μεσοκυτταρικοί χώροι είναι δυνατόν κατά την διάρκεια της αυξήσεως να διευρύνονται όταν συγχωνεύονται αντίστοιχα τμήματα από περισσότερα γειτονικά κύτταρα. Τα τοιχώματα δύο παρακειμένων κυττάρων διαχωρίζονται από μεσοκυτταρικό υλικό, το μεσοτοιχίο, που είναι πλούσιο σε πηκτινικούς πολυσακχαρίτες. Η διάκριση συχνά δεν είναι εύκολη μεταξύ του κυτταρικού τοιχώματος και του μεσοτοιχίου, που εμφανίζονται σαν ένα σύνολο και έτσι αποτελούν μία συνέχεια με την θεμελιώδη μάζα (τα συγκολλητικά υλικά).

Ο ώριμος παρεγγυματικός ιστός έχει άφθονους μεσοκυτταρικούς χώρους. Αυτοί βρίσκονται σε επικοινωνία μεταξύ τους και έτσι δημιουργείται ένα σύστημα κυκλοφορίας του αέρος μέσα στον ιστό και εξασφαλίζεται η αναπνοή των κυττάρων. Τα παρεγγυματικά κύτταρα στο μεσοκάρπιο βρίσκονται σε στενή επαφή μεταξύ τους. Με την βοήθεια των σωληνίσκων των βοθριωδών περιοχών τα κυτταροπλάσματα βρίσκονται σε επικοινωνία μεταξύ τους. [128, 91]

8.3 Η ΣΥΣΤΑΣΗ, Η ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΟΙ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΜΕΣΟΚΑΡΠΙΟΥ

Παρά τις διαφορές που παρατηρούνται στους καρπούς των πυρηνοκάρπων, όσον αφορά το μέγεθος, το σχήμα, την δομή και την ανάπτυξη, οι τύποι της ωριμάνσεως τείνουν να μοιάζουν αρκετά μεταξύ τους. Η μείωση της συνεκτικότητας της σάρκας, η οποία σχετίζεται με την ωρίμανση, αποδίδεται σε μεταβολές στη δομή των κυτταρικών τοιχωμάτων των κυττάρων του μεσοκαρπίου, που θά αναφερθούν στη συνέχεια.

Τα κυτταρικά τοιχώματα δεν εμφανίζουν ρήξη κατά την διάρκεια της ωριμάνσεως. Το πάχος του ΠΚΤ των κυττάρων του μεσοκαρπίου αυξάνει κατά την διάρκεια

της αναπτύξεως του καρπού και συγκεκριμένα σε ροδάκινα από 0,5μ μετά την ολοκλήρωση της διαιρέσεως των κυττάρων, μέχρι 1μ κατά την διάρκεια της φάσης σκληρύνσεως του ενδοκαρπίου. [128] Αυξηση του πάχους του κυτταρικού τοιχώματος εξακολουθεί να παρατηρείται στις επόμενες φάσεις της αυξήσεως των κυττάρων και φθάνει μέχρι μία μεγίστη τιμή περίπου 2μ σε καρπούς που αρχίζουν να ωριμάζουν. [128] Κατά την διάρκεια της ωριμάνσεως που ακολουθεί τα κυτταρικά τοιχώματα μειώνονται σε πάχος.

Για τους δύο διαφορετικούς τύπους ροδακίνων, τα συμπύρηνια και τα εκπύρηνια ροδάκινα, ορισμένες δημοσιεύσεις αναφέρουν διαφορές στο πάχος του κυτταρικού τοιχώματος, αλλά ο Reeve [κατά τον Pressey (1977) 128] δεν μπόρεσε να το επιβεβαιώσει και παρατήρησε ότι τα κυτταρικά τοιχώματα μειώνονται σε πάχος κατά τον ίδιο βαθμό και στους δύο τύπους. Αυτή η περιορισμένη αύξηση κατά πάχος των πρωτογενών κυτταρικών τοιχωμάτων είναι αποτέλεσμα προσθήκης κυρίως νέου μικροϊνδιακού υλικού στο εσωτερικό του αρχικού τοιχώματος σε πίο κανονική διάταξη. [91, 128]

Ανάλυση της δομής του υλικού του κυτταρικού τοιχώματος σε διαφόρους καρπούς επιβεβαιώνει την παρουσία πολλών ειδών πολυσακχαριτών. Η σημερινή άποψη [38] σχετικά με την δομή του του κυτταρικού τοιχώματος είναι ότι οι πολυσακχαρίτες και οι γλυκοπρωτεΐνες σχηματίζουν ένα πλέγμα πολυμερών, το οποίο περιέχει ομοιοπολικούς δεσμούς και δεσμούς υδρογόνου. Υπάρχει ένδειξη για ομοιοπολική σύνδεση μεταξύ των πολυουρονιδίων του κυτταρικού τοιχώματος, γαλακτανών και αραβιανών. Όμως δεν υπάρχει ένδειξη ομοιοπολικής αλληλεπιδράσεως μεταξύ πηκτίνης και ημικυτταρίνης. Το μοντέλο που έχει προταθεί για την δομή των κυτταρικών τοιχωμάτων [145, 20, 79] καλλιεργημένων κυττάρων *Acer pseudoplatanus* βασίζεται στον συλλογισμό ότι η ξυλογλυκάνη είναι συνδεδεμένη με δεσμό υδρογόνου με την κυτταρίνη. Τα αναγωγικά άκρα των πλευρικών αλυσίδων ξυλογλυκάνης συνδέονται με την ραμνογαλακτουρονάνη μέσω γραμμικής γαλακτάνης. Η ραμνογαλακτουρονάνη με την σειρά της είναι συνδεδεμένη με πρωτεΐνη πλούσια σε υδρόξυπρολίνη μέσω διακλαδισμένης αραβινογαλακτάνης. Μια δεύτερη αλυσίδα ραμνογαλακτουρονάνης είναι συνδεδεμένη στο ίδιο πρωτεϊνικό μόριο μέσω αραβινογαλακτάνης και η διάταξη των συστατικών συνδέεται με άλλη αλυσίδα κυτταρίνης. Επομένως, τα δομικά συστατικά του κυτταρικού τοιχώματος του με-

σοκαρπίου μπορούν να θεωρηθούν σαν ένα μακρομοριακό πλέγμα. [128,91,38]

I.1 ΠΗΚΤΙΝΕΣ

Ο παρεγχυματικός ιστός του μεσοκαρπίου είναι πλούσιος σε πηκτινικούς πολυσακχαρίτες. Η πηκτίνη είναι το κύριο συστατικό του μεσοτοιχίου, όπως έχει ήδη αναφερθεί, αλλά παρευρίσκεται επίσης και στο πρωτογενές κυτταρικό τοίχωμα. Η δομή των πηκτινών ποικίλλει ανάλογα με την πηγή. Έχουν απομονωθεί και καθαρές ομογαλακτουρονάνες, αλλά η βασική δομή της πηκτίνης των περισσότερων πηγών αποτελείται από μακριές αλυσίδες γραμμικής α-1,4-γαλακτουρονάνης που διακόπτεται από ραμνόζη στον C1 και C3. Ο Talmadge και οι συνεργάτες του συμπεραίνουν ότι η πηκτίνη από καλλιεργημένα κύτταρα *Acer pseudoplatanus* αποτελείται από ομάδες των οκτώ μονάδων γαλακτουρονικού οξέος, που διακόπτονται από ομάδες του τύπου ραμνόζη-γαλακτουρονικό οξύ-ραμνόζη. [145]

Οι πηκτινικοί πολυσακχαρίτες αποτελούν μία βασική κατηγορία συστατικών του κυτταρικού τοιχώματος με καθολική διάδοση σε όλα τα ανώτερα φυτά. Η περιεκτικότητα σε πηκτινικούς πολυσακχαρίτες ποικίλλει ανάλογα με το είδος του φυτού και με το είδος του φυτικού ιστού. Γενικά, πλούσια σε πηκτινικούς πολυσακχαρίτες είναι τα κυτταρικά τοιχώματα των κυττάρων που βρίσκονται σε αύξηση και ιδιαίτερα το μεσοτοιχίο και το πρωτογενές κυτταρικό τοίχωμα. Εκτός όμως από τις πηκτίνες του κυτταρικού τοιχώματος, σε πολλούς ώριμους καρπούς συναντώνται πηκτίνες και στον κυτταρικό χυμό τους, ιδιαίτερα κατά το τελικό στάδιο της ωριμάνσεως. Αυτές είναι προϊόντα ενζυμικής υδρολύσεως των πηκτινικών πολυσακχαριτών του κυτταρικού τοιχώματος.

Αυτή η κατηγορία των πολυσακχαριτών κάτω από ορισμένες συνθήκες δημιουργεί πήγματα από κολλοειδή διαλύματα, γιαυτό και ονομάζεται ομάδα των πηκτινικών πολυσακχαριτών ή πηκτίνες. [Worth (1967) 156] Οι πηκτίνες παραλαμβάνονται από τους διάφορους φυτικούς ιστούς με διάφορα μέσα, όπως ψυχρό ή θερμό νερό, με αραιά οξέα 0,1-0,2% HCl, 1% οξαλικό αμμώνιο ή ακόμη και με 0,05% NaOH ή 1% Na₂CO₃. Οι πηκτίνες αυτές εκτός από τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά τους διακρίνονται και από την ευχέρεια ή δυσχέρεια με την οποία διαλύονται στο νερό. [35,12]

Συνήθως στο κυτταρικό τοίχωμα οι πηκτίνες συναντώνται ως μίγματα με αραβάνες και γαλακτάνες και τα υλικά που απομονώνονται αρχικά περιέχουν ιόντα Ca και Mg. Όπως αναφέρθηκε, οι πηκτίνες αυτές συνίστανται από γαλακτουρονικό οξύ και ραμνόζη. Το μόριο τους αποτελείται κατά βάση από μη-διακλαδιζόμενες αλυσίδες με μονάδες από α-D-γαλακτουρονικό οξύ (α-D-GalA) ενωμένες γλυκοζιδικά. [4,5,8,12,35] Ο μόνος δεσμός μεταξύ μονάδων γαλακτουρονικού οξέος που έχει πιστοποιηθεί σε πηκτίνες είναι ο α-1,4. Με αυτό σαν βάση δεν είναι πιθανό ότι διακλαδώσεις γαλακτουρονάνης αν υπάρχουν είναι προσαρτημένες κατευθείαν στον σκελετό της γαλακτουρονάνης. Όμως, είναι πιθανό τέτοιες διακλαδώσεις να είναι προσαρτημένες σε ουδέτερα σάκχαρα της αλυσίδας. [Aspinall (1980) 12, Darvill (1980) 35]

Η καρβοξυλική ομάδα του γαλακτουρονικού οξέος εισάγει και μία άλλη μεταβλητή στη δομή της πηκτίνης. Αυτές οι ομάδες είναι κατά ένα ποσοστό εστεροποιημένες με μεθυλικές ομάδες, αλλά η κατανομή των εστερικών ομάδων δεν είναι γνωστή. Συμπεραίνεται ότι οι ελεύθερες καρβοξυλικές ομάδες μπορεί να συμμετέχουν σε διαμοριακούς δεσμούς. Ιόντα ασβεστίου ενώνονται με ελεύθερες καρβοξυλικές ομάδες σχηματίζοντας αδιάλυτα άλατα. Οι καρβοξυλικές ομάδες μπορούν να συμμετέχουν με τον σχηματισμό διαμοριακών γεφυρών στην δομή και την ικανότητα διασυνδέσεως των πηκτινικών πολυσακχαριτών με τα άλλα πολυμερή του κυτταρικού τοιχώματος.

Πιστεύεται [128], ότι κινητοποίηση του ασβεστίου των κυτταρικών τοιχωμάτων μπορεί να προκαλέσει διαλυτοποίηση των πηκτινών κατά την διάρκεια της ωρίμανσεως των καρπών. Οι πηκτίνες που απομονώνονται από τους διάφορους φυτικούς ιστούς ως παρασκευάσματα με διαφορετικές ιδιότητες, είναι κατά βάση ραμνογαλακτουρονάνες, αλλά διακρίνονται μεταξύ τους, τόσο ως προς τις προσμίξεις αλλά και διότι ένα ποσοστό των καρβοξυλικών ομάδων των μονάδων του γαλακτουρονικού οξέος είναι εστεροποιημένο με μεθυλική αλκοόλη. Γι' αυτό και οι διάφορες πηκτίνες χαρακτηρίζονται και από την περιεκτικότητά τους σε μεθοξυ-ομάδες $\text{CH}_3\text{O}-$, που δηλώνει σε ποιά έκταση και βαθμό είναι εστεροποιημένες οι καρβοξυλικές (όξινες) ομάδες των ραμνογαλακτουρονανών των πηκτινών. [12,35,38]

Με την εστεροποίηση ελαττώνονται οι όξινες ομάδες του μορίου των πηκτινών και γιαυτό πολλές ιδιότητες των πηκτινών όπως η διαλυτότητα και η ικανότητα δεσμεύσεως κατιόντων από τις καρβοξυλικές ομάδες εί-

ναι συνάρτηση του βαθμού μεθυλίωσης τους. Οι περισσότερες ηκτινές που απομονώνονται έχουν περιεκτικότητα σε μεθόξυ-ομάδες μεταξύ 8-12%. [Worth (1967) 156, Stoddard et al (1967) 142, Bacon et al (1975) 13]

Με διάφορες έντονες επεξεργασίες απομονώσεως και καθαρισμού, ιδιαίτερα με επεξεργασία με οξέα ή αλκάλια, υδρολύονται εσωτερικοί δεσμοί μερικών από τις μεθόξυ-ομάδες με τις καρβοξυλικές ομάδες και έτσι προκύπτουν ηκτινικές ενώσεις με μικρότερο αριθμό μεθόξυ-ομάδων και με μικρότερο βαθμό πολυμερισμού, λόγω της σύγχρονης υδρολύσεως μερικών γλυκοζιδικών δεσμών. [156, 12, 35, 38, 128] Αυτή η ελάττωση των μεθόξυ-ομάδων ελαττώνει την διαλυτότητα των ηκτινών. Η διαλυτότητα αυξάνει με την ελάττωση του μοριακού βάρους [128]. Οι ηκτινές με διάφορο βαθμό μεθυλίωσης μπορούν να αποκτήσουν υφή ηκτινών, όπου οι αλυσίδες των μορίων των ηκτινών σχηματίζουν τριδιάστατο πλέγμα.

Το τριδιάστατο δίκτυο σχηματίζεται και με την βοήθεια ιόντων Ca και Mg, τα οποία ενώνονται με τις καρβοξυλικές ομάδες διαφορετικών αλυσίδων. [128, 156] Τετοια σύνδεση των μορίων των ηκτινών υπάρχει στα κυτταρικά τοιχώματα. Τα μόρια των ηκτινών είναι πολύ υδρόφιλα μόρια και συγκρατούν ισχυρά πολλά μόρια νερού, δηλαδή είναι ισχυρά ενυδατωμένα. Τα μόρια του νερού σχηματίζουν ένα στρώμα γύρω από κάθε μόριο ηκτινής μέσα στο πλέγμα. Έτσι τα διάφορα μόρια βρίσκονται σε κάποια απόσταση μεταξύ τους. Τα μοριακά βάρη των ηκτινών ποικίλλουν σε μεγάλα όρια. Με διάφορες μεθόδους έχουν διαπιστωθεί μοριακά βάρη από 20.000 έως 400.000, που αντιστοιχούν σε βαθμό πολυμερισμού 250 έως 2000. [12, 35, 38, 128, 156] Λόγω των μεγάλων διακυμάνσεων του μοριακού βάρους και του βαθμού μεθοξυλίωσης των διαφόρων ηκτινών διακρίνονταν σύμφωνα με παλαιότερη κατάταξη σε ορισμένες κατηγορίες, όπως: 1) τα ηκτινικά οξέα, 2) οι κυρίως ηκτινές, 3) οι ηκτινικές ύλες, και 4) η πρωτοηκτινή. [156]

Τα ηκτινικά οξέα αντιστοιχούν σύμφωνα με την κατάταξη αυτή σε πολυγαλακτουρονικά οξέα με τις καρβοξυλικές ομάδες ελεύθερες, μη-εστεροποιημένες με μεθοξυομάδες. Οι κυρίως ηκτινές αντιστοιχούν σε ηκτινικά οξέα με μερικά ή ολικά εστεροποιημένες τις καρβοξυλικές ομάδες με μεθοξυομάδες. Ανάλογα με τον βαθμό πολυμερισμού και τον βαθμό μεθοξυλίωσης διακρίνονται γενικά δύο κατηγορίες ηκτινών με υψηλό ή χαμηλό βαθμό μεθοξυλίωσης αντίστοιχα. Οι ηκτινικές ύλες αποτελούν φυσικά μίγματα ηκτινών διαφόρου μοριακού



βάρους και βαθμού μεθοξυλιώσεως και ημικυτταρινών, ε-
ξοζανών και πεντοζανών. Η πρωτοπηκτίνη αντιστοιχεί
στην αυτούσια πηκτίνη των κυτταρικών τοιχωμάτων που
είναι αδιάλυτη στο νερό. Η πρωτοπηκτίνη στη φυσική
κατάσταση στα κυτταρικά τοιχώματα χαρακτηρίζεται από
τον υψηλό βαθμό μεθοξυλιώσεως και μεγάλο μοριακό βά-
ρος και από το ότι οι ελεύθερες καρβοξυλικές ομάδες
της είναι ενωμένες με δισθενή κατιόντα ασβεστίου και
μαγνησίου τα οποία χρησιμεύουν σαν γέφυρες που συν-
δέουν τα μόρια των πηκτινών σε πολυμοριακό δίκτυο.
[Worth (1967) 156]

Οι πηκτίνες αλλά και τα υπόλοιπα συστατικά των
κυτταρικών τοιχωμάτων δεν αποτελούν απλές προσμίξεις
αλλά συνδέονται στενά μεταξύ τους. [4,5,20,79,145] Για
τον λόγο αυτό η παραλαβή των υλικών αυτών είναι συ-
χνά μία επίπονη εργασία. Τα συστατικά αυτά είναι κα-
τά μεγάλο μέρος τους αδιάλυτα στο νερό. Εκτός από τη
ραμνόζη και άλλα ουδέτερα σάκχαρα μπορεί να συναντη-
θούν σε πηκτίνες καρπών, όπως π.χ. η γαλακτόζη και η
αραβινόζη. Δεν έχει ξεκαθαριστεί αν τα ουδέτερα σάκ-
χαρα βρίσκονται στην αλυσίδα της γαλακτουρονάνης ή
σαν διακλαδώσεις της αλυσίδας, αλλά από τα υφιστάμενα
ερευνητικά δεδομένα φαίνεται να ισχύει μάλλον το δεύ-
τερο. [20,79,145,108,36]

Οι μεταβολές των πηκτινικών πολυσακχαριτών που
παρατηρούνται κατά την ωρίμανση των καρπών συνίστα-
νται σε μεγάλο ποσοστό στην αύξηση της υδατοδιαλυτό-
τητας των πηκτινών κατά την ωρίμανση των καρπών. Στις
μεταβολές αυτές εκτός από την κινητοποίηση του ασβε-
στίου υπεισέρχονται τα ένζυμα που επενεργούν επί των
πηκτινών. Συνέπεια της δράσεως αυτών των ενζύμων εί-
ναι να προκαλείται ελάττωση του μοριακού βάρους της
πρωτοπηκτίνης και των διασυνδέσεων της με άλλα υλικά
της θεμελιώδους μάζας (ημικυτταρίνες) και η αύξηση της
διαλυτότητας της. Αποτέλεσμα της αυξήσεως της διαλυ-
τότητας των πηκτινών των καρπών που ωριμάζουν είναι
η χαλάρωση της συνεκτικότητας της μάζας του ιστού του
μεσοκαρπίου, ώστε βαθμιαία οι ώριμοι καρποί να παίρ-
νουν την γνωστή μαλακή υφή τους. [128,156]

Οι πηκτίνες αν και αποτελούν καθολικής διαδόσεως
συστατικά των κυτταρικών τοιχωμάτων, εντούτοις παρου-
σιάζουν μεγάλες διαφορές όσον αφορά την περιεκτικότη-
τα τους στους διάφορους φυτικούς ιστούς, αλλά και με-
ταξύ των διαφόρων στρώσεων στα κυτταρικά τοιχώματα
των ιδίων κυττάρων. Γενικότερα όμως, τα κύτταρα που
βρίσκονται σε αύξηση χαρακτηρίζονται και από την με-

γαλύτερη περιεκτικότητα σε πηκτίνες και από το γεγονός ότι οι πηκτίνες αυτές παρουσιάζουν μεγάλο βαθμό μεθοξυλιώσεως. [129,123,120,131,136,156]

I.2 ΠΗΚΤΙΝΟΛΥΤΙΚΑ ΕΝΖΥΜΑ

Στα πηκτινολυτικά ένζυμα έχει αποδοθεί η μεγαλύτερη προσοχή όσον αφορά την συσχέτιση με το μαλάκωμα των καρπών. [91,128,132,38] Οι λόγοι που οδήγησαν σ' αυτό οφείλονται σε μεγάλο ποσοστό που κατέχουν οι πηκτίνες στο μεσοτοίχιο, η σχετικά υψηλή ποσότητα των πηκτινών στους περισσότερους καρπούς και κυρίως η εμφάνιση υδατοδιαλυτής πηκτίνης που συνοδεύει το μαλάκωμα των περισσότερων καρπών. [128,38]

Οι μεταβολές των πηκτινών αποτελούν μία πλευρά γενικότερων μεταβολών στον μεταβολισμό των καρπών που βρίσκονται στην ωρίμανση και είναι ιδιαίτερα έντονες σε ορισμένα κρίσιμα στάδια της πορείας της ωριμάνσεως. Οι μεταβολές αυτές συνδέονται με την δράση ορμονικών παραγόντων, μεταξύ των οποίων ιδιαίτερη θέση κατέχει το αιθυλένιο, στην περίπτωση της ωριμάνσεως των καρπών. [38,91,128]

Κατά την ωρίμανση, εκτός από τις μεταβολές της πρωτοπηκτίνης στα κυτταρικά τοιχώματα, υπάρχουν ενδείξεις ότι έχουμε μετακίνηση πηκτινών από τα κυτταρικά τοιχώματα στα χυμοτόπια μέσω του κυτταροπλάσματος. Οι χυμοί χαρακτηρίζονται από σημαντικά μεγαλύτερη περιεκτικότητα πηκτινών σε σύγκριση με τους χυμούς των άωρων καρπών. [91,128,38]

Η πολυπλοκότητα των πηκτινικών πολυσακχαριτών φαίνεται να προσφέρει αρκετές δυνατότητες για ενζυμική δράση που οδηγεί στην διαλυτοποίηση. Η αποδόμηση των μορίων μπορεί να συμπεριλαμβάνει τερματικές δομικές μονάδες των αλυσίδων γαλακτουρονάνης ή υδρόλυση των πολυμερών που είναι προσαρτημένα στις αλυσίδες. [132,91,128] Το τελευταίο μπορεί να συμβαίνει σε μήλα, διότι η πηκτίνη δεν φαίνεται να αποδομείται κατά την διάρκεια της διαλυτοποιήσεως. Η πηκτίνη μπορεί επίσης να διαλυτοποιείται με υδρόλυση των αδιάλυτων μακρομορίων. Σ' αυτή την περίπτωση η υδρόλυση μπορεί να πραγματοποιείται στις αλυσίδες της γαλακτουρονάνης ή στους συνδέσμους με ραμνόζη. [91,128]

Επί των πηκτινών επενεργούν δύο ειδών ένζυμα: 1) Ένζυμα που καταλύουν την υδρόλυση των εστέρων των

καρβοξυλικών ομάδων και της μεθυλικής αλκοόλης. Λόγω της δράσεως αυτών των ενζύμων προκαλείται βαθμιαία απόσπαση των μεθόξυ-ομάδων από τις πηκτινικές ύλες και απελευθέρωση των καρβοξυλικών ομάδων σταδιακά, οπότε προκύπτουν προϊόντα με κατώτερο βαθμό μεθυλίωσης. Τα ένζυμα αυτά ονομάζονται πηκτινεστεράσες και έχουν μεγάλη διάδοση σε διάφορους φυτικούς ιστούς και ιδιαίτερα σε καρπούς, όπου υπεισέρχονται στις μεταβολές των πηκτινών, που παρατηρούνται κατά την ωρίμανση τους.

2) Ένζυμα που καταλύουν την υδρόλυση των 1,4 γλυκοζιδικών δεσμών, οι οποίοι υπάρχουν μεταξύ των μονάδων του γαλακτουρονικού οξέος του μορίου των πηκτινών. Λόγω της δράσεως αυτών των ενζύμων προκαλείται βαθμιαία διάσπαση του μορίου κυρίως των πηκτινών και παράγονται προοδευτικά διάφορα προϊόντα διασπάσεως με μικρότερο μοριακό βάρος. Τα ένζυμα αυτά ονομάζονται πολυγαλακτουρονάσες. Αυτά τα ένζυμα υπεισέρχονται στις μεταβολές που παρατηρούνται στις πηκτίνες κατά την ωρίμανση των καρπών. Τα ένζυμα και των δύο αυτών κατηγοριών έχουν άριστη σε όξινο pH (3,5-4,5). [132,91, 128]

II.1 ΗΜΙΚΥΤΤΑΡΙΝΕΣ

Οι ημικυτταρινικοί πολυσακχαρίτες του κυτταρικού τοιχώματος που απομένουν μετά την παραλαβή των πηκτινών είναι συνήθως άμορφα, τα οποία μπορούν να διαλυτοποιηθούν με αυξανόμενες συγκεντρώσεις καυστικού καλίου. Οι ημικυτταρίνες χαρακτηρίζονται από ποικιλία στη σύσταση, στον τρόπο συνδέσεως και στην ύπαρξη ή μη διακλαδώσεων. Τα μονομερή που μπορούν να ληφθούν μετά από υδρόλυση είναι η μαννόζη, η γαλακτόζη, η αραβινόζη, η ξυλόζη, η γλυκόζη και άλλα. Αυτοί οι πολυσακχαρίτες, που είναι διαλυτοί σε άλκαλι, είναι σύμπλοκα μίγματα, των οποίων η σύνθεση ποικίλει ανάλογα με την πηγή και την μέθοδο εκχυλίσεως. [12,20]

Η μεγάλη ποικιλία των ημικυτταρινών του ΚΤ οφείλεται σε διαφορές ως προς την ομοιογένεια (ομοπολυμερείς ή ετεροπολυμερείς ημικυτταρίνες), την σύσταση (είδος δομικών μονάδων, σχετική αναλογία και διαδοχή των δομικών μονάδων στο μόριο), τον βαθμό πολυμερισμού και την ύπαρξη ή μη διακλαδώσεων. Γι' αυτό η απομόνωση και η μελέτη των ημικυτταρινών παρουσιάζει δυσκολίες. Η κύρια δυσκολία για να χαρακτηρισθεί αυ-

τή η ομάδα συνίσταται στον διαχωρισμό των συστατικών. [37,35]

Ο βαθμός πολυμερισμού είναι συνήθως 50-800, αλλά κυμαίνεται σημαντικά ανάλογα με την πηγή. Υπάρχουν λίγες αναφορές για ομογενείς πολυσακχαρίτες, που λαμβάνονται με διαφορεική εκχύλιση και καταβύθιση. Μια β-1,4-ξυλόζη με πλευρικές αλυσίδες γλυκουρονικού οξέος έχει απομονωθεί από κυτταρικά τοιχώματα αχλαδιού, ενώ μια σύμπλοκη γλυκάνη έχει εκχυλισθεί από καρπό mango. [35,38] Οι Bauer et al (1973) [20] ελάβαν από τα κύτταρα του *Acer pseudoplatanus* ένα ουδέτερο κλάσμα που αποτελείται σχεδόν αποκλειστικά από ξυλογλυκάνη. Η δομή αυτού του πολυμερούς είναι μια επαναλαμβανόμενη ομάδα που περιέχει τέσσερις μονάδες από β-1,4-συνδεδεμένη γλυκόζη και τρεις μονάδες ξυλόζης, με απλές διακλαδώσεις ξυλόζης σε κάθε τρεις από τις μονάδες γλυκόζης. [20]

Μια ξυλογλυκάνη παρόμοια με την ξυλογλυκάνη των ΠΚΤ των καλλιεργημένων κυττάρων του *Acer pseudoplatanus* έχει εντοπιστεί στο τοίχωμα του παρεγχύματος αχλαδιών [Ahmed et al (1980) 1], και η ανάλυση των ΠΚΤ καρπών μήλου ενισχύει αρκετά την άποψη της παρουσίας ενός παρομοίου πολυμερούς. [38] Όμως δεν υπάρχουν επαρκείς ενδείξεις ότι η αποδόμηση των ημικυτταρινών συνεισφέρει στην αποδόμηση του ΠΚΤ που οδηγεί στο μαλάκωμα του ιστού κατά την διάρκεια της ωριμάνσεως των καρπών. Για την αποσαφήνιση της δομής των ημικυτταρινών γενικά, καθώς και των ημικυτταρινών του ΚΤ των καρπών, καταβάλλεται έντονη ερευνητική προσπάθεια. [1, 10, 20, 29, 37, 54, 55, 56, 74, 88, 89, 141, 147, 153]

II.2 ΗΜΙΚΥΤΤΑΡΙΝΟΛΥΤΙΚΑ ΕΝΖΥΜΑ

Η αποδόμηση των ημικυτταρινικών πολυμερών επιτυγχάνεται με την καταλυτική δράση μιας ιδιαίτερης κατηγορίας ενζύμων, που χαρακτηρίζονται γενικά ως ημικυτταρινολυτικά ένζυμα. Τα ένζυμα αυτά διακρίνονται στη συνέχεια ανάλογα με το συγκεκριμένο ημικυτταρινικό πολυμερές, τις δομικές μονάδες και την φύση των δεσμών επί των οποίων δρούν.

Φαίνεται ότι η δράση τέτοιων ενζύμων επί του ΚΤ των ιστών διαφόρων καρπών, είναι περιορισμένη σε σχέση με τα πηκτινολυτικά ένζυμα, διότι οι ημικυτταρίνες

στα ΚΤ των κυττάρων των διαφόρων ιστών διαλυτοποιούνται και διακινούνται σε περιορισμένη έκταση.

Τα δεδομένα που αφορούν την δράση ημικυτταρινολυτικών ενζύμων είναι περιορισμένα και δεν έχουν εξαχθεί σαφή συμπεράσματα, όσον αφορά τον τρόπο δράσεως τους και την συνεισφορά τους στις μεταβολές που υφίσταται το ΚΤ κατά την ωρίμανση και την υπερωρίμανση και στο μαλάκωμα των καρπών, όπως παρουσιάζεται αναλυτικά στην αντίστοιχη ενότητα περί μεταβολών των δραστηριοτήτων ενζύμων υπευθύνων για την αποδόμηση του κυτταρικού τοιχώματος.

Δεν έχουν ανιχνευθεί ένζυμα που να αποδομούν αλυσίδες ημικυτταρινικών πολυμερών σε ιστούς καρπών που έχουν μελετηθεί μέχρι σήμερα (π.χ. ξυλανάσης). [38] Όμως διαπιστώνεται δραστηριότητα ενζύμων που διασπούν δεσμούς μεταξύ δομικών μονάδων των ημικυτταρινικών πολυμερών (π.χ. β-D-ξυλοζιδάσης). Διαπιστώθηκε ότι τα ένζυμα αυτά παρουσιάζουν αδυναμία να διασπάσουν *in vitro* παρασκευάσματα κυτταρικού τοιχώματος που απομονώθηκαν από τους εξεταζόμενους ιστούς. Για τον λόγο αυτό ορισμένοι ερευνητές [150] ισχυρίζονται ότι η δεύτερη κατηγορία ενζύμων δεν συμβάλλει στο μαλάκωμα των ιστών.

Όμως, τέτοια συμπεράσματα πρέπει να αντιμετωπιστούν με προσοχή όσον αφορά τον συγκεκριμένο καρπό, για τον οποίο υπάρχουν οι σχετικές πληροφορίες, ενώ δεν πρέπει να θεωρηθούν ότι έχουν γενική ισχύ. Και τούτο διότι οι ερευνητικές εργασίες επί της συστάσεως, δομής και μεταβολών των ημικυτταρινικών πολυμερών του ΚΤ βρίσκονται σε εξέλιξη και δεν έχει διαπιστωθεί μια ακριβής εικόνα των διασυνδέσεων των πολυμερών αυτών με τα υπόλοιπα συστατικά του ΚΤ, ώστε να υπάρξουν συμπεράσματα σχετικά με τον μηχανισμό δράσεως των ευρεθέντων μέχρι σήμερα ημικυτταρινολυτικών ενζύμων.

Τόσο τα αχλάδια, όσο και οι τομάτες στερούνται δραστηριότητας της ξυλανάσης. Όμως και τα δύο παρουσιάζουν δραστηριότητα της β-D-ξυλοζιδάσης και β-D-γλυκοζιδάσης [Ahmed et al (1980) 2], ενώ τα αχλάδια περιέχουν α-D-μαννοζιδάση. Θεωρείται ότι δεν είναι πιθανό τέτοια ένζυμα να συμμετέχουν στην αποδόμηση των πολυμερών του ΚΤ, όπως αναφέρθηκε. Οι τομάτες εμφανίζουν δραστηριότητα (1,3)-β-D-γλυκανάσης, αλλά τα ανάλογα φυσικά υποστρώματα αυτού του ενζύμου και συγκεκριμένα, μίγματα β-D-γλυκανών δεν φαίνεται να υπάρ-

χουν στα ΚΤ της τομάτας ή άλλων καρπών. Οι λειτουργίες των ποικίλων προηγούμενων αναφερθέντων ενζυμικών δραστηριοτήτων στους καρπούς που ωριμάζουν, παραμένουν αδιευκρίνιστες προς το παρόν.[38]

III.1 ΚΥΤΤΑΡΙΝΗ

Η κυτταρίνη είναι ένας σημαντικός παράγοντας της υφής των καρπών, λόγω της αφθονίας της σε ιστούς καρπών και του βασικού ρόλου της στην δομή του κυτταρικού τοιχώματος.[4,5,12,35,110,129] Ο Kertesz και οι συνεργάτες του εργαζόμενοι με αρκετές ποικιλίες μήλων, διεπίστωσαν[128] ότι η ποσότητα της κυτταρίνης σχετίζεται μεν με την αρχική συνεκτικότητα των φρεσκοκομμένων καρπών, αλλά δεν συσχετίζεται με το μαλάκωμα των μήλων κατά την ωρίμανση. Κατά συνέπεια, οι μεταβολές στην συνεκτικότητα των καρπών κατά την ωρίμανση δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι οφείλονται σε αλλαγές στην κυτταρίνη.[Pressey (1977) 128]

Σχετικά είναι τα ευρήματα του Bartley, κατά τον Pressey [128], ο οποίος διαπίστωσε ότι το περιεχόμενο σε κυτταρινική γλυκόζη των κυτταρικών τοιχωμάτων μήλου δεν αλλάζει στους καρπούς που ωριμάζουν. Αντίθετα παρατηρήσεις σε ροδάκινα [128,38] δείχνουν μία μείωση στο κυτταρινικό περιεχόμενο κατά την διάρκεια της ωριμάνσεως. Το γεγονός όμως, ότι οι παρατηρήσεις αυτές προέκυψαν με την χρησιμοποίηση μίας μεθόδου προσδιορισμού της κυτταρίνης που σήμερα θεωρείται ως μη αξιόπιστη, δεν θεωρούνται τα ευρήματα αυτά αξιόπιστα. Οι Jermyn και Isherwood ομοίως παρατήρησαν μία μικρή μείωση της κυτταρίνης σε ώριμα αχλάδια.[Jermyn et al (1956) 70]

Ανεξάρτητα όμως αν σε μερικούς μεν καρπούς δεν συμβαίνουν μεταβολές στην κυτταρίνη ενώ σε άλλους σημειώνονται μερικές μεταβολές, το γεγονός ότι για ένα συστατικό του ΚΤ που τα μόρια του συναντώνται στη δομή του ΚΤ σε συγκροτήματα (μικροϊνίδια, ινίδια) με υψηλή οργάνωση, είναι δυνατόν μεταβολές στον μοριακό προσανατολισμό εντός των μικροϊνιδίων να είναι πιο σημαντικές από τις μεταβολές στην ποσότητα της κυτταρίνης, χωρίς να μεταβάλλεται η σχέση κρυσταλλικών και μη-κρυσταλλικών περιοχών. [128,38] Εξετάζοντας αυτήν την υπόθεση ο Sterling μελέτησε την φυσική κατάσταση της κυτταρίνης σε ώριμα ροδάκινα με τεχνικές

ακτίνων-Χ και βρήκε ότι τα ινίδια της κρυσταλλικής κυτταρίνης αυξάνουν σε διάμετρο κατά την διάρκεια της ωριμάνσεως των ροδακίνων. Ο Sterling [Pressey (1977) 128] απέδωσε την διόγκωση αυτή της κυτταρίνης σε χαλάρωση μάλλον παρά σε σχηματισμό νέων μικροϊνιδίων. Ανεξάρτητα όμως από τις μεταβολές αυτές, ο ερευνητής αυτός παρατήρησε ότι η συγκεκριμένη αποδόμηση - χαλάρωση της κυτταρίνης δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι συνεισφέρει πολλά στο μαλάκωμα των ροδακίνων. [128,38]

III.2 ΚΥΤΤΑΡΙΝΟΛΥΤΙΚΑ ΕΝΖΥΜΑ

Σχετικά με το ενδεχόμενο μεταβολών στην κυτταρίνη των καρπών, που θα οφείλεται στην δράση κυτταρινολυτικών ενζύμων (κυτταρινασών), θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η αδιαλυτότητα της κυτταρίνης αποτελεί εμπόδιο στην ανίχνευση κυτταρινολυτικών ενζύμων σε καρπούς. Για την διερεύνηση αυτού του προβλήματος, αρκετοί ερευνητές χρησιμοποίησαν ως υπόστρωμα το σχετικά διαλυτό παράγωγο της κυτταρίνης, την καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη CMC. Το υψηλό ιξώδες των διαλυμάτων της καρβοξυμεθυλοκυτταρίνης επιτρέπει την χρησιμοποίηση μίας πολύ ευαίσθητης ιξωδομετρικής μεθόδου για τον προσδιορισμό της δραστηριότητας της κυτταρινάσης, που είναι εξαιρετικά χαμηλή σε αρκετούς φυτικούς ιστούς. [Pressey (1977) 128]

Η πρώτη αναφορά περί κυτταρινάσης σε ανώτερα φυτά δόθηκε από τον Tracy, ο οποίος βρήκε δραστηριότητα στον καπνό και άλλα φυτά. Στη συνέχεια, κατά τον Pressey, αρκετές δημοσιεύσεις (Dickinson, McCollum and Hall Sobotka and Watada, Hobson, Pharr and Dickinson, Sobotka and Sterzig) αναφέρονται λεπτομερώς στις κυτταρινάσες της τομάτας, μελετώντας την σχέση μεταξύ μαλάκωματος της τομάτας και κυτταρινάσης [128,58]. Οι απόψεις μεταξύ αυτών των ερευνητών, όσον αφορά τον ρόλο της κυτταρινάσης στο μαλάκωμα της τομάτας, διαφέρουν σημαντικά και αυτό μπορεί να οφείλεται στην πρόσφατη αποκάλυψη της πολυπλοκότητας της κυτταρινάσης της τομάτας.

Κυτταρινάση, η οποία μετρήθηκε ιξωδομετρικά με CMC μελετήθηκε σε ροδάκινα επίσης σε συσχετισμό με το μαλάκωμά τους. Η κυτταρινάση δεν ανιχνεύθηκε στα πράσινα ροδάκινα, αλλά η δραστηριότητα της εμφανίστηκε και αυξήθηκε κατά την διάρκεια της ωριμάνσεως. [Pressey and

Hinton (1974)] Η αύξηση της κυτταρινάσης παρουσίασε ένα μέγιστο πρίν η συνεκτικότητα των ροδακίνων μειωθεί σημαντικά, υποθέτοντας ότι η κυτταρινάση μπορεί όχι μόνο να συμμετέχει στο μαλάκωμα, αλλά επίσης και στο ξεκίνημα της διαδικασίας του μαλακώματος. Όσον αφορά την κυτταρινάση της τομάτας, αυτή αποτελεί σύμφωνα με πρόσφατα ερευνητικά δεδομένα [128] ένα σύνθετο ενζυμικό σύστημα που περιέχει περισσότερες από μία ενδοκυτταρινάσες, οι οποίες διαφέρουν ως προς το άριστο pH, την ταχύτητα αποδομήσεως αλυσίδων κελλοβιόζης διαφόρου μήκους και το μέγεθος των προϊόντων που απελευθερώνονται από την αδιάλυτη κυτταρίνη. Ένα από αυτά τα ένζυμα χαρακτηρίζεται ως μία μη-ειδική β-γλυκοσιδάση που υδρολύει την κελλοβιόζη γρήγορα, αλλά ο ρυθμός αποδομήσεως μειώνεται καθώς το μήκος της αλυσίδας αυξάνει. Αυτό το ενζυμικό σύστημα αποδίδει γλυκόζη σαν κύριο προϊόν. [128, 58]

IV. ΓΛΥΚΟΠΡΩΤΕΙΝΕΣ

Τα κυτταρικά τοιχώματα του μεσοκαρπίου περιέχουν ένα μικρό ποσοστό πρωτεΐνης με σχετικά υψηλές αναλογίες μονάδων σερίνης και υδροξυπρολίνης. Οι γλυκοπρωτεΐνες του ΚΤ χαρακτηρίζονται από πρωτεϊνικά τμήματα πλούσια σε υδροξυπρολίνη ομοιοπολικά συνδεδεμένα με πολυσακχαρίτες πλουσίους σε αραβινόζη και γαλακτόζη. Το υδατανθρακικό τμήμα αποτελείται από μονοσάκχαρα και σχετικά κοντές αλυσίδες ολιγοσακχαριτών.

Η δομή των γλυκοπρωτεϊνών του ΠΚΤ του μεσοκαρπίου δεν έχει αποσαφηνισθεί πως είναι στην πραγματικότητα διότι τα υπό μελέτη δείγματα απομονώνονται μετά από αποδομητικές διαδικασίες. Χρησιμοποιούνται αλκαλικές συνθήκες και υδραζίνη για την παραλαβή γλυκοπεπτιδικών τμημάτων των γλυκοπρωτεϊνών. Επεξεργασία με χλωριώδες νάτριο-οξικό οξύ διαλυτοποιεί τις γλυκοπρωτεΐνες του κυτταρικού τοιχώματος, αλλά είναι πιθανό να προκαλεί μερική οξειδωση ή υδρόλυση. [Fincher et al (1983) 43, Clarke et al (1979) 31, Knee (1973) 82]

Διασύνδεση των πολυπεπτιδίων μέσω αιθερικών δεσμών πραγματοποιείται μεταξύ δύο μονάδων τυροσίνης προς σχηματισμό γεφυρών ισοδιτυροσίνης. Αυτές οι γέφυρες είναι ευαίσθητες στο συνδυασμό οξικού οξέος-χλωριώδους νατρίου και πιστεύεται ότι είναι υπεύθυνες για την αδιαλυτότητα των πλουσίων σε υδροξυπρο-

λίγη γλυκοπρωτεϊνών του κυτταρικού τοιχώματος. Τα πρωτογενή κυτταρικά τοιχώματα γενικά περιέχουν 5-10% πρωτεΐνη ως γλυκοπρωτεΐνη. Το 40-60% της ολικής γλυκοπρωτεΐνης είναι το υδατανθρακικό τμήμα με αραβινόζη και γαλακτόζη ως κύρια μονοσάκχαρα και ξυλόζη, ραμνόζη, γλυκόζη και ουρονικά οξέα ως δευτερεύοντα μονασάκχαρα. [43,31,82]

Πιστεύεται ότι οι γλυκοπρωτεΐνες του ΚΤ κατέχουν ένα δομικό ρόλο και ότι οι πολυσακχαρίτες του ΚΤ σχηματίζουν γλυκοζιδικούς δεσμούς με μονάδες υδροξυοξέος. Ο Khee επιβεβαίωσε ότι κυτταρικά τοιχώματα μήλων περιέχουν χαμηλό ποσοστό γλυκοπρωτεϊνών πλουσίων σε υδροξυπρολίνη. Αυτή η γλυκοπρωτεΐνη είναι σχετικά διαλυτή και μπορεί να διαχωριστεί από την γαλακτουρονόνη με χρωματογραφία ιοντοεναλλαγής. Ο Khee συμπέρανε ότι η γλυκοπρωτεΐνη και η γαλακτουρονόνη δεν συνδέονται ομοιοπολικά, αλλά υπέθεσε ότι τα δύο συστατικά μπορεί να συνδέονται μεταξύ τους με φυσικό τρόπο στο κυτταρικό τοίχωμα. [128,43,31,82,93,94,95]

Μ Ε Ρ Ο Σ Π Ρ Ω Τ Ο

Π Ε Ι Ρ Α Μ Α Τ Ι Κ Ο

Α. ΤΟ ΦΥΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

Η μελέτη των μεταβολών του πρωτογενούς κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου έγινε σε καρπούς των δένδρων:

- 1) Κορομηλιά (*Prunus insititia*, Rosaceae)
- 2) Ροδακινιά (*Prunus persica*, Rosaceae)
- 3) Βερυκοκκιά (*Prunus armeniaca*, Rosaceae)

Και τα τρία είδη, όπως είναι γνωστό, είναι πυρηνόκαρπα και ανήκουν στην οικογένεια Rosaceae, υποοικογένεια Prunoidea, γένος *Prunus*, με καρπούς δρύπες.

Για τις δειγματοληψίες χρησιμοποιήθηκαν πέντε δένδρα: τρεις Κορομηλιές, μια Ροδακινιά και μια Βερυκοκκιά, όλα σπορόφυτα τα οποία βρίσκονται στο ίδιο οικολογικό περιβάλλον (Αγία Παρασκευή, Αττικής), υφιστάμενα τις ίδιες επιδράσεις των διαφόρων φυσικών παραγόντων

Πραγματοποιήθηκαν έξι σειρές δειγματοληψιών και συγκεκριμένα:

Κύκλος Α (1983)

Πρώτη σειρά: Ελήφθησαν 24 δείγματα από την Κορομηλιά Α, που εκάλυψαν ένα χρονικό διάστημα 81 ημερών από 2.5.1983 έως 21.7.1983.

Δεύτερη σειρά: Ελήφθησαν 17 δείγματα από την Ροδακινιά, τα οποία εκάλυψαν ένα χρονικό διάστημα 113 ημερών από 4.5.1983 έως 24.8.1983.

Τρίτη σειρά: Ελήφθησαν 19 δείγματα από την Βερυκοκκιά, που εκάλυψαν χρονικό διάστημα 64 ημερών από 29.4.1983 έως 1.7.1983.

Κύκλος Β (1984)

Τετάρτη σειρά: Ελήφθησαν 16 δείγματα από την Κορομηλιά Α, που εκάλυψαν ένα χρονικό διάστημα 77 ημερών από 24.4.1984 έως 9.7.1984.

Πέμπτη σειρά: Ελήφθησαν 12 δείγματα από την Κορομηλιά Β, τα οποία εκάλυψαν χρονικό διάστημα 64 ημερών από 24.4.1984 έως 26.6.1984.

Έκτη σειρά: Ελήφθησαν 16 δείγματα από την Κορομηλιά Γ, τα οποία εκάλυψαν ένα χρονικό διάστημα 74 ημερών από 30.4.1984 έως 12.7.1984.

Τα χρονικά διαστήματα που αναφέρονται ανωτέρω καλύπτουν μέρος της δεύτερης και ολόκληρη την τρίτη φάση της ανάπτυξεως των καρπών, από την σκλήρυνση του ενδοκαρπίου μέχρι και την υπερωρίμανση των καρπών, περίοδο που επιτρέπει την ευχερή μελέτη των μεταβολών του ΠΚΤ του μεσοκαρπίου.

B. ΟΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

1. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Οι καρποί συνελέγοντο ομοιόμορφα από όλη την κόμη του δένδρου και ελαμβάνετο φροντίδα, ώστε να είναι υγιείς, απαλλαγμένοι από εμφανή συμπτώματα ασθενειών. Οι καρποί κάθε δένδρου αποτελούσαν ξεχωριστό δείγμα, σε ποσότητα επαρκή για τις ανάγκες της εργασίας. Δειγματοληψίες εγίνοντο ανά ορισμένα χρονικά διαστήματα και την ίδια ώρα για κάθε ημέρα συλλογής.

2. ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΟΙ ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ ΤΟΥ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

Το δείγμα αμέσως μετά την συλλογή του μετεφέρετο στο εργαστήριο, όπου διατηρείτο υπό ψύξη στους 2-5°C μέχρι να αρχίσει η διαδικασία της αναλύσεως του. Εμετρείτο ο αριθμός των καρπών στο δείγμα. Εγίνοντο καρπολογικές παρατηρήσεις και κάθε καρπός εξυγίζετο χωριστά. Ένα μέρος των καρπών του δείγματος διατηρείτο στην κατάψυξη για τις ενζυμικές αναλύσεις. Το υπόλοιπο μέρος των καρπών του δείγματος διαχωριζόταν προσεκτικά σε εξωκάρπιο, μεσοκάρπιο και ενδοκάρπιο, τα οποία εξυγίζοντο χωριστά.

Ένα μέρος του μεσοκαρπίου ετοποθετείτο σε κλίβανο στους 85°C επί 48 ώρες για τον προσδιορισμό της ξηρής ουσίας του. Το υπόλοιπο μέρος του μεσοκαρπίου ακολουθούσε την διαδικασία παραλαβής του ξηρού κυτταρικού τοιχώματος και των διαλυτών συστατικών του.

3. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ

Η μελέτη της συστάσεως και των μεταβολών των πολυμερών του ΠΚΤ πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με το επόμενο αναλυτικό σχήμα:

Λαμβάνεται αντιπροσωπευτικό δείγμα των αναπτυσσομένων καρπών του δένδρου ανά ορισμένα χρονικά διαστήματα και διαχωρίζεται το μεσοκάρπιο, η συνολική ποσότητα του οποίου χωρίζεται σε δύο τμήματα: Από το πρώτο τμήμα παραλαμβάνονται: α) το κυτταρικό τοίχωμα του μεσοκαρπίου σε ξηρή μορφή, και β) ένα εκχύλισμα που περιέχει τα διαλυτά συστατικά του κυτταρικού τοιχώματος. Από το δεύτερο τμήμα παραλαμβάνεται ένα εκχύλισμα, το οποίο περιέχει τα ένζυμα που είναι υπεύθυνα για τις μεταβολές που παρατηρούνται στο κυτταρικό τοίχωμα του μεσοκαρπίου κατά την οντογένεση των καρπών.

Στο ξηρό κυτταρικό τοίχωμα προσδιορίζονται ποσοτικά 1) το άζωτο των γλυκοπρωτεϊνών του με την μέθοδο Kjeldahl και 2) τα δισθενή ιόντα Ca^{2+} και Mg^{2+} με την μέθοδο της φασματοφωτομετρίας ατομικής απορρόφησεως. Στη συνέχεια το κυτταρικό τοίχωμα κλασμάτωναται με χρήση καταλλήλων αντιδραστηρίων σε πέντε κλάσματα: δύο πηκτινικά, δύο ημικυτταρινικά και το κυτταρινικό, το οποίο περιέχει προσμίξεις συστατικών που δεν απομακρύνθηκαν με την χρησιμοποιούμενη διαδικασία. Κάθε κλάσμα υφίσταται ολική υδρόλυση των συστατικών του, τα οποία διαχωρίζονται με την μέθοδο της χρωματογραφίας χάρτου, ταυτοποιούνται και προσδιορίζονται ποσοτικά με μια κατάλληλη φασματοφωτομετρική μέθοδο.

Το εκχύλισμα που περιέχει τα διαλυτά συστατικά του κυτταρικού τοιχώματος συμπυκνώνεται και υπόκειται σε μερικό καθαρισμό. Τα συστατικά αυτά διαχωρίζονται με χρωματογραφία χάρτου, ταυτοποιούνται και προσδιορίζονται ποσοτικά με φασματοφωτομετρική μέθοδο.

Το ενζυμικό εκχύλισμα αφήνεται να επιδράσει *in vitro* σε κατάλληλα συνθετικά υποστρώματα και η ενζυμική δραστηριότητα προσδιορίζεται φασματοφωτομετρικά.

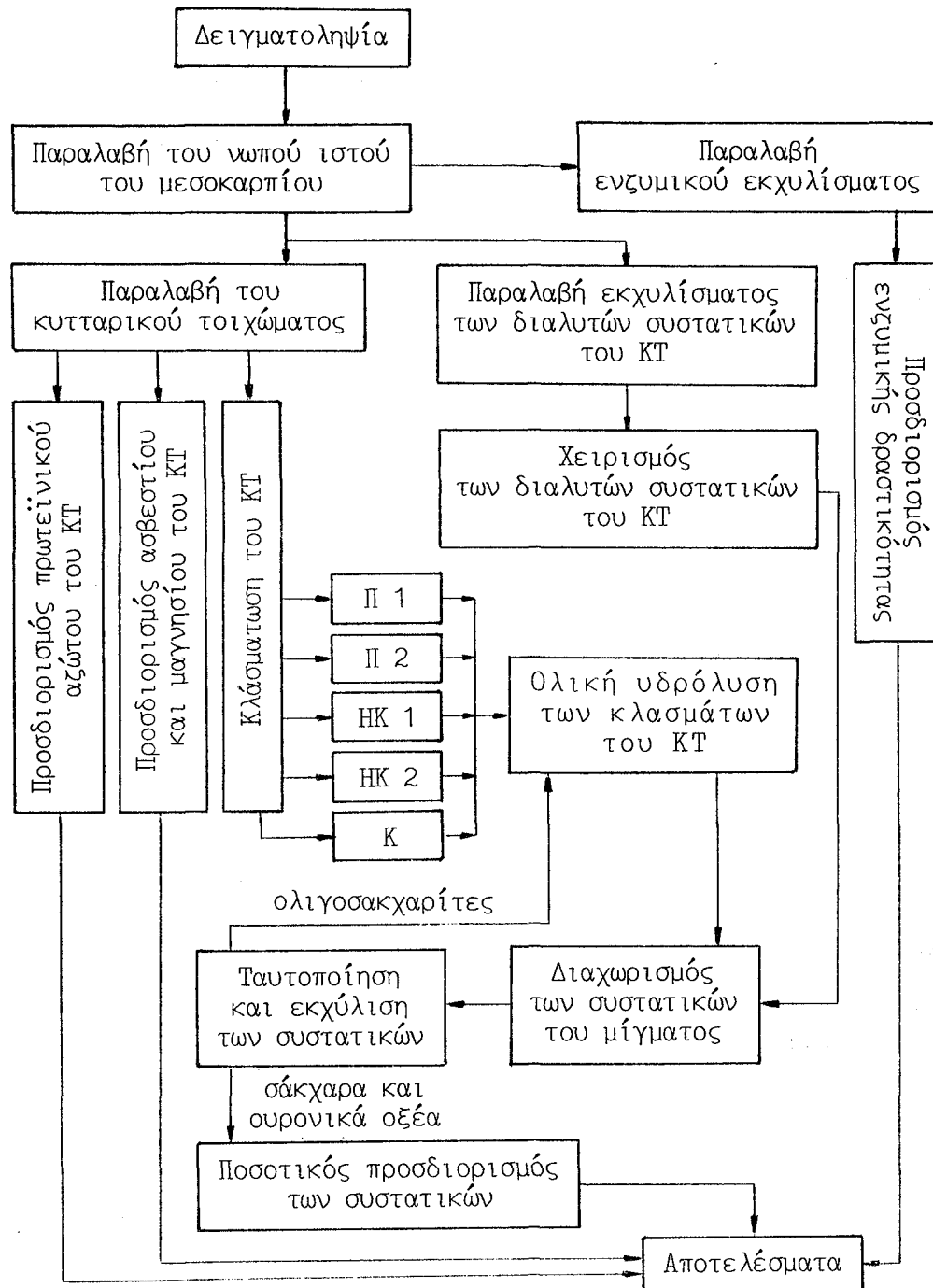
Γιά την ανάλυση του κυτταρικού τοιχώματος χρησιμοποιείται από τούς διάφορους ερευνητές μια μεγάλη ποικιλία μεθόδων. Το προηγούμενο αναλυτικό σχήμα βασίστηκε σε μια σειρά από μεθόδους, που αναφέρονται στην βιβλιογραφία [Jarvis et al (1981) 65, Barbiet et al (1982) 15, Kato et al (1976) 74, Hayashi et al (1980) 54, Jermin (1967) 71, Rexoná-Benkonά (1976) 132, και άλλοι που αναφέρονται λεπτομερώς στη συνέχεια], στις οποίες έγιναν τροποποιήσεις με βάση τα αποτελέσματα προκαταρκτικών δοκιμών και με σκοπό την προσαρμογή τους στις απαιτήσεις του ΠΚΤ του μεσοκαρπίου των καρπών. Οι ερευνητές που προτείνουν αυτές τις μεθόδους αναφέρονται σε ΠΚΤ άλλων φυτικών ιστών με αποτέλεσμα να υπάρχουν διαφοροποιήσεις.

Στο σχήμα 3 φαίνεται η αλληλουχία των πειραματικών μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση του πρωτογενούς κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου των καρπών.

4. ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΤΟΥ ΞΗΡΟΥ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΕΚΧΥΛΙΣΜΑΤΟΣ ΤΩΝ ΔΙΑΛΥΤΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΜΕΣΟΚΑΡΠΙΟ

Αρχή της μεθόδου

Ο νωπός ιστός του μεσοκαρπίου ομογενοποιείται με νερό και διηθείται. Το διήθημα χρησιμοποιείται για την παραλαβή των διαλυτών συστατικών του κυτταρικού τοιχώματος. Το υπόλειμμα εκπλύνεται με σύστημα οργανικού διαλύτη, νερού και επιφανειακώς ενεργής ουσίας (προπανόλη-1, νερό, δεόξυχολικό νάτριο) και στη συνέχεια με νερό, ώστε να απομακρυνθεί κάθε πρόσμιξη συστατικών του κυτταροπλάσματος και της κυτταρικής μεμβράνης από το κυτταρικό τοίχωμα. Ακολουθεί απομάκρυνση των λιπιδίων με μίγμα οργανικών διαλυτών (χλωροφόρμιο, μεθανόλη), ξήρανση και παραλαβή του κυτταρικού τοιχώματος. [Jarvis et al (1981) 65, Nevins et al (1967) 117, Nevins et al (1968) 118, Ahmed et al (1980) 1, Gross et al (1979) 50, Talmadge et al (1973) 145, Wallner et al (1975) 149]



Σχήμα 3
Διάγραμμα της πειραματικής μεθοδολογίας

Διαδικασία

Ο νωπός ιστός του μεσοκαρπίου ομογενοποιείται με προσθήκη νερού σε αναλογία 1:2 (w:v) ιστού και νερού. Ο πολτός διηθείτο σε χωνί με τουλουπάνι και λαμβάνετο διήθημα και υπόλειμμα. Το διήθημα εφυλάσσεται, ενώ το υπόλειμμα ομογενοποιείται με προσθήκη μίγματος προπανολής-1, νερού και δεόξυχολικού νατρίου σε αναλογία υπολείμματος και μίγματος 1:4 (w:v). Τα συστατικά του μίγματος ευρίσκοντο σε αναλογία προπανολής-1, νερού και δεόξυχολικού νατρίου 1,5:1 (v:v) και 4 mM ως προς δεόξυχολικό νάτριο. Ο πολτός εδιηθείτο και το διήθημα ενσωματώνετο στο προηγούμενο. Το υπόλειμμα εκπλύνετο πάνω στο διηθητικό μέσο δύο φορές με νερό, σε αναλογία υπολείμματος και νερού 1:2 (w:v) την κάθε φορά. Τα ξεπλύματα ενσωματώνονταν στο διήθημα που εφυλάσσεται.

Μετά την έκπλυση με νερό, το υπόλειμμα ομογενοποιείται με προσθήκη μίγματος χλωροφορμίου και μεθανόλης σε αναλογία υπολείμματος και μίγματος 1:2 (w:v). Τα συστατικά του μίγματος ευρίσκοντο σε αναλογία χλωροφορμίου προς μεθανόλη 1:1 (v:v). Ο πολτός εδιηθείτο και στο υπόλειμμα προσετίθεντο 50 ml ακετόνης. Το σύνολο αναδευόταν με γυάλινη ράβδο για μερικά λεπτά, εδιηθείτο και επαναλαμβάνονταν η διαδικασία προσθήκης, αναδέυσεως και διηθήσεως της ακετόνης άλλες δύο φορές. Εφόσον υπήρχε οσμή χλωροφορμίου προσετίθετο νέα ποσότητα ακετόνης και επαναλαμβάνονταν η ίδια διαδικασία μέχρι να εξαφανιστεί η οσμή του χλωροφορμίου. Το διήθημα απορρίπτετο, ενώ το υπόλειμμα πιεζόταν για την απομάκρυνση της περισεύσεως της ακετόνης και ετοποθετείτο σε γυάλινο φίλτρο σε συσκευή διηθήσεως υπό κενό. Προσετίθετο τόση ποσότητα ακετόνης όση απαιτείτο για να καλυφθεί το υπόλειμμα, γινόταν ανάδευση με γυάλινη ράβδο και διήθηση υπό κενό. Η προσθήκη ακετόνης επαναλαμβάνονταν 1-2 φορές. Το υπόλειμμα ετοποθετείτο τμηματικά σε γυάλινο σωλήνα φυγοκέντρου. Το σύνολο εφέρετο σε υδρόλουτρο θερμοκρασίας 85-90°C και θερμαινόταν υπό ανάδευση με γυάλινη ράβδο μέχρι την πλήρη απομάκρυνση της ακετόνης. Όταν χρειαζόταν προσετίθετο νέα ποσότητα ακετόνης στον σωλήνα, τόση ώστε να καλυφθεί το ξηρό υπόλειμμα, και επανατοποθετείτο ο σωλήνας στο υδρόλουτρο για να επαναληφθεί η διαδικασία εξατμίσεως της ακετόνης. Μόλις εξατμίζονταν και τα τελευταία υπολείμματα της ακετόνης από το ξηρό υπόλειμμα ο σωλήνας εξήγετο από το υδρόλουτρο. Η διαδικασία

της ξηράνσεως επαναλαμβάνονταν μέχρι να ξηραινόνταν όλη η ποσότητα του υπολείμματος. Ακολουθούσε λειο-
τρίβηση του ξηρού υπολείμματος σε ιγδίο. Το λειοτρι-
βημένο ξηρό υπόλειμμα, που είναι το ξηρό κυτταρικό
τοίχωμα, ζυγιζόταν και εφυλάσσεται σε γυάλινο φυαλί-
διο υπό ψύξη.

5. ΧΕΙΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΕΚΧΥΛΙΣΜΑΤΟΣ ΤΩΝ ΔΙΑΛΥΤΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ

Αρχή της μεθόδου

Το εκχύλισμα που λαμβάνεται κατά την διαδικασία παραλαβής του ξηρού κυτταρικού τοιχώματος περιέχει, καθώς διαπιστώθηκε, μεταξύ των άλλων συστατικών του και ουσίες-διαλυτά συστατικά του κυτταρικού τοιχώματος. Το εκχύλισμα συμπυκνώνεται υπό κενό, απαλλάσσεται από τα αιωρούμενα συστατικά με φυγοκέντριση και διήθηση υπό κενό, συμπυκνώνεται εκ νέου και φέρεται σε ορισμένο όγκο. Το τελικό συμπύκνωμα γνωστού όγκου υποβάλλεται σε χρωματογραφία χάρτου για ταυτοποίηση και ποσοτικό προσδιορισμό των συστατικών του. [Ahmed et al (1980) 1. Τα βιβλιογραφικά δεδομένα επί του θέματος αυτού είναι περιορισμένα]

Διαδικασία

Το εκχύλισμα της προηγούμενης διαδικασίας συμπυκνώνονταν υπό κενό στους 45-50°C. Στο συμπύκνωμα προσετίθετο 1 ml τολουολίου, για να παρεμποδιστεί η ανάπτυξη μικροοργανισμών, και το σύνολο αφήνεται σε ηρεμία για 24 ώρες υπό ψύξη. Κατακρημνιζόταν ίζημα το οποίο απομακρυνόταν με φυγοκέντρηση στις 12000 στρ/μιν επί 15 μιν υπό ψύξη και ελαμβάνεται το υπερκείμενο υγρό, το οποίο αφήνεται σε ηρεμία για 24 ώρες υπό ψύξη. Αν εμφανιζόταν νέο ίζημα απομακρύνεται με διήθηση υπό κενό και ακολουθούσε συμπύκνωση υπό κενό στους 45-50°C, μέχρι όγκο μικρότερο των 25 ml. Το συμπύκνωμα μεταφερόταν σε ογκομετρική φιάλη των 25 ml, προσετίθεντο ορισμένες σταγόνες τολουολίου και αραιωνόταν στα 25 ml με απεσταγμένο νερό. Ορισμένη ποσότητα από αυτό υπεβάλλεται σε χρωματογραφία χάρτου.

6. ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΤΟΥ ΕΝΖΥΜΙΚΟΥ ΕΚΧΥΛΙΣΜΑΤΟΣ

Αρχή της μεθόδου

Ορισμένη ποσότητα προηγουμένως καταψυχθέντος ιστού μεσοκαρπίου ομογενοποιείται με ανάλογη ποσότητα ρυθμιστικού διαλύματος pH=7,0 παρουσία ουσιών προστατευτικών των ενζύμων και λαμβάνεται εκχύλισμα, στο οποίο περιέχονται μεταξύ άλλων και εκείνα τα ένζυμα που σχετίζονται με την αποδόμηση του κυτταρικού τοιχώματος. [Ahmed et al (1980) 2, Bartley (1974) 17, Bartley et al (1980) 18, Brady et al (1982) 26, Gaudreault, Beevers (1983) 48, Gross et al (1979) 50, Labavitch et al (1983) 92, Pressey et al (1973) 126, 127, Wallner et al (1975) 149, Zainon Mohd Ali (1982) 158]

Διαδικασία

Ολη η διαδικασία διεξήγεται στους 0-4°C. Στο δοχείο του ομογενοποιητή εφέροντο 40g κατεψυγμένου ιστού μεσοκαρπίου, ρυθμιστικό διάλυμα pH=7,0 σε αναλογία ρυθμιστικού διαλύματος προς ιστό 1,75:1 (w:v), πολυβινύλπυρολιδόνη (PVP) σε αναλογία PVP προς ιστό 0,125:1 (w:v), διθειοθρεϊτόλη συγκεντρώσεως 2 mM και NaCl συγκεντρώσεως 1 M. Ακολουθούσε ομογενοποίηση του ιστού επί 10 min. Ο πολτός εφέρτετο σε γυάλινο φίλτρο και εδιηθείτο υπό κενό. Το διήθημα φυγοκεντρείτο στις 12000/min επί 15 min υπό ψύξη. Παραλαμβάνονταν το υπέρκείμενο υγρό, που είναι το ενζυμικό εκχύλισμα και εφέρτετο με απεσταγμένο νερό μέχρι γνωστού όγκου. Η ψύξη επιτυγχάνετο με χρήση παγόλουτρου. Το ρυθμιστικό διάλυμα περιείχε Na₂HPO₄/κιτρικό οξύ. 100 ml ρυθμιστικού διαλύματος pH=7,0 παρασκευάζονταν με ανάμειξη 82,3 ml διαλύματος Α (35,6 g Na₂HPO₄·2H₂O/1 H₂O) και 17,7 ml διαλύματος Β (21,01 g κιτρικού οξέος·H₂O/1 H₂O).

7. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΝΖΥΜΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

Αρχή της μεθόδου

Τα ένζυμα που υπάρχουν στο προηγούμενο εκχύλισμα δρού επί p-νιτρο-φαινυλο-α ή β γλυκοζιδικού παραγωγού του αντιστοίχου σακχάρου. Λόγω της ενζυμικής υδρολύσεως απελευθερώνεται p-νιτροφαινόλη, η οποία

υπό αλκαλικές συνθήκες δίνει κίτρινο χρώμα που παρουσιάζει μεγίστη απορρόφηση σε μήκος κύματος 400nm και μετράται φασματοφωτομετρικά. Έτσι προσδιορίζεται η δραστηριότητα του αντιστοιχείου ενζύμου, το οποίο υπάρχει στο εκχύλισμα. Με χρήση των καταλλήλων p-νιτροφαίνυλο-παραγώγων των σακχάρων που συναντώνται ως συστατικά των πολυσακχαριτών του κυτταρικού τοιχώματος υπό την μορφή α- ή β-γλυκοζιδίων, γίνεται ο προσδιορισμός της δραστηριότητας των ενζύμων, τα οποία δρουν επί των πολυσακχαριτών του κυτταρικού τοιχώματος. [Ahmed et al (1980) 2, Bartley (1974) 17, Bartley et al (1980) 18, Brady et al (1982) 26, Gaudreault, Beevers (1983) 48, Gross et al (1979) 50, Labavitch et al (1983) 92, Pressey et al (1973) 126, 127 Wallner et al (1975) 149, Zainon Mohd Ali (1982) 158]

Διαδικασία

Σε δοκιμαστικό σωλήνα εφέροντο 0,2 ml ρυθμιστικού διαλύματος pH=4,0 και 0,1 ml υποστρώματος (p-νιτροφαίνυλο-παραγώγου του αντιστοιχείου σακχάρου). Ο σωλήνας ετοποθετείτο σε υδρόλουτρο 30°C+1,67%. Η ενζυμική δράση άρχιζε με προσθήκη 0,1 ml ενζυμικού εκχυλίσματος, διαρκούσε 10 min και τερματιζόταν με 2,6 ml διαλύματος 0,2 M Na₂CO₃ σε H₂O. Στη συνέχεια εμετράτο η απορρόφηση της -νιτροφαινόλης στα 400nm. Στον μάρτυρα προσετίθετο 0,1 ml ενζυμικού εκχυλίσματος, βρασμένου στους 90°C επί 5 min, με όλες τις υπόλοιπες συνθήκες ίδιες.

Ως υποστρώματα χρησιμοποιήθηκαν: 1) 4-νιτροφαινυλ-β, D-γαλακτοπυρανοζίδιο, 2) 4-νιτροφαινυλ-β, D-γλυκοπυρανοζίδιο, 3) 4-νιτροφαινυλ-α, D-μαννοπυρανοζίδιο 4) 4-νιτροφαινυλ-β, D-γλυκουρονίδιο, και 5) 4-νιτροφαινυλ-β, D-ξυλοπυρανοζίδιο, σε συγκέντρωση 10 mM υ-σε ρυθμιστικό διάλυμα pH=4,0. 100 ml ρυθμιστικού διαλύματος pH=4,0 παρασκευαζόταν με ανάμιξη 38,5 ml διαλύματος A και 61,5 ml διαλύματος B.

Κατασκευάστηκε καμπύλη αναφοράς της απορροφήσεως σε σχέση με την συγκέντρωση από διαλύματα γνωστής συγκεντρώσεως σε p-νιτροφαινόλη, για τα οποία μετρήθηκε η απορρόφηση σε φασματοφωτόμετρο στα 400 nm. Ως μονάδα ενζυμικής δραστηριότητας (1U) ορίζεται η ποσότητα του ενζύμου που απαιτείται για να υδρολύσει 1 μmol του p-νιτροφαίνυλο-παραγώγου σε 1 min, υπό τις ανωτέρω συνθήκες.

8. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΟΛΙΚΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΤΟΥ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ

Ο προσδιορισμός του ολικού αζώτου των γλυκοπρωτεϊνών του ξηρού κυτταρικού τοιχώματος έγινε με την μέθοδο Kjeldahl. [Μέθοδος Εργαστηρίου Φυσιολογίας και Μορφολογίας Φυτών]

9. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΙΟΝΤΩΝ Ca^{2+} ΚΑΙ Mg^{2+} ΤΟΥ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ

Ο προσδιορισμός των ιόντων Ca^{2+} και Mg^{2+} , τα οποία περιέχονται στο ξηρό κυτταρικό τοίχωμα έγινε με την μέθοδο της φασματοφωτομετρίας ατομικής απορρόφησης, μετά από υγρή καύση του ξηρού κυτταρικού τοιχώματος με μίγμα $HNO_3/HClO_4$. [Μέθοδος Εργαστηρίου Φυσιολογίας και Μορφολογίας Φυτών]

10. ΚΛΑΣΜΑΤΩΣΗ ΤΟΥ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ

Αρχή της μεθόδου

Το ξηρό κυτταρικό τοίχωμα εκχυλίζεται με διάφορα διαλύματα. Ανάλογα με το είδος του μέσου εκχυλίσεως επηρεάζονται εκλεκτικά ορισμένοι δεσμοί των πολυμερών του κυτταρικού τοιχώματος και διαλυτοποιούνται ορισμένες κατηγορίες συστατικών του.

Μετά την επεξεργασία με το κατάλληλο εκχυλιστικό μέσο και την διαλυτοποίηση του αντιστοιχού υλικού, διαχωρίζεται το υγρό από το στερεό, το οποίο υποβάλλεται σε περαιτέρω κλασμάτωση. Στην υγρή φάση προστίθεται κατάλληλος οργανικός διαλύτης (αιθυλική αλκοόλη), με σκοπό την αδιαλυτοποίηση του κλάσματος που βρίσκεται σε κolloειδή διασπορά στο εκχυλιστικό μέσο και την καταβύθιση του (καταβύθιση κolloειδούς με αλλαγή του μέσου διασποράς με άλλο, στο οποίο το κolloειδές είναι αδιάλυτο). Το κλάσμα παραλαμβάνεται και ξηραίνεται. [Barbier et al (1982) 15, Ericson et al (1980) 42, Kato et al (1976) 74, Hayashi et al (1980) 54]

Διαδικασία

Α. ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΤΩΝ ΠΗΚΤΙΝΙΚΩΝ ΚΛΑΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ

Κλάσμα Π-1

Ορισμένη ποσότητα ξηρού κυτταρικού τοιχώματος, περί τα 0,8g, εξυγίζεται ακριβώς και ετοποθετείτο σε ποτήρι ζέσεως, όπου εκχυλίζεται τρεις φορές με 250 ml H₂O συνολικά για δύο ώρες στους 85°C. Ακολουθούσε διήθηση υπό κενό σε γυάλινο φίλτρο. Το υπόλειμμα ε-χρησιμοποιείτο για περαιτέρω κλασμάτωση. Το διήθημα συμπυκνωνόταν με εξάτμιση υπό κενό και προσετίθετο τριπλάσια ποσότητα αιθυλικής αλκοόλης 95%. Το σύνολο αφηνόταν σε ηρεμία 1 ώρα υπό ψύξη και στη συνέχεια εφυγοκεντρείτο στις 6000 στρ/μίν επί 30μίν. Αποχυνόταν το υπερκείμενο υγρό, ενώ το υπόλειμμα μετεφέ-ρετο σε γυάλινο φίλτρο, όπου προσετίθετο μικρή ποσό-τητα ακετόνης, γινόταν ανάδευση με γυάλινη ράβδο και επακολουθούσε διήθηση υπό κενό. Η προσθήκη ακετόνης και η διήθηση υπό κενό επαναλαμβανόταν μέχρι να λή-φθει ξηρό το πηκτινικό κλάσμα Π-1. Αυτό μεταφερόταν σε σωλήνα φυγοκεντρίσεως και ετοποθετείτο σε ζέον υδρόλουτρο για να απομακρυνθούν τα υπολείμματα της ακετόνης. Το ξηρό κλάσμα λειοτριβείτο, εξυγίζεται και εφυλάσσεται.

Κλάσμα Π-2

Το υπόλειμμα της προηγούμενης κλασματώσεως εκ-χυλιζόταν 2 φορές με υδατικό διάλυμα οξαλικού αμμω-νίου-οξαλικού οξέος συγκεντρώσεως 0,25 % (w:v) το καθένα, για μια ώρα στους 85°C. Ακολουθούσε διήθηση υπό κενό σε γυάλινο φίλτρο. Το υπόλειμμα εχρησιμο-ποιείτο για περαιτέρω κλασμάτωση, ενώ το διήθημα ε-πεξεργαζόταν με την ίδια διαδικασία, η οποία περι-γράφεται κατά την παραλαβή του προηγούμενου κλάσμα-τος. Το ξηρό κλάσμα λειοτριβείτο, εξυγίζεται και εφυ-λάσσεται.

Β. ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΤΩΝ ΗΜΙΚΥΤΤΑΡΙΝΙΚΩΝ ΚΛΑΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ

Κλάσμα ΗΚ-1

Το υπόλειμμα της προηγούμενης κλασματώσεως εκχυλιζόταν 2 φορές με 4 % υδατικό διάλυμα ΚΟΗ για 18-20 ώρες σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Ακολουθούσε εξουδετέρωση με προσθήκη πυκνού CH_3COOH σταδιακά για να μην ανέλθει πολύ η θερμοκρασία και ρύθμιση του pH του εκχυλιστικού μέσου στο 7,0. (Το $\text{CH}_3\text{COO}^- \text{K}^+$ είναι υδατοδιαλυτό και δεν συγκαταβυθίζεται με το ημικυτταρινικό κλάσμα κατά την διαδικασία της παραλαβής του). Γινόταν διήθηση υπό κενό σε γυάλινο φίλτρο. Το υπόλειμμα εχρησιμοποιείτο για περαιτέρω κλασμάτωση. Το διήθημα επεξεργαζόταν με την ίδια διαδικασία, που ακολουθήθηκε κατά την παραλαβή των προηγούμενων κλασμάτων. Το κλάσμα λειοτριβείτο, εζυγίζετο και εφυλάσσετο.

Κλάσμα ΗΚ-2

Το υπόλειμμα της προηγούμενης κλασματώσεως εκχυλιζόταν 2 φορές με 24 % υδατικό διάλυμα ΚΟΗ για 18-20 ώρες στη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Χρησιμοποιήθηκε η ίδια διαδικασία, που περιγράφεται κατά την παραλαβή του προηγούμενου ημικυτταρινικού κλάσματος. Το ξηρό κλάσμα λειοτριβείτο, εζυγίζετο και εφυλάσσετο.

Γ. ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΤΟΥ ΚΥΤΤΑΡΙΝΙΚΟΥ ΚΛΑΣΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ

Κλάσμα Κ

Το υπόλειμμα από την εκχύλιση των ημικυτταρινών χαρακτηρίζεται ως η ακάθαρτη κυτταρίνη του κυτταρικού τοιχώματος. Το κλάσμα αυτό αποτελείται κυρίως από κυτταρίνη, περιέχει όμως σε μικρή αναλογία προσμίξεις συστατικών του κυτταρικού τοιχώματος, που δεν διαλυτοποιήθηκαν με καμιά από τις προηγούμενες μεθόδους (κυρίως τις ημικυτταρίνες που είναι πολύ στενά συνδεδεμένες με τα ινίδια της κυτταρίνης και αποτελούν σημεία συνδέσεως άλλων πολυμερών με αυτήν).

Το υπόλειμμα αυτό εφέρετο σε γυάλινο φίλτρο, προσετίθετο μικρή ποσότητα ακετόνης, αναδευόταν το σύνολο με γυάλινη ράβδο και ακολουθούσε διήθηση υπό κενό. Η προσθήκη ακετόνης και η διήθηση υπό κενό επαναλαμβανόταν μέχρι να ληφθεί ξηρό το κυτταρικό κλάσμα. Στη συνέχεια μεταφερόταν σε σωλήνα φυγοκέντρου και ετοποθετείτο σε ζέον υδρόλουτρο για να α-

πομακρυνθούν με εξάτμιση τα υπολείμματα της ακετόνης. Το ξηρό κλάσμα λειοτριβείται, εζυγίζεται και εφυλάσσεται.

11. ΥΔΡΟΛΥΣΗ ΤΩΝ ΚΛΑΣΜΑΤΩΝ

Αρχή της μεθόδου

Κάθε κλάσμα του κυτταρικού τοιχώματος υφίσταται ολική όξινη υδρόλυση εν θερμώ (με H_2SO_4) και απελευθερώνονται σε διαλυτή μορφή τα συστατικά του. Το υδρόλυμα εξουδετερώνεται με $BaCO_3$ κατά την αντίδραση: $H_2SO_4 + BaCO_3 \longrightarrow BaSO_4 \downarrow + CO_2 \uparrow + H_2O$, οπότε καταπίπτει ως ίζημα $BaSO_4$ και απελευθερώνεται αέριο CO_2 . Μετά την εξουδετέρωση ακολουθεί φυγοκέντριση και παραλαβή του υπερκείμενου υγρού, το οποίο χρησιμοποιείται για διαχωρισμό και ποσοτικό προσδιορισμό του κάθε συστατικού του, που είναι και συστατικό του αντιστοίχου κλάσματος του κυτταρικού τοιχώματος.

Η ακάθαρτη κυτταρίνη υποβάλλεται σε δύο διαδικασίες: 1) στην προηγούμενη διαδικασία, οπότε στο υδρόλυμα λαμβάνονται γλυκόζη, από την υδρόλυση της κυτταρίνης, και τα μη-κυτταρινικά συστατικά που περιέχονται στο κλάσμα, και 2) στην τροποποιημένη διαδικασία κατά Updegraff, οπότε η ακάθαρτη κυτταρίνη απλλάσσεται από τα μη-κυτταρινικά συστατικά και η καθαρή α-κυτταρίνη υδρολύεται με H_2SO_4 . [Albersheim et al (1960) 8, BeMiller (1967) 21, Harborne (1975) 52, Jermin (1967) 71, Updegraff (1969) 146, Whistler et al (1958) 152, Worth (1967) 156]

Διαδικασία A : Υδρόλυση των κλασμάτων

Ορισμένη ποσότητα του κλάσματος που επρόκειτο να υδρολυθεί, εζυγίζεται και εφέρετο σε δοκιμαστικό σωλήνα. Προσετίθεντο 0,5 ml διαλύματος H_2SO_4 72% (v:v) και αφηνόταν το μίγμα σε ηρεμία για 1 ώρα σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Στη συνέχεια προσετίθεντο 2,5 ml H_2O , ο σωλήνας θερμαινόταν σε ζέον υδρόλυτρο επί 3 ώρες και εψύχετο στη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Προσετίθετο το ανάλογο $BaCO_3$ και ανακινείτο το περιεχόμενο μέχρι να σταματήσει η έκλυση φυσαλλίδων. Ελέγχεται το pH που έπρεπε να βρίσκεται στην ουδέτερη περιοχή. Ακολουθούσε φυγοκέντριση στις 5000 στρ/min και παραλαμβάνονταν το υπερκείμενο υγρό, το οποίο χρησιμοποιείτο για διαχωρισμό και ποσοτικό προσδιο-

ρισμό των περιεχομένων συστατικών μετά απο αραίωση στα 5 ml με απεσταγμένο νερό.

Διαδικασία Β : Υδρόλυση του κυτταρινικού κλάσματος Τροποποιημένη μέθοδος Updegraff

Οι προσμίξεις που περιέχονται στο κυτταρινικό κλάσμα απομακρύνονται με το αντιδραστήριο οξικού οξέος/νιτρικού οξέος. Η κυτταρίνη που απομένει διαλύεται σε 67% H_2SO_4 και προσδιορίζεται με την μέθοδο της ανθρόνης.

Αναλυτικά η διαδικασία έχει ως εξής: Ορισμένη ποσότητα του κυτταρινικού κλάσματος ζυγίζοταν ακριβώς και εφέρετο σε δοκιμαστικό σωλήνα. Προσετίθεντο 3 ml αντιδραστηρίου CH_3COOH/HNO_3 (σε 150 ml υδατικού διαλύματος CH_3COOH 80% προστίθενται 15 ml πυκνού HNO_3) και ο σωλήνας θερμαινόταν σε ζέον υδρόλουτρο επί 30 min. Ακολουθούσε ψύξη και φυγοκέντριση του περιεχομένου στις 5000 στρ/min επί 5 min. Το υπερκείμενο υγρό απερρίπτετο και στο ίζημα προσετίθεντο 10 ml H_2O . Ανεκινείτο ο σωλήνας και επακολουθούσε νέα φυγοκέντριση στις 5000 στρ/min επί 5 min. Το υπερκείμενο υγρό απερρίπτετο και στο ίζημα προσετίθεντο 5 ml διαλύματος 67% H_2SO_4 . Ανεκινείτο ο σωλήνας και το σύνολο αφήνόταν σε ηρέμια για 2 ώρες. Αν εμφανιζόταν ίζημα ή θόλωμα ακολουθούσε νέα φυγοκέντριση. Προσετίθετο το ανάλογο $BaCO_3$ και ανεκινείτο το περιεχόμενο μέχρι να σταματούσε η έκλυση φυσαλλίδων. Γινόταν έλεγχος του pH που έπρεπε να βρίσκεται στην περιοχή του ουδετέρου. Επακολουθούσε φυγοκέντριση στις 5000 στρ/min και παραλαμβανόταν το υπερκείμενο υγρό, το οποίο αραιωνόταν στα 10 ml με απεσταγμένο H_2O και χρησιμοποιείτο για διαχωρισμό και ποσοτικό προσδιορισμό των περιεχομένων συστατικών.

12. ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ

1. Διαχωρισμός των συστατικών

Η εφαρμογή των προηγούμενων διαδικασιών παρέχει μια σειρά υδατικών διαλυμάτων γνωστού όγκου, τα οποία περιέχουν ένα άγνωστο αριθμό ουσιών-σακχάρων και ουρονικών οξέων, σε άγνωστη ποσότητα και αναλογία. Ορισμένη ποσότητα από τα διαλύματα αυτά φέρεται σε λωρίδα χαρτιού χρωματογραφίας και εξαναγκάζεται να κινηθεί κατά μήκος αυτής της λωρίδας με χρήση συστη-

ματος διαλυτών ορισμένης συστάσεως, για ορισμένο χρονικό διάστημα. Αυτή η διαδικασία έχει ως γνωστόν σαν αποτέλεσμα τον μερικό ή πλήρη διαχωρισμό των περιεχομένων στο διάλυμα ουσιών. Με επιλογή του συστήματος διαλυτών και του χρόνου αναπτύξεως μπορούμε να διαχωρίσουμε μονοσάκχαρα και ουρονικά οξέα ή και πολυσακχαρίτες ανάλογα με το δείγμα.

Το χαρτί χρωματογραφίας ήταν τύπου Whatman No 1. Τα συστήματα διαλυτών που χρησιμοποιήθηκαν για τον διαχωρισμό σακχάρων και ουρονικών οξέων ήταν τα εξής:

- 1) Βουτανόλη-1:οξικό οξύ:νερό, 4:1:5 (v/v) και χρησιμοποιείται η πάνω στιβάδα. Για μονοσάκχαρα και ουρονικά οξέα ο χρόνος αναπτύξεως ήταν 24 ώρες, ενώ για ολιγοσακχαρίτες με βαθμό πολυμερισμού 2-5 ήταν 72 ώρες.
- 2) Προπανόλη-2:οξικό οξύ:νερό, 7:1:2 (v/v). Για ολιγοσακχαρίτες με βαθμό πολυμερισμού 2-12. Ο χρόνος αναπτύξεως ήταν 48 ώρες.
- 3) Βουτανόλη-1:αιθανόλη:νερό, 5:1:4 (v/v), με χρόνο αναπτύξεως 24 ώρες.
- 4) Βουτανόλη-1:προπανόλη-2:νερό, 3:12:4 (v/v), με χρόνο αναπτύξεως 24 ώρες.

Το γλυκουρονικό και γαλακτουρονικό οξύ έχουν παρόμοια κινητικότητα, αλλά το γλυκουρονικό διακρίνεται διότι λακτονοποιείται κατά την διάρκεια της χρωματογραφίας σε γλυκουρονολακτόνη, οπότε μια δεύτερη κηλίδα μικρότερης εντάσεως αλλά πολύ μεγαλύτερου R_f εμφανιζόταν στα χρωματογραφήματα. [Block et al (1958) 24, Harborne (1975) 52, Jarvis (1974) 61, Jarvis et al (1977) 69, Jones et al (1972) 72]

2. Εντοπισμός των διαχωρισθέντων συστατικών

Η θέση των διαχωρισθέντων (πλήρως ή ατελώς) συστατικών του μίγματος εντοπίζεται με ανάπτυξη εγχρωμων κηλίδων πάνω στη λωρίδα του χαρτιού χρωματογραφίας. Αυτό επιτυγχάνεται με διαδοχική επεξεργασία της λωρίδας με AgNO₃/EtONa και σταθεροποίηση της εγχρωμης κηλίδας που αναπτύχθηκε.

Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται δύο λωρίδες για κάθε δείγμα, οι οποίες αναπτύσσονται παράλληλα. Η μια από αυτές υπεβάλλετο στην επόμενη διαδικασία:

Διαβρεχόταν αρχικά με διάλυμα νιτρικού αργύρου σε ακετόνη (0,7 ml κορεσμένου υδατικού διαλύματος AgNO_3 σε 100 ml ακετόνης). Μετά το στέγνωμα υπό συνθήκες σκότους, ακολουθούσε δεύτερη διαβροχή με διάλυμα αλκοολικού νατρίου (υδατικού διαλύματος NaOH σε αιθανόλη). Τα συστατικά που υπήρχαν στο χαρτί έδιναν ένα έντονο καφέ-σκούρο χρωματισμό, ενώ το υπόλοιπο χαρτί έπαιρνε καφέ-ανοικτό χρωματισμό. Η λωρίδα διαβρεχόταν για τρίτη φορά με υδατικό διάλυμα αμμωνίας 5N, ξεπλενόταν με νερό και αφηνόταν να στεγνώσει. Στην άλλη λωρίδα σημειώνονταν οι θέσεις των κηλίδων των διαφόρων συστατικών. [Μέθοδος Εργαστηρίου Μορφολογίας και Φυσιολογίας Φυτών]

3. Ταυτοποίηση των διαχωρισθέντων συστατικών

Η ταυτοποίηση των διαφόρων συστατικών επιτυγχάνεται με παράλληλη χρήση προτύπων διαλυμάτων των ουσιών αυτών και γνωστών μιγμάτων τους. Πρότυπα διαλύματα και μίγματα γνωστής συστάσεως υποβάλλονταν σε χρωματογραφία χάρτου με τις ίδιες ακριβώς συνθήκες χειρισμού των μιγμάτων άγνωστης συστάσεως και σε διάφορα συστήματα αναπτύξεως. Με αντιπαραβολή των χρωματογραφημάτων γνωστών και αγνώστων διαλυμάτων αποκαλύπτετο η ταυτότητα κάθε συστατικού των αγνώστων μιγμάτων και επιβεβαιωνόταν στη συνέχεια με την χρησιμοποίηση περισσότερων συστημάτων χρωματογραφικής αναπτύξεως, καθώς επίσης και με την πραγματοποίηση ειδικών αντιδράσεων-δοκιμασιών για κάθε συστατικό. [Dische (1962) 40]

4. Παραλαβή των διαχωρισθέντων συστατικών

Τα συστατικά εκχυλίζονταν από το χαρτί της χρωματογραφίας με κατάλληλο εκχυλιστικό μέσο (μίγμα αιθανόλης και νερού, 85% σε αλκοόλη) μέσα σε δοκιμαστικό σωλήνα, ο οποίος μετά την απομάκρυνση του χαρτιού εφέρετο σε ζέον υδρόλουτρο και εξήγετο από αυτό αμέσως μόλις εξατμιζόταν όλη η ποσότητα τού εκχυλιστικού υγρού. Μετά την ψύξη του σωλήνα στην θερμοκρασία περιβάλλοντος προσετίθεντο σ' αυτόν τα αντιδραστήρια της κατάλληλης για το συγκεκριμένο συστατικό χρωματομετρικής μεθόδου. [

13. ΧΕΙΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΟΛΙΓΟΣΑΚΧΑΡΙΤΩΝ

Όταν στα χρωματογραφήματα εντοπίζονταν μεγάλες κηλίδες οφειλόμενες σε ολιγοσακχαρίτες, οι ουσίες των αντιστοιχών περιοχών εκχυλίζονταν από το χαρτί με την προηγούμενη διαδικασία και παραλαμβάνετο σε δοκιμαστικό σωλήνα το ξηρό υπόλειμμα. Προσετίθεντο 3 ml 2N H_2SO_4 και ο δοκιμαστικός σωλήνας εφέρετο σε ζέον υδρολύτρο επί 4 ώρες. Ακολουθούσε εξουδετέρωση του υδρολύματος με την απαιτούμενη ποσότητα $BaCO_3$ και φυγοκέντριση στις 5000 στρ/min επί 5 min. Το υπερκείμενο υγρό εφέρετο στον όγκο των 5 ml με απέσταγμένο H_2O και το διάλυμα που προέκυπτε υπεβάλλετο στην προηγούμενη διαδικασία διαχωρισμού και παραλαβής των συστατικών του με την μέθοδο της χρωματογραφίας χαρτού. [Block et al (1958) 24, Harborne (1975) 52, Presssey et al (1964) 124

14. ΠΟΣΟΤΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΔΙΑΧΩΡΙΣΘΕΝΤΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ. ΦΑΣΜΑΤΟΦΩΤΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ.

1. Γενικά

Μετά τον διαχωρισμό και την παραλαβή του, κάθε συστατικό περιείχετο ως ξηρό υπόλειμμα σε ένα δοκιμαστικό σωλήνα. Σ' αυτόν προσετίθετο ορισμένη ποσότητα H_2O (που αναφέρεται στην αντίστοιχη μέθοδο) και ανεκινείτο για να διαλυθεί η ποσότητα του περιεχομένου συστατικού. Στη συνέχεια ανάλογα με το συστατικό εφαρμοζόταν μια κατάλληλη φασματοφωτομετρική μέθοδος.

Οι φασματοφωτομετρικές μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν βασίζονται στην αντίδραση του προσδιοριζόμενου συστατικού με κατάλληλα αντιδραστήρια για τον σχηματισμό εγχρώμων συμπλόκων. Η απορρόφηση του διαλύματος μετράτο σε κατάλληλο μήκος κύματος με φασματοφωτόμετρο Bausch and Lomb Spectronic 20 ή Beckmann DU και η συγκέντρωση του συστατικού ευρίσκετο από καμπύλη αναφοράς. Η καμπύλη αναφοράς κατασκευαζόταν με εφαρμογή της φασματοφωτομετρικής μεθόδου σε διαλύματα γνωστής συγκεντρώσεως του συγκεκριμένου συστατικού. Αν το άγνωστο διάλυμα ήταν πύκνο, οπότε δεν ελαμβάνετο ένδειξη στο όργανο ή η ένδειξη ήταν έξω από την περιοχή απορροφήσεως της καμπύλης αναφοράς, εγίνονταν εκ νέου οι αντιδράσεις ύστερα από

κατάλληλες αραιώσεις, έτσι ώστε να προκύψει μέτρηση της απορροφήσεως που να είναι στην περιοχή της καμπύλης αναφοράς υπό τις συνθήκες εκτελέσεως του προσδιορισμού.

Τα συστατικά που προέκυπταν από την των προηγούμενων μεθόδων ήταν: γλυκόζη, γαλακτόζη, μαννόζη, ραμνόζη, αραβινόζη, ξυλόζη, γαλακτουρονικό οξύ, γλυκουρονικό οξύ. Για τον ποσοτικό προσδιορισμό των συστατικών αυτών χρησιμοποιήθηκαν οι επόμενες φασματοφωτομετρικές μέθοδοι:

- 1) Μέθοδος Nelson, για τον ποσοτικό προσδιορισμό γλυκόζης. [Dische (1962) 40, Hollman (1965) 60]
- 2) Μέθοδος Ανθρόνης, για γαλακτόζη, γλυκόζη, μαννόζη και ραμνόζη. [ομοίως]
- 3) Μέθοδος Ορκινόλης, για αραβινόζη, ξυλόζη, γαλακτουρονικό οξύ και γλυκουρονικό οξύ [ομοίως]
- 4) Μέθοδος Blumenkrantz, Asboe-Hansen, για γαλακτουρονικό και γλυκουρονικό οξύ. Η μέθοδος αυτή είναι πιο ευαίσθητη από την προηγούμενη και χρησιμοποιείται για μικρότερες συγκεντρώσεις ουρονικού οξέος. Blumenkrantz et al (1973) 25]

2. Φασματοφωτομετρικός προσδιορισμός των ουρονικών οξέων. Μέθοδος Blumenkrantz, Asboe-Hansen.

Αρχή της μεθόδου

Ο προσδιορισμός των ουρονικών οξέων με μετα-υδροξύ-διφαινύλιο βασίζεται στην ανάπτυξη χρώματος, το οποίο επιτυγχάνεται όταν τα ουρονικά οξέα μετά από θέρμανση με πυκνό $H_2SO_4/B_4O_7^{2-}$, έρθουν σε επαφή με το μετα-υδροξύ-διφαινύλιο.

Διαδικασία

Στον δοκιμαστικό σωλήνα προστίθενται 0,2 ml H_2O και 3 ml διαλύματος πυκνού $H_2SO_4/B_4O_7^{2-}$. Οι σωλήνες ψύχονται σε παγόλουτρο. Το μίγμα ανακινείται και ακολουθεί θέρμανση των σωλήνων σε υδρόλουτρο στους $100^\circ C$ για 5 min. Οι σωλήνες πωματίζονται και τοποθετούνται στη συνέχεια σε λουτρό νερού-πάγου και μετά την ψύξη προστίθενται 20 ml από το διάλυμα του μετα-υδροξύ-διφαινυλίου. Οι σωλήνες ανακινούνται για ομογενοποίηση του περιεχομένου και μετά από 5 min

μετρείται η απορρόφηση σε φασματοφωτόμετρο και σε μήκος κύματος 520 nm.

Παράλληλα εκτελείται και λευκός προσδιορισμός (μάρτυρας), όπου αντί της προσθήκης διαλύματος μετα-υδρόξυ-διφαινυλίου προστίθενται 20 ml διαλύματος 0,5 % NaOH. Ο χρωματισμός που αναπτύσσεται από τα ουρονικά οξέα και το μετα-υδρόξυ-διφαινύλιο είναι σταθερός για 12 ώρες περίπου. Οι μετρήσεις της απορρόφησης ακολουθούν τον νόμο του Beer στην περιοχή 0,5 έως 15 μg για γλυκουρονικό και γαλακτουρονικό οξύ.

Διάλυμα μετα-υδρόξυ-διφαινυλίου: 0,15 g μετα-υδρόξυ-διφαινυλίου και 0,5g NaOH σε 100 ml H_2O .

Διάλυμα $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$: διάλυμα 0,0125 M τετραβορικού νατρίου $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ σε πυκνό H_2SO_4 .

Μ Ε Ρ Ο Σ Δ Ε Υ Τ Ε Ρ Ο

Α Π Ο Τ Ε Λ Ε Σ Μ Α Τ Α

Η παρακολούθηση των μεταβολών του ΠΚΤ των κυττάρων του μεσοκαρπίου των εξεταζομένων καρπών Κορομηλιάς, Ροδακινιάς και Βερυκοκκιάς, έδειξε ότι συμβαίνουν σημαντικές μεταβολές στη σύσταση και την δομή του κατά το χρονικό διάστημα από την σκλήρυνση του ενδοκαρπίου μέχρι και την υπερωρίμανση. Οι μεταβολές αυτές αποδεικνύονται αφενός μεν από τις αλλαγές στην σύσταση του ΠΚΤ που προκύπτουν από την παρακολούθηση των χρονικών μεταβολών καθενός από τα συστατικά τους και αφετέρου από τις αλλαγές στα επιμέρους κλάσματα του ΠΚΤ που αντανακλούν μεταβολές στην δομή και την διευσθέτηση και διασύνδεση των συστατικών μεταξύ τους.

Είναι γνωστό ότι ένας αναπτυσσόμενος καρπός τύπου δρύπης, όπως είναι οι καρποί των πυρηνοκάρπων, κατά την πορεία της οντογενέσεως του μετά την σκλήρυνση του ενδοκαρπίου του διέρχεται από τρεις φάσεις: την άωρη, την ώριμη και την υπερώριμη. Τα χαρακτηριστικά των φάσεων αυτών συζητούνται στην επόμενη ενότητα. Εδώ αναφέρουμε, ότι το μαλάκωμα του μεσοκαρπίου, που αποτελεί ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της ώριμης φάσεως ή καταστάσεως, οφείλεται στις μεταβολές του ΠΚΤ και κατά την παράθεση των πειραματικών δεδομένων πραγματοποιείται συσχέτιση των παρουσιαζομένων μεταβολών με αυτή την εμφανή επίπτωση τους επί της υφής των εξεταζομένων αναπτυσσομένων καρπών.

Θεωρείται σκόπιμο να τονιστεί, ότι όλα τα δεδομένα αυτής της εργασίας αναφέρονται κυρίως στην περίοδο της δευτέρας φάσεως της αυξήσεως των καρπών, που αντιστοιχεί, όπως αναφέρθηκε ήδη, στο χρονικό διάστημα από την σκλήρυνση του ενδοκαρπίου μέχρι και την υπερωρίμανση. Κατά την διάρκεια αυτού του χρονικού διαστήματος και μόνο ήταν ευχερής η απομόνωση και μελέτη του ΠΚΤ του μεσοκαρπίου των καρπών, ανεξάρτητα από τα υπόλοιπα τμήματα τους.

1. Η ΑΥΞΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΡΠΩΝ

Η αύξηση των εξεταζομένων καρπών Κορομηλιάς, Ροδακινιάς και Βερυκοκκιάς φαίνεται στα διαγράμματα 1.1 έως 1.6, τα οποία παρουσιάζουν τις μεταβολές του μέσου βάρους ανά καρπό, καθώς και τις μεταβολές του μέσου βάρους του ενδοκαρπίου, μεσοκαρπίου και εξωκαρπίου ανά καρπό.

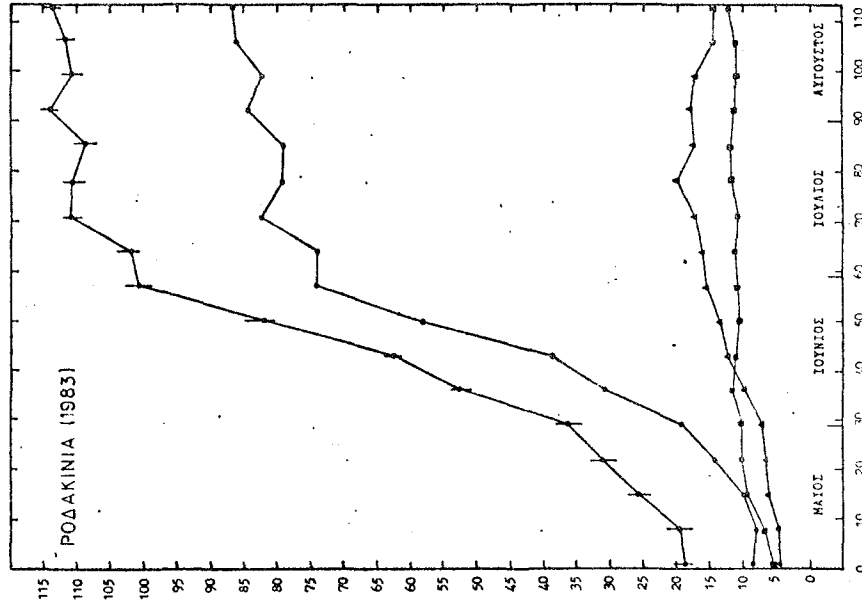
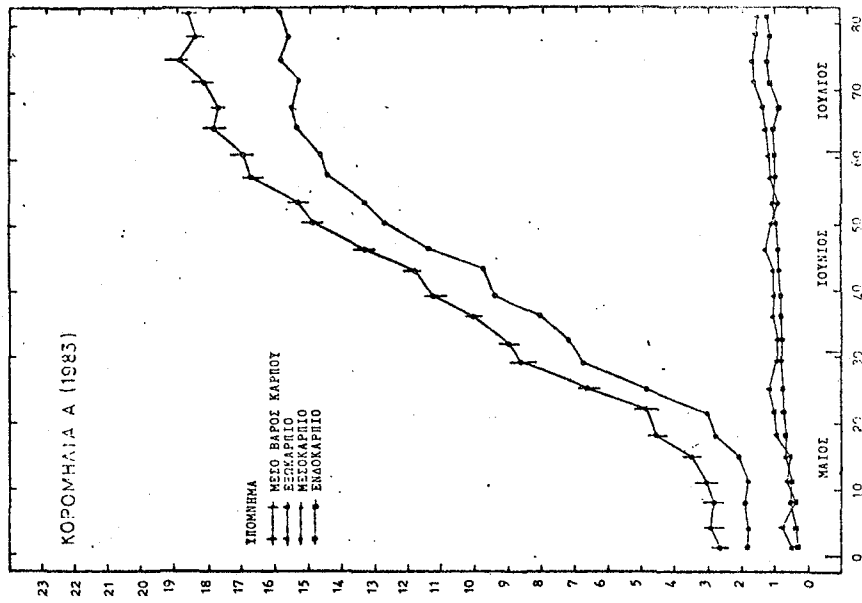
Όπως φαίνεται από τα διαγράμματα αυτά, οι μεταβολές του μέσου βάρους των καρπών αποδίδονται, όπως άλλωστε ανεμένετο, από σιγμοειδείς καμπύλες. Η κάθε σιγμοειδής καμπύλη αρχίζει από την σύντομη περίοδο της σκληρύνσεως του ενδοκαρπίου, ολοκληρώνεται κατά την περίοδο της υπερωριμάνσεως των καρπών και αντιστοιχεί στο δεύτερο τμήμα της διπλής σιγμοειδούς που αποδίδει την συνολική αύξηση των καρπών πυρηνοκάρπων.

Με σιγμοειδή καμπύλη αποδίδονται επίσης και οι μεταβολές του μέσου βάρους του μεσοκαρπίου ανά καρπό. Οι καμπύλες που αποδίδουν τις μεταβολές του μέσου βάρους του ενδοκαρπίου ανά καρπό παρουσιάζουν αρχικά μια ανοδική πορεία, η οποία σύντομα σταθεροποιείται σε μία μέση τιμή βάρους ενδοκαρπίου. Για τις καμπύλες που αποδίδουν τις αντίστοιχες μεταβολές του μέσου βάρους του εξωκαρπίου ανά καρπό παρατηρείται μια ελαφρά ανοδική πορεία, η οποία ανακόπτεται κατά την έναρξη της ωριμάνσεως του καρπού και ακολουθεί μια ελαφρά μείωση του μέσου βάρους του φλοιού κατά την διάρκεια του μαλακώματος του καρπού και την υπερωρίμανση του. Το ελαφρά μειωμένο βάρος του φλοιού δηλώνει ότι γίνεται λεπτότερο σε πάχος, με αποτέλεσμα την ευκολότερη αποκόλληση του φλοιού στον ώριμο και ιδιαίτερα τον υπερώριμο καρπό, ενώ παρατηρείται ότι κατά την φάση της ωριμάνσεως και υπερωριμάνσεως το μαλάκωμα του ιστού είναι πιο έντονο προς την εξωτερική πλευρά.

Οι διακυμάνσεις των τιμών του βάρους για κάθε καρπό χωριστά ακολουθούν μια περίπου κανονική κατανομή. Στον πίνακα 1 φαίνονται οι αποκλίσεις του βάρους των καρπών του δείγματος από το μέσο βάρος, εκφρασμένες ως ποσοστό % του μέσου βάρους. Αυτές εκυμάνθησαν από 6,2 έως 15,2%.

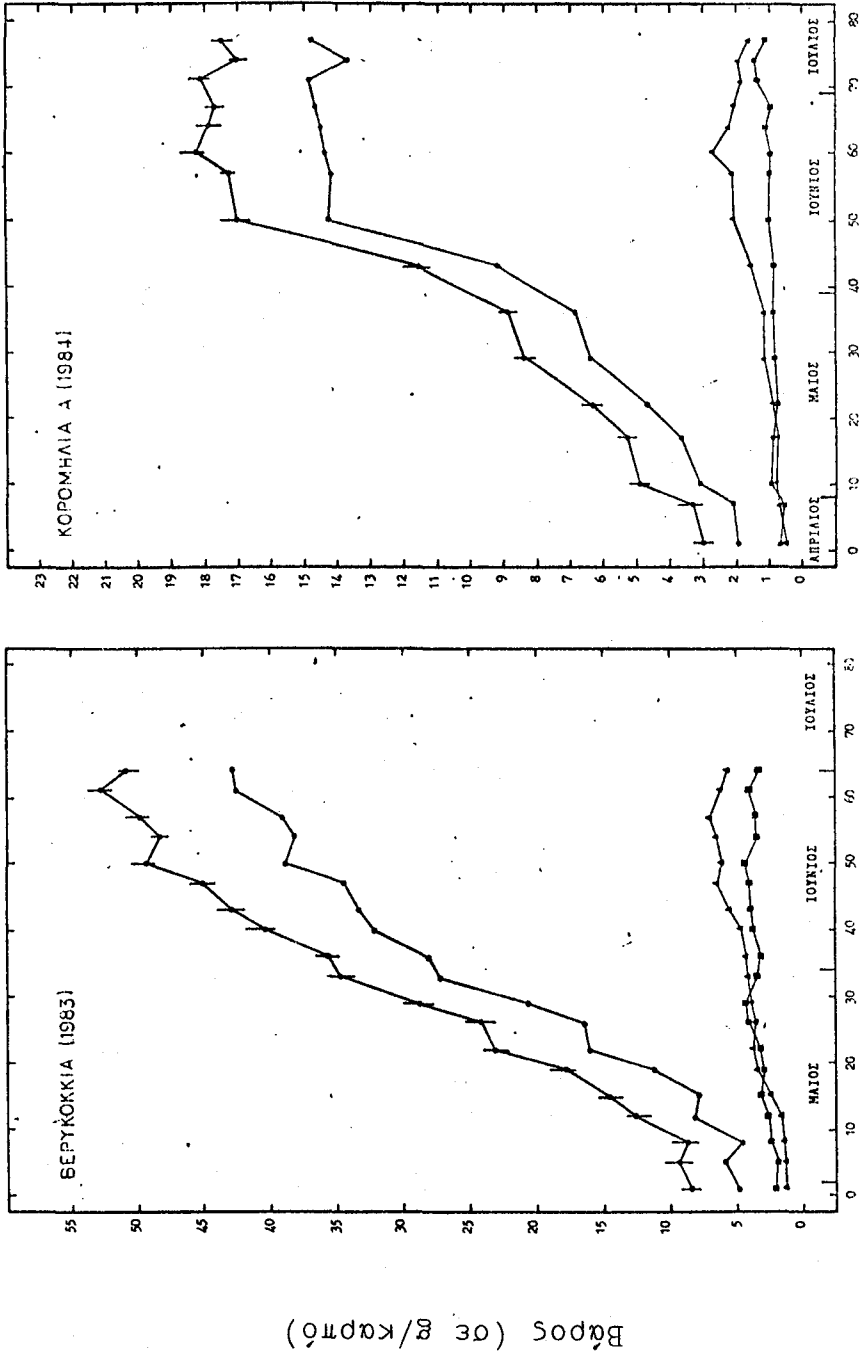
Κατά την διάρκεια της αναπτύξεως των καρπών τα μέσα βάρη αυτών έλαβαν τιμές μεταξύ 3 - 19 g για τις τρεις Κορομηλιές, μεταξύ 19 - 113 g για την Ροδακινιά και από 8 έως 53 g για την Βερυκοκκιά, όπως προκύπτει από τον πίνακα 1.

Βάρος (σε g/καρπό)

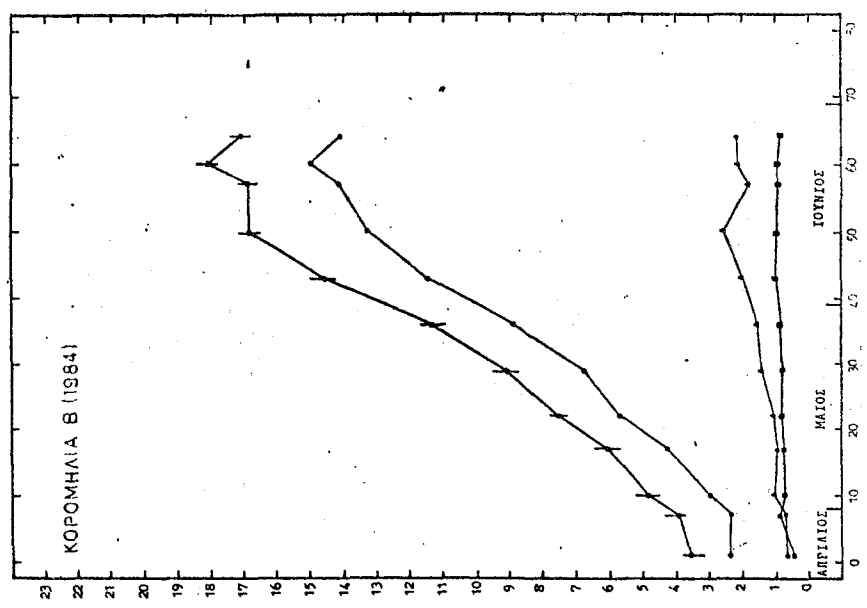
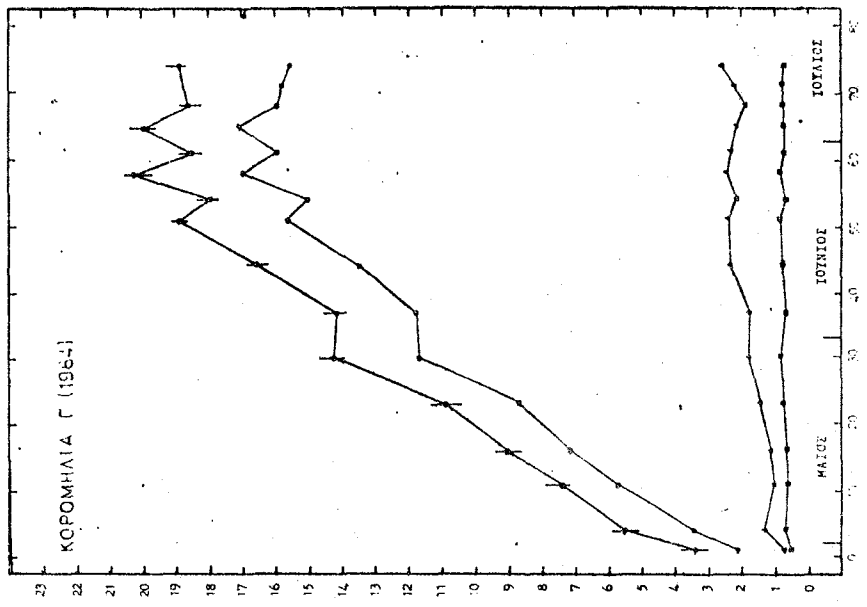


Χρόνος (σε ημέρες)

Διάγραμμα 1 (1.1, 1.2). Οι μεταβολές του μέσου βάρους των καρπών και οι μεταβολές του ενδοκαρπίου, του μεσοκαρπίου και του εξωκαρπίου ανά καρπό. (Απόλυτα μέγεθος).



Χρόνος (σε ημέρες)
 Διάγραμμα 1 (1.3, 1.4)
 (συνέχεια)



Βάρος (σε g/καρπό)

Χρόνος (σε ημέρες)
Διάγραμμα 1 (1.5, 1.6)
(συνέχεια)

Στον πίνακα 2 βλέπουμε ότι το εξωκάρπιο εκυμάνθηκε από 7 έως 25% του μέσου βάρους του καρπού για τις Κορομηλιές, από 13 έως 24 % για την Ροδακινιά και από 11 μέχρι 18 % για την Βερυκοκκιά με πτωτική συμπεριφορά της ποσοστιαίας συνεισφοράς στο συνολικό βάρος του καρπού και για τα τρία είδη. Το μεσοκάρπιο εκυμάνθηκε από 60 έως 87 % για τις Κορομηλιές, από 39 έως 76 % για την Ροδακινιά και από 53 έως 82 % για τη Βερυκοκκιά, με αυξητική συμπεριφορά. Το ενδοκάρπιο εκυμάνθηκε από 4 έως 20 % για τις Κορομηλιές, από 10 έως 37 % για την Ροδακινιά και από 7 έως 29 % για την Βερυκοκκιά, με πτωτική συμπεριφορά. Αυτή η πτωτική συμπεριφορά ερμηνεύεται από το συνεχώς και σημαντικά αυξανόμενο μεσοκάρπιο, ώστε να υπερέχει από πλευράς ποσοστού συμμετοχής στον συνολικό καρπό.

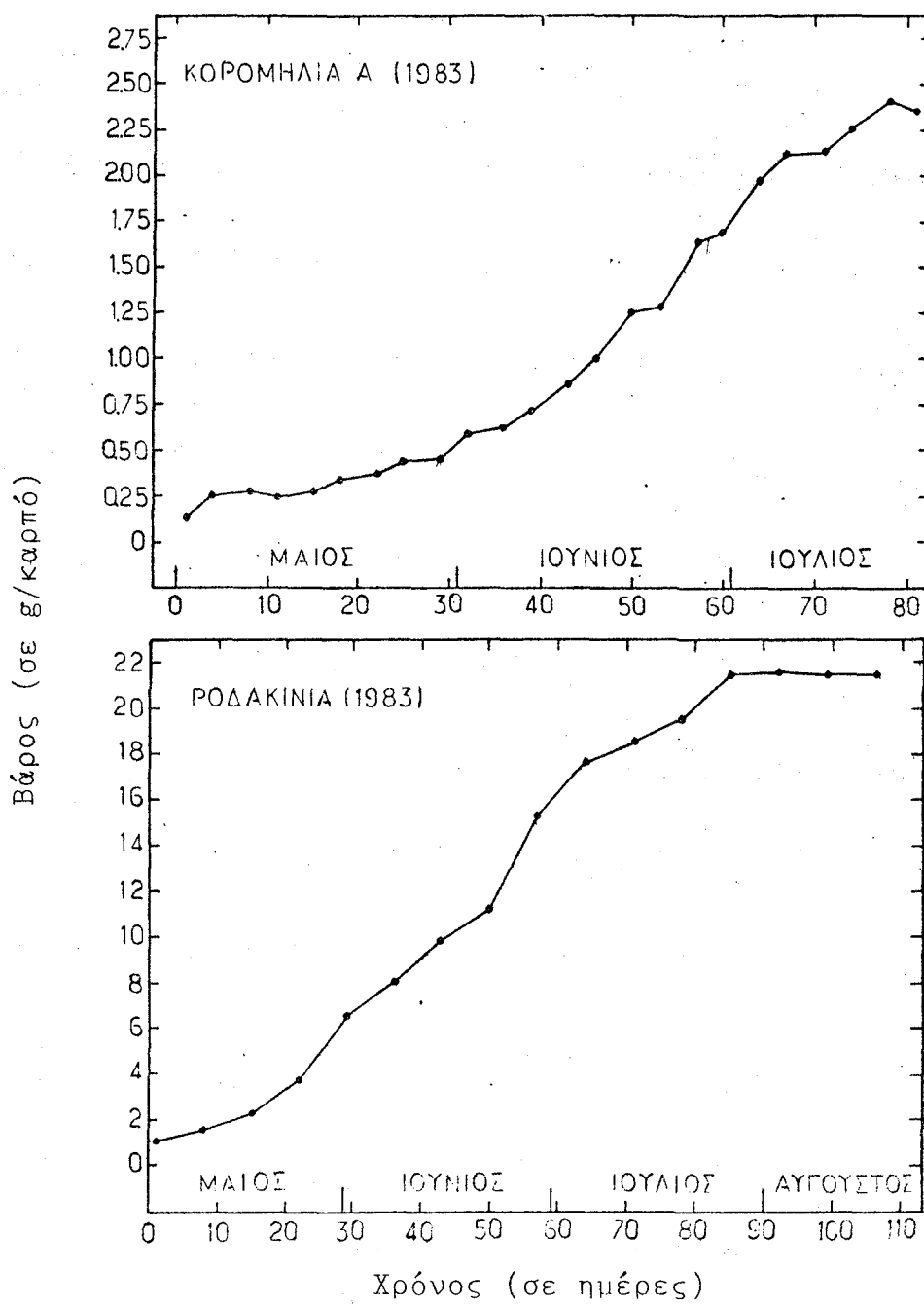
Από τις μεταβολές που παρατηρούνται στους καρπούς κατά το εξεταζόμενο χρονικό διάστημα, οι πιο εμφανείς αφορούν το μεσοκάρπιο. Αυτό προκύπτει τόσο από την έκφραση των αποτελεσμάτων ανα καρπό (απόλυτα μεγέθη), όσο και από την ποσοστιαία συνεισφορά στο συνολικό βάρος του καρπού (σχετικά μεγέθη). Και τα τρία είδη παρουσίασαν παρεμφερή συμπεριφορά από πλευράς αναπτύξεως των καρπών.

Στα επόμενα διαγράμματα που παρουσιάζουν τις μεταβολές των μετρουμένων μεγεθών σε συνάρτηση με τον χρόνο, ο χρόνος αυτός αναφέρεται σε ημέρες που πέρασαν από την πρώτη δειγματοληψία. Η αρχή της κλίμακας συμπίπτει με την σκλήρυνση του ενδοκαρπίου, η οποία συνέβαινε όταν ο καρπός είχε λάβει περίπου το 16% του βάρους στην ώριμη κατάσταση, όπως υπολογίζεται από τα σχετικά δεδομένα.

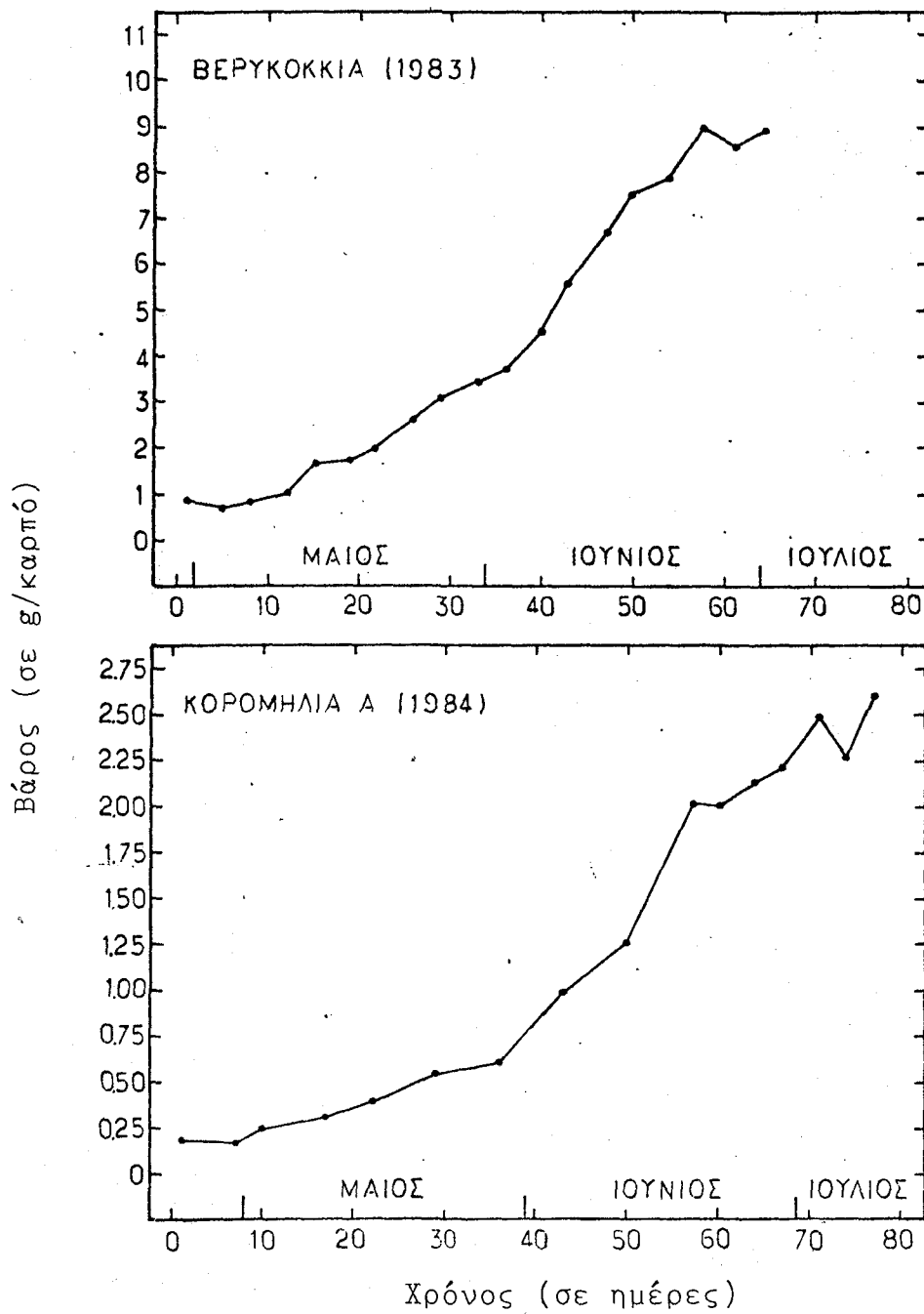
2. ΟΙ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΗΣ ΞΗΡΗΣ ΟΥΣΙΑΣ ΤΟΥ ΜΕΣΟΚΑΡΠΙΟΥ

Στα διαγράμματα 2.1 έως 2.6 παρουσιάζονται οι μεταβολές της ξηρής ουσίας του μεσοκαρπίου ανά καρπό. Στα διαγράμματα αυτά βλέπουμε ότι η ποσότητα της ξηρής ουσίας αυξάνεται ακολουθώντας επίσης μια σιγμοειδή καμπύλη, με σημείο καμψής που εντοπίζεται στις 40-50 ημέρες από την σκλήρυνση του ενδοκαρπίου. Ο τύπος των μεταβολών είναι παρόμοιος και για τα τρία είδη.

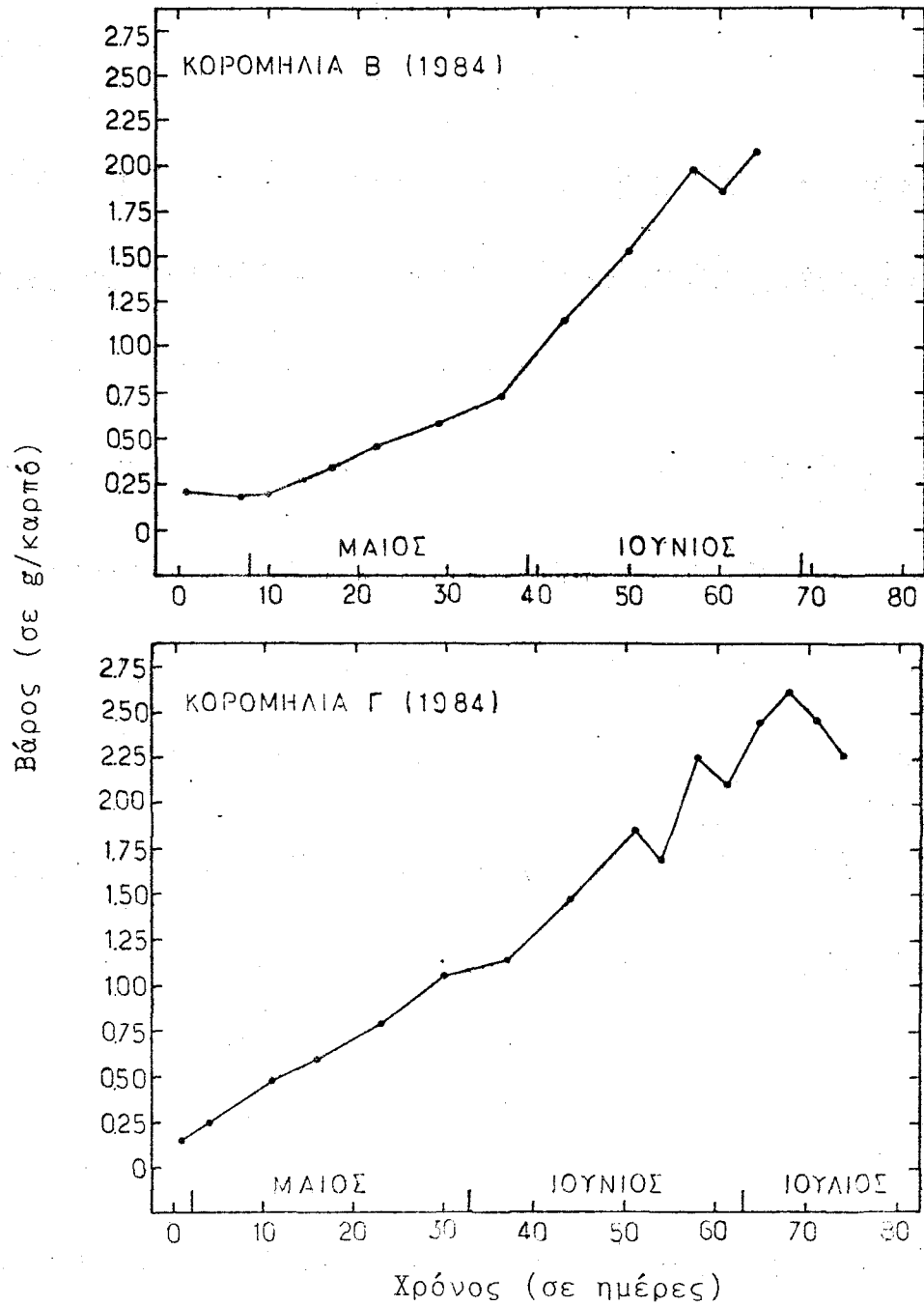
Στις Κορομηλιές η ξηρή ουσία του μεσοκαρπίου φθάνει τα 2,5 g/καρπό, ενώ στη Ροδακινιά έχουμε 22 g/



Διάγραμμα 2 (2.1,2.2). Οι μεταβολές της ξηρής ουσίας του μεσοκαρπίου. (Απόλυτα μεγέθη).



Διάγραμμα 2 (2.3,2.4)
(συνέχεια)



Διάγραμμα 2 (2.5, 2.6)
(συνέχεια)

καρπό, και στη Βερυκοκκιά 9 g/καρπό. Στον πίνακα 3 φαίνεται ότι η ξηρή ουσία του μεσοκαρπίου κυμαίνεται από 7 μέχρι 17% του βάρους του στις Κορομηλιές, από 13 μέχρι 34% στη Ροδακινιά και από 12 μέχρι 23% στη Βερυκοκκιά.

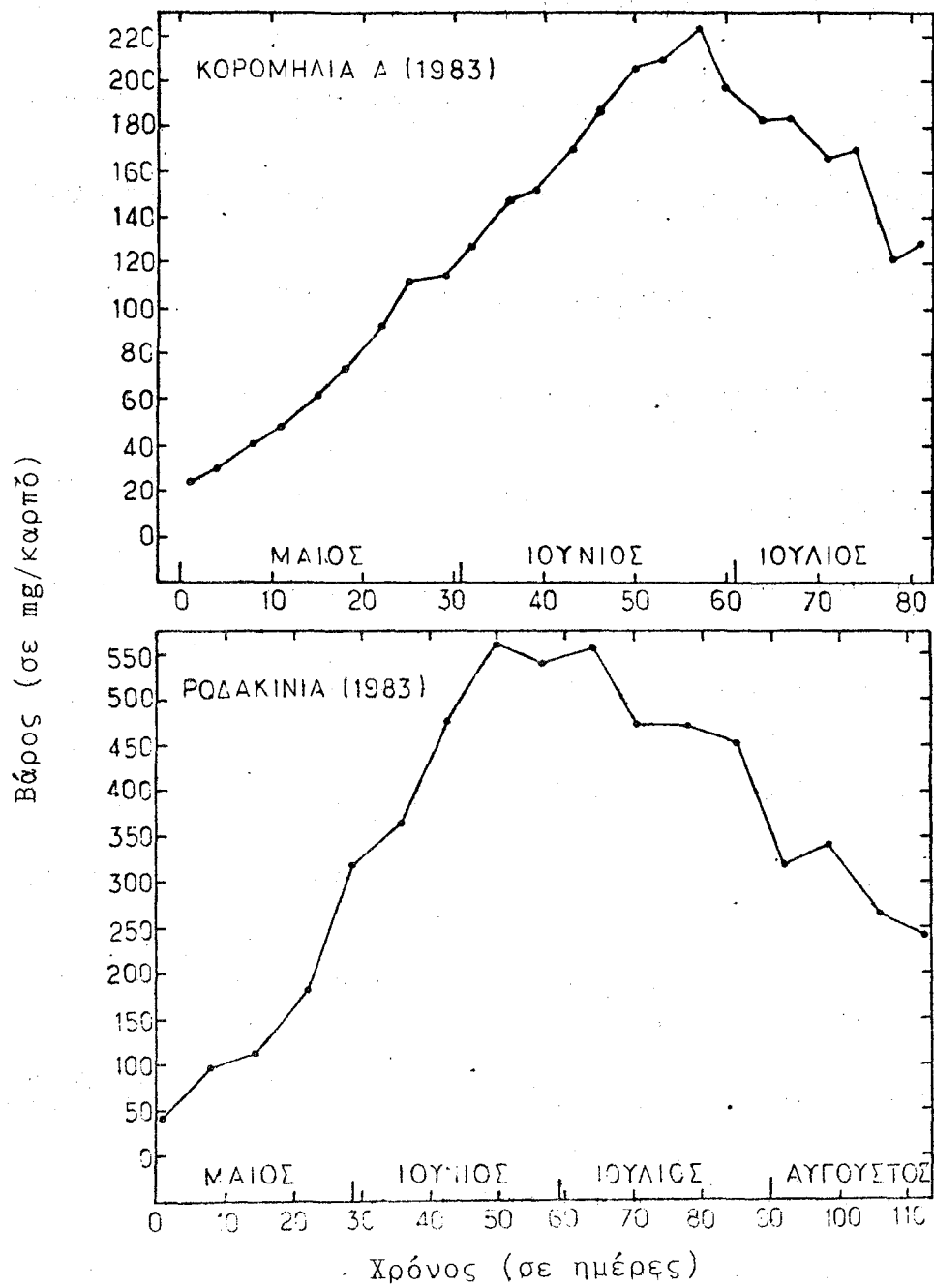
3. ΟΙ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΗΣ ΞΗΡΗΣ ΜΑΖΑΣ ΤΟΥ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΜΕΣΟΚΑΡΠΙΟΥ

Οι μεταβολές στην ποσότητα του κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου ανα καρπό χαρακτηρίζονται από μια συνεχή αύξηση της ποσότητας του κυτταρικού τοιχώματος μέχρι μιας μεγίστης τιμής. Η ποσότητα αυτή διατηρείται σ' αυτό το επίπεδο για ένα σύντομο χρονικό διάστημα και στη συνέχεια μειώνεται εμφανώς. Το παρατηρούμενο μέγιστο σχετίζεται χρονικά με την έναρξη της ωριμότητας του καρπού.

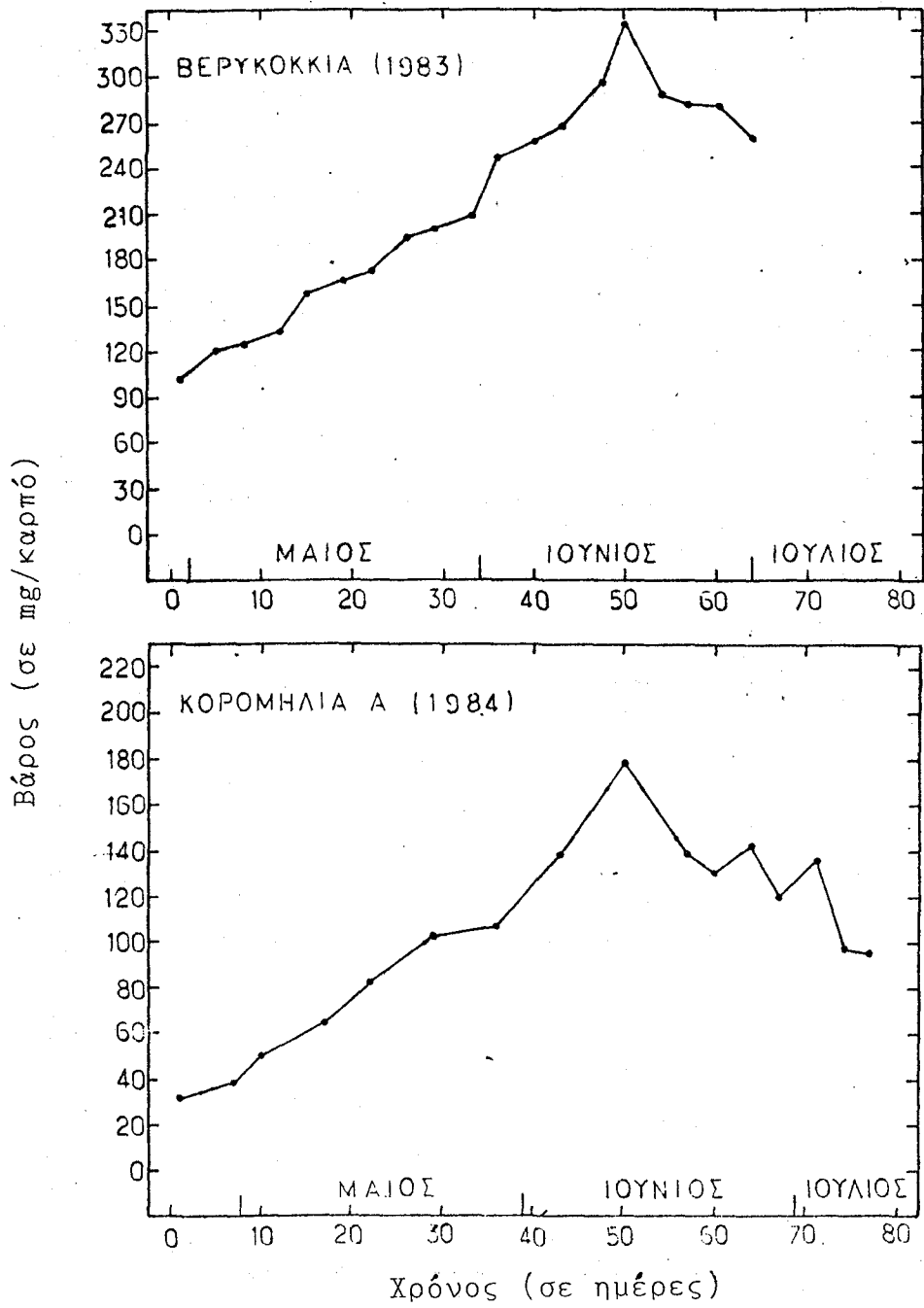
Οι μεταβολές αυτές που φαίνονται στα διαγράμματα 3.1 έως 3.6, μπορούν να αποδοθούν με δύο σιγμοειδείς καμπύλες αντίθετης φοράς, μια με ανερχόμενο κλάδο μέχρι το μέγιστο και μια άλλη με κατερχόμενο μετά το μέγιστο. Ο ανερχόμενος κλάδος αντιστοιχεί στην περίοδο της αυξήσεως του μεσοκαρπίου, ενώ ο κατερχόμενος κλάδος αντιστοιχεί στις φάσεις της ωριμότητας και της υπερωριμάνσεως του καρπού και σχετίζεται με την παρατηρούμενη μείωση της συνεκτικότητας του μεσοκαρπίου και το μαλάκωμα του καρπού.

Η μεγίστη τιμή της ξηρής μάζας του κυτταρικού τοιχώματος ανα καρπό πραγματοποιήθηκε 50 περίπου ημέρες μετά την φάση της σκληρύνσεως του ενδοκαρπίου. Η περίοδος μείωσης της ποσότητας του κυτταρικού τοιχώματος διήρκεσε περίπου 25 ημέρες στις Κορομηλιές, 45 ημέρες στη Ροδακινιά και 15 ημέρες στη Βερυκοκκιά.

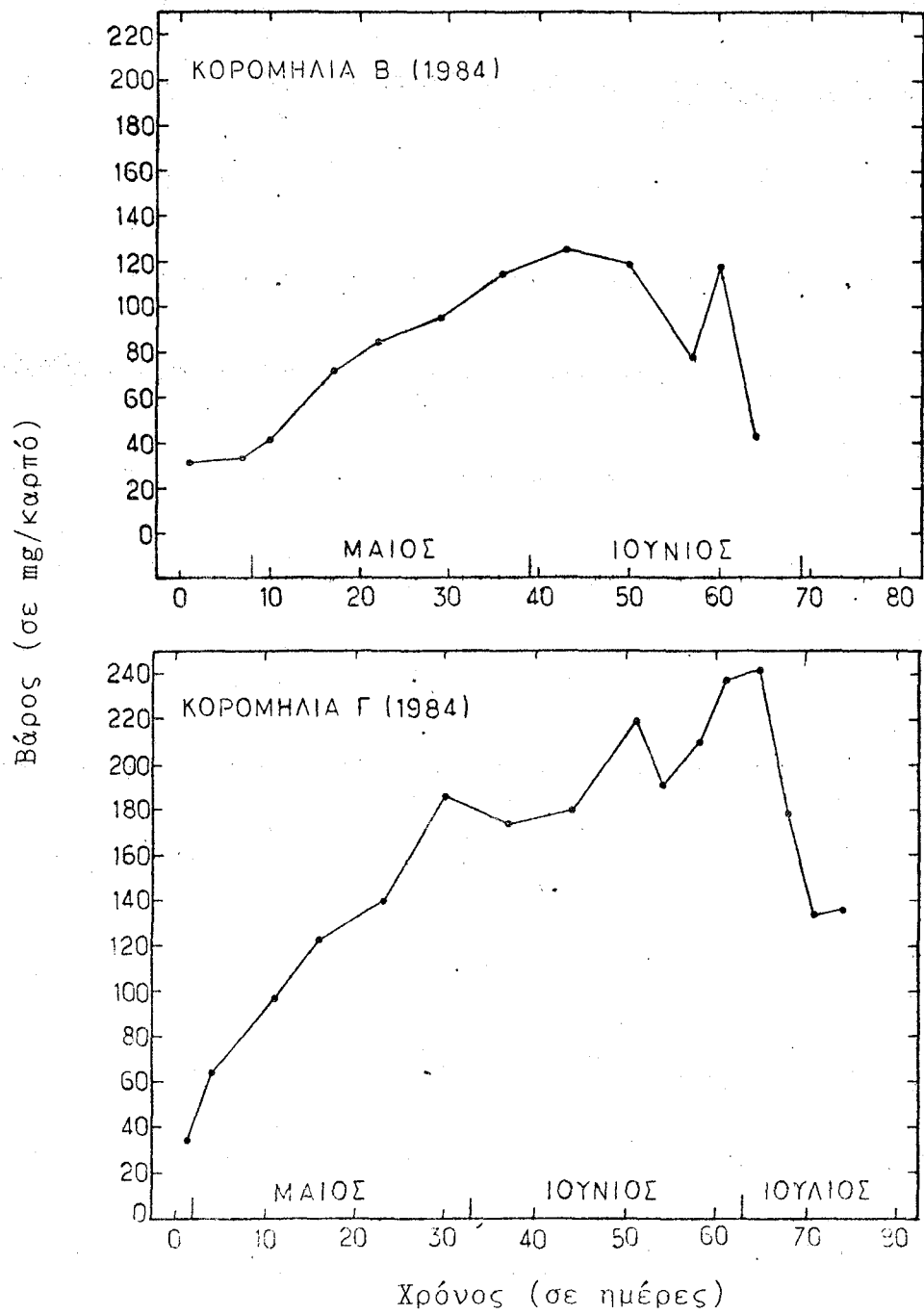
Το κυτταρικό τοίχωμα έφθασε τα εξής μέγιστα: 130-240 mg/καρπό στις Κορομηλιές, 550 mg/καρπό στη Ροδακινιά και 330 mg/καρπό στη Βερυκοκκιά. Σε 100 mg μεσοκαρπίου το κυτταρικό τοίχωμα του εκυμάνθηκε από 0,8 έως 2,5 mg στις Κορομηλιές, από 0,3 έως 1,7 mg στη Ροδακινιά και από 0,6 έως 2,7 mg στη Βερυκοκκιά, κατά την διάρκεια της αναπτύξεως του καρπού, με εμφανή πτωτική συμπεριφορά όπως φαίνεται στον πίνακα 4.



Διάγραμμα 3 (3.1,3.2). Οι μεταβολές του κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου. (Απόλυτα μεγέθη).



Διάγραμμα 3 (3.3,3.4)
(συνέχεια)



Διάγραμμα 3 (3.5,3.6)
(συνέχεια)

Αντίστοιχα, σε 100 mg ξηρής ουσίας του μεσοκαρπίου το κυτταρικό τοίχωμα εκυμάνθηκε από 3 έως 23 mg στις Κορομηλιές, από 1,1 έως 5 mg στη Ροδακινιά και από 3 έως 18 mg στη Βερυκοκκιά κατά την διάρκεια της αναπτύξεως του καρπού, με ανάλογη πτωτική συμπεριφορά. Η Ροδακινιά παρουσίασε την μικρότερη συμμετοχή του κυτταρικού τοιχώματος στην ξηρή ουσία του μεσοκαρπίου.

4. ΟΙ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΩΝ ΚΛΑΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΜΕΣΟΚΑΡΠΙΟΥ

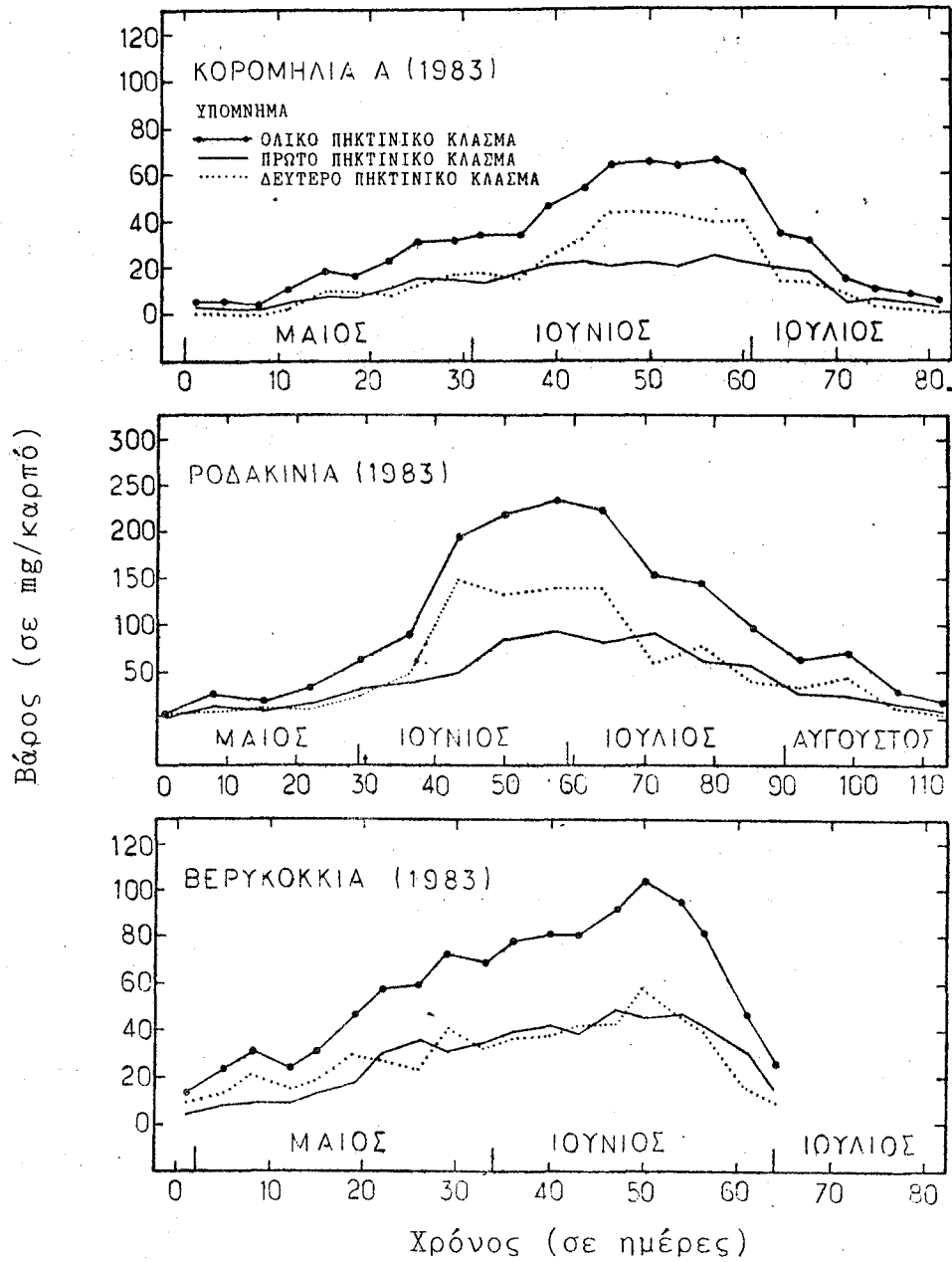
4.1 ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΩΝ ΠΗΚΤΙΝΙΚΩΝ ΚΛΑΣΜΑΤΩΝ

Η πορεία των μεταβολών των επιμέρους πηκτινικών κλασμάτων, πρώτου και δευτέρου, καθώς και του συνολικού πηκτινικού κλάσματος ανά καρπό φαίνεται στα διαγράμματα 4.1 έως 4.6. Από τα διαγράμματα αυτά βλέπουμε ότι υπάρχει αυξητική τάση της ποσότητας των επιμέρους πηκτινικών κλασμάτων και του συνολικού πηκτινικού κλάσματος μέχρι μια μεγίστη τιμή, που ακολουθείται από μια τελευταία περίοδο ή φάση, η οποία χαρακτηρίζεται από μείωση των αντιστοιχών ποσοτήτων.

Οι μέγιστες τιμές και η μείωση των ποσοτήτων αυτών βρίσκεται σε αντιστοιχία με τις παρατηρούμενες μεταβολές του κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου ανά καρπό, που παρουσιάστηκαν στα διαγράμματα 3.1 έως 3.6. Στον πίνακα 5 βλέπουμε ότι το πηκτινικό κλάσμα αντιπροσωπεύει το 25-40% του κυτταρικού τοιχώματος, ενώ κατά την φάση της ωριμάνσεως και της υπερωριμάνσεως των καρπών το ποσοστό αυτό μειώνεται στο 7-10%. Κατά την περίοδο της ωριμότητας πριν αρχίσει το μαλάκωμα του καρπού, το πηκτινικό κλάσμα βρίσκεται στην υψηλότερη ποσότητα του μέσα στο κυτταρικό τοίχωμα, η οποία αντιστοιχεί σε 60-80 mg/καρπό στις Κορομηλιές, σε 220 mg/καρπό στη Ροδακινιά και σε 90 mg/καρπό στη Βερυκοκκιά.

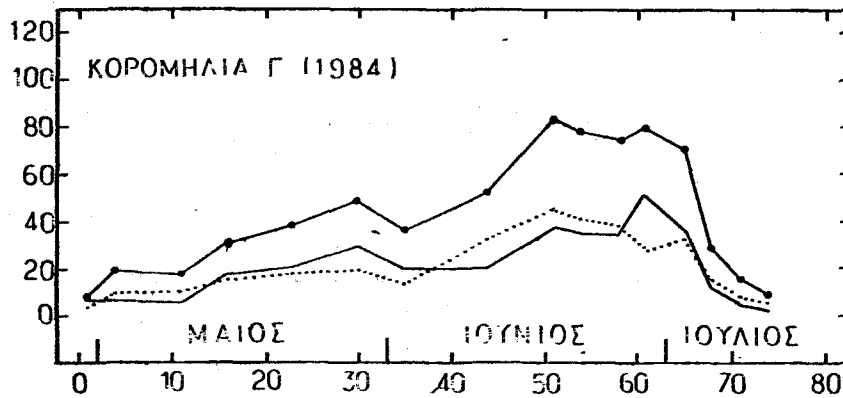
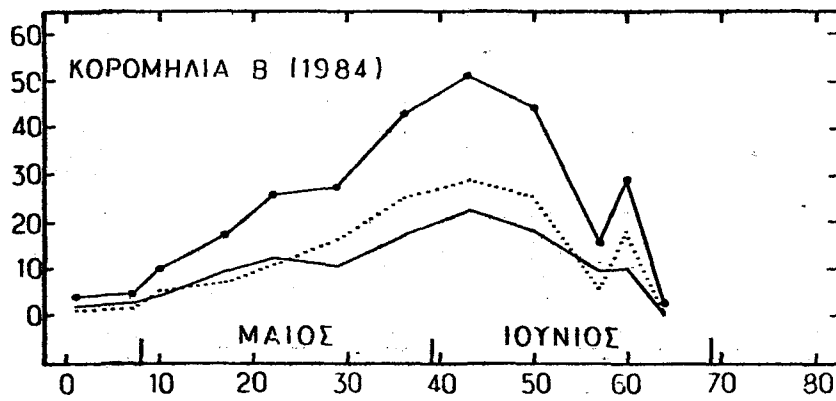
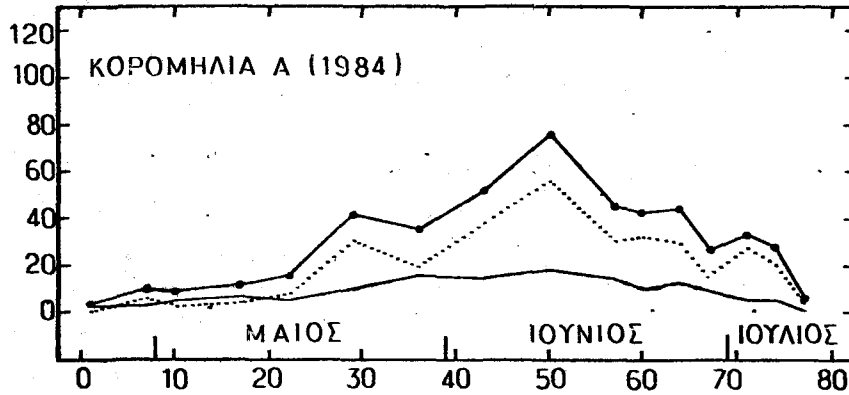
4.2 ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΩΝ ΗΜΙΚΥΤΤΑΡΙΝΙΚΩΝ ΚΛΑΣΜΑΤΩΝ

Οι μεταβολές στην ποσότητα των επιμέρους ημικυτταρινικών κλασμάτων, πρώτου και δευτέρου, και στην συνολική ποσότητα του ημικυτταρινικού κλάσματος ανά μέσο βάρος καρπού φαίνονται στα διαγράμματα 5.1 έως 5.6.



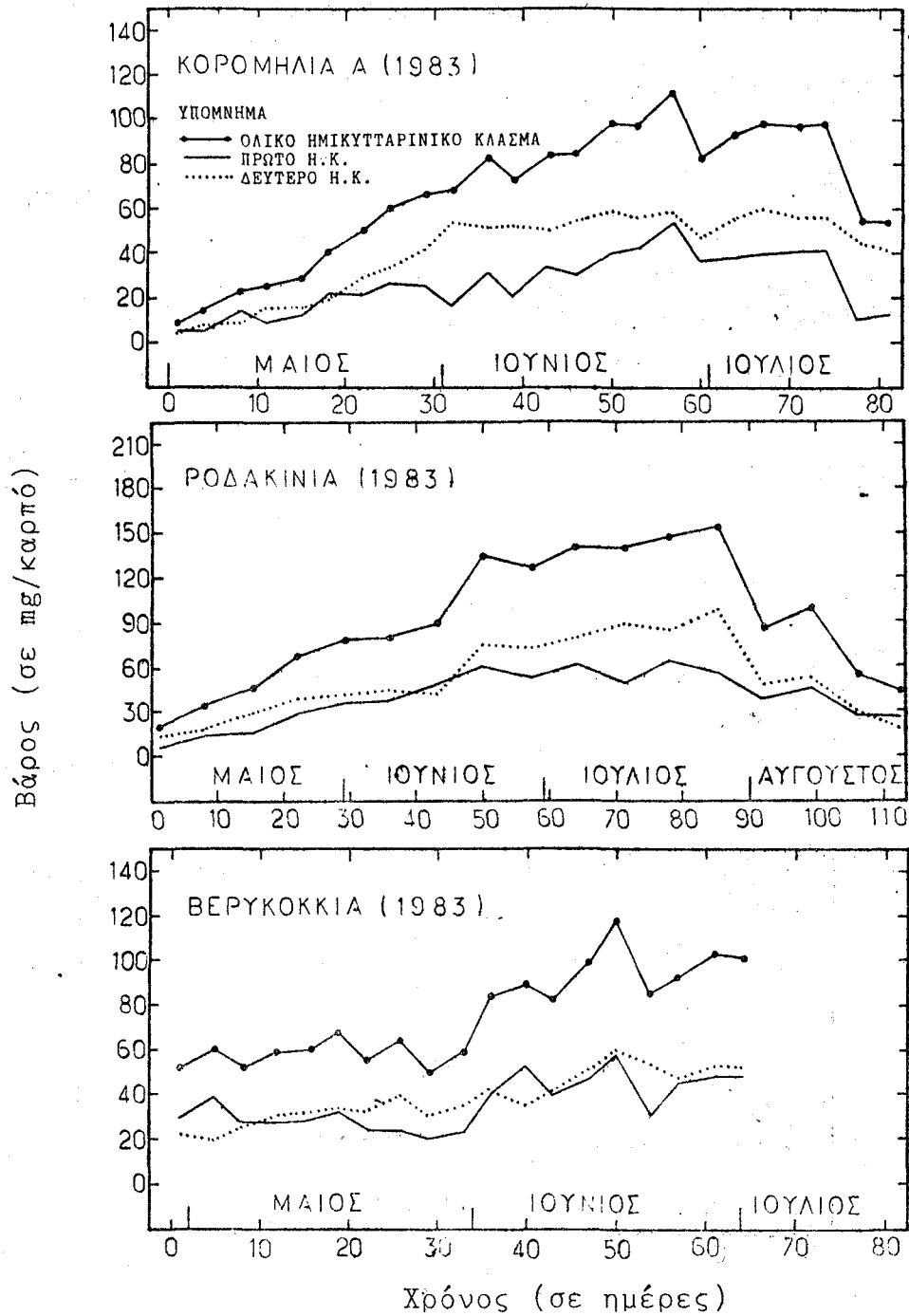
Διάγραμμα 4 (4.1,4.2,4.3). Οι μεταβολές των επιμέρους πηκτινικών κλασμάτων και του ολικού πηκτινικού κλάσματος του κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου. (Απόλυτα μεγέθη).

Βάρος (σε mg/καρτό)

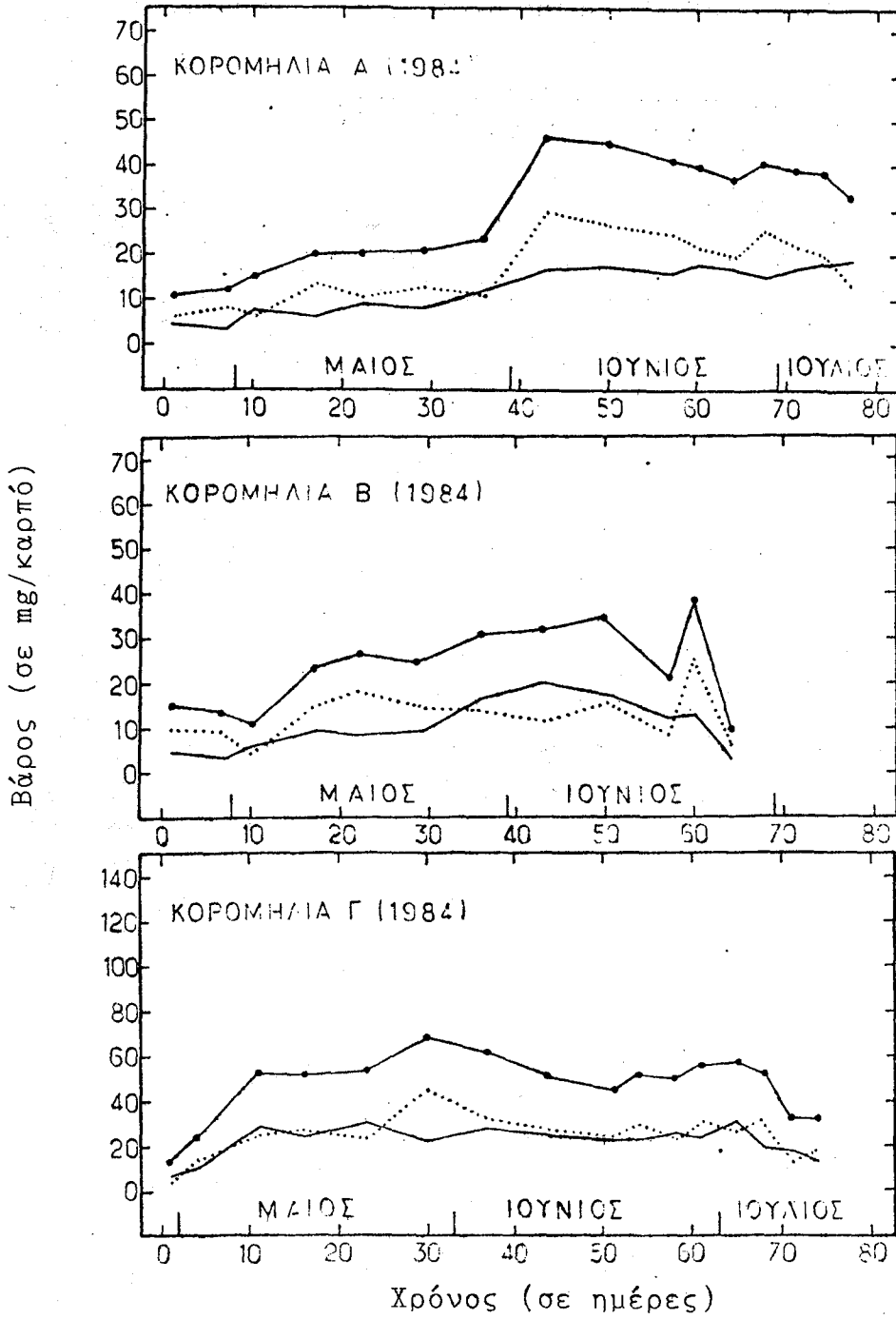


Χρόνος (σε ημέρες)

Διάγραμμα 4 (4.4, 4.5, 4.6)
(συνέχεια)



Διάγραμμα 5 (5.1,5.2,5.3). Οι μεταβολές των επιμέρους ημικυτταρινικών κλασμάτων και του ολικού ημικυτταρινικού κλάσματος του κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου. (Απόλυτα μεγέθη).



Διάγραμμα 5 (5.4, 5.5, 5.6)
(συνέχεια)

Το συνολικό ημικυτταρινικό κλάσμα (δηλαδή το αθροισμα των δυο ημικυτταρινικών κλασμάτων) σε απόλυτα μεγέθη παρουσιάζει αυξητική πορεία μέχρι μια περιοχή μεγίστων τιμών, η οποία σημειώνεται περίπου στα 2/3 του εξεταζομένου χρονικού διαστήματος αναπτύξεως των καρπών, όπου σταθεροποιείται για 2-3 εβδομάδες περίπου. Στη συνέχεια παρατηρείται μια ελαφρά καθοδική πορεία, με εξαίρεση την Βερυκοκκιά όπου δεν παρατηρήθηκε καθοδική πορεία.

Οι μεταβολές στο ολικό ημικυτταρινικό κλάσμα δεν παρουσιάζουν άμεση συσχέτιση με τις μεταβολές του ολικού πηκτινικού κλάσματος. Όμως, οι περιοχές όπου εμφανίζονται μέγιστα συμπίπτουν χρονικά με τις αντίστοιχες περιοχές μεγίστων στην καμπύλη μεταβολών του κυτταρικού τοιχώματος ανά καρπό.

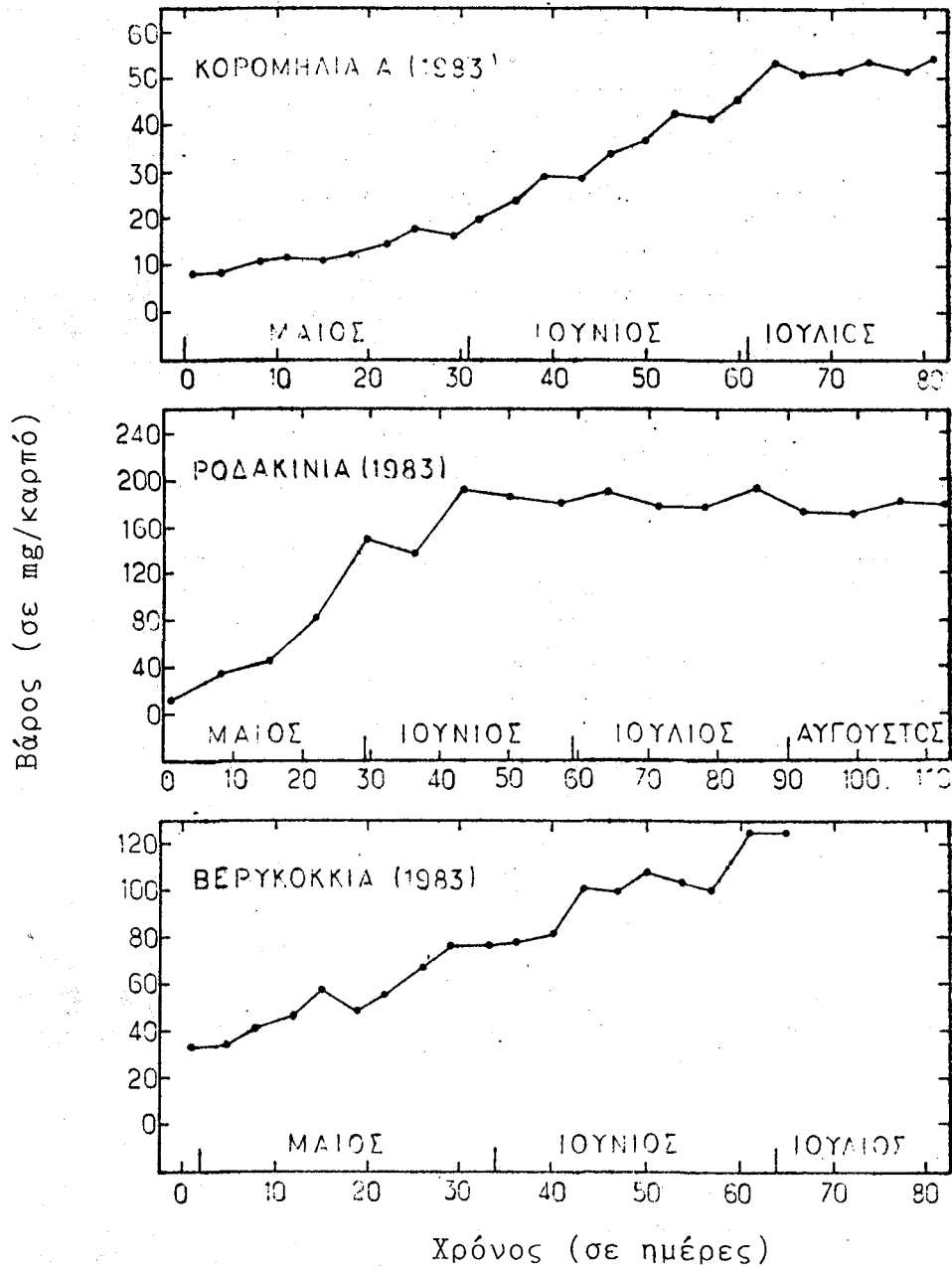
Οι μέγιστες τιμές είναι 60-100 mg/καρπό για τις Κορομηλιές, 150 mg/καρπό για την Ροδακινιά και 110 mg/καρπό για την Βερυκοκκιά. Το ημικυτταρινικό κλάσμα αντιπροσωπεύει το 25-50% του κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου, χωρίς αξιοσημείωτες μεταβολές στην % περιεκτικότητα του κυτταρικού τοιχώματος σε ημικυτταρίνες, όπως προκύπτει από τον πίνακα 6.

4.3 ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΟΥ ΚΥΤΤΑΡΙΝΙΚΟΥ ΚΛΑΣΜΑΤΟΣ

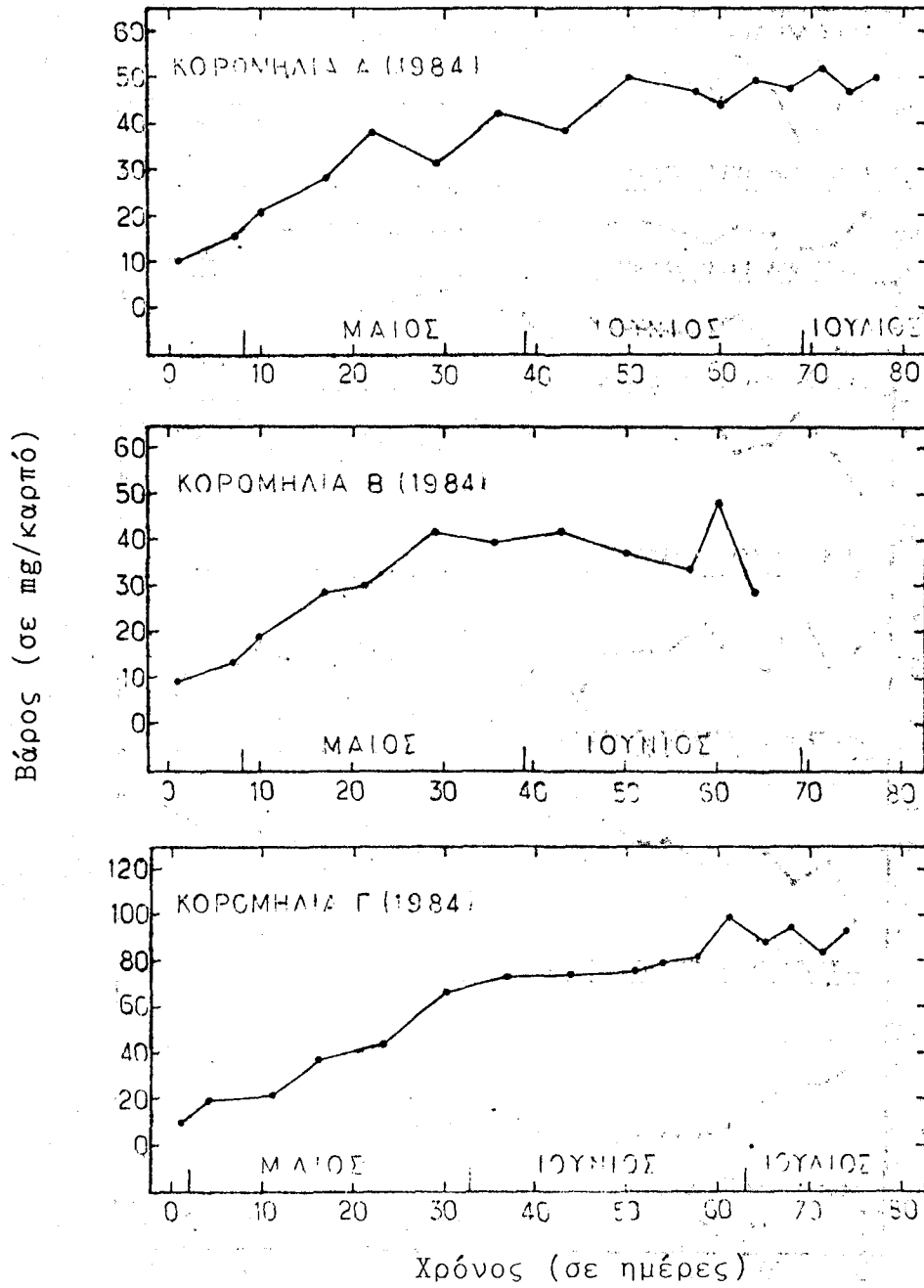
Οι μεταβολές του κυτταρινικού κλάσματος διαφέρουν από τις μεταβολές των άλλων κλασμάτων του κυτταρικού τοιχώματος. Στον πίνακα 7 βλέπουμε ότι το κυτταρινικό κλάσμα αντιπροσωπεύει το 20-40% του συνολικού κυτταρικού τοιχώματος. Όπως φαίνεται στα διαγράμματα 6.1 έως 6.6 το κυτταρινικό κλάσμα αυξάνει σε ποσότητα μέχρι κάποιο επίπεδο, όπου σταθεροποιείται χωρίς να παρουσιάζει κάποια τάση για μείωση.

Οι μέγιστες τιμές που λαμβάνονται κατά την ωριμότητα των καρπών είναι 50-80 mg/καρπό στις Κορομηλιές, 200 mg/καρπό στη Ροδακινιά και 110-120 mg/καρπό στη Βερυκοκκιά. Το επίπεδο μεγίστων τιμών συμπίπτει στις περισσότερες περιπτώσεις με το μέγιστο της καμπύλης μεταβολών του κυτταρικού τοιχώματος ανά καρπό και διατηρείται σταθερό κατά την χρονική διάρκεια κτώσεως των αντιστοιχών τιμών σε συνολικό κυτταρικό τοίχωμα, πηκτινικά και ημικυτταρινικά κλάσματα.

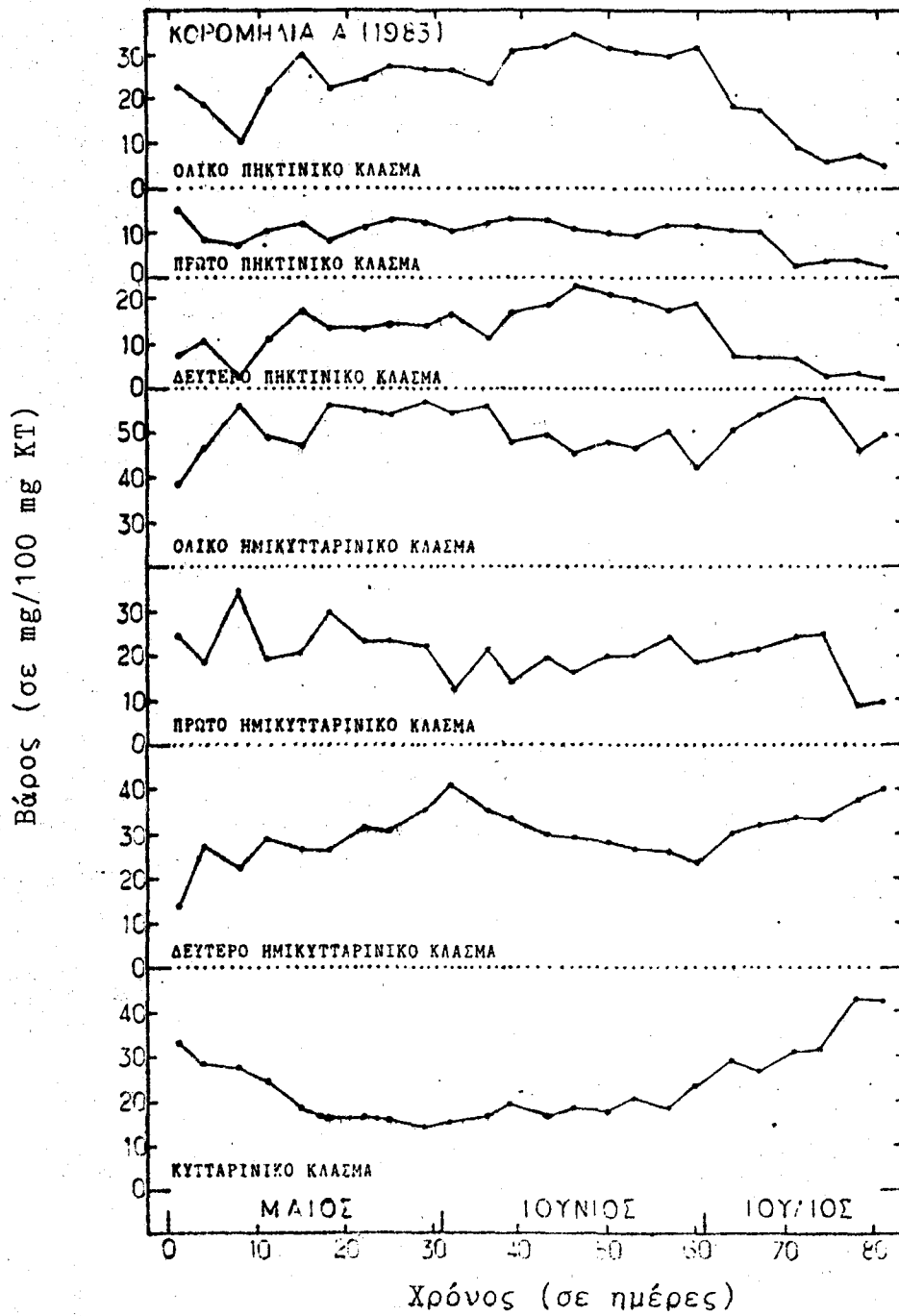
Η % συμμετοχή του κυτταρινικού κλάσματος αυξάνει κατά την περίοδο της ωριμότητας και υπερωριμάνσεως



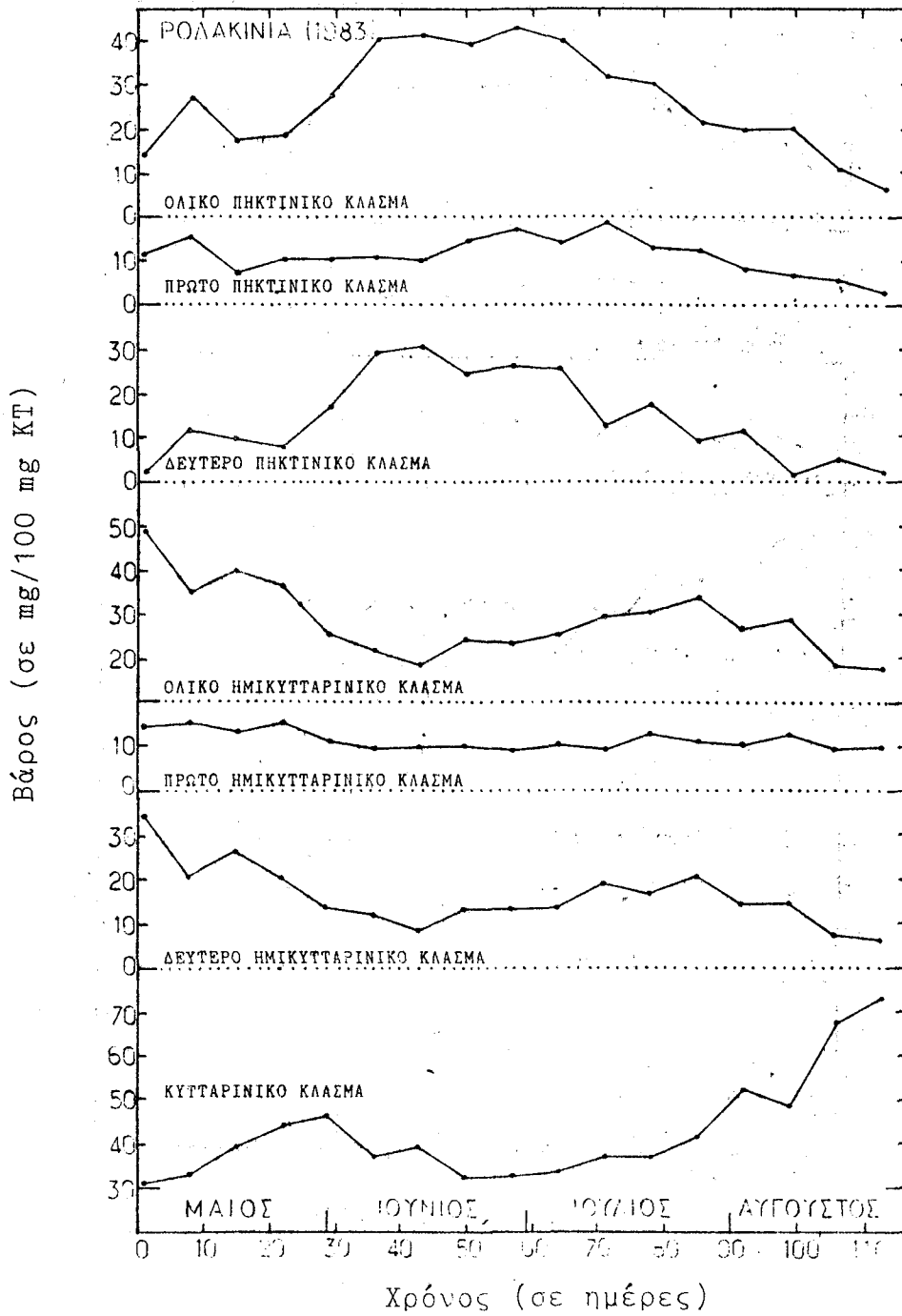
Διάγραμμα 6 (6.1,6.2,6.3). Οι μεταβολές του κυτταρινικού κλάσματος του κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου. (Απόλυτα μεγέθη).



