



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS

# Βιοχημεία Τροφίμων Ι

## Ενότητα 7<sup>η</sup>

## Δημητριακά Ι (μέρος β)

Όνομα καθηγητή: Έφη Τσακαλίδου

Τμήμα: Επιστήμης Τροφίμων & Διατροφής του Ανθρώπου



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη





# Στόχοι ενότητας

- Κατανόηση της δομής και της σύστασης του σπόρου των δημητριακών.
- Κατανόηση της δομής, της βιοσύνθεσης και την αποικοδόμησης του αμύλου.
- Κατανόηση της δομής και της λειτουργικότητας των πρωτεϊνών του σπόρου.
- Κατανόησης της σύστασης και της λειτουργικότητας του λίπους του σπόρου.



# Λέξεις - κλειδιά

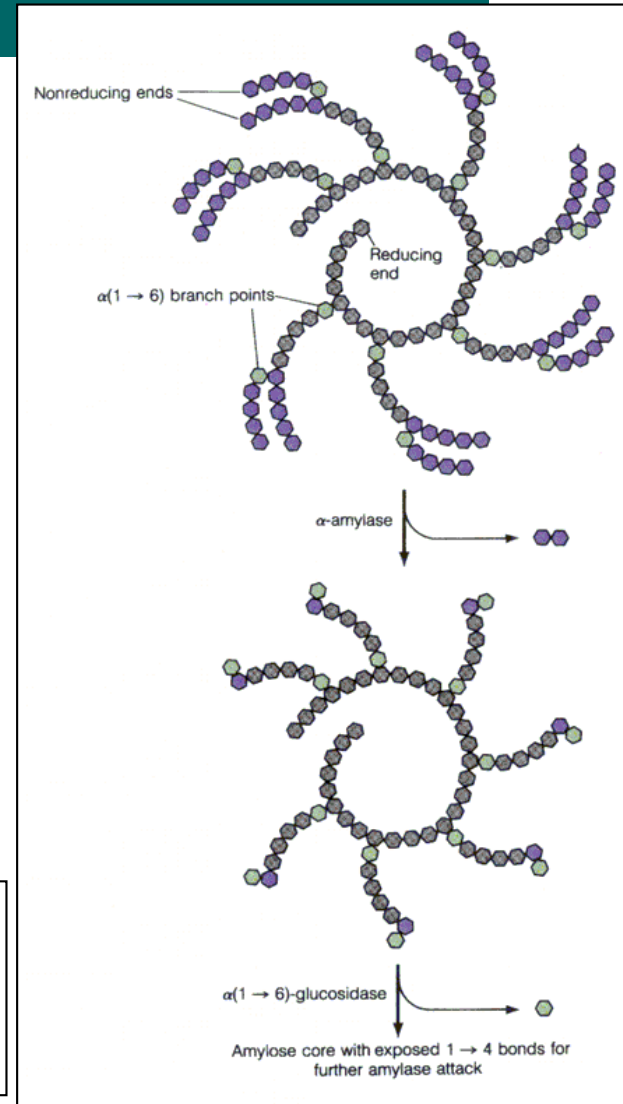
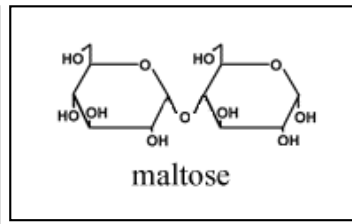
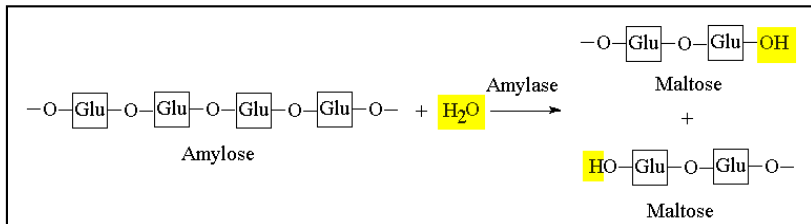
- Λέξεις κλειδιά: Δημητριακά, Σύσταση, Άμυλο, Αμυλόζη, αμυλοπηκτίνη, Πρωτεΐνες, Γλιαδίνες, Γλουτενίνες, Λίπος, Βιοσύνθεση, Αποικοδόμηση, Αμυλάσες, Γλυκοζιδάσες, Αποδιακλαδωτικά Ένζυμα.
- Key words: Cereals, Composition, Starch, Amylose, Amylopectin, Proteins, Gliadins, Glutenins, Fat, Biosynthesis, Degradation, Amylases, Glucosidases, De-brancing Enzymes.



