
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΑΡΧΕΣ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΑΜΥΛΟ ΚΑΙ ΑΡΤΟΣΚΕΥΑΣΜΑΤΑ



Βιοσύνθεση και χημική δομή

- Είναι ένας από τους σπουδαιότερους φυσικούς υδατάνθρακες. Δομείται στα πλαστίδια των φυτικών κυττάρων που ονομάζονται «Λευκοπλάστες ή αμυλοπλάστες» (προϊόν φωτοσύνθεσης).
- Απαντάται είτε ως γραμμικά, ελικοειδώς διατεταγμένα μόρια αμύλου που συντίθενται από το ένζυμο D (συνθετάση), δηλ. αμυλόζη.
- Είτε ως διακλαδισμένα με «θαμνώδη» δομή μόρια αμύλου που συντίθενται με τη βοήθεια του ενζύμου Q (τρανσαφεράση), δηλ. αμυλοπηκτίνη.

Υπερμοριακή δομή του αμύλου

- Η αμυλόζη και η αμυλοπηκτίνη, μέσα στους φυτικούς ιστούς, δεν βρίσκονται σε τυχαία διασπορά αλλά είναι οργανωμένες και συγκεντρωμένες στους αμυλόκοκκους.
- Η δομή του απαρτίζεται από την εν σειρά τοποθέτηση των μορίων της αμυλοπηκτίνης σε κρυσταλλικές περιοχές ενός τρισδιάστατου πλέγματος που περιέχει και αναμεμειγμένα μόρια αμυλόζης.
- Αυτά τα κρυσταλλικά μικκύλια συγκρατούνται μεταξύ τους με δεσμούς υδρογόνου.
- Εξωτερικά ο αμυλόκοκκος περιβάλλεται από μια μεμβράνη (συμπυκνωμένα μόρια αμυλοπηκτίνης μέσω των δεσμών H⁺

Φυσικές ιδιότητες του αμύλου - Ζελατινοποίηση

- Οι αμυλόκοκκοι είναι αδιάλυτοι στο κρυο νερό και στους περισσότερους οργανικούς διαλύτες.
- Η παραμονή του αμύλου σε νερό θερμοκρασίας 20 °C οδηγεί σε διόγκωση κατά 10% ως προς την διάμετρο των κόκκων του.
- Κατά τη θέρμανση υπάρχει για το κάθε άμυλο μια καθορισμένη κρίσιμη θερμοκρασία, στην οποία οι αμυλόκοκκοι αρχίζουν να διογκώνονται απότομα, λόγω απότομης μαζικής εισόδου μορίων νερού ή άλλου διαλύτη στο εσωτερικό τους.
- Η διεργασία αυτή αρχίζει να εμφανίζεται σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 55 - 68 °C ανάλογα με το είδος του αμύλου και ονομάζεται **ζελατινοποίηση**.

Φυσικές ιδιότητες του αμύλου – Ζελατινοποίηση

- Οι περιοχές έναρξης και λήξης της ζελατινοποίησης ποικίλλουν, ανάλογα με το είδος του αμύλου και οι μετρούμενες τιμές εξαρτώνται από την ταχύτητα θέρμανσης, τη συγκέντρωση του αμύλου, την παρουσία χημικών πρόσθετων, κλπ.
- Η διαδικασία της διόγκωσης είναι μη αντιστρεπτή και η παρατεταμένη θέρμανση οδηγεί σε συνολική διάσπαση της δομής του.
- Γενικά οι μικροί αμυλόκοκκοι διογκώνονται και ζελατινοποιούνται ευκολότερα από τους μεγάλους, λόγω του αυξημένου λόγου Επιφανείας/Όγκου

