



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

Τμήμα Δειφορικής
Γεωργίας, Γεωπονική Σχολή

Οργανική Χημεία

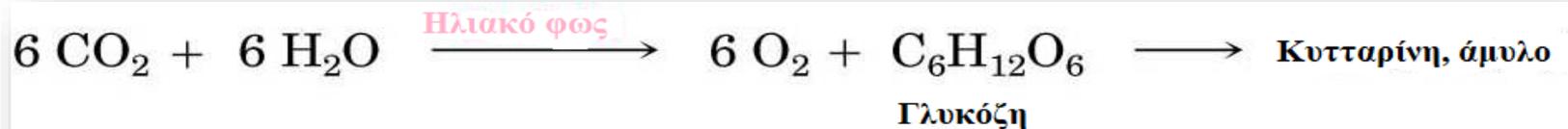
9^η Ενότητα

Αμινοξέα, Πεπτίδια, Πρωτεΐνες, Υδατάνθρακες,
Λιπίδια

Γαλάνη Απ. Αγγελική, Χημικός PhD
Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό, (Ε.ΔΙ.Π.)

Υδατάνθρακες

- Ευρέως διαδεδομένοι στη φύση.
- Βρίσκονται σε κάθε ζωντανό οργανισμό.
- Αποτελούν ευρεία κατηγορία πολυυδροξυλιωμένων αλδεϋδών και κετονών και κοινώς ονομάζονται σάκχαρα.
- Βιοσυντίθενται μέσω της φωτοσύνθεσης από τα φυτά.



© 2004 Thomson/Brooks Cole

Ρόλος υδατανθράκων στον ανθρώπινο οργανισμό

- Η λήψη υδατανθράκων από τις τροφές και ο μεταβολισμός τους είναι η κύρια πηγή ενέργειας.
- Η γλυκόζη είτε μεταβολίζεται άμεσα, είτε αποθηκεύεται ως γλυκογόνο και χρησιμοποιείται μετά.
- Πηγή υδατανθράκων για τον οργανισμό είναι το άμυλο, εφόσον δεν διαθέτει ένζυμα για την πέψη της κυτταρίνης.

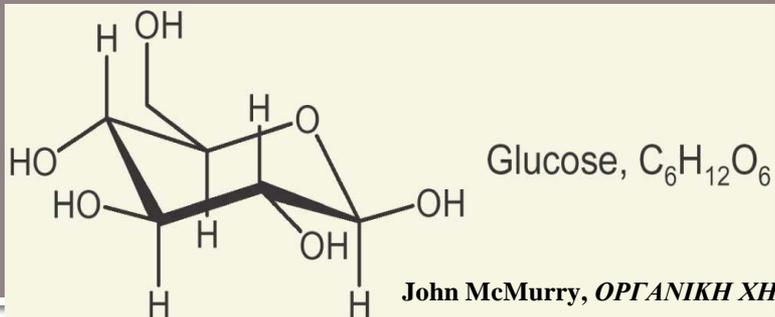
Ταξινόμηση υδατανθράκων

Ταξινομούνται σε δύο γενικές κατηγορίες:

1) Απλά σάκχαρα 2) Σύνθετοι υδατάνθρακες

- Απλά σάκχαρα ή μονοσακχαρίτες (γλυκόζη, φρουκτόζη, γαλακτόζη). Διακρίνονται σε:
 - Αλδόζες
 - Κετόζες

Η κατάληξη -οζη υποδηλώνει τον υδατάνθρακα και τα προθέματα αλδο- και κετο- τη φύση της καρβονυλομάδας.



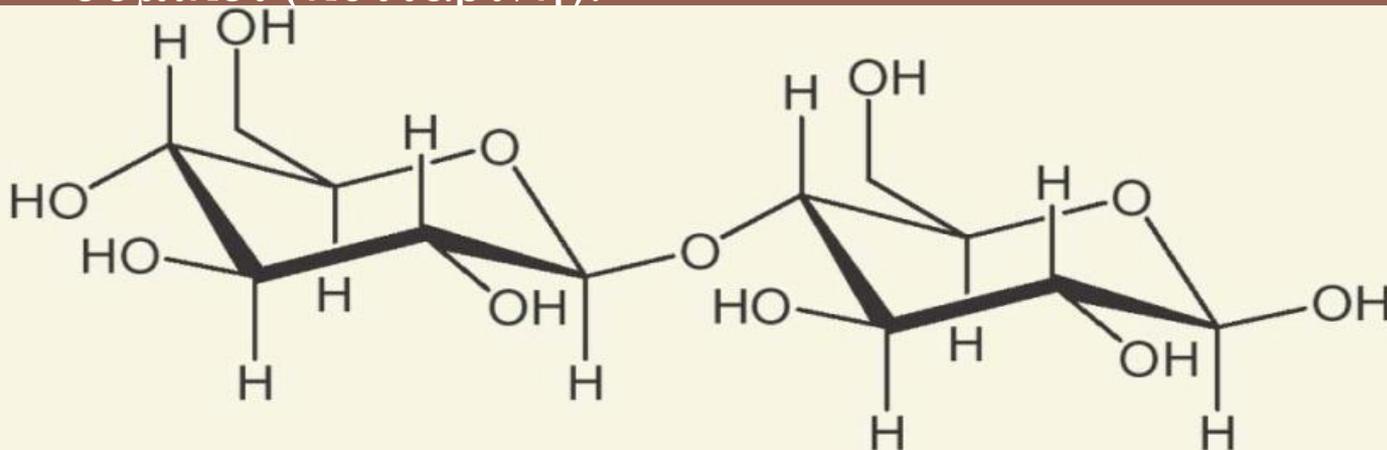
John McMurry, *ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ*

Ταξινόμηση υδατανθράκων

Ταξινομούνται σε δύο γενικές κατηγορίες:

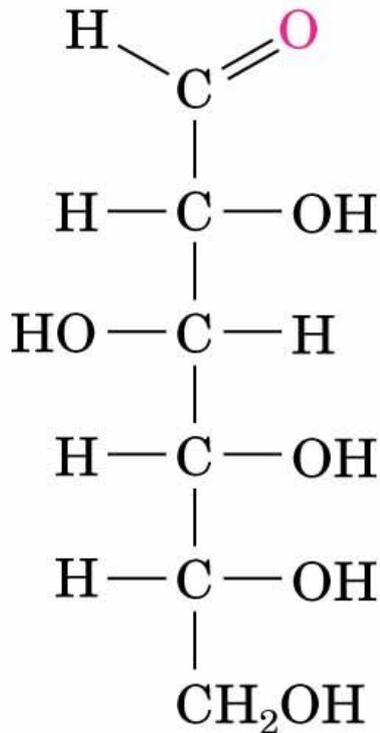
1) Απλά σάκχαρα 2) Σύνθετοι υδατάνθρακες

- Σύνθετοι υδατάνθρακες . Διακρίνονται σε:
 - Δισακχαρίτες, (μαλτόζη, λακτόζη, σακχαρόζη).
 - Πολυσακχαρίτες. Μπορεί να είναι είτε αποταμιευτικοί, (άμυλο στα φυτά και γλυκογόνο σε ζωϊκούς οργανισμούς), είτε δομικοί (κυτταρίνη).

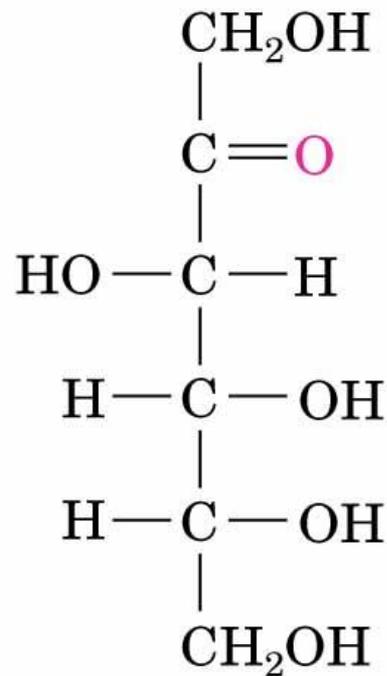


John McMurry, ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ

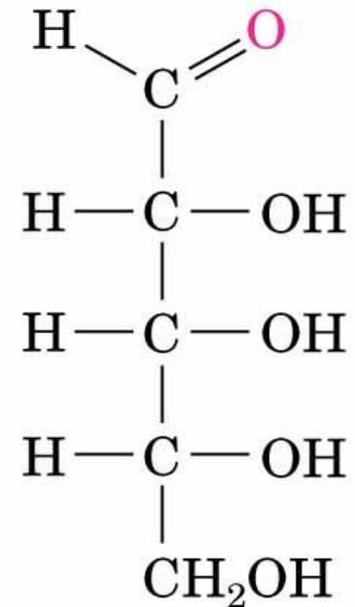
Αλδόζες και κετόζες



Glucose
(an aldohexose)



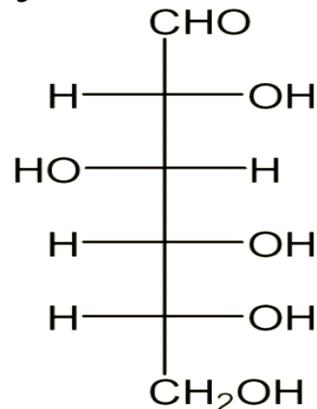
Fructose
(a ketohexose)



Ribose
(an aldopentose)

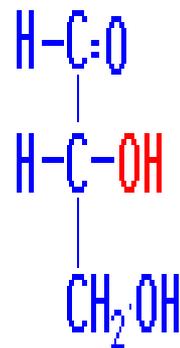
Προβολές κατά Fisher

- Όλοι οι υδατάνθρακες έχουν στερεογονικά κέντρα.
- Ο συνηθέστερος τρόπος απεικόνισής τους είναι οι προβολές κατά Fisher.
- Οι οριζόντιες γραμμές παριστάνουν δεσμούς κατευθυνόμενους μπροστά από το επίπεδο της σελίδας.
- Οι κάθετες γραμμές, παριστάνουν δεσμούς που κατευθύνονται πίσω από το επίπεδο της σελίδας.
- Ο καρβονυλικός C, τοποθετείται στην κορυφή ή κοντά στην κορυφή.

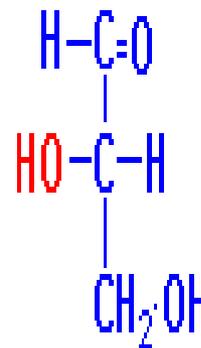


D και L σάκχαρα

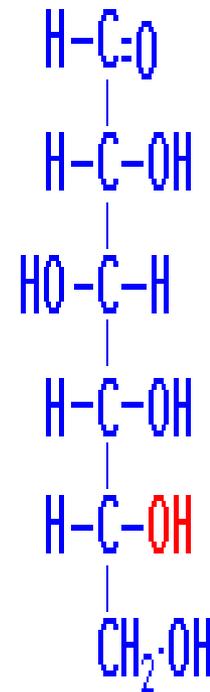
- Στην απεικόνιση κατά Fisher, στα D- σάκχαρα η υδροξυλομάδα στο κατώτατο στερεογονικό κέντρο έχει κατεύθυνση προς τα δεξιά και στα L- σάκχαρα, έχει κατεύθυνση προς τα αριστερά.



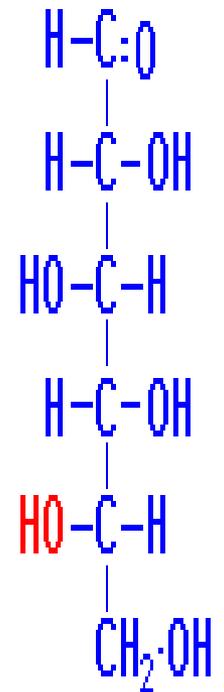
D-glyceraldehyde



L-glyceraldehyde



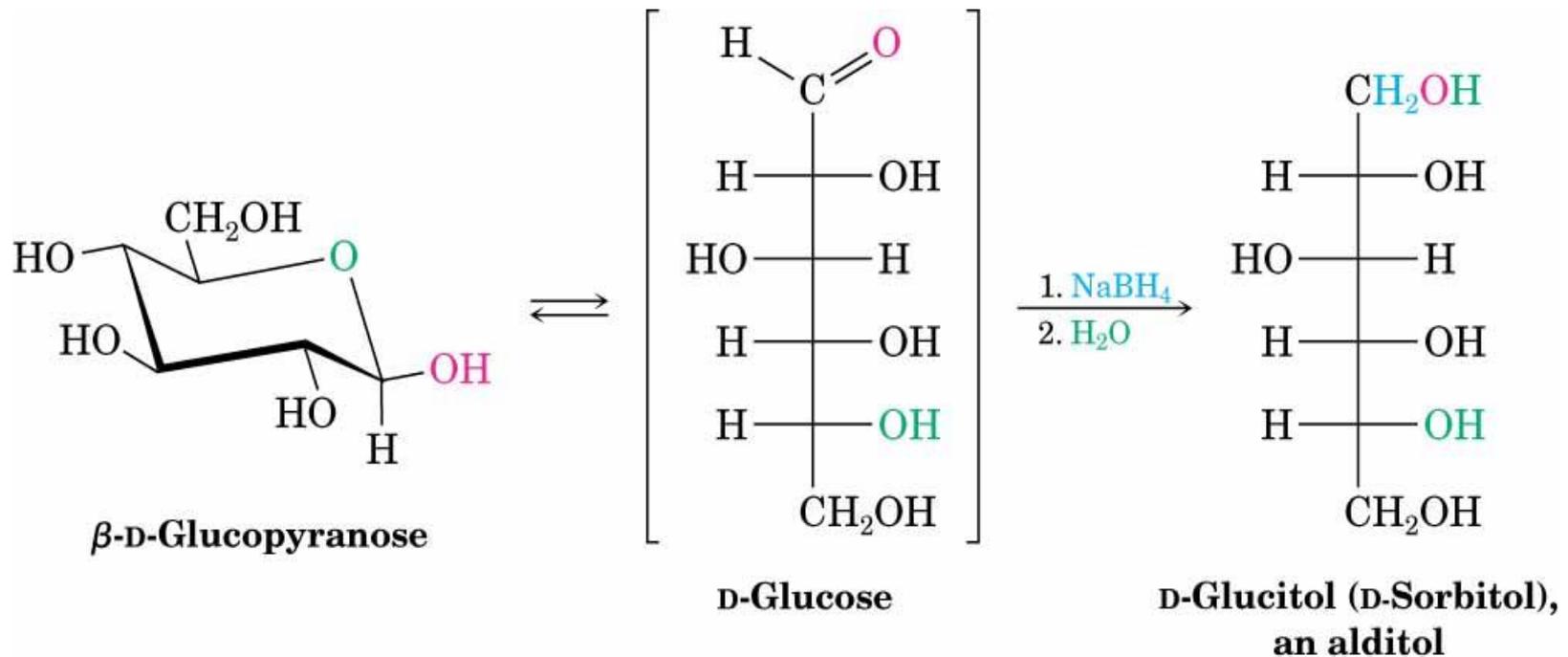
D-glucose



L-glucose

Αναγωγή μονοσακχαριτών

- Η επεξεργασία αλδόζης ή κετόζης με NaBH_4 , οδηγεί στην αναγωγή της σε μια πολυαλκοόλη που ονομάζεται αλδιτόλη.



Οξείδωση μονοσακχαριτών

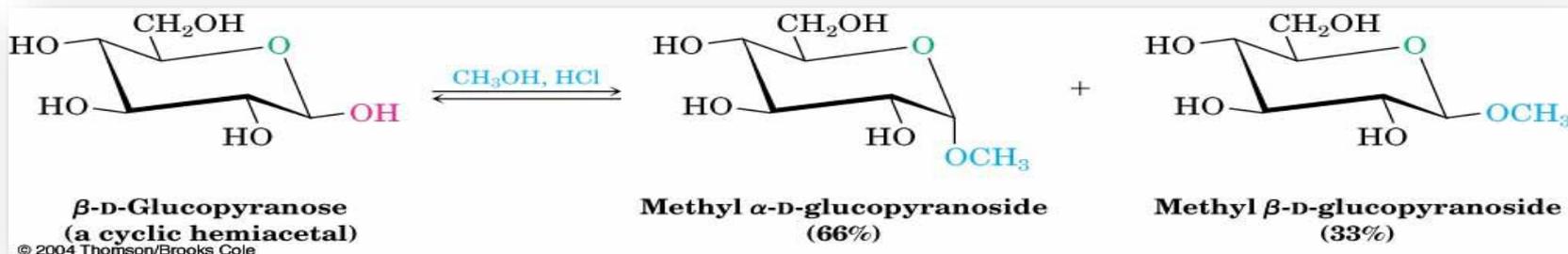
- Οξειδώνονται προς αλδονικά οξέα.
- Οι αλδόζες οξειδώνονται ακόμη και με ήπια οξειδωτικά μέσα, όπως είναι τα αντιδραστήρια Fehling, (Cu^{2+} σε υδατικό διάλυμα τρυγικού νατρίου) και Tollens, (Ag^+ σε υδατικό διάλυμα τρυγικού νατρίου). Οι αντιδράσεις χρησιμεύουν στην ανίχνευση των αποκαλούμενων αναγωγικών σακχάρων.
- Όλες οι αλδόζες είναι αναγωγικά σάκχαρα.

Γλυκοζιτικός δεσμός

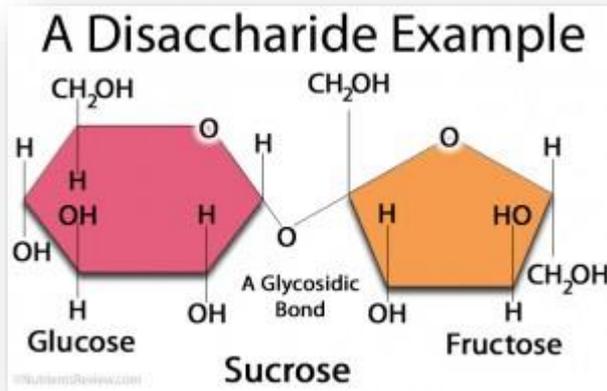
- Από δυο μόρια σακχάρων μπορεί να αποσπαστεί ένα μόριο νερού. Ο δεσμός που θα δημιουργηθεί ονομάζεται γλυκοζιτικός δεσμός και οι ενώσεις γλυκοζίτες.
- Οι γλυκοζίτες δεν είναι αναγωγικά σάκχαρα και δεν αντιδρούν με το αντιδραστήριο Tollens.

Γλυκοζύτες

- Οι γλυκοζίτες είναι πολύ διαδεδομένοι στη φύση.
- Σημαντικά βιολογικά μόρια περιέχουν γλυκοζιτικούς δεσμούς.
- Γλυκοζιτάσες, ονομάζονται οι ενώσεις που προκύπτουν από τη διάσπαση των γλυκοζιτών, με οξέα ή ένζυμα.