# α-αμυλάση (α)

Η α-αμυλάση:

- ανήκει στην κατηγορία των μεταλλοενζύμων ( $\text{Ca}^{++}$ ).
- Απαντάται υπό μορφή ισοενζύμων.
- Συντίθεται de novo κατά τη βλάστηση του σπόρου στα κύτταρα του στρώματος της αλευρόνης μετά την έκκριση του γιββεριλικού οξέος από το έμβρυο.
- Υδρολύει μόνον εσωτερικούς α-1,4 γλυκοζιτικούς δεσμούς.

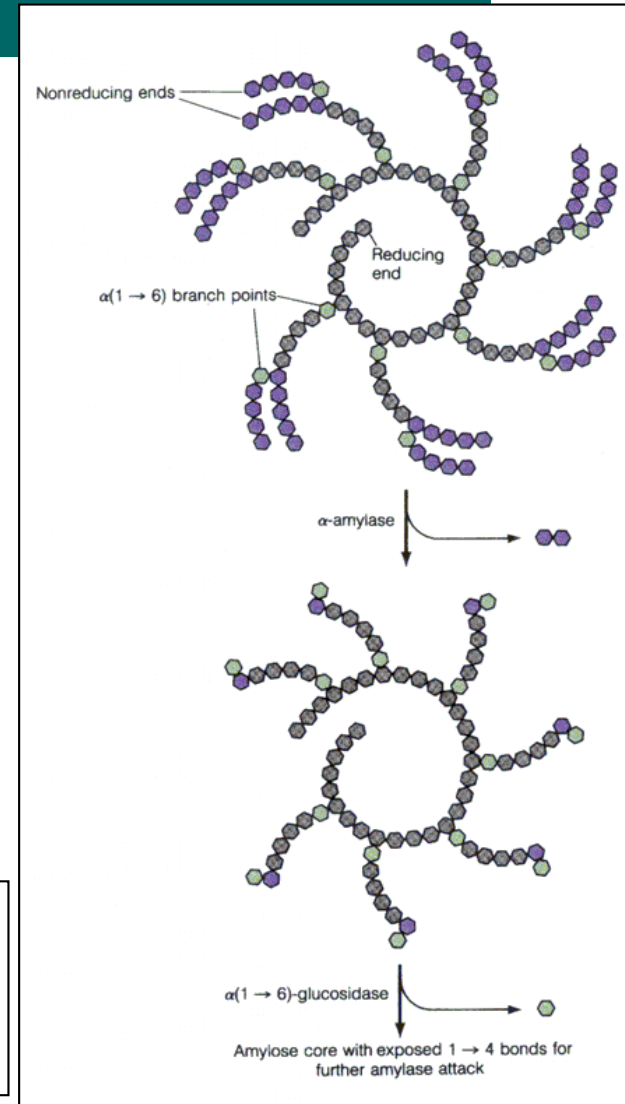
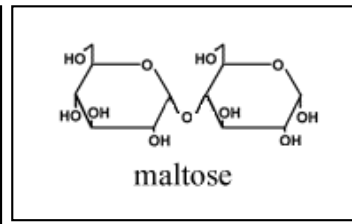
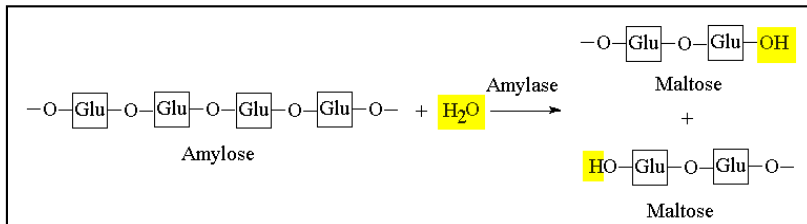




# α-αμυλάση (β)

Η α-αμυλάση:

- σταματά σε α-1,4 γλυκοζιτικούς δεσμούς, που βρίσκονται 4 θέσεις πριν από μια α-1,6 διακλάδωση.
- Τα προϊόντα της υδρόλυσης είναι:
  - Μαλτόζη (2 μόρια γλυκόζης με α-1,4 δεσμό).
  - Μαλτοτριόζη (3 μόρια γλυκόζης με α-1,4 δεσμούς).
  - α-δεξτρίνη (αρκετά μόρια γλυκόζης με α-1,4 δεσμούς και α-1,6 διακλαδώσεις).

