



ΤΕΙ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ  
ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ

ΤΕΙ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ  
ΤΜΗΜΑ  
ΕΚΔΟΣΕΩΝ & ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ

*«ΜΕΛΕΤΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΚΑΤΕΡΓΑΣΤΟΥ  
ΗΛΙΕΛΑΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΤΩΤΗ ΞΕΞΥΤΕΝΙΣΜΕΝΟΥ –  
ΑΠΟΚΗΡΩΜΕΝΟΥ ΗΛΙΕΛΑΙΟΥ – ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ – ΞΕΣΠΛΙΣΜΟΣ  
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ  
ΜΟΝΑΔΑΣ»*



ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2010  
ΚΑΛΑΜΑΤΑ



**ΤΕΙ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ**  
**ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ**

*«ΜΕΛΕΤΗ ΜΟΝΑΔΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΚΑΤΕΡΓΑΣΤΟΥ  
ΗΛΙΕΛΑΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΤΩΤΗ ΕΞΕΥΤΕΝΙΣΜΕΝΟΥ –  
ΑΠΟΚΗΡΩΜΕΝΟΥ ΗΛΙΕΛΑΙΟΥ – ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ – ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ  
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΔΕΙΟΛΟΓΗΣΗ  
ΜΟΝΑΔΑΣ»*



**ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ: ΦΟΥΚΗ ΔΗΜΗΤΡΑ, ΑΜ: 2003161**  
**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΟΥΤΡΟΥΜΠΗΣ ΦΩΤΙΟΣ**

**ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2010**  
**ΚΑΛΑΜΑΤΑ**

# ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Καθηγητή κ **Φώτη Κουτρομπή** για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή διότι η πρακτική και ψυχολογική βοήθεια που έλαβα ήταν καταλυτική για την ολοκλήρωσή της.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω το προσωπικό της εταιρείας ΕΛΛΙΣ-UNILEVER για την άμεση ανταπόκριση και παροχή των κατάλληλων στοιχείων για την αξιολόγηση και παρουσίαση της μονάδας παραγωγής ραφινρισμένου ηλιελαίου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους του προσωπικού μου περιβάλλοντος, για την αμέριστη συμπαράστασή τους, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια των τελευταίων μηνών της προσπάθειάς μου.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b> .....	4
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	6
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup></b> .....	7
<b>ΤΟ ΗΛΙΕΛΑΙΟ</b> .....	7
1.1 Γενικά.....	8
1.2 Σύσταση ακατέργαστου και ραφιναρισμένου ηλιελαίου.....	9
1.3 Φυσικές και χημικές ιδιότητες ακατέργαστου και ραφιναρισμένου ηλιελαίου .....	12
1.4 Χρήσεις και εφαρμογές .....	13
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup></b> .....	14
<b>ΒΑΣΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ</b> .....	14
2.1 Στάδια Ραφινάρισματος .....	15
2.2 Ραφινάρισμα.....	18
2.2.1 Φυσικό ραφινάρισμα .....	18
2.2.2 Χημικό Ραφινάρισμα.....	18
2.3 Ανάλυση Σταδίων Ραφινάρισματος.....	19
2.3.1 Αποκομμίωση.....	19
2.3.2 Εξουδετέρωση .....	20
2.3.3 Αποχρωματισμός.....	24
2.3.4 Αποκήρωση .....	28
2.3.5 Απόσμηση.....	30
2.4 Σύγκριση φυσικού και χημικού τρόπου ραφινάρισματος .....	33
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup></b> .....	35
<b>ΒΑΣΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΚΑΤΕΡΓΑΣΤΟΥ ΗΛΙΕΛΑΙΟΥ</b> .....	35

3.1 Περιγραφή Διεργασιών και Εξοπλισμού .....	36
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup></b> .....	<b>54</b>
<b>ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ</b> .....	<b>54</b>
4.1 Επεξεργασία Αποβλήτων .....	55
4.2 Ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων.....	57
4.3 Στάδια επεξεργασίας αποβλήτων.....	59
4.3.1 Πρωτοβάθμια Επεξεργασία.....	59
4.3.2 Δευτεροβάθμια επεξεργασία.....	60
4.3.3 Διάγραμμα ροής βιολογικού καθαρισμού .....	63
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup></b> .....	<b>64</b>
<b>ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ</b> .....	<b>64</b>
5.1 ΧΡΟΝΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ .....	65
5.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ .....	66
5.2.1 ΑΜΕΣΟ ΚΟΣΤΟΣ .....	66
5.2.1.1 Κόστος Άμεσων Υλικών .....	66
5.2.1.2 Κόστος Άμεσης Εργασίας .....	67
5.2.1.3 Κόστος Άμεσων Δαπανών .....	68
5.2.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΜΕΣΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ .....	69
5.2.3 ΓΕΝΙΚΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΕΞΟΔΑ .....	69
5.2.3.1 Έρμεση Εργασία.....	70
5.2.3.2 Έρμεσα Υλικά.....	70
5.2.3.3 Έρμεσες Δαπάνες .....	71
5.2.4 ΣΥΝΟΛΟ ΓΕΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΞΟΔΩΝ.....	71
5.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ.....	72
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b> .....	<b>74</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	<b>77</b>

# ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η εκτεταμένη επιστημονική βιβλιογραφική αναζήτηση και η συλλογή στοιχείων, για την ολοκληρωμένη περιγραφή μιας οικονομικά βιώσιμης βιομηχανικής μονάδας επεξεργασίας και παραγωγής εξευγενισμένου αποκηρωμένου ηλιελαίου, συμμορφούμενου με τις διατάξεις του Κώδικα Τροφίμων και Ποτών.

Οι ενότητες που παρατίθενται στο κύριο μέρος αφορούν τη σύσταση, τις φυσικές και χημικές ιδιότητες καθώς και τις εφαρμογές και χρήσεις του προϊόντος ανάλογα με τον τρόπο επεξεργασίας του. Ακολουθεί διερεύνηση των εφαρμοζόμενων τεχνολογικών εφαρμογών του φυσικού και χημικού ραφινάρισματος και των σταδίων τους. Κατόπιν ακολουθεί περιγραφή των διεργασιών και του εξοπλισμού. Έπειτα, αναλύεται η επεξεργασία των αποβλήτων που λαμβάνει μέρος στις εγκαταστάσεις του βιολογικού καθαρισμού της μονάδας, η περιγραφή του αντίστοιχου διαγράμματος ροής. Το κύριο μέρος ολοκληρώνεται με την ανάπτυξη της οικονομικής αξιολόγησης μια μονάδας παραγωγής ραφινάρισμένου ηλιελαίου. Τα οικονομικά στοιχεία αφορούν την εταιρία ΕΛΛΙΣ-UNILEVER για το έτος 2006.

Στο τρίτο μέρος περιλαμβάνονται τα συμπεράσματα και η εργασία ολοκληρώνεται με την παράθεση της βιβλιογραφίας και των διαδικτυακών πηγών.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

## ΤΟ ΗΛΙΕΛΑΙΟ



- Γενικά
- Σύσταση ακατέργαστου και ραφιναρισμένου ηλιελαίου
- Φυσικές και χημικές ιδιότητες ακατέργαστου και ραφιναρισμένου ηλιελαίου

## ➤ Χρήσεις και εφαρμογές ηλιελαίου

### 1.1 Γενικά

Η παραγωγή εδώδιμου ηλιελαίου από ακατέργαστο λάδι προέρχεται από τους σπόρους του φυτού «*Helianthus annuus*» (Εικόνα 1.1). Το φυτό αυτό είναι καλλωπιστικό αλλά χρησιμοποιείται και στη βιομηχανία. Περιοχές που καλλιεργούν τον ηλιάνθο σε μεγάλες εκτάσεις είναι η Ρωσία, η Αμερική και η Ινδία. Από τον σπόρο του (Εικόνα 1.1) παράγεται το ηλιέλαιο και τα στελέχη του χρησιμοποιούνται ως καύσιμη ύλη. Σπέρνεται κατά την άνοιξη και ζει μόνο για ένα χρόνο. Μπορεί να φτάσει στο ύψος των 2 μέτρων, έχει φύλλα πλατιά και το σχήμα τους μοιάζει με το σχήμα της καρδιάς, ενώ στην κορυφή βρίσκονται οι σπόροι μαζεμένοι σε μια ταξιανθία που έχει διάμετρο περίπου 0,35 μ. Η ταξιανθία αυτή ακολουθεί την κίνηση του ήλιου και είναι πάντοτε στραμμένη προς το μέρος του <sup>Διαδ. 1</sup>.



Εικόνα 1.1 Αριστερά: Ηλιάνθος. Ανθος , Δεξιά: Σπόρος ([www.ext.nodak.edu](http://www.ext.nodak.edu))

Η παραγωγή ηλιελαίου είναι ευρέως διαδεδομένη σε ολόκληρο τον κόσμο, αυτό συμβαίνει τόσο για την χαμηλή τιμή του, όσο και για τη σημαντική διατροφική του αξία για τον άνθρωπο. Μερικά από τα πλεονεκτήματα του ηλιελαίου έναντι όλων των άλλων μαγειρικών ελαίων του εμπορίου είναι ότι

<sup>Διαδ. 1</sup> <http://www.hellenica.de/Griechenland/Flora/GR/Hlianthos.html>.



περιέχει υψηλά ποσοστά σε ακόρεστα λιπαρά οξέα, όπως το λινελαϊκό οξύ και την υψηλότερη ποσότητα σε α-τοκοφερόλη (βιταμίνη Ε) (Allen, 1997, Davidson et al., 1996) <sup>Διαδ. 2</sup>. Μερικά ακόμα χαρακτηριστικά του είναι το υψηλό σημείο καπνού, η ήπια γεύση του και η διαύγεια του που έχουν ως αποτέλεσμα την προτίμησή του για διάφορες χρήσεις (τηγάνισμα, σαλάτες, δημιουργία διαφόρων παραγώγων) (O'Brien, 2004).

Τα φυτικά έλαια προ της επεξεργασίας τους περιέχουν κάποια συστατικά τα οποία μπορεί είναι αδιάλυτα στο λάδι π.χ υπολείμματα καρπού αλλά και διαλυτά π.χ ελεύθερα λιπαρά οξέα, τα οποία καθιστούν τα φυτικά έλαια ακατάλληλα προς κατανάλωση και χρήση (Allen, 1997). Η διαδικασία του ραφινάρισματος περιλαμβάνει τις διεργασίες εκείνες ώστε να απομακρύνονται τα παραπάνω συστατικά, ταυτόχρονα όμως καταστρέφονται και επιθυμητά συστατικά, όπως είναι τα αρωματικά, τα φυσικά αντιοξειδωτικά και οι βιταμίνες (Allen, 1997, Κυριτσάκης, 1993).

## 1.2 Σύσταση ακατέργαστου και ραφινάρισμένου ηλιελαίου

Το ηλιέλαιο αποτελείται κυρίως από τριγλυκερίδια, στα οποία τα τρία υδροξύλια είναι εστερικά ενωμένα με ισάριθμα μόρια λιπαρών οξέων. Το ηλιέλαιο περιέχει:

- πολυακόρεστα λιπαρά οξέα σε ποσοστό 50-72%
- μονοακόρεστα λιπαρά οξέα σε ποσοστό 15-35%
- κορεσμένα λιπαρά οξέα σε ποσοστό 11%

Παρακάτω δίνεται η περιεκτικότητα των λιπαρών οξέων που περιέχονται στο ηλιέλαιο, όπως παρατηρείται η περιεκτικότητα του λινελαϊκού οξέως κατέχει το μεγαλύτερο ποσοστό στη σύσταση του ηλιελαίου.

---

<sup>Διαδ. 2</sup> [www.essentialoil.co.za](http://www.essentialoil.co.za)

Ακόρεστα λιπαρά οξέα		Ποσοστό (%)	Κορεσμένα λιπαρά οξέα		Ποσοστό (%)
Ελαϊκό	C18:1	14,0-65,0	Παλμιτικό	C16:0	3,0-10,0
Λινελαϊκό	C18:2	20,0-75,0	Στεαρικό	C18:0	1,0-10,0
Α-Λινελαϊκό	C18:3	<0,7	Αραχιδικό	C20:0	<1,0
Γαδολεϊκό	C20:1	<0,5	Βεχενικό	C22:0	<1,0

Πίνακας 1.1 Σύσταση ηλιελαίου σε λιπαρά οξέα

Πηγή: Davidson et al., 1996

Η περιεκτικότητα ενός ηλιελαίου σε λινελαϊκό οξύ εξαρτάται από τις κλιματολογικές συνθήκες κάτω από τις οποίες ο έχει αναπτυχθεί σπόρος (Bockisch, 1998).

Άλλες ουσίες που περιέχονται στο ηλιέλαιο αλλά είναι δευτερεύουσας σημασίας και απαντώνται σε μικρές ποσότητες είναι (Gunstone, 2000):

- τα ελεύθερα λιπαρά οξέα
- τα φωσφατίδια (π.χ. λεκιθίνη)
- οι στερόλες (π.χ. καμπεστερόλη, στιγμαστερόλη, σιτοστερόλη)
- οι τοκοφερόλες (α, β, γ και δ)
- οι κηροί
- οι χρωστικές (π.χ. χλωροφύλλη)
- οι υδρογονάνθρακες (καροτένια, πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες)

Συστατικά	Ποσοστό (% ή ppm) ακατέργαστου ηλιελαίου	Ποσοστό (% ή ppm) ραφινρισμένου ηλιελαίου
Φωσφατίδια	41-324ppm φωσφόρου	1 <sup>a</sup> ppm φωσφόρου
Λεκιθίνη	<500 <sup>a</sup> ppm	
Κηροί		0,02-0,35 <sup>d</sup> %
Ολικές τοκοφερόλες	271-1243 <sup>b</sup> ppm	268-900 <sup>b</sup> ppm
Τοκοφερόλη α	211-1230 <sup>b</sup> ppm	487 <sup>c</sup> ppm
Τοκοφερόλη β	0-87 <sup>b</sup> ppm	- <sup>c</sup>
Τοκοφερόλη γ	2,71-273 <sup>b</sup> ppm	51 <sup>c</sup> ppm
Τοκοφερόλη δ	0-50 <sup>b</sup> ppm	8 <sup>c</sup> ppm
Χλωροφύλλη	0,692 <sup>a</sup> ppm	< 0,031 <sup>a</sup> ppm
Ολικές στερόλες		0,25-0,45 <sup>c</sup> %
Καμπεστερόλη		7-13 <sup>c</sup> %
Στιγμαστερόλη		9-11 <sup>c</sup> %
Σιτοστερόλη		56-63 <sup>c</sup> %
Κόμμεα	0,9 <sup>d</sup> %	

Πίνακας 1.2 Περιεκτικότητα διαφόρων συστατικών στο ακατέργαστο και ραφινρισμένο ηλιέλαιο

Πηγή: a. Davidson et al., 1996, b. Velstra and Klere, 1990, c. Gunstone, 2000, d. O'Brien, 2004

### 1.3 Φυσικές και χημικές ιδιότητες ακατέργαστου και ραφινρισμένου ηλιελαίου

Οι φυσικές ιδιότητες που εξετάζονται για να πραγματοποιηθεί ο έλεγχος του ηλιέλαιου είναι το ειδικό βάρος, το ιξώδες, το θόλωμα, τα σημεία καπνού, ανάφλεξης, καύσης, τήξης και ο δείκτης διάθλασης ενώ οι χημικές ιδιότητες είναι ο αριθμός ιωδίου, ο αριθμός σαπωνοποίησης, τα ασαπωνοποιήτα συστατικά και ο αριθμός οξύτητας. Στο Πίνακα 1.3 δίνονται οι τιμές ορισμένων φυσικών και χημικών ιδιοτήτων για το ακατέργαστο και το ραφινρισμένο ηλιέλαιο.

Χαρακτηριστικό	Τιμή Ακατέργαστου ηλιελαίου	Τιμή ραφινρισμένου ηλιελαίου
Αριθμός Ιωδίου κατά Wijs	130-144 <sup>a</sup>	120-134 <sup>d</sup>
Αριθμός σαπωνοποίησης	188-194 <sup>a</sup>	188-194 <sup>b</sup> , 188-192 <sup>c</sup>
Ασαπωνοποιήτα συστατικά	1,5% (μέγιστη τιμή) <sup>a</sup>	1,5% (μέγιστη τιμή) <sup>a</sup>
Ειδικό βάρος	0,920561 (25°C) <sup>a</sup>	0,918-0,923 (20°C) <sup>d</sup>
Πυκνότητα, 60 οC	0,897 <sup>a</sup>	
Ιξώδες		37,1 cP (38°C) <sup>e</sup>
Δείκτης διάθλασης (20/40 οC)	1,4736/1,467-1,469 <sup>a</sup>	1,472-1,476/ 1,467-1,469 <sup>b</sup>
Ελεύθερα λιπαρά οξέα	2% (μέγιστη τιμή) <sup>a</sup>	0,05-0,1% <sup>f</sup>
Υγρασία και πτητικές ουσίες	0,5% (μέγιστη τιμή) <sup>a</sup>	0,1% (μέγιστη τιμή) <sup>a</sup>
Χρώμα με τη μέθοδο Lovibond	45 κίτρινο, 2 κόκκινο <sup>a</sup> 35 κίτρινο, 5 κόκκινο <sup>c</sup> (μέγιστη τιμή)	25 κίτρινο, 2 κόκκινο <sup>d</sup>
Σημείο ανάφλεξης	>121 <sup>a</sup>	
Σημείο καπνού		252-254°C <sup>a</sup>
Σημείο τήξης		-18 ως -16°C <sup>e</sup>
Αδιάλυτες μη καθαρές ουσίες	0,3% (μέγιστη τιμή) <sup>a</sup>	
Υπεροξειδία	10 meq/kg <sup>a</sup>	2 meq/kg <sup>a</sup>
Ειδική Θερμότητα	1,67kJ/kg·K <sup>g</sup>	

Πίνακας 1.3 Φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά ακατέργαστου και κατεργασμένου ηλιελαίου,

Πηγή: **a.** Davidson et al., 1996, **b.** Gunstone, 2000, **c.** [www.gdkonline.com](http://www.gdkonline.com), **d.** Αλυσανδράτος et al., 2004, **e.** [www.vegburner.co.uk](http://www.vegburner.co.uk), **f.** O'Brien, 2004, **g.** [www.engineerinatoolbox.com](http://www.engineerinatoolbox.com).

