



Επιστήμη Υλικών II (Θ)

Ενότητα 6: Ιδιότητες Λιπαρών Υλών Σάπωνες & Απορρυπαντικά

Σταμάτης Μπογιατζής, επίκουρος καθηγητής
Τμήμα Συντήρησης Αρχαιοτήτων & Έργων Τέχνης



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

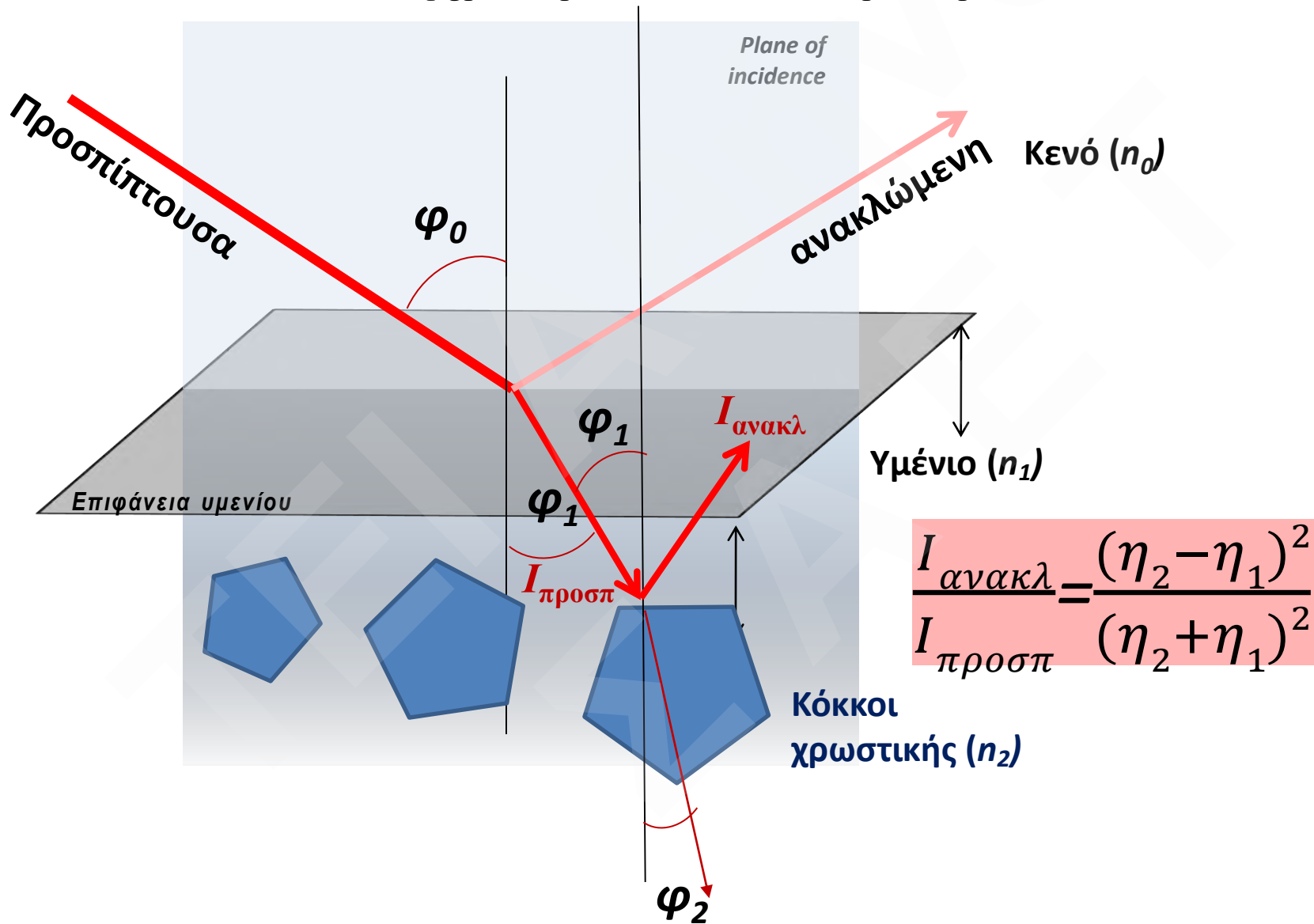


ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

4. Δείκτης διάθλασης (n)

- Ανήκει στις οπτικές ιδιότητες των υλικών. Έχει πολύ μεγάλη σημασία για τα έργα τέχνης γιατί επηρεάζει σημαντικά τις οπτικές ιδιότητες των χρωματικών στρωμάτων.
- Μας ενδιαφέρει κατά κύριο λόγο η τιμή του δ.δ. στα «ξηραμένα» (=πολυμερισμένα) λάδια.
- Ο δ.δ. **αυξάνεται** όσο **αυξάνεται** η *ακορεστότητα* και το *M.B.* (με τον πολυμερισμό) των λιπών.

Ανακλώμενη (σκεδαζόμενη) δέσμη σε χρωματικό στρώμα



Η σημασία του δείκτη διάθλασης στα ζωγραφικά έργα 2/2

Παράδειγμα

Χρωστική: λευκό Ti ($n_2 = 2,71$)
Συνδετικό: λινέλαιο ($n_1 = 1,48$)

$$\frac{I}{I_0} (\%) = \left\{ \frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \right\}^2 \times 100$$

Στον αέρα ($n_1 = 1$) το λευκό του Ti ανακλά το **21%** του φωτός που προσπίπτει.

Σε χρωματικό στρώμα με λινέλαιο ανακλά μόνο το **9%** .

Άρα, η διασπορά σε λινέλαιο προσδίδει διαφάνεια στο χρωμ. στρώμα.

Όπου:

$\frac{I}{I_0} (\%)$: ποσοστό κατοπτρικής ανάκλασης

I_0 : ένταση προσπίπτουσας ακτινοβολίας

I : ένταση ανακλώμενης ακτινοβολίας

n_2 : δείκτης διάθλασης της χρωστικής

n_1 : δείκτης διάθλασης του οργανικού μέσου.

«Ξήρανση» – πολυμερισμός και δείκτης διάθλασης

- Τα ξηραϊνόμενα έλαια με την παραμονή τους επάνω στον καμβά **πολυμερίζονται**. Αυτό σημαίνει ότι **αυξάνεται** το M.B. τους και άρα και ο δείκτης διάθλασής τους
 - **Παράδειγμα**
 - Λινέλαιο φρέσκο: $n=1,48$
 - Λινέλαιο ξηραμένο (πολυμερισμένο): $n=1,57$
 - Μόλις αναμιχθεί με το λευκό του Ti ($n=2,71$), υπολογίζεται ποσοστό ανακλώμενης ακτινοβολίας **9%**
 - Αν παραμείνει στον καμβά και πολυμεριστεί: $I/I_0= 7%$
- Άρα η ξήρανση των λαδιών προσδίδει στο χρωματικό χρώμα επί πλέον διαφάνεια.**

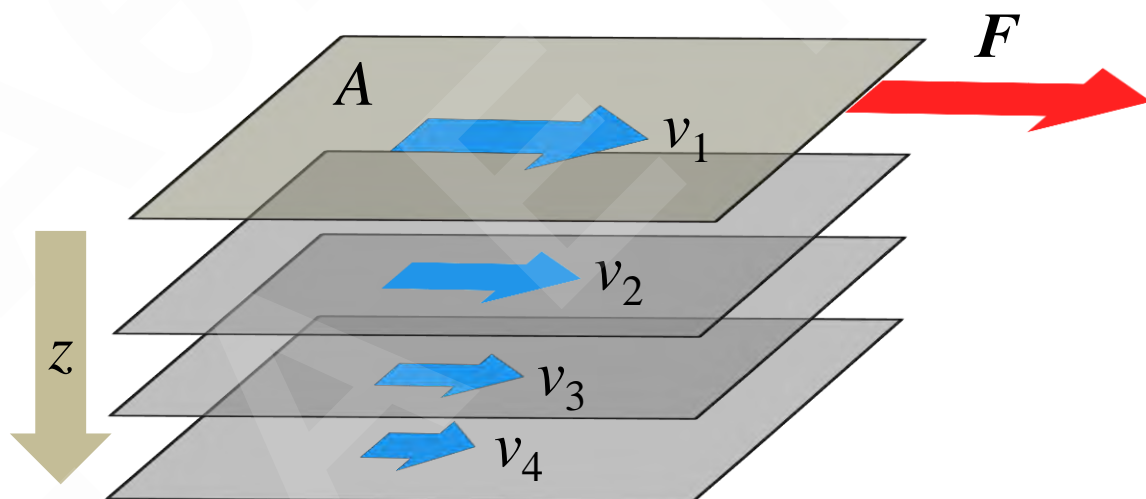
5. Ιξώδες

Το **ιξώδες** εκφράζει την αντίσταση που αναπτύσσουν τα ρευστά στη ροή.

Αν το υγρό αποτελείται από αλληπάλληλα στρώματα με επιφάνεια S μεταξύ των οποίων υπάρχει **εσωτερική τριβή**.

Αν το ψηλότερο στρώμα σύρεται από δύναμη F , κινείται με ταχύτητα v .

Τα υποκείμενα στρώματα ανταποκρίνονται με σταδιακά μικρότερη «προθυμία» στην κίνηση.



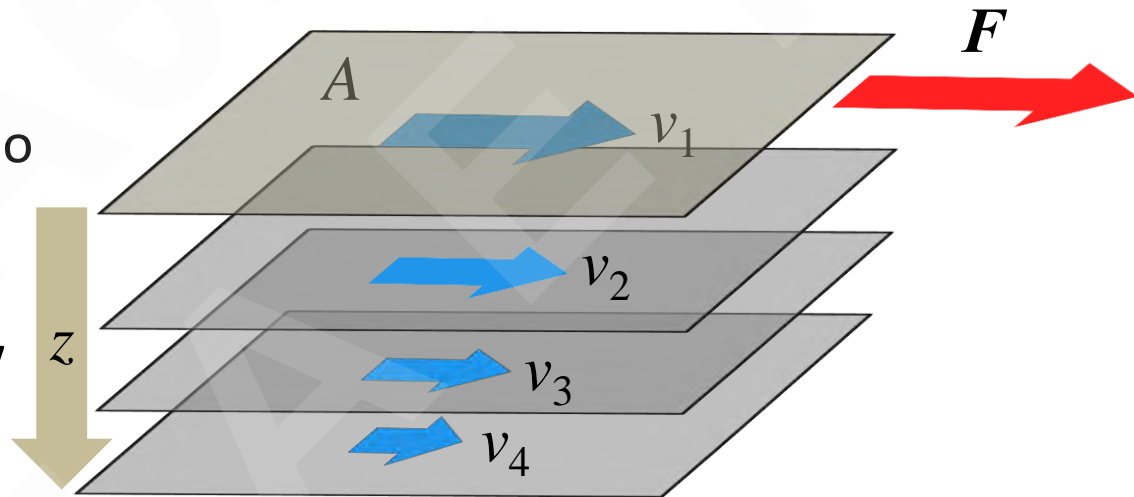
Οι ταχύτητές τους v_1, v_2, \dots, v_n , είναι μικρότερες από πάνω προς τα κάτω.

