



Βιοχημεία Τροφίμων

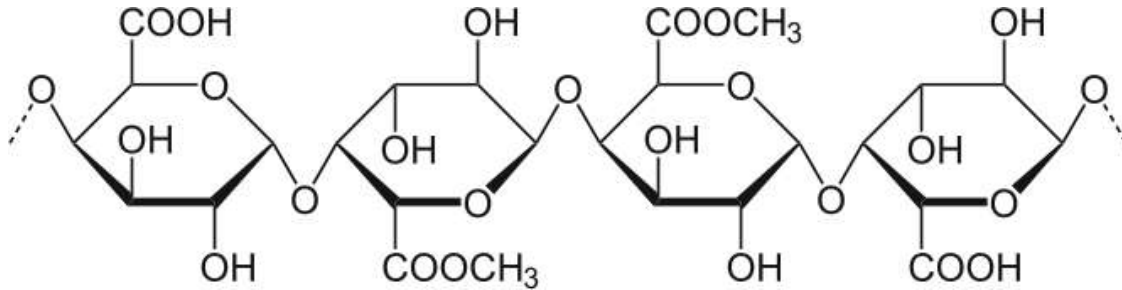
Πηκτινικές Ουσίες

Δομικά χαρακτηριστικά
Πολυπλοκότητα πηκτινικών αλυσίδων
Μηχανισμός σχηματισμού πηκτής
Κατηγορίες πηκτών
Ενζυμική τροποποίηση πηκτινών
Αλλαγές κατά την επεξεργασία/αποθήκευση τροφίμων
Πηκτίνες και υγεία

Πηκτίνες



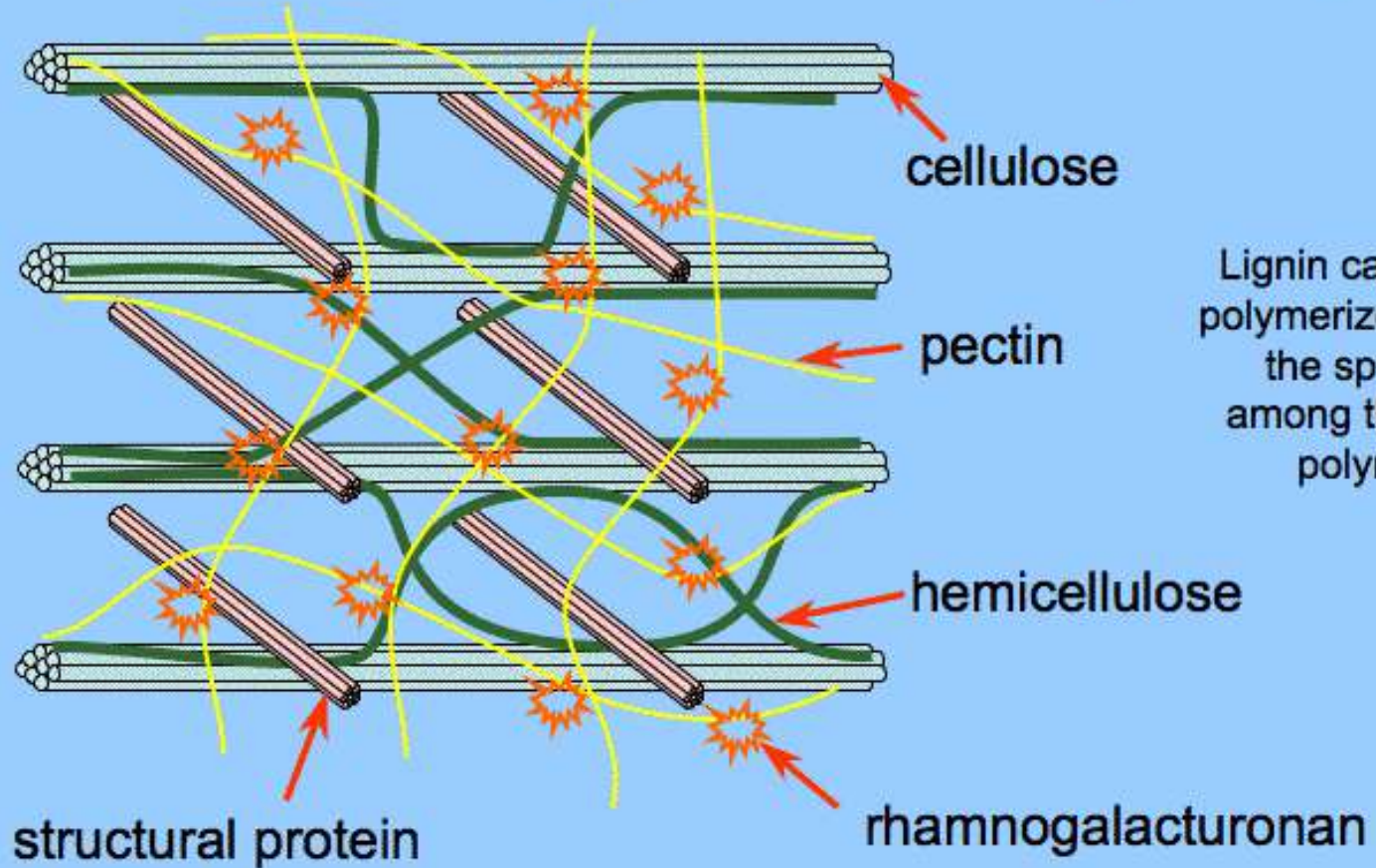
Πηκτίνες (pectins, pectic substances)



- Ετεροπολυσακχαρίτες (κυρίως) γαλακτουρονικού οξέος
- Ικανότητα να σχηματίζουν πηκτές/πηκτώματα
- Υδρόφιλα ιξώδη κολλοειδή που απορροφούν και συγκρατούν μεγάλες ποσότητες H₂O
- Φυσικό συστατικό φυτικών ιστών – δομικό συστατικό ενδιάμεσων μεμβρανών, παρούσες και στο πρωτογενές τοίχωμα
- Σημαντικός ρόλος στην υφή και την συνεκτικότητα φρούτων και λαχανικών
- Μεταβολές πηκτινικών ουσιών: μαλάκωμα της σάρκας φρούτων κατά την ωρίμανση, μεταβολές της θολερότητας πολτών και συμπυκνωμένων φρούτων
- Απώλεια της κολλοειδούς σταθερότητας σε χυμούς φρούτων
- Πρόσθετα τροφίμων – σχηματίζουν πηκτές και μεταβάλλουν τη ρευστότητα των προϊόντων

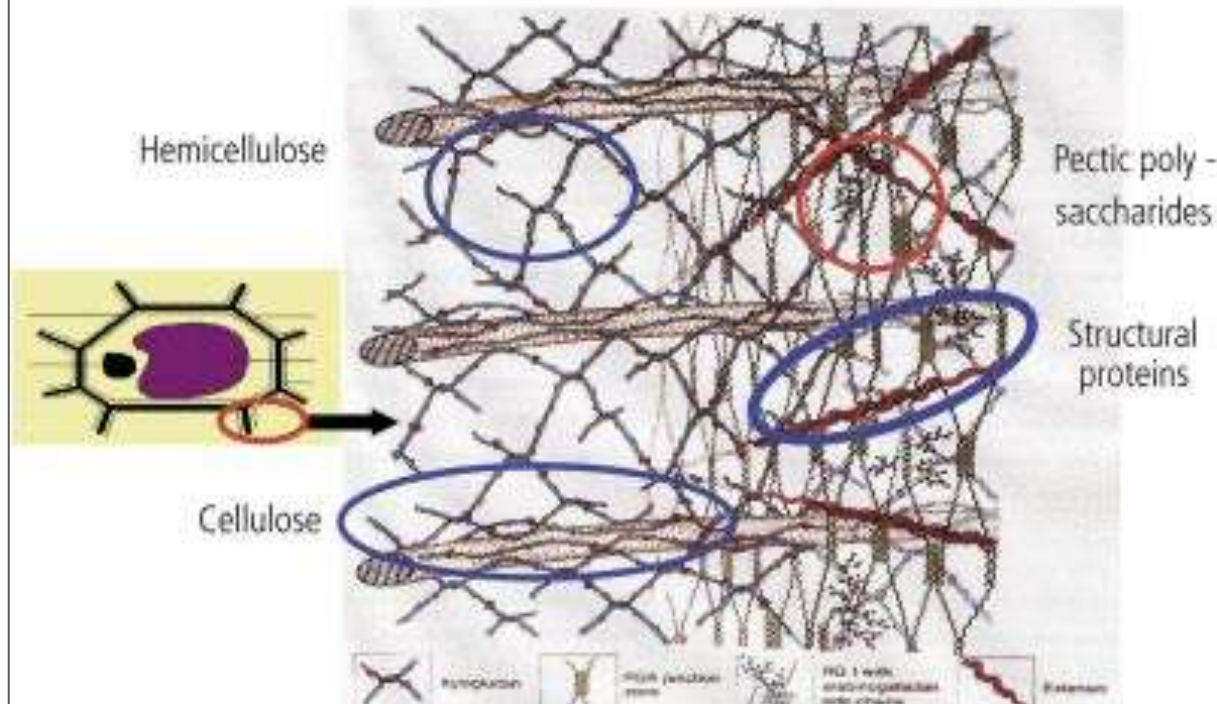
Primary Plant Cell Wall:

cross-linked polymers of various sugars and protein



Lignin can be polymerized in the spaces among these polymers

Grape primary cell wall



- Οι πηκτίνες είναι πολυσακχαρίτες του κυτταρικού τοιχώματος με δομική χρησιμότητα για τα φυτά.
- Στα φυτικά κύτταρα οι πηκτινικές ουσίες είναι σε μορφή **αδιάλυτη** στο νερό γνωστή ως **πρωτοπηκτίνη** και ενωμένη με την κυτταρίνη.

Σύγκριση αμυλοπηκτίνης και **πηκτίνης**

Τα φυτά αποθηκεύουν γλυκόζη

ως **αμυλόζη**

[πολυμερές γλυκόζης

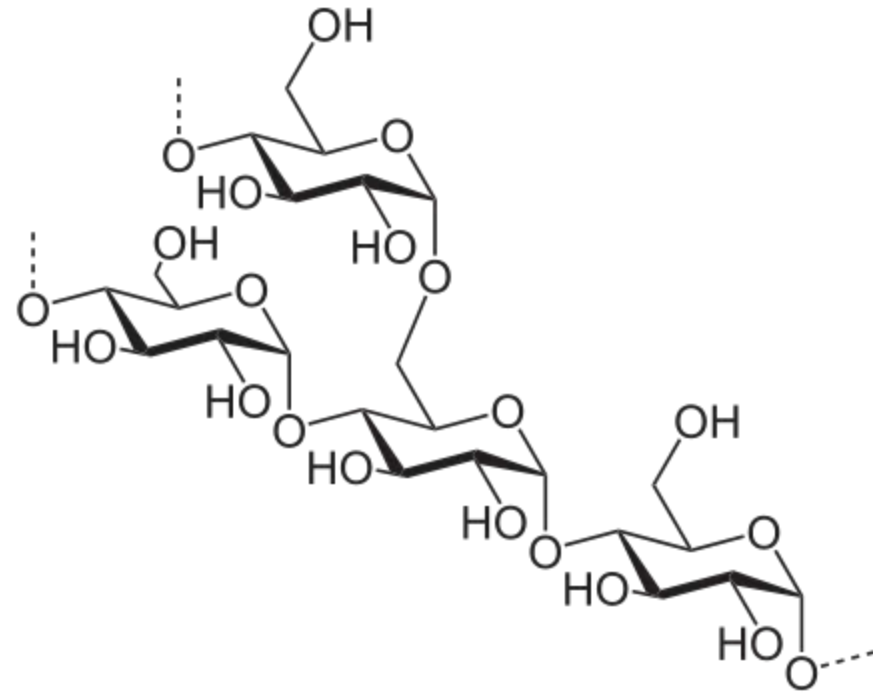
με **$\alpha(1\rightarrow4)$** δεσμούς] ή

αμυλοπηκτίνη

[πολυμερές γλυκόζης

με **$\alpha(1\rightarrow4)$** δεσμούς και διακλαδώσεις με **$\alpha(1\rightarrow6)$** δεσμούς].

