

Σύγχρονες  
Τεχνικές

Βασίλης Φραντζολάς

Ελαιοκομίας  
και Παραγωγής  
Ποιοτικού  
Ελαιολάδου

---

# Προεπισκόπηση Βιβλίου

56 σελίδες

από τα 28 Κεφάλαια



# 1. Διαχείριση της επιφάνειας του εδάφους

Βασίλης Φραντζολάς, M.Sc. Food Policy

Η οργανική ύλη στο έδαφος, καθώς και η διατήρηση και ενίσχυσή της έχουν κρίσιμο ρόλο στην παραγωγικότητα των φυτών. Ο τρόπος διαχείρισης της επιφάνειας του εδάφους, η αποφυγή οργωμάτων, παράλληλα με την ανάπτυξη φυσικών μεθόδων φυτοκάλυψης, είναι απαιτούμενα στοιχεία για την καλύτερη εκμετάλλευση του νερού της βροχής και την ανάπτυξη υγιούς συστήματος ενεργών μικροοργανισμών μέσα στο έδαφος.

Η διαχείριση της επιφάνειας του εδάφους επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό την παραγωγικότητα της καλλιέργειας, κυρίως για δύο λόγους: η εδαφική υγρασία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη μορφή κάλυψης του εδάφους, ενώ η ποσότητα της οργανικής ύλης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη χρήση, ή μη, μηχανικών μέσων στη διαχείριση της επιφάνειας. Η διαχείριση του επιφανειακού εδάφους πρέπει να έχει στόχο:

α) τη μειωμένη διάβρωση και μετακίνηση του επιφανειακού χώματος από τα νερά της βροχής, ιδίως σε επικλινή εδάφη (Εικ. 1.1),

β) τη βελτίωση της δομής του εδάφους, ώστε να δημιουργηθούν οι κατάλληλες συνθήκες για την ανάπτυξη οργανικής ύλης,

γ) την αύξηση της διείσδυσης νερού και της παραμένουσας υγρασίας στο έδαφος.

## 1.1 | Η διάβρωση του εδάφους

Η διάβρωση του εδάφους οφείλεται κυρίως στις βροχοπτώσεις και την κίνηση του νερού επάνω σε αυτό –κυρίως όταν το έδαφος είναι επικλινές–, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις οφείλεται και στον άνεμο. Οι σταγόνες του νερού της βροχής στην επιφάνεια του εδάφους διασπούν τη συνοχή του και σταδιακά μετακινούν τα πλέον ελαφρά αδρανή υλικά, όπως η ψιλή άμμος, ή άργιλος,

### ΕΙΚΟΝΑ 1.1

Μικρά κανάλια από τη διάβρωση επιφανειακού νερού βροχής.



Πηγή: Φωτογραφικό αρχείο Βασ. Φραντζολά

καθώς και πολύτιμη οργανική ύλη. Εάν υπάρχει έντονη βροχοπτώση, σημειώνονται μετακινήσεις μεγαλύτερων ποσοτήτων άμμου ή ακόμη και μικρών χαλικιών, ενώ η ταχύτητα του επιφανειακού νερού ενισχύεται όταν η επιφάνεια δεν έχει δυνατότητα συγκράτησης λόγω έλλειψης βλάστησης ή επειδή έχει ήδη δημιουργηθεί σκληρή συνεκτική επιφάνεια. Στην περίπτωση αυτή, το επιφανειακό νερό που κυλάει δημιουργεί, σταδιακά, μικρά κανάλια, τα οποία μεγαλώνοντας οδηγούν σε εδαφικές ανωμαλίες που δυσκολεύουν την κίνηση

έχει χαμηλό ειδικό βάρος ( $220 \text{ kg/m}^3$ ) συγκρινόμενη με τα άλλα είδη εδαφών, που κυμαίνονται από  $1,3 \text{ kg/m}^3$  -  $1,8 \text{ kg/m}^3$ .

### 1.2.3 | ΟΡΓΑΝΙΚΟΣ ΑΝΘΡΑΚΑΣ ΕΔΑΦΟΥΣ

Ο οργανικός άνθρακας εδάφους (Ο.Α.Ε.) είναι από τα σημαντικότερα συστατικά του εδάφους, καθώς ρυθμίζει την ανάπτυξη των φυτών, αποτελώντας την κύρια πηγή ενέργειας και θρεπτικών συστατικών για τους μικροοργανισμούς. Πρόκειται για τον άνθρακα (C) που αποθηκεύεται και περιέχεται στην Ο.Υ.Ε. Ο Ο.Α.Ε. καταλήγει στο έδαφος διά της αποσύνθεσης φυτικών και ζωικών οργανισμών (π.χ. ρίζες), ζωντανών και απονεκρωμένων μικροοργανισμών και του συμβιωτικού (αγγλ. symbiotic) εδάφους. Η Ο.Υ.Ε. είναι το οργανικό τμήμα του εδάφους στο οποίο περιλαμβάνονται τα πλήρως αποσυντεθειμένα φυτικά και ζωικά υπολείμματα.<sup>6</sup> Υπολογίζεται ότι η Ο.Υ.Ε. περιέχει περίπου 58% οργανικό άνθρακα. Επομένως, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε έναν πολλαπλασιαστικό συντελεστή 1,72 για να μετατρέψουμε την ποσότητα του Ο.Α.Ε. σε Ο.Υ.Ε.. Ο συνολικός οργανικός άνθρακας (Σ.Ο.Α.) εκφράζεται ως ποσοστό C ανά 100 gr εδάφους.

## 1.3 | Μέθοδοι διαχείρισης του επιφανειακού εδάφους

Η διαχείριση του επιφανειακού εδάφους σε έναν ελαιώνα γίνεται συνήθως:

- α) με μηχανική καλλιέργεια,
- β) χωρίς όργωμα και με καθαρό έδαφος, και
- γ) χωρίς όργωμα και με κάλυψη εδάφους με βλάστηση.

Μεταξύ των τριών μεθόδων, η κάλυψη του εδάφους με μόνιμη βλάστηση έχει βρεθεί ότι επιφέρει σταθερότερη παραγωγή ως προς την καρποφορία και την ελαιοπεριεκτικότητα σε χρονίες χαμηλής ή υψηλής καρποφορίας, ενώ επιφέρει και περιβαλλοντικό όφελος, μειώνοντας τη διάβρωση και αυξάνοντας τον Ο.Α.Ε. Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του ελαιολάδου φαίνεται ότι εξαρτώνται κυρίως από τις με-

τεωρολογικές συνθήκες της χρονιάς παραγωγής (π.χ. ύψος βροχοπτώσεων) και σε μικρό βαθμό από τη μέθοδο διαχείρισης του επιφανειακού εδάφους.<sup>5</sup>

Η απώλεια τμήματος του επιφανειακού εδάφους, εξαιτίας βροχοπτώσεων και αέρα, θα εξαρτηθεί κυρίως από το είδος της εδαφοκάλυψης. Εάν γίνει διαχείριση εδάφους με τυπική μηχανική καλλιέργεια –με καλλιερπητή ή άλλο μέσον (δίσκοι, φρέζα)–, η απώλεια επιφανειακού εδάφους υπολογίζεται σε  $400 \text{ kg}$  το στρέμμα κατ' έτος, ενώ με διατήρηση καθαρού εδάφους, χωρίς μηχανική καλλιέργεια αλλά με χρήση χημικών μέσων (ζιζανιοκτόνα), η απώλεια υπολογίζεται σε  $850 \text{ kg}$  το στρέμμα. Η διατήρηση μόνιμης βλάστησης με χλοοκοπή υπολογίζεται ότι έχει απώλειες περί τα  $120 \text{ kg}$  κατ' έτος.<sup>6</sup>

Ομοίως, μεγάλες απώλειες νερού έχουμε λόγω επιφανειακής απορροής, ανάλογα με το είδος επιφανειακής διαχείρισης, με τη μηχανική καλλιέργεια να παρουσιάζει το μεγαλύτερο ποσοστό ετησίως (21%), συγκριτικά με τη συνεχή φυτοκάλυψη (2,5%).<sup>6</sup>

### 1.3.1 | ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ ΜΕ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΗ

Η κίνηση μεγάλων και, κυρίως, βαρέων καλλιεργητικών μηχανημάτων μέσα στον ελαιώνα έχει αρνητικές συνέπειες, οι οποίες δεν είναι αμέσως αντιληπτές. Η αναπόφευκτη συμπίεση του εδάφους έχει αποτέλεσμα να κλείνουν οι μικροσκοπικές δίοδοι οξυγόνωσης του εδάφους, απαραίτητες για την είσοδο του νερού, καθώς και για τη δημιουργία οργανικής ύλης. Το βάθος και ο βαθμός διατάραξης του εδάφους από μηχανικά μέσα (Εικ. 1.3) επηρεάζουν την ποσότητα εδαφικής υγρασίας: το βαθύ όργωμα οδηγεί σε μεγαλύτερες απώλειες υγρασίας. Η μεγαλύτερη ταχύτητα οργώματος επιφέρει ταχύτερη απώλεια υγρασίας, καθώς διασπάται περισσότερο και «κονιορτοποιείται» η εδαφική συνεκτικότητα. Η μηχανική καλλιέργεια του εδάφους μπορεί κατά περίπτωση να βελτιώσει την απορρόφηση του νερού, όπως σε αργιλικά εδάφη, στα οποία έχει σχηματιστεί επιφανειακή «κρούστα», η οποία εμποδίζει την εισροή νερού. Η μηχανική καλλιέργεια, όταν γίνεται σε έδαφος το οποίο έχει υψηλή υγρασία (χειμώνα), συντελεί σε μεγαλύτερες απώλειες της οργανικής ύλης.

Εάν η μηχανική καλλιέργεια του εδάφους επαναλαμβάνεται, η δομή του εδάφους επιδεινώνεται σταδιακά, η οργανική ύλη μειώνεται και η παραγωγικότητα

## 2. Κλάδεμα ελαιοδέντρων

Βασίλης Φραντζολάς, M.Sc. Food Policy  
με τη συνεργασία του Απόστολου Ιωαννίδη

Με στόχο την αύξηση της παραγωγικότητας, συνιστάται τα ελαιοδέντρα να κλαδεύονται ελαφρά ανά διετία ή τριετία. Με μικρότερης έντασης κλαδέματα, επιτυγχάνεται μεγαλύτερη καρποφορία, γίνεται καλύτερη εκμετάλλευση των ενεργειακών αποθεμάτων του δέντρου και μειώνεται σημαντικά το κόστος για το κλάδεμα. Η συχνότητα και η ένταση κλαδέματος που θα εφαρμοστεί στον ελαιώνα σχετίζεται άμεσα με την ηλικία του δέντρου, τη γονιμότητα του εδάφους, το κατά πόσον αρδεύεται, την πυκνότητα φύτευσης των δέντρων, την ποικιλία του δέντρου κ.ά. Η σωστή διαχείριση των λαίμαργων, η αλλαγή κλίσης των κλάδων, η ετήσια αντικατάσταση εξαντλημένων ποδιών, η ένταση και συχνότητα του κλαδέματος, η επιλογή κατάλληλης εποχής κλαδέματος ή κλαδέματος για μεγαλύτερη καρποφορία την επόμενη χρονιά, οι τρόποι μείωσης της παρεννιαυτοφορίας αποτελούν απαραίτητες βασικές γνώσεις για κάθε κλαδευτή.

### 2.1 | Γενικά

Το παραγωγικό κλάδεμα των ελαιοδέντρων δεν είναι μία αυτοδίδακτη, εμπειρική καλλιεργητική τακτική, αλλά μία «φυτοχειρουργική τέχνη», όπως τη χαρακτηρίζει ο συγγραφέας δρ. Νίκος Λύχνος, στο δίτομο κλασικό του βιβλίο *Το δένδρον της ελαιάς* (1948). Ο χαρακτηρισμός είναι ακριβής, αφού, για την επίτευξη των πολλαπλών στόχων του κλαδέματος, απαιτείται καλή γνώση της φυσιολογίας του δέντρου και έγκαιρη εφαρμογή των κατάλληλων τεχνικών. Το κλάδεμα είναι ίσως η πιο κρίσιμη επέμβαση στον ελαιώνα, χάρη στην οποία —και σε συνδυασμό με την εξασφάλιση της απαραίτητης υγρασίας—είναι δυνατή η μεγιστοποίηση της παραγωγής και η μείωση του φαινομένου της παρεννιαυτοφορίας.

