

**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα**

**Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας**

Τεχνολογία και Ποιότητα Λιπών – Ελαιών - Ε

**Ενότητα 1: Εισαγωγή στα λιπίδια**

Ιωάννης Τσάκνης, Καθηγητής

Ειρήνη Στρατή, Εργαστηριακός συνεργάτης

Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων

|  |  |
| --- | --- |
| Το περιεχόμενο του μαθήματος διατίθεται με άδεια Creative Commons εκτός και αν αναφέρεται διαφορετικά | 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. |

Περιεχόμενα

[1. Εισαγωγή στα λιπίδια 3](#_Toc411942491)

[1.1 Γενικά για τα λιπίδια 3](#_Toc411942492)

[1.2 Ταξινόμηση λιπιδίων 4](#_Toc411942493)

[1.3 Λιπαρά σώματα 5](#_Toc411942494)

[1.4 Χημεία δομικών συστατικών των λιπαρών σωμάτων 6](#_Toc411942495)

[1.4.1 Γλυκερίδια 6](#_Toc411942496)

[1.4.2 Λιπαρά οξέα 10](#_Toc411942497)

[1.4.3 Μονο- και δι- γλυκερίδια 20](#_Toc411942498)

[1.4.4 Φωσφολιπίδια 21](#_Toc411942499)

[1.4.5 Λιποχρωστικές 24](#_Toc411942500)

[1.4.6 Στερόλες 24](#_Toc411942501)

[1.4.7 Υδρογονάνθρακες 27](#_Toc411942502)

[1.4.8 Τοκοφερόλες 27](#_Toc411942503)

[1.4.9 Βιταμίνες 28](#_Toc411942504)

[1.4.10 Κηρώδη συστατικά 28](#_Toc411942505)

[1.5 Σκοπός και μέθοδοι Ποιοτικού Ελέγχου λιπαρών υλών 29](#_Toc411942506)

# Εισαγωγή στα λιπίδια

## Γενικά για τα λιπίδια

**Λιπίδια ή λιποειδή** είναι ουσίες που είναι διαλυτές σε οργανικούς διαλύτες (πετρελαϊκός αιθέρας, διαιθυλαιθέρας βενζόλιο, χλωροφόρμιο) και αδιάλυτες στο νερό και αποτελούν μία κατηγορία βασικών θρεπτικών συστατικών των τροφίμων. Τα **λίπη και έλαια** ή **λιπαρά σώματα** που χρησιμοποιούνται στη διατροφή (**εδώδιμα λίπη και έλαια**), φυτικής ή ζωϊκής προέλευσης, αποτελούνται από διάφορα λιποειδή, το μεγαλύτερο μέρος τους όμως αποτελείται από γλυκερίδια (ακυλογλυκερόλες), δηλαδή εστέρες της γλυκερόλης (ή γλυκερίνης) με ανώτερα μονοκαρβονικά λιπαρά οξέα και μπορεί να περιέχουν μικρές ποσότητες άλλων λιπιδίων, μεταξύ των οποίων σημαντικά είναι τα φωσφατίδια (φωσφολιπίδια), οι στερόλες, οι τοκοφερόλες, οι λιποχρωστικές, οι υδρογονάνθρακες και άλλα.

Τα λιπαρά σώματα που χρησιμοποιούνται στη διατροφή αποτελούν θρεπτικές ύλες υψηλής ενεργειακής αξίας, περιέχουν λιποδιαλυτές βιταμίνες και απαραίτητα λιπαρά οξέα. Καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος των ενεργειακών αναγκών του οργανισμού, παρέχοντας 2.3 φορές μεγαλύτερη ενέργεια από τις πρωτεΐνες ή τους υδατάνθρακες, αποτελούν συνεπώς την πιο συμπυκνωμένη πηγή ενέργειας από τρόφιμα παρέχοντας στον οργανισμό 9 kcal/g.

Τα μίγματα των λιπιδίων τα οποία απαντώνται στη φύση εκπληρώνουν ένα μηχανικό και βιολογικό ρόλο. Αποτελούν κύρια συστατικά του υποδόριου ιστού, χρησιμεύουν για τη θερμική μόνωση του σώματος, την προστασία των εσωτερικών οργάνων του οργανισμού και συντελούν στη διαμόρφωση του σχήματος του σώματος. Από βιολογική άποψη οι συνοδοί ουσίες των λιπαρών σωμάτων είναι απαραίτητες στο συνολικό μεταβολισμό του ανθρώπινου σώματος. Οι ουσίες αυτές, παρόλο που βρίσκονται σε μικρές αναλογίες στα λιπαρά, είναι πολύ δραστικές ουσίες του βιοχημικού μεταβολισμού. Για αυτό, αν ένα λιπαρό σώμα πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ως βιολογικά ουσιώδης τροφή και όχι απλά ως πηγή θερμίδων, πρέπει κατά την επεξεργασία του λιπαρού να προστατεύονται οι ουσίες αυτές. Αυτό άλλωστε λαμβάνεται υπόψη κατά την ανάπτυξη των μεθόδων παραλαβής και εξευγενισμού των λιπών και ελαίων.

## Ταξινόμηση λιπιδίων

Σε αντίθεση με τις πρωτεΐνες και τους υδατάνθρακες που απαρτίζονται από βασικές δομικές μονάδες, τα λιπίδια έχουν ετερογενή φύση και δύσκολα ταξινομούνται σε κατηγορίες.

Σύμφωνα με το σύστημα ταξινόμησης κατά Bloor, διακρίνονται σε:

* **Απλά λιπίδια (ουδέτερα λιπίδια):** εστέρες λιπαρών οξέων με αλκοόλες - κατά την υδρόλυσή τους παρέχουν μόνο αλκοόλες και λιπαρά οξέα. Στα απλά λιπίδια περιλαμβάνονται:

1. **τριγλυκερίδια ή λιπαρά σώματα**: εστέρες λιπαρών οξέων με γλυκερόλη (γλυκερίνη)
2. **κηροί**: εστέρες λιπαρών οξέων με μονοσθενείς αλκοόλες σχετικά υψηλού μοριακού βάρους (εκτός της γλυκερίνης)

* **Σύνθετα λιπίδια**: ενώσεις που περιέχουν και άλλες προσθετικές ομάδες σε ένα εστέρα λιπαρού οξέος και μία αλκοόλη - κατά την υδρόλυσή τους παρέχουν λιπαρά οξέα, αλκοόλες και πρόσθετες ομάδες. Στα σύνθετα λιπίδια περιλαμβάνονται:

1. **φωσφολιπίδια ή φωσφατίδια**: εστέρες που περιέχουν λιπαρά οξέα, φωσφορικό οξύ και άλλες ομάδες oι οποίες συνήθως περιέχουν άζωτο
2. **γλυκολιπίδια ή σεροβροζίδια**: ενώσεις που περιέχουν λιπαρά οξέα, έναν υδατάνθρακα και ένα αζωτούχο τμήμα, αλλά δεν περιέχουν φωσφορικό οξύ
3. άλλα σύνθετα λιπίδια, όπως **σουλφoλιπίδια** και **λιποπρωτεϊνες**.

* **Παράγωγα λιπίδια**: ουσίες που προέρχονται από ουδέτερα λιπίδια ή σύνθετα λιπίδια (συνήθως με υδρόλυση) και έχουν γενικές ιδιότητες των λιπιδίων, ή απαντώνται ως έχουν μέσα στα λιπαρά σώματα. Είναι:

1. **λιπαρά οξέα**
2. **αλκοόλες**: όπως η γλυκερίνη, μερικές ανώτερες αλειφατικές αλκοόλες, χοληστερόλη και άλλες στερόλες
3. **υδρογονάνθρακες** (π.χ. τερπένια)
4. **λιποδιαλυτές βιταμίνες**: Α, D, E (τοκοφερόλες) και Κ
5. **στεροειδείς ορμόνες**

**C:\Users\Rena\EIKONES TIF\ΛΙΠΙΔΙΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ.tif**

Σχήμα : Ταξινόμηση λιπιδίων

## Λιπαρά σώματα

Πηγές λιπαρών σωμάτων είναι τα **φυτικά** και **ζωϊκά** **λίπη ή έλαια**. Τα λιπαρά σώματα διακρίνονται με διάφορους τρόπους ανάλογα με την προέλευση, τις φυσικές ιδιότητες, τη χημική σύσταση, τις χρήσεις ή τη φυσιολογική λειτουργία τους.

**Λίπη** χαρακτηρίζονται μίγματα τριγλυκεριδίων που είναι στερεά ή ημιστερεά σε θερμοκρασία 20°C, διότι περιέχουν υψηλό ποσοστό κορεσμένων λιπαρών οξέων και ως **έλαια** τα μίγματα τριγλυκεριδίων που είναι σε υγρή μορφή, διότι περιέχουν υψηλό ποσοστό πολυακόρεστων λιπαρών οξέων. Επίσης, ανάλογα με την προέλευσή τους, τα λιπαρά σώματα διακρίνονται σε **φυτικά** ή **ζωϊκά** λίπη ή έλαια, π. χ. φυτικά λίπη (βούτυρο κακάο), φυτικά έλαια (ελαιόλαδο, βαμβακέλαιο, σογιέλαιο, αραβοσιτέλαιο κ.α.), ζωικά λίπη (βούτυρο γάλακτος), έλαια ψαριών (ιχθυέλαια).

Τα φυτικά λίπη και έλαια περιέχονται σε σημαντικές ποσότητες σε ορισμένους φυτικούς σπόρους και καρπούς, από τους οποίους εξάγονται με έκθλιψη ή με εκχύλιση με τη βοήθεια οργανικών διαλυτών. Τα ζωϊκά λίπη και έλαια περιέχονται σε όλους σχεδόν τους ζωικούς ιστούς και όργανα, κυρίως εντός του μυελού των οστών καθώς και σε στρώματα κάτω από την επιδερμίδα από όπου και εξάγονται κυρίως με τήξη. Πέραν από τα συμβατικά λιπαρά της διατροφής, τελευταία έχουν αποκτήσει ενδιαφέρον και τα λιπαρά που προέρχονται από μικροοργανισμούς, όπως ζύμες, μύκητες και άλγη. Αυτά τα λιπαρά από εξωσυμβατικές πηγές παρουσιάζουν διαφορές από τα συμβατικά (περιέχουν λιπαρά οξέα διακλαδισμένης αλύσου και υψηλή περιεκτικότητα σε ασαπωνοποίητα υλικά) και συνεπώς έχουν περιορισμένη χρήση στην ανθρώπινη διατροφή (π.χ. για αντικατάσταση του βούτυρου κακάο).