Δισακχαρίτες

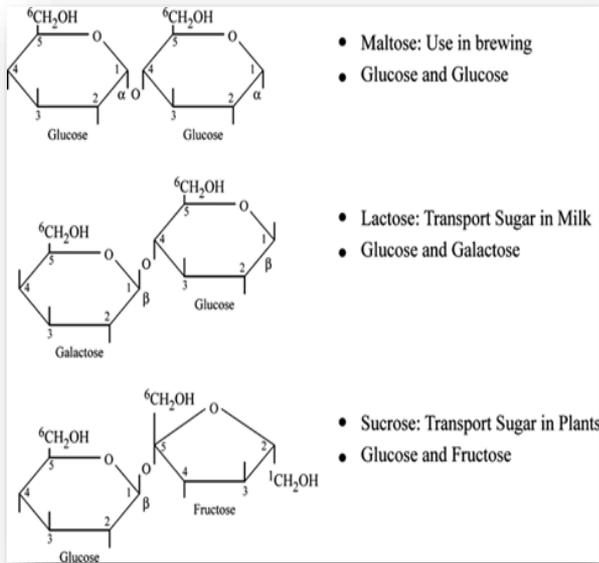


<http://www.nutrientsreview.com/carbs/disaccharides.html>

Κυτταρίνη

Ο ανθρώπινος οργανισμός δεν διαθέτει τα κατάλληλα ένζυμα για την υδρόλυση της κυτταρίνης, άρα την αποβάλλει. Παρόλα αυτά όμως βοηθά στην ομαλή λειτουργία του εντέρου.

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



cellulose fibers in plant cell wall

x20

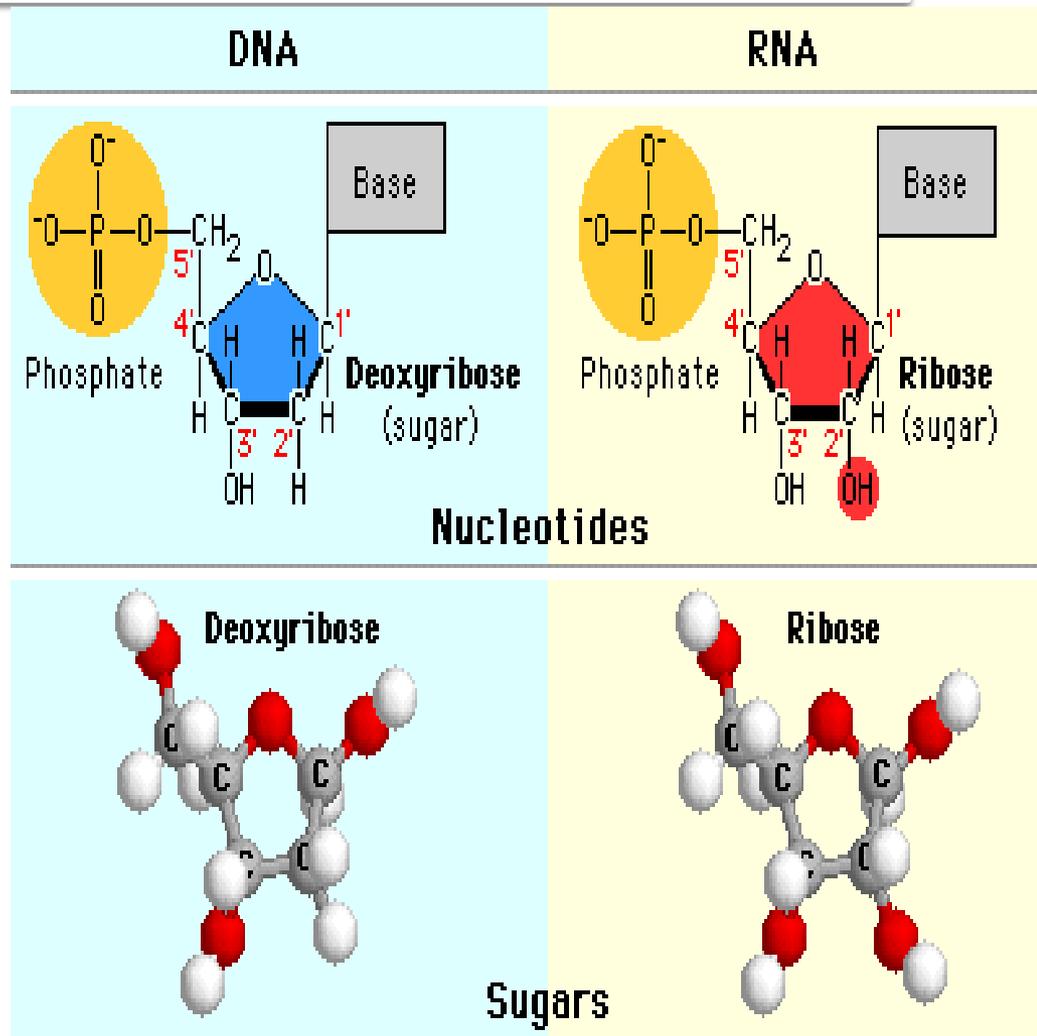
Cellulose structure

H bond

<https://www.e-education.psu.edu/egee439/node/663>

Σάκχαρα βιολογικών μορίων

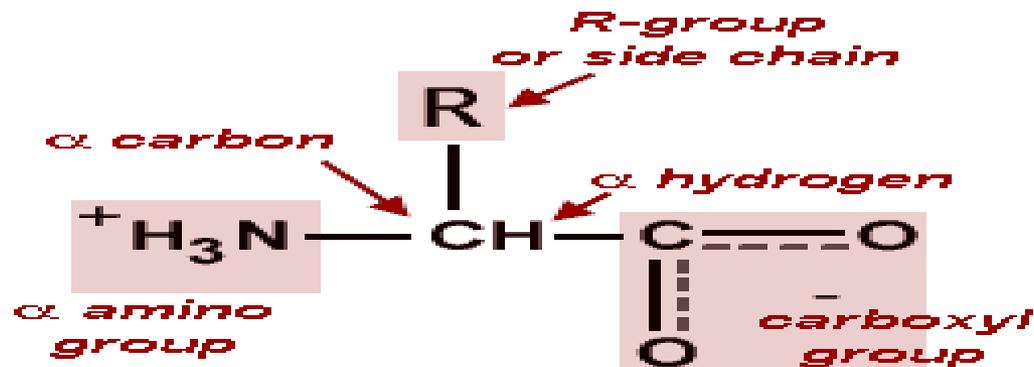
- Τα σάκχαρα είναι συστατικά πολλών βιολογικών μορίων, μεταξύ των οποίων του DNA και του RNA.
- Στο DNA υπάρχει η 2-δεοξυριβόζη.
- Στο RNA υπάρχει η ριβόζη.
- Τόσο η δεοξυριβόζη, όσο και η ριβόζη, είναι μονοσακχαρίτες.
- Στη 2-δεοξυριβόζη λείπει μια υδροξυλομάδα από τη θέση 2.



http://www.phschool.com/science/biology_place/biocoach/bioprop/ribose.html

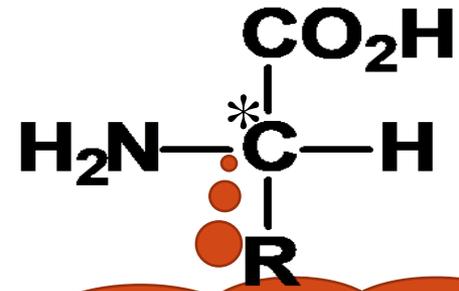
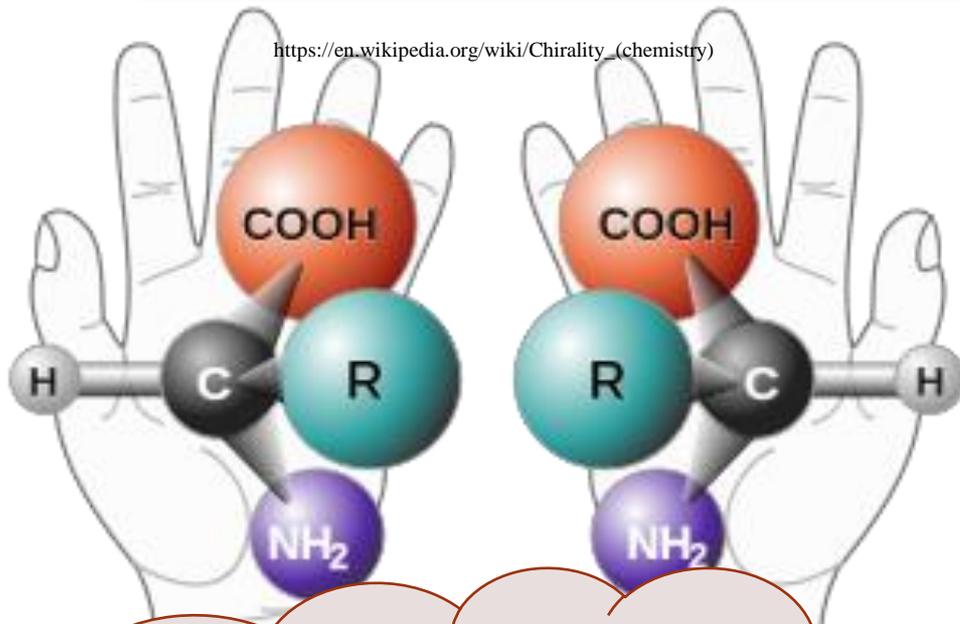
Αμινοξέα

- Οργανικά μόρια με δύο λειτουργικές ομάδες:
 - Μια βασική αμινομάδα
 - Μια όξινη καρβοξυλομάδα
- 20 είναι αυτά που παρουσιάζουν μεγάλο βιοχημικό ενδιαφέρον, διότι αποτελούν τις δομικές μονάδες των πρωτεϊνών.
- Κοινό τους χαρακτηριστικό το ότι η αμινομάδα, βρίσκεται σε α-θέση ως προς την καρβοξυλομάδα.



Αμινοξέα – Οπτικά ενεργές ενώσεις

[https://en.wikipedia.org/wiki/Chirality_\(chemistry\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Chirality_(chemistry))



ασύμμετρο άτομο C
4 διαφορετικοί
υποκαταστάτες

Έχουν την ικανότητα να στρέφουν το επίπεδο του πολωμένου φωτός, δεξιά ή αριστερά.

Όλα τα αμινοξέα, εξαιρουμένης της γλυκίνης, έχουν τουλάχιστον ένα ασύμμετρο άτομο άνθρακα και είναι οπτικά ενεργές ενώσεις.

Βιολογική σημασία αμινοξέων

Πηγή: Τρούγκος Κων/νος, Ιατρική Σχολή ΕΚΠΑ, Βιοχημεία –
Καταβολισμός αμινοξέων

- Τα αμινοξέα αποτελούν τις δομικές μονάδες των πρωτεϊνών.
- Αποτελούν πηγή αζώτου για το σχηματισμό νουκλεοτιδίων.
- Αποτελούν πηγή αζώτου για νευροδιαβιβαστές: κατεχολαμίνες, σεροτονίνη κ.λ.π..
- Είναι τα ίδια νευροδιαβιβαστές, (γλυκίνη, γλουταμικό οξύ, ασπαρτικό οξύ).
- Παίζουν ρόλο στο σχηματισμό της αίμης (πορφυρίνες).

Η βιοσύνθεση των 10 μη απαραίτητων αμινοξέων, γίνεται στο ήπαρ.

Από τα 20 πρωτεϊνικά αμινοξέα, ο οργανισμός είναι ικανός να βιοσυνθέσει μόνο τα 10. Τα υπόλοιπα τα προσλαμβάνει από τις τροφές.

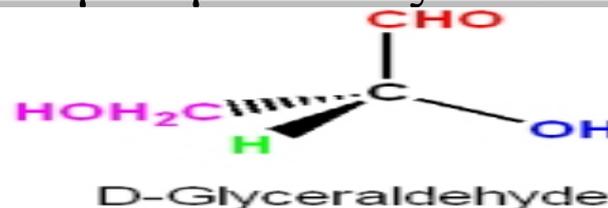
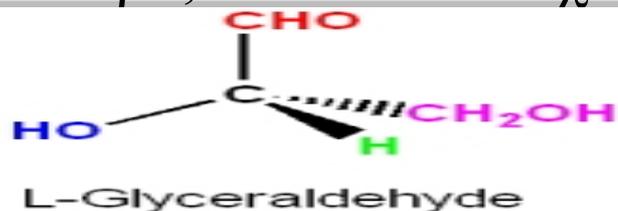
Απαραίτητα ή ημιαπαραίτητα αμινοξέα

- Τα αμινοξέα τα οποία χαρακτηρίζονται ως απαραίτητα ή ως ημιαπαραίτητα, είναι τα: **λυσίνη, λευκίνη, ισολευκίνη, βαλίνη, φαινυλαλανίνη, θρεονίνη, μεθειονίνη και τρυπτοφάνη, ιστιδίνη, αργινίνη.**
- Η **ιστιδίνη και η αργινίνη, χαρακτηρίζονται ως ημιαπαραίτητα, διότι ο οργανισμός μπορεί να τα συνθέσει με πολύ μικρό όμως ρυθμό που κάποιες φορές δεν φτάνει για να καλυφθούν οι ανάγκες του. Οργανισμοί που βρίσκονται σε ανάπτυξη, δεν μπορούν να συνθέσουν την ιστιδίνη.**

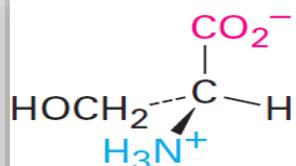
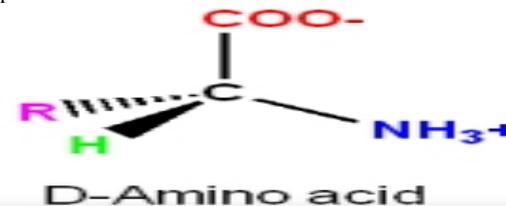
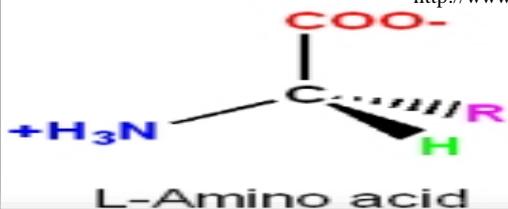
Διαιτολόγιο φτωχό σε απαραίτητα αμινοξέα, μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρές ασθένειες.

Στερεοϊσομέρεια πρωτεϊνικών αμινοξέων

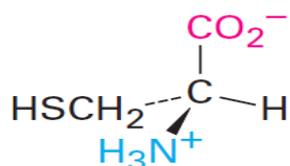
- Τα αμινοξέα των πρωτεϊνών, παρουσιάζουν L-στερεοϊσομέρεια.
- L- αμινοξέα, είναι εκείνα τα οποία έχουν την α-αμινομάδα αριστερά, ενώ D- όσα έχουν την α-αμινομάδα δεξιά.



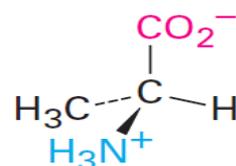
<http://www.mikeblaber.org/oldwine/BCH4053/Lecture07/Lecture07.htm>



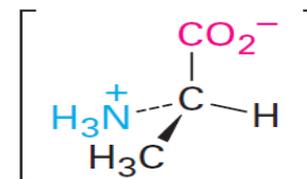
L-Serine
(S)-Serine



L-Cysteine
(R)-Cysteine



L-Alanine
(S)-Alanine

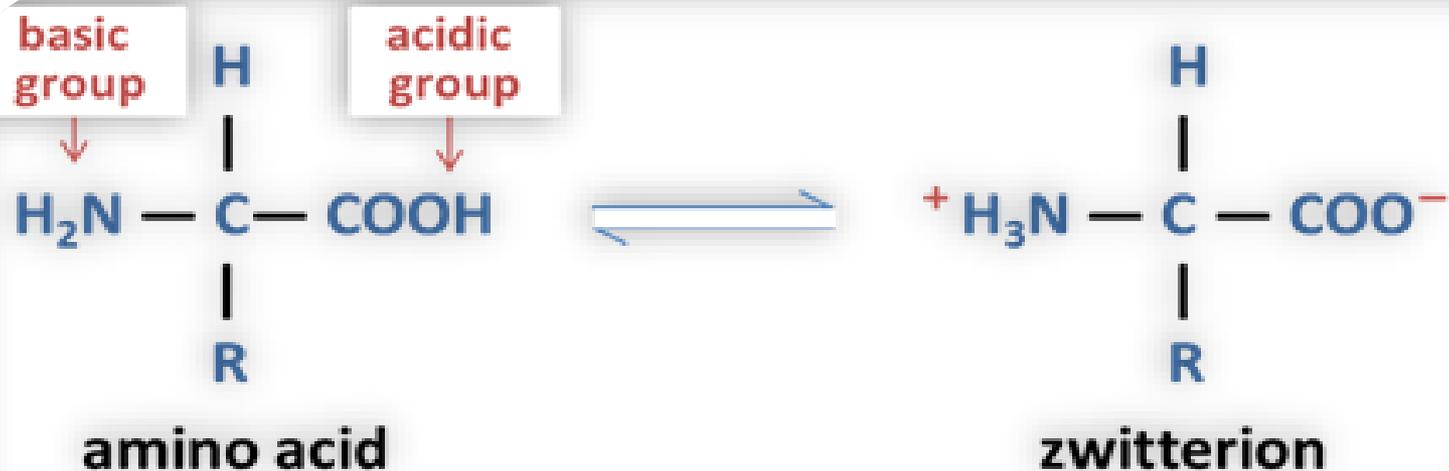


D-Alanine
(R)-Alanine

John McMurry, ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ Π.Ε.Κ.