Τα τελευταία 20 χρόνια, έχει επικρατήσει διεθνώς η τάση τα ελαιοδέντρα να κλαδεύονται ελαφρά ανά διετία ή ανά τριετία, επειδή τότε επιτυγχάνεται μεγαλύ-

τερη παραγωγικότητα των δέντρων. Με μικρότερης έντασης κλαδέματα, επιτυγχάνεται μεγαλύτερη καρποφορία, γίνεται καλύτερη εκμετάλλευση των ενεργειακών αποθεμάτων του δέντρου και μειώνεται σημαντικά το κόστος για το κλάδεμα. Η συχνότητα και η ένταση κλαδέματος που θα εφαρμοστεί στον ελαιώνα σχετίζεται άμεσα με την ηλικία του δέντρου, τη γονιμότητα του εδάφους, από το αν αρδεύεται, την πυκνότητα φύτευσης των δέντρων, την ποικιλία του δέντρου κ.ά.

### 2.2 | Βασικές αρχές κλαδέματος

**Ο πρώτος στόχος** του κλαδέματος είναι να διεισδύσει περισσότερο φως στα φυλλώματα, εντείνοντας έτσι τη λειτουργία της διαπνοής στα φύλλα και οδηγώντας σε αύξηση της καρποφορίας. Επομένως ο καλύτερος φωτισμός στο εσωτερικό του δέντρου είναι από τα πλέον σημαντικά στοιχεία για την παραγωγικότητά του σε καρπούς και την ελαιοπεριεκτικότητα. Τα σκιαζόμενα

ΣΧΗΜΑ 2.6

**Σχηματική απεικόνιση των σημείων (βλ. βέλη) όπου εφαρμόζεται κοπή επιστροφής στον κύριο άξονα και στα πλάγια κλαδιά ενός βραχίονα ελιάς<sup>12</sup>**

Προσέξτε τα κοψίματα στο ακραίο τμήμα των βραχιόνων, όπου τα κλαδιά έχουν μεγαλύτερη κλίση προς τα κάτω. Το κίτρινο βέλος δείχνει το σημείο στο οποίο μπορούμε να κοντύνουμε τον κύριο άξονα, δηλαδή κοντά σε πλάγιο βραχίονα ο οποίος θα αποτελέσει τώρα το νέο ακραίο τμήμα του άξονα.



διασταυρούμενων κλάδων, με σκοπό τη δημιουργία νέας παραγωγικής βλάστησης

- στον καλύτερο αερισμό εσωτερικά της κόμης, για την αποτροπή δημιουργίας συνθηκών ανάπτυξης παθογόνων/μικροβίων και την καλύτερη κυκλοφορία της γύρης
- στην απομάκρυνση παραφυάδων και λαίμαργων κλάδων

Τα είδη των κλαδευτικών τομών υπάγονται σε μία από τις εξής δύο κατηγορίες: α) τομές αραιώματος (αγγλ. thinning cuts) (Σχ. 2.4B) και β) τομές μείωσης ανάπτυξης ή κορφολόγησης (αγγλ. heading cuts) (Σχ. 2.4A). Οι τομές μείωσης ανάπτυξης ή κορφολόγησης επάγουν μεγαλύτερη βλαστική αντίδραση από τις τομές αραιώματος. Αυτό οφείλεται στο ότι με την αφαίρεση της άκρης ενός βλαστού αφαιρούνται και οι ορμόνες του οφθαλμού που βρίσκεται στην άκρη του βλαστού, οι οποίες περιορίζαν την ανάπτυξη των πλάγιων βλαστών. Η νέα ανάπτυξη θα εμφανιστεί πολύ κοντά στην τομή και η νέα βλάστηση θα αρχίσει να εξελίσσεται από το σημείο της κοπής — όταν πρόκειται δε για μείωση του ύψους, είναι σημαντικό αυτό να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη για τη μελλοντική εξέλιξη του δέντρου.<sup>7</sup>

Αν αφαιρεθεί ένα οριζόντιο κλαδί από τον κεντρικό κατακόρυφο άξονα, το δέντρο αντιδρά δημιουργώντας πλήθος από λαίμαργους κλαδίσκους γύρω από το σημείο της τομής. Για τη μείωση της έντασης του φαινομένου, κάνουμε πάντοτε την τομή ακριβώς στο σημείο όπου υπάρχει διακλάδωση με άλλο κλαδί, το οποίο και θα απορροφήσει όλη τη βλαστική αντίδραση, ελαχιστοποιώντας τη δημιουργία λαίμαργων (Σχ. 2.5 αρ.).

Αν το κλάδεμα καθυστερήσει πλέον των 3 ή 4 ετών, θα πρέπει να γίνει τομή και απομάκρυνση τμήματος του κεντρικού άξονα, ώστε να μειωθεί η περαιτέρω καθ' ύψος ανάπτυξή του. Το κόντεμα θα γίνει με κοπή επιστροφής (Σχ. 2.6), κοντά στο σημείο έκφυσης κλαδιού ή πλάγιου βραχίονα. Η παρουσία πλάγιου κλάδου μετά την κοπή είναι σημαντική, διότι απορροφά μέρος των διαθέσιμων θρεπτικών ουσιών στους κοντινούς ιστούς, που προέρχονται από το δίκτυο μεταφοράς ξυλώματος και φλοιώματος.<sup>11</sup> Με τον τρόπο αυτό μειώνεται η ζωηρότητα της βλάστησης που απέμεινε μετά την κοπή, αλλά και των νέων λαίμαργων βλαστών που έχουν την τάση να αναπτύσσονται κοντά στο σημείο κοπής.<sup>11</sup>

### 3. Η λίπανση των ελαιώνων

Βασίλης Φραντζολάς, M.Sc. Food Policy

Η ορθολογική λίπανση των ελαιώνων, δηλαδή η λίπανση που γίνεται με βάση αναλύσεις δειγμάτων τα οποία λαμβάνονται από τα φύλλα των δέντρων, την ανάλυση του εδάφους και τις παρατηρήσεις του παραγωγού, αποτελεί βασικό εργαλείο για τη μείωση του κόστους λίπανσης, τον περιορισμό της παρεννιαυτοφορίας και την αύξηση της παραγωγής του ελαιώνα. Η ποσότητα της οργανικής ύλης στο έδαφος, η ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων και το pH καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την παραγωγικότητα του εδάφους. Ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι προτεινόμενες από το ινστιτούτο IRTA (Ισπανία) ποσότητες προσθήκης αζώτου (N) στο έδαφος, ενώ οι διαφυλλικές λιπάνσεις βοηθούν στην ταχύτερη και αποτελεσματικότερη απόδοση των λιπασμάτων.

Το δέντρο της ελιάς επιβιώνει σε εδάφη χαμηλής γονιμότητας και υγρασίας, με ευρύ φάσμα τιμών pH, γεγονός το οποίο επέτρεψε τη διατήρησή του επί χιλιετίες σε κλίματα ιδιαίτερα ξηροθερμικά. Το ελαιόδεντρο ευδοκιμεί και καρποφορεί καλύτερα σε εδάφη μέσης γονιμότητας, αφού η μεγάλη βλαστικότητα επιδρά αρνητικά στην καρποφορία. Σε αντίθεση με τα φυλλοβόλα δέντρα, το ελαιόδεντρο έχει δυνατότητα αποθήκευσης θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα του, οπότε οι διατροφικές του ανάγκες καθ' όλο το έτος είναι γενικά μικρότερες. Η διατροφική του κατάσταση πρέπει να βρίσκεται σε επίπεδα που δεν θα επιτείνουν το φαινόμενο της παρεννιαυτοφορίας, η οποία στην Ελλάδα επιδεινώνεται τόσο από κακές πρακτικές κλαδέματος όσο και από την έλλειψη παροχής αρδευτικού νερού σε περιοχές ετήσιας βροχόπτωσης χαμηλότερης των 500-550 mm.

Η απομάκρυνση φυλλώματος και ξύλου με το κλάδεμα, η φυσική πτώση των φύλλων και η συγκομιδή των καρπών οδηγούν σε σημαντική απώλεια θρεπτικών στοιχείων στα ελαιόδεντρα. Τα συστατικά αυτά αναπληρώνονται με φυσικό τρόπο μέσω του εδάφους· αν ωστόσο η αναπλήρωσή τους κριθεί μη ικανοποιητική –κατόπιν ελέγχου της διατροφικής κατάστασης

των φύλλων με τη μέθοδο της φυλλοδιαγνωστικής και βάσει της εμπειρίας του παραγωγού-, γίνεται χορήγηση, με λίπανση, των απαραίτητων για τη βλαστικότητα και την καρποφορία της επόμενης χρονιάς θρεπτικών στοιχείων.<sup>1</sup> Η έλλειψη θρεπτικών συστατικών μπορεί να οφείλεται στη μικρή συγκέντρωσή τους στο έδαφος ή, πολύ συχνά, σε συνθήκες οι οποίες δεν επιτρέπουν την πρόσληψή τους από το δέντρο.

Σύμφωνα με έρευνες, στην Ισπανία το 75-80% των ελαιώνων λιπαίνεται κάθε χρόνο με το ίδιο, επαναλαμβανόμενο πρόγραμμα λίπανσης, χωρίς προγενέστερο έλεγχο της πραγματικής διατροφικής κατάστασης των δέντρων, με τη φυλλοδιαγνωστική εξέταση. Αποτέλεσμα αυτής της λανθασμένης πρακτικής είναι να συσσωρεύονται στο έδαφος περισσότερα θρεπτικά στοιχεία από όσο χρειάζεται, επιβαρύνοντας έδαφος και νερά, με συνέπεια αρνητικές επιπτώσεις στην καρποφορία των δέντρων και το κόστος παραγωγής των καρπών· η δε επιβάρυνση του εδάφους δεν αποκαθίσταται παρά μετά την πάροδο αρκετών ετών.<sup>2</sup> Δεδομένου ότι τα εδάφη διαφέρουν ως προς τη σύσταση και τη γονιμότητά τους, διαφέρουν και οι απαιτήσεις τους σε θρεπτικές ουσίες, οπότε είναι μη ορθολογικό να παρέ-

3-4 απολύτως υγιή ζεύγη φύλλων, από την εξωτερική επιφάνεια της κόμης, σε ύψος περίπου 1,8 m, και από τις 4 διευθύνσεις προσανατολισμού, όχι από λαίμαργους βλαστούς. Από το μέσον περίπου του μήκους της νέας βλάστησης, αποκόπτεται ένα ζευγάρι πλήρως ανεπτυγμένων φύλλων με τον μίσχο, συνήθως το 4ο-5ο ζεύγος από την άκρη του βλαστού (Σχ. 3.1), αν η συλλογή φύλλων γίνεται τον Ιούλιο, ή από το μέσον της φετινής βλάστησης αν η συλλογή γίνει τον Δεκέμβριο-Ιούλιο. Οι βλαστοί είναι προτιμότερο να μη φέρουν καρπούς στο παλαιότερο τμήμα τους, επειδή απορροφούν θρεπτικά συστατικά από τα νεαρά φύλλα, με αποτέλεσμα να μεταβάλλεται η περιεκτικότητά τους σε θρεπτικά στοιχεία.

Τα συλλεγόμενα φύλλα τοποθετούνται στεγνά σε χάρτινη σακούλα ή περιτύλιγμα και μεταφέρονται στο εργαστήριο μέσα σε κατάλληλη συσκευασία σε θερμοκρασία 4-6°C, και στη συνέχεια συντηρούνται σε θερμοκρασία 8°C, μέχρι την ανάλυση.<sup>11</sup> Η συντήρηση των φύλλων σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος μεγαλύτερες των 20°C δημιουργεί κίνδυνο αλλοίωσης των θρεπτικών στοιχείων λόγω εμφάνισης ζυμώσεων αλλά και από την ανάπτυξη μυκήτων.