Δυναμικό και κινητικό ιξώδες

- Ιξώδης ροή ενός υγρού που προέρχεται από διατμητικές τάσεις από δύο διαδοχικές επίπεδες και παράλληλες πλάκες:

$$\eta = \frac{\tau}{dv/dy} = \frac{F/A}{dvdy}$$

- Το **δυναμικό ιξώδες η** είναι ο λόγος της εφαρμοζόμενης διατμητικής τάσης τ δια της μεταβολής της ταχύτητας dv κατά τη μετατόπιση dy σε κατεύθυνση κάθετη και απομακρυνόμενη από τις πλάκες.



Ο λόγος του δυναμικού ιξώδους δια της πυκνότητας του ρευστού ονομάζεται **κινητικό ιξώδες (η_{κ})**.

$$\eta_{\kappa} = \frac{\eta}{\rho}$$

Μονάδες ιξώδους

- Η μονάδα του δυναμικού ιξώδους είναι το **poise (P)** και το **pascal-δευτερόλεπτο (Pa-s)**.

$$1 P = 1 \text{ dyne s/cm}^2$$

$$1 Pa-s = 1 \text{ N-s/m}^2.$$

- Η μετατροπή των μονάδων του ενός συστήματος στο άλλο γίνεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$10 P = 1 Pa-s$$

- Στην πράξη χρησιμοποιείται το **cP** ($=0.01 P$)
- Οι μονάδες του κινητικού ιξώδους είναι το **stokes**.



Τιμές ιξώδους

Οι τιμές του ιξώδους των υγρών μετρώνται με το ιξωδόμετρο του Ostwald και δίνονται πάντα σε μια δεδομένη θερμοκρασία (π.χ. 20 °C).

Υγρό	Ιξώδες	Ιξώδες
	[Pa·s]	[cP=mPa·s]
Ακετόνη	3.06×10^{-4}	0.306
Βενζόλιο	6.04×10^{-4}	0.604
Νερό	8.94×10^{-4}	0.894
Αιθανόλη	1.074×10^{-3}	1.074
Αιθυλενογλυκόλη	1.61×10^{-2}	16.1
Ελαιόλαδο	0.081	81
Γλυκερόλη	1.2	1200
Σιρόπι καλαμποκιού	1.3806	1380



Τιμές ιξώδους ελαίων

λάδι	ιξώδες (η) (cP, 20 °C)
λινέλαιο	51
παπαρουνέλαιο	62
καρυδέλαιο	9
σογιέλαιο	43
γλυκερίνη	1500

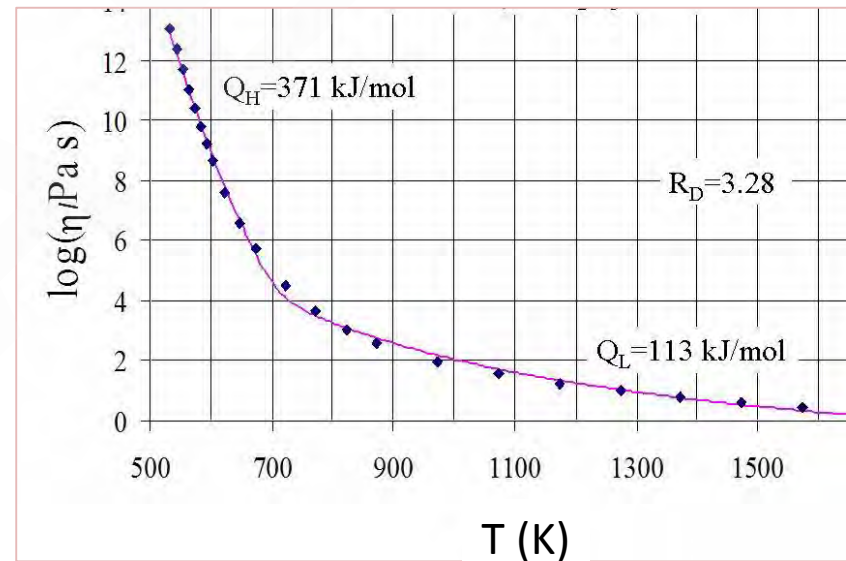
Εξάρτηση του ιξώδους από τη θερμοκρασία

- Το ιξώδες ενός υγρού μειώνεται όσο αυξάνεται η θερμοκρασία με **εκθετικό** τρόπο:

$$\eta = Ae^{\frac{E}{RT}}$$

- Λογαριθμίζοντας και τα δυο μέλη:

$$\log \eta = \log A + \frac{E}{RT}$$



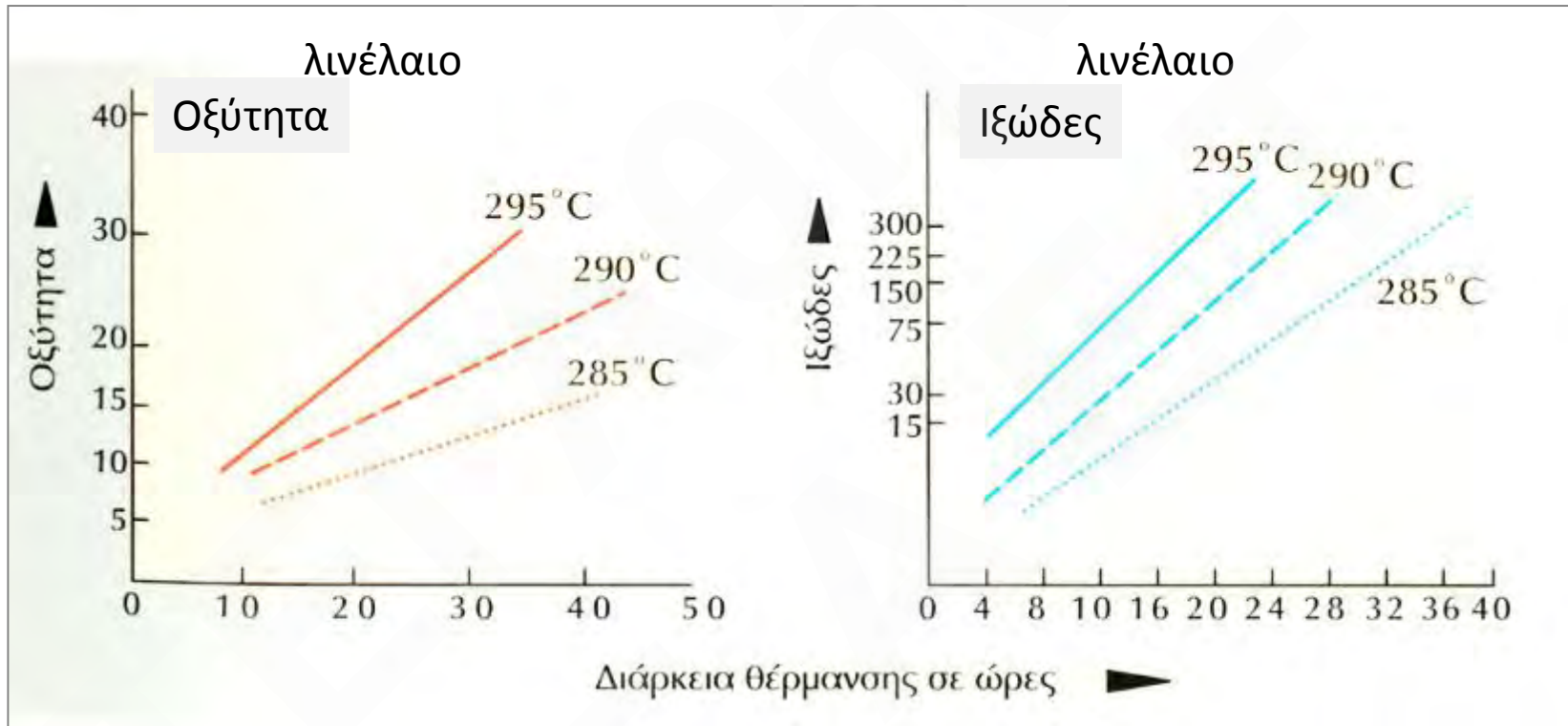
Ιξώδες σε ρευστά και ημίρρευστα υλικά

- Τα **υγρά** έχουν χαμηλό ιξώδες. Για παράδειγμα, το ιξώδες του νερού σε θερμοκρασία δωματίου είναι περίπου 10^{-3} Pa-s.
- Αντίθετα, οι **ύαλοι** (=παχύρρευστα υγρά) έχουν εξαιρετικά μεγάλο ιξώδες σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος, το οποίο δικαιολογείται από τους ισχυρούς δεσμούς μεταξύ μορίων. Καθώς η θερμοκρασία ανέρχεται, το μέγεθος της έλξης των δεσμών ελαττώνεται, η κίνηση ολίσθησης ή αλλιώς η ροή, των ατόμων ή ιόντων διευκολύνεται και κατά συνέπεια υπάρχει μια συνακόλουθη μείωση του ιξώδους.

Χημικές ιδιότητες

1. Όξινη υδρόλυση.
2. Μετεστεροποίηση.
3. Αλκαλική υδρόλυση (σαπωνοποίηση).
4. Ακορεστότητα – αριθμός ιωδίου.
5. «Ξήρανση» των λαδιών.
6. Οξειδωση - Αποικοδόμηση των λαδιών από περιβαλλοντικούς παράγοντες.