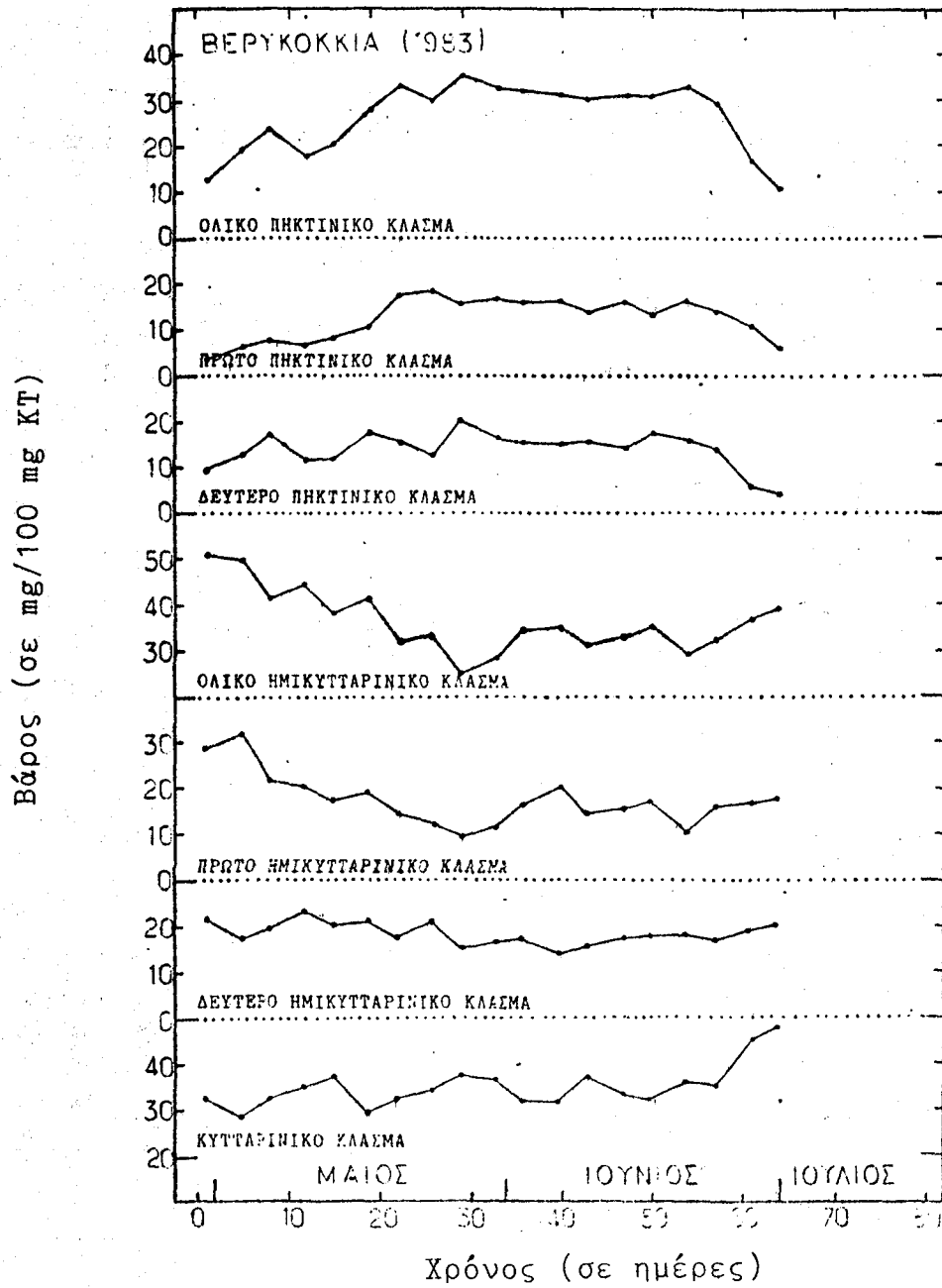
Διάγραμμα 6 (6.4,6.5,6.6)
(συνέχεια)



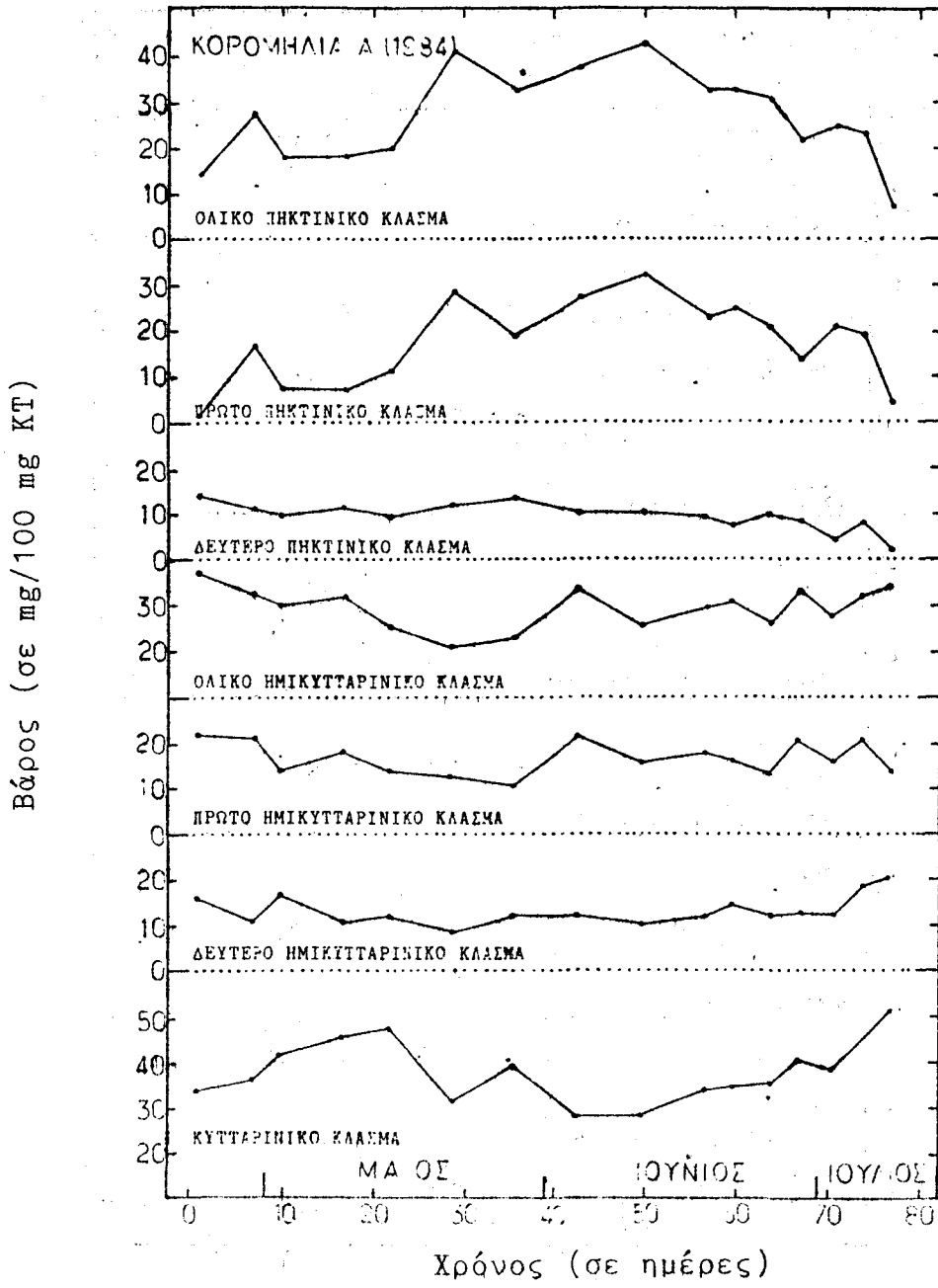
Διάγραμμα 7 (7.1). Οι μεταβολές των κλασμάτων του κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου. (Σχετικά μεγέθη).



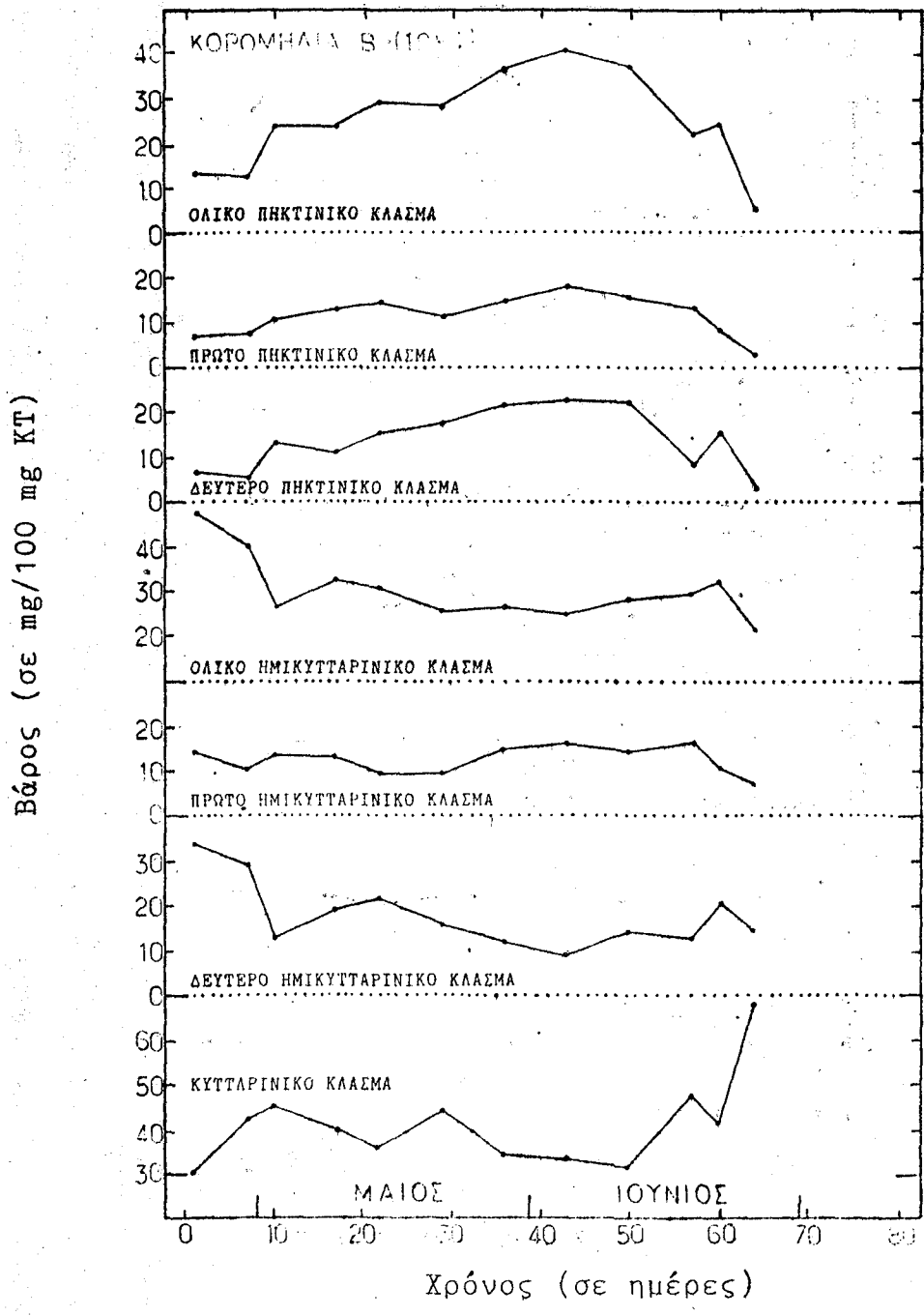
Διάγραμμα 7 (7.2)
(συνέχεια)



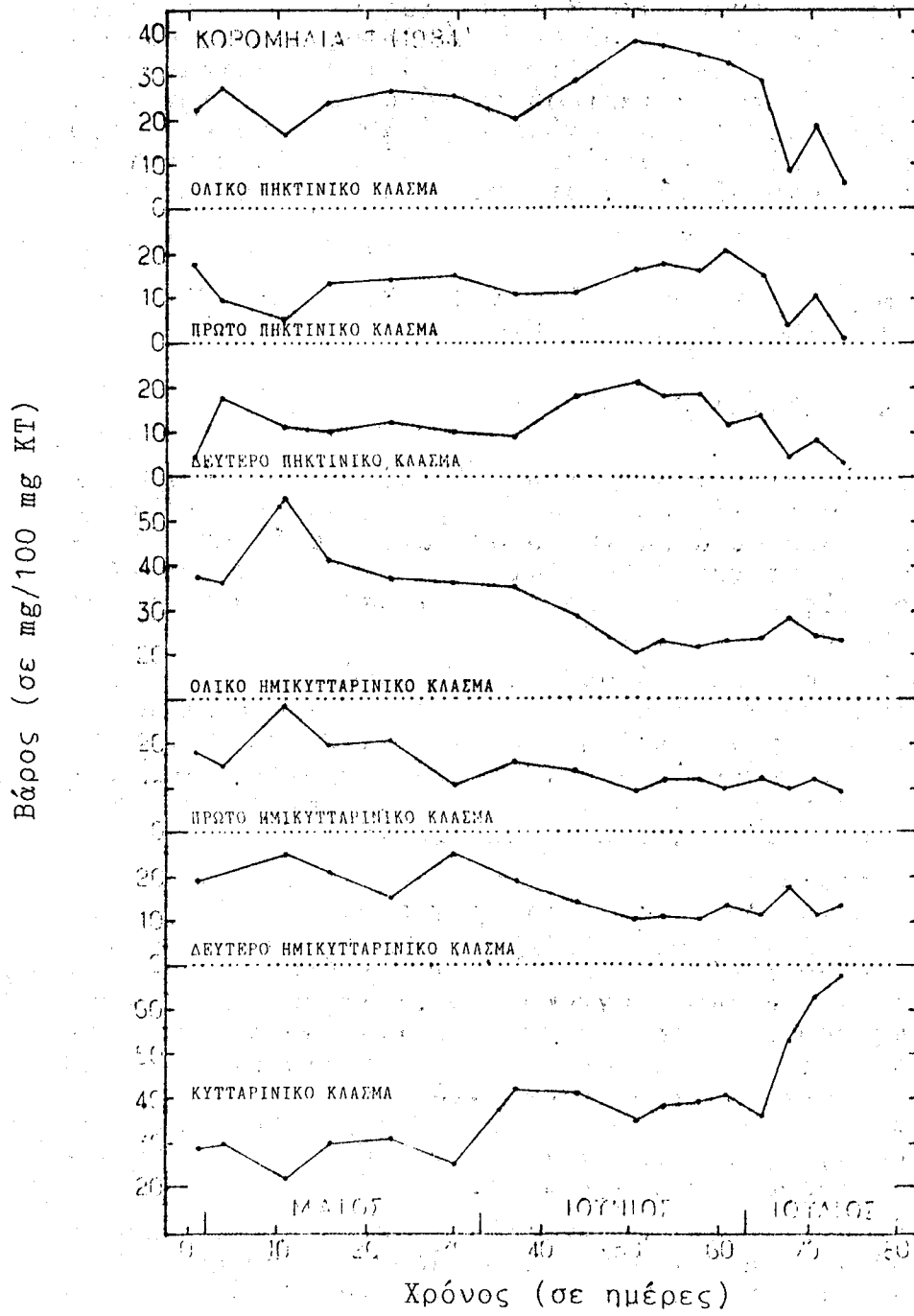
Διάγραμμα 7 (7.3)
(συνέχεια)



Διάγραμμα 7 (7.4)
(συνέχεια)



Διάγραμμα 7 (7.5)
(συνέχεια)



Διάγραμμα 7 (7.6)
(συνέχεια)

των καρπών. Στον πίνακα 8 παρουσιάζονται οι συνολικές ποσότητες των κλασμάτων που ελήφθησαν και υπολογίστηκαν οι % απώλειες υλικού κατά την διαδικασία της κλασματώσεως του κυτταρικού τοιχώματος. Στον ίδιο πίνακα βλέπουμε ότι οι απώλειες ήταν της τάξεως του 2-7% με ορισμένες εξαιρέσεις σε δείγματα που περιείχαν άωρους καρπούς, όπου οι απώλειες ήταν υψηλότερες.

5. ΟΙ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΜΕΣΟΚΑΡΠΙΟΥ

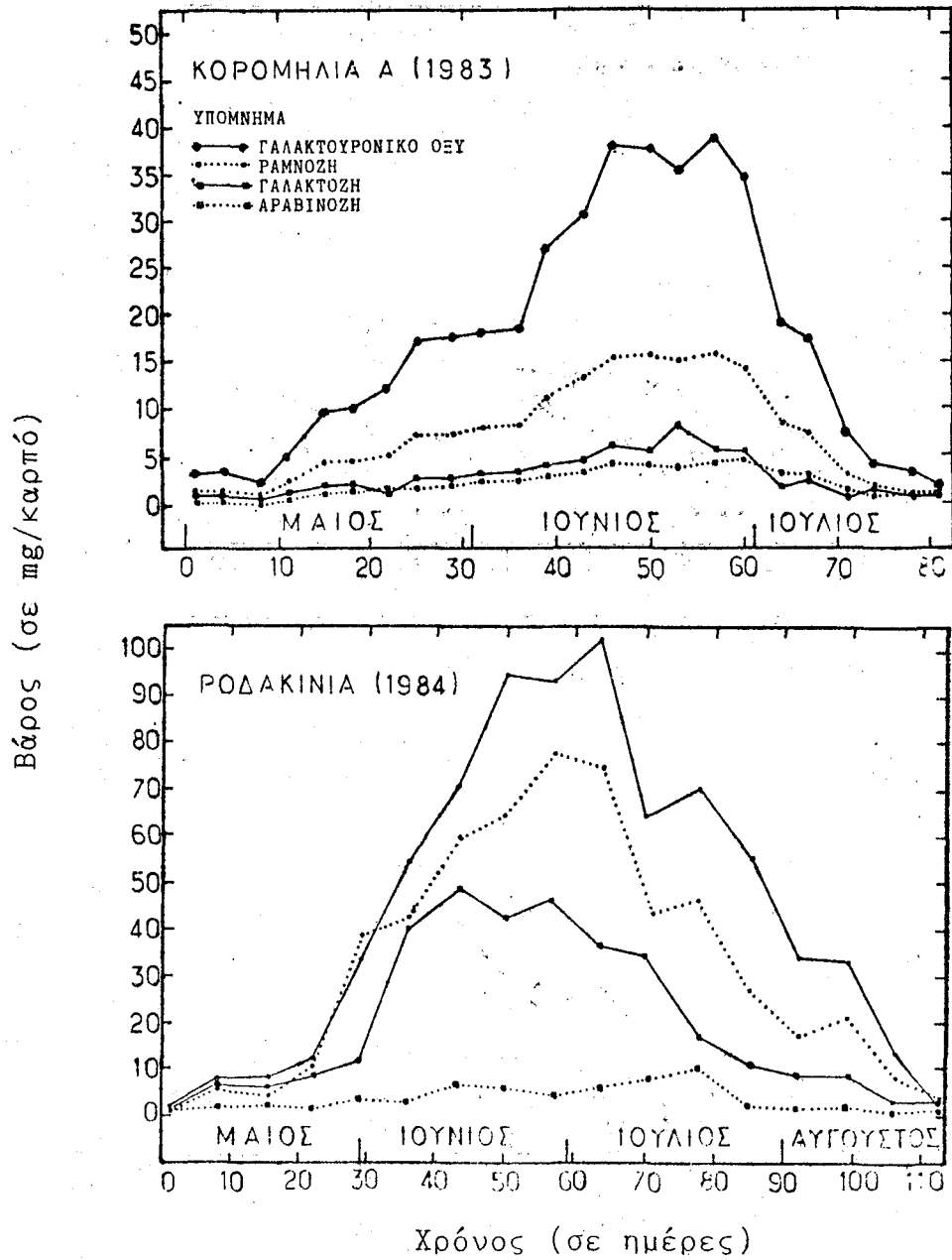
5.1 ΟΛΙΚΟ ΠΗΚΤΙΝΙΚΟ ΚΛΑΣΜΑ

Ως συστατικά του πηκτινικού κλάσματος ευρέθησαν το γαλακτουρονικό οξύ, η ραμνόζη, η γαλακτόζη και η αραβινόζη. Από αυτά ως κύριο συστατικό από πλευράς ποσοτικής συμμετοχής θεωρείται το γαλακτουρονικό οξύ, ενώ η ραμνόζη, η αραβινόζη και η γαλακτόζη θεωρούνται ως δευτερεύοντα συστατικά.

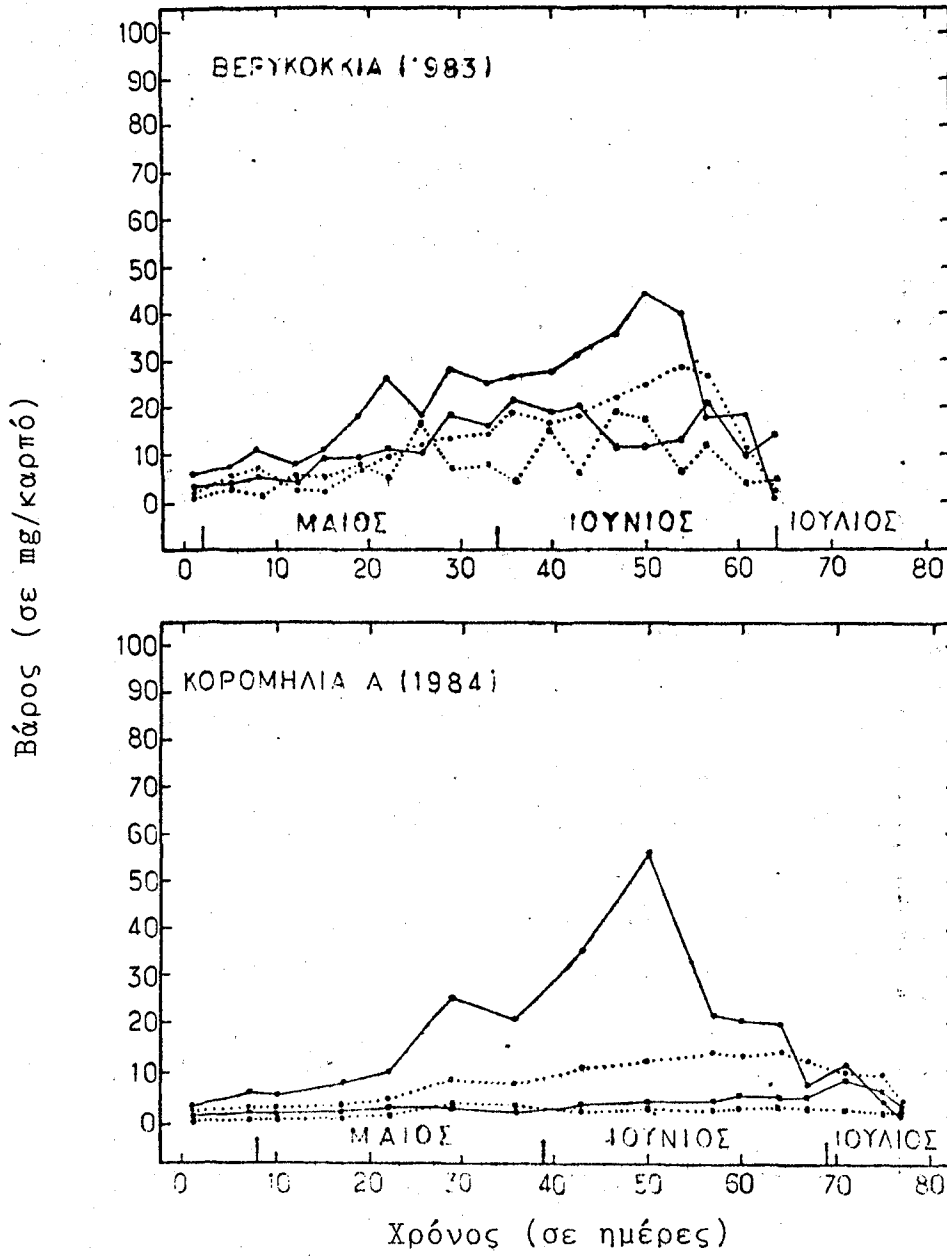
Το γαλακτουρονικό οξύ και η ραμνόζη ήταν αποκλειστικά συστατικά του πηκτινικού κλάσματος, ενώ η αραβινόζη και η γαλακτόζη υπήρχαν και σαν συστατικά του ημικυτταρινικού κλάσματος. Το γαλακτουρονικό οξύ αντιπροσωπεύει το 40-60% του πηκτινικού κλάσματος κατά τις διάφορες φάσεις, ενώ η ραμνόζη το 20-30%.

Οι μεταβολές των συστατικών του ολικού πηκτινικού κλάσματος φαίνονται στα διαγράμματα 8.1 έως 8.6. Το γαλακτουρονικό οξύ παρουσιάζει τις πριόντονες μεταβολές στην ποσότητα του κατά την διάρκεια της ανάπτυξεως των καρπών. Συγκεκριμένα, κατά την περίοδο της αυξήσεως του μεσοκαρπίου παρατηρείται αύξηση του μέχρι μια περιοχή μεγίστων τιμών, που αντιστοιχούν σε 40-50 mg γαλακτουρονικού/καρπό για τις Κορομηλιές, 100 mg/καρπό για την Ροδακινιά και 50 mg/καρπό για την Βερυκοκκιά, και στη συνέχεια μειώνεται σημαντικά μέχρι το επίπεδο των 5 mg/καρπό.

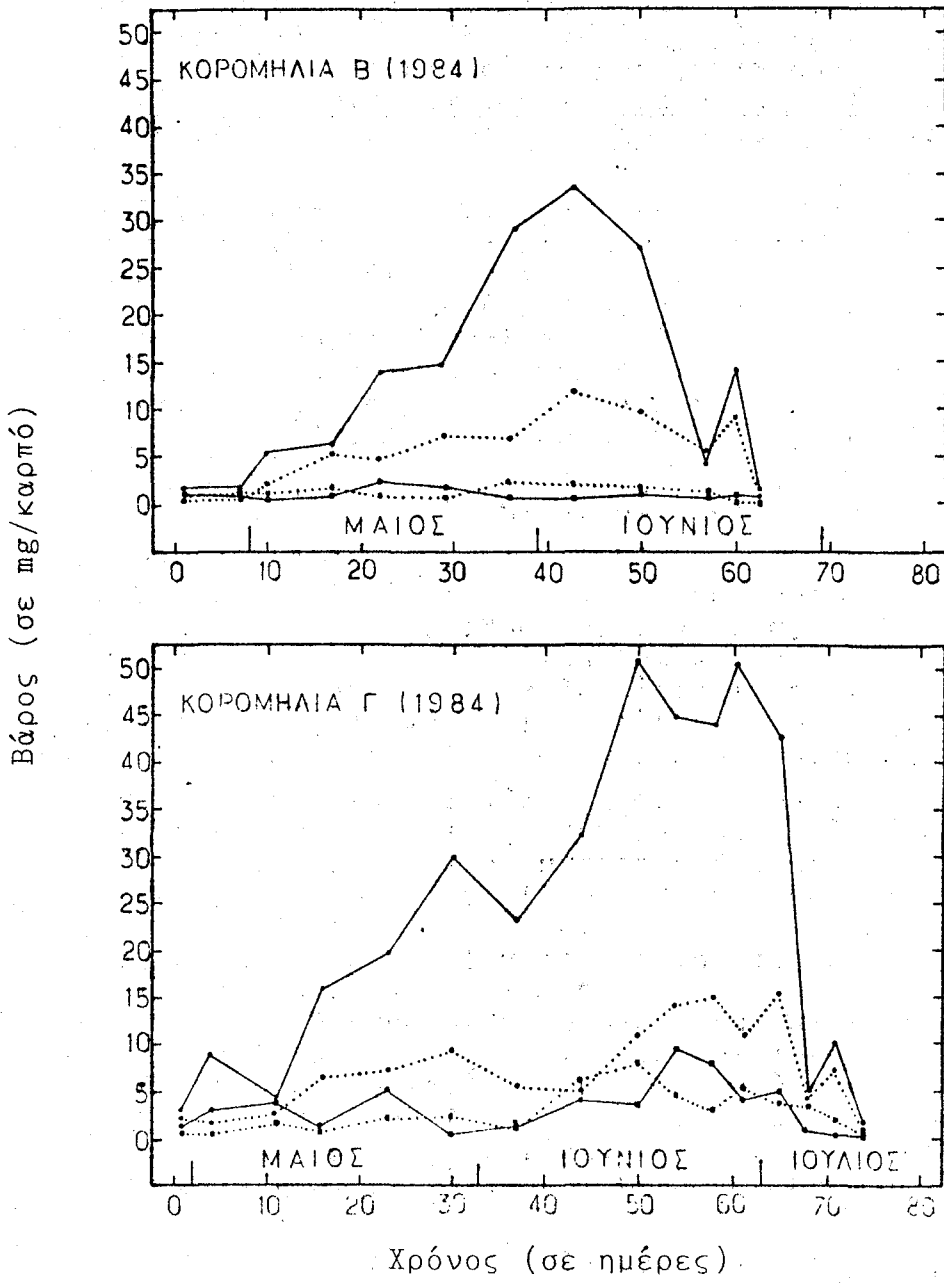
Από τα υπόλοιπα συστατικά του πηκτινικού κλάσματος ανάλογη συμπεριφορά παρουσιάζει η ραμνόζη, με την διαφορά ότι η μείωση της ποσότητας της κατά την υπερωρίμανση είναι λιγότερο έντονη σχετικά με το γαλακτουρονικό οξύ, ενώ η αραβινόζη και η γαλακτόζη αντίθετα δεν εμφανίζουν αυτές τις μεταβολές, αλλά παρουσιάζουν ελαφρά αύξηση όταν οι ποσότητες των δυο προ-



Διάγραμμα 8 (8.1,8.2). Οι μεταβολές των συστατικών του ολικού πηκτινικού κλάσματος. (Απόλυτα μεγέθη).



Διάγραμμα 8 (8.3, 8.4)
(συνέχεια)



Διάγραμμα 8: (8.5, 8.6)
(συνέχεια)

ηγουμένων συστατικών μειώνονται. Οι μεταβολές γαλακτόζης και αραβινόζης είναι παράλληλες. Εξαίρεση παρουσιάζει η Ροδακινιά, όπου οι ποσότητες της γαλακτόζης είναι υψηλότερες από τις αντίστοιχες της αραβινόζης και ο τρόπος μεταβολής της είναι παρόμοιος με αυτόν της ραμνόζης.

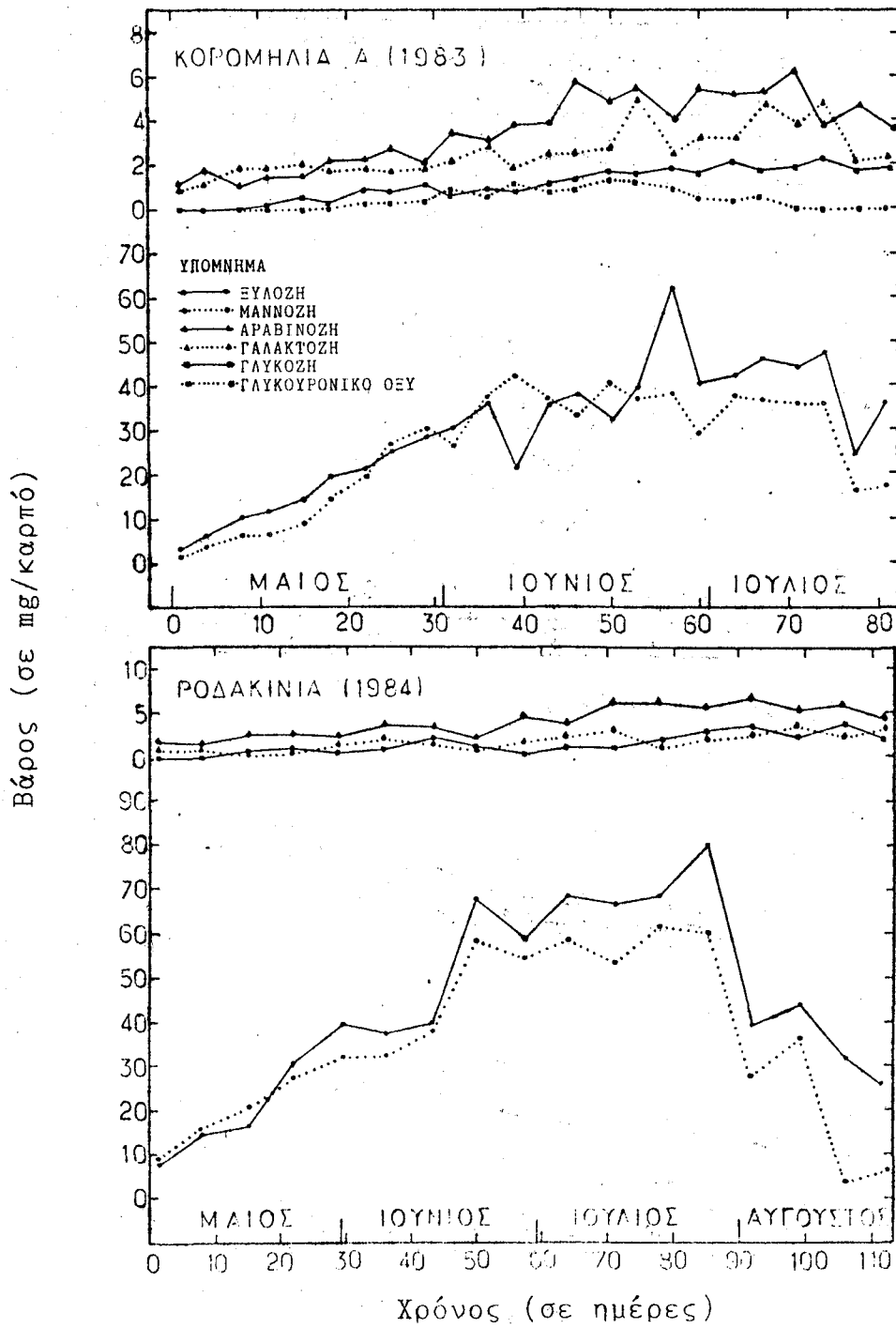
Στον πίνακα 10 παρουσιάζονται οι % περιεκτικότητες κάθε συστατικού του κυτταρικού τοιχώματος κατά την διάρκεια της αναπτύξεως των καρπών και η % ανακτηση του ολικού πηκτινικού κλάσματος. Αυτή μετά την υδρόλυση των πηκτινικών κλασμάτων και τον προσδιορισμό των συστατικών του ήταν 90-98%, ποσοστό υψηλότερο από τις ανακτήσεις του ημικυτταρινικού και κυτταρινικού κλάσματος, που αναφέρονται στη συνέχεια.

5.2 ΟΛΙΚΟ ΗΜΙΚΥΤΤΑΡΙΝΙΚΟ ΚΛΑΣΜΑ

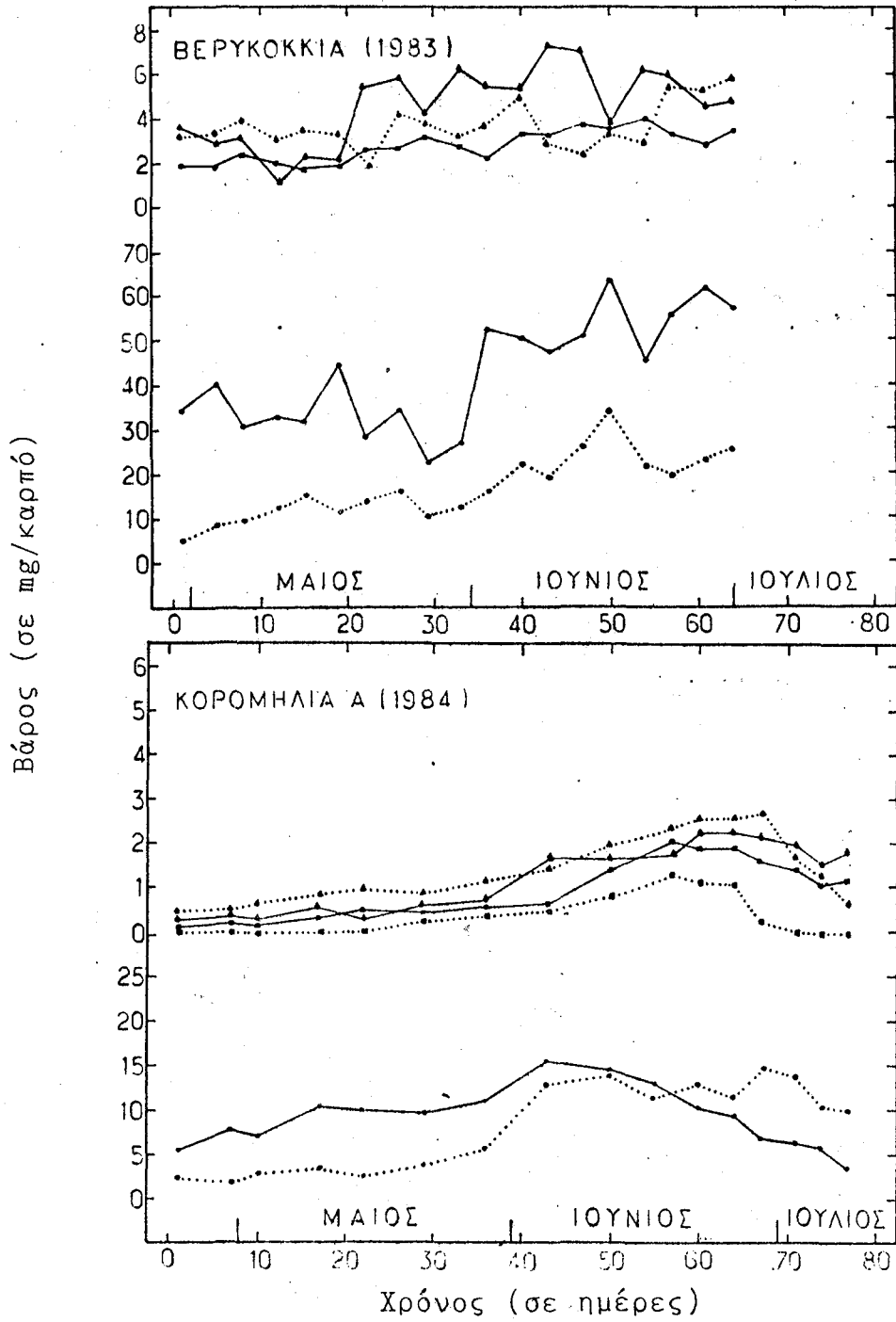
Ως συστατικά του ημικυτταρινικού κλάσματος ευρέθησαν η ξυλόζη, η μαννόζη, η αραβινόζη, η γαλακτόζη, η γλυκόζη (μη-κυτταρινική) και το γλυκουρονικό οξύ. Από αυτά ως κύρια συστατικά από πλευράς ποσοτικής συμμετοχής θεωρούνται η ξυλόζη και η μαννόζη, ενώ τα υπόλοιπα θεωρούνται ως δευτερεύοντα συστατικά.

Οι μεταβολές των συστατικών του ολικού ημικυτταρινικού κλάσματος ανα καρπό φαίνονται στα διαγράμματα 9.1 έως 9.6. Παρατηρούμε ότι οι μεταβολές της ξυλόζης και της μαννόζης ακολουθούν παρεμφερή πορεία. Υπάρχει μια αυξητική τάση μέχρι την περίοδο κατά την οποία ο καρπός εισέρχεται στην φάση της ωριμότητας. Ακολουθεί μια σταθεροποίηση τους σε επίπεδα που κυμαίνονται από 15-35 mg/καρπό στις Κορομηλιές, 40-65 mg/καρπό στη Ροδακινιά και 20-60 mg/καρπό στη Βερυκοκκιά. Κατά την φάση της υπερωριμάνσεως παρατηρείται μια ελαφρά μείωση των ποσοτήτων ξυλόζης και μαννόζης. Στην Βερυκοκκιά οι ποσότητες της ξυλόζης εκυμάνθησαν σε υψηλότερα επίπεδα από τις ποσότητες της μαννόζης, με παρόμοιο τρόπο μεταβολής.

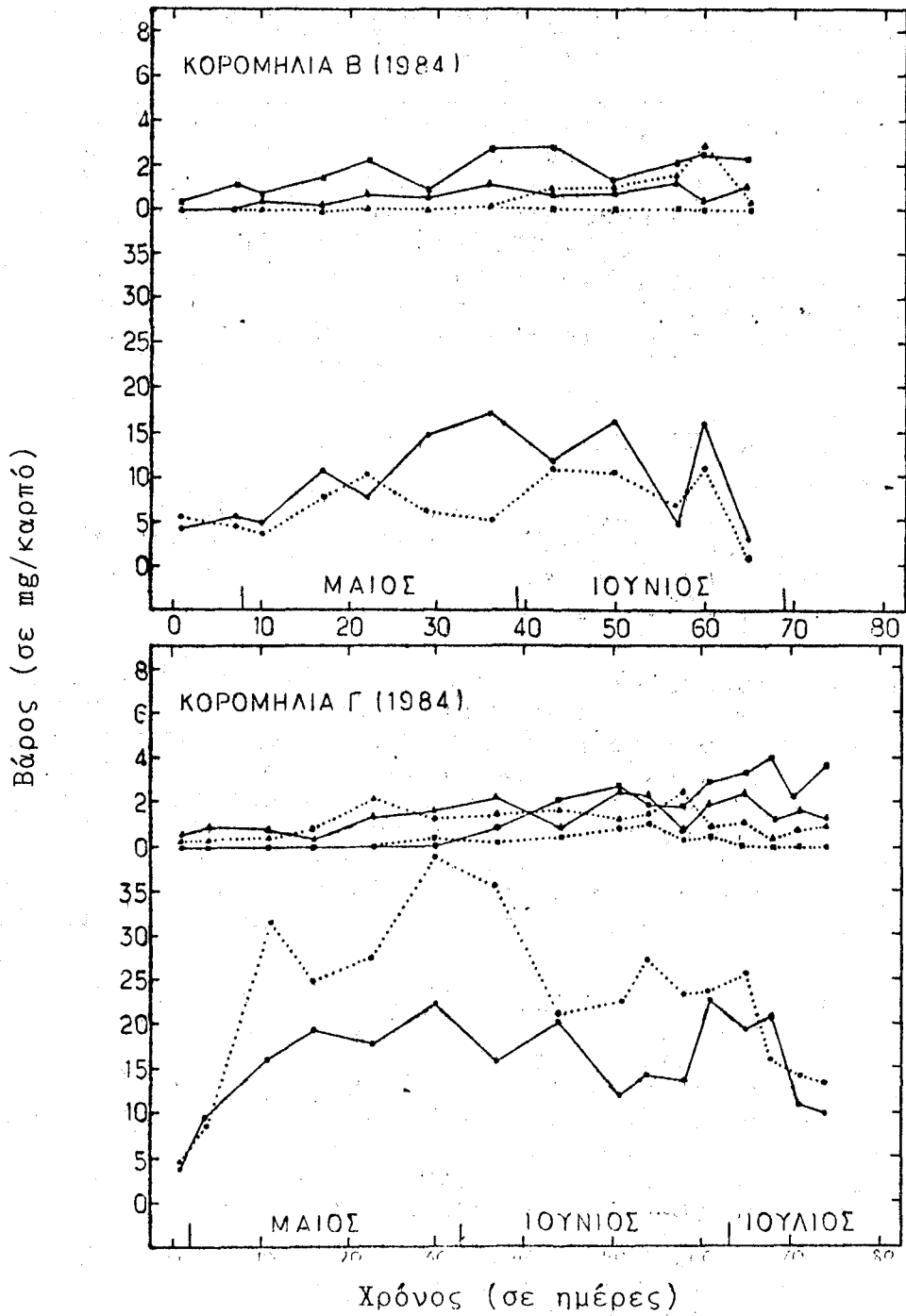
Οι μεταβολές που αφορούν την γαλακτόζη, αραβινόζη, γλυκόζη και γλυκουρονικό οξύ, ακολούθησαν μια ελαφρά αυξητική πορεία μέχρι την ωριμότητα και στη συνέχεια σταθεροποιήθηκαν σε κάποια επίπεδα ανάλογα με το συστατικό και το είδος του καρπού (1-6 mg συστατικού / καρπό). Γλυκουρονικό οξύ βρέθηκε μόνο στις Κορομηλιές σε πολύ μικρές ποσότητες (έως 1 mg/καρπό). Κατα



Διάγραμμα 9 (9.1,9.2). Οι μεταβολές των συστατικών του ολικού ημικυτταρινικού κλάσματος. (Απόλυτα μεγέθη).



Διάγραμμα 9 (9.3,9.4)
(συνέχεια)



Διάγραμμα 9 (9.5,9.6)
(συνέχεια)

την ωριμότητα και την υπερωρίμανση των καρπών το γλυκουρονικό οξύ είτε βρισκόταν σε ίχνη, είτε δεν βρισκόταν καθόλου.

Στον πίνακα 10 φαίνονται οι % περιεκτικότητες των συστατικών του ημικυτταρινικού κλάσματος και η % ανάκτηση αυτού. Η ξυλόζη και η μαννόζη έχουν ποσοστό συμμετοχής 30-50% η κάθε μια, ενώ μικρό ποσοστό συμμετοχής, της τάξεως του 1-10%, έχουν τα υπόλοιπα συστατικά. Οι ποσότητες των συστατικών του ολικού ημικυτταρινικού κλάσματος, που ανακτήθηκαν μετά την υδρόλυση αντιπροσωπεύουν το 80-98% του κλάσματος αυτού.

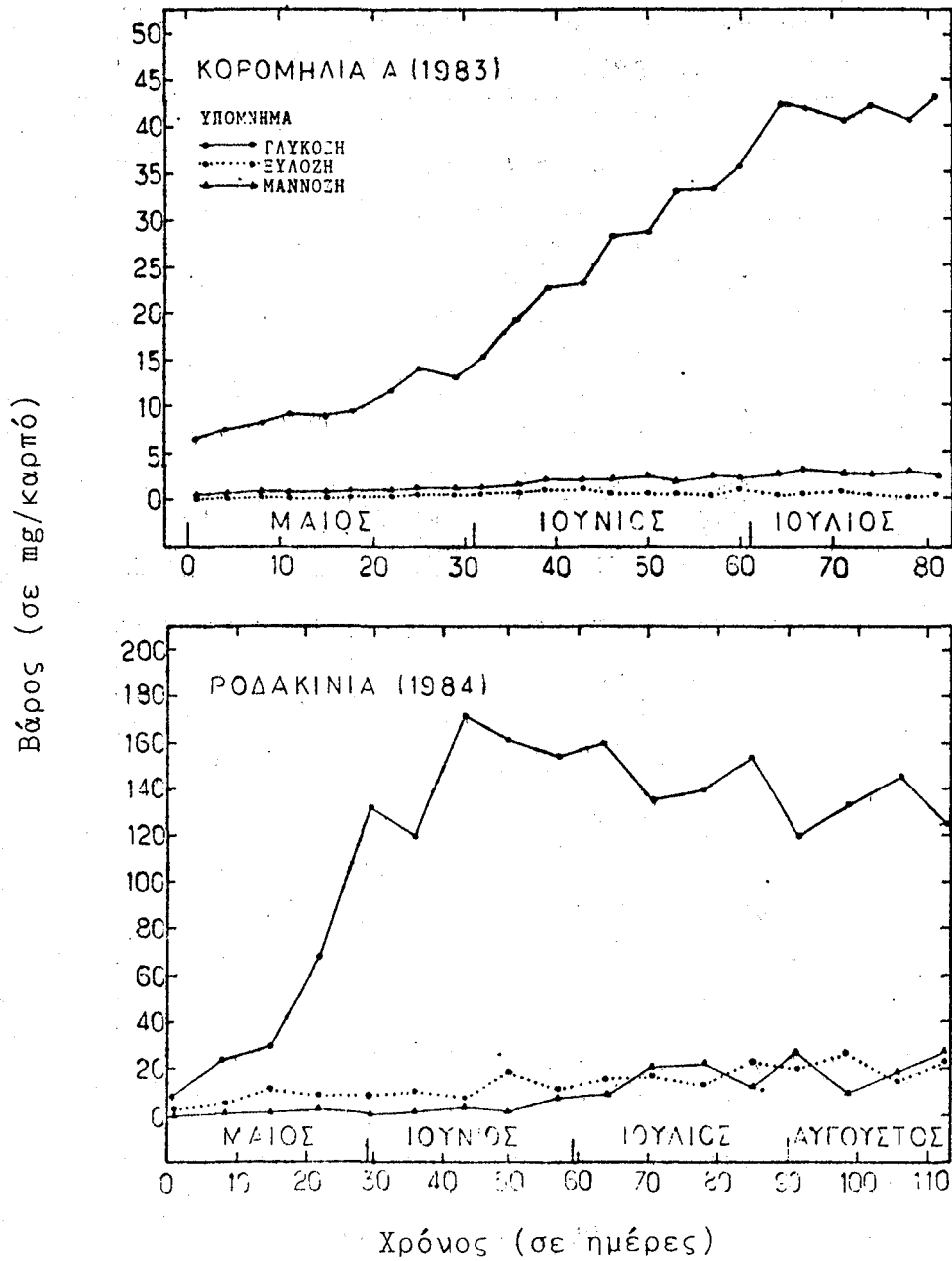
5.3 ΚΥΤΤΑΡΙΝΙΚΟ ΚΛΑΣΜΑ

Το κυτταρινικό κλάσμα βρέθηκε ότι αποτελείται από τρία επιμέρους συστατικά: την γλυκόζη, την μαννόζη και την ξυλόζη. Από αυτά κύριο συστατικό είναι η γλυκόζη, η δομική μονάδα της κυτταρίνης, και δευτερεύοντα συστατικά τα άλλα δύο.

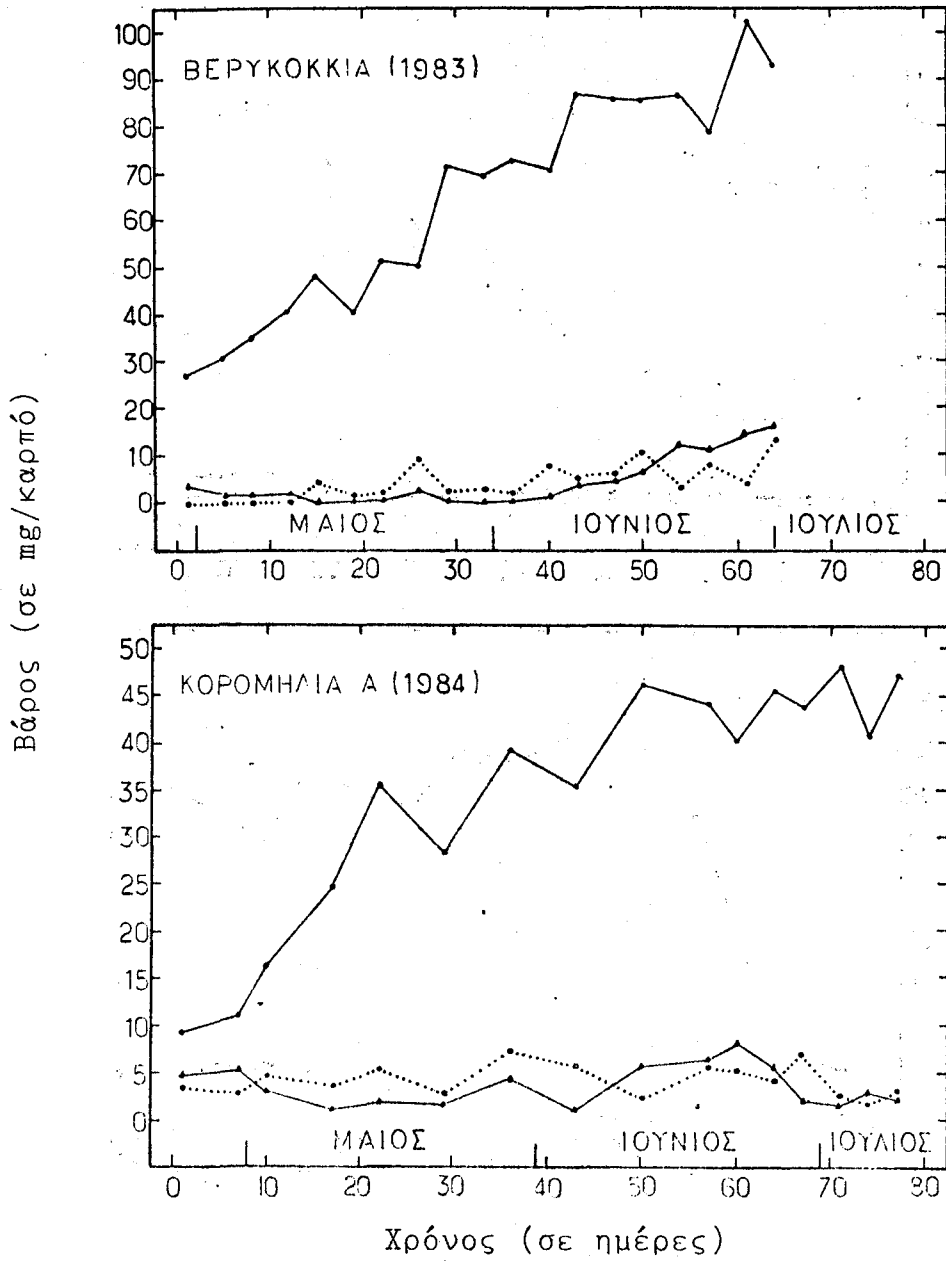
Στα διαγράμματα 10.1 - 10.6, στα οποία αποδίδονται οι μεταβολές των συστατικών του κυτταρινικού κλάσματος ανά καρπό, παρατηρούμε ότι οι μεταβολές στην περιεκτικότητα σε γλυκόζη ακολουθούν τον ίδιο τύπο των συνολικών μεταβολών του κυτταρινικού κλάσματος, που περιγράφηκε στο εδάφιο 4.3 (διαγράμματα 6.1 έως 6.6), γεγονός που αποδεικνύει ότι η προσδιοριζόμενη γλυκόζη αντιστοιχεί στην κυτταρίνη του κυτταρινικού κλάσματος, και ότι σωστά αυτή θεωρείται ως κύριο συστατικό αυτού.

Η ποσότητα της γλυκόζης αυξάνει για 50 περίπου ημέρες και φθάνει σε κάποιο επίπεδο, όπου παραμένει περίπου σταθερή κατά την φάση της ωριμότητας και της υπερωρίμανσως του καρπού. Η ποσότητα της γλυκόζης κατά τις φάσεις αυτές είναι περίπου 40 mg/καρπό: στις Κορομηλιές, 140 mg/καρπό στη Ροδακινιά και 90 mg/καρπό στη Βερυκοκκιά. Η γλυκόζη που προσδιορίστηκε αντιπροσωπεύει το 80-85% του κυτταρινικού κλάσματος.

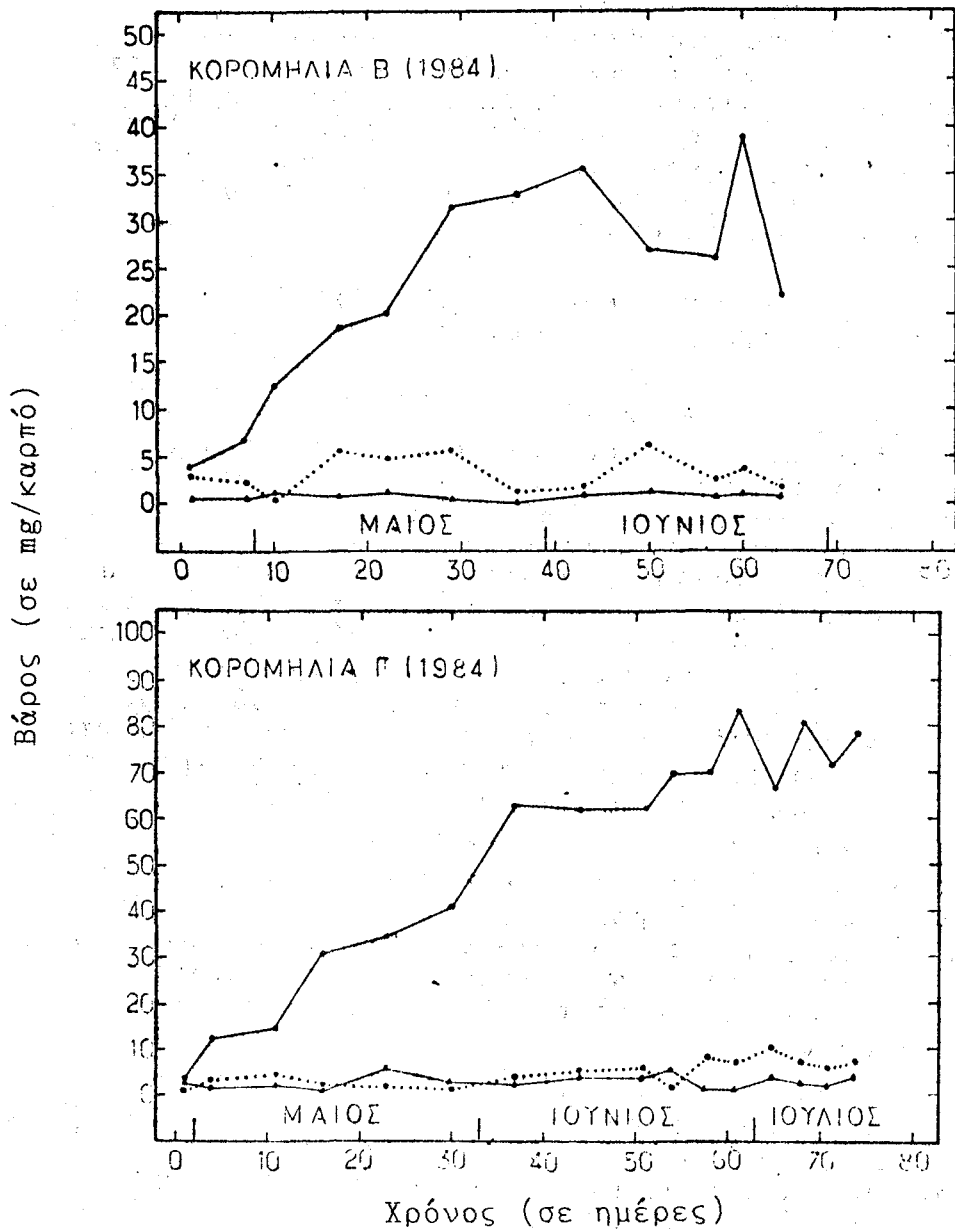
Όσον αφορά τις μεταβολές της ξυλόζης και της μαννόζης βλέπουμε ότι και τα δύο συστατικά ακολουθούν τον ίδιο τύπο μεταβολής, δηλαδή ότι οι ποσότητες τους παραμένουν περίπου σταθερές χωρίς τάση αυξήσεως σε επίπεδα 1-5 mg/καρπό στις Κορομηλιές, 1-20 mg/καρπό στη Ροδακινιά και 1-10 mg/καρπό στη Βερυκοκκιά. Στον πί-



Διάγραμμα 10 (10.1, 10.2). Οι μεταβολές των συστατικών του κυτταρινικού κλάσματος. (Απόλυτα μεγέθη).



Διάγραμμα 10 (10.3,10.4)
(συνέχεια)



Διάγραμμα 10 (10.5, 10.6)
(συνέχεια)

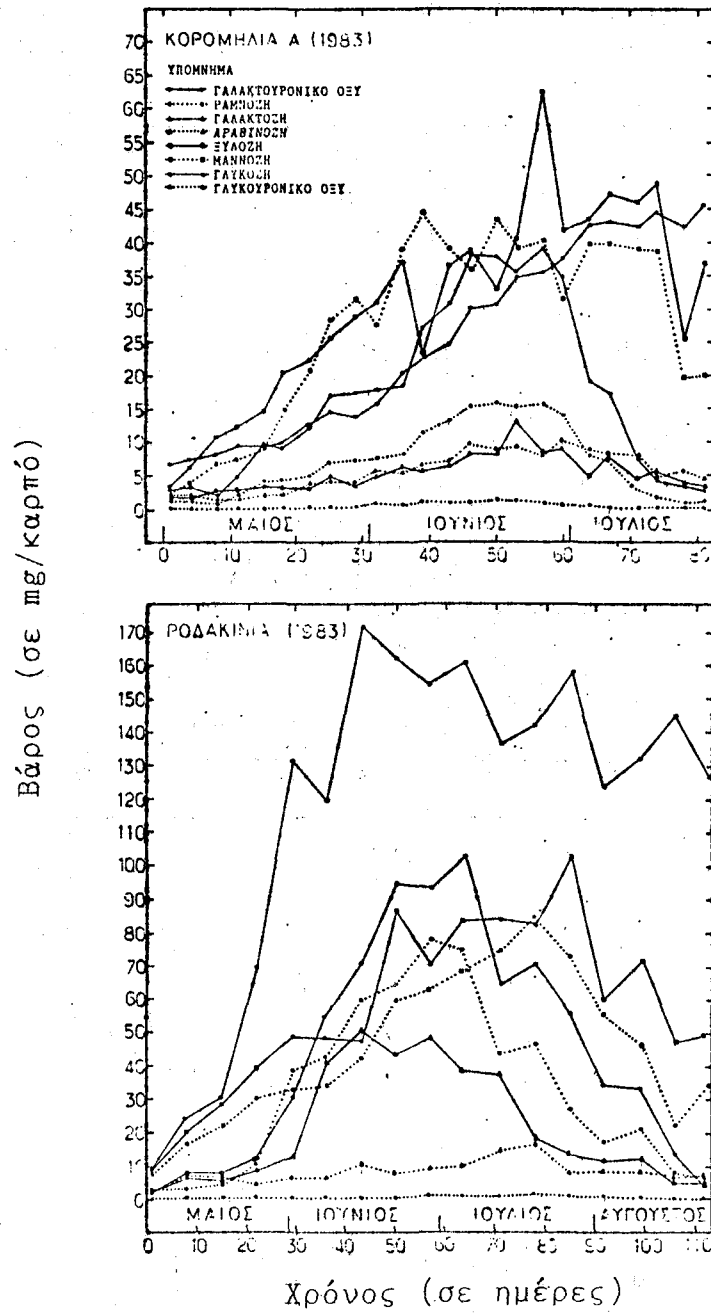
νακα 11 φαίνεται η ποσοστιαία συμμετοχή των συστατικών αυτών στη σύσταση του κυτταρινικού κλάσματος κατά τις διάφορες φάσεις αναπτύξεως των καρπών, καθώς και η συνολική ανάκτηση του κυτταρινικού κλάσματος. Παρατηρούμε ότι η υδρόλυση του κυτταρινικού κλάσματος είναι επιτυχής κατά 88-97%, ενώ υπάρχει ένα υπόλειμμα ανθεκτικό μη-υδρολυόμενο υπό τις συνθήκες που περιγράφονται στο πειραματικό μέρος.

5.4 ΟΙ ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΩΝ ΣΑΚΧΑΡΩΝ ΚΑΙ ΟΥΡΟΝΙΚΩΝ ΟΞΕΩΝ ΤΟΥ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ

Σ' αυτό το εδάφιο εξετάζονται συνολικά οι μεταβολές των σακχάρων και ουρονικών οξέων του κυτταρικού τοιχώματος, ανεξάρτητα από το κλάσμα στο οποίο ανήκουν. Η συνολική εξέταση των μεταβολών για κάθε συστατικό είναι αναγκαία, διότι το κυτταρικό τοίχωμα είναι ένα ενιαίο σύνολο με μορφή τριδιαστάτου πλέγματος και μεταβολές σε ένα από τα συστατικά του έχουν επιπτώσεις τόσο στα υπόλοιπα συστατικά, όσο και στις ιδιότητες του κυτταρικού τοιχώματος. Οι συνολικές μεταβολές των συστατικών του κυτταρικού τοιχώματος ανα καρπό, εκτός από το άζωτο και τα δισθενή ιόντα που μελετώνται στη συνέχεια φαίνονται στα διαγράμματα 11.1 έως 11.6, ενώ οι αντίστοιχες ποσοστιαίες μεταβολές στα διαγράμματα 15.1 έως 15.6.

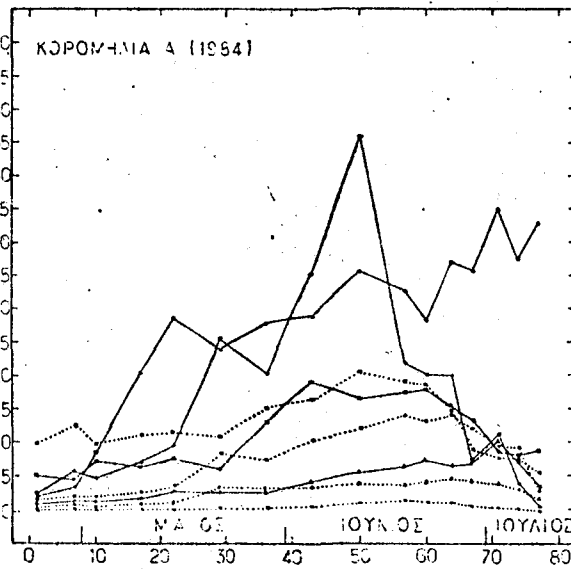
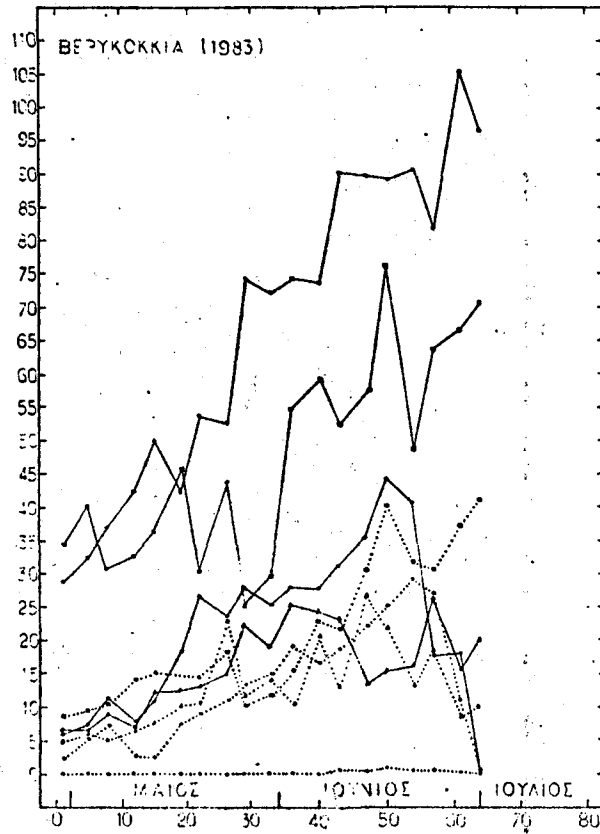
Τα συστατικά του κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου των καρπών Κορομηλιάς, Ροδακινιάς και Βερυκοκκιάς είναι, όπως είδαμε στα επιμέρους κλάσματα του, τα σάκχαρα: γλυκόζη, γαλακτόζη, μαννόζη, ξυλόζη, αραβινόζη, ραμνόζη και τα ουρονικά οξέα: γαλακτουρονικό οξύ και γλυκουρονικό οξύ.

Όλα τα συστατικά και στα τρία είδη καρπών παρουσιάζουν αυξητική συμπεριφορά λιγότερο ή περισσότερο έντονη ανάλογα με το συγκεκριμένο συστατικό, το είδος του καρπού και την ατομικότητα του δένδρου, μέχρι την φάση της ωριμάνσεως. Κατά την ωρίμανση και την υπερωρίμανση διακρίνουμε τα επόμενα: 1) το γαλακτουρονικό οξύ μειώνεται αισθητά. Παρουσιάζει την πιο έντονη μείωση από όλα τα άλλα συστατικά του κυτταρικού τοιχώματος, 2) η ραμνόζη, αραβινόζη, γαλακτόζη, μαννόζη, ξυλόζη και γλυκουρονικό οξύ μειώνονται μεν, αλλά η μείωση αυτή δεν είναι τόσο έντονη όσο η αντίστοιχη του γαλακτουρονικού οξέος, και 3) η γλυκόζη παραμένει σε περίπου σταθερό επίπεδο. Οι παρατηρήσεις αυτές προέ-



Διάγραμμα 11 (11.1,11.2). Οι συνολικές μεταβολές των συστατικών του κυτταρικού τοιχώματος. (Απόλυτα μεγέθη).

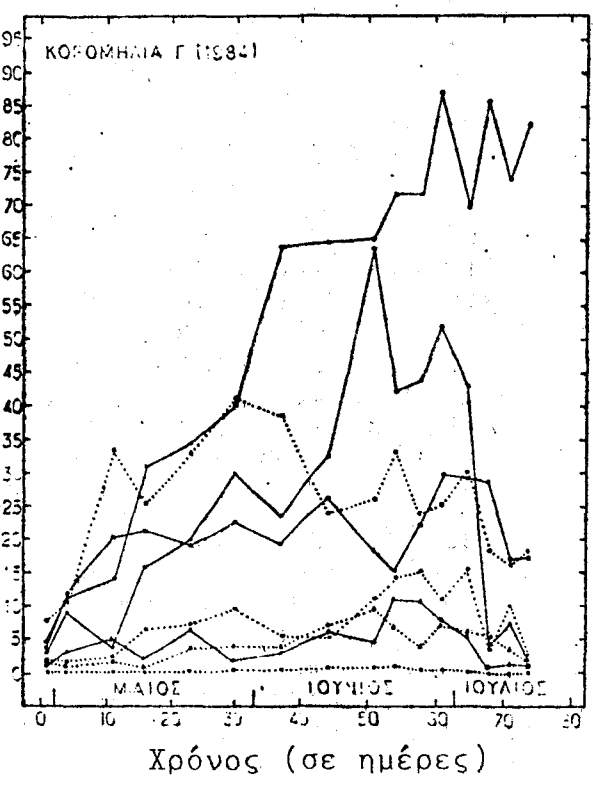
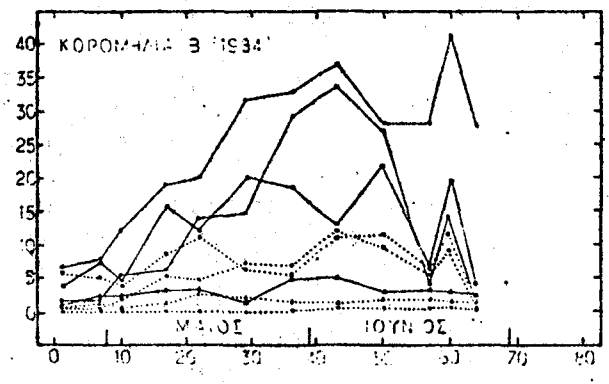
Βάρος (σε mg/καρτό)



Χρόνος (σε ημέρες)

Διάγραμμα 11 (11.3, 11.4)
(συνέχεια)

Βάρος (σε mg/καρπό)



Χρόνος (σε ημέρες)

Διάγραμμα 11 (11.5, 11.6)
(συνέχεια)

κυψαν από επισκόπηση των διαγραμμάτων 11.1 έως 11.6, από όπου φαίνεται επίσης ότι κάθε δένδρο παρουσιάζει παραλλαγές από το γενικό σχήμα, γεγονός αλλωστε που αναμένεται και οφείλεται στην ατομικότητα του δένδρου.

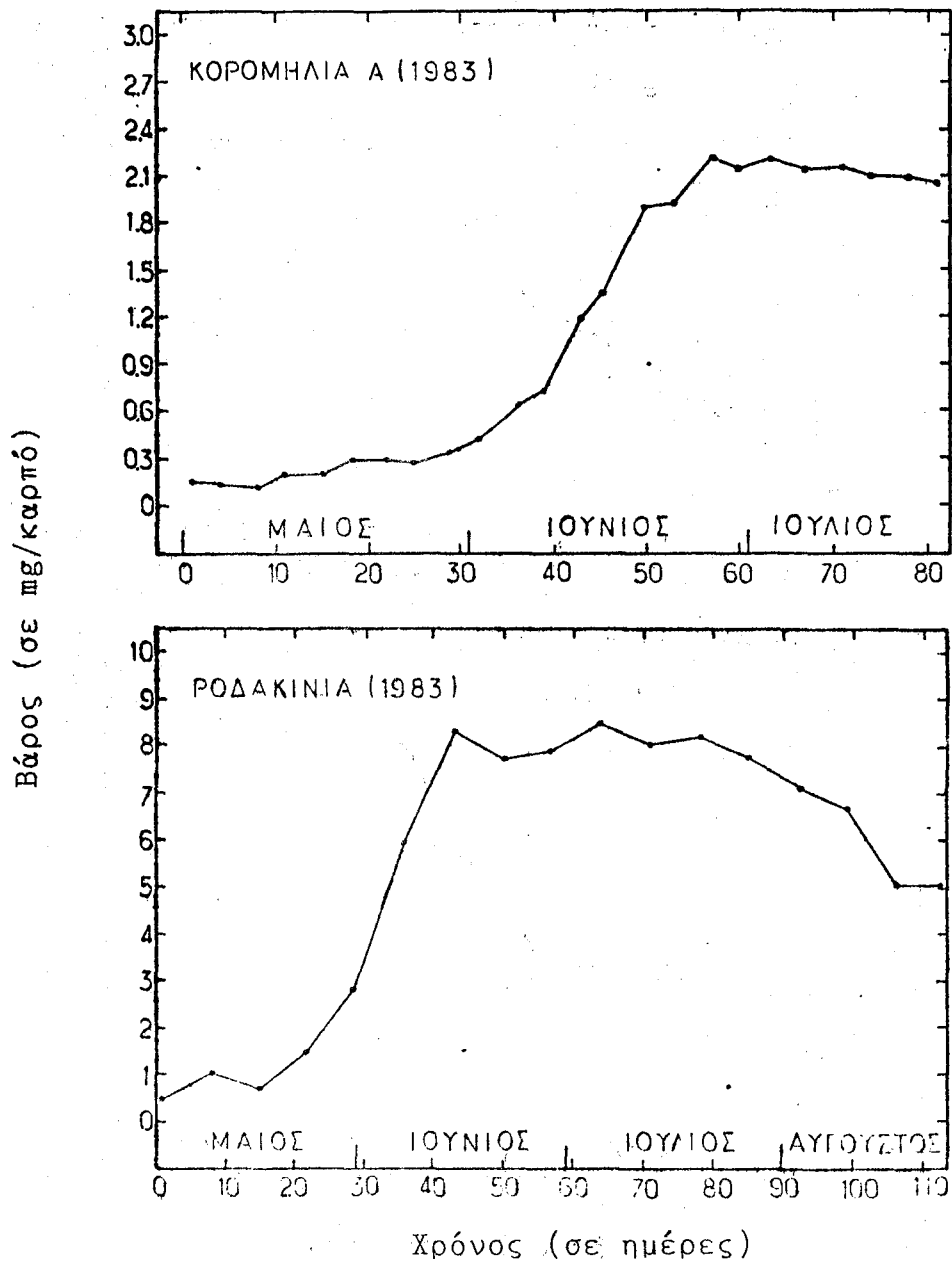
Τα διαγράμματα αυτά παρουσιάζουν απόλυτα μεγέθη, ενώ στα διαγράμματα 15.1 έως 15.6 παρουσιάζονται σχετικά μεγέθη, δηλαδή η ποσοστιαία συμμετοχή κάθε συστατικού στο συνολικό κυτταρικό τοίχωμα. Από τα διαγράμματα αυτά προκύπτει η σαφής μείωση του γαλακτουρονικού οξέος κατά την περίοδο της ωριμότητας και της υπερωριμάνσεως. Ακολουθεί η ραμνόζη με όχι τόσο έντονη μείωση της ποσότητας της και η αραβινόζη, γαλακτόζη, ξυλόζη, μαννόζη που παραμένουν περίπου σταθερές σε ποσοστό συμμετοχής. Το γλυκούρονικό οξύ στους καρπούς που ανευρίσκεται μειώνεται μεχρις εξαφανίσεως κατά την ωριμότητα. Όσον αφορά την γλυκόζη αυτή αυξάνει σαν ποσοστό.

5.5 ΤΟ ΟΛΙΚΟ ΑΖΩΤΟ ΤΟΥ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ

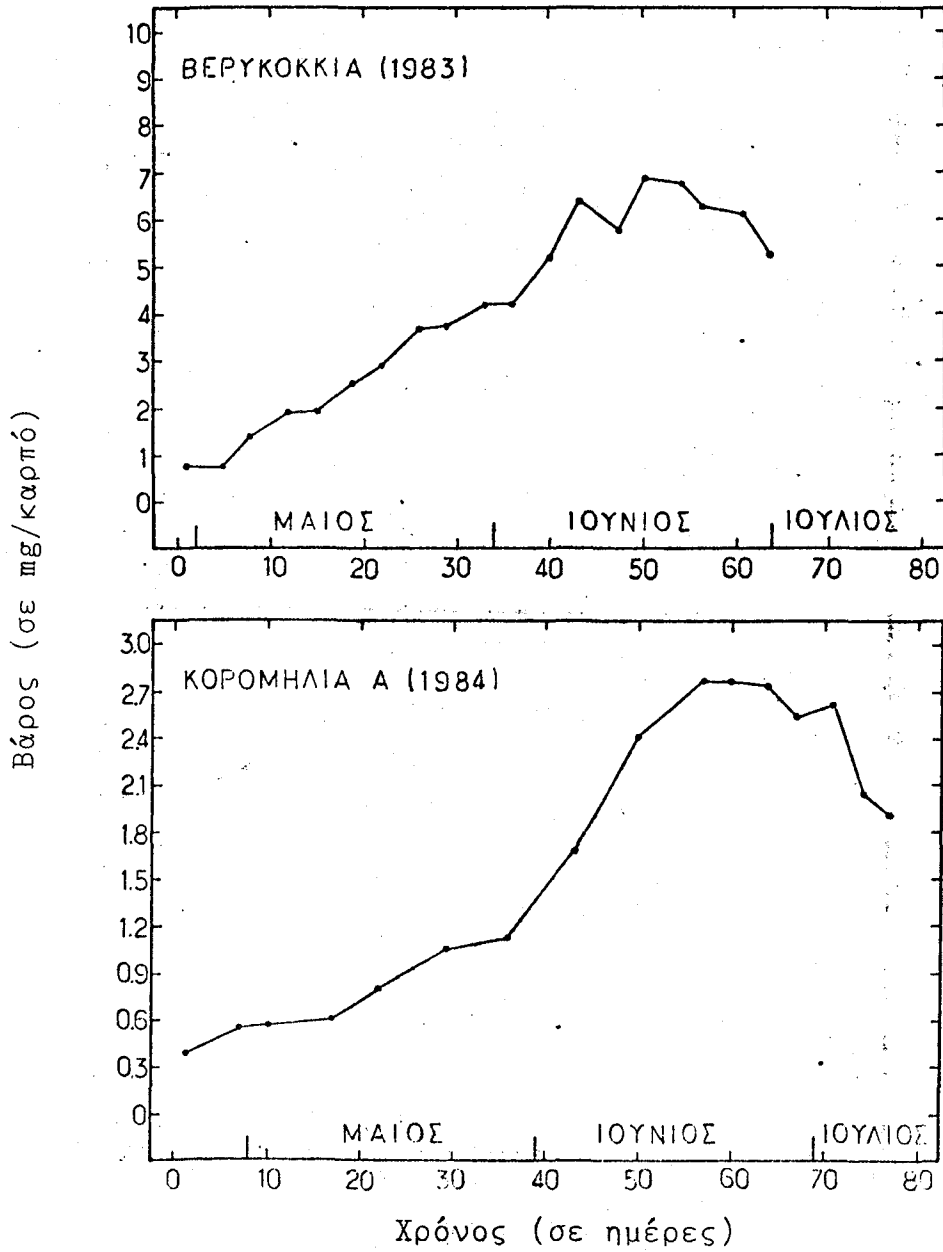
Κατά την περίοδο της σκληρύνσεως του ενδοκαρπίου η ποσότητα του ολικού αζώτου του κυτταρικού τοιχώματος ανα καρπό διατηρείται περίπου σταθερή. Στο διάστημα των επομένων 30 ημερών παρατηρείται μια ελαφρά ανοδική τάση, την οποία διαδέχεται μια φάση έντονης αυξήσεως που διαρκεί περίπου 20 ημέρες (30 έως 50 ημέρες από την σκλήρυνση του ενδοκαρπίου). Στο διάστημα αυτό η ποσότητα του ολικού αζώτου ανα καρπό φθάνει και σταθεροποιείται σε ένα νέο επίπεδο.

Οι μεταβολές αυτές, που φαίνονται στα διαγράμματα 12.1 έως 12.6, ακολουθούν τύπο σιγμοειδούς καμπύλης. Κατά την φάση της υπερωριμάνσεως του καρπού, κατά την οποία παρατηρείται το έντονο μαλάκωμα του καρπού, παρατηρείται μια ελαφρά μείωση της ποσότητας του ολικού αζώτου. Αυτό είναι αισθητό στη Ροδακινιά και Βερυκοκκιά, ενώ όσον αφορά τις Κορομηλιές σε άλλες μεν παρατηρείται, σε άλλες όμως όχι.

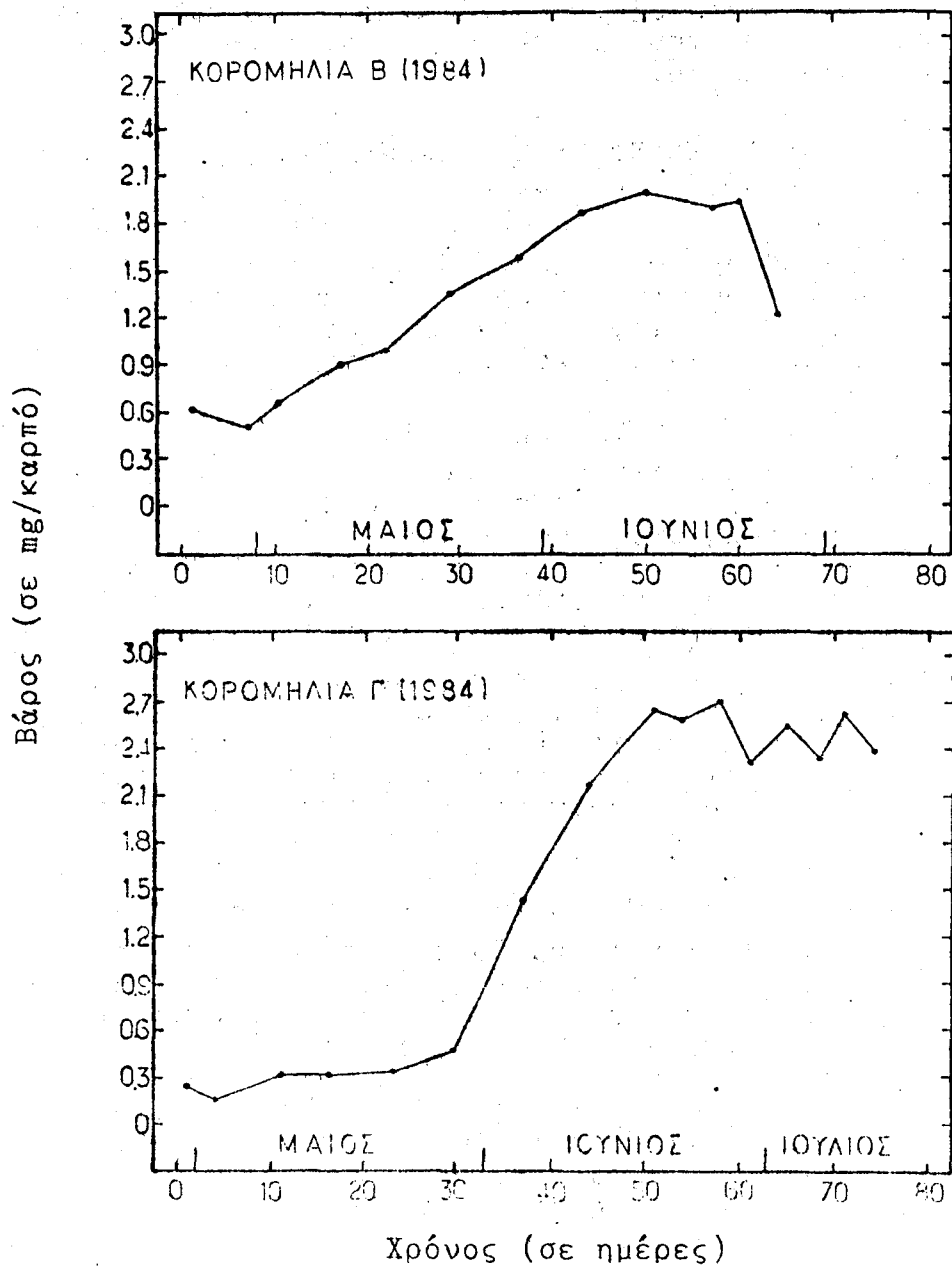
Η στάθμη του αζώτου του κυτταρικού τοιχώματος ανά καρπό κατά την περίοδο της ωριμότητας των καρπών ήταν 2-2,5 mg στις Κορομηλιές, 8 mg στη Ροδακινιά και 6,5 mg στη Βερυκοκκιά. Η % συμμετοχή του αζώτου στη σύσταση του κυτταρικού τοιχώματος φαίνεται στον πίνακα 13 και στα διαγράμματα 15.1 έως 15.6, όπου βλέ-



Διάγραμμα 12 (12.1, 12.2). Οι μεταβολές του ολικού αζώτου του κυτταρικού τοιχώματος. (Απόλυτα μεγέθη).



Διάγραμμα 12 (12.3,12.4)
(συνέχεια)



Διάγραμμα 12 (12.5,12.6)
(συνέχεια)

που με ότι είναι της τάξεως του 1,5% και κυμαίνεται από 0,5 έως 3%, κατά την διάρκεια των διαφόρων φάσεων αναπτύξεως του καρπού.

5.6 ΔΙΣΘΕΝΗ ΙΟΝΤΑ ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΣΙΟΥ ΤΟΥ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ

Η παρακολούθηση των μεταβολών των ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου του κυτταρικού τοιχώματος δείχνει ότι και αυτά υφίστανται διακυμάνσεις κατά την ανάπτυξη των καρπών παράλληλα με τις μεταβολές του κυτταρικού τοιχώματος.