Τα φυσικά λίπη και έλαια αποτελούνται κατά το μεγαλύτερο μέρος, όπως αναφέρθηκε, από τριγλυκερίδια και από άλλα λιποειδή συστατικά. Τα συστατικά αυτά που βρίσκονται σε μικρές ποσότητες στα λιπαρά σώματα είναι: φωσφατίδια, στερόλες, τοκοφερόλες, λιποχρωστικές και υδρογονάνθρακες. Tα συστατικά αυτά πλην των φωσφατιδίων (και των ελευθέρων λιπαρών οξέων) είναι **μη** **σαπωνοποιήσιμα** συστατικά. Τα μη σαπωνοποιήσιμα συστατικά μαζί με τα φωσφατίδια αποτελούν το «**ασαπωνοποίητο υλικό**» ή «**ασαπωνοποίητη μάζα**» των λιπαρών σωμάτων. Παρόλο δε που βρίσκονται σε μικρή αναλογία στα λιπαρά σώματα παίζουν σημαντικό ρόλο στη φυσιολογία των δράσεων του οργανισμού.

## Χημεία δομικών συστατικών των λιπαρών σωμάτων

### Γλυκερίδια

Τα γλυκερίδια είναι εστέρες της γλυκερίνης με κορεσμένα ή ακόρεστα λιπαρά οξέα με 4-24 άτομα άνθρακα και σε μεγάλο βαθμό οι ιδιότητές τους εξαρτώνται από τη δομή και τη διαμόρφωση των περιεχόμενων λιπαρών οξέων. Τα γλυκερίδια έχουν την ακόλουθη δομή:

C:\Users\Rena\EIKONES TIF\Μονο-Δι-Τρι-γλυκεριδια.tif

Σχήμα 2: Δομή γλυκεριδίων

Σε ένα τριγλυκερίδιο οι τρεις υδροξυλομάδες είναι δυνατόν να είναι εστεροποιημένες με το ίδιο λιπαρό οξύ (R1=R2=R3=R), τότε το τριγλυκερίδιο καλείται **απλό**, ενώ αν τα λιπαρά οξέα είναι διαφορετικά (R1≠R2≠R3), το τριγλυκερίδιο καλείται **μικτό**. Στα μικτά τριγλυκερίδια η διάταξη των ριζών R στις θέσεις 1, 2, 3 ή α, β, α’ οδηγεί σε σχηματισμό ισομερών θέσης. Τα φυσικά απαντώμενα τριγλυκερίδια είναι συνήθως μικτά.

Όπως φαίνεται από το Σχήμα 1.2, το κεντρικό ανθρακάτομο των γλυκεριδίων καθίσταται ασύμμετρο, εφόσον ένα από τα πρωτοταγή υδροξύλια της γλυκερόλης έχει εστεροποιηθεί, ή αν τα δύο πρωτοταγή υδροξύλια είναι εστεροποιημένα με διαφορετικά οξέα. Για την απόλυτη στερεοχημική απεικόνιση των οπτικά ενεργών γλυκεριδίων χρησιμοποιείται συχνά το σύστημα R-S και η Στερεοειδική Αρίθμηση (Stereospecific Numbering). Όπως είναι γνωστό, στο σύστημα **R-S** οι τέσσερις υποκαταστάτες του ασύμμετρου ατόμου άνθρακα παίρνουν μία σειρά προτεραιότητας, η οποία καθορίζεται ανάλογα με τον Ατομικό Αριθμό του ατόμου που συνδέεται προς το κέντρο ασυμμετρίας, δηλαδή προηγείται το άτομο με τον μεγαλύτερο Ατομικό Αριθμό. Το μό­ριο στρέφεται, ώστε ο τελευταίος σε προτεραιότητα υποκαταστάτης να ευρεθεί στην πλέον απομακρυσμένη ως προς τον παρατηρητή θέση. Εάν η κατεύθυνση με την οποία ελαττώνεται η σειρά προτεραιότητας των υπολοίπων υποκαταστατών είναι προς τη φορά των δεικτών του ρολογιού, τότε η απεικόνιση αυτή του μορίου χαρα­κτηρίζεται ως **R**, ενώ στην αντίθετη περίπτωση ως **S**. Στο σύστημα R-S ισχύουν επί­σης οι παρακάτω προτεραιότητες:

Κορεσμένα ακύλια μακράς αλυσίδας > Κορεσμένα ακύλια βραχείας αλυσίδας Ακόρεστες αλυσίδες > Κορεσμένες αλυσίδες

Ένας διπλός δεσμός > Απλή διακλάδωση

cis > trans

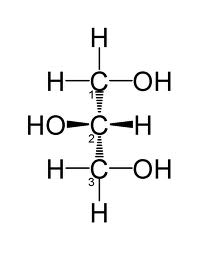
Διακλαδισμένη αλυσίδα > Μη διακλαδισμένη αλυσίδα

C:\Users\Rena\EIKONES TIF\R S structures.tif

Σχήμα 3: Στερεοχημικές απεικονίσεις R- και S- τριγλυκεριδίων.

Σύμφωνα με το σύστημα R-S, στο παραπάνω σχήμα η απεικόνιση (I) χαρακτηρίζεται ως R ενώ η (II) ως S.

Σύμφωνα με το σύστη­μα sn (Hirschmann, Η.), χρησιμοποιείται ο συνήθης τύπος προβολής κατά Fischer της γλυκερόλης με τη μεσαία υδροξυλομάδα προς τα αριστερά του κεντρικού ατό­μου. Τα άτομα άνθρακα αριθμούνται συμβατικά (1, 2, 3) από επάνω προς τα κάτω.



Εάν π.χ. στις θέσεις sn-1, sn-2 και sn-3 είναι εστεροποιημένα αντίστοιχα τα οξέα στεατικό, ελαϊκό, μυριστικό, πρόκειται για το γλυκερίδιο:

C:\Users\Rena\EIKONES TIF\sn triglyceride.tif

To γλυκερίδιο αυτό μπορεί να χαρακτηριστεί ως 1-Στεατικός-2-Ελαϊκός-3- Μυριστικός εστέρας της γλυκερίνης, ή sn-18:0-18:1-14:0, ή sn-StOM.

Τα λιπαρά σώματα από χημική άποψη είναι τριγλυκερίδια και είναι τα κυριότερα συστατικά των φυσικών λιπών και ελαίων. Επειδή τα λιπαρά οξέα αποτελούν το 94-96% του συνολικού βάρους του γλυκεριδίου, η χημεία των λιπών και ελαίων έχει άμεση σχέση με τη χημεία και τις φυσικές και χημικές ιδιότητες των λιπαρών οξέων.

Όσον αφορά την ονοματολογία των γλυκεριδίων, παρόλο που δεν είναι καθιερωμένη, ισχύουν κάποιοι γενικοί κανόνες όπως:

1. το όνομα των λιπαρών οξέων με μικρότερο μήκος αλυσίδας τοποθετείται πριν από το όνομα των λιπαρών οξέων με μεγαλύτερο μήκος αλυσίδας π.χ. παλμιτοδιστεατίνη.
2. σε περίπτωση λιπαρών οξέων κορεσμένων και ακόρεστων με το ίδιο μήκος αλυσίδας, τοποθετείται πρώτο το κορεσμένο λιπαρό οξύ π.χ. παλμιτοστεατοελαΐνη.
3. σε περίπτωση ακόρεστων λιπαρών οξέων με ίδιο μήκος αλυσίδας αλλά διαφορετικής ακορεστότητας, στην ονομασία τοποθετείται πρώτο το περισσότερο κορεσμένο οξύ π.χ. ελαϊνολινελαϊνολινολενίνη.

Η διάταξη των πολλών και διαφορετικών μεταξύ τους φυσικών λιπαρών οξέων στα τριγλυκερίδια καθορίζει τη χημική ποικιλία και την ποικίλλουσα φυσική συμπεριφορά των φυσικών λιπαρών σωμάτων. Παρότι δεν έχει γίνει απολύτως κατανοητή η κατανομή των λιπαρών οξέων στα ουδέτερα γλυκερίδια, εν τούτοις είναι γνωστό ότι στα περισσότερα έλαια και λίπη η κατανομή αυτή δεν είναι τυχαία και πιθανώς εξαρτάται από τα ενζυμικά συστήματα των κυττάρων.

Τα έλαια και λίπη διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ανάλογα με την πηγή προέλευσης σε ό,τι αφορά τη σχετική θέση των κορεσμένων και ακόρεστων λιπαρών οξέων στα μόρια των τριγλυκεριδίων τους. Έτσι στα φυτικά λιπαρά σώματα τα κορεσμένα λιπαρά οξέα παρουσιάζουν μία προτίμηση προς την 1- ή α- θέση σε σχέση προς τη 2- ή β- θέση, ενώ στα ζωϊκά λιπαρά σώματα μπορεί να παρουσιάζεται το αντίθετο.