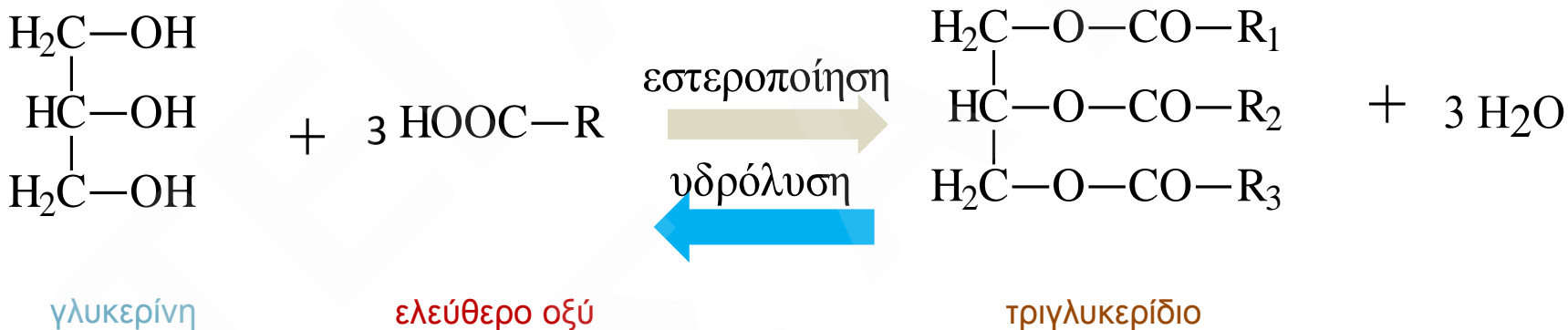
Χημικές ιδιότητες ξηραινόμενων λαδιών



Πηγή: Ε. Ιωακείμογλου, Τα οργανικά υλικά των Έργων Τέχνης, Αθήνα 2013

1. Όξινη υδρόλυση

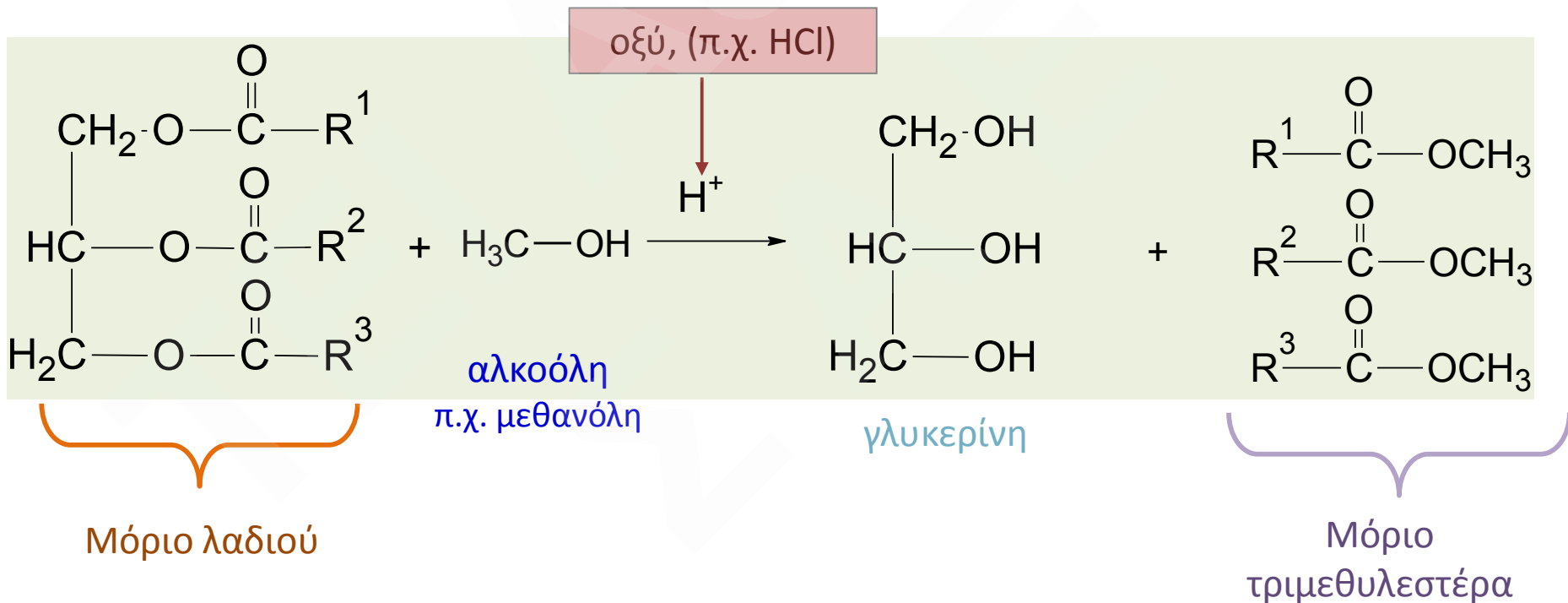
- Τα λίπη παρουσία νερού και καταλυτικής ποσότητας οξέος είναι σχετικά ασταθή και βαθμιαία υδρολύονται.
- Το αποτέλεσμα της υδρόλυσης είναι ο σχηματισμός ελεύθερων λιπαρών οξέων και γλυκερίνης.



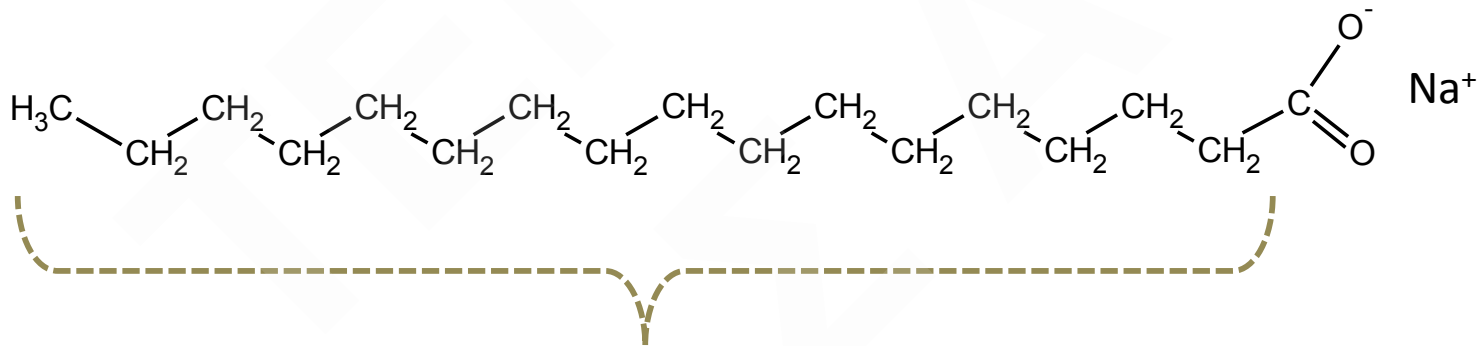
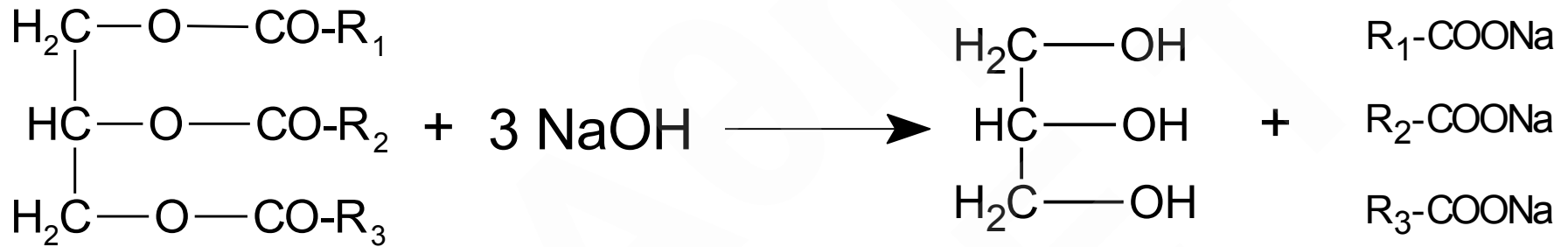
Αποτέλεσμα της όξινης υδρόλυσης είναι η δημιουργία **ελεύθερων οξέων** (=αυξημένη **οξύτητα** του λαδιού)

2. Μετεστεροποίηση

- Είναι αντίδραση παρόμοια με την υδρόλυση: αντί του νερού, ως διαλύτης και «περιβάλλον» χρησιμοποιείται η αλκοόλη (=αλκοολόλυση).



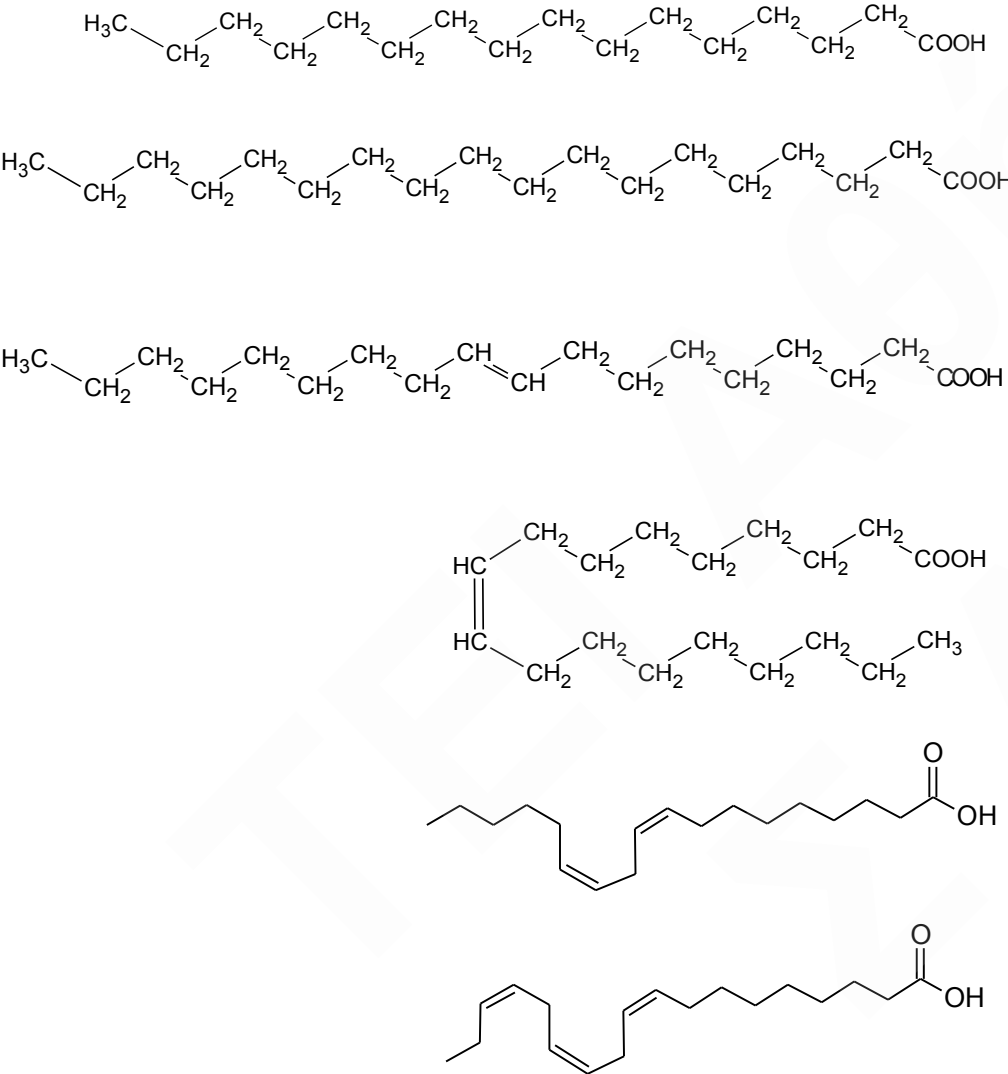
3. Αλκαλική υδρόλυση - σαπωνοποίηση



Σάπωνες
(=άλατα
λιπαρών
οξέων)

Ανθρακική αλυσίδα (R₁, R₂, R₃)

4. Ακορεστικότητα

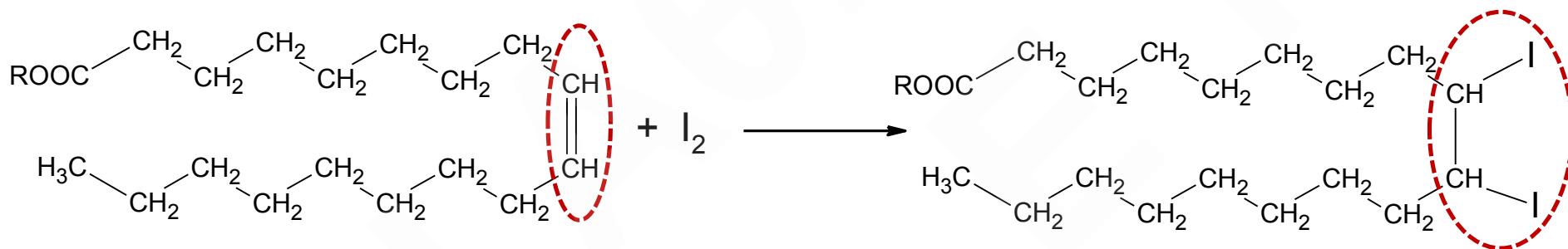


	σ.τ.
Παλμιτικό οξύ (C16:0)	61.5
Στεατικό οξύ (C18:0)	69
Ελαϊδικό (trans-ελαϊκό) οξύ (trans-C18:1)	45
Ελαϊκό οξύ (cis-C18:1)	13.5
Λινελαϊκό οξύ (cis, cis-C18:2)	-5
Λινολενικό οξύ (cis, cis, cis-C18:3)	-11



Ακορεστικότητα και αριθμός ιωδίου

- Ένα δείγμα λαδιού που περιέχει ακόρεστα, όταν υποβληθεί σε αντίδραση με ένα αλογόνο (π.χ. **στοιχειακό ιώδιο, I₂**) ένα μόριο αλογόνου καταναλώνεται από ένα διπλό δεσμό C=C.