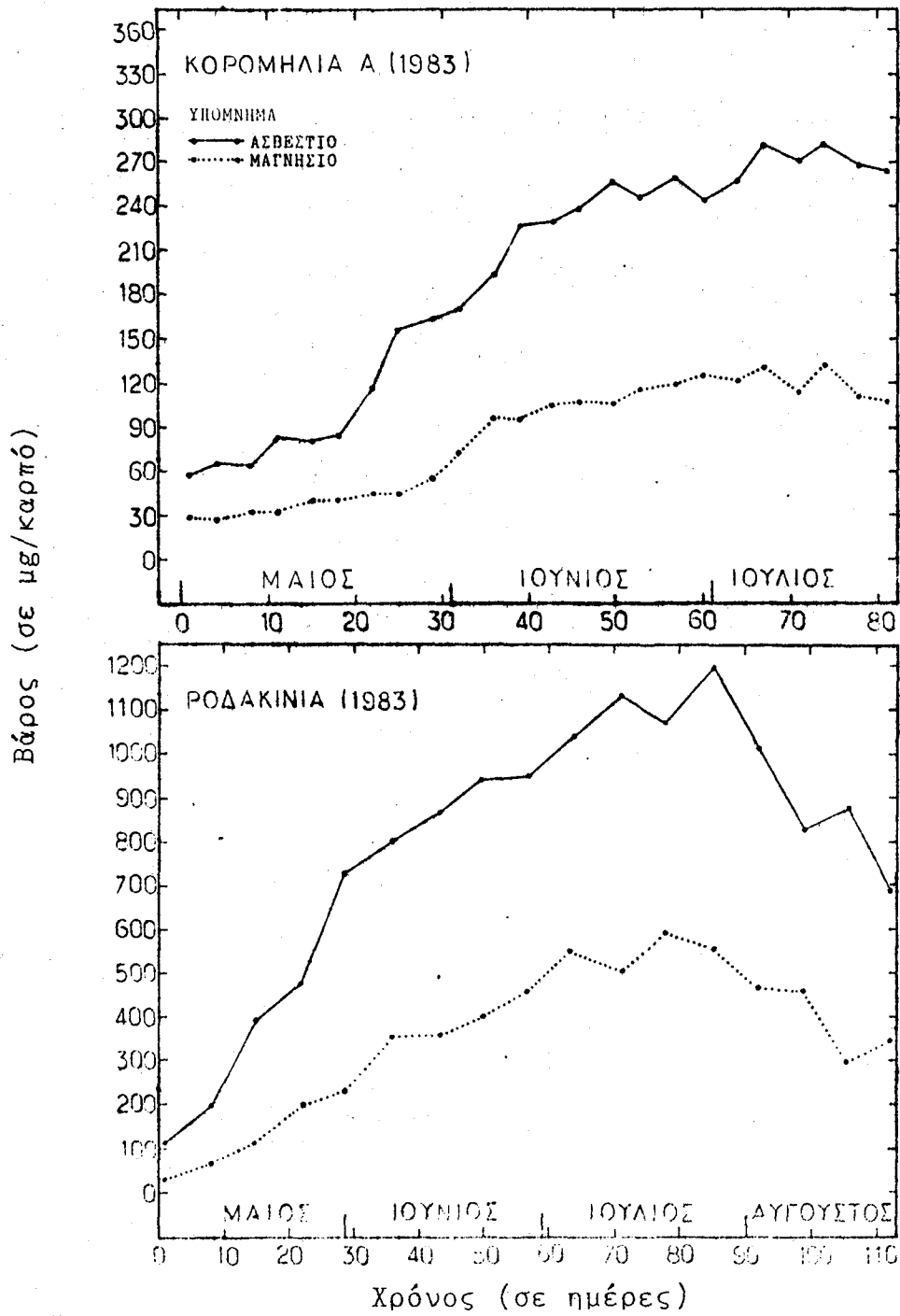
Όπως φαίνεται στα διαγράμματα 13.1 έως 13.6, τα ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου ακολουθούν ανάλογο τρόπο μεταβολής. Κατά την διάρκεια της αναπτύξεως των καρπών από την σκλήρυνση του ενδοκαρπίου μέχρι την ωριμότητα αυξάνουν σημαντικά σε ποσότητα παρακολουθώντας την αύξηση των συστατικών του κυτταρικού τοιχώματος, και ιδιαίτερα του γαλακτουρονικού οξέος

Κατά την φάση της ωριμάνσεως των καρπών λαμβάνουν τις μέγιστες τιμές τους, που είναι για το ασβέστιο 200-240 μg/καρπό στις Κορομηλιές (εξαίρεση η Κορομηλιά Γ, με μεγίστη τιμή πολύ χαμηλότερη, 25 μg/καρπό), 1100 μg/καρπό στη Ροδακινιά και 500 μg/καρπό στη Βερυκοκκιά, και για το μαγνήσιο 100 μg/καρπό στις Κορομηλιές (η Κορομηλιά Γ είχε 10 μg/καρπό), 500 μg/καρπό στη Ροδακινιά και 200 μg/καρπό στην Βερυκοκκιά.

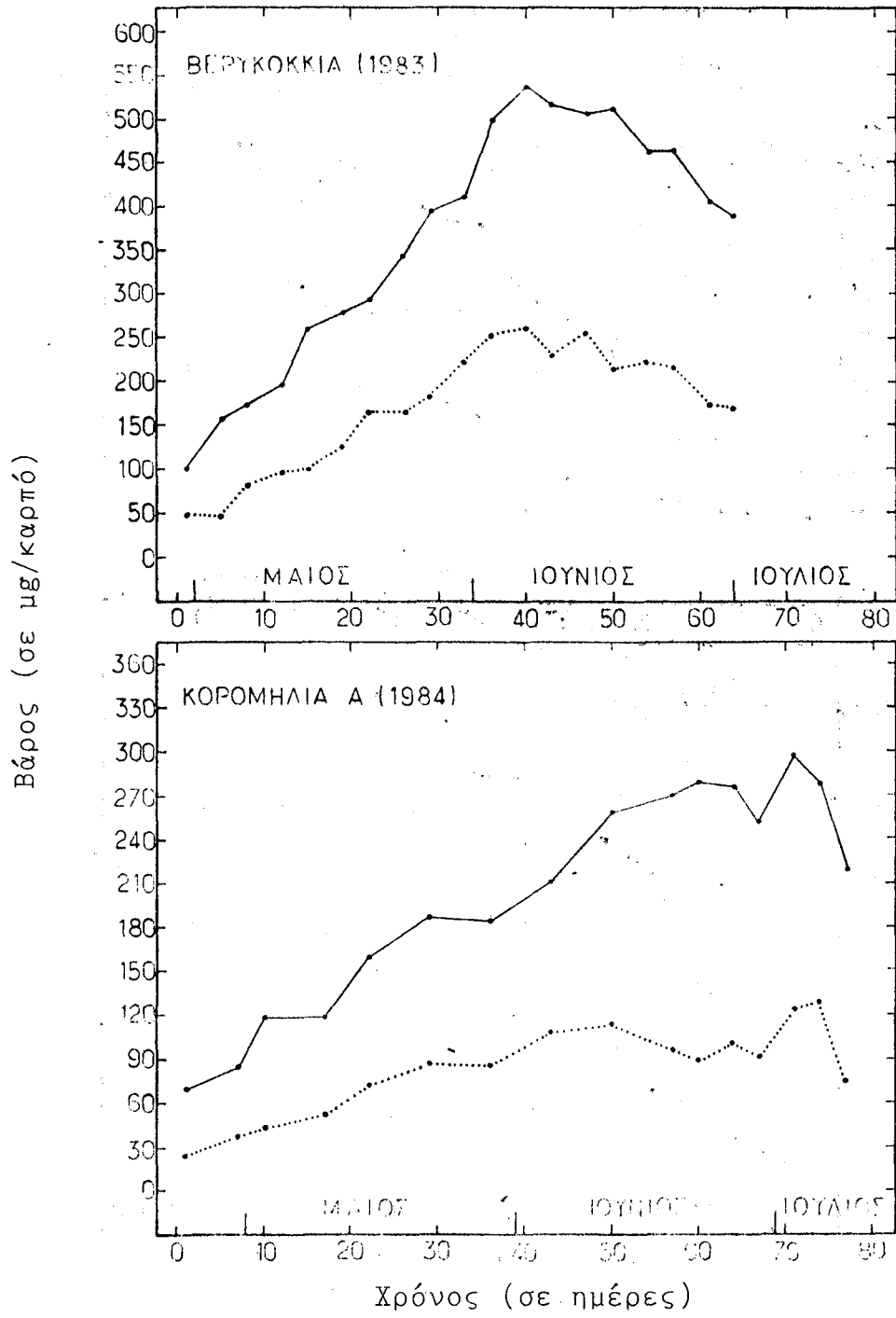
Το μαγνήσιο λαμβάνει χαμηλότερες τιμές, περίπου το 1/2 έως 1/3 των αντιστοιχών τιμών για το ασβέστιο, γεγονός που υποδηλώνει επικουρικό ρόλο του μαγνησίου. Στον πίνακα 14 φαίνεται η % συμμετοχή των ιόντων αυτών στην συνολική ποσότητα του κυτταρικού τοιχώματος, η οποία κυμαίνεται από 0,1-0,4%. Στα διαγράμματα 15.1 έως 15.6 βλέπουμε τις % μεταβολές ασβεστίου και μαγνησίου, μεταβολές που παραμένουν περίπου σταθερές κατά την διάρκεια της ωριμότητας των καρπών.

5.7 ΤΑ ΔΙΑΛΥΤΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΟΥ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ

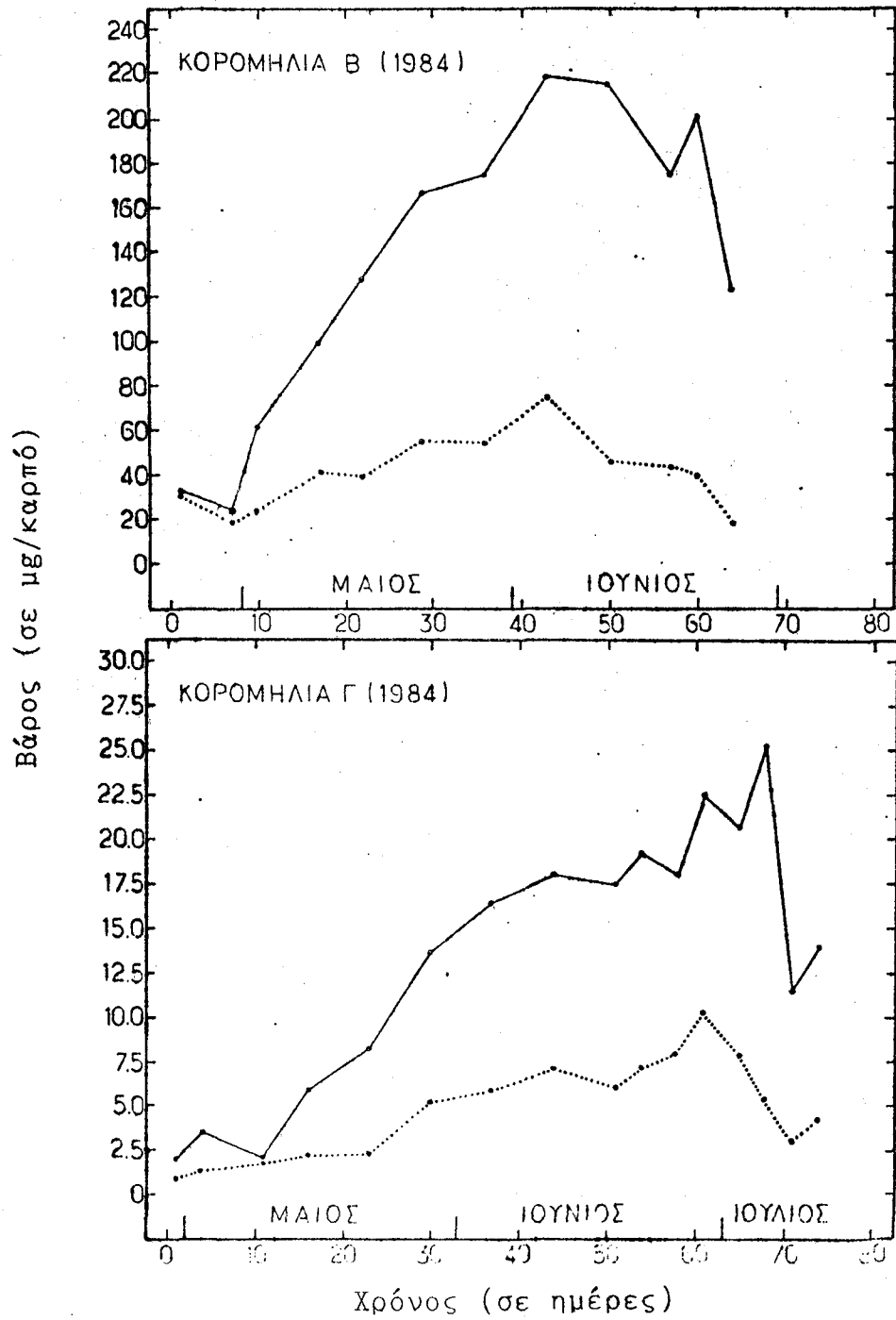
Συστατικά του κυτταρικού τοιχώματος σε διαλυτή μορφή αρχίζουν να λαμβάνονται μετά τις 40-50 ημέρες από την σκλήρυνση του ενδοκαρπίου. Συστατικά σε διαλυτή μορφή βρέθηκαν να είναι το γαλακτουρονικό οξύ, η γαλακτόζη, η μαννόζη και η ραμνόζη.



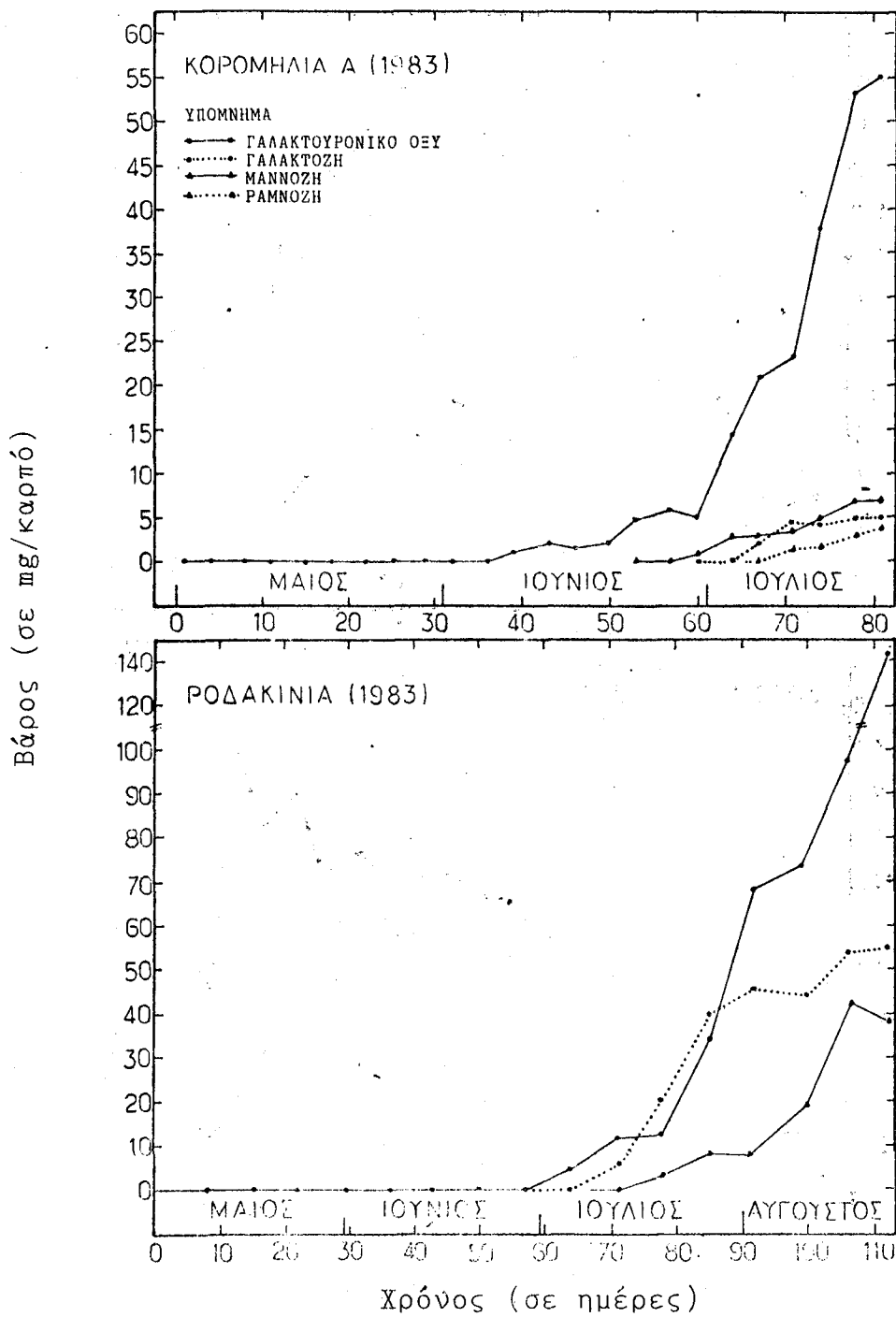
Διάγραμμα 13 (13.1, 13.2). Οι μεταβολές των ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου του κυτταρικού τοιχώματος. (Απόλυτα μεγέθη).



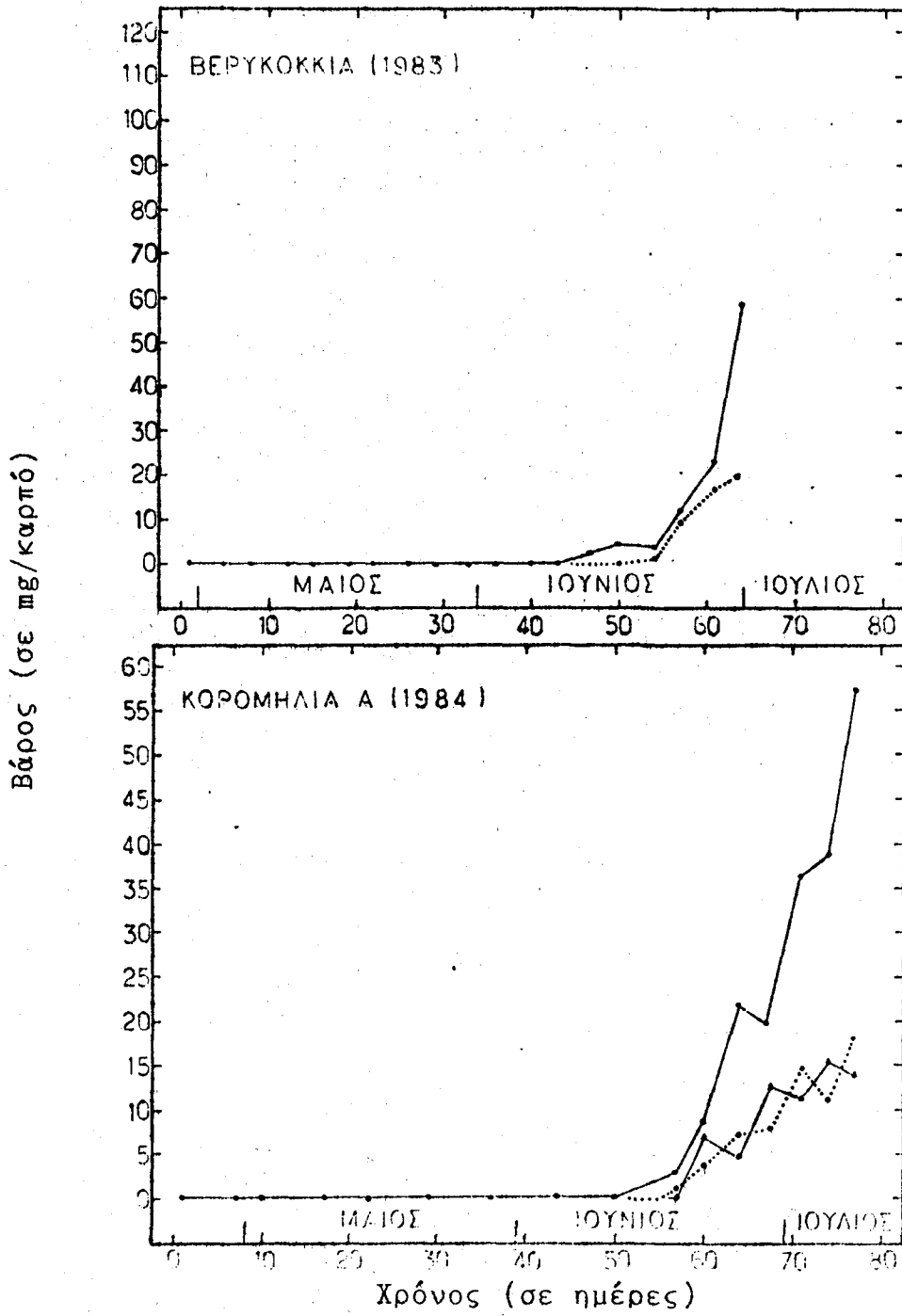
Διάγραμμα 13 (13.3, 13.4)
(συνέχεια)



Διάγραμμα 13 (13.5, 13.6)
(συνέχεια)

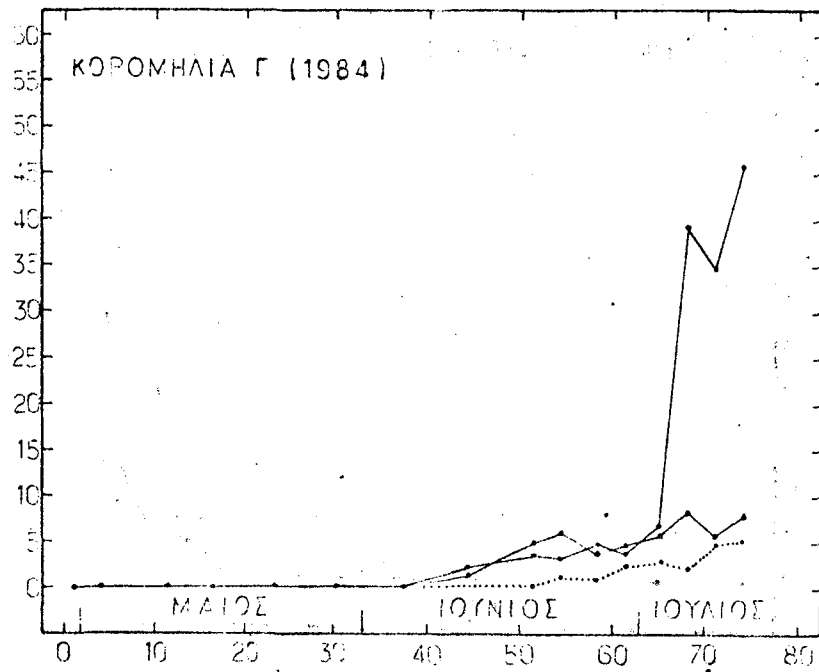
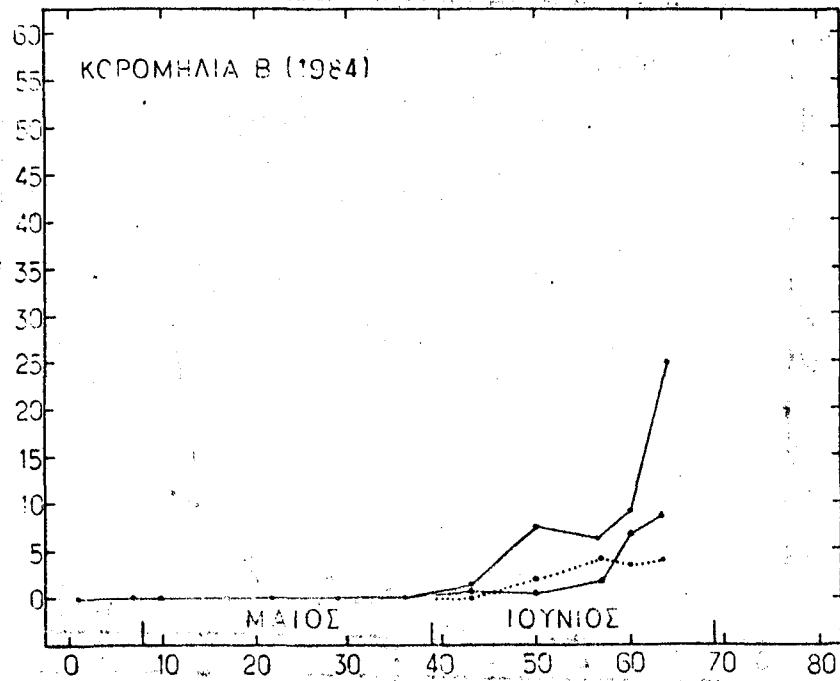


Διάγραμμα 14 (14.1,14.2): Οι μεταβολές των διαλυτών συστατικών του κυτταρικού τοιχώματος. (Απόλυτα μεγέθη).



Διάγραμμα 14 (14.3, 14.4)
(συνέχεια)

Βάρος (σε mg/καρπό)



Χρόνος (σε ημέρες)

Διάγραμμα 14 (14.5, 14.6)
(συνέχεια)

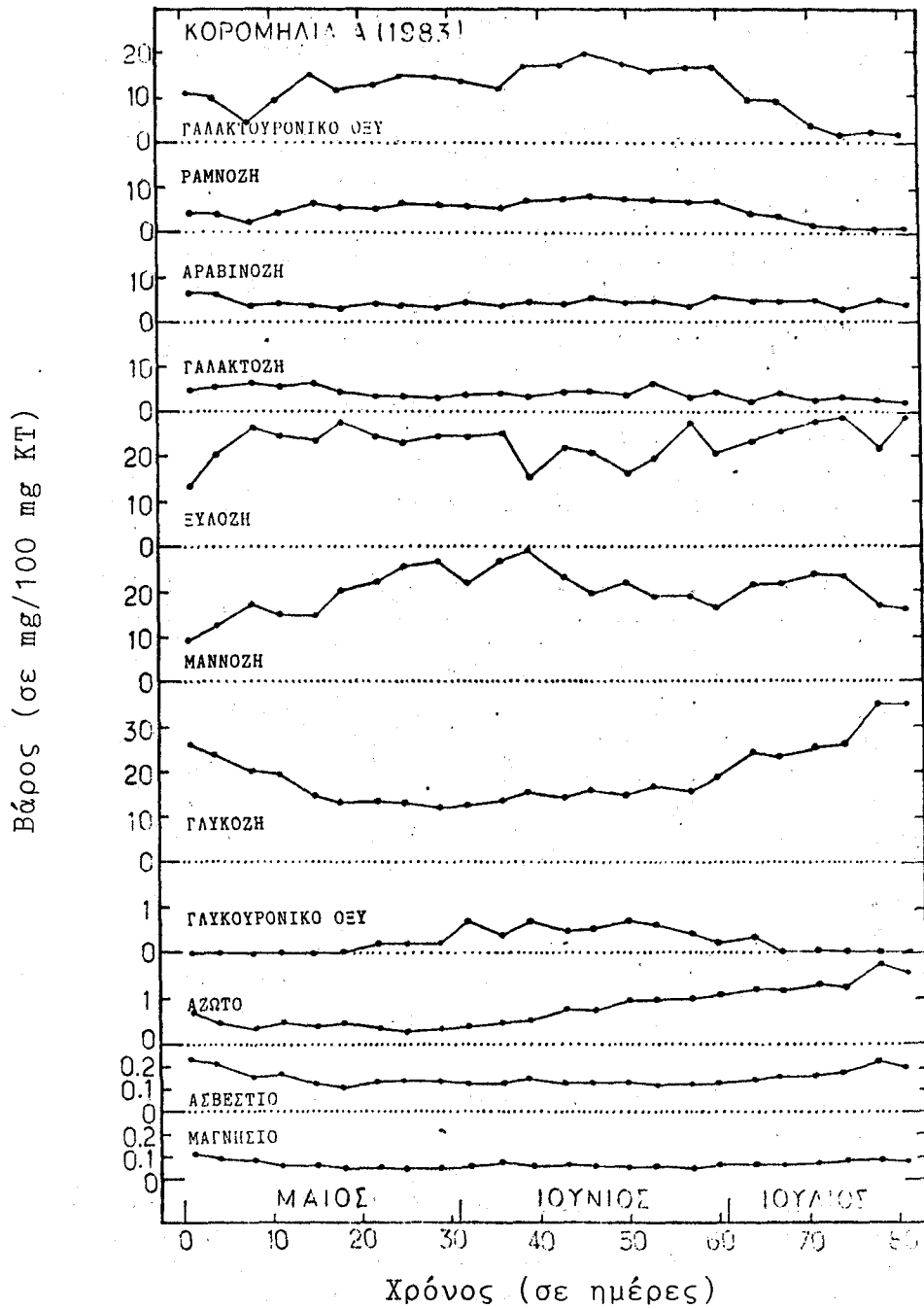
Στα διαγράμματα 14.1 έως 14.6 βλέπουμε ότι το γαλακτουρονικό οξύ ήταν σε μεγαλύτερες ποσότητες σε σχέση με τα υπόλοιπα. Ακολουθούσαν από πλευράς ποσότητας η γαλακτόζη και η μαννόζη. Μικρή ποσότητα ραμνόζης σε διαλυτή μορφή εντοπίστηκε τις τελευταίες 15 ημέρες στην Κορομηλιά Α και μόνο κατά τον πρώτο κύκλο των δειγματοληψιών (1983).

Για τα υπόλοιπα διαλυτά συστατικά παρατηρείται μια ανοδική πορεία της ποσότητας που μετατρέπεται σε διαλυτή μορφή, ιδιαίτερα αισθητή για το γαλακτουρονικό οξύ. Ανάλογη ανοδική πορεία ακολουθούν και οι ποσότητες γαλακτόζης και μαννόζης που μετατρέπονται σε διαλυτή μορφή, αλλά σε πολύ περιορισμένη έκταση σε σχέση με το γαλακτουρονικό οξύ. Στην Βερυκοκκιά (πρώτος κύκλος δειγματοληψιών, 1983) δεν βρέθηκε διαλυτή μαννόζη, ούτε ραμνόζη, όπως αναφέρθηκε ήδη. Σε διαλυτή μορφή υπήρχε μόνο γαλακτουρονικό οξύ και γαλακτόζη.

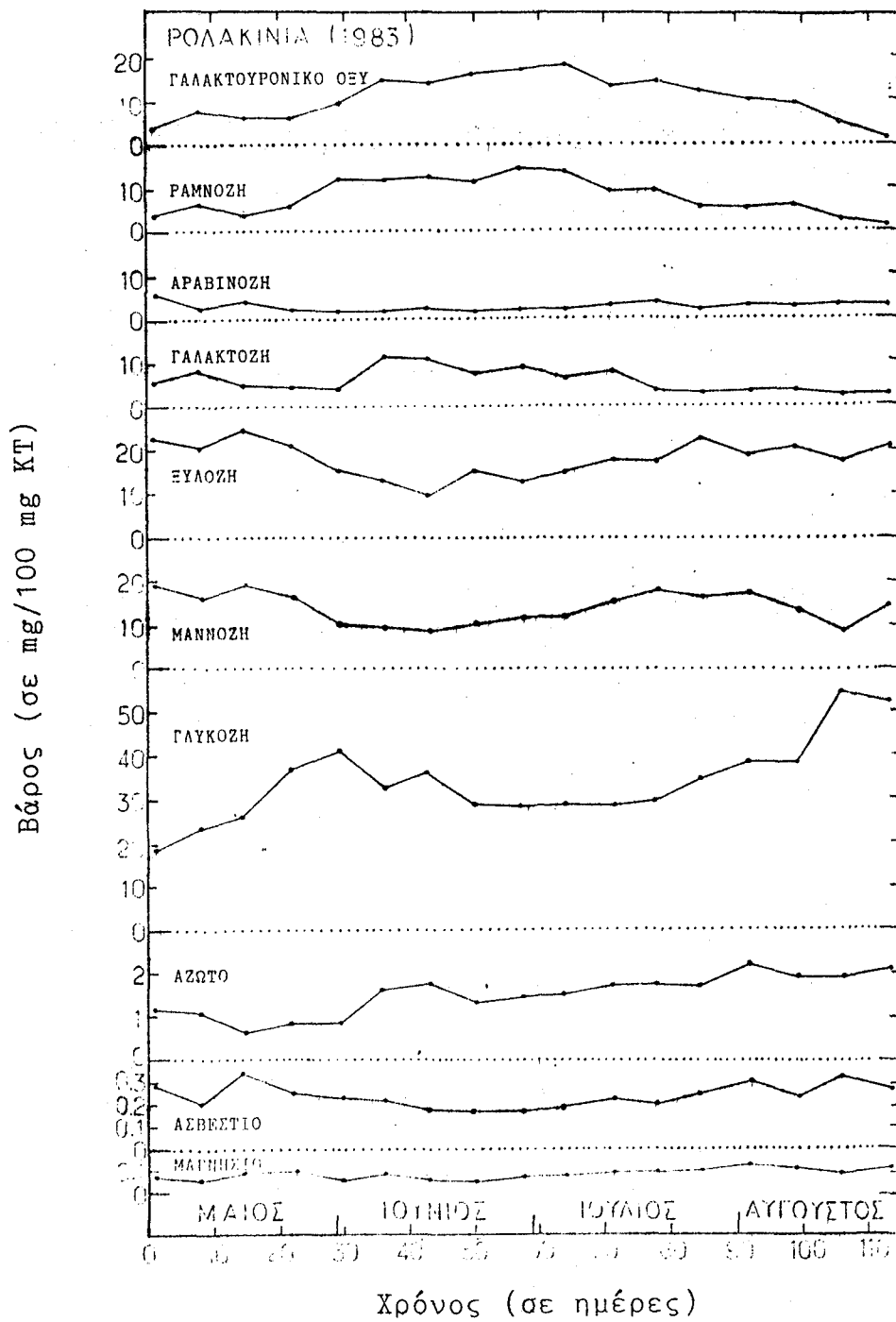
Στον πίνακα 15, εκτός από τις ποσότητες ανά καρπό των επιμέρους διαλυτών συστατικών φαίνεται και η συνολική ποσότητα των συστατικών που βρέθηκαν σε διαλυτή μορφή. Αυτή η ποσότητα προστίθεται στην ποσότητα του κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου ανά καρπό και διαπιστώνεται ότι η συνολική ποσότητα διαλυτών και μη-διαλυτών συστατικών του ΚΤ συμπληρώνει το κατερχόμενο τμήμα της σιγομοειδούς καμπύλης των διαγραμμάτων 3.1 έως 3.6 εμφανίζοντας πολύ μικρότερη μεταβολή, γεγονός που δείχνει ότι το κατερχόμενο τμήμα των καμπυλών μεταβολής ιδιαίτερα των πηκτινών συνδέεται με το ανερχόμενο τμήμα των διαλυτών και επομένως θα πρέπει να θεωρηθεί ότι προκύπτει από αυτό. Και τα τρία είδη παρουσίασαν ανάλογη συμπεριφορά στις μεταβολές της ποσότητας των διαλυτών συστατικών.

6. ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΗΣ ΔΡΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΕΝΖΥΜΩΝ ΥΠΕΥΘΥΝΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΟΥ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ

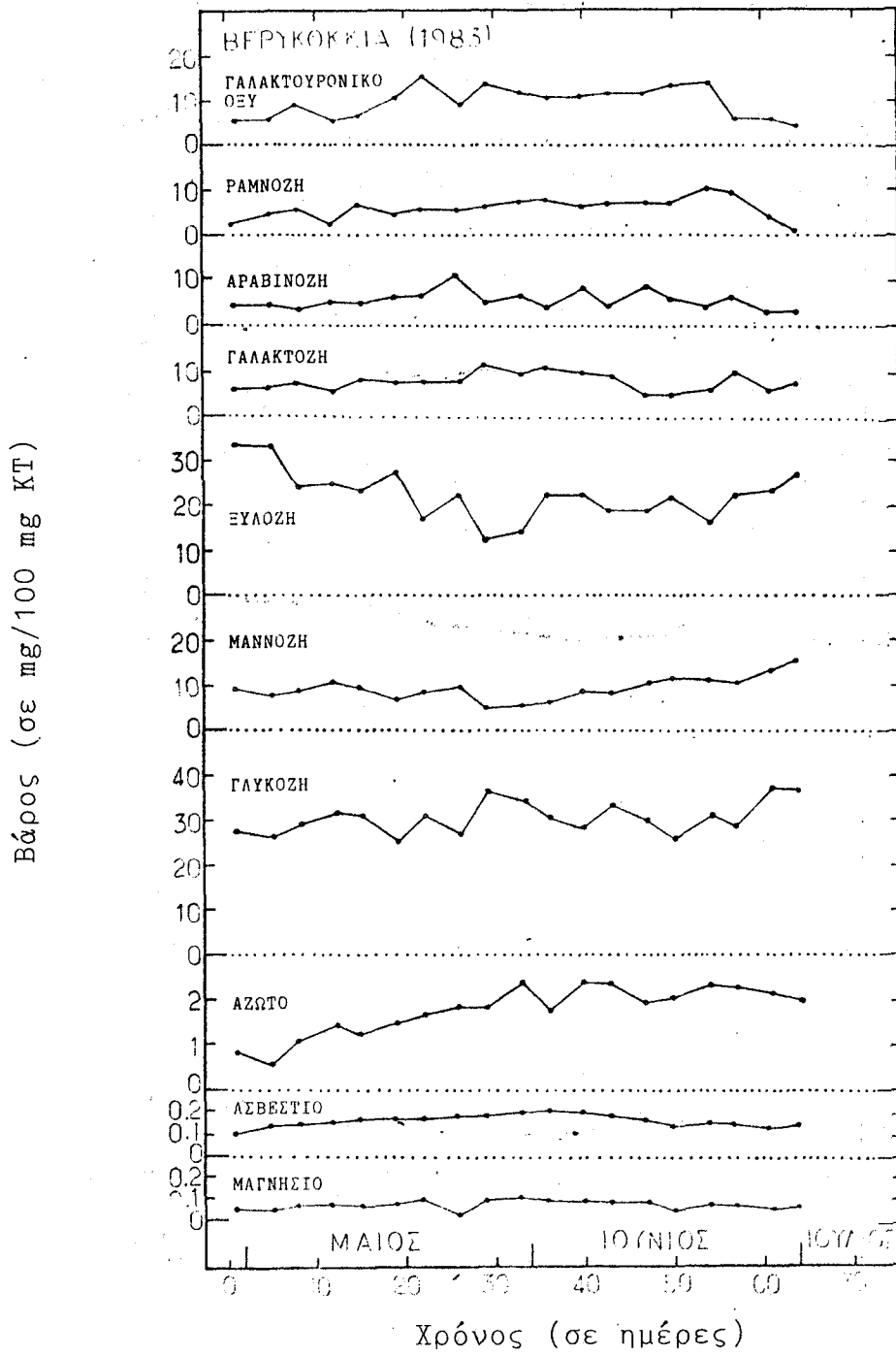
Για την μελέτη ενδεχομένων δραστηριοτήτων ενζύμων σχετιζομένων με την υδρόλυση γλυκοζιδικών δεσμών μεταξύ των συστατικών του κυτταρικού τοιχώματος επελέγησαν υποστρώματα που περιέχουν κατά βάση γλυκοζιδικούς δεσμούς σακχάρων που συναντώνται κυρίως στις ημικυτταρίνες, και τούτο διότι ενώ υπάρχουν διεξοδικές πληροφορίες για την δραστικότητα των ενζύμων που δρουν επί των πηκτινών, δεν υφίστανται συστηματικά και



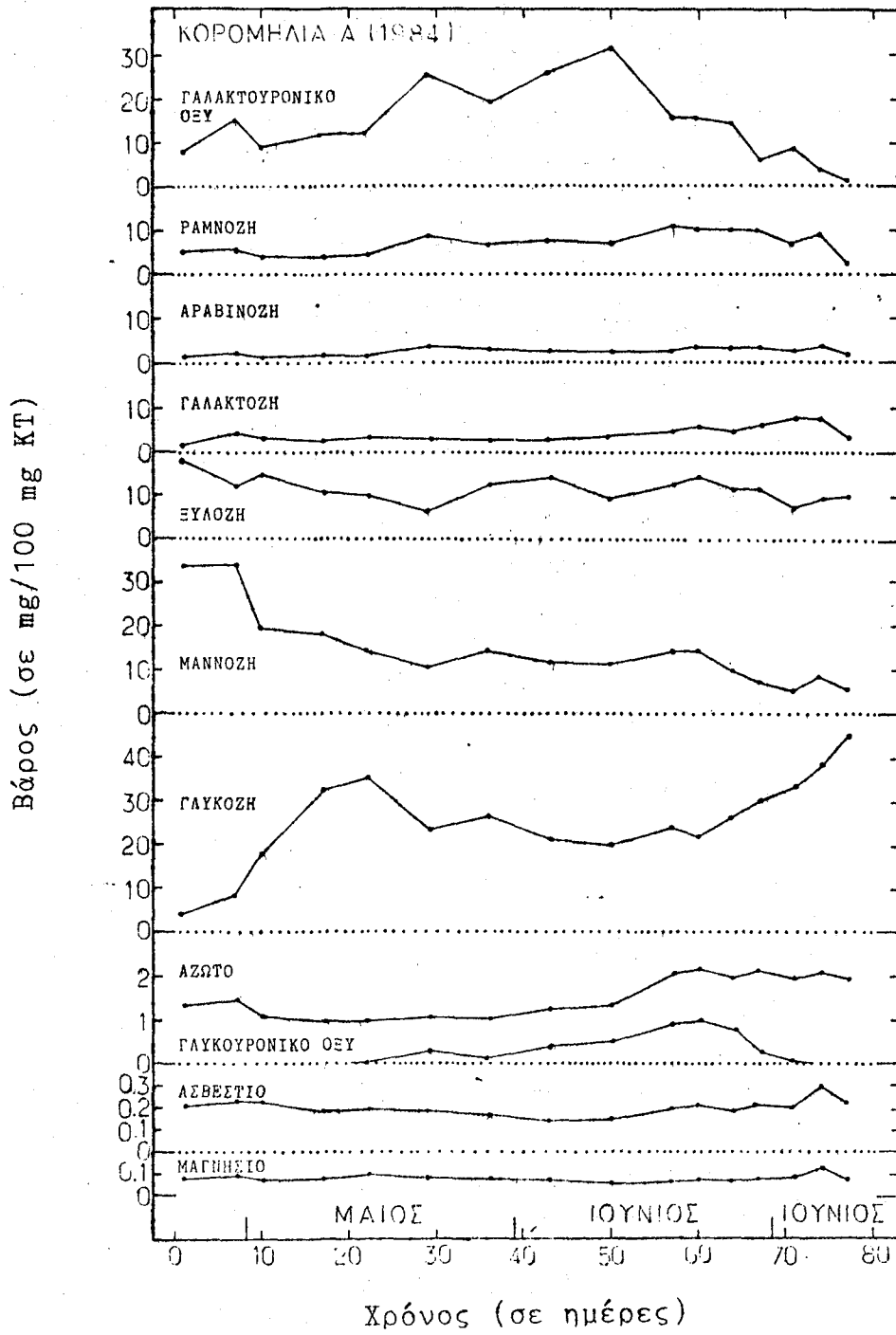
Διάγραμμα 15 (15.1). Οι συνολικές % μεταβολές των συστατικών του κυτταρικού τοιχώματος. (Σχετικά μεγέθη).



Διάγραμμα 15 (15.2)
(συνέχεια)

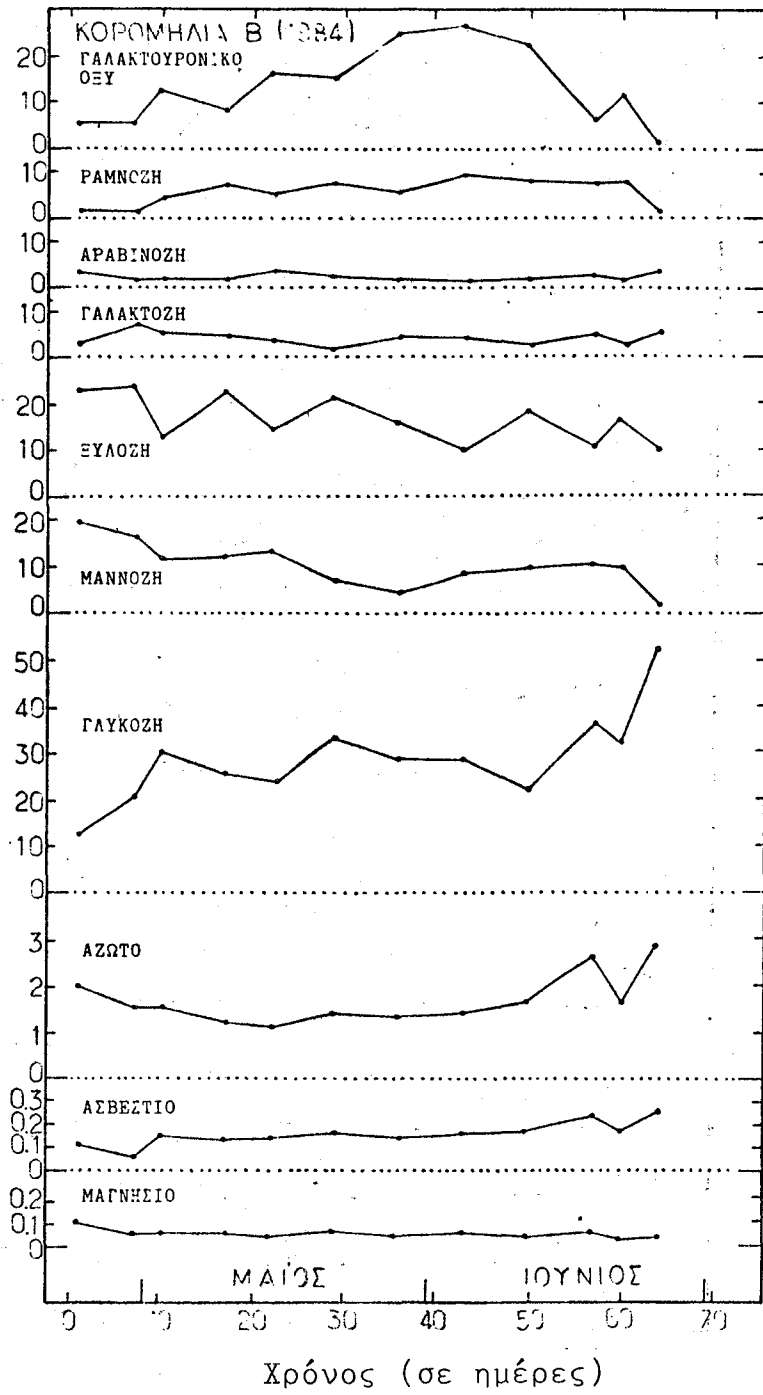


Διάγραμμα 15 (15.3)
(συνέχεια)

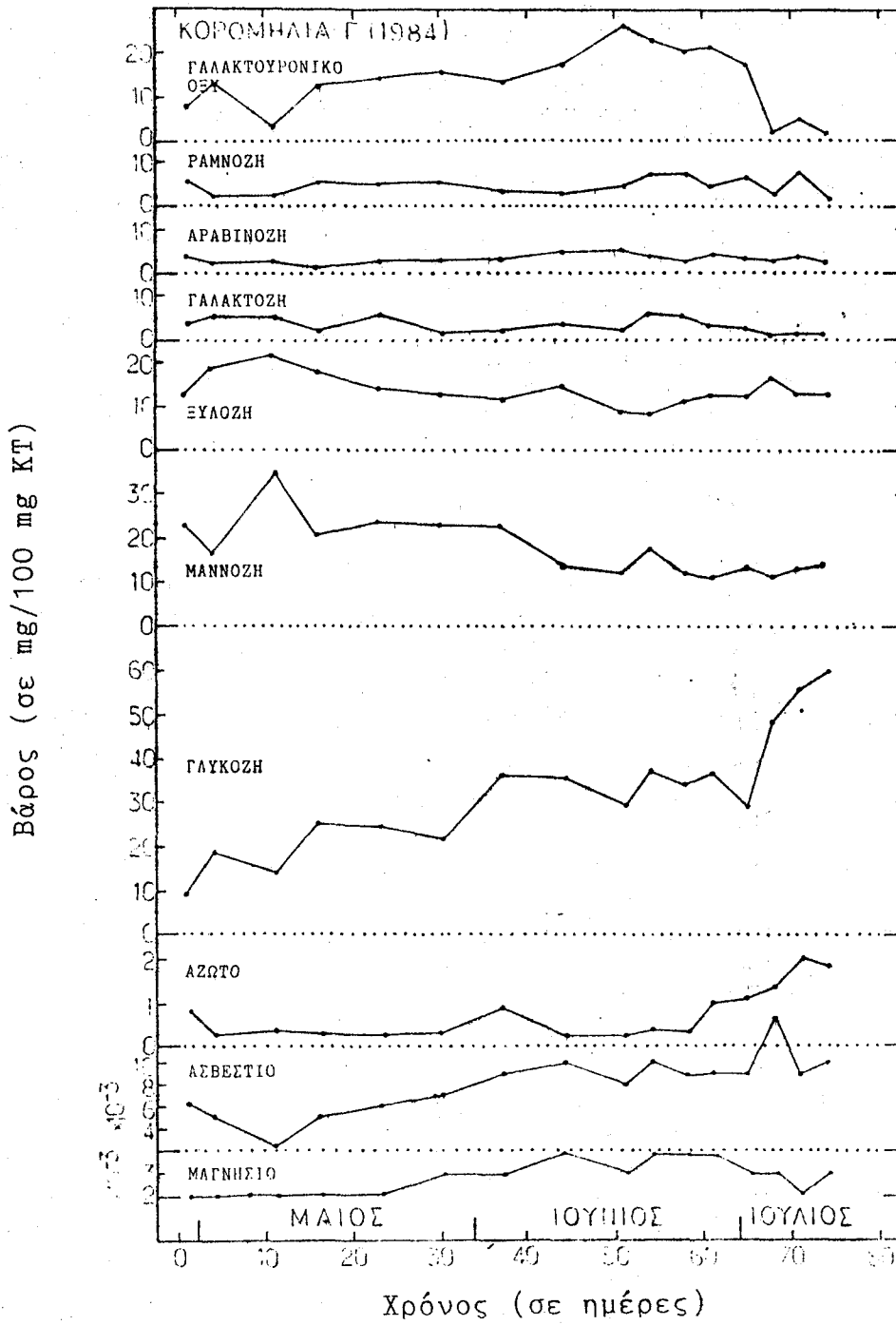


Διάγραμμα 15 (15.4)
(συνέχεια)

Βάρος (σε mg/100 mg ΚΤ)



Διάγραμμα 15 (15.5)
(συνέχεια)



Διάγραμμα 15 (15.6)
(συνέχεια)

λεπτομερή δεδομένα για ενζυμικές δραστικότητες σχετιζόμενες με τις ημικυτταρίνες.

Έτσι μελετήθηκε η δραστικότητα των ενζύμων β-D-γαλακτοζιδάσης, β-D-ξυλοζιδάσης, α-D-μαννοζιδάσης, β-D-γλυκοζιδάσης και β-D-γλυκουρονιδάσης. Τα ένζυμα αυτά δρούν επί των ημικυτταρινών του κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου. Στα διαγράμματα 16.1 έως 16.3 παρατηρούμε ότι τα ένζυμα αυτά αρχίζουν να δραστηριοποιούνται 35 ημέρες περίπου μετά την σκλήρυνση του ενδοκαρπίου. Η δραστικότητα τους αυξάνει σημαντικά και μέσα σε ένα διάστημα 25-30 ημερών φθάνει μια μέγιστη τιμή όπου παραμένει για 2-3 ημέρες. Ακολουθεί μια σημαντική πτώση της δραστικότητας, η οποία για ορισμένα από αυτά ανακόπτεται και διατηρείται στο επίπεδο αυτό για μερικές ημέρες. Στο διάστημα αυτό άλλα ένζυμα λαμβάνουν την μέγιστη τιμή της δραστικότητας τους. Ακολουθεί νέα σημαντική πτώση της δραστικότητας.

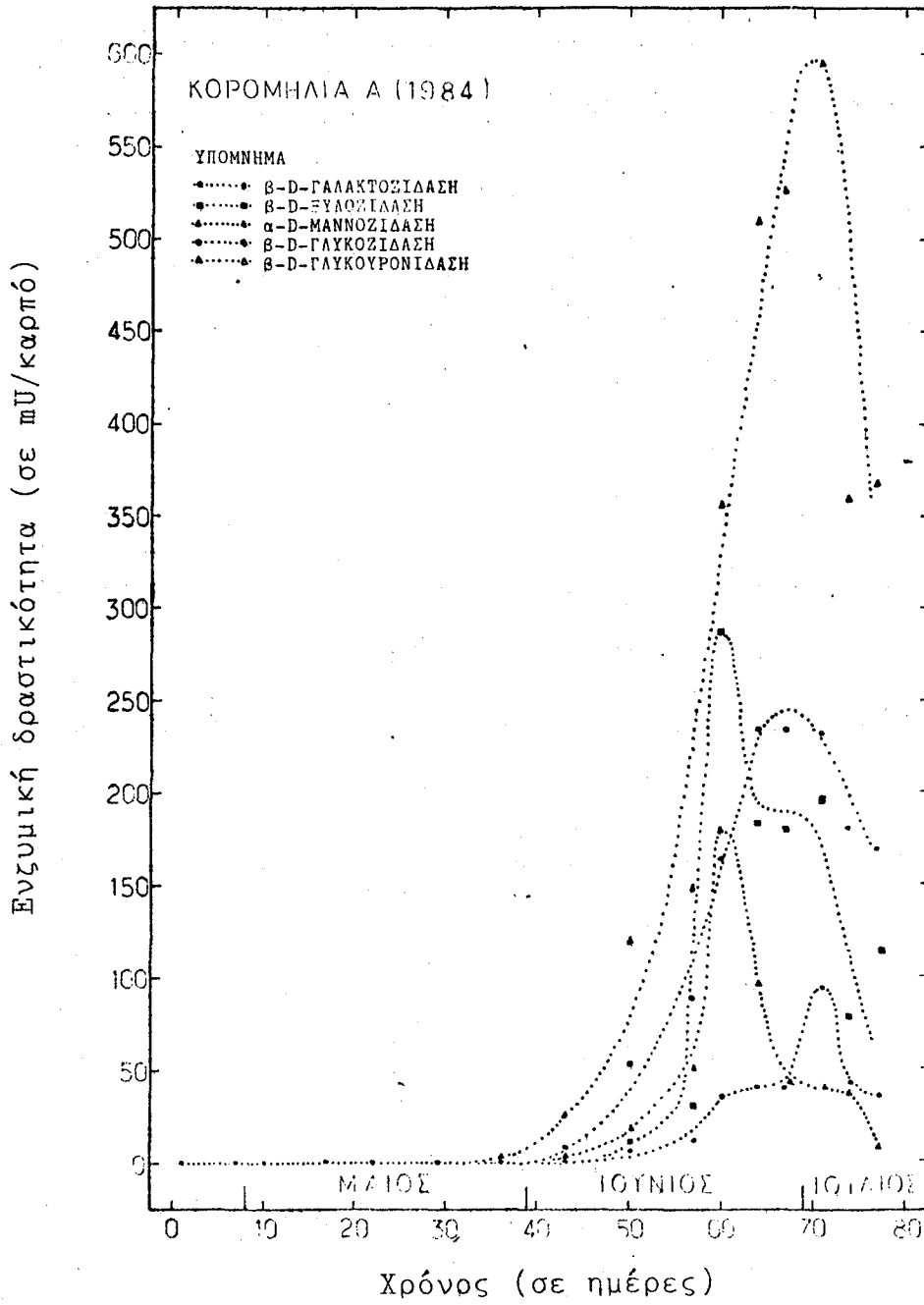
Παρατηρούμε επίσης ότι η μέγιστη δραστικότητα της β-D-ξυλοζιδάσης συμπίπτει χρονικά με την μέγιστη δραστικότητα της β-D-γλυκουρονιδάσης. Έχουμε ανάλογη πτώση της δραστικότητας τους, η οποία ανακόπτεται και διατηρείται στο μισό περίπου του μεγίστου. Σ' αυτό το σύντομο χρονικό διάστημα λαμβάνουν την μέγιστη δραστικότητα τους η α-D-μαννοζιδάση, η β-D-γαλακτοζιδάση και η β-D-γλυκοζιδάση, οι οποίες επίσης συμπίπτουν χρονικά.

Και οι τρείς Κορομηλιές (δευτερος κύκλος δειγματοληψιών, 1984) παρουσιάζουν παρόμοια συμπεριφορά με εξαίρεση την β-D-γαλακτοζιδάση της Κορομηλιάς Γ, η οποία παρουσιάζει μέγιστη δραστικότητα μετατοπισμένη προς την πρώτη χρονική σύμπτωση των δραστικοτήτων της β-D-ξυλοζιδάσης και β-D-γλυκουρονιδάσης (συμβαίνει ε-νωρίτερα).

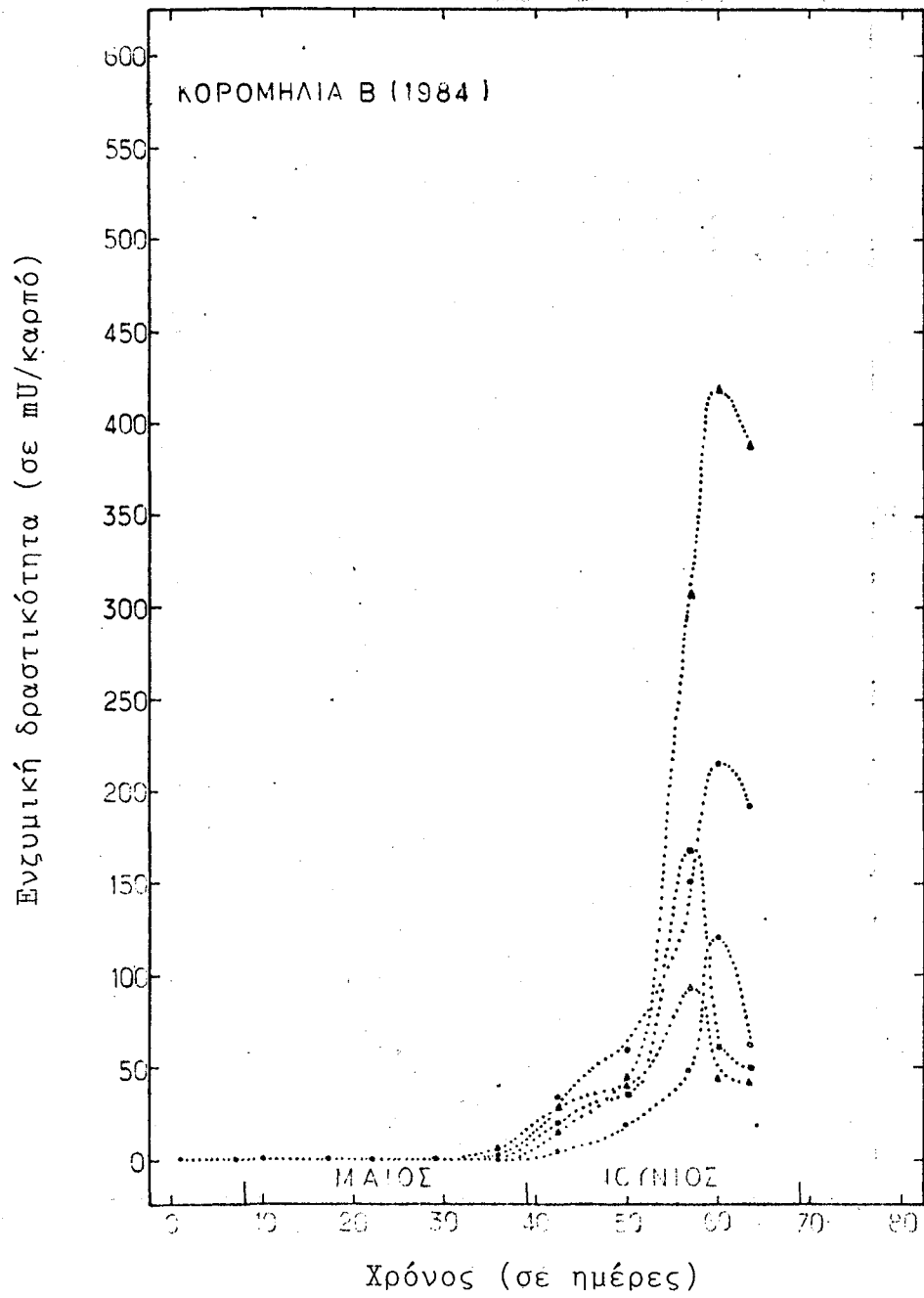
Από τα ένζυμα αυτά μεγαλύτερη δραστικότητα παρουσιάζει η α-D-μαννοζιδάση, ακολουθούν η β-D-ξυλοζιδάση και η β-D-γαλακτοζιδάση, ενώ την χαμηλότερη δραστικότητα έχουν η β-D-γλυκουρονιδάση και η β-D-γλυκοζιδάση.

6.1 β-D-ΓΑΛΑΚΤΟΖΙΔΑΣΗ

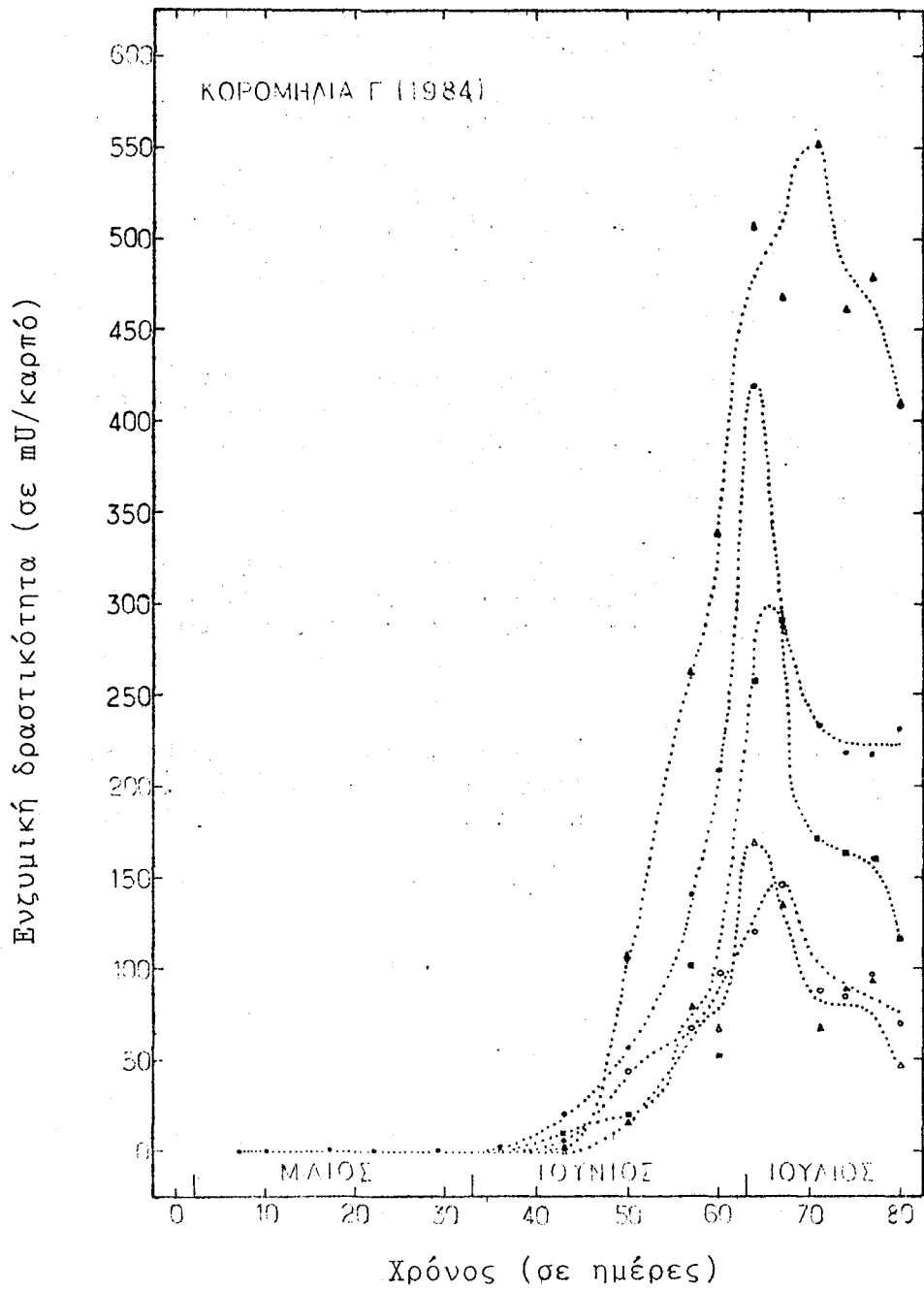
Στον πίνακα 16 βλέπουμε ότι η β-D-γαλακτοζιδάση κατά την μέγιστη δραστικότητα της φθάνει τις 1,5-1,6



Διάγραμμα 16 (16.1). Οι μεταβολές της δραστηριότητας των εξεταζομένων ενζύμων. (Απόλυτα μεγέθη).



Διάγραμμα 16 (16.2)
(συνέχεια)



Διάγραμμα 16 (16.3)
(συνέχεια)

U/100 g μεσοκαρπίου στις Κορομηλιές Α και Β, ενώ στην Κορομηλιά Γ είναι αρκετά μεγαλύτερη ανερχόμενη σε 2,5 U/100 g μεσοκαρπίου.

6.2 β-D-ΞΥΛΟΖΙΔΑΣΗ

Οι μέγιστες τιμές της δραστηκότητας της β-D-ξυλοζιδάσης ήταν 2 U (Κορομηλιά Α), 1,2 U (Κορομηλιά Β) και 1,8 U (Κορομηλιά Γ) σε 100 g μεσοκαρπίου.

6.3 α-D-MANNOΖΙΔΑΣΗ

Οι μέγιστες τιμές της δραστηκότητας της α-D-μαννοζιδάσης ήταν 4 U (Κορομηλιά Α), 1,8 U (Κορομηλιά Β) και 3,2 U (Κορομηλιά Γ) σε 100 g μεσοκαρπίου.

6.4 β-D-ΓΛΥΚΟΖΙΔΑΣΗ

Οι μέγιστες τιμές της δραστηκότητας της β-D-γλυκοζιδάσης ήταν 0,6 U (Κορομηλιά Α), 0,8 U (Κορομηλιά Β) και 0,9 U (Κορομηλιά Γ) σε 100 g μεσοκαρπίου.

6.5 β-D-ΓΛΥΚΟΥΡΟΝΙΔΑΣΗ

Οι μέγιστες τιμές της δραστηκότητας της β-D-γλυκουρονιδάσης ήταν 1,2 U (Κορομηλιά Α), 0,7 U (Κορομηλιά Β) και 0,9 U (Κορομηλιά Γ) σε 100 g μεσοκαρπίου.

Μ Ε Ρ Ο Σ Τ Ρ Ι Τ Ο

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

1. Η ΣΧΕΤΙΚΗ ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΚΛΑΣΜΑΤΩΣΕΩΣ

Όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή και τις μεθόδους, η διερεύνηση των κυτταρικών τοιχωμάτων βασίζεται στην δυνατότητα κατάλληλης απομονώσεως των επιμέρους πολυμερών που αποτελούν τα κύρια στοιχεία του πλέγματος των κυτταρικών τοιχωμάτων, τα οποία βρίσκονται συνδεδεμένα με ποικιλία δεσμών (χημικών ομοιοπολικών, δεσμών υδρογόνου, δυνάμεων Van der Waals).

Κατά τα τελευταία χρόνια με την εισαγωγή από τους νεώτερους ερευνητές (Albersheim και συνεργάτες) ενζυμικών μεθόδων κατακερματισμού του πλέγματος των κυτταρικών τοιχωμάτων, δημιουργήθηκε προσωρινά μια σχετική αμφισβήτηση της φερεγγυότητας των κλασικών μεθόδων της κλασματώσεως των υλικών των κυτταρικών τοιχωμάτων. Περαιτέρω έρευνα όμως, έδειξε ότι με μερικές βελτιώσεις οι κλασικές μέθοδοι αποτελούν μια αξιόπιστη μέθοδο κλασματώσεως των κυτταρικών τοιχωμάτων, που στηρίζεται στην διαφοροποίηση που υφίσταται στην φύση των κυρίων συστατικών των κυτταρικών τοιχωμάτων και από απόψεως συστάσεως αλλά και εντάξεως αυτών στο γενικότερο πλέγμα. Έτσι, οι ενζυμικές μέθοδοι μπορούν να θεωρηθούν ως συμπληρωματικές και ενδεχομένως μεγαλύτερης ειδικής ακριβείας, που είναι δυνατόν να χρησιμοποιούνται σε ειδικές περιπτώσεις.

Όπως έδειξε προκαταρκτικός έλεγχος των μεθόδων και όπως δείχνουν τα αποτελέσματα που ελήφθησαν, η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε, και η οποία εβασίσθη κυρίως στην μέθοδο των Ιαπώνων ερευνητών Kato et al (1976) [74] και Hayashi et al (1980) [54], μπορεί να χαρακτηριστεί ως φερέγγυα και αξιόπιστη. Τούτο φαίνεται από το γεγονός ότι μόνο το κλάσμα της κυτταρίνης περιέχει, όπως άλλωστε ανεμένετο, μικρές προσμίξεις συστατικών των ημικυτταρινών (ξυλόζη και μαννόζη) συνδεδε-

μένων πολύ στενά με τα στοιχειώδη μικροϊνίδια της κυτταρίνης, ενώ τα κλάσματα των ηηκτινών και των ημικυτταρινών (όπως δείχνουν τα αναλυτικά δεδομένα της συστάσεως αυτών) δεν εμφανίζονται να περιέχουν προσμίξεις το ένα του άλλου. Διότι ούτε το κλάσμα των ηηκτινών περιέχει ανιχνεύσιμα ίχνη των κυρίων δομικών μονάδων των ημικυτταρινών (μαννόζης και ξυλόζης), ούτε το κλάσμα των ημικυτταρινών ευρέθη να περιέχει γαλακτουρονικό οξύ και ραμνόζη, που αποτελούν τις κύριες δομικές μονάδες των ηηκτινών.

2. ΟΙ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΩΝ ΑΝΑΠΤΥΣΣΟΜΕΝΩΝ ΚΑΡΠΩΝ

2.1 Η ΑΥΞΗΣΗ ΤΩΝ ΚΑΡΠΩΝ

Για την πληρέστερη μελέτη των φυσιολογικών μεταβολών, που υφίστανται τα πρωτογενή κυτταρικά τοιχώματα των κυττάρων του παρεγχυματικού ιστού του μεσοκαρπίου των εξεταζομένων καρπών Κορομηλιάς, Ροδακινιάς και Βερυκοκκιάς, είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε προηγουμένως τον τύπο της αναπτύξεως τους.

Από τα πειραματικά δεδομένα βλέπουμε ότι οι μεταβολές του μέσου βάρους των καρπών κατά την περίοδο από την σκλήρυνση του ενδοκαρπίου μέχρι και την υπερωρίμανση, αποδίδονται από μια σιγμοειδή καμπύλη, τμήμα μίας διπλής σιγμοειδούς καμπύλης που περιγράφει την συνολική αύξηση των καρπών, όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή. Οι μεταβολές που παρατηρούνται στους καρπούς αυτούς κατά το συγκεκριμένο διάστημα είναι κατά κύριο λόγο μεταβολές που συμβαίνουν στο μεσοκάρπιο.

Οι μεταβολές αυτές που αφορούν την αύξηση των καρπών και ιδιαίτερα το μεσοκάρπιο, συνίστανται στην διόγκωση των κυττάρων του μεσοκαρπίου μέχρι να ωριμάσει ο καρπός και σε γενικότερες αλλαγές που οδηγούν στην εμφάνιση των χαρακτήρων της ώριμης καταστάσεως στον καρπό, όπως αλλαγές στη γεύση και στο χρώμα του, οι οποίες συνοδεύονται από το μαλάκωμα του μεσοκαρπίου.

Όπως είδαμε κατά την παρουσίαση των αποτελεσμάτων, οι εμφανείς, τυπικές μεταβολές των ωρίμων καρπών είναι η συνισταμένη ενός πλήθους μεταβολών που πραγματοποιούνται στο ΠΚΤ του μεσοκαρπίου, οι οποίες κατέχουν ιδιαίτερη θέση στο σύνολο των μεταβολών που συμβαίνουν γενικά στο μεσοκάρπιο.

Παρά τις γνωστές διαφορές που αφορούν το μέγεθος, το σχήμα, την δομή, και την ανάπτυξη των εξεταζόμενων καρπών, οι τύποι της αυξήσεως και της ωριμάνσεως έμοιαζαν αρκετά μεταξύ τους. Παρατηρούμε ότι η σκλήρυνση του ενδοκαρπίου πραγματοποιήθηκε όταν οι καρποί είχαν αποκτήσει περίπου το 16% του βάρους τους στην ώριμη κατάσταση, καθώς επίσης ότι οι χαρακτήρες του ώριμου καρπού άρχισαν να παρουσιάζονται όταν οι καρποί είχαν φθάσει στο 86-92% του βάρους τους στην ώριμη κατάσταση.

Η αύξηση των καρπών κατά το εξεταζόμενο χρονικό διάστημα διακρίνεται σε τρεις ξεχωριστές καταστάσεις: την άωρη (άγουρη), την ώριμη και την υπερώριμη κατάσταση. Τα όρια μεταξύ των διαφόρων καταστάσεων δεν είναι εμφανή και σαφή, διότι έχουμε μια ομαλή μετάβαση από την μια κατάσταση στην άλλη. Όμως για την κάθε κατάσταση υπάρχουν ορισμένοι, τυπικοί χαρακτήρες.

Η άωρη κατάσταση χαρακτηρίζεται από σκληρούς, πράσινους, συνήθως μη-φαγωσίμους καρπούς. Η ώριμη κατάσταση χαρακτηρίζεται από μαλακούς και φαγωσίμους καρπούς, με γεύση και χρώμα τα τυπικά του βοτανικού είδους. Η μεταβατική κατάσταση χαρακτηρίζεται από την εμφάνιση ενός μαλακώματος στην υφή του καρπού, που αυξάνει αργά και ομαλά. Η υπερώριμη κατάσταση διατηρεί τα χαρακτηριστικά της ώριμης καταστάσεως όσον αφορά το χρώμα και την γεύση, αλλά το μαλάκωμα είναι πλέον εμφανές και έντονο. Οι καρποί έχουν χάσει την συνεκτική υφή τους. Αρχικά το μεσοκάρπιο παρουσιάζει τοπικά κατάρρευση της συνεκτικότητάς του, το χαρακτηριστικό αυτό γενικεύεται στη συνέχεια. Οι χαρακτήρες αυτοί οφείλονται στις μεταβολές του πρωτογενούς τοιχώματος του μεσοκαρπίου και συσχετίζονται με αυτές, όπως θα δειχθεί στη συνέχεια.

Αν συμβολίσουμε με Βτ την ποσότητα ενός από τα μετρούμενα μεγέθη που μελετώνται σ' αυτή την εργασία, όταν οι καρποί έχουν αποκτήσει το τελικό τους μέγεθος κατά την φάση της ωριμάνσεως και με Βα την ποσότητα του ιδίου μεγέθους κατά την φάση της σκλήρυνσεως του ενδοκαρπίου, τότε ο λόγος $A=B_t/B_a$ πληροφορεί πόσες φορές αυξήθηκε το μέγεθος αυτό κατά το χρονικό διάστημα που παρήλθε και που συμπίπτει με την περίοδο της έντονης αυξήσεως του ανωρίμου καρπού.

Το αντίστροφο του λόγου αυτού πληροφορεί ισοδυνάμως το ποσοστό της ποσότητας του μετρούμενου μεγέθους στην τελική κατάσταση, το οποίο κατείχε η αρχική κατάσταση. Η θεώρηση του λόγου αυτού διευκολύνει την ποσοτική διερεύνηση των μεταβολών και την ανεύρεση διαφορών στους τύπους αναπτύξεως των εξεταζομένων καρπών και στη συνεισφορά καθενός από τα μετρούμενα μεγέθη στην αύξηση των καρπών. Θεωρούνται οι αρχικές και οι τελικές (μέγιστες) τιμές των μεγεθών, διότι κατά την επόμενη φάση παρατηρείται έντονη εκδήλωση των αποδομητικών φαινομένων και μετατροπή ορισμένων κατηγοριών συστατικών σε διαλυτή μορφή, οπότε ο λόγος αυτός δεν προσφέρεται πλέον για συγκρίσεις.

Ο λόγος $\Lambda(1)$ που αφορά το νωπό μέσο βάρος των καρπών λαμβάνει τις τιμές $\Lambda(1,K)=5,9(16,9\%)$ για τις Κορομηλιές, $\Lambda(1,P)=6,2(16,1\%)$ για την Ροδακινιά και $\Lambda(1,B)=5,8(17,2\%)$ για την Βερυκοκκιά. Αυτό σημαίνει για παράδειγμα ότι στην Ροδακινιά το μέσο βάρος των καρπών στην ώριμη κατάσταση ήταν 6,2 φορές μεγαλύτερο από το αντίστοιχο μέσο βάρος των καρπών των ευρισκομένων στην φάση της σκληρύνσεως του ενδοκαρπίου. Ισοδυνάμως, το μέσο βάρος των καρπών στην φάση της σκληρύνσεως του ενδοκαρπίου (Βα) ήταν το 16,1% του αντίστοιχου βάρους κατά την φάση της ωριμάνσεως (Βτ).

Ο λόγος $\Lambda(2)$ που αφορά το μεσοκάρπιο λαμβάνει τις τιμές $\Lambda(2,K)=7,7(13,0\%)$ για τις Κορομηλιές, $\Lambda(2,P)=11,9(8,4\%)$ για την Ροδακινιά και $\Lambda(2,B)=8,4(11,9\%)$ για την Βερυκοκκιά.

Σχετικά με την αύξηση του νωπού βάρους των καρπών τα τρία είδη δεν διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους με λόγο $\Lambda(1)$ που κυμαίνεται περί τις 6 φορές. Παρατηρούνται όμως διαφορές όταν θεωρηθεί ο λόγος που αφορά την αύξηση του μεσοκαρπίου. Η τιμή για την Ροδακινιά είναι σημαντικά υψηλότερη των άλλων δύο, που δηλώνει ότι η συνεισφορά της αυξήσεως του μεσοκαρπίου στην συνολική αύξηση του καρπού είναι πολύ πιο σημαντική στη Ροδακινιά σε σχέση με τα δυο άλλα είδη. Παρατηρούμε επίσης ότι $\Lambda(1) < \Lambda(2)$, το οποίο επιβεβαιώνει την ποιοτική παρατήρηση ότι οι αλλαγές που παρατηρούνται στους καρπούς κατά την εξεταζομένη περίοδο είναι κατά κυριο λόγο αλλαγές που συμβαίνουν στο μεσοκάρπιο.

2.2 Η ΞΗΡΗ ΟΥΣΙΑ ΤΟΥ ΜΕΣΟΚΑΡΠΙΟΥ

Από τα πειραματικά δεδομένα που αφορούν την ποσότητα της ξηρής ουσίας του μεσοκαρπίου προκύπτει ότι ο λόγος $\Lambda(3)$ ο αναφερόμενος στην ξηρή ουσία του μεσοκαρπίου λαμβάνει τις τιμές $\Lambda(3,K)=12,2(8,2\%)$ για τις Κορομηλιές, $\Lambda(3,P)=21(4,8\%)$ για την Ροδακινιά και $\Lambda(3,B)=11,0(9,1\%)$ για την Βερυκοκκιά.

Από τις τιμές αυτές φαίνεται ότι η Ροδακινιά παρουσιάζει την μεγαλύτερη τιμή του λόγου $\Lambda(3)$ και ακολουθούν η Κορομηλιά και η Βερυκοκκιά. Τα στοιχεία αυτά δείχνουν εντονότερη συνθετική δραστηριότητα στο μεσοκάρπιο της Ροδακινιάς.

Συγκρίνοντας τα δεδομένα αυτά με τα αντίστοιχα που αφορούν το μέσο βάρος των καρπών και το μεσοκάρπιο έχουμε ότι $\Lambda(1) < \Lambda(2) < \Lambda(3)$. Οι έντονες αυξητικές μεταβολές που παρατηρούνται στο μεσοκάρπιο σχετίζονται με σημαντική αύξηση της ποσότητας της ξηρής ουσίας, γεγονός που συμβάλλει στην διόγκωση των κυττάρων του μεσοκαρπίου. Ένα μέρος αυτής της ξηρής ουσίας είναι και το τοίχωμα των κυττάρων του μεσοκαρπίου.

Οι τιμές των λόγων $\Lambda(2)$ και $\Lambda(3)$ για το μεσοκάρπιο και την ξηρή ουσία δείχνουν διαφοροποίηση στον τρόπο ανάπτυξεως των καρπών εκάστου είδους. Ενώ οι τιμές του λόγου $\Lambda(1)$ είναι περίπου ίσες, οι τιμές των λόγων αυτών αντιθέτως διαφέρουν μεταξύ τους με μικρή αλλά εμφανή διαφορά για τις Κορομηλιές και την Βερυκοκκιά και με μεγάλη διαφορά για την Ροδακινιά, σε σχέση με τα άλλα δύο είδη.

Ενώ από τα σχετικά διαγράμματα προκύπτει ότι οι τύποι αυξήσεως των καρπών τείνουν να μοιάζουν αρκετά μεταξύ τους, οι θεωρούμενοι λόγοι αποκαλύπτουν αυτές τις λεπτές διαφορές στην αύξηση των καρπών, που διαφοροποιούν το κάθε είδος από τα άλλα δυο, αλλά και το κάθε δένδρο για το ίδιο είδος. Οι τιμές των λόγων που αφορούν τις Κορομηλιές προκύπτουν ως ο αριθμητικός μέσος όρος των τιμών των λόγων για κάθε δένδρο. Όμως οι διαφορές που παρατηρούνται στις τιμές αυτές κυμαίνονται στο ίδιο επίπεδο και δεν είναι τόσο έντονες για κάθε δένδρο, όσο μεταξύ των τριών εξεταζομένων βοτανικώς συγγενών ειδών. Αυτό δηλώνει ότι η επίδραση της ατομικότητας του δένδρου είναι ασθενέστερη από την επίδραση του βοτανικού είδους.

2.3 ΤΟ ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΣ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟ ΤΟΙΧΩΜΑ ΤΟΥ ΜΕΣΟΚΑΡΠΙΟΥ

Η διερεύνηση της πορείας των μεταβολών της ολικής μάζας του κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου κατά την οντογένεση των καρπών δείχνει ότι κατά την πρώτη φάση της αναπύξεως του μεσοκαρπίου πραγματοποιείται μεγάλη απόθεση υλικών των κυτταρικών τοιχωμάτων στα αυξανόμενα κατ'όγκο κύτταρα του μεσοκαρπίου.

Η αύξηση αυτή του κυτταρικού τοιχώματος όπως φαίνεται από τις σχετικές καμπύλες είναι δυνατόν να θεωρηθεί ότι αποδίδεται από σιγμοειδή καμπύλη. Στην επόμενη φάση μετά από την ολοκλήρωση της αυξήσεως και την μεγίστη τιμή, δηλαδή κατά την ωρίμανση και την υπερωρίμανση, πραγματοποιείται σημαντική μείωση της συνολικής μάζας των κυτταρικών τοιχωμάτων ανά καρπό, η οποία είναι της τάξεως του 30-40%. Η ελάττωση αυτή της ολικής μάζας των υλικών των τοιχωμάτων είναι χαρακτηριστικό της περιόδου της ωριμάνσεως. Κατά συνέπεια η ωρίμανση του μεσοκαρπίου των καρπών δεν συνδέεται μόνο με τις σημαντικές μεταβολές των χαρακτήρων του μεσοκαρπίου (μαλάκωμα, άρωμα, μεταβολές συστατικών), αλλά και όπως δείχνουν τα δεδομένα μας και από μεγάλη κινητοποίηση υλικών, η οποία συνδέεται με μαζική διαλυτοποίηση των πηκτινών και σημαντικές μεταβολές, δηλαδή ελάττωση, των ημικυτταρινών. Το κλάσμα της κυτταρίνης δεν μεταβάλλεται ή μεταβάλλεται ελάχιστα τουλάχιστον από την άποψη της εναποτιθεμένης μάζας. Ακόμη, οι μεταβολές αυτές του κυτταρικού τοιχώματος συνδυάζονται: 1) με εκτεταμένη μεταβολή της συστάσεως και της σχετικής συμβολής των επιμέρους κλασμάτων, καθώς και 2) με μεταβολές της ποσοστιαίας αναλογίας των δομικών μονάδων κάθε κλάσματος και ιδιαιτέρως του πηκτινικού κλάσματος, καθώς επίσης και του συνολικού κυτταρικού τοιχώματος.

Οι μεταβολές της συστάσεως των κυτταρικών τοιχωμάτων που πραγματοποιούνται κατά το στάδιο της ωριμύσεως συνδέονται με κινητοποίηση υλικών και ελάττωση της ολικής μάζας. Ένα σημαντικό ποσοστό των διαλυτοποιούμενων και κινητοποιούμενων συστατικών ιδιαιτέρως του πηκτινικού κλάσματος ανευρίσκεται υπό μορφή υδατοδιαλυτών ολιγομερών συστατικών, τα οποία ενδεχομένως είναι δυνατόν να βρίσκονται και στο χυμοτόπιο ή τους μεσοκυτταρίους χώρους. Αυτά μετά από όξινη υδρόλυση μας παρέχουν κυρίως δομικές μονάδες του πηκτινικού κλάσματος και των αλυσίδων μικρού μήκους των πολυμερών που συνδέουν την θεμελιώδη μάζα των πηκτινών με τις ημικυτταρίνες.

Η σύγκριση της περιεκτικότητας στα κύρια κλάσματα (καθώς και η ποσοτική αναλογία των συστατικών αυτών) κατά την περίοδο των μεγίστων τιμών και τα τελικά στάδια δείχνει ότι το άθροισμα υφισταμένου κυτταρικού τοιχώματος και των διαλυτών συστατικών κατά τα τελικά στάδια και ανά καρπό του κυτταρικού τοιχώματος, ενώ προσεγγίζει την μέγιστη τιμή που έλαβαν μετά την ολοκλήρωση της αυξήσεως, είναι όμως συστηματικά σχετικά μικρότερο. Τα δεδομένα αυτά, που αφορούν κατά κύριο λόγο το ημικυτταρινικό κλάσμα και δευτερευόντως το κλάσμα των ημικυτταρινών, αποτελούν σαφή ένδειξη, όχι μόνο της κινητοποιήσεως των υλικών των κυτταρικών τοιχωμάτων, αλλά και περαιτέρω, μεταβολισμού των συστατικών. Πρέπει να επισημανθεί ότι η πορεία της κινητοποιήσεως είναι η απόσπαση από τα μεγαλομόρια ολιγομερών, που αρχικά και κατά κύριο λόγο αποτελούνται από γαλακτουρονικό οξύ, ενώ προς το τέλος περιέχουν και άλλα συστατικά, όπως γαλακτόζη, μαννόζη και ραμνόζη. Από τα δεδομένα τα σχετικά με την κινητοποίηση των ημικυτταρινών, αν και φαίνεται σαφής ελάττωση αυτών μέχρι και 50%, εν τούτοις από τα συστατικά αυτών μόνο η μαννόζη και δευτερευόντως η γαλακτόζη ανευρίσκονται στο διαλυτό κλάσμα των ολιγομερών και συνεπώς μπορεί να θεωρηθεί ότι αντιστοιχούν σε συστατικά των ημικυτταρινών.

Τα δεδομένα αυτά μπορούν να θεωρηθούν ότι αποτελούν ενδείξεις ότι τα ολιγομερή που προκύπτουν από την διάσπαση των πολυμερών θα πρέπει να υδρολύονται τελικά προς τις δομικές μονάδες και αυτές να εισέρχονται στον γενικό μεταβολισμό. Από όλες τις δομικές μονάδες των ημικυτταρινών και των ημικυτταρινών το περισσότερο διακινούμενο είναι το γαλακτουρονικό οξύ.

Από τα σχετικά πειραματικά δεδομένα προκύπτει ότι το μέσο βάρος του μεσοκαρπίου σταθεροποιείται κατά την φάση της ωριμότητας. Αν λάβουμε υπόψη ότι δεν συμβαίνουν κυτταροδιαιρέσεις κατά την φάση της αυξήσεως των κυττάρων του μεσοκαρπίου μετά την σκλήρυνση του ενδοκαρπίου, μπορούμε να υποθέσουμε ότι οι μεταβολές του μέσου νωπού βάρους των καρπών αντιστοιχούν στην αύξηση του όγκου των κυττάρων του μεσοκαρπίου, δηλαδή ότι $\Lambda = B_t/B_a = V_t/V_a$, όπου V ο όγκος των κυττάρων του μεσοκαρπίου.