### Λιπαρά οξέα

Τα **λιπαρά οξέα** των τριγλυκεριδίων είναι ευθείας αλύσου μονοκαρβοξυλικά οξέα με άρτιο αριθμό ατόμων άνθρακα από 4-24, που φέρουν την καρβοξυλομάδα στο άκρο της αλύσου και μπορεί να είναι κορεσμένα ή ακόρεστα (με ένα, δύο ή τρεις διπλούς δεσμούς). Ο άρτιος αριθμός ατόμων άνθρακα των λιπαρών οξέων έχει αποδειχθεί ότι οφείλεται στη βιοσύνθεση από το μόριο του οξικού οξέος. Λιπαρά οξέα με 4-10 άτομα άνθρακα απαντώνται στα λιπαρά του γάλακτος μαζί με οξέα με μεγαλύτερο μήκος αλύσου. Λιπαρά οξέα με περισσότερα από 24 άτομα άνθρακα ή λιπαρά οξέα διακλαδισμένης αλύσου ή με περιττό αριθμό ατόμων άνθρακα ή με περισσότερους από 4 διπλούς δεσμούς ή με τριπλό δεσμό σπάνια απαντώνται στα φυσικά λίπη και έλαια. Λιπαρά οξέα περισσότερα από 24 άτομα άνθρακα απαντώνται σε κηρούς, ενώ λιπαρά οξέα με περιττό αριθμό ατόμων άνθρακα απαντώνται στη σύσταση ζωικών λιπαρών σωμάτων (C1-C23), ιχθυελαίων (C13-C19) ή φυτικών λιπαρών σωμάτων (C9-C23) σε μικρές αναλογίες 1-2% ή στη σύσταση των λιπαρών που προέρχονται από μικροοργανισμούς. Τα λιπαρά οξέα αποτελούν το 35-40% της ενέργειας που λαμβάνεται από την διατροφή και εισάγονται στο στομάχι ως τριγλυκερίδια και φωσφογλυκερίδια.



Σχήμα 4: Κατάταξη λιπαρών οξέων

**Κορεσμένα λιπαρά οξέα**

Τα κορεσμένα λιπαρά οξέα που απαντώνται στα φυσικά λίπη και έλαια παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Τα κυριότερα κορεσμένα λιπαρά οξέα είναι: βουτυρικό (C4), λαυρικό ή δαφνικό (C12), μυριστικό (C14), παλμιτικό (C16) και στεατικό (C18).

Πίνακας 1: Κορεσμένα λιπαρά οξέα και σημεία τήξης τους

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Συντομογραφία | Χημικός τύπος | Ονομασία | Σημείο τήξης (οC) |
| C 4:0 | CH3(CH2)2COOH | Βουτυρικό οξύ | -5.3 |
| C 5:0 | CH3(CH2)3COOH | Βαλεριανικό οξύ | -34.5 |
| C 6:0 | CH3(CH2)4COOH | Καπρονικό οξύ | -3.2 |
| C 8:0 | CH3(CH2)6COOH | Καπρυλικό οξύ | 16.5 |
| C 9:0 | CH3(CH2)7COOH | Πελαργονικό οξύ | 12.5 |
| C 10:0 | CH3(CH2)8COOH | Καπρινικό οξύ | 31.6 |
| C 12:0 | CH3(CH2)10COOH | Δαφνικό (Λαυρικό) οξύ | 44.8 |
| C 14:0 | CH3(CH2)12COOH | Μυριστικό οξύ | 54.4 |
| C 16:0 | CH3(CH2)14COOH | Παλμιτικό οξύ | 62.9 |
| C 17:0 | CH3(CH2)15COOH | Μαργαρικό οξύ | 61.8 |
| C 18:0 | CH3(CH2)16COOH | Στεατικό οξύ | 70.1 |
| C 20:0 | CH3(CH2)18COOH | Αραχιδικό οξύ | 76.1 |
| C 22:0 | CH3(CH2)20COOH | Βεχενικό οξύ | 80.0 |
| C 24:0 | CH3(CH2)22COOH | Λιγνοκηρικό οξύ | 84.2 |
| C 26:0 | CH3(CH2)24COOH | Κηρωτικό οξύ | 87.7 |

Κορεσμένα λιπαρά οξέα με λιγότερα από δέκα άτομα άνθρακα είναι υγρά σε θερμοκρασία δωματίου, ενώ τα με μεγαλύτερη αλυσίδα είναι στερεά. Όσο μικρότερο είναι το μήκος όπως αλυσίδας του λιπαρού οξέος , τόσο χαμηλότερο είναι το σημείο τήξης του (με εξαίρεση το οξικό οξύ).

Η διαλυτότητα των κορεσμένων λιπαρών οξέων αυξάνει με την αύξηση του υδρόφοβου χαρακτήρα του διαλύτη και με τη θερμοκρασία. Ακόμη η διαλυτική ικανότητα των υδρόφοβων διαλυτών αυξάνει με την αύξηση του μήκους όπως αλυσίδας του λιπαρού οξέος, ενώ ελαττώνεται όπως υδρόφιλους διαλύτες. Τα πρώτα μέλη όπως σειράς των κορεσμένων λιπαρών οξέων είναι υδατοδιαλυτά.

**Ακόρεστα λιπαρά οξέα**

Τα ακόρεστα λιπαρά οξέα που απαντώνται στα φυσικά λίπη και έλαια παρουσιάζονται στον Πίνακα 2. Τα κυριότερα ακόρεστα λιπαρά οξέα είναι: το παλμιτελαϊκό (C16, Δ9-10), το ελαϊκό (C18, Δ9-10), το λινελαϊκό (C18, Δ9-10,12-13), το λινολενικό (C18, Δ9-10,12-13,15-16), το αραχιδονικό (C20, Δ5-6,8-9,12-13,14-15) και το ερουκικό (C22, Δ13-14) με 1, 2, 3, 4 ή 1 διπλούς δεσμούς αντίστοιχα.

Πίνακας 2: Ακόρεστα λιπαρά οξέα, σημεία τήξης και ΑΙ τους

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Συντομογραφία | Κοινό όνομα | Συστηματικό όνομα | Μοριακός τύπος | Σημείο τήξης (οC) | Αριθμός ιωδίου |
| C 14:1 | Μυριστελαϊκό οξύ | Δ9-10 Τετραδεκανοϊκό οξύ | C13H25COOH | -4.5 | 112 |
| C 16:1 | Παλμιτελαϊκό οξύ | Δ9-10 Εξαδεκαενοϊκό οξύ | C15H29COOH | \_ | 100 |
| C 18:1 | Πετροσελινικό οξύ | Δ6-7 Οκταδεκαενοϊκό οξύ | C17H33COOH | \_ | 90 |
| C 18:1 | Ελαϊκό οξύ | Δ9-10 Οκταδεκαενοϊκό οξύ | C17H33COOH | 16.3 | 90 |
| C 18:1 | Βαξενικό οξύ | Δ11-12 Οκταδεκαενοϊκό οξύ | C17H33COOH | 44 | 90 |
| C 22:1 | Ερουκικό οξύ | Δ13-14 Δυοεικοσιενοϊκό οξύ | C21H41COOH | 33.4 | 75 |
| C 18:2 | Λινελαϊκό οξύ | Δ9-10,12-13 Οκταδεκαδιενοϊκό οξύ | C17H31COOH | -6.5 | 181 |
| C 18:3 | Λινολενικό οξύ | Δ9-10,12-13,15-16 Οκταδεκατριενοϊκό οξύ | C17H29COOH | -12.8 | 274 |
| C 18:3 | Ελαιοστεατικό οξύ | Δ9-10,11-12,13-14 Οκταδεκατριενοϊκό οξύ | C17H29COOH | \_ | 274 |
| C 20:4 | Αραχιδονικό οξύ | Δ5-6,8-9,11-12,14-15 Εικοσιτετραενοϊκό οξύ | C19H31COOH | -49.5 | 334 |
| C 22:5 | Κλυπανοδονικό οξύ | Δ4-5,8-9,12-13,15-16,19-20 Δυοεικοσιπενταενοϊκό οξύ | C21H33COOH | \_ | 384 |

Τα ακόρεστα λιπαρά οξέα περιέχουν στο μόριό όπως διπλούς δεσμούς μεταξύ των ατόμων του άνθρακα και διαφέρουν μεταξύ όπως ως όπως τον αριθμό των ατόμων άνθρακα και τα χαρακτηριστικά των διπλών δεσμών. Οι διπλοί δεσμοί μπορεί να διαφέρουν ως όπως: α) τον αριθμό, β) τη θέση στο μόριο, γ) τη γεωμετρική διαμόρφωση του μορίου και δ) τη συζυγία. Η συζυγία είναι μία ειδική περίπτωση διάταξης, στην οποία δύο διπλοί δεσμοί χωρίζονται από ένα μόνο δεσμό άνθρακα-άνθρακα. Τα φυσικά ακόρεστα λιπαρά οξέα έχουν στο μόριό όπως από ένα ως έξι διπλούς δεσμούς και ο διπλός δεσμός υπάρχει κατά προτίμηση μεταξύ C9-C10, ενώ σε περίπτωση που υπάρχουν περισσότεροι διπλοί δεσμοί μεταξύ δύο διαδοχικών διπλών δεσμών παρεμβάλλεται μία μεθυλενομάδα (-CH2 -).

Η αρίθμηση των ατόμων του άνθρακα και των διπλών δεσμών των λιπαρών οξέων γίνεται, είτε αρχίζοντας από το άτομο άνθρακα του καρβοξυλίου (σύμφωνα με την ονοματολογία όπως Γενεύης), είτε από τη μεθυλική ομάδα στο άκρο του μορίου όπως. Έτσι κατά τον πρώτο τρόπο αρίθμησης το ελαϊκό οξύ C8H17CH=CH(CH2)7COOH είναι ένα οξύ C18,Δ9-10, το λινελαϊκό οξύ C5H11CH=CHCH2CH=CH(CH2)7COOH είναι ένα οξύ C18, Δ9-10,12-13 και το λινολενικό οξύ C2H5CH=CHCH2CH=CHCH2CH=CH(CH2)7COOH είναι ένα οξύ C18, Δ9-10,12-13,15-16.