Πηκτίνη: πολυμερές (κυρίως) γαλακτουρονικού οξέος [**$\alpha(1\rightarrow4)$** γαλακτουρονικοί δεσμοί].



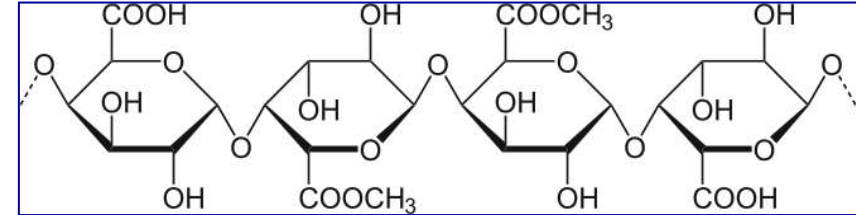
Τυπικά επίπεδα πηκτίνης σε φρούτα (νωπό βάρος %)

Μήλα	1-1.5
Βερίκοκα	1
Κεράσια	0.4
Πορτοκάλια	0.5-3.5
Καρότα	1.4
Φλούδες εσπεριδοειδών	30

- ❧ Οι βασικές πρώτες ύλες για την παραγωγή πηκτίνης είναι οι αποξηραμένες φλούδες εσπεριδοειδών και τα υποπροϊόντα παραγωγής χυμού από μήλα κι άλλα φρούτα

Χημική σύνθεση

- ↪ Κυρίως πολυμερή γαλακτουρονικού οξέος (~200 μονομερή)
- ↪ α-D-(1→4) γαλακτουρονικοί δεσμοί
- ↪ Εστεροποίηση προς μεθυλεστέρες σε διαφορετικό βαθμό (**DE**)



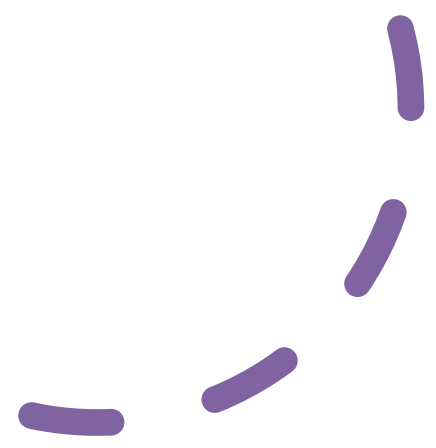
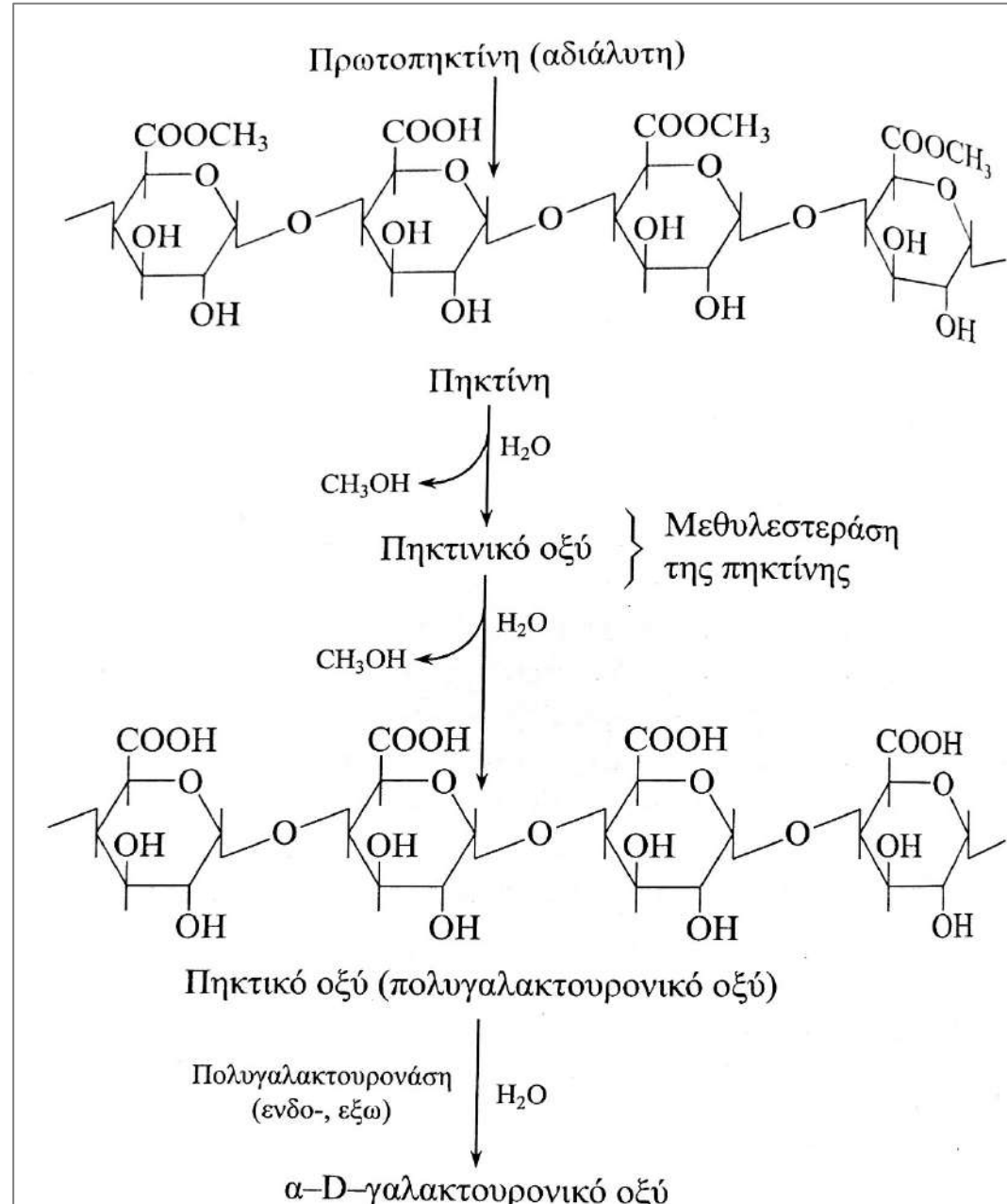
- ↪ Στα φυτικά κύτταρα οι πηκτινικές ουσίες είναι σε μορφή αδιάλυτη στο νερό γνωστή ως **πρωτοπηκτίνη** και ενωμένη με την κυτταρίνη
- ↪ Με περιορισμένη υδρόλυση της πρωτοπηκτίνης λαμβάνονται τα υδροδιαλυτά πηκτινικά οξέα



Πρωτοπηκτίνες > Πηκτινικά οξέα αδιάλυτα H₂O (HMP) > Πηκτινικά οξέα διαλυτά (LMP) > Πηκτινικά οξέα

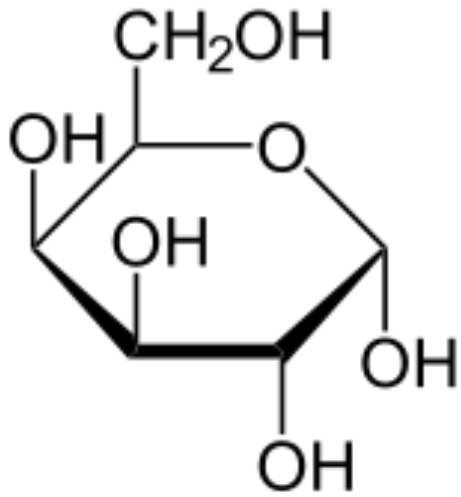
*βαθμός εστεροποίησης πηκτινικής ουσίας –
αριθμός μεθοξυλιωμένων καρβοξυλικών ομάδων*