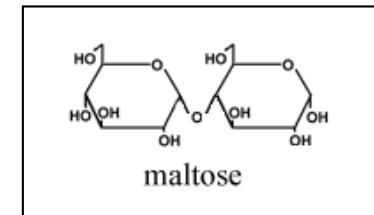
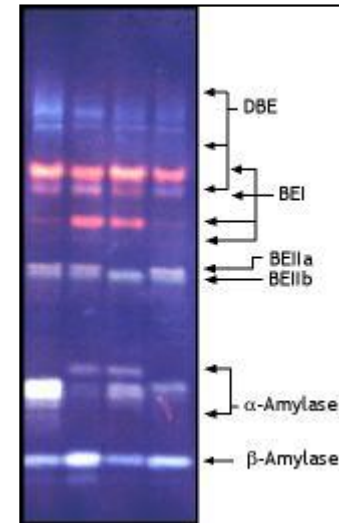




# β-αμυλάση

Η β-αμυλάση:

- Περιέχει ομάδες κυστεΐνης στο ενεργό της κέντρο.
- Απαντάται υπό μορφή ισοενζύμων.
- Συντίθεται στο ενδοσπέρμιο κατά την ωρίμανση του σπόρου υπό τη μορφή πρόδρομου ανενεργού μορίου.
- Κατά τη διάρκεια της βλάστησης, πρωτεΐνάσες του ενδοσπερμίου υδρολύουν το πρόδρομο μόριο προς ενεργή β-αμυλάση.
- Υδρολύει το άμυλο αποσπώντας μόρια μαλτόζης από το μη ανάγον άκρο του.

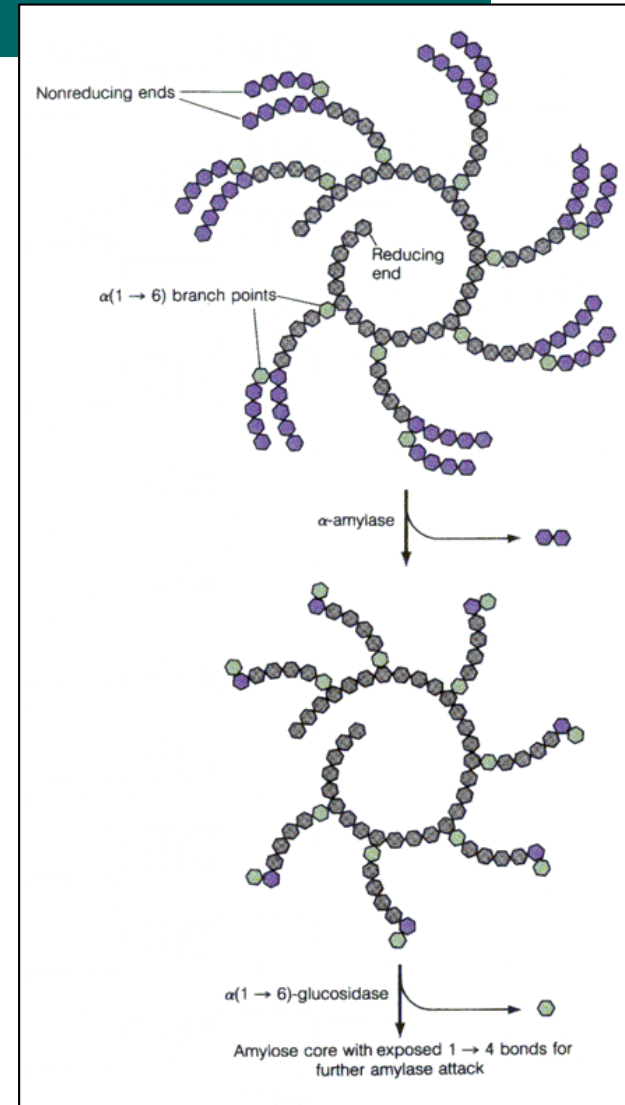




# Αποδιακλαδωτικά ένζυμα

- Απομακρύνουν το οριακό τμήμα που έμεινε μετά τη δράση της  $\alpha$ -αμυλάσης πάνω σε μια  $\alpha$ ,1-6 διακλάδωση,
- υδρολύοντας τον πλησιέστερο σε αυτήν  $\alpha$ ,1-4 δεσμό, το μεταφέρουν στο κύριο σκελετό του μόριου του αμύλου,
- σχηματίζοντας ένα νέο  $\alpha$ -1,4 γλυκοζιτικό δεσμό και δημιουργώντας έτσι νέο υπόστρωμα για τις αμυλάσες.