Με την εξέταση των φύλλων στο εργαστήριο γίνεται προσδιορισμός, επί του αποξηραμένου βάρους των φύλλων, της περιεκτικότητας όλων των μακρο- και μικρο-στοιχείων.

**Προσοχή:** η % περιεκτικότητα του φωσφόρου αναφέρεται σε περιεκτικότητα  $P_2O_5$ , ενώ του καλίου σε περιεκτικότητα  $K_2O$ .

### 3.2.2 | Ο ΧΡΟΝΟΣ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ

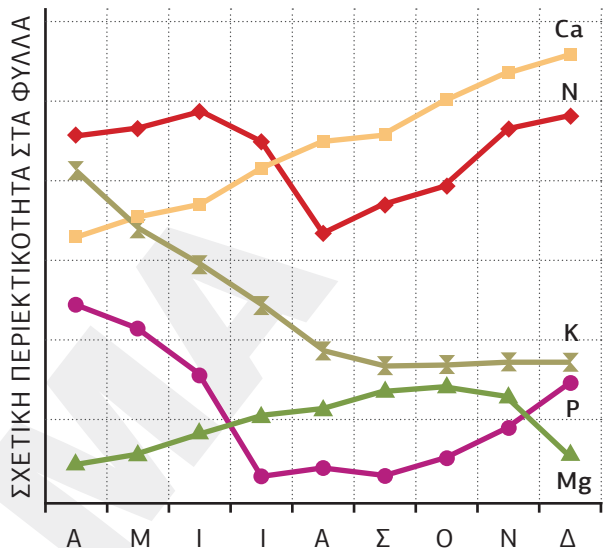
Η περιεκτικότητα θρεπτικών στοιχείων στα φύλλα μεταβάλλεται καθ' όλο το έτος, ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης του δέντρου. Ενδεικτικά, στο Διάγρ. 3.1, απεικονίζονται οι μεταβολές, ανά μήνα, των κυριότερων θρεπτικών στοιχείων, ενώ είναι χαρακτηριστικό ότι κατά τα τέλη Ιουλίου καταγράφεται η ελάχιστη τιμή των N, P, K.

Το μέγεθος καρποφορίας των δέντρων επηρεάζει κυρίως τις τιμές των N, P, K και Mg, οι οποίες εμφανίζονται μειωμένες μετά από μια χρονιά μεγάλης καρποφορίας, ενώ οι τιμές των υπόλοιπων μικροστοιχείων δεν παρουσιάζουν διαφορές, λόγω προφανώς μικρότερης συμμετοχής τους στη δημιουργία καρποφορίας.

Η συλλογή των φύλλων γίνεται ιδανικά κατά το δεύτερο ήμισυ του Ιουλίου, όταν καταγράφεται η ελά-

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.1

### Μεταβολές, ανά μήνα, των κυριότερων θρεπτικών στοιχείων<sup>12</sup>



χιστη τιμή περιεκτικότητας των κύριων στοιχείων N, P, K, στα φύλλα (Πίν. 3.1), λόγω των αυξημένων αναγκών της αμέσως προηγούμενης περιόδου Ιουνίου-Ιουλίου (π.χ. επαγωγική διαδικασία, βλαστικότητα, καρπόδεση, σκλήρυνση πυρήνα). Η επόμενη περίοδος για τη συλλογή των φύλλων είναι το διάστημα Νοεμβρίου-Ιανουαρίου, όπου τα θρεπτικά στοιχεία έχουν σχετική σταθερές τιμές, πλην του ασβεστίου το οποίο έχει αυξητική τάση. Αν η συλλογή των φύλλων γίνει εναλλακτικά κατά τους μήνες Νοέμβριο-Ιανουάριο (Πίν. 3.2), στο έδαφος υπάρχει υψηλή υγρασία και οι περιεκτικότητες σε φώσφορο (P), κάλιο (K), μαγνήσιο (Mg) και ασβέστιο (Ca) έχουν τάση ανόδου, λόγω προφανώς αποδοτικότερης λειτουργίας του ριζικού συστήματος,<sup>9</sup> ενώ ο Καθ. Ιωάννης Θεριός υπολογίζει σε 10-15% την αύξηση των τιμών για τα παραπάνω αναφερόμενα στοιχεία, από τις τιμές περιεκτικότητας των φύλλων του Ιουλίου.<sup>13</sup> Ο Καθ. Fernandez Escobar αναφέρει ότι, αν η συλλογή των φύλλων γίνει κατά τη χειμερινή περίοδο, μπορεί να οδηγήσει σε λάθος εκτίμηση ή σε μειωμένη ακρίβειας ερμηνείες των αποτελεσμάτων.<sup>14</sup> Κατά τις οδηγίες του Διεθνούς Συμβουλίου Ελαίας, η κατάλληλη περίοδος συλλογής είναι ο Ιούλιος, ενώ αν η χρονιά είναι όψιμη, η λήψη των φύλλων μπορεί να επεκταθεί έως το πρώτο δεκαπενθήμερο του Αυγούστου. Σε αυτή την

## 4. Αρδεύσεις ελαιώνων

Βασίλης Φραντζολάς, M.Sc. Food Policy

Περιγράφονται η λειτουργία της διαπνοής και οι μηχανισμοί για την επίτευξη υδατικής ισορροπίας στα φυτά. Αναλύονται επίσης οι θετικές επιπτώσεις από την παροχή αρδευτικού νερού σε όλες τις φάσεις ανάπτυξης του φυτού, οι βάσεις για τον υπολογισμό των αναγκών του σε νερό, τα συστήματα εκτίμησης των απαραίτητων ποσοτήτων άρδευσης, οι μέθοδοι συγκρατημένης και εναρμονισμένης ελλειμματικής άρδευσης και η αλατότητα του νερού. Επίσης, η μεταβολή των ποιοτικών χαρακτηριστικών στο ελαιόλαδο, καθώς και η επίπτωση της ξηρασίας και των διαφορετικών συστημάτων άρδευσης στα αρωματικά συστατικά του ελαιολάδου, ειδικά στην ποικιλία Κορωνέικη και την ιταλική ποικιλία Leccino. Τέλος, περιγράφεται αναλυτικά η μέθοδος εμπειρικής εκτίμησης της εδαφικής υγρασίας με την αφή.

### 4.1 | Γιατί τα φυτά χρειάζονται νερό

Η ανάγκη των φυτών για συνεχή πρόσληψη νερού οφείλεται κυρίως σε δύο λόγους: στις απώλειες υγρασίας που προκύπτουν κατά τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης και την εξάτμιση νερού μέσω των φύλλων και του εδάφους όπου βρίσκεται το φυτό.

### 4.2 | Η διαδικασία της φωτοσύνθεσης

Με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης παράγεται η απαραίτητη ενέργεια για την ανάπτυξη και τις βιολογικές λειτουργίες του φυτού (Διάγρ. 4.1).

Κατά τη φωτοσύνθεση, το διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ), που βρίσκεται στον αέρα, απορροφάται και τελικά αφομοιώνεται από τα φύλλα με την παρουσία

φωτός και τη δράση χλωροφύλλης και ενζύμων. Ειδικότερα, η χλωροφύλλη προσλαμβάνει φωτεινή ενέργεια από τον ήλιο ή άλλη φωτεινή πηγή, και μετατρέπει το διοξείδιο του άνθρακα –μαζί με υγρασία ( $\text{H}_2\text{O}$ ), την οποία προσλαμβάνει από το έδαφος– σε σάκχαρο, αποβάλλοντας ταυτόχρονα οξυγόνο στην ατμόσφαιρα. Μέσω της φωτοσύνθεσης, 6 μόρια διοξειδίου του άνθρακα συνδυάζονται με 6 μόρια νερού για να σχηματίσουν 1 μόριο γλυκόζης και 6 μόρια οξυγόνου. Η παραγόμενη γλυκόζη είναι βασικό δομικό στοιχείο, από το οποίο προέρχονται άλλα απλά σάκχαρα, όπως η φρουκτόζη, η σουκρόζη κ.ά.<sup>1</sup>

Ταυτόχρονα λαμβάνει χώρα η διαπνοή, αντίστροφη διαδικασία όπου τα σάκχαρα διασπώνται σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό απελευθερώνοντας ενέργεια. Η διαπνοή λαμβάνει χώρα σε όλο το ζωικό και φυτικό βασίλειο και, αντίθετα από τη φωτοσύνθεση, δεν απαιτεί παρουσία χλωροφύλλης ή φωτεινής ενέργειας.<sup>1</sup>

Οι διαδικασίες της φωτοσύνθεσης και της διαπνοής απεικονίζονται σχηματικά στο Διάγρ. 4.1. Από



ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1

**Επιπτώσεις από την έλλειψη εδαφικής υγρασίας στην ανάπτυξη του ελαιodέντρου <sup>7</sup>**

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΕΠΙΠΤΩΣΗ ΕΛΛΕΙΨΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ
ΒΛΑΣΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ	Όλο το έτος	Μείωση ανάπτυξης και αριθμού ανθέων την επόμενη χρονιά
ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΟΦΘΑΛΜΩΝ	Φεβρουάριος-Απρίλιος	Μείωση αριθμού ανθέων Απώλεια ωοθηκών
ΑΝΘΟΦΟΡΙΑ	Μάιος	Μειωμένη γονιμοποίηση
ΚΑΡΠΟΔΕΣΗ	Μάιος-Ιούνιος	Αύξηση παρενιαυτοφορίας
ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΡΠΩΝ	Ιούνιος-Σεπτέμβριος	Μείωση μεγέθους καρπών
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ	Ιούλιος-Νοέμβριος	Μείωση ελαιοπεριεκτικότητας

**4.7 | Επιπτώσεις από την έλλειψη εδαφικής υγρασίας**

Το δέντρο της ελιάς παρουσιάζει, γενικότερα, μεγάλες αντοχές στην έλλειψη νερού, οι οποίες οφείλονται σε ανατομικές προσαρμογές και φυσιολογικούς μηχανισμούς που του επιτρέπουν να αντέχει σε πολύ δύσκολες συνθήκες. Μία χαρακτηριστική προσαρμογή είναι η δυνατότητα να αυξάνει το ριζικό του σύστημα σε σχέση με τον όγκο της κόμης, εκμεταλλευόμενο έτσι σε μεγαλύτερο βαθμό τον όγκο του εδάφους για να αντλήσει θρεπτικά στοιχεία και εδαφική υγρασία.<sup>8</sup> Σύμφωνα με τον Πίν. 4.1, το δέντρο της ελιάς είναι πολύ ευαίσθητο σε έλλειψη εδαφικής υγρασίας, κατά τις φάσεις ανάπτυξης των ανθοφόρων ταξιανθιών, της ανθοφορίας και καρπόδεσης.

Κατά τη φάση αύξησης μεγέθους των καρπών (Αύγουστος-Σεπτέμβριος), τυχόν σημαντική έλλειψη εδαφικής υγρασίας επί διάστημα εβδομάδων επιβραδύνει σημαντικά την αύξηση του μεγέθους, καθώς και τη διαδικασία συγκέντρωσης ελαιολάδου στον καρπό, ενώ ο φλοιός του καρπού αποκτά χαρακτηριστική συρρικνωμένη όψη (Εικ. 4.1).