## 1.4 Χρήσεις και εφαρμογές

Το ηλιέλαιο χρησιμοποιείται στην παρασκευή πολλών προϊόντων. Με τη κατάλληλη επεξεργασία τέτοια προϊόντα μπορεί να είναι λάδι για σαλάτα, λάδι για τηγάνισμα, συστατικό της μαγιονέζας, διάφορα μαγειρικά λίπη όπως μαργαρίνη αλλά και αδρόκοκκο λίπος<sup>Διαδ.3</sup>. Πέρα όμως από τα προϊόντα τροφίμων το ηλιέλαιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί , και ως καύσιμη ύλη, συστατικό των ελαιοχρωμάτων, συστατικό σε τροφές ζώων, σε καλλυντικά και άλλα<sup>Διαδ.4</sup> (O'Brien, 2004)

---

<sup>Διαδ.3</sup> [www.technichem](http://www.technichem)

<sup>Διαδ.4</sup> [www.vt.tuwien.ac.at](http://www.vt.tuwien.ac.at)

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

## ΒΑΣΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΡΑΦΙΝΑΡΙΣΜΑΤΟΣ



- Φυσικός Τρόπος Ραφίναρισματος
- Χημικός Τρόπος Ραφίναρισματος
- Σύγκριση φυσικού και χημικού τρόπου ραφίναρισματος

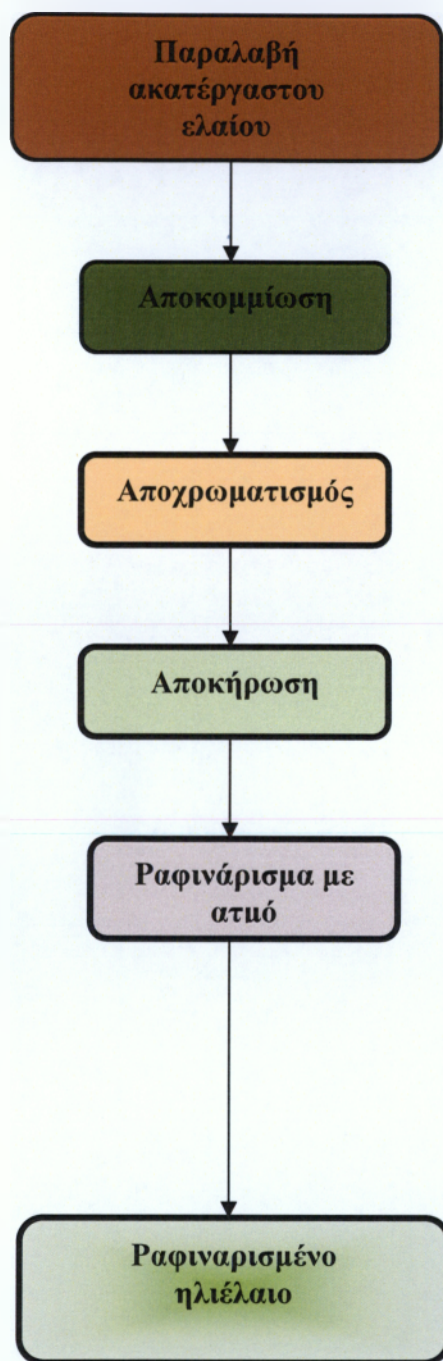
## 2.1 Στάδια Ραφινάρισματος

Εξευγενισμός – ραφινάρισμα λέγεται το σύνολο των διεργασιών με τις οποίες ένα ακατέργαστο λίπος ή έλαιο γίνεται εδώδιμο. Τα στάδια που περιλαμβάνονται στον εξευγενισμό είναι τα εξής (*Dahlke et al., 1995*):

- ✓ η αποκομμίωση
- ✓ η εξουδετέρωση
- ✓ ο αποχρωματισμός
- ✓ η αποκήρωση
- ✓ η απόσμηση

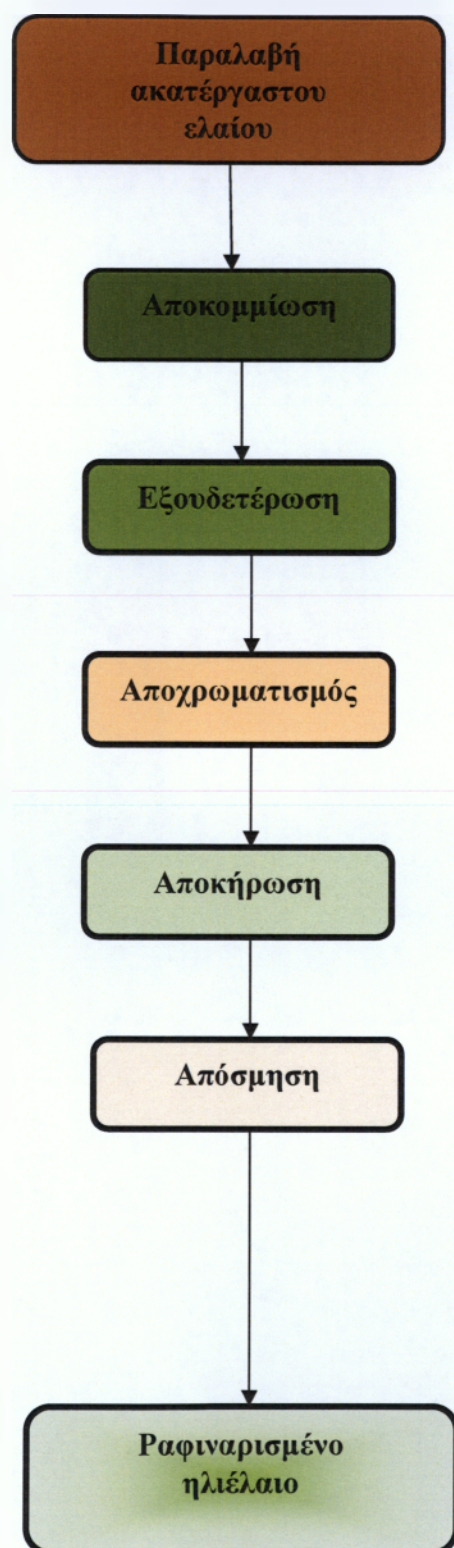
Ο εξευγενισμός μπορεί να γίνει με φυσικό ή χημικό τρόπο. Στα *Σχήματα 2.1 & 2.2* φαίνονται τα βασικά στάδια του φυσικού και χημικού ραφινάρισματος. Η κύρια διαφορά των δύο αυτών διαδικασιών εντοπίζεται στην απομάκρυνση των ελεύθερων λιπαρών οξέων (**FFA: Free Fatty Acids**). Στο φυσικό ραφινάρισμα η απομάκρυνση τους γίνεται με τη χρήση ατμού (απόσμηση) μετά το στάδιο του αποχρωματισμού, ενώ στο χημικό, γίνεται στο στάδιο της εξουδετέρωσης (*Dahlke et al., 1995*).

Σχήμα 2.1: Στάδια Φυσικού Ραφινάρισματος





Σχήμα 2.2 : Στάδια Χημικού Ραφινάρισματος



## 2.2 Ραφινάρισμα

### 2.2.1 Φυσικό ραφινάρισμα

Όταν ένα έλαιο πρόκειται να ραφινარიστεί με φυσικό τρόπο, απαιτείται μια προεργασία, η οποία περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

- αποκομμίωση
- αποχρωματισμός
- αποκήρωση

Σκοπός της παραπάνω προεργασίας είναι (*Allen, 1997, Young, 1990*):

1. Τη μείωση των FFA (**Free Fatty Acids**), τα ελεύθερα λιπαρά οξέα ουσιαστικά είναι τα λιπαρά οξέα που δεν δεσμεύονται σε γλυκερίνη.
2. Να απομακρυνθούν τα φωσφατίδια
3. Να μην σχηματίζονται δύσσομα και με δυσάρεστη γεύση συστατικά από τις πρωτεΐνες που αποσυντίθενται
4. Την απομάκρυνση των ιχνών μετάλλων (σιδήρου, χαλκού)
5. Την απομάκρυνση χρωστικών, όπως οι χλωροφύλλες και τα καροτένια.

Τέλος οι προϋποθέσεις οι οποίες καθορίζουν αν ένα έλαιο εξευγενίζεται με φυσικό τρόπο είναι (*Allen, 1997, Bockisch 1998*):

- ❖ η τιμή των υπεροξειδίων "PV"
- ❖ το ποσοστό των μετάλλων
- ❖ η ύπαρξη άλλων ουσιών που κάνουν την επεξεργασία του ελαίου δύσκολη, όπως οι αφλατοξίνες και διάφορες χρωστικές

### 2.2.2 Χημικό Ραφινάρισμα

Όταν ένα έλαιο πρόκειται να ραφινარიστεί με χημικό τρόπο περιλαμβάνονται τα εξής στάδια:

- αποκομμίωση

- εξουδετέρωση
- αποχρωματισμός
- αποκήρωση
- απόσμηση

Η βασική διαφορά που υπάρχει μεταξύ των δύο σταδίων είναι το στάδιο της **εξουδετέρωσης** το οποίο δεν συμπεριλαμβάνεται στο φυσικό ραφινάρισμα, και της **απόσμησης** όπου αναφέρεται ως ραφινάρισμα με ατμό. Το ραφινάρισμα ατμού αποτελεί βασική διεργασία. Σκοπός της προεργασίας είναι η ενυδάτωση των φωσφατιδίων, με προσθήκη αποχρωστικής γης και θέρμανση του μίγματος στους 90-120°C. Τα φωσφατίδια μειώνονται σε <5 ppm, απομακρύνονται ποσότητες των χρωστικών και των ιχνών μετάλλων, αλλά και τα πτητικά προϊόντα αποσύνθεσης (*Bockisch, 1998*).

## 2.3 Ανάλυση Σταδίων Ραφινάρισματος

### 2.3.1 Αποκομμίωση

Η αποκομμίωση αποτελεί το πρώτο στάδιο κατά την επεξεργασία εξευγενισμού του ηλιέλαιου. Στόχος του σταδίου αυτού είναι η απομάκρυνση φωσφατιδίων με κατακρήμνιση, η οποία ακολουθεί μετά την ενυδάτωσή τους με προσθήκη νερού, διαλύματος οξέος ή διαλύματος αλάτων (*O'Brien, 2004*). Το 90% των φωσφολιπιδικών ουσιών απομακρύνεται κατά την αποκομμίωση, ενώ το υπόλοιπο από τα επόμενα στάδια όπως της εξουδετέρωσης. Με την αποκομμίωση μπορεί να αποφευχθεί τόσο ο σχηματισμός γαλακτώματος στο στάδιο της εξουδετέρωσης, το οποίο οδηγεί σε απώλειες ελαίου, όσο και η δημιουργία δυσάρεστων οσμών κατά την απόσμηση (*Allen, 1997, Θωμόπουλος, 1981*). Η απομάκρυνση των κόμμεων γίνεται προαιρετικά πριν την εξουδετέρωση, είτε με φυγοκέντρωση, είτε με την χρήση δεξαμενών κατακάθισης–διαύγασης.

### 2.3.2 Εξουδετέρωση

Κύριος σκοπός της εξουδετέρωσης είναι η απομάκρυνση των **FFA** που υπάρχουν στο ακατέργαστο λάδι. Αυτό επιτυγχάνεται με φυσικές μεθόδους όπως η απόσταξη, η επιλεκτική απορρόφηση και η επιλεκτική εξαγωγή αλλά και με χημικές μεθόδους όπως η επανεστεροποίηση των FFA με γλυκερόλη, η εξουδετέρωση με αλκάλια και η εξουδετέρωση με αμμωνία (*Bockisch, 1998*). Στις φυσικές, η επεξεργασία γίνεται κυρίως με ατμό και σε ορισμένες περιπτώσεις με χρήση διαλυτών (για πολύ μεγάλα ποσοστά FFA). Στις χημικές, η επεξεργασία γίνεται κυρίως με εξουδετέρωση των FFA με αλκάλια. Τα αλκάλια που συνήθως χρησιμοποιούνται είναι:

α. Καυστικό νάτριο.

β. Ανθρακικό νάτριο.

Στο ηλιέλαιο, η οξύτητα του ακατέργαστου λαδιού κυμαίνεται από 1-3%. Ωστόσο, αν ο σπόρος δεν επεξεργαστεί σωστά και δεν αποθηκευτεί υπό κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας, η οξύτητα μπορεί να αυξηθεί αρκετά, ακόμη και να ξεπεράσει το 10%. Αν μετά το ραφινάρισμα του λαδιού τα FFA δεν έχουν απομακρυνθεί, το τελικό προϊόν είναι χαμηλής ποιότητας και δεν ενδείκνυται για βρώση, γιατί μυρίζει έντονα (*Young et al., 1986, Macrae et al., 1993*).

Τα συστήματα που χρησιμοποιούνται για την εξουδετέρωση του λαδιού είναι τα εξής:

- **Ασυνεχή (Batch or Discontinuous)**

Έχουν χαμηλό κόστος επένδυσης και προσφέρονται για μονάδες μικρής δυναμικότητας (<10 ton/d). Ωστόσο έχουν μειονεκτήματα τα οποία είναι τα εξής (*Davidson et al., 1996, Bockisch, 1998, O'Brien, 2004*):

- ✗ μεγαλύτερο κόστος λειτουργίας
- ✗ μεγαλύτερες απώλειες σε ουδέτερο λάδι
- ✗ χρονοβόρα συστήματα

- **Ημισυνεχή (Semicontinuous)**

Η εξουδετέρωση γίνεται όπως και στα συνεχή συστήματα αλλά ο διαχωρισμός των σαπώνων δεν γίνεται με φυγοκέντριση. Ένα παράδειγμα, είναι η μέθοδος ZENITH, στην οποία αρχικά προστίθεται φωσφορικό οξύ για την απομάκρυνση των φωσφολιπιδίων, του ασβεστίου, του μαγνησίου κ.α. Τα πλεονεκτήματα των των συστημάτων είναι (*Bockisch, 1998, Cavanagh, 1990, O'Brien, 2004, Gunstone and Norris, 1983*):

- ✓ δίνουν λάδι καλής ποιότητας
- ✓ έχουν αρκετά καλή δυναμικότητα (20-200 ton/d)
- ✓ μικρές απώλειες
- ✓ συντομότερος χρόνος επεξεργασίας

- **Συνεχή (Continuous)**

Αυτά τα συστήματα προσφέρονται για μονάδες μεγάλης δυναμικότητας (>250 ton/d). Απαιτούν υψηλό κόστος επένδυσης, αλλά είναι αποδοτικότερα και οικονομικότερα από τα προηγούμενα. Η διαδικασία της εξουδετέρωσης αποτελείται από τρία επιμέρους στάδια (*Bockisch, 1998, De Greyt and Kellens, 2000*):

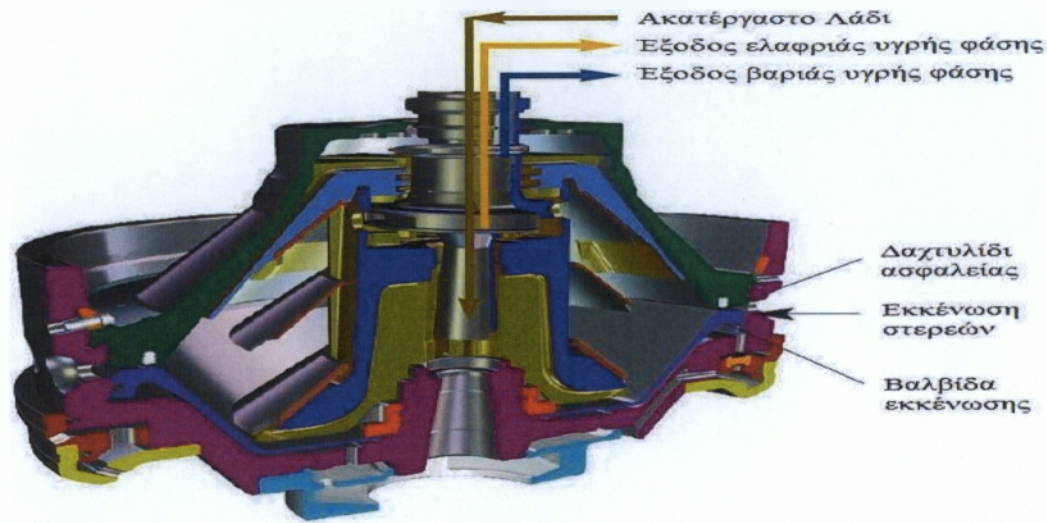
## **Εξουδετέρωση – Πλύσιμο – Ξήρανση**

### **1. Εξουδετέρωση**

Κατά το στάδιο της εξουδετέρωσης, το λάδι πρέπει να αναμιχθεί με το καυστικό διάλυμα, μετά να φυγοκεντρηθεί έτσι ώστε να διαχωριστεί η «βαριά» φάση η οποία αποτελείται από τους σάπωνες κ υπόλειμμα του καυστικού διαλύματος από την «ελαφριά» φάση που είναι το ουδέτερο λάδι (*Davidson et al., 1996, Bockisch, 1998, De Greyt and Kellens, 2000, Gunstone and Norris, 1983*).

Οι φυγόκεντροι διαυγαστές με δίσκους που χρησιμοποιούνται είναι συνήθως «αυτοκαθαριζόμενοι» (*Σχήμα 2.3*). Η απομάκρυνση των συσσωρευμένων στερεών γίνεται με βαλβίδες εκκένωσης. Κύριο πλεονέκτημα είναι ότι έχουν

πολύ μικρές απώλειες σε ουδέτερο λάδι και μεγάλη δυναμικότητα (De Greyt and Kellens, 2000, Gunstone and Norris, 1983).



Σχήμ

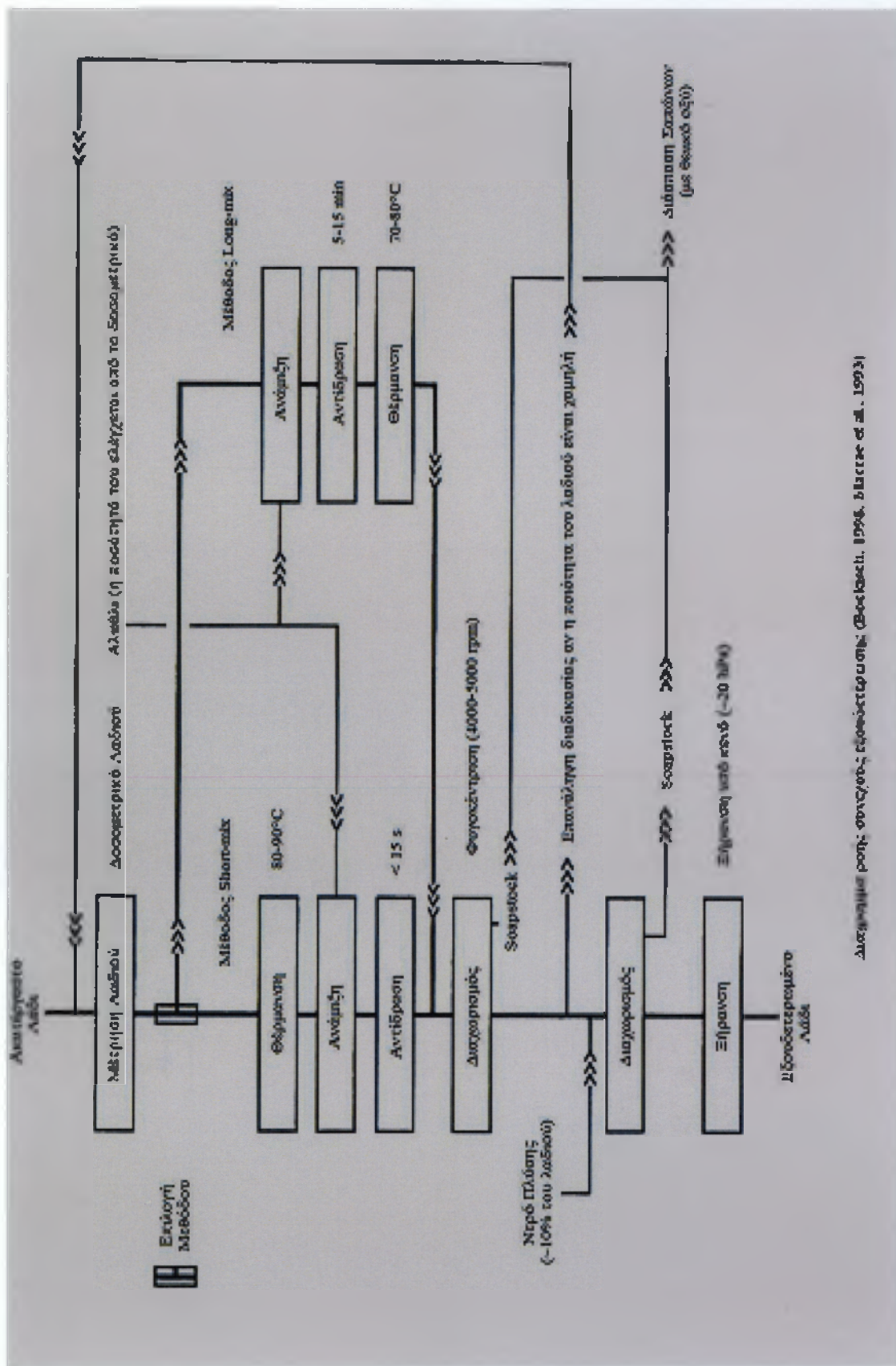
α 2.3 Κατατομή αυτοκαθαριζόμενου διαυγαστή ([www.alfalaval.com](http://www.alfalaval.com), Separation Systems)

## 2. Πλύσιμο.

Μετά τη φυγοκέντριση, στο λάδι παραμένει ακόμη ένα μικρό ποσοστό σαπώνων (>500 rpm) που πρέπει να απομακρυνθεί (Young et al., 1986). Σε αυτό το στάδιο, προστίθεται στο λάδι ορισμένη ποσότητα ζεστού νερού (10-20%) σε θερμοκρασία λίγο μεγαλύτερη από αυτή του λαδιού (περίπου 5-10°C). Έπειτα, το μίγμα αναμιγνύεται και πηγαίνει σε ένα φυγόκεντρο διαχωριστή δίσκων για την απομάκρυνση της υδάτινης φάσης από το λάδι. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η ίδια όπως στο πρώτο πλύσιμο (Davidson et al., 1996, Bockisch, 1998, De Greyt and Kellens, 2000, Gunstone and Norris, 1983, O'Brien, 2004).