Κάποια συντίθενται στο ενδοσπέρμιο κατά την ωρίμανση του σπόρου (όπως η  $\beta$ -αμυλάση), και άλλα συντίθενται *de novo* στα κύτταρα του στρώματος της αλευρόνης (όπως η  $\alpha$ -αμυλάση).

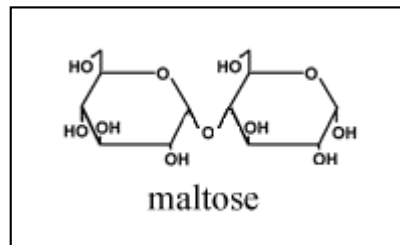




# α-γλυκοζιδάσες

Συντίθενται *de novo* στα κύτταρα του στρώματος της αλευρόνης (όπως η α-αμυλάση).

- Η **α,1-4-γλυκοζιδάση** υδρολύει την παραγόμενη μαλτόζη προς γλυκόζη.
- Η **α,1-6-γλυκοζιδάση** υδρολύει τους α,1-6 γλυκοζιτικούς δεσμούς.







# Αποθηκευτικές πρωτεΐνες (α)

- 12% του βάρους του σπόρου του σιταριού.
- Βρίσκονται στο ενδοσπέρμιο.
- Διακρίνονται σε 4 κατηγορίες, ανάλογα με τη διαλυτότητα τους.
  - Αλβουμίνες.
  - Σφαιρίνες (γλοβουλίνες).
  - Προλαμίνες (γλιαδίνες).
  - Γλουτενίνες.
- Από αυτές, οι προλαμίνες και οι γλουτενίνες είναι οι σημαντικότερες (αποτελούν 80-85% των πρωτεϊνών του ενδοσπερμίου).





# Αποθηκευτικές πρωτεΐνες (β)

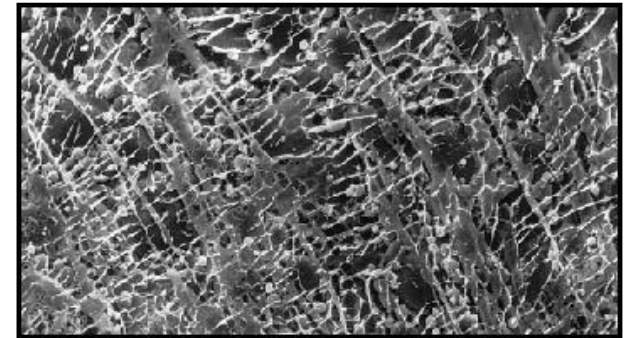
Πρωτεϊνικά κλάσματα των δημητριακών (%).

	Σιτάρι	Σίκαλη	Κριθάρι	Βρώμη	Ρύζι	Καλαμπόκι
Αλβουμίνες	9	8	12	10	5	4
Σφαιρίνες	6	10	12	55	10	3
Προλαμίνες	45	42	52	12	7	55
Γλουτενίνες	40	40	24	23	78	38



# Αποθηκευτικές πρωτεΐνες (γ)

- **Αλβουμίνες:** διαλυτές σε νερό.
- **Σφαιρίνες:** αδιάλυτες σε νερό, διαλυτές παρουσία άλατος.
- **Προλαμίνες:** διαλυτές σε 70-90% αλκοόλη.
- **Γλουτενίνες:** διαλυτές σε όξινα ή ελαφρά αλκαλικά διαλύματα, ή παρουσία αποδιατακτικών μορίων όπως η ουρία.
- **Γλουτένη:**
  - ελεύθερη αμύλου, ιξώδης, ελαστική, πρωτεϊνικής φύσεως μάζα.
  - Δημιουργείται όταν το ζυμάρι μαλαχτεί κάτω από τρεχούμενο νερό.
  - Αποτελείται από προλαμίνες και γλουτενίνες.





# Αποθηκευτικές πρωτεΐνες (δ)

- **Αλβουμίνες και σφαιρίνες:**

- πρωτεΐνες μικρού Μ.Β. (12 kDa),
- μικρής τεχνολογικής σημασίας.