Οι απώλειες εδαφικής υγρασίας λόγω εξάτμισης αποκτούν υπολογίσιμο μέγεθος μόνον όταν η επιφάνεια του εδάφους είναι σχετικά υγρή. Όταν το έδαφος χάνει την υγρασία του, η επιφανειακή εξάτμιση μειώνεται γρήγορα.<sup>9</sup> Επομένως, οι απώλειες νερού λόγω εδαφικής εξάτμισης εξαρτώνται από την αρδευόμενη έκταση και τη συχνότητα άρδευσης.<sup>9</sup> Η άρδευση με σύστημα στάγδην μπορεί να μειώσει σημαντικά την απώλεια εδαφικής υγρασίας λόγω εξάτμισης σε νεαρούς ελαιώνες, αλλά όχι τόσο σε ελαιώνες με μεγαλύτερης ηλικίας δέντρα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η σκιασμένη επιφάνεια εδάφους σε μεγάλης ηλικίας ελαιώνες κυριαρχεί ως ποσοστό κάλυψης. Οι απώλειες εδαφικής υγρασίας λόγω εξάτμισης μεγαλώνουν τις περιόδους όπου ο ελαιώνας αρδεύεται, ενώ μειώνονται σημαντικά σε περιόδους ξηρασίας.

Με επαναφορά της κανονικής υγρασίας στο έδαφος, είτε με βροχόπτωση είτε με άρδευση, επανέρχονται σταδιακά, εντός λίγων ημερών, το μέγεθος και η όψη του καρπού, χωρίς όμως να γίνεται επανεκκίνηση της ελαιογένεσης στον καρπό, εφόσον έχει μεσολαβήσει διάστημα ισχυρού υδατικού στρες αρκετών (3-4) εβδομάδων.<sup>10</sup>

## 5. Η παρενιαυτοφορία της ελιάς

Βασίλης Φραντζολάς, M.Sc. Food Policy

Η παρενιαυτοφορία, δηλαδή η ετήσια εναλλαγή μεγάλης-μικρής καρποφορίας, αποτελεί ένα από τα φαινόμενα που επιδρούν σημαντικά στην παραγωγικότητα του ελαιώνα. Οφείλεται σε λειτουργία φυσιολογικών, ορμονικών μηχανισμών, οι οποίοι τη σηματοδοτούν κατά τον Ιούλιο, την εποχή της επαγωγικής διαδικασίας, όταν ολοκληρώνεται η σκλήρυνση των πυρήνων των καρπών. Το κλάδεμα και το αραίωμα των καρπών, σε συνδυασμό με την κατάλληλη λίπανση, μπορούν να βοηθήσουν σημαντικά στον έλεγχο της παρενιαυτοφορίας.

Η εναλλαγή ετών υψηλής και χαμηλής καρποφορίας («παρενιαυτοφορία») είναι σύννηθες φαινόμενο για το δέντρο της ελιάς, όπως σε όλα τα πυρηνόκαρπα. Το φαινόμενο οφείλεται στο ότι η καρποφορία και η ανάπτυξη των βλαστών είναι δύο ανταγωνιστικές λειτουργίες, που εμφανίζονται και εξελίσσονται με ένταση κατά την ίδια ακριβώς χρονική περίοδο (Ιούνιο-Ιούλιο), προκαλώντας έλλειψη ισορροπίας μεταξύ

βλαστικού και αναπαραγωγικού κύκλου.<sup>1</sup> Η βλάστηση μειώνεται κατά την περίοδο μεγάλης καρποφορίας, με αποτέλεσμα την έλλειψη παραγωγικών βλαστών ικανοποιητικού μήκους για την καρποφορία του επόμενου έτους.

Η επαγωγική διαδικασία (Κεφ. Ανθοφορία παρ. 6.4.1) γίνεται την ίδια χρονική περίοδο με τη σκλήρυνση του πυρήνα στους καρπούς που έχουν ήδη σχημα-

### ΕΙΚΟΝΑ 5.1

Καρποφόρο και βλαστικό τμήμα στον ίδιο βλαστό. Καρπούς φέρει μόνο το τμήμα του βλαστού ηλικίας πέραν του 1 έτους, ενώ οι καρποί της επόμενης χρονιάς θα εμφανιστούν στο τμήμα X + 1.



Πηγή: Φωτογραφικό αρχείο Βασ. Φραντζολά

τιστεί. Έχει βρεθεί, πειραματικά, ότι από το σπέρμα (φύτρο) του πυρήνα κάθε νέου καρπού της τρέχουσας περιόδου δημιουργούνται ουσίες ορμονικής φύσεως, οι οποίες ουσιαστικά αποτελούν «σήματα» που με την παρουσία τους επηρεάζουν την επαγωγική διαδικασία, η οποία ουσιαστικά καθορίζει το μέγεθος καρποφορίας του επόμενου έτους.<sup>2</sup>

Για να αντιμετωπιστεί το φαινόμενο της παρενιαυτοφορίας, είναι απαραίτητο να κατανοηθεί ο μηχανισμός που προηγείται της καρποφορίας. Οι καρποί δημιουργούνται σε ταξιανθίες που αναπτύσσονται από τους ανθοφόρους οφθαλμούς, σε βλαστούς του προηγούμενου έτους (Εικ. 5.1). Για ικανοποιητική καρποφορία, οι νέοι βλαστοί, που θα αναπτυχθούν από τον Μάρτιο μέχρι και τον Δεκέμβριο, πρέπει να έχουν μήκος μεγαλύτερο των 20-25 cm (σε γόνιμα εδάφη, με επαρκή υγρασία, έχει παρατηρηθεί ετήσια βλάστηση έως 50-60 cm) και, παράλληλα, τα μεσογονάτια διαστήματα μεταξύ των νέων φύλλων να είναι μεγαλύτερα των 4 cm. Μικρότερες ή μεγαλύτερες ετήσιες βλαστήσεις οδηγούν σε ακαρπία ή σε μη πλήρη καρποφορία, αφού οι ταξιανθίες αναπτύσσονται μόνο σε καλά σχηματισμένους βλαστούς. Οι ισχυρότεροι και μακρύτεροι βλαστοί του προηγούμενου έτους αναμένεται να αναπτύξουν ταξιανθίες στην τρέχουσα χρονιά.<sup>3</sup>

Μετά από χρονιά μεγάλης καρποφορίας, οι περισσότεροι βλαστοί της επόμενης χρονιάς δεν αναπτύσσουν ανθοφόρους οφθαλμούς.<sup>4</sup> Η χημική ανάλυση για τον προσδιορισμό των θρεπτικών στοιχείων που υπάρχουν στα φύλλα (φυλλοδιαγνωστική) θα δείξει ότι και τα τρία βασικά στοιχεία –άζωτο (N), φώσφορος (P) και κάλιο (K)– βρίσκονται σε χαμηλές περιεκτικότητες, ενώ υπάρχει υψηλή συγκέντρωση ασβεστίου (Ca). Αυτό δείχνει μία ανισορροπία μεταξύ των απαραίτητων θρεπτικών στοιχείων, ειδικά στις λεγόμενες «ιδανικές» αναλογίες Ca/K και N/K, σηματοδοτώντας, κατά τους Mengel K. και Kirby E.A., ένα κρίσιμο αρνητικό στοιχείο που εμποδίζει την ανάπτυξη νέας καρποφορίας.<sup>5</sup> Είναι χαρακτηριστικό ότι την επόμενη περίοδο, όπου αναμένεται υψηλή καρποφορία, όλα τα θρεπτικά συστατικά στα φύλλα επανέρχονται στις κανονικές τους τιμές και αναλογίες.<sup>4</sup>

Κατά τους ερευνητές A. Troncoso et al., μετά από χρονιά υψηλής καρποφορίας, η γενική κατάσταση του δέντρου δεν του επιτρέπει να καρποφορήσει ικανοποιητικά την επόμενη χρονιά, για τους παρακάτω λόγους:<sup>4</sup>

α) μικρή βλαστική ανάπτυξη, η οποία είναι απαραίτη-

το να αναπληρωθεί για την ικανοποιητική παραγωγικότητα του δέντρου,

β) μικρή ανάπτυξη νεαρών βλαστών και φύλλων έχει αποτέλεσμα μικρότερη φωτοσυνθετική ικανότητα,

γ) έλλειψη ανθοφόρων (παραγωγικών) οφθαλμών, οι οποίοι θα καρποφορούσαν,

δ) έλλειψη θρεπτικών στοιχείων και νερού.

Όλα τα παραπάνω, αθροιστικά, έχουν αποτέλεσμα μειωμένη καρποφορία. Το δέντρο κατά την επόμενη περίοδο θα ανακτήσει τις παραγωγικές του δυνάμεις, προκειμένου να έχει ικανοποιητικό παραγωγικό φορτίο τη μεθεπόμενη περίοδο.

Είναι σημαντικό ότι η ποσότητα των παραγόμενων καρπών εξαρτάται κυρίως από την ένταση της βλαστικής δραστηριότητας που εμφάνισε το δέντρο κατά την προηγούμενη περίοδο,<sup>3</sup> ενώ η ένταση της βλαστικής δραστηριότητας έχει άμεση σχέση με την ποσότητα καρπών στο δέντρο την ίδια περίοδο. Επομένως η σχέση ανάμεσα στην ποσότητα καρπών και τη βλάστηση που αναπτύσσεται κατά την ίδια περίοδο θα ρυθμίσει την ποσότητα καρπών στην επόμενη παραγωγική περίοδο.

## 5.1 | Έναρξη της παρενιαυτοφορίας

Η έναρξη εναλλασσόμενης καρποφορίας σε ελαιώνα συνήθως οφείλεται στην επικράτηση δυσμενών κλιματικών συνθηκών (κλιματικών, θρεπτικών, φυτοϋγειονομικών). Μόλις όμως εμφανιστεί, παγιώνεται στον ελαιώνα, και η καρποφορία χαρακτηρίζεται από χρονιές καρποφορίας ON (υψηλή) και OFF (χαμηλή), με τη βλάστηση την ON χρονιά να είναι μικρότερη από της OFF χρονιάς, ενώ το έτος μικρής καρποφορίας («OFF» έτος) χαρακτηρίζεται συνήθως από έντονη βλαστική ανάπτυξη. Ο διετής κύκλος εναλλαγής καρποφορίας και βλάστησης μπορεί να αντιστραφεί αν επικρατήσουν δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες οι οποίες θα επηρεάσουν το σύνολο της ανθοφορίας ή των καρπών, όπως π.χ. δυσμενείς καιρικές συνθήκες κατά την άνθηση (υψηλές θερμοκρασίες, άνω των 32°C), με δύναμη καταστρεπτικές επιπτώσεις στην επικονίαση και την επικείμενη καρποφορία. Οποιοσ-

## 6. Ανθοφορία

Βασίλης Φραντζολάς, M.Sc. Food Policy

Οι φάσεις ανθοφορίας και καρπόδεσης χαρακτηρίζονται ως οι πλέον κρίσιμες για τον ετήσιο κύκλο ανάπτυξης του δέντρου της ελιάς. Οι φάσεις επαγωγής και διαφοροποίησης των οφθαλμών καθορίζουν την ένταση καρποφορίας του δέντρου και την παρενιαυτοφορία. Οι βαθμομέρες και η Ημέρα Πλήρους Ανθοφορίας (Η.Π.Α.) αποτελούν επίσης σημαντικό στοιχείο καθορισμού της έναρξης και του μεγέθους της ανθοφορίας. Η αυτογονιμοποίηση και η σταυρεπικονίαση μπορούν να βελτιωθούν με την επιλογή άλλων κατάλληλων βοηθητικών ποικιλιών.