## 3. Ξήρανση

Μετά την πλύση, το λάδι περιέχει συνήθως 0,3-0,5% νερό. Στο τελευταίο στάδιο, το λάδι ξηραίνεται υπό κενό χρησιμοποιώντας έναν συνεχή ξηραντήρα κενού, για να απομακρυνθεί η εναπομένουσα υγρασία σε ποσοστό μικρότερο του 0,1% (De Greyt and Kellens, 2000, O'Brien, 2004).



Διαγράμμα ροής συνεχούς εξουδετέρωσης (Bockisch, 1998, Macrae et al., 1993)

Σχήμα 2.4: Διάγραμμα ροής συνεχούς εξουδετέρωσης (Bockisch, 1998, Macrae et al., 1993)

### 2.3.3 Αποχρωματισμός

Ο αποχρωματισμός είναι ένα απαραίτητο στάδιο για τη βελτίωση του χρώματος του ελαίου καθώς απομακρύνονται οι χρωστικές που βρίσκονται διαλυμένες στο λάδι. Μια από αυτές τις χρωστικές είναι η χλωροφύλλη, και είναι απαραίτητη η απομάκρυνσή της διότι μπορεί προσδώσει στο τελικό λάδι ανεπιθύμητο πράσινο χρώμα (Davidson *et al.*, 1996). Επίσης, με τον αποχρωματισμό επιτυγχάνεται η απομάκρυνση σαπώνων, φωσφατιδίων, ίχνη μετάλλων, οργανικών ουσιών όπως καροτενοειδή, ξανθοφύλλες, τοκοφερόλες καθώς και προϊόντα διάσπασης υπεροξειδίων (Allen *et al.*, 1997).

Ο αποχρωματισμός των ελαίων επιτυγχάνεται με τη χρήση ενεργού άνθρακα, αποχρωστικών γαιών όπως ο μπεντονίτης, η γη διατόμων, ο εκτορίτης (hectorite), ο σεπιολίτης (sepiolite) και κάποιων άλλων προσροφητικών μέσων όπως η αλουμίνα, η συνθετική πυριτική πηκτή (silica gel) και άλατα του πυριτικού οξέος (Baranowsky *et al.*, 2001). Προκειμένου να επιτευχθεί αποχρωματισμός, το αποχρωστικό υλικό που θα επιλεγεί πρέπει προηγουμένως να υποστεί ενεργοποίηση.

Ο ενεργός άνθρακας είναι ακριβότερος από τις αποχρωστικές γαίες με αποτέλεσμα να χρησιμοποιείται σε ορισμένες μόνο περιπτώσεις στον αποχρωματισμό. Επιπλέον, έχει διαπιστωθεί ότι ο ενεργός άνθρακας κατακρατεί μεγαλύτερη ποσότητα ελαίου συγκριτικά με τις αποχρωστικές γαίες με αποτέλεσμα οι απώλειες σε έλαιο να είναι μεγαλύτερες κατά την απομάκρυνση του ενεργού άνθρακα στο τέλος της διαδικασίας του αποχρωματισμού (Allen, 1997, De Greyt και Kellens, 2000).

Προσροφητικά μέσα όπως οι συνθετικές πυριτικές πηκτές (silica gels), παρατηρείται ότι έχουν μικρή αποχρωστική ικανότητα παρά τη μεγάλη επιφάνεια αποχρωστικού μέσου που εμφανίζουν (800 m<sup>2</sup>/g). Το silica gel παρουσιάζει μεγάλη ικανότητα προσρόφησης σαπώνων, μετάλλων και φωσφατιδίων (Baranowsky *et al.*, 2001, De Greyt και Kellens, 2000).



## ❖ Τεχνικές αποχρωματισμού

Πριν το στάδιο του αποχρωματισμού το έλαιο πρέπει να απαερωθεί και να ξηραθεί σε ελαττωμένη πίεση με τελική περιεχόμενη υγρασία 0,1% (*De Greyt και Kellens, 2000*). Η γη που θα χρησιμοποιηθεί για τον αποχρωματισμό του ελαίου πρέπει να περιέχει 10-18% υγρασία. Κατά τη διάρκεια όμως του αποχρωματισμού είναι απαραίτητη η απομάκρυνση της υγρασίας για την επίτευξη άριστης προσροφητικής ικανότητας.

Η ποσότητα της αποχρωστικής γης που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από το βαθμό απορροφητικότητας αυτής που θα επιλεγεί, από τον τύπο του ραφινρισμένου ελαίου και από την ικανότητα της να προσροφά τις χρωστικές ή άλλες ουσίες που πρόκειται να απομακρυνθούν. Η ποσότητα της αποχρωστικής γης που θα προστεθεί στο έλαιο κυμαίνεται μεταξύ 0,15-3% (*O'Brien, 1998*).

Το αποξηραμένο έλαιο αναμιγνύεται με την αποχρωστική γη στον αναμίκτη. Η ροή της αποχρωστικής γης ρυθμίζεται είτε με τη βοήθεια μιας περιστροφικής βάνας (rotary valve), που χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία συστημάτων μέσης πίεσης, είτε με τροφοδότη Venturi, που είναι κατάλληλος για συστήματα χαμηλής πίεσης (*Brennan et al., 1976*) είτε με κοχλιωτό τροφοδότη (*Baranowsky et al., 2001*).

Το αιώρημα ελαίου-αποχρωστικής γης μετά την ανάμιξή του οδηγείται στον αποχρωματιστή όπου και παραμένει για ορισμένο χρονικό διάστημα (*Hodgson, 1996*). Σύμφωνα με τον O'Brien (2004) η θερμοκρασία κατά την οποία λαμβάνει χώρα ο αποχρωματισμός είναι 70-110 °C και ο χρόνος που θα παραμείνει η αποχρωστική γη αναμιγμένη με το έλαιο είναι 15-20min (*Allen 1997, Bockisch 1998, De Greyt και Kellens, 2000*). Η βέλτιστη θερμοκρασία για να επιτευχθεί ο αποχρωματισμός σύμφωνα με τους Bockisch (1998) και De Greyt και Kellens (2000), κυμαίνεται μεταξύ 90 και 110°C ενώ ο καλύτερος χρόνος για να γίνει η προσρόφηση των ανεπιθύμητων ουσιών από την αποχρωστική γη είναι 20-30min.

Στη συνέχεια το αιώρημα ελαίου-αποχρωστικής γης απομακρύνεται από τον αποχρωματιστή με τη βοήθεια αντλίας από το σωλήνα υπερχείλισης και

οδηγείται για διήθηση σε δύο φίλτρα στα οποία επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός τους. Το αποχρωστικό μέσο μαζί με τις ουσίες που έχει προσροφήσει πρέπει να απομακρυνθεί πλήρως από το έλαιο. Η χρησιμοποίηση δύο φίλτρων είναι απαραίτητη, διότι τα φίλτρα λειτουργούν εναλλακτικά δηλαδή μόλις γεμίσει το πρώτο φίλτρο η λειτουργία του σταματάει και ο διαχωρισμός συνεχίζεται στο δεύτερο φίλτρο, ενώ παράλληλα καθαρίζεται και απομακρύνεται με ατμό ή άζωτο από το πρώτο φίλτρο ο πλακούντας που έχει δημιουργηθεί δηλαδή το αποχρωστικό υλικό που έχει επιλεχθεί μαζί με τις ουσίες που έχει προσροφήσει (Hodgson, 1996).

Συνήθως στον αποχρωματισμό χρησιμοποιούνται βοηθητικές ουσίες διήθησης (filter aids) όπως η γη διατόμων (kieselguhr) και η Tonsil η οποία είναι σκόνη που παράγεται από τον μπεντονίτη ενεργοποιημένη με οξύ<sup>Διαδ. 5</sup>. Οι ουσίες αυτές λειτουργούν ως προσροφητικά μέσα για την απομάκρυνση των ανεπιθύμητων ουσιών του ελαίου ενώ παράλληλα αυξάνουν το ρυθμό διήθησης δημιουργώντας πλακούντα μαζί με τις ουσίες που απομακρύνουν, στα φίλτρα που χρησιμοποιούνται.

Μία άλλη μέθοδος που χρησιμοποιείται για να επιτευχθεί αποχρωματισμός είναι το λεγόμενο sparbleach. Κατά τη μέθοδο αυτή η προσρόφηση των έγχρωμων συστατικών από την αποχρωστική γη βελτιώνεται μέσω της εκτόξευσης ατμού, εξοικονομώντας με αυτό τον τρόπο σημαντικές ποσότητες αποχρωστικής γης. Πρόκειται για δεξαμενή δύο σταδίων. Το μίγμα του ελαίου-γης εισάγεται υπό κενό στο επάνω μέρος της δεξαμενής αποχρωματισμού όπου θερμαίνεται και αναμιγνύεται συνεχώς με τη βοήθεια ψεκαζόμενου ατμού (sparge steam). Το αιώρημα της γης σε άριστες συνθήκες (θερμοκρασία υπό κενό σε συνδυασμό με την ανάμιξη της μάζας του ελαίου με τη βοήθεια του ατμού) εξασφαλίζει τις ιδανικές συνθήκες για την έναρξη της διαδικασίας προσρόφησης. Το κάτω μέρος του θαλάμου του αποχρωματιστή, στο οποίο και ολοκληρώνεται ο αποχρωματισμός, είναι εξοπλισμένο με μία διάταξη χωρισμάτων που εξασφαλίζουν ομοιόμορφο χρόνο παραμονής και

---

<sup>Διαδ. 5</sup> [www.kelleherequipment.com](http://www.kelleherequipment.com)

διανομής ψεκασμού του ατμού. Στη συνέχεια το αιώρημα αντλείται σε δυο φίλτρα στα οποία γίνεται διήθηση<sup>Διαδ.6</sup>.

#### ❖ Μηχανισμός προσρόφησης

Ο αποχρωματισμός των ελαίων γίνεται μέσω της διεργασίας της προσρόφησης. Πρόκειται για ένα φαινόμενο που συμβαίνει στην επιφάνεια και εξαρτάται από την ειδική συγγένεια μεταξύ της προσροφητικής ουσίας και των διαλυμένων στο έλαιο συστατικών (*De Greyt και Kellens, 2000*). Τα πολικά συστατικά που βρίσκονται είτε διαλυμένα είτε σε μορφή αιωρήματος στο λάδι σε σχετικά μικρές συγκεντρώσεις, προσροφώνται στις επιφάνειες της στερεής φάσης ενός προσροφητικού μέσου. Ο νατριούχος μοντμοριλονίτης έχει υψηλή διογκωτική ικανότητα λόγω της μεγαλύτερης ικανότητας ενυδάτωσης των ιόντων νατρίου σε σύγκριση με τα ιόντα ασβεστίου. Τα κατιόντα μεταξύ των στιβάδων ανταλλάσσονται εύκολα, οπότε και ο μοντμοριλονίτης χαρακτηρίζεται ως φυσικός ανταλλάκτης κατιόντων (*Baranowsky et al., 2001*).

Η προσρόφηση συστατικών ελέγχεται κατά κύριο λόγο από τον αριθμό των διαθέσιμων θέσεων προσρόφησης, και από την συγκέντρωση των πολικών συστατικών στο λάδι. Η αποχρωστική γη απορροφά επιλεκτικά, συστατικά που είναι κατιονικά ή τουλάχιστον πολικά στη φύση, συμπεριλαμβανομένου και μορίων που γίνονται κατιονικά παρουσία οξέος. Η προσρόφηση γίνεται στα όξινα κέντρα της αποχρωστικής γης. Οι προσροφητικές ικανότητες της αποχρωστικής γης στις περιπτώσεις αυτές οφείλεται στο επιπλέον αρνητικό φορτίο της κρυσταλλικής δομής (*Baranowsky et al., 2001*).

Η σημαντικότερη διαφορά μεταξύ μιας φυσικής και μιας ενεργοποιημένης αποχρωστικής γης είναι ότι το υδατικό αιώρημα της πρώτης είναι ελαφρώς όξινο ή ουδέτερο ενώ της δεύτερης έντονα όξινο. Επίσης η ειδική επιφάνεια της ενεργοποιημένης αποχρωστικής γης είναι σαφώς μεγαλύτερη σε αντίθεση με την πυκνότητά της που είναι μικρότερη από αυτή ενός μη ενεργοποιημένου μέσου.

Ανάλογα με τη φύση των συστατικών που πρόκειται να προσροφηθούν αλλά και τη φύση του προσροφητικού μέσου, είναι δυνατό να υπάρξουν

---

<sup>Διαδ.6</sup> [www.desmet.com](http://www.desmet.com)

διαφορετικοί τύποι προσρόφησης, η φυσική και η χημική προσρόφηση. Στη φυσική προσρόφηση, οι χρωστικές απορροφώνται με φυσικό τρόπο στην επιφάνεια της αποχρωστικής γης μέσω της εφαρμογής ελκτικών δυνάμεων Van der Waal's που δρουν στην επιφάνεια. Άλλα συστατικά, όπως οι σάπωνες και τα φωσφατίδια προσροφώνται στους μέσους και μεγάλους πόρους της αποχρωστικής γης. Στη χημική προσρόφηση σχηματίζονται χημικοί δεσμοί σταθερής φύσης (π.χ. γέφυρες υδρογόνου) μέσω μιας χημικής αντίδρασης (Mag, 1990). Η πρόβλεψη της έκβασης του αποχρωματισμού με τη χρήση μια συγκεκριμένης αποχρωστικής γης δεν είναι δυνατή παρά μόνο μετά από την πραγματική δοκιμή του μέσου που θα χρησιμοποιηθεί. Αυτό συμβαίνει γιατί η κάθε αποχρωστική γη φέρει έναν αριθμό από χαρακτηριστικά που στο σύνολό τους οδηγούν στο τελικό αποτέλεσμα. Η ενεργοποιημένη αποχρωστική γη λειτουργεί ως (filter aid) (Baranowsky et al., 2001):

- προσροφητικός παράγοντας
- οξύ σε στερεή μορφή
- όξινος καταλύτης
- ανταλλάκτης κατιόντων
- βοηθητικός παράγοντας διήθησης

#### 2.3.4 Αποκήρωση

Το στάδιο της αποκήρωσης είναι απαραίτητο για την απομάκρυνση των κηρών από το λάδι. Οι λιποδιαλυτές κηρώδεις ουσίες είναι εστέρες με μεγάλο μήκος ανθρακικής αλυσίδας και οι οποίες συνθέτονται από αλκοόλες αλειφατικής προέλευσης (C-24, C-28) με λιπαρά οξέα (C-20, C-22) έχοντας σημείο τήξης τους 70- 80°C (Hoffmann, 1989). Οι κηροί δεν αποτελούν κίνδυνο κατά την κατανάλωσή τους από τον άνθρωπο, αλλά επηρεάζουν άμεσα τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του ραφινρισμένου ηλιελαίου αποδίδοντας του έντονο θόλωμα. Οι ενώσεις αυτές υποβαθμίζουν την τιμή του, και αλλάζουν τον προορισμό χρήσης του, αφού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή μαγιονέζας, μαργαρίνης και άλλων βοηθητικών μαγειρικών υλών χωρίς την απομάκρυνση αυτών (O'Brien, 2004).

Το στάδιο της αποκήρωσης δεν είναι τίποτε άλλο από μία διαδικασία κρυστάλλωσης των κηρών που περιέχει το έλαιο που εξευγενίζεται. Το ηλιέλαιο κατατάσσεται στα σπορέλαια με τις μεγαλύτερες ποσότητες σε κηρώδης ουσίες, από 0,2-3,0% στο σύνολο του ακατέργαστου ελαίου (*Davidson et al., 1996*). Οι ενώσεις αυτές προέρχονται από τον φλοιό του σπόρου σε ποσοστό 83%, 16% από το περικάρπιο και μόλις το 1% από τον πυρήνα του (*Hamilton et al., 1991*). Η απομάκρυνση τους κατά την θραύση των σπόρων και την εξαγωγή του ελαίου από αυτούς δεν είναι εύκολο να αποτραπεί. Συνήθη μέσα για τη διαδικασία αυτή είναι δεξαμενές κρυστάλλωσης θερμικά μονωμένες, με σύστημα ψύξης, αναδευτήρες, εναλλάκτες θερμότητας και φιλτρόπρεσσες ή φυγόκεντρους διαχωριστές (*O'Brein, 2004*).

Το λάδι εισέρχεται σε ειδικά ψυχώμενες μονωμένες δεξαμενές, οι οποίες χρησιμοποιούν ψυκτικό υγρό (αλκοόλη, γλυκόλη) διερχόμενο από σπείρα τοποθετημένη στο εσωτερικό της. Το προϊόν κινείται με αναδευτήρες οπότε είναι απαραίτητοι για την καλύτερη ψύξη του προϊόντος και τη δημιουργία β-κρυστάλλων. Όσο γρηγορότερα ψυχθεί το προϊόν τόσο μικρότεροι είναι οι κρύσταλλοι που δημιουργούνται. Αντίθετα, αν η ψύξη πραγματοποιηθεί αργά οι κρύσταλλοι που θα δημιουργηθούν θα έχουν μεγαλύτερο μέγεθος και η απομάκρυνσή τους θα είναι πιο εύκολη. Συνήθως η ιδανική θερμοκρασία για να ψυχθούν οι κρύσταλλοι βιβλιογραφικά αποδίδεται στους 4-7°C και για χρόνο 4h (*Davidson et al., 1996*). Αφού τελειώσει η κρυστάλλωση χρησιμοποιούνται διηθητικές συσκευές φιλτροπρεσσών ή φυγοκεντρικών διαχωριστών για την απομάκρυνση των δημιουργούμενων κρυστάλλων (*O'Brien, 2004*).