Υδρολυτική διάσπαση πρωτοπηκτίνης – Φυτικά κύτταρα

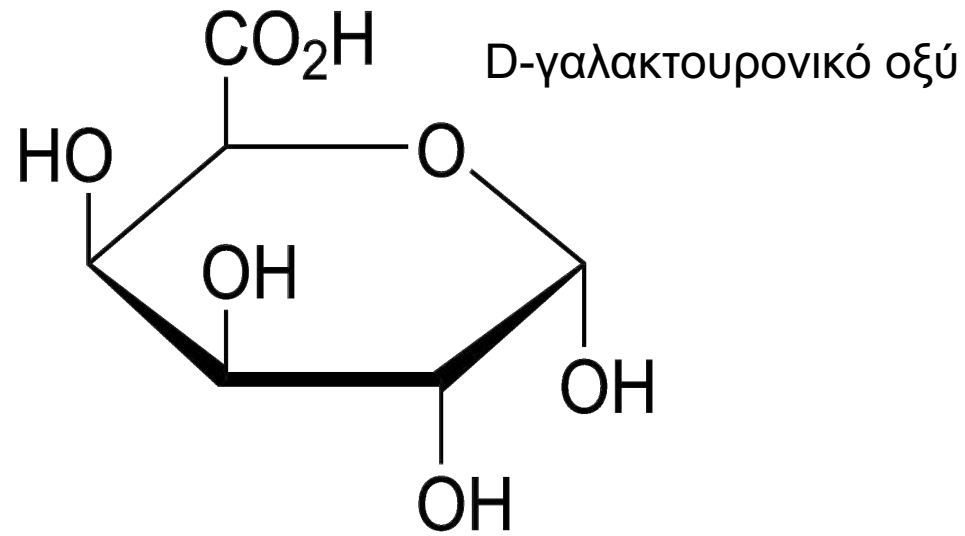


Δομικά στοιχεία πηκτινών

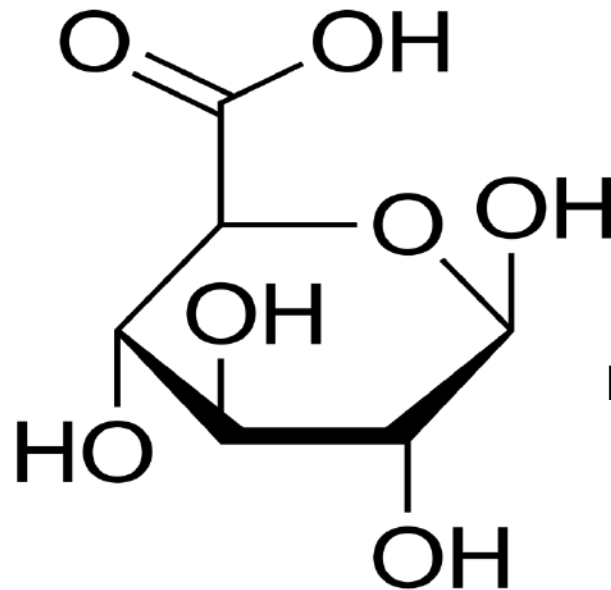




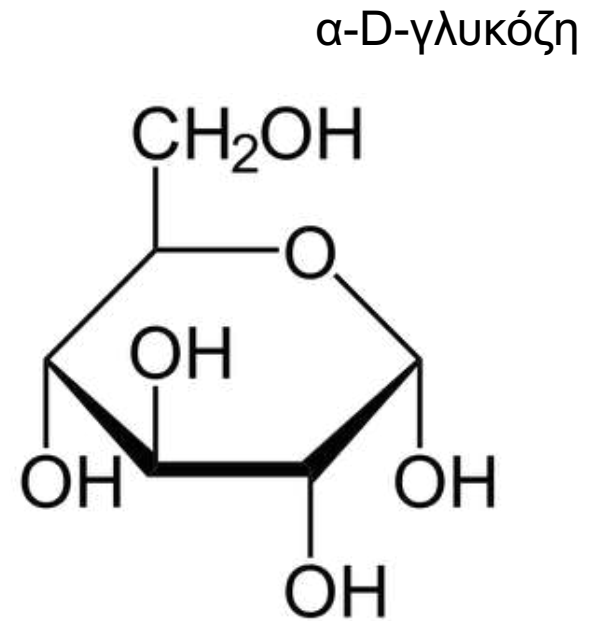
α-D-γαλακτόζη



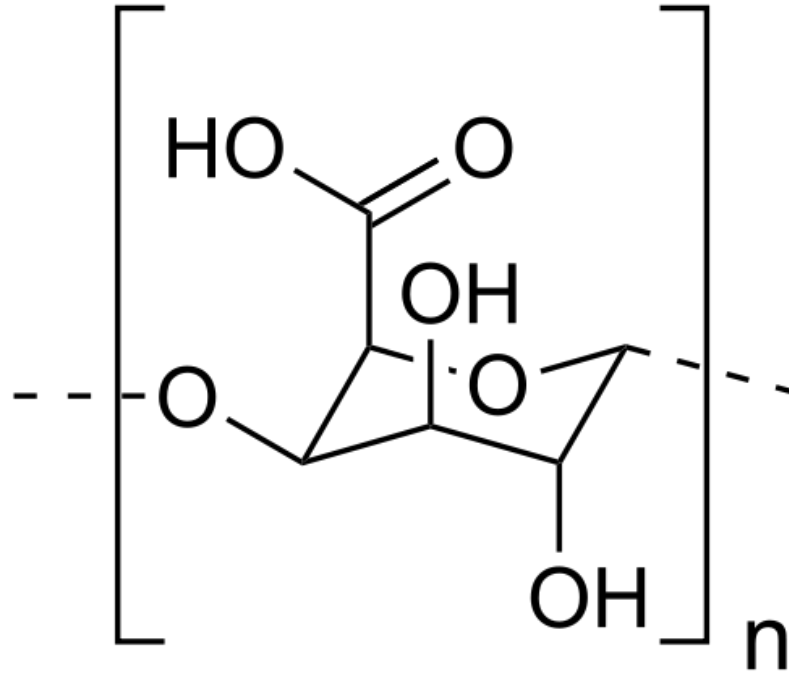
D-γαλακτουρονικό οξύ



D-γλυκουρονικό οξύ

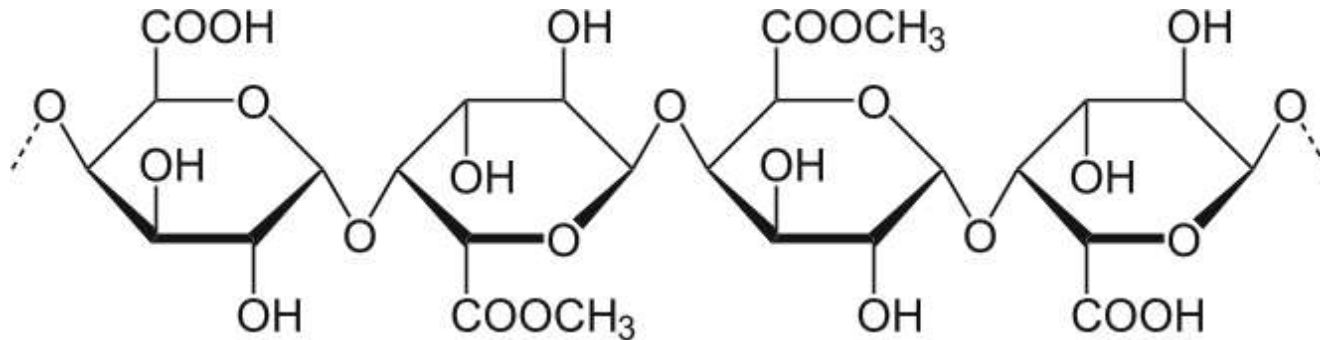


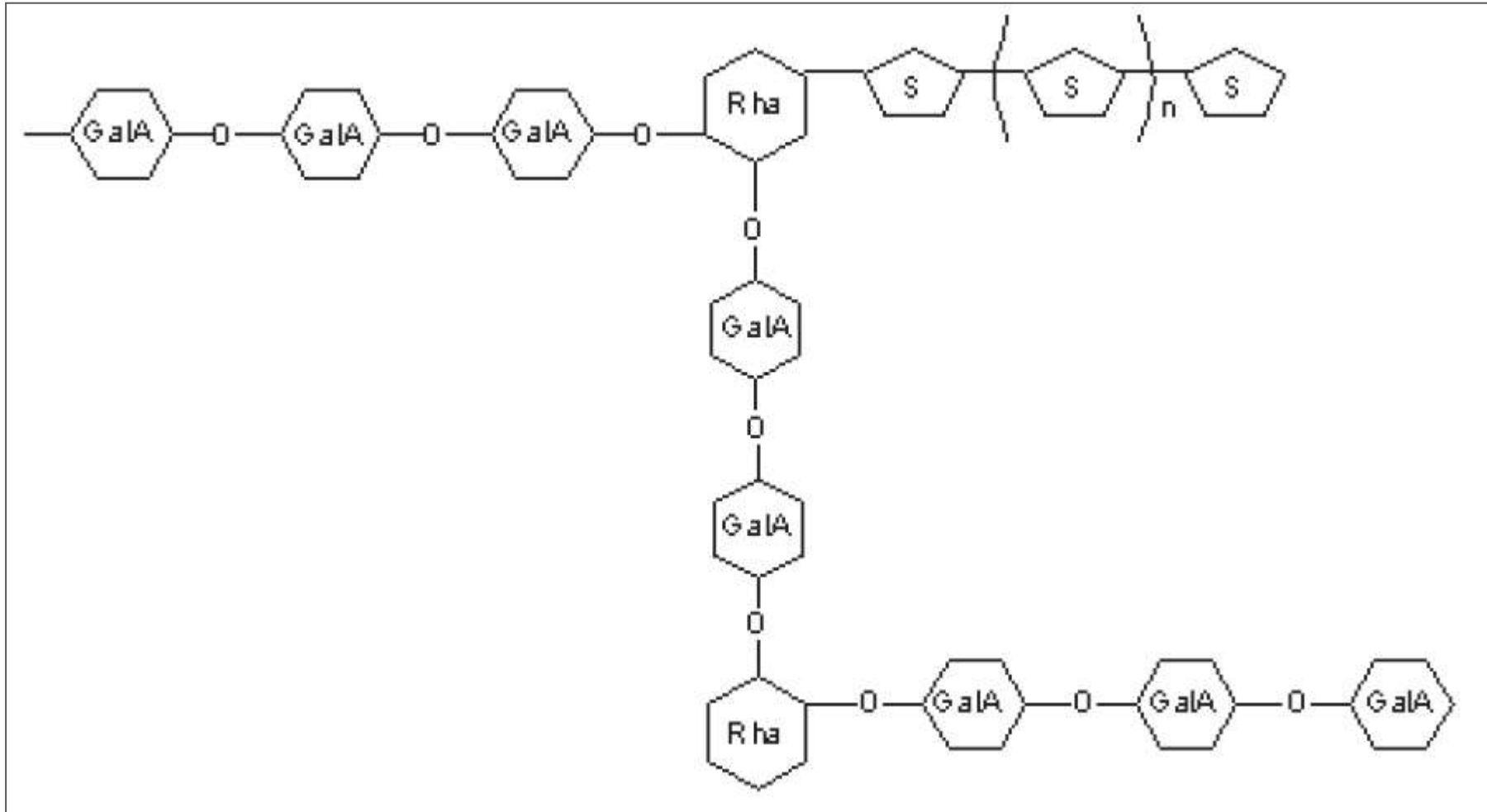
α-D-γλυκόζη



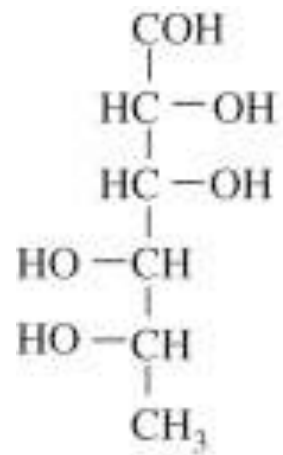
Πολυγαλακτουρονικό ή πηκτι(νι)κό οξύ

Πηκτίνη

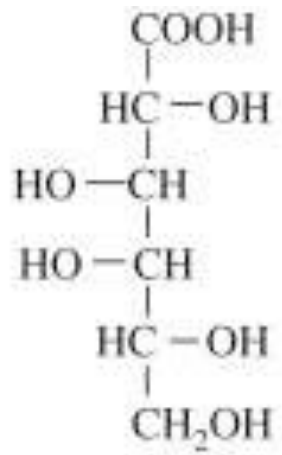




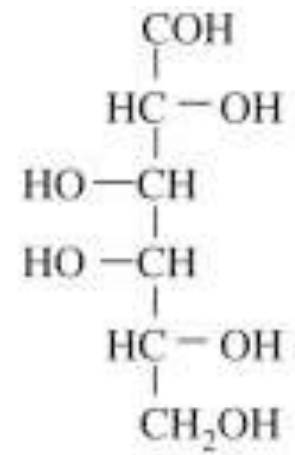
Η ραμνόζη (Rha) προκαλεί διακλαδώσεις της αλυσίδας του γαλακτουρονικού οξέως (GalA).
 S = ουδέτερα σάκχαρα. (Sriamornsak, 2002)



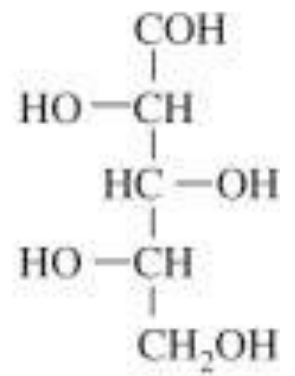
L-Rhamnose



D-Galacturonic acid

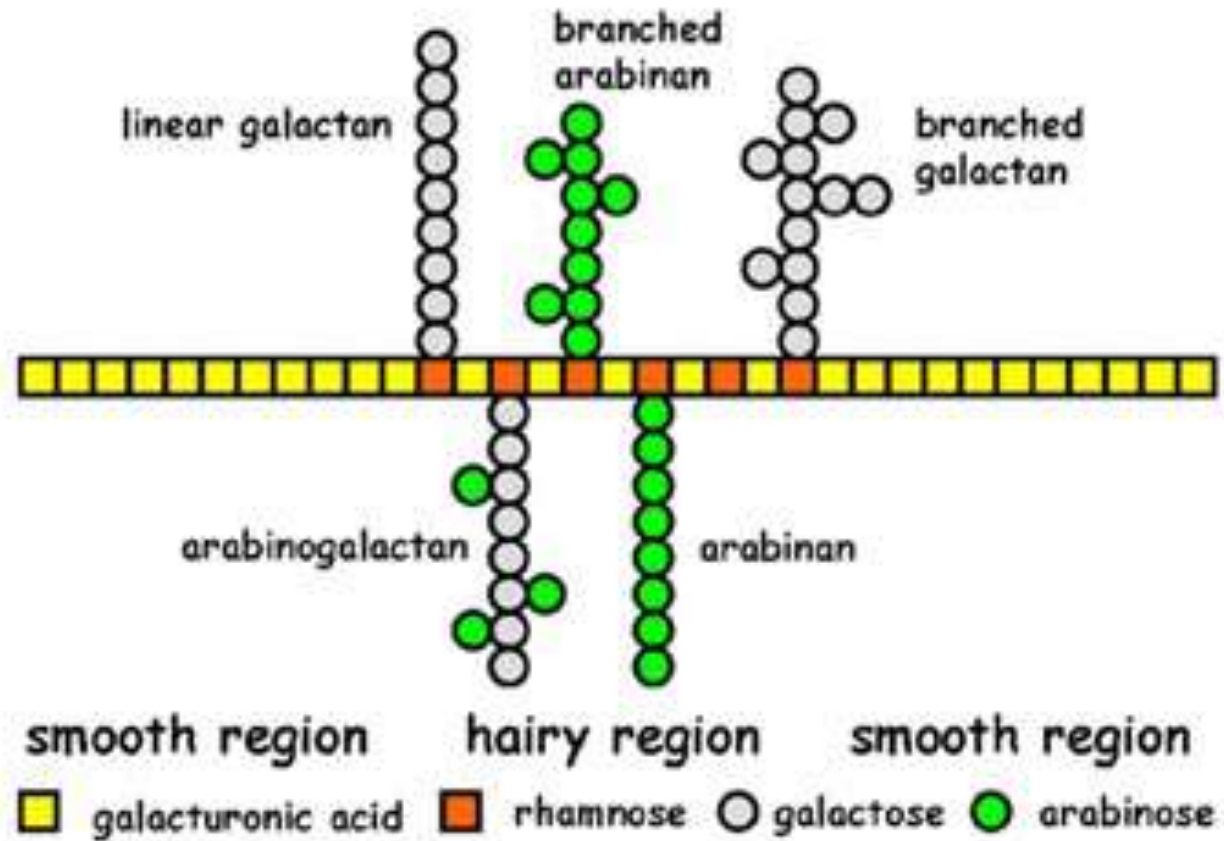


D-Galactose



L-Arabinose

Ποικιλία δομών πηκτινικών ουσιών



Σύνοψη δομικών χαρακτηριστικών πηκτινών

Πηκτίνες: ουσίες φυτικής προελεύσεως που περιέχουν πηκτινικό οξύ σαν κύριο συστατικό. Είναι ευδιάλυτες στο H_2O και μπορούν να κάνουν πηκτώματα κάτω από κατάλληλες συνθήκες.