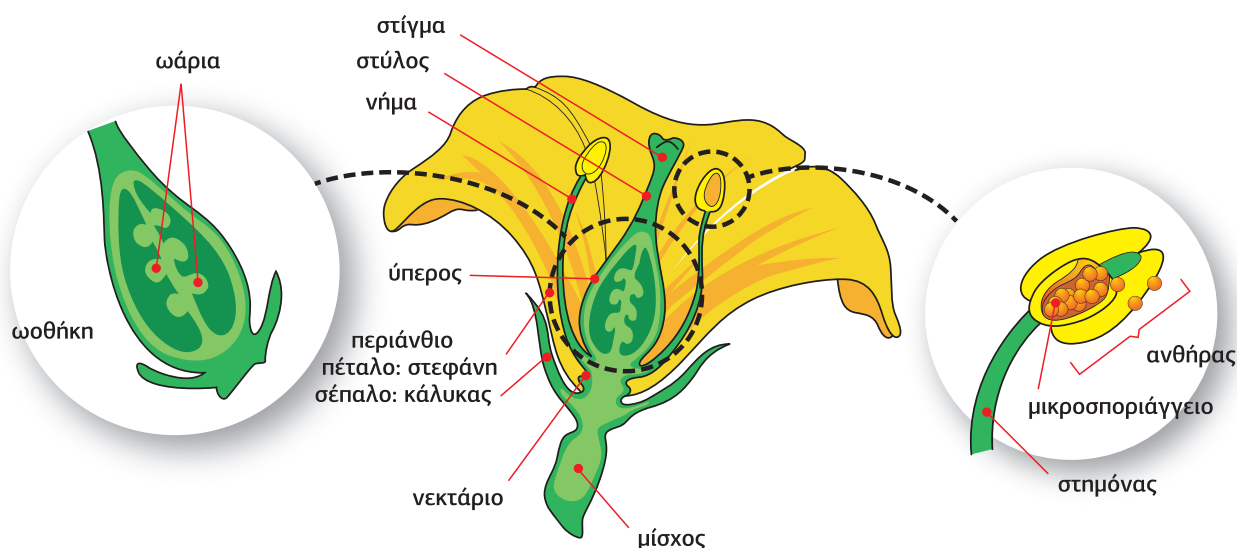
### 6.1 | Το άνθος της ελιάς

Στο δέντρο της ελιάς συνυπάρχουν πάντοτε δύο είδη ανθέων, τα τέλεια, τα οποία φέρουν σχηματισμένα θηλυκά και αρσενικά μέρη, και τα ατελή, τα οποία έχουν πλήρως αναπτυγμένα μόνο τα αρσενικά μέρη, τους λεγόμενους στύλους ή στήμονες. Το άνθος της ελιάς

έχει τέσσερα πέταλα, τέσσερα σέπαλα και δύο στήμονες, ενώ τα τέσσερα πέταλα περικλείουν τους δύο στήμονες, οι οποίοι στην άκρη τους φέρουν τον ανθήρα, στον οποίο παράγεται η γύρη (γυρεόκοκκοι). Ο ύπερος (θηλυκό μέρος) στο κέντρο του άνθους περιέχει στο κατώτερο τμήμα του την ωσθήκη με τα ωάρια. (Σχ. 6.1)

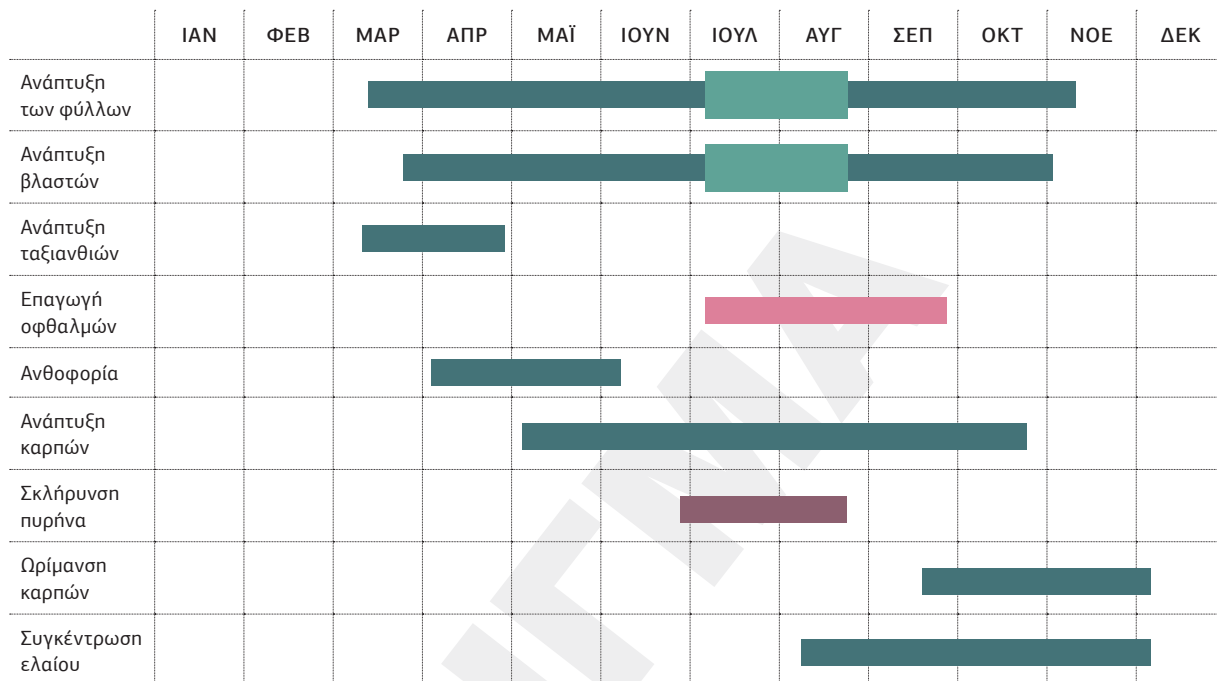
ΣΧΗΜΑ 6.1

#### Το ώριμο άνθος <sup>1</sup>



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6.1

### Οι φάσεις ανάπτυξης του δέντρου της ελιάς (φαινολογικά στάδια) και η διάρκειά τους, κατά τη διάρκεια ενός έτους<sup>12</sup>



να των καρπών, οι οποίοι έχουν ήδη σχηματιστεί. Η ένταση των σημάτων αυτών εξαρτάται από το μέγεθος της καρποφορίας και επηρεάζει αντίστροφα το μέγεθος καρποφορίας της επόμενης περιόδου. Η εκπομπή σημάτων έχει επιβεβαιωθεί με πειραματική μέθοδο από σχετική μελέτη των Stutte and Martin<sup>14</sup> καθώς και από ανάλογη μελέτη των Fernandez-Escobar et al.<sup>15</sup>

#### 6.4.2 | ΦΑΣΗ ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗΣ

Ονομάζεται το στάδιο κατά το οποίο αρχίζουν να διαμορφώνονται οι οφθαλμοί, εσωτερικά των βλαστών, στις βάσεις των φύλλων, λαμβάνοντας μορφή βλαστοφόρων ή ανθοφόρων. Ο προσδιορισμός του είδους των οφθαλμών κατά τη φάση διαφοροποίησης μπορεί να γίνει αντιληπτός μόνο με μικροσκόπιο, 8 μήνες μετά την επαγωγική διαδικασία, δηλαδή τον Φεβρουάριο (+/- 15 ημέρες, αναλόγως τις καιρικές συνθήκες).

#### 6.5 | Διαφοροποίηση οφθαλμών – απαιτήσεις σε ψύχος

Για να υπάρξει ικανοποιητική διαφοροποίηση των οφθαλμών, δηλαδή ικανοποιητική ανθοφορία-καρποφορία, απαραίτητη προϋπόθεση είναι η επικράτηση χαμηλών θερμοκρασιών κατά τον χειμώνα, συνολικής διάρκειας ενός ελάχιστου αριθμού ωρών. Η ανάγκη του δέντρου να βρεθεί υπό την επίδραση κάποιων ελάχιστων ωρών ψύχους, προκειμένου να ανθοφορήσει, είναι γνωστή ως «εαρινοποίηση». Η εαρινοποίηση βοηθά στην έξοδο των οφθαλμών από την κατάσταση λήθαργου και στην κατάλληλη διαμόρφωσή τους. Η έλλειψη κάποιων ελάχιστων επαρκών ωρών ψύξης μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την εξασθένηση των δέντρων, άνθη ανεπαρκώς σχηματισμένα, ακόμη και την πλήρη έλλειψη ανθοφορίας.<sup>16</sup>

Η διαδικασία διαφοροποίησης των οφθαλμών σε βλαστοφόρους ή ανθοφόρους οδηγεί σε ικανοποιητική καρποφορία αν επικρατήσουν θερμοκρασίες χαμη-

## 7. Χρωματικός Δείκτης Ωριμότητας των καρπών (Χ.Δ.Ω.)

Βασίλης Φραντζολάς, M.Sc. Food Policy

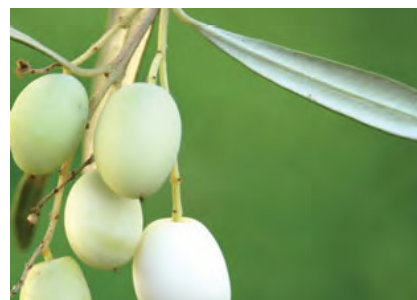
Η εκτίμηση του βαθμού ωριμότητας των καρπών γίνεται συνήθως μέσω της ταυτοποίησης με ένα από τα 8 στάδια χρωματικών αλλαγών στον φλοιό και τη σάρκα, τα οποία χαρακτηρίζονται με τους αριθμούς 0 έως 7 (Χ.Δ.Ω.). Περιγράφονται διεξοδικά ένα αριθμητικό παράδειγμα υπολογισμού του Δείκτη και οι 5 παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν τον δείκτη (Χ.Δ.Ω.) και την ταχύτητα μεταβολής του.

Οι αλλαγές στο χρώμα των καρπών που παρατηρούνται από τα μέσα Σεπτεμβρίου μέχρι τον Νοέμβριο αποτελούν έναν εμπειρικό, μη αξιόπιστο δείκτη εκτίμησης της ελαιοπεριεκτικότητας. Με την ολοκλήρωση της ανάπτυξής του και την απόκτηση του τελικού του σχήματος, ο καρπός ολοκληρώνει τη φάση «ωριμότητας» (αναφέρεται και ως «πράσινη ωρίμανση»), η οποία συνδέεται με την ολοκλήρωση συγκέντρωσης ελαίου ανάμεσα στα φυτικά κύτταρα. Αρχικά εμφανίζει έντονο πράσινο χρώμα, λόγω της υψηλής συγκέντρωσης χλωροφύλλης στον φλοιό και τη σάρκα, ακολουθούμενο από πρασινοκίτρινο χρώμα. Κατά την επόμενη φάση, της «ωρίμανσης» (αναφέρεται και ως περίοδος «μαύρης ωρίμανσης»), ο καρπός είναι ώριμος από φυσιολογικής πλευράς, η χλωροφύλλη μειώνεται σταδιακά και ο φλοιός αποκτά έντονα κιτρινοπράσινο χρώμα, το οποίο σταδιακά μετατρέπεται σε ιώδες, λόγω περαιτέρω μείωσης της χλωροφύλλης και σταδιακής αύξησης της χρωστικής ουσίας ανθοκυανίνης, στον φλοιό και στη σάρκα, καθώς και άλλων χρωστικών, αντιοξειδωτικών ουσιών όπως τα καροτενοειδή.