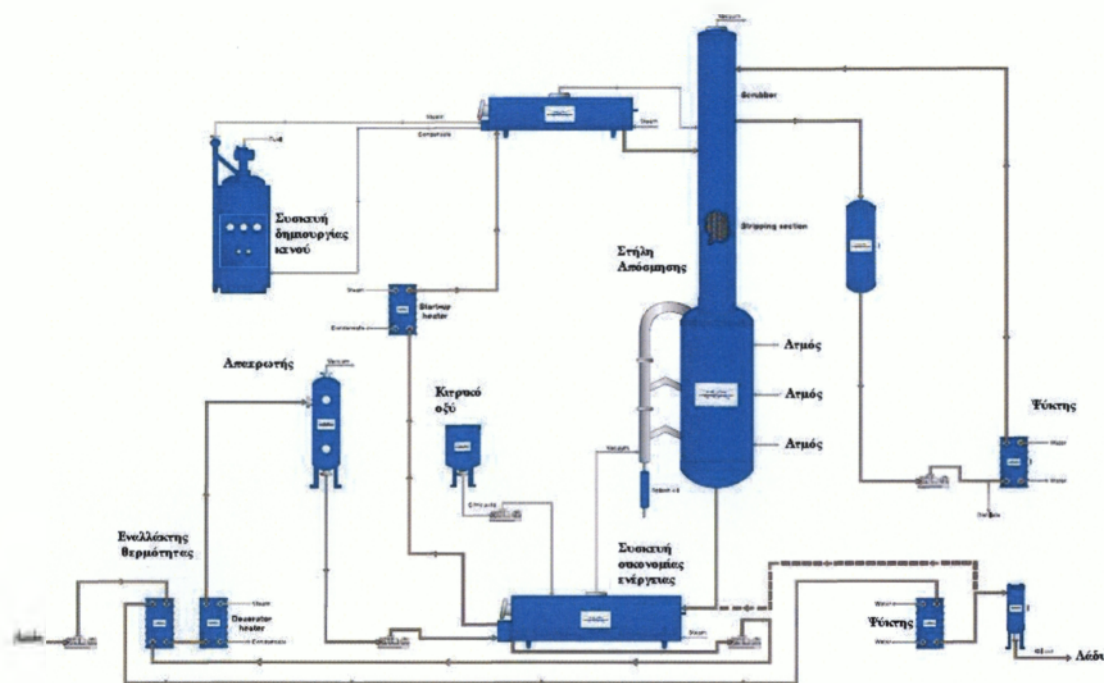
Για τη βελτιστοποίηση της αποκήρωσης, χρησιμοποιούμε ταυτόχρονη αποκήρωση και χημικό ραφινάρισμα, όπου εδώ προτείνονται διάφορες ουσίες που δρουν ως καθαριστικά-τασιενεργά των κηρωδών ουσιών όπως τα υπολείμματα σαπουνιού από την εξουδετέρωση. Το λάδι μετά το διαχωρισμό του από τη σαπουνόπαστα και πριν το πλύσιμο του από τη σαπουνόπαστα έχει περιεκτικότητα σε σάπωνες 1000-2000ppm και υγρασία 3-4%.

Στη συνέχεια περνά από φυγοκεντρικό διαχωριστή και διέρχεται σε ψύκτη με σκοπό η θερμοκρασία να φθάσει τους 8°C και ακολουθεί ήπια ανάδευση για 4-5h, όπου και δρουν οι σάπωνες «απολυμαντικά» (O'Brein, 2004), ακολουθεί προσθήκη 4-6% νερό σε θερμοκρασία 18°C και ακολουθεί διήθηση μέσω φυγοκέντρου, όπου λαμβάνεται το νερό, οι κρύσταλλοι με τους σάπωνες ως παραπροϊόν, και το διαυγές λάδι. Στην ουσία έχουμε ενυδάτωση των κρυστάλλων που απομακρύνονται με τη σαπουνώδη φάση. Ορισμένες φορές πραγματοποιείται και δεύτερη πλύση με νερό και απομάκρυνση αυτού με ξήρανση υπό κενό (Davidson et al., 1996). Βασικό πρόβλημα που παρουσιάζεται στην αποκήρωση είναι ότι η δημιουργία των κρυστάλλων πραγματοποιείται σε θερμοκρασία μεταξύ 4 και 10°C που έχει ως αποτέλεσμα λόγω του ιξώδους να μην γίνεται επιθυμητά και γρήγορα το φιλτράρισμα. Θερμαίνοντας το έλαιο στους 12 με 14°C αυξάνεται ο ρυθμός φιλτραρίσματος έως και 60%. Επιπρόσθετα μπορεί να γίνει και χρήση γης διατόμων σε μικρές ποσότητες στο ψυχρό έλαιο, αυξάνοντας το ρυθμό διήθησης τέσσερις φορές (O'Brien, 2004).

### 2.3.5 Απόσμηση

Η απόσμηση αποτελεί το τελευταίο στάδιο εξευγενισμού του ακατέργαστου ηλιελαίου, όπου απομακρύνονται, αλδεΐδες, κετόνες, ελεύθερα λιπαρά οξέα, χρωστικές και διάφορες οσμηρές ουσίες κυρίως πολυκυκλικοί υδρογονάνθρακες. Οι ουσίες αυτές εντοπίζονται σε μικρό ποσοστό της τάξεως του 0,1%. Η απόσμηση πραγματοποιείται με τη διαβίβαση ατμού σε δεξαμενές όπου υπάρχει κενό από 1- 6mmHg και θερμοκρασία της τάξεως των 180-270°C για χρόνο 15-120min (Davidson et al., 1996, O'Brein, 2004). Η χρήση του κενού ουσιαστικά γίνεται για την αποφυγή υψηλών θερμοκρασιών αλλά και για την προστασία του ελαίου μας από οξειδωση. Το έλαιο εισέρχεται από το πάνω μέρος του αποσμητή κινείται στα θερμαινόμενα τοιχώματα από ατμό με στρωβιλώδης ροής (Bockisch, 1998). Εναλλακτικά ο ατμός διοχετεύεται στους πύργους απόσμησης με τη χρήση εκχυτήρων από το κάτω μέρος, προκαλώντας ανάμιξη, και το λάδι κατιονίζεται με μορφή ομπρέλας, ή σταγονιδίων με τη χρήση περιστρεφόμενων δίσκων (Loft, 1990, Bockisch, 1998, Μπόσκου, 1999). Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται μεγαλύτερη

επιφάνεια λαδιού με ατμό βοηθώντας στην απομάκρυνση των ανεπιθύμητων ουσιών. Στη διαδικασία της απόσμησης απαιτείται να ελέγχεται η πίεση για τη δημιουργία του κενού, η θερμοκρασία και οι χρόνοι λειτουργίας (Davidson et al., 1996).



Σχήμα 2.5 Απόσμητης εταιρίας Alfa laval συνεχούς λειτουργίας

Πηγή: [www.alfalaval.com](http://www.alfalaval.com), Distilled experience

Το στάδιο της απόσμησης δεν απομακρύνει μόνο χαρακτηριστικά που έχει το ακατέργαστο λάδι, αλλά και ανεπιθύμητες οσμές και γεύσεις, που στο στάδιο του αποχρωματισμού και της εξουδετέρωσης. Το καλό αποτέλεσμα, που μπορεί να έχει το στάδιο της απόσμησης δεν οφείλεται αποκλειστικά στις συνθήκες της μεθόδου, αλλά και στο γεγονός ότι τα προηγούμενα στάδια εκτελέστηκαν εξίσου καλά (O'Brien, 1998).

Τα επιθυμητά αποτελέσματα της απόσμησης οφείλονται εκτός των άλλων και στα παρακάτω (Loft, 1990):

- ✓ υγρασία του ελαίου να είναι όσο το δυνατό χαμηλότερη
- ✓ ποσότητα ατμού να είναι σχετικά μικρή
- ✓ ποσότητα των ελεύθερων λιπαρών οξέων όσο το δυνατό μικρότερη

Το έλαιο προθερμαίνεται σε εσωτερικές ή εξωτερικές δεξαμενές (ανάλογα με τον τύπο του αποσμητή) και απομακρύνεται από αυτό το οξυγόνο σε θερμοκρασία 49-54°C. Συνήθως στα συνεχή συστήματα οι προθερμαντήρες βρίσκονται εκτός του αποσμητή και στα ασυνεχή εντός (*Davidson et al., 1996,, Distilled experience*)<sup>Διαδ.7</sup>.

Στη συνέχεια εισέρχεται σε χώρο ελαττωμένης πίεσης και θερμοκρασίας η οποία κυμαίνεται από 140-250°C ιδανική για να απομακρυνθούν οι ανεπιθύμητες ουσίες ως οι πτητικότερες. Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία, τόσο μικρότερος θα είναι ο χρόνος λειτουργίας του σταδίου αυτού (*Davidson et al., 1996*). Στο στάδιο αυτό και πριν η θερμοκρασία φθάσει την μέγιστη τιμή, προσθέτουμε κιτρικό οξύ ως φορέα προστασίας από οξείδωση και περιορισμό της δράσης των μετάλλων, σε ποσότητα 50-100mg/kg με τη μορφή υδατικού διαλύματος 30-50% (*O'Brien, 2004, Gunstone and Norris, 1983*). Η προθέρμανση πραγματοποιείται με τη χρήση του επιστρεφόμενου καυτού λαδιού για λόγους οικονομίας ενέργειας και επίσης διότι επιθυμούμε την ψύξη του ήδη αποσμημένου ελαίου, το οποίο εξέρχεται σε υψηλές θερμοκρασίες (*Bockisch, 1998*).

Στην συνέχεια ακολουθεί ψύξη του ελαίου στους 20-30°C, ανάλογα με την συσκευασία που θα χρησιμοποιηθεί, και φιλτράρισμα με σκοπό την συγκράτηση χειλικών ενώσεων που εμφανίστηκαν μετά την προσθήκη του κιτρικού με τα μέταλλα. Τα σύμπλοκα και ουσίες του αποχρωματισμού που τυχόν απέμειναν συγκρατούνται με φίλτρα μεμβρανών τύπου bags ή cartidge (*Allen, 1997, Gunstone, 2000*). Αυτά είναι εργονομικά διότι καταλαμβάνουν μικρό χώρο, αλλά ακριβά στην αγορά και τη συντήρηση. Χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις συμπληρωματικού φιλτραρίσματος-λαμπικαρίσματος και τη συλλογή βοηθητικών μέσων από διήθηση (*kieselghur, tonsil*), καθώς και τη συγκράτηση προϊόντων πολυμερισμού και καύσης από τις υψηλές θερμοκρασίες<sup>Διαδ.8</sup> (*Loft, 1990, O'Brien, 2004*). Συνήθως χρησιμοποιούνται φιλτρόπρεςσες οι οποίες είναι φθηνότερες στην αγορά αλλά χρειάζονται διακοπή και πλύσιμο με ατμό ή άζωτο, λόγω δημιουργίας πλακούντα (*Allen, 1997, O'Brien, 2004, Hodgson, 1991*). Τα φίλτρα που χρησιμοποιούνται

---

<sup>Διαδ.7</sup> [www.alfalaval.com](http://www.alfalaval.com)

<sup>Διαδ.8</sup> [www.reliablefilter.com](http://www.reliablefilter.com)



πρέπει να είναι ιδανικά για τη διήθηση ελαίων, κατασκευάζονται κυρίως από βαμβάκι και έχουν την ικανότητα να λειτουργούν σε θερμοκρασίες έως και 90°C, αλλά με μειονέκτημα την απορρόφηση υγρασίας και την ανάπτυξη μυκήτων (*Dickenson, 1997*).

Εκτός του ατμού ως θερμαντικά μέσα μπορούν να χρησιμοποιηθούν και έλαια τα οποία μειώνουν τον προϋπολογισμό της μονάδας στην κατασκευή έως και 50% αλλά επιφέρουν μεγάλη οικολογική καταστροφή. Πρόκειται για ευτηκτικά μίγματα από διφαινύλιο και οξειδίο διφαινυλίου σε ποσοστό 27% και 73% αντίστοιχα. Το υγρό αυτό έχει τη δυνατότητα να εξατμιστεί σε χαμηλότερες πιέσεις από το νερό ενώ είναι εύφλεκτο σε θερμοκρασία μεγαλύτερη των 138°C (*Bockisch, 1998*). Ο χρόνος που διαρκεί η διαδικασία της απόσμησης ποικίλει με την περίπτωση από 20 έως και 120 λεπτά συμπεριλαμβανομένου και των διαδικασιών της προθέρμανσης και της ψύξης.

Στην απόσμηση επίσης απαιτείται να ρυθμίζονται και να ελέγχονται οι συνθήκες λειτουργίας, με σκοπό να προστατευθούν από το έλαιο συστατικά όπως αιθέρια έλαια (EPA/DHA), βιταμίνες A, B, E και τέλος να αποφευχθούν φαινόμενα πολυμερισμού και ισομερισμού από cis σε trans των ακόρεστων λιπαρών οξέων <sup>Διαδ.9</sup>(*O'Brien, 2004*).

## 2.4 Σύγκριση φυσικού και χημικού τρόπου ραφινάρισματος

Η σύγκριση μεταξύ των δύο μεθόδων εξευγενισμού του ακατέργαστου ηλιελαίου πραγματοποιείται υπό την εξέταση διαφόρων παραγόντων, όπως για παράδειγμα την ποιότητα και ποσότητα πρώτων και βοηθητικών υλών, την παραγωγή παραπροϊόντων, την προστασία του περιβάλλοντος, την εξοικονόμηση ενέργειας, τα κόστη κατασκευής και συντήρησης <sup>Διαδ.10</sup>.

Παρόλο που θεωρείται ως μοντέρνος τρόπος ραφινάρισματος, ο φυσικός εξευγενισμός των σπορέλαιων παρουσιάζει τόσο πλεονεκτήματα, όσο κι μειονεκτήματα κατά τη σύγκρισή του με το χημικό τρόπο.

---

<sup>Διαδ.9</sup> [www.desmet.com](http://www.desmet.com)

<sup>Διαδ.10</sup> [www.speecenaineers.com](http://www.speecenaineers.com)

Πιο συγκεκριμένα τα πλεονεκτήματα του φυσικού ραφινάρισματος σε σχέση με το χημικό είναι <sup>Διαδ.11</sup> (Young, 1990, Bockisch, 1998):

- ✓ η μεγαλύτερη απόδοση σε λάδι
- ✓ η σταθερότερη ποιότητα προϊόντος
- ✓ το μικρότερο κόστος εξοπλισμού
- ✓ η απουσία παραπροϊόντων που μολύνουν το περιβάλλον
- ✓ η μικρότερη κατανάλωση ενέργειας
- ✓ η απλούστερη εφαρμογή, αφού απουσιάζει η εξουδετέρωση.

Από την άλλη υπάρχουν και μειονεκτήματα όσο αφορά το φυσικό ραφινάρισμα και τα οποία είναι (Tzia and Liadakis, 2003, Hamilton et al., 1991, Zilch, 1991):

- ✗ η παραγωγή τελικού προϊόντος με περισσότερο σκούρο χρώμα
- ✗ η υψηλότερη τιμή υπεροξειδίων
- ✗ οι μεγαλύτερες ποσότητες φωσφόρου
- ✗ η αδυναμία απομάκρυνσης αφλατοξινών

---

<sup>Διαδ.11</sup> [www.mecpro.com](http://www.mecpro.com)

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

---

ΒΑΣΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ  
ΜΟΝΑΔΑΣ  
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ  
ΑΚΑΤΕΡΓΑΣΤΟΥ  
ΗΛΙΕΛΑΙΟΥ

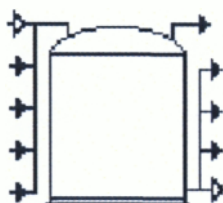
---

### 3.1 Περιγραφή Διεργασιών και Εξοπλισμού

Σκοπός της επεξεργασίας του ακατέργαστου ηλιελαίου είναι η παραγωγή ηλιελαίου όπως ορίζει ο Κώδικας Τροφίμων και Ποτών (Αλυσανδράτος *et al.*, 2004) σύμφωνα με τον οποίο το χρώμα να μην είναι ανώτερο των 25 κίτρινων και 2 κόκκινων μονάδων (κατά *Lovibond*), η αντίδραση του νιτρικού οξέος (κατά *Συνοδινού-Κώνστα*) να δίνει καστανέρυθρο χρώμα, ο αριθμός βουτυροδιαθλασιμέτρου στους 40°C να είναι μεταξύ 61,3 και 64,4 και τέλος ο αριθμός Ιωδίου (κατά *Wijs*) να είναι μεταξύ 120 και 134.

Για την επεξεργασία και την παραγωγή του ηλιελαίου χρησιμοποιούνται τα κάτωθι μηχανήματα:

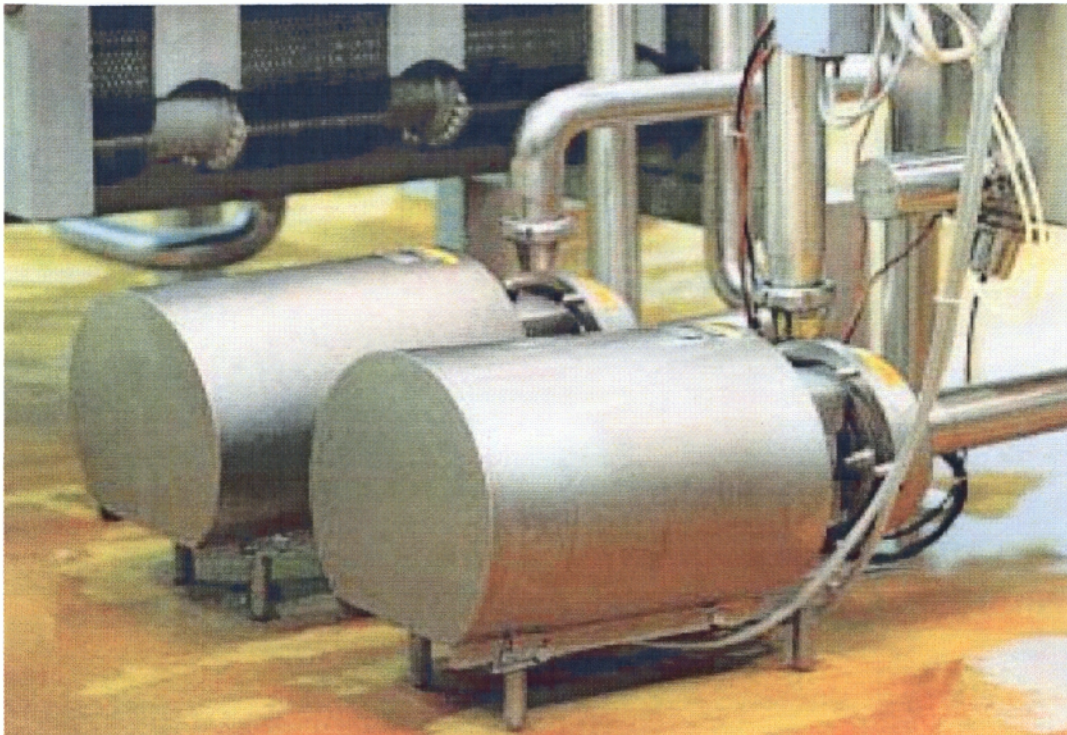
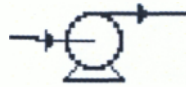
#### 1. Δεξαμενή Παραλαβής



Αρχικά, το ακατέργαστο ηλιέλαιο συγκεντρώνεται σε ανοξειδωτή δεξαμενή παραλαβής με διπλά τοιχώματα για μόνωση και θέρμανση στους 25°C με χρήση θερμού νερού και παραμένει για 24h. Αυτό γίνεται κυρίως τους χειμερινούς μήνες ή κατά τη διάρκεια της νύχτας, όπου η θερμοκρασία πέφτει κάτω των 20°C. Το γεγονός αυτό μπορεί να επιφέρει μεταβολή στο ιξώδες του ελαίου, το οποίο είναι άμεσα επηρεαζόμενο από τη θερμοκρασία, με αποτέλεσμα τη δημιουργία προβλημάτων κατά τη μεταχείριση και τη μεταφορά του μέσω των αντλιών.