Οξεοβασικές ιδιότητες αμινοξέων

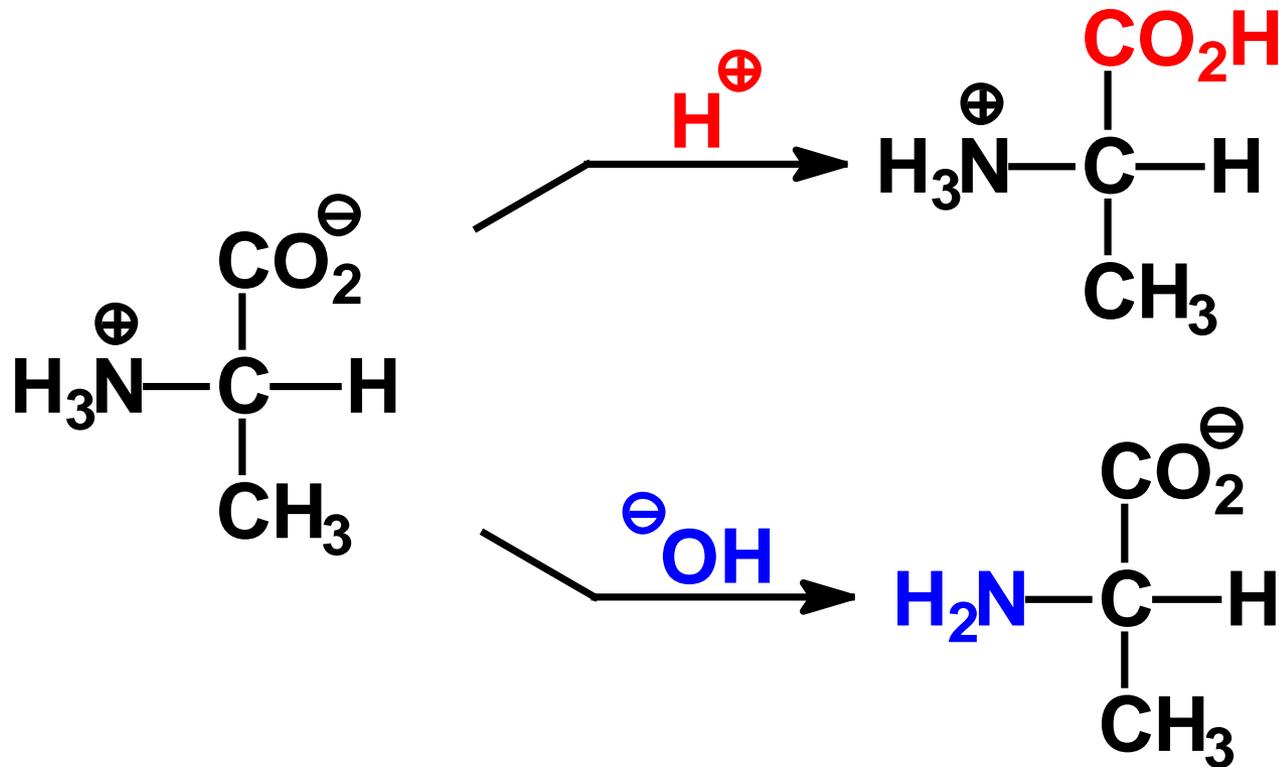
- Τα αμινοξέα είναι δυνατόν να ιονιστούν τόσο από την αμινομάδα, όσο και από την καρβοξυλομάδα.
- Για το λόγο αυτό απαντώνται συνήθως με τη μορφή διπολικών ιόντων, ή αμφοτερικών ιόντων (zwitterions).



<http://www.aqion.de/site/zwitterions>

Οξεοβασικές ιδιότητες αμινοξέων

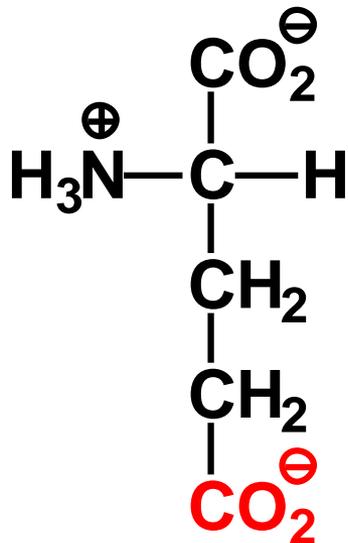
- Τα αμινοξέα, είναι αμφολύτες και είναι δυνατόν να αντιδράσουν τόσο ως οξέα, όσο και ως βάσεις:



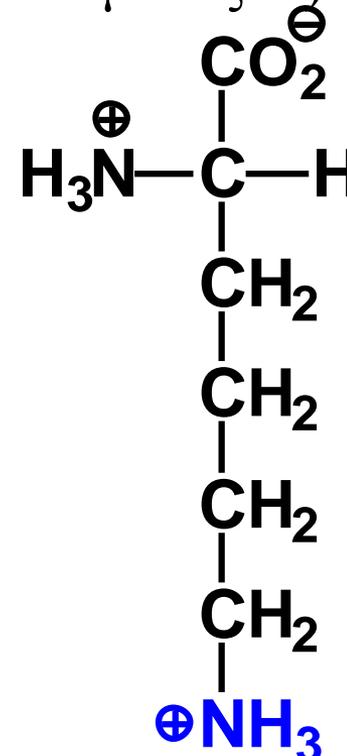
<http://chemistry.bd.psu.edu/justik/CHEM%20202/CHEM%20203%20Amino%20Acids.ppt>

Οξεοβασικές ιδιότητες αμινοξέων

- Τα αμινοξέα είναι δυνατόν να έχουν αρνητικά φορτισμένες πλευρικές ομάδες, (όξινα αμινοξέα) ή και θετικά φορτισμένες πλευρικές ομάδες, (βασικά αμινοξέα).



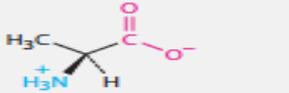
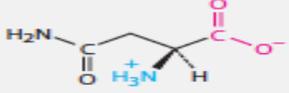
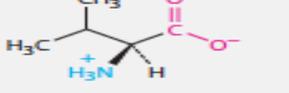
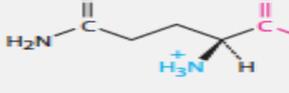
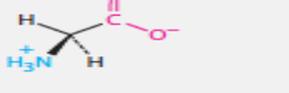
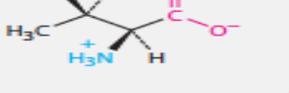
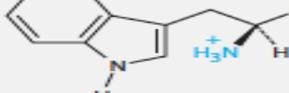
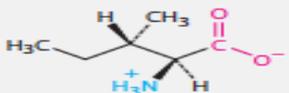
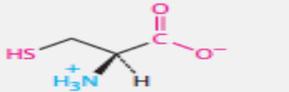
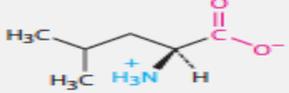
Γλουταμικό οξύ (Glu)



Λυσίνη (Lys)

Ταξινόμηση αμινοξέων

- Η ταξινόμηση των αμινοξέων, γίνεται με βάση τη δομή της πλευρικής αλυσίδας τους:
 - **Αλειφατική πλευρική αλυσίδα** – Υδρόφοβα, (όπως γλυκίνη, αλανίνη και άλλες).
 - **Πολική μη φορτισμένη πλευρική αλυσίδα** – Υδρόφιλα. Περιέχουν ομάδες που σχηματίζουν δεσμούς υδρογόνου με το νερό, για παράδειγμα ομάδες υδροξυλίου, (σερίνη, γλουταμίνη και άλλες).
 - **Όξινη** – Υδρόφιλα. Περιέχουν αρνητικά φορτισμένες ομάδες. Ασπαρτικό οξύ και γλουταμικό οξύ.
 - **Βασική** – Υδρόφιλα. Περιέχουν θετικά φορτισμένες ομάδες. Αργινίνη, ιστοιδίνη και λυσίνη.
 - **Ετεροκυκλική / Αρωματική** – Είναι δυνατόν να είναι υδρόφιλα ή υδρόφοβα.

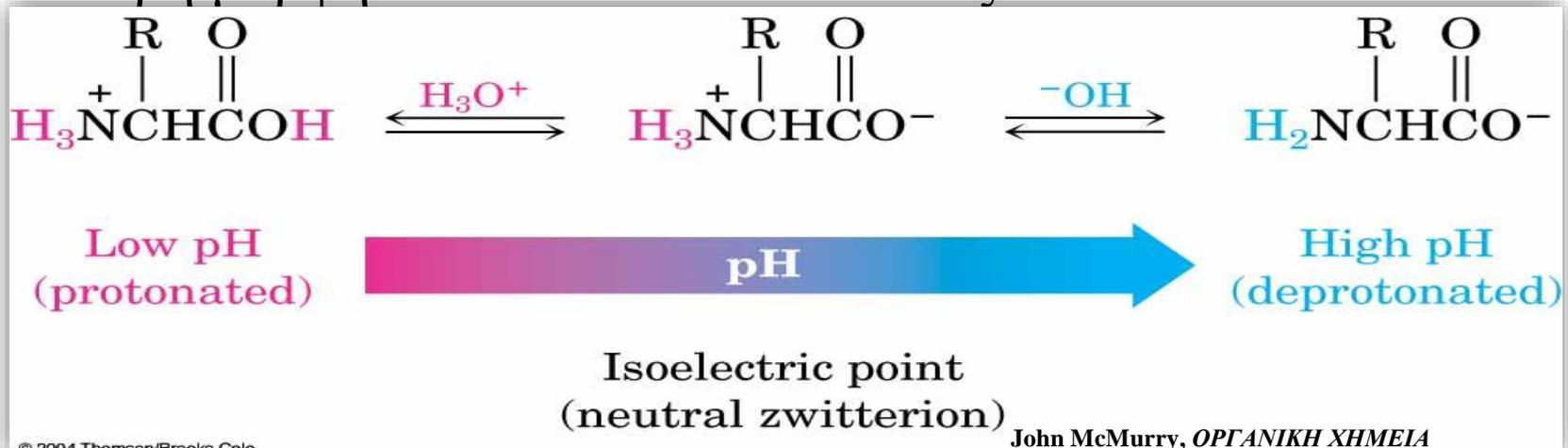
Όνομασία	Συντομογραφίες	M.B.	Δομή	pK _a α-COOH	pK _a α-NH ₃ ⁺	pK _a πλευρικής αλυσίδας	pI	
Ουδέτερα αμινοξέα								
Αλανίνη	Ala	A	89		2,34	9,69	—	6,01
Ασπαραγίνη	Asn	N	132		2,02	8,80	—	5,41
Βαλίνη	Val	V	117		2,32	9,62	—	5,96
Γλουταμίνη	Gln	Q	146		2,17	9,13	—	5,65
Γλυκίνη	Gly	G	75		2,34	9,60	—	5,97
Θρεονίνη	Thr	T	119		2,09	9,10	—	5,60
Θρυπτοφάνη	Trp	W	204		2,83	9,39	—	5,89
Ισολευκίνη	Ile	I	131		2,36	9,60	—	6,02
Κυστεΐνη	Cys	C	121		1,96	10,28	8,18	5,07
Λευκίνη	Leu	L	131		2,36	9,60	—	5,98

John McMurry, ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ ΠΕΚ

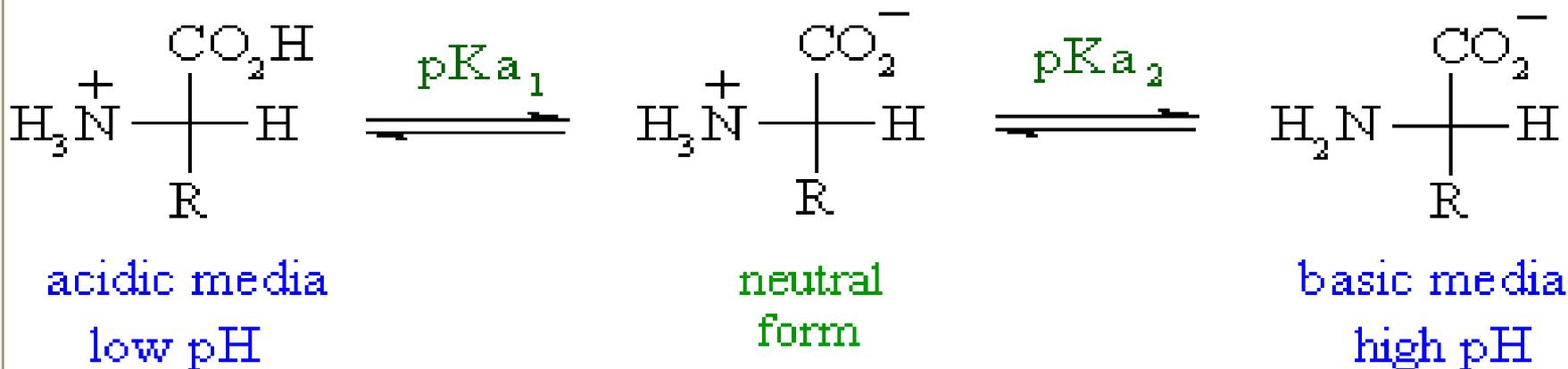
Όνομασία	Συντομογραφίες	M.B.	Δομή	pK_a α -COOH	pK_a α -NH ₃ ⁺	pK_a πλευρικής αλυσίδας	pI	
Ουδέτερα αμινοξέα (συνέχεια)								
Μεθειονίνη	Met	M	149		2,28	9,21	—	5,74
Προλίνη	Pro	P	115		1,99	10,60	—	6,30
Σερίνη	Ser	S	105		2,21	9,15	—	5,68
Τυροσίνη	Tyr	Y	181		2,20	9,11	10,07	5,66
Φαινυλαλανίνη	Phe	F	165		1,83	9,13	—	5,48
Όξινα αμινοξέα								
Ασπαρτικό οξύ	Asp	D	133		1,88	9,60	3,65	2,77
Γλουταμικό οξύ	Glu	E	147		2,19	9,67	4,25	3,22
Βασικά αμινοξέα								
Αργινίνη	Arg	R	174		2,17	9,04	12,48	10,76
Ιστιδίνη	His	H	155		1,82	9,17	6,00	7,59
Λυσίνη	Lys	K	146		2,18	8,95	10,53	9,74

Ισοηλεκτρικό σημείο

- Σε διαλύματα οξέων με χαμηλό pH, τα αμινοξέα πρωτονιώνονται και βρίσκονται με την κατιονική τους μορφή.
- Σε διαλύματα βάσης με υψηλό pH, τα αμινοξέα βρίσκονται με την ανιονική τους μορφή, διότι αποπρωτονιώνονται.
- Ισοηλεκτρικό σημείο αμινοξέος, καλείται εκείνη η ενδιάμεση τιμή pH διαλύματός του, στην οποία το αμινοξύ εξισορροπεί ανάμεσα στην ανιονική και κατιονική του μορφή και βρίσκεται με την ουδέτερη μορφή του διπολικού του ιόντος.



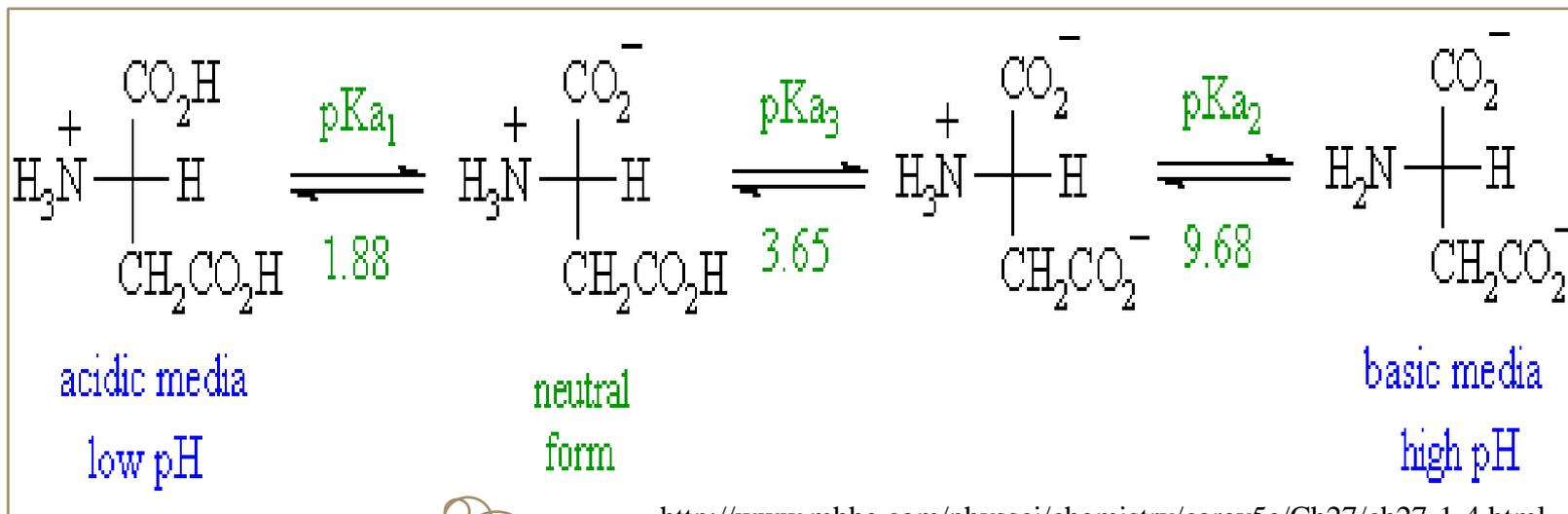
Υπολογισμός ισοηλεκτρικού σημείου ουδέτερου αμινοξέος



<http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/carey5e/Ch27/ch27-1-4.html>

$$pI = 1/2 (pKa_1 + pKa_2)$$

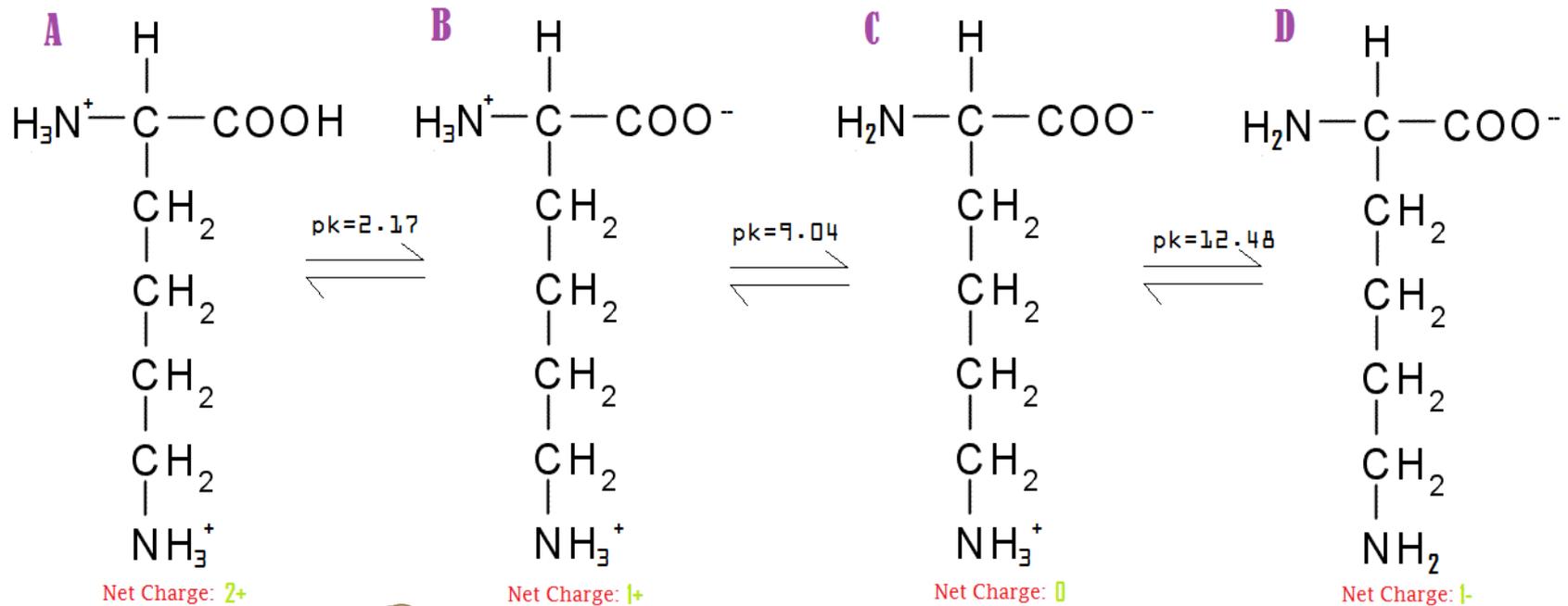
Υπολογισμός ισοηλεκτρικού σημείου αμινοξέος με όξινες πλευρικές αλυσίδες