Οι χρωματικές αλλαγές στον καρπό συνήθως αρχίζουν από το άκρο του καρπού και επεκτείνονται σταδιακά προς την πλευρά του μίσχου,<sup>1</sup> ενώ σε ποικιλίες όπως η Κονσερβολιά Πηλίου συχνά η αλλαγή χρώματος μπορεί να ξεκινά από την πλευρά του μίσχου. Το ιώδες χρώμα καλύπτει σταδιακά όλο τον φλοιό του καρπού και στη συνέχεια αλλάζει σε μαύρο. Παράλληλα, αλλάζει και το χρώμα της σάρκας εσωτε-

### ΕΙΚΟΝΑ 7.1

Καρποί ποικιλίας Λευκολιά ή Ασπρολιά



Πηγή: Κατάλογος Φυτώρια Κωστελένος

### ΕΙΚΟΝΑ 7.2

Καρποί Ιταλικής ποικιλίας Oliva Bianca (καταγωγή από νήσο Κάσο)



Πηγή: [www.coltivazionebiologica.it](http://www.coltivazionebiologica.it)

### 7.3.4 | ΥΠΕΡΛΙΠΑΝΣΗ ΜΕ ΑΖΩΤΟ

Αν έχει γίνει υπερλίπανση με άζωτο, παρατηρείται καθυστέρηση συγκέντρωσης τόσο ανθοκυανινών στον φλοιό όσο και ποσότητας ελαίου στον καρπό.<sup>8</sup>

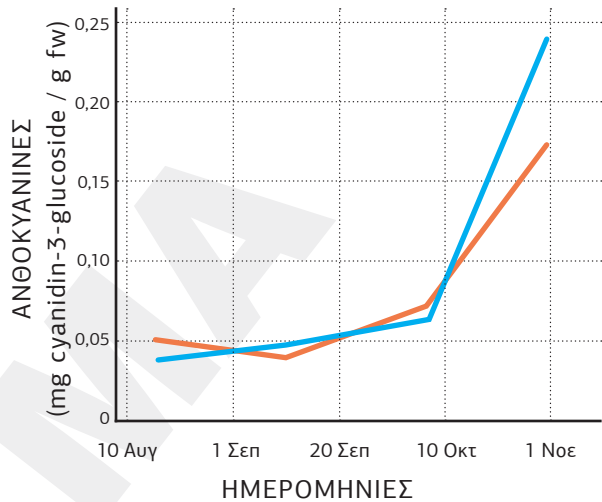
### 7.3.5 | ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ

Στην περιοχή του κόλπου Εντρεμίτ (Τουρκία), σε πέντε ελαιώνες της ίδιας ευρύτερης περιοχής και δέντρα της ίδιας ποικιλίας, εξετάστηκε, μεταξύ άλλων στοιχείων, η επιρροή των τοπικών συνθηκών στον Χ.Δ.Ω. Κατά τα μέσα Οκτωβρίου, οι διαφορές στον Χ.Δ.Ω. ήταν σημαντικές –έως και δύο μονάδες–, επιβεβαιώνοντας την επιρροή των τοπικών, κυρίως μετεωρολογικών συνθηκών. Οι διαφορές αυτές εξομαλύνθηκαν έναν μήνα αργότερα, κατά την περίοδο συλλογής των καρπών.<sup>9</sup>

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.3

### Αύξηση ανθοκυανινών του καρπού σε ξερικό και αρδευόμενο ελαιώνα

● Αρδευόμενος ● Μη αρδευόμενος



ΠΙΝΑΚΑΣ 7.2

### Παράδειγμα μεταβολής χρώματος καρπών (Χ.Δ.Ω.) δύο ποικιλιών, κατά την ωρίμανση<sup>4</sup>

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	19 ΝΟΕ	30 ΝΟΕ	12 ΔΕΚ	22 ΔΕΚ	8 ΙΑΝ
ποικιλία FRANTOIO	1,03	1,14	1,15	1,18	1,25
ποικιλία LECCINO	2,34	2,86	2,97	3,00	3,00

### ΕΙΚΟΝΑ 7.4

Καρποί, Κορωνέικη ποικιλία, Κρήτη. Αριστερά: αρδευόμενος ελαιώνας, Δεξιά: μη αρδευόμενος ελαιώνας.



Πηγή: Φωτογραφικό αρχείο Βασ. Φραντζολά



Πηγή: Φωτογραφικό αρχείο Βασ. Φραντζολά

## 8. Η συγκέντρωση ελαιολάδου και το χρώμα των καρπών

Βασίλης Φραντζολάς, M.Sc. Food Policy

Περιγράφονται αναλυτικά οι τέσσερις φάσεις εξέλιξης του καρπού, ανάπτυξη, ωριμότητα, ωρίμανση, γήρανση. Η συγκέντρωση ελαιολάδου στον καρπό συντελείται περίπου με την ολοκλήρωση της φάσης ωριμότητας, σηματοδοτούμενη με την αρχή αλλαγής του χρώματος από πρασινοκίτρινο σε ελαφρά ιώδες. Αναλόγως την ποικιλία, ο απαιτούμενος χρόνος ολοκλήρωσης ελαιοπεριεκτικότητας κυμαίνεται στις 140-180 ημέρες, από την πλήρη ανθοφορία. Καμία ουσιαστική αύξηση ελαιοπεριεκτικότητας δεν επέρχεται με παρατεινόμενη παραμονή των καρπών στο δέντρο, ενώ κατά την περίοδο μέγιστης ελαιοπεριεκτικότητας σημειώνεται επίσης η μέγιστη συγκέντρωση των αρωματικών ενώσεων. Η ποσότητα ελαιολάδου στον καρπό εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό, πέραν της ποικιλίας και της χρονιάς παραγωγής, από τη γεωγραφική περιοχή όπου βρίσκεται ο ελαιώνας, με σημαντικές διαφορές μεταξύ των περιοχών. Η περιεκτικότητα του καρπού σε ελαιόλαδο είναι προγραμματισμένη και ανεξάρτητη του βάρους του καρπού.

### 8.1 | Ο καρπός της ελιάς

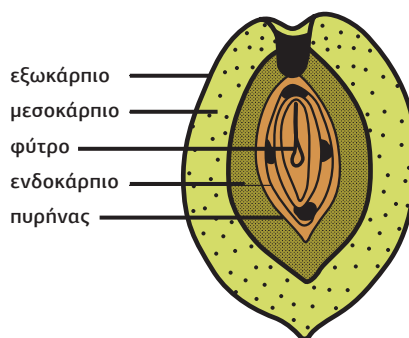
Ο καρπός της ελιάς είναι δρύπη, δηλαδή «σαρκώδης καρπός με ξυλώδες ενδοκάρπιο, ο οποίος περιέχει ένα σπέρμα» (Εικ. 8.1).

### 8.2 | Ο σχηματισμός ελαιολάδου στον καρπό

Τα ελαιόδεντρα εμφανίζουν ανθοφορία κυρίως κατά τον Μάιο, η έναρξη της οποίας χρονικά εξαρτάται από τις μέσες ανώτατες θερμοκρασίες των μηνών Μαρτίου και Απριλίου. Από την εμφάνιση του πρώτου άνθους μέχρι την ημέρα της πλήρους άνθησης (Η.Π.Α.), μεσολαβεί διάστημα περίπου 2 εβδομάδων, ενώ η διάρκεια

**ΕΙΚΟΝΑ 8.1**

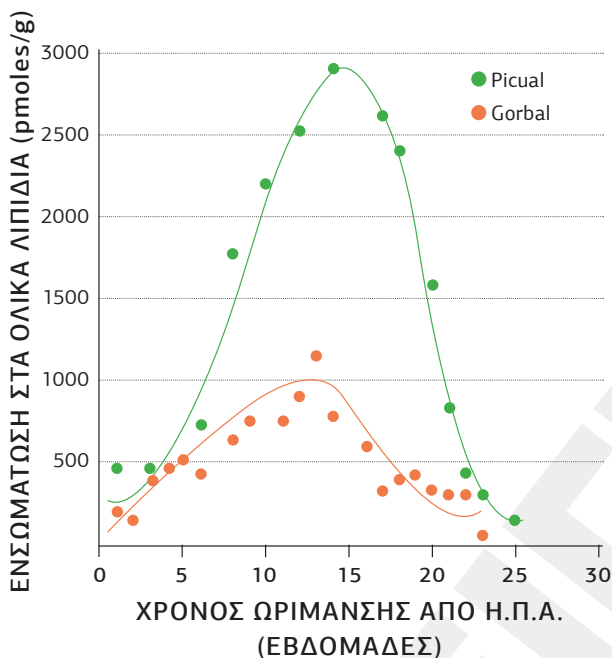
Τομή καρπού ελιάς.





ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 8.1

### Συγκέντρωση ελαιολάδου στη σάρκα των καρπών, ποικιλίες Picual και Gorbai, με ενσωμάτωση οξικού C14 στα ολικά λιπίδια<sup>2</sup>



του νέου φυτού. Αυτή η προνομιά φυσική επιλογή είχε πρώτα επισημανθεί από τον Δαρβίνο.<sup>1</sup>

Αναλυτικά, τα στάδια εξέλιξης έχουν ως εξής:

Η **ανάπτυξη** περιλαμβάνει αρχικά τη διαίρεση των φυτικών κυττάρων και, στη συνέχεια, τη μεγέθυνσή τους μέχρι την οριστικοποίηση του σχήματος του καρπού.

Κατά την **ωριμότητα** έχουν συσσωρευτεί στον καρπό μια σειρά σύνθετων μορίων με τη μορφή λιπιδίων, υδατανθράκων, πρωτεϊνών και οργανικών οξέων. Η ολοκλήρωση της συγκέντρωσης ελαιολάδου στον καρπό συμπίπτει συνήθως με την ολοκλήρωση της φάσης ωριμότητας και την έναρξη της φάσης ωρίμανσης, οπότε ο μέσος χρωματικός δείκτης ωριμότητας (Χ.Δ.Ω.) είναι μεταξύ 1,25 και 1,5 και αρχίζει η εμφάνιση μοβ στιγμάτων στον κιτρινοπράσινο καρπό, σε έκταση μικρότερη του 50% του φλοιού. Κατά το μέσον της περιόδου συγκέντρωσης ελαιολάδου στον καρπό, σημειώνεται ο μεγαλύτερος ρυθμός σύνθεσης τριγλυκεριδίων, περίπου 40 mg ανά εβδομάδα.<sup>1</sup>

Η βιοσύνθεση και συγκέντρωση τριγλυκεριδίων ελαιολάδου στη σάρκα των καρπών έχουν καταγραφεί με ακρίβεια, μέσω ενσωμάτωσης οξικού C14 στο σύνολο των λιπιδίων, στις ισπανικές ποικιλίες Picual και Gordal. Η εβδομαδιαία συγκέντρωση ακολουθεί τη μορφή των καμπυλών του Διαγρ. 8.1. Από την Η.Π.Α., η συγκέντρωση ελαιολάδου και στις δύο ποικιλίες ολοκληρώθηκε σε περίπου 25 εβδομάδες.<sup>2</sup>

Κατά την **ωρίμανση** αρχίζουν χαρακτηριστικοί βιοχημικοί και φυσιολογικοί μετασχηματισμοί, οι οποίοι σηματοδοτούν την προετοιμασία του καρπού για είσοδο στη φάση της γήρανσης. Ως σημαντικοί μετασχηματισμοί αναφέρονται οι αλλαγές στο χρώμα του φλοιού και της σάρκας, το μαλάκωμα της σάρκας λόγω έναρξης ενζυμικών δράσεων αποδόμησης των κυττάρων, η δημιουργία νέων αρωματικών ενώσεων, ο μετασχηματισμός των φαινολών σε διαφορετικές μορφές, κ.ά. Η ωρίμανση των καρπών, γενικά, ξεκινά αφού έχει σχηματιστεί το μέγιστο μέγεθός τους και έχει ολοκληρωθεί η φάση ωριμότητας από φυσιολογικής πλευράς.<sup>3</sup> Είναι χαρακτηριστικό ότι κατά τη φάση της ωρίμανσης αρχίζουν να παρατηρούνται ρωγμές στο στρώμα των κερών που περιβάλλουν τον φλοιό, με αποτέλεσμα απώλειες υγρασίας, οδηγώντας σε σταδιακή μείωση του βάρους των καρπών. Το ξηρό βάρος των καρπών (ε.β., βάρος καρπού εκτός υγρασίας) αυξάνεται σταδιακά από τον Ιούλιο ως τον Οκτώβριο περίπου.

Κατά τη **γήρανση** η οποία ακολουθεί το στάδιο της ωρίμανσης, οι φυτικοί ιστοί των καρπών οδηγούνται στον θάνατο, προετοιμάζοντας την πτώση των καρπών που περιέχουν τους σπόρους αναπαραγωγής του δέντρου.

Τα όρια μεταξύ των σταδίων ανάπτυξης δεν είναι απολύτως ευδιάκριτα στον καρπό της ελιάς, ενώ στην περίπτωση των φρούτων συνήθως η ωριμότητα και η ωρίμανση εκλαμβάνονται μαζί, ως ένα στάδιο ωρίμανσης.