κορεσμένο ιωδο-παράγωγο λιπαρού εστέρα

- Σύμφωνα με την στοιχειομετρία της αντίδρασης, κάθε διπλός δεσμός απαιτεί ένα ισοδύναμο (δηλ. ένα μόριο) ιωδίου.
- Συνεπώς, από την ποσότητα του αντιδραστήριου (ιώδιο, I₂) που καταναλώθηκε, προσδιορίζεται η ακορεστικότητα.

Αριθμός ιωδίου ορισμένων λαδιών

Λιπαρή ύλη	παλμιτικό $C_{16:0}$	στεατικό $C_{18:0}$	ελαϊκό $C_{18:1}$	λινελαϊκό $C_{18:2}$	λινολενικό $C_{18:3}$	Αριθμός ιωδίου
ελαιόλαδο	8-18 %	2-5 %	56-82%	4-19%	0.3-1.0	75-95
λινέλαιο	6-7%	3-6%	14-24%	14-19%	48-60%	169-192
παπαρουνέλαιο	10%	2%	11%	72%	5%	132-142
καρυδέλαιο	3-7%	0.5-3.0%	9-30%	57-76%	2-16%	140-150
ηλιέλαιο	5-6%	4-6%	17-51%	38-74%	ίχνη	131-135

Αριθμός ιωδίου ορισμένων λαδιών

α/α	Λάδι	Αριθμός ιωδίου
1	Λάδι κοκοφοίνικα	7 – 12
2	Βούτυρο κακάο	35 – 40
3	Φοινικέλαιο	44 – 51
4	Λάδι jojoba	~80
5	Ελαιόλαδο	80 – 88
6	Φυστικέλαιο	84 – 105
7	Βαμβακέλαιο	100 – 117
8	Ηλιέλαιο	125 – 144
8	Καλαμποκέλαιο	109 – 133
9	Σογιέλαιο	120 – 136
10	Καρυδέλαιο	120 – 140
11	Παπαρουνέλαιο	133 ~133
12	Λινέλαιο	136 – 178
13	Κινέζικο Λάδι Tung	163 – 173

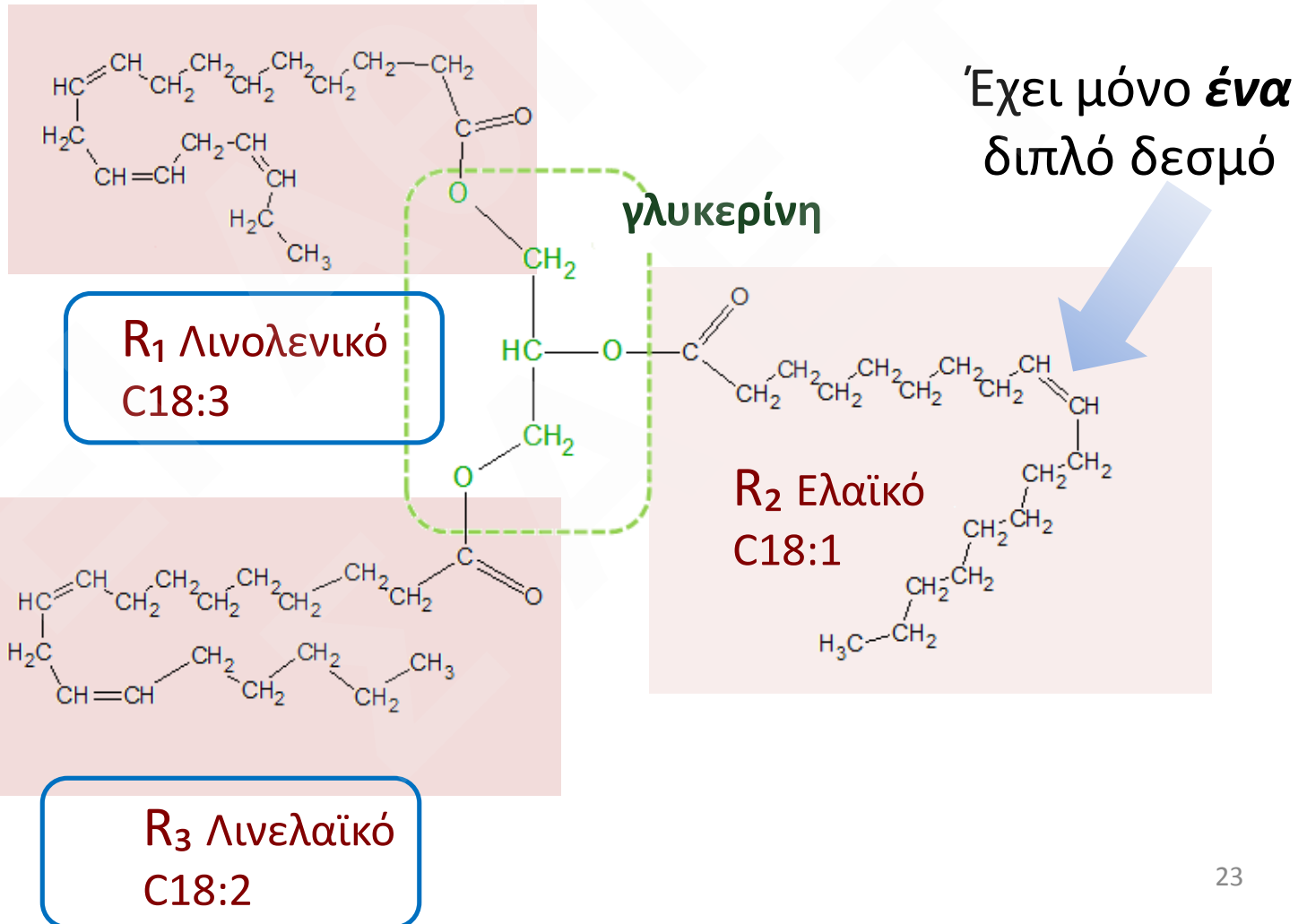
5. «Ξήρανση» των λαδιών

- Η «ξηράνση» των λαδιών είναι η αντίδραση που τα μετατρέπει σε υαλώδη (=άμορφα) στερεά, ή υψηλού ιξώδους ρευστά.
- Πρόκειται για αντίδραση πολυμερισμού υπό την επίδραση του οξυγόνου της ατμόσφαιρας (=αυτοξείδωση) που οδηγεί σε ένα μεγάλο M.B. διασταυρωμένο πολυμερές (=τρισδιάστατο πλέγμα).
- [πάντα γίνεται σε συνδυασμό με άλλες αντιδράσεις που επηρεάζουν το χρώμα και την υφή των λαδιών].

Πολυμερισμός = αύξηση του μοριακού βάρους των τριγλυκεριδίων.

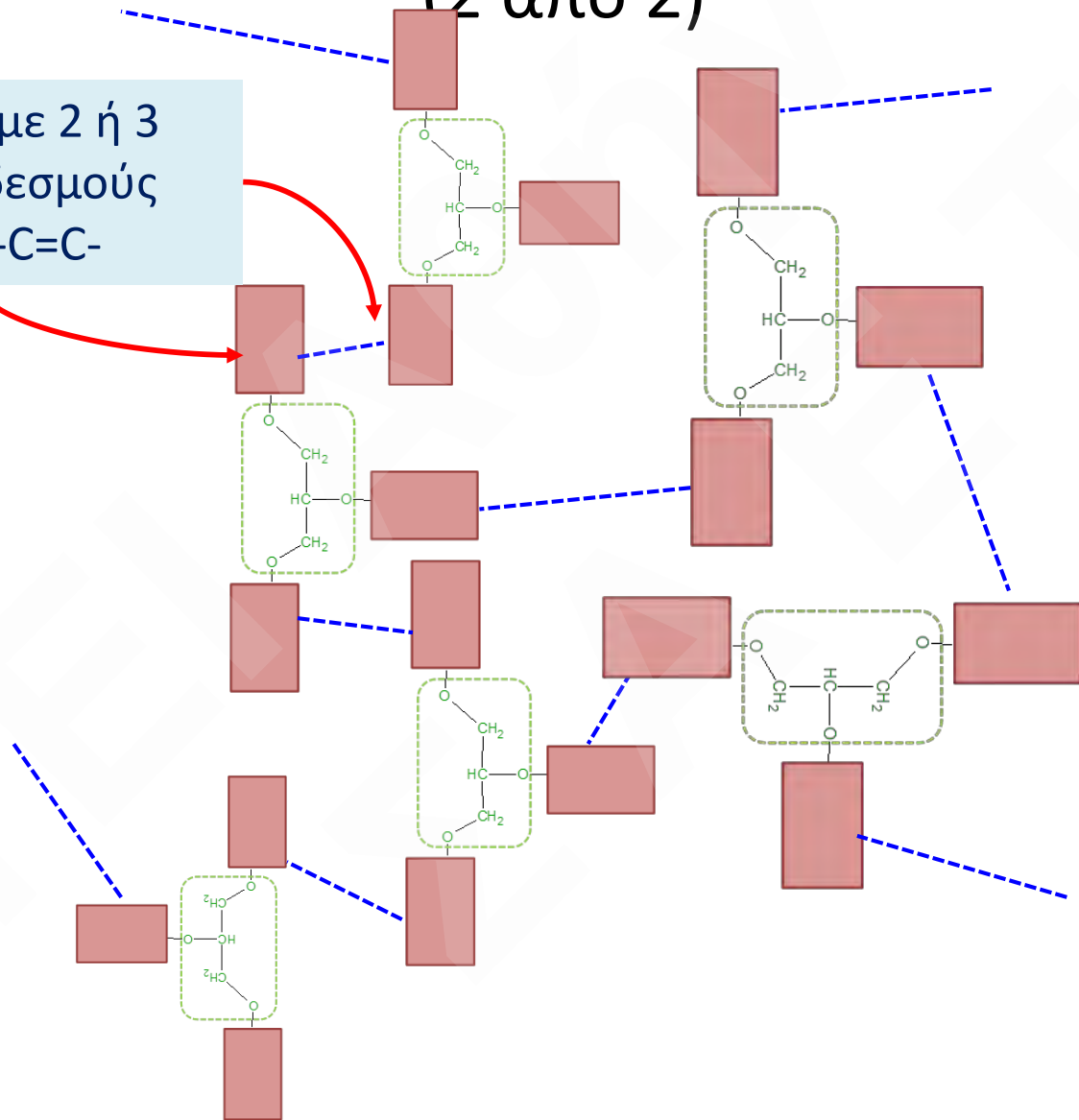
Πολυμερισμός «ξηραϊνόμενων» λαδιών (1 από 2)

Προϋπόθεση: τα λάδια να είναι **πολυακόρεστα**



Πολυμερισμός «ξηραϊνόμενων» λαδιών (2 από 2)