<http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/carey5e/Ch27/ch27-1-4.html>

$$\text{pI} = 1/2 (\text{pKa}_1 + \text{pKa}_3)$$

Υπολογισμός ισοηλεκτρικού σημείου αμινοξέος με βασικές πλευρικές αλυσίδες



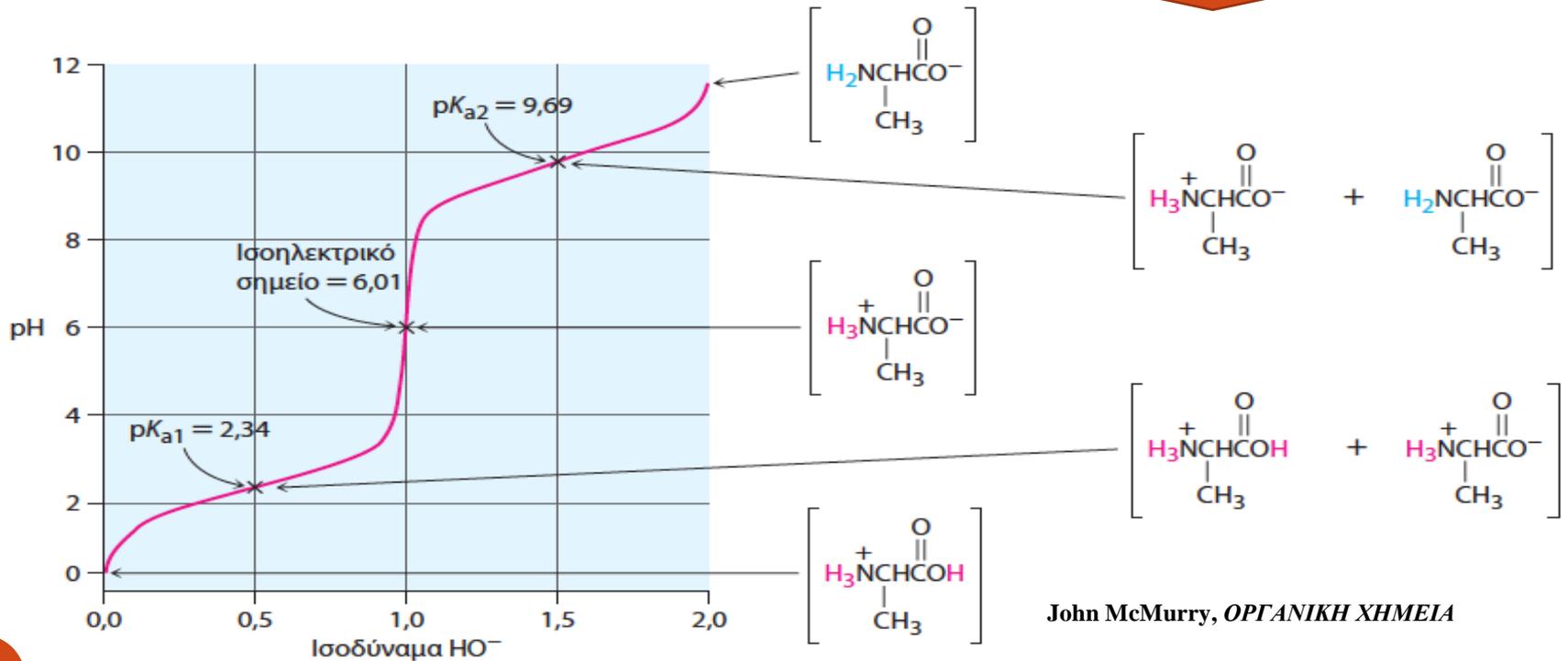
<https://biochemist01.wordpress.com/tag/equilibrium-equations/>

$$\text{pI} = 1/2 (\text{pKa}_2 + \text{pKa}_3)$$

Τιτλοδότηση ουδέτερου αμινοξέος (αλανίνης)

- Σε $\text{pH} = 2.34$, βρίσκεται σε μίγμα 50:50 της πρωτονιωμένης και της ουδέτερης μορφής. Σε $\text{pH} < 1$, βρίσκεται μόνο πρωτονιωμένη.
- Σε $\text{pH} = 9.69$, βρίσκεται σε μίγμα 50:50 της αποπρωτονιωμένης και της ουδέτερης μορφής. Πάνω από $\text{pH} = 11$ πλήρως αποπρωτονιωμένη.
- Σε $\text{pH} = 6$, βρίσκεται σε ουδέτερη μορφή.

Καμπύλη τιτλοδότησης της αλανίνης



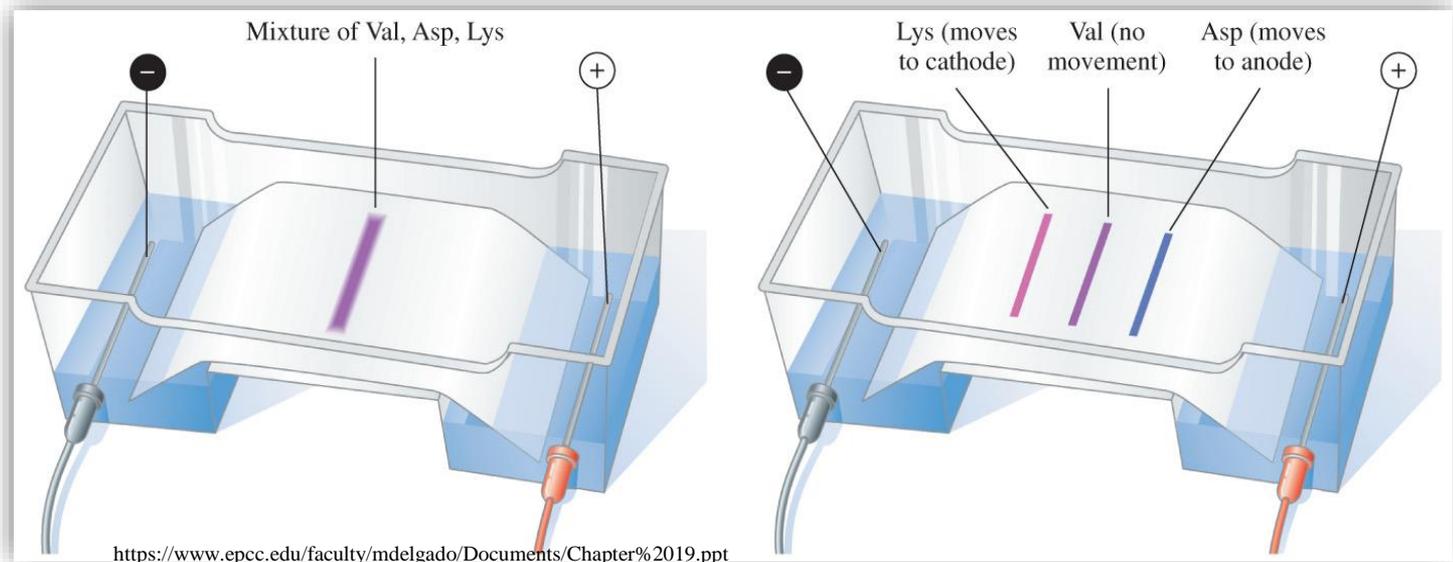
John McMurry, ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ

Διαχωρισμός αμινοξέων - Ηλεκτροφόρηση

- Οι πρωτεΐνες έχουν συνολικό pI , που εξαρτάται από την καθαρή οξύτητα / βασικότητα των πλευρικών αλυσίδων τους. Οι διαφορές pI , μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον διαχωρισμό αμινοξέων/ή και πρωτεϊνών.
- Διάλυμα διαφορετικών αμινοξέων, τοποθετείται στο κέντρο ταινίας από διηθητικό χαρτί, ή σε υδρόπηγμα, (gel), που ενυδατώνεται με υδατικό ρυθμιστικό διάλυμα συγκεκριμένου pH , ενώ στα άκρα τοποθετούνται δύο ηλεκτρόδια και εφαρμόζεται διαφορά δυναμικού.
- Τα αρνητικά αμινοξέα, (είναι αποπρωτονιωμένα, γιατί το pI τους είναι χαμηλότερο του pH του ρυθμιστικού που χρησιμοποιείται), κινούνται στο θετικό πόλο, ενώ τα θετικά στον αρνητικό με το ίδιο σκεπτικό.
- Ανάλογα με το pI του κάθε αμινοξέος και με το pH του ρυθμιστικού διαλύματος που χρησιμοποιείται, επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός τους.

Διαχωρισμός αμινοξέων - Ηλεκτροφόρηση

- Έστω μίγμα λυσίνης, (βασικό αμινοξύ), ασπαρτικού οξέος, (όξινο αμινοξύ) και βαλίνης, (ουδέτερο αμινοξύ, με pI σε $pH = 5,96$).
- Σε $pH = 5,96$ συμβαίνουν τα εξής:
 - τα μόρια της βαλίνης, είναι στη ουδέτερη μορφή και δεν μετακινούνται.
 - Τα μόρια του ασπαρτικού είναι αποπρωτονιωμένα και μετακινούνται στο θετικό πόλο (pI ασπαρτικού σε $pH = 2,77$)
 - Τα μόρια της λυσίνης κινούνται στον αρνητικό πόλο (pI σε $pH=9,74$).

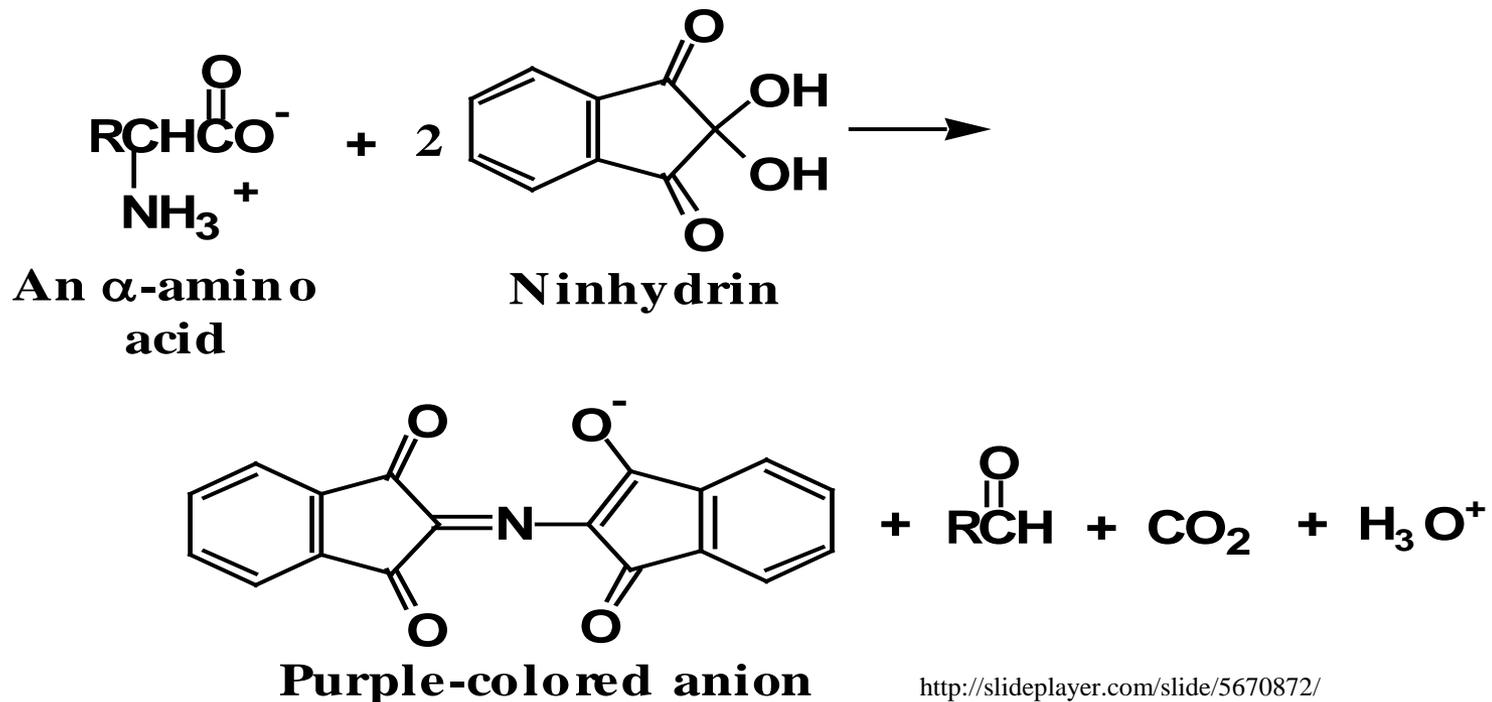


Διαχωρισμός αμινοξέων - Χρωματογραφία

- Ο διαχωρισμός των αμινοξέων, είναι δυνατόν να γίνει και χρωματογραφικά.
- Η μέθοδος στηρίζεται στις διαφορετικές διαλυτότητες των αμινοξέων στους διάφορους διαλύτες.

Ανίχνευση αμινοξέων – Αντίδραση νινιδρύνης

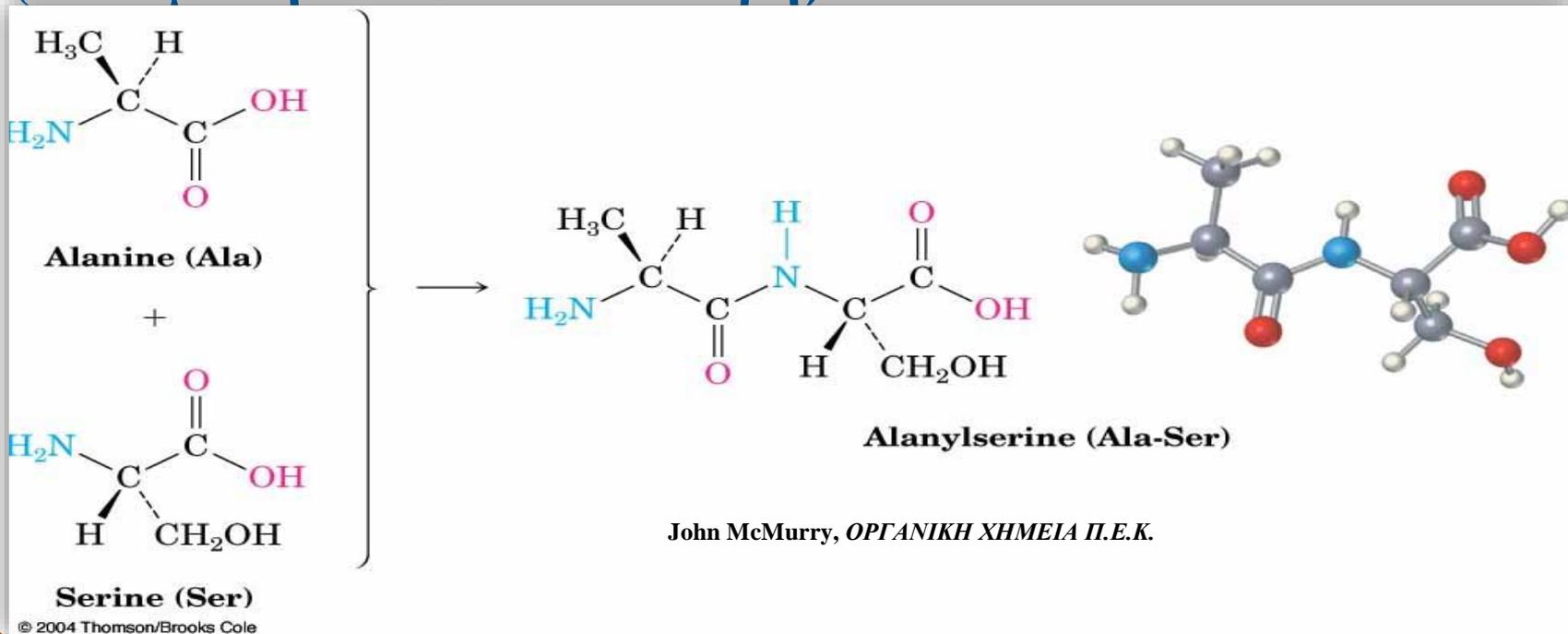
- Ένα αντιδραστήριο που χρησιμοποιείται συχνά για την ανίχνευση των αμινοξέων, είναι το διάλυμα της νινιδρύνης.
- Παρουσία αμινοξέος, λαμβάνεται χαρακτηριστική ιώδης χροιά.