Η διπλή μόνωση επιλέγεται για την προστασία του ελαίου από την οξείδωση, που προκαλούν οι μεγάλες θερμοκρασιακές αλλαγές του περιβάλλοντος. Επίσης, προστασία επιτυγχάνεται όταν η διάμετρος της δεξαμενής είναι μικρή σε σχέση με το ύψος της, ώστε η ελεύθερη επιφάνεια του λαδιού να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη (O'Brien, 2004).

## 2. Φυγόκεντρος Αντλία



Εικόνα 3.1: Φυγοκεντρικές αντλίες σε λειτουργία

Πηγή:[www.alfalaval.com](http://www.alfalaval.com)

Η διαδικασία του εξευγενισμού πραγματοποιείται υπό πίεση 2-3bar. Γι' αυτόν τον λόγο, επιλέγουμε η διαφορά πίεσης να είναι 1,5bar. Λόγω των συνθηκών λειτουργίας (χαμηλή πίεση, μεγάλη παροχή) και της φύσης του τροφίμου επιλέγουμε φυγοκεντρικές αντλίες, οι οποίες έχουν αρκετά πλεονεκτήματα που αφορούν το κόστος, την λειτουργία, την εργονομία, την συντήρηση και τον καθαρισμό. Έτσι μέσω φυγοκεντρικής αντλίας το ηλιέλαιο διοχετεύεται σε πλακοειδή εναλλάκτη θερμότητας.

## ΣΤΑΔΙΟ ΑΠΟΚΚΟΜΙΩΣΗΣ

Στο στάδιο της αποκομμίωσης επιλέγουμε την μέθοδο του «*acid degumming*», όπου δεν προσθέτουμε νερό παρά μόνο διάλυμα φωσφορικού οξέος, αφού το ηλιέλαιο έχει μικρό ποσοστό φωσφολιπιδίων καθώς και μικρή ποσότητα λεκιθίνης.

### 3. Πλακοειδής Εναλλάκτης



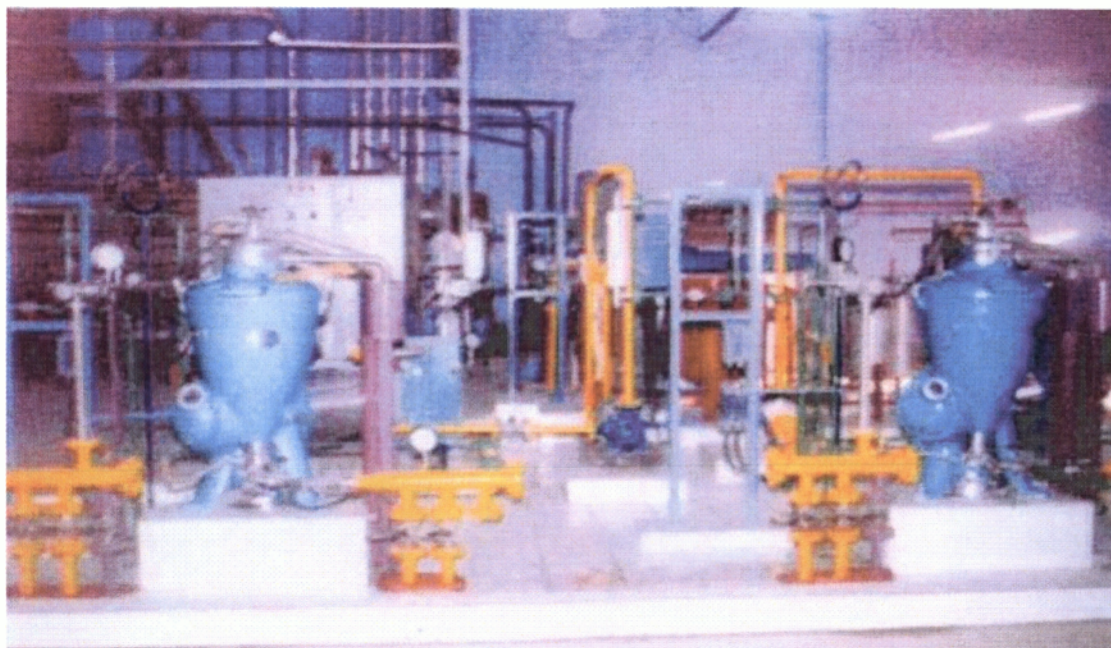
Εικό

να 3.2: Πλακοειδείς εναλλάκτες θερμότητας σε λειτουργία

Πηγή: [www.alfalaval.com](http://www.alfalaval.com)

Το λάδι θερμαίνεται σε πλακοειδή εναλλάκτη για να διευκολυνθεί το στάδιο της αποκομμίωσης το οποίο απαιτεί θερμοκρασία άνω των 75°C.

#### 4. Στατικός Αναμείκτης



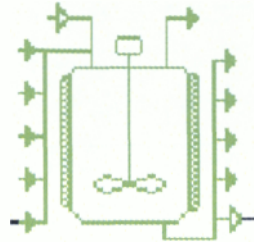
Εικόνα 3.3: Αναμείκτες για το στάδιο της εξουδετέρωσης με τη μέθοδο short mix

Πηγή: [www.isolutionsuk.com](http://www.isolutionsuk.com)

Το ηλιέλαιο εισέρχεται στο στατικό αναμείκτη και αναδεύεται για 15min. Προστίθεται οξύ δοσομετρικά για συγκεκριμένες ποσότητες ελαίου που επεξεργαζόμαστε. Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι:

- ✓ δεν αυξάνεται η θερμοκρασία σε υψηλά επίπεδα
- ✓ δεν προστίθεται νερό όπως γίνεται συνήθως

## 5. Δεξαμενή Αποκομμίωσης



Το μίγμα ηλιελαίου- οξέος αναδεύεται στην δεξαμενή αποκομμίωσης ώστε να ενυδατωθούν τα φωσφολιπίδια. Με τον τρόπο αυτό το έλαιο προστατεύεται τόσο από την οξείδωση όσο και από την υδρόλυση. Χωρίς να παρεμβάλλεται φυγοκέντρηση για διαχωρισμό των κόμμεων και των άλλων φάσεων, το έλαιο οδηγείται στο στάδιο της εξουδετέρωσης (Segers, 1990, O'Brien, 2004, Davidson et al., 1996).



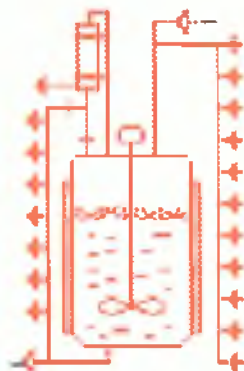
## ΣΤΑΔΙΟ ΕΞΟΥΔΕΤΕΡΩΣΗΣ

### 6. Στατικός Αναμείκτης II



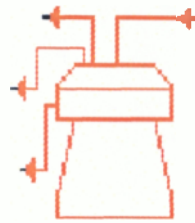
Το μίγμα οδηγείται σε στατικό αναμείκτη για 15s και προστίθεται διάλυμα καυστικού νατρίου 18%, λόγω της εξευγενιστικής του δράσης και του χαμηλού του κόστους για την εξουδετέρωση των ελεύθερων λιπαρών οξέων και του οξέος που χρησιμοποιήθηκε στο στάδιο της αποκομμίωσης.

### 7. Δεξαμενή Εξουδετέρωσης



Το μίγμα παραμένει στην δεξαμενή μέχρι να ολοκληρωθεί η διαδικασία εξουδετέρωσης.

## 8. Φυγοκεντρικός Διαυγαστής



Εικόνα 3.4: Αυτοκαθαριζόμενοι φυγόκεντροι σε λειτουργία

Πηγή: [www.desmet.com](http://www.desmet.com)

Έπειτα, φυγοκεντρείται σε αυτοκαθαριζόμενο φυγόκεντρικό διαυγαστή δίσκων αλλά δεν ακολουθεί το στάδιο του πλυσίματος και της ξήρανσης. Ο λόγος είναι ότι στο στάδιο της αποκήρωσης πρέπει να παραμείνει ένα ποσοστό σαπώνων, οι οποίοι θα δράσουν ως τασιενεργές ουσίες.

Ο φυγόκεντρος διαυγαστής είναι σχεδιασμένος έτσι ώστε να διαχωρίζει το λάδι και τους σχηματιζόμενους σάπωνες, σε υγρά απόβλητα και λάδι με υπολείμματα σαπώνων.

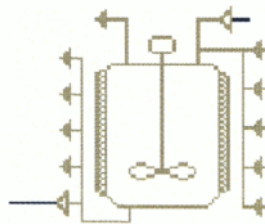
## ΣΤΑΔΙΟ ΑΠΟΚΗΡΩΣΗΣ

### 9. Ψύκτης



Κατά την αποκήρωση, το εξουδετερωμένο λάδι ψύχεται σε ψύκτες και εισέρχεται σε κρυσταλλωτήρες.

### 10. Δεξαμενή Κρυστάλλωσης



Εικόνα 3.5: Δεξαμενές κρυστάλλωσης

Πηγή: [www.isolutionsuk.com](http://www.isolutionsuk.com)

Το λάδι αναδεύεται ήπια υπό χαμηλή θερμοκρασία (στους 8°C, αφού κατά O'Brien (2004) βέλτιστη θερμοκρασία δημιουργίας β-κρυστάλλων των κηρών είναι 4,4-10°C) για 4h για τη δημιουργία κρυστάλλων από τους κηρούς που περιέχονται στο έλαιο. Στα στερεά συγκεντρώνονται οι κρύσταλλοι που

ενυδατώθηκαν και δεσμεύτηκαν μαζί με τα υπολείμματα σαπουνιού από την εξουδετέρωση (O'Brien, 2004, Davidson et al., 1996).

### **11. Φυγόκεντρος Αντλία II**



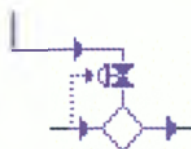
Το λάδι οδηγείται σε πλακοειδή εναλλάκτη για θέρμανση με τη βοήθεια φυγοκεντρικής αντλίας.

### **12. Πλακοειδής Εναλλάκτης II**



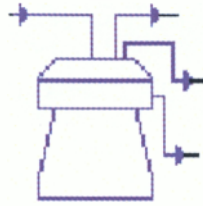
Το λάδι θερμαίνεται σε πλακοειδή εναλλάκτη.

### **13. Στατικός Αναμείκτης III**



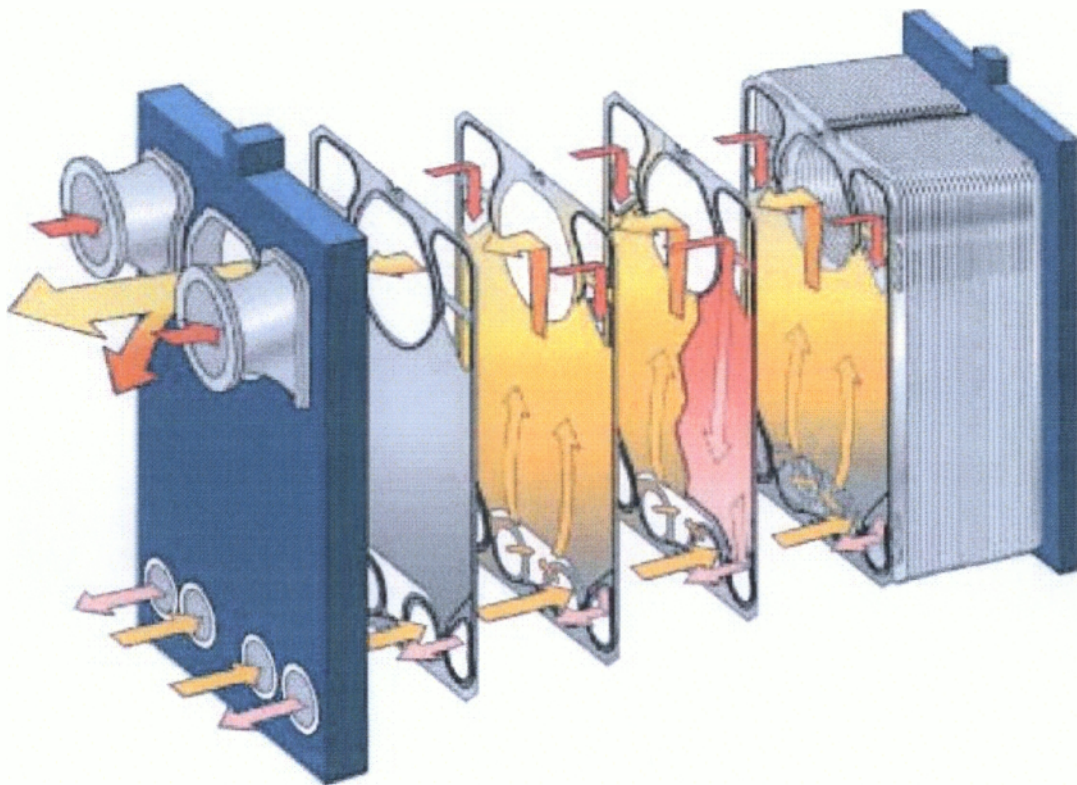
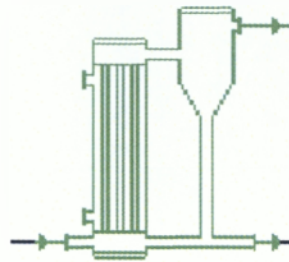
Προστίθεται δοσομετρικά νερό πλύσης 4,1% για την απομάκρυνση των υπολειμμάτων σαπουνιών και των δημιουργούμενων κρυστάλλων.

#### 14. Φυγοκεντρικός Διαυγαστής II



Κατά τη διαύγαση απομακρύνονται κηροί, κόμματα και υπολείμματα σαπουνιών. Τα ποσοστά απομάκρυνσης των συστατικών αποτελούν παραδοχή.

15. Πλακοειδής Εξατμιστήρας



Εικόνα 3.6: Κατατομές πλακοειδή εξατμιστήρα

Πηγή: [www.alfalaval.com](http://www.alfalaval.com)

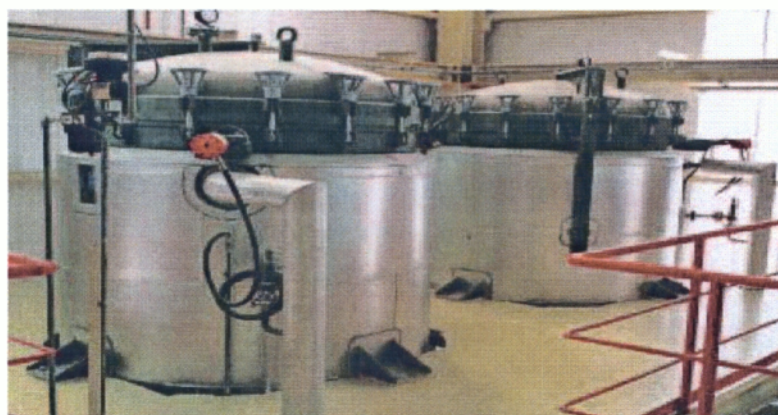
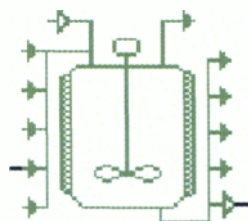
Πριν το στάδιο του αποχρωματισμού το λάδι πρέπει να απασερωθεί και να ξηραθεί σε έναν εξατμιστή εκτόνωσης (flash evaporator) υπό ελαττωμένη πίεση (50mbar) ενώ η θερμοκρασία του λαδιού κατά την έξοδο του από τον εξατμιστή θα είναι 70°C (De Greyt and Kellens, 2000).

## 16. Στατικός Αναμείκτης IV



Στη συνέχεια, το λάδι αναμιγνύεται με την αποχρωστική γη η οποία βρίσκεται σε σιλό και προστίθεται με τροφοδότη Venturi, που είναι κατάλληλος για συστήματα χαμηλής πίεσης (Brennan *et al.*, 1976). Η Tonsil θα χρησιμοποιηθεί ως αποχρωστική γη διότι έχει την ικανότητα να δρα και ως προσροφητικό μέσο, που θα απομακρύνει τις ανεπιθύμητες ουσίες που υπάρχουν στο λάδι, και αποτελεί βοηθητική ουσία για να επιτευχθεί η διήθηση με γρήγορο ρυθμό<sup>Διαδ.12</sup>.

## 17. Δεξαμενή Αποχρωματισμού



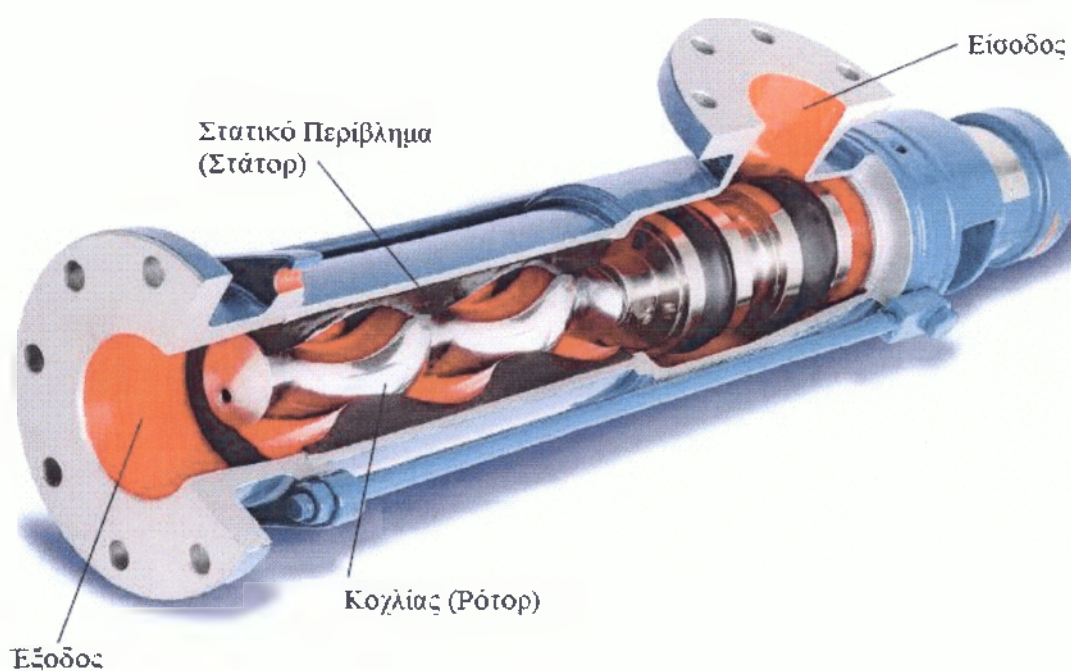
Εικόνα 3.7: Δεξαμενές αποχρωματισμού

Πηγή: [www.thyssenkrupp-elastomertechnik.com](http://www.thyssenkrupp-elastomertechnik.com)

<sup>Διαδ. 12</sup> [www.kelleherequipment.com](http://www.kelleherequipment.com)

Στη συνέχεια, το αιώρημα Tonsil-λαδιού οδηγείται στη δεξαμενή αποχρωματισμού η οποία λειτουργεί υπό κενό και η θερμοκρασία στην οποία επιτυγχάνεται ο αποχρωματισμός είναι 80°C ενώ ο χρόνος που παραμένει το αιώρημα στη δεξαμενή αυτή είναι 15-20min.