Περιοχές με 2 ή 3
διπλούς δεσμούς
 $-C=C-C-C=C-$



Ποια έλαια είναι ξηραινόμενα;

ξηραινόμενα	ημιξηραινόμενα	μη ξηραινόμενα
λινέλαιο	σογιέλαιο	ελαιόλαδο
Oitica	βαμβακέλαιο	αραχιδέλαιο
Perilla	σησαμέλαιο	κικινέλαιο
παπαρουνέλαιο	καλαμποκέλαιο	αμυγδαλέλαιο
λάδι tung		φοινικέλαιο
καρυδέλαιο		
κανναβέλαιο		
ηλιέλαιο		

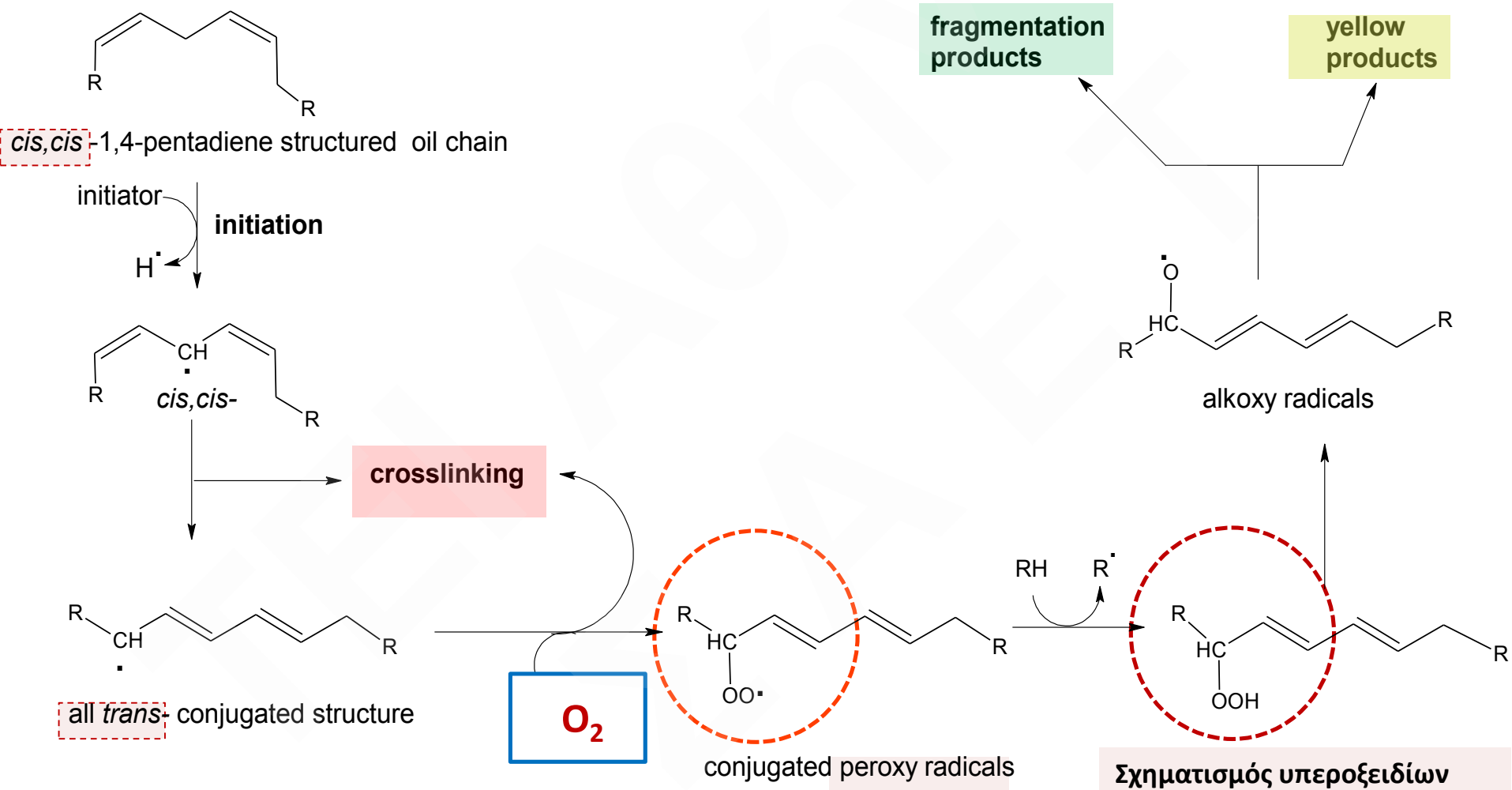
Πηγή: Ε. Ιωακείμογλου, Τα οργανικά υλικά των Έργων Τέχνης, Αθήνα 2013

Ιδιότητες ξηραϊνόμενων λαδιών

λάδι	Ειδικό βάρος	θ (°C)	δείκτης διάθλασης	θ (°C)	αριθμός σαπωνοποίησης	αριθμός ιωδίου
λινέλαιο	0.9310 - 0.9380	15	1.4786-1.4815	15	189-190	175-204
Oitica	0.9670 - 0.9780	20	1.5140-1.5180	20	186-195	140-152
Perilla	0.9300 - 0.9370	15	1.4826-1.4856	20	188-197	193-200
παπαρουνέλαιο	0.9240 - 0.9270	15	1.4670-1.4700	40	189-196	132-140
ηλιέλαιο	0.9200 - 0.9260	15	1.4740-1.4790	20	189-194	120-136
λάδι tung	0.9321 - 0.9357	25	1.5165-1.5200	25	190-195	156-175
καρυδέλαιο	0.9250 - 0.9270	15	1.4690-1.4710	40	189-197	132-152
σογιέλαιο	0.9179 - 0.9245	25	1.4765-1.4775	15	190-195	103-152

Πηγή: Ε. Ιωακείμογλου, Τα οργανικά υλικά των Έργων Τέχνης, Αθήνα 2013

Φθορά των λαδιών: αυτοξειδωση παρουσία ιόντων μετάλλων από χρωστικές

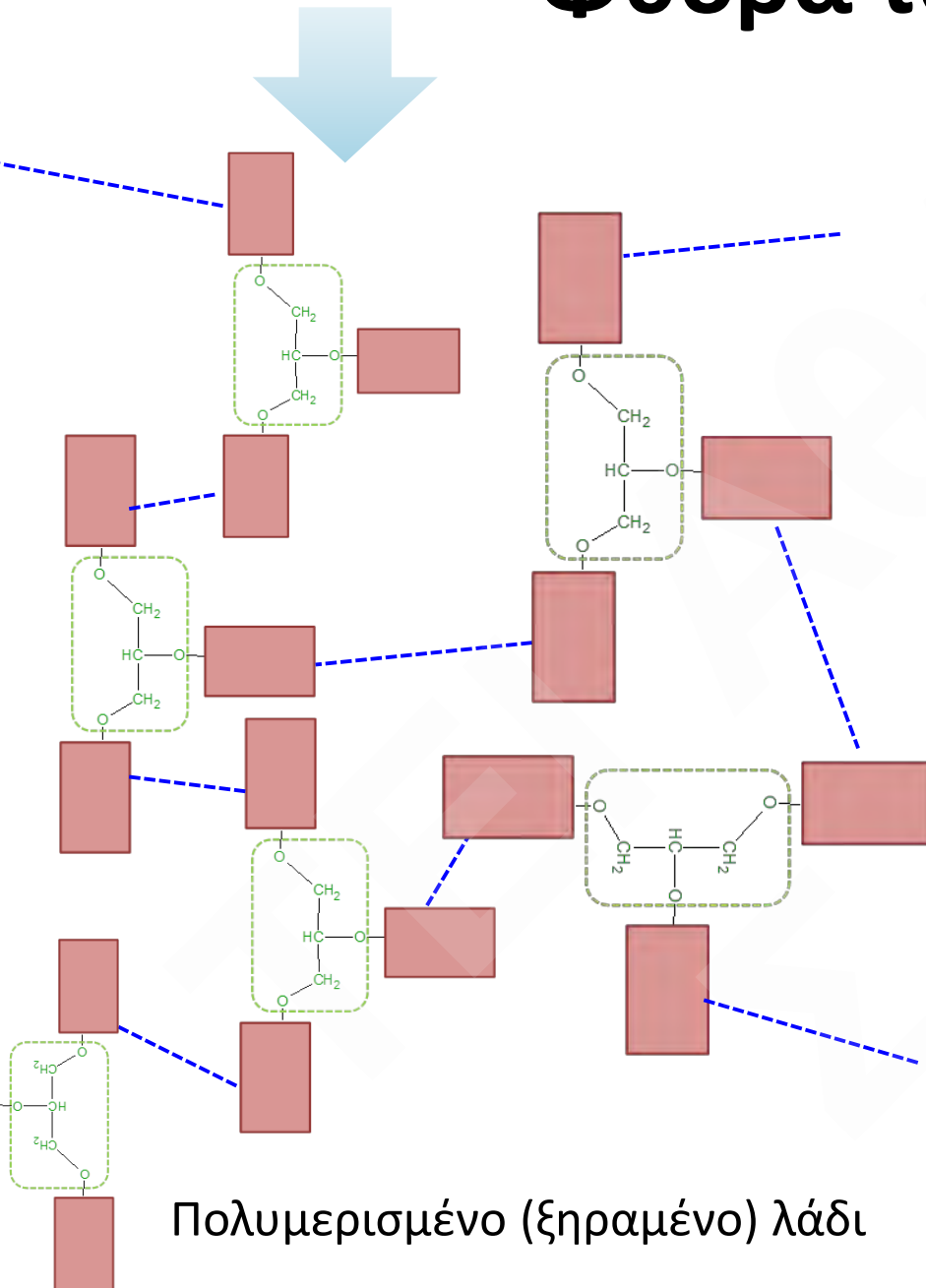


Πηγή: S. BOYATZIS, E. IOAKIMOGLU, P. ARGITIS, UV Exposure and Temperature Effects on Curing Mechanisms in Thin Linseed Oil Films: Spectroscopic and Chromatographic Studies, J. Appl. Polym. Sci., 84 (5), 2 May 2002, 936-949

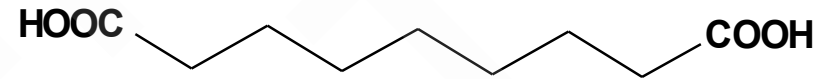
ΠΟΛΥΜΕΡΙΣΜΟΣ

Φθορά των λαδιών

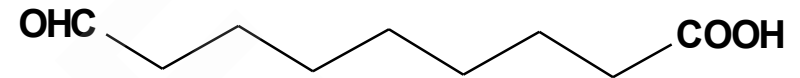
ΚΑΤΑΚΕΡΜΑΤΙΣΜΟΣ



προϊόντα μικρού Μ.Β.