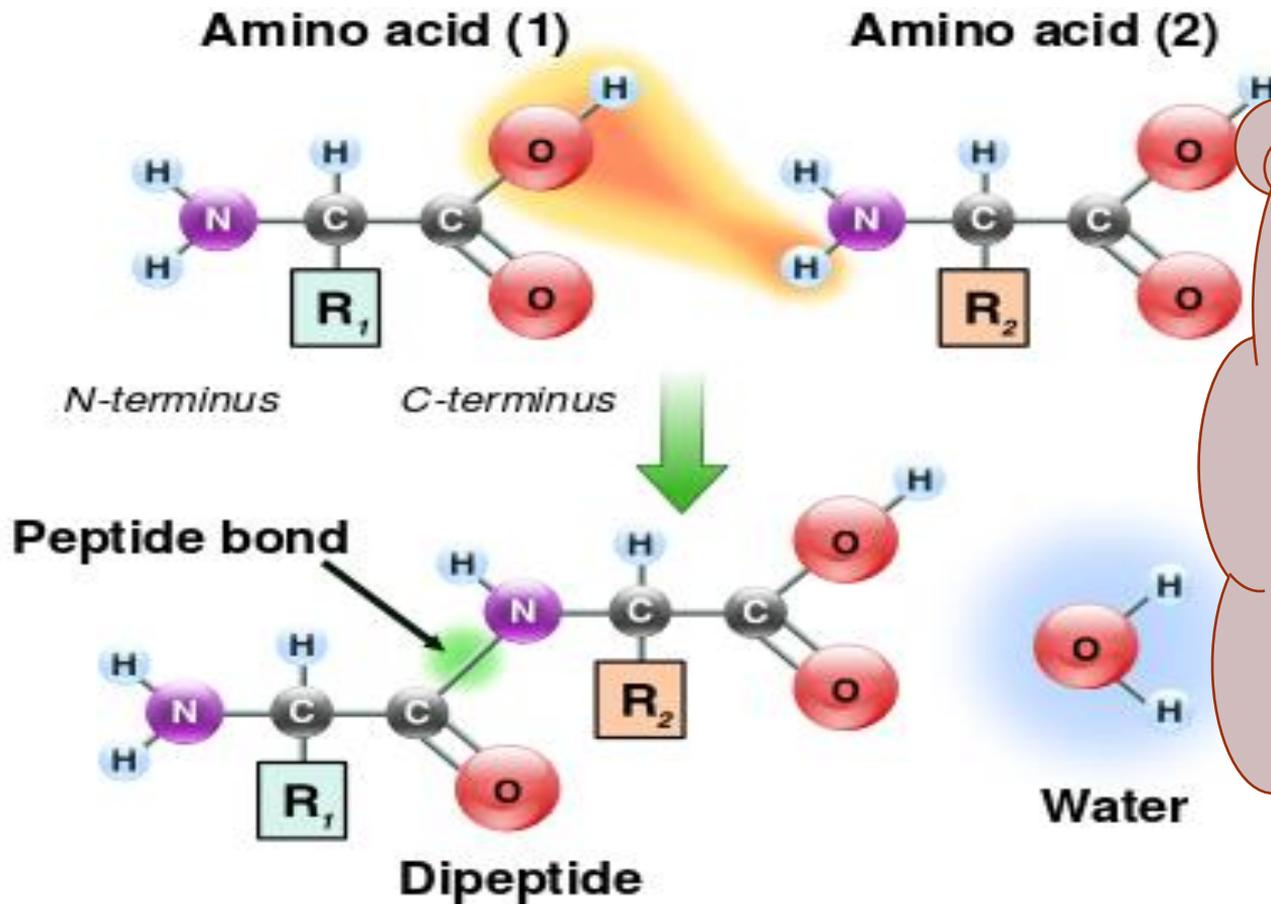
<http://slideplayer.com/slide/5670872/>

Πεπτίδια

- Είναι πολυμερή αμινοξέων. Οι δομικές μονάδες τους, ονομάζονται υπολείμματα αμινοξέων και συνδέονται με αμιδικούς ή αλλιώς πεπτιδικούς δεσμούς.
- Κατά σύμβαση τα πεπτίδια γράφονται με το N-τελικό άκρο (αυτό με ελεύθερη $-NH_2$ στα αριστερά) και το C-τελικό στα δεξιά, (αυτό με την $-COOH$ ελεύθερη).



Πεπτιδικός δεσμός

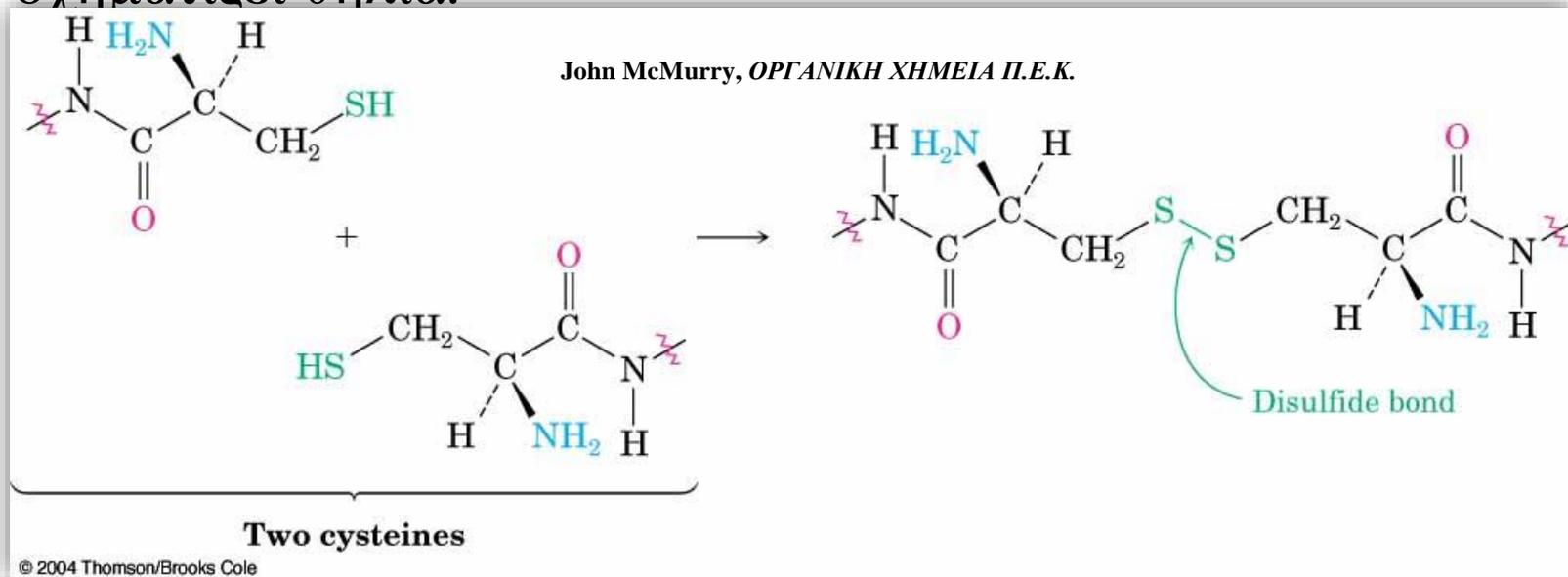


Τα α-αμινοξέα συνδέονται μεταξύ τους με πεπτιδικό δεσμό και σχηματίζουν τα πεπτίδια.

https://en.wikipedia.org/wiki/Peptide_bond

Δισουλφιδική γέφυρα

- Στα πεπτίδια ανάμεσα σε δυο μόρια κυστεΐνης, είναι δυνατόν να σχηματιστεί δισουλφιδική γέφυρα, RS-RS.
- Ο δεσμός αναπαρίσταται ως CyS-CyS, (όπου S το θείο).
- Συχνά δισουλφιδικοί δεσμοί ανάμεσα σε υπολείμματα κυστεΐνης δυο διαφορετικών αλυσίδων, συνδέουν τις αλυσίδες.
- Δισουλφιδική γέφυρα σε 2 κυστεΐνες ίδιας αλυσίδας, σχηματίζει θηλιά.



Προσδιορισμός ακολουθίας αμινοξέων

- Η ακολουθία των αμινοξέων σε μια πρωτεΐνη καθορίζεται γενετικά.
- Η ποιοτική και ποσοτική ανάλυση κάθε αμινοξέος πεπτιδίου γίνεται με ανάλυση των αμινοξέων. Πρώτα το πεπτίδιο υδρολύεται στα α-αμινοξέα του και μετά αυτά απομονώνονται και προσδιορίζονται. Τέλος βρίσκεται η ακολουθία του πεπτιδίου.
- Η πιο συνηθισμένη μέθοδος προσδιορισμού της ακολουθίας των αμινοξέων των πεπτιδίων, είναι η αποικοδόμηση Edman. Σε αυτή τη μέθοδο στηρίζεται η εύρεση της αλληλουχίας των αμινοξέων μιας πρωτεΐνης, που σήμερα βέβαια γίνεται με ειδικά όργανα αυτοματοποιημένα.
 - Προστίθεται ισοθειοκυανικό φαινύλιο στο πεπτίδιο και με τον τρόπο αυτό αποσπάται κάθε φορά ένα αμινοξύ από το N- τελικό άκρο του.

Πρωτεΐνες

- Ταξινομούνται σε δυο μεγάλες κατηγορίες:
 - Τις απλές που δίνουν κατά την υδρόλυσή τους μόνο αμινοξέα, (π.χ. η αλβουμίνη του αίματος)
 - Τις σύνθετες που είναι συνηθέστερες και εκτός από αμινοξέα δίνουν με την υδρόλυσή τους και άλλα μόρια όπως λίπη, υδατάνθρακες κ.λ.π.
- Επίσης ανάλογα με το σχήμα ταξινομούνται σε:
 - Ινώδεις
 - Σφαιρικές

Όνομασία

Εμφάνιση και χρησιμότητα

Ινώδεις πρωτεΐνες (αδιάλυτες)

Κολλαγόνα	Ζωικά δέρματα, τένοντες, συνεκτικό υλικό ιστών
Ελαστίνες	Αιμοφόρα αγγεία, σύνδεσμοι
Ινωδογόνο	Απαραίτητο για την πήξη του αίματος
Κερατίνες	Δέρμα, μαλλιά, φτερά, οπλές, μετάξι, νύχια
Μυοσίνες	Μυϊκός ιστός

Σφαιρικές πρωτεΐνες (διαλυτές)

Αιμοσφαιρίνη	Συμμετέχει στη μεταφορά του οξυγόνου
Ανοσοσφαιρίνες	Συμμετέχουν στη δράση του ανοσοποιητικού συστήματος
Ινσουλίνη	Ορμόνη που ελέγχει το μεταβολισμό της γλυκόζης
Ριβονουκλεάση	Ένζυμο που ελέγχει τη σύνθεση των RNA

John McMurry, ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ Π.Ε.Κ.

Πρωτοταγής δομή πρωτεϊνών

- Είναι η αλληλουχία των αμινοξέων μιας πρωτεΐνης.
- Στην μέθοδο αποικοδόμησης κατά Edman στηρίζονται τα σύγχρονα μηχανήματα τα οποία σήμερα προσδιορίζουν την πρωτοταγή δομή.

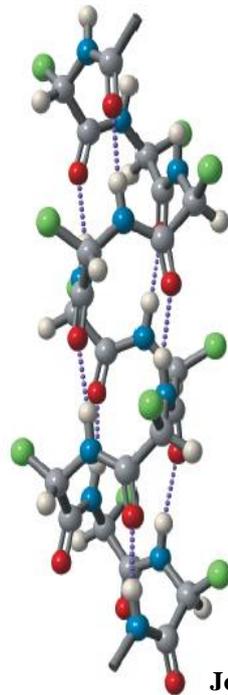
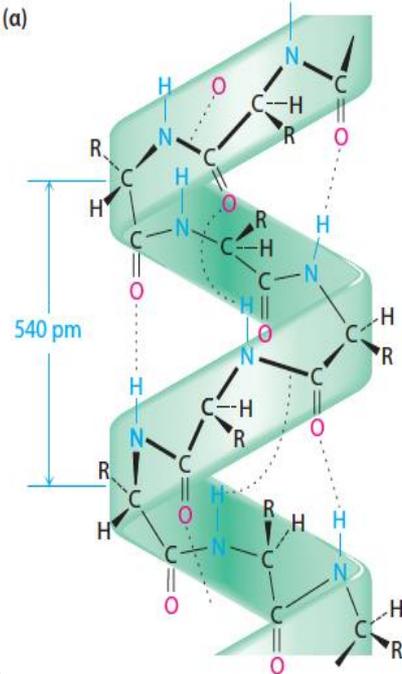
Δευτεροταγής δομή πρωτεϊνών

- Περιγράφει τις αναδιπλώσεις των τμημάτων μιας πολυπεπτιδικής αλυσίδας στο επίπεδο.
- Οι δεσμοί υδρογόνου και οι ηλεκτροστατικές αλληλεπιδράσεις, ευθύνονται για τις αναδιπλώσεις αυτές.
- Με κρυσταλλογραφία ακτίνων Χ, προσδιορίζεται η δευτεροταγής δομή των πρωτεϊνών.

Δευτεροταγής δομή πρωτεϊνών

Α-έλικα

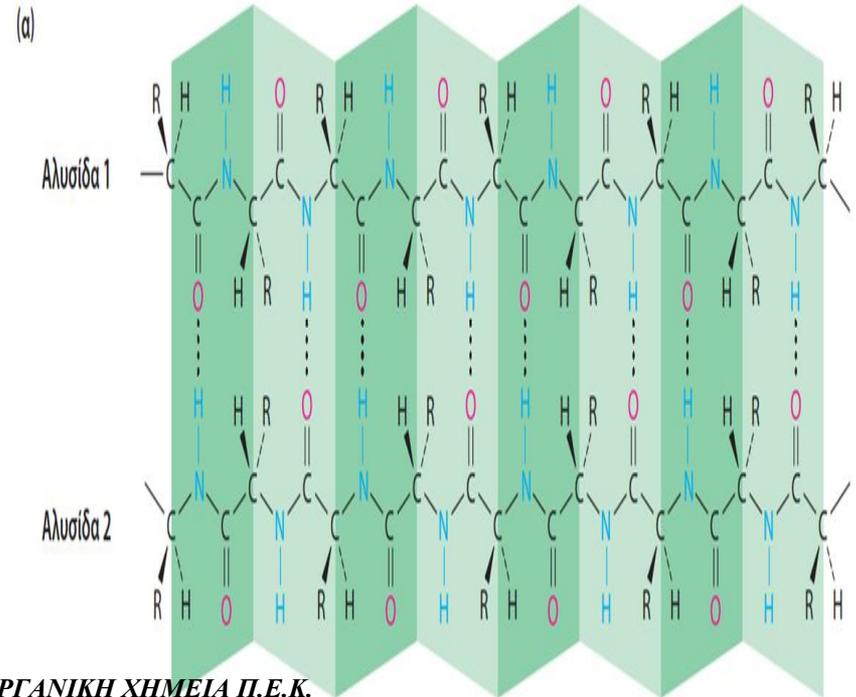
Σταθεροποιείται με δεσμούς υδρογόνου ανάμεσα σε ομάδες N-H και C=O που απέχουν κατά 4 αμινοξέα.



John McMurry, ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ Π.Ε.Κ.

Β- πτυχωτή επιφάνεια

Σταθεροποιείται με δεσμούς υδρογόνου μεταξύ παράλληλων ή αντιπαράλληλων αλυσίδων.

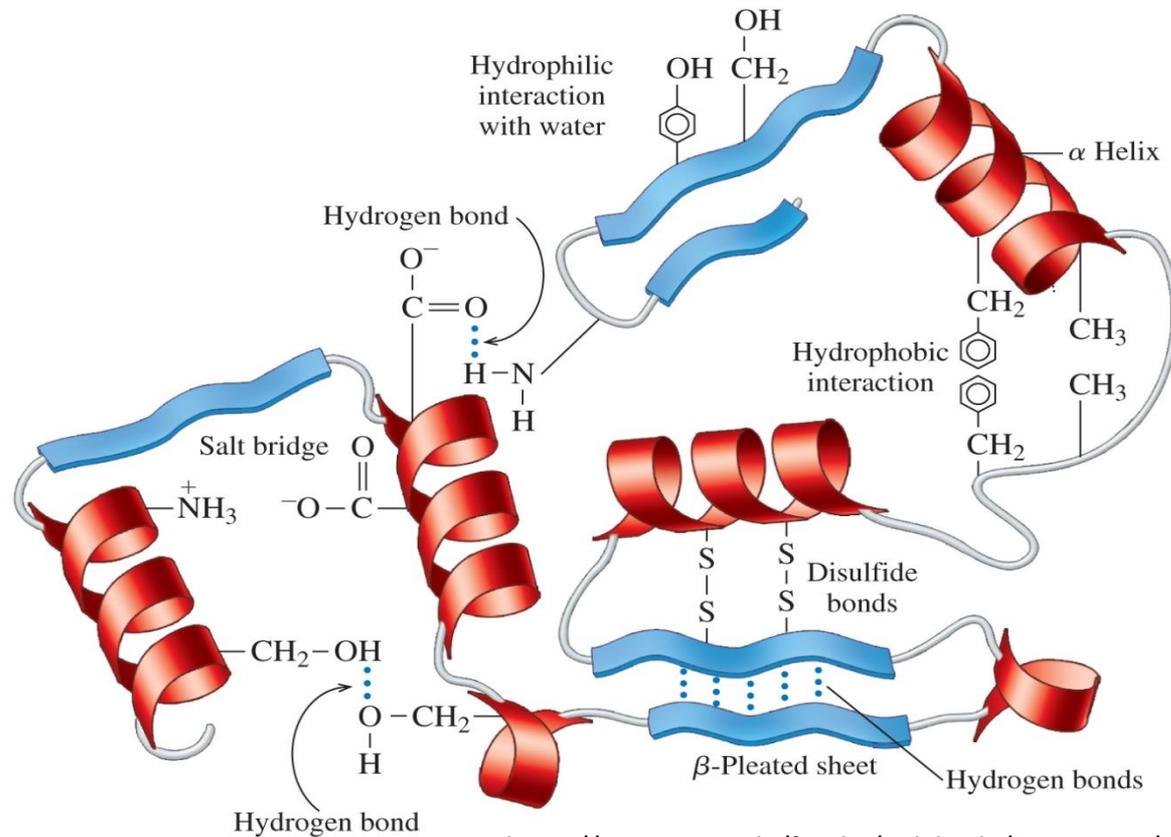


Τριτοταγής δομή πρωτεϊνών

- Περιγράφει τον τρόπο αναδίπλωσης στο χώρο όλης της πολυπεπτιδικής αλυσίδας.
- Οι δεσμοί που παίρνουν μέρος στην τριτοταγή δομή, είναι οι:
 - Δεσμοί υδρογόνου
 - Ηλεκτροστατικές έλξεις αντίθετα φορτισμένων ομάδων
 - Υδρόφοβοι δεσμοί μεταξύ υδρόφοβων ομάδων
 - Ομοιοπολικοί δισουλφιδικοί δεσμοί
 - Δυνάμεις Van der Waals
- Η τριτοταγής δομή προσδιορίζεται με κρυσταλλογραφία ακτίνων X.