Όπως όπως τρόπος ονοματολογίας (συντομογραφικός) που συνηθίζεται να χρησιμοποιείται στα λιπαρά οξέα βασίζεται στον αριθμό των ατόμων άνθρακα στο μόριο και το βαθμό όπως ακορεστότητας (π.χ. αριθμός διπλών δεσμών στο μόριο). Δηλαδή το μονοακόρεστο ελαϊκό οξύ συμβολίζεται ως C18:1, αφού περιέχει ένα μόνο διπλό δεσμό στο μόριό του, το λινελαϊκό οξύ, το οποίο περιέχει δύο διπλούς δεσμούς συμβολίζεται ως C18:2 και το λινολενικό οξύ, με τρεις διπλούς δεσμούς συμβολίζεται ως C18:3 (για τα κορεσμένα λιπαρά οξέα είναι: π.χ. για το παλμιτικό C16:0).

Μία ακόμη σύμβαση ονοματολογίας, η οποία εφαρμόζεται στα ακόρεστα λιπαρά οξέα είναι η ακόλουθη: ο αριθμός των ατόμων άνθρακα μεταξύ του διπλού δεσμού και όπως τελευταίας μεθυλομάδας συμβολίζεται με **ω** και έναν αριθμό. Για παράδειγμα το τέλος όπως αλυσίδας του λινελαϊκού οξέος είναι CH3(CH2)4CH=CH-, οπότε το λινελαϊκό οξύ αναφέρεται ως **ω-6 λιπαρό οξύ**, ενώ το λινολενικό οξύ αναφέρεται ως **ω-3 λιπαρό οξύ**. Υπάρχουν τέσσερις οικογένειες ακόρεστων λιπαρών οξέων που προέρχονται από τα : λινολεϊκό οξύ (**C18:2, ω-6**), α-λινολενικό οξύ (**C18:3, ω-3**), ελαϊκό οξύ (**C18:1, ω-9**) και παλμιτολεϊκό οξύ (**C16:1, ω-7**).

Στα λιπαρά σώματα τα ακόρεστα λιπαρά οξέα, τα οποία απαντώνται πιο συχνά, βρίσκονται υπό τη μορφή *cis* (με λίγες εξαιρέσεις). Οι αλυσίδες των ατόμων άνθρακα όπως δύο πλευρές του διπλού δεσμού τείνουν η μία όπως την άλλη και τα άτομα υδρογόνου του διπλού δεσμού στη μορφή *cis* είναι από την ίδια πλευρά, ενώ στη μορφή *trans* είναι απέναντι το ένα από το άλλο. Συνεπώς η αλυσίδα είναι ευθεία με μικρή συστροφή στο σημείο του διπλού δεσμού, π.χ. στο ελαϊδικό οξύ. Τα *cis* ισομερή επικρατούν σε όλα τα εδώδιμα λίπη και έλαια, *trans* ισομερή όπως βρίσκονται σε μικρές ποσότητες σε λίπη που προέρχονται από μηρυκαστικά. Λιπαρά οξέα *trans* μορφής μπορεί να σχηματιστούν κατά τη θέρμανση των ελαίων σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (θερμικός πολυμερισμός κατά το τηγάνισμα ή κατά την υδρογόνωση λιπαρών) και έχει αποδειχθεί ότι είναι επιβλαβή για την υγεία.

Από τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα (MUFAs-monounsaturated fatty acids), το ελαϊκό οξύ είναι το ευρύτερα διαδεδομένο, στη συνήθη θερμοκρασία είναι υγρό, απαντάται σε όλα τα λιπαρά σώματα των τροφίμων και είναι το κύριο συστατικό των φυτικών ελαίων π.χ. του ελαιόλαδου. Από τα πολυακόρεστα (PUFAs-polyunsaturated fatty acids) σημαντικό είναι το λινελαϊκό οξύ, που απαντάται σε μεγάλες αναλογίες σε πολλά έλαια και λίπη και έχει βιολογική δράση, γιατί ανήκει στα απαραίτητα λιπαρά οξέα.

Στα ακόρεστα λιπαρά οξέα, όπως και στα κορεσμένα, το σημείο τήξης και η διαλυτότητα σε υδρόφοβους διαλύτες αυξάνεται αυξανομένου του μήκους όπως αλυσίδας του λιπαρού οξέος, αλλά τα κορεσμένα έχουν μεγαλύτερη διαλυτότητα και υψηλότερο σημείο τήξης σε σύγκριση με τα αντίστοιχα ακόρεστα. Τα πρώτα μέλη όπως σειράς των ακόρεστων λιπαρών οξέων, όπως και των κορεσμένων, είναι υδατοδιαλυτά.

Η αναλογία κορεσμένων και ακόρεστων λιπαρών οξέων έχει σχέση με την προέλευση του λιπαρού σώματος, καθε δε λιπαρό σώμα έχει χαρακτηριστική σύσταση. Η κατανομή των λιπαρών οξέων καθώς και η κατανομή των τριγλυκεριδίων ενός λίπους ή ελαίου έχει σχέση με τη φύση του λιπαρού. Η κατανομή των λιπαρών οξέων στα τριγλυκερίδια έχει αποδειχθεί ότι έχει σχέση με τα ενζυμικά συστήματα των κυττάρων ανάλογα με τη φύση του λιπαρού σώματος. Έτσι στα ζωικά λίπη τα κορεσμένα λιπαρά οξέα κατά προτίμηση ευρίσκονται στο μεσαίο άτομο άνθρακα, ενώ στα φυτικά στα ακραία άτομα άνθρακα. Στον Πίνακα 3 αναφέρονται τα φυσικά λιπαρά σώματα που κυρίως βρίσκονται τα διάφορα λιπαρά οξέα.

Πίνακας 3: Λιπαρά οξέα που απαντούν στα τρόφιμα

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ΟΞΕΑ | ΑΤΟΜΑ C | ΘΕΣΗ ΔΙΠΛΩΝ ΔΕ­ΣΜΩΝ | ΤΡΟΦΙΜΟ ΟΠΟΥ ΑΠΑΝΤΑ |
| ΚΟΡΕΣΜΕΝΑ |  |  |  |
| Βουτυρικό | 4 |  | Βούτυρο |
| Καπροϊκό | 6 |  | Βούτυρο, κοκόλιπος |
| Καπρυλικό | 8 |  | Βούτυρο, κοκόλιπος |
| Καπρικό | 10 |  | Βούτυρο, κοκόλιπος, φοινικοπυρηνέλαιο |
| Λαουρικό | 12 |  | Βούτυρο, κοκόλιπος, φοινικοπυρηνέλαιο, σπέρματα |
| Μυριστικό | 14 |  | Όλες οι λιπαρές ουσίες |
| Παλμιτικό | 16 |  | Όλες οι λιπαρές ουσίες |
| Στεατικό | 18 |  | Όλες οι λιπαρές ουσίες |
| Αραχιδικό | 20 |  | Αραχιδέλαιο, σπορέλαια |
| Βεχενικό | 22 |  | Αραχιδέλαιο |
| Λιγνοκηρικό | 24 |  | Αραχιδέλαιο, κραμβέλαιο |
|  |  |  |  |
| ΜΟΝΟΑΚΟΡΕΣΤΑ |  |  |  |
| Μυριστελαϊκό | 14 | 9 | Βούτυρο, ζωικά λίπη, ιχθυέλαια |
| Παλμιτελαϊκό | 16 | 9 | Σε όλες σχεδόν τις λιπαρές ύλες |
| Ελαϊκό | 18 | 9 (cis) | Σε όλες τις λιπαρές ύλες |
| Ελαϊδικό | 18 | 9 (trans) | Βούτυρο, ζωϊκά, υδρογονωμένα |
| Βαξενικό | 18 | 11 (trans) | Ζωϊκά, υδρογονωμένα |
| Πετροσελινικό | 18 | 9 | Πετροσέλινο |
| Γαδελαϊκό | 20 | 6 | Υδρογονωμένα, ιχθυέλαια |
| Ερουκικό | 22 | 13 (cis) | Κραμβέλαιο, Έλαια του ερουκικού οξέος (έλαιο του κολτσά, σιναπέλαιο) |
| ΠΟΛΥΑΚΟΡΕΣΤΑ ΔΙΕΝΙΚΑ |  |  |  |
| Λινελαϊκό | 18 | 9, 12 (cis-cis) | Σε όλες τις λιπαρές ύλες |
| Λινελαϊδικό | 18 | 9, 12 (cis-trans) | Υδρογονωμένα |
|  |  |  |  |
| Λινολενικό | 18 | 9, 12, 15 (όλοι cis) | Σε όλες τις λιπαρές ύλες |
| Ελαιοστεατικό | 18 | 7, 9, 11 συζυγείς | Τουγκέλαιο (tung oil) |
|  |  |  |  |
| Αραχιδονικό | 20 | 5, 8, 11, 14 | Λιπίδια οργάνων (συκώτι, καρδιά, κ.λπ.) |
| ΥΔΡΟΞΥΟΞΕΑ |  |  |  |
| Ρικινελαϊκό | 18 | Δ9, 12 υδροξυ- | Αραχιδέλαιο, κικινέλαιο |