Με βάση την ισοδομετρία το μέσο μοριακό τους βάρος κυμαίνεται μεταξύ 50.000 και 200.000Da. Τεχνικές που χρησιμοποιούν τη σκέδαση του φωτός έδειξαν ότι το μοριακό βάρος της πηκτίνης μπορεί να ξεπεράσει το 1.000.000Da.

Πηκτινικό οξύ: Πολυγαλακτουρονικό οξύ μερικώς εστεροποιημένο με μεθανόλη

Πηκτικό οξύ: Πολυγαλακτουρονικό οξύ με καθόλου ή ελάχιστο εστερικό περιεχόμενο (λιγότερο H_2O από το πηκτινικό οξύ, αλλά είναι πιο διαλυτό στο θερμό H_2O)

Κυρίως γραμμικά πολυμερή βασισμένα σε μια αλυσίδα αποτελούμενη από D-γαλακτουρονικά οξέα συνδεδεμένα μεταξύ τους με $\alpha(1 \rightarrow 4)$ γλυκοζιτικούς δεσμούς.

Η αλυσίδα διακόπτεται σε τυχαία μέρη από $\alpha(1 \rightarrow 2)$ δεσμούς με L-ραμνόζη.

Το πολυγαλακτουρονικό οξύ είναι μερικώς εστεροποιημένο με μεθυλομάδες, ενώ το ελεύθερο οξύ μπορεί να εξουδετερώνεται από μονοσθενή κατιόντα (Na^+ , K^+ , NH_4^+).

Ικανότητα σχηματισμού πηκτής

- ↪ Παρουσία αφυδατωτικών ουσιών (αλκοόλη, ακετόνη) – κατάλληλου pH
- ↪ Παρασκευή γλυκισμάτων & ζελέδων: αφυδατωτικό= ζάχαρη
- ↪ Κατάλληλη αναλογία πηκτίνης-ζάχαρης-οξέος
- ↪ Παράγοντες που επηρεάζουν το σχηματισμό πηκτής



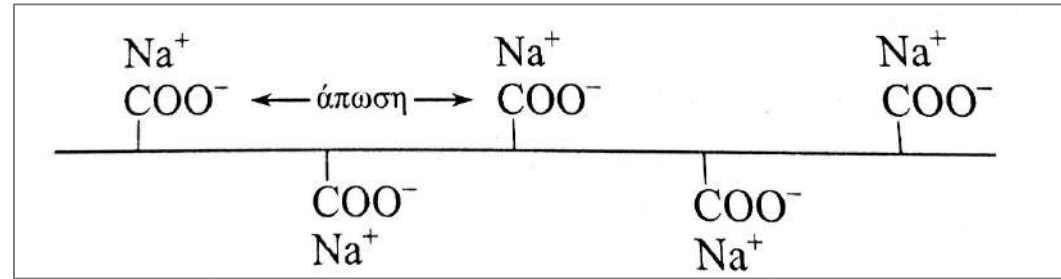
- ✓ pH αυστηρά καθορισμένο (3.1-3.5)
- ✓ Αριθμός μεθοξυλομάδων (DE>50% / DE<50%)
- ✓ Αναλογία με μοριακό βάρος (μήλα, κυδώνια, φράουλες)

- ↪ Χαρακτηρισμός εμπορικών παρασκευασμάτων: α. πηκτινικός βαθμός – β. ταχύτητα πήξεως

DE>50% / pH 3.2-3.5 / ζάχαρη 65-70% / πηκτίνη 0.2-1% - ψύξη

DE 10-20% (Ca²⁺) / pH 2.2-6.5 / χωρίς ζάχαρη / πηκτίνη 0.2-1%

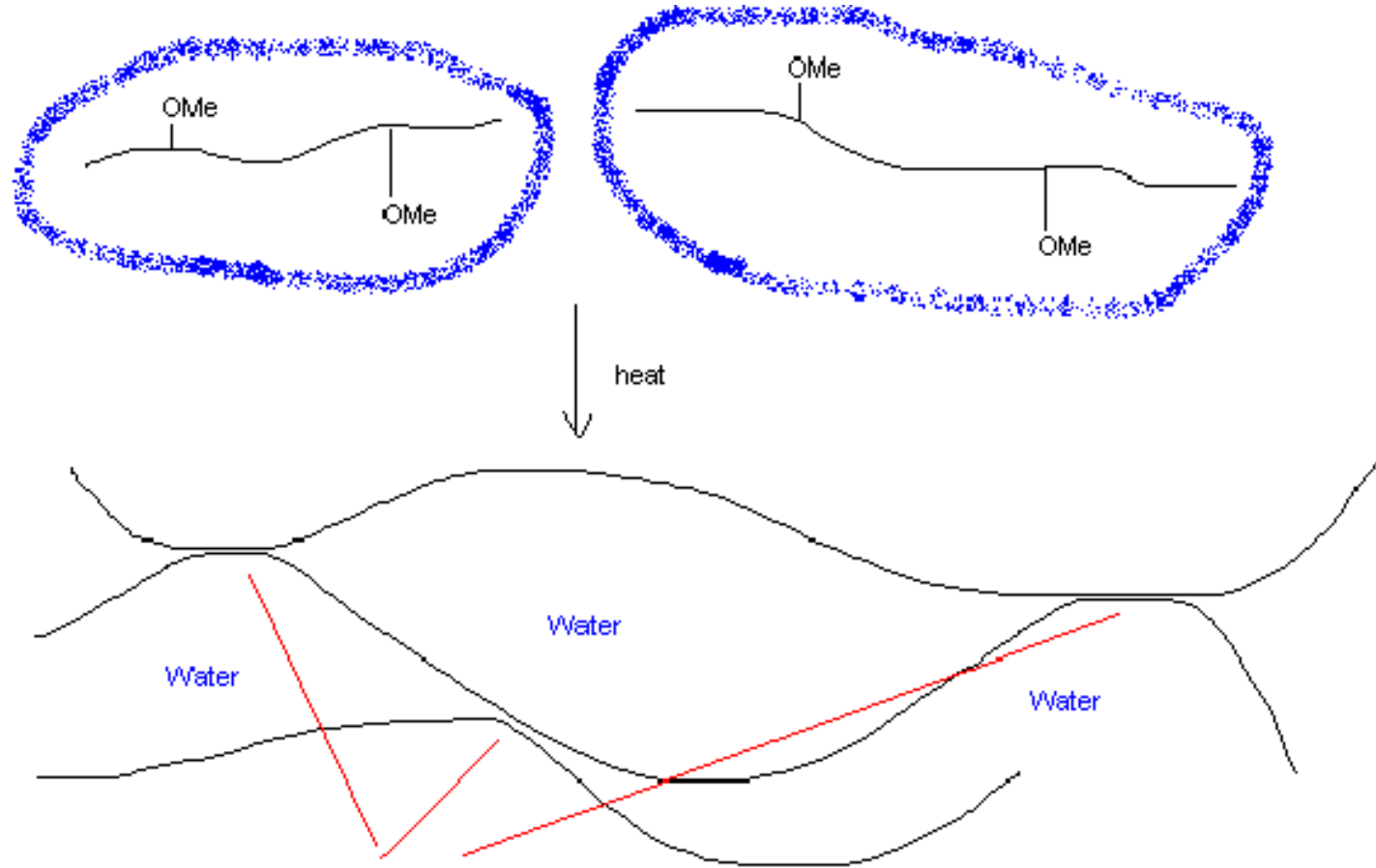
Μηχανισμός σχηματισμού πηκτής



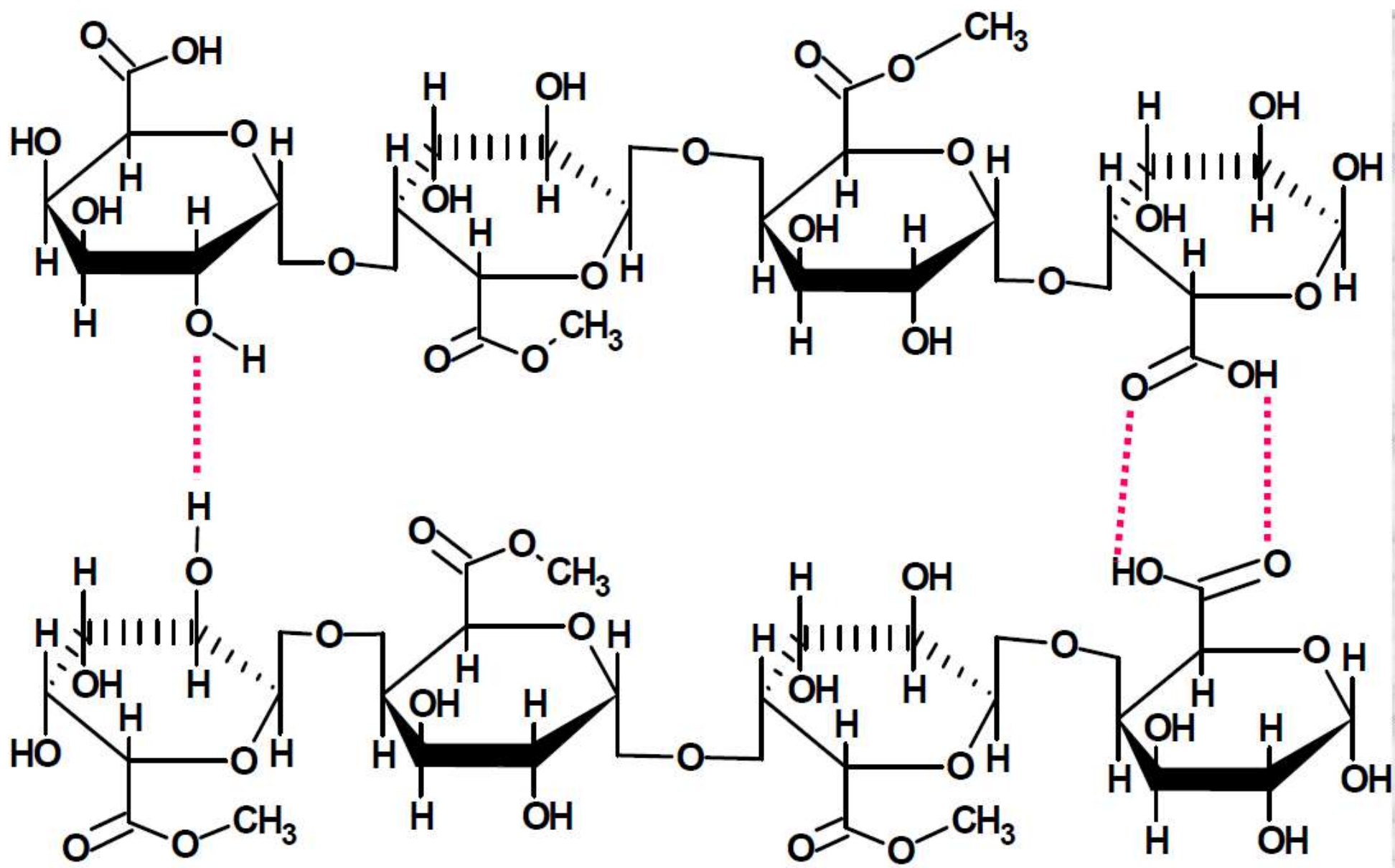
- Η πηκτίνη δημιουργεί μία δομή και ένα είδος ακαμψίας σε πηκτώματα και μαρμελάδες δημιουργώντας ένα δίκτυο που κατακρατεί νερό στο χυμό του συντεθλιμένου φρούτου.
- Πριν δημιουργηθεί το πήκτωμα, ανεξάρτητα μόρια πηκτίνης είναι **αποκλεισμένα** το ένα από το άλλο καθώς περιβάλλονται από μόρια νερού. Αν το περιβάλλον διάλυμα είναι αρκετά **όξινο**, ο δεσμός ανάμεσα στα μόρια νερού και πηκτίνης εξασθενεί.
- Η περαιτέρω απομάκρυνση του νερού επιτελείται με την προσθήκη ζάχαρης. Μετά την **απομάκρυνση του νερού** τα μόρια πηκτίνης συνδέονται το ένα με το άλλο και δημιουργούν ένα τρισδιάστατο δίκτυο. Το δίκτυο αυτό δίνει τις ιδιότητες ακαμψίας και ιξώδους στο τελικό προϊόν.