Τριτοταγής δομή πρωτεϊνών

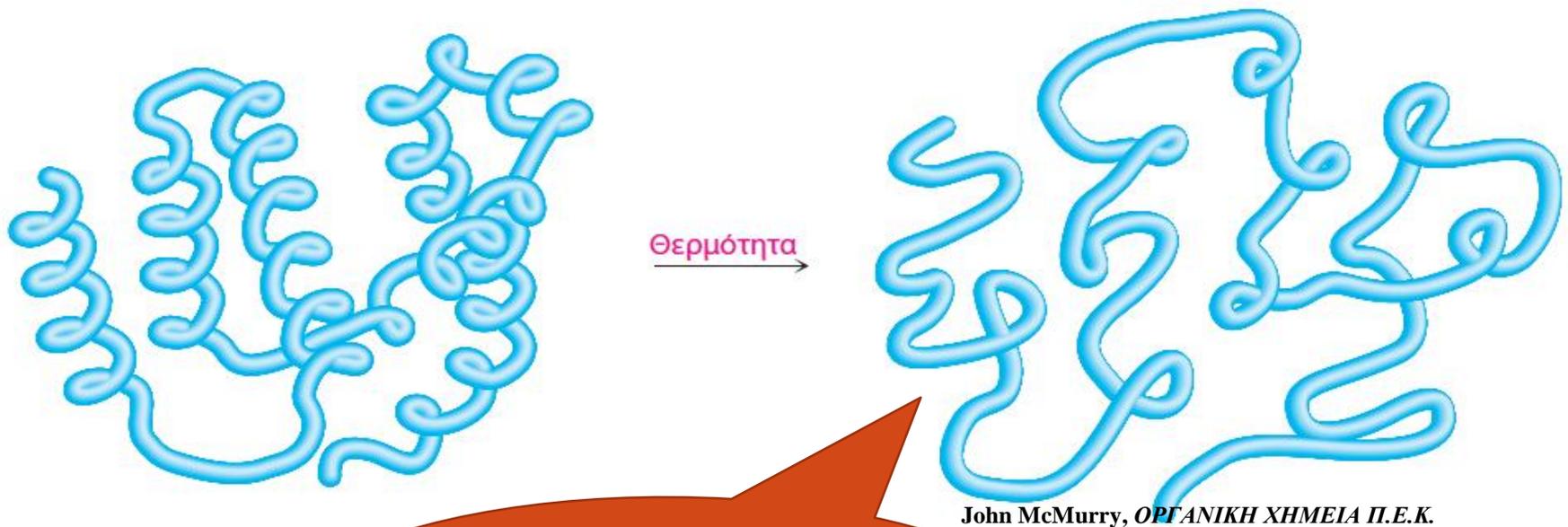
- Οι αλληλεπιδράσεις των ομάδων R δίνουν στην πρωτεΐνη την τρισδιάστατη τριτοταγή δομή της.



<https://www.epcc.edu/faculty/mdelgado/Documents/Chapter%2019.ppt>

Μετουσίωση πρωτεϊνών

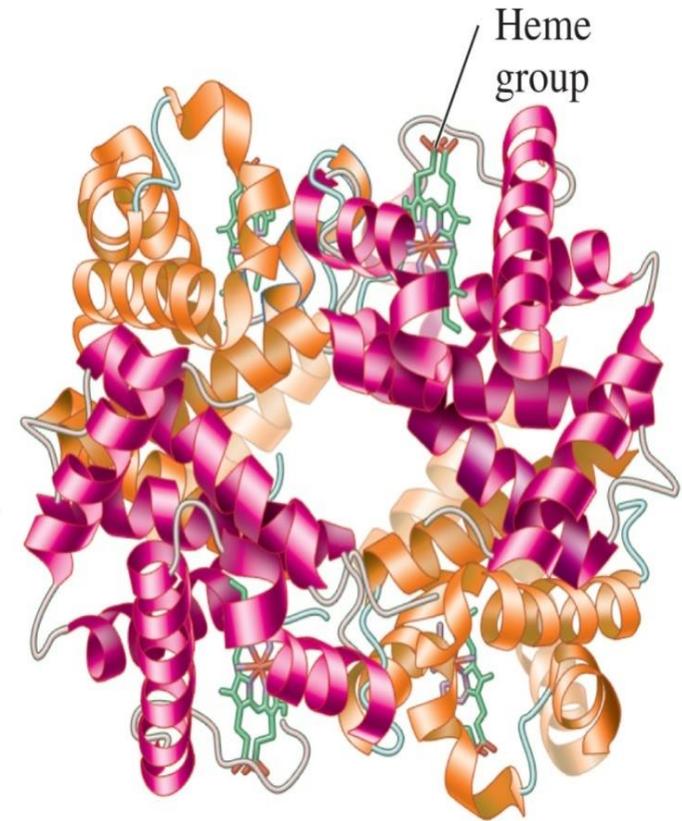
- Η καταστροφή της τριτοταγούς δομής των πρωτεϊνών, καλείται μετουσίωση πρωτεϊνών.



Η πρωτεΐνη χάνει το
σχήμα της και
αναδιπλώνεται τυχαία

Τεταρτοταγής δομή πρωτεϊνών

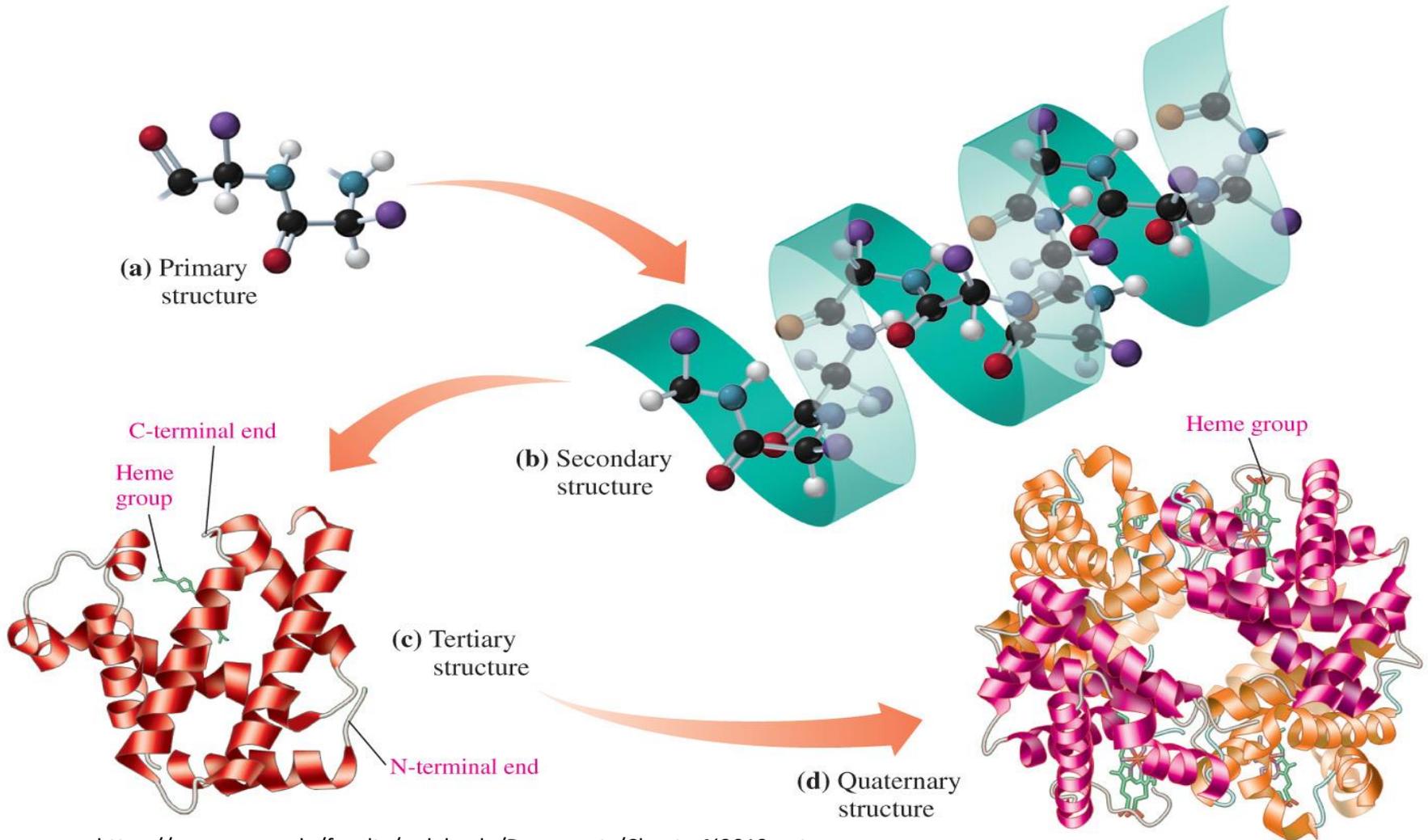
- Ίδιες ή και διαφορετικές αναδιπλωμένες πολυπεπτιδικές αλυσίδες, συνενώνονται μεταξύ τους και δίνουν μεγαλύτερα πρωτεϊνικά σύμπλοκα. Το σχήμα που παίρνουν τελικά, είναι η τεταρτοταγής δομή της πρωτεΐνης.
- Στην τεταρτοταγή δομή, παίζουν ρόλο οι ίδιες δυνάμεις που παίζουν ρόλο και στην τριτοταγή δομή.
- Η αιμοσφαιρίνη, αποτελείται από δύο άλφα και δύο βήτα πολυπεπτιδικές αλυσίδες. Η κάθε μία από αυτές συνδέεται με ένα μόριο αίμης, στο οποίο συνδέεται το οξυγόνο για τη μεταφορά του από το αίμα προς τους ιστούς.



© 2013 Pearson Education, Inc.

<https://www.epcc.edu/faculty/mdelgado/Documents/Chapter%2019.ppt>

Δομές πρωτεϊνών



<https://www.epcc.edu/faculty/mdelgado/Documents/Chapter%2019.ppt>

Λιπίδια

- Ανήκουν σε μια μεγάλη και ετερογενή κατηγορία φυσικών οργανικών ενώσεων, οι οποίες ταξινομούνται μαζί με βάση τις κοινές ιδιότητες διαλυτότητάς τους:
 - είναι αδιάλυτες στο νερό.
 - είναι διαλυτές σε απρωτικούς και με μικρή πολικότητα οργανικούς διαλύτες, όπως ο διαιθυλαιθέρας.

Τα κοινά και ιδιαίτερα χαρακτηριστικά διαλυτότητάς τους, οφείλονται στο γεγονός ότι η δομή τους περιλαμβάνει μεγάλες υδρόφοβες αλειφατικές αλυσίδες.

Ο ρόλος των λιπιδίων στον ανθρώπινο οργανισμό

- Είναι πηγή ενέργειας και ταυτόχρονα αποθηκεύουν ενέργεια στο λιπώδη ιστό.
 - Με την υδρόλυση στον οργανισμό των λιπών και των ελαίων, απελευθερώνονται λιπαρά οξέα και όταν ο οργανισμός χρειάζεται ενέργεια, αυτά διασπώνται οξειδωτικά πλήρως σε CO_2 και H_2O , ενώ απελευθερώνουν ενέργεια που αποθηκεύεται στο μόριο της ATP.
- Παίζουν ρόλο στη θερμομόνωση, βοηθώντας ώστε η θερμοκρασία του σώματος να διατηρείται σταθερή.
- Είναι βασικά συστατικά στεροειδών ορμονών, (όπως οι προσταγλαδίνες και τα εικοσανοειδή) και βιταμινών, (με αντιοξειδωτική δράση, καθώς και άλλων).

- Είναι δομικά συστατικά των μεμβρανών, (φωσφολιπίδια, χοληστερόλη, σφιγγολιπίδια).
- Προστατεύουν τα όργανα του σώματος.
- Παίζουν ρόλο στην απορρόφηση των τροφών, (χολικά άλατα).
- Παίζουν ρόλο στην ενδοκυττάρια σηματοδότηση και στην αναγνώριση μεταξύ των κυττάρων.

Ο ρόλος των λιπιδίων στα τρόφιμα

- Πηγή των απαραίτητων λιπαρών οξέων, (α-λινολενικό ω-3 και λινολεϊκό οξύ ω-6).
- Πηγή ενέργειας.
- Βελτιώνουν τόσο τη γεύση όσο και το άρωμα των τροφίμων.
- Δημιουργούν γαλακτώματα, (π.χ. μαγιονέζες).
- Συντελούν στο αίσθημα κορεσμού.
- Είναι φορείς λιποδιαλυτών βιταμινών.

Sandeep A Bailwad , Navneet Singh , Dhaval R Jani, Prashant Patil, Manas Singh, Gagan Deep, Simranjit Singh, "Alterations in Serum Lipid Profile Patterns in Oral Cancer: Correlation with Histological Grading and Tobacco Abuse" Oral health and dental management, PubMed, September 2014.

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΛΙΠΙΔΙΩΝ

ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΟΥΣ

ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥΣ

ΑΠΛΑ ΛΙΠΙΔΙΑ

- Λίπη
- Κηροί

ΣΥΝΘΕΤΑ ΛΙΠΙΔΙΑ

- Φωσφολιπίδια
- Μη φωσφορυλιωμένα λιπίδια
- Λιποπρωτεΐνες
- Σουλφο λιπίδια

ΠΑΡΑΓΩΓΑ ΛΙΠΙΔΙΑ

- Ισοπρενοΐδη
- Λιποδιαλυτές Βιταμ
- Στεροΐδη
- Κετονικά σώματα
- Λιπαρά οξέα

ΑΠΟΘΗΚΕΥΤΙΚΑ ΛΙΠΙΔΙΑ ΤΡΙΓΛΥΚΕΡΙΔΙΑ

- Λίπη
- Έλαια

ΔΟΜΙΚΑ ΛΙΠΙΔΙΑ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ

- Φωσφολιπίδια
- Μη φωσφορυλιωμένα λιπίδια

ΛΙΠΙΔΙΑ ΩΣ ΕΝΔΟΚΥΤΤΑΡΙΑ ΣΗΜΑΤΑ ΣΥΝΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ, ΧΡΩΣΤΙΚΕΣ

- Φωσφατιδυλινοσιτόλη
- Εικοσανοειδή
- Στεροειδείς ορμόνες
- Λιποδιαλυτές Βιταμίνες
- Λιπιδικές κινίνες
- Χολικά άλατα

Κηροί

Είναι μίγματα εστέρων καρβοξυλικών οξέων και αλκοολών με μεγάλες ανθρακικές αλυσίδες, όπου το καρβοξυλικό οξύ συνήθως έχει άρτιο αριθμό ατόμων C (από 24 – 36). Π.χ. ο κηρός της μέλισσας είναι εστέρας τριακοντανόλης (C₃₀) και δεκαεξανοϊκού οξέος (C₁₆).



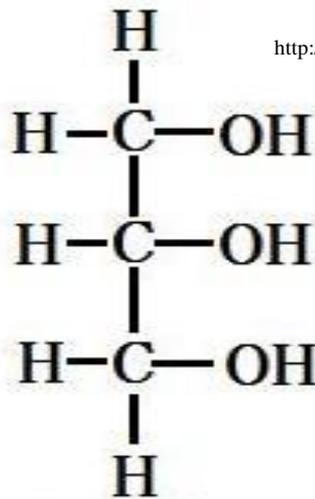
Triacontyl hexadecanoate (from beeswax)

© 2004 Thomson/Brooks Cole

Τριγλυκερίδια: Λίπη και έλαια

Είναι εστέρες γλυκερόλης με λιπαρά οξέα. Το κάθε OH, σχηματίζει εστέρα με ένα μόριο λιπαρού οξέος και τα τριγλυκερίδια είναι ουσιαστικά τριεστέρες της γλυκερόλης.

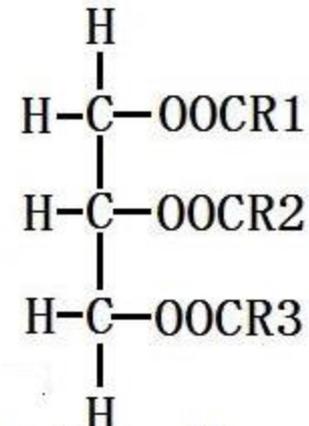
http://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB5339206.htm



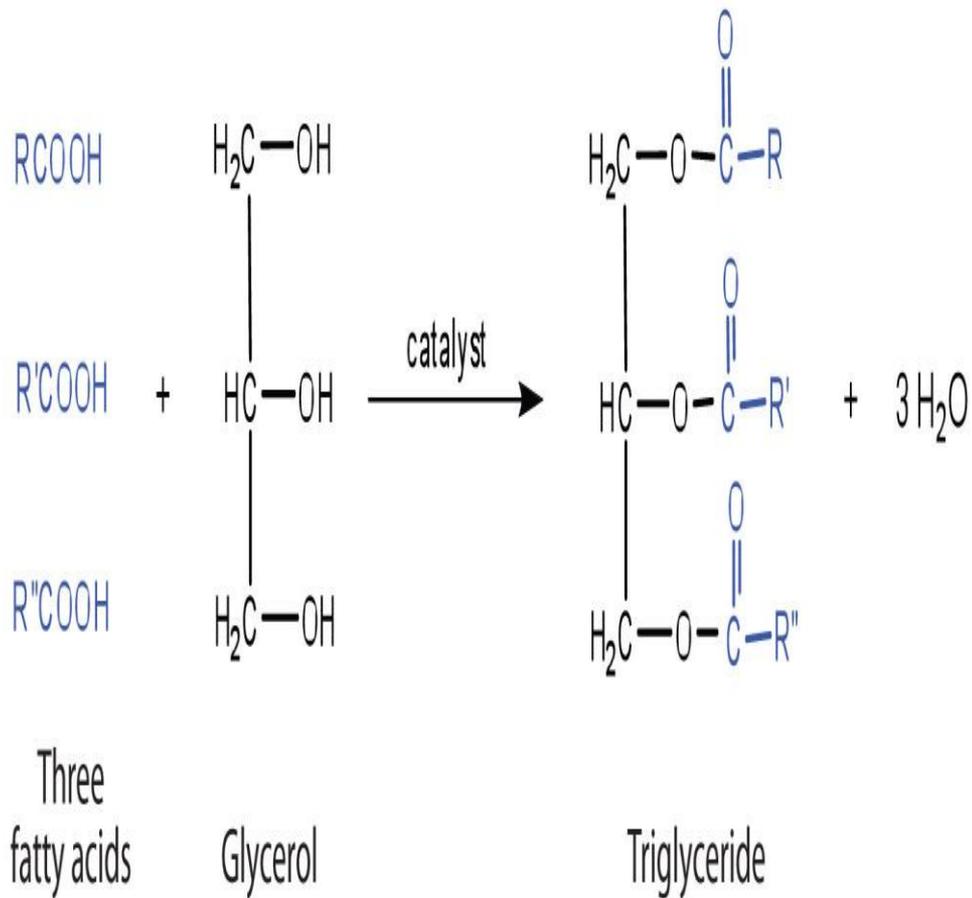
Γλυκερόλη



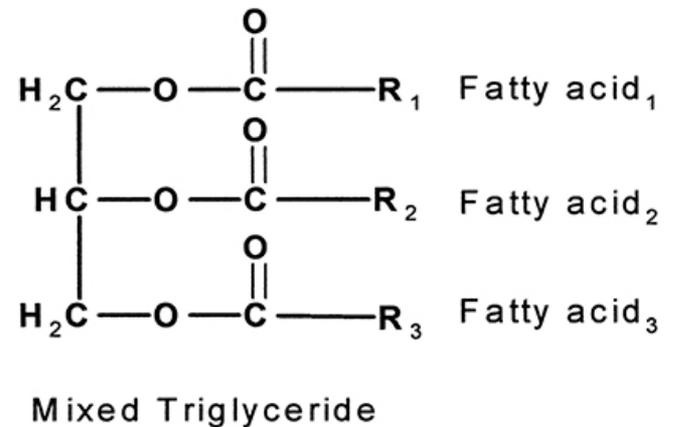
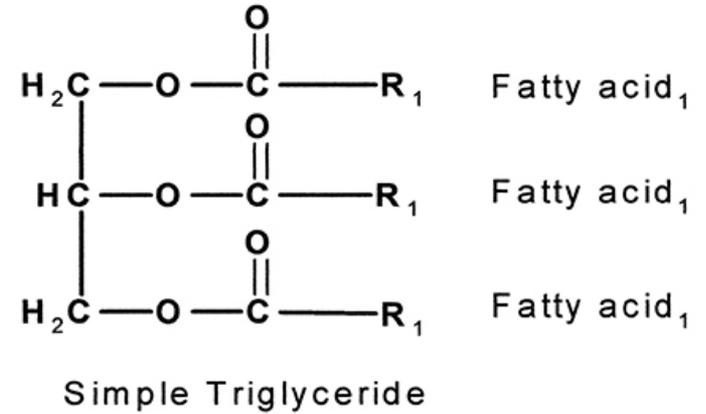
Λιπαρό οξύ



Τριγλυκερίδιο



Απλά και μικτά τριγλυκερίδια



[https://chem.libretexts.org/LibreTexts/University_of_South_Carolina_-_Upstate/USC_Upstate%3A_CHEM_U109%2C_Chemistry_of_Living_Things_\(Mueller\)/17%3A_Lipids/17.2%3A_Fats_and_Oils](https://chem.libretexts.org/LibreTexts/University_of_South_Carolina_-_Upstate/USC_Upstate%3A_CHEM_U109%2C_Chemistry_of_Living_Things_(Mueller)/17%3A_Lipids/17.2%3A_Fats_and_Oils)

<http://iseo.org/FFO/page2.html>

Λιπαρά οξέα (Fatty Acids)

- Γραμμικά αλειφατικά καρβοξυλικά οξέα, που έχουν αριθμό ατόμων C από 12 – 20.
- Είναι δυνατόν να είναι κορεσμένα, (saturated fatty acids), με απλούς δεσμούς C-C, ή ακόρεστα, (unsaturated fatty acids), με έναν ή περισσότερους διπλούς δεσμούς C=C.
- Στα ακόρεστα παρατηρείται συνήθως cis γεωμετρία καθώς επίσης και trans γεωμετρία, (σπανιότερα).
- Τα ακόρεστα διακρίνονται σε:
 - 1) μονοακόρεστα
 - 2) πολυακόρεστα



<https://eclass.hua.gr/modules/document/file.php/DIET162/%CE%94%CE%99%CE%91%CE%9B%CE%95%CE%9E%CE%95%CE%99%CE%A3/%CE%9F%CE%9D%CE%9F%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%9F%CE%9B%CE%9F%CE%93%CE%99%CE%91%20%CE%93%CE%9B%CE%A5%CE%9A%CE%95%CE%A1%CE%99%CE%94%CE%99%CE%A9%CE%9D.pdf>

Κορεσμένα λιπαρά οξέα (saturated fatty acids)

- Τα πιο διαδεδομένα κορεσμένα λιπαρά οξέα, είναι το παλμιτικό οξύ (C_{16}) και το στεατικό οξύ (C_{18}).