Ο λόγος $\Lambda(4)$ που αφορά την ποσότητα του ξηρού κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου λαμβάνει τις τιμές $\Lambda(4,K)=7,0(14,3\%)$ για τις Κορομηλιές, $\Lambda(4,P)=14,5(6,9\%)$ για την Ροδακινιά και $\Lambda(4,B)=3,3(30,3\%)$ για

την Βερυκοκκιά. Οι τιμές του λόγου $\Lambda(4)$ για το κυτταρικό τοίχωμα είναι σαφώς χαμηλότερες του λόγου $\Lambda(3)$ για την ξηρή ουσία και κυμαίνονται σε επίπεδο συγκρίσιμο με τις αντίστοιχες τιμές του λόγου $\Lambda(2)$ για το μεσοκάρπιο. Εξαίρεση παρουσιάζει η Βερυκοκκιά με ιδιαίτερα χαμηλές τιμές, όπου οι τιμές του λόγου $\Lambda(4)$ για το κυτταρικό τοίχωμα δείχνουν ότι η αύξηση του κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου της Βερυκοκκιάς είναι περιορισμένη (μόνο 3,3 φορές), ενώ η Ροδακινιά έχει τιμή αισθητά υψηλότερη από τις Κορομηλιές. Οι τιμές του λόγου $\Lambda(4)$ δείχνουν έντονη διαφοροποίηση των τριών ειδών όσον αφορά τον σχηματισμό του κυτταρικού τοιχώματος.

Από τις συσχετίσεις του νωπού βάρους (όγκου) της αρχής της περιόδου αυξήσεως του μεσοκαρπίου και της μέγιστης τιμής αυτού, μπορούμε να εκτιμήσουμε τις σχετικές μεταβολές του λόγου των επιφανειών των κυττάρων του μεσοκαρπίου στην αρχή και το τέλος της περιόδου αυξήσεως του όγκου των κυττάρων. Για τον σκοπό αυτό δεχόμαστε ότι 1) ο μέσος αριθμός των κυττάρων στο μεσοκάρπιο δεν μετεβλήθει κατά το διάστημα αυτό και ότι 2) τα κύτταρα έχουν σφαιρικό σχήμα με επιφάνεια ισοδύναμη με αυτή του πολυεδρικού που έχουν στην πραγματικότητα. Συμβολίζουμε με V_a τον όγκο και R_a την ακτίνα της σφαίρας των κυττάρων της αρχής και με V_t, R_t αντίστοιχως τον όγκο και την ακτίνα της σφαίρας των κυττάρων της τελικής (μέγιστης) τιμής. Έστω ότι ο αριθμός των κυττάρων στο μεσοκάρπιο είναι, n . Τότε έχουμε ότι $V=V(R)=n(4/3)\pi R^3$ και $E=E(R)=4n\pi R^2$, όπου E είναι η συνολική επιφάνεια των κυττάρων.

$$\Lambda = \frac{V_t}{V_a} = \frac{n(4/3)\pi R_t^3}{n(4/3)\pi R_a^3} = \left(\frac{R_t}{R_a}\right)^3 \Rightarrow \frac{R_t}{R_a} = \Lambda^{1/3}$$

$$E = \frac{E_t}{E_a} = \frac{4n\pi R_t^2}{4n\pi R_a^2} = \left(\frac{R_t}{R_a}\right)^2 \Rightarrow E = \Lambda^{2/3}$$

Επομένως, ο λόγος των ποσοτήτων (όγκων) Λ σχετίζεται με τον λόγο των επιφανειών E (της μέγιστης προς την αρχική τιμή, E_t/E_a) των κυττάρων κατά την περίοδο της αυξήσεως του νωπού βάρους του μεσοκαρπίου, με την σχέση $E=[\Lambda(2)]^{2/3}$. Από τα αριθμητικά δεδομένα έχουμε ότι $E(K)=3,9(25,6\%)$ για τις Κορομηλιές, $E(P)=5,2(19,2\%)$ για την Ροδακινιά και $E(B)=4,1(24,4\%)$ για την Βερυκοκκιά.

Συγκρίνοντας τις τιμές του λόγου E προς τις τιμές του λόγου $\Lambda(4)$ για το κυτταρικό τοίχωμα προκύπτει ότι οι τιμές του δευτέρου λόγου είναι υψηλότερες. Αυτή η διαφοροποίηση στους λόγους ερμηνεύεται από το γεγονός ότι το κυτταρικό τοίχωμα έχει κάποιο πάχος και ότι οι επιφάνειες κάθε κυττάρου βρίσκονται σε στενή επαφή με τις επιφάνειες των γειτονικών κυττάρων με την βοήθεια του μεσοτοιχίου, το οποίο έχει επίσης κάποιο πάχος, όπως προκύπτει σαφώς από πειραματικά δεδομένα της βιβλιογραφίας, που αναφέρονται στην εισαγωγή (8.3). Έτσι εξασφαλίζεται η συνέχεια και η συνεκτικότητα του ιστού. Προφανώς, η επιφάνεια των κυττάρων που θεωρήθηκε κατά τους υπολογισμούς αντιστοιχεί στην εσωτερική επιφάνεια του ΚΤ.

Η σύγκριση όμως των τιμών αυτών αποκαλύπτει ότι υπάρχει σχέση της ποσότητας του ΚΤ προς την (εσωτερική) επιφάνεια του ΚΤ, διότι ο λόγος Λ/E κυμαίνεται μεταξύ 0,8-2,7. Στις εκτιμήσεις αυτές πρέπει να ληφθεί υπόψη και η ενυδάτωση του ΚΤ που υπάρχει στην πραγματικότητα, ενώ ο λόγος $\Lambda(4)$ αφορά το ξηρό κυτταρικό τοίχωμα, όπως παραλαμβάνεται μετά την πειραματική διαδικασία. Επισημαίνεται επίσης η απόκλιση που παρουσιάζει η Βερυκοκκιά, όσον αφορά την συσχέτιση των λόγων $E(B)$ και $\Lambda(4, B)$.

Αυτή η απόκλιση σε συνδυασμό με την γενική εικόνα που παρέχουν τα διαγράμματα που αφορούν την Βερυκοκκιά υποδηλώνουν διαφοροποιήσεις στον τρόπο μεταβολής του κυτταρικού τοιχώματος κατά την αύξηση (διόγκωση) των κυττάρων του μεσοκαρπίου, που θα αναζητηθούν στη συνέχεια, χωρίς όμως να δημιουργείται σημαντική παρέκκλιση από τον τύπο αυξήσεως, που γενικά μοιάζει με τους αντιστοιχούς της Κορομηλιάς και της Ροδακινιάς.

3. ΟΙ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΩΝ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΚΛΑΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΜΕΣΟΚΑΡΠΙΟΥ

3.1 ΤΟ ΠΗΚΤΙΝΙΚΟ ΚΛΑΣΜΑ

Το ξηρό κυτταρικό τοίχωμα αποτελείται, όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή, από πολυμερή ορισμένου τύπου, όπως πολυσακχαρίτες και γλυκοπρωτεΐνες συνδεδεμένα μεταξύ τους σε ένα πλέγμα.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι πολυσακχαρίτες του κυτταρικού τοιχώματος κλασματούνονται με χρήση καταλλήλων αντιδραστηρίων σε πέντε ομάδες (κλάσματα), από τις οποίες οι δύο πρώτες αποτελούνται από πολυμερείς υδατάνθρακες της κατηγορίας που χαρακτηρίζεται ως πηκτινικές, οι δύο επόμενες αποτελούνται από πολυμερείς υδατάνθρακες της κατηγορίας που χαρακτηρίζεται ως ημικυτταρίνες και το πέμπτο και τελευταίο κλάσμα, αυτό που απομένει αδιάλυτο μετά την παραλαβή των προηγούμενων, αποτελεί την ομάδα της κυτταρίνης. Η ομάδα αυτή περιείχε προσμίξεις συστατικών των προηγούμενων ομάδων και ιδιαίτερα των ημικυτταρινών, που δεν ήταν εύκολο να απομακρυνθούν με την χρησιμοποιούμενη διαδικασία. Οι ομάδες αυτές ονομάζονται ΚΛΑΣΜΑΤΑ του κυτταρικού τοιχώματος και η διαδικασία παραλαβής τους ΚΛΑΣΜΑΤΩΣΗ του κυτταρικού τοιχώματος.

Η παραλαβή του ολικού πηκτινικού κλάσματος υπό την μορφή δύο επιμέρους πηκτινικών κλασμάτων απέβλεπε στην πληρέστερη ανάκτηση του από το ξηρό κυτταρικό τοίχωμα. Το ολικό πηκτινικό κλάσμα υφίσταται τις πιο έντονες μεταβολές σε σχέση με το ολικό ημικυτταρινικό και το κυτταρινικό κλάσμα, όπως προκύπτει από τα διαγράμματα 4, 5, 6 και 7. Το δεύτερο πηκτινικό κλάσμα στις περισσότερες περιπτώσεις αντιπροσωπεύει το μεγαλύτερο ποσοστό του συνολικού πηκτινικού κλάσματος, ενώ δεν μπορούν να προκύψουν σαφή συμπεράσματα σχετικά με την πορεία των μεταβολών των πηκτινών αν θεωρήσουμε μόνο τα επιμέρους πηκτινικά κλάσματα. Σε ένα ώριμο καρπό πρίν αρχίσουν τα φαινόμενα της αποδομήσεως του ΚΤ, το ολικό πηκτινικό κλάσμα αντιπροσωπεύει το 1/3 περίπου του κυτταρικού τοιχώματος.

Η πορεία των μεταβολών του πηκτινικού κλάσματος των καρπών ακολουθεί τον ίδιο τύπο γενικά, όμως το είδος και η ατομικότητα του κάθε δένδρου διαφοροποιεί τις μεταβολές αυτές. Στη Ροδακινιά η υδρόλυση του πηκτινικού κλάσματος διαρκεί περίπου 50 ημέρες και πραγματοποιείται με βραδύτερο ρυθμό σε σχέση με την Βερυκοκκιά, στην οποία η αντίστοιχη περίοδος διαρκεί περίπου 15 ημέρες και ο σχετικός ρυθμός υδρολύσεως είναι μεγαλύτερος. Στις Κορομηλιές ακολουθείται ενδιάμεσος τύπος.

Οι τιμές του λόγου $\Lambda(5)$ που αφορά το πηκτινικό κλάσμα είναι $\Lambda(5, K)=12,1(8,3\%)$ για τις Κορομηλιές, $\Lambda(5, P)=15,0(6,7\%)$ για την Ροδακινιά και $\Lambda(5, B)=8,3$

(12,0%) για την Βερυκοκκιά. Απο τις τιμές αυτές προκύπτει ότι η Ροδακινιά, όπως ήδη διαπιστώθηκε και γενικά για την ξηρή ουσία, παρουσιάζει εντονότερη δραστηριότητα συνθέσεως των πηκτινών σε σχέση με την Κορομηλιά και την Βερυκοκκιά, η οποία παρουσίασε και την χαμηλότερη τιμή.

Σχετικά με τις μεταβολές των πηκτινών των καρπών από τα αναφερόμενα στην βιβλιογραφία προκύπτει ότι:

Διαλυτοποίηση της πηκτίνης παρατηρείται σε μήλα, αχλάδια, ροδάκινα, τομάτες και άλλους καρπούς. Η περιεκτικότητα σε διαλυτή πηκτίνη των μήλων αυξάνει περισσότερο από τρεις φορές κατά την διάρκεια της μείωσης της συνεκτικότητας της σάρκας των μήλων. [128] Οι αλλαγές των πηκτινικών πολυσακχαριτών σε αχλάδια που ωριμάζουν μοιάζουν αρκετά με αυτές των μήλων.

Η αναλογία της διαλυτής πηκτίνης είναι πολύ χαμηλή σε ανώριμα αχλάδια, αλλά αυξάνει σημαντικά με την ωρίμανση. Πρόσφατα δεδομένα [128] παρουσιάζουν μια άμεση συσχέτιση μεταξύ διαλυτής πηκτίνης και ωρίμανσης και προτείνεται η χρήση της περιεκτικότητας σε διαλυτή πηκτίνη σαν δείκτης ωριμότητας. Οι μεταβολές στην διαλυτότητα της πηκτίνης είναι περισσότερο εμφανείς σε εκπύρηννα ροδάκινα. Οι Postlmayr et al [128] βρήκαν ότι το 5% της ξηρής ουσίας των ανωρίμων ροδακίνων ποικιλίας Fay Elberta ήταν πηκτίνη, ένα μεγάλο μέρος της οποίας ήταν υδατοδιαλυτό. Κατά την ωρίμανση το περιεχόμενο σε πηκτίνη μειώθηκε σε 4,1%, αλλά η αναλογία της υδατοδιαλυτής πηκτίνης μειώθηκε στο 71% της συνολικής ποσότητας.

Αντίθετα με τις μεταβολές που συμβαίνουν σε εκπύρηννες ποικιλίες, η ωρίμανση συμπύρηνων ροδακίνων ποικιλίας Halford συνοδεύεται από μια μείωση της συνολικής πηκτίνης από 4,4% σε 3,8%, αλλά το περιεχόμενο σε διαλυτή πηκτίνη παραμένει σχετικά σταθερό. Ο Shewfelt [136] μελέτησε τρία πηκτινικά κλάσματα σε εκπύρηννες και συμπύρηννες ποικιλίες. Στα συμπύρηννα ροδάκινα η αναλογία των τριών πηκτινικών κλασμάτων παρέμεινε κατά βάση σταθερή, αλλά στα εκπύρηννα ροδάκινα η υδατοδιαλυτή πηκτίνη αυξήθηκε σύντομα σε βάρος των δύο άλλων κλασμάτων. Μόνο το 20% της πηκτίνης σε ανώριμα ροδάκινα ήταν υδατοδιαλυτό, ενώ αυτή η ποσότητα αυξανόταν σε 80% στα ώριμα ροδάκινα. Οι Shewfelt et al [136] στη συνέχεια απομόνωσαν και ταυτοποίησαν τα τρία πηκτινικά κλάσματα και διαπίστωσαν ότι η ωρί-

μανση των ροδακίνων συνοδεύεται όχι μόνο με διαλυτοποίηση των πηκτινών, αλλά επίσης με μείωση των μοριακών βαρών, όπως προσδιορίστηκε ιξωδομετρικά. Σε μια άλλη μελέτη που αφορά τα ροδάκινα οι Pressey et al [125] βρήκαν ότι η ποσότητα της συνολικής πηκτίνης σε ροδάκινα ποικιλίας Elberta και Red Haven δεν άλλαξε σημαντικά κατά την διάρκεια της ωριμάνσεως των καρπών, ενώ η διαλυτή πηκτίνη αυξανόταν απότομα. Οι ίδιοι ερευνητές ανέλυσαν την διαλυτή πηκτίνη με χρωματογραφικές μεθόδους και βρήκαν ότι τα μοριακά βάρη των πηκτινών μειώνονται προοδευτικά κατά την διάρκεια της ωριμάνσεως.

3.2 ΤΟ ΗΜΙΚΥΤΤΑΡΙΝΙΚΟ ΚΛΑΣΜΑ

Και για το ημικυτταρινικό κλάσμα, η παραλαβή δυο επιμέρους ημικυτταρινικών κλάσμάτων απέβλεπε στην πλήρωςτερη ανάκτηση του από το κυτταρικό τοίχωμα. Οι μεταβολές του ολικού ημικυτταρινικού κλάσματος ακολουθούν τύπο διαφορετικό από αυτές του ολικού πηκτινικού κλάσματος, ενώ οι μεταβολές των επιμέρους κλάσμάτων μοιάζουν γενικά με τις αντίστοιχες των επιμέρους πηκτινικών, με εξαίρεση την φάση της υπερωριμάνσεως των καρπών όπου τα ημικυτταρινικά κλάσματα υφίστανται λιγότερο εμφανή μείωση της ποσότητας τους ανά καρπό.

Σε ένα ώριμο καρπό πρίν αρχίσουν τα φαινόμενα της αποδομήσεως το ολικό ημικυτταρινικό κλάσμα αντιπροσωπεύει ποσότητα λίγο περισσότερη από το 1/3 του κυτταρικού τοιχώματος.

Η πορεία των μεταβολών του ολικού ημικυτταρινικού κλάσματος της Βερυκοκκιάς διαφέρει από τις αντίστοιχες μεταβολές της Ροδακινιάς. Προς τον τύπο των μεταβολών της Ροδακινιάς προσομοιάζει και ο τύπος των μεταβολών της Κορομηλιάς. Υπάρχει υδρόλυση των ημικυτταρινών, αν και περιορισμένη, τόσο στη Ροδακινιά όσο και στις Κορομηλιές. Κάτι ανάλογο δεν παρατηρείται στην Βερυκοκκιά.

Ο λόγος $\Lambda(6)$ που αφορά το ημικυτταρινικό κλάσμα λαμβάνει τις τιμές $\Lambda(6, K)=5,7(17,5\%)$ για τις Κορομηλιές, $\Lambda(6, P)=7,5(13,3\%)$ για την Ροδακινιά και $\Lambda(6, B)=2,1(47,6\%)$ για την Βερυκοκκιά, με υψηλότερη τιμή για την Ροδακινιά και χαμηλότερη για την Βερυκοκκιά.

Συγκρίνοντας τους λόγους $\Lambda(5)$ και $\Lambda(6)$ για το ολικό πηκτινικό και ημικυτταρινικό κλάσμα, έχουμε ότι $\Lambda(6) < \Lambda(5)$. Αυτό το δεδομένο δηλώνει ότι ενώ κατά τα πρώτα στάδια της αυξήσεως των καρπών μετά την σκλήρυνση του ενδοκαρπίου το ημικυτταρινικό κλάσμα υπερέχει σε συμμετοχή στο συνολικό κυτταρικό τοίχωμα, η αύξηση του πηκτινικού κλάσματος στα επόμενα στάδια είναι σημαντικότερη, με αποτέλεσμα να λαμβάνεται αυτή η αριθμητική υπεροχή του λόγου $\Lambda(5)$ για το πηκτινικό κλάσμα. Αυτή η παρατήρηση μπορεί επίσης να συσχετιστεί με τις σημαντικές μεταβολές που συμβαίνουν στο πηκτινικό κλάσμα κατά την ωρίμανση, σε αντίθεση με τις περιορισμένες μεταβολές που συμβαίνουν αντίστοιχα στο ημικυτταρινικό κλάσμα.

3.3 ΤΟ ΚΥΤΤΑΡΙΝΙΚΟ ΚΛΑΣΜΑ

Το κυτταρινικό κλάσμα αντιπροσωπεύει ποσότητα κάτι λιγότερο από το $1/3$ του κυτταρικού τοιχώματος σε καρπό ώριμο πριν αρχίσουν τα υδρολυτικά φαινόμενα που έχουν σαν συνέπεια το μαλάκωμα του. Αντίθετα, σε υπερώριμο καρπό αυξάνει πολύ η συμμετοχή του κυτταρινικού κλάσματος στο κυτταρικό τοίχωμα του μεσοκαρπίου.

Ο τύπος των μεταβολών του κυτταρινικού κλάσματος είναι διαφορετικός από τον τύπο μεταβολών των δυο προηγούμενων κλασμάτων και συγκεκριμένα δεν δείχνει να παρουσιάζει υδρολυτικά φαινόμενα κατά την υπερωρίμανση των καρπών. Εξαίρεση ίσως να αποτελεί η Ροδακινιά, διότι υπάρχει ένα εκτενές οριζόντιο τμήμα στην καμπύλη του διαγράμματος 6.2. Αν πάντως υπάρχει υδρολυτική δράση επί της κυτταρίνης της Ροδακινιάς, αυτή είναι πολύ περιορισμένης εκτάσεως.

Το κυτταρινικό κλάσμα δεν είναι καθαρή κυτταρίνη, αλλά περιέχει προσμίξεις συστατικών του προηγούμενου ημικυτταρινικού κλάσματος.

Οι τιμές του λόγου $\Lambda(7)$ που αφορά το κυτταρινικό κλάσμα είναι $\Lambda(7, K) = 6,1 (16,4\%)$ για τις Κορομηλιές, $\Lambda(7, P) = 12,0 (8,3\%)$ για την Ροδακινιά και $\Lambda(7, B) = 4,0 (25,0\%)$ για την Βερυκοκκιά. Και εδώ λαμβάνουμε υψηλότερες τιμές για την Ροδακινιά και χαμηλότερες για την Βερυκοκκιά.

Ανάλογη σύγκριση των λόγων $\Lambda(5)$, $\Lambda(6)$ και $\Lambda(7)$ για τα τρία κλάσματα δείχνει ότι $\Lambda(6) < \Lambda(7) < \Lambda(5)$, δηλαδή

προηγείται το πηκτινικό κλάσμα και ακολουθεί το κυτταρινικό και το ημικυτταρινικό κλάσμα. Η ερμηνεία αυτών των δεδομένων προκύπτει από την θεώρηση των αντιστρόφων λόγων, από όπου πληροφορούμεθα ότι το κυτταρινικό και το ημικυτταρινικό κλάσμα έχουν σημαντική συμμετοχή στο ΚΤ κατά τα πρώτα στάδια του ανωρίμου καρπού. Στα μετέπειτα στάδια υπερτερεί το πηκτινικό κλάσμα, όπως επισημάνθηκε ήδη.

Από την διερεύνηση των τριών βασικών κλασμάτων του κυτταρικού τοιχώματος προέκυψαν τα επόμενα στοιχεία:

A. Κορομηλιές

Στη φάση του ανωρίμου καρπού το πηκτινικό κλάσμα ήταν το 8,3% του αντιστοίχου της ώριμης καταστάσεως, το ημικυτταρινικό κλάσμα ήταν το 17,5% ενώ το κυτταρινικό κλάσμα ήταν το 16,4%.

B. Ροδακινιά

Στα ανώριμα ροδάκινα το πηκτινικό κλάσμα ήταν το 6,7%, το ημικυτταρινικό κλάσμα το 13,3% και το κυτταρινικό κλάσμα το 8,3% των αντιστοίχων στην ώριμη κατάσταση.

Γ. Βερυκοκκιά

Τα ανώριμα βερύκοκκα παρουσίασαν στην φάση αυτή πηκτινικό κλάσμα 12,0%, ημικυτταρινικό κλάσμα 47,6% και κυτταρινικό κλάσμα 25% των αντιστοίχων στην ώριμη κατάσταση.

Σχετικά με την συμμετοχή των κλασμάτων στο κυτταρικό τοίχωμα κατά την φάση του ανωρίμου καρπού, στον οποίο έχει σκληρυνθεί το ενδοκάρπιο και έχει ξεκινήσει η διαδικασία της αυξήσεως του μεσοκαρπίου, η συμμετοχή του ημικυτταρινικού και κυτταρινικού κλάσματος υπερβαίνει τα 2/3 του συνολικού κυτταρικού τοιχώματος.

Από τα προηγούμενα δεδομένα φαίνεται σαφώς ότι αυτά τα δύο κλάσματα σχηματίζουν το βασικό τριδιάστατο πλέγμα στο οποίο προσαρμόζονται τα νέα υλικά, με τους τρόπους που αναφέρθηκαν στην εισαγωγή(5). Αυτό είναι ιδιαίτερα αισθητό στη βερυκοκκιά.

Κατά την έναρξη της φάσεως της ωριμότητας των καρπών η εικόνα αυτή αλλάζει σημαντικά, όπως προκύπτει από τα σχετικά διαγράμματα και τους λόγους Λ που πα-

ρετέθησαν ανωτέρω. Κατά την φάση αυτή και μετέπειτα οι ηκτινες του μεσοτοιχίου και του κυτταρικού τοιχώματος διαδραματίζουν ένα βασικό ρόλο, όπως δείχνουν τα πειραματικά και τα βιβλιογραφικά δεδομένα που αναφέρονται στη συνέχεια.

4. ΟΙ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΠΡΩΤΟΓΕΝΟΥΣ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΜΕΣΟΚΑΡΠΙΟΥ

4.1 ΤΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΩΝ ΗΚΤΙΝΩΝ

Από την ανάλυση των ηκτινικών κλασμάτων προέκυψε ότι τα συστατικά των ηκτινών του μεσοκαρπίου της Κορομηλιάς, Ροδακινιάς και Βερυκοκκιάς ήταν το γαλακτουρονικό οξύ, η ραμνόζη, η γαλακτόζη και η αραβινόζη, δηλαδή αυτά που αναφέρονται στη βιβλιογραφία ως συστατικά. Από αυτά η μεγαλύτερη ποσότητα αντιστοιχεί στο γαλακτουρονικό οξύ με δεύτερη την ραμνόζη. Για τον λόγο αυτό μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι ηκτινες που περιέχονται στα ηκτινικά κλάσματα αντιπροσωπεύονται από πολυμερείς ραμνογαλακτουρονάνες. Από την σύγκριση των μεταβολών αφενός μεν των δύο ηκτινικών κλασμάτων (διαγράμματα 4) και αφετέρου των συστατικών του ολικού ηκτινικού κλάσματος (διαγράμματα 8) προκύπτει ότι κατά την περίοδο περί τις μέγιστες τιμές της ανά καρπό περιεκτικότητας σε ηκτινες, αυξάνει πάντα η αναλογία στα συστατικά των κεντρικών αλυσίδων της ραμνογαλακτουρονάνης, συγκριτικά προς τα συστατικά των πλαγίων αλυσίδων αραβινογαλακτάνης, όπως φαίνεται από την σχετική αύξηση του ποσοστού σε γαλακτουρονικό οξύ και ραμνόζη, που αποτελούν την κεντρική αλυσίδα, έναντι της αραβινόζης και της γαλακτόζης, που αποτελούν συστατικά των πλαγίων αλυσίδων.

Τα δεδομένα αυτά υποδηλώνουν ή προσμίξεις με ημικυτταρίνες κατά τις περιόδους μικρότερης περιεκτικότητας σε γαλακτουρονικό οξύ και ραμνόζη ή σχετική μεταβολή της συστάσεως των ηκτινικών κλασμάτων κατά την περίοδο της μέγιστης περιεκτικότητας σε γαλακτουρονικό οξύ και ραμνόζη. Την άποψη αυτή ενισχύει το γεγονός ότι η κατά τα τελικά στάδια της υπερωριμάνσεως παρατηρούμενη αύξηση των υδατοδιαλυτών ολιγομερών γαλακτουρονικού οξέος και ραμνόζης συνοδεύεται όχι μόνο με πτώση των συνολικών ηκτινών, αλλά και με σχετικές μεταβολές της αναλογίας των συστατικών αυτών. Την άποψη αυτή ενισχύει και το δεδομένο ότι οι μεταβολές αυ-

τές της συστάσεως των πηκτινικών κλασμάτων δεν υφίστανται προσμίξεις σε ημικυτταρίνες που αντιστοιχεί σε μεταβολές της συστάσεως αυτών κατά την οντογένεση των καρπών, που ενισχύει το γεγονός ότι δεν ανευρίσκονται μεταξύ των συστατικών του πηκτινικού κλάσματος τα κύρια συστατικά των ημικυτταρινών ξυλόζη και μαννόζη.

Βάσει των ανωτέρω θα πρέπει να συμπεράνουμε ότι οι παρατηρούμενες μεταβολές της συστάσεως του πηκτινικού κλάσματος κατά τις διάφορες φάσεις της αναπτύξεως και της ωριμάνσεως των καρπών, δηλαδή κατά την περίοδο της υψηλής περιεκτικότητας σε πηκτίνες και τις επόμενες φάσεις, οι μεταβολές αυτές των συστατικών του πηκτινικού κλάσματος θα πρέπει να οφείλονται είτε σε αύξηση της σχετικής αναλογίας των αλυσίδων ραμνογαλακτουρονάνης και ελάττιση των πλαγίων αλυσίδων αραβινογαλακτάνης είτε ελάττιση των διακλαδώσεων.

Δεδομένου ότι δεν διαπιστώθηκε διαφορά στη σύσταση και την σχετική αναλογία των δομικών μονάδων των πηκτινών, δηλαδή του γαλακτουρονικού οξέος, ραμνόζης, γαλακτόζης και αραβινόζης των δύο πηκτινικών κλάσμάτων θα πρέπει να υποθέσουμε ότι οι διαπιστούμενες μεταβολές της αναλογίας των συστατικών των πηκτινών αντιστοιχούν σε μεταβολές της συστάσεως του πηκτινικού κλάσματος στο σύνολο του, τα δε δύο επιμέρους πηκτινικά κλάσματα διαφέρουν όχι τόσο στη σύσταση και στην αναλογία των δομικών μονάδων των μορίων τους ή ακόμη και σε διαφορά μεγέθους του μορίου τους, αλλά κυρίως στην διασύνδεση τους με το γενικότερο πλέγμα του κυτταρικού τοιχώματος.

Τα σχετικά δεδομένα επί των πηκτινικών πολυμερών (διαγράμματα 4) δείχνουν αφενός μεν ότι και τα δύο πηκτινικά κλάσματα I και II συνυπάρχουν καθ'όλα τα στάδια της αναπτύξεως του μεσοκαρπίου και αφετέρου ότι η αναλογία αυτών μεταβάλλεται κατά την διάρκεια της αυξήσεως του μεσοκαρπίου και κατά την ωρίμανση των καρπών. Ειδικότερα ως προς την μεταβολή της σχετικής αναλογίας των δύο αυτών πηκτινικών κλασμάτων διαπιστώνεται ότι ο λόγος αδιάλυτου στο νερό πηκτινικού κλάσματος II προς το διαλυτό στο νερό πηκτινικό κλάσμα I αυξάνει κατά την πορεία της αυξήσεως του μεσοκαρπίου και ελαττώνεται κατά την ωρίμανση. Έτσι ενώ κατά τα αρχικά στάδια και προτού αρχίσει η μεγάλη αύξηση του μεσοκαρπίου το διαλυτό στο νερό πηκτινικό κλάσμα I είναι ή ίσο ή και ελαφρά μεγαλύτερο του αδιάλυτου στο

νερό πηκτινικού κλάσματος II, όταν αρχίζει η αύξηση το αδιάλυτο πηκτινικό κλάσμα II αυξάνει περισσότερο του διαλυτού πηκτινικού κλάσματος I μέχρι των μεγίστων τιμών αυτών που εμφανίζονται κατά την περίοδο κατά την οποία τα κυτταρικά τοιχώματα αποκτούν την μεγαλύτερη ξηρή μάζα τους.

Κατά τα επόμενα στάδια προς την ωρίμανση και την υπερωρίμανση πραγματοποιούνται οι αντίστροφες μεταβολές, ελαττώνεται περισσότερο το αδιάλυτο πηκτινικό κλάσμα II και τέλος προς τα τελικά στάδια της ωριμάνσεως εξισώνεται το αδιάλυτο πηκτινικό κλάσμα ή και καθίσταται εμφανώς μικρότερο του διαλυτού πηκτινικού κλάσματος I.

Το γεγονός ότι η γαλακτόζη και η αραβινόζη βρίσκονται σε πολύ μικρότερη αναλογία σε σχέση με το γαλακτουρονικό οξύ και την ραμνόζη, οδηγεί στην υπόθεση ότι πρόκειται για κοντές πλευρικές αλυσίδες γαλακτάνης, αραβινάνης ή και αραβινογαλακτάνης. Τα συστατικά αυτά έχουν επομένως συνδετικό ρόλο: 1) των αλυσίδων ραμνογαλακτουρονάνης μεταξύ τους και 2) των αλυσίδων ραμνογαλακτουρονάνης με τα πολυμερή των ημικυτταρινών.

Απο τα συστατικά των πηκτινών αυτό που υπόκειται σε εκτεταμένη υδρολυτική δράση από αντίστοιχα ένζυμα είναι το γαλακτουρονικό οξύ. Όπως προέκυψε από την ανάλυση των διαλυτών συστατικών, το γαλακτουρονικό οξύ ήταν το κύριο συστατικό σε διαλυτή μορφή. Επομένως κατά την φάση της ωριμότητας των καρπών προς την υπερωρίμανση σπάζουν οι αλυσίδες της ραμνογαλακτουρονάνης, με αποτέλεσμα να χαλαρώνει το δίκτυο του κυτταρικού τοιχώματος και ολιγομερή γαλακτουρονάνης να περιέρχονται σε διαλυτή μορφή.

Η υδρόλυση των πηκτινών είναι μια σημαντική μεταβολή που παρατηρείται σε ώριμους καρπούς. Υδρολυτική δράση πρέπει να υφίσταται και η ραμνόζη, αλλά σε περιορισμένη έκταση, όπως δείχνουν τα διαγράμματα

Το γεγονός ότι η ραμνόζη δεν ανευρίσκεται σαν διαλυτό συστατικό (διαγράμματα 14.1 έως 14.6), μας οδηγεί να υποθέσουμε ότι η ραμνόζη είναι ο συνδετικός κρίκος της ραμνογαλακτουρονάνης με τις πλευρικές αλυσίδες αραβινογαλακτάνης.

Κατά την εκτενή υδρόλυση των αλυσίδων του γαλακτουρονικού οξέος τα ολιγομερή ραμνόζης - γαλακτουρο-

νικού οξέος συνδέονται με αλυσίδες αραβινόζης, η οποία δεν ανευρίσκεται ομοίως σε διαλυτή μορφή, προσδεδεμένες στερεά σε ημικυτταρινικά πολυμερή.

Επομένως, η μείωση της ποσότητας του κυτταρικού τοιχώματος κατά την ωρίμανση και υπερωρίμανση του καρπού (διαγράμματα 3.1 έως 3.6, κατερχόμενο τμήμα της καμπύλης), οφείλεται κατά ένα μεγάλο μέρος σε απώλεια γαλακτουρονικού οξέος.

Απο τα διαγράμματα που παρετέθησαν στην αντίστοιχη ενότητα, προκύπτει ότι τα τρία είδη πυρηνοκάρπων που εξετάστηκαν έχουν παρόμοιο τύπο μεταβολών των συστατικών των πηκτινών.

Υδρόλυση των πηκτινικών κλασμάτων, άφηνε πάντοτε ένα μικρό μη-υδρολυμένο υπόλειμμα. Αυτό σε συνδυασμό με τα σφάλματα των φασματοφωτομετρικών προσδιορισμών οδηγούσε σε βαθμό ανακτήσεως του πηκτινικού κλάσματος 90-98%. Πρέπει να αναφερθεί ότι πιο έντονες συνθήκες υδρολύσεως δεν βελτίωσαν τον βαθμό ανακτήσεως.

Στα διαγράμματα 8.1 έως 8.6 θεωρήθηκαν οι μεταβολές του ολικού πηκτινικού κλάσματος δεδομένου ότι οι μεταβολές των συστατικών του πρώτου και δευτέρου πηκτινικού κλάσματος δεν οδηγούσαν σε σαφή συμπεράσματα.

Το πρωτογενές τοίχωμα των καλλιεργημένων κυττάρων του *Acer pseudoplatanus* περιέχει 35% πηκτινικούς πολυσακχαρίτες. Τα κυτταρικά τοιχώματα αυτών των κυττάρων έχουν μελετηθεί με περυσσότερη λεπτομέρεια από τα ΠΚΤ οποιουδήποτε άλλου δικοτύλου φυτού και, αν και δεν θα ήταν χρήσιμο αυτή την στιγμή που διεξάγεται τόσο έντονη ερευνητική προσπάθεια σε διεθνές επίπεδο να συμπεράνουμε οριστικά, ότι οι δομές που έχουν αποδειχθεί σ' αυτά τα τοιχώματα εφαρμόζονται παγκοσμίως στα τοιχώματα όλων των δικοτύλων, παρόλα αυτά αποτελούν ένα χρήσιμο και λεπτομερές υπόδειγμα που φαίνεται να μοιάζει αρκετά με τα ΠΚΤ άλλων δικοτύλων σχετικά με την δομή. [38]

Η ομάδα των ερευνητών που καθοδηγείται από τον Albersheim έχει πρωτοτύπως αναφέρει ότι στο ΚΤ των καλλιεργημένων κυττάρων του *Acer pseudoplatanus* τα πηκτινικά πολυμερή αποτελούνται από σκελετό ραμνογαλακτουρονάνης, προσαρτημένη β-(1,4)-D-γαλακτάνη και πλευρικές αλυσίδες διακλαδισμένης αραβινάνης. Συμπληρωματικά δεδομένα αυτής της ομάδας [McNeilet al. (1980)

108] δείχνουν ότι τα ηκτηνικά πολυμερή του *Acer pseudoplatanus* έχουν ένα μεγαλύτερο βαθμό πολυπλοκότητας από ότι παλαιότερα εθεωρείτο. Η ραμνογαλακτουρονάνη I, ένα κλάσμα του κυτταρικού τοιχώματος που υπολογίζεται σε 23% των ηκτηνικών πολυσακχαριτών μπορεί να απομονωθεί από το κυτταρικό τοίχωμα του *Acer pseudoplatanus*, έχει μοριακό βάρος περίπου 200.000 και ο σκελετός της αλυσίδας αποτελείται από μονάδες D-γαλακτουρονικού οξέος και L-ραμνόζης σε σχέση 2:1. Περίπου οι μισές από τις μονάδες της L-ραμνόζης είναι 2-συνδεδεμένες και είναι προσαρτημένες στον C(4) των μονάδων του γαλακτουρονικού οξέος με γλυκοζιδικό δεσμό. Οι υπόλοιπες από τις μονάδες της L-ραμνόζης είναι 2,4-συνδεδεμένες με μια ομάδα μονάδων D-γαλακτουρονικού οξέος με γλυκοζιδικό δεσμό προσαρτημένες στο 0-2 και πλευρικές αλυσίδες κατά μέσο όρο 6 μονάδων κατά μήκος (μικρότερες από ότι προβλέπεται για τις προσαρτημένες στο 0-4). [108,38]

Αυτές οι πλευρικές αλυσίδες φαίνεται να είναι πιο σύνθετες και περισσότερο ποικίλουσες από ότι αρχικά είχε υποθεθεί. Υπάρχουν αρκετές διαφορετικές πλευρικές αλυσίδες που περιέχουν ποικιλοτρόπως συνδεδεμένες μονάδες L-αραβινόζης και D-γαλακτόζης ή και τα δύο μαζί, καθώς και τερματικές μονάδες-συγκροτήματα D-γαλακτουρονικού οξέος. [38]

Η ραμνογαλακτουρονάνη II, ένα ξεχωριστό πολυσακχαρικό κλάσμα απομονωμένο από ΚΤ του *Acer pseudoplatanus* αποτελεί το 13% των ηκτηνικών πολυμερών και έχει μια ακόμη περισσότερο σύνθετη δομή περιέχοντας πολλά διαφορετικά απλά σάκχαρα. [36,38]

Όμως, η αποδοχή των ηκτηνικών πολυμερών σαν συγκροτήματος που περιλαμβάνουν σκελετό ραμνογαλακτουρονάνης με πλευρικές αλυσίδες που περιέχουν κυρίως μονάδες γαλακτόζης και αραβινόζης προσαρτημένες σε μονάδες ραμνόζης του σκελετού εξακολουθεί να βρίσκει ευρεία αποδοχή σ' αυτό το πεδίο. [79,38]

Η απόδειξη (βασισμένη κυρίως σε ενζυμική υδρόλυση και ανάλυση των συνδέσμων) για την προσαρμογή των μονάδων D-γαλακτόζης των ηκτηνικών αλυσίδων στην ξυλογλυκάνη συνδεδεμένη με δεσμούς υδρογόνου με τα ινίδια της κυτταρίνης στα τοιχώματα του *Acer pseudoplatanus*, είναι πειστική. [38] Δεν υπάρχει επαρκής λεπτομερής ανάλυση των κυτταρικών τοιχωμάτων των καρπών που να επιτρέπει το συμπέρασμα, ότι το μοντέλο που

προτείνεται για τα ΚΤ των καλλιεργημένων κυττάρων *Aspergillus pseudoperlatanus* εφαρμόζεται στα παρεγχυματικά κύτταρα των καρπών, αλλά ο Khee δείχνει ότι το μοντέλο ταιριάζει στα μήλα. [83, 85, 38]

Η σύσταση των κυτταρικών τοιχωμάτων των καρπών σε αρκετές ερευνητικές εργασίες προσδιορίζεται σαν κλάσμα αδιάλυτο σε αιθανόλη, το οποίο αποτελείται κυρίως από το κυτταρικό τοίχωμα και το μεσοτοίχιο. Οι Jermyn και Isherwood βρήκαν ότι αυτό το κλάσμα σε ώριμα αχλάδια περιέχει 21,4% γλυκάνη, 3,5% γαλακτάνη, 1,1% μαννάνη, 21% ξυλάνη, 10% αραβάνη, 11,5% πολυγαλακτουρονικό οξύ και 16,1% λιγνίνη. [Jermyn et al (1956) 70]

Ο Khee και οι συνεργάτες του βρήκαν βέβαιες συγκρίσιμες μεταβολές στο ΗΚΤ του παρεγχύματος της φράουλας κατά την διάρκεια της ωριμάνσεως, αν και το ΚΤ της φράουλας φαίνεται να είναι διαφορετικό από το τοίχωμα του μήλου κατά μερικές εκτιμήσεις. [84] Στο τοίχωμα ανώριμης φράουλας υπάρχουν χαμηλές στάθμες αραβινόζης, γαλακτόζης και ξυλόζης σε σχέση με αυτές του μήλου στο αντίστοιχο στάδιο αναπτύξεως, το οποίο μπορεί να σημαίνει ότι υπάρχουν λιγότερες πηκτινικές πλευρικές αλυσίδες διαθέσιμες για διασύνδεση της ραμνογαλακτουρονάνης με τα μικροϊνίδια της κυτταρίνης. [38] Επιπροσθέτως η γαλακτουρονάνη στα τοιχώματα της φράουλας σε ανώριμο στάδιο φαίνεται να εκχυλίζεται πιο εύκολα με υδατικά εκχυλιστικά μέσα, σε σχέση με το τοίχωμα ανώριμου μήλου. Επομένως, σε αντίθεση με την γαλακτουρονάνη των τοιχωμάτων ανώριμων μήλων, η οποία μπορεί να απελευθερωθεί μόνο με έντονες διαδικασίες κλασματώσεως (ουδέτερα υδατικά μέσα που περιέχουν EDTA στους 100° και εκχύλιση με διαλυτό άλκαλι), περισσότερο από την μισή της συνολικής γαλακτουρονάνης των τοιχωμάτων της ανώριμης φράουλας είναι διαλυτοποιήσιμη (μπορεί να διαλυτοποιηθεί με εκτενή έκθεση στους 20 °C σε ένα ουδέτερο υδατικό μέσο που περιέχει EDTA). [84, 38]

Τουλάχιστον η μισή από την γαλακτουρονάνη των ανώριμων τοιχωμάτων φράουλας είναι ασθενώς συνδεδεμένη και πιθανώς σταθεροποιείται στο τοίχωμα από την παρουσία ιόντων ασβεστίου, τα οποία αντιδρούν με τις ελεύθερες καρβοξυλικές ομάδες της γαλακτουρονάνης. Ελεύθερη υδατοδιαλυτή (χωρίς την παρουσία EDTA) γαλακτουρονάνη στο τοίχωμα φράουλας αυξανόταν πολύ κατά την διάρκεια της ωριμάνσεως. [84] Αυτή η διαλυτοποίηση μπορεί να οφείλεται στην διάσπαση της δομής του τοι-

χώματος με δραστικότητα γαλακτουρονάσης ή με απώλεια του ασβεστίου που σταθεροποιεί την δομή, λόγω της αυξανόμενης μεθυλίωσης της γαλακτουρονάνης ή και των δυο. Αυτό μπορεί να σημαίνει ότι, όπως και στο μήλο, είναι το νεοσυντεθειμένο πολυμεθυλογαλακτουρονικό, το οποίο αντικαθιστά αποεστεροποιημένη γαλακτουρονάνη που μετακινείται από το μεσοτοίχιο με δραστικότητα πολυγαλακτουρονάσης κατά την διάρκεια της ωριμάνσεως, η οποία οδηγεί στον διαχωρισμό των κυττάρων. [84,38]

Μελέτες των μεταβολών του ΚΤ που σχετίζονται με την ωρίμανση μήλων έχουν γίνει από τον Knee [(1973, 1975) 82,83,85], όπου η ανάλυση των πολυσακχαριτών και γλυκοπρωτεϊνών που υπάρχουν στο ΚΤ του μήλου, με συνδυασμό εκχυλιστικών και χρωματογραφικών μεθόδων μαζί με *in vitro* ανάλυση των κλασμάτων που απελευθερώνονται από το τοίχωμα με χρήση διαφόρων ενδογλυκανασών απομονωθέντων από μικροοργανισμούς [Knee et al (1975) 85], έδειξαν ότι οι πηκτινικές πλευρικές αλυσίδες κυτταρικών τοιχωμάτων μήλων περιέχουν μονάδες γαλακτόζης και αραβινόζης. [38] Υπάρχουν ισχυρές ενδείξεις (όχι όμως αποδείξεις), ότι αυτές οι πλευρικές αλυσίδες συνδέουν τον σκελετό της ραμνογαλακτουρονάνης με την πλούσια σε υδρόξυ-L-προλίνη γλυκοπρωτεΐνη του τοιχώματος, που περιέχει τετρα-αραβινοζίδια προσαρμοσμένα σε μονάδες της υδρόξυ-L-προλίνης.

Καθαρισμένη πηκτίνη μήλων περιέχει, κατά τον Pressey [(1977) 128] 1,2% ραμνόζη, 9,3% αραβινόζη, 1,4% γαλακτόζη, 0,8% ξυλόζη και ίχνη από φουκόζη, 2-0-μεθυλοξυλόζη και 2-0-μεθυλοφουκόζη. Γαλακτουρονογαλακτόζη και γαλακτουρονοξυλόζη έχουν ταυτοποιηθεί σε υδρολύματα πηκτίνης μήλου, αλλά ο τρόπος διασυνδέσεως των δομικών μονάδων παραμένει άγνωστος. Δεν έχει ξεκαθαριστεί επίσης αν τα ουδέτερα σάκχαρα βρίσκονται στην αλυσίδα της γαλακτουρονάνης ή σαν διακλαδώσεις της αλυσίδας. Οι Rees και Wight [(1969) 131] προσδιόρισαν ότι το 60% των πηκτινών από κοτύλες μουστάρδας φέρουν πλευρικές αλυσίδες. Θεωρείται ότι η διακλάδωση των αλυσίδων γαλακτουρονικού οξέος πραγματοποιείται κυρίως στον C(3). Για τις πηκτίνες όμως από ιστούς καρπών θεωρείται ότι είναι πολύ λιγότερο διακλαδισμένες. [128]

Επειδή η αραβινάνη και η γαλακτάνη συνοδεύουν συχνά την γαλακτουρονάνη σε παρασκευάσματα πηκτινών από διάφορους καρπούς, πολλοί ερευνητές σε πρόσφατες εργασίες τους εκφράζουν τους πηκτινικούς πολυσακχαρί-

τες σε τρεις ομάδες.[128] Ένας πιθανός λόγος γιαυτή την εμφανιζόμενη σύνδεση μπορεί να είναι απλά ότι οι διαλυτότητες τους είναι παρόμοιες, αν και πρόσφατες μελέτες των πηκτινικών πολυσακχαριτών από καλλιεργημένα κύτταρα *Acer pseudoplatanus* δείχνουν ομοιοπολική σύνδεση. Κατά τον Pressey οι Hirst και Jones διεχώρισαν τις αραβινάνες από πηκτίνες μήλων και εσπεριδοειδών και βρήκαν ότι αυτές αποτελούνται κυρίως από αραβινόζη σε μορφή διακλαδισμένη σε υψηλό βαθμό. Μεταγενέστεροι ερευνητές αμφισβήτησαν την ύπαρξη ομοαραβινάνης.[128] Οι Barret και Northcote απομόνωσαν από πηκτίνη μήλων ένα σύμπλοκο αραβινάνης-γαλακτάνης που περιείχε περίπου ίσες ποσότητες μονομερών, αλλά δεν μπόρεσαν να διαχωρίσουν τα δύο συστατικά αυτού του κλάσματος των πολυσακχαριτών.[Barret et al (1965) 16] Αντίθετα, οι Talmadge et al έδειξαν ότι διακλαδισμένη αραβινάνη και γραμμική γαλακτάνη απελευθερώνονται από πηκτίνη κυττάρων *Acer pseudoplatanus* μετά από επεξεργασία με ενδοπολυγαλακτουρονάση. Η γαλακτάνη των πηκτινών καρπών δεν έχει ταυτοποιηθεί πλήρως, αλλά σε αναλογία με την γαλακτάνη του *Lupinus albus* θεωρείται ότι είναι ένα γραμμικό β-1,4-πολυμερές. Εκτός από τις κατά βάση ομογενείς αραβινάνες και γαλακτάνες, πολύ διακλαδισμένοι πολυσακχαρίτες που περιέχουν αραβινόζη και γαλακτόζη είναι αρκετά διαδεδομένοι στα ανώτερα φυτά.[128,145]

4.2 ΤΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΩΝ ΗΜΙΚΥΤΤΑΡΙΝΩΝ

Τα ημικυτταρινικά κλάσματα αποτελούντο, όπως είδαμε, από ξυλόζη, μαννόζη, αραβινόζη, γαλακτόζη, γλυκόζη και γλυκουρονικό οξύ. Οι ημικυτταρίνες του κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου περιείχαν τα περισσότερα συστατικά σε σχέση με τα υπόλοιπα κλάσματα.

Από τα συστατικά αυτά σε μεγαλύτερη αναλογία ήταν η μαννόζη και η ξυλόζη. Έτσι μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι ημικυτταρίνες του κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου είναι κατά βάση ξυλάνες, μαννάνες ή ξυλομαννάνες, που αποτελούν τα κύρια ημικυτταρινικά πολυμερή.

Το γεγονός ότι αραβινόζη και γαλακτόζη ανευρίσκονται σε περίπου ίσες ποσότητες στο πηκτινικό όσο και στο ημικυτταρινικό κλάσμα, μας πληροφορεί ότι η

αραβινόζη και η γαλακτόζη συνδέουν τα δύο αυτά κλάσματα μεταξύ τους, όχι όμως και με το κυτταρινικό κλάσμα, το οποίο δεν περιέχει σαν συστατικά την αραβινόζη και την γαλακτόζη.

Σε μικρή επίσης αναλογία υπάρχουν η γλυκόζη και το γλυκουρονικό οξύ. Η γλυκόζη πρέπει να δεχθούμε ότι είναι μή-κυτταρινική, διότι οι συνθήκες παραλαβής του ημικυτταρινικού κλάσματος (αλκαλικές) δεν διασπούν την κυτταρίνη, που απαιτεί όξινες συνθήκες υδρολύσεως. Έτσι τα ημικυτταρινικά πολυμερή είναι γλυκογλυκούρονοξυλομαννάνες, δηλαδή η γλυκόζη και το γλυκουρονικό οξύ αποτελούν συστατικά, σε μικρή αναλογία ευρισκόμενα, των ημικυτταρινικών πολυμερών. Δεν αποκλείεται αυτά να αποτελούν τον συνδετικό κρίκο ανάμεσα στα πολυμερή ξυλόζης-μαννόζης και στα πολυμερή αραβινόζης-γαλακτόζης.

Παρατηρούμε ότι κατά την διάρκεια της αναπτύξεως των καρπών η ξυλόζη και η μαννόζη βρίσκονται σε ίσες περίπου αναλογίες και οι μεταβολές τους πραγματοποιούνται κατά παρόμοιο τρόπο. Ανάλογη παρατήρηση μπορεί να γίνει και για το ζεύγος αραβινόζης-γαλακτόζης και επιπλέον ότι ο τρόπος μεταβολής τους διαφέρει από τον αντίστοιχο ξυλόζης-μαννόζης.

Αυτές οι παρατηρήσεις δείχνουν ότι τα προηγούμενα ζεύγη σακχάρων αποτελούν τα βασικά δομικά συστατικά δύο πολυμερών με διαφορετικό ρόλο μέσα στο κυτταρικό τοίχωμα.

Τα διαγράμματα 5.1 έως 5.6, 11.1 έως 11.6, 15.1 έως 15.6 δείχνουν ότι πιθανώς να υπάρχει ενζυμική υδρόλυση των συστατικών των ημικυτταρινών, περιορισμένης όμως εκτάσεως. Η παρατήρηση αυτή διερευνήθηκε περισσότερο, δεδομένου ότι δεν υπάρχουν σαφή βιβλιογραφικά δεδομένα που να δηλώνουν υδρόλυση των ημικυτταρινών των καρπών, όπως συμβαίνει με τις πηκτίνες.

Από τα δεδομένα που αφορούν τα διαλυτά συστατικά βρίσκουμε μαννοζη σε διαλυτή μορφή, όπως επίσης και γαλακτόζη, σε ποσότητες πολύ μικρότερες από αυτές του γαλακτουρονικού οξέος. Έτσι οδηγηθήκαμε στον προσδιορισμό της δραστηριότητας τέτοιων ενζύμων, στις Κορομηλιές του δευτέρου κύκλου δειγματοληψιών (1984). Τα αποτελέσματα των ενζυμικών αναλύσεων, που αναλύονται σε επόμενη ενότητα επιβεβαιώνουν την παρατήρηση αυτή.

Και τα τρία είδη πυρηνοκάρπων έχουν παρόμοιο τύπο μεταβολών των συστατικών των ημικυτταρινών. Όμως υπάρχουν μικροδιαφορές που συνίστανται: 1) στην έλλειψη γλυκουρονικού οξέος στην Ροδακινιά και Βερυκοκκιά, 2) στον τρόπο συμμεταβολής του ζεύγους ξυλόζης-μαννόζης, και 3) στις υφιστάμενες ενδείξεις ότι οι ενζυμικές δράσεις επί των ημικυτταρινών είναι εντονότερες στην Κορομηλιά και Ροδακινιά, ενώ είναι ασθενέστερες στη Βερυκοκκιά.

Σχετικά με τον βαθμό ανακτήσεως του ημικυτταρινικού κλάσματος ισχύουν διαπιστώσεις ανάλογες με αυτές που αναφέρθηκαν για το πηκτινικό κλάσμα, όπως επίσης και για την θεώρηση των μεταβολών των συστατικών του ολικού ημικυτταρινικού κλάσματος και όχι των επιμέρους ημικυτταρινικών κλασμάτων.

Δεν διαπιστώθηκαν συστηματικές διαφορές στην σύσταση των δύο κλασμάτων ημικυτταρινών που να μας υποχρεώνει να διακρίνουμε το ένα κλάσμα από το άλλο. Το γεγονός αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως ένδειξη ότι η διαφορά των δύο κλασμάτων σχετίζεται περισσότερο με την θέση αυτών στο πλέγμα και την διασύνδεση καθενός από τα δύο αυτά κλάσματα με τα άλλα συστατικά των κυτταρικών τοιχωμάτων και ιδιαίτερα με τον βασικό σκελετό αυτών.

Τα υφιστάμενα πειραματικά δεδομένα μπορούν να θεωρηθούν ως σαφείς ενδείξεις ότι οι ημικυτταρίνες κατά την ωρίμανση των καρπών υφίστανται διάσπαση και κινητοποίηση, η οποία όπως δείχνουν τα δεδομένα για ενζυμικές δραστηριότητες θα πρέπει να οφείλεται σε περισσότερες από μια ενζυμικές δράσεις. Επί αυτών θα αναφερθούμε λεπτομερέστερα αργότερα. Γεγονός πάντως είναι ότι συνέπεια της διασπάσεως και κινητοποίησης των ημικυτταρινών πραγματοποιείται συχνά σημαντική ελάττωση αυτών κατά το τέλος της ωριμάνσεως σε σύγκριση με τις μέγιστες τιμές αυτών που παρατηρούνται πριν από την έναρξη της ωριμάνσεως.

Επειδή τα διαλυτά συστατικά μαννόζη και γαλακτόζη ανευρίσκονται σε πολύ μικρότερες ποσότητες από το γαλακτουρονικό οξύ θα πρέπει να θεωρηθούν ότι είναι συστατικά περισσότερο ημικυτταρινών, πράγμα το οποίο καθώς θα δούμε αργότερα συνδέεται με τις διαπιστούμενες ενζυμικές δραστηριότητες. Τα σχετικά δεδομένα επί των ημικυτταρινικών πολυμερών δείχνουν αφενός μεν ότι και τα δύο ημικυτταρινικά κλάσματα I και II συνυπάρχουν σε

όλα τα στάδια της αναπτύξεως του μεσοκαρπίου και αφετέρου ότι η αναλογία αυτών μεταβάλλεται κατά την διάρκεια της αυξήσεως του μεσοκαρπίου και κατά την ωρίμανση των καρπών. Επομένως, θα πρέπει να θεωρηθεί ότι κατά την διάρκεια των μεταβολών της συστάσεως του ημικυτταρινικού κλάσματος κατά την περίοδο της υψηλής περιεκτικότητας σε ημικυτταρίνες οι μεταβολές αυτές των συστατικών του ημικυτταρινικού κλάσματος θα πρέπει να οφείλονται είτε σε αύξηση της σχετικής αναλογίας των αλυσίδων ξυλομαννάνης και ελάττωση των πλαγίων αλυσίδων αραβινογαλακτάνης είτε ελάττωση των διακλαδώσεων.

Δεδομένου ότι δεν διαπιστώθηκε διαφορά στην σύσταση και την σχετική αναλογία των δομικών μονάδων των ημικυτταρινών, των δύο επιμέρους ημικυτταρινικών κλάσμάτων καθίσταται εμφανές ότι οι διαπιστούμενες μεταβολές της αναλογίας των συστατικών των ημικυτταρινών αντιστοιχούν στις μεταβολές της συστάσεως του ημικυτταρινικού κλάσματος. Τα δε δύο επιμέρους ημικυτταρινικά κλάσματα I και II διαφέρουν όχι τόσο στη σύσταση και αναλογία των δομικών μονάδων των μορίων τους και σε διαφορά μεγέθους του μορίου τους, αλλά στη σύνδεση αυτών με το πλέγμα του κυτταρικού τοιχώματος.

Από τα αναφερόμενα στη βιβλιογραφία παραθέτουμε τα επόμενα στοιχεία:

Κλάσματα που μπορούν να ληφθούν από τα ΚΤ του παρεγγύματος μήλων με εκχύλιση δια διαλύματος αλκάλειου στους 20°C, ακολουθούμενη από τεχνικές διαχωρισμού με χρωματογραφία στήλης, περιέχουν ένα κλάσμα ουδετερωμένων πολυσακχαριτών που περιέχει κυρίως μονάδες ξυλόζης και γλυκόζης, μια γλυκοπρωτεΐνη στην της οποίας ο υδατανθρακικός σκελετός περιέχει γλυκόζη και ξυλόζη και μια γλυκοπρωτεΐνη που περιέχει ουρονικό οξύ, αραβινόζη και γαλακτόζη καθώς επίσης γλυκόζη και ξυλόζη. [85, 38]

Ο ουδέτερος πολυσακχαρίτης μπορεί να είναι μια ημικυτταρινική ξυλογλυκάνη συγκρίσιμη με την ξυλογλυκάνη του ΠΚΤ του *Acer pseudoplatanus* και οι δύο γλυκοπρωτεΐνες μπορεί να είναι ένα κλάσμα ξυλογλυκάνης-γλυκοπρωτεΐνης του τοιχώματος και ένα κλάσμα πηκτινικού πολυμερούς-ξυλογλυκάνης-γλυκοπρωτεΐνης του ΚΤ αντίστοιχα. Τα τρία κλάσματα προέρχονται πιθανώς από διάφορους βαθμούς αλκαλικής διασπάσεως των δεσμών μέσα στο τοίχωμα, ιδιαίτερα των δεσμών μεταξύ της ημικυτταρίνης και άλλων πολυμερών του τοιχώματος. [38]

Η προσάρτηση ξυλόζης και γλυκόζης σε πρωτεΐνη και σε μονάδες χαρακτηριστικές των πηκτινικών πολυμερών οδήγησαν τον Khee να υποθέσει ότι υπάρχει εκτενής διασύνδεση πιθανώς ομοιοπολική μεταξύ των πηκτινικών πολυμερών, ημικυτταρινών και γλυκοπρωτεϊνών στα ΚΤ μήλων, με τις πηκτινικές πλευρικές αλυσίδες να παρέχουν τις συνδέσεις μεταξύ της ραμνογαλακτουρονάνης και άλλων πολυμερών του τοιχώματος. [82, 83, 38] Εθεώρησε ότι αυτή η διασύνδεση προσφέρει στα ΚΤ συστατικά αδιάλυτα και συνεισφέρει στις δομικές ιδιότητες του άωρου ιστού του καρπού, τόσο από την πλευρά της συνεκτικότητας του ΚΤ, όσο και της διακυτταρικής συναφείας. [38]

Η διάσπαση τέτοιων διασυνδέσεων με ενζυμική δραστηριότητα μπορεί να είναι η διεργασία-κλειδί στην αποδόμηση του τοιχώματος, μέσω διαλυτοποιήσεως των συστατικών των πολυμερών που οδηγεί στον διαχωρισμό των κυττάρων. Ο Khee συμπεραίνει ότι τα δεδομένα που προέκυψαν από την ανάλυση του τοιχώματος μήλων βρίσκονται σε συμφωνία με το μοντέλο της δομής για τα ΠΚΤ των δικοτύλων, που προτάθηκε από τον Albersheim και τους συνεργάτες του, με την επιφύλαξη ότι οι φαινομενικοί δεσμοί μεταξύ των πολυμερών στα ΚΤ μήλων μπορεί να είναι προϊόντα συσσωματώσεως μεταξύ των πολυμερών που γίνονται μετά την εκχύλιση, παρά δεσμοί που πραγματικά υπάρχουν *in vivo*. [79, 38]

4.3 ΤΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΗΣ ΚΥΤΤΑΡΙΝΗΣ

Το κυτταρινικό κλάσμα περιελάμβανε την γλυκόζη, την μαννόζη και την ξυλόζη. Η γλυκόζη είναι η δομική μονάδα της κυτταρίνης. Πράγματι ήταν το συστατικό που βρισκόταν στη μεγαλύτερη αναλογία.

Το κυτταρινικό κλάσμα περιείχε επίσης ως προσμίξεις την μαννόζη και την ξυλόζη. Το γεγονός ότι τα συστατικά αυτά ευρέθησαν σε μικρές αναλογίες μέσα στο κυτταρινικό κλάσμα και ότι οι ποσότητες τους ελάχιστα μεταβάλλονταν κατά την διάρκεια της αναπτύξεως των καρπών, μας οδηγεί να υποθέσουμε ότι τα συστατικά αυτά είναι οι ακραίες δομικές μονάδες των αλυσίδων ημικυτταρίνης, οι οποίες αποτελούν τους συνδέσμους με την κυτταρίνη. Παρατηρούμε επίσης ότι η ξυλόζη και η μαννόζη βρίσκονται σε περίπου ίσες ποσότητες μεταξύ τους. Αυτή η διαπίστωση ενισχύει την υπόθεση την σχε-

τική με τις ημικυτταρίνες ότι το ζεύγος ξυλόξης-μαννόξης αποτελούν δομικά συστατικά ενός πολυμερούς.

Τα πειραματικά δεδομένα δεν δείχνουν ενζυμική υδρόλυση της κυτταρίνης διότι δεν παρατηρείται μείωση της περιεκτικότητας σε κυτταρινική γλυκόζη. Στα διαγράμματα 15.1 έως 15.6 βλέπουμε ότι κατά την υπερωρίμανση των καρπών αυξάνει το ποσοστό της γλυκόξης στο κυτταρικό τοίχωμα σαν συνέπεια της μείωσης του ποσοστού άλλων συστατικών.

Τα κυτταρικά τοιχώματα της τομάτας περιέχουν 17% κυτταρίνη, 22% πηκτίνη, 17% πρωτεΐνη, 21% αραβινάνη-γαλακτάνη και 13-23% γλυκόζη+ξυλόζη. Ο Khee αναφέρει ότι η σύσταση του αδιαλύτου σε ακετόνη υπολείματος μήλων σε mg/g ιστού είναι 2,58 αραβινόζη, 0,52 ξυλόζη, 3,81 γαλακτόζη, 32,8 γλυκόζη και 3,53 γαλακτουρονικό οξύ. [128, 82, 83, 85]

Κατά τους Dey και Brinson [38] δραστηριότητα κυτταρινάσης έχει ανιχνευθεί σε μια ποικιλία καρπών, όπως είναι τα αχλάδια, οι μπανάνες, ο ανανάς, τα δαμάσκηνα, τα ροδάκινα, τα σταφύλια, οι τομάτες, τα πορτοκάλια κ.ά. Επιπλέον η στάθμη της δραστηριότητας στους μαλακούς ιστούς αυξάνει κατά την κλιμακτήριο και συνεχίζει να αυξάνει κατά την υπερωρίμανση στις τομάτες. Όμως το αν αυτή η δραστηριότητα της κυτταρινάσης συμμετέχει σημαντικά ή όχι στο μαλάκωμα του ιστού κατά την διάρκεια της ωριμάνσεως, είναι θέμα ανοικτό για έρευνα. [38]

Αν και στα ροδάκινα υπάρχουν μικρές αλλά διακριτές μεταβολές στο μέγεθος των κυτταρινικών μικροϊνιδίων και στο ποσοστό της κρυσταλλικότητας κατά την διάρκεια της ωριμάνσεως σαν απόδειξη μιας περιορισμένης αποδομήσεως της κυτταρίνης [128] εν τούτοις υπάρχει μικρή συσχέτιση μεταξύ της στάθμης της δραστηριότητας της κυτταρίνης και της εκτάσεως του μαλακώματος του ιστού στην τομάτα. [Hobson (1968) 58]

Η περιεκτικότητα του κυτταρικού τοιχώματος του παρεγχύματος μήλων σε κυτταρίνη παρέμενε σταθερό κατά την διάρκεια της ωριμάνσεως [38], ενώ αναφέρεται [50] μια μικρή αύξηση της κυτταρίνης στα τοιχώματα του παρεγχύματος της τομάτας κατά την αντίστοιχη περίοδο. Αν και υπάρχουν αναφορές για αποδόμηση των μικροϊνιδίων κυτταρίνης σε αχλάδια [38], οι Ahmed και Labavitch σε εργασία τους [1] αναφέρουν ότι η κυτταρίνη του ΚΤ του παρεγχύματος αχλαδιών είναι σταθερή

καθ' όλη την διάρκεια της περιόδου ωριμάνσεως. Παρόμοια αντιφατικά ευρήματα κατά τους Dey et al [38] έχουν αναφερθεί για mango που ωριμάζει, όπου οι Leley et al αναφέρουν αποδόμηση της κυτταρίνης, ενώ οι Rolz et al δεν βρίσκουν αποδείξη καταρρέυσεως της κυτταρίνης στο ώριμο, μαλακό ιστό.

Απο τα πειραματικά δεδομένα προκύπτει πάντως ότι η δραστηριότητα της ενδογενούς κυτταρινάσης σε μικροϊνίδια του ΠΚΤ δεν συνεισφέρει σημαντικά στο μαλάκωμα του ιστού των καρπών που συνοδεύει την ωρίμανση. [38]

Σε γειτονικές αλυσίδες κυτταρίνης διαπιστώνεται με την βοήθεια των ακτίνων-X η ύπαρξη δεσμών υδρογόνου μεταξύ των C(6) και C(2). Οι ακραίες μονάδες της αλυσίδας του μακρομορίου έχουν τέσσερα ελεύθερα υδροξύλια, από τα οποία το ένα της μιας μονάδας είναι γλυκοζιδικό και συνεπώς ευαίσθητο σε όξινο περιβάλλον, ενώ οι ενδιάμεσες μόνο τρία ελεύθερα υδροξύλια. [12,35]

Η καθαρή κυτταρίνη υφίσταται μερικό αποπολυμερισμό με πυκνά οξέα (διάλυση σε 72% H_2SO_4), ο οποίος συνεχίζεται και ολοκληρώνεται εν θερμώ με αραιά οξέα (1% H_2SO_4). Κατ' αρχάς λαμβάνονται ως προϊόντα υδρόλυσεως παράγωγα με μικρότερο βαθμό πολυμερισμού και στη συνέχεια ολιγοσακχαρίτες από τέσσερεις, τρεις, και δύο μονάδες γλυκόζης (κελλοβιόζη) και τέλος γλυκόζη. Αυτοί οι ολιγοσακχαρίτες αποτελούνται από β-D-γλυκόζη με γλυκοζιδικούς δεσμούς (1,4). [12,129] Τα δεδομένα αυτά δείχνουν ότι η κυτταρίνη είναι πράγματι πολυμερές της β-D-γλυκόζης χωρίς διακλαδώσεις και με υψηλό βαθμό πολυμερισμού, το οποίο χαρακτηρίζεται ως α-κυτταρίνη. Ένα τέτοιο πολυμερές με βαθμό πολυμερισμού 5.000 έχει μήκος 2,5μ περίπου, οπότε το μήκος της φυσικής κυτταρίνης είναι της τάξεως των μικροσκοπικών διαστάσεων. Κατά τις διάφορες επεξεργασίες λόγω μερικού αποπολυμερισμού ελαττώνονται οι διαστάσεις του μορίου. Όταν ο βαθμός πολυμερισμού κατέλθει στην τάξη των 50-200 μονάδων γλυκόζης η κυτταρίνη χαρακτηρίζεται ως β-κυτταρίνη, ενώ αν ο βαθμός πολυμερισμού κατέλθει στην τάξη των 20 μονάδων, τότε χαρακτηρίζεται ως γ-κυτταρίνη. [12,129]

Για στερεοχημικούς λόγους και ειδικότερα λόγω σχηματισμού γεφυρών υδρογόνου μεταξύ των υδροξυλικών ομάδων των μονάδων της γλυκόζης στο μόριο της κυττα-

ρίνης, δεν είναι ευχερής η περιστροφή περί τον γλυκοζιδικό δεσμό. Έτσι το μόριο παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερη σταθερότητα όσον αφορά ενδομοριακές περιστροφές περί τον άξονα, σε σύγκριση με τα μόρια άλλων πολυσακχαριτών. [147,130]

Η δομή της κυτταρίνης διακρίνεται σε χημική και φυσική. [12] Τα σχετικά με την φυσική δομή της κυτταρίνης αναφέρθηκαν στην ενότητα που αφορά την δομή και την οργάνωση του ΠΚΤ (μικροϊνίδια κυτταρίνης). Η κυτταρίνη, όπως και τα υπόλοιπα συστατικά πολυμερή του κυτταρικού τοιχώματος, είναι πολύ υδρόφιλη λόγω της παρουσίας υδροξυλικών ομάδων στο μόριο της και για τον λόγο αυτό δεσμεύει και συγκρατεί ισχυρά το νερό. [42]

Τα πολυμερή της κυτταρίνης μπορεί να έχουν περισσότερες από 15.000 δομικές μονάδες γλυκόζης σε μια αλυσίδα. Υπάρχουν λίγες, αν υπάρχουν ομοιοπολικές διασυνδέσεις μεταξύ των παραπλεύρων αλυσίδων, αλλά δεσμοί υδρογόνου μεταξύ των υδροξυλικών ομάδων είναι αρκετά εκτενείς, τόσο μέσα στις αλυσίδες όσο και μεταξύ των αλυσίδων. [12,35,42] Συνεπώς, η κυτταρίνη είναι αδιάλυτη σε όλους τους διαλύτες εκτός από εκείνους που προκαλούν την υδρόλυση των γλυκοζιδικών δεσμών μεταξύ των μονάδων ή σπάζουν τους υδρογονικούς δεσμούς μεταξύ των αλυσίδων. [35]

Η απομόνωση της κυτταρίνης απαιτεί την διαλυτοποίηση όλων των άλλων μακρομοριακών συστατικών, ιδιαίτερα των ημικυτταρινών, ξυλανών και γλυκομαννανών. Λόγω της αδιαλυτότητας της κυτταρίνης στους περισσότερους διαλύτες δεν επιτυγχάνεται πλήρης απομάκρυνση (διαλυτοποίηση) όλων των μη-κυτταρινικών συστατικών και κατά συνέπεια η κυτταρίνη περιέχει και ελάχιστα σακχαρικά συστατικά διαφορετικά από εκείνα της D-γλυκόζης. [12]

Υπάρχουν δομικές ομοιότητες μεταξύ της κυτταρίνης και των ξυλανών και γλυκομαννανών, διότι όλες αυτές συνδέονται με β-1,4-D-γλυκάνες και εξηγείται η φυσική προσάρτηση αυτών των πολυμερών στις αλυσίδες της κυτταρίνης. Περαιτέρω, υπάρχει μια στενότερη δομική σχέση μεταξύ της κυτταρίνης και των ξυλογλυκανών, η οποία παρατηρείται στο ΠΚΤ. Αυτά τα πολυμερή περιέχουν αλυσίδες μή-κυτταρινικής β-D-γλυκάνης, οι οποίες φέρουν πλευρικές αλυσίδες μικρού μήκους. [12]

Από τα προαναφερθέντα σχετικά από την βιβλιογραφία δεδομένα προκύπτει ότι το θέμα της σχετικής δια-

σπάσεως της κυτταρίνης κατά την ωρίμανση των καρπών είναι ανοικτό. Από τα υφιστάμενα βιβλιογραφικά στοιχεία φαίνεται ότι η κυτταρίνη δεν υφίσταται εκτεταμένες μεταβολές όπως τα άλλα δύο κλάσματα κατά την ωρίμανση των καρπών. Προς την άποψη αυτή συγκλίνουν και τα δεδομένα της παρούσης εργασίας τα σχετικά με την μεταβολή της κυτταρίνης στα Κορόμηλα, Ροδάκινα και Βερούκοκκα.

4.4 ΤΑ ΔΙΑΛΥΤΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

Από τα πειραματικά δεδομένα προέκυψε ότι το γαλακτουρονικό οξύ, η γαλακτόζη, η μαννόζη και η ραμνόζη βρέθηκαν σε διαλυτή μορφή κατά την φάση της υπερωριμάνσεως των καρπών. Όπως δείχνουν τα σχετικά διαγράμματα, το γαλακτουρονικό οξύ ήταν το συστατικό που μεταφερόταν σε διαλυτή μορφή σε μεγαλύτερες ποσότητες συγκριτικά με τα υπόλοιπα. Η διαλυτοποίηση των συστατικών αυτών είναι αποτέλεσμα ενζυμικής δράσεως. Η κινητοποίηση (μετακίνηση) ορισμένων συστατικών του κυτταρικού τοιχώματος και η μεταφορά τους σε διαλυτή μορφή ή η συμμετοχή τους σε μεταβολικές δραστηριότητες έχει απασχολήσει ορισμένους ερευνητές. Το θέμα αυτό όμως βρίσκεται σε εξέλιξη, όπως προκύπτει από τα πρόσφατα βιβλιογραφικά δεδομένα [38] και δεν έχει αποκρυσταλλωθεί μια ολοκληρωμένη εικόνα.

Η πλέον βέβαιη αλλαγή στην σύνθεση του κυτταρικού τοιχώματος, η οποία συνοδεύει το μαλάκωμα των καρπών, είναι μια μείωση της ποσότητας των περιεχομένων στο τοίχωμα μονάδων γαλακτουρονικού οξέος των πηκτινών, που συνδέεται στενά με μια αύξηση σε διαλυτό γαλακτουρονικό οξύ. [91] Κατά την διάρκεια της ωριμάνσεως πραγματοποιείται κινητοποίηση των αποθεμάτων των συστατικών του κυτταρικού τοιχώματος, στα οποία συμπεριλαμβάνονται γενικά η γαλακτόζη και η αραβινόζη. [91] Δεν έχει όμως αποδειχθεί ότι υπάρχει κινητοποίηση αποθεμάτων κυτταρίνης, παρά την παρουσία β-1,4-γλυκανάσης σε μια σειρά από ιστούς καρπών. [91]

Η αξιόλογη κινητοποίηση των αποθεμάτων της γαλακτόζης του κυτταρικού τοιχώματος, η οποία πραγματοποιείται κατά την διάρκεια της ωριμάνσεως μήλων και τομάτας, δεν θεωρείται ότι συσχετίζεται με την δραστηριότητα της ενδοπολυγαλακτουρονάσης. [91] Αν και η

πολυγαλακτουρονάση φαίνεται να είναι το μόνο ένζυμο του καρπού της τομάτας που έχει διαπιστωθεί ότι βρίσκεται σε ένα μέρος τουλάχιστον των κυτταρικών τοιχωμάτων του καρπού αυτού, το γεγονός ότι παρατηρείται μια σημαντική κινητοποίηση αποθεμάτων γαλακτόζης σε καρπούς που δεν μαλακώνουν και από τους οποίους λείπει η πολυγαλακτουρονάση, ενισχύει την άποψη ότι δεν συσχετίζεται η κινητοποίηση των υλικών αυτών του κυτταρικού τοιχώματος με την ύπαρξη ενδοπολυγαλακτουρονάσης. [91]

Λεπτομερείς εργασίες που διεξήχθησαν σε ορισμένους καρπούς, κατά τους Dey και Brinson [38], δείχνουν ότι κινητοποίηση των πηκτινικών πολυμερών από το ΠΚΤ κατά την διάρκεια της ωριμάνσεως μπορεί να μην εξαρτάται μόνο από την δράση της πολυγαλακτουρονάσης. Ένζυμα τα οποία αποδομούν πηκτινικές πλευρικές αλυσίδες, μπορεί επίσης να συμμετέχουν. Περαιτέρω, βεβαία και εμφανώς κοινά γνωρίσματα της ωριμάνσεως έχουν ανακύψει από αυτές τις εργασίες και ιδιαίτερα η μετακίνηση γαλακτόζης ή αραβινόζης ή και των δύο από το τοίχωμα, που σχετίζεται με την διαλυτοποίηση των υψηλού μοριακού βάρους περιεχομένων στο τοίχωμα γαλακτουρονανών, η οποία προηγείται.

Σχετικά με την διαλυτοποίηση της γαλακτουρονάνης (η οποία συνοδεύεται από υδάτωση και διόγκωση της θεμελιώδους μάζας του τοιχώματος), οι μονάδες αραβινόζης, γαλακτόζης και ραμνόζης εξαφανίζονται από το κλάσμα του τοιχώματος της φράουλας και αυξάνονται σε διαλυτή μορφή. Αυτό δείχνει, ότι όπως και στο μήλο αποδόμηση των πηκτινικών πλευρικών αλυσίδων πιθανώς να συμμετέχει στην διαλυτοποίηση της ραμνογαλακτουρονάνης με αποσύνδεση της από άλλα πολυμερή του τοιχώματος. [84, 38]

Οι Ahmed και Labavitch [(1980) 1] έδειξαν ότι σε αχλάδια που ωριμάζουν, υπάρχει παράλληλα με την αύξηση της δραστηριότητας της γαλακτουρονάνης διαλυτοποίηση από το τοίχωμα μιάς υψηλού μοριακού βάρους διακλαδισμένης αραβινάνης, η οποία αποτελείται από ένα σκελετό που περιέχει α-(1,5) συνδεδεμένες μονάδες L-αραβινόζης, με ομοιοπολικό δεσμό προς την γαλακτουρονάνη σε ένα κλάσμα διαλυτό σε όξινο περιβάλλον. Η διακλαδισμένη αραβινάνη φαίνεται να έχει δομή παρόμοια με εκείνη που βρίσκεται στα πηκτινικά πολυμερή του πρωτογενούς τοιχώματος καλλιεργημένων κυττάρων Acer

pseudoplatanus . Η αραβινάνη του τοιχώματος δεν υδρολύεται σε ελεύθερη αραβινόζη. Υπάρχει επίσης διαλυτοποίηση και άλλου οξίνου κλάσματος, χαμηλοτέρου μοριακού βάρους, που περιέχει γαλακτουρονάνη ελεύθερη από μονάδες αραβινόζης. Επεξεργασία του ανωρίμου τοιχώματος με καθαρισμένη ενδογαλακτουρονάση διαλυτοποιεί από το τοίχωμα μια όξινη διακλαδισμένη αραβινάνη με χαρακτηριστικά παρόμοια με εκείνη των πολυμερών που διαλυτοποιούνται κατά την διάρκεια της ωριμάνσεως. [1, 38]

Υπήρχε επίσης μια μικρή μείωση του περιεχομένου σε γαλακτόζη του τοιχώματος κατά την διάρκεια της ωριμάνσεως.

Οι Lackey et al [κατά τον Labavitch, 91] μελέτησαν την σύνθεση των συστατικών του τοιχώματος σε αναπτυσσόμενους και ώριμους καρπούς και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι κινητοποίηση αποθεμάτων γαλακτόζης μπορεί να πραγματοποιηθεί κατά την διάρκεια της ανάπτυξης του καρπού. Αυτό συμβαίνει μόνο μετά την ανάσχεση της συνθέσεως συστατικών του τοιχώματος κατά την έναρξη της ωριμάνσεως. Οι Khee και Bartley [κατά τον Labavitch, 91] όμως επρότειναν ένα σχήμα όπου η κινητοποίηση των συστατικών του κυτταρικού τοιχώματος που συνδέεται με το μαλάκωμα των καρπών, αντίθετα προκαλείται από την σύνθεση του τοιχώματος. Οι διαπιστώσεις αυτές μπορεί να αφορούν ιδιαίτερα τα μήλα, τα οποία σε αντίθεση με τους περισσότερους από τους υπολοίπους καρπούς μαλακώνουν κατά την ωρίμανση χωρίς την δράση της ενδοπολυγαλακτουρονάσης. [91] Γι' αυτό υπέθεσαν επίσης ότι το μαλάκωμα του ιστού άρχιζε με την μεθυλίωση της πηκτίνης στο μεσοτοίχιο και τούτο διότι όταν είναι οι καρβοξυλικές ομάδες εστεροποιημένες σε μεγάλη έκταση περιορίζονται πολύ οι δυνατότητες της διασυνδέσεως και σταθεροποιήσεως με δισθενή κατιόντα των αλυσίδων της πηκτίνης και επέρχεται διαχωρισμός των κυττάρων. [91]

Η ραμνογαλακτουρονάνη στο τοίχωμα μήλων περιέχει πλευρικές αλυσίδες ουδέτερης γαλακτάνης, ενώ το διαλυτό πηκτινικό κλάσμα που αυξάνει κατά την διάρκεια της ωριμάνσεως είναι μια καθαρή ραμνογαλακτουρονάνη. Ο Bartley βρήκε ότι υδρόλυση της γαλακτάνης κατά την διάρκεια της ωριμάνσεως προηγείται της διαλυτοποίησης της γαλακτουρονάνης, υποθέτωντας ότι η γαλακτάνη δρά σταθεροποιώντας ραμνογαλακτουρονάνη μέσα μέσα στο τοίχωμα και ότι υδρόλυση των πλευρικών αλυσίδων γα-

λακτάνης είναι αναγκαία πριν να συμβεί διαλυτοποίηση του πηκτινικού σκελετού. [17,38]

Ο Bartley [17] υπέθεσε ότι η β-γαλακτοζιδάση στα μήλα Cox's Orange Pippin είναι υπεύθυνη για την μετακίνηση των πλουσίων σε ουδέτερα σάκχαρα πλευρικών αλυσίδων γαλακτουρονάνης του μεσοτοιχίου των κυτταρικών τοιχωμάτων καρπών μήλου. Με μετατροπή αυτής της πηκτίνης του τοιχώματος σε πηκτίνη φτωχή σε ουδέτερα σάκχαρα, έχουμε τα χαρακτηριστικά της διαλυτής πηκτίνης του μήλου. Ο Wallner διερεύνησε τον μεταβολισμό της γαλακτόζης του τοιχώματος σε άλλες ποικιλίες μήλων και δεν βρήκε συσχέτιση μεταξύ κινητοποιήσεως αποθεμάτων γαλακτόζης και δραστηριότητας της β-γαλακτοζιδάσης. [17]

Ο Bartley επίσης υπέθεσε ότι μια β-D-γαλακτοζιδάση που βρίσκεται στο κυτταρικό τοίχωμα μήλων (η δραστικότητα της οποίας αύξανε παράλληλα προς την απώλεια της γαλακτόζης από το τοίχωμα) καταλύει την υδρόλυση της γαλακτάνης μετά από άλλο ένζυμο άγνωστης ταυτότητας, το οποίο έχει απελευθερώσει τα μή ανάγοντα άκρα των αλυσίδων της γαλακτάνης από διάφορους δεσμούς με άλλα πολυμερή του τοιχώματος. [17,38] Μπορεί να παρευρίσκεται ένα ένζυμο στα μήλα, το οποίο αποσυνδέει τις αλυσίδες της πηκτινικής γαλακτάνης από την ξυλογλυκάνη, αν και δεν έχει διαπιστωθεί μέχρι τώρα κάποια τέτοια δραστικότητα. [38] Η β-D-γαλακτοζιδάση έχει την ικανότητα να υδρολύσει *in vitro* μια γαλακτάνη με β-(1,4)-γλυκοζιδικούς δεσμούς που λαμβάνεται από πηκτίνη πατάτας. [Bartley (1974) 17, Dey et al (1984) 38]

Η απώλεια της γαλακτόζης από το τοίχωμα μήλων συνοδεύεται με απώλεια της αραβινόζης σε μικρότερο βαθμό. Μετά την απομάκρυνση τέτοιων μονάδων κατά τα πρώτα στάδια της ωριμάνσεως, η γαλακτουρονάνη του τοιχώματος μειωνόταν και αυξανόταν η υδατοδιαλυτή γαλακτουρονάνη. Ο Khee παρουσιάζει ως δεδομένο ότι ο διαχωρισμός των κυττάρων πιθανώς να οφείλεται στην κινητοποίηση γαλακτουρονάνης με χαμηλό βαθμό εστεροποίησης από το μεσοτοιχίο με την δράση εξωπολυγαλακτουρονάσης, η οποία έχει δείχθει ότι παρευρίσκεται στο παρέγχυμα του μήλου και η οποία έχει την ικανότητα να απελευθερώνει τόσο γαλακτουρονάνη όσο και γαλακτουρονικό οξύ από παρασκευάσματα ΚΤ παρεγχύματος μήλου. [38] Ο ιστός του μήλου φαίνεται ότι δεν παρουσιάζει δραστικότητα ενδογαλακτουρονάσης. Επίσης,

πειραματικά δεδομένα δείχνουν ότι υπάρχει μια δυναμική μετακίνηση του πηκτινικού σκελετού κατά την διάρκεια της ωριμάνσεως, που αντιτάσσεται σε μία απλή συνεχή απώλεια της γαλακτουρονάνης. [38]

4.5 ΤΟ ΟΛΙΚΟ ΑΖΩΤΟ ΤΩΝ ΓΛΥΚΟΠΡΩΤΕΪΝΩΝ

Τα πολυμερή του κυτταρικού τοιχώματος αποτελούνται επίσης από γλυκοπρωτεΐνες. Στο ξηρό κυτταρικό τοίχωμα, μετά την διαδικασία παραλαβής του που περιλαμβάνει πολλές εκπλύσεις απομένει εκείνο το κλάσμα του συνολικού αζώτου του καρπού, το οποίο περιέχεται στις πρωτεΐνες-συστατικά του κυτταρικού τοιχώματος. Έτσι, προσδιορισμός του αζώτου που περιέχεται στο ξηρό κυτταρικό τοίχωμα δίνει την περιεκτικότητα του σε πρωτεϊνικό άζωτο, που είναι ένα μέτρο των περιεχομένων στο ξηρό κυτταρικό τοίχωμα πρωτεϊνών.

Η παρακολούθηση της πορείας των μεταβολών του ολικού αζώτου του κυτταρικού τοιχώματος έδειξε ότι υπάρχει μια αύξηση της ποσότητας του κατά την διάρκεια της αναπτύξεως των καρπών. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στην σύνθεση και εναπόθεση γλυκοπρωτεϊνικών πολυμερών στο αυξανόμενο κυτταρικό τοίχωμα. Αυτά όμως τα πειραματικά δεδομένα σε συσχετισμό με τα αποτελέσματα των ενζυμικών αναλύσεων, δείχνουν ότι ένα μέρος αυτού του αζώτου πρέπει να ανήκει σε λειτουργικές πρωτεΐνες, δηλαδή ένζυμα.

Πράγματι, η αύξηση της ποσότητας του αζώτου του κυτταρικού τοιχώματος συμπίπτει με αύξηση της δραστηριότητας ενζύμων που είναι υπεύθυνα για τις μεταβολές του κυτταρικού τοιχώματος. Υπάρχει λοιπόν ένδειξη ότι τα ένζυμα αυτά είναι προσδεμένα πάνω στο κυτταρικό τοίχωμα (ή τουλάχιστον ένα μέρος από αυτά), διότι παρά τις πολλές εκπλύσεις του κυτταρικού τοιχώματος κατά την παραλαβή του δεν απομακρύνθηκαν από αυτό.

Η παρατηρούμενη μείωση της περιεκτικότητας του αζώτου του κυτταρικού τοιχώματος κατά την υπερωρίμανση των καρπών μπορεί να αποδοθεί είτε σε περιορισμένη ενζυμική δράση επί των γλυκοπρωτεϊνών του κυτταρικού τοιχώματος, είτε σε μείωση της περιεκτικότητας σε λειτουργικές πρωτεΐνες. Η δεύτερη εκδοχή ενισχύε-

ται από τα πειραματικά δεδομένα των ενζυμικών αναλύσεων, όπου κατά την αντίστοιχη φάση παρατηρείται μείωση της δραστηριότητας των εξεταζομένων ενζύμων.