Αζελαϊκό οξύ



Αζελαϊκή ημιαλδεύδη

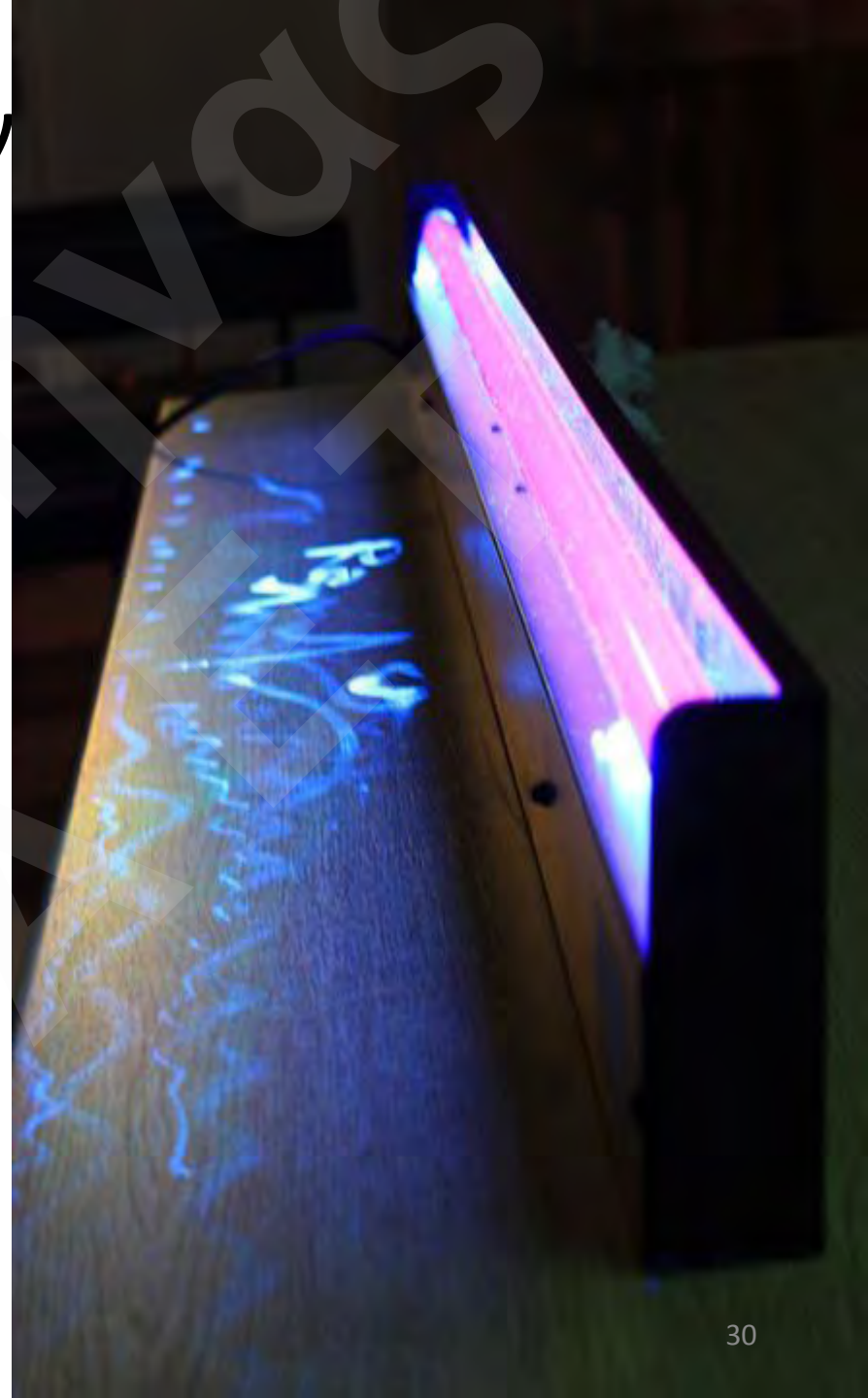
**Μείωση του ΜΒ και δημιουργία
πηκτικών προϊόντων
(π.χ. δικαρβοξυλικά οξέα και
παράγωγά τους)**

Κιτρίνισμα των λαδιών

- Δημιουργία έγχρωμων ενώσεων που συνήθως έχουν ακόρεστους δεσμούς C=C σε σύζευξη με καρβονύλιο (C=O)
π.χ. $-C=C-C=C-C=O-$
- Αλλά και πολυενίων με 5 δ.δ.
π.χ. $-C=C-C=C-C=C-C=C-C=C-$
- Το κιτρίνισμα μπορεί να αντιστραφεί, εάν εκτεθούν τα λάδια σε υπεριώδη ακτινοβολία (UV).

Φθορισμός των λαδιών

- Τα ξηραίνόμενα λάδια σε **φρέσκια** μορφή **δεν φθορίζουν**.
- Επιφάνειες που περιέχουν **γηρασμένο** λάδι ζωγραφικής **φθορίζει** στα 500-550nm ($\lambda_{\text{διεγ}}=350\text{nm}$).
- Κατά τη γήρανση: δημιουργία **ακόρεστων** μορίων που έχουν την ιδιότητα να **φθορίζουν**.
(=να εκπέμπουν δευτερογενή ακτινοβολία όταν τα φωτίζουμε με υπεριώδες ή ορατό φως).



Σαπωνοποίηση λιπαρών υλών

- Χημική αντίδραση **σαπωνοποίησης** :
 - η λιπαρή ύλη σε αλκαλικό περιβάλλον μετατρέπεται σε **άλας λιπαρών οξέων**, τα οποία ακριβώς αποτελούν τους **σάπωνες**.

Τριεστέρας της γλυκερίνης
με λιπαρά οξέα



Ελεύθερα άλατα των
λιπαρών οξέων
(σάπωνες)

Σάπωνες

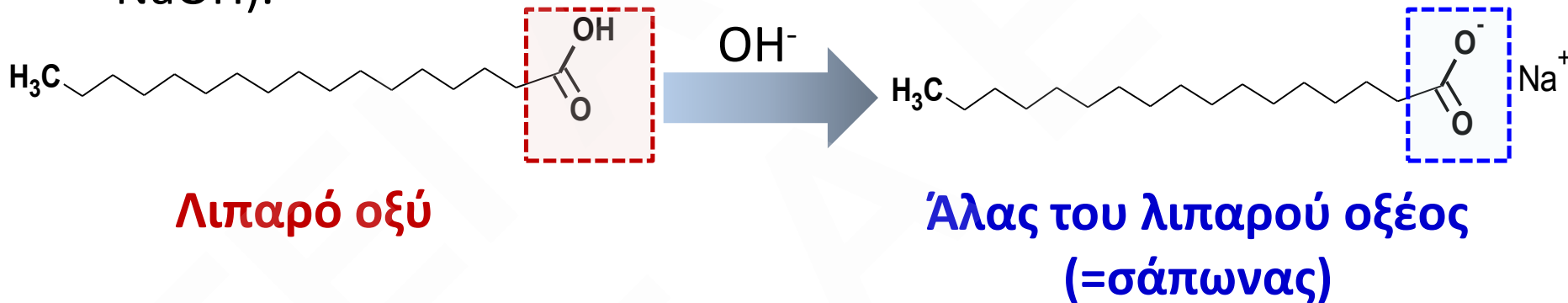
- Οι σάπωνες (σαπούνια, λατινικά: sapo) είναι τα ιστορικά γνωστότερα απορρυπαντικά. Η χρήση τους ήταν γνωστή από τους Ρωμαϊκούς χρόνους, ενώ κάποια γραπτά κείμενα υποδεικνύουν ότι πιθανώς είχαν πρωτοχρησιμοποιηθεί από τους αρχαίους Αιγυπτίους.
- Η παρασκευή τους από λιπαρή ύλη (συνήθως υπολείμματα ζωικών λιπαρών ιστών) με **αλυσίβα** (στάχτη πλούσια σε αλκάλια) είναι παραδοσιακά γνωστή.



["Soap logs all natural"](#), by Mobentec under [CC BY-SA 3.0](#)

Σάπωνες και λιπαρά οξέα

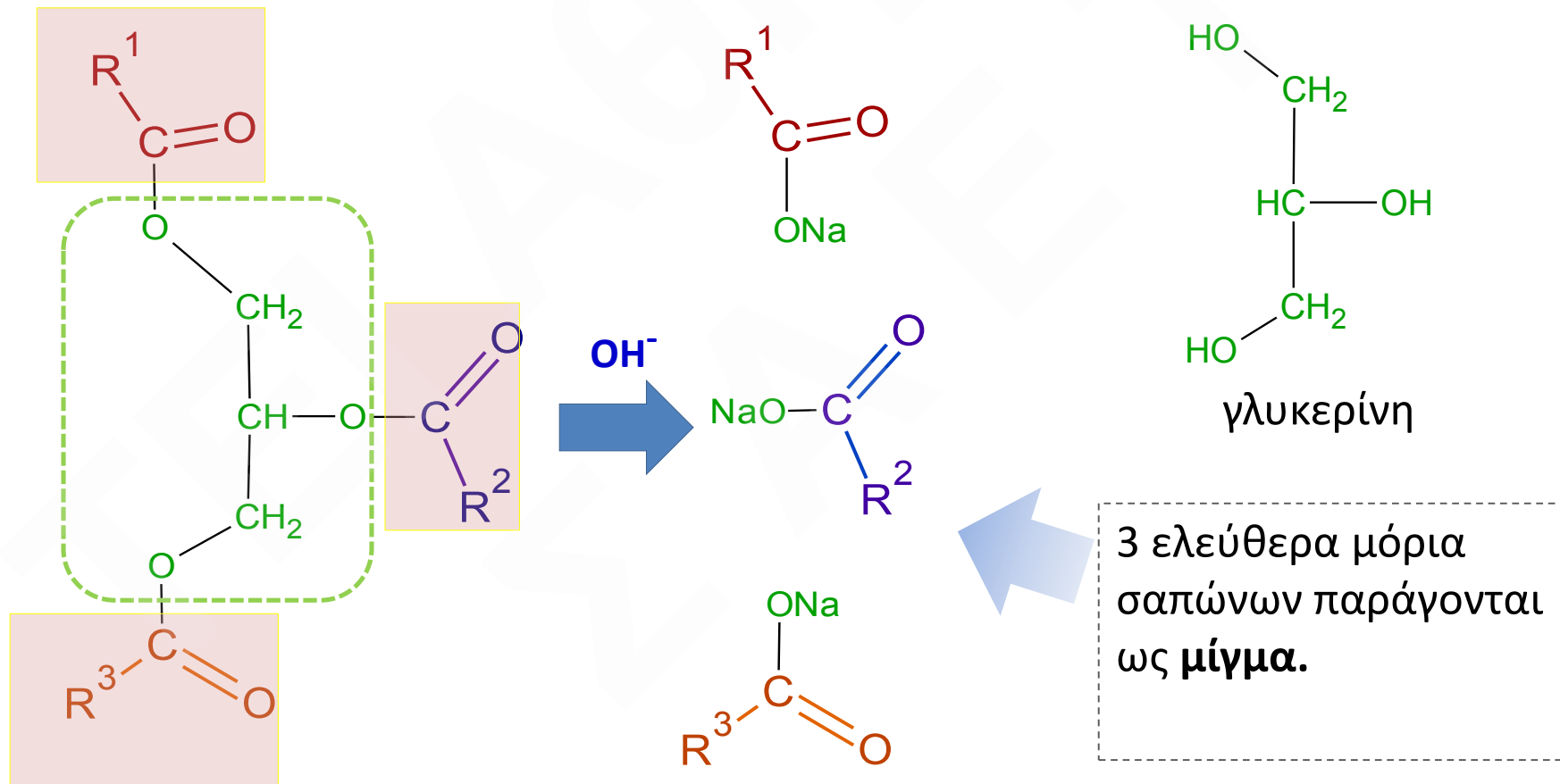
- Οι σάπωνες από χημικής πλευράς είναι μεταλλικά **άλατα** λιπαρών **οξέων**.
- Είναι προϊόν εξουδετέρωσης λιπαρών οξέων με βάση (π.χ. NaOH).