### 18. Αντλία Μονο



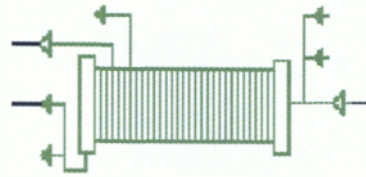
**Εικόνα 3.8: Κατατομή αντλίας μονο**

Πηγή: [www.yorkfluid.com](http://www.yorkfluid.com)

Λόγω του υψηλού ιξώδους του μίγματος λαδιού-tonsil χρησιμοποιείται αντλία μονο για τη μεταφορά του στα φίλτρα με φύλλα.



## 19. Φίλτρα με Φύλλα

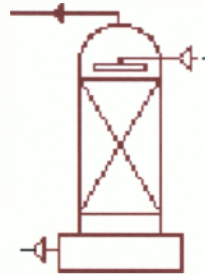


Εικόνα 3.9: Κάθετο φίλτρο με φύλλα σε λειτουργία

Πηγή: [www.samcotech.com](http://www.samcotech.com)

Έπειτα, το αιώρημα οδηγείται για διήθηση σε δύο φίλτρα με φύλλα (leaf filters) τα οποία λειτουργούν εναλλακτικά και προτιμούνται από τις φιλτρόπρεσες, επειδή καθαρίζονται πιο εύκολα και κοστίζουν λιγότερο (O'Brien, 1998).

1. Αποσμητής

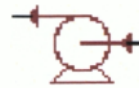


Εικόνα 3.10: Αποσμητής

Πηγή: [www.alfalaval.com](http://www.alfalaval.com), *Stripping Column*

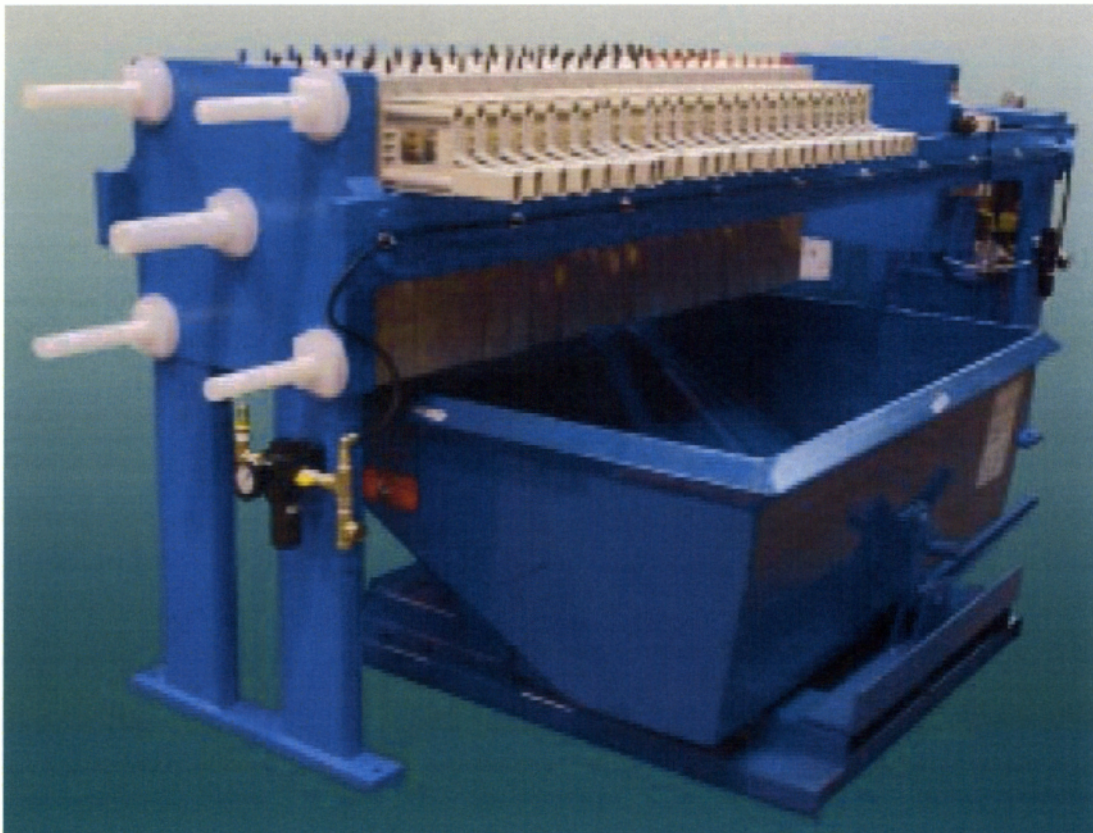
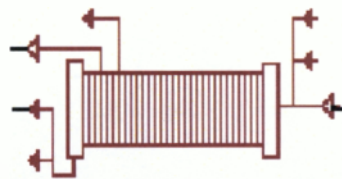
Με εφαρμογή κενού και υψηλή θερμοκρασία σε ειδικούς πύργους απόσταξης, γίνεται η απομάκρυνση των πτητικών αρωματικών ουσιών

## 2. Αντλία Μοηνο II



Το λάδι μεταφέρεται μέσω αντλίας Μοηνο στη φιλτρόπρεσσα για να λαμπικαριστεί.

## 3. Φιλτρόπρεσσα



Εικόνα 3.11: Φιλτρόπρεσσα

Πηγή: [www.samcotech.com](http://www.samcotech.com)

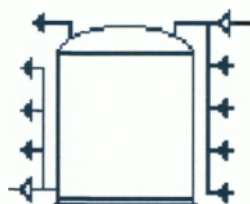
Ακολουθεί μείωση επίσης της θερμοκρασίας κάτω των 90°C και λαμπκάρισμα με χρήση φιλτρόπρεσων από φύλλα βαμβακιού (Dickenson, 1997). Στη φιλτρόπρεσσα επίσης απομακρύνονται τυχόν υπολείμματα αποχρωστικής γης που υπάρχουν στο λάδι.

#### 4. Ψύκτης II

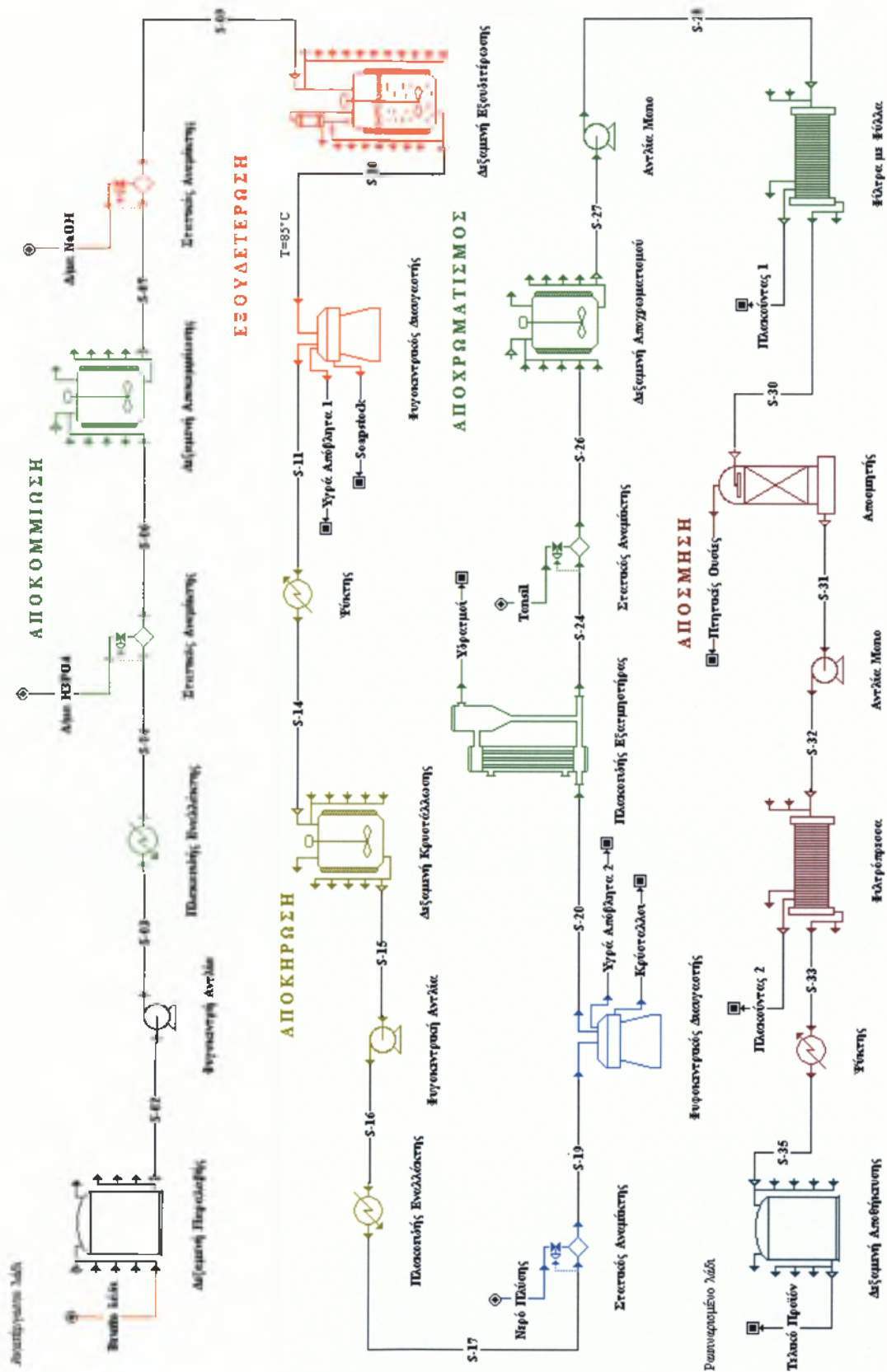


Το λάδι ψύχεται σε πλακοειδή εναλλάκτη στους 20-30°C και έπειτα αποθηκεύεται.

#### 5. Δεξαμενή Αποθήκευσης



Το λάδι αποθηκεύεται και απομακρύνεται από τη μονάδα κάθε 24 ώρες.



Σχήμα 3.1: Διάγραμμα ροής παραγωγής ραφινρισμένου ηλιέλαιου

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

## ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ



- *Χαρακτηρισμός Αποβλήτων*
- *Ποιοτικά & Ποσοτικά Χαρακτηριστικά Αποβλήτων*
- *Στάδια Επεξεργασίας Αποβλήτων*

#### 4.1 Επεξεργασία Αποβλήτων

Ο χαρακτηρισμός και ο προσδιορισμός των αποβλήτων μίας βιομηχανίας εξευγενισμού ακατέργαστου ηλιελαίου χρήζει μεγάλης οικονομικής και περιβαλλοντικής σημασίας. Η οικονομική σημασία οφείλεται στις απώλειες που υπάρχουν κατά τα στάδια της επεξεργασίας και οι οποίες καταλήγουν αναπόφευκτα στα απόβλητα και τέλος στο κόστος επεξεργασίας των αποβλήτων αυτών. Η περιβαλλοντολογική σημασία έγκειται στις συνέπειες που θα υπήρχαν αν δεν απαλλάσσαμε τα απόβλητα από τα συστατικά που τα επιβαρύνουν οι οποίες θα ήταν μεγάλες. Πιο συγκεκριμένα αν απόβλητα ανεπαρκώς επεξεργασμένα κατέληγαν σε έναν αποδέκτη τότε θα αναπτύσσονταν συνθήκες ευτροφισμού με αποτέλεσμα την μεγάλη κατανάλωση του διαλυτού οξυγόνου που θα είχε παραπέρα σαν αποτέλεσμα την εξέλιξη αναερόβιων ζυμώσεων με παραγωγή δυσάρεστων οσμών. Επιπλέον η ισορροπία του οικοσυστήματος του αποδέκτη θα διαταράσσονταν σημαντικά. Για να το αποφύγουμε αυτό θα πρέπει να προχωρήσουμε στην επεξεργασία των αποβλήτων σε τέτοιο βαθμό ώστε αυτά να είναι ποιοτικώς κατάλληλα για διάθεση σε έναν φυσικό αποδέκτη (ποτάμι, κανάλι, θαλάσσια περιοχή) (Cheremisinoff, 2002).

Ο υπολογισμός των παραγόμενων αποβλήτων είναι μια δύσκολη διαδικασία διότι η παροχή αποβλήτων παρουσιάζει μεγάλες αποκλίσεις κατά τη διάρκεια της ημέρας. Οι αποκλίσεις κατά τη διάρκεια της ημέρας οφείλονται στις διαδικασίες πλυσίματος των συσκευών (CIP, COP) μεταξύ των κύκλων επεξεργασίας όπου και παράγεται μεγάλος όγκος αποβλήτων. Παρόλα αυτά προσπαθώντας να υπολογιστεί η αναμενόμενη ποσότητα αποβλήτων κάποιες μελέτες κατάφεραν να προσδιορίσουν την ποσότητα των αποβλήτων ανά ποσότητα επεξεργαζόμενου προϊόντος. Οι μελέτες κατέληξαν σε 0,5-0,8 m<sup>3</sup> αποβλήτων/ton επεξεργασμένου λαδιού<sup>Διαδ.13</sup>.

Χρήσιμο είναι να προσδιοριστεί η πηγή των παραγόμενων αποβλήτων. Τα υγρά απόβλητα μιας βιομηχανίας ηλιελαίου προέρχονται κυρίως από:

---

<sup>Διαδ.13</sup> [www.etpi.com](http://www.etpi.com)

- τα στάδια επεξεργασίας του λαδιού και συγκεκριμένα από τις διεργασίες που ακολουθούν τα στάδια κατά την παραγωγή ραφιναρισμένου ηλιελαίου,
- το νερό ψύξης,
- τα συμπυκνώματα ατμού
- το πλύσιμο και καθάρισμα των δεξαμενών, των σωληνώσεων και των υπόλοιπων συσκευών που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή εδώδιμου ελαίου.

Πιο συγκεκριμένα, απόβλητα παράγονται κατά το φυγοκεντρικό διαχωρισμό του λαδιού που ακολουθεί τη δεξαμενή εξουδετέρωσης. Απόβλητα παράγονται επίσης κατά τη δεύτερη φυγοκέντρωση η οποία γίνεται για την απομάκρυνση των κηρών. Μία ακόμη πηγή αποβλήτων είναι ο καθαρισμός του διηθητικού μέσου στη φιλτρόπρεσσα χρησιμοποιώντας NaOH, νερό ή ατμό.

Εκτός από τα υγρά απόβλητα που προαναφέρθηκαν, σε μια βιομηχανία παραγωγής εδώδιμου ηλιελαίου παράγονται και στερεά απόβλητα. Τα στερεά προέρχονται κυρίως από την αποχρωστική γη, τα φιλτρόχαρτα, τα κεριά και τη δημιουργούμενη σαπουνόπαστα.



## 4.2 Ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων αντιστοιχούν στις φυσικές, χημικές και βιολογικές παραμέτρους. Τα βασικά φυσικά χαρακτηριστικά των αποβλήτων είναι:

- ❖ τα περιεχόμενα στερεά
- ❖ το χρώμα
- ❖ η οσμή
- ❖ θερμοκρασία.

Τα ολικά στερεά που περιέχονται στα υγρά απόβλητα αποτελούνται από αδιάλυτα ή αιωρούμενα στερεά (*TSS, Total Suspended Solids*) και από διαλυτές ενώσεις που βρίσκονται διαλυμένες στο νερό (*TDS, Total Dissolved Solids*). Το χρώμα αποτελεί χαρακτηριστικό της ποιότητας των αποβλήτων και χρησιμοποιείται για να εκτιμηθεί η γενική κατάσταση των αποβλήτων. Η οσμή των φρέσκων λυμάτων συνήθως δεν είναι ενοχλητική, καθώς όμως αυτά αποσυντίθενται βιολογικά κάτω από αναερόβιες συνθήκες, ελευθερώνονται ενώσεις που έχουν διάφορες οσμές. Για το λόγο αυτό ο σχεδιασμός των εγκαταστάσεων βιολογικού καθαρισμού πρέπει να είναι κατάλληλος προκειμένου να αποφευχθούν οι συνθήκες που θα επιτρέψουν την ανάπτυξη οσμών. Η μέτρηση της θερμοκρασίας είναι σημαντική διότι τα περισσότερα προγράμματα επεξεργασίας αποβλήτων περιλαμβάνουν βιολογικές διεργασίες που εξαρτώνται από τη θερμοκρασία (*Τσόγκας, 1998*).

Οι βασικές μετρήσεις που χρησιμοποιούνται για να χαρακτηριστεί η οργανική ύλη στα απόβλητα περιλαμβάνουν το BOD<sub>5</sub> (Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο σε 5 ημέρες και θερμοκρασία 20°C), το COD (Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο), το TOC (συνολικός οργανικός άνθρακας). Το BOD<sub>5</sub> είναι η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη παράμετρος για τον προσδιορισμό του οργανικού φορτίου και των σχετικών απαιτήσεων σε οξυγόνο των βιομηχανικών αποβλήτων πριν και μετά την επεξεργασία. Η μέτρηση του COD χρησιμοποιείται για να μετρηθεί το οξυγόνο που αντιστοιχεί στην οργανική ύλη του περιέχεται στα απόβλητα, η οποία μπορεί να οξειδωθεί χημικά. Άλλες μετρήσεις π.χ. φώσφορος, χλώριο, άζωτο, αλκαλικότητα, pH πραγματοποιούνται

προκειμένου να εκτιμηθεί η καταλληλότητα για επαναχρησιμοποίηση του νερού που υπέστη επεξεργασία (Τσόγκας, 1998).

Παράμετρος	Περιοχή Τιμών
pH	11-12
Θερμοκρασία	40-50 C <sup>o</sup>
BOD5	450-700mg/l
COD	1300-2100mg/l
TSS	2000-16500mg/l
TDS	3000-20000mg/l
Λάδι και λιπαρές ουσίες	100-180mg/l
Χλώριο	1525-3300mg/l
Αγωγιμότητα	30-1400ms/cm
Ολική αλκαλικότητα	6000-22200mg/l

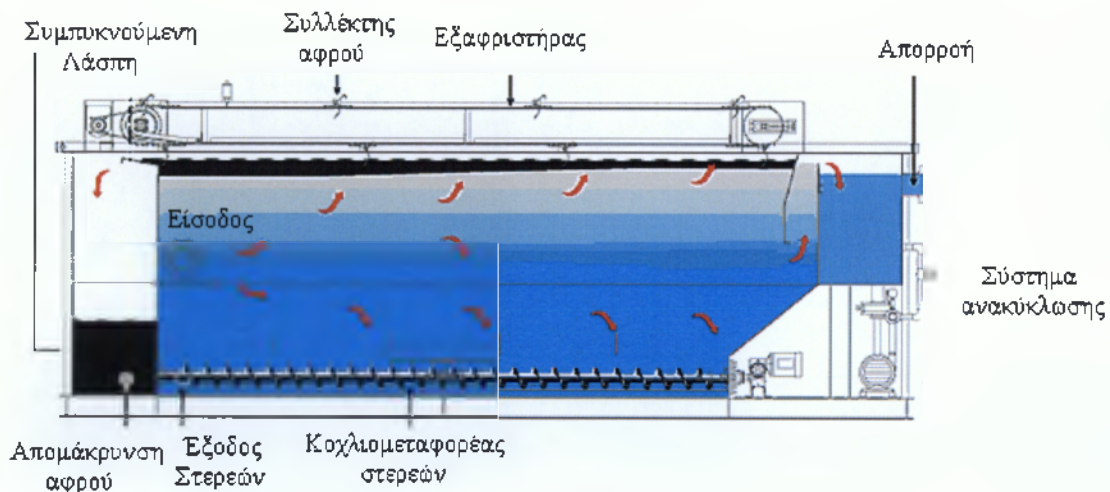
**Πίνακα 4.1: Περιοχές τιμών των ποιοτικών χαρακτηριστικών που περιγράφουν τα απόβλητα των βιομηχανιών ηλιελαίου**

Πηγή: [www.etpi.com](http://www.etpi.com)

## 4.3 Στάδια επεξεργασίας αποβλήτων

### 4.3.1 Πρωτοβάθμια Επεξεργασία

Η επίπλευση χρησιμοποιείται στην επεξεργασία βιομηχανικών αποβλήτων για την απομάκρυνση στερεών, λαδιού και διαφόρων συστατικών που περιέχονται στο λάδι και οδηγούνται στα υγρά απόβλητα (Cheremisinoff, 2002). Κατά την επίπλευση εισάγονται λεπτές φυσαλίδες αέρα στα απόβλητα οι οποίες προσκολλώνται στα αιωρούμενα σωματίδια με αποτέλεσμα να δημιουργούν άνωση και να βοηθούν την άνοδο των σωματιδίων αυτών στην επιφάνεια (Μαρκαντωνάτος, 1986).