Η στερεοποίηση απαιτεί το σχηματισμό 3D δομής της αλυσίδας – δέσμευση μεγάλων ποσοτήτων νερού στο πλέγμα που σχηματίζεται – **δεσμοί H**

Απομάκρυνση νερού από πηκτινικά μυκήλια με θέρμανση



Hydrophobic interactions are favored at higher temperatures, thus forming junction zones, which produces a gel



Δεσμοί υδρογόνου μεταξύ πηκτινικών αλυσίδων

Παράγοντες που επηρεάζουν το σχηματισμό πηκτής

1. pH
2. Αριθμός μεθοξυλομάδων
3. Μοριακό βάρος
4. Ιόντα
5. Θέρμανση



Επίδραση pH

Σε *υψηλό pH* το μόριο φορτίζεται αρνητικά, αύξηση του ιξώδους, αλλά δεν σχηματίζεται συνεκτική δομή, διότι δεν σχηματίζεται τρισδιάστατη δομή που να δεσμεύει ποσότητα υγρού.

Σε *ουδέτερο pH* οι δεσμοί H δεν σχηματίζονται διότι υπάρχει ισχυρή ενυδάτωση της πηκτίνης.

Αντιμετωπίζεται με τη *χρήση σακχάρων* που προκαλούν μερική αφυδάτωση της πηκτίνης [προσθήκη ζάχαρης (σορβιτόλης) στις μαρμελάδες].

Τα μόρια πηκτίνης απωθούνται ως μερικώς ιονισμένοι πολύ-ηλεκτρολύτες.

Χρήση χαμηλού pH

Σε *χαμηλό pH* (2.8-3.6) γειτονικές αλυσίδες πολυγαλακτουρονικού οξέος μπορούν να σχηματίσουν δεσμούς H → αυξάνει η πηκτικότητα, σχηματισμός πηκτής
Ανάγκη για αυστηρά καθορισμένο pH. pH 3.46 εύθραυστη πηκτή. Μεγαλύτερη πηκτικότητα σε χαμηλότερο pH, αλλά με αποβολή νερού.

Αριθμός μεθοξυλομάδων

Ο βαθμός εστεροποίησης (βαθμός μεθοξυλίωσης, DE) επηρεάζει:

- Τη διαλυτότητα
- Την ικανότητα σχηματισμού πηκτής
- Τη θερμοκρασία σχηματισμού πηκτής

Ανάλογα με το βαθμό εστεροποίησης (>50 %) οι πηκτίνες διαιρούνται σε δύο κατηγορίες που σχηματίζουν πηκτές με διαφορετικούς μηχανισμούς.

⇒ >50 % (HMP)

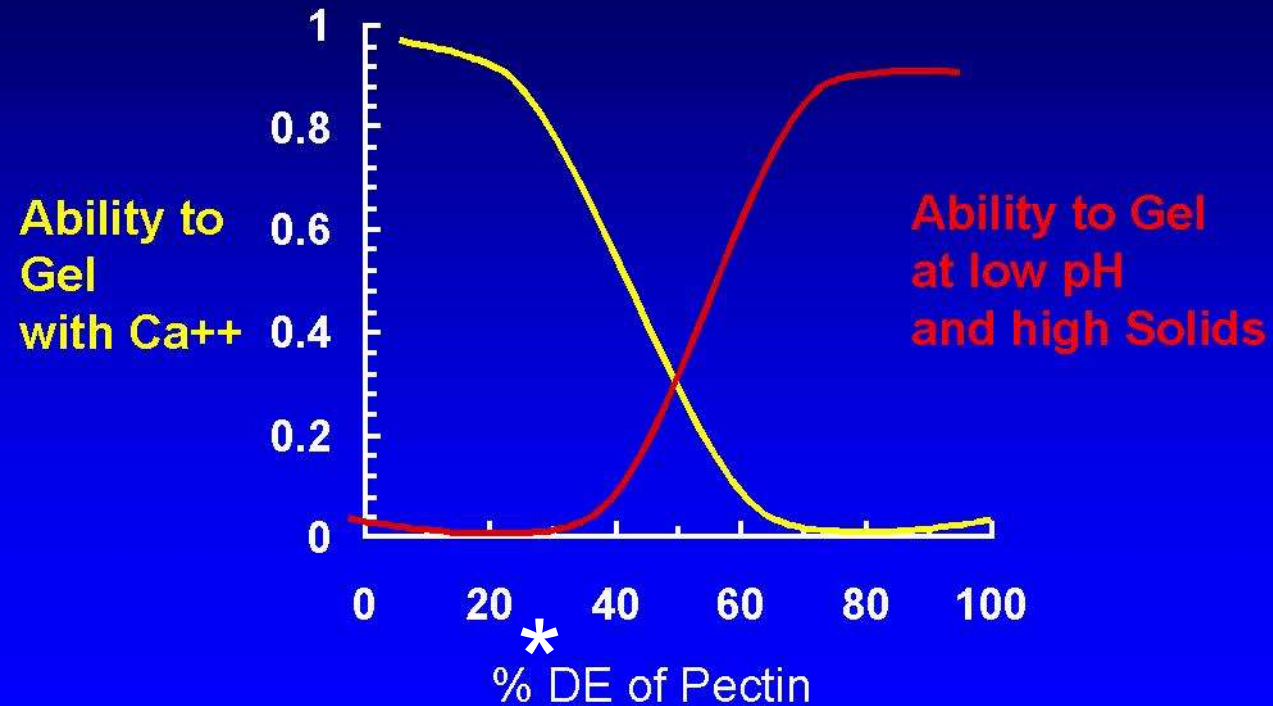
Οι πηκτίνες HM απαιτούν μία ελάχιστη ποσότητα διαλυτών στερεών (SS, πχ γλυκόζη, σουκρόζη) και ένα pH γύρω στο 3.0 (< 3.5) προκειμένου να δώσουν πηκτώματα.

⇒ <50 % (LMP)

Δίνουν αναστρεπτά θερμοεξαρτώμενες πηκτές παρουσία ιόντων ασβεστίου, σε χαμηλό pH (3 - 4.5) και δεν χρειάζονται ούτε οξέα ούτε σάκχαρα.

Πήξη πηκτινών

Gelation of Pectin: 2 ways



*DE: ποσοστό εστεροποίησης πηκτινών

Πηκτίνη *υψηλού* βαθμού μεθόξυ εστεροποίησης (HM)

HM Pectin - Conditions for Gelation

- ➔ pH = 3.5 or Lower
- ➔ (Range = 1.0 to 3.5)
- ➔ Soluble Solids = 55% or Higher
- ➔ (Range = 55% to 85%)
- ➔ Calcium is not normally a factor

Πηκτίνη χαμηλού βαθμού μεθόξυ εστεροποίησης (LM)

LM Pectin - Conditions for Gelation

- ➔ pH = 1.0 to 7.0 or Higher
- ➔ (pH affects Texture)
- ➔ Soluble Solids = 0% to 85%
- ➔ (S.S. affects Ca⁺⁺ required)
- ➔ Calcium = REQUIRED!!!

Μοριακό βάρος

Με σταθερά pH και βαθμό εστεροποίησης, η ικανότητα πήξης αυξάνει με το μοριακό βάρος.

Εμπορικές πηκτίνες, κατάταξη:

1. Πηκτινικός βαθμός

Τα μέρη της ζάχαρης που χρειάζονται για να παραχθεί πηκτή με καλή σύσταση από ένα μέρος πηκτινικής ουσίας σε καθορισμένο pH
pH 3,2-3,5 – ζάχαρη 65-70% – πηκτίνη 0,2-1,5%

2. Ταχύτητα πήξεως

Μεγάλη, μεσαία, χαμηλή

Ρόλος Ιόντων

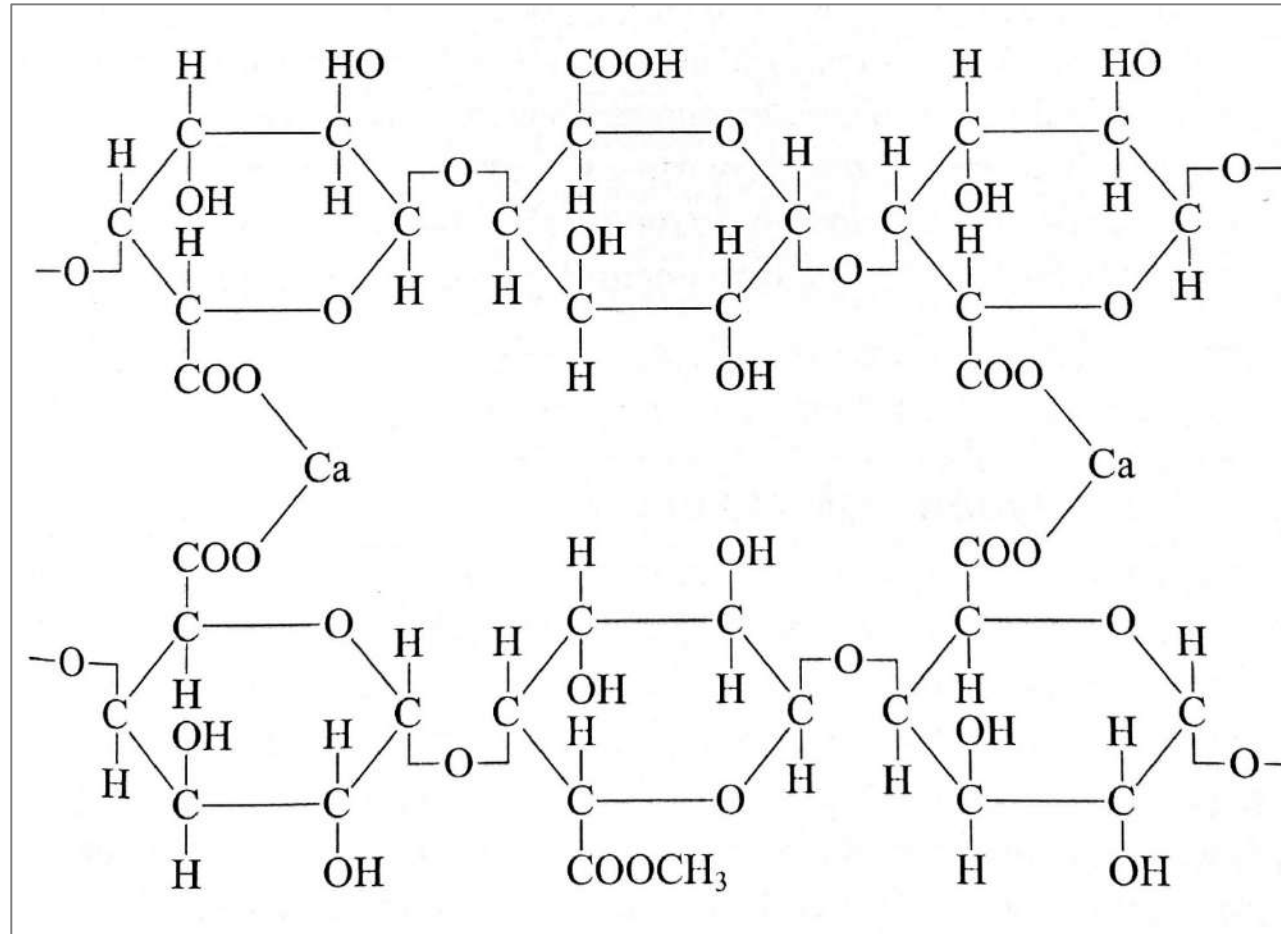
Προσθήκη μονοσθενών κατιόντων προκαλεί μείωση του ιξώδους