- Στο **λιπαρό οξύ**, η καρβοξυλική ομάδα είναι ουδέτερη (αφόρτιστη).
- Στο **άλας** του, φέρει **αρνητικό φορτίο**.

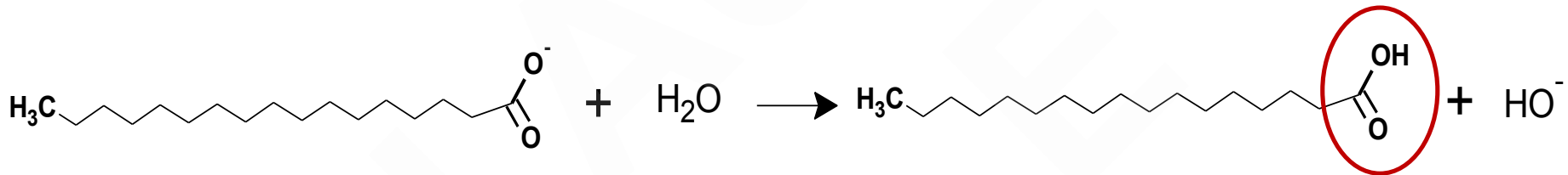
Σάπωνες και λίπη

- Οι σάπωνες μπορούν να παρασκευαστούν από τα λίπη μέσω της αντίδρασης σαπωνοποίησης.



Τι pH έχει το υδατικό διάλυμα ενός σάπωνα;

- Σε υδατικό περιβάλλον υφίστανται **υδρόλυση** άλατος με αποτέλεσμα το σχηματισμό **ιόντων υδροξειδίου (OH⁻)**.



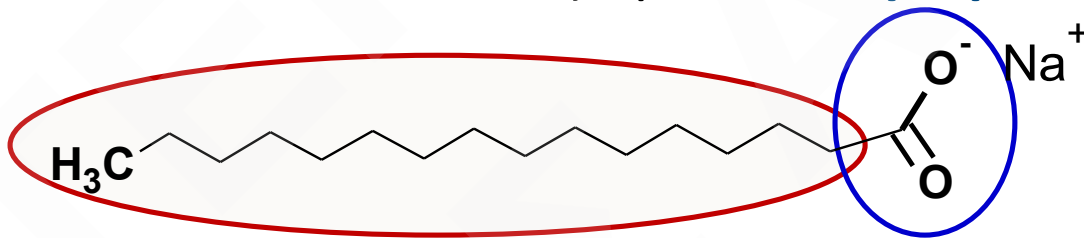
Σάπωνας (άλας)

Συζυγές οξύ
(= λιπαρό οξύ)

- Τα **ιόντα OH⁻** που παράγονται έχουν σαν αποτέλεσμα, τα υδατικά διαλύματα των σαπώνων να έχουν **αλκαλικό pH** (δηλ. **pH > 7**).

Υδρόφιλο και υδρόφοβο

- Τα μόρια των αλάτων των λιπαρών οξέων αποτελούνται :
 - (α) από μια **ανθρακική αλυσίδα** μεγάλου σχετικά μήκους (11-17 ανθράκων) η οποία λόγω της χαμηλής πολικότητάς της είναι εξαιρετικά **υδρόφοβη**, και
 - (β) από το **καρβοξυλικό ανιόν** που επειδή είναι φορτισμένο είναι πολύ πολικό και εξαιρετικά **υδρόφιλο**.

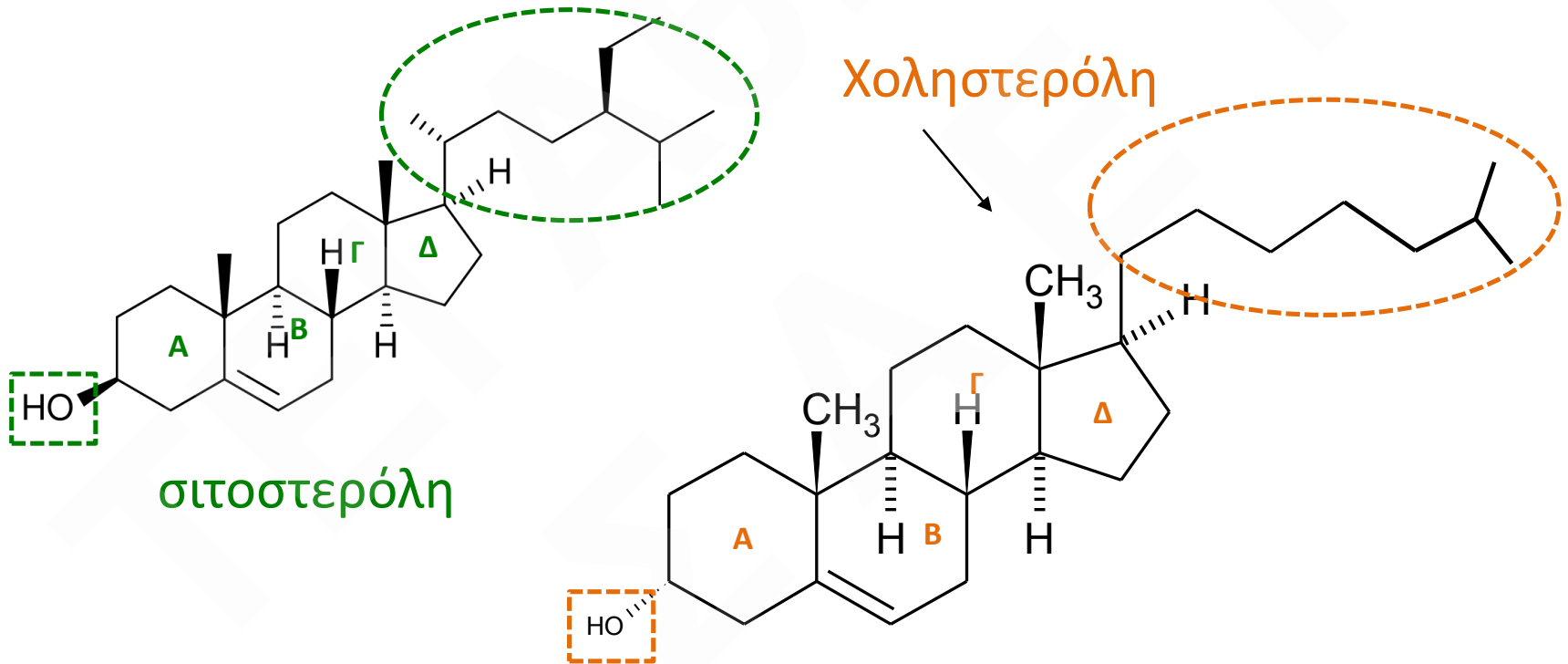


Υδρόφοβο τμήμα του μορίου

**Υδρόφιλο (πολικό)
τμήμα του μορίου**

Ελάσσονα συστατικά των λαδιών (μη σαπωνοποιούμενα) 1/3

Στερόλες:

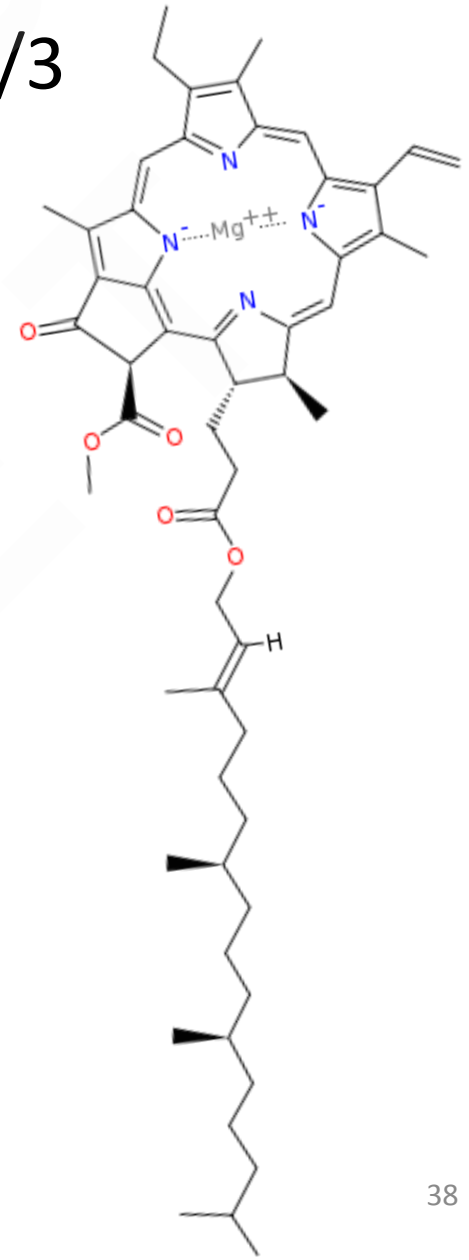


Ελάσσονα συστατικά των λαδιών (μη σαπωνοποιούμενα) 2/3

- Χλωροφύλλη.

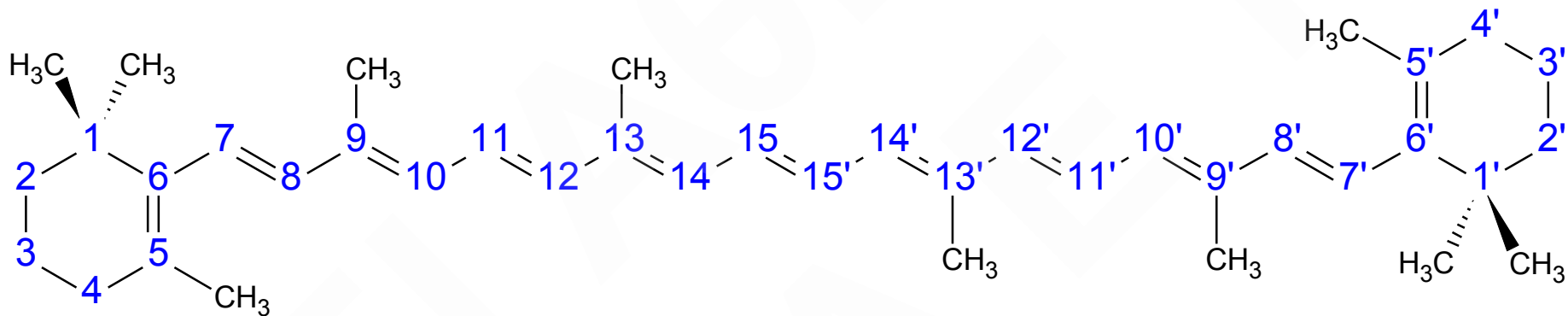


“[Leavessnipedale](#)”, by [The cat](#)
available under [CC BY-SA 3.0](#)



Ελάσσονα συστατικά των λαδιών (μη σαπωνοποιούμενα) 3/3

- Καροτένια



β-καροτένιο

Ανάλυση με αέρια χρωματογραφία (GC)

- Τα λίπη (τριστέρες της γλυκερίνης) είναι μεγάλου Μ.Β. μόρια. Συνεπώς η λιπαρή ύλη πρέπει να υποστεί επεξεργασία.
- Διαχωρίζονται τα **σαπωνοποιούμενα** από τα **μη σαπωνοποιούμενα** συστατικά.
 - Τα **μη σαπωνοποιούμενα** (στερόλες, αλδεΐδες, φυσ. ρητίνες) αναλύονται με GC ως έχουν.
 - Τα **σαπωνοποιούμενα**: υφίστανται **μετεστεροποίηση**, δηλ. διασπώνται σε μικρότερα μόρια και ταυτόχρονα μετατρέπονται σε **μεθυλεστέρες** των λιπαρών οξέων.
- Σε ειδικές συνθήκες αέριας χρωματογραφίας (π.χ. **HTGC**) μπορούν να αναλυθούν οι τριστέρες ως έχουν. Ανιχνεύονται δηλαδή οι μονοεστέρες (MAG), οι διεστέρες (DAG) και οι τριστέρες (TAG) της γλυκερίνης.