4.6 ΤΑ ΔΙΣΘΕΝΗ ΙΟΝΤΑ ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ ΚΑΙ ΜΑΓΝΗΣΙΟΥ

Τα δισθενή ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου συμμετέχουν στην διαμόρφωση του τριδιαστάτου πλέγματος των πολυμερών του κυτταρικού τοιχώματος συνδέοντας καρβοξυλικές ομάδες των δομικών μονάδων γαλακτουρονικού οξέος της ραμνογαλακτουρονάνης μεταξύ τους.

Τα πειραματικά δεδομένα έδειξαν ότι υφίστανται διακυμάνσεις κατά την ανάπτυξη των καρπών. Οι μεταβολές της ποσότητας τους μέσα στο κυτταρικό τοίχωμα, παρακολουθούν τις μεταβολές του πηκτινικού κλάσματος και ιδιαίτερα του γαλακτουρονικού οξέος, όπως φαίνεται από την μείωση των ποσοτήτων τους κατά την υπερώριμανση των καρπών.

Από τα πειραματικά δεδομένα προκύπτει ότι οι Κορομηλιές περιέχουν 1,3-11,7 μmol δισθενών ιόντων, η Ροδακινιά 4,5-49,6 μmol και η Βερυκοκκιά 4,6 - 23,8 μmol από την έναρξη της διογκώσεως του μεσοκαρπίου μέχρι την έναρξη της μετατροπής του γαλακτουρονικού οξέος σε διαλυτή μορφή, που συμπίπτει με την έναρξη του εντόνου μαλακώματος των καρπών. Επειδή κάθε δισθενές ιόν συνδέεται με δύο μονάδες γαλακτουρονικού οξέος έπεται ότι οι ανωτέρω ποσότητες δισθενών ιόντων συνδέονται με διπλάσιες ποσότητες γαλακτουρονικού οξέος.

Από τα δεδομένα που αφορούν το γαλακτουρονικό οξύ προκύπτει ότι για την αντίστοιχη περίοδο οι Κορομηλιές περιέχουν 15-283 μmol γαλακτουρονικού οξέος, η Ροδακινιά 41-515 μmol και η Βερυκοκκιά 26-216 μmol . Επομένως, από το σύνολο των καρβοξυλικών ομάδων της γαλακτουρονάνης είναι συνδεδεμένες με ασβέστιο και μαγνήσιο το 17,3-8,3% στις Κορομηλιές, το 21,9-19,3% στη Ροδακινιά και το 35,4-22,0% στη Βερυκοκκιά κατά την αντίστοιχη περίοδο. Από τα στοιχεία αυτά προκύπτει ότι η Βερυκοκκιά έχει το υψηλότερο ποσοστό καρβοξυλικών ομάδων της γαλακτουρονάνης συνδεδεμένο με ασβέστιο και μαγνήσιο και ότι το ποσοστό αυτό μειώνεται και στα τρία είδη καρπών κατά την θεωρούμενη περίοδο. (Τα αριθμητικά δεδομένα αναφέρονται ανά καρπό).

Δεδομένου ότι τα δισθενή ιόντα μεταξύ των άλλων επηρεάζουν και την σχετική διαλυτότητα των πηκτινών, από την περιεκτικότητα των κυτταρικών τοιχωμάτων σε δισθενή ιόντα, το άθροισμα των ποσοτήτων ασβεστίου και μαγνησίου κατά τα διάφορα στάδια της αναπτύξεως των διερευνηθέντων πυρηνοκάρπων, προκύπτουν τα εξής: 1) Κατά τα πρώτα στάδια της αναπτύξεως του μεσοκαρπίου (και εφόσον θεωρήσουμε ότι το σύνολο των δισθενών ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου διατίθεται για την εξουδετέρωση των καρβοξυλικών ομάδων του γαλακτουρονικού οξέος, τότε στις Κορομηλιές το ποσοστό εξουδετερώσεως ήταν της τάξεως του 33-34% και παρόμοιο στην Ροδακινιά και την Βερυκοκκιά. 2) Κατά τα στάδια των μεγίστων τιμών του γαλακτουρονικού οξέος το ποσοστό εξουδετερώσεως ελαττώνεται στις Κορομηλιές στο 10-11,6%, στη Ροδακινιά στο 19% και στη Βερυκοκκιά στο 22%. 3) Κατά το τελικό στάδιο της ωριμάνσεως το ποσοστό εξουδετερώσεως αυξάνει κατά πολύ και λαμβάνει τιμές της τάξεως του 70-100%.

Τα δεδομένα αυτά δείχνουν ότι οι μεταβολές των κατιόντων του ΚΤ και της σχετικής διαλυτότητας των πηκτινών των καρπών αυτών δεν μπορούν να θεωρηθούν ότι εμφανίζουν συσχέτιση. Έτσι ενώ κατά την περίοδο της μεγάλης αυξήσεως και το ποσοστό του αδιάλυτου στο νερό κλάσματος Π των πηκτινών και το μέγιστο των τιμών των συμβαδίζουν, παρατηρείται το ελάχιστο των ποσοστών εξουδετερώσεως (της τάξεως του 10-30%). Αντίθετα, κατά την περίοδο της ωριμάνσεως (οπότε σημειώνονται σημαντικές κινητοποιήσεις των πηκτινών) το ποσοστό της εξουδετερώσεως καθίσταται μεγαλύτερο.

Τα δεδομένα αυτά υποδηλώνουν ότι και η σχετική διαλυτότητα των πηκτινών όπως επίσης και η κινητοποίηση αυτών δεν σχετίζονται με την αντίστοιχη των δισθενών στοιχείων στο κυτταρικό τοίχωμα. Περαιτέρω τα δεδομένα των δισθενών στοιχείων και των πηκτινών δείχνουν ότι οι μεταβολές των πηκτινών προηγούνται (και κατά την αύξηση και ελάττωση τους) των μεταβολών των δισθενών στοιχείων. Έτσι δημιουργείται η εντύπωση ότι οι μεταβολές των πηκτινών είναι πρωτογενείς ενώ οι μεταβολές των δισθενών δευτερογενείς και όχι αντιστρόφως, δηλαδή οι πηκτίνες ή ακριβέστερα τα ένζυμα που δρουν επί αυτών, με τις μεταβολές που προκαλούν σ' αυτές παρασύρουν τα δισθενή ιόντα σε μεταβολές.

Εφόσον οι μεταβολές των πηκτινών δεν επάγονται από τις μεταβολές των δισθενών ιόντων θα πρέπει οι διαπιστούμενες μεταβολές των πηκτινών να προκαλούνται από

άλλους παράγοντες. Στην προκειμένη περίπτωση θα πρέπει να λάβουμε υπόψη αφενός την επίδραση αυξητικών παραγόντων που επιδρούν επί διαφόρων δεσμών των επιμέρους συστατικών των κυτταρικών τοιχωμάτων, η σύσταση των οποίων (και κατά συνέπεια η σύνθεση τους) είναι συνάρτηση των σταδίων αναπτύξεως των καρπών και αφετέρου φυσικοχημικές μεταβολές που προκαλούνται από μεταβολές του pH.

Από τα αναφερόμενα στη βιβλιογραφία παραθέτουμε τα επόμενα στοιχεία:

Για αρκετό χρονικό διάστημα υπήρχε το ερώτημα αν η σταθεροποίηση με ιοντικό δεσμό ασβεστίου ήταν επαρκής για την συγκράτηση των πηκτινών του κυτταρικού τοιχώματος ή αν άλλοι τύποι δεσμών και κατά κύριο λόγο ο ομοιοπολικός δεσμός είναι οι πιο σημαντικοί. [68] Διάφορες απόψεις έχουν διατυπωθεί από τους Rees και Wight [131] και Keegstra et al [79]. Το ερώτημα αφορά άμεσα την επίπτωση επί των μεταβολών του κυτταρικού τοιχώματος και κατ'επέκταση επί της υφής των καρπών που ωριμάζουν. Η απάντηση δεν μπορεί να δοθεί σαφώς με τις τρέχουσες μεθόδους.

Ρυθμιστικά διαλύματα με σύμπλοκα ασβεστίου εκχυλίζουν τις πηκτίνες, αλλά μπορεί να το επιτυγχάνουν μόνο με αποπολυμερισμό αυτών στις υψηλές θερμοκρασίες που συνήθως χρησιμοποιούνται. [Albersheim et al, 8] Ο τρόπος ομοιοπολικής συνδέσεως πηκτινών-ημικυτταρινών έχει διερευνηθεί από τους Keegstra et al [79] και Jarvis et al [65], αλλά δεν έπεται ότι όλα τα πηκτινικά κλάσματα συγκρατούνται με αυτόν τον τρόπο. Μια μικρή ποσότητα πηκτίνης συνήθως απομακρύνεται από το τοίχωμα κατά την διάρκεια της απομονώσεως του [Stevens και Selvendran, 140] ή με εκχύλιση με ψυχρό νερό [Aspinall, Knee] και θεωρείται ότι αυτή η ποσότητα συνδέεται ασθενέστερα σε σχέση με την κύρια μάζα των πηκτινικών πολυσακχαριτών του ΠΚΤ.

Ο Jarvis [68] έδειξε ότι τα ιόντα ασβεστίου μπορούν να εκχυλιστούν από τα ΚΤ πατάτας με ρυθμιστικά διαλύματα που περιέχουν κυκλοεξανοδιαμινοτετρα-οξικό οξύ (CDTA) στη θερμοκρασία περιβάλλοντος, με τα οποία αποφεύγεται η αποδόμηση των εστεροποιημένων πηκτινών.

Επεξεργασία των ιστών μήλου με διαζωμεθάνιο, το οποίο μετατρέπει τις ομάδες του ουρονικού καρβοξυλίου σε μεθυλεστέρες, ή επεξεργασία με χηλικούς παράγοντες διαλυτοποιεί το υλικό των αλυσίδων γαλακτου-

ρονικού οξέος με χαμηλή περιεκτικότητα σε ουδέτερα σάκχαρα και προκαλεί απώλεια της συνοχής μεταξύ των κυττάρων. Αυτά τα αποτελέσματα οδηγούν σε ένα ρόλο των δισθενών κατιόντων και των ομάδων του ουρονικού καρβοξυλίου στην σταθεροποίηση της δομής του μεσοτοιχίου. [91]

5. ΕΝΖΥΜΙΚΗ ΔΡΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΟΥ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΜΕΣΟΚΑΡΠΙΟΥ

Απο το σύνολο των ενζύμων που δρούν επί του κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου, μελετήθηκε η δραστηριότητα πέντε εξ αυτών, τα οποία σχετίζονται με τις μεταβολές του ημικυτταρινικού κλάσματος του κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου. Όπως αναφέρθηκε, δεν υπάρχουν σαφή βιβλιογραφικά δεδομένα που να δηλώνουν υδρόλυση των ημικυτταρινών των καρπών, όπως συμβαίνει με τις πηκτίνες. [Rexona-Benkova et al (1976) 132]

Τα πειραματικά δεδομένα της παρούσης εργασίας αποκαλύπτουν την παρουσία ενεργοτήτων των ακολούθων ενζύμων, τα οποία επιδρούν σε δεσμούς που είναι γνωστό ότι υπάρχουν στην διασύνδεση των επιμέρους συστατικών των μορίων των ημικυτταρινών: γαλακτοζιδάσης, ξυλοζιδάσης, μαννοζιδάσης, γλυκοζιδάσης και γλυκουρονιδάσης. Όπως είδαμε, η γαλακτόζη, η ξυλόζη, η μαννόζη, η γλυκόζη και το γλυκουρονικό οξύ αποτελούν συστατικά του ημικυτταρινικού κλάσματος. Η δράση της μαννοζιδάσης ήταν υψηλότερη σε σχέση με την δράση της ξυλοζιδάσης. Το δεδομένο αυτό σε συνδυασμό με το δεδομένο ότι η μαννόζη είναι εκείνη η δομική μονάδα των ημικυτταρινών που υφίσταται σημαντικές μεταβολές (ελάττωση κατά την ωρίμανση και μερική κινητοποίηση), καθώς επίσης ότι αυτό το σάκχαρο εμφανίζεται δευτερευόντως σαν διαλυτό σάκχαρο να αυξάνει κατά το τελικό στάδιο της ωριμάνσεως, σημαίνει ότι η μαννόζη υφίσταται εντονότερη υδρολυτική δράση έναντι της ξυλόζης. Παρατηρούμε επίσης ότι τα ένζυμα διασπούσαν α-D-δεσμό της μαννόζης και β-D-δεσμό της ξυλόζης. Επίσης από τα δεδομένα των διαλυτών συστατικών έχουμε ότι υπήρχε μαννόζη σε διαλυτή μορφή, όχι όμως και ξυλόζη.

Η δράση της γλυκοζιδάσης και της γλυκουρονιδάσης εμφανίστηκαν σε χαμηλά επίπεδα. Αυτή η διαπίστωση μπορεί να συσχετιστεί με το γεγονός ότι η μη-κυττα-

ρινική γλυκόζη και το γλυκουρονικό οξύ συμμετέχουν σε μικρές ποσότητες σαν δομικές μονάδες των ημικυτταρινικών πολυμερών. Τα ένζυμα διασπούσαν β-D-δεσμούς.

Η δράση της γαλακτοζιδάσης που διασπούσε και αυτή β-D-δεσμούς βρισκόταν σε επίπεδα συγκρίσιμα με αυτά της ξυλοζιδάσης. Από τα πειραματικά δεδομένα των διαλυτών συστατικών διαπιστώνουμε ότι υπήρχε και γαλακτόζη σε διαλυτή μορφή. Από τα πειραματικά δεδομένα των ενζυμικών αναλύσεων διαπιστώνεται επίσης ότι η μέγιστη δραστηριότητα της ξυλοζιδάσης συμπίπτει με την μέγιστη δραστηριότητα της γλυκουρονιδάσης, ενώ μια δεύτερη σύμπτωση των μεγίστων παρατηρείται για τα υπόλοιπα τρία ένζυμα μαννοζιδάσης, γαλακτοζιδάσης και γλυκοζιδάσης, η οποία συμβαίνει μετά 10 ημέρες περίπου.

Αυτή η διαπίστωση μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η πρώτη χρονική σύμπτωση των μεγίστων συμβάλλει στην χαλάρωση του δικτύου των ημικυτταρινικών πολυμερών χωρίς μεταφορά σε διαλυτή μορφή. Αυτή την χαλάρωση ακολουθεί δεύτερη χρονική σύμπτωση των μεγίστων κατά την οποία έχουμε υδρολυτική δράση και μεταφορά σε διαλυτή μορφή της μαννόζης και της γαλακτόζης, ενώ υπάρχει υπολειμματική δράση ξυλοζιδάσης και γλυκουρονιδάσης.

Δεν παρατηρείται μεταφορά σε διαλυτή μορφή της γλυκόζης. Η ενζυμική δράση της β-D-γλυκοζιδάσης επομένως πρέπει να έχει διπλό ρόλο. Συνεπικουρεί στην χαλάρωση του δικτύου συμπληρώνοντας την δράση της γλυκουρονιδάσης και ενδεχομένως υδρολύει εκείνες τις δομικές μονάδες της β-D-γλυκόζης της κυτταρίνης που συνδέονται στενά με μονάδες ξυλόζης και μαννόζης.

Έτσι η χαλάρωση του δικτύου συντελείται προς δύο κατευθύνσεις και μέσα στο ίδιο το ημικυτταρινικό κλάσμα και στις διασυνδέσεις του με το κλάσμα της κυτταρίνης και της πηκτίνης (δράση της γαλακτοζιδάσης επί των αραβινογαλακτανών). Δράση των ενζύμων αυτών δεν παρατηρείται κατά το στάδιο των άωρων καρπών.

Στο ενδιαμέσο διάστημα προς την ωριμότητα διαπιστώνεται ύπαρξη συνθετικών φαινομένων, διότι το κυτταρικό τοίχωμα αυξάνει σε ποσότητα, αλλά και αποδομητικών φαινομένων, διότι αρχίζουν οι δράσεις των διαφόρων ενζύμων. Κατά την φάση αυτή που οι καρποί αρχίζουν να ωριμάζουν, διαπιστώνονται γενικότερες μετα-

βολές στους καρπούς αλλά υπερισχύουν τα συνθετικά φαινόμενα. Κατά την φάση της ωριμότητας προς την υπερωρίμανση των καρπών έχουν παύσει τα συνθετικά φαινόμενα και κυριαρχούν τα αποδομητικά φαινόμενα.

Η περίοδος της δραστηκής μείωσης της ποσότητας του γαλακτουρονικού οξέος συμβαδίζει με την δεύτερη χρονική σύμπτωση των μεγίστων, ενώ η μείωση της ποσότητας της ραμνόζης είναι περιορισμένης εκτάσεως και προηγείται κατά 10 περίπου ημέρες, όπου πραγματοποιείται η πρώτη σύμπτωση των μεγίστων. Αυτό μπορεί να οδηγήσει έμμεσα στο συμπέρασμα ότι ένζυμική δράση περιορισμένης εκτάσεως πάνω σε ολιγομερή γαλακτουρονικού οξέος-ραμνόζης-γαλακτουρονικού οξέος συμβάλλει στην χαλάρωση του δικτύου του πηκτινικού κλάσματος που μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα μερική μεταφορά της ραμνόζης σε διαλυτή μορφή. Μετά την χαλάρωση του δικτύου ακολουθεί έντονη ενζυμική δράση επί του γαλακτουρονικού οξέος, ολιγομερή του οποίου μεταφέρονται σε διαλυτή μορφή.

Η δράση των ενζύμων που αποδόμούν το κυτταρικό τοίχωμα είναι συνδυασμένη, όπως δείχνουν τα πειραματικά δεδομένα, με πρώτη εμφανή εκδήλωση την χρονική σύμπτωση των μεγίστων. Η δράση των ενζύμων της δεύτερης υδρολυτικής σειράς που έχει και την εντονότερη δράση επάγεται όταν η δραστηκότητα και κατά συνέπεια η περιεκτικότητα των ενζύμων της πρώτης υδρολυτικής σειράς πέσει και διατηρηθεί σε μία ορισμένη στάθμη.

Η αραβινόζη δεν ανευρίσκεται σε διαλυτή μορφή, όμως υπάρχει μια ελαφρά μείωση των ποσοτήτων αραβινόζης. Αυτή η παρατήρηση οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ενδεχομένως να υπάρχει δράση και αραβινοσιδάσης ανάλογη με αυτή που αφορά την ραμνόζη.

Οι Ahmed και Labavitch [(1980) 1,2] δοκίμασαν να εντοπίσουν τα ένζυμα που είναι υπεύθυνα για την μετακίνηση της αραβινόζης από το τοίχωμα. Δεν κατάφεραν να ανιχνεύσουν δραστηκότητα αραβινανάσης, αλλά υπήρχε μια ελαφρά αύξηση της στάθμης της α-L-αραβινοσιδάσης, η οποία φαινόταν να είναι συνδεδεμένη με το τοίχωμα κατά την διάρκεια της ωριμάνσεως των αχλαδιών. [2, 38] Όμως, αυτοί οι ερευνητές αμφισβήτησαν ισχυρά την δυνατότητα ότι τέτοιες εξωγλυκανάσες μπορούν να έχουν ένα ρόλο στην αποδόμηση των πολυσακχαριτών του τοιχώματος, τονίζοντας ότι ο κυτταρικός ρολός τέτοιων ενζύμων είναι ανοικτός για διερεύνηση.

Οι ίδιοι έθεσαν υπό αμφισβήτηση τα συμπεράσματα του Bartley ότι η β-D-γαλακτοζιδάση που παρευρίσκεται σε ομογενοποιημένο ιστό μήλου είναι υπεύθυνη για την μεγάλη μείωση της γαλακτόζης του κυτταρικού τοιχώματος, που συνοδεύει την ωρίμανση του μήλου, επικαλούμενοι τα ευρήματα του Wallner ότι η β-D-γαλακτοζιδάση του μήλου δεν είναι ικανή να διασπάσει κυτταρικά τοιχώματα μήλου. [1,2,17,128,38]

Η στάθμη της δραστηριότητας της β-D-γαλακτοζιδάσης σε ιστό αχλαδιών σχεδόν διπλασιάζεται κατά την διάρκεια της διαδικασίας της ωρίμανσης. Δεν είναι σαφές πως οι εξω-γλυκοζιδάσες μπορούν να δρουν για να διασπάσουν (αποδομήσουν) τα κυτταρικά τοιχώματα. [2] Ακόμα και εάν μια γλυκοζιδάση δρα σαν μια εξω-γλυκανάση είναι αμφίβολο ότι μπορεί να διασπάσει μέσα στο κυτταρικό τοίχωμα σημεία διακλαδώσεως πολυμερών-συστατικών και επομένως να διασπάσει δεσμούς ενδιάμεσους των πολυσακχαριτών. [38]

Περαιτέρω, τα εκχυλίσματα αναμεμιγμένων γλυκοζιδασών που περιέχουν α-L-αραβινοζιδάση, τα οποία ελήφθησαν από ιστό αχλαδιών δεν παρέχουν ανάγοντα σάκχαρα από μια καθαρισμένη αραβινάνη. Οι περισσότερες δραστικές γλυκοζιδάσες στο αχλάδι ήταν η β-D-γαλακτοζιδάση και η α-D-μαννοζιδάση και είναι δύσκολο να καθοριστεί ο ρόλος στη διαμόρφωση ή τροποποίηση του κυτταρικού τοιχώματος μέσω αυτών των ενζύμων, διότι η ανάλυση του κυτταρικού τοιχώματος του αχλαδιού δεν έδωσε ένδειξη α-συνδεδεμένων γαλακτανών η μαννανών και διότι ελαφρές μεταβολές στη μαννόζη του τοιχώματος η το περιεχόμενο σε γαλακτόζη πραγματοποιήθηκαν κατά την διάρκεια της ωρίμανσης του αχλαδιού. [2,38]

Είναι πιθανό οι δραστηριότητες των γλυκοζιδασών, που προσδιορίζονται με επώαση με p-νιτροφαίνυλο-υποστρώματα, να μην δίνουν μια ακριβή εικόνα, κατά τους Ahmed και Labavitch, της ενζυμικής εξειδικεύσεως *in vivo* σύμφωνα με τα δεδομένα του Pharr και των συνεργατών του. [2,122,38]

Οι Ahmed και Labavitch συμπέραναν ότι προς το παρόν κανένας ρόλος των σχετιζομένων με την ωρίμανση τροποποιήσεων ή μεταβολών του κυτταρικού τοιχώματος του αχλαδιού δεν δείχνει να οφείλεται σε γλυκοζιδάσες και ότι η διαλυτοποίηση τόσο του σκελετού της ραμνογαλακτουρονάνης όσο και των ομοιοπολικώς συνδεδεμένων διακλαδισμένων αραβινανών έχει σαν αποτέλεσμα

την δραστικότητα της γαλακτουρονανάσης. Όμως, επειδή το θέμα είναι ανοικτό, αυτό το συμπέρασμα πρέπει να το αντιμετωπίσει κανείς με προσοχή. [38]

Αν οι πηκτινικές πλευρικές αλυσίδες, συμπεριλαμβανομένων και των διακλαδισμένων αραβινανών, είναι ομοιοπολικά συνδεδεμένες με άλλα πολυμερή του τοιχώματος, όπως για παράδειγμα μια ξυλογλυκάνη που η ανάλυση του τοιχώματος του μήλου δείχνει με ισχυρές ενδείξεις, είναι δύσκολο να δούμε πως μια αραβινάνη προσαρμοσμένη σε γαλακτουρονάνη μπορεί να μετακινηθεί από το τοίχωμα μόνο με δραστηριότητα της γαλακτουρονανάσης χωρίς την προηγούμενη δραστηριότητα άλλου ενζύμου ή ενζύμων, τα οποία αποσυναρμολογούν την αραβινάνη από τους δεσμούς με πολυμερή διαφορετικά από την ραμνογαλακτουρονάνη. [38]

Κατά τους Dey και Brinson, το τοίχωμα του αχλαδιού περιέχει μια ξυλογλυκάνη, παρόμοια ως προς τη δομή με την ξυλογλυκάνη των καλλιεργημένων κυττάρων *Acer pseudoplatanus*, και μια β-(1,4) συνδεδεμένη D-ξυλάνη που μπορεί να είναι συνδεδεμένη με πλευρικές αλυσίδες πηκτίνης. [38]

Η δραστικότητα της ξυλανάσης δεν ήταν δυνατόν να ανιχνευθεί σε καρπούς αχλαδιών αν και δραστικότητα β-D-ξυλοζιδάσης, η οποία αυξανόταν κατά την διάρκεια της ωριμάνσεως, ανευρίσκετο και μπορούσε να ανιχνευθεί. [38]

Επειδή η διάσπαση των επιμέρους γλυκοζιδικών δεσμών μπορεί να είναι σημαντική για την διευκόλυνση της διασπάσεως των πολυμερών του ΚΤ και την διαλυτοποίηση τους, διερευνάται εντατικά ο πιθανός ρόλος των γλυκοζιδασών στις μεταβολές του τοιχώματος. [38, 128]

Είναι γνωστό [132] ότι δύο βασικές ομάδες ενζύμων που συμμετέχουν στην διαδικασία του μαλακώματος των καρπών είναι οι πολυγαλακτουρονάσες (ή γαλακτουρονανάσες) και οι πηκτινεστεράσες.

Η πηκτινεστεράση καταλύει την υδρόλυση των μεθυλεστέρων σε πηκτίνες. Παρουσιάζει υψηλή εξειδίκευση που αφορά τους εστέρες που συναντώνται σε πηκτίνες και δεν υδρολύει άλλους εστέρες και μεθυλεστέρες σε μικρού μήκους αλυσίδες γαλακτουρονάνης. Αυτό το ένζυμο ενεργοποιείται με δισθενή κατιόντα ή μονοσθενή κατιόντα σε υψηλές συγκεντρώσεις. Το άριστο pH δράσεως παρουσιάζει ένα εύρος 5-8. [132] Η δράση της πη-

κτινεστεράσης σε πηκτίνη δίνει αλυσίδες μακρομορίων που φέρουν ελεύθερες καρβοξυλικές ομάδες υποδεικνύοντας ότι η αποεστεροποίηση πραγματοποιείται κατά γραμμικό τρόπο, θεωρείται ότι η υδρόλυση των εστέρων πραγματοποιείται μόνο σε παρακείμενες ελεύθερες καρβοξυλικές ομάδες. [132]

Σε λεπτομερείς μελέτες που αφορούν τον τρόπο δράσης της πηκτινεστεράσης της τομάτας [57,128] φαίνεται ότι αυτή δρά τόσο στα αναγωγικά άκρα όσο και σε εσωτερικές θέσεις αλυσίδων πηκτίνης εστεροποιημένων σε υψηλό βαθμό. Η πηκτινεστεράση συναντάται σε αρκετά μέρη των ανωτέρων φυτών, συμπεριλαμβανομένων και των καρπών. Ο Hobson [57] βρήκε ότι οι τομάτες είναι ιδιαίτερα πλούσιες πηγές του ενζύμου.

Εκτός από την πηκτινεστεράση οι περισσότεροι καρποί περιέχουν και γαλακτουρονάση, ένα ένζυμο που διασπά τους α -1,4 γλυκοζιδικούς δεσμούς μεταξύ μη-εστεροποιημένων μονάδων γαλακτουρονικού οξέος στο εσωτερικό του πηκτινικού σκελετού. Η ένδο-γαλακτουρονάση προφανώς παίζει ένα ιδιαίτερο ρόλο στη μετατροπή της πηκτίνης του κυτταρικού τοιχώματος σε διαλυτή μορφή. [158,159,125,126,127] Επειδή η γαλακτουρονάση (ή πολυγαλακτουρονάση) δεν μπορεί να δράσει δίπλα σε μια εστεροποιημένη μονάδα γαλακτουρονικού οξέος, έχει υποτεθεί ότι η πολυγαλακτουρονάση μπορεί να δράσει κατά τον μεταβολισμό του κυτταρικού τοιχώματος του καρπού μόνο σε συνδυασμό με την πηκτινεστεράση. [128] Αν είναι έτσι, η δραστηριότητα της πηκτινεστεράσης δεν μεταβάλλεται πάντοτε καθώς ο καρπός ωριμάζει και η πολυγαλακτουρονάση είναι το περιοριστικό ένζυμο μεταξύ των δύο. [128] Ορισμένοι γόνιμοι στην τομάτα που καθυστερούν την ωρίμανση σχετίζονται με την δράση αξιολόγου ποσού πηκτινεστεράσης, η οποία αυξάνει καθώς οι καρποί μεγαλώνουν. Όμως οι καρποί δεν περιέχουν πολυγαλακτουρονάση και δεν μαλακώνουν. [128, 57]

Σε μήλα, τα οποία έχουν έξω- αλλά όχι ενδοπολυγαλακτουρονάση μπορεί να σχηματιστεί λιγότερο διαλυτή πηκτίνη, αλλά μπορεί ακόμη να συμβεί διαχωρισμός των κυττάρων (μαλάκωμα των ιστών). [128] Αν και αυτή η διαπίστωση είναι ενδιαφέρουσα απαιτεί περαιτέρω επαλήθευση. Η συνδυασμένη δράση πολυγαλακτουρονάσης και πηκτινεστεράσης μπορεί να μετατρέψει την πηκτίνη του ΠΚΤ σε διαλυτή μορφή [85], αποκλείοντας την πιθανότητα ότι το τοίχωμα μπορεί να ξανασταθεροποιηθεί.

Επειδή η επεξεργασία των κυτταρικών τοιχωμάτων ανωρίμων αχλαδιών με ένα υψηλής καθαρότητας παρασκεύασμα πολυγαλακτουρονάσης διαλυτοποιεί μια πηκτινική αραβάνη, όπως το διαλυτό πολυμερές που ταυτοποιήθηκε σε ομογενοποιημένα παρασκευάσματα ωρίμων (μαλακών) αχλαδιών, συμπεραίνεται ότι η κίνητοποίηση των αποθεμάτων της αραβινόζης του τοιχώματος ήταν μια συνέχεια της δραστηριότητας της πολυγαλακτουρονάσης των καρπών (αχλαδιών), όπως και η κίνητοποίηση αποθεμάτων της πηκτίνης. [1,2,91]

Επεξεργασία των κυτταρικών τοιχωμάτων μήλων με πολυγαλακτουρονάση υψηλής καθαρότητας διαλυτοποιεί ένα αξιόλογο ποσό ουρονικού οξέος ελευθέρου από ουδέτερα σάκχαρα. Αυτό το υλικό ενδεχομένως να προέρχεται από το μεσοτοιχίο, ένα μέρος του κυτταρικού τοιχώματος των φυτικών ιστών το οποίο δεν ερευνάται από τον Albersheim και τους συνεργάτες του, διότι αυτοί έχουν συγκεντρώσει την προσπάθειά τους στα κυτταρικά τοιχώματα των καλλιεργημένων κυττάρων. [128]

Ο Wallner και οι συνεργάτες του έδειξαν ότι η έντονη αύξηση της δραστηριότητας της γαλακτουρονάσης της τομάτας κατά την διάρκεια του σταδίου της μετατροπής προς την ωρίμανση, συνοδεύεται από μια αύξηση του κλάσματος της ραμνογαλακτουρονάνης του τοιχώματος περικαρπίου της τομάτας, που μπορεί να εκχυλιστεί από απομονωμένα τοιχώματα με επώαση 4 ωρών με νερό στους 30°C. Αυτή η υδατοδιαλυτή ραμνογαλακτουρονάνη η οποία δεν ανευρίσκεται στα κυτταρικά τοιχώματα σκληρών ανωρίμων καρπών, έχει μοριακό βάρος μεγαλύτερο από 20.000 και είναι σχεδόν απαλλαγμένο από μονάδες ουδετέρων σακχάρων. [38] Οι ίδιοι ερευνητές θεωρούν ότι αυτό το διαλυτό πολυμερές ήταν ένα προϊόν της δραστηριότητας της γαλακτουρονάσης που δρά επί της ραμνογαλακτουρονάνης του τοιχώματος, η οποία απελευθερώνεται από τις ουδέτερες πηκτινικές πλευρικές αλυσίδες. Αυτή η αύξηση σε διαλυτή ραμνογαλακτουρονάνη συνοδεύεται από μια μείωση κατά 18% στη ποσότητα του συνολικού γαλακτουρονικού οξέος του τοιχώματος κατά την διάρκεια της ωριμάνσεως. [38]

Είναι πιθανό ότι αυτή η μετατροπή του υψηλού μοριακού βάρους πολυμερούς ραμνογαλακτουρονάνης σε ένα σημαντικά υδατοδιαλυτό πολυμερές χαμηλού μοριακού βάρους, συνεισφέρει στην κίνητοποίηση των συστατικών της θεμελιώδους μάζας του τοιχώματος και έχει σαν αποτέλεσμα το μαλάκωμα του ιστού κατά την διάρκεια της ω-

ριμάνσεως της τομάτας, πιθανώς μέσω ενός μηχανισμού δυο σταδίων, με αποσυναρμολόγηση των πηκτινικών πλευρικών αλυσίδων που οφείλεται σε δραστικότητα γαλακτουρονανάνης επί του πηκτινικού σκελετού. [38]

Αυτό το συμπέρασμα ενισχύεται από τα ευρήματα αυτών των ερευνητών, κατά τα οποία η γαλακτουρονανάνη εκχυλίζεται διαλυτοποιούμενη από κυτταρικά τοιχώματα που είναι απομονωμένα από ανώριμες τομάτες, αποτελούμενα από μια ραμνογαλακτουρονάνη όμοια με το υδατοδιαλυτό πολυμερές που παράγεται *in vitro* κατά την διάρκεια της ωριμάνσεως, παράλληλα με τους ολιγοσακχαρίτες του γαλακτουρονικού οξέος, οι οποίοι ποικίλλουν ως προς το μήκος της αλυσίδας. Η φύση των προϊόντων δείχνει δραστικότητα ενδογαλακτουρονανάνης. [38]

Φαίνεται ότι σε ώριμους καρπούς το κλάσμα το κλάσμα της ραμνογαλακτουρονάνης, το οποίο παραμένει συνδεδεμένο στενά με το τοίχωμα κατά την διάρκεια της απομονώσεως του, είναι ένα ενδιαμέσο προϊόν της δραστικότητας της ενδοπολυγαλακτουρονάνης μεταξύ της υψηλού μοριακού βάρους, ισχυρά συνδεδεμένης με το τοίχωμα ραμνογαλακτουρονάνης του ανωρίμου τοιχώματος και των ολιγοσακχαριτών γαλακτουρονικού οξέος στο κυτταράοπλασμα των κυττάρων της τομάτας σε προχωρημένο στάδιο της ωριμάνσεως. [38]

Εκτός από την γαλακτουρονανάνη έντονη είναι και η παρουσία β-1,3-D-γλυκανάσης και β-D-γαλακτοζιδάσης στον ιστό της τομάτας, όπου οι δραστικότητες και των δύο αυτών ενζύμων αυξάνονται κατά την διάρκεια της ωριμάνσεως. [38] Αλλά οι Wallner και Bloom [150] συμπεραίνουν ότι κανένα από αυτά τα ένζυμα δεν παίζει ρόλο στο μαλάκωμα του ιστού, διότι δεν παρουσιάζουν δραστικότητα πάνω σε απομονωμένα κυτταρικά τοιχώματα τομάτας *in vitro*. Επίσης, β-D-γαλακτοζιδάση της τομάτας δεν αποδομεί καθαρισμένη β(1,4)-συνδεδεμένη γαλακτάνη, η οποία λαμβάνεται από πηκτινικά πολυμερή τομάτας.

Η σχετιζόμενη με την ωρίμανση αύξηση κατά 40-60% της γαλακτόξης του τοιχώματος και η περιορισμένη μείωση της αραβινόξης είναι σαφώς διεργασίες ξεχωριστές από την διαλυτοποίηση της ραμνογαλακτουρονάνης, όπως παρατηρείται σε καρπούς τομάτας που δεν μαλακώνουν. [38] Η κινητοποίηση αυτών των σακχάρων πραγματοποιείται χωρίς να διαπιστώνεται δραστικότητα γαλακτουρονανάνης και διαλυτοποίηση ραμνογαλακτουρονάνης. Ό-

μως σε κανονικούς καρπούς τομάτας δεν έχει παρατηρηθεί διαλυτοποίηση της ραμνογαλακτουρονάνης, χωρίς την κινητοποίηση αυτών των ουδετέρων σακχάρων. [157]

Τα ένζυμα που είναι υπεύθυνα για την μετακίνηση της γαλακτόζης και αραβινόζης από το τοίχωμα δεν έχουν ακόμη ταυτοποιηθεί και μελετηθεί. Σε μεταγενέστερη εργασία ο Wallner και οι συνεργάτες του [38] έδειξαν ότι μια μειωμένη στάθμη στη σύνθεση των νέων γαλακτανών του τοιχώματος σε ώριμους ιστούς είναι συγκρίσιμη τόσο στους πράσινους ανώριμους καρπούς όσο και σε υπέρωριμους κανονικούς καρπούς και καρπούς που δεν μαλακώνουν. Τα δεδομένα αυτά δείχνουν ότι αν οι πηκτινικές γαλακτάνες του τοιχώματος συμμετέχουν σε μεταβολική κινητοποίηση, ακόμη και χαμηλότερες στάθμες όσον αφορά την σύνθεση και την επαναπαραγωγή μέσα στο τοίχωμα θα μπορούσαν να θεωρηθούν υπεύθυνες για την καθαρή απώλεια της γαλακτόζης από το τοίχωμα. [38]

Η μετακίνηση των πολυμερών του κυτταρικού τοιχώματος παραμένει ακόμη θέμα ανοικτό για έρευνα, ώστε να βρεθεί ποιά ένζυμα είναι υπεύθυνα για την κινητοποίηση της γαλακτάνης και την αποσυναρμολόγηση της από την ραμνογαλακτουρονάνη. [38]

Φαίνεται καθαρά ότι σε μια ποικιλία καρπών αυξανόμενες δραστηρότητες γαλακτουρονάσης συνοδεύουν την ωρίμανση και είναι υπεύθυνες για την διαλυτοποίηση και μετακίνηση από το τοίχωμα της αποεστεροποιημένης ραμνογαλακτουρονάνης και ότι η αποδόμηση του μεσοτοιχίου συνεισφέρει ιδιαίτερα στο μαλάκωμα του ιστού. Σε ένα αριθμό καρπών αυτή η διαλυτοποίηση φαίνεται να πραγματοποιείται με απώλεια της γαλακτόζης και της αραβινόζης από το τοίχωμα. Όμως ειδικές γαλακτανάσες και αραβινανάσες υπεύθυνες γι' αυτές τις διεργασίες δεν έχουν εντοπιστεί στους καρπούς αυτούς και οι ενζυμικοί μηχανισμοί που είναι υπεύθυνοι για την αποδόμηση των πηκτινικών γαλακτανών και αραβινανών στα κυτταρικά τοιχώματα των καρπών είναι προς το παρόν άγνωστοι. [38]

Έχει ήδη αναφερθεί ότι στους περισσότερους καρπούς που έχουν μελετηθεί είναι πιθανό ότι η μεγαλύτερη συνεισφορά στο μαλάκωμα του ιστού κατά την διάρκεια της ωριμάνσεως γίνεται από την αποδόμηση της πηκτινικής ραμνογαλακτουρονάνης, που καταλύεται ενζυμικά από την γαλακτουρονάση με επακόλουθη διάλυση του μεσοτοιχίου που επιτρέπει τον διαχωρισμό των κυττάρων. [38]

Αν η δραστηριότητα της γαλακτουροανάσης υποθέσουμε ότι λείπει από οποιονδήποτε καρπό, θα πρέπει να θεωρηθεί ένας εναλλακτικός μηχανισμός, ο οποίος να συμπεριλαμβάνει αποσυναρμολόγηση της ραμνογαλακτουρονάνης από άλλα πολυμερή και ιδιαίτερα τις πηκτινικές πλευρικές αλυσίδες από άλλα ένζυμα, που δεν έχει ακόμη διευκρινισθεί. Τέτοια αποσυναρμολόγηση της ραμνογαλακτουρονάνης από τα συνδεδεμένα με αυτήν πολυμερή θα μπορούσε να διευκολύνει την διαλυτοποίηση από το τοίχωμα στο κυτταρόπλασμα ή στο διακυτταρικό υγρό. [Dey et al (1984) 38]

Περαιτέρω διασαφήνιση των μηχανισμών με τους οποίους η αραβινόζη και η γαλακτόζη κινητοποιούνται από τις πηκτινικές πλευρικές αλυσίδες είναι κρίσιμη για την κατανόηση σε βάθος του τρόπου με τον οποίο το πηκτινικό πλέγμα αποδομείται. [38] Βεβαίως η αποδόμηση των πηκτινικών πολυμερών φαίνεται να είναι θεμελιώδης διεργασία στο μαλάκωμα του ιστού, με διάσπαση και κατάρρευση των άλλων πολυμερών του τοιχώματος πιθανώς δευτερευόντως. [38]

Η γαλακτουροανάση είναι μέχρι σήμερα το μόνο ένζυμο που αποδεδειγμένα διαδραματίζει καθορισμένο ρόλο κατά την ωρίμανση των καρπών. Όμως και άλλα ένζυμα πρέπει κατά πάσα πιθανότητα να συμμετέχουν στις διεργασίες της εκτενούς αποδομώσεως των πηκτινικών πολυμερών, από τα συνδεδεμένα με αυτά υπόλοιπα πολυμερή του ΠΚΤ, ώστε να παρέχεται η δυνατότητα στην γαλακτουρονάση να πραγματοποιήσει στην συνέχεια μια γρήγορη αποσυναρμολόγηση-διάλυση της θεμελιώδους μάζας του τοιχώματος. [38]

Για την επίλυση αυτού του προβλήματος θα ήταν πιθανώς αναγκαίο πρώτα να αποκτηθεί περισσότερη και βαθύτερη γνώση της δομής του αθίκτου ΠΚΤ του καρπού και η ακριβής φύση των διασυνδέσεων των συστατικών του. Λεπτομερής ταυτοποίηση των συστατικών πολυμερών του τοιχώματος σε μια μεγάλη ποικιλία καρπών σε διάφορα στάδια αναπτύξεως και ωριμάνσεως είναι οπωσδήποτε απαραίτητη. Συγχρόνως περισσότερο λεπτομερείς μελέτες της επιδράσεως καθαρών υδρολυτικών ενζύμων, που να έχουν ληφθεί από τους καρπούς αυτούς, πάνω στα συστατικά αυτά αποτελούν απαραίτητο συμπλήρωμα των προηγούμενων αναλύσεων. [38] Κατά την διεξαγωγή τέτοιων μελετών δεν θα πρέπει να παραβλεφθεί η πιθανότητα καρποί διαφορετικών ειδών να έχουν κυτταρικά τοιχώματα διαφορετικής δομής και επιπλέον να χρησιμοποιούν δια-

φορετικό μηχανισμό, που εξαρτάται από το είδος, για την αποδόμηση του τοιχώματος. [38]

Η έντονη προσπάθεια για την παρουσίαση ενός γενικού μοντέλου, που να είναι εφαρμόσιμο στην δομή των κυτταρικών τοιχωμάτων όλων των καρπών, θα μπορούσε να παρεκκλίνει σημαντικά, κατά τους Dey και Brinson, την πορεία της έρευνας επί των μηχανισμών του μαλακώματος των καρπών, ενώ θα μπορούσε να αποδειχθεί τελικά ότι ένα τέτοιο γενικό μοντέλο δεν υπάρχει. [38]

Συγκρίνοντας με βάση τα αριθμητικά δεδομένα που παρατίθενται στους πίνακες αυτής της εργασίας, καθ' όλη την διάρκεια της αναπτύξεως των καρπών, και ειδικότερα με βάση τις μεταβολές: 1) της ξηρής μάζας του κυτταρικού τοιχώματος, 2) των πηκτινών, 3) των ημικυτταρινών, 4) των δισθενών ιόντων και 5) του λόγου επιφανείας κυττάρων μεσοκαρπίου ανά καρπό κατά την ωρίμανση προς την αντίστοιχη επιφάνεια κατά την αρχή που είναι ανάλογος του λόγου $L^{2/3}$, διαπιστώνουμε ότι ενώ η συνολική επιφάνεια των κυττάρων του μεσοκαρπίου κατά την περίοδο του μεγίστου των πηκτινών και ημικυτταρινών λαμβάνει τιμή περί το 4 ή και λίγο μεγαλύτερη, κατά την ωριμότητα οι μέν περιεκτικότητες σε δισθενή ιόντα μεταβάλλονται σχεδόν παράλληλα προς την επιφάνεια των κυττάρων, δηλαδή γίνονται περίπου τετραπλάσιες, οι δε πηκτίνες και ημικυτταρίνες αυξάνουν περί τις 8-10 φορές κατά το διάστημα: αρχή-μεγίστη περιεκτικότητα.

Τα δεδομένα αυτά δείχνουν ότι: 1) κατά το διάστημα της αυξήσεως του μεσοκαρπίου των καρπών αυξάνει η ανά μονάδα επιφανείας περιεκτικότητα του ΚΤ σε πηκτίνες και ημικυτταρίνες, που σημαίνει αύξηση του πάχους του ΚΤ, και 2) ότι το ποσοστό των διασυνδέσεων με δισθενή ιόντα των καρβοξυλικών ομάδων των πηκτινικών αλυσίδων ραμνογαλακτουρονάνης παραμένει το αυτό ανά μονάδα επιφανείας. Περαιτέρω δε κατά το επόμενο στάδιο (δηλαδή των μεγίστων τιμών πηκτινών και ημικυτταρινών διαπιστώνεται κάθετη πτώση και επομένως ελάττωση των ανά μονάδα επιφανείας ποσοστών των πηκτινών και επίσης των ημικυτταρινών στην αναλογία της αρχής.

Έχοντας υπόψη ότι το ποσοστό της κυτταρίνης και του αζώτου αυξάνει συνεχώς ανά μονάδα επιφανείας κυττάρων και τις ανωτέρω μεταβολές των πηκτινών και ημικυτταρινών κατά τα στάδια της ωριμάνσεως, μπορούμε να διατυπώσουμε την ακόλουθη εικόνα της πορείας της ωριμάνσεως: προοδευτική και μεγάλη ελάττωση των κλασμα-

των των πηκτινών και περιορισμό των ημικυτταρινών στο επίπεδο που έχουν στα αρχικά στάδια της αναπτύξεως των καρπών με κινητοποίηση κατά πρώτον των πηκτινών και κατά δεύτερον των ημικυτταρινών. Η κινητοποίηση αυτή θα πρέπει να διασυνδέεται, όπως αναφέρεται ανωτέρω, αφ' ενός μόν με μεταβολές των ενζύμων που δρουν επί των υλικών των κυτταρικών τοιχωμάτων και περαιτέρω ενδεχομένως με δράση ορμονικών παραγόντων που επηρεάζουν και την βιοσύνθεση των ενζύμων που δρουν επί των συστατικών του κυτταρικού τοιχώματος και την φυσικοχημική κατάσταση των κυτταρικών τοιχωμάτων.

Μ Ε Ρ Ο Σ Τ Ε Τ Α Ρ Τ Ο
ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ
ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ ΤΟΥ ΚΥΤΤΑΡΙΚΟΥ ΤΟΙΧΩΜΑΤΟΣ
ΕΝΑ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

1. ΓΕΝΙΚΑ

Στην εισαγωγή αναφέρθηκε ότι το πρωτογενές κυτταρικό τοίχωμα είναι ένα δυναμικό σύστημα. Γενικά, ένα σύστημα χαρακτηρίζεται ως δυναμικό, όταν παρουσιάζει μεταβολές των ιδιοτήτων του με την πάροδο του χρόνου. Οι μεταβολές που συμβαίνουν στο κυτταρικό τοίχωμα των κυττάρων του μεσοκαρπίου των καρπών με την πάροδο του χρόνου, είναι αποτέλεσμα μεταβολισμού των παρεγχυματικών κυττάρων του ιστού αυτού, δηλαδή είναι αποτέλεσμα βιοχημικής συνθετικής και αποδομητικής δραστηριότητας. Αυτό ισχύει για όλη την έκταση της καμπύλης που αποδίδει την μεταβολή της ποσότητας του κυτταρικού τοιχώματος ανά καρπό, όπου στο ανερχόμενο τμήμα της υπερισχύουν τα συνθετικά φαινόμενα, ενώ στο κατερχόμενο τμήμα της τα αποδομητικά φαινόμενα. (Διαγράμματα 3.1 έως 3.6).

Στην ενότητα αυτή γίνεται μια προσπάθεια να αναπτυχθεί θεωρητικά και υπολογιστικά ένα μαθηματικό μοντέλο, το οποίο να αποδίδει ικανοποιητικά τις μεταβολές που υφίσταται το κυτταρικό τοίχωμα σε συνάρτηση με τον χρόνο.

2. Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Τα φυσικά φαινόμενα δημιουργούνται και εκφράζονται από τις μεταβολές διαφόρων μεγεθών. Η αναλυτική (μαθηματική) έκφραση που αποδίδει αυτές τις μεταβολές ονομάζεται ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ. Η επιτυχία ενός μοντέλου αναφέρεται στην ικανότητα του να υπολογίζει με την καλύτερη δυνατή προσέγγιση το αριθμητικό αποτέλεσμα ενός φαινομένου. Ένα μοντέλο διακρίνεται σε θεωρητικό, ημιεμπειρικό και εμπειρικό.

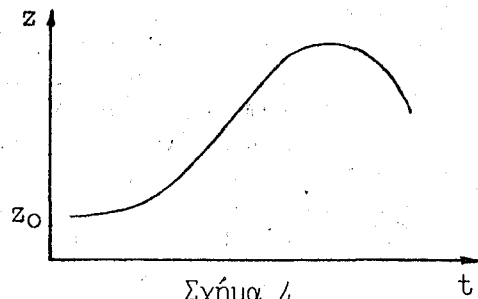
ΘΕΩΡΗΤΙΚΑ ονομάζονται εκείνα τα μοντέλα που περιγράφουν με κάθε λεπτομέρεια τον μηχανισμό ενός φαινομένου.

ΗΜΙΕΜΠΕΙΡΙΚΑ λέγονται εκείνα τα μοντέλα που παρά το γεγονός ότι δέν περιγράφουν πλήρως τον μηχανισμό έχουν την ικανότητα να αποδίδουν το αποτέλεσμα ενός φαινομένου, στηριζόμενα σε μερική γνώση του μηχανισμού και σε πειραματικά δεδομένα. Τέτοια μοντέλα περιλαμβάνουν ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΛΟΓΙΚΕΣ εξισώσεις.

ΕΜΠΕΙΡΙΚΑ μοντέλα είναι εκείνα που προκύπτουν από προσαρμογή πειραματικών δεδομένων σε οποιαδήποτε κατάλληλη αναλυτική έκφραση με χρήση καταλλήλων εμπειρικών συντελεστών. Εδώ ενδιαφέρει κυρίως το αποτέλεσμα και όχι τόσο ο μηχανισμός, που μπορεί να είναι και εντελώς άγνωστος.

3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Απο τα πειραματικά δεδομένα βλέπουμε ότι η ποσότητα του κυτταρικού τοιχώματος ανα καρπό μεταβάλλεται σε συνάρτηση με τον χρόνο, με μορφή που φαίνεται στο σχήμα 4. Επομένως αναζητούμε μία συνάρτηση $z=z(t)$, η οποία να περιγράφει αυτή την καμπύλη.



Συμβολίζουμε με: z =την ποσότητα του κυτταρικού τοιχώματος, y =την ποσότητα των υλικών που συντίθενται, και g =την ποσότητα των υλικών που αποδομούνται.

Αν θεωρήσουμε μια ποσοστιαία μεταβολή της ποσότητας του κυτταρικού τοιχώματος dz/z , επειδή αυτή είναι αποτέλεσμα βιοχημικής συνθετικής και αποδομητικής δραστηριότητας μπορούμε να υποθέσουμε (1^η υποθεση), ότι αυτή είναι το αθροισμα των αντιστοίχων ποσοστιαίων μεταβολών της συνθετικής και αποδομητικής δραστηριότητας που αφορά τα συστατικά του κυτταρικού τοιχώματος, οπότε:

$$\frac{dz}{z} = \frac{dy}{y} + \frac{dg}{g} \quad (1)$$

Αυτές οι ποσοστιαίες μεταβολές συνέβησαν σε χρόνο dt . Διαιρώντας και τα δύο μέλη της σχέσης (1) με αυτή την μεταβολή του χρόνου έχουμε:

$$\frac{dz}{z} \frac{1}{dt} = \left(\frac{dy}{y} + \frac{dg}{g} \right) \frac{1}{dt} \Leftrightarrow \frac{dz}{z dt} = \frac{dy}{y dt} + \frac{dg}{g dt} \quad (2)$$

δηλαδή ότι ο σχετικός ρυθμός μεταβολής της ποσότητας του κυτταρικού τοιχώματος είναι το άθροισμα των σχετικών ρυθμών συνθέσεως και αποδομήσεως των πολυμερών του κυτταρικού τοιχώματος,

Ο σχετικός ρυθμός μεταβολής ενός φυσικού μεγέθους εκφράζει την ποσοστιαία μεταβολή του μεγέθους αυτού ως προς την αντίστοιχη μεταβολή του χρόνου. Οι ποσότητες z, y, g είναι θετικά μεγέθη.

Η καμπύλη του σχήματος 4 είναι μια σιγμοειδής καμπύλη με κατερχόμενο τμήμα. Η καμπύλη αυτή προκύπτει αν οι τεταγμένες $y_i(t)$ μιας σιγμοειδούς καμπύλης πολλαπλασιαστούν με τις αντίστοιχες τεταγμένες $g_i(t)$ μιας φθίνουσας εκθετικής καμπύλης.

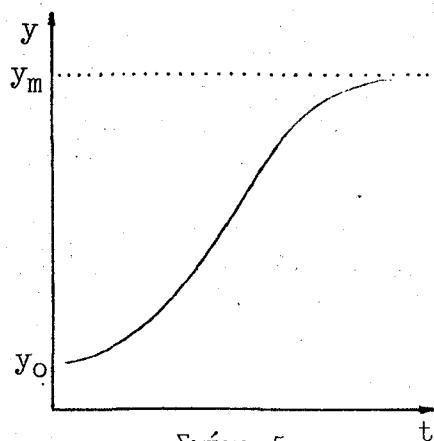
Αποδίδοντας φυσική σημασία σ' αυτή την παρατήρηση έχουμε ότι: 1) το μοντέλο της σιγμοειδούς καμπύλης είναι μια καλή μαθηματική προσέγγιση των συνολικών συνθετικών δραστηριοτήτων του καρπού που αφορούν το κυτταρικό τοίχωμα των κυττάρων του μεσοκαρπίου (2^η υπόθεση), 2) το μοντέλο της φθίνουσας εκθετικής καμπύλης είναι μια ικανοποιητική μαθηματική απόδοση των συνολικών αποδομητικών δραστηριοτήτων του καρπού και πάλι σχετικά με το κυτταρικό τοίχωμα των κυττάρων του μεσοκαρπίου (3^η υπόθεση), 3) η καμπύλη της σιγμοειδούς με κατερχόμενο τμήμα είναι η συνθεση των βιοχημικών αυτών δραστηριοτήτων.

Το μοντέλο της σιγμοειδούς καμπύλης

Αυτό χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που η πειραματική καμπύλη μπορεί να πάρει την μορφή της καμπύλης του σχήματος 5. Η καμπύλη αυτή είναι γνωστό ότι διέπεται (Lotka 99, Κιόχος 81) από την διαφορική εξίσωση:

$$\frac{dy}{y dt} = r \left(\frac{y_m - y}{y_m} \right) \quad (3)$$

Για την παράσταση $r (y_m - y / y_m)$ παρατηρούμε ότι: 1) όταν η τιμή του y είναι πολύ κοντά στο y_0 τότε η ποσότητα $(y_m - y / y_m)$ είναι κοντά στη μονάδα και ο σχετικός ρυθμός μεταβολής είναι σχεδόν ίσος με την σταθερά r , 2) όσο αυξάνει το y , τόσο η $(y_m - y / y_m)$ γίνεται όλο και μικρότερη από την μονάδα και έτσι ο σχετικός ρυθμός μεταβολής γίνεται όλο και μικρότερος,



Σχήμα 5

και 3) όταν η τιμή του y τείνει στο y_m , τότε η ποσότητα $(y_m - y/y_m)$ τείνει στο μηδέν και ο σχετικός ρυθμός μεταβολής είναι πάρα πολύ μικρός τείνοντας και αυτός στο μηδέν.

Αποδίδοντας φυσική σημασία στην παράμετρο r , μπορούμε να πούμε ότι αυτή είναι μια σταθερά που εκφράζει την ενδογενή συνθετική δραστηριότητα του μεσοκαρπίου.

Επιλύουμε την διαφορική εξίσωση (3) και έχουμε:

$$\frac{dy}{y dt} = \frac{r}{y_m} (y_m - y) \Rightarrow \frac{dy}{y(y_m - y)} = \frac{r}{y_m} dt \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \int_{y_0}^y \frac{dy}{y(y_m - y)} = \int_0^t \frac{r}{y_m} dt$$

Για τον υπολογισμό του ολοκληρώματος στο αριστερό σκέλος της εξισώσεως έχουμε:

$$\frac{1}{y(y_m - y)} = \frac{c_1}{y} + \frac{c_2}{y_m - y} \Rightarrow 1 = c_1(y_m - y) + c_2 y$$

Για $y=0$ έχουμε: $1 = c_1 y_m \Rightarrow c_1 = 1/y_m$, και για $y=y_m$ έχουμε αντίστοιχα: $1 = c_2 y_m \Rightarrow c_2 = c_1 = 1/y_m$, συνεπώς:

$$\frac{1}{y(y_m - y)} = \frac{1}{y_m y} + \frac{1}{y_m(y_m - y)} \Rightarrow \frac{dy}{y(y_m - y)} = \frac{1}{y_m} \int \frac{dy}{y} +$$

$$+ \frac{1}{y_m} \int \frac{dy}{y_m - y} = \frac{1}{y_m} \ln y - \frac{1}{y_m} \ln (y_m - y) + C =$$

$$= \frac{1}{y_m} \ln \frac{y}{y_m - y} + C.$$

$$\int_{y_0}^y \frac{dy}{y(y_m - y)} = \frac{r}{y_m} \int_0^t dt \Rightarrow \left(\frac{1}{y_m} \ln \frac{y}{y_m - y} \right) \Big|_{y_0}^y = \left(\frac{r}{y_m} t \right) \Big|_0^t \Rightarrow$$

$$\frac{1}{y_m} \left(\ln \frac{y}{y_m - y} - \ln \frac{y_0}{y_m - y_0} \right) = \frac{r}{y_m} t. \text{ Θέτουμε: } a = \ln \frac{y_0}{y_m - y_0},$$

$$\ln \frac{y}{y_m - y} + a = rt \Rightarrow \ln \frac{y}{y_m - y} = rt - a \quad (4)$$

$$\Rightarrow \frac{y}{y_m - y} = e^{rt - a} \Rightarrow \frac{y_m - y}{y} = e^{a - rt} \Rightarrow \frac{y_m}{y} - 1 = e^{a - rt}$$

$$\Rightarrow \frac{y_m}{y} = 1 + e^{a - rt} \Rightarrow y = \frac{y_m}{1 + e^{a - rt}} \quad (5)$$

Η εξίσωση (5) είναι η συνάρτηση $y=y(t)$ που περιγράφει το μοντέλο της σιγμοειδούς καμπύλης. Η ισοδύναμη μορφή (4) δείχνει ότι μπορούμε να μετασχηματίσουμε την καμπύλη σε ευθεία.

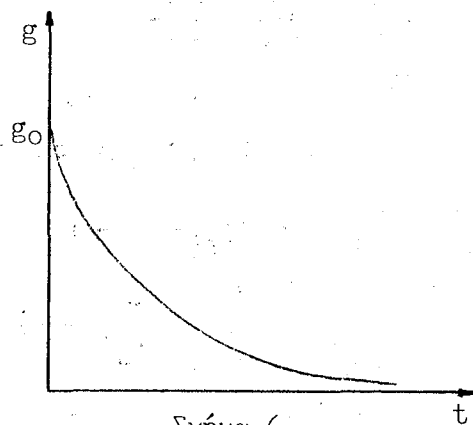
Επομένως, με βάση την 2^η υπόθεση που έγινε, έχουμε ότι ο σχετικός ρυθμός συνθέσεως των πολυμερών του κυτταρικού τοιχώματος είναι φθίνουσα ευθύγραμμη συνάρτηση της ποσότητας των υλικών που συντίθενται, και αποδίδεται από την διαφορική εξίσωση (3) του μοντέλου της σιγμοειδούς καμπύλης.

Το μοντέλο της φθίνουσας εκθετικής καμπύλης

Η μορφή της φθίνουσας εκθετικής καμπύλης φαίνεται στο σχήμα 6. Η καμπύλη αυτή διέπεται από την διαφορική εξίσωση:

$$\frac{dg}{g dt} = -k \quad (6)$$

Το μείον τίθεται διότι για μεταβολή του χρόνου κατά dt , επέρχεται μείωση της ποσοστιαίας μεταβολής dg/g .



Σχήμα 6

Αποδίδοντας φυσική σημασία στην παράμετρο k , μπορούμε να πούμε κατ'αντιστοιχία προς την παράμετρο r ότι αυτή είναι μια σταθερά που εκφράζει την ενδογενή αποδομητική δραστηριότητα του μεσοκαρπίου.

Επιλύουμε την διαφορική εξίσωση (6) και έχουμε:

$$\frac{dg}{g dt} = -k \Rightarrow \frac{dg}{g} = -k dt \Rightarrow \int_{g_0}^g \frac{dg}{g} = - \int_0^t k dt \Rightarrow$$

$$\ln \frac{g}{g_0} = -kt \quad (7) \Rightarrow g = g_0 e^{-kt}. \text{Θέτουμε: } g_0 = e^b,$$

οπότε: $g = e^{b - kt}$ (8).

Η εξίσωση (8) είναι η συνάρτηση $g = g(t)$ που περιγράφει το μοντέλο της φθίνουσας εκθετικής καμπύλης. Η ισοδύναμη μορφή (7) δείχνει ότι μπορούμε να μετασχηματίσουμε την καμπύλη σε ευθεία.

Επομένως, με βάση την 3^η υπόθεση που έγινε, έχουμε ότι ο σχετικός ρυθμός αποδομής των πολυμερών του κυτταρικού τοιχώματος είναι μια σταθερή συνάρτηση ανεξάρτητη από την ποσότητα των υλικών που αποδομούνται και αποδίδεται από την διαφορική εξίσωση (6) του μοντέλου της φθίνουσας εκθετικής καμπύλης.

Το μοντέλο της σιγμοειδούς καμπύλης με κατερχόμενο κλαδο

Αντικαθιστούμε τις σχέσεις (3) και (6) στη σχέση (2) και έχουμε:

$$\frac{dz}{z dt} = \frac{dy}{y dt} + \frac{dg}{g dt} \Rightarrow \frac{dz}{z dt} = \frac{r}{y_m} (y_m - y) - k \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{dz}{dt} - [(r - k) - \frac{r}{y_m} y] z = 0 \quad (9)$$

Επιλύουμε την διαφορική εξίσωση (9) και έχουμε:

$$\frac{dz}{z dt} = \frac{r}{y_m} (y_m - y) - k \Rightarrow \frac{dz}{z} = (r - \frac{r}{y_m} y - k) dt \Rightarrow$$

$$\int_{z_0}^z \frac{dz}{z} = \int_0^t (r - \frac{r}{y_m} y - k) dt = \int_0^t r dt - \int_0^t \frac{r}{y_m} y dt - \int_0^t k dt \Rightarrow$$

$$\ln \frac{z}{z_0} = rt - kt - \int_0^t \frac{r}{y_m} \frac{y_m}{1 + e^{a-rt}} dt = rt - kt - r \int_0^t \frac{dt}{1 + e^{a-rt}} .$$

Υπολογίζουμε το ολοκλήρωμα: $I = r \int_0^t \frac{dt}{1 + e^{a-rt}}$

$$I = r \int_0^t \frac{dt}{1 + e^{a-rt}} = r \int_0^t \frac{-r e^{a-rt} dt}{(-r e^{a-rt})(1 + e^{a-rt})} =$$

$$= r \int_0^t \frac{d(1 + e^{a-rt})}{(-r e^{a-rt})(1 + e^{a-rt})} .$$

Θέτουμε: $1 + e^{a-rt} = s,$ $e^{a-rt} = s - 1$ (M).

I $\xrightarrow{(M)}$ $r \int_0^t \frac{ds}{-r(s-1)s} = - \int_0^t \frac{ds}{(s-1)s}$. Για τον υπολογισμό αυτού του ολοκληρώματος έχουμε: $1/((s-1)s) = c_3/s-1 + c_4/s \Rightarrow 1 = c_3s + c_4(s-1)$. Για $s=0$ έχουμε: $1 = 0 + (-1)c_4 \Rightarrow c_4 = -1$, και για $s=1$ έχουμε: $1 = c_3 + 0 \Rightarrow c_3 = 1$, επομένως:

$$\begin{aligned} \frac{1}{(s-1)s} &= \frac{1}{s-1} - \frac{1}{s} \Rightarrow - \int_0^t \frac{ds}{(s-1)s} = - \int_0^t \frac{ds}{s-1} + \int_0^t \frac{ds}{s} = \\ &= - \int_0^t \frac{d(s-1)}{s-1} + \int_0^t \frac{ds}{s} = - \ln(s-1) \Big|_0^t + \ln s \Big|_0^t \quad (M) \\ &= - \ln(e^{a-rt}) \Big|_0^t + \ln(1+e^{a-rt}) \Big|_0^t = -(a-rt) \Big|_0^t + \ln(1+e^{a-rt}) \Big|_0^t \\ &= [(rt-a)-(-a)] + [\ln(1+e^{a-rt}) - \ln(1+e^a)] = rt + \ln \frac{(1+e^{a-rt})}{(1+e^a)} \end{aligned}$$

Συνεπώς: $I = rt + \ln \frac{(1+e^{a-rt})}{(1+e^a)}$.

$$\ln \frac{z}{z_0} = rt - kt - rt - \ln \frac{(1+e^{a-rt})}{(1+e^a)} \Rightarrow$$

$$\ln \frac{z}{z_0} + \ln \frac{(1+e^{a-rt})}{(1+e^a)} = -kt \Rightarrow \ln \left[\frac{z}{z_0} \frac{(1+e^{a-rt})}{(1+e^a)} \right] = -kt \Rightarrow$$

$$z = \frac{z_0 (1+e^a) e^{-kt}}{1+e^{a-rt}}. \quad \text{Όμως: } a = - \ln \frac{y_0}{y_m - y_0} = \ln \frac{y_m - y_0}{y_0} \Rightarrow$$

$$e^a = \frac{y_m - y_0}{y_0} = \frac{y_m}{y_0} - 1 \Rightarrow 1 + e^a = \frac{y_m}{y_0}, \text{ και η προηγούμενη σχέση}$$

$$\text{γίνεται: } z = \frac{z_0 (y_m/y_0) e^{-kt}}{1+e^{a-rt}}. \text{ Έχουμε όμως } y_m/y_0 = g_0 = e^b$$

οπότε $b = \ln(y_m/y_0)$, και έχουμε την τελική μορφή της σχέσεως, που είναι και η λύση της διαφορικής εξίσωσης (9).

$$z = \frac{z_0 e^{b-kt}}{1+e^{a-rt}} \quad (10)$$

Η διαφορική εξίσωση (9) και η εξίσωση (10) περιγράφουν τις μεταβολές του κυτταρικού τοιχώματος των κυττάρων του μεσοκαρπίου, από την φάση της σκληρύν-

σεως του ενδοκαρπίου μέχρι και την υπερωρίμανση.

Διερεύνηση της εξίσωσης

Διερευνώντας την μορφή της εξίσωσης (10), έχουμε τα εξής:

$$z = \frac{z_0(y_m/y_0) e^{-kt}}{1+e^{a-rt}} = \frac{y_m(z_0/y_0) e^{-kt}}{1+e^{a-rt}}. \text{ Αν θέσουμε } e^c = \frac{z_0}{y_0},$$

$$\text{τότε: } z = \frac{y_m e^{c-kt}}{1+e^{a-rt}} \quad (10')$$

Η εξίσωση (10') είναι το γινόμενο δύο επιμέρους συναρτήσεων:

$$y = \frac{y_m}{1+e^{a-rt}} \quad \text{και} \quad g = e^{c-kt}, \text{ οπότε:}$$

$$z = yg \Rightarrow z' = (yg)' = y'g + yg' \quad (i)$$

$$y' = ry - \frac{r}{y_m} y^2 \quad \text{και} \quad g' = -k e^{c-kt} = -kg \quad (ii)$$

$$\text{Από τις (i) και (ii) έχουμε: } z' = (ry - \frac{r}{y_m} y^2)g - kyg \Rightarrow$$

$$z' = r(yg) - \frac{r}{y_m} y(yg) - k(yg) = [r - \frac{r}{y_m} y - k]z \quad (iii).$$

Η τελευταία σχέση είναι η διαφορική εξίσωση (9). Η εξίσωση (10') επαληθεύει τις αρχικές παρατηρήσεις και υποθέσεις που έγιναν για την διαμόρφωση του μοντέλου.

Τα z και z_0 εκφράζονται σε mg/καρπό. Τα r και k έχουν διαστάσεις αντιστρόφου χρόνου (t^{-1}). Οι σταθερές e^a και e^b είναι αδιάστατες ομάδες και εκφράζουν αντίστοιχα τους λόγους των ομοίων μεγεθών:

$$e^a = \frac{y_m - y_0}{y_0} \quad \text{και} \quad e^b = \frac{y_m}{y_0}.$$

Οι σταθερές αυτές χαρακτηρίζουν την συνθετική δραστηριότητα του μεσοκαρπίου, όσον αφορά το κυτταρικό τοίχωμα. Δηλαδή, αν υπήρχαν μόνο συνθετικά φαινόμενα η σταθερά y_m/y_0 πληροφορεί πόσες φορές μεγαλύτερη θα ήταν η τελική ποσότητα του κυτταρικού τοιχώματος σε σχέση με την αρχική ποσότητα, και η σταθερά $y_m - y_0/y_0$ το εύρος των δυνατοτήτων για συνθετική δραστηριότητα. Οι σταθερές αυτές παρέχουν μια εκτίμηση των δυνατοτήτων και των ορίων που έχει το συγκεκριμένο βιοχημικό σύστημα.

4. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΤΗΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ ΕΞΙΣΩΣΕΩΣ

Η διαδικασία που αναπτύσσεται στη συνέχεια, αποβλέπει 1) στον υπολογισμό των σταθερών b, k, a, r , που υπεισέρχονται στην προτεινόμενη εξίσωση, και 2) στον έλεγχο της ισχύος αυτής της εξίσωσης.

Η διαδικασία αυτή στηρίζεται στα επόμενα πειραματικά δεδομένα:

1) t_i : είναι ο χρόνος σε ημέρες, που πέρασε από την πρώτη δειγματοληψία (η οποία συμπίπτει με την σκλήρυνση του ενδοκαρπίου, $t=0$), με $i=1,2,\dots,n$.

2) x_i : είναι η ποσότητα της ξηρής ουσίας του μεσοκαρπίου σε mg/καρπό, για το αντίστοιχο t_i .

3) KT_i : είναι η ποσότητα του ξηρού κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου σε mg/καρπό, για το αντίστοιχο t_i .

Στηρίζεται επίσης στην παραδοχή ότι τα συνθετικά φαινόμενα που αφορούν το κυτταρικό τοίχωμα του μεσοκαρπίου πραγματοποιούνται με τον ίδιο σχετικό ρυθμό, που χαρακτηρίζει την ολική συνθετική δραστηριότητα του μεσοκαρπίου. Με αυτή την παραδοχή οι σταθερές a και r που υπολογίζονται για την σιγμοειδή καμπύλη, η οποία περιγράφει την αύξηση της ξηρής ουσίας του μεσοκαρπίου, ταυτίζονται αριθμητικά με τις αντίστοιχες σταθερές της σιγμοειδούς καμπύλης, η οποία περιγράφει την πρόοδο των συνθετικών φαινομένων που αφορούν το κυτταρικό τοίχωμα του μεσοκαρπίου (4^η υπόθεση).

Τα βήματα της υπολογιστικής διαδικασίας έχουν ως εξής:

1) Γράφεται ο αριθμός των δειγματοληψιών (n) και σε πίνακα τα πειραματικά δεδομένα $t_{\pi i}$. Υπολογίζεται το άθροισμα τους (Σt) και το άθροισμα των τετραγώνων τους: $\Sigma t = t_{\pi 1} + t_{\pi 2} + \dots + t_{\pi n}$, $\Sigma t^2 = t_{\pi 1}^2 + t_{\pi 2}^2 + \dots + t_{\pi n}^2$.

2) Γράφονται σε πίνακα τα πειραματικά δεδομένα $x_{\pi i}$. Επιλέγουμε τρεις τιμές των $x_{\pi i}$ (κατά προτίμηση από τις τελευταίες), που αντιστοιχούν σε χρόνους t_1, t_2, t_3 για τους οποίους ισχύει η σχέση $t_3 - t_2 = t_2 - t_1$ ή $2t_2 = t_1 + t_3$. Το x_m υπολογίζεται από την σχέση:

$$x_m = \frac{2x_1 x_2 x_3 - (x_1 + x_3)x_2^2}{x_1 x_3 - x_2^2}$$

Απόδειξη της σχέσεως

$$t_3 - t_2 = t_2 - t_1 \Rightarrow rt_3 - rt_2 = rt_2 - rt_1 \Rightarrow$$

$$\ln \frac{x_3}{x_m - x_3} + a - \ln \frac{x_2}{x_m - x_2} - a = \ln \frac{x_2}{x_m - x_2} + a - \ln \frac{x_1}{x_m - x_1} \Rightarrow$$

$$\frac{x_3(x_m - x_2)}{x_2(x_m - x_3)} = \frac{x_2(x_m - x_1)}{x_1(x_m - x_2)} \Rightarrow x_1 x_3 (x_m - x_2)^2 = x_2^2 (x_m - x_1)(x_m - x_3) \Rightarrow$$

$$x_m^2 x_1 x_3 - 2x_m x_1 x_2 x_3 + x_1 x_2^2 x_3 = x_m^2 x_2^2 - x_m x_2^2 x_3 - x_m x_2^2 x_1 + x_1 x_2^2 x_3 \Rightarrow$$

$$x_m(x_m x_1 x_3 - 2x_1 x_2 x_3) = x_m(x_m x_2^2 - x_2^2 x_3 - x_2^2 x_1) \Rightarrow$$

$$x_m x_1 x_3 - x_m x_2^2 = 2x_1 x_2 x_3 - x_1 x_2^2 - x_3 x_2^2 \Rightarrow$$

$$x_m(x_1 x_3 - x_2^2) = 2x_1 x_2 x_3 - (x_1 + x_3)x_2^2 \Rightarrow$$

$$x_m = \frac{2x_1 x_2 x_3 - (x_1 + x_3)x_2^2}{x_1 x_3 - x_2^2}$$

3) Υπολογίζουμε και γράφουμε σε πίνακα τα Y_i , από την σχέση $Y_i = \ln(x_{\pi i} / x_m - x_{\pi i})$. Υπολογίζουμε το άθροισμα των Y_i (ΣY) και το άθροισμα των τετραγώνων τους (ΣY^2). Υπολογίζουμε τα επιμέρους γινόμενα $t_{\pi i} Y_i$ και το άθροισμα τους ($\Sigma t Y$).

4) Τα Y_i και $t_{\pi i}$ συνδέονται με την γραμμική σχέση $Y_i = rt_{\pi i} - \frac{1}{a}$. Με την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων υπολογίζουμε τα a και r , από τις σχέσεις:

$$a = [\Sigma Y \Sigma t^2 - \Sigma t \Sigma t Y] / [n \Sigma t^2 - (\Sigma t)^2], \text{ και}$$

$$r = [n \Sigma t Y - \Sigma t \Sigma Y] / [n \Sigma t^2 - (\Sigma t)^2].$$

Γιά το a αναμένεται αρνητικό εξαγόμενο, ενώ για το r θετικό εξαγόμενο. Ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης των Y_i και $t_{\pi i}$, υπολογίζεται από την σχέση:

$$\Sigma YNT 1 = \frac{[\Sigma t Y - (\Sigma t \Sigma Y / n)]^2}{[\Sigma t^2 - ((\Sigma t)^2 / n)][\Sigma Y^2 - ((\Sigma Y)^2 / n)]}$$

5) Υπολογίζουμε και γράφουμε σε πίνακα τα E_i , από την σχέση: $E_i = 1 + \exp(a - rt_{\pi i})$, με βάση την παραδοχή 4.

6) Από τα πειραματικά δεδομένα για τα $K T_{\pi i}$ εκτιμούμε μια αρχική τιμή $K T_0$.

7) Υπολογίζουμε και γράφουμε σε πίνακα τα G_i , από

την σχέση: $G_i = -\ln(KT_{\pi i} \cdot E_i / KT)$. Υπολογίζουμε το άθροισμα των G_i (ΣG) και το άθροισμα των τετραγώνων τους $(\Sigma G)^2$. Υπολογίζουμε τα επιμέρους γινόμενα $t_{\pi i} G_i$ και το άθροισμα τους (ΣtG).

8) Τα G_i και $t_{\pi i}$ συνδέονται με την γραμμική σχέση $G_i = kt_{\pi i} - b$. Με την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων υπολογίζουμε τα b και k , από τις σχέσεις.

$$b = [\Sigma G \Sigma t^2 - \Sigma t \Sigma tG] / [n \Sigma t^2 - (\Sigma t)^2]$$

$$k = [n \Sigma tG - \Sigma t \Sigma G] / [n \Sigma t^2 - (\Sigma t)^2].$$

Για το b αναμένεται αρνητικό εξαγόμενο, ενώ για το k θετικό εξαγόμενο. Ο συντελεστής γραμμικής συσχέτισης των G_i και $t_{\pi i}$, υπολογίζεται από την σχέση:

$$\Sigma YNT \ 2 = \frac{[\Sigma tG - (\Sigma t \Sigma G/n)]^2}{[\Sigma t^2 - ((\Sigma t)^2/n)][\Sigma G^2 - ((\Sigma G)^2/n)]}$$

9) Υπολογίζουμε και γράφουμε σε πίνακα τις θεωρητικές τιμές των $KT_{\theta i}$, που προκύπτουν από την εξίσωση όπως διαμορφώθηκε από τα προηγούμενα υπολογιστικά βήματα:

$$KT_{\theta i} = \frac{(KT_0) \exp(b - kt_{\pi i})}{1 + \exp(a - rt_{\pi i})}$$

10) Υπολογίζουμε και γράφουμε σε πίνακα τις % αποκλίσεις των πειραματικών τιμών από τις θεωρητικές τιμές, που λαμβάνουμε από το προηγούμενο υπολογιστικό βήμα. Ενδιαφέρουν οι απόλυτες τιμές που θα προκύψουν, διότι κατά τον υπολογισμό της μέσης % αποκλίσεως μεγιστοποιούμε το εξαγόμενο. Χρησιμοποιούμε τη σχέση:

$$A_i \% = \left| \frac{KT_{\theta i} - KT_{\pi i}}{KT_{\theta i}} \right| 100$$

11) Υπολογίζουμε την μέση % απόκλιση των πειραματικών τιμών από τις θεωρητικές τιμές, από την σχέση:

$$\bar{A} \% = \frac{1}{n} \Sigma (A_i \%)$$

Σύμφωνα με τα προηγούμενα η τελική υπολογιστική μορφή της εξισώσεως του μοντέλου διαμορφώνεται ως εξής:

$$KT_{\theta i} = \frac{(KT_0) \exp(b - kt_{\pi i})}{1 + \exp(a - rt_{\pi i})} \pm \bar{A} \%$$

Οι τιμές των σταθερών, που προσδιορίστηκαν από την εφαρμογή της προηγούμενης διαδικασίας στα πειραματικά δεδομένα των δύο κύκλων δειγματοληψιών, δίνονται στον επόμενο πίνακα 17.

ΠΙΝΑΚΑΣ 17
ΟΙ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΩΝ ΣΤΑΘΕΡΩΝ

		a	r	ΣΥΝΤ 1	b	k	ΣΥΝΤ 2	$\bar{A}\%$	ΚΤ ₀
1983	ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Α	3,13	0,074	0,800	3,71	0,018	0,938	13,9	17
	ΡΟΔΑΚΙΝΙΑ	3,64	0,089	0,947	3,58	0,017	0,980	15,8	50
	ΒΕΡΥΚΟΚΚΙΑ	3,08	0,088	0,953	2,91	0,031	0,921	9,4	90
1984	ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Α	3,24	0,069	0,973	3,54	0,025	0,969	15,5	25
	ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Β	2,93	0,073	0,966	3,24	0,026	0,846	8,1	26
	ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Γ	2,53	0,070	0,807	3,25	0,017	0,848	8,4	27

Στον πίνακα 18 παρατίθενται τα πειραματικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό των σταθερών της προτεινόμενης εξίσωσης, τα εξαγόμενα από την θεωρητική εξίσωση και οι % αποκλίσεις των πειραματικών από τις θεωρητικές τιμές, για τους δύο κύκλους δειγματοληψιών.

5. ΚΡΙΤΙΚΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Από την μαθηματική διερεύνηση των μεταβολών του κυτταρικού τοιχώματος βλέπουμε ότι οι παραδοχές που έγιναν οδήγησαν στην διαμόρφωση ενός ημιεμπειρικού μοντέλου, το οποίο στηρίχθηκε στα πειραματικά δεδομένα, στα συμπεράσματα που προέκυψαν από αυτά και κυρίως στις μορφές των καμπυλών που ελήφθησαν. Δεν υπάρχουν αντίστοιχα βιβλιογραφικά δεδομένα για να γίνουν συγκρίσεις. Ως βοηθήματα χρησιμοποιήθηκαν οι πηγές [99,81].

Η προτεινόμενη εξίσωση (10) είναι φαινομενολογική εξίσωση που αποδίδει συνολικά το φαινόμενο και όχι λεπτομερειακά. Η εξίσωση αυτή παρέχει με ικανοποιητική προσέγγιση την πορεία των συνολικών μεταβολών της ποσότητας του κυτταρικού τοιχώματος ανα

καρπό σε συνάρτηση με τον χρόνο, αφού προηγουμένως προσδιοριστούν οι σταθερές που περιέχει από επαρκή πειραματικά δεδομένα.

Αυτή η ικανοποιητική προσέγγιση των πειραματικών τιμών από τις αντίστοιχες θεωρητικές φαίνεται από τα αποτελέσματα της υπολογιστικής διαδικασίας, όπου οι παρουσιαζόμενες μέσες % αποκλίσεις κυμαίνονται μεταξύ 8,1 - 15,8 %. Οι μεγαλύτερες επιμέρους % αποκλίσεις παρουσιάζονται σε δείγματα που ελήφθησαν στην αρχή και το τέλος κάθε σειράς δειγματοληψιών. Αυτό αποδίδεται σε δυσκολίες πειραματικής φύσεως, που οφείλονταν στην έντονη συνεκτικότητα ή χαλαρότητα που παρατηρήθηκε στο μεσοκάρπιο των περισσότερων καρπών αυτών των δειγμάτων.

Παρατηρείται, ότι οι αριθμητικές τιμές των σταθερών a, r, b, k που προέκυψαν για κάθε δένδρο δεν διαφέρουν αισθητά μεταξύ τους, ώστε να υπάρχουν διαφορές χαρακτηριστικές για κάθε δένδρο. Έτσι από μαθηματική και υπολογιστική άποψη η αντιμετώπιση είναι ενιαία, ανεξάρτητη από βοτανικό είδος, βλαστικό κύκλο και ατομικότητα του δένδρου. Εξαίρεση παρουσιάζει η αρχική ποσότητα του κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου ανά καρπό, η οποία λαμβάνεται κατ'έκτίμηση από τα διαγράμματα. Χαμηλότερες τιμές παρουσιάζει η Κορομηλιά, αλλά οι τιμές αυτές βρίσκονται πολύ κοντά χωρίς να επηρεάζονται αισθητά από βλαστικό κύκλο και ατομικότητα του δένδρου. Ενδιάμεσες τιμές παρουσιάζει η Ροδακινιά και σαφώς υψηλότερες η Βερυκοκκιά.

Από την προηγούμενη ανάπτυξη της υπολογιστικής διαδικασίας βλέπουμε, ότι εκτός από την εκτίμηση των συντελεστών που υπεισέρχονται στην εξίσωση του προτεινομένου μαθηματικού μοντέλου, αυτή η διαδικασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για πρόβλεψη της ποσότητας του κυτταρικού τοιχώματος που περιέχεται στο μεσοκάρπιο ενός καρπού από την σκλήρυνση του ενδοκαρπίου μέχρι και την υπερωρίμανση.

Αυτό το πλεονέκτημα εξασφαλίζεται με την χρήση της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων κατά την υπολογιστική διαδικασία. Αντί για ένα μεγάλο αριθμό δειγματοληψιών μπορούν να γίνουν πέντε ή έξι δειγματοληψίες σε ορισμένα κατάλληλα χρονικά διαστήματα, δηλαδή ο ελάχιστος αριθμός απαιτούμενων δειγματοληψιών για να δώσει η μέθοδος των ελαχίστων τετραγώνων αξιόπιστα αποτελέσματα, με μεγαλύτερη όμως μέση %

απόκλιση. Έτσι, η πειραματική μεθοδολογία παρά τις χρονικές και οικονομικές απαιτήσεις της μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αναλύσεις ρουτίνας, όπου χρησιμοποιείται μικρός αριθμός δειγμάτων για να γίνει η εκτίμηση των σταθερών και στη συνέχεια γίνεται εκτίμηση της πορείας των μεταβολών του κυτταρικού τοιχώματος με βάση την προτεινομένη εξίσωση.

Συνεπώς, μπορεί να γίνει πρόβλεψη του χρονικού διαστήματος στο οποίο αναμένεται άριστη συνεκτικότητα σάρκας για εμπορία ή βιομηχανική επεξεργασία, φυσιολογική ωρίμανση, εμπορική ωρίμανση, υπερωρίμανση και κάθε τι το οποίο σχετίζεται με το μαλάκωμα του ιστού του μεσοκαρπίου και κατ'επέκταση με τις μεταβολές του κυτταρικού τοιχώματος.

Σ Υ Μ Π Ε Ρ Α Σ Μ Α Τ Α

Από την παρουσίαση και διερεύνηση των αποτελεσμάτων διαπιστώνεται ότι στο πρωτογενές κυτταρικό τοίχωμα των κυττάρων του μεσοκαρπίου των εξεταζομένων καρπών Κορομηλιάς, Ροδακινιάς και Βερυκοκκιάς πραγματοποιούνται σημαντικές μεταβολές, κατά το εξεταζόμενο χρονικό διάστημα από την σκλήρυνση του ενδοκαρπίου μέχρι και την υπερωρίμανση.

Το ΠΚΤ του μεσοκαρπίου αποτελείται από πολυσακχαρίτες και γλυκοπρωτεΐνες. Τα συστατικά των πολυσακχαριτών του τοιχώματος που προέκυψαν από την ολική υδρόλυση αυτών ήταν: γαλακτουρονικό οξύ, ραμνόζη, αραβινόζη, γαλακτόζη, ξυλόζη, μαννόζη, γλυκουρονικό οξύ και γλυκόζη. Για την παρακολούθηση των μεταβολών του πρωτεϊνικού μέρους του ΠΚΤ μετρήθηκε το ολικό άζωτο των πρωτεϊνών του. Μελετήθηκε επίσης και η συμπεριφορά των ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου, τα οποία συνδέουν ομάδες καρβοξυλίου του γαλακτουρονικού οξέος μεταξύ τους.

Τα συστατικά αυτά δεν σχηματίζουν κατά τυχαίο τρόπο το κυτταρικό τοίχωμα. Αντιθέτως, η ύπαρξη ορισμένων από αυτά σε συγκεκριμένο κλάσμα του κυτταρικού τοιχώματος και η ύπαρξη ορισμένων αναλογιών μεταξύ τους δείχνει ότι υπάρχει συγκεκριμένη δομή στο ΠΚΤ του μεσοκαρπίου και κάποιος λειτουργικός ρόλος γιακάθε συστατικό.