Πίνακας 4: % αναλογία των λιπαρών οξέων σε φυτικά λίπη και έλαια

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Οξέα | Σογιέλαιο | Ηλιανθέλαιο | Κραμβέλαιο | Βαμβακέλαιο | Αραβοσιτέλαιο | Σησαμέλαιο | Κακαόλιπος | Ελαιόλαδο | Φοινικο  πυρηνέλαιο | Κοκόλι­πος | Αραχιδέλαιο |
| 8:0 | - | - | -- | - | - | - | - | - | 1,3 | 7,1 | 0,1 |
| 10:0 | - | - | - | - | - | - | - | - | 3,2 | 7,3 | 0,1 |
| 12:0 | - | - | - | - | ίχνη | - | - | - | 58,7 | 54,9 | 0,6 |
| 14:0 | 0,1 | 0,1 | ίχνη | 0,6 | ίχνη | ίχνη | 0,1 | - | 21,7 | 17,4 | 0,3 |
| 15:0 | - | ίχνη | - | - | - | - | ίχνη | - | ίχνη | - |  |
| 16:0 | 11,3 | 6,0 | 3,8 | 23,8 | 13,8 | 9,8 | 28,3 | 9,9 | 5,2 | 6,1 | 13,3 |
| 16:1 | 0,1 | 0,1 | 0,3 | 0,6 | 0,5 | ίχνη | 0,5 | 0,6 | ίχνη | - | 0,3 |
| 17:0 | 0,1 | ίχνη | ίχνη | - | - | - | 0,3 | ίχνη | - | - |  |
| 17:1 | 0,1 | ίχνη | - | - | - | - | - | ίχνη | - | - |  |
| 18:0 | 4,5 | 4,3 | 1,0 | 3,2 | 2,8 | 4,9 | 34,9 | 2,6 | 33,0 | 1,6 | 2,1 |
| 18:1 | 24,0 | 38,3 | 14,5 | 17,8 | 26,2 | 41,4 | 30,5 | 79,0 | 4,7 | 5,0 | 47,8 |
| 18:2 | 51,0 | 50,9 | 13,4 | 53,8 | 55,2 | 43,4 | 3,0 | 6,2 | 1,3 | 1,3 | 29,2 |
| 18:3 | 7,7 | 0,3 | 9,4 | - | 1,1 | 0,2 | ίχνη | 0,7 | 0,1 | - | 1,0 |
| 20:0 | 0,5 | - | 0,9 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 2,3 | 0,4 | - | - | 1,2 |
| 20:1 | 0,3 | 0,1 | 9,9 | - | - | - | - | - | - | - |  |
| 20:2 | - | - | 0,5 | - |  | - | - | - | - | - |  |
| 20:4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |  |
| 22:0 | 0,3 | ίχνη | - | - | - | - | ίχνη | - | - | - | 2,9 |
| 22:1 | - | - | 44,7 | - | - | - | - | - | - | - | 0,1 |
| 22:2 | - | - | 0,2 | - | - | - | - | - | - | - |  |
| 24:0 | - | - | ίχνη | - | - . | - | - | - | - | - | 1,1 |
| 24:1 | - |  | 1,1 | - | - | - | - | - | - | - |  |

Πίνακας 5: % αναλογία των λιπαρών οξέων στα ζωικά λίπη

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Οξέα | Χοιρινό  λίπος | Βόειο λίπος | Λίπος προβάτου | Λίπος βουτύρου γάλακτος (αγελάδας) |
| 10:0 & μι­κρότερα | - | - | - | 9,9 |
| 12:0  12:0 | 0,1 | 0,1 | 0,8 | 3,0 |
| 14:0 | 1,8 | 4,3 | 6,7 | 10,0 |
| 14:1 | - | 1,4 | 1,2 | 2,0 |
| 15:0 | 0,3 | 0,7 | 0,9 | 1,4 |
| 15:1 | - | - | 0,6 | - |
| 16:0 | 25,9 | 27,1 | 21,0 | 25,5 |
| 16:1 | 3,4 | 5,3 | 3,5 | 2,0 |
| 16:2 | - | - | 0,8 | - |
| 17:0 | 0,8 | 1,6 | 1,6 | 0,5 |
| 17:1 | 0,4 | 1,4 | 1,0 | 0,5 |
| 18:0 | 14,8 | 15,7 | 17,5 | 15,2 |
| 18:1 | 43,7 | 38,0 | 37,2 | 27,5 |
| 18:2 | 6,3 | 3,4 . | 3,8 | 2,5 |
| 18:3 | 1,1 | - | 2,9 | - |
| 20:0 | - | 0,4 | 0,5 | - |
| 20:1 | 1,4 | - | - | - |

Πίνακας 6: % αναλογία λιπαρών οξέων σε ιχθυέλαια

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Οξέα | Ηπατέλαιο μπακαλιάρου | Έλαιο ρέγγας | Έλαιο σολωμού | Έλαιο Menhade |
|  |  |  |  |  |
| 14:0 | 2,8 | 3,6 | 3,4 | 7,7 |
| 15:0 | 0,4 | 0,4 | 1,0 | - |
| 15:1 | 0,2 | - | - | - |
| 16:0 | 10,7 | 18,3 | 10,2 | 25,3 |
| 16:1 | 6,9 | 8,3 | 5,0 | 6,7 |
| 17:0 | 1,2 | 0,5 | 1,6 | 3,0 |
| 18:0 | 3,7 | 2,2 | 4,4 | 3,1 |
| 18:1 | 23,9 | 16,9 | 17,6 | 15,4 |
| 18:2 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | - |
| 18:3 | 0,9 | 0,3 | 1,1 | 1,6 |
| 18:4 | 2,6 | 2,8 | 0,6 | 4,0 |
| 19:0 | 0,6 | - | 0,7 | - |
| 20:1 | 8,8 | 9,4 | 4,0 | - |
| 20:2 | 0,5 | - | 0,6 | 1,6 |
| 20:3 | 0,1 | - | 0,1 | - |
| 20:4 | 1,0 | 0,4 | 0,1 | 2,0 |
| 20:5 | 8,0 | 8,6 | 13,6 | 12,9 |
| 22:1 | 5,3 | 11,6 | 3,5 | - |
| 22:2 | 1,1 | - | 1,8 | - |
| 22:4 | 0,3 | - | 0,6 | - |
| 22:5 | 1,3 | 1,3 | 3,1 | 2,3 |
| 22:6 | 14,3' | 7,6 | 18,9 | 14,0 |
| 24:1 | 0,5 | 0,9 | 1,1 | - |

**Απαραίτητα ή ουσιώδη λιπαρά οξέα - Λειτουργικά συστατικά ω-3 και ω-6 λιπαρά οξέα**

Τα λιπαρά εξυπηρετούν στη διατροφή κυρίως για παροχή ενέργειας στον οργανισμό, αλλά προσφέρουν και λιποδιαλυτές βιταμίνες, ενώ λειτουργούν και ως παράγοντες γεύσης και υφής των τροφίμων. Τα ακόρεστα λιπαρά οξέα υπερέχουν έναντι των κορεσμένων. Το λινελαϊκό οξύ C18:2 (παλαιότερα ονομαζόταν βιταμίνη F) μαζί με το λινολενικό οξύ (C18:3) και το αραχιδονικό (C20:4) ανήκουν στα **ουσιώδη ή απαραίτητα λιπαρά οξέα**, τα οποία είναι απαραίτητα τόσο για τον άνθρωπο όσο και για τα ζώα, καθώς η έλλειψή τους προκαλεί δερματικές παθήσεις.

Οι σπουδαιότερες κατηγορίες πολυακόρεστων οξέων είναι τα ω-3, ω‑6 και ω-9 (με βάση τη θέση του δ.δ. από το αντίθετο της καρβοξυλομάδας άκρο της αλυσίδας). Τα πολυακόρεστα λινελαϊκό και α-λινολενικό έχει αποδειχθεί ότι είναι «**απαραίτητα**» για τη διατροφή, και επειδή δεν μπορούν να συντεθούν στον οργανισμό, πρέπει να λαμβάνονται μέσω των τροφίμων. Ο οργανισμός μπορεί να παράγει από το λινελαϊκό οξύ ω-6 λιπαρά οξέα (γ‑λινολενικό οξύ-GLA, δι-ομο γ-λινολενικό οξύ-DGLA και αραχιδονικό οξύ-ΑΑ) και από το α-λινολενικό οξύ ω-3 λιπαρά οξέα (εικοσιπενταεοϊκό οξύ-ΕΡΑ με 20C, 5δ.δ. και εισοσιδυοεξαενοϊκό οξύ-DHA με 22C, 6δ.δ.). Εάν λείπουν το λινελαϊκό και το α-λινολενικό, δεν μπορούν να παραχθούν τα ω-6 και ω-3 απαραίτητα λιπαρά οξέα, αντίστοιχα. Η Συνιστώμενη Ημερήσια Δόση ω-3 λιπαρών οξέων είναι 1-2g/ημέρα και η συνιστώμενη αναλογία τους είναι: ω-6:ω-3=6:1. Η δράση των ω-3 λιπαρών οξέων έχει μελετηθεί στον οργανισμό και έχει αποδειχθεί ότι η θετική τους επίδραση σε διάφορους επικίνδυνους παράγοντες (υπέρταση, τριγλυκερίδια, υψηλά επίπεδα χοληστερόλης και καταστροφή αιμοφόρων αγγείων από θρομβώσεις και αποθέσεις-αθηροσκλήρωση) ή σε ασθένειες (καρκίνος, μείωση τριγλυκεριδίων, καρδιαγγειακές παθήσεις). Τα ιχθυέλαια και άλλα βιοενεργά υλικά από ψάρια είναι τροφοθεραπευτικά. Τα ω-3 λιπαρά οξέα παραλαμβάνονται από ψάρια και χρησιμοποιούνται για εμπλουτισμό διαφόρων τροφίμων, κατά την ενσωμάτωσή τους όμως απαιτούνται προσεκτικοί χειρισμοί για αποφυγή οξειδώσεων. Προστίθενται σε αρτοσκευάσματα, ψωμί, κέικ, μακαρόνια, γαλακτοκομικά προϊόντα ή αναψυκτικά.

### Μονο- και δι- γλυκερίδια

Κατά την εστεροποίηση γλυκερίνης με λιπαρά οξέα, εκτός από τα τριγλυκερίδια, σχηματίζονται μονο- και δι-γλυκερίδια, με ποικίλλουσα χημική σύσταση. Τα μονο- και δι-γλυκερίδια σχηματίζονται επίσης με μερική υδρόλυση των τριγλυκεριδίων ή με μετεστεροποίηση των λιπαρών. Έτσι κατά την εστεροποίηση γλυκερίνης και στεατικού οξέος εκτός από την τριστεατίνη σχηματίζονται δύο ισομερείς μονοστεατίνες (μονογλυκερίδια) και δύο ισομερείς διστεατίνες (διγλυκερίδια).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| μονογλυκερίδιο |  | διγλυκερίδιο |  |

Τα μονο- και δι-γλυκερίδια ανευρίσκονται σε κακής ποιότητας λίπη ή έλαια. Από θρεπτική άποψη τα μονο- και δι-γλυκερίδια είναι το ίδιο εύπεπτα όσο και τα τριγλυκερίδια.