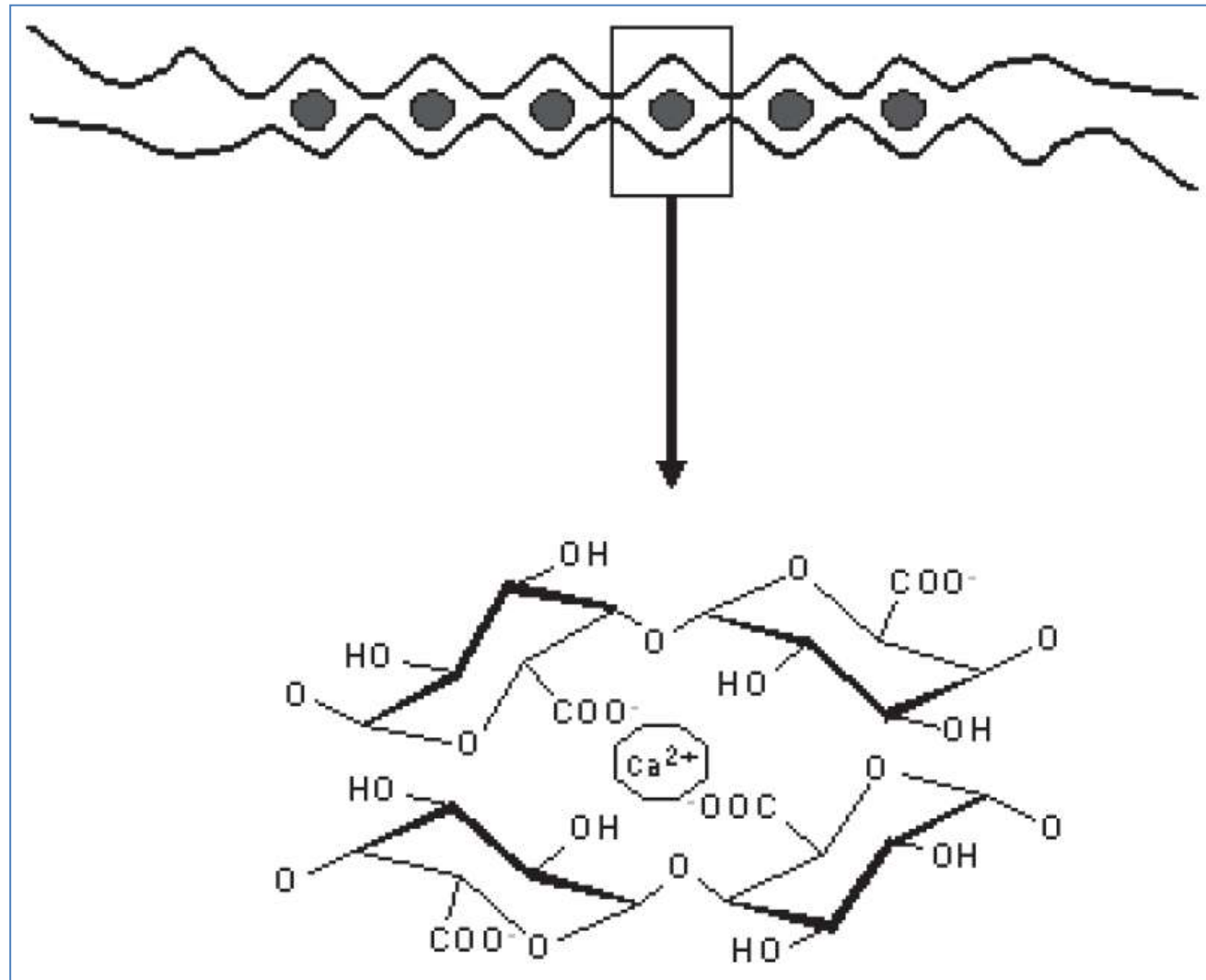
Προκαλείται εξουδετέρωση των αρνητικών φορτίων των καρβοξυλικών ομάδων των οποίων οι απωστικές δυνάμεις προκαλούν την ακαμψία του μορίου. Η μείωση του ιξώδους είναι πιο έντονη όταν η εστεροποίηση είναι ελαττωμένη.

Όταν ο βαθμός μεθοξυλίωσης είναι χαμηλός, *ιόντα ασβεστίου* μπορούν να προκαλέσουν το σχηματισμό πηκτής. Η δομή αυτή είναι σταθερότερη από το συνδυασμό χαμηλού pH και σακχάρων και χρησιμοποιείται για παρασκευή γλυκισμάτων διαίτης.

Ο βαθμός εστεροποίησης μπορεί να ελαττωθεί με τη χρήση πηκτινικής μεθυλεστεράσης. Το αποτέλεσμα είναι υψηλότερο ιξώδες και στερεότερα πηκτώματα παρουσία ιόντων Ca^{2+} .

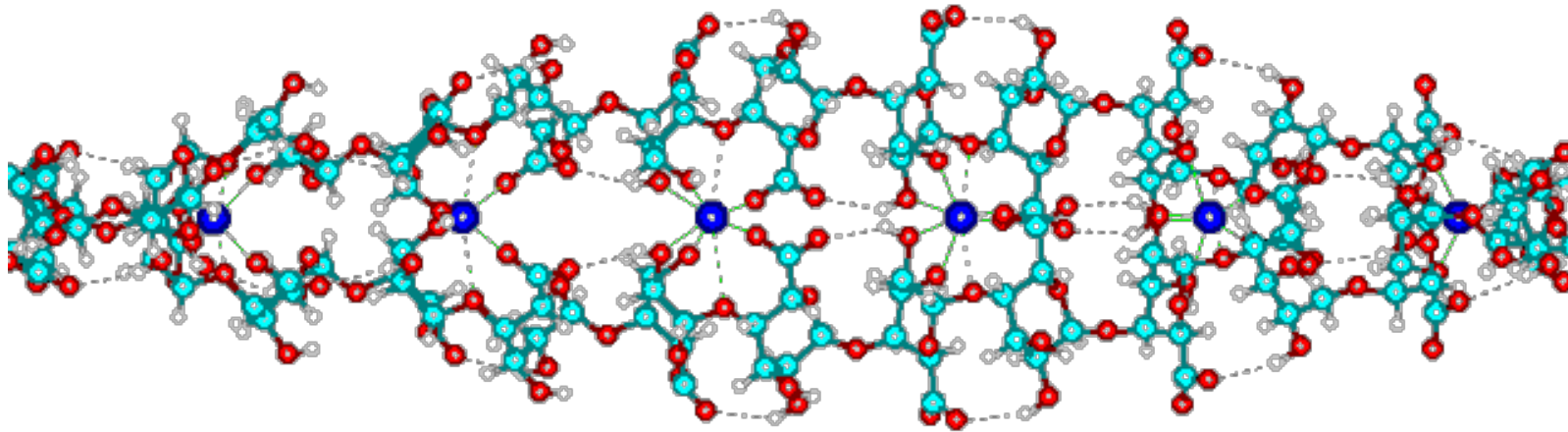
Σχηματισμός πηκτής παρουσία Ca^{2+}





Δέσμευση ασβεστίου σε πολυγαλακτουρονικό οξύ

Διμερές φωλιάς δέσμευσης ασβεστίου και κοιλότητα φωλιάς
(Axelos & Thibault, 1991)



Κρυσταλλική δομή πηκτινών με ενσωματωμένα ιόντα ασβεστίου

<http://www1.lsbu.ac.uk/water/alginate.html>

Κατηγορίες πηκτών – Ανακεφαλαίωση

1. Πλήρως μεθοξυλιωμένο γαλακτουρονικό οξύ

Η πήξη συντελείται μόνο με την αφυδατωτική επίδραση ζάχαρης, το pH δεν έχει επίδραση.

2. Πηκτίνες με γρήγορη πήξη

Βαθμός μεθοξυλίωσης υψηλότερο από 70%.

Πηκτές με προσθήκη οξέος (άριστο pH 3.0-3.4), ζάχαρη και υψηλές θερμοκρασίες.

Η συνεκτικότητα εξαρτάται περισσότερο από το μοριακό βάρος (πιο συνεκτικές πηκτές) και λιγότερο από το βαθμό μεθοξυλίωσης.

3. Πηκτίνες με χαμηλή ταχύτητα πήξης

Βαθμός μεθοξυλίωσης 50-70%.

Σχηματίζουν πηκτές με προσθήκη ζάχαρης και οξέος (pH 2.8-3.4). Χαμηλές θερμοκρασίες

4. Πηκτίνες με χαμηλό βαθμό μεθοξυλίωσης < 50%

Σχηματίζουν πηκτές χωρίς ζάχαρη ή οξύ, αλλά παρουσία Ca^{2+} ή άλλων πολυδύναμων κατιόντων.

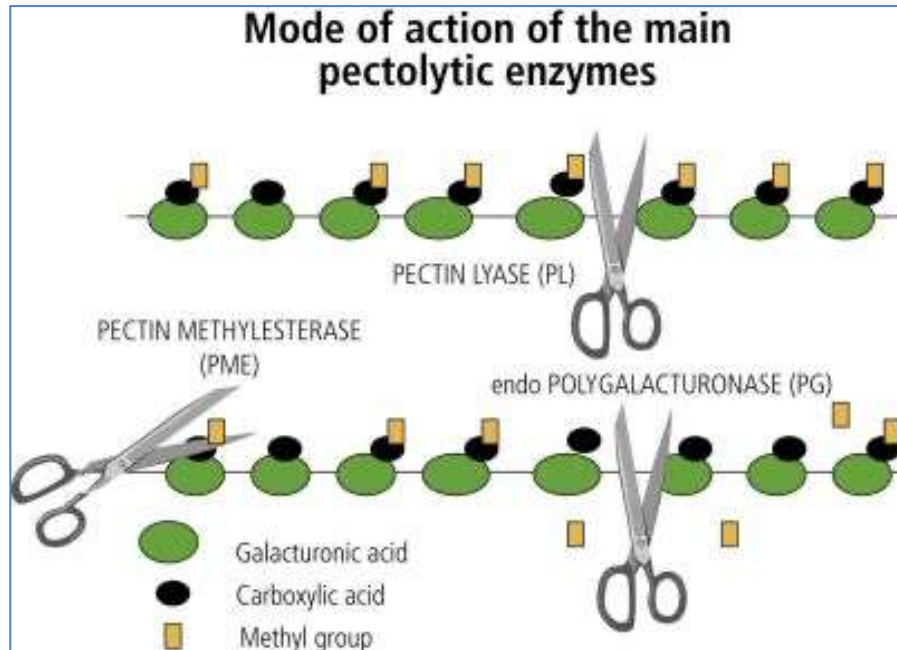
Η ποσότητα της πηκτίνης για σχηματισμό τέτοιων πηκτών μειώνεται με τον αριθμό μεθοξυλίωσης.