John McMurry, *ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ*



Στεατικό οξύ

Μονοακόρεστα και πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (Unsaturated and polyunsaturated fatty acids)

- Παράδειγμα μονοακόρεστου λιπαρού οξέος είναι το ελαιικό οξύ, με έναν δ.δ. $C=C$ και C_{18} , ενώ παράδειγμα πολυακόρεστου λιπαρού οξέος, αποτελεί το λινελαϊκό οξύ με 2 δ.δ. $C=C$ και επίσης C_{18} .



John McMurry, *ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ*



Linolenic acid, a polyunsaturated fatty acid (PUFA)

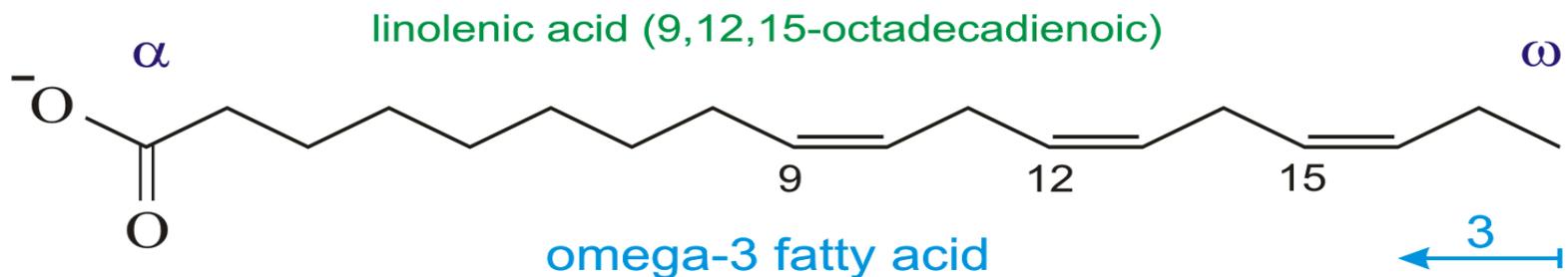
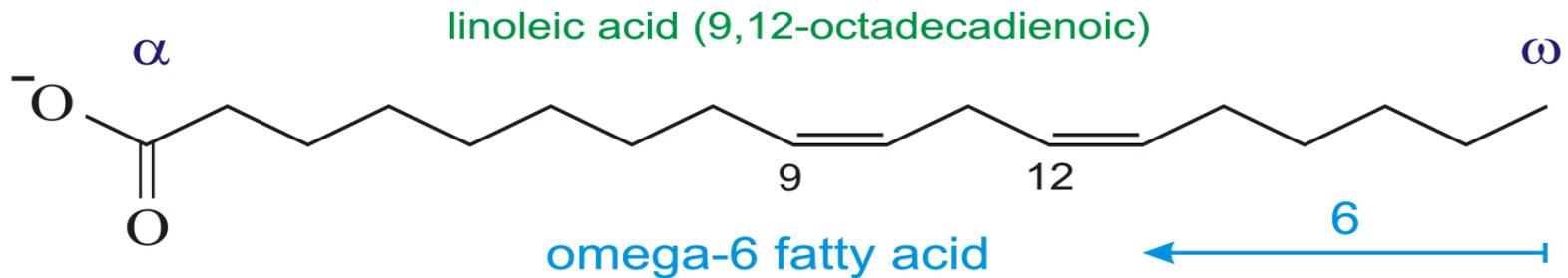
Φυσικές ιδιότητες τριγλυκεριδίων

- Οι φυσικές ιδιότητες εξαρτώνται από τα συστατικά λιπαρών οξέων.
- Το σημείο τήξης αυξάνεται καθώς αυξάνεται ο αριθμός των ανθράκων στις υδρογονανθρακικές αλυσίδες. Το σημείο τήξεως μειώνεται, καθώς αυξάνεται ο αριθμός των διπλών δεσμών.

- **Έλαια:** Είναι τα τριγλυκερίδια που προέρχονται από φυτικές πρώτες ύλες και είναι πλούσια σε ακόρεστα λιπαρά οξέα. Είναι υγρά σε θερμοκρασία δωματίου.
- **Λίπη:** Είναι τα τριγλυκερίδια που προέρχονται από ζωϊκούς οργανισμούς, είναι πλούσια σε κορεσμένα λιπαρά οξέα. Σε θερμοκρασία δωματίου είναι ημιστερεά .

Ονομασία ακόρεστων λιπαρών με το σύστημα ωμέγα

- Ο όρος “ ω ”, δηλώνει την απόσταση που έχει ο πρώτος διπλός δεσμός από το άκρο της αλιφατικής αλυσίδας.



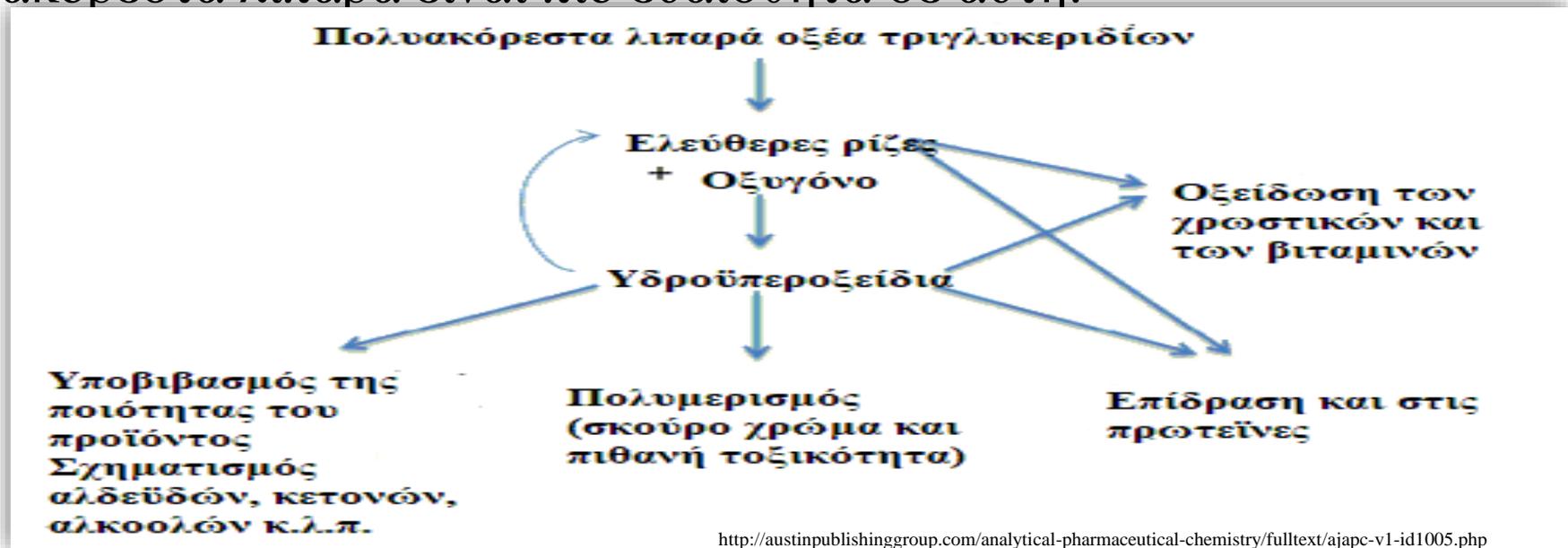
Υδρογόνωση ελαίων

- Με την υδρογόνωση των ακόρεστων λιπαρών οξέων των ελαίων, (προσθήκη αέριου H_2 παρουσία καταλύτη Ni), οι διπλοί δεσμοί μετατρέπονται σε απλούς και το σημείο τήξεως αυξάνεται, με αποτέλεσμα τα έλαια να μετατρέπονται σε μαργαρίνη.
- Η όλη διαδικασία ονομάζεται σκλήρυνση ελαίων.



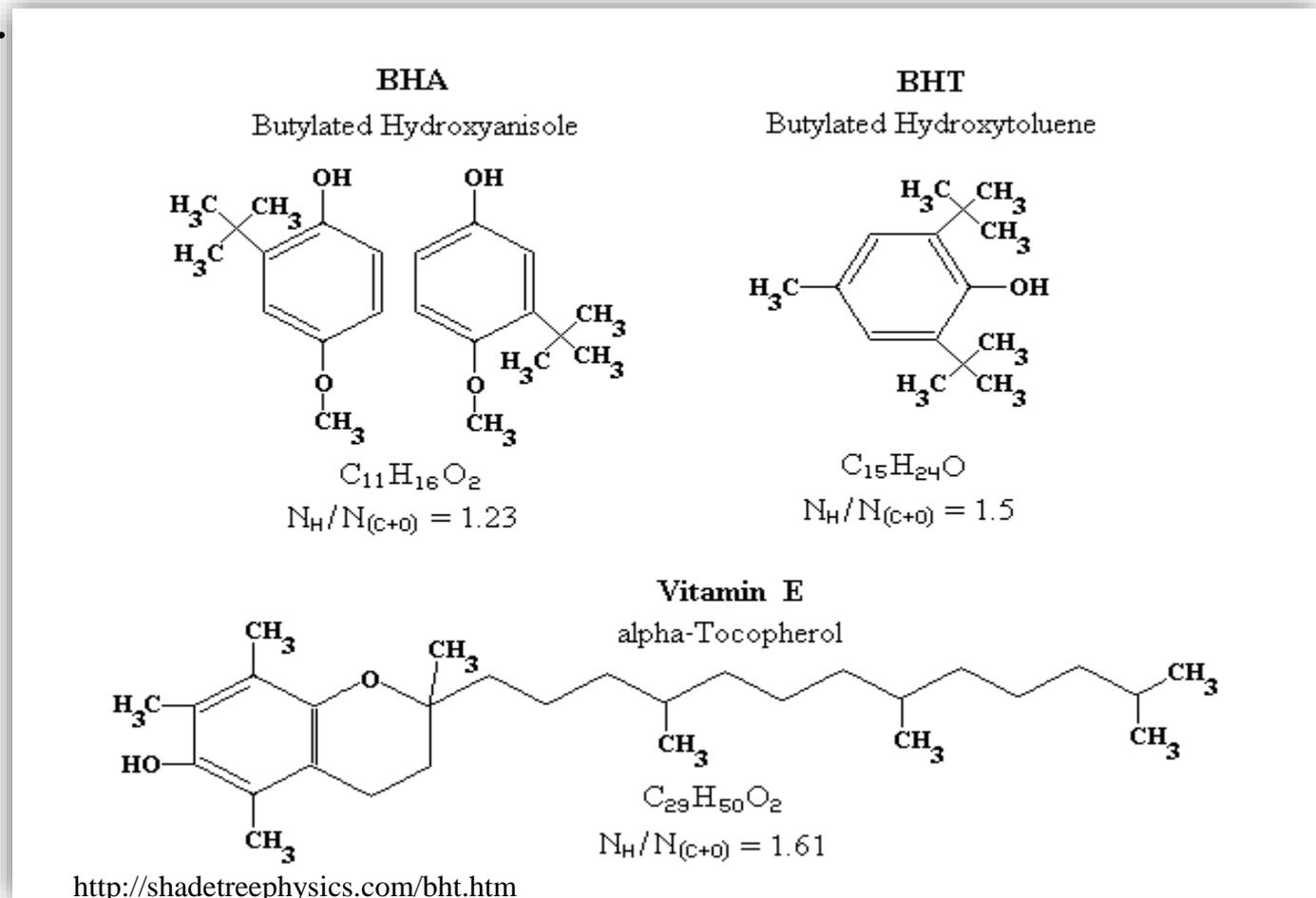
Οξείδωση λιπαρών ουσιών τροφίμων: τάγγισμα

- Συμβαίνει όταν οι λιπαρές ουσίες αποθηκεύονται για πολύ στο φως ή σε υψηλές T και παρουσία του O₂ της ατμόσφαιρας.
- Μπορεί να γίνει και από μικροοργανισμούς παρουσία υγρασίας.
- Συμβαίνει μέσω μηχανισμού ελευθέρων ριζών. Ξεκινά με σχηματισμό ελεύθερης ρίζας στην αλυσίδα λιπαρού οξέος. Ευνοείται σε γειτονικές θέσεις σε διπλούς δεσμούς, άρα τα ακόρεστα λιπαρά είναι πιο ευαίσθητα σε αυτή.



Αντιοξειδωτικά

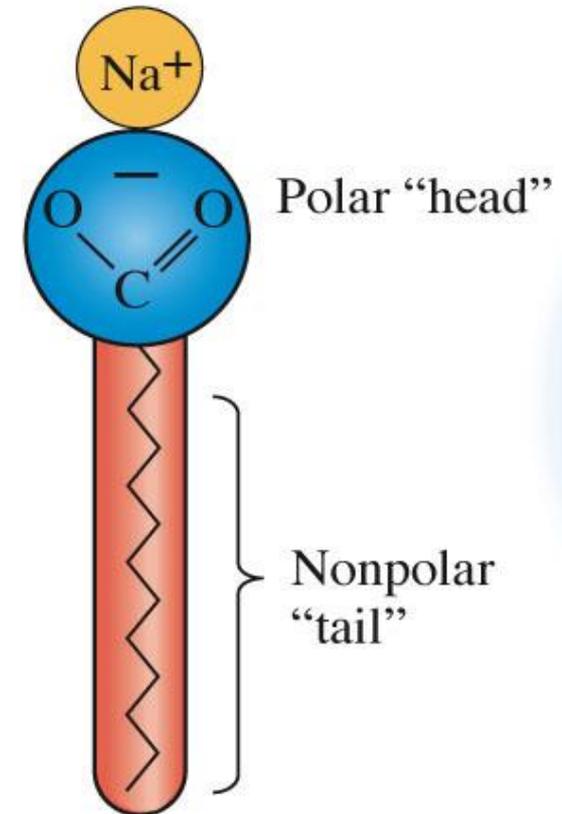
- Τα αντιοξειδωτικά που προστίθενται εξουδετερώνουν τις υπεροξειδικές ρίζες κι έτσι σταματά το στάδιο διάδοσης της οξείδωσης.



Καθαριστική δράση σαπώνων

(a) A soap

- Τα άλατα των λιπαρών οξέων, αποτελούνται από δύο τμήματα.
- Την κεφαλή, δηλαδή το καρβοξυλικό άκρο του μορίου μακριάς αλυσίδας που είναι ιοντικό και επομένως κατά προτίμηση διαλύεται σε νερό.
- Την ουρά, δηλαδή τη μακριά αλυσίδα του υδρογονάνθρακα, που είναι μη πολική, υδρόφοβη και λιπόφιλη.

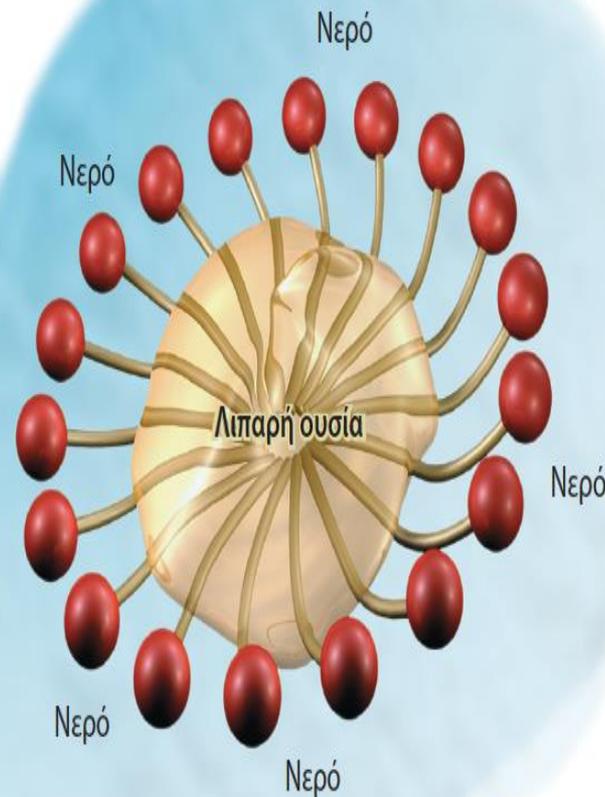


© Brooks/Cole, Cengage Learning

Καθαριστική δράση σαπώνων

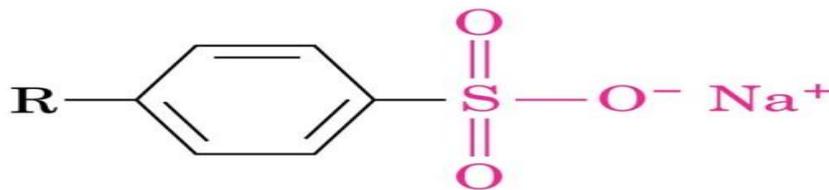
- Ένα άλας λιπαρού οξέος σε νερό, σχηματίζει σφαίρα.
- Οι υδρόφοβες ουρές, συσπειρώνονται στο εσωτερικό της σφαίρας, απωθώντας το νερό.
- Οι υδρόφιλες κεφαλές, είναι στην επιφάνεια της σφαίρας σε επαφή με το νερό. Τέτοιου είδους δομές λέγονται μικκύλια και συνολικά διαλύονται στο νερό.
- Τα λίπη, είναι υδρόφοβα, άρα τείνουν να συσσωματώνονται στο εσωτερικό του μικκυλίου κι έτσι απομακρύνονται με αυτό. (Το μικκύλιο είναι το «μέσο» που απομακρύνει τους ρύπους).