Φυσικές ιδιότητες του αμύλου – Ιξώδες

- Όταν το άμυλο θερμαίνεται σχηματίζει μια ιξώδη πάστα.
- Είναι μια από τις σημαντικότερες ιδιότητες της πάστας.
- Ο προσδιορισμός του ιξώδους εμφανίζει αρκετές δυσκολίες, επειδή οι αμυλοπλάστες δεν είναι Νευτώνεια υγρά. Το μετρούμενο ιξώδες ποικίλει και εξαρτάται από την ταχύτητα κατάμησης των αμυλοκόκκων. Επιπλέον το μετρούμενο ιξώδες μειώνεται με την πάροδο του χρόνου, λόγω διάσπασης της δομής της αμυλόπαστας.
- Στην πράξη, το ιξώδες μπορεί να προσδιοριστεί μόνο σε αυθαίρετες μονάδες και τα αποτελέσματα μπορούν να συγκριθούν μόνο αν εφαρμόζονται οι ίδιες συνθήκες δημιουργίας της αμυλόπαστας.
- Το μετρούμενο ιξώδες επηρεάζεται από τη μέθοδο παρασκευής της πηχτής, τη ταχύτητα ανάδευσης, τη σκληρότητα του νερού που χρησιμοποιείται, τη συγκέντρωση του αρχικού ποσοστού του αμύλου και η μεταβολή της θερμοκρασίας.

Φυσικές ιδιότητες του αμύλου – Επαναδιάταξη

- Η επαναδιάταξη (*retro-gradation* ή *set-back*) είναι ο όρος που περιγράφει τις μεταβολές που συμβαίνουν σε μια αμυλοπηκτή με την πάροδο του χρόνου (*γήρανση*).
- Διεργασία κρυσταλλοποίησης της αμυλόζης που έχει εξαχθεί από τους αμυλόκοκκους κατά την ζελατινοποίηση.
- Εκδηλώνεται λόγω έμφυτης τάσης των μορίων της να επανασυνδεθούν, κυρίως λόγω δεσμών υδρογόνου.
- Πραγματοποιείται σε 3 στάδια:
 - Τα ελικοειδή μόρια της αμυλόζης απλώνουν με αποτέλεσμα να δημιουργούνται ευθύγραμμες αλυσίδες
 - Οι γειτονικές ανοιγμένες αλυσίδες διευθετούνται κατά ομάδες
 - Δημιουργούνται δεσμοί υδρογόνου μεταξύ των υδροξυλομάδων γειτονικών αλυσίδων και ταυτόχρονη αποβολή μέρους του νερού με το οποίο είναι συνδεδεμένες.
- Η επαναδιάταξη αποτελεί σημαντικό παράγοντα του «μπαγιατέματος» του ψωμιού, καθώς και άλλων δομικών αλλαγών, προϊόντων που περιέχουν άμυλο.
- Η διαδικασία αυτή είναι ανεπιθύμητη σε αρχικό στάδιο υγροποίησης του αμύλου.

Άμυλο και Αρτοσκευάσματα

- ΑΜΥΛΟ

- Είναι ένα ενεργό συστατικό που αντιδρά με άλλες ενώσεις και επηρεάζει δραστικά τα **ρεολογικά** χαρακτηριστικά της ζύμης και των άλλων τελικών προϊόντων.
- Οι ενώσεις με τις οποίες αντιδρά είναι:
 - Νερό
 - Ζάχαρη
 - Λιπίδια
 - Υδρόφιλα μακρομόρια (πρωτεΐνες, πεντοζάνες)
- Η ευχέρεια πραγματοποίησης αυτών των αλληλεπιδράσεων ποικίλει από σύστημα σε σύστημα και εξαρτάται από την σύσταση του και την επεξεργασία που θα υποστεί.
- Σκοπός είναι η αξιοποίηση μιας ή περισσότερων από τις προαναφερθείσες αλληλεπιδράσεις, με σκοπό να επιτευχθούν τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα.