Η συνεκτικότητα εξαρτάται ισχυρά από τον βαθμό εστεροποίησης και επηρεάζεται λίγο από το μοριακό βάρος των πηκτινών.

Επίδραση ενζύμων στις πηκτίνες



Τροποποιήσεις πηκτινών



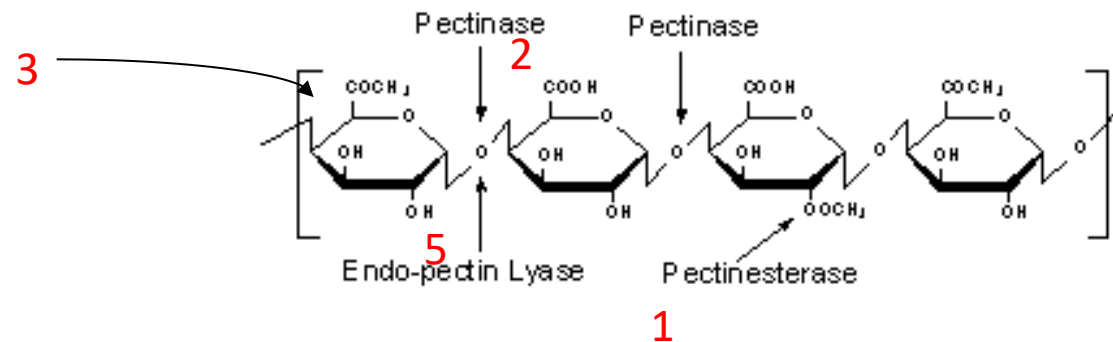
Πηκτινική λυάση
Ενδο-πολυγαλακτουρονάση
Μεθυλεστεράση πηκτίνης

Η ενδογενής ενεργότητα **πηκτινεστεράσης** του φυτικού τοιχώματος προκαλεί δύο εκ διαμέτρου αντίθετα αποτελέσματα:

1. Το πρώτο είναι η ισχυροποίηση της ακαμψίας του λόγω της εμφάνισης νέων καρβοξυλομάδων που μπορούν πλέον να αλληλεπιδρούν με ιόντα ασβεστίου και να δημιουργήσουν αδιάλυτο πήκτωμα.
2. Ωστόσο, η ελευθέρωση πρωτονίων από τις καρβοξυλομάδες μπορεί να ενεργοποιήσει τις **υδρολάσες** του τοιχώματος με τελικό αποτέλεσμα την χαλάρωση του τοιχώματος.

Homogalacturonan

Poly- α -(1-4)-D-galacturonic acid backbone with random β -partial methylation and acetylation

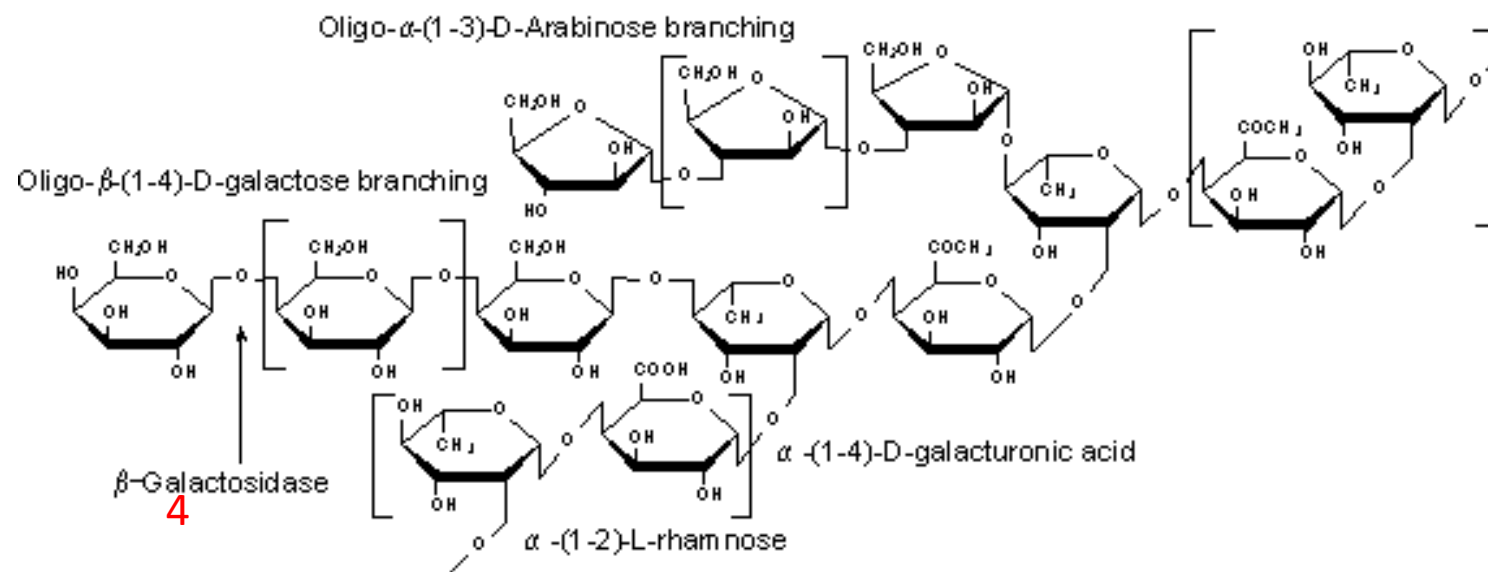


Ενεργότητες:

1. Πηκτινестεράσης
2. Ενδοπολυγαλακτουρονάσης (πηκτινάσης)
3. Μεθυλεστεράσης πηκτίνης
4. β -γαλακτοζιδάσης
5. Πηκτινική λυάση

Rhamnogalacturonan I

Alternating α -(1-2)-L-rhamnosyl- α -(1-4)-D-galacturonosyl backbone with two types of branching composed of arabinofuranose or galactose oligomers



Εφαρμογές Χρήσης πηκτινών

Οι πηκτίνες (υδροκολλοειδή) γενικά χρησιμοποιούνται κυρίως για το σχηματισμό πηκτών, ως πυκνωτικά, δεσμευτές νερού και σταθεροποιητές (πρόσθετα που διατηρούν τη δομή των τροφίμων).

Περιγράφονται:

- 1. Σχηματισμός πηκτών**
- 2. Διαύγηση θολών χυμών**
- 3. Διατήρηση θολερότητας**
- 4. Σχηματισμός γαλακτωμάτων**

Σχηματισμός πηκτών

Πολύτιμο χημικό προσθετικό στη βιομηχανία μαρμελάδων, ζελέδων, πελτέδων κλπ.

Απαραίτητη η παρουσία *αφυδατικών* ουσιών (αλκοόλη, ακετόνη) και καταλλήλου pH.
Σε περίπτωση παρασκευής γλυκισμάτων και ζελέδων σαν αφυδατικό μέσο χρησιμοποιείται η ζάχαρη.

Διαύγηση θολών χυμών

Πρόβλημα στη βιομηχανία τροφίμων είναι επιθυμητή τόσο η διαύγηση (π.χ. διαφάνεια στα κρασιά, ο χυμός μήλων κλπ) όσο και η θολερότητα (χυμός εσπεριδοειδών, τοματοχυμός κλπ)

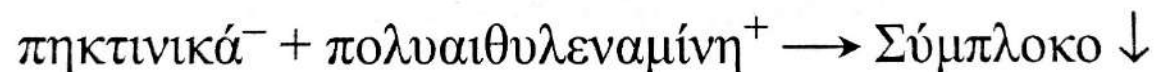
Και οι δύο ιδιότητες εξαρτώνται από τις *πηκτινικές ουσίες* και τα *πηκτολυτικά ένζυμα*

Καθαρισμός χυμών

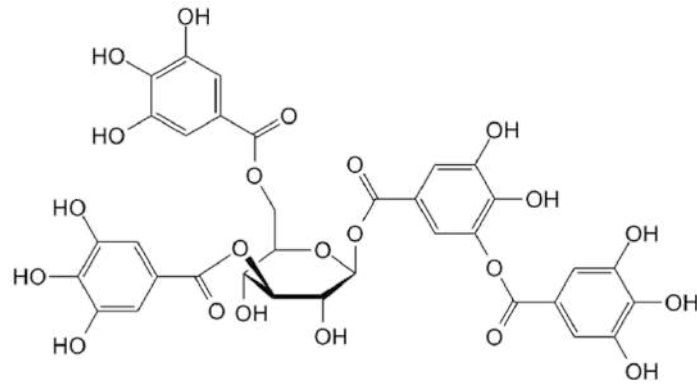
- Θολοί χυμοί: αιώρημα πολύ μικρών τεμαχιδίων (1μ.) σε ένα καθαρό μέσο (τον ορό)
- Η θολερότητα (νεφέλωμα) σταθεροποιείται και από το ηλεκτροστατικό φορτίο των τεμαχιδίων [π.χ. (-) στα εσπεριδοειδή] - προέρχεται από τις καρβοξυλικές ομάδες της πηκτίνης που βρίσκονται στην επιφάνεια των τεμαχιδίων → άπωση τεμαχιδίων, αιώρηση στο χυμό και νεφέλωμα

Η **διαύγηση** επιτυγχάνεται με 2 τρόπους:

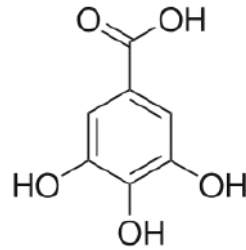
1. Προσθήκη κολλοειδούς με αντίθετο φορτίο (π.χ. *πολυαιθυλεναμίνη*) δημιουργεί αδιάλυτα σύμπλοκα που καθιζάνουν – εφαρμογή στη διαύγηση θολών χυμών και κρασιού



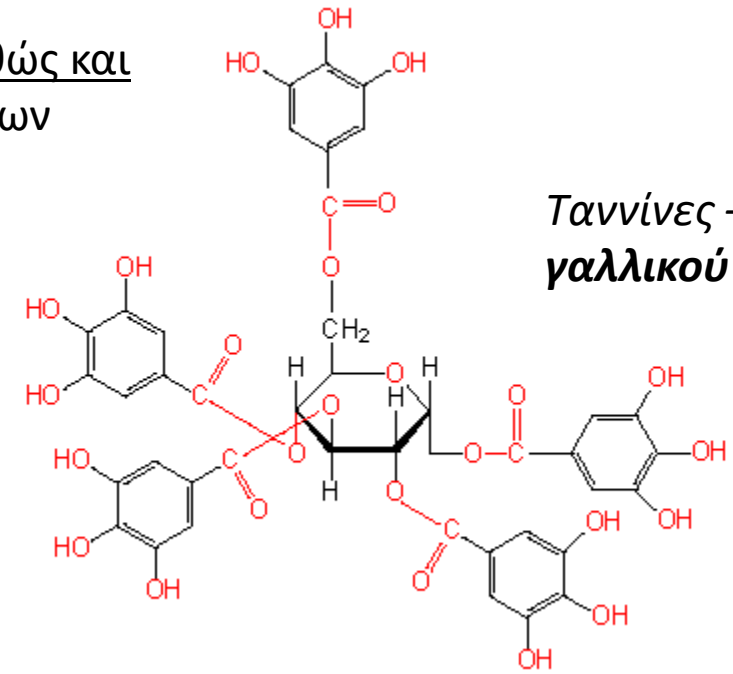
- ✓ Το ιζημα καθιζάνει γρήγορα και παρασύρει όλα τα αιωρούμενα υλικά καθώς και τις ταννίνες οι οποίες μπορούν να προσροφηθούν στην επιφάνεια μεγάλων μορίων αυτού του είδους.