Αέρια χρωματογραφία στην ταυτοποίηση των λαδιών

Δείγμα λαδιού:
Σαπωνοποιούμενο
κλάσμα
(τριστέρες,
διεστέρες
μονοεστέρες
της γλυκερίνης)

Τριστέρες: μεγάλα Μ.Β.
(~890)

Δεν αναλύονται με συνήθεις
στήλες της χρωματογραφίας

μετεστεροποίηση
με *μεθυλιωτικό* αντιδραστήριο,
π.χ. $\text{CH}_3\text{OH} / \text{HCl}$

Μεθυλεστέρες
λιπαρών οξέων

$\text{C}_{16:0}\text{Me}$

$\text{C}_{18:0}\text{Me}$

$\text{C}_{18:1}\text{Me}$

$\text{C}_{18:2}\text{Me}$

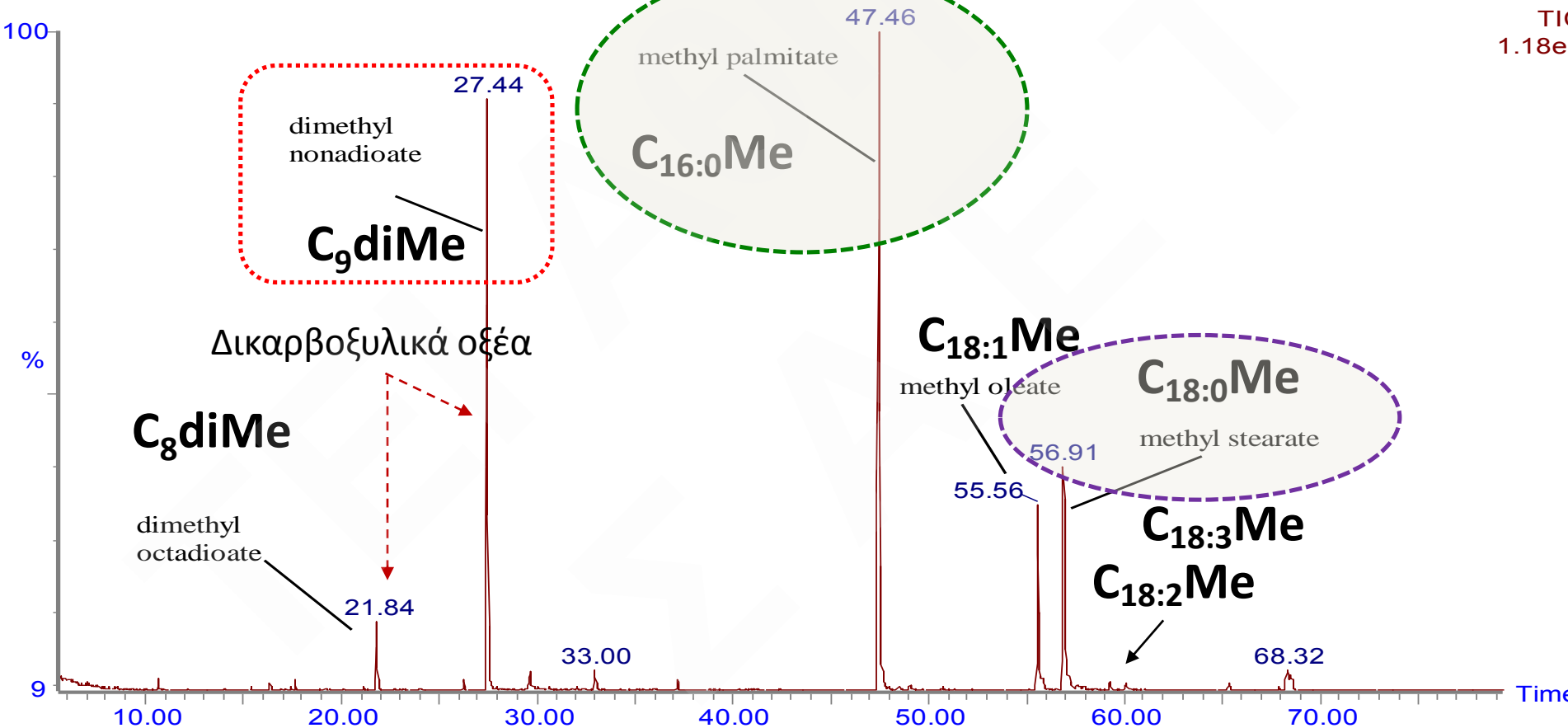
$\text{C}_{18:3}\text{Me}$

Μ.Β. 284, 292-298
αναλύονται εύκολα με
συνήθεις στήλες της
χρωματογραφίας

Αέρια χρωματογραφία στην ταυτοποίηση των λαδιών

Γηρασμένο λινέλαιο

Scan EI+
TIC
1.18e

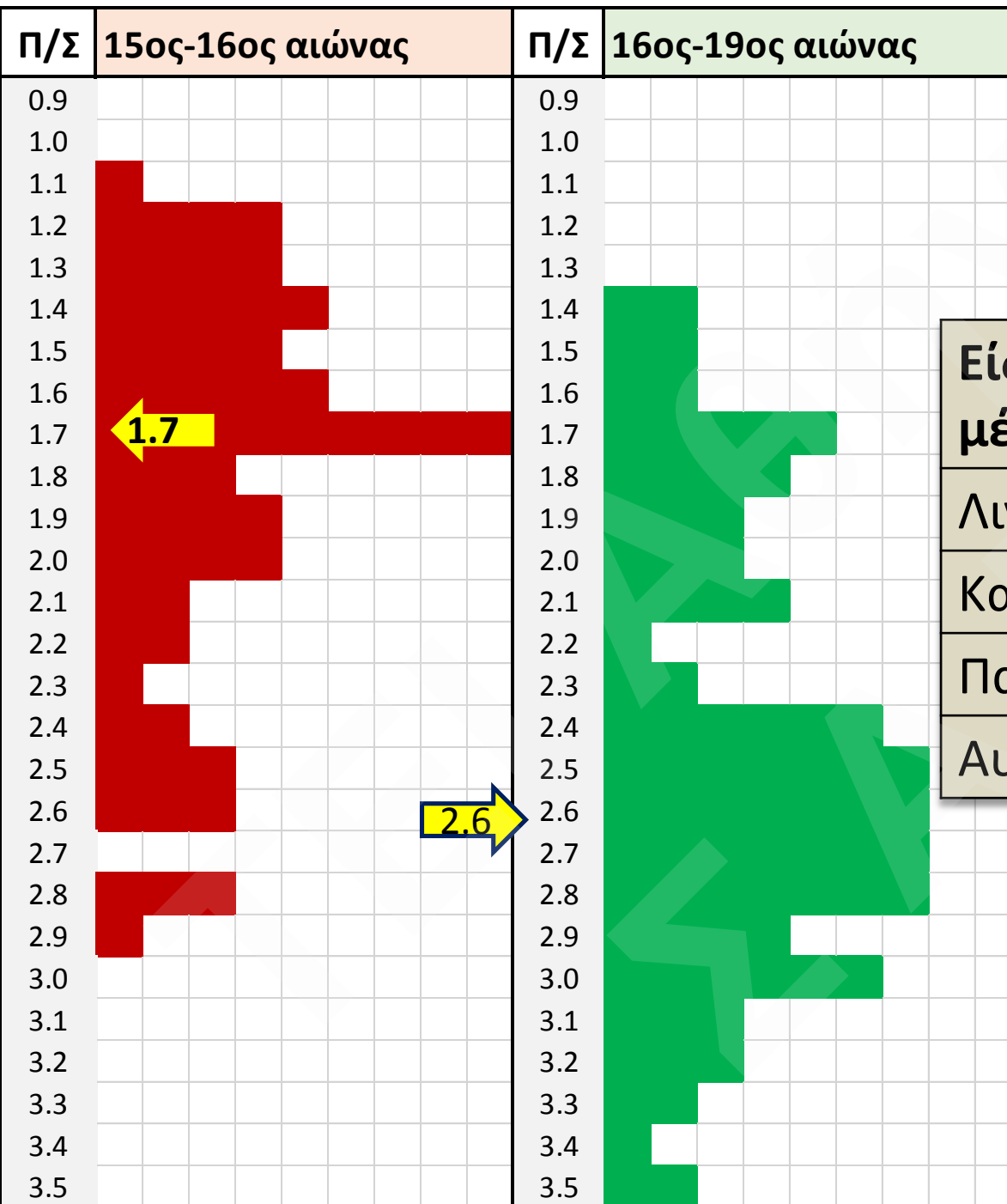


Αναγνώριση του συνδετικού μέσου

Μέσω ανάλυσης με **αέρια χρωματογραφία (GC)**, η ταυτότητα του ελαιώδους συστατικού σε ένα συνδετικό που χρησιμοποιείται στη ζωγραφική μπορεί να ταυτοποιηθεί από τους **λόγους** των λιπαρών οξέων (οι οποίοι ανιχνεύονται ως **μεθυλεστέρες**).

1. **A/Π** αζελαϊκό/παλμιτικό
2. **Π/Σ** παλμιτικό/στεατικό

Είδος ελαιώδους μέσου	λόγος Π/Σ
Λινέλαιο	1,7
Καρυδέλαιο	2,6
Παπαρουνέλαιο	3,5-5,5
Αυγό	3,0



Ο λόγος Π/Σ
σε έργα ζωγραφικής
της Ιταλίας

Είδος ελαιώδους μέσου	λόγος Π/Σ
Λινέλαιο	1,7
Καρυδέλαιο	2,6
Παπαρουνέλαιο	3,5-5,5
Αυγό	3,0

Βιβλιογραφία

- McMurry John, Οργανική Χημεία, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, 2012 (ενιαίος τόμος) Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης,
- Mills J. S., The Organic Chemistry of Museum Objects, 2nd Ed., Butterworth-Heinemann, Oxford., 2004, σελ. 31-48,
- Ε. Ιωακείμογλου, Τα οργανικά υλικά των Έργων Τέχνης, Αθήνα 2013
- W. STANLEY TAFT, JR., JAMES W. MAYER, The Science of Paintings, Springer-Verlag Inc., New York, 2000
- Scientific Examination of Art: Modern Techniques in Conservation and Analysis, Proceedings of the National Academy of Sciences (Sackler NAS Colloquium), The National Academy of Sciences, Washington, DC, 2003.
- Centeno, S. A. and Mahon, D., "The Chemistry of Aging in Oil Paintings: Metal Soaps and Visual Changes." [The Metropolitan Museum of Art Bulletin](#)”, Summer 2009, pp. 12-19],
- Boon J. and. Ferreira, E. S. B. Eds, Reporting Highlights_De Mayerne Programme, NWO, The Hague, 2006.

Τέλος Ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