- **Προλαμίνες:**

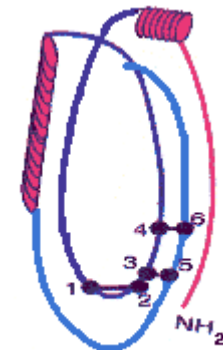
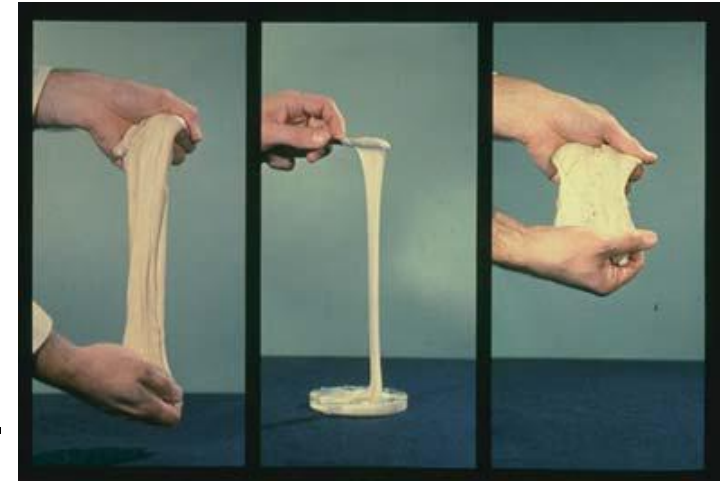
- Διαλυτές σε 70-90% αλκοόλη.
- Προλαμίνες του σιταριού: **γλιαδίνες**.
- Προλαμίνες του κριθαριού: **χορδεΐνες**.
- Προλαμίνες του καλαμποκιού: **ζεΐνες**.
- Ρόλος: διαμόρφωση ιξώδους και εκτατικότητας της γλουτένης.





# Γλιαδίνες

- Ετερογενές πρωτεϊνικό μίγμα.
- 4 τύποι γλιαδινών (α, β, γ και ω).
- Εμφανίζουν έντονο γενετικό πολυμορφισμό.
- Απομονώνονται ως μεμονωμένες πολυπεπτιδικές αλυσίδες (30-40 kDa).
- Ύπαρξη τριτοταγούς δομής
  - για γλιαδίνες α, β, και γ.
  - Ανάπτυξη ενδομοριακών δισουλφυδικών δεσμών.
- Ύπαρξη τεταρτοταγούς δομής
  - Δεν έχει αποδειχθεί.
  - Ίσως λόγω της αποδιατακτικής δράσης της αλκοόλης.

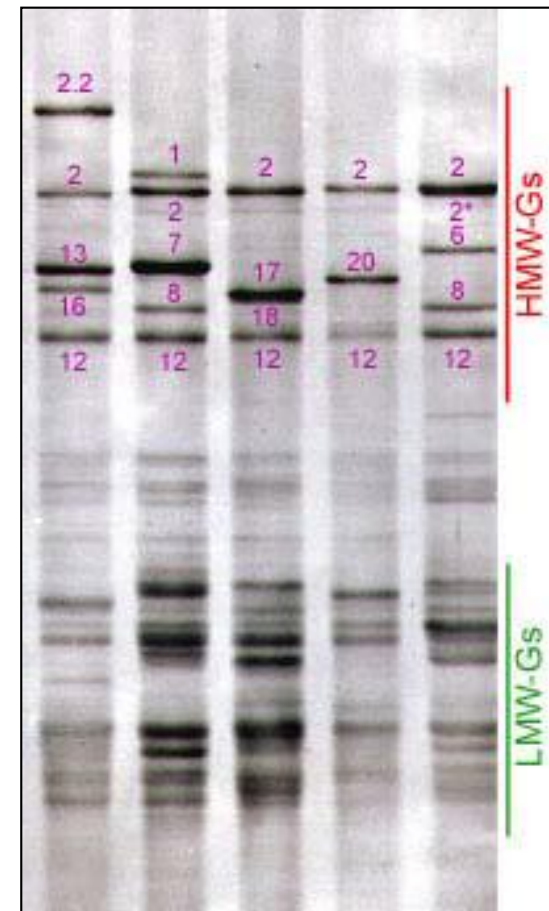


© Georges-Louis Friedl, 1996.