Σε μελέτη του Πανεπιστημίου του Μονπελιέ (Νότια Γαλλία) διερευνήθηκε η εξέλιξη των φαινολογικών σταδίων του καρπού της ελιάς, από την ανθοφορία έως την ολοκλήρωση της συγκέντρωσης του ελαίου, σε τέσσερις ποικιλίες (Αμυγδαλολιά, Arbequina, Luques, Oliviere). Οι τέσσερις ποικιλίες σημείωσαν μέχρι τον Οκτώβριο συνεχή αύξηση βάρους λόγω αύξησης του μεγέθους των φυτικών κυττάρων, στη συνέχεια καταγράφηκε πτώση του βάρους τους λόγω απώλειας υγρασίας, ενώ παρατηρήθηκε ότι η σκλήρυνση του πυρήνα των καρπών ολοκληρώθηκε μετα-

## 9. Εκτίμηση του κατάλληλου χρόνου συλλογής των καρπών

Βασίλης Φραντζολάς, M.Sc. Food Policy

Η ελαιοπεριεκτικότητα των καρπών αποτελεί το σπουδαιότερο κριτήριο για την έναρξη συλλογής τους. Για την εκτίμησή της, εξετάζονται οι σταδιακές μεταβολές που παρατηρούνται στη φυσιολογία τους κατά τη διάρκεια της ωριμότητας. Οι πλέον συνήθεις αλλαγές είναι στο χρώμα, τη σκληρότητα της σάρκας, τη δύναμη αποκοπής και τα σάκχαρα του καρπού.

### 9.1 | Χρώμα των καρπών

Η πλέον απλή μέθοδος αφορά τις αλλαγές στο χρώμα των καρπών, με χρήση του Χρωματικού Δείκτη Ωριμότητας (Χ.Δ.Ω.) (βλ. Κεφ. 8, Η συγκέντρωση ελαιολάδου και το χρώμα των καρπών). Σε αντίθεση με αυτό που πιστεύει η μεγάλη πλειονότητα των παραγωγών, ο Χ.Δ.Ω., ως δείκτης, είναι εμπειρικός και πολύ λίγο αξιόπιστος, καθώς η συγκέντρωση ελαιολάδου και η αλλαγή χρώματος είναι δύο ανεξάρτητες φυσιολογικές διεργασίες, που δεν μεταβάλλονται με τον ίδιο ρυθμό. Παράδειγμα, το μέγεθος της καρποφορίας επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό το χρώμα των καρπών. Σε περιόδους χαμηλής καρποφορίας, η μεταβολή επέρχεται με ταχύτερο ρυθμό, ενώ με υψηλή καρποφορία παρουσιάζει σημαντική καθυστέρηση. Επίσης οι περιβαλλοντικές συνθήκες –ειδικότερα: υψηλές θερμοκρασίες συνδυαζόμενες με χαμηλή υγρασία– ενδέχεται να επηρεάσουν αρνητικά την ελαιοπεριεκτικότητα, ενώ ο Χ.Δ.Ω. εμφανίζει υψηλές τιμές. Επομένως, ως δείκτης ελαιοπεριεκτικότητας, ο Χ.Δ.Ω. δεν παρουσιάζει από μόνος του αξιοπιστία για τον παραγωγό και πρέπει να συνεκτιμάται και με άλλους δείκτες.

### 9.2 | Η σκληρότητα της σάρκας

Κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης των καρπών, η σκληρότητα της σάρκας μειώνεται σταδιακά (Διάγρ. 9.1) λόγω της δράσης υδρολυτικών ενζύμων, τα οποία αποδομούν σταδιακά τα φυτικά κύτταρα. Η σκληρότητα της σάρκας εκτιμάται με την αντίσταση που προ-

βάλλει σε διάτρηση και αποτελεί έναν αξιόπιστο δείκτη για την ωρίμανση των καρπών.

Με φορητό πενετρόμετρο (Εικ. 9.1), γίνεται μέτρηση της δύναμης που απαιτείται (σε μονάδες Newton, 1 Newton (N) = περ. 100 gr) για τη διάτρηση της σάρκας από ένα μικρό μεταλλικό έμβολο διαμέτρου 1 mm. Η διαδικασία είναι η ίδια που εφαρμόζεται για τον Χ.Δ.Ω. (βλ. Παρ. 7.1): Συλλέγονται τυχαία, από διάφορα ύψη και σημεία της κόμης, 50-100 καρποί που υποβάλλονται στη δοκιμασία με το πενετρόμετρο. Ο αριθμητικός μ.ό. των μετρήσεων αποτελεί τον δείκτη επιφανειακής σκληρότητας του δείγματος των καρπών. Οι μετρήσεις επαναλαμβάνονται άλλη μία φορά με

**ΕΙΚΟΝΑ 9.1**  
Πενετρόμετρο



Πηγή: Aliyiqi Instrument Co., Ltd.

**ΕΙΚΟΝΑ 9.5**

Φασματοφωτόμετρο (NIR), FOSS of Denmark.



Πηγή: Φωτογραφικό αρχείο Βασ. Φραντζολά

συγκριτικά με όργανα NMR, είναι ότι καθίσταται δυνατή η άμεση, ταχεία μέτρηση της περιεχόμενης υγρασίας και ελαιολάδου επί νωπού δείγματος, ενώ με τα όργανα NMR η μέτρηση γίνεται επί ξηρού δείγματος, το οποίο απαιτεί ξήρανση της ελαιοζύμης ή των καρπών επί θωρο, μεταθέτοντας τη λήψη των αποτελεσμάτων για την επόμενη εργασιακή ημέρα.

### 9.7.2 | ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ ABENCOR

Προκειμένου να εξαχθούν στο εργαστήριο μικρές πο-

**ΕΙΚΟΝΑ 9.6**

Maran Ultra NMR Analyzer – Oxford Instruments.



Πηγή: Φωτογραφικό αρχείο Βασ. Φραντζολά

σότητες ελαιολάδου για την αξιολόγηση των χημικών ή οργανοληπτικών χαρακτηριστικών, γίνεται συνήθως χρήση τριών οργάνων Abencor (σπαστήρας, μαλακτήρας, ντεκάντερ) (Εικ. 9.7). Οι παραγόμενες μικρές ποσότητες ελαιολάδου έχουν χαρακτηριστικά τα οποία προσομοιάζουν σε ελαιοποίηση πραγματικών συνθηκών, αλλά παρουσιάζουν ενδεχομένως κάποιες διαφορές λόγω των διαφορετικών συνθηκών ελαιοποίησης (π.χ. διαφορετικός τύπος σπαστήρα, προσθήκη νερού, χαμηλές θερμοκρασίες, ανοικτοί μαλακτήρες). Θεωρούνται αξιόπιστα όργανα χρησιμοποιούμενα ευρέως για ερευνητικούς κυρίως σκοπούς.

**ΕΙΚΟΝΑ 9.7**

Εργαστηριακά όργανα σειράς Abencor: Α. Σπαστήρας Mod. MM-100, Β. Μαλακτήρας TB-100, Γ. Φυγοκεντριστής CF -100.



Πηγή: Φωτογραφικό αρχείο Βασ. Φραντζολά

## 10. Μηχανική συλλογή των καρπών

Βασίλης Φραντζολάς, M.Sc. Food Policy

Η μέθοδος μηχανικής συλλογής των καρπών που θα επιλεγεί, καθώς και ο χρόνος έναρξης, σε συνάρτηση με τη διάρκεια της συλλογής, επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό α) την ποσότητα και ποιότητα του ελαιολάδου και β) το κόστος παραγωγής. Αναλύονται όλες οι μέθοδοι μηχανικής συλλογής, η κατάλληλη διαμόρφωση του κορμού και της κόμης των δέντρων, δονητικά μηχανήματα κορμού με ή χωρίς ομπρέλα, η μηχανική κτένα, η χρήση χημικών ουσιών, καθώς και οι προϋποθέσεις για υψηλή παραγωγικότητα των μηχανημάτων συλλογής.

Η μέθοδος συλλογής των καρπών και η επιλογή του χρόνου έναρξης συλλογής επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό α) την ποσότητα και ποιότητα του ελαιολάδου και β) το κόστος παραγωγής.

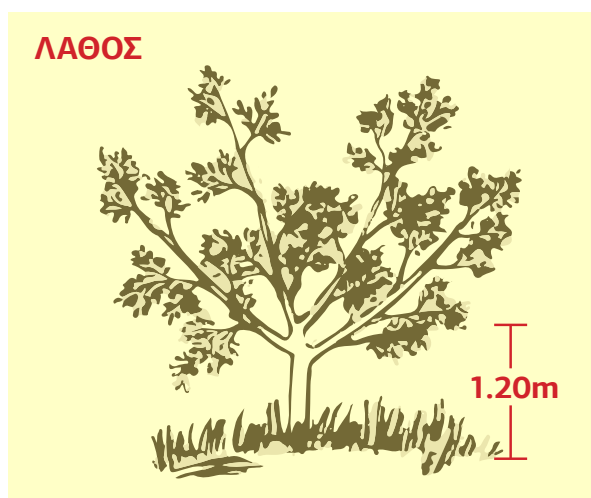
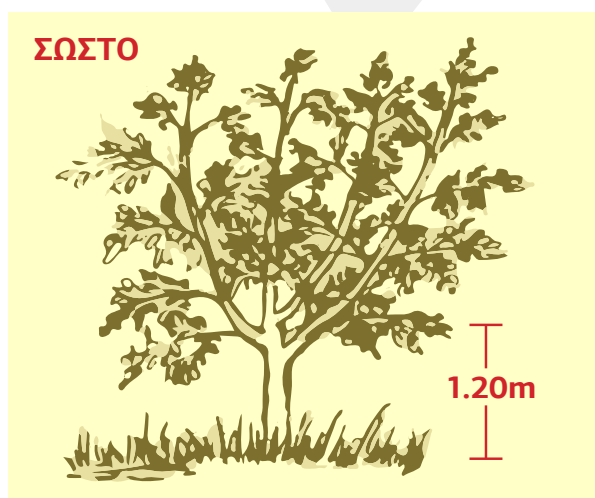
Η εκμηχάνιση της συλλογής καρπών είναι μία απαραίτητη εξέλιξη για τους παραδοσιακούς ελαιώνες, αλλά και για ελαιώνες που έχουν φυτευτεί τα τε-

λευταία 30-40 χρόνια, σε διάφορες διατάξεις, πυκνές ή παραδοσιακές.

Τα συστήματα μηχανικής συλλογής καρπών, συγκριτικά με τις παραδοσιακές μεθόδους, επιφέρουν, πέραν της μείωσης κόστους, σημαντική βελτίωση της ποιότητας του ελαιολάδου. Το χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο πρέπει ιδανικά να γίνεται η συλλογή είναι

### ΕΙΚΟΝΑ 10.1

Τα δέντρα που αναπτύσσονται κατά το κυπελλοειδές σχήμα πρέπει να έχουν πρωτεύοντες βραχίονες με σχετικά στενή γωνία ανάπτυξης (30-40°): σωστή διαμόρφωση αριστερά, λάθος δεξιά.<sup>3</sup>



αίος και με φλοιό επίπεδο, χωρίς προεξοχές (Εικ. 10.8).

Όταν η συλλογή καρπών διενεργείται νωρίς, στην αρχή της παραγωγικής περιόδου, είναι πιθανόν να προκληθούν τοπικές βλάβες στον φλοιό, οι οποίες πρέπει να καλύπτονται άμεσα, τοπικά, με διάλυμα χαλκού. Αν παρατηρηθούν βλάβες στον φλοιό του κορμού, η διαδικασία συλλογής διακόπτεται, για την αποφυγή μεγαλύτερων ζημιών, και συνεχίζεται σε μεταγενέστερο χρόνο, μετά την πάροδο λίγων εβδομάδων.

Ο μέσος χρόνος απασχόλησης δονητικού μηχανήματος ανά δέντρο ηλικίας έως 30 ετών, με κατάλληλα οργανωμένο συνεργείο συλλογής των καρπών με ελαιόπανα, υπολογίζεται περί τα 1,5'-2' – ομοίως και αν υπάρχει ομπρέλα συλλογής. Υπ' αυτές τις συνθήκες, το κόστος συλλογής, αναλόγως και το μέγεθος καρποφορίας, δεν υπερβαίνει τα 0,15-0,20 € ανά κιλό καρπών.