ΣΥΣΤΑΣΗ - ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΑΜΥΛΟΥ ΣΙΤΟΥ ΚΑΙ ΑΡΤΟΣΚΕΥΑΣΜΑΤΑ

ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ % w/w	Σιτάρι	Καλαμπόκι	Πατάτα
Αμυλόζη	26 - 31	24 - 32	23
Λιπίδια	0,48 - 1,12	0,6- 0,8	0,09
Πρωτεΐνες	0,2 - 0,33	0,27 - 0,39	0,05
Φώσφορος	0,05	0,015	0,04
Τέφρα	0,14 - 0,3	0,05 - 0,1	0,3

ΣΥΣΤΑΣΗ - ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΑΜΥΛΟΥ ΣΙΤΟΥ ΚΑΙ ΑΡΤΟΣΚΕΥΑΣΜΑΤΑ

- **Παρόλο που τα άμυλα των παραπάνω προϊόντων δε διαφέρουν και ιδιαίτερα στη σύσταση τους, η διαφορετική τους συμπεριφορά μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι έχουν αρκετές διάφορες.**
 - Π.Χ. Η αμυλόζη που είναι σε όλα σχεδόν σε ίδια ποσότητα έχει διαφορετική μοριακή δομή από το ένα στο άλλο.
 - Επίσης και η αρχιτεκτονική δομή των αμυλόκοκκων είναι διαφορετική στα τρία είδη.
- **Με άλλα λόγια παραπλήσια κλάσματα δυο κυρίων συστατικών με παραπλήσια δομή μπορεί να οδηγήσουν σε μακροδομές με τελείως διαφορετική λειτουργικότητα.**

ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΑΜΥΛΟΚΟΚΚΩΝ

- Χρησιμοποιώντας την μέτρηση της γωνίας περίθλασης των ακτινών X παίρνουμε τους εξής τύπους:
 - **A-άμυλα (Δημητριακά)**
 - **B-άμυλα (Κόνδυλοι)**
 - **C-άμυλα (Μίγμα των α & β και απαντάται κυρίως στα όσπρια)**

ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΑΜΥΛΟΚΟΚΚΩΝ

- **ΜΕΛΕΤΕΣ ΕΔΕΙΞΑΝ:**

- ΓΕΝΙΚΑ:

- Η αντικατάσταση του αμύλου σίτου με άμυλο πατάτας, σε αρτοσκευάσματα, δεν έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα.

- ΨΩΜΙ

- Η αντικατάσταση αμύλου σίτου, με κριθαριού και σίκαλης έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα.
- Αντίθετα του σόργου, του ρυζιού και της πατάτας έδωσαν ανεπαρκή.
- Άμυλο κηρώδους κριθαριού έδωσε ψωμί υπερβολικά συρρικνωμένο.

ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΑΜΥΛΟΚΟΚΚΩΝ

- ΜΕΛΕΤΕΣ ΕΔΕΙΞΑΝ:

- ΚΕΙΚ

- Υποκατάσταση αμύλου σίτου με άμυλο καλαμποκιού έδωσε ικανοποιητικά αποτελέσματα.
- Κηρώδεις ποικιλίες καλαμποκάμυλου οδήγησαν σε κατάρρευση του κέικ μετά τη διόγκωση του.
- Επίσης το άμυλο καλαμποκιού που δεν έχει υποστεί ικανοποιητική ζελατινοποίηση κατά την αρτοποιήση οδηγεί σε κατάρρευση κατά τη διόγκωση.

- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΙΚΑ

- Όταν οι αμυλόκοκκοι διογκώνονται κατά την ζελατινοποίηση, τότε η αμυλόζη είναι το συστατικό που διαχέεται από το εσωτερικό τους μέσα στα κενά που δημιουργούνται μεταξύ τους, παίζοντας έτσι καθοριστικό ρόλο στη λειτουργική συμπεριφορά τους.
- Η γρήγορη επαναδιάταξη αυτού του συστατικού οδηγεί σε γρήγορη στερεοποίηση της δομής στην ψίχα.
- Παρόμοιας φύσης μεταβολές λαμβάνουν χώρα και κατά το ζεμάτισμα του ρυζιού (parboiling), διεργασία που περιλαμβάνει τη θέρμανση και ξήρανση των αμυλόκοκκων.
 - Με αυτή τη διεργασία μειώνεται η τάση συγκόλλησης (stickiness) των κόκκων του ρυζιού και επηρεάζεται θετικά η συμπεριφορά τους κατά το μαγείρεμα.

ΑΛΛΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΗΣ ΖΥΜΗΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΖΕΛΑΤΙΝΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΑΜΥΛΟΚΟΚΚΩΝ

• ΝΕΡΟ

- Χλωριωμένα άλευρα, στα οποία η ζελατινοποίηση των αμυλόκοκκων έγινε αφού αυτοί διαλυθήκαν σε διαλύματα ζάχαρης (30 - 60 %w/w), παρουσίασαν σταθερότερη δομή στην ψίχα του κέικ.
 - Με αυτό τον τρόπο εξουδετερώνεται και το πρόβλημα της κατάρρευσης στην περίπτωση που χρησιμοποιούμε άλευρα κηρώδους καλαμποκιού.
- Γενικά σε μη χλωριωμένα άλευρα, η παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων ζάχαρης οδηγεί σε κατάρρευση της ζύμης.
 - Άρα η αύξηση της εξόδου της αμυλόζης από τους αμυλόκοκκους σημαίνει ότι, η υφή - δομή του αρτοσκευάσματος θα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη συμπεριφορά αυτού του συστατικού
- Και οι δομικές μεταβολές που θα παρατηρηθούν, δεν θα οφείλονται στην επαναδιάταξη της αμυλόζης, αλλά θα είναι το αποτέλεσμα της ψύξης του τελικού προϊόντος και πιθανώς της συνεχούς μετάπτωσης από μια ελαστική κατάσταση σε μια υαλώδη.

ΑΛΛΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΗΣ ΖΥΜΗΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΖΕΛΑΤΙΝΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΑΜΥΛΟΚΟΚΚΩΝ

• ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ

- Γενικά ο ρόλος τους είναι αρκετά πολυσύνθετος και μπορεί να αλλάζει με το χρόνο ειδικά όταν η κρυσταλλοποίηση της αμυλοπηκτικής οδηγεί σε ανακατανομή του νερού μέσα στο σύστημα.
- Έτσι, στα αρτοσκευάσματα έχουμε αρχικά ένα σύστημα, στο οποίο οι αμυλόκοκκοι είναι ημισφαιρικά και ελαστικά εγκλείσματα, που προοδευτικά στερεοποιούνται, λόγω αύξησης κρυσταλλικότητας.
- Οι αμυλόκοκκοι αυτοί αποτελούν το υλικό πλήρωσης του ημι-συνεχούς τρισδιάστατου δικτύου των πρωτεϊνών και των πολυσακχαριτών, ανάμεσα δε σε αυτούς, ασκούν κυρίαρχη επίδραση, τα μόρια της αποσπασμένης αμυλόζης.

ΑΛΛΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΗΣ ΖΥΜΗΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΖΕΛΑΤΙΝΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΑΜΥΛΟΚΟΚΚΩΝ

• ΛΙΠΙΔΙΑ

- Σε ένα αρτοσκεύασμα οι αμυλόκοκκοι (διογκωμένοι ή όχι) περιβάλλονται από πρωτεΐνη, που δημιουργήσε ή όχι το δίκτυο της γλουτενης, καθώς και από μόρια πεντοζανων.
- Σε μερικά συστήματα λοιπόν, αν προστεθούν σημαντικά ποσοστά λίπους, μπορεί να αναστέλλεται η ενυδάτωση και ο σχηματισμός δικτύου της γλουτενης ή μπορεί και τα λιπίδια να αποτελέσουν μια διαφορετική φάση.
- Επίσης και τα παρόντα, σε αυτή την περίπτωση, σάκχαρα (σε διάφορα ποσοστά) περιορίζουν τη ζελατινοποίηση της γλουτενης και μπορεί να οδηγήσουν σε σχηματισμό υαλώδους φάσης (καραμελοποίηση).