# Γλουτενίνες (α)

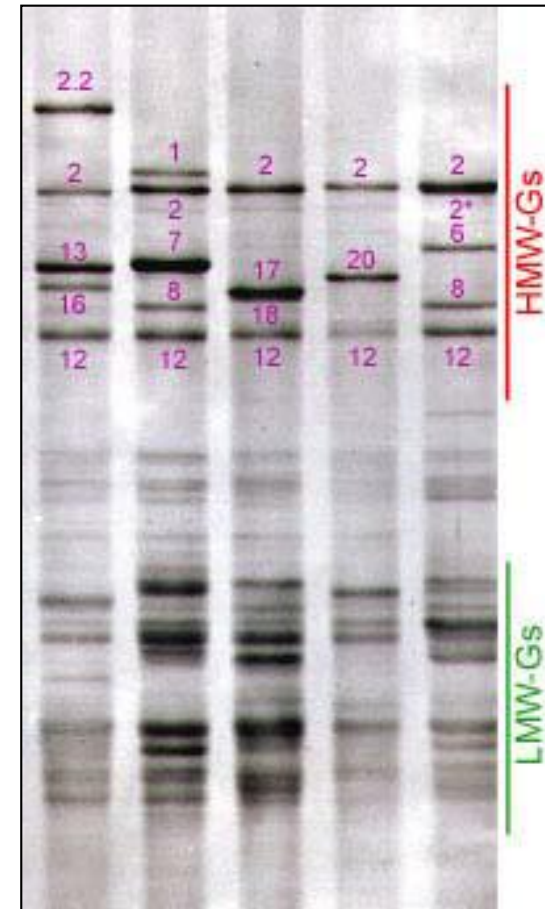
- Διαλυτές σε όξινα ή ελαφρά αλκαλικά διαλύματα, ή παρουσία αποδιατακτικών μορίων όπως η ουρία.
- Μίγμα 15 διαφορετικών πρωτεϊνικών μορίων.
- Μοριακά βάρη κυμαίνονται από 20 ως 130 kDa.
- Διακρίνονται σε 3 τύπους:
  - Γλουτενίνες τύπου Α.
  - Γλουτενίνες τύπου Β.
  - Γλουτενίνες τύπου C.





# Γλουτενίνες (β)

- **Γλουτενίνες τύπου A:**
  - Μοριακά βάρη 20-60 kDa.
  - Πλούσιες σε βασικά αμινοξέα.
  - Αδιάλυτες σε αιθανόλη.
- **Γλουτενίνες τύπου B:**
  - Μοριακά βάρη 60-130 kDa.
  - Πλούσιες σε gln, pro και gly.
  - Δεν περιέχουν cys.
  - Ιδιαίτερα υδρόφοβα μόρια.
  - Αδιάλυτες σε αιθανόλη.
  - Δεν απαντώνται στο σκληρό σιτάρι.



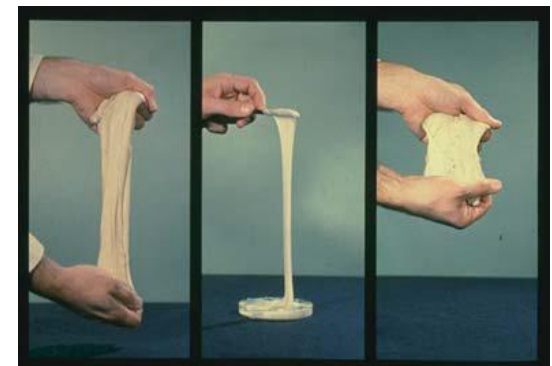
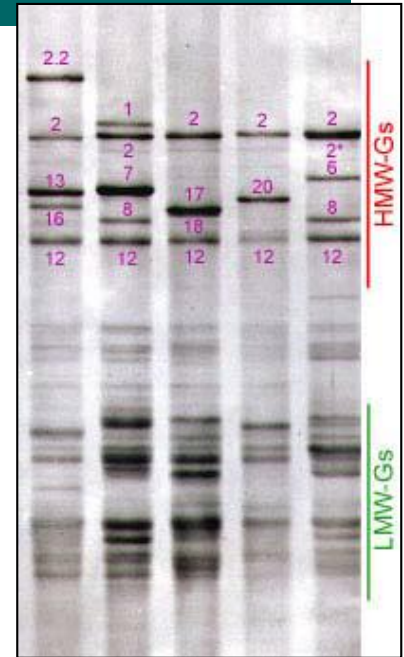




# Γλουτενίνες (γ)

## Γλουτενίνες τύπου C:

- Μοριακά βάρη περίπου 40 kDa.
- Διαλυτές σε αιθανόλη (μοιάζουν με τις γλιαδίνες).
- Αναπτύσσουν
  - ενδο- και δια-μοριακούς δεσμούς υδρογόνου.
  - Δεσμούς υδρόφοβων αλληλοεπιδράσεων.
  - Δισουλφυδικούς δεσμούς.
- Οργανώνονται σε συσσωματώματα M.B. Μέχρι και 3000 kDa.
- Συμβάλλουν στη διαμόρφωση της ελαστικότητας της γλουτένης.