John McMurry, ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ Π.Ε.Κ.



Συνθετικά απορρυπαντικά

- Σε σκληρό νερό, (περιέχει ιόντα Ca^{2+} και Mg^{2+}), τα ευδιάλυτα καρβοξυλικά άλατα του Na, μετατρέπονται σε αδιάλυτα Mg και Ca, αφήνοντας γλοιώδη υπολείμματα σε είδη υγιεινής και λεκέδες στα ρούχα.
- Τα συνθετικά απορρυπαντικά, (άλατα ακυλοβενζολοσουλφονικών οξέων) αντιμετωπίζουν τα προβλήματα αυτά.
- Η δράση τους βασίζεται στην ίδια αρχή. Το αλκυλοβενζολικό άκρο έλκεται εκλεκτικά από το ρύπο, ενώ το φορτισμένο σουλφονικό από το νερό.

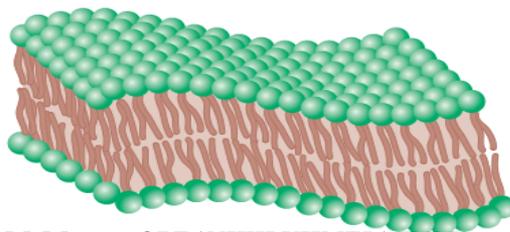


A synthetic detergent
(R = a mixture of C₁₂ aliphatic chains)

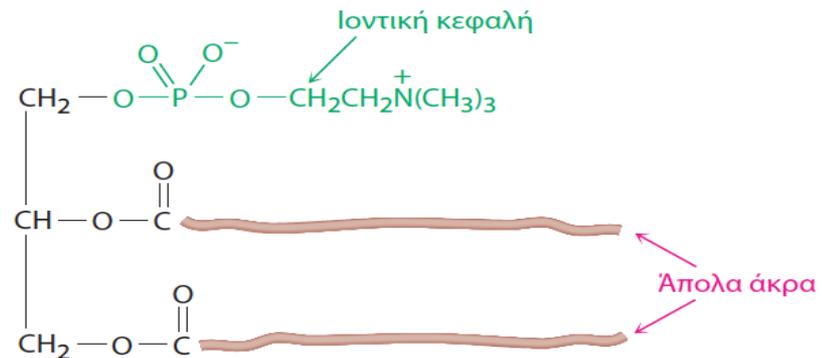
© 2004 Thomson/Brooks Cole

Φωσφολιπίδια

- Τα φωσφολιπίδια, είναι εστέρες του H_3PO_4 . Υπάρχουν δύο κύρια είδη, τα φωσφογλυκερίδια και τα σφιγγολιπίδια.
- Τα φωσφογλυκερίδια έχουν σημαντική βιολογική δράση, γιατί είναι οι δομικοί λίθοι της πλασματικής κυτταρικής μεμβράνης.
- Είναι ανάλογα με τα τριγλυκερίδια, αλλά ένα από τα τρία λιπαρά οξέα, αντικαταστάθηκε με παράγωγο του φωσφορικού οξέος.

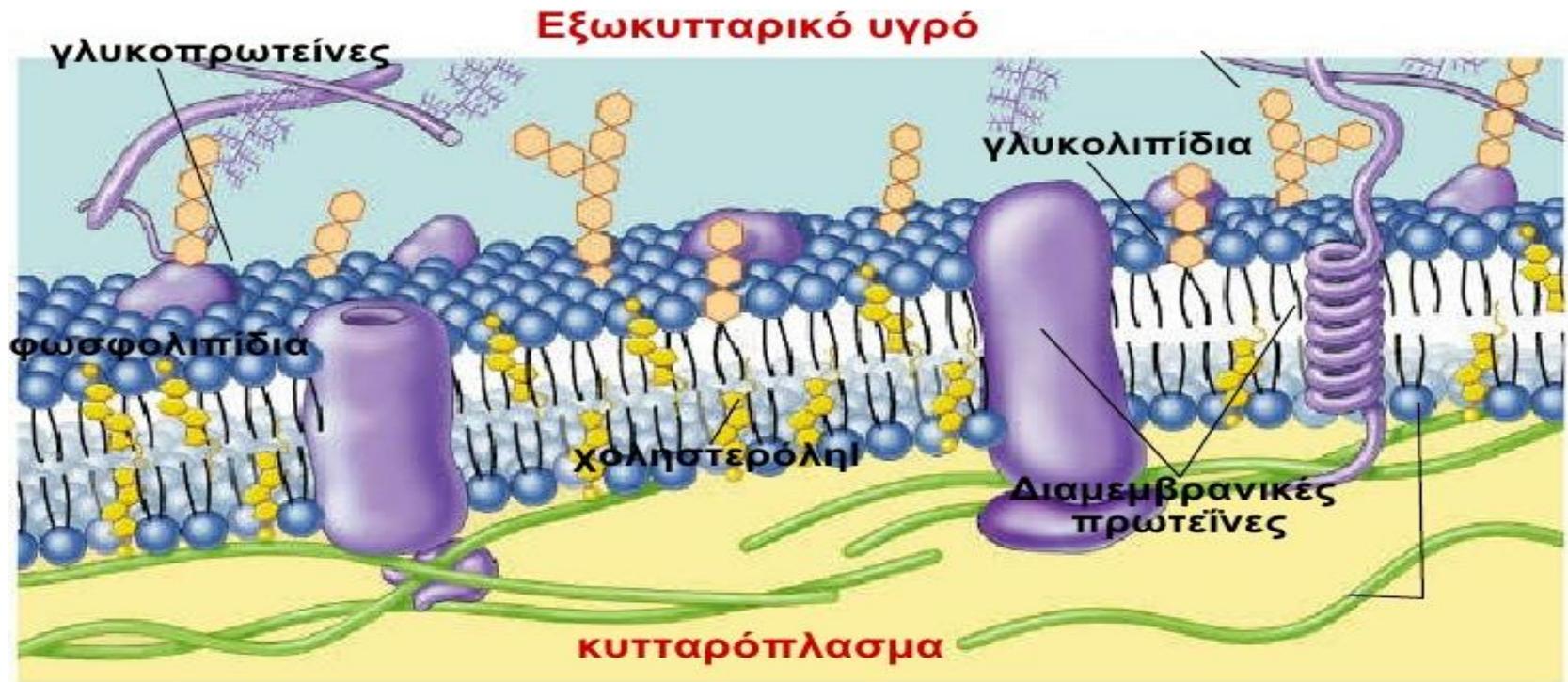


John McMurry, *ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ Π.Ε.Κ.*



Μοντέλο ρευστού μωσαϊκού πλασματικής κυτταρικής μεμβράνης (1972 Singer and Nicolson)

- Τα μόρια των φωσφολιποειδών είναι διατεταγμένα σε ένα διπλό στρώμα, έχοντας τη δυνατότητα να κινούνται πλαγίως, προσδίδοντας έτσι στη μεμβράνη ρευστότητα.
- Το εσωτερικό της μεμβράνης είναι εντελώς υδρόφοβο.

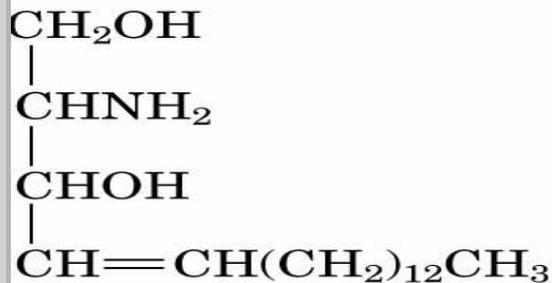


<https://www.slideshare.net/xenopoulou/ss-2688918>

Σφιγγολιπίδια

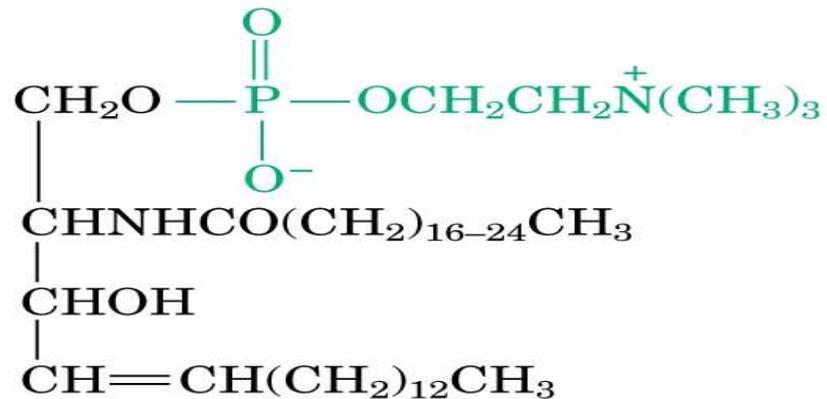
- Η άλλη κύρια ομάδα φωσφολιπιδίων.
- Κύριο συστατικό τους έχουν τη σφιγγοσίνη ή κάποια συγγενική διυδροξυαμίνη.
- Συστατικά φυτικών και ζωικών κυτταρικών μεμβρανών.
- Άφθονα στον εγκέφαλο και στους νευρικούς ιστούς. Οι σφιγγομυελίνες είναι τα κύρια συστατικά του περιβλήματος των νευρικών ινών.

John McMurry, *ΟΡΓΑΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ*



Sphingosine

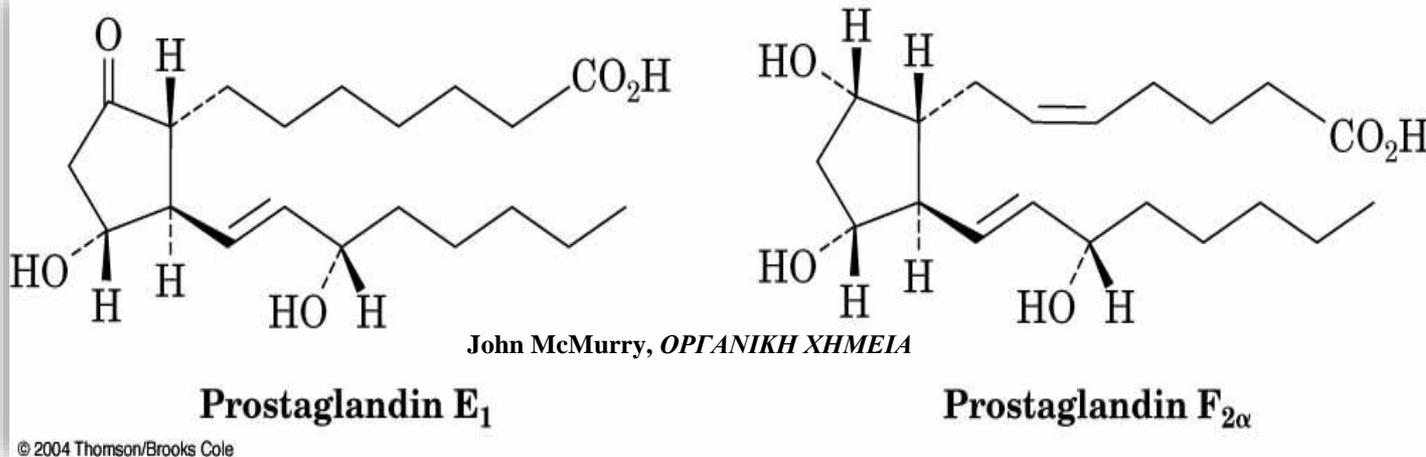
© 2004 Thomson/Brooks Cole



A sphingomyelin

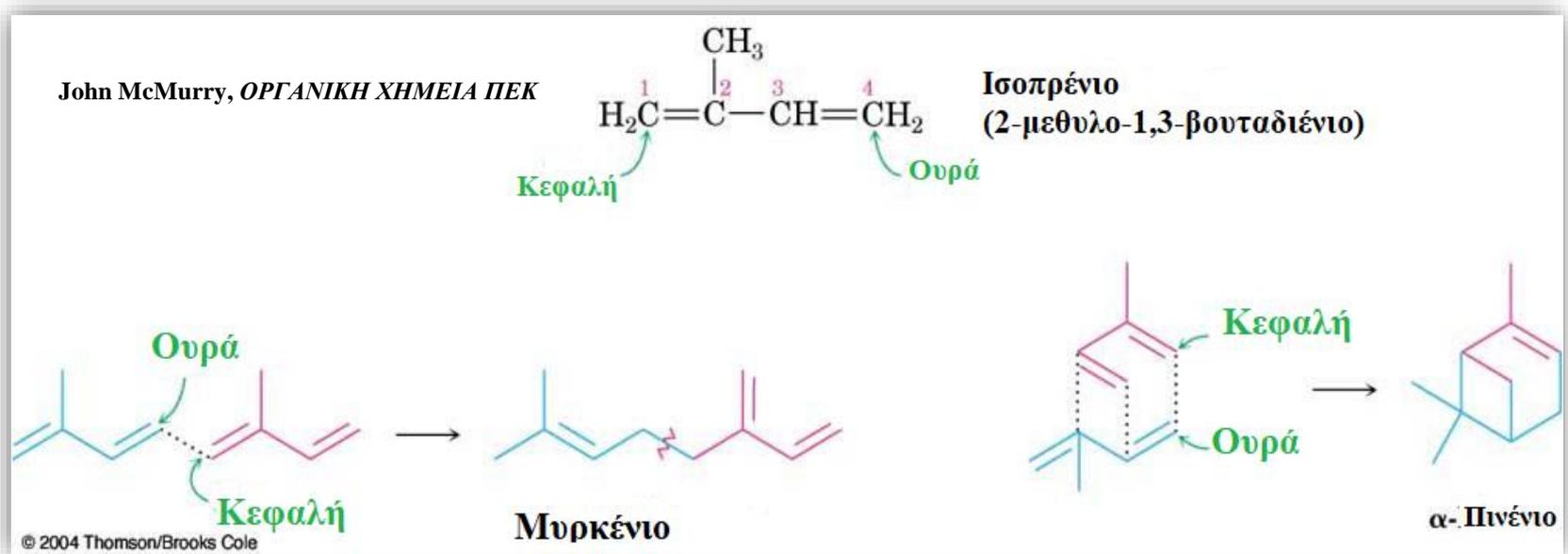
Προσταγλαδίνες

- Η βιοσύνθεσή τους γίνεται με βάση το αραχιδονικό οξύ (C_{20}).
- Μετέχουν σε τεράστιο αριθμό βιοχημικών λειτουργιών.
 - Είναι δυνατόν να μειώσουν την πίεση του αίματος.
 - Είναι δυνατόν επίσης να επηρεάσουν τη συσσωμάτωση των αιμοπεταλίων κατά τη διαδικασία της πήξης.
 - Είναι δυνατόν να ελέγξουν το σχηματισμό φλεγμονών
 -



Τερπένια

- Τα φυτικά αιθέρια έλαια, αποτελούνται κατά κύριο λόγο από μίγματα λιπιδίων τα οποία ονομάζονται τερπένια.
- Θεωρείται ότι όλα προέρχονται από συνένωση μορίων ισοπρενίου, κεφαλή, (θεωρείται ο C₁) με ουρά, (θεωρείται ο C₄). (Ισοπρένιο: 2-μεθυλο-1,3-βουταδιένιο).



Βιβλιογραφία

- Οργανική Χημεία John McMurry, Μετάφραση Επιστημονική επιμέλεια Αναστάσιος Βάρβογλης, Μιχάλης Ορφανόπουλος, Ιουλία Σμόνου, Μανώλης Στρατάκης, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης.
- Βασική Οργανική Χημεία, Ιωακείμ Σπηλιόπουλος, Εκδόσεις Σταμούλης, 2008
- <http://academic.brooklyn.cuny.edu/chem/howell/chem%2052%20Lecture%20Slides/26%20lipids.ppt>
- Sandeep A Bailwad , Navneet Singh , Dhaval R Jani, Prashant Patil, Manas Singh, Gagan Deep, Simranjit Singh, “Alterations in Serum Lipid Profile Patterns in Oral Cancer: Correlation with Histological Grading and Tobacco Abuse” Oral health and dental management, PubMed, September 2014.
- <https://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/MED675/%CE%A3%CE%97%CE%9C%CE%95%CE%99%CE%A9%CE%A3%CE%95%CE%99%CE%A3%20%CE%A7.%20%CE%9A%CE%A1%CE%9F%CE%A5%CE%A0%CE%97/%CE%9F%CE%B4%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%B9%CE%B1%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CE%9B%CE%B9%CF%80%CE%AF%CE%B4%CE%B9%CE%B1%20-%20%CE%94%CE%BF%CE%BC%CE%AE%20%CE%BA%CE%B1%CE%B9%20%20%CE%9B%CE%B5%CE%B9%CF%84%CE%BF%CF%85%CF%81%CE%B3%CE%AF%CE%B1.pdf>
- <https://www.epcc.edu/faculty/mdelgado/Documents/Chapter%2019.ppt>
- [https://chem.libretexts.org/Textbook_Maps/Organic_Chemistry_Textbook_Maps/Map%3A_Organic_Chemistry_\(Bruice\)/23%3A_The_Organic_Chemistry_of_Amino_Acids%2C_Peptides%2C_and_Proteins/23.03%3A_The_Acid-Base_Properties_of_Amino_Acids](https://chem.libretexts.org/Textbook_Maps/Organic_Chemistry_Textbook_Maps/Map%3A_Organic_Chemistry_(Bruice)/23%3A_The_Organic_Chemistry_of_Amino_Acids%2C_Peptides%2C_and_Proteins/23.03%3A_The_Acid-Base_Properties_of_Amino_Acids)
- <http://chemistry.bd.psu.edu/justik/CHEM%20202/CHEM%20203%20Amino%20Acids.ppt>