Συστατικά του πηκτινικού κλάσματος του ΠΚΤ ήταν το γαλακτουρονικό οξύ και η ραμνόζη. Υπήρχε επίσης αραβινόζη και γαλακτόζη. Συστατικά του ημικυτταρινικού κλάσματος ήταν η ξυλόζη και η μαννόζη. Υπήρχε επίσης αραβινόζη και γαλακτόζη, γλυκόζη που θεωρείται ως μηκυτταρινική και γλυκουρονικό οξύ σε πολύ μικρές ποσότητες. Το κυτταρινικό κλάσμα περιείχε κατά το μεγαλύτερο μέρος γλυκόζη και σε μικρές ποσότητες ξυλόζη και μαννόζη. Τα ευρήματα αυτά δείχνουν ότι το πηκτινικό κλάσμα αποτελείται κατά κύριο λόγο από ραμνογαλακτουρονάνη. Η αραβινόζη και η γαλακτόζη φαίνεται ότι

σχηματίζουν αραβινογαλακτάνες, οι οποίες παίζουν ρόλο συνδέσμων μεταξύ του πηκτινικού και του ημικυτταρινικού κλάσματος. Αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι αυτές οι δομικές μονάδες του ΠΚΤ ανευρίσκονται ως συστατικά τόσο του πηκτινικού όσο και του ημικυτταρινικού κλάσματος. Το ημικυτταρινικό κλάσμα αποτελείται κατά κύριο λόγο από ξυλογλυκάνη και συνδέεται τόσο με το πηκτινικό κλάσμα όσο και με το κυτταρινικό. Ρόλο συνδέσμων με το πηκτινικό κλάσμα παίζουν οι αραβινογαλακτάνες όπως αναφέρθηκε, ενώ σύνδεσμοι με το κυτταρινικό κλάσμα είναι οι ίδιες οι δομικές μονάδες του ημικυτταρινικού κλάσματος, δηλαδή η ξυλόζη και η μαννόζη. Φαίνεται ότι τα συστατικά αυτά συνδέονται με την κυτταρίνη μέσω των περιοχών, οι οποίες παρουσιάζουν μειωμένη κρυσταλλικότητα. Η ύπαρξη γλυκόζης στο ημικυτταρινικό κλάσμα αναφέρεται ως μή-κυτταρινική διότι η κυτταρινική γλυκόζη είναι ανθεκτική υπό τις συνθήκες παραλαβής του ημικυτταρινικού κλάσματος. Επομένως η γλυκόζη αυτή είναι συστατικό του ημικυτταρινικού κλάσματος και όχι πρόσμιξη αυτού. Αυτή ενδεχομένως να σχηματίζει με την βοήθεια της ξυλόζης ή της μαννόζης πολυμερή του τύπου των ξυλογλυκανών ή γλυκομανανών, όπου συμμετέχει ως δομική μονάδα και το γλυκουρονικό οξύ σε πολύ μικρή αναλογία.

Το κυτταρινικό κλάσμα αποτελείται από γλυκόζη. Κατά την υδρόλυση του κλάσματος υπήρχαν μαννόζη και ξυλόζη, τα βασικά δομικά συστατικά του ημικυτταρινικού κλάσματος. Τα συστατικά αυτά είναι πολύ στενά συνδεδεμένα με την κυτταρίνη και φαίνεται ότι αποτελούν τους συνδέσμους με τα πολυμερή του ημικυτταρινικού κλάσματος. Δεν παρατηρήθηκε ύπαρξη αραβινόζης ή γαλακτόζης στα υδρολύματα του κυτταρινικού κλάσματος, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι οι αραβινογαλακτάνες συνδέουν μόνο το πηκτινικό με το ημικυτταρινικό κλάσμα. Επομένως, οι τρεις ομάδες συστατικών του κυτταρινικού τοιχώματος έχουν ορισμένη, συγκεκριμένη σύσταση, η οποία βρίσκεται σε άμεση σχέση με τον ρόλο κάθε ομάδας στην λειτουργική συμπεριφορά του ΠΚΤ.

Τα προηγούμενα συμπεράσματα αφορούν και τα τρία βοτανικώς συγγενή είδη καρπών, γεγονός που δείχνει ότι το ΠΚΤ συμβάλλει στην συνολική αύξηση και τις μεταβολές του καρπού κατά ενιαίο τύπο.

Κατά την αύξηση των καρπών πέρα από την αύξηση στη συνολική ποσότητα του κυτταρινικού τοιχώματος, διαπιστώθηκε ότι μεταβάλλονται και οι ποσότητες των επι-

μέρους συστατικών του κυτταρικού τοιχώματος, τόσο των σακχάρων όσο και του ολικού αζώτου και των ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου. Κατά την περίοδο από την έναρξη της αυξήσεως του μεσοκαρπίου, αμέσως μετά την σκλήρυνση του ενδοκαρπίου μέχρι και την ωρίμανση, οι ποσότητες αυξάνονται ενώ φαίνεται να τηρούνται οι αναλογίες μεταξύ των συστατικών του κάθε κλάσματος. Αντιθέτως, η συμμετοχή του κάθε κλάσματος στο συνολικό ΚΤ μεταβάλλεται με υπεροχή του πηκτινικού κλάσματος κατά την φάση της ωριμάνσεως, όπου συμμετέχει σαν συστατικό του μεσοτοιχίου και των πηκτινών του ΚΤ.

Κατά την φάση της ωριμάνσεως παρατηρούνται σημαντικές μεταβολές. Ορισμένα συστατικά μειώνονται σε ποσότητα στα αντίστοιχα κλάσματα όπου συμμετέχουν, ενώ ανευρίσκονται σε διαλυτή μορφή. Παράλληλα αναπτύσσεται έντονη ενζυμική δραστηριότητα. Τέτοια δραστική μείωση της ποσότητας παρατηρείται κυρίως στο γαλακτουρονικό οξύ, βασικό δομικό συστατικό του πηκτινικού κλάσματος του ΠΚΤ. Το πηκτινικό κλάσμα υφίσταται τις πιο έντονες μεταβολές σε σχέση με τα υπόλοιπα κλάσματα του κυτταρικού τοιχώματος. Το ημικυτταρινικό κλάσμα αντιθέτως παρουσιάζει μεταβολές περιορισμένης εκτάσεως, ενώ το κυτταρινικό κλάσμα δεν παρουσιάζει μεταβολές ή αν υπάρχουν είναι πολύ περιορισμένης εκτάσεως (όπως φαίνεται να συμβαίνει στη Ροδακινιά, σε αντίθεση με τα άλλα δύο είδη. Εκτός από το γαλακτουρονικό οξύ σε διαλυτή μορφή περιέρχονται η γαλακτόζη, η μαννόζη και η ραμνόζη σε ποσότητες που αυξάνουν μεν αλλά περιορισμένα, κυρίως κατά την φάση της υπερωριμάνσεως. Τα δεδομένα επί των διαλυτών συστατικών βρίσκονται σε συμφωνία με τα δεδομένα των ενζυμικών αναλύσεων. Συσχετισμός των δεδομένων αυτών δείχνει ότι ένα μέρος από τα συστατικά αυτά περιέρχεται σε διαλυτή μορφή μετά από διάσπαση ορισμένων δεσμών με γειτονικά πολυμερή και δράση καταλλήλων ενζύμων επί αυτών.

Ο τρόπος μεταβολής των συστατικών του ΠΚΤ διαφέρει για το κάθε είδος καρπού, όπου σημειώνονται παραλλαγές, χωρίς να αλλοιώνεται ο γενικός τύπος μεταβολής που είναι ο ίδιος και για τα τρία είδη. Οι παραλλαγές που παρατηρούνται εντοπίζονται στην προτεραιότητα που παρουσιάζουν οι μεταβολές κάθε συστατικού σε κάθε φάση αυξήσεως και μεταβολής του κυτταρικού τοιχώματος. Από τις σχετικές μεταβολές των συστατικών του ΠΚΤ σημαντικές είναι για το γαλακτουρονικό οξύ, την ξυλόζη-μαννόζη και την γλυκόζη, περιορισμένες δείχνουν να εί-

ναι οι μεταβολές της ραμνόζης, αραβινόζης και γαλακτόζης, ενώ ιδιαίτερα περιορισμένες είναι οι μεταβολές του γλυκουρονικού οξέος. Επομένως, τα κύρια συστατικά κάθε κλάσματος υφίστανται τις πιο έντονες μεταβολές, καθώς επίσης μεταβολές στη σύσταση και δομή ενός κλάσματος αντανακλούν και στα υπόλοιπα.

Τα ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου συμμετέχουν στις μεταβολές που παρατηρούνται στο γαλακτουρονικό οξύ. Από την διερεύνηση των πειραματικών δεδομένων βλέπουμε ότι ένα χαμηλό ποσοστό των καρβοξυλικών ομάδων του γαλακτουρονικού οξέος συνδέονται μεταξύ τους με την βοήθεια των ιόντων αυτών, τα οποία συμβάλλουν στην σταθεροποίηση της δομής και στη συνεκτικότητα του ΠΚΤ κατά την διάρκεια της αυξήσεως του μεσοκαρπίου. Το ασβέστιο ως ευρισκόμενο σε μεγαλύτερες ποσότητες φαίνεται ότι συμβάλλει ιδιαίτερα σ' αυτή την σταθεροποίηση, ενώ το μαγνήσιο φαίνεται να έχει μάλλον επικουρικό ρόλο.

Οι μεταβολές του ολικού αζώτου του ΠΚΤ δείχνουν περιορισμένες μεταβολές και στο πρωτεϊνικό τμήμα του κυτταρικού τοιχώματος. Από βιβλιογραφικά δεδομένα φαίνεται ότι οι αραβινογαλακτάνες συνδέονται και με γλυκοπρωτεΐνες του ΠΚΤ. Αυτή η παρατήρηση δείχνει εμμέσως ότι ένα μέρος των "απωλειών", όπως χαρακτηρίζονται κατά την ανάλυση του ΠΚΤ, οφείλεται στην περιεκτικότητα σε δομικές μονάδες του πρωτεϊνικού τμήματος που συνοδεύουν τις αραβινογαλακτάνες κατά την κλασμάτωση του ΠΚΤ. Από τα πειραματικά δεδομένα βλέπουμε ότι αποδόμηση περιορισμένης εκτάσεως πρέπει να συμβαίνει και στο πρωτεϊνικό τμήμα του ΠΚΤ κατά την περίοδο της υπερωριμάνσεως. Φαίνεται ότι έντονη χαλάρωση και τοπική κατάρρευση του δικτύου των πολυμερών του ΠΚΤ παρέχει την δυνατότητα για ενζυμική δράση επί των γλυκοπρωτεϊνών του ΠΚΤ.

Οι μεταβολές που πραγματοποιούνται στο ΠΚΤ του μεσοκαρπίου κατά την περίοδο της ωριμάνσεως και υπερωριμάνσεως των καρπών είναι αποτέλεσμα της δράσεως ειδικών ενζύμων. Έντονη ενζυμική δραστηριότητα παρατηρείται επί του ημικυτταρινικού κλάσματος, όπως φαίνεται από την σημαντική μείωση των ποσοτήτων του γαλακτουρονικού οξέος. Ενζυμική δραστηριότητα πραγματοποιείται και επί του ημικυτταρινικού κλάσματος, αλλά σε περιορισμένη έκταση. Επί του κυτταρινικού κλάσματος δεν φαίνεται να συμβαίνει ενζυμική δράση, αλλά αν συμβαίνει πρέπει να είναι πολύ περιορισμένης εκτάσεως.

Από τα ένζυμα που μελετήθηκαν προκύπτει ότι η δραστικότητα τους μεταβάλλεται συντονισμένα σε δύο κύκλους. Κατά τον πρώτο κύκλο παρατηρείται χρονική σύμπτωση των μεγίστων τιμών της δραστικότητας της ξυλοζιδάσης και γλυκουρονιδάσης. Ακολουθεί πτώση της δραστικότητας των ενζύμων αυτών σε χαμηλό επίπεδο όπου και διατηρείται. Μετά δέκα περίπου ημέρες από την πρώτη χρονική σύμπτωση των μεγίστων εντείνεται η υδρολυτική δράση της δεύτερης των ενζύμων με δεύτερη χρονική σύμπτωση των μεγίστων των δραστικότητων τους. Εδώ υπαγονται η μαννοζιδάση, η γλυκοζιδάση και η γαλακτοζιδάση.

Η ύπαρξη δυο συντονισμένων κύκλων δράσεως υποδηλώνει μηχανισμό αποδομήσεως του κυτταρικού τοιχώματος σε δύο στάδια. Κατά το πρώτο στάδιο επέρχεται χαλάρωση του πλέγματος του κυτταρικού τοιχώματος χωρίς να μεταφέρονται συστατικά σε διαλυτή μορφή. Κατά το δεύτερο στάδιο εντείνεται η χαλάρωση του δικτύου των πολυμερών του κυτταρικού τοιχώματος, διευκολύνεται η δράση άλλων ενζύμων, ενδεχομένως των πηκτινολυτικών, και έχουμε μεταφορά συστατικών σε διαλυτή μορφή. Αποτέλεσμα αυτής της αλληλουχίας των ενζυμικών δράσεων είναι η κατάρρευση της δομής του ΠΚΤ κατ' αρχήν τοπικά και στη συνέχεια ολικά, μέσα στη μάζα του μεσοκαρπίου με εμφανή συνέπεια το μαλάκωμα του καρπού.

Οι συνολικές μεταβολές της ποσότητας του ΠΚΤ μπορούν να περιγραφούν με μαθηματικό τρόπο, αν θεωρήσουμε ότι μια ποσοστιαία μεταβολή της ποσότητας του κυτταρικού τοιχώματος είναι το άθροισμα των αντιστοίχων ποσοστιαίων μεταβολών της συνθετικής και αποδομητικής δραστηριότητας που αφορά τα συστατικά του κυτταρικού τοιχώματος.

* * * * *

Π Α Ρ Α Ρ Τ Η Μ Α

Π Ι Ν Α Κ Ω Ν

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 1

Ημερομηνία συλλογής, χρόνος από την σκλήρυνση του ενδοκαρπίου, μέσο βάρος καρπών και απόκλιση του βάρους των καρπών κάθε δείγματος από το μέσο βάρος (εκφρασμένη % του μέσου βάρους).

ΚΟΡΩΜΗΛΙΑ Α (1983)

α/α	Ημερομηνία	Ημέρα	B(g)	+A%
1	2.5.83	1	2,65	10,1
2	5.5.83	4	2,94	11,5
3	9.5.83	8	2,86	9,8
4	12.5.83	11	3,02	11,2
5	16.5.83	15	3,48	13,1
6	19.5.83	18	4,56	8,8
7	23.5.83	22	4,81	9,5
8	26.5.83	25	6,66	12,5
9	30.5.83	29	8,62	11,8
10	2.6.83	32	9,01	14,1
11	6.6.83	36	10,12	15,2
12	9.6.83	39	11,29	10,8
13	13.6.83	43	11,81	9,1
14	16.6.83	46	13,33	11,2
15	20.6.83	50	14,87	8,6
16	23.6.83	53	15,38	12,3
17	27.6.83	57	16,77	7,7
18	30.6.83	60	17,01	10,1
19	4.7.83	64	17,86	11,2
20	7.7.83	67	17,75	14,7
21	11.7.83	71	18,19	13,9
22	14.7.83	74	18,91	11,2
23	18.7.83	78	18,44	9,8
24	21.7.83	81	18,67	13,2

ΡΟΣΑΚΙΝΙΑ (1983)

α/α	Ημερομηνία	Ημέρα	B(g)	+A%
1	4.5.83	1	18,65	10,2
2	11.5.83	8	19,52	9,8
3	18.5.83	15	25,71	6,5
4	25.5.83	22	31,11	10,4
5	1.6.83	29	36,28	8,2
6	8.6.83	36	52,42	7,9
7	15.6.83	43	62,49	9,9
8	22.6.83	50	82,05	10,1
9	29.6.83	57	100,58	6,4
10	6.7.83	64	101,31	12,0
11	13.7.83	71	111,12	7,2
12	20.7.83	78	110,85	8,4
13	27.7.83	85	108,62	7,2
14	3.8.83	92	113,95	10,9
15	10.8.83	99	110,89	11,2
16	17.8.83	106	11,78	8,0
17	24.8.83	113	113,52	9,4

ΒΕΡΥΚΟΚΚΙΑ (1983)

α/α	Ημερομηνία	Ημέρα	B(g)	+A%
1	29.4.83	1	8,40	7,1
2	3.5.83	5	9,31	7,9
3	6.5.83	8	8,62	6,8
4	10.5.83	12	12,55	8,1
5	13.5.83	15	13,59	9,7
6	17.5.83	19	17,90	8,5
7	20.5.83	22	23,28	7,6
8	24.5.83	26	24,29	10,8
9	27.5.83	29	28,97	9,1
10	31.5.83	33	34,90	8,8
11	3.6.83	36	35,80	11,2
12	7.6.83	40	40,49	8,1
13	10.6.83	43	43,01	9,7
14	14.6.83	47	45,18	9,2
15	17.6.83	50	49,48	10,1
16	21.6.83	54	48,73	11,7
17	24.6.83	57	50,10	10,4
18	28.6.83	61	53,18	9,3
19	1.7.83	64	51,07	12,7

ΥΠΟΜΗΜΑ

α/α: αύξων αριθμός δείγματος, Ημερομηνία: ημερομηνία συλλογής δείγματος, Ημέρα: χρόνος σε ημέρες που παρήλθε από την σκλήρυνση του ενδοκαρπίου, Β: μέσο βάρος των καρπών του δείγματος, +A%: η % απόκλιση του βάρους των καρπών κάθε δείγματος.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 1

(συνέχεια)

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Α (1984)

α/α	Ημερομηνία Ημέρα	B(g)	±A%
1	24.4.1984	3,00	6,2
2	30.4.1984	3,28	8,7
3	3.5.1984	4,90	7,1
4	10.5.1984	5,29	11,4
5	15.5.1984	6,31	9,2
6	22.5.1984	8,37	10,9
7	29.5.1984	8,85	11,1
8	5.6.1984	11,53	10,2
9	12.6.1984	16,99	9,9
10	19.6.1984	17,21	10,6
11	22.6.1984	18,20	12,2
12	26.6.1984	17,89	10,8
13	29.6.1984	17,68	12,9
14	3.7.1974	18,07	13,5
15	6.7.1984	17,01	11,7
16	9.7.1984	17,50	12,3

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Β (1984)

α/α	Ημερομηνία Ημέρα	B(g)	±A%
1	24.4.1984	3,54	7,2
2	30.4.1984	3,90	8,8
3	3.5.1984	4,83	10,9
4	10.5.1984	5,99	9,1
5	15.5.1984	7,51	8,2
6	22.5.1984	9,04	11,8
7	29.5.1984	11,29	10,1
8	5.6.1984	14,50	9,5
9	12.6.1984	16,83	12,2
10	19.6.1984	16,90	10,6
11	22.6.1984	18,08	11,2
12	26.6.1984	17,11	9,8

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Γ (1984)

α/α	Ημερομηνία Ημέρα	B(g)	±A%
1	30.4.1984	3,36	9,1
2	3.5.1984	5,50	6,4
3	10.5.1984	7,42	10,5
4	15.5.1984	9,00	9,9
5	22.5.1984	10,84	11,2
6	29.5.1984	14,28	7,8
7	5.6.1984	14,10	12,4
8	12.6.1984	16,57	10,1
9	19.6.1984	18,88	8,2
10	22.6.1984	17,94	9,7
11	26.6.1984	20,25	11,8
12	29.6.1984	18,97	13,1
13	3.7.1984	19,93	10,9
14	6.7.1984	18,61	7,6
15	9.7.1984	18,74	11,8
16	12.7.1984	18,75	10,5

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 2

Βάρος ενδοκαρπίου, μεσοκαρπίου και εξωκαρπίου σε g ανά καρπό και ανά 100 g καρπών.

ΚΟΡΦΗΛΙΑ Α (1983)

Φ(%B)	Φ(g)	Σ(%B)	Σ(g)	E(%B)	E(g)
18,1	0,48	70,2	1,86	11,7	0,31
24,7	0,72	63,1	1,85	12,2	0,36
13,4	0,38	67,8	1,94	18,9	0,54
21,9	0,66	54,6	1,65	23,6	0,71
16,7	0,58	63,5	2,21	19,8	0,69
21,3	0,97	62,1	2,83	16,7	0,76
21,2	1,02	63,6	3,06	15,2	0,73
17,7	1,18	69,5	4,63	12,8	0,85
11,1	0,96	79,3	6,84	9,5	0,82
10,3	0,92	80,4	7,24	9,4	0,84
10,9	1,11	81,0	8,20	8,0	0,81
9,4	1,06	82,4	9,30	8,2	0,92
9,1	1,07	83,4	9,85	7,5	0,89
9,6	1,28	83,0	11,07	7,4	0,98
7,8	1,16	84,9	12,63	7,3	1,08
6,3	0,97	86,9	13,36	6,8	1,05
7,1	1,18	86,9	14,57	6,1	1,02
7,4	1,25	86,5	14,71	6,2	1,05
7,3	1,31	86,6	15,47	6,0	1,08
7,8	1,39	87,2	15,48	5,0	0,89
9,1	1,65	84,4	15,35	6,5	1,19
9,0	1,71	84,2	15,92	6,8	1,28
8,6	1,58	85,1	15,70	6,3	1,16
8,1	1,52	85,3	15,93	6,5	1,22

ΡΟΔΑΚΙΝΙΑ (1983)

Φ(%B)	Φ(g)	Σ(%B)	Σ(g)	E(%B)	E(g)
24,1	4,49	45,9	8,56	30,0	5,60
24,4	4,76	41,9	8,18	33,7	6,58
24,4	6,28	38,5	9,88	37,1	9,55
20,9	6,51	46,3	14,38	32,8	10,22
19,8	7,19	52,5	19,03	27,7	10,06
19,0	9,98	59,1	30,93	21,9	11,51
20,0	12,49	62,2	38,90	17,8	11,10
16,5	13,56	70,7	58,01	12,8	10,48
15,5	15,61	73,7	74,08	10,8	10,89
15,9	16,18	73,1	73,98	11,0	11,15
15,6	17,38	74,5	82,73	9,9	11,01
17,9	19,94	71,6	79,29	10,5	11,62
16,2	17,58	72,7	79,01	10,1	12,03
15,8	18,02	74,2	84,50	10,0	11,43
15,8	17,51	74,3	82,39	9,9	10,98
13,0	14,51	76,9	86,02	10,1	11,25
12,7	14,48	76,4	86,72	10,9	12,32

ΒΕΡΥΚΟΚΚΙΑ (1983)

Φ(%B)	Φ(g)	Σ(%B)	Σ(g)	E(%B)	E(g)
15,7	1,32	59,1	4,96	25,2	2,12
14,8	1,38	63,6	5,91	21,6	2,01
18,0	1,55	52,8	4,54	29,1	2,51
12,9	1,62	64,6	8,11	22,5	2,82
18,3	2,49	58,6	7,96	23,2	3,15
19,8	3,54	63,1	11,29	17,1	3,07
16,7	3,89	69,1	16,10	14,2	3,30
15,4	3,74	67,4	16,36	17,2	4,19
13,7	3,98	71,3	20,65	15,0	4,35
11,8	4,12	78,1	27,27	10,1	3,51
11,7	4,19	78,5	28,12	9,7	3,49
11,4	4,62	79,2	32,10	9,3	3,78
13,3	5,71	77,5	33,35	9,2	3,95
14,4	6,49	76,7	34,68	8,9	4,02
12,4	6,12	78,7	38,96	8,9	4,41
13,8	6,72	78,6	38,30	7,6	3,68
14,1	7,08	78,4	39,30	7,4	3,72
11,7	6,22	80,4	42,78	7,9	4,19
10,8	5,61	82,4	42,93	6,8	3,54

ΥΠΟΜΕΤΡΗΜΑ

Φ: βάρος εξωκαρπίου, Σ: βάρος μεσοκαρπίου, E: βάρος ενδοκαρπίου.

Η Ι Ν Α Κ Α Σ 2
(συνέχεια)

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Α (1984)

Φ(%B)	Φ(ε)	Σ(%B)	Σ(ε)	E(%B)	E(ε)
20,5	0,61	63,9	1,92	15,6	0,46
17,8	0,58	63,7	2,09	18,5	0,61
19,9	0,98	62,9	3,08	17,2	0,84
16,3	0,86	68,9	3,64	14,8	0,79
13,3	0,84	73,8	4,66	12,9	0,81
14,0	1,17	75,7	6,34	10,3	0,86
13,1	1,13	77,0	6,81	10,2	0,91
11,9	1,52	79,6	9,17	7,3	0,84
13,1	2,07	82,1	14,25	6,0	1,03
12,0	2,06	82,4	14,17	5,6	0,97
14,9	2,68	79,8	14,37	5,3	0,95
12,6	2,25	81,2	14,52	6,2	1,11
11,8	2,09	82,6	14,61	5,6	0,99
10,0	1,81	82,4	14,88	7,6	1,37
11,3	1,92	80,3	13,66	8,4	1,43
9,3	1,62	84,3	14,74	6,4	1,13

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Β (1984)

Φ(%B)	Φ(ε)	Σ(%B)	Σ(ε)	E(%B)	E(ε)
17,4	0,62	67,1	2,38	15,5	0,55
18,7	0,73	60,1	2,34	21,2	0,83
21,8	1,05	61,9	2,98	16,3	0,79
16,1	0,97	70,5	4,22	13,4	0,80
13,7	1,03	75,1	5,67	10,8	0,81
15,9	1,43	75,1	6,79	9,0	0,81
13,6	1,53	78,8	8,86	7,9	0,90
13,9	2,00	79,0	11,42	7,1	1,02
15,3	2,58	78,9	13,27	5,8	0,98
10,7	2,81	83,7	14,14	5,6	0,95
11,9	2,15	82,9	14,99	5,2	0,94
12,7	2,18	82,4	14,08	4,9	0,84

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Γ (1984)

Φ(%B)	Φ(ε)	Σ(%B)	Σ(ε)	E(%B)	E(ε)
21,0	0,71	61,9	2,08	17,1	0,57
24,5	1,35	62,6	3,44	12,9	0,71
14,5	1,07	76,3	5,67	9,2	0,68
12,8	1,15	79,7	7,18	7,5	0,67
13,6	1,47	79,5	8,62	6,9	0,75
12,5	1,79	81,8	11,67	5,7	0,81
14,1	1,71	83,0	11,71	4,8	0,78
14,1	2,33	81,2	13,46	4,7	0,84
12,7	2,40	82,8	15,64	4,4	0,84
12,3	2,21	83,8	15,03	3,9	0,70
12,3	2,49	83,7	16,95	4,0	0,82
12,1	2,30	84,0	15,93	3,9	0,73
10,7	2,14	85,6	17,06	3,6	0,72
10,1	1,88	85,7	15,94	4,2	0,78
11,7	2,19	84,3	15,80	4,0	0,75
13,6	2,57	82,6	15,57	3,8	0,72

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 3

Ποσότητα της ξηρής ουσίας του μεσοκαρπίου σε mg ανά καρπό και mg/100 mg μεσοκαρπίου.

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Α (1983)	ΡΟΔΑΚΙΝΙΑ (1983)	ΒΕΡΥΚΟΚΚΙΑ (1983)	ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Α (1984)	ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Β (1984)	ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Γ (1984)
ΕΟ(ΣΣ): ΕΟ(μg)	ΕΟ(ΣΣ) ΕΟ(μg)	ΕΟ(ΣΣ) ΕΟ(g)	ΕΟ(ΣΣ) ΕΟ(mg)	ΕΟ(ΣΣ) ΕΟ(mg)	ΕΟ(ΣΣ) ΕΟ(mg)
6,8 13,9 14,4 15,1 12,7 11,9 12,1 9,2 6,5 8,2 7,6 7,6 8,7 9,0 9,9 9,6 11,2 11,5 12,7 13,7 14,1 15,4 14,8	13,2 19,8 23,5 26,1 34,4 25,9 25,2 19,3 20,7 23,9 22,3 24,6 27,2 25,4 26,0 24,9 24,9	17,8 11,9 18,9 13,1 21,1 15,7 12,4 16,1 14,9 12,7 13,3 14,1 16,7 19,4 19,3 20,6 22,9 20,2 20,8	9,1 7,9 7,5 8,3 8,4 8,6 9,0 10,8 8,8 14,2 13,9 14,8 15,2 16,8 16,5 17,7	8,7 7,6 7,2 8,1 8,2 8,7 8,2 10,0 11,6 14,0 12,4 14,8	7,1 7,3 8,4 8,1 9,1 9,0 9,6 10,9 11,9 11,3 13,3 13,3 14,4 16,4 15,7 14,6
126,4 257,2 278,9 248,5 281,2 335,5 368,9 428,4 441,8 590,5 624,8 710,0 854,7 997,7 250,2 278,3 631,1 691,0 1970,9 2119,1 3127,0 3249,7 412,2 365,1	0,8845 0,7062 0,8579 1,0601 1,6772 1,7689 1,9953 2,6349 3,0866 3,4754 3,7272 4,5391 5,8890 6,7181 7,5273 7,8834 9,0022 8,6297 8,9355	174,6 164,4 230,4 301,7 390,9 544,5 612,7 993,5 1259,0 2019,1 1997,8 2144,5 2216,3 2500,4 2253,5 2608,6	206,8 179,0 214,5 341,1 463,0 589,3 726,6 1146,5 1540,2 1982,1 1859,7 2088,2	148,1 249,7 477,5 581,2 784,2 1050,3 1128,2 1460,6 1855,0 1693,1 2251,1 2119,4 2457,3 2615,6 2474,8 2270,0	

ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑ

ΕΟ: ποσότητα της ξηρής ουσίας του μεσοκαρπίου.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 4

Ποσότητα του κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου σε mg/100 mg ξηράς ουσίας, σε mg/100 mg μεσοκαρπίου και σε mg/καρότο.

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Α (1983)

ΚΤ(ΖΣ)	ΚΤ(ΖΕΟ)	ΚΤ(mg)
1,3	19,1	25,1
1,7	12,1	31,2
2,1	14,7	40,4
2,9	19,3	48,6
2,8	21,9	62,5
2,6	21,9	73,9
3,0	24,9	92,0
2,4	26,0	111,8
1,7	26,2	116,2
1,8	21,9	127,1
1,8	23,7	146,8
1,6	21,1	152,9
1,7	19,6	170,2
1,7	18,6	186,8
1,6	16,1	205,1
1,5	15,6	209,7
1,5	13,4	223,4
1,3	11,3	297,9
1,2	9,4	183,7
1,2	8,8	184,1
1,1	7,9	166,9
1,1	7,8	170,0
0,8	5,2	120,1
0,8	5,5	128,2

ΡΟΔΑΚΙΝΙΑ (1983)

ΚΤ(ΖΣ)	ΚΤ(ΖΕΟ)	ΚΤ(-g)
0,5	3,9	41,0
1,2	6,1	98,2
1,2	5,1	114,1
1,3	5,0	184,9
1,7	4,9	318,3
1,2	4,6	366,6
1,2	4,8	477,4
1,0	5,0	562,8
0,7	3,5	541,5
0,8	3,2	558,2
0,6	2,6	472,0
0,6	2,4	473,9
0,6	2,1	451,4
0,4	1,5	322,7
0,4	1,6	344,0
0,3	1,2	266,6
0,3	1,1	244,1

ΒΕΡΥΚΟΚΚΙΑ (1983)

ΚΤ(ΖΣ)	ΚΤ(ΖΕΟ)	ΚΤ(mg)
2,1	11,8	103,2
2,1	17,7	121,9
2,7	14,4	126,7
1,6	12,2	133,5
2,0	9,5	158,2
1,5	9,5	166,0
1,1	8,8	173,4
1,2	7,5	195,5
1,0	6,7	202,5
0,8	6,3	209,4
0,9	6,9	243,3
0,8	5,7	257,1
0,8	4,8	267,3
0,9	4,6	295,4
0,9	4,5	324,5
0,8	3,8	288,9
0,7	3,0	282,0
0,7	3,4	281,1
0,6	2,9	259,8

ΥΠΟΨΗΜΑ

ΚΤ: ποσότητα του ξηρού κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 4
(συνέχεια)

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Α (1984)

ΚΤ(%Σ)	ΚΤ(%ΞΟ)	ΚΤ(mg)
1,6	17,6	30,1
1,8	22,8	37,8
1,6	21,3	49,9
1,7	20,5	63,4
1,7	20,2	80,7
1,6	18,6	101,6
1,5	16,7	102,4
1,5	13,9	136,6
1,2	13,6	176,3
1,0	7,0	137,6
0,9	6,5	129,4
1,0	6,8	141,3
0,8	5,3	119,5
0,9	5,4	132,5
0,7	4,2	96,9
0,6	3,4	95,8

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Β (1984)

ΚΤ(%Σ)	ΚΤ(%ΞΟ)	ΚΤ(mg)
1,3	15,2	31,0
1,4	18,5	32,8
1,4	19,5	41,7
1,7	21,4	71,7
1,5	17,6	85,0
1,4	15,8	95,1
1,3	15,5	115,2
1,1	10,7	123,6
0,9	7,4	119,4
0,5	3,7	70,7
0,8	6,4	119,9
0,3	2,2	42,3

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Γ (1984)

ΚΤ(%Σ)	ΚΤ(%ΞΟ)	ΚΤ(mg)
1,6	22,9	33,8
1,9	25,5	64,0
1,7	20,2	96,4
1,7	21,0	122,1
1,6	17,8	139,9
1,6	17,7	182,9
1,5	15,4	173,2
1,3	12,2	179,0
1,4	11,8	218,9
1,3	11,3	192,2
1,2	9,3	209,2
1,5	11,2	236,9
1,4	9,8	240,1
1,1	6,8	176,9
0,8	5,4	132,9
0,9	6,0	136,2

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 5

Ποσότητες των επιμέρους πηκτινικών κλασμάτων και του συνολικού πηκτινικού κλάσματος του κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου σε mg/100 mg κυτταρικού τοιχώματος, και σε mg/καρφό.

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Α (1983)

Π1 (mg)	Π1 (%ΚΤ)	Π2 (mg)	Π2 (%ΚΤ)	Π (mg)	Π (%ΚΤ)
3,8	15,1	1,9	7,6	5,7	22,7
2,6	8,3	3,3	10,6	5,9	18,9
3,2	7,9	1,0	2,5	4,2	10,4
5,3	10,9	5,5	11,3	10,8	22,2
7,6	12,2	11,1	17,8	18,7	30,0
6,4	8,7	10,2	13,8	16,6	22,5
10,2	11,1	12,6	13,7	22,8	24,8
14,8	13,2	16,4	14,7	31,2	27,9
14,5	12,5	16,8	14,5	31,3	27,0
13,1	10,3	21,1	16,6	34,2	26,9
17,8	12,1	17,0	11,6	34,8	23,7
20,2	13,2	26,3	17,2	46,5	30,4
21,9	12,9	32,4	19,0	54,3	31,9
20,5	11,0	44,1	23,6	64,6	34,6
22,0	10,7	43,2	21,1	65,2	31,8
20,1	9,6	43,9	20,9	64,0	30,5
25,3	11,3	40,8	18,3	60,1	29,6
22,6	11,4	39,2	19,8	61,8	31,2
18,4	10,8	14,4	7,8	34,2	18,6
18,4	10,0	13,6	7,4	32,0	17,4
4,6	2,8	10,3	6,2	14,9	9,0
6,2	3,6	4,6	2,7	10,8	6,3
4,5	3,7	4,3	3,6	8,8	7,3
3,4	2,7	3,3	2,6	6,7	5,3

ΡΟΔΑΚΙΝΙΑ (1983)

Π1 (mg)	Π1 (%ΚΤ)	Π2 (mg)	Π2 (%ΚΤ)	Π (mg)	Π (%ΚΤ)
4,8	11,7	0,9	2,2	5,7	13,9
15,1	15,4	11,4	11,6	26,5	27,0
8,2	7,2	11,2	9,8	19,4	17,0
18,9	10,2	14,4	7,8	33,3	18,0
33,8	10,6	54,0	17,0	87,8	27,6
39,8	10,9	106,8	29,1	146,6	40,0
49,6	10,4	146,6	30,7	196,2	41,1
84,1	14,9	135,1	24,0	219,2	38,9
93,2	17,2	139,6	25,8	232,8	43,0
81,8	14,7	143,0	25,6	224,8	40,3
92,3	19,6	61,1	12,9	153,4	32,5
64,2	13,5	82,3	17,4	146,5	30,9
58,5	12,9	41,3	9,1	99,8	22,1
28,2	8,7	36,3	11,2	64,5	20,0
25,2	7,3	44,9	1,4	70,1	20,4
16,1	6,0	13,6	5,1	29,7	11,1
9,5	3,9	6,7	2,8	16,2	6,7

ΒΕΡΥΚΟΚΚΙΑ (1983)

Π1 (mg)	Π1 (%ΚΤ)	Π2 (mg)	Π2 (%ΚΤ)	Π (mg)	Π (%ΚΤ)
3,8	3,7	9,5	9,2	13,3	12,9
7,9	6,5	15,5	12,7	23,4	19,2
9,2	7,3	21,6	17,0	30,8	24,3
9,1	6,8	15,3	11,5	24,4	18,3
13,2	8,3	18,6	11,8	31,8	20,1
17,8	10,7	28,9	17,4	46,7	28,1
30,1	17,4	27,4	15,8	57,5	33,2
35,9	18,4	24,3	12,4	60,2	30,8
31,0	15,3	41,9	20,7	72,9	36,0
35,6	17,0	34,2	16,3	69,8	33,3
39,7	16,3	38,5	15,3	78,2	32,1
42,1	16,4	39,5	15,4	81,6	31,7
38,2	14,3	42,3	15,8	80,5	30,1
48,9	16,5	43,1	14,5	92,0	31,0
45,5	13,6	58,7	17,5	104,2	31,1
47,9	16,6	47,2	16,3	95,1	32,9
41,8	14,8	41,4	14,7	83,2	29,5
31,5	11,2	15,7	5,6	47,2	16,8
15,8	6,1	10,7	4,1	26,5	10,2

ΥΠΟΜΕΤΗΝΑ

Π1: πρώτο πηκτινικό κλάσμα, Π2: δεύτερο πηκτινικό κλάσμα, Π: συνολικό πηκτινικό κλάσμα.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ
(συνέχεια)

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Α (1984)

Π1 (mg)	Π1 (%KT)	Π2 (mg)	Π2 (%KT)	Π (mg)	Π (%KT)
0,0	0,0	4,1	13,6	4,1	13,6
6,1	16,1	4,2	11,1	10,3	27,2
3,7	7,4	4,8	9,6	8,5	17,1
4,2	6,6	7,0	11,0	1,2	17,7
8,4	10,4	7,4	9,2	15,8	19,6
29,3	28,8	12,6	12,4	41,9	41,2
19,8	18,8	14,5	13,8	34,3	32,5
37,7	27,6	13,9	10,2	51,6	37,8
56,5	32,0	19,0	10,8	75,5	42,8
30,9	22,5	13,6	9,9	44,5	32,3
32,2	24,9	10,0	7,7	42,2	32,6
29,1	20,6	14,2	10,0	43,3	30,6
15,4	12,9	10,8	9,0	26,2	21,9
27,6	20,4	6,0	4,4	33,6	24,8
19,2	19,8	8,1	8,3	22,3	23,0
4,3	4,5	2,8	2,9	7,1	7,4

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Β (1984)

Π1 (mg)	Π1 (%KT)	Π2 (mg)	Π2 (%KT)	Π (mg)	Π (%KT)
2,1	6,8	2,0	6,5	4,1	13,3
2,5	7,6	1,8	5,5	4,3	13,1
4,3	10,3	5,6	13,4	9,9	23,7
9,2	12,8	7,9	11,0	17,1	23,8
12,1	14,2	13,0	15,3	25,1	29,5
10,5	11,0	16,8	17,7	27,3	28,7
17,2	14,9	25,0	21,7	42,2	36,6
22,5	17,9	28,5	22,7	51,0	40,6
18,0	15,1	26,3	22,0	44,3	37,1
9,4	13,3	5,9	8,3	15,3	21,6
10,2	8,5	19,2	16,0	29,4	24,5
1,1	2,6	1,0	2,4	2,1	5,0

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Γ (1984)

Π1 (mg)	Π1 (%KT)	Π2 (mg)	Π2 (%KT)	Π (mg)	Π (%KT)
6,1	18,0	1,7	5,0	7,8	23,0
6,4	10,0	11,5	18,0	17,9	28,0
5,8	6,0	11,3	11,7	17,1	17,7
17,2	14,1	13,2	10,8	30,4	24,9
20,8	14,9	17,3	12,4	38,1	27,3
29,1	15,6	19,3	10,4	48,4	26,0
19,8	11,4	16,4	9,5	36,2	20,9
20,1	11,2	32,0	17,9	52,1	29,1
37,5	17,1	46,4	21,2	83,9	38,3
35,8	18,6	35,8	18,6	71,6	37,2
34,9	16,7	39,9	19,1	74,8	35,8
51,6	21,8	27,6	11,7	79,2	33,5
36,8	15,3	34,3	14,3	71,1	29,6
8,1	4,6	7,9	4,5	16,0	9,1
14,8	11,1	11,0	8,3	25,8	19,4
2,6	1,9	6,3	4,6	8,9	6,5

Π Ι Η Α Κ Α Σ 6

Ποσότητες των επιμέρους ημικυτταρινικών κλάσμάτων και του συνολικού ημικυτταρινικού κλάσματος του κυτταρικού τοιχώματος του υεσοκαρπίου σε mg/100 mg κυτταρικού τοιχώματος και σε mg/καρπό.

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Α (1983)

HK1 (mg)	HK1 (%ΚΤ)	HK2 (mg)	HK2 (%ΚΤ)	HK (mg)	HK (%ΚΤ)
6,2	24,7	3,5	13,9	9,7	38,6
5,7	18,3	8,9	28,5	14,6	46,8
13,8	34,2	9,1	22,5	22,9	56,7
9,6	19,8	14,2	29,2	23,8	49,0
12,9	20,6	16,5	26,4	29,4	47,0
22,1	29,9	19,4	26,3	41,5	56,2
21,8	23,7	29,2	31,7	51,0	55,4
26,2	23,4	34,5	30,8	60,7	54,2
25,7	22,1	40,8	35,1	66,5	57,2
16,2	12,7	52,9	41,6	69,1	54,3
31,7	21,6	51,5	35,1	83,2	56,7
21,5	14,1	51,6	33,7	73,1	47,8
33,3	19,6	50,9	29,7	84,2	49,5
30,4	16,3	54,5	29,2	84,9	45,5
40,1	19,6	58,0	28,3	98,1	47,9
41,9	20,0	55,6	26,5	97,5	46,5
54,1	24,2	58,2	26,1	112,3	50,3
36,2	18,3	47,4	23,9	83,6	42,2
38,1	20,7	55,4	30,1	93,5	50,8
39,9	21,7	59,5	32,3	99,4	54,0
41,2	24,7	56,5	33,8	97,7	58,5
42,3	24,9	56,2	33,1	98,5	58,0
10,2	8,5	45,3	37,7	55,5	46,2
12,8	10,0	51,3	40,0	64,1	50,0

ΡΟΔΑΚΙΝΙΑ (1983)

HK1 (mg)	HK1 (%ΚΤ)	HK2 (mg)	HK2 (%ΚΤ)	HK (mg)	HK (%ΚΤ)
6,1	14,9	14,0	34,1	20,1	49,0
14,8	15,1	19,8	20,2	34,6	35,2
15,5	13,6	30,0	26,3	45,5	39,9
29,1	15,7	38,6	20,9	67,7	36,6
35,7	11,2	43,9	13,8	79,6	25,0
36,1	9,8	44,6	12,2	80,7	22,0
47,6	10,0	42,2	8,8	89,8	18,8
59,1	10,5	76,0	13,5	135,1	24,0
62,5	9,7	73,7	13,6	126,2	23,3
60,6	10,9	79,2	14,2	139,8	25,1
48,2	10,2	90,9	19,3	139,1	29,5
64,1	13,5	82,9	17,5	147,0	31,0
55,2	12,2	99,0	21,9	154,2	34,2
37,8	11,7	48,8	15,1	86,6	26,8
47,1	13,7	52,4	15,2	99,5	28,9
26,8	10,0	23,5	8,8	50,3	18,9
25,2	10,5	18,8	7,8	44,0	18,2

ΒΕΡΥΚΟΚΚΙΑ (1983)

HK1 (mg)	HK1 (%ΚΤ)	HK2 (mg)	HK2 (%ΚΤ)	HK (mg)	HK (%ΚΤ)
29,5	28,6	22,6	21,9	52,1	50,5
39,1	32,1	21,6	17,7	60,7	49,8
27,5	21,7	24,5	19,3	52,0	41,0
27,8	20,8	31,7	23,7	59,5	44,6
28,1	17,8	32,5	20,5	60,6	38,3
32,2	19,4	36,2	21,8	68,4	41,2
25,0	14,4	31,1	17,9	56,1	32,4
23,8	12,2	41,0	21,0	64,8	33,1
20,1	9,9	30,8	15,2	50,9	25,1
24,2	11,6	35,2	16,8	59,4	28,4
41,4	17,0	42,9	17,6	84,3	34,6
53,5	20,8	36,8	14,3	90,3	35,1
40,0	15,0	43,1	16,1	83,1	31,1
47,6	16,1	52,2	17,6	99,8	33,7
59,2	17,4	60,0	17,9	118,2	35,4
31,5	10,9	53,6	18,6	85,1	29,5
45,1	16,0	48,1	17,1	93,2	33,0
49,0	17,4	55,1	19,6	104,1	37,0
48,7	18,7	54,0	20,8	102,7	39,5

ΥΠΟΜΕΤΡΑ

HK1: πρώτο ημικυτταρινικό κλάσμα, HK2: δεύτερο ημικυτταρινικό κλάσμα, HK: συνολικό ημικυτταρινικό κλάσμα.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 6

(συνέχεια)

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Α (1984)

HK1 (mg)	HK1 (%KT)	HK2 (mg)	HK2 (%KT)	HK (mg)	HK (%KT)
6,5	21,6	4,6	15,3	11,1	36,9
8,1	21,4	4,1	10,8	12,2	32,3
6,6	13,2	8,3	16,6	14,9	29,8
13,5	17,7	6,8	10,7	20,3	32,0
10,9	13,5	9,6	11,9	20,5	25,4
12,5	12,3	8,6	8,5	21,1	20,8
10,7	10,2	12,8	12,1	23,5	22,4
29,5	21,6	16,6	12,2	46,1	33,7
27,0	15,3	17,8	10,1	44,8	25,4
24,6	17,8	16,5	12,0	41,1	29,9
21,5	16,6	18,3	14,1	39,8	30,7
19,4	13,7	17,6	12,5	37,0	26,2
25,1	21,0	15,4	12,9	40,5	33,9
22,2	16,4	16,8	12,4	39,0	28,8
20,1	20,7	18,2	18,8	31,3	32,3
13,3	13,9	19,8	20,7	33,1	34,6

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Β (1984)

HK1 (mg)	HK1 (%KT)	HK2 (mg)	HK2 (%KT)	HK (mg)	HK (%KT)
4,5	14,5	10,3	33,2	14,8	47,7
3,3	10,1	9,8	29,9	13,1	40,0
5,8	13,9	5,4	12,9	11,2	26,8
9,5	13,2	13,7	19,1	23,2	32,3
8,1	9,5	18,2	21,4	26,3	30,9
9,3	9,8	15,2	16,0	24,5	25,8
16,8	14,6	13,9	12,1	30,7	26,7
20,1	16,0	11,3	9,0	31,4	25,0
17,2	14,4	17,0	14,2	34,2	28,6
11,8	16,7	9,0	12,7	20,8	29,4
12,9	10,8	25,7	21,4	38,6	32,2
3,0	7,1	6,2	14,7	9,2	21,8

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Γ (1984)

HK1 (mg)	HK1 (%KT)	HK2 (mg)	HK2 (%KT)	HK (mg)	HK (%KT)
6,1	18,1	6,6	19,5	12,7	37,6
9,8	15,3	13,8	21,6	23,6	36,9
28,2	29,3	24,9	25,8	53,1	55,1
24,8	20,3	26,1	21,4	50,9	41,7
30,4	21,7	22,0	15,7	52,4	37,4
21,1	11,4	47,0	25,3	68,1	36,7
27,3	15,8	33,5	19,3	60,8	35,1
25,0	14,0	25,8	14,4	50,8	28,4
21,1	9,6	23,0	10,5	44,1	20,1
23,1	12,0	22,5	11,7	45,6	23,7
25,8	12,3	22,9	10,9	48,7	23,2
23,6	10,0	32,1	13,5	55,7	23,5
30,4	12,7	27,2	11,3	57,6	24,0
18,7	10,6	31,9	18,0	50,6	28,6
16,9	12,7	15,4	11,6	32,3	24,3
13,1	9,6	19,0	13,9	32,1	23,5

Ποσότητα του κυτταρινικού κλάσματος του κυτταρικού τοιχώματος του ηεσοκαρπίου σε mg/100 mg κυτταρικού τοιχώματος και σε mg/καρπό.

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Α (1983)

K (mg)	K (%ΚΤ)
8,2	32,7
8,8	28,2
11,2	27,7
11,9	24,5
11,4	18,2
12,2	16,5
15,0	16,3
17,8	15,9
16,5	14,2
19,8	15,6
24,4	16,6
29,5	19,3
28,9	17,0
34,1	18,3
36,5	17,8
42,1	20,1
41,6	18,6
45,8	23,1
53,2	29,0
51,0	27,7
51,7	31,0
53,8	31,6
51,9	43,2
54,4	42,4

ΡΟΔΑΚΙΝΙΑ (1983)

K (mg)	K (%ΚΤ)
12,5	30,5
33,1	33,7
45,1	39,5
81,5	44,1
148,9	46,8
138,2	37,7
190,0	39,8
184,2	32,7
179,5	33,1
189,8	34,0
177,5	37,6
176,9	37,3
192,2	42,6
171,6	53,2
170,1	49,4
182,5	68,5
178,8	74,2

ΒΕΡΥΚΟΚΚΙΑ (1983)

K (mg)	K (%ΚΤ)
33,8	32,8
34,1	28,0
41,7	32,9
46,9	35,1
59,1	37,4
48,9	29,4
56,0	32,3
67,8	34,7
76,5	37,8
77,2	36,9
78,1	32,1
81,8	31,8
100,5	37,6
99,7	33,6
108,6	32,5
104,8	36,3
101,1	35,9
126,9	45,1
125,8	48,4

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Α (1984)

K (mg)	K (%ΚΤ)
10,1	33,6
13,5	35,7
20,9	41,9
28,6	45,1
38,6	47,8
31,5	31,0
42,0	39,8
38,1	27,9
49,8	28,3
47,1	34,2
44,4	34,4
49,6	35,1
47,9	40,1
51,8	38,2
43,0	44,3
50,1	52,3

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Β (1984)

K (mg)	K (%ΚΤ)
9,3	30,0
13,8	42,1
18,9	45,3
28,7	40,0
30,1	35,4
42,0	44,2
39,6	34,6
42,2	33,6
37,1	31,6
33,9	47,9
48,1	40,1
29,1	68,8

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Γ (1984)

K (mg)	K (%ΚΤ)
9,9	29,3
19,7	30,8
21,8	22,6
37,1	30,4
44,4	31,7
47,1	25,3
73,5	42,4
73,8	41,2
75,9	34,7
73,8	38,4
82,2	39,3
98,2	41,4
88,3	36,8
95,2	53,8
83,8	63,0
93,2	68,4

ΥΠΟΜΗΝΗΜΑ
Κ: κυτταρινικό κλάσμα.

Π Ι Ε Α Κ Α Σ 8

Οι συνολικές ποσότητες των κλασμάτων που ελήφθησαν και οι % απώλειες υλικού κατά την κλασμάτωση του κυτταρικού τοιχώματος του ηεσοκαρπίου.

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Α (1983) ΡΟΔΑΚΙΝΙΑ (1983) ΠΕΡΥΚΟΚΚΙΑ (1983) ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Α (1984) ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Β (1984) ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Γ (1984)

Σ ΚΑ (mg)	Απ %	Σ ΚΑ (mg)	Απ %	Σ ΚΑ (mg)	Απ %	Σ ΚΑ (mg)	Απ %	Σ ΚΑ (mg)	Απ %	Σ ΚΑ (mg)	Απ %
23,6	6,0	38,3	6,6	99,2	3,9	25,3	15,9	30,4	10,1	28,2	9,0
29,3	6,1	94,2	4,1	118,2	3,0	36,0	4,8	61,2	4,4	31,2	7,9
38,3	5,2	110,0	3,6	124,5	1,7	44,3	11,2	92,0	3,6	40,0	4,1
46,5	4,3	182,5	1,3	130,8	2,0	60,1	5,2	118,4	3,0	69,0	3,8
59,5	4,8	316,3	0,6	151,5	4,2	74,9	7,2	134,9	3,6	81,5	4,1
70,3	4,8	365,5	0,3	164,0	1,2	94,5	7,0	163,6	12,0	93,8	1,4
88,8	3,5	476,0	0,3	169,6	2,2	99,8	5,3	170,5	1,6	112,5	2,4
109,7	2,0	538,5	4,3	192,8	1,4	135,8	0,6	176,7	1,3	124,6	0,8
114,3	1,6	538,5	0,6	200,3	1,1	170,1	3,5	203,9	0,6	115,6	3,2
123,1	3,2	554,4	0,7	206,4	1,4	132,7	3,6	191,0	0,6	70,0	1,0
142,4	3,0	470,0	0,4	240,6	1,1	126,4	2,3	205,7	1,7	116,1	3,2
149,1	2,5	470,4	0,7	253,7	1,3	129,9	8,1	233,1	1,6	40,4	4,5
167,4	1,6	446,2	1,2	264,1	1,2	114,6	4,1	217,0	9,6		
183,6	1,6	322,7	0,4	291,5	1,6	124,4	8,2	156,8	11,4		
199,8	2,5	329,7	1,3	331,0	1,0	196,6	0,4	131,9	0,7		
203,6	2,9	262,5	1,5	285,0	1,3	90,3	5,7	134,2	1,5		
220,0	1,5	239,0	0,9	277,5	1,6						
191,2	3,5	278,2	1,0	278,2	1,0						
180,9	1,6	255,0	1,8	255,0	1,8						
182,4	0,9										
164,3	1,5										
163,1	4,1										
116,3	3,3										
125,2	2,3										

ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΑ

Σ ΚΑ: η συνολική ποσότητα των κλασμάτων του ξηρού κυτταρικού τοιχώματος, Απ%: οι % απώλειες υλικού κατά την κλασμάτωση του κυτταρικού τοιχώματος.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 9

Ποσότητες των συστατικών του συνολικού ηπκτινικού κλάσματος σε mg/100 mg ηπκτινικού κλάσματος, και σε mg/καρπό, η συνολική ποσότητα τους και η συνολική % ανάκτηση του ηπκτινικού κλάσματος.

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Α (1983)

ηGalA (mg)	ηGalA (ΣΠ)	ηRha (mg)	ηRha (ΣΠ)	ηAra (mg)	ηAra (ΣΠ)	ηGal (mg)	ηGal (ΣΠ)	ΣΚΑ (mg)	Αν% (Π)
2,9	50,9	1,2	21,1	0,5	8,8	0,3	5,3	4,9	86,0
3,1	52,5	1,3	22,0	0,2	3,4	0,5	8,5	5,1	86,4
2,0	47,6	0,9	21,4	0,4	9,5	0,6	14,3	3,9	92,9
4,8	44,4	2,1	19,4	0,5	4,6	0,8	7,4	8,2	75,9
9,5	50,8	4,2	22,4	0,9	4,8	1,9	10,2	16,5	88,2
9,0	54,2	4,3	25,9	1,2	7,2	1,6	9,6	16,1	96,9
12,1	53,1	5,0	21,9	1,6	7,0	1,4	6,1	20,1	88,1
17,1	54,8	7,1	22,8	1,4	4,5	2,6	8,3	28,2	90,4
17,5	55,9	7,3	23,3	1,9	6,1	2,2	7,0	28,9	92,3
17,9	52,3	7,7	22,5	2,4	7,0	2,5	7,3	30,5	89,2
18,4	52,9	8,1	23,3	2,3	6,6	3,4	9,8	32,2	92,5
26,9	57,8	11,2	24,1	2,8	8,2	3,8	8,2	44,7	96,1
30,6	56,3	13,1	24,1	3,1	5,7	4,4	8,1	51,2	94,3
37,9	58,7	15,2	23,5	4,2	6,5	5,8	9,0	63,1	97,7
37,6	57,7	15,7	24,1	3,9	6,0	5,5	8,4	62,7	96,2
35,4	55,3	15,1	23,6	3,6	5,6	8,1	12,7	62,2	97,2
39,0	59,0	15,9	24,1	4,2	6,3	5,7	8,6	64,8	98,0
34,8	56,3	14,2	23,0	4,9	7,9	5,6	9,1	59,5	96,3
19,0	55,5	8,3	24,3	3,2	9,3	1,5	4,4	32,0	93,6
17,4	54,4	7,4	23,1	3,0	9,4	2,9	9,1	30,7	95,9
7,5	50,3	3,0	20,1	1,5	10,1	0,5	3,4	12,5	83,9
4,1	37,9	1,9	17,6	1,0	9,2	1,2	11,1	8,2	75,9
3,2	36,4	1,0	11,4	0,9	10,2	1,3	14,8	6,4	72,8
2,9	43,3	1,2	17,9	1,1	16,4	0,3	4,5	5,5	82,1

ΡΟΔΑΚΙΝΙΑ (1983)

ηGalA (mg)	ηGalA (ΣΠ)	ηRha (mg)	ηRha (ΣΠ)	ηAra (mg)	ηAra (ΣΠ)	ηGal (mg)	ηGal (ΣΠ)	ΣΚΑ (mg)	Αν% (Π)
1,6	28,1	1,5	26,3	0,2	3,5	1,6	28,1	4,9	86,0
7,1	26,8	5,9	22,3	1,4	5,3	7,7	29,1	22,1	83,4
5,5	28,3	4,0	20,6	2,1	10,8	7,1	36,6	18,7	96,4
8,2	24,6	10,8	32,4	1,5	4,5	11,5	34,5	32,0	96,1
11,9	13,6	38,2	43,5	3,7	4,2	30,3	34,5	84,1	95,8
40,0	27,3	42,5	29,0	3,0	2,1	54,7	37,3	140,2	95,6
49,1	25,0	59,4	30,3	6,6	3,4	70,4	35,9	195,5	92,5
42,5	19,4	64,2	29,3	5,8	2,6	94,7	43,2	207,2	94,5
46,8	20,1	79,7	33,2	4,4	1,9	93,2	40,0	222,1	95,4
36,1	16,1	79,7	33,2	5,9	2,6	103,0	45,8	219,7	97,7
34,7	22,6	43,8	28,5	8,1	5,3	64,6	42,1	151,2	98,6
17,2	11,7	46,3	31,6	10,5	7,2	70,8	48,3	144,8	98,8
11,5	11,5	27,0	27,1	2,4	2,4	55,6	55,7	96,5	96,7
9,0	13,9	17,4	26,9	1,6	2,5	34,1	52,9	62,1	96,3
8,8	12,6	21,3	30,4	2,6	3,7	33,9	48,3	66,6	95,0
3,9	13,1	8,1	27,3	2,2	4,0	13,9	46,8	27,1	91,2
2,5	15,4	3,7	22,8	1,7	10,5	2,8	17,3	10,7	66,0

ΥΠΟΜΕΤΡΑ

Π: συστατικό του ηπκτινικού κλάσματος, Gal: γαλακτουσικονικό οξύ, Rha: ραουόση, Ara: αραβινόση, Gal: γαλακτόζη, Σ.Π.: η συνολική ποσότητα των συστατικών του ηπκτινικού κλάσματος, Αν%: η % ανάκτηση του ηπκτινικού κλάσματος.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 9
(συνέχεια)

ΒΕΡΥΚΟΚΚΙΑ (1983)

HCaIA (mg)	HCaIA (%Π)	IRhs (mg)	IRhs (%Π)	IIAra (mg)	IIAra (%Π)	HCaI (mg)	HCaI (%Π)	Σ ΚΑ (mg)	Αν% (Π)
5,8	43,6	4,2	18,0	1,1	8,3	2,9	21,8	12,2	91,7
7,3	31,2	5,2	22,2	3,2	13,6	4,1	17,5	19,8	84,6
11,4	37,0	7,1	23,0	1,9	6,2	5,2	16,9	25,6	83,1
7,7	31,5	2,8	11,5	6,2	25,4	4,4	18,0	21,1	86,5
11,0	34,6	2,5	7,9	5,6	17,6	9,1	28,6	28,2	88,7
18,3	39,2	7,5	16,0	8,1	17,3	9,3	19,9	43,2	92,5
26,5	46,1	9,1	15,8	5,3	9,2	11,2	19,5	52,1	90,6
18,7	31,1	11,2	18,6	17,1	28,4	10,9	18,1	57,9	96,1
28,0	38,4	13,5	18,5	7,5	10,3	18,8	25,8	68,1	93,4
25,1	35,9	15,0	21,5	7,9	11,3	16,2	23,2	64,2	91,9
26,4	33,7	19,2	24,5	4,8	6,1	21,7	27,7	72,1	92,2
27,8	34,1	16,8	20,6	15,5	19,0	19,6	24,0	79,7	97,7
31,2	38,7	18,8	23,3	5,9	7,3	20,5	25,5	76,4	94,9
35,3	38,4	22,1	24,0	19,5	21,2	11,2	12,2	88,1	95,8
44,4	42,6	24,8	23,8	18,1	17,4	11,9	11,4	99,2	95,2
40,6	42,7	29,4	30,9	7,1	7,5	13,5	14,2	90,6	95,3
17,9	21,5	27,1	32,6	12,5	15,0	21,6	25,9	79,1	95,1
18,1	38,3	11,2	23,7	4,1	8,7	10,6	22,4	44,0	93,2
0,5	1,9	1,0	3,8	5,4	20,4	14,2	53,6	21,1	79,6

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Α (1984)

HCaIA (mg)	HCaIA (%Π)	IRhs (mg)	IRhs (%Π)	IIAra (mg)	IIAra (%Π)	HCaI (mg)	HCaI (%Π)	Σ ΚΑ (mg)	Αν% (Π)
2,2	53,7	1,5	36,6	0,1	2,4	0,0	0,0	3,8	92,7
5,5	53,4	2,0	19,4	0,5	4,8	1,0	9,7	9,0	87,4
4,5	52,9	2,0	23,5	0,1	1,2	1,0	11,8	7,6	89,4
7,1	63,4	2,5	22,3	0,4	3,6	0,9	8,0	10,9	97,3
9,5	60,1	3,5	22,2	0,8	5,1	1,8	11,4	15,6	98,7
25,5	60,8	8,5	20,3	2,8	6,7	2,1	5,0	38,9	92,8
20,1	58,6	7,1	20,7	2,5	7,3	1,8	5,2	31,5	91,8
35,5	68,8	10,5	20,3	1,8	3,5	2,5	4,8	50,3	97,5
56,1	74,3	12,1	16,0	2,1	2,8	3,5	4,6	73,8	97,7
21,9	49,2	14,2	31,9	1,9	4,3	4,1	9,2	42,1	94,6
20,5	48,6	13,1	31,0	2,0	4,7	4,9	11,6	40,5	95,9
20,1	46,4	14,1	32,6	2,5	5,8	4,1	9,5	40,8	94,2
7,1	27,1	12,0	45,8	2,0	7,6	4,5	17,2	25,6	97,7
11,5	34,2	9,8	29,2	1,8	5,4	8,8	26,2	31,9	94,9
3,8	17,1	9,1	40,8	1,5	6,7	6,1	27,4	20,5	91,9
0,3	4,2	2,8	39,4	0,5	7,0	2,5	35,2	6,1	85,9

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 9

(συνέχεια)

ΚΟΦΟΜΗΛΙΑ Β (1984)

HCaLA (mg)	HCaLA (%Π)	HRba (mg)	HRba (%Π)	PARa (mg)	PARa (%Π)	HCaL (mg)	HCaL (%Π)	Σ ΚΑ (mg)	Αν% (H)
1,6	39,0	0,5	12,2	1,1	26,8	0,5	12,2	3,7	90,2
1,7	39,5	0,5	11,6	0,4	9,3	1,0	23,2	3,6	83,6
5,4	54,5	2,0	20,2	0,3	3,0	1,4	14,1	9,1	91,8
6,3	36,8	5,2	30,4	0,9	5,3	1,8	10,5	14,2	83,0
17,0	55,8	4,7	18,7	2,3	9,2	0,8	3,2	21,8	86,8
14,8	54,2	7,3	26,7	1,6	5,9	0,5	1,8	24,2	88,6
29,2	69,2	6,7	15,9	0,5	1,2	2,5	5,9	38,9	92,2
33,5	65,7	12,1	23,7	0,5	1,0	2,1	4,1	48,2	94,5
27,1	61,2	9,7	21,9	1,2	2,7	1,7	3,8	39,7	89,6
3,0	25,5	5,4	35,3	0,6	3,9	1,3	8,5	11,2	73,2
1,2	48,2	9,3	31,6	0,8	2,7	0,2	0,7	24,5	83,3
0,5	23,8	0,5	23,8	0,4	19,0	0,1	4,8	1,5	71,4

ΚΟΦΟΜΗΛΙΑ Γ (1984)

HCaLA (mg)	HCaLA (%Π)	HRba (mg)	HRba (%Π)	PARa (mg)	PARa (%Π)	HCaL (mg)	HCaL (%Π)	Σ ΚΑ (mg)	Αν% (H)
2,9	37,2	2,0	25,6	0,5	6,4	1,0	12,8	6,4	82,0
8,9	49,7	1,8	10,1	0,4	2,2	3,1	17,3	14,2	79,3
3,7	21,6	2,5	14,6	1,6	9,3	4,3	25,1	12,1	70,8
15,9	52,3	6,5	21,4	0,6	2,0	1,2	3,9	24,2	79,6
19,8	52,0	7,1	18,6	2,2	5,8	5,0	13,1	34,1	89,5
30,0	62,0	9,6	19,8	2,5	5,2	0,6	1,2	42,7	88,2
23,3	64,4	5,5	15,2	1,9	5,2	1,4	3,9	32,1	88,7
32,2	61,8	5,1	9,8	6,1	11,7	4,2	8,1	47,6	91,4
58,5	69,7	11,1	13,9	8,2	9,8	3,6	4,3	80,9	96,9
42,1	58,8	14,2	19,8	4,8	6,7	9,5	13,3	70,6	98,6
43,8	58,5	15,1	20,2	3,1	4,1	8,1	10,8	70,1	93,6
52,0	65,6	11,1	14,0	5,5	6,9	4,2	5,3	72,8	91,8
42,8	60,2	15,9	22,4	3,8	5,3	5,1	7,2	67,6	95,1
4,0	25,0	4,1	25,6	3,7	23,1	0,6	3,8	12,4	77,5
7,5	29,1	10,5	40,7	2,1	8,1	0,5	1,9	20,6	79,8
2,4	27,0	1,8	20,2	0,5	5,6	0,5	5,6	5,2	78,4

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 10

Ποσότητες των συστατικών του συνολικού ημικυτταρινικού κλάσματος σε mg/100 mg ημικυτταρινικού κλάσματος και σε mg/καρτό, η συνολική ποσότητα τους και η συνολική % ανάκτηση του ημικυτταρινικού κλάσματος.

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Α (1983)

ΗΞΥΛ (mg)	ΗΧΥΛ (%ΗΚ)	ΗΡΜαν (mg)	ΗΡΜαν (%ΗΚ)	ΗΚΑra (mg)	ΗΚΑra (%ΗΚ)	ΗΚGal (mg)	ΗΚGal (%ΗΚ)	ΗΚGlu (mg)	ΗΚGlu (%ΗΚ)	ΗΚHxα (mg)	ΗΚHxα (%ΗΚ)	ΗΚΣ (mg)	ΑΝΣ (ΗΚ)
3,2	33,0	1,9	19,6	1,2	12,4	0,9	9,3	0,0	0,0	0,0	0,0	7,2	74,2
6,2	42,5	3,5	24,0	1,9	13,0	1,2	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	12,8	87,7
10,3	44,9	6,2	27,1	1,1	4,8	1,9	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	19,5	85,2
11,9	50,0	6,6	27,7	1,5	6,3	1,9	8,0	0,2	0,8	0,0	0,0	22,1	92,8
14,6	49,7	8,7	29,6	1,5	5,1	2,1	7,1	0,5	1,7	0,0	0,0	27,4	93,2
19,9	47,9	14,2	34,2	2,1	5,1	1,7	4,1	0,3	0,7	0,0	0,0	38,2	92,0
21,1	41,4	19,7	38,6	2,3	4,5	1,8	3,5	0,9	1,8	0,2	0,4	46,0	90,2
25,2	41,5	26,9	44,3	2,7	4,4	1,6	2,6	0,8	1,3	0,2	0,3	57,4	94,6
28,4	42,7	30,2	45,4	2,1	3,2	1,9	2,9	1,1	1,6	0,3	0,5	64,0	96,2
30,2	43,7	26,4	38,2	3,5	5,1	2,2	3,2	0,6	0,9	0,9	1,3	63,8	92,3
36,1	43,4	37,4	44,9	3,2	3,8	2,9	3,5	0,9	1,1	1,1	1,5	71,8	97,5
21,9	30,0	42,3	57,9	3,8	5,2	1,9	2,6	0,8	1,1	1,1	1,0	80,9	96,1
35,5	42,2	37,1	44,1	3,9	4,6	2,5	3,0	1,1	1,3	0,8	1,1	82,2	96,8
38,2	45,0	33,5	39,5	5,7	6,7	2,8	2,9	1,7	1,6	0,9	1,1	94,1	95,9
32,3	32,9	41,0	41,8	4,9	5,0	2,8	2,9	1,4	1,7	1,4	1,4	90,6	92,9
39,8	40,8	37,4	38,4	5,6	5,7	4,9	5,0	1,6	1,6	1,3	1,3	109,6	97,6
62,1	55,3	38,2	34,0	4,0	3,6	2,5	2,3	1,9	1,7	0,9	0,8	80,7	96,5
40,5	48,4	29,6	35,4	5,4	6,5	3,2	3,5	1,6	1,9	0,4	0,5	91,2	97,5
42,8	45,8	37,2	39,8	5,2	5,6	3,3	3,5	2,1	2,2	0,6	0,6	95,3	95,9
46,4	46,7	36,8	37,0	5,4	5,4	4,8	4,8	2,9	1,9	0,0	0,0	93,2	95,4
44,8	45,9	36,2	37,1	6,4	6,6	3,9	4,0	1,9	1,9	0,0	0,0	94,8	96,2
48,2	48,9	36,3	36,8	3,9	3,9	4,1	4,2	2,3	2,3	0,0	0,0	50,6	91,2
25,1	45,2	16,6	29,9	4,9	8,8	2,2	4,0	1,8	3,2	0,0	0,0	61,7	96,3
36,2	56,5	17,5	27,3	3,7	5,8	2,4	3,7	1,9	3,0	0,0	0,0		

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 10
(συνέχεια)

ΡΟΔΑΚΙΝΙΑ (1983)

HKAl (mg)	HKAl (ZHK)	HKMan (mg)	HKMan (ZHK)	HKAlra (mg)	HKAlra (ZHK)	HKGal (mg)	HKGal (ZHK)	HKGlu (mg)	HKGlu (%HK)	Σ HK Σ (mg)	AV % (HK)
7,3	36,3	7,6	37,8	1,9	9,5	0,6	3,0	0,0	0,0	17,4	86,6
14,4	41,6	15,4	44,5	1,5	4,3	0,8	2,3	0,0	0,0	32,1	92,8
16,8	36,9	20,8	45,7	2,5	5,5	0,2	0,4	0,6	1,3	40,9	89,9
30,6	45,2	27,7	40,9	2,6	3,8	0,5	0,7	1,0	1,5	62,4	92,2
39,3	49,4	32,1	40,3	2,4	3,0	1,2	1,5	0,6	0,8	75,6	95,0
37,4	46,3	32,2	39,9	3,6	4,5	2,1	2,6	0,9	1,1	76,2	94,4
39,3	43,8	38,4	42,8	3,5	3,9	2,0	2,2	2,2	2,4	75,4	95,1
67,4	49,9	58,1	43,0	2,1	1,6	0,8	0,6	1,3	1,0	129,7	96,0
58,9	46,7	54,7	43,3	4,6	3,6	1,5	1,2	0,5	0,4	120,2	95,2
68,4	48,9	58,6	41,9	3,6	2,6	2,4	1,7	1,1	0,8	134,1	95,9
66,9	48,1	53,8	38,7	6,1	4,4	3,1	2,2	1,3	0,9	131,2	94,2
68,9	46,9	62,0	42,1	6,3	4,3	1,2	0,8	2,3	1,6	140,7	95,7
80,6	52,3	60,3	39,1	5,6	3,6	2,1	1,4	3,4	2,2	152,0	98,6
39,4	45,5	28,0	32,3	6,7	7,7	2,6	3,0	3,7	4,3	80,4	92,8
44,4	44,6	36,4	36,6	5,5	5,5	3,6	3,6	2,6	2,6	92,5	93,0
32,0	63,6	3,9	7,8	5,9	11,7	2,5	5,0	4,0	7,9	48,3	96,0
25,2	57,3	6,1	13,9	4,6	10,5	3,3	7,5	2,0	4,5	41,2	93,6

ΥΠΟΜΕΤΡΑ

HK: συστατικό του ημικτυπαρινικού κλάσματος, Xyl: ζυλόζη, Man: μαμόζη, Ala: αραβινόζη, Gal: γαλακτόζη, Glu: γλυκόζη μη-κυτταρινική, GlucA: γλυκοϋρονικό οξύ, ΣHKΣ: η συνολική ποσότητα των συστατικών του ημικτυπαρινικού κλάσματος, AV: η % ανάκτηση του (συνολικού) ημικτυπαρινικού κλάσματος.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 10

(συνέχεια)

ΒΕΡΥΚΟΚΚΙΑ (1983)

HKXyl (mg)	HKXyl (%HK)	HKMan (mg)	HKMan (%HK)	HKAns (mg)	HKAns (%HK)	HKGal (mg)	HKGal (%HK)	HKChh (mg)	HKChh (%HK)	Σ HK Σ (mg)	Av Z (HK)
34,3	65,8	5,0	9,6	3,7	7,1	3,2	6,1	1,9	3,6	48,1	92,3
40,1	66,1	8,2	13,5	2,9	4,8	3,3	5,4	1,9	3,1	56,4	92,9
30,9	59,4	9,4	18,1	3,2	6,2	3,9	7,5	2,4	4,6	49,8	95,8
32,8	55,1	12,2	20,5	1,2	2,0	3,0	5,0	2,0	3,4	51,2	86,1
31,9	52,6	15,3	25,2	2,3	3,8	3,4	5,6	1,7	2,8	54,6	90,1
44,2	64,6	11,2	16,3	2,1	3,1	3,3	4,8	1,9	2,8	62,7	91,7
28,4	50,6	13,9	24,8	5,4	9,6	1,9	3,4	2,5	4,5	52,1	92,9
34,7	53,5	16,2	25,0	5,9	9,1	4,2	6,5	2,7	4,2	63,7	98,3
22,7	44,6	10,5	20,6	4,2	8,2	3,8	7,5	3,2	6,3	44,4	87,2
27,1	45,6	12,4	20,9	6,3	10,6	3,2	5,4	2,8	4,7	51,8	87,2
52,9	62,8	15,8	18,7	5,5	6,5	3,7	4,4	2,2	2,6	80,1	95,0
50,9	56,4	22,1	24,5	5,4	6,0	4,9	5,4	3,3	3,6	86,6	95,9
47,2	56,8	19,1	23,0	7,3	8,8	2,9	3,5	3,2	3,8	79,7	95,9
51,4	51,5	26,5	26,6	7,1	7,1	2,4	2,4	3,8	3,8	91,2	91,4
65,2	55,2	33,9	28,7	3,8	3,2	3,3	2,8	3,6	3,0	109,8	92,9
45,6	53,6	21,8	25,6	6,2	7,3	3,0	3,5	4,0	4,7	80,6	94,7
55,8	58,9	19,6	21,0	6,0	6,4	5,4	5,8	3,3	3,5	90,1	96,7
62,4	59,9	23,2	22,3	4,6	4,4	5,2	5,0	2,8	2,7	98,2	94,3
57,2	55,7	25,1	24,4	4,8	4,7	5,8	5,6	3,5	3,4	96,4	93,8

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 10
(συνέχεια)

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Α (1984)

HKXyl (mg)	HKXyl (%HK)	HKMan (mg)	HKMan (%HK)	HKArz (mg)	HKArz (%HK)	HKArz (mg)	HKGal (mg)	HKGal (%HK)	HKGlu (mg)	HKGlu (%HK)	HKGlu (mg)	HKGlucA (mg)	HKGlucA (%HK)	Σ HKΣ (mg)	AVZ (HK)
2,2	19,8	5,3	47,7	0,3	2,7	0,5	4,5	0,1	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	8,4	75,7
1,8	14,8	7,6	62,3	0,3	2,6	0,5	4,1	0,2	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	10,4	85,2
2,8	18,8	7,0	47,0	0,2	1,3	0,7	4,7	0,1	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	10,8	72,5
3,6	17,7	10,5	51,7	0,5	2,5	0,8	3,9	0,3	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	15,7	77,3
2,5	12,2	10,0	48,8	0,3	1,5	1,0	4,9	0,5	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	14,3	70,7
3,7	17,5	9,7	46,0	0,6	2,8	0,9	4,3	0,4	1,9	0,3	0,3	1,4	1,4	15,6	73,9
5,8	24,7	11,0	46,8	0,7	3,0	1,2	5,1	0,6	2,6	0,1	0,4	0,4	0,4	19,4	82,6
13,7	29,7	15,5	33,6	1,7	3,7	1,4	3,0	0,7	1,5	0,5	0,5	1,1	1,1	33,5	72,7
14,8	33,0	14,5	32,4	1,7	3,8	2,0	4,5	1,4	3,1	0,8	0,8	1,8	1,8	35,2	78,6
11,5	28,0	13,0	31,6	1,8	4,4	2,3	5,6	2,1	5,1	1,3	1,3	3,2	3,2	32,0	77,9
13,0	32,7	10,5	26,4	2,2	5,5	2,5	6,5	1,9	4,8	1,2	1,2	3,0	3,0	30,2	75,9
11,5	31,1	9,5	25,7	2,2	5,9	2,6	7,0	2,0	5,4	1,1	1,1	3,0	3,0	28,9	78,1
6,6	16,3	6,8	16,8	2,1	5,2	1,7	6,7	1,1	2,7	0,3	0,3	0,7	0,7	29,6	73,1
6,8	17,4	6,4	16,4	1,9	4,9	1,7	4,3	1,4	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	28,2	72,3
7,5	24,0	5,7	18,2	1,5	4,8	1,3	4,2	1,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	27,0	85,3
5,8	17,5	3,4	10,3	1,8	5,4	0,6	1,8	1,2	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	22,8	68,9

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 10
(συνέχεια)

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Β (1984).

HKAYl (mg)	HKAYl (%HK)	HKMan (mg)	HKMan (%HK)	HKARA (mg)	HKARA (%HK)	HKGal (mg)	HKGal (%HK)	HKGLu (mg)	HKGLu (%HK)	Σ HKs (mg)	Av% (HK)
4,2	28,4	5,5	37,2	0,0	0,0	0,4	2,7	0,0	0,0	10,1	68,2
5,5	42,0	4,6	35,1	0,0	0,0	1,2	9,2	0,0	0,0	11,3	86,2
4,9	43,8	3,7	33,0	0,4	3,6	0,8	7,1	0,0	0,0	9,8	87,5
10,7	46,1	7,7	33,2	0,2	0,9	1,5	6,5	0,0	0,0	20,1	86,6
7,8	29,7	10,4	39,5	0,7	2,7	2,3	8,7	0,0	0,0	21,2	80,6
14,6	59,6	6,3	25,7	0,5	2,0	0,9	3,7	0,0	0,0	22,3	91,0
17,3	56,4	5,0	16,3	1,1	3,6	2,7	8,8	0,2	0,6	26,3	85,7
11,5	36,6	11,2	35,7	0,7	2,2	2,9	9,2	0,9	2,9	27,2	86,6
16,1	47,1	10,6	31,0	0,7	2,0	1,2	3,5	1,0	2,9	29,6	86,5
4,7	22,6	6,7	32,2	1,2	5,8	2,1	10,1	1,7	8,2	16,4	78,8
16,1	41,7	11,2	29,0	0,4	1,0	2,6	6,7	2,9	7,5	33,2	86,0
2,6	28,3	0,3	3,3	0,9	9,8	2,3	25,0	0,3	3,3	6,4	69,6

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Γ (1984).

HKAYl (mg)	HKAYl (%HK)	HKMan (mg)	HKMan (%HK)	HKARA (mg)	HKARA (%HK)	HKGal (mg)	HKGal (%HK)	HKGLu (mg)	HKGLu (%HK)	HKGLuca (mg)	HKGLuca (%HK)	Σ HKs (mg)	Av% (HK)
3,8	29,9	4,6	36,2	0,6	4,7	0,2	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	9,2	72,4
9,5	40,2	9,2	38,9	0,9	3,8	0,2	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	19,8	83,9
16,1	30,3	31,6	59,5	0,7	1,3	0,5	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	48,9	92,1
19,3	37,9	24,8	48,7	0,3	0,6	0,8	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	45,2	88,8
17,6	33,6	27,6	52,7	1,3	2,5	2,1	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	48,6	92,7
22,3	32,7	38,9	57,1	1,5	2,2	1,3	1,9	0,0	0,0	0,4	0,6	64,4	94,6
15,7	25,8	35,5	58,4	2,1	3,5	1,4	2,3	0,8	1,3	0,2	0,3	55,7	91,6
21,2	41,7	20,0	39,4	0,8	1,6	3,1	2,1	4,1	4,1	0,8	1,0	46,2	90,9
12,2	27,7	22,6	51,2	1,4	3,2	1,1	2,5	2,7	6,1	0,5	1,8	40,8	92,5
14,1	27,3	27,4	53,1	1,3	2,5	1,5	2,9	1,9	3,7	1,0	1,9	47,2	91,5
13,7	28,1	23,1	47,4	0,7	1,4	2,5	5,1	1,8	3,7	0,3	0,6	42,1	86,4
22,6	40,6	23,9	42,9	1,9	3,4	0,9	1,6	2,9	5,2	0,5	0,9	52,7	94,6
19,2	33,3	25,7	44,6	2,3	4,0	1,1	1,9	3,3	0,0	0,0	0,0	51,6	89,6
21,0	41,5	15,9	31,4	1,1	2,2	0,3	0,6	4,1	8,1	0,0	0,0	45,1	89,1
10,9	33,7	14,2	44,0	1,6	4,9	0,8	2,5	2,2	6,8	0,0	0,0	29,7	91,9
9,8	30,5	13,7	42,7	1,2	3,7	1,0	3,1	3,7	11,5	0,0	0,0	29,4	91,6

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 11

Ποσότητες των συστατικών του κυτταρινικού κλάσματος σε mg/100 mg κυτταρινικού κλάσματος και σε mg/ καρπό, η συνολική ποσότητα τους και η συνολική % ανάκτηση του κυτταρινικού κλάσματος.

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Α (1983)

KGlu (mg)	KGlu (ZK)	KXyl (mg)	KXyl (ZK)	KMan (mg)	KMan (ZK)	ΣΚΣ (mg)	Αν% (K)
6,5	79,3	0,1	1,2	0,4	4,9	7,0	85,4
7,4	84,1	0,2	2,3	0,4	4,5	8,0	90,9
8,1	72,3	0,4	3,6	0,7	6,2	9,2	82,1
9,2	77,3	0,2	1,7	0,6	5,0	10,0	84,0
8,9	78,1	0,3	2,6	0,5	4,4	9,7	85,1
9,4	77,0	0,4	3,3	0,7	5,7	10,5	86,1
11,6	77,3	0,5	3,3	0,9	6,0	13,0	86,7
13,9	78,1	0,6	3,4	1,2	6,7	15,7	88,2
12,8	77,6	0,4	2,4	1,1	6,7	14,3	86,7
15,1	76,3	0,5	2,5	1,1	5,6	16,7	84,3
19,2	78,7	0,8	3,3	1,6	6,6	21,6	88,5
22,5	76,3	1,1	3,7	2,1	7,1	25,7	87,1
23,2	80,3	0,9	3,1	1,9	6,6	26,0	90,0
28,3	83,0	0,5	1,5	2,2	6,5	31,0	90,9
28,9	79,2	0,6	1,6	2,4	6,6	31,9	87,4
33,1	78,6	0,6	1,4	1,8	4,3	35,5	84,3
33,2	79,8	0,4	1,0	2,4	5,8	36,0	86,5
35,6	77,7	1,0	2,2	2,1	4,6	38,7	84,5
42,1	79,1	0,4	0,8	2,7	5,1	45,2	85,0
41,2	80,8	0,7	1,4	3,1	6,1	45,0	88,2
40,6	78,5	0,9	1,7	2,7	5,2	44,2	85,5
42,1	78,2	0,5	0,9	2,6	4,8	45,2	84,0
40,7	78,4	0,3	0,6	3,0	5,8	44,0	84,8
43,5	80,0	0,5	0,9	2,5	4,6	46,5	85,5

ΡΟΔΑΚΙΝΙΑ (1983)

KGlu (mg)	KGlu (ZK)	KXyl (mg)	KXyl (ZK)	KMan (mg)	KMan (ZK)	ΣΚΣ (mg)	Αν% (K)
7,8	62,4	2,1	16,8	0,2	1,6	10,1	80,8
23,3	70,4	5,6	16,9	0,8	2,4	29,7	89,7
29,2	64,7	11,7	25,9	1,2	2,7	42,1	93,3
67,7	83,0	8,5	10,4	2,3	2,8	78,5	96,3
131,6	88,4	9,1	6,1	0,9	0,6	141,6	95,1
118,6	85,8	10,8	7,8	1,9	1,4	131,3	95,0
170,5	89,7	7,8	4,1	3,8	2,0	182,1	95,8
160,7	87,2	19,1	10,4	1,7	0,9	181,5	98,5
153,8	85,7	11,2	6,2	7,8	4,3	172,8	96,3
159,4	84,0	15,1	7,9	9,6	5,1	184,1	97,0
135,3	76,2	16,8	9,5	20,4	11,5	172,5	97,2
138,9	78,5	13,2	7,5	22,1	12,5	174,2	98,5
153,9	80,1	22,4	11,6	12,4	6,5	188,7	98,2
119,8	69,8	20,5	11,9	27,8	16,2	168,1	98,0
130,3	76,6	27,2	16,0	10,1	5,9	167,6	98,5
141,9	77,7	15,1	8,3	18,2	10,0	178,2	97,6
124,2	69,5	23,9	13,4	28,0	15,6	176,1	98,5

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Κ: συστατικό του κυτταρινικού κλάσματος, KGlu: γλυκόζη κυτταρινική, Xyl: ξυλόζη, Man: μαννόζη, ΣΚΣ: η συνολική ποσότητα των συστατικών του κυτταρινικού κλάσματος, Αν%: η % ανάκτηση του κυτταρινικού κλάσματος.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 11
(συνέχεια)

ΒΕΡΥΚΟΚΚΙΑ (1983)

KClu (mg)	KClu (%K)	KXyl (mg)	KXyl (%K)	KMan (mg)	KMan (%K)	ΣΚΣ (mg)	AvZ (K)
26,7	79,0	0,0	0,0	3,9	11,5	30,6	90,5
30,5	89,4	0,0	0,0	1,2	3,5	31,7	92,9
34,4	82,5	0,0	0,0	1,9	4,6	36,3	87,1
40,2	85,7	0,0	0,0	2,2	4,7	42,4	90,4
48,2	81,6	4,6	7,8	0,0	0,0	52,8	89,3
40,4	82,6	1,4	2,9	0,5	1,0	42,3	86,5
51,3	91,6	2,0	3,6	0,9	1,6	54,2	96,8
50,2	74,0	9,1	13,4	2,5	3,7	61,8	91,1
71,1	92,9	2,4	3,1	0,0	0,0	73,5	96,1
69,5	90,0	2,6	3,4	0,0	0,0	72,1	93,4
72,2	92,4	2,0	2,6	0,0	0,0	74,2	95,0
70,4	86,1	8,2	10,0	1,1	1,3	79,7	97,4
86,9	86,5	5,3	5,3	3,2	3,2	95,4	94,9
85,8	86,1	6,1	6,1	4,3	4,3	96,2	96,5
85,6	78,8	10,9	10,0	6,5	6,0	103,0	94,8
86,6	82,6	3,1	2,9	12,4	11,8	102,1	97,4
78,6	77,7	8,0	7,9	11,1	11,0	97,7	96,6
102,7	80,9	4,3	3,4	14,2	11,2	121,2	95,5
93,0	73,9	13,6	10,8	16,1	12,8	122,7	97,5

ΚΟΡΜΗΛΙΑ Α (1984)

KClu (mg)	KClu (%K)	KXyl (mg)	KXyl (%K)	KMan (mg)	KMan (%K)	ΣΚΣ (mg)	AvZ (K)
1,1	10,9	3,2	31,7	4,8	47,5	9,1	90,1
2,9	21,5	2,8	20,7	5,3	39,3	11,0	81,5
8,7	41,6	4,6	22,0	3,0	14,4	16,3	78,0
20,3	71,0	3,1	10,8	1,1	3,8	24,5	85,7
28,4	73,6	5,3	13,7	1,9	4,9	35,6	92,2
23,9	75,9	2,8	8,9	1,5	4,8	28,2	89,5
27,4	65,2	7,3	17,4	4,4	10,5	39,1	93,1
28,7	75,3	5,7	15,0	1,0	2,6	35,4	92,9
38,4	77,1	2,2	4,4	5,6	11,2	46,2	92,8
31,9	67,7	5,8	12,3	6,4	13,6	44,1	93,6
26,8	60,4	5,2	11,7	8,2	18,5	40,2	90,5
35,3	71,2	4,4	8,9	5,8	11,7	45,5	91,7
34,7	72,4	7,0	14,6	2,1	4,4	43,8	91,4
43,8	84,6	2,8	5,4	1,6	3,1	48,2	93,1
36,7	85,3	1,4	3,2	2,7	6,3	40,8	94,9
42,0	83,8	3,2	6,4	2,1	4,2	47,3	94,4

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 11

(συνέχεια)

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Β (1984)

KGlu (mg)	KGlu (%)	KXyl (mg)	KXyl (%)	KMan (mg)	KMan (%)	ΣΚΣ (mg)	Αν% (K)
3,9	41,9	2,8	30,1	0,5	5,4	7,2	77,5
6,8	49,3	2,2	15,9	0,8	5,8	9,8	71,0
12,5	66,1	0,5	2,6	1,2	6,3	14,2	75,1
18,6	64,8	5,6	19,5	0,9	3,1	25,1	87,5
20,2	67,1	4,7	15,6	1,3	4,3	26,2	87,0
31,5	75,0	5,8	13,8	0,4	0,9	37,7	89,8
32,8	82,8	1,3	3,3	0,1	0,3	34,2	86,4
35,8	84,8	1,6	3,8	0,9	2,1	38,3	90,8
26,8	72,2	6,2	16,7	1,2	3,2	34,2	92,2
26,0	76,7	2,5	7,4	0,6	1,8	29,1	85,8
38,8	80,7	3,7	7,7	1,0	2,1	43,5	90,5
22,2	76,3	1,7	5,8	0,5	1,7	24,4	83,8

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Γ (1984)

KGlu (mg)	KGlu (%)	KXyl (mg)	KXyl (%)	KMan (mg)	KMan (%)	ΣΚΣ (mg)	Αν% (K)
3,2	32,3	0,5	5,0	3,5	35,3	7,2	72,7
11,7	59,4	2,5	12,7	1,2	6,1	15,4	78,2
13,8	63,3	4,3	19,7	1,7	7,8	19,8	90,8
30,6	82,5	2,0	5,4	0,6	1,6	33,2	89,5
34,0	76,6	1,5	3,4	5,4	12,2	40,9	92,1
40,0	84,9	0,5	1,1	2,5	5,3	43,0	91,3
62,8	85,4	3,8	5,2	3,2	4,3	69,8	95,0
61,6	83,5	5,1	6,9	4,0	5,4	70,7	95,8
61,8	81,4	6,2	8,2	3,6	4,7	71,6	94,3
69,2	86,7	1,3	1,6	5,7	7,1	76,2	95,5
69,4	84,4	8,5	10,3	0,5	0,6	78,4	95,4
83,5	85,0	7,2	7,3	1,4	1,4	92,1	93,8
66,1	74,8	10,3	11,7	4,1	4,6	80,5	91,2
81,0	85,1	7,5	7,9	2,5	2,6	91,0	95,6
71,2	85,0	6,1	7,3	2,0	2,4	79,3	94,6
78,1	83,8	7,5	8,0	4,2	4,5	89,8	96,4

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 12

Οι συνολικές ποσότητες των συστατικών του κυτταρί-
κου τοιχώματος σε mg/100 mg κυτταρικού τοιχώματος και
σε mg/καρτό.