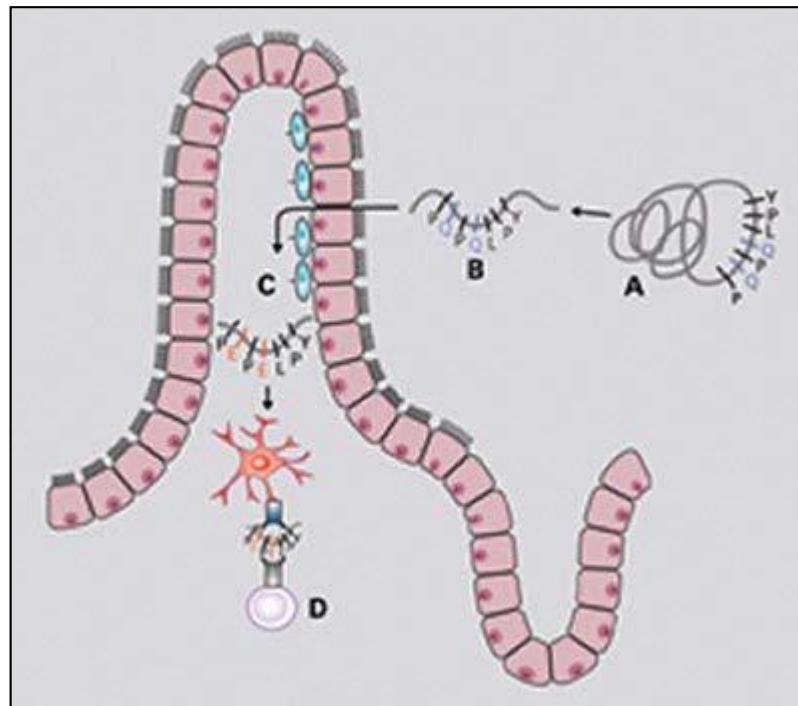
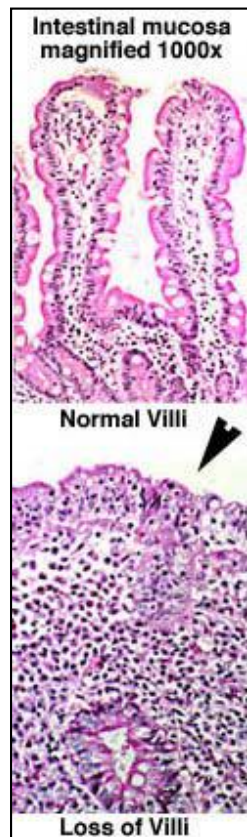
# Αμινοξέα πρωτεϊνών σιταριού

(% mole)	Γλιαδίνη	Γλουτενίνη	Σφαιρίνη
Γλυκίνη	3,1	7,5	9,5
Αλανίνη	3,3	4,4	6,1
Βαλίνη	4,8	4,8	2,4
Λευκίνη	7,0	6,5	9,0
Ισολευκίνη	4,3	3,7	1,4
Φαινυλαλανίνη	4,3	3,6	2,4
<b>Προλίνη</b>	<b>16,2</b>	<b>11,9</b>	3,6
<b>Τρυπτοφάνη</b>	<b>0,4</b>	<b>1,3</b>	-
Σερίνη	6,1	7,0	11,1
Θρεονίνη	2,4	3,5	4,8
Τυροσίνη	1,8	2,5	1,6
Κυστεΐνη	3,3	2,6	13,4
Μεθειονίνη	1,2	1,4	0,4
Ασπαρτικό Οξύ	2,8	3,6	6,0
<b>Γλουταμινικό Οξύ</b>	<b>34,5</b>	<b>28,9</b>	5,1
Λυσίνη	0,6	2,0	10,6
Ιστιδίνη	1,9	1,9	1,8
Αργινίνη	2,0	3,0	10,6



# Κοιλιακάκη (coeliac disease)

Σχηματική απεικόνιση του εντερικού επιθηλίου στην περίπτωση της κοιλιακάκης:





# Βιοσύνθεση πρωτεϊνών (α)

Η βιοσύνθεση των πρωτεϊνών λαμβάνει χώρα:

- στο ενδοπλασματικό δίκτυο.
- σύμφωνα με το γενικό σχήμα:
  - Μεταγραφή του DNA σε mRNA.
  - Μετάφραση του mRNA σε πρωτεΐνη.