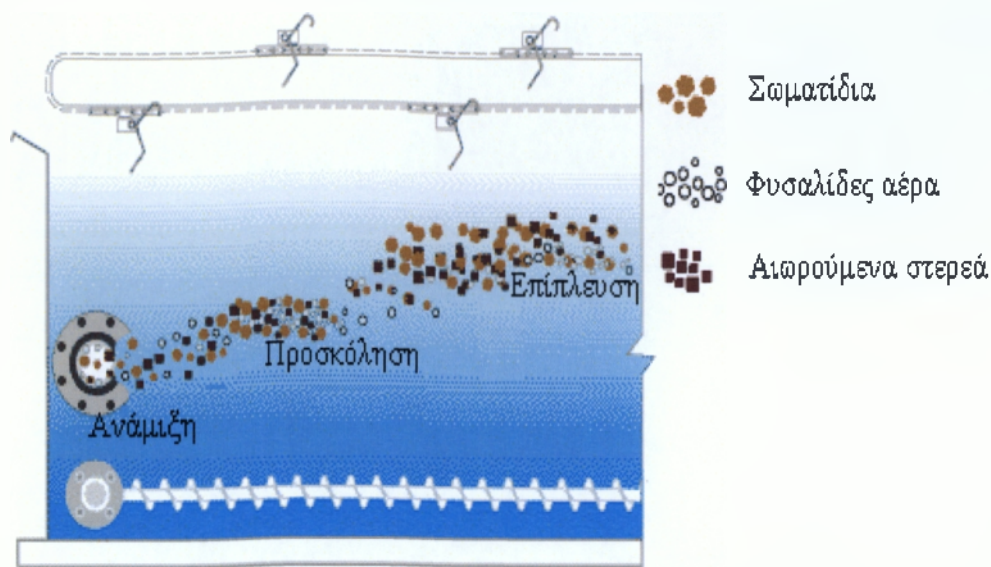
Σχήμα 4.1: Αναπαράσταση λειτουργίας δεξαμενής επίπλευσης

Πηγή: [www.elliscorp.com](http://www.elliscorp.com)

Η επίπλευση μπορεί να επιτευχθεί με τρεις τρόπους:

- ✓ επίπλευση αέρα
- ✓ επίπλευση διαλυμένου αέρα
- ✓ επίπλευση κενού

Στην παρούσα εργασία η μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί είναι η επίπλευση διαλυμένου αέρα. Κατά τη μέθοδο αυτή ο υπό πίεση ατμοσφαιρικός αέρας διαλύεται στα υγρά απόβλητα ενώ στη συνέχεια η πίεση διακόπτεται με αποτέλεσμα ο πρόσθετος διαλυμένος αέρας να ελευθερωθεί με τη μορφή φυσαλίδων (Μαρκαντωνάτος, 1986).



Σχήμα 4.2: Δεξαμενή επίπλευσης

Πηγή: [www.elliscorp.com](http://www.elliscorp.com)

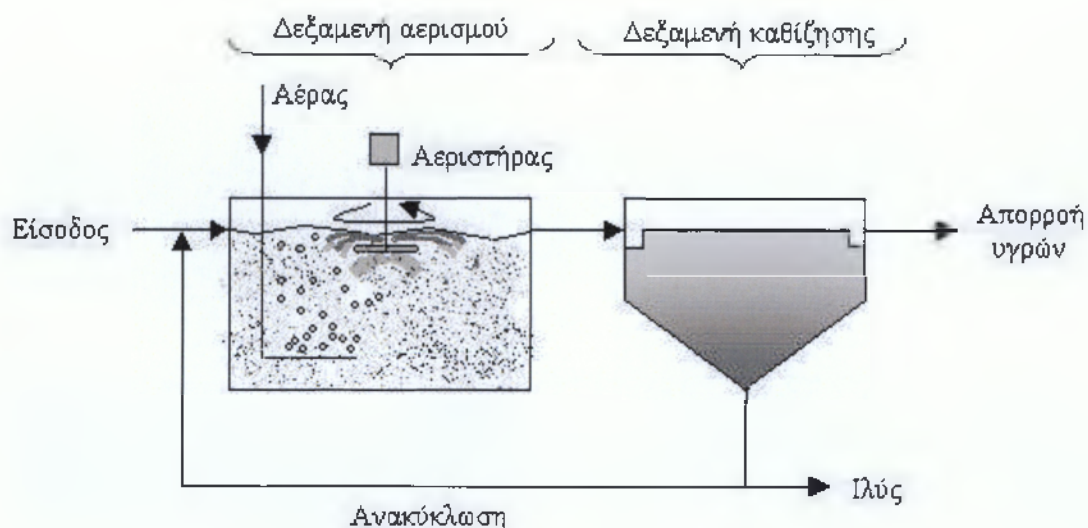
#### 4.3.2 Δευτεροβάθμια επεξεργασία

Κατά τη δευτεροβάθμια επεξεργασία απομακρύνονται οι οργανικές ουσίες με βιολογικές διεργασίες όπου χρησιμοποιούνται μικροοργανισμοί οι οποίοι αναπτύσσονται σε όλη τη μάζα των υγρών αποβλήτων και καταναλώνουν τις ουσίες αυτές σύμφωνα με την αντίδραση:



Οι μικροοργανισμοί μετά το στάδιο αυτό απομακρύνονται με κατακάθιση. Στην περίπτωση των βιομηχανιών ελαίου οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στη δευτεροβάθμια επεξεργασία είναι οι αεριζόμενες λίμνες ή το σύστημα της ενεργού ιλύος. Το σύστημα της ενεργού ιλύος περιλαμβάνει μία ανοιχτή δεξαμενή αερισμού και δεξαμενή δευτεροβάθμιας καθίζησης.

Η δεξαμενή αερισμού είναι εφοδιασμένη με ένα σύστημα αερισμού το οποίο έχει ως σκοπό τη συνεχή παροχή οξυγόνου στον όγκο των λυμάτων για τη διατήρηση του διαλυτού οξυγόνου σε υψηλά επίπεδα καθώς και την ανάδευση των λυμάτων ώστε οι μικροοργανισμοί να βρίσκονται σε αιώρηση και να μην καθιζάνουν στον πυθμένα. Στη δεξαμενή αυτή γίνεται η ανάπτυξη των μικροοργανισμών γιατί υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες, θρεπτικό υλικό και οξυγόνο (Cheremisinoff , 2002).



Σχήμα 4.3: Στάδιο δευτεροβάθμιας επεξεργασίας

Πηγή: [www.or-tec.com](http://www.or-tec.com)

Στις δεξαμενές αερισμού έχουμε έντονη ανάπτυξη μικροοργανισμών οι οποίοι βρίσκονται σε αιώρηση μέσα στον όγκο των λυμάτων τα οποία στο τέλος είναι απαλλαγμένα από το οργανικό τους φορτίο και θα πρέπει να αφαιρεθούν και οι μικροοργανισμοί. Αυτό επιτυγχάνεται με τη μεταφορά των λυμάτων σε δεξαμενές καθίζησης. Στις δεξαμενές αυτές, οι οποίες έχουν κωνικό πυθμένα, οδηγούνται τα λύματα με σταθερή παροχή και απομακρύνονται οι μικροοργανισμοί οι οποίοι καθιζάνουν στο κάτω μέρος με τη μορφή λάσπης (ενεργός ιλύς). Η παροχή εισόδου των λυμάτων είναι τέτοια ώστε αυτά να

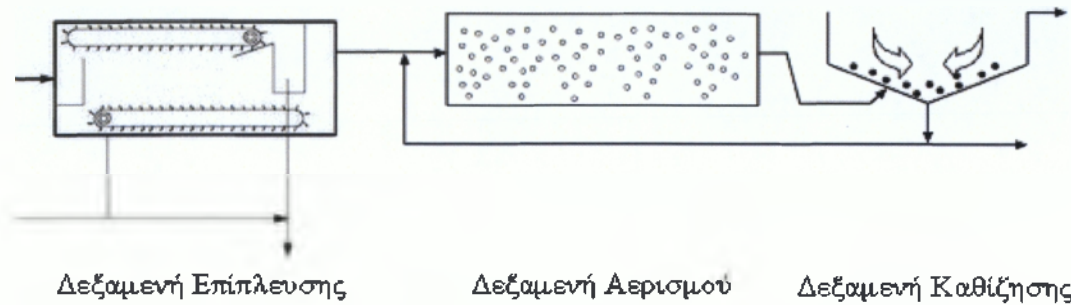
παραμένουν για τόσο χρονικό διάστημα ώστε να προλαβαίνουν να καθιζάνουν οι μικροοργανισμοί. Στην περιφέρεια της δεξαμενής αυτής υπάρχει μια υπερχειλίση από την οποία απομακρύνεται το διαυγασμένο νερό.

Επίσης η δεξαμενή είναι εφοδιασμένη με ένα μηχανικό σύστημα που αποτελείται από μια περιστρεφόμενη γέφυρα πάνω στην οποία είναι στερεωμένο ένα ξέστρο το οποίο παρασύρει την λάσπη προς το κέντρο του πυθμένα από τον οποίο και απομακρύνεται με τη βοήθεια μίας αντλίας. Τα διαυγή πλέον λύματα είναι απαλλαγμένα από το προβλεπόμενο BOD5 και αφού απολυμανθούν διατίθενται στον τελικό αποδέκτη. Η λάσπη όμως που προκύπτει είναι απαραίτητη για τη λειτουργία του βιοαντιδραστήρα και ένα μέρος αυτής επιστρέφει στην δεξαμενή εξισορρόπησης ώστε να δώσει το βασικό μικροβιακό φορτίο που είναι απαραίτητο για την λειτουργία της (*Cheremisinoff, 1996*).

Η ιλύς πριν επαναπροστεθεί στην δεξαμενή αερισμού περνά από ένα σημείο ελέγχου όπου γίνεται ένα τεστ καταβύθισης σύμφωνα με το οποίο επανακυκλοφορεί στην δεξαμενή ή περνά στην φάση επεξεργασίας της ιλύος και τελικά απορρίπτεται. Ο λόγος επανακυκλοφορίας (R) καθορίζει την ποσότητα της λάσπης που επιστρέφει στην δεξαμενή αερισμού σε σχέση με την παροχή εισόδου των αποβλήτων που τροφοδοτούνται στην ίδια δεξαμενή είναι:  $R=QR/Q$ . Στην μέθοδο αυτή της ενεργού ιλύος, η παραγωγή σε λάσπη είναι σχετικά μικρή γιατί η ηλικία της λάσπης στην δεξαμενή αερισμού είναι μεγάλη και γιατί ο λόγος επανακυκλοφορίας είναι σχετικά μεγάλος (περίπου ένα) (*Cheremisinoff, 2002*).

### 4.3.3 Διάγραμμα ροής βιολογικού καθαρισμού

Η συγκέντρωση του BOD5 που απομακρύνεται στη δεξαμενή επίπλευσης είναι 35% και η συγκέντρωση των ολικών στερεών 65% (www.etpi.com) ενώ στο τέλος της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας το BOD5 ισούται με 20mg/l.



**Σχήμα 4.4: Διάγραμμα ροής βιολογικού καθαρισμού απόνερων βιομηχανικής μονάδας εξευγενισμού ηλιελαίου**

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

## ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ



➤ *Χρόνος Παραγωγής*

➤ *Υπολογισμός Κόστους Παραγωγής*



## 5.1 ΧΡΟΝΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Σύμφωνα με τα ιστορικά στοιχεία του εργοστασίου, οι ωφέλιμες παραγωγικές ημέρες ανέρχονται σε 300 ετησίως. Η παραγωγική μονάδα απασχολεί 3 βάρδιες ημερησίως, δηλαδή το εργοστάσιο δουλεύει 24 ώρες το 24ωρο. Παράγει 34.153.712 κιλά ραφηναρισμένου ηλιελαίου ετησίως. Η ημερήσια παραγωγή ηλιελαίου θα δίνεται από τον τύπο:

$$\text{Ημερήσια Παραγωγή Ηλιελαίου} = \frac{34.153.712}{300} = 113.846 \text{ κιλά / ημέρα.}$$

Δεδομένου ότι η παραγωγή εξελίσσεται όλο το 24ωρο, η ωριαία παραγωγή ηλιελαίου θα δίνεται από τον τύπο:

$$\text{Ωριαία Παραγωγή Ηλιελαίου} = \frac{113.846}{24} = 4.744 \text{ κιλά / ώρα.}$$

Ο χρόνος παραγωγής του ενός κιλού ραφηναρισμένου ηλιελαίου υπολογίζεται ως εξής:

$$\text{Παραγωγή 1 κιλού} = \frac{60}{4.744} = 0,75 \text{ sec/ κιλό.}$$

## 5.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

### 5.2.1 ΑΜΕΣΟ ΚΟΣΤΟΣ

**Άμεσο Κόστος** είναι εκείνο που επιβαρύνει απευθείας τη μονάδα παραγωγής ραφηναρισμένου ηλιελαίου και περιλαμβάνει το Κόστος των Άμεσων Υλικών, το Κόστος της Άμεσης Εργασίας και τις Άμεσες Δαπάνες. Άρα, το Σύνολο του Άμεσου Κόστους θα προέλθει από τον τύπο:

**Άμεσο Κόστος = Πρώτες Ύλες + Άμεση Εργασία + Άμεσες Δαπάνες**

#### 5.2.1.1 Κόστος Άμεσων Υλικών

Τα αναλώσιμα υλικά που απαιτούνται για την λειτουργία της μονάδας παραγωγής ραφηναρισμένου ηλιελαίου διακρίνονται στα εξής:

- Δ/μα H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (Φωσφορικό οξύ)
- Δ/μα NaOH (Καυστικό Νάτριο)
- Tonsil (Αποχρωστική γη)
- Brutto (Ακατέργαστο ηλιέλαιο)
- Νερό Πλύσης

Το κόστος των πρώτων υλών ανά κιλό δίνεται από τον παρακάτω πίνακα:

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.1 ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ**

ΕΙΔΟΣ	ΤΙΜΗ / Kg
Δ/μα H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (Φωσφορικό οξύ)	0,111€
Δ/μα NaOH (Καυστικό Νάτριο)	0,000€
Tonsil (Αποχρωστική γη)	0,15€
Brutto (Ακατέργαστο ηλιέλαιο)	0,44€
Νερό Πλύσης	0,001€
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΚΟΣΤΟΥΣ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ</b>	<b>0,702€</b>

### 5.2.1.2 Κόστος Άμεσης Εργασίας

Το Κόστος της Άμεσης Εργασίας της μονάδος παραγωγής ραφηναρισμένου ηλιελαίου αφορά τους μισθούς του προσωπικού της. Συγκεκριμένα, περιλαμβάνει τις αμοιβές τεσσάρων εργατών ανά βάρδια (Πρακτικός Μηχανικός, Ραφηναριστής, βοηθός Ραφηναριστή, Ηλεκτροτεχνίτης).

Ο τρόπος με τον οποίον διαμορφώνονται οι άμεσες αμοιβές του προσωπικού δίνεται από τον πίνακα που ακολουθεί.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.2 ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΑΜΕΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

<b>ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ</b>	<b>ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΤΑΚΤΙΚΕΣ ΜΙΚΤΕΣ ΑΠΟΔΟΧΕΣ</b>	<b>ΕΤΗΣΙΕΣ ΤΑΚΤΙΚΕΣ ΜΙΚΤΕΣ ΑΠΟΔΟΧΕΣ</b>
<b>Πρακτικός Μηχανικός</b>	<b>3.374 €</b>	<b>47.240€</b>
<b>Ραφηναριστής</b>	<b>4.310 €</b>	<b>60.340€</b>
<b>βοηθός Ραφηναριστή</b>	<b>3.980€</b>	<b>55.720€</b>
<b>Ηλεκτροτεχνίτης</b>	<b>3.850€</b>	<b>53.900€</b>
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΑΜΕΣΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	<b>15.514€</b>	<b>218.000€</b>

Το Συνολικό Κόστος της Άμεσης Εργασίας λοιπόν, είναι 15.514€ μηνιαίως. Στις παραπάνω τιμές δεν περιλαμβάνονται επιδόματα (αργιών, ανθυγιεινής ή επικίνδυνης εργασίας, γάμου, τέκνων κ.α.) και άδειες (ετήσιες, γάμου κ.α.).

Από τα στοιχεία της παραγωγής δίνεται ότι στο έτος παράγονται 34.153.712 Kg ηλιελαίου. Συνεπώς, το Κόστος της Άμεσης Εργασίας ανά κιλό δίνεται από τον τύπο:

$$\text{Κόστος Άμεσης Εργασίας ανά κιλό} = \frac{218.000}{34.153.712} = 0,006\text{€ / κιλό.}$$

### 5.2.1.3 Κόστος Άμεσων Δαπανών

Οι **Άμεσες Δαπάνες** για την μονάδα παραγωγής ραφηναρισμένου ηλιελαίου αφορούν κυρίως στις δαπάνες επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων και στην ανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας.

Ο τρόπος με τον οποίον διαμορφώνεται το κόστος επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων και της ανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας ετησίως δίνεται από τον πίνακα που ακολουθεί.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.3 ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΑΜΕΣΩΝ ΔΑΠΑΝΩΝ**

ΕΙΔΟΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΚΟΣΤΟΣ
Υγρά Απόβλητα	3.761.913 Kg	71.000€
Ηλεκτρική Ενέργεια	452.278 kWh	26.000€
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΜΕΣΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ</b>		<b>97.000€</b>

Από τα στοιχεία της παραγωγής δίνεται ότι στο έτος παράγονται 34.153.712 Kg ηλιελαίου. Συνεπώς, το Κόστος των Άμεσων Δαπανών ανά κιλό δίνεται από τον τύπο:

$$\text{Κόστος Άμεσων Δαπανών ανά κιλό} = \frac{97.000}{34.153.712} = 0,003\text{€ / κιλό.}$$

## 5.2.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΜΕΣΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ

Το άθροισμα του Κόστους των Άμεσων Υλικών, του Κόστους της Άμεσης Εργασίας και του Κόστους των Άμεσων Δαπανών, αποτελεί το **Άμεσο Κόστος**.