Τα μονο- και δι-γλυκερίδια είναι επιφανειακά ενεργές ενώσεις, γιατί περιέχουν στο μόριό τους και υδατοδιαλυτά πολικά, και λιποδιαλυτά μη πολικά τμήματα. Για το λόγο αυτό τα μονογλυκερίδια των ανώτερων λιπαρών οξέων χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων ως γαλακτωματοποιητές, και μάλιστα είναι ιδιαίτερα κατάλληλα για σχηματισμό γαλακτωμάτων τύπου νερού διεσπαρμένου σε συνεχή λιπαρή φάση. Τα μονογλυκερίδια προστιθέμενα σε μικρή αναλογία στα λιπαρά επιταχύνουν την κρυστάλλωσή τους με λεπτοκρυσταλλική δομή, ιδιότητα που είναι σημαντική για την αποφυγή εφίδρωσης ελαίου από προϊόντα που περιέχουν λιπαρές ουσίες, όπως η μαργαρίνη. Τα μονογλυκερίδια και διγλυκερίδια παρασκευάζονται βιομηχανικά με ελεγχόμενη εστεροποίηση λιπαρών οξέων με γλυκερίνη ή με μετεστεροποίηση λιπαρών με γλυκερίνη παρουσία καταλύτη. Τα μονογλυκερίδια του εμπορίου περιέχουν 50-60% μονογλυκερίδια, 30-45% διγλυκερίδια και μικρό ποσοστό τριγλυκεριδίων.

Από τα μικρότερης περιεκτικότητας συστατικά των λιπαρών ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα παρακάτω συστατικά που αποτελούν το **ασαπωνοποίητο υλικό** των λιπών και ελαίων.

### Φωσφολιπίδια

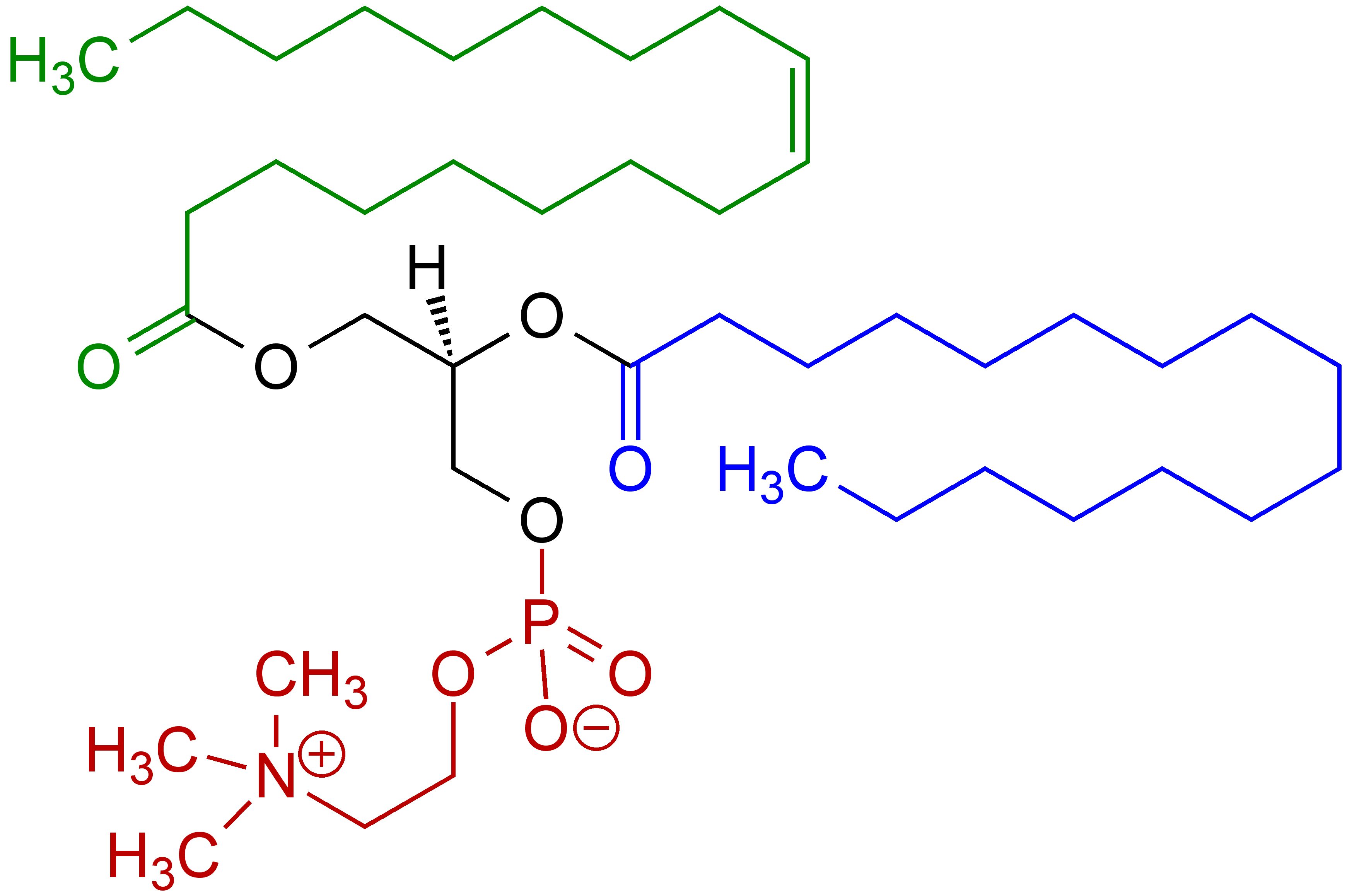
Τα φωσφατίδια είναι σύνθετα λιπίδια που περιέχουν φωσφόρο και αποτελούνται από μία πολυσθενή αλκοόλη εστεροποιημένη με λιπαρά οξέα και φωσφορικό οξύ. Δομούνται κυρίως με βάση τη γλυκερίνη ή τη σφιγγοσίνη. Αυτά που περιέχουν γλυκερίνη είναι τα **φωσφογλυκερίδια**.

Τα **φωσφογλυκερίδια** μπορούν να θεωρηθούν ως εστέρες του φωσφορικού οξέος, το οποίο βρίσκεται ενωμένο με μονο- ή δι-γλυκερίδια και με μία αμινοαλκοόλη ή την κυκλική αλκοόλη ινοσιτόλη. Μπορούν επίσης να θεωρηθούν ως εστέρες του γλυκερινοφωσφορικού οξέος με λιπαρά οξέα και αμινοαλκοόλη ή ινοσιτόλη. Τα λιπαρά οξέα είναι συνήθως τα ίδια που απαντώνται και στα τριγλυκερίδια, ενώ το φωσφορικό οξύ συνδέεται με μία αζωτούχα ομάδα.

Ανάλογα με την ουσία που είναι εστεροποιημένη με φωσφατιδικό οξύ, διακρίνονται σε:

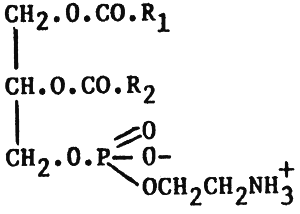
**α) Φωσφογλυκερίδια** με βάση τη γλυκερίνη, σπουδαιότερα από τα οποία είναι:

**λεκιθίνες**, όπου το φωσφορικό οξύ συνδέεται με χολίνη HOCH2CH2N(CH3)3OH



Σχήμα : Δομή λεκιθίνης (φωσφατιδυλοχολίνη)

**κεφαλίνες**, όπου το φωσφορικό οξύ συνδέεται με κολαμίνη ΗΟCH2CH2NH2



Σχήμα 6: Δομή κεφαλίνης (φωσφατιδυλοαιθανολαμίνη)

**λιποσιτόλες**, οι οποίες περιέχουν ινοσιτόλη

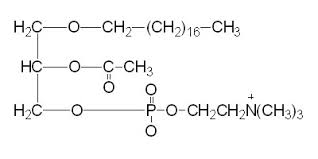
C:\Users\Rena\EIKONES TIF\inositol.tif

Σχήμα 7: Δομή φωσφατιδυλοινοσιτόλης

Το περιεχόμενο ποσοστό φωσφολιπιδίων είναι παρόμοιο στους φυτικούς και τους ζωικούς ιστούς. Στη λέκιθο του αυγού τα φωσφολιπίδια αποτελούν το 23% των συνολικών λιπιδίων και τα άλλα είναι πολικά λιπίδια. Αντίθετα στους λιπώδεις ιστούς και στους ελαιούχους σπόρους, αποτελούν το 1-3% των συνολικών λιπιδίων. Τα φωσφολιπίδια εξάγονται κυρίως με τη βοήθεια πολικών διαλυτών, μαζί με άλλα λιπίδια και λαμβάνονται στο ακατέργαστο έλαιο. Εντούτοις, στις πρώτες ύλες, τα φωσφολιπίδια είναι πρώτιστα συνδεδεμένα με τις πρωτεΐνες (π.χ. στις μεμβράνες) ή μπορεί να δεσμεύονται σε άλλα τμήματα των ιστών.

**β) Φωσφογλυκεροακετόλες** και τα **φωσφινοσιτοειδή**

**γ)** **Σφιγγομυελίνες** που δεν περιέχουν γλυκερίνη, αλλά την αμινοαλκοόλη σφιγγοσίνη. Τα σφιγγολιπίδια είναι μία κατηγορία λιπιδίων τα οποία περιέχουν μία βάση μεγάλης αλυσίδας, συνήθως τη σφιγγοσίνη, λιπαρά οξέα και άλλες ενώσεις, όπως φωσφόρο και μονοσακχαρίτες. Αυτά τα λιπίδια είναι πολύ σημαντικά στις κυτταρικές μεμβράνες και στον εγκέφαλο.