Μετά τη βιοσύνθεση:

- οι πρωτεΐνες συσσωματώνονται σε μικρά σωματίδια (5-10  $\mu\text{m}$ ),
- αυτά δημιουργούν μεγαλύτερα συσσωματώματα (50-100  $\mu\text{m}$ ).
- περιβάλλονται από μια μεμβράνη.
- Η διαδικασία ολοκληρώνεται περίπου 1 μήνα μετά την άνθηση.



# Βιοσύνθεση πρωτεϊνών (β)

Κατά την ωρίμανση του σπόρου:

- Ασκείται μηχανική πίεση από τα αναπτυσσόμενα κοκκία του αμύλου.
- Διάρρηξη της μεμβράνης των πρωτεϊνικών σωματιδίων.
- Διάχυση των πρωτεϊνικών σωματιδίων.
- Σχηματισμός του πρωτεϊνικού στρώματος (protein matrix).
- Χαρακτηριστικό του ώριμου σπόρου.



# Τα λιπίδια του σπόρου (α)

- Κατανεμημένα στο:
  - έμβρυο,
  - στρώμα της αλευρόνης,
  - ενδοσπέρμιο.
- Αποτελούνται από:
  - Ουδέτερα τριγλυκερίδια.
  - Πολικά φωσφολιπίδια.
- Κυριότερα λιπαρά οξέα (κατά σειρά φθίνουσας συγκέντρωσης):
  - Λινολεϊκό (18:2)
  - Ελαϊκό (18:1)
  - Παλμιτικό (16:0)
  - Λινολενικό (18:3)



# Τα λιπίδια του σπόρου (β)

- Λιπίδια του ενδοσπερμίου:
  - είτε συσσωματωμένα υπό μορφή σφαιρικών σωματιδίων,
  - είτε συνδεδεμένα με τα κοκκία του αμύλου.
- **Κηρώδες** καλαμπόκι (ελλειμματικό σε αμυλόζη): λίγα λιπίδια.
- **Αμυλώδες** καλαμπόκι (περίσσεια αμυλόζης): περισσότερα λιπίδια.



# Τα λιπίδια του σπόρου (γ)

Η κατανομή των λιπιδίων του σιταριού στους ιστούς του σπόρου (% του συνόλου των λιπιδίων).

	Έμβryo	Αλευρόνη	Ενδοσπέρμιο (Λιπίδια ελεύθερα αμύλου)	Ενδοσπέρμιο (Λιπίδια ενωμένα με άμυλο)
Ουδέτερα λιπίδια	24,1	17,9	9,7	0,7
Πολικά λιπίδια	6,3	6,9	19,5	14,9
Μερικό σύνολο			29,2	15,6
<b>Σύνολο</b>	<b>30,4</b>	<b>24,8</b>	<b>44,8</b>	



# Βιβλιογραφία

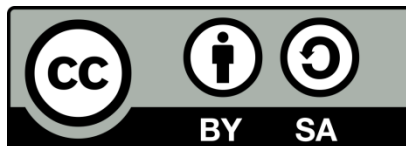
- B.K. Simpson (2012) Food Biochemistry and Food Processing, Wiley-Blackwell (ISBN 081380874X).
- M.J. Berg, L.J. Tymoczko, L. Stryer (2011) Βιοχημεία, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης (ISBN 978-960-524-190-2).





# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδεια χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.





# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ  
*επένδυση στην κοινωνία της γνώσης*

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



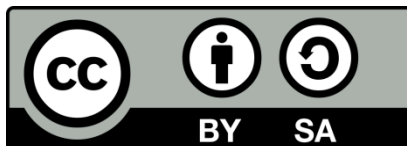
# Σημείωμα Αναφοράς

- Copyright Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου, Τσακαλίδου Έφη, «Βιοχημεία Τροφίμων Ι». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:  
<https://mediasrv.aua.gr/eclass/courses/OCDFSHN109/>



# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων, π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Η άδεια αυτή ανήκει στις άδειες που ακολουθούν τις προδιαγραφές του Ορισμού Ανοικτής Γνώσης [2], είναι ανοικτό πολιτιστικό έργο [3] και για το λόγο αυτό αποτελεί ανοικτό περιεχόμενο [4].

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

[2] <http://opendefinition.org/okd/ellinika/>

[3] <http://freedomdefined.org/Definition/EI>

[4] <http://opendefinition.org/buttons/>



# Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει) μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.