Συνεπώς, το Άμεσο Κόστος ανά κιλό, δίνεται από τον παρακάτω πίνακα:

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.4 ΑΜΕΣΟ ΚΟΣΤΟΣ ΑΝΑ ΚΙΛΟ**

ΕΙΔΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ	ΚΟΣΤΟΣ / Kg
Κόστος Άμεσων Υλικών	0,702€
Κόστος Άμεσης Εργασίας	0,006€
Κόστος Άμεσων Δαπανών	0,003€
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΑΜΕΣΟ ΚΟΣΤΟΣ</b>	<b>0,711 €</b>

Άρα, το Άμεσο Κόστος που απαιτείται για την παραγωγή ενός κιλού ραφηναρισμένου ηλιελαίου αντιστοιχεί σε 0,711€.

## 5.2.3 ΓΕΝΙΚΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΕΞΟΔΑ

Γενικά Βιομηχανικά Έξοδα είναι όλα εκείνα τα έμμεσα έξοδα που σχετίζονται με την παραγωγική διαδικασία, και στην προκειμένη περίπτωση, με την παραγωγή ραφηναρισμένου ηλιελαίου. Περιλαμβάνουν δηλαδή, όλα τα έμμεσα εργατικά, έμμεσα υλικά και έμμεσες δαπάνες που προέρχονται από την παραγωγική διαδικασία.

Αναλυτικότερα, τα Γενικά Βιομηχανικά Έξοδα της μονάδας παραγωγής ηλιελαίου απαρτίζονται από τα εξής είδη κόστους:

- **Έμμεσα Εργατικά:** Περιλαμβάνει το κόστος συντήρησης του μηχανολογικού εξοπλισμού.

- **Έμμεσα Υλικά:** Περιλαμβάνει το κόστος των αναλωσίμων υλικών του εργοστασίου.
- **Έμμεσες Δαπάνες:** Περιλαμβάνει το ύψος των αποσβέσεων του μηχανολογικού εξοπλισμού της παραγωγικής μονάδας.

### 5.2.3.1 Έμμεση Εργασία

Τα **Έμμεσα Εργατικά** αποτελούνται από το κόστος συντήρησης των μηχανημάτων της γραμμής παραγωγής. Σύμφωνα με τα ιστορικά στοιχεία του εργοστασίου, το ετήσιο κόστος συντήρησης του μηχανολογικού εξοπλισμού ανέρχεται σε 689.000 €.

Από τα στοιχεία της παραγωγής δίνεται ότι στο έτος παράγονται 34.153.712 Kg ηλιελαίου. Συνεπώς, το Κόστος των Έμμεσων Εργατικών επιμερίζεται ανά κιλό με βάση τον τύπο:

$$\text{Έμμεσα Εργατικά ανά κιλό} = \frac{689.000}{34.153.712} = 0,02\text{€ / κιλό.}$$

### 5.2.3.2 Έμμεσα Υλικά

Στα **Έμμεσα Υλικά** περιλαμβάνεται το κόστος των αναλωσίμων υλικών παραγωγής. Σύμφωνα με τα ιστορικά στοιχεία του εργοστασίου, το ετήσιο κόστος των έμμεσων υλικών ανέρχεται στις 157.000€

Από τα στοιχεία της παραγωγής δίνεται ότι στο έτος παράγονται 34.153.712 Kg ηλιελαίου. Συνεπώς, το Κόστος των Έμμεσων Υλικών επιμερίζεται ανά κιλό με βάση τον τύπο:

$$\text{Έμμεσα Υλικά ανά κιλό} = \frac{157.000}{34.153.712} = 0,005\text{€ / κιλό.}$$

### 5.2.3.3 Έμμεσες Δαπάνες

Στις Έμμεσες Δαπάνες περιλαμβάνεται το ύψος των αποσβέσεων του μηχανολογικού εξοπλισμού του εργοστασίου. Το κόστος των μηχανημάτων ανέρχεται σε 4.834.000€ και η διάρκεια της ωφέλιμης ζωής του είναι 25 έτη. Συνεπώς, οι ετήσιες αποσβέσεις του θα είναι:

$$\text{Ετήσιες Αποσβέσεις Μηχανημάτων} = \frac{4.834.000}{25} = 193.360\text{€ / έτος}$$

Το ύψος των ετήσιων αποσβέσεων του συστήματος του μηχανολογικού εξοπλισμού ανέρχεται στις €193.360 και θα επιμεριστεί με βάση τον όγκο της παραγωγής σε ραφηναρισμένο ηλιέλαιο που παράγεται ανά έτος. Σύμφωνα με τα ιστορικά στοιχεία του εργοστασίου, στο έτος παράγονται 34.153.712 Kg ηλιελαίου.

Άρα λοιπόν, ο επιμερισμός των αποσβέσεων ανά εξέταση δίνεται από τον τύπο:

$$\text{Αποσβέσεις Μηχανημάτων ανά κιλό} = \frac{193.360}{34.153.712} = 0,006\text{€ / κιλό}$$

### 5.2.4 ΣΥΝΟΛΟ ΓΕΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΞΟΔΩΝ

Το άθροισμα του Κόστους της Έμμεσης Εργασίας, του Κόστους των Έμμεσων Υλικών και του Κόστους των Έμμεσων Δαπανών συνεπάγεται τα

Γενικά Βιομηχανικά Έξοδα. Συνεπώς, το Σύνολο των Γενικών Βιομηχανικών Εξόδων ανά κιλό, δίνεται από τον παρακάτω πίνακα:

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.5 ΓΕΝΙΚΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΕΞΟΔΑ ΑΝΑ ΚΙΛΟ**

<b>ΕΙΔΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ</b>	<b>ΚΟΣΤΟΣ / Kg</b>
Κόστος Έμμεσης Εργασίας	0,02€
Κόστος Έμμεσων Υλικών	0,005€
Κόστος Έμμεσων Δαπανών	0,006€
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΓΕΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΞΟΔΩΝ</b>	<b>0,031€</b>

### **5.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΟΛΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

Το Συνολικό Κόστος Παραγωγής της μονάδος ραφηναρισμένου ηλιελαίου θα είναι αποτέλεσμα του αθροίσματος του Κόστους των Άμεσων Υλικών, του Κόστους της Άμεσης Εργασίας και των Γενικών Βιομηχανικών Εξόδων.

Ο υπολογισμός του Κόστους Παραγωγής ανά κιλό ραφηναρισμένου ηλιελαίου, γίνεται στον παρακάτω πίνακα:



**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6 ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΝΑ ΚΙΛΟ**

<b>ΕΙΔΟΣ ΚΟΣΤΟΥΣ</b>	<b>ΚΟΣΤΟΣ / Kg</b>
<b>Κόστος Άμεσων Υλικών</b>	<b>0,702€</b>
<b>Κόστος Άμεσης Εργασίας</b>	<b>0,006€</b>
<b>Κόστος Άμεσων Δαπανών</b>	<b>0,003€</b>
<b>Κόστος ΓΒΕ</b>	<b>0,031€</b>
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ</b>	<b>0,742€</b>

Όπως προκύπτει από τους παραπάνω υπολογισμούς, το συνολικό κόστος παραγωγής ανά ένα κιλό ραφηνარიσμένου ηλιελαίου ανέρχεται σε **0,742€**.



# *ΣΥΜΠΤΕΡΑΣΜΑΤΑ*



Το φυτό *Helianthus annuus* πέρα από καλλωπιστικό χρησιμοποιείται και στη βιομηχανία. Η παραγωγή ηλιελαίου είναι ευρέως διαδεδομένη σε ολόκληρο τον κόσμο και αυτό συμβαίνει τόσο για την χαμηλή τιμή του, όσο και για τη σημαντική διατροφική του αξία για τον άνθρωπο.

Η επεξεργασία του ηλιελαίου μπορεί να γίνει με είτε με φυσικό είτε με χημικό ραφινάρισμα. Τα στάδια που περιλαμβάνονται στον εξευγενισμό του ηλιελαίου είναι τα εξής: η αποκομμίωση, η εξουδετέρωση, ο αποχρωματισμός, η αποκήρωση & η απόσμηση.

Η κύρια διαφορά των δύο αυτών διαδικασιών εντοπίζεται στην απομάκρυνση των ελεύθερων λιπαρών οξέων. Στο φυσικό ραφινάρισμα η απομάκρυνση τους γίνεται μετά το στάδιο του αποχρωματισμού, ενώ στο χημικό, γίνεται στο στάδιο της εξουδετέρωσης.

Ο φυσικός τρόπος επεξεργασίας του ηλιελαίου έναντι του χημικού παρουσιάζει τα εξής πλεονεκτήματα: μεγαλύτερη απόδοση σε λάδι, σταθερότερη ποιότητα προϊόντος, μικρότερο κόστος εξοπλισμού, απουσία παραπροϊόντων που μολύνουν το περιβάλλον, μικρότερη κατανάλωση ενέργειας και τέλος είναι απλούστερη σαν εφαρμογή, εφόσον δεν πραγματοποιείτε το στάδιο της εξουδετέρωσης.

Ενώ στα μειονεκτήματα της φυσικής μεθόδου περιλαμβάνονται: η παραγωγή τελικού προϊόντος με περισσότερο σκούρο χρώμα, η υψηλότερη τιμή υπεροξειδίων, οι μεγαλύτερες ποσότητες φωσφόρου αλλά και η αδυναμία απομάκρυνσης αφλατοξινών.

Κατά την επεξεργασία του ηλιελαίου παρατηρείτε μεγάλη παράγωγη αποβλήτων τα οποία χρήζουν μεγάλης οικονομικής και περιβαλλοντικής σημασίας. Η οικονομική σημασία οφείλεται στις απώλειες που υπάρχουν κατά τα στάδια της επεξεργασίας και οι αλλά και στο κόστος επεξεργασίας των αποβλήτων αυτών ενώ η περιβαλλοντολογική σημασία έγκειται στις συνέπειες που θα υπήρχαν αν δεν απαλλάσσαμε τα απόβλητα από τα συστατικά που τα επιβαρύνουν. Σύμφωνα με τις μελέτες καταλήγουν σε απόβλητα 0,5-0,5 m<sup>3</sup>/τόνο επεξεργασμένου ηλιελαίου.

Σύμφωνα με την οικονομική ανάλυση ο χρόνος παραγωγής του ενός κιλού ραφηναρτισμένου ηλιελαίου υπολογίζεται σε **0,75 sec.** Δηλαδή παράγονται 4.774 κιλά ραφηναρτισμένου ηλιελαίου την ώρα.

Ενώ το συνολικό κόστος παραγωγής ανά ένα κιλό ραφηναρτισμένου ηλιελαίου ανέρχεται σε **0,742€.**

Όπως παρατηρούμε έχουμε μεγάλη παραγωγή σε μικρό χρονικό διάστημα και το σημαντικότερο είναι ότι το κόστος είναι πολύ μικρό. Επομένως το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι μία μονάδα παραγωγής ραφηναρτισμένου ηλιελαίου παρουσιάζει μεγάλο επενδυτικό ενδιαφέρον αφού η αποδοτικότητα που επιφέρει είναι αρκετά ικανοποιητική.

---

# *ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ*

---

## Ξένα βιβλιογραφία

1. Allen, D., 1997. Refining in: *Lipid Technologies and Applications*, Gunstone, F.D. and Padley, F. (eds), Marcel Dekker, Inc. New York, pp.137-168.
2. Baranowsky, K., Beyer, W., Billek, G., Buchoid, H., Gertz, Ch., Grothues, B., Sen Gupta, A.K., Holtmeier, W., Knuth, M., Lau, J., Mukherjee, K.M., Munch, E.W., Saft, H., Schneder, M., Tiebach, R., Transfeld, P., Unterberg, Ch., Weber, K., Zschau, W., 2001. Bleaching of Edible Fats and Oils: Technologies for Undustrial Processing of Fats and Oils. *European Journal Lipid Science Technology*, 103, 508-551.
3. Cheremisinoff, N., 2002. What Pressure and Cake Filtration Are All About, Sedimentation, Clarification, Flotation, and Coalescence in: *Handbook Of Water And Wastewater Treatment Technologies*, Butterworth-Heinemann (Ed), Boston, Oxford, Auckland, Johannesburg, Melbourne, New Delhi, pp. 157-217, 268- 331
4. Cheremisinoff, N., 1996. Liquid solid seperation in: *Biotechnology For Waste And Wastewater Treatment*, Noyes (Ed), New Jersey, pp. 43.
5. Bockisch, M., 1998. Vegetables Oils, Oil Purification in: *Fats and Oils Handbook*, AOCS Press, Champaign. Illinois, pp. 238-239,613-710.
6. Brennan, J.G., Butters, J.R., Cowell, N.D., Lilly, A.E.V., 1976. Materials Handling in: *Food Engineering Operations*, Applied Science Publishers Ltd, London, pp. 496-497.

7. Cavanagh, G.C., 1990. Neutralization II, Theory and Practice of Non-Conventional Caustic Refining by Miscella Refining and by the Zenith Process in: *Edible Fats and Oils Processing, Basic principles and Modern Practices*, Erickson, D. (ed), AOCS Books and Special Publications Committee, pp. 101-106.
  
8. Dahlke, K., Buchold, H., Munch, E. W. and Paulitz, B., 1995. First experience with enzymatic oil refining, *Inform*, Vol. 6, No. 12, pp. 1284-1291.
  
9. Davidson, H.F., Cambell, E.J., Bell, R.J., Pritchard, R.A., 1996. Sunflower Oil in: *Bailey's Industrial Oil and Fat Products, Vol.2, Edible Oils and Fat Products: Oils and Oilseeds*, Hui, Y.H. (ed), Wiley-Interscience Publication, John Wiley and Sons, Inc., New York, pp. 610-660.
  
10. De Greyt, W., Kellens, M., 2000. Refining Practice in: *Edible Oil Processing*, Hamm, W., Hamilton R.G., (eds), Sheffield Academic Press, pp. 81-83, 90-105.
  
11. Dickenson, T.C., 1997. Filter Media in: *Filters and Filtration Handbook*, Elsevier Science Ltd, pp. 87,94.
  
12. Gunstone, F.D., 2000. Composition and Properties of Edible Oils in: *Edible Oil Processing*, Hamm, W., Hamilton R.G. (eds), Sheffield Academic Press, pp. 3-20.

13. Gunstone, F.D., Norris, F.A., 1983. Refining, Deodorization in: Lipids in Foods, Chemistry, Biochemistry and Technology, Pergamon Press, pp. 108-116, 130- 138.
14. Hodgson, A.S., 1996. Refining and Bleaching in: Bailey's Industrial Oil and Fat Products, Vol.4, Edible Oils and Fat Products: Processing Technology, Hui, Y.H. (ed), Wiley-Interscience Publication, John Wiley and Sons, Inc., New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore, pp. 204-207.
15. Hoffmann, G., 1989. Refining in: The Chemistry and Technology of Edible Oils and Fats and Their High Fat Products, Academic Press, London, San Diego, pp. 149-158.
16. Loft, S. C., 1990. Deodorization - Theory and Practice, in: Edible Fats and Oils Processing. Basic Principles and Modern Practices, Erickson, D. (ed), AOCS Books and Special Publications Committee, pp. 117-123.
17. Macrae, R., Robinson R.K., Sadler M.J., 1993. Vegetable Oils in: Encyclopaedia of Food Science Food Technology and Nutrition, Vol 7, Academic Press, Jovanovich, H.B., London, San Diego, New York, Boston, Sydney, Tokyo, Toronto, pp. 4686-4688.
18. Mag, T.K., 1990. Bleaching – Theory and Practice, in: Edible Fats and Oils Processing, Basic Principles and Modern Practices, Erickson, D. (ed), AOCS Books and Special Publications Committee, pp. 107-116.



19. O'Brien, R.D., 2004. Raw Materials, Fats and Oils Processing in: Fats and Oils, Formulating and Processing for Applications, Technomic Publishing Company, Inc., U.S.A., pp 24-25, 57-92, 119-121.
20. Segers, J.C. and Van De Sande, R.L.K.M., 1990. Degumming—Theory and Practice in: Edible Fats and Oils Processing, Basic Principles and Modern Practices, Erickson, D. (ed), AOCS Books and Special Publications Committee, pp. 88-93.
21. Tzia C. and Liadakis G., 2003. Sunflower seed in: Extraction Optimization in Food Engineering, Marcel Dekker, Inc.(Ed), pp. 181-229.
22. Young F. V. K., Poot C., Biernoth E., Krog N., O'neil L.A., Davidson N.G.J., 1986. Production of Edible Oils in: The Lipid Handbook, Gunstone, F.D., Harwood, J.L., Padley F.B. (ed), Chapman and Hall, London, New York, pp. 195- 198.
23. Young, F. V. K., 1990. Physical Refining, in: Edible Fats and Oils Processing. Basic Principles and Modern Practices, Erickson, D. (Ed), AOCS Books and Special Publications Committee, pp. 124-135.
24. Zilch, K.T., 1991. By-Product Utilization in: Introduction to fats and oils technology, Wan, J.P. (ed), American Oil Chemist's society, Champaign, Illinois, pp.252.

# Ελληνική βιβλιογραφία

1. Αλυσανδράτος Γ. Αλυσανδράτος, Σ., Αλυσανδράτου, Α., 2004. Εδώδιμα Λίπη και Έλαια, Άρθρο 73 στο: Κώδικας Τροφίμων και Ποτών, Εθνικό τυπογραφείο, Αθήνα, σελ. 708.
2. Θωμόπουλος Χ, 1981. Λιπαρά Σώματα στο: Τεχνολογία Γεωργικών Βιομηχανιών, Ο.Ε.Δ.Β., Αθήνα, σελ. 128-153.
3. Κυριτσάκης, Α., 1993. Χημικές Επεξεργασίες που Δέχεται το Ελαιόλαδο, Τυποποίηση και Συσκευασία Ελαιολάδου στο: Το Ελαιόλαδο. Αγροτικές Συνεταιριστικές Εκδόσεις Α. Ε., Θεσσαλονίκη, σελ. 139, 157.
4. Μαρκαντωνάτος, Γ., 1986. Επίπλευση (Flotation) στο: Επεξεργασία και διάθεση υγρών αποβλήτων, σελ. 95-98
5. Μπόσκου Δ., 1999. Τεχνολογία Λιπών και Ελαίων στο: Χημεία Τροφίμων, Εκδόσεις Γαργατάνη, Θεσσαλονίκη, σελ.164-173
6. Τσόγκας, Ε.Χ., 1998. Χαρακτηριστικά των λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων στο: Δίκτυα αποχετεύσεων και επεξεργασία λυμάτων, Εκδόσεις Ίων, Αθήνα, σελ.275-280.

# Διαδικτυακές Πηγές

1. [www.aumicon.com](http://www.aumicon.com)
2. [www.desmet.com](http://www.desmet.com)
3. [www.engineeringtoolbox.com](http://www.engineeringtoolbox.com)
4. [www.essentialoil.co.za](http://www.essentialoil.co.za)
5. [www.etpi.com](http://www.etpi.com)
6. [www.gdkonline.com](http://www.gdkonline.com)
7. [www.john-libbey-eurotext.fr/en](http://www.john-libbey-eurotext.fr/en)
8. [www.kelleherequipment.com](http://www.kelleherequipment.com)
9. [www.mecpro.com](http://www.mecpro.com)
10. [www.reliablefilter.com](http://www.reliablefilter.com)
11. [www.samcotech.com](http://www.samcotech.com)
12. [www.speecengineers.com](http://www.speecengineers.com)
13. [www.technichem.com](http://www.technichem.com)
14. [www.thyssenkrupp-elastomertechnik.com](http://www.thyssenkrupp-elastomertechnik.com)
15. [www.vegburner.co.uk](http://www.vegburner.co.uk)
16. [www.vt.tuwien.ac.at](http://www.vt.tuwien.ac.at)