Σχήμα : Δομή σφιγγοσίνης

C:\Users\Rena\EIKONES TIF\Untitled.tif

Σχήμα 9: Δομή σφιγγομυελίνης

Τα φωσφολιπίδια βρίσκονται σε ακατέργαστα λίπη και έλαια και λαμβάνονται στη βιομηχανία σχεδόν αποκλειστικά από τα παραπροϊόντα εξευγενισμού των ακατέργαστων ελαίων, διαχωριζόμενα κατά τη διεργασία της απορητίνωσης (αποκομμίωσης). Η απομάκρυνσή τους επιδιώκεται, γιατί υποβαθμίζουν την ποιότητα των ελαίων, σχηματίζοντας γαλακτώματα ή προκαλώντας οξείδωσή τους (προοξειδωτικά συστατικά). Τα ακατέργαστα φωσφολιπίδια, μετά από εξευγενισμό τους (απελαίωση, καθαρισμό και αποχρωματισμό), χρησιμοποιούνται για διάφορες εφαρμογές στα τρόφιμα. Κυκλοφορούν με την εμπορική ονομασία “λεκιθίνες” που είναι μίγματα λεκιθινών-κεφαλινών και έχουν εξαιρετική φυσιολογική δράση στον ανθρώπινο μεταβολισμό. Οι κύριες λειτουργίες των φωσφολιπιδίων στα τρόφιμα είναι οι επιφανειακές ιδιότητές τους. Ενεργούν ως γαλακτωματοποιητές και σταθεροποιητές των γαλακτωμάτων, διευκολύνουν τη διασπορά των στερεών μορίων στην υδατική φάση, και βελτιώνουν τη σύσταση των πολυφασικών τροφίμων. Τα φωσφολιπίδια καθιστούν την υφή ομαλή και βελτιώνουν το ιξώδες και τη γεύση των τροφίμων. Η πικρή γεύση καταστέλλεται ενώ οι άλλες γεύσεις δεν επηρεάζονται. Τα φωσφολιπίδια μπορούν να αυξήσουν τη θρεπτική αξία των τροφίμων και βρίσκουν εφαρμογή στα λειτουργικά τρόφιμα.

### Λιποχρωστικές

Πολλές χρωστικές κίτρινου και κόκκινου χρώματος, που βρίσκονται στο φυτικό και ζωικό κόσμο, ονομάζονται λιποχρωστικές, εξ αιτίας της διαλυτότητάς τους στα λιπαρά σώματα και τους διαλύτες τους. Απαντώνται σε ελεύθερη ή εστεροποιημένη μορφή, συνοδεύοντας τα λιπαρά σώματα, όπως επίσης ενωμένες με μία πρωτεΐνη υπό μορφή χρωμοπρωτεϊνών. Είναι χρωστικές ουσίες στις οποίες οφείλεται ο χρωματισμός των λιπών και ελαίων.

Η σπουδαιότερη ομάδα χρωστικών που απαντάται στα λιπαρά σώματα είναι τα **καροτενοειδή** τα οποία έχουν κίτρινο έως βαθύ κόκκινο χρώμα. Από χημική άποψη θεωρούνται παράγωγα του ισοπρενίου. Οφείλουν το χρώμα τους στην πολυακόρεστη δομή τους με ύπαρξη συζυγιακών διπλών δεσμών. Από τα καροτενοειδή κυριότερα είναι το λυκοπένιο (C40H56), τα καροτένια, που απαντώνται σε τρεις μορφές ως α-, β- και γ- καροτένια, από τις οποίες σπουδαιότερη είναι η β μορφή, η ξανθοφύλλη (C40H54(OH)2) και η κροκετίνη (C40H54(COOH)2).

Τα καροτένια αποτελούν προβιταμίνη της βιταμίνης Α.

Άλλη κατηγορία χρωστικών είναι οι **χλωροφύλλες** που περιέχονται στο ελαιόλαδο και έχουν πράσινη απόχρωση.

Άλλη ομάδα χρωστικών είναι οι **ανθοκυάνες**. Είναι γλυκοζίτες με άγλυκο συστατικό ανθοκυανιδίνες. Κυριότερη χρωστική της ομάδας αυτής είναι η γκοσσυπόλη που ευρίσκεται στο βαμβακέλαιο και είναι τοξική ουσία.

Χλωροφύλλη: Αποτελεί την πράσινη χρωστική των φυτών με την οποία γίνεται η φωτοσύνθεση. Το πράσινο χρώμα του ελαιόλαδου οφείλεται στη χλωροφύλλη.

Οι χρωστικές απομακρύνονται από τα έλαια με ειδική κατεργασία κατά τον εξευγενισμό που καλείται αποχρωματισμός.

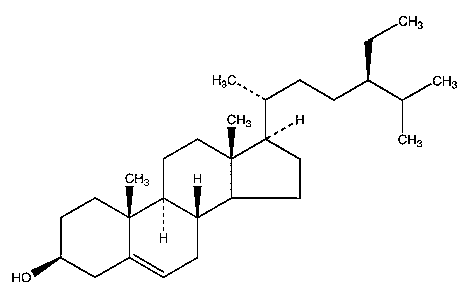
### Στερόλες

Οι στερόλες αποτελούν μία ενδιαφέρουσα ομάδα ενώσεων, που από πλευράς δομής βρίσκονται πολύ κοντά σε ορισμένες βιταμίνες, ορμόνες και άλλες δραστικές ύλες, σπουδαιότατης σημασίας για τον οργανισμό του ανθρώπου. Οι στερόλες θεωρούνται παράγωγα του κυκλοπεντανοϋπερυδροφαινανθρενίου ή στερανίου. Είναι μεγάλου μοριακού βάρους μονοσθενείς δευτεροταγείς αλκοόλες - παράγωγα του στερανίου. Περιέχουν 27-29 άτομα άνθρακα και έχουν μία μόνο υδροξυλομάδα στον C-3 και ανά μία μεθυλική ομάδα στους C-10 και C-13. Οι μεταξύ τους διαφορές συνίστανται στο βαθμό ακορεστότητας και στον υποκαταστάτη στον C-17.

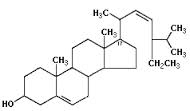
Οι στερόλες είναι πολύ διαδεδομένες στη φύση και ανάλογα με την προέλευσή τους οι στερόλες διακρίνονται σε **φυτοστερόλες** που απαντώνται σε φυτικά λιπαρά, σε **ζωοστερόλες** που απαντώνται αντίστοιχα σε ζωικά λιπαρά και σε **μυκοστερόλες** που ευρίσκονται σε λιπαρά μικροοργανισμών. Οι κυριότερες στερόλες είναι από τις ζωικές η χοληστερόλη, από τις φυτικές η β-σιτοστερόλη και η στιγμαστερόλη και από τις μυκοστερόλες η εργοστερόλη με υποκαταστάτες στη θέση 17 αντίστοιχα.

C:\Users\Rena\EIKONES TIF\cholesterol.tif

Σχήμα : Δομή χοληστερόλης



Σχήμα : Δομή β-σιτοστερόλης



Σχήμα 12: Δομή στιγμαστερόλης

Οι στερόλες αποτελούν πολύ μικρό ποσοστό στη σύσταση των ελαίων και λιπών (0,1-0,3%), αλλά έχουν μεγάλη σημασία για τη διάκριση των λιπαρών σωμάτων φυτικής και ζωικής προέλευσης, γιατί τα ζωικά λιπαρά σώματα περιέχουν ζωοστερόλες, ενώ τα φυτικά φυτοστερόλες και σε πολύ μικρό ποσοστό ζωοστερόλες.

Αποτελούν ενώσεις σπουδαίας σημασίας για τον οργανισμό, καθώς έχουν σχέση με τα χολικά οξέα και τις ορμόνες, ενώ κάποιες είναι προβιταμίνες της βιταμίνης D. Οι μεν ορμόνες σχηματίζονται από τους ενδοκρινείς αδένες του οργανισμού και καθεμία έχει ειδικό προορισμό για τη λειτουργία των διαφόρων οργάνων, τα δε χολικά οξέα σχηματίζουν με τα λιπαρά οξέα των γλυκεριδίων τις χολεϊνικές ενώσεις, που ως υδατοδιαλυτές απορροφώνται εύκολα από τον εντερικό σωλήνα.

Η χοληστερόλη, η πιο σημαντική στερόλη, αποτελεί δομικό συστατικό των κυτταρικών μεμβρανών και είναι πρόδρομος των χολικών οξέων και των στεροειδών ορμονών. Ο μεταβολισμός της είναι εξαιρετικής σημασίας για την ανθρώπινη υγεία. ¶Ανωμαλίες ¶στη βιοσύνθεση ή το μεταβολισμό αυτής και του χολικού οξέος συνδέονται με καρδιαγγειακές ασθένειες και το σχηματισμό χολόλιθων.

Η ανάλυση των στερολών χρησιμεύει:

1. για το χαρακτηρισμό των ελαίων. Κάθε λίπος ή έλαιο έχει χαρακτηριστική σύσταση στερολών, έτσι ώστε η ύπαρξη συγκεκριμένης στερόλης να ευρίσκεται μόνο σε ένα είδος ελαίου (βρασσικαστερόλη στο κραμβέλαιο), ή άλλη στερόλη να ευρίσκεται σε συγκεκριμένες αναλογίες σε κάποιο έλαιο (β-σιτοστερόλη στο έλαιόλαδο σε αναλογία 80-97% επί του συνόλου στων στερολών)
2. για τη διάκριση ζωικών λιπαρών από φυτικά - η χοληστερόλη απαντάται μόνο σε ζωικά λίπη
3. για τον έλεγχο της νοθείας ελαίων - ανίχνευση χοληστερόλης σε φυτικά έλαια
4. για την ανάμιξη ελαιόλαδου με πυρηνέλαιο - το πυρηνέλαιο περιέχει δύο στερόλες την ερυθροδιόλη και την ουβαόλη, που δεν τις περιέχει το ελαιόλαδο

Οι στερόλες, σχηματίζουν εστέρες με λιπαρά οξέα. Το στερολικό κλάσμα ενός λιπαρού αποτελεί μεγάλο μέρος του ασαπωνοποίητου υλικού, έως και 85% αυτού. Μεγάλο μέρος των στερολών απομακρύνεται κατά την αλκαλική εξουδετέρωση των ελαίων.