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Α (1983)

GalA (mg)	Rha (mg)	Ara (mg)	Gal (mg)	Xyl (mg)	Man (mg)	Glu (mg)	GlucA (mg)	GalA (%KT)	Rha (%KT)	Ara (%KT)	Gal (%KT)	Xyl (%KT)	Man (%KT)	Glu (%KT)	GlucA (%KT)	Σ Σ (%KT)
2,9	1,2	1,7	1,2	3,3	2,3	6,5	0,0	11,6	4,8	6,8	4,8	13,1	9,2	25,9	0,0	76,2
3,1	1,3	2,1	1,7	6,4	3,9	7,4	0,0	9,9	4,2	6,7	5,4	20,5	12,5	23,7	0,0	82,9
2,0	0,9	1,5	2,5	10,7	6,9	8,1	0,0	4,9	2,2	3,7	6,2	26,5	17,1	20,0	0,0	80,6
4,8	2,1	2,0	2,7	12,1	7,2	9,4	0,0	9,9	4,3	4,1	5,6	24,9	14,8	19,3	0,0	82,9
9,5	4,2	2,4	4,0	14,9	9,2	9,4	0,0	15,2	6,7	3,8	6,4	23,8	14,7	15,0	0,0	85,6
9,0	4,3	2,3	3,3	20,3	14,9	9,7	0,0	12,1	5,8	3,1	4,5	27,5	20,2	13,0	0,0	86,2
12,1	5,0	3,9	3,2	22,4	20,6	12,5	0,2	13,1	5,4	4,2	3,5	24,3	22,4	13,5	0,2	86,6
17,1	7,1	4,1	4,2	25,8	28,1	14,7	0,2	15,3	6,3	3,7	3,8	23,1	25,1	13,1	0,2	90,6
17,5	7,3	4,0	3,8	28,8	31,3	13,9	0,3	15,1	6,3	3,4	3,3	24,8	26,9	12,0	0,2	92,0
17,9	7,7	5,9	4,7	30,7	27,5	15,7	0,9	14,1	6,0	4,6	3,7	24,1	21,6	12,4	0,7	87,2
18,4	8,1	5,5	6,3	36,9	39,0	20,1	0,6	12,5	5,5	3,7	4,3	25,1	26,6	13,7	0,4	91,8
26,9	11,2	6,6	5,7	23,0	44,4	23,3	1,1	17,6	7,3	4,3	3,7	15,0	29,0	15,2	0,7	92,8
30,6	13,5	7,0	6,9	36,4	39,0	24,3	0,8	17,9	7,7	4,1	4,1	21,4	22,9	14,3	0,5	92,9
37,9	15,2	9,9	8,3	38,7	35,7	29,7	0,9	20,3	8,1	5,3	4,4	20,7	19,1	15,9	0,5	94,3
37,6	15,7	8,8	8,3	22,9	43,4	30,6	1,4	18,3	7,6	4,3	4,0	16,0	21,2	14,9	0,7	87,0
35,4	15,1	9,2	13,0	40,4	39,2	34,7	1,3	16,9	7,2	4,4	6,2	19,3	18,7	16,5	0,6	89,8
39,0	15,9	8,2	8,2	62,5	40,6	35,1	0,9	17,5	7,1	3,7	3,7	27,9	18,2	15,7	0,4	94,2
34,8	14,2	10,3	8,8	41,5	31,7	37,2	0,4	17,6	7,2	5,5	4,5	20,9	16,0	18,8	0,2	90,7
19,0	8,3	8,4	4,8	43,2	39,9	43,3	0,6	10,3	4,5	4,6	2,6	23,5	21,7	23,6	0,3	91,1
17,4	7,4	8,4	7,7	47,1	39,9	43,1	0,0	9,5	4,0	4,6	4,2	25,5	21,6	23,4	0,0	92,8
7,5	3,0	7,9	4,4	45,7	38,9	42,5	0,0	4,5	1,8	4,7	2,6	27,4	23,3	25,5	0,0	89,8
4,1	1,9	4,9	5,3	48,7	38,9	44,4	0,0	2,4	1,1	2,9	3,1	28,6	22,9	26,1	0,0	87,1
3,2	1,0	5,8	3,5	25,4	19,6	42,5	0,0	2,7	0,8	4,8	2,9	21,1	16,3	35,4	0,0	84,0
2,9	1,2	4,8	2,7	36,7	20,0	45,4	0,0	2,3	0,9	3,7	2,1	28,6	15,6	35,4	0,0	88,6

ΥΠΟΜΕΤΡΗΣΗ

Gal A: γαλακτοουρονικό οξύ, Rha: ραμνόςζη, Ara: αραβινόζη, Gal: γαλακτόζη, Xyl: ξυλόζη, Man: μαννόζη, Glu: γλυκόζη, GlucA: γλυκοουρονικό οξύ.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 12

(συνέχεια)

ΡΟΔΑΚΙΝΙΑ (1983).

GalA (mg)	Rha (mg)	Ara (mg)	Gal (mg)	Xyl (mg)	Man (mg)	Glu (mg)	GlucA (mg)
1,6	1,5	2,1	2,2	9,4	7,8	7,8	0,0
7,7	5,9	2,9	7,9	20,0	16,2	23,3	0,0
7,1	4,0	4,6	5,7	28,7	22,0	29,8	0,0
11,5	10,8	4,1	8,7	39,1	30,0	68,7	0,0
30,3	38,2	6,1	13,1	48,4	33,0	132,2	0,0
54,7	42,5	6,6	42,1	48,2	34,1	119,5	0,0
70,4	59,4	10,1	51,1	47,1	42,2	172,7	0,0
94,7	64,2	7,9	43,3	86,5	59,8	162,0	0,0
93,2	77,7	9,0	48,3	70,1	62,5	154,3	IXm
103,0	74,7	9,5	38,5	83,5	68,2	160,5	IXm
64,6	43,8	14,2	37,8	83,7	74,2	136,6	IXm
70,8	46,3	16,8	18,4	82,1	84,1	141,2	IXm
-55,6	27,0	8,0	13,6	103,0	72,7	157,3	IXm
34,1	17,4	8,3	11,6	59,9	55,8	123,5	IXm
33,9	21,3	8,1	12,4	71,6	46,5	132,9	0,0
13,9	8,1	7,1	6,4	47,1	22,1	145,9	0,0
2,8	3,7	6,3	5,8	49,1	34,1	126,2	0,0

GalA (ZKT)	Rha (ZKT)	Ara (ZKT)	Gal (ZKT)	Xyl (ZKT)	Man (ZKT)	Glu (ZKT)	Σ I (ZKT)
3,9	3,6	5,1	5,4	22,9	19,0	19,0	78,9
7,8	6,0	2,9	8,0	20,4	16,5	23,7	85,3
6,2	3,5	4,0	5,0	25,0	19,3	26,1	89,1
6,2	5,8	2,2	4,7	21,1	16,2	37,1	93,3
9,5	12,0	1,9	4,1	15,2	10,4	41,5	94,6
14,9	11,6	1,8	11,5	13,1	9,3	32,6	94,8
14,7	12,4	2,1	10,7	9,9	8,8	36,2	94,8
16,8	11,4	1,4	7,7	15,4	10,6	28,8	92,1
17,2	14,3	1,7	8,9	12,9	11,5	28,5	95,0
18,5	13,4	1,7	6,9	14,9	12,2	28,8	96,4
13,7	9,3	3,0	8,0	17,7	15,7	28,9	96,3
14,9	9,8	3,5	3,9	17,3	17,7	29,8	96,9
12,3	6,0	1,8	3,0	22,8	16,1	34,8	96,8
10,6	5,4	2,6	3,6	18,6	17,3	38,3	96,4
9,9	6,2	2,3	3,6	20,8	13,5	38,6	94,9
5,2	3,0	2,7	2,4	17,7	8,3	54,7	94,0
1,2	1,5	2,6	2,4	20,4	14,1	52,3	94,5

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 12
(συνέχεια)

ΒΕΡΥΚΟΚΚΙΑ (1983)

CaLa (mg)	Rha (mg)	Ara (mg)	Cal (mg)	Xyl (mg)	Man (mg)	Glu (mg)	GlucA (mg)	CaLa (%KT)	Rha (%KT)	Ara (%KT)	Cal (%KT)	Xyl (%KT)	Man (%KT)	Glu (%KT)	Σ Σ (%KT)
5,8	2,4	4,8	6,1	34,3	8,9	28,6	0,0	5,6	2,3	4,7	5,9	33,2	8,6	27,7	88,0
7,3	5,2	6,1	7,4	40,1	9,4	32,4	0,0	6,0	4,3	5,0	6,1	32,9	7,7	26,6	88,6
11,4	7,1	5,1	9,1	30,9	11,3	36,8	0,0	9,0	5,6	4,0	7,2	24,4	8,9	29,0	88,1
7,7	2,8	7,4	7,4	32,8	14,4	42,2	0,0	5,8	2,1	5,5	5,5	24,6	10,8	31,6	85,9
11,0	2,5	7,9	12,5	36,5	15,3	49,9	0,0	6,9	1,6	5,0	7,9	23,1	9,7	31,5	85,7
18,3	7,5	10,2	12,6	45,6	11,7	42,3	0,0	11,0	4,5	6,1	7,6	27,5	7,0	25,5	89,2
26,5	9,1	10,7	13,1	30,4	14,8	53,8	0,0	15,2	5,2	6,2	7,6	17,5	8,5	31,0	91,2
18,7	11,2	23,0	15,1	43,8	18,7	52,9	0,0	9,6	5,7	11,8	7,7	22,4	9,6	27,1	93,9
28,0	13,5	11,7	22,6	25,1	10,5	74,3	0,0	13,8	6,7	5,8	11,2	12,4	5,2	36,7	91,8
25,1	15,0	14,2	19,4	29,7	12,4	72,3	0,0	12,0	7,2	6,8	9,3	14,2	5,9	34,5	89,9
26,4	19,2	10,3	25,4	54,9	15,8	74,4	0,0	10,8	7,9	4,2	10,4	22,6	6,5	30,6	93,0
27,8	16,8	20,9	24,5	59,1	23,2	73,7	0,0	10,8	6,5	8,1	9,5	23,0	9,0	28,7	95,6
31,2	18,8	13,2	23,4	52,5	22,3	90,1	ixvii	11,7	7,0	4,9	8,8	19,6	8,3	33,7	94,0
35,3	22,1	26,6	13,6	57,5	30,8	89,6	ixvii	11,9	7,5	8,9	4,6	19,4	10,4	30,2	92,9
44,4	24,8	21,9	15,2	76,1	40,4	89,2	ixvii	13,3	7,4	6,5	4,5	22,8	12,1	26,7	96,3
40,6	29,4	13,3	16,5	48,7	34,2	90,6	ixvii	14,1	10,2	4,6	5,7	16,9	11,8	31,4	94,7
17,9	27,1	18,5	27,0	63,8	30,7	81,9	ixvii	6,3	9,6	6,6	9,6	22,6	10,9	29,0	94,6
18,1	11,2	8,7	15,8	66,7	37,4	105,5	ixvii	6,4	4,0	3,1	5,6	23,7	13,3	37,5	93,6
0,5	1,0	10,2	20,0	70,8	41,2	96,5	ixvii	0,2	0,4	3,9	7,7	27,3	15,8	37,1	92,4

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 12

(συνέχεια)

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Α (1984)

Gala (mg)	Rha (mg)	Ara (mg)	Gal (mg)	Xyl (mg)	Man (mg)	Glu (mg)	GlucA (mg)	Gala (%KT)	Rha (%KT)	Ara (%KT)	Gal (%KT)	Xyl (%KT)	Man (%KT)	Glu (%KT)	GlucA (%KT)	Σ Σ (%KT)
2,2	1,5	0,4	0,5	5,4	10,1	1,2	0,0	7,3	5,0	1,3	1,7	17,9	33,6	4,0	0,0	70,8
5,5	2,0	0,8	1,5	4,6	12,9	3,1	0,0	14,6	5,3	2,1	4,0	12,2	34,1	8,2	0,0	80,5
4,5	2,0	0,3	1,7	7,4	10,0	8,8	0,0	9,0	4,0	0,6	3,4	14,8	20,0	17,6	0,0	69,4
7,1	2,5	0,9	1,7	6,7	11,6	20,6	0,0	11,2	3,9	1,4	2,7	10,6	18,3	32,5	0,0	80,6
9,5	3,5	1,1	2,8	7,8	11,9	28,9	0,0	11,8	4,3	1,4	3,5	10,0	14,8	35,8	0,0	81,6
25,5	8,5	3,4	3,0	6,5	11,2	24,3	0,3	25,1	8,4	3,3	2,9	6,4	11,0	23,9	0,3	81,3
20,1	7,1	3,2	3,0	13,1	15,4	28,0	0,1	19,1	6,7	3,0	2,8	12,4	14,6	26,6	0,1	85,3
35,5	10,5	3,5	3,9	19,4	16,6	29,4	0,5	26,0	7,7	2,6	2,8	14,2	12,2	21,5	0,4	87,4
56,1	12,1	3,8	5,5	17,0	20,1	35,8	0,8	31,8	6,9	2,2	3,1	9,6	11,4	20,3	0,5	85,8
21,9	14,2	3,7	6,4	17,6	19,4	33,0	1,3	15,9	10,3	2,7	4,6	12,8	14,1	24,0	0,9	85,3
20,5	13,1	4,2	7,5	18,2	18,7	28,7	1,2	15,8	10,1	3,2	5,8	14,1	14,5	22,2	1,0	86,7
20,1	14,1	4,7	6,7	15,9	15,3	37,3	1,1	14,2	10,0	3,3	4,7	11,3	10,8	26,4	0,8	81,5
7,1	12,0	4,1	7,2	13,6	8,9	35,8	0,3	5,9	10,0	3,4	6,0	11,4	7,5	30,0	0,3	74,5
11,5	9,8	3,7	10,5	9,6	8,0	45,2	0,0	8,5	7,2	2,7	7,7	7,1	5,9	33,3	0,0	72,4
3,8	9,1	3,0	7,4	8,9	8,4	37,7	0,0	3,9	9,4	3,1	7,6	9,2	8,7	38,9	0,0	80,8
0,3	2,8	1,3	3,1	9,0	5,5	43,2	0,0	0,3	2,9	1,3	3,2	9,4	5,7	45,1	0,0	67,9

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 12

(συνέχεια)

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Β (1984)

GalA (%KT)	Rha (%KT)	Ara (%KT)	Gal (%KT)	Xyl (%KT)	Man (%KT)	Glu (%KT)	Σ.Σ. (%KT)
5,2	1,6	3,5	2,9	22,6	19,4	12,6	67,8
5,2	1,5	1,2	6,7	23,5	16,5	20,7	75,3
12,9	4,8	1,7	5,3	12,9	11,8	30,0	79,4
8,8	7,3	1,5	4,6	22,7	12,0	25,9	82,8
16,5	5,5	3,5	3,6	14,7	13,8	23,8	81,4
15,6	7,7	2,2	1,5	21,5	7,0	33,1	83,6
25,3	5,8	1,4	4,0	16,1	4,4	28,5	86,0
26,7	9,6	1,0	4,5	10,4	9,6	28,5	89,8
22,7	8,1	1,6	2,4	18,7	9,9	22,4	85,8
5,5	7,6	2,5	4,8	10,2	10,3	30,8	77,7
11,8	7,8	1,0	2,3	16,5	10,2	32,4	82,0
1,2	1,2	3,1	5,7	10,2	1,9	52,5	75,8

GalA (mg)	Rha (mg)	Ara (mg)	Gal (mg)	Xyl (mg)	Man (mg)	Glu (mg)	GlucA (mg)
1,6	0,5	1,1	0,9	7,0	6,0	3,9	0,0
1,7	0,5	0,4	2,2	7,7	5,4	6,8	0,0
5,4	2,0	0,7	2,2	5,4	4,9	12,5	0,0
6,3	5,2	1,1	3,3	16,3	8,6	18,6	0,0
14,0	4,7	3,0	3,1	12,5	11,7	20,2	0,0
14,8	7,3	2,1	1,4	20,4	6,7	31,5	0,0
29,2	6,7	1,6	5,2	18,6	5,1	36,7	0,0
33,5	12,1	1,2	5,0	13,1	12,1	36,7	0,0
27,1	9,7	1,9	2,9	22,3	11,8	27,8	0,0
3,9	5,4	1,8	3,4	7,2	7,3	27,7	0,0
14,2	9,3	1,2	2,8	19,8	12,2	41,7	0,0
0,5	0,5	1,3	2,4	4,3	0,8	22,5	0,0

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Γ (1984)

GalA (%KT)	Rha (%KT)	Ara (%KT)	Gal (%KT)	Xyl (%KT)	Man (%KT)	Glu (%KT)	GlucA (%KT)	Σ.Σ. (%KT)
8,6	5,9	3,2	3,6	12,7	22,8	9,5	0,0	66,3
13,9	2,8	2,0	5,2	18,8	16,2	18,3	0,0	77,2
3,8	2,6	2,4	5,0	21,2	34,5	14,3	0,0	83,8
13,0	5,3	0,7	1,6	17,4	20,8	25,1	0,0	83,9
14,1	5,1	2,5	5,1	13,6	23,6	24,3	0,0	88,3
16,1	5,2	2,1	1,0	12,3	22,3	21,5	0,2	80,6
13,5	3,2	3,8	1,6	11,2	22,3	36,7	0,1	90,9
18,0	2,8	2,3	3,2	14,7	13,4	35,6	0,3	91,8
26,7	5,0	4,4	2,1	8,4	11,9	29,5	0,4	83,4
23,2	7,4	3,2	5,7	8,0	17,2	37,0	0,5	91,0
20,9	7,2	1,8	5,1	10,6	11,3	34,0	0,1	92,9
21,9	4,7	3,1	3,2	12,6	10,7	36,5	0,2	92,9
17,8	6,6	2,5	2,6	12,3	12,4	28,9	0,0	83,1
2,3	2,3	2,7	0,5	16,1	10,4	48,1	0,0	82,4
5,6	7,9	2,8	1,0	12,8	12,2	55,2	0,0	97,5
1,8	1,3	1,2	1,1	12,7	13,1	60,0	0,0	91,2

GalA (mg)	Rha (mg)	Ara (mg)	Gal (mg)	Xyl (mg)	Man (mg)	Glu (mg)	GlucA (mg)
2,9	2,0	1,1	1,2	4,3	7,7	3,2	0,0
8,9	1,8	1,3	3,3	12,0	10,4	11,7	0,0
3,7	2,5	2,3	4,8	20,4	33,3	13,8	0,0
15,9	6,5	0,9	2,0	21,3	25,4	30,6	0,0
19,8	7,1	3,5	7,1	19,1	33,0	34,0	0,0
30,0	9,6	4,0	1,9	22,8	41,4	40,0	0,4
23,3	5,5	6,9	2,8	19,5	38,7	63,6	0,2
32,2	5,1	6,9	5,8	26,3	24,0	63,7	0,5
58,5	11,0	9,6	4,7	18,4	26,2	64,5	0,8
4,1	14,9	6,1	11,0	15,4	33,1	71,1	1,0
4,3	15,1	3,8	10,6	22,2	23,6	71,2	0,3
52,0	11,1	7,4	7,6	29,8	25,3	86,4	0,5
42,8	15,9	6,1	6,2	29,5	29,8	69,4	0,0
4,0	4,1	4,8	0,9	28,5	18,4	85,1	0,0
7,5	10,5	3,7	1,3	17,0	16,2	73,4	0,0
2,4	1,8	1,7	1,5	17,3	17,9	81,8	0,0

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 13

Ποσότητα του ολικού αζώτου του κυτταρικού τοιχώματος σε mg/100 mg κυτταρικού τοιχώματος και σε mg/ καρπό.

ΚΟΦΟΜΗΛΙΑ Α (1983)		ΡΟΔΑΚΙΝΙΑ (1983)		ΒΕΡΥΚΟΚΙΑ (1983)		ΚΟΦΟΜΗΛΙΑ Α (1984)		ΚΟΦΟΜΗΛΙΑ Β (1984)		ΚΟΦΟΜΗΛΙΑ Γ (1984)	
N (mg)	N (ζΚΤ)	N (mg)	N (ζΚΤ)	N (mg)	N (ζΚΤ)	N (mg)	N (ζΚΤ)	N (mg)	N (ζΚΤ)	N (mg)	N (ζΚΤ)
0,17	0,68	0,28	1,17	0,74	0,72	0,39	1,30	0,63	2,03	0,24	0,71
0,14	0,45	1,04	1,06	0,70	0,58	0,54	1,44	0,52	1,59	0,17	0,27
0,13	0,32	0,71	0,62	1,38	1,09	0,55	1,10	0,66	1,59	0,32	0,33
0,22	0,46	1,49	0,81	1,86	1,40	0,60	0,94	0,90	1,26	0,31	0,26
0,21	0,34	2,78	0,89	1,90	1,20	0,79	0,98	0,98	1,16	0,33	0,24
0,32	0,44	5,93	1,62	2,47	1,49	1,06	1,05	1,35	1,42	0,47	0,26
0,29	0,32	8,32	1,75	2,86	1,65	1,12	1,06	1,57	1,37	1,43	0,33
0,28	0,25	7,71	1,37	3,62	1,85	1,67	1,23	1,87	1,49	2,16	1,21
0,35	0,30	7,89	1,50	3,71	1,83	2,39	1,36	2,02	1,69	2,65	1,21
0,43	0,34	8,48	1,52	4,27	2,04	2,77	2,02	1,91	2,70	2,57	1,34
0,65	0,44	8,05	1,71	4,29	1,77	2,75	2,13	1,95	1,63	2,71	1,30
0,74	0,49	8,21	1,73	5,23	2,04	2,73	1,94	1,22	2,89	2,54	0,98
1,20	0,71	7,77	1,72	6,37	2,39	2,62	2,12			2,32	1,06
1,36	0,73	7,16	2,22	5,78	1,95	2,03	1,94			2,34	1,33
1,91	0,93	6,70	1,95	6,86	2,05	1,88	2,09			2,61	1,97
1,92	0,92	5,08	1,91	6,75	2,34					2,39	1,76
2,21	0,99	5,05	2,10	6,29	2,23						
2,14	1,08			6,12	2,18						
2,20	1,20			5,20	2,01						
2,14	1,16										
2,16	1,30										
2,09	1,23										
2,08	1,73										
2,05	1,60										

ΣΤΟΙΧΙΣΜΑ

N: ολικό άζωτο του ξηρού κυτταρικού τοιχώματος.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 14
Ποσότητες των ιόντων Ca^{2+} και Mg^{2+} του κυτταρικού τοιχώματος σε $\mu g/καρπό$ και $\mu g/100 mg$ κυτταρικού τοιχώματος.

ΚΟΡΟΝΗΛΙΑ Α (1983)

Ca (μg)	Mg (μg)	Ca+Mg (μg)	Ca+Mg (%KT)	Ca (%KT)	Mg (%KT)
57,5	28,8	86,3	0,34	0,23	0,11
65,9	26,9	92,8	0,30	0,21	0,09
64,2	32,7	96,9	0,24	0,16	0,08
83,9	31,5	115,4	0,23	0,17	0,06
80,8	40,1	120,9	0,19	0,13	0,06
84,1	39,9	124,0	0,16	0,11	0,05
115,5	45,5	161,0	0,18	0,13	0,05
155,1	43,7	199,1	0,18	0,14	0,04
163,2	55,5	218,7	0,19	0,14	0,05
170,0	73,4	243,4	0,19	0,13	0,06
194,2	95,6	289,8	0,20	0,13	0,07
226,6	94,4	321,0	0,21	0,15	0,06
239,1	105,0	344,1	0,19	0,13	0,06
238,7	107,4	346,1	0,18	0,13	0,06
257,1	104,9	362,0	0,18	0,13	0,05
246,4	115,6	362,0	0,18	0,12	0,06
261,5	118,2	379,7	0,17	0,12	0,05
244,0	125,3	369,3	0,18	0,12	0,06
258,1	120,8	378,9	0,21	0,14	0,07
282,3	131,0	413,3	0,22	0,15	0,07
271,0	112,2	383,2	0,23	0,16	0,07
281,9	132,5	414,4	0,25	0,17	0,08
262,5	109,6	378,1	0,31	0,22	0,09
264,0	106,6	370,6	0,28	0,20	0,08

ΡΟΔΑΚΙΝΙΑ (1983)

Ca (μg)	Mg (μg)	Ca+Mg (μg)	Ca+Mg (%KT)	Ca (%KT)	Mg (%KT)
115,8	33,2	149,0	0,36	0,28	0,08
201,2	68,5	269,8	0,27	0,20	0,07
396,7	112,2	508,9	0,45	0,35	0,10
481,5	198,7	680,2	0,37	0,26	0,11
728,1	231,1	959,2	0,30	0,23	0,07
800,5	355,4	1155,9	0,32	0,22	0,10
868,5	357,3	1225,8	0,25	0,18	0,07
939,2	400,2	1339,4	0,24	0,17	0,07
948,8	458,4	1407,2	0,25	0,17	0,08
1037,8	548,9	1586,7	0,29	0,19	0,10
1132,0	505,0	1637,0	0,34	0,23	0,11
1069,6	592,2	1661,8	0,34	0,22	0,12
1198,2	558,3	1756,5	0,38	0,26	0,12
1016,6	466,3	1482,9	0,45	0,31	0,14
826,4	460,2	1286,6	0,37	0,24	0,13
882,2	298,2	1180,4	0,44	0,33	0,11
688,8	345,5	1034,3	0,43	0,29	0,14

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 14
(συνέχεια)

ΒΕΡΥΚΟΚΚΙΑ (1983)

Ca (μ g)	Mg (μ g)	Ca+Mg (μ g)	Ca+Mg (%KT)	Ca (%KT)	Mg (%KT)
102,2	48,5	150,7	0,15	0,10	0,05
158,4	45,7	204,1	0,17	0,13	0,04
175,0	81,8	256,8	0,20	0,14	0,06
197,6	96,4	294,0	0,22	0,15	0,07
260,2	100,2	360,4	0,22	0,16	0,06
279,2	125,3	404,5	0,25	0,17	0,08
292,3	167,7	460,0	0,27	0,17	0,10
344,4	165,9	510,3	0,26	0,18	0,08
395,1	182,2	577,3	0,28	0,19	0,09
411,2	222,3	633,5	0,31	0,20	0,11
498,9	253,2	752,1	0,31	0,21	0,10
536,6	261,2	797,8	0,31	0,21	0,10
515,5	230,5	746,0	0,28	0,19	0,09
504,7	255,1	759,8	0,26	0,17	0,09
512,0	216,0	728,0	0,21	0,15	0,06
462,2	221,1	683,3	0,24	0,16	0,08
465,1	216,5	681,6	0,24	0,16	0,08
406,8	174,7	581,5	0,20	0,14	0,06
388,8	170,1	558,9	0,22	0,15	0,07

ΚΟΡΦΟΜΗΛΙΑ Α (1984)

Ca (μ g)	Mg (μ g)	Ca+Mg (μ g)	Ca+Mg (%KT)	Ca (%KT)	Mg (%KT)
66,8	23,8	90,6	0,30	0,22	0,08
82,3	36,4	118,7	0,32	0,22	0,10
115,5	41,5	157,0	0,31	0,23	0,08
117,7	50,4	168,1	0,27	0,19	0,08
158,4	71,6	230,0	0,29	0,20	0,09
184,0	86,3	270,3	0,26	0,18	0,08
181,4	85,1	266,5	0,25	0,17	0,08
210,4	106,3	316,7	0,23	0,15	0,08
257,3	114,3	371,6	0,21	0,15	0,06
269,7	95,8	365,5	0,27	0,20	0,07
278,2	88,9	367,1	0,29	0,21	0,08
275,9	100,7	376,6	0,26	0,19	0,07
250,2	89,9	340,1	0,29	0,21	0,08
285,1	122,9	408,0	0,30	0,21	0,09
280,7	128,9	409,6	0,42	0,29	0,13
219,3	73,6	292,9	0,31	0,23	0,08

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 14
(συνέχεια)

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Β (1984)

Ca (μg)	Mg (μg)	Ca+Mg (μg)	Ca+Mg (%KT)	Ca (%KT)	Mg (%KT)
33,8	31,9	65,7	0,21	0,11	0,10
23,9	18,8	42,7	0,13	0,07	0,06
61,9	24,4	86,3	0,21	0,15	0,06
99,9	41,9	141,8	0,20	0,14	0,06
127,5	39,0	166,5	0,20	0,15	0,05
166,1	55,5	221,6	0,23	0,17	0,06
174,3	54,1	228,4	0,20	0,15	0,05
218,2	74,5	292,7	0,23	0,17	0,06
215,5	46,0	261,5	0,22	0,18	0,04
174,5	42,8	217,3	0,31	0,25	0,06
201,9	39,0	240,9	0,20	0,17	0,03
113,5	18,6	132,1	0,31	0,27	0,04

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Γ (1984)

Ca (μg)	Mg (μg)	Ca+Mg (μg)	Ca+Mg (%KT)	Ca (%KT)	Mg (%KT)
2,0	0,8	2,8	0,008	0,006	0,002
3,5	1,3	4,8	0,007	0,005	0,002
2,0	1,9	3,9	0,004	0,002	0,002
5,8	2,2	8,0	0,007	0,005	0,002
8,2	2,3	10,5	0,008	0,006	0,002
13,5	5,2	18,7	0,010	0,007	0,003
16,3	5,8	22,1	0,012	0,009	0,003
18,0	7,0	25,0	0,014	0,010	0,004
17,4	6,0	23,4	0,011	0,008	0,003
19,1	7,1	26,2	0,014	0,010	0,004
17,9	7,9	25,8	0,013	0,009	0,004
22,5	9,0	31,5	0,013	0,009	0,004
20,7	7,7	28,4	0,012	0,009	0,003
25,4	5,3	30,7	0,017	0,014	0,003
11,3	3,0	14,3	0,011	0,009	0,002
14,0	4,2	18,2	0,013	0,010	0,003

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 15

Ποσότητα των διαλυτών συστατικών του κυτταρικού τοιχώματος, σε mg/καρπό.

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Α (1983)

ΔGalA (mg)	ΔGal (mg)	ΔMan (mg)	ΔRha (mg)	ΣΔΣ (mg)	ΔΣ+ΚΤ (mg)
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,1
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,2
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,4
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	48,6
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	62,5
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	73,9
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	92,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	111,8
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	116,2
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	127,1
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	146,8
0,9	0,0	0,0	0,0	0,9	153,8
1,8	0,0	0,0	0,0	1,8	172,0
1,3	0,0	0,0	0,0	1,3	188,1
2,1	0,0	0,0	0,0	2,1	207,2
4,7	0,0	0,0	0,0	4,7	214,4
5,8	0,0	0,0	0,0	5,8	229,2
4,9	0,0	0,7	0,0	5,6	203,5
14,3	0,0	2,6	0,0	16,9	200,6
20,6	2,1	2,9	0,0	25,6	209,7
23,2	4,6	3,4	1,4	32,6	199,5
37,7	4,1	4,6	1,6	48,0	218,0
53,1	4,8	6,9	2,7	67,5	187,6
54,8	5,0	7,2	3,8	70,8	199,0

ΡΟΔΑΚΙΝΙΑ (1983)

ΔGalA (mg)	ΔGal (mg)	ΔMan (mg)	ΣΔΣ (mg)	ΔΣ+ΚΤ (mg)
0,0	0,0	0,0	0,0	41,0
0,0	0,0	0,0	0,0	98,2
0,0	0,0	0,0	0,0	114,1
0,0	0,0	0,0	0,0	184,9
0,0	0,0	0,0	0,0	318,3
0,0	0,0	0,0	0,0	366,6
0,0	0,0	0,0	0,0	477,4
0,0	0,0	0,0	0,0	562,8
0,0	0,0	0,0	0,0	541,5
4,6	0,0	0,0	4,6	562,8
11,5	5,8	0,0	17,3	488,3
12,3	20,4	3,1	35,8	509,7
33,8	39,7	8,3	81,8	533,2
67,9	45,6	7,6	121,1	443,8
73,4	44,2	18,9	136,5	480,5
97,2	53,8	42,1	193,1	459,7
141,8	55,1	38,6	235,5	476,6

ΒΕΡΥΚΟΚΚΙΑ (1983)

ΔGalA (mg)	ΔGal (mg)	ΣΔΣ (mg)	ΔΣ+ΚΤ (mg)
0,0	0,0	0,0	103,2
0,0	0,0	0,0	121,9
0,0	0,0	0,0	126,7
0,0	0,0	0,0	133,5
0,0	0,0	0,0	158,2
0,0	0,0	0,0	166,0
0,0	0,0	0,0	173,4
0,0	0,0	0,0	195,5
0,0	0,0	0,0	202,5
0,0	0,0	0,0	209,4
0,0	0,0	0,0	243,3
0,0	0,0	0,0	257,1
0,0	0,0	0,0	267,3
2,6	0,0	2,6	299,0
4,8	0,0	4,8	339,3
3,9	1,5	5,4	294,3
12,1	9,8	21,9	303,9
22,9	16,9	39,8	320,9
58,5	20,0	78,5	338,3

ΥΠΟΜΕΤΡΑ

Δ: συστατικό του κυτταρικού τοιχώματος σε διαλυτή μορφή, GalA: γαλακτοουρονικό οξύ, Gal: γαλακτόζη, Man: μαννόζη, Rha: ραινόζη, ΣΔΣ: η συνολική ποσότητα των διαλυτών συστατικών, ΔΣ+ΚΤ: η συνολική ποσότητα των διαλυτών και αδιαλυτών συστατικών του κυτταρικού τοιχώματος.

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 15

(συνέχεια)

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Α (1984)

ΔCaIA (mg)	ΔGal (mg)	ΔMan (mg)	ΣΔΣ (mg)	ΔΣ+KT (mg)
0,0	0,0	0,0	0,0	30,1
0,0	0,0	0,0	0,0	37,8
0,0	0,0	0,0	0,0	49,9
0,0	0,0	0,0	0,0	63,4
0,0	0,0	0,0	0,0	80,7
0,0	0,0	0,0	0,0	101,6
0,0	0,0	0,0	0,0	105,4
0,0	0,0	0,0	0,0	136,6
0,0	0,0	0,0	0,0	176,3
2,8	1,2	0,0	4,0	141,6
8,5	3,6	6,6	18,7	148,1
21,8	7,1	4,7	33,6	174,9
19,7	7,9	12,3	39,9	159,4
36,2	14,6	11,1	61,9	197,4
38,7	10,9	15,3	64,9	161,8
57,4	18,1	13,8	89,3	185,1

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Β (1984)

ΔCaIA (mg)	ΔGal (mg)	ΔMan (mg)	ΣΔΣ (mg)	ΔΣ+KT (mg)
0,0	0,0	0,0	0,0	31,0
0,0	0,0	0,0	0,0	32,8
0,0	0,0	0,0	0,0	41,7
0,0	0,0	0,0	0,0	71,7
0,0	0,0	0,0	0,0	85,0
0,0	0,0	0,0	0,0	95,1
0,0	0,0	0,0	0,0	115,2
1,4	0,0	0,0	2,3	127,9
7,6	1,9	0,6	10,1	129,5
6,2	4,2	1,8	12,2	82,9
9,1	3,4	6,7	19,2	139,1
24,8	3,9	8,6	37,3	79,6

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Γ (1984)

ΔCaIA (mg)	ΔGal (mg)	ΔMan (mg)	ΣΔΣ (mg)	ΔΣ+KT (mg)
0,0	0,0	0,0	0,0	33,8
0,0	0,0	0,0	0,0	64,0
0,0	0,0	0,0	0,0	96,4
0,0	0,0	0,0	0,0	122,1
0,0	0,0	0,0	0,0	139,9
0,0	0,0	0,0	0,0	185,9
0,0	0,0	0,0	0,0	173,2
2,1	0,0	0,9	3,0	182,0
3,6	0,0	4,7	8,3	227,2
3,1	0,8	5,8	9,7	201,9
4,7	0,6	3,4	8,7	217,9
3,5	2,1	4,4	10,0	246,9
6,6	2,6	5,3	14,5	254,6
39,1	1,8	8,1	49,0	225,9
34,3	4,4	5,2	43,9	176,3
45,6	4,9	7,7	58,2	194,4

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 16

Δραστικότητα των ενζύμων β-D-γαλακτοσιδάσης, β-D-εξολοσιδάσης, α-D-μαννοσιδάσης, β-D-γλυκοσιδάσης και β-D-γλυκουρονιδάσης σε μΥ/καρτό και Υ/100 g μесо-καρπίου.

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Α (1984)

EXal (mU)	EXv1 (mU)	EXv1 (mU/100g)	EMan (mU)	EMan (mU/100g)	EXlu (mU)	EXlu (mU/100g)	EXlucA (mU)	EXlucA (mU/100g)
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	2,2	32,3	0,0	0,0	0,0	0,0
8,7	94,7	0,0	26,2	285,7	0,0	0,0	3,7	40,3
56,4	381,7	10,5	121,2	850,5	5,3	37,2	19,3	135,4
89,1	628,8	70,4	148,4	1047,3	11,9	84,0	51,9	366,3
164,4	1144,1	286,5	356,9	2483,6	35,2	244,9	178,5	1242,2
234,5	1615,0	184,8	510,4	3515,2	41,4	285,1	96,6	665,3
233,6	1598,9	181,7	536,4	3671,5	40,4	276,5	43,3	296,4
234,9	1578,6	197,5	595,3	4000,7	96,1	645,8	40,0	268,8
180,8	1323,6	79,4	359,3	2630,3	44,1	322,8	44,1	322,8
169,4	1149,3	115,3	382,1	2592,3	36,0	244,2	7,2	48,8

ΥΠΟΜΕΤΡΑ

EXal: β-D-γαλακτοσιδάση, EXv1: β-D-εξολοσιδάση, EMan: α-D-μαννοσιδάση, EXlu: β-D-γλυκοσιδάση, EXlucA: β-D-γλυκουρονιδάση.

Η Ι Η Α Κ Α Ξ 16

(συνέχεια)

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Β (1984)

EGal (mU)	EGal (mU/100g)	EXyl (mU)	EXyl (mU/100g)	EMan (mU)	EMan (mU/100g)	ESlu (mU)	ESlu (mU/100g)	ESluca (mU)	ESluca (mU/100g)
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3,4	38,3	3,4	38,4	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	58,7
33,1	289,8	20,2	176,9	14,7	128,7	5,5	48,2	31,3	274,1
60,3	454,4	41,6	313,5	47,8	360,2	20,8	156,7	43,7	329,3
151,9	1074,3	170,1	1203,0	308,5	2181,8	49,9	352,9	95,3	674,0
227,3	1516,3	64,5	420,3	420,8	2807,2	123,4	823,2	42,1	280,9
184,2	1308,2	50,2	356,5	368,0	2755,7	67,0	475,9	41,9	297,6

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Γ (1984)

EGal (mU)	EGal (mU/100g)	EXyl (mU)	EXyl (mU/100g)	EMan (mU)	EMan (mU/100g)	ESlu (mU)	ESlu (mU/100g)	ESluca (mU)	ESluca (mU/100g)
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2,1	18,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19,7	168,2	9,8	83,7	1,9	16,2	5,9	50,4	0,0	0,0
56,5	419,8	14,1	104,8	110,1	818,0	45,2	335,8	16,9	125,5
143,5	917,5	100,2	640,7	265,3	1696,3	67,7	432,9	78,5	501,9
210,7	1401,9	51,2	340,6	340,2	2263,5	96,3	640,7	60,2	400,5
423,7	2999,7	257,6	1519,8	508,5	3000,0	122,0	719,8	162,7	959,9
282,3	1772,1	288,7	1812,3	468,4	2940,4	144,4	906,5	134,7	845,6
232,4	1352,3	172,7	1012,3	551,2	3230,9	86,3	505,9	73,1	428,5
219,9	1379,5	166,2	1042,7	461,9	2898,0	85,5	536,4	90,4	567,1
219,9	1391,8	162,4	1027,8	479,8	3036,7	99,9	632,3	97,5	617,1
231,1	1484,3	115,5	741,8	412,7	2650,6	72,6	466,3	49,5	317,9

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 13

Τα πειραματικά δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό των σταθμών της προτεινόμενης εξίσωσης, τα εξαγμένα από την θεωρητική επίλυση και οι % αποκλίσεις των πειραματικών από τις θεωρητικές τιμές.

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Α (1983)

t _{πi}	x _{πi}	KT _{πi}	KT _{θi}	+A _i %
1	126,4	25,1	30,7	18,2
4	257,2	31,2	35,9	13,1
8	278,9	40,4	44,1	8,4
11	248,5	48,6	51,1	4,9
15	281,2	62,5	62,1	0,6
18	335,5	73,9	71,3	3,6
22	368,9	92,0	85,1	8,1
25	428,4	111,8	96,3	16,1
29	441,8	116,2	112,0	3,8
32	590,5	127,1	124,3	2,2
36	624,8	146,8	140,3	4,6
39	710,0	152,9	151,0	1,3
43	854,7	170,2	164,2	3,7
46	997,7	186,8	172,4	8,4
50	1250,2	205,1	179,8	14,1
53	1278,3	209,7	184,5	13,7
57	1631,1	223,4	185,8	20,2
60	1691,0	197,9	185,7	6,6
64	1970,9	183,7	182,9	0,5
67	2119,1	184,1	179,3	2,7
71	2127,0	166,9	172,8	3,4
74	2249,7	170,0	166,7	2,0
78	2412,2	120,1	159,4	24,6
81	2365,1	128,2	152,5	15,9

ΡΟΔΑΚΙΝΙΑ (1983)

t _{πi}	x _{πi}	KT _{πi}	KT _{θi}	+A _i %
1	1,1275	41,0	49,2	16,7
8	1,6183	98,2	79,5	23,5
15	2,3179	114,1	126,1	9,5
22	3,7566	184,9	193,4	4,4
29	6,5501	318,3	282,4	12,7
36	8,0071	366,6	381,4	3,9
43	9,8097	477,4	471,9	1,2
50	11,2112	562,8	532,4	5,7
57	15,3313	541,5	548,9	1,3
64	17,6711	598,2	534,7	4,4
71	18,4554	472,0	501,4	5,9
78	19,4912	473,9	457,9	3,4
85	21,4562	451,4	414,6	8,9
92	21,4890	322,7	371,7	13,2
99	21,4102	344,0	330,0	4,3
106	21,4559	266,6	295,9	9,9
113	21,5670	241,1	262,7	8,3

ΒΕΡΥΚΟΚΚΙΑ (1983)

t _{πi}	x _{πi}	KT _{πi}	KT _{θi}	+A _i %
1	0,8845	103,2	76,5	34,9
5	0,7062	121,9	94,3	29,3
8	0,8579	126,7	109,6	15,6
12	1,0601	133,5	132,9	0,5
15	1,6772	158,2	152,4	3,8
19	1,7689	166,0	180,1	7,8
22	1,9923	173,4	201,8	14,1
26	2,6349	195,5	229,9	14,9
29	3,0866	202,5	250,0	19,0
33	3,4754	209,4	271,2	22,8
36	3,7272	243,3	281,9	13,7
40	4,5391	257,1	291,5	11,8
43	5,5890	267,3	292,4	8,6
47	6,7181	296,4	285,1	4,0
50	7,5273	334,5	276,1	21,1
54	7,8834	288,9	260,3	11,0
57	9,0022	282,0	247,6	13,9
61	8,6297	281,1	226,7	24,0
64	8,9355	259,8	210,4	23,5

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

t_{πi} : ο χρόνος από την σκλήρυνση του ενδοκαρπίου σε ημέρες
 x_{πi} : η ποσότητα της ξηρής ουσίας του μεσοκαρπίου
 KT_{πi} : η ποσότητα του ξηρού φυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου
 KT_{θi} : η αντίστοιχη υπολογιζόμενη ποσότητα του ξηρού κυττ. τοιχώματος
 +A_i% : οι % αποκλίσεις των πειραματικών από τις θεωρητικές τιμές

Π Ι Ν Α Κ Α Σ 13
(συνέχεια)

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Α (1984)

t _{πλ}	x _{πλ}	KT _{πλ}	KT _{θλ}	±A _λ %
1	174,6	30,1	33,8	10,9
7	164,4	37,8	43,3	12,7
10	230,4	49,9	48,6	2,7
17	301,7	63,4	63,2	0,3
22	390,9	80,7	75,3	7,2
29	544,5	101,6	92,7	9,6
36	612,7	105,4	112,9	6,6
43	993,5	136,6	127,8	6,9
50	1259,0	176,3	137,1	28,6
57	2019,1	137,6	138,1	0,4
60	1997,8	129,4	137,2	5,7
64	2144,5	141,3	133,7	5,7
67	2216,3	119,5	134,4	11,1
71	2500,4	135,5	122,6	10,5
74	2253,5	96,9	117,7	17,7
77	2608,6	95,8	111,2	13,8

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Β (1984)

t _{πλ}	x _{πλ}	KT _{πλ}	KT _{πλ}	±A _λ %
1	206,8	31,0	35,1	11,7
7	179,0	32,8	45,2	24,7
10	214,5	41,7	50,9	18,0
17	341,1	71,7	66,5	7,8
22	463,0	85,0	78,7	8,0
29	589,3	95,1	96,0	0,9
36	726,6	115,2	110,7	4,1
43	1146,5	125,6	119,8	4,8
50	1540,2	119,4	121,3	1,6
57	1982,1	70,7	116,8	39,5
60	1859,7	119,9	113,3	5,8
64	2088,2	42,3	106,4	60,2

ΚΟΡΟΜΗΛΙΑ Γ (1984)

t _{πλ}	x _{πλ}	KT _{πλ}	KT _{θλ}	±A _λ %
1	148,1	33,8	53,9	37,3
4	249,7	64,0	62,0	3,2
11	477,5	96,4	84,8	13,7
16	581,2	122,1	104,2	17,2
23	784,2	139,9	134,2	4,2
30	1050,3	185,9	164,6	12,9
37	1128,2	173,2	191,3	9,5
44	1460,6	179,0	208,6	14,2
51	1855,0	218,9	216,7	1,0
54	1693,1	192,2	215,6	10,8
58	2251,1	209,2	212,9	1,7
61	2119,4	236,9	209,2	13,2
65	2457,3	240,1	204,1	17,6
68	2615,6	176,9	197,4	10,4
71	2474,8	132,9	191,1	30,4
74	2270,0	136,2	184,0	25,9

Π Ε Ρ Ι Λ Η Ψ Η

Από την διερεύνηση των πειραματικών δεδομένων προέκυψε ότι το κυτταρικό τοίχωμα του μεσοκαρπίου υπόκειται σε σημαντικές μεταβολές κατά την ανάπτυξη, την ωριμότητα και την υπερωρίμανση των καρπών.

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση του κυτταρικού τοιχώματος και την παρακολούθηση της πορείας των μεταβολών του, κινήθηκε προς δυο κατευθύνσεις: 1) Να ληφθούν τα συστατικά του κυτταρικού τοιχώματος σε καθαρή μορφή και να προσδιοριστούν, και 2) να διερευνηθούν ορισμένες απόψεις της ενζυμικής αποδομήσεως του κυτταρικού τοιχώματος. Η επίλυση του πρώτου προβλήματος έγινε με την επιτυχή κλασμάτωση του κυτταρικού τοιχώματος και με ολική υδρόλυση των συστατικών του, ενώ η επίλυση του δεύτερου προβλήματος πραγματοποιήθηκε με δράση του ενζυμικού εκχυλίσματος επί καταλλήλων υποστρωμάτων.

Το πρωτογενές κυτταρικό τοίχωμα του μεσοκαρπίου αποτελείται από τα επόμενα συστατικά: γλυκόζη, γαλακτόζη, αραβινόζη, ξυλόζη, μαννόζη, ραμνόζη, γαλακτουρονικό και γλυκουρονικό οξύ, πρωτεΐνες και ανόργανα ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου. Τα συστατικά αυτά ήταν οι δομικές μονάδες των πολυμερών του κυτταρικού τοιχώματος. Τα πολυμερή του κυτταρικού τοιχώματος διακρίθηκαν σε πηκτίνες, ημικυτταρίνες, κυτταρίνη και γλυκοπρωτεΐνες. Λαμβάνοντας υπόψη τις σχετικές αναλογίες των συστατικών αυτών και σε ποιο κλάσμα ήταν κύρια ή δευτερεύοντα συστατικά, πραγματοποιήθηκε μια λεπτομερέστερη διάκριση σε ραμνογαλακτουρονάνες, αραβινογαλακτάνες, γλυκογλυκουρονοξυλομαννάνες, κυτταρίνη και γλυκοπρωτεΐνες.

Η χημική ανάλυση του κυτταρικού τοιχώματος έδειξε ότι αυτό δεν αποτελείται απλώς από ένα μίγμα των ανωτέρω συστατικών. Κάθε συστατικό είχε κάποιο λειτουργικό ρόλο και συμμετείχε σαν ενεργό μέλος μίας ομάδας συστατικών. Συνετέλεσε αυτή επιπλέον στη διερεύνηση της συστάσεως και των μεταβολών του κυττα-

ρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου κατά την ανάπτυξη των καρπών.

Για την παρακολούθηση των μεταβολών αυτών επελέγησαν καρποί πυρηνοκάρπων με βοτανική συγγένεια και συγκεκριμένα η Κορομηλιά, η Ροδακινιά και η Βερυκοκκιά. Οι καρποί της Κορομηλιάς απετέλεσαν το κύριο αντικείμενο μελέτης (δύο κύκλοι δειγματοληψιών 1983 και 1984, μελέτη τριών δένδρων), ενώ οι καρποί Ροδακινιάς και Βερυκοκκιάς μελετήθηκαν συμπληρωματικά για συγκριτικούς σκοπούς (έναν κύκλο δειγματοληψιών 1983, μελέτη ενός δένδρου για κάθε είδος). Επιπροσθέτως, μελετήθηκε και η επίδραση της ατομικότητας του κάθε δένδρου με λήψη δειγμάτων που τα αποτελούσαν καρποί από το ίδιο δένδρο λαμβανόμενοι τυχαία από όλη την κόμη του δένδρου.

Από τα πειραματικά δεδομένα εξάγεται το γενικό συμπέρασμα ότι οι μεταβολές του κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου ήταν ανάλογες και για τα τρία είδη, τόσο από γενική άποψη όσο και στις επιμέρους μεταβολές. Οι διαφορές που παρατηρήθηκαν αποδίδονται μάλλον στην ατομικότητα του κάθε δένδρου και όχι σαν διαφορές του τύπου μεταβολής. Επομένως, για τα μελετούμενα θέματα η βοτανική συγγένεια των καρπών εξετάζομενη σε χημική βάση συνεπάγεται και ανάλογη χημική συμπεριφορά.

Η περίοδος μελέτης των αναπτυσσόμενων καρπών ήταν από την σκλήρυνση του ενδοκαρπίου μέχρι και την υπερωρίμανση. Αυτή η περίοδος αντιστοιχεί στην δεύτερη και τρίτη φάση ανάπτυξεως των καρπών πυρηνοκάρπων που αποδίδεται σε μια σιγμοειδή καμπύλη. Για την συγκεκριμένη περίοδο οι μεταβολές του βάρους του καρπού γενικά και του μεσοκαρπίου ειδικότερα μπορούσαν να αποδοθούν από σιγμοειδή καμπύλη. Το ίδιο ίσχυε και για την ξηρή ουσία του μεσοκαρπίου, ενώ οι μεταβολές του κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου αποδίδονταν με μια σιγμοειδή καμπύλη με κατερχόμενο κλάδο. Ο κλάδος αυτός αντιστοιχούσε στην φάση της ωριμότητας και της υπερωριμάνσεως των καρπών.

Η χημική ανάλυση του κυτταρικού τοιχώματος έδειξε ότι το πηκτινικό κλάσμα υφίσταται τις πιο δραστικές μεταβολές της ποσότητας του κατά τις φάσεις αυτές. Το ημικυτταρινικό κλάσμα υφίσταται λιγότερο έντονες μεταβολές, ενώ δεν παρατηρήθηκαν μεταβολές του κυτταρινικού κλάσματος. Έδειξε επιπλέον ότι τα σάκχαρα που αποτελούσαν τις δομικές μονάδες των πολυ-

σακχαριτών του κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου ήταν τα ίδια και για τα τρία είδη δένδρων, με εξαίρεση το γλυκουρονικό οξύ, το οποίο ανευρέθηκε μόνο στις Κορομηλιές.

Από τα συστατικά αυτά το γαλακτουρονικό οξύ ήταν το συστατικό με την πιο δραστική μείωση της ποσότητας του. Ακολουθούσαν με λιγότερο έντονες όμως μεταβολές η μαννόζη και η γαλακτόζη.

Οι μεταβολές που παρατηρούνται στο κυτταρικό τοίχωμα του μεσοκαρπίου κατά την διάρκεια της ωριμάνσεως και της υπερωριμάνσεως των καρπών οφείλονται σε έντονη ενζυμική δράση. Η δράση των ενζύμων αφορούσε κυρίως το πηκτινικό κλάσμα και δευτερευόντως το ημικυτταρινικό κλάσμα. Από τα πειραματικά δεδομένα των ενζυμικών αναλύσεων διαπιστώνεται ότι η δράση των ενζύμων που μελετήθηκαν γίνεται συντονισμένα σε δύο κύκλους. Κατά τον πρώτο κύκλο παρατηρείται μια χρονική σύμπτωση των μεγίστων ξυλοζιδάσης και γλυκουρονιδάσης, ενώ έμμεσα συμπεραίνεται ότι ανάλογο πρέπει να συμβαίνει για ραμνοζιδάση και αραβινοζιδάση. Η υδρολυτική δράση των ενζύμων αυτών πιστεύεται ότι επιφέρει χαλάρωση του τριδιαστάτου πλέγματος του κυτταρικού τοιχώματος του μεσοκαρπίου, χωρίς όμως να μετατρέπονται συστατικά σε διαλυτή μορφή. Ακολουθεί πτώση της δράσεως των ενζύμων αυτών σε ένα επίπεδο για να ενταθεί την ίδια χρονική περίοδο (μετά 10 ημέρες περίπου) η υδρολυτική δράση της δεύτερης σειράς ενζύμων με χρονική σύμπτωση των μεγίστων των δραστηριοτήτων τους.

Στη σειρά αυτή ανήκουν η μαννοζιδάση, γλυκοζιδάση (μη-κυτταρινική), γαλακτοζιδάση και έμμεσα συμπεραίνεται ότι ανάλογο πρέπει να ισχύει και με τα πηκτινολυτικά ένζυμα. Η υδρολυτική δράση των ενζύμων της δεύτερης σειράς φαίνεται ότι μετατρέπει ορισμένα συστατικά του κυτταρικού τοιχώματος σε διαλυτή μορφή. Εντείνεται η χαλάρωση του δικτύου των πολυμερών του κυτταρικού τοιχώματος και οι καρποί λαμβάνουν την γνωστή μαλακή υφή του ώριμου καρπού.

Τα πειραματικά δεδομένα των διαλυτών συστατικών έδειξαν ότι σε διαλυτή μορφή φέρονται το γαλακτουρονικό οξύ σε μεγαλύτερες ποσότητες, η γαλακτόζη και η μαννόζη σε μικρότερες ποσότητες, ενώ σε μια μόνο περίπτωση Κορομηλιάς διαπιστώθηκαν και ελάχιστες ποσότητες ραμνόζης κατά την περίοδο της υπερωριμάνσεως. Διαλυτά συστατικά υπήρχαν μόνο κατά την περίοδο της

υπερωριμάνσεως των καρπών. Τα συστατικά που περιέχονται σε διαλυτή μορφή σχετίζονται με την δράση των ενζύμων της δεύτερης υδρολυτικής σειράς..

Η χημική ανάλυση του αζώτου του κυτταρικού τοιχώματος έδειξε αυξανόμενες ποσότητες αζώτου κατά την ωρίμανση και την υπερωρίμανση. Το άζωτο αυτό είναι συστατικό των αμινοξέων αφενός των δομικών γλυκοπρωτεϊνών του κυτταρικού τοιχώματος και αφετέρου των λειτουργικών γλυκοπρωτεϊνών-ενζύμων, που είναι στενά συνδεδεμένα με τις δομικές μονάδες των πολυμερών του κυτταρικού τοιχώματος και υπεύθυνα για την αποδόμηση του.

Παράλληλη ανάλυση των ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου έδειξε ότι αυτά σαν σύνδεσμοι των μονάδων ραμνογαλακτουρονάνης συνοδεύουν τις μεταβολές του γαλακτουρονικού οξέος. Το μαγνήσιο ως ευρισκόμενο σε μικρότερες ποσότητες σε σχέση με το ασβέστιο, αλλά σε ποσοτική αναλογία με αυτό και ανάλογη λειτουργική συμπεριφορά, πιστεύεται ότι διαδραματίζει δευτερεύοντα ρόλο, ενώ το ασβέστιο κύριο συνδετικό ρόλο.

Εκτός από την διερεύνηση των μεταβολών σε χημικό και ενζυμικό επίπεδο, έγινε δευτερευόντως και μαθηματική διερεύνηση αυτών. Η σιγμοειδής καμπύλη με κατερχόμενο κλάδο, που αποδίδει τις μεταβολές του κυτταρικού τοιχώματος ανά καρπό, μπορεί να περιγραφεί με μαθηματικό τρόπο αν θεωρήσουμε ότι αυτή αποτελεί την υπέρθεση συνθετικών και αποδομητικών φαινομένων. Αυτά αποδίδονται με θεώρηση των αντιστοίχων σχετικών ρυθμών συνθέσεως και αποδομήσεως των πολυμερών του κυτταρικού τοιχώματος από την σκλήρυνση του ενδοκαρπίου μέχρι και την υπερωρίμανση.

Το μαθηματικό μοντέλο που προέκυψε είναι ημι-εμπειρικό, διότι στηρίζεται στα πορίσματα της χημικής αναλύσεως και στα πειραματικά δεδομένα, η δε προτεινόμενη εξίσωση είναι φαινομενολογική, διότι περιγράφει συνολικά τις μεταβολές. Ο προσδιορισμός των σταθερών της εξισώσεως έγινε με χρήση των πειραματικών δεδομένων για την ξηρή ουσία και το κυτταρικό τοίχωμα ανά καρπό. Το μοντέλο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πρόβλεψη και εκτίμηση της πορείας των μεταβολών του κυτταρικού τοιχώματος απαιτώντας ένα ελάχιστο αριθμό δειγματοληψιών.

* * * * *

B I B Λ I O Γ P A Φ I A

1. Ahmed, A.E., Labavitch, J.M., (1980). Cell wall metabolism in ripening fruit I. Cell wall changes in ripening "Bartlett" pears. *Plant Physiol.* 65, 1009-1013.
2. Ahmed, A.E., Labavitch, J.M., (1980). Cell wall metabolism in ripening fruit II. Changes in carbohydrate-degrading enzymes in ripening "Bartlett" pears. *Plant Physiol.* 65, 1014-1016.
3. Akiyama, Y., Eda, S., Mori, M., Kato, K., (1983). A galactoglycomannan from extracellular polysaccharides of suspension-cultured cells of *Nicotiana tabacum*. *Phytochemistry* 22, 1177.
4. Albersheim, P., (1976). The primary cell wall, in: *Plant Biochemistry*. Bonner, Varner eds, p. 225-274.
5. Albersheim, P., (1965). The substructure and function of the cell wall, in: *Plant Biochemistry*. Bonner, Varner eds, p. 151-186.
6. Albersheim, P., (1965). Biogenesis of the cell wall. In: *Plant Biochemistry*, Bonner, Varner eds, p. 298-321.
7. Albersheim, P., Anderson-Prouty, A.J., (1975). Carbohydrates, proteins, cell surfaces and the biochemistry of pathogenesis. *Ann. Rev. Plant Phys.* 26, 31.
8. Albersheim, P., Neukom, H., Deuel, H., (1960). Splitting of pectin chain molecules in neutral solutions. *Arch. Biochem. Bioph.* 90, 46-51.
9. Albersheim, P., Jones, T.M., English, P.D., (1969). Biochemistry of the cell wall in relation to infective processes. *Ann. Rev. Phytopathol.* 7, 171.
10. Asamisu, T., Nakamo, N., Nishi, A., (1983). Changes in non-cellulosic cell wall polysaccharides during the growth of carrot cells in suspension cultures. *Planta* 158, 166.
11. Asamisu, T., Nakayama, N., Nishi, A., (1984). Pectic polysaccharides in carrot cells growing in suspension culture. *Planta* 160, 469.

12. Aspinall, G.O., (1980). Chemistry of cell wall polysaccharides. In: The Biochemistry of Plants. Vol 3, p.473-500.
13. Bacon, J.S.D., Gordon, A.H., Morris, E.J., Farmer, V.C., (1975). Acetyl groups in cell wall preparations from higher plants. *Biochem.J.* 149, 485-487.
14. Baig, M.M., Burgin, C.W., Cerda, J.J., (1980). Labeling and chemistry of grape-fruit pectic substances. *Phytochemistry* 19, 1425.
15. Barbier, M., Thibault, J.F., (1982). Pectic substances of cherry fruits. *Phytochemistry* 21, 111-115.
16. Barret, A.J., Northcote, D.H., (1965). Apple fruit pectic substances. *Biochem.J.* 94, 617-627.
17. Bartley, I.M., (1974). β -galactosidase activity in ripening apples. *Phytochemistry* 13, 2107.
18. Bartley, I.M., Knee, M., Casimir, M.A., (1980). Fruit softening I. Changes in cell wall composition and endopolygalacturonase in ripening pears. *J. Exp. Bot.* 33, 1248-1255.
19. Bateman, D.F., Millar, R.L., (1966). Pectic enzymes in tissue degradation. *Ann. Rev. Phytopathol.* 4, 119.
20. Bauer, W.D., Talmadge, K.W., Keegstra, K., Albersheim, P., (1973). The structure of plant cell walls II. The hemicellulose of the walls of suspension-cultured sycamore cells. *Plant Physiol.* 51, 174-187.
21. BeMiller, J.N., (1967). Acid-catalyzed hydrolysis of glycosides. *Adv. Carbohyd. Chem.* 22, 25-108.
22. Besford, R.T., Hobson, G.E., (1972). Pectic enzymes associated with the softening of tomato fruit. *Phytochemistry* 11, 2201.
23. Bitter, T., Muir, H.M., (1962). A modified uronic acid carbazol reaction. *Anal. Biochem.* 4, 330-334.
24. Block, R.J., Durrum, E.L., Zweig, R., (1958). A manual of paper chromatography and paper electrophoresis. Paper chromatography of carbohydrates. (2/e).
25. Blumenkrantz, N., Asboe-Hansen, G., (1973). New method for quantitative determination of uronic acids. *Anal. Biochem.* 54, 484-489.
26. Brady, C.J., MacAlpine, G., McGlasson, W.B., Ueda, Y., (1982). Polygalacturonase in tomato fruits and the induction of ripening. *Aust. J. Plant Physiol.* 9, 171-178.
27. Brillouet, J.M., Carré, B., (1983). Composition of cell walls

from cotyledons of *Pisum sativum*, *Vicia faba* and *Glycine max*. *Phytochemistry* 22,1177.

28. Burke, D., Kaufman, P., McNeil, M., Albersheim, P., (1974). The structure of plant cell walls VI. A survey of the walls of suspension-cultured monocots. *Plant Physiol.* 54,109-115.

29. Carpita, N.C., (1983). Hemicellulosic polymers of cell walls of zea coleoptiles. *Plant Physiol.* 72,515.

30. Churns, S.C., (). Gel chromatography of carbohydrates. *Adv. Carb. Chem. Biochem.*

31. Clarke, Anderson, Stone, (1979). Form and function of arabinogalactans and arabinogalactan-proteins. *Phytochemistry* 18, 521.

32. Cleland, R., (1971). Cell wall extension. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 22,197.

33. Colvin, J.R., (1980). The biosynthesis of cellulose. In: *The Biochemistry of Plants*. Vol 3, p.543-570.

34. Crawshaw, L.A., Reid, J.S., (1984). Changes in cell wall polysaccharides in relation to seedling development and the mobilization of reserves in the cotyledons of *Lupinus angustifolius*. *Planta* 160,449-454.

35. Darvill, A.G., McNeil, M., Albersheim, P., Delmer, D.P., (1980). The primary cell walls of flowering plants. In: *The Biochemistry of Plants*. Vol 1, p.91-162.

36. Darvill, A.G., McNeil, M., Albersheim, P., (1978). The structure of plant cell walls VIII. A new pectic polysaccharide. *Plant Physiol.* 62,418-422.

37. Darvill, J.E., McNeil, M., Darvill, A.G., Albersheim, P., (1980) The structure of plant cell walls XI. Glucuronoarabinoxylan. A second hemicellulose in the primary cell walls of suspension-cultured sycamore cells. *Plant Physiol.* 66,1135-1139.

38. Dey, P.M., Brinson, K., (1984). Plant cell walls. *Adv. Carboh. Chem. Biochem.* 42,368-382.

39. Dilley, D.R., (1970). Enzymes. In: Hulme. *The biochemistry of fruits and their products*. Vol 1, p.184.

40. Dische, Z., (1962). General color reactions. In: *Methods in Carbohydrate Chemistry*. Vol 1, p.478-512. (Whistler, Wolfrom eds)

41. English, P.D., Maglothin, A., Keegstra, K., Albersheim, P., (1972) A cell wall degrading endopolygalacturonase secreted by *Colletotrichum lindemuthianum*. *Plant Physiol.* 49,293-297.

42. Ericson, M.C., Elbein, A.D., (1980). Biosynthesis of cell wall polysaccharides and glycoproteins. In: *The Biochemistry of Plants*. Vol 3, p.589-616.
43. Fincher, Stone, Clarke, (1983). Arabinogalactan-proteins: Structure, biosynthesis and function. *Ann.Rev.Plant Physiol.* 34, 47-70.
44. Friend, J., Knee, M., (1969). Cell wall changes in potato tuber tissue infected with *Phytophthora infestans*. *J.Exp.Bot.* 20, 763-775.
45. Fry, S.C., (1979). Phenolic components of the primary cell wall and their possible role in the hormonal regulation of growth. *Planta* 146, 343.
46. Fry, S.C., (1983). Feruloylated pectins from the primary cell wall: their structure and possible functions. *Planta* 157, 111.
47. Gaillard, (1961). Separation of linear branched polysaccharides by precipitation as iodine complexes. *Nature* 191, 1295.
48. Gaudreault, P.R., Beevers, L., (1983). Glycoprotein nature of glycosidases from leaves of *Pisum sativum*. *J.Exp.Bot.* 34, 1445-1154.
49. Grimble, G.K., Barker, H.M., Taylor, R.H., (1983). Chromatographic analysis of sugars in physiological fluids by postcolumn reaction with cyprammonium. A new and highly sensitive method *Anal. Biochem.* 128, 422.
50. Gross, K.C., Wallner, S.J., (1979). Degradation of cell wall polysaccharides during tomato fruit ripening. *Plant Physiol.* 63, 117-120.
51. Gross, K.C., Wang, C.Y., (1984). Compositional changes in cell wall polysaccharides from chilled and non-chilled cucumber fruit. *Phytochemistry* 23, 1575-1578.
52. Harborne, (1975). *Phytochemical methods*. i) Sugars and their derivatives, p.212-230, ii) Macromolecules. Polysaccharides, p. 256-266.
53. Harris, P.J., Northcote, D.H., (1970). Patterns of polysaccharide biosynthesis in differentiating cells of maize root-tips. *Biochem.J.* 120, 479-491.
54. Hayashi, T., Kato, Y., Matsuda, K., (1980). Xyloglucan from suspension-cultured soybean cells. *Plant Cell Physiol.* 21, 1405-1418.

55. Hayashi, T., Maclachlan, (1984). Pea xyloglucan and cellulose I. Macromolecular organization. *Plant Physiol.* 75, 596-604.

56. Hayashi, T., Wang, Maclachlan, (1984). Pea xyloglucan and cellulose II. Hydrolysis by pea endo-1,4- β -glucanases. *Plant Physiol.* 75, 605-610.

57. Hobson, G.E., (1963). Pectinesterase in normal and abnormal tomato fruit. *Biochem. J.* 86, 358-365.

58. Hobson, G.E., Cellulose activity during the maturation and ripening of tomato fruit. *J. Food Science* 33, 588-591. (1968).

59. Hoggart, Clarke, (1984). Arabinogalactans are common components of angiosperm styles. *Phytochemistry* 23, 1571-1573.

60. Hollman, S., (1965). Nicht-Glycolytische stoffwechselwege der Glucose: Methoden zur Trennung, Identifizierung und Bestimmung von Zuckern und deren Derivaten. a.S. 159-180. (G. Thieme Verlag).

61. Honda, S., Takahashi, M., Shimada, S., Kakehi, K., Ganno, S., (1983). Automated analysis of alditols by anion exchange chromatography with photometric and fluorometric postcolumn derivatization. *Anal. Biochem.* 128, 429.

62. Huber, Nevins, (1977). Preparation and properties of a β -D-glucanase for the specific hydrolysis of β -D-glucans. *Plant Physiol.* 60, 300.

63. Ishii, (1982). Enzymic extraction and linkage analysis of pectic polysaccharides from onion. *Phytochemistry* 21, 778.

64. Irwin, P.L., Pfeffer, P.E., Gerasimowicz, W.V., Pressey, R., Sams, C.E., (1984). Ripening-related perturbations in apple cell wall nuclear spin dynamics. *Phytochemistry* 23, 2239-2242.

65. Jarvis, M.C., Hall, M.A., Threlfall, D.R., Friend, J., (1981). The polysaccharide structure of potato cell walls. *Chemical fractionation. Planta* 152, 93-100.

66. Jarvis, M.C., Threlfall, D.R., Friend, J., (1981). Potato cell wall polysaccharides: Degradation with enzymes from *Phytophthora infestans*. *J. Exp. Bot.* 32(131), 1309-1319.

67. Jarvis, M.C., Duncan, H.J., (1974). Paper chromatography of plant sugars. *J. Chromatog.* 92, 454-456.

68. Jarvis, M.C., (1982). The proportion of calcium-bound pectin in plant cell walls. *Planta* 154, 344-346.

69. Jarvis, M.C., Threlfall, D.R., Friend, J., (1977). Separation of macromolecular components of plant cell walls: electrophoretic methods. *Phytochemistry* 16, 849.

70. Jermin, M.A., Isherwood, F.A., (1956). Changes in the cell walls of pear during ripening. *Biochem. J.* 64, 123.
71. Jermin, M.A., (1967). Cellulose and Hemicelluloses. In: *Moderne Methoden der Pflanzenanalyse*. Paech, Tracey eds.
72. Jones, T.M., Albersheim, P., (1972). A gas chromatographic method for the determination of aldose and uronic acid constituents of plant cell wall polysaccharides. *Plant Physiol.* 49, 926-936.
73. Karr, A.L., Albersheim, P., (1970). Polysaccharide-degrading enzymes are unable to attack plant cell walls without prior action by a "wall-modifying enzyme". *Plant Physiol.* 46, 69-80.
74. Kato, Y., Matsuda, K., (1976). Presence of a xyloglucan in the cell wall of *Phaseolus aureus* hypocotyls. *Plant Cell Physiol.* 17, 1185-1198.
75. Kato, Y., Nevins, D.J., (1984). Enzymic dissociation of zea shoot cell wall polysaccharides I. Preliminary characterization of the water-insoluble fraction of zea shoot cell walls. *Plant Physiol.* 75, 740-744.
76. Kato, Y., Nevins, D.J., (1984). Enzymic dissociation of zea shoot cell wall polysaccharides II. Dissociation of (1→3), (1→4)-β-D-glucan by purified (1→3), (1→4)-β-D-glucan 4-glucanohydrolase from *Bacillus subtilis*. *Plant Physiol.* 75, 745-756.
77. Kato, Y., Nevins, D.J., (1984). Enzymic dissociation of zea shoot cell wall polysaccharides III. Purification and partial characterization of an endo-(1→4)-β-D-xylanase from a *Bacillus subtilis* enzyme preparation. *Plant Physiol.* 75, 753-758.
78. Kato, Y., Nevins, D.J., (1984). Enzymic dissociation of zea shoot cell wall polysaccharides IV. Dissociation of glucuronarabinoxylan by purified endo-(1→4)-β-D-xylanase from *Bacillus subtilis*. *Plant Physiol.* 75, 759-765.
79. Keegstra, K., Talmadge, K.W., Bauer, W.D., Albersheim, P., (1973). The structure of plant cell wall III. A model of the walls of suspension-cultured sycamore cells based on the interconnections of the macromolecular components. *Plant Physiol.* 51, 188-196.
80. King, N.J., Bayley, S.T., (1965). A preliminary analysis of the primary cell walls of some plant cells. *J. Exp. Bot.* 16, 294.
81. Κιόχος, Π., (1982). Στατιστική. Χρονολογικές σειρές. Προσδιορισμός της τάσης με την λογιστική καμπύλη, σελ. 435-443.
82. Knee, M., (1973). Polysaccharides and glycoproteins of apple fruit cell walls. *Phytochemistry* 12, 637-653.

83. Knee, M., (1973). Polysaccharide changes in cell walls of ripening apples. *Phytochemistry* 12, 1543.
84. Knee, M., Sargent, J.A., Osborne, D.J., (1977). Cell wall metabolism in developing strawberry fruits. *J. Exp. Bot.* 28(103), p. 377-396.
85. Knee, M., Fielding, Archer, Laborda, (1975). Enzymic analysis of cell wall structure in apple fruit cortical tissue. *Phytochemistry* 14, 2213.
86. Knee, M., (1982). Fruit softening II. Precursor incorporation into pectin by pear tissue slices. *J. Exp. Bot.* 33, 1256-1262.
87. Knee, M., (1982). Fruit softening III. Requirement for oxygen and pH effects. *J. Exp. Bot.* 33, 1263-1269.
88. Koyama, T., Hayashi, T., Kato, Y., Matsuda, K., (1981). Degradation of xyloglucan by wall-bound enzymes from soybean tissue I. Occurrence of xyloglucan-degrading enzymes in soybean cell wall. *Plant Cell Physiol.* 22, 1191-1198.
89. Koyama, T., Hayashi, T., Kato, Y., Matsuda, K., (1983). Degradation of xyloglucan by wall-bound enzymes from soybean tissue II. Degradation of the fragment heptasaccharide from xyloglucan and the characteristic action pattern of the α -D-xylosidase in the enzyme system. *Plant Cell Physiol.* 24, 155.
90. Labavitch, J.M., Freeman, L.E., Albersheim, P., (1976). Structure of plant cell walls. Purification and characterization of a β -1,4-galactanase which degrades a structural component of the primary cell walls. *J. Biol. Chem.* 251(19), 5904-5910.
91. Labavitch, J.M., (1981). Cell wall turnover in plant development. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 32, 385-406.
92. Labavitch, J.M., Greve, L.G., (1983). Cell wall metabolism in ripening fruit III. Purification of an endo- β -1,4-xylanase that degrades a structural polysaccharide of pear fruit cell walls. *Plant Physiol.* 72, 668.
93. Lamport, D.T.A., Northcote, D.H., (1960). Hydroxyproline in primary cell walls of higher plants. *Nature* 188, 665.
94. Lamport, D.T.A., (1965). The protein component of primary cell walls. *Adv. Bot. Res.* 2, 151-218.
95. Lamport, D.T.A., Miller, (1971). Hydroxyproline arabinosides in the Plant Kingdom. *Plant Physiol.* 48, 454.
96. Lamport, D.T.A., (1970). Cell wall metabolism. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 21, 235-270.

97. Lindberg, B., (1972). Methylation analysis of polysaccharides. In: *Methods in Enzymology*, Vol. 28, p. 178.
98. Loomis, W. D., Battaile, J., (1966). Plant phenolic compounds and the isolation of plant enzymes. *Phytochemistry* 5, 423.
99. Lotka, A., (1956). *Elementary Mathematical Biology*, p. 100-127.
100. Maclachlan, Young. (1962). Breakdown and synthesis of cell wall during growth. *Nature* 195, 1319.
101. Maningat, C. C., Juliano, B. O., (1982). Composition of cell wall preparations of rice bran and germ. *Phytochemistry* 21, 2509-2516.
102. Mankarios, A. T., Jones, C. F. G., Jarvis, M. C., Threlfall, D. R., Friend, J., (1979). Hydrolysis of plant polysaccharides and GLC analysis of their constituent neutral sugars. *Phytochemistry* 18, 419-422.
103. Mankarios, A. T., Hall, M. A., Jarvis, M. C., Threlfall, D. R., Friend J., (1980). Cell wall polysaccharides from onions. *Phytochemistry* 19, 1731.
104. Manners, D. J., Wison, G., (1973). Studies on β -glucanases. Some properties of a bacterial endo- β -(1 \rightarrow 3)-glucanases system. *Biochem. J.* 135, 11-18.
105. Manners, D. J., Masson, A. J., Patterson, J. C., Björndal, H., Lindberg, B., (1973). The structure of a β -(1 \rightarrow 6)-D-glucan from yeast cell walls. *Biochem. J.* 135, 31-36.
106. Manners, D. J., Masson, A. J., Patterson, J. C., (1973). The structure of a β -(1 \rightarrow 3)-D-glucan from yeast cell walls. *Biochem. J.* 135, 19-30.
107. McNeil, M., Albersheim, P., Taiz, L., Jones, R. L., (1975). The structure of plant cell walls VII. Barley aleurone cells. *Plant Physiol.* 55, 64-68.
108. McNeil, M., Darvill, A. G., Albersheim, P., (1980). The structure of plant cell walls X. Ramnogalacturonan I. A structurally complex pectic polysaccharide in the walls of suspension - cultured sycamore cells. *Plant Physiol.* 66, 1128-1134.
109. Métraux, J. P., (1982). Changes in cell wall polysaccharide composition of developing *Nitella* internodes. *Planta* 155, 459-466.
110. Mühlethaler, K., (1967). Ultrastructure and formation of plant cell walls. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 18, 1-24.
111. Murray, A. K., Bandurski, R. S., (1970). Cell wall enzymes and growth rate. *Plant Physiol.* 46, 5-13.

112. Murray, A.K., Bandurski, R.S., (1970). Correlative studies of cell wall enzymes and growth. *Plant Physiol.* 56, 143-147.
113. Νιαβής, Κ.Α., (1977). Μαθήματα Μορφολογίας Φυτών. Τόμος Ι, σελ. 376-393.
114. Nagel, C.W., Hasegawa, K., (1967). The enzymic determination of galacturonic acid. *Anal. Biochem.* 21, 411.
115. Nagel, C.W., Patterson, M.E., (1967). Pectic enzymes and development of the pear (*Pyrus communis*). *J. Food Science* 32, 294-297.
116. Nelmes, B.J., Preston, R.D., (1968). Wall development in apple fruit: a study of the life history of a parenchyma cell. *J. Exp. Bot.* 19, 496.
117. Nevins, D.J., English, P.D., Albersheim, P., (1967). The specific nature of plant cell wall polysaccharides. *Plant Physiol.* 42, 900-906.
118. Nevins, D.J., English, P.D., Albersheim, P., (1968). Changes in cell wall polysaccharides associated with growth. *Plant Physiol.* 43, 914-922.
119. Newcomb, E.H., (1963). Cytoplasm-cell wall relationships. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 14, 43.
120. Northcote, D.H., (1972). Chemistry of the plant cell wall. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 23, 113.
121. Panayotatos, N., Villemez, C.L., (1973). The formation of a β -(1 \rightarrow 4)-D-galactan chain catalyzed by a *Phaseolus aureus* enzyme. *Biochem. J.* 133, 263-271.
122. Parr, D.R., Edelman, J., (1975). Release of hydrolytic enzymes from the cell walls of an intact and disrupted carrot callus tissue. *Planta* 127, 111.
123. Pilnik, W., Voragen, A.G.J., (1970). Pectic substances and other uronides. In: Hulme. *The Biochemistry of fruits and their products.* Vol 1, p. 53.
124. Pressey, R., Allen, R.S., (1964). Paper chromatography of oligouronides. *J. Chromatog.* 16, 248.
125. Pressey, R., Hinton, D.M., Avants, J.K., (1971). Development of polygalacturonase activity and solubilization of pectin in peaches during ripening. *J. Food Science.* 36, 1070.
126. Pressey, R., Avants, J.K., (1973). Two forms of polygalacturonase in tomatoes. *Biochim. Biophys. Acta* 309, 363-369.
127. Pressey, R., Avants, J.K., (1973). Separation and characteri-

zation of endopolygalacturonase and exopolygalacturonase from peaches. *Plant Physiol.* 52,252-256.

128. Pressey, R., (1977). Enzymes involved in fruit softening. In: Ory, Angelo. *Enzymes in food and beverage processing*, ACS Symp. Series Am. Chem. Soc. Washington DC, 172.

129. Preston, R. D., (1974). The chemical components of cell wall. In: *The Physical biology of plant cell walls*, p. 32-67.

130. Rees, D. A., (1977). *Polysaccharide shapes*. Chapman and Hall.

131. Rees, D. A., Wight, N. J., (1969). Molecular cohesion in plant cell walls. Methylation analysis of pectic polysaccharides from the cotyledons of white mustard. *Biochem. J.* 115,431-439.

132. Rexová-Benková, L., Markovik, O., (1976). Pectic enzymes. *Adv. Carb. Chem. Biochem.* 33,323-385.

133. Ring, S. G., Selvendran, R. R., (1978). Purification and methylation analysis of cell wall material from *Solanum tuberosum*. *Phytochemistry* 17,745-752.

134. Sata, S., (1968). Enzymic maceration of plant tissue. *Physiol. Plant.* 21,1067.

135. Setterfield, G., Bayley, S. T., (1961). Structure and Physiology of cell walls. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 12,35-62.

136. Shewfelt, A. L., Paynter, V. A., Jen, J. J., (1971). Textural changes and molecular characteristics of pectic constituents in ripening peaches. *J. Food Science* 36,573-575.

137. Smith, M. A., (1981). Characterization of carrot cell wall protein I. Effect of α, α' -dipyridyl on cell wall protein synthesis and secretion in incubated carrot discs. *Plant Physiol.* 68,956-963.

138. Smith, M. A., (1981). Characterization of carrot cell wall protein II. Immunological study of cell wall protein. *Plant Physiol.* 68,964-968.

139. Solomos, T., Laties, G. G., (1973). Cellular organization and fruit ripening. *Nature* 245,390.

140. Stevens, B. J. H., Selvendran, R. R., (1984). Pectic polysaccharides of cabbage (*Brassica oleracea*). *Phytochemistry* 23,107.

141. Stenens, B. J. H., Selvendran, R. R., (1984). Hemicellulosic polymers of cabbage leaves. *Phytochemistry* 23,339.

142. Stoddard, R. W., Barrett, A. J., Northcote, D. H., (1967). Pectic polysaccharides of growing plant tissues. *Biochem. J.* 102, 194-204.

143. Strand,Rechtoris,Mussel,(1976).Polygalacturonases release cell wall-bound proteins. *Plant Physiol.* 58,722-725.
144. Strominger,Ghuysen,(1967).Mechanisms of enzymes in determination of wall structure and their role in cell metabolism. *Science* 156,213.
145. Talmadge,K.W.,Keegstra,K.,Bauer,W.D.,Albersheim,P.,(1973).The structure of plant cell walls I. The macromolecular components of the walls of suspension-cultured sycamore cells with a detailed analysis of the pectic polysaccharides. *Plant Physiol.* 51,158-173.
146. Updegraff,D.M.,(1969).Semimicro determination of cellulose in biological materials.*Anal.Biochem.* 32,420-424.
147. Valent,B.S.,Albersheim,P.,(1974).The structure of plant cell walls V. On the binding of xyloglucan to cellulose fibers. *Plant Physiol.* 54,105-108.
148. Waldron,Brett,(1983).A glucuronyltransferase involved in glucuronoxylan synthesis in pea (*Pisum sativum*) epicotyls. *Biochem.J.* 213,115.
149. Wallner,S.J.,Walker,J.E.,(1975). Glycosidases in cell wall degrading extracts of ripening tomato fruits.*Plant Physiol.* 55,94-98.
150. Wallner,S.T.,Bloom,H.L.,(1977).Characteristics of tomato cell wall degradation in vitro. Implications for the study of fruit-softening enzymes.*Plant Physiol.* 60,207-210.
151. Weinstein,L.,Albersheim,P.,(1979).The structure of plant cell walls IX. Purification and partial characterization of a wall-degrading endoarabanase and an arabinosidase from *Bacillus subtilis*. *Plant Physiol.* 63,425-432.
152. Whistler,Bemiller,(1958).Alkaline degradation of polysaccharides.*Adv. Carbohyd. Chem.* 13,289.
153. Wilder,B.M.,Albersheim,P.,(1973).The structure of plant cell walls IV. A structural comparison of the wall hemicellulose of cell suspension cultures of sycamore and of "red Kidney" bean.*Plant Physiol.* 51,889-893.
154. Wiley,R.C.,(1977).Uses of endogenous enzymes in fruit and vegetable.In: Ory,Angelo.Enzymes in food and beverage processing,ACS Symp, Series Am. Chem. Soc. Washington DC.
155. Wood,P.G.,(1960).Pectic and cellulolytic enzymes in plant diseases. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 11,299.

156. Worth, H.J.G., (1967). The chemistry and biochemistry of pectic substances. *Chem. Rev.* 67, 465-473.
157. Yamaki, S., Matsuda, K., (1977). Changes in the activities of some wall-degrading enzymes during development and ripening of Japanese pear fruit. *Plant Cell Physiol.* 18, 81.
158. Zainon Mohd Ali, Brady C.J. (1982). Purification and characterization of the polygalacturonases of tomato fruits. *Aust. J. Plant Physiol.* 9, 155-169.
159. Zauberman, G., Schiffman-Nadel, M., (1972). Pectin methylesterase and polygalacturonase in Avocado fruit at various stages of development. *Plant Physiol.* 49, 864-865.
160. Albersheim, P., Darvill, A.G., (1985). Oligosaccharins. A new kind of plant hormone has been identified: cell-wall fragments that act as regulatory molecules. *Scientific American* 253(3), 44.