ταννικό οξύ



γαλλικό οξύ



Ταννίνες – εστέρες
γαλλικού οξέος

2. Προσθήκη εμπορικών παρασκευασμάτων πηκτολυτικών ενζύμων που περιέχουν εστεράσες της πηκτίνης και πολυγαλακτουρονάσες από μύκητες.

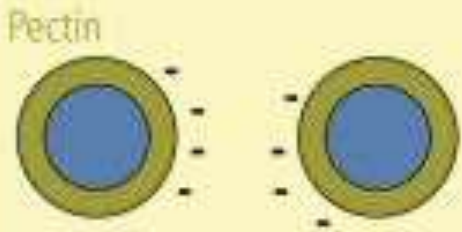


Pectinol

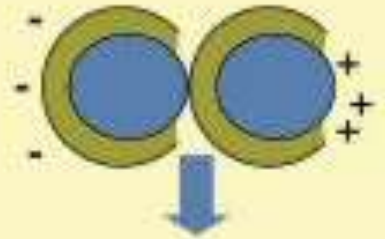
Θεωρητικός μηχανισμός: αποεστεροποίηση με εστεράσες, σχηματισμός αδιάλυτων πηκτινικών συμπλόκων παρουσία ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου, καταβύθιση των συμπλόκων που παρασύρουν όλα τα αιωρούμενα υλικά.

Mechanism of enzymatic settling

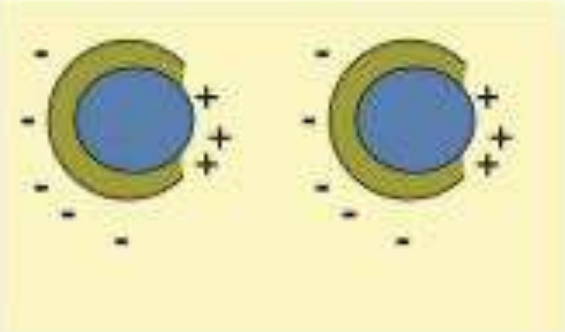
Particles in suspension



Floculation, settling



Positive charges



Pectinases action

Electrostatic neutralisation

Διατήρηση θολερότητας

Παρεμπόδιση, όσο είναι δυνατόν, της αποεστεροποίησης της πηκτίνης: αδρανοποίηση εστερασών πηκτίνης (απομεθυλίωση πηκτίνης → διαύγηση)

↳ Θέρμανση χυμών εσπεριδοειδών μετά την εκχύμωση → αδρανοποίηση εστερασών (απομεθυλίωση της πηκτίνης που οδηγεί στη διαύγηση)

Τοματοχυμός Ταχεία δράση πηκτολυτικών ενζύμων – καταστροφή κολλοειδούς δομής

↳ Θέρμανση πριν ή αμέσως μετά τη σύνθλιψη (*hot break*, 85-100°C)

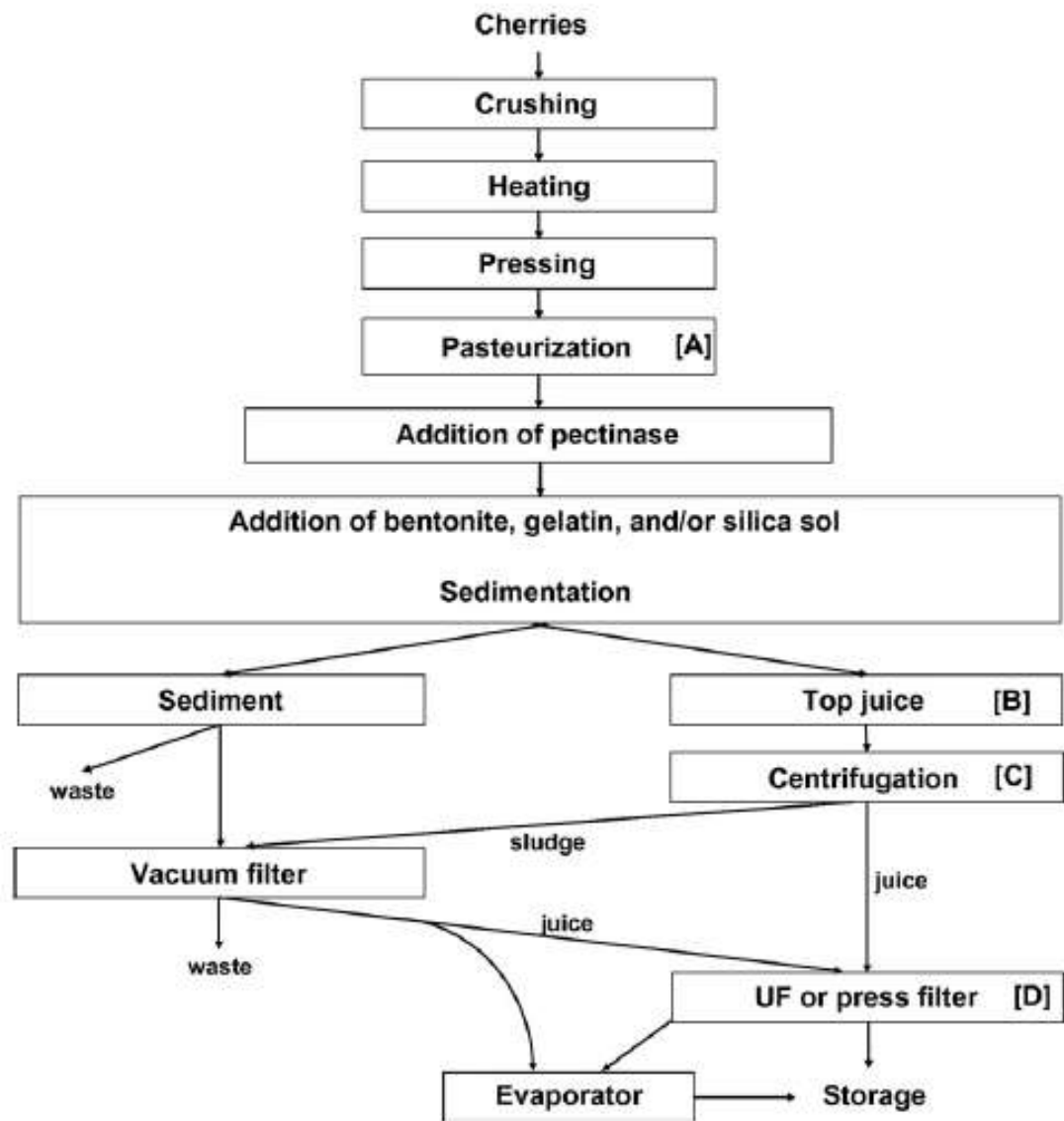


Fig. 1 – Typical flow chart for industrial cherry juice processing. Capital letters in square brackets indicate the process points from where samples were obtained for the present work (industrially clarified cherry juice).

Ρόλος πηκτινών στα τρόφιμα

- Σχηματισμός πηκτής

Μαρμελάδες, πελτέδες, κονσέρβες φρούτων

- Ενισχυτικό σταθερότητας μόνιμης θολερότητας

Προϊόντα φυσικών χυμών

- Αύξηση συνεκτικότητας – Χαμηλός βαθμός μεθοξυλίωσης

Κονσερβοποιημένα φρούτα (γκρέιπφρουτ, κεράσια, ροδάκινα) – προσθήκη πηκτινών στο σιρόπι

- Γαλακτωματοποιητές – Υψηλά ακετυλιωμένη πηκτίνη

Μαγιονέζα (με εδώδιμα έλαια σαλάτας πχ ελαιόλαδο), αρωματικές ουσίες (με αιθέρια έλαια), milk shakes (χυμοί φρούτων και γάλα, το γάλα δεν πήζει σε pH 3,0)

- Προστατευτικές μεμβράνες για την επικάλυψη τροφίμων

Κομμένα γκρέιπφρουτ (χαμηλό DE & CaCl₂)

- Μιμητές λίπους (υδροκολλοειδή/πολυσακχαρίτες)

Προϊόντα με μικρή περιεκτικότητα σε λίπος ή καθόλου λίπος – παρόμοιο ιξώδες, αίσθηση κρεμμώδους



Αλλαγές στην πηκτίνη κατά την επεξεργασία και διατήρηση προϊόντων φρούτων

Μεταβολές στην περιεκτικότητα και τη δομή της πηκτίνης.

Βαθμός εστεροποίησης, μοριακό βάρος και περιεχόμενα ουδέτερα σάκχαρα.

1. Κονσερβοποίηση

Πρωτοπηκτίνη: το αδιάλυτο συστατικό του ενδοκυτταρικού στρώματος των φρέσκων φρούτων. Η σταθερότητά της (καλή δομή του φρούτου) εξαρτάται από: τύπο, ωριμότητα, οξύτητα φρούτου, διάρκεια και θερμοκρασία επεξεργασίας, θερμοκρασία αποθήκευσης.

Οξύτητα φρούτου

Όξινα φρούτα παρουσιάζουν καλύτερη δομή κατά την κονσερβοποίηση. Επίσης προσθήκη κιτρικού οξέος και αλάτων ασβεστίου αυξάνουν τη συνεκτικότητα των κονσερβοποιημένων φρούτων.

2. Θέρμανση

Έντονη αποικοδόμηση πρωτοπηκτίνης παρατηρείται κατά την κονσερβοποίηση ανώριμων φρούτων εν θερμώ (βερίκοκα, ροδάκινα). Η συνεκτικότητα μπορεί να διατηρηθεί με προσθήκη αλάτων ασβεστίου.

Αλλαγές στην πηκτίνη κατά την επεξεργασία και διατήρηση προϊόντων φρούτων

3. Αποθήκευση

Επιζήμια στις υψηλές θερμοκρασίες λόγω υδρόλυσης της πρωτοπηκτίνης.

Αυξάνει και το ιξώδες του σιροπιού λόγω μεταφοράς σε αυτό διαλυτής πηκτίνης.

Προσθήκη ιόντων ασβεστίου προκαλεί μείωση της συνεκτικότητας.

Ενώσεις ασβεστίου

- a) Υδροξείδιο του ασβεστίου (πχ στο σιρόπι κερασιών)
- b) Χλωριούχο ασβέστιο (για συνεκτικότητα ντομάτας), αλλά σκληρή δομή σε κεράσια, πικρή στα μήλα.
- c) Γαλακτικό ασβέστιο (σε κομμάτια μήλων).

Το συστατικό που βελτιώνει τη συνεκτικότητα είναι το πηκτικό ασβέστιο.

4. Συμπύκνωση

Καταστροφή των πηκτινών από τις πηκτινικές εστεράσες και πολυγαλακτουρονάσες (τομάτες)

Αδρανοποίηση πηκτινολυτικών ενζύμων με προθέρμανση στους 85°C (**blanching**).

Αδρανοποίηση εστερασών, αλλά σχηματισμός πηκτικού οξέως από τις πολυγαλακτουρονάσες.

Πηκτίνες και υγεία

Η πηκτίνη δεσμεύεται σε ουσίες στο έντερο και προσθέτει όγκο στα κόπρανα βοηθώντας στην αποβολή τους.

1. Η κατανάλωση πηκτίνης μειώνει τα επίπεδα LDL χοληστερόλης
Ο μηχανισμός δικαιολογείται από την αύξηση του ιξώδους (μείωση ρευστότητας) στο έντερο με συνέπεια τη μειωμένη απορρόφηση χοληστερόλης από τα χολικά οξέα ή την τροφή.
2. Στο παχύ έντερο, οι μικροοργανισμοί αποικοδομούν την πηκτίνη και ελευθερώνονται λιπαρά οξέα μικρών αλυσίδων με θετικά αποτελέσματα για την υγεία (**προβιοτικός** παράγοντας).
4. Βελτίωση πεπτικής λειτουργίας.
3. Βοηθά τον οργανισμό στην αποτοξίνωση από βαρέα μέταλλα.