### Υδρογονάνθρακες

Τα περισσότερα λίπη και έλαια περιέχουν μαζί με τα άλλα συστατικά του ασαπωνοποίητου υλικού και μικρά ποσά κορεσμένων ή ακόρεστων υδρογονανθράκων. Οι υδρογονάνθρακες περιλαμβάνουν ευθύγραμμες, διακλαδισμένες, κορεσμένες και ακόρεστες ενώσεις, οι οποίες ποικίλλουν στο μέγεθος της ανθρακικής αλυσίδας. Οι πιο σημαντικοί υδρογονάνθρακες, που βρίσκονται στα λιπίδια είναι τα ισοπρενοειδή και τα οξυγονωμένα παράγωγά τους. Ο πιο διαδεδομένος υδρογονάνθρακας είναι το σκουαλένιο (C30H50) στο οποίο μετέχουν σε γραμμική διάταξη 6 μερικώς υδρογονωμένα μόρια ισοπρενίου. Oι υδρογονάνθρακες χρησιμεύουν για την ανίχνευση λιπαρών.

### Τοκοφερόλες

Οι τοκοφερόλες ευρίσκονται στα φυτικά έλαια σε τέσσερις τύπους που χαρακτηρίζονται ως α-, β-, γ- και δ- τοκοφερόλη και αποτελούν τη λιποδιαλυτή βιταμίνη Ε. Η πιο συνήθης μορφή είναι η **α-τοκοφερόλη**.



Οι τοκοφερόλες, ως ευοξείδωτα συστατικά, αποτελούν φυσικά αντιοξειδωτικά των λιπαρών σωμάτων.

### Βιταμίνες

Οι βιταμίνες, οι οποίες συναντώνται σε αξιόλογες ποσότητες στα λιπίδια είναι οι Α, D, E και σε μικρότερες ποσότητες, η βιταμίνη K. Οι βιταμίνες δεν αποτελούν πηγή ενέργειας, ούτε δομικές μονάδες για τον ανθρώπινο οργανισμό, αλλά είναι θρεπτικά συστατικά, έχουν ποικίλες λειτουργίες στα κύτταρα και τους ιστούς και καθορίζουν την ανάπτυξη και την υγεία των ανθρώπων. Οι βιταμίνες Α, D, E, K διαφέρουν από τις άλλες βιταμίνες, γιατί δεν περιέχουν άζωτο στο μόριο τους.

### Κηρώδη συστατικά

Οι κηροί είναι εστέρες μονοσθενών αλκοολών, σχετικά υψηλού μοριακού βάρους και αλειφατικών μονοκαρβοξυλικών οξέων. Οι απλοί κηροί είναι εστέρες μεσαίας αλυσίδας λιπαρών οξέων και μεγάλης αλυσίδας αλειφατικών αλκοολών. Οι κηροί χαρακτηρίζονται από χημική σταθερότητα και είναι αδιάλυτοι στο νερό και σε πολλούς οργανικούς διαλύτες. Λόγω αυτών των ιδιοτήτων τους, οι κηροί συναντώνται στα φυτά και τα ζώα και προστατεύουν τους ιστούς. Επίσης παίζουν σπουδαίο ρόλο στην προστασία από την απώλεια ύδατος. Οι απλοί κηροί ταξινομούνται ως μονοεστέρες των κανονικών λιπαρών οξέων και των κανονικών αλκοολών με μακριά αλυσίδα. Υπάρχουν όμως και σύνθετοι κηροί, στους οποίους τα λιπαρά οξέα ή τα παράγωγα των αλκοολών κατέχουν σύνθετες δομές. Οι σύνθετοι κηροί σχηματίζονται από διόλες ή από αλκοολικά οξέα.

Οι κηροί βρίσκονται σε μικρές ποσότητες στα συνήθη λίπη και έλαια. Η παρουσία τους είναι ανεπιθύμητη, διότι προκαλούν θολώματα στα έλαια. Απομακρύνονται με ειδικές κατεργασίες ψύξης - αποκήρωση ελαίων - ή κατά την απομαργαρίνωση των ελαίων.

## Σκοπός και μέθοδοι Ποιοτικού Ελέγχου λιπαρών υλών

Οι διάφορες εξετάσεις και αναλύσεις που πραγματοποιούνται στα εργαστήρια ποιοτικού ελέγχου λιπαρών υλών έχουν ως κύριο σκοπό τον έλεγχο της αγνότητας, κανονικότητας ή της ταυτότητας των διαφόρων λιπών και ελαίων. Ομοίως ελέγχουν τις διάφορες ελαιούχες πρώτες ύλες (ελαιούχους σπόρους/καρπούς), τα προϊόντα ενδιάμεσων σταδίων επεξεργασίας (εξουδετέρωση, κ.λπ.), ή και τα παραπροϊόντα των ελαιουργικών βιομηχανιών (π.χ. σάπωνες, κ.λπ.). Ειδικότερα συναντώνται συνήθως οι παρα­κάτω περιπτώσεις:

α. Έλεγχος της νοθείας των λαδιών, δηλαδή ελαιόλαδο με πυρηνέλαιο, ελαιόλα­δο με σπορέλαιο (ελαιόλαδο με προσθήκη σπορέλαιου και χρωστικών), ελαιόλαδο με nylon σπορέλαια, δηλαδή σπορέλαια στα οποία σκόπιμα έχουν καταστραφεί οι ουσίες που δίνουν τις χαρακτηριστικές αντιδράσεις ανίχνευσής τους, ελαιόλαδα με σπορέλαια- των οποίων η σύνθεση έχει τροποποιηθεί με τη βοήθεια της Γενετικής Μηχανικής (π.χ. ηλιανθέλαιο με αυξημένη περιεκτικότητα σε ελαϊκό οξύ), ελαιόλαδα με μετεστεροποιημένα ή συνθετικά λάδια. Επίσης νοθεία σπορέλαιων ανώτερης ε­μπορικής αξίας με άλλα κατώτερης (αραβοσιτέλαιο με σογιέλαιο ή γιγαρτέλαιο). Α­κόμη νοθεία στα μαγειρικά λίπη ή τις μαργαρίνες όπου αντικαθίστανται φυτικά λάδια με υδρογονωμένα ζωικά έλαια ή ιχθυέλαια.

β. Νοθεία του λίπους του κακάο με τυποποιημένα υποκατάστατά του

γ. Έλεγχος της κατάστασης οξείδωσης των αποθεμάτων λιπαρών υλών

δ. Ποιοτικοί έλεγχοι στα πλαίσια μελετών ή ερευνών όπως π.χ. μελέτες για κατά­λοιπα φυτοφαρμάκων στα λάδια, κ.λπ.

Για την επίτευξη του παραπάνω σκοπού χρησιμοποιούνται χημικές, φυσικές ή φυσικοχημικές ή και βιοχημικές μέθοδοι, όπως ογκομετρική ανάλυση, φασματοφωτομετρία, διαθλασιμετρία, χρωματογραφικές μέθοδοι, χρησιμοποίηση ειδικών ενζύμων, κ.α.

Για τον έλεγχο νέων προϊόντων όπως αυτών της Γενετικής Μηχανικής ή ειδι­κών περιπτώσεων νοθείας, αλλά και για την αξιοποίηση νέων αναλυτικών οργάνων, οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται, διαρκώς επανεξετάζονται, συμπληρώνονται ή και αντικαθίστανται από νεότερες.

|  |
| --- |
| **Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα**  **Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας** |
| **Τέλος Ενότητας** |
| **Χρηματοδότηση**   * Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα. * Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Αθήνας**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη 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. |

**Σημειώματα**

**Σημείωμα Αναφοράς**

Copyright ΤΕΙ Αθήνας, Ιωάννης Τσάκνης, 2014. Ιωάννης Τσάκνης. «Τεχνολογία και Ποιότητα Λιπών – Ελαιών - Ε. Ενότητα 1: Εισαγωγή στα λιπίδια». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: [ocp.teiath.gr](https://ocp.teiath.gr/).

**Σημείωμα Αδειοδότησης**

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση 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. Οι όροι χρήσης των έργων τρίτων επεξηγούνται στη διαφάνεια «Επεξήγηση όρων χρήσης έργων τρίτων».

Τα έργα για τα οποία έχει ζητηθεί άδεια αναφέρονται στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».

[](file:///C:\Users\pantelis\Downloads\%5b1%5d%20http:\creativecommons.org\licenses\by-nc-sa\4.0\)

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

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

* που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
* που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
* που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

**Επεξήγηση όρων χρήσης έργων τρίτων**

|  |  |
| --- | --- |
| © | Δεν επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, παρά μόνο εάν ζητηθεί εκ νέου άδεια από το δημιουργό. |
| διαθέσιμο με άδεια CC-BY | Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου και η δημιουργία παραγώγων αυτού με απλή αναφορά του δημιουργού. |
| διαθέσιμο με άδεια CC-BY-SA | Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού, και διάθεση του έργου ή του παράγωγου αυτού με την ίδια άδεια. |
| διαθέσιμο με άδεια CC-BY-ND | Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού. Δεν επιτρέπεται η δημιουργία παραγώγων του έργου. |
| διαθέσιμο με άδεια CC-BY-NC | Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού. Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου. |
| διαθέσιμο με άδεια CC-BY-NC-SA | Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού και διάθεση του έργου ή του παράγωγου αυτού με την ίδια άδεια. Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου. |
| διαθέσιμο με άδεια CC-BY-NC-ND | Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού. Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου και η δημιουργία παραγώγων του. |
| διαθέσιμο με άδεια CC0 Public Domain | Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, η δημιουργία παραγώγων αυτού και η εμπορική του χρήση, χωρίς αναφορά του δημιουργού. |
| διαθέσιμο ως κοινό κτήμα | Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, η δημιουργία παραγώγων αυτού και η εμπορική του χρήση, χωρίς αναφορά του δημιουργού. |
| χωρίς σήμανση | Συνήθως δεν επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου. |

**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.