Υψηλές αποδόσεις του δονητικού μηχανήματος ανά στρέμμα επιτυγχάνονται όταν ο ελαιώνας είναι πυκνής φύτευσης, συνήθως 5,5 × 5,5 m ή 6,0 × 6,0 m, με κατάλληλα διαμορφωμένα δέντρα (ψηλό ανοικτό κύπελλο), εξασφαλίζοντας έναν ελάχιστο χώρο για τους απαραίτητους ελιγμούς του μηχανήματος. Στην περίπτωση συλλογής καρπών από δίχτυα επί εδάφους, η παραγωγικότητα ανέρχεται περί τα 100 κιλά την ώρα ανά εργάτη (δέντρα σε τετράγωνη διάταξη 6 × 6 m, ηλικίας περίπου 20 ετών, κυπελλοειδούς σχήματος, ποικιλίας Leccino, μέσης παραγωγής 29 kg/δέντρο, βάρους καρπών 1,6 g και αντίστασης αποκοπής καρπού 430 g).<sup>8</sup> Οι υψηλές αποδόσεις του μηχανήματος δόνησης κορμού πρέπει να υποστηρίζονται από αντίστοιχης δυναμικότητας ελαιοτριβείο, αφού η διαδικασία συλλογής και ελαιοποίησης χρειάζεται να είναι συνεχής, να αποφεύγεται η ανάπτυξη ενζυμικών αλλοιώσεων στους καρπούς.

Σε ελαιώνες πυκνής φύτευσης (30-40 δέντρα το στρέμμα), συνεργείο αποτελούμενο από δύο άτομα και ένα αυτοκινούμενο μηχανήμα δόνησης κορμού έχει τη δυνατότητα να συγκομίζει 160-180 δέντρα ανά ημέρα. Αν τα δέντρα φέρουν σχετικά μεγάλο φορτίο καρπών, η παραγωγικότητα εργασίας μπορεί να φτάσει τα 300 κιλά καρπών την ώρα ανά εργαζόμενο (3 συνολικά). Από σχετικές μελέτες έχει υπολογιστεί ότι η ελάχιστη επιφάνεια ελαιώνα για την οποία συμφέρει να αγοραστεί δονητής κορμού είναι 70-100 στρέμματα, με πυκνή φύτευση 25-30 δέντρων ανά στρέμμα και ελάχιστη μέση παραγωγικότητα ανά δέντρο 15 κιλά καρπών. Αν η παραγωγή των δέντρων

**ΕΙΚΟΝΑ 10.7**

Δαγκάνες μηχανήματος δόνησης κορμού, επενδεδυμένες με χοντρό λάστιχο.<sup>8</sup>



**ΕΙΚΟΝΑ 10.8**

Κορμός ακατάλληλος για χρήση δονητικού μηχανήματος.<sup>8</sup>



# 11. Μεταφορά και αναμονή των καρπών μέχρι την ελαιοποίηση

Βασίλης Φραντζολάς, M.Sc. Food Policy

Η μέθοδος συλλογής των καρπών και ο χρόνος αναμονής επηρεάζουν καθοριστικά τη μεταβολή των οργανοληπτικών και χημικών ποιοτικών χαρακτηριστικών στο παραγόμενο ελαιόλαδο. Αναφέρονται τα κατάλληλα μέσα μεταφοράς, ο μέγιστος επιτρεπόμενος χρόνος αναμονής των καρπών σε συνδυασμό με την θερμοκρασία περιβάλλοντος, καθώς και οι κατάλληλες συνθήκες για προσωρινή ψύξη των καρπών πριν την ελαιοποίηση.

Κατά τη μεταφορά και αναμονή των καρπών έως την ελαιοποίηση, είναι απαραίτητη η τήρηση ορισμένων συνθηκών, για την αποφυγή υποβάθμισης της ποιότητας του ελαιολάδου.

Αμέσως μετά την κοπή των καρπών από το δέντρο, ενεργοποιούνται διάφορα ένζυμα π.χ. λιπάσες (δημιουργία οξύτητας), οδηγώντας σε ταχεία αλλοίωση των χημικών ποιοτικών χαρακτηριστικών, καθώς και κυτταρικές μεταβολές στη φυσιολογία τους, με αποτέλεσμα την μείωση φαινολών και πτητικών συστατικών. Ειδικότερα, και κατά την προσωρινή αποθήκευση των καρπών, παρατηρείται ενεργοποίηση των ενδογενών διασπαστικών ενζύμων πολυφαινολοξειδάση (PPO) και υπεροξειδάση (POD), τα οποία συμβάλλουν στην μείωση των φαινολικών ενώσεων.<sup>1</sup> Η παρατηρούμενη μείωση των πτητικών ενώσεων πιθανόν οφείλεται στην αναστολή δράσης των ενζύμων που μετέχουν στο μονοπάτι της λιποξυγενάσης (LOX).<sup>2</sup>

Στο εξωτερικό τμήμα του καρπού, τον φλοιό, υπάρχει πάντοτε μεγάλος αριθμός από μύκητες και ένζυμα, τα οποία, υπό ορισμένες συνθήκες, μπορεί να συμβάλλουν στη σταδιακή αποσύνθεση των καρπών, εξαρτώμενη σε μεγάλο βαθμό από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Κρίσιμος παράγοντας για την αποφυγή αλλοιώσεων στον καρπό είναι η θερμοκρασία του χώρου παραμονής τους, η οποία πρέπει να ελέγχεται εφόσον οι καρποί πρόκειται να παραμείνουν στον χώρο αποθήκευσης για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από τον μέγιστο επιτρεπόμενο χρόνο ασφαλούς παραμονής<sup>3</sup> (Διάγρ. 11.2). Μύκητες, ζύμες

και βακτηριακές μολύνσεις, οι οποίες αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης ή παραμονής μέχρι την ελαιοποίηση, είναι η αιτία για τη δημιουργία αρνητικών οργανοληπτικών χαρακτηριστικών στο παραγόμενο ελαιόλαδο.<sup>4</sup>

Στην περίπτωση παραμονής καρπών σε σακιά οποιασδήποτε σύστασης (από γιούτα ή πλαστικά), έστω και για 1-2 ημέρες, αναπτύσσονται στο εσωτερικό τους υψηλές θερμοκρασίες (έως και κατά 10°C). Ως αποτέλεσμα λαμβάνει χώρα πολλαπλασιασμός των μυκήτων, έναρξη δράσης της μυκητιακής λιπάσης, που διασπά τα τριγλυκερίδια των καρπών, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ελεύθερων λιπαρών οξέων, δηλαδή οξύτητας, ενώ μετά από πολυήμερη παραμονή συχνά παρατηρείται το χαρακτηριστικό ελάττωμα της μούχλας.<sup>5</sup>

Παρατεταμένη παραμονή των καρπών πριν την ελαιοποίηση οδηγεί σε πρόσθετες ζυμώσεις στα σάκχαρα του καρπού, με αποτέλεσμα τη δημιουργία οξικού οξέος, στο οποίο οφείλεται το οργανοληπτικό ελάττωμα «οινώδες», ή «οξώδες», του ελαιολάδου.

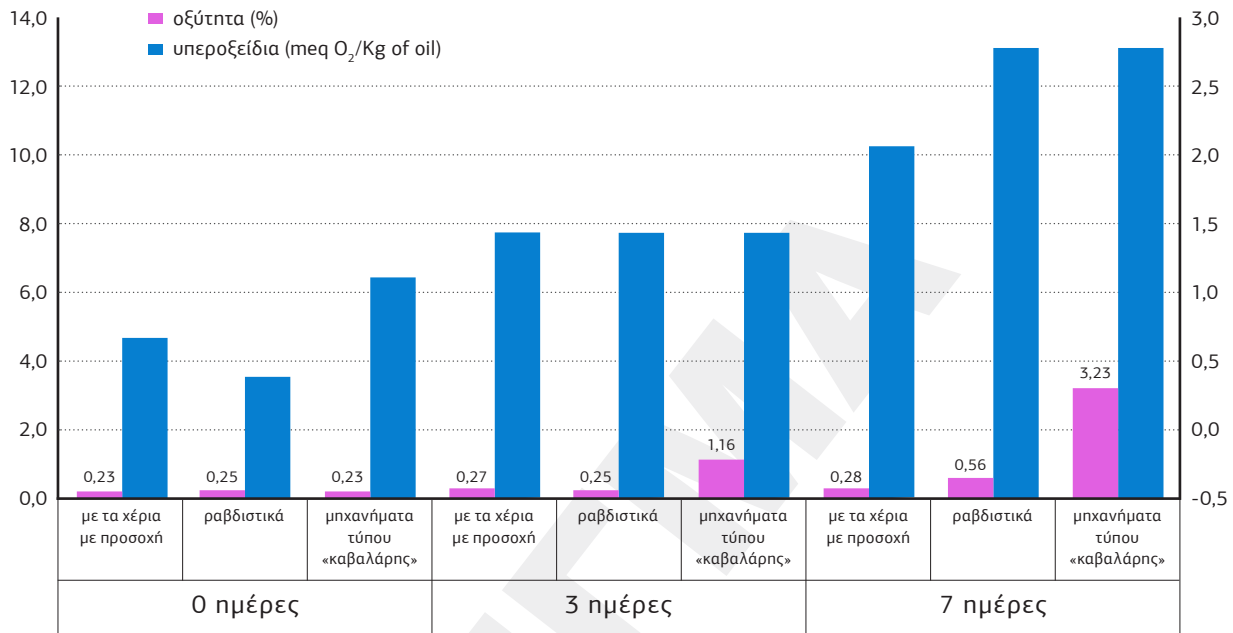
Στο χρονικό διάστημα μέχρι την ελαιοποίηση των καρπών, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στα παρακάτω:

## 11.1 | Αποφυγή χτυπημάτων στον καρπό

Τα χτυπήματα στον καρπό προέρχονται από τα ελαιораβδιστικά και σε μεγάλο βαθμό είναι συνήθως άο-

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 11.1

### Μεταβολή χημικών ποιοτικών χαρακτηριστικών στο ελαιόλαδο, ανάλογα με τον χρόνο αναμονής των καρπών και τη μέθοδο συλλογής <sup>7</sup>



υπάρχει κίνδυνος εμφάνισης αρωματικών κυκλικών υδρογονανθράκων στους καρπούς και εν συνεχεία στο ελαιόλαδο.<sup>6</sup>

### 11.3 | Παραμονή των καρπών μέχρι την ελαιοποίηση

Όταν οι καρποί βρίσκονται σε αναμονή μέχρι την ελαιοποίηση, η θερμοκρασία στο εσωτερικό του μέσου μεταφοράς (π.χ. σάκοι ή κιβώτια) είναι ο πλέον κρίσιμος παράγοντας για την αποφυγή ανάπτυξης ζυμώσεων, οι οποίες επενεργούν βλαπτικά στα οργανοληπτικά και χημικά χαρακτηριστικά του ελαιολάδου. Γενικώς, η κατά το δυνατόν συντομότερη ελαιοποίηση των καρπών είναι ένας απαραίτητος κανόνας για την παραγωγή ποιοτικού ελαιολάδου.

Σύμφωνα με έρευνες, η υποβάθμιση των χημικών ποιοτικών χαρακτηριστικών στο ελαιόλαδο, κατά τη διάρκεια αναμονής των καρπών, είναι σημαντική, ιδιαίτερα για την οξύτητα και τα υπεροξειδία, σύμφωνα με το Διάγρ. 11.1.

Οι συνολικές φαινόλες και τα αρωματικά συστατικά

στο ελαιόλαδο παρουσιάζουν γενικώς μικρή υποβάθμιση, υπό την προϋπόθεση ότι η ελαιοποίηση γίνεται εντός 3 ημερών από τη συλλογή των καρπών.

Σε πενταετή μελέτη στην Ιταλία,<sup>3</sup> προσδιορίστηκε ο μέσος ανώτατος ασφαλής χρόνος παραμονής των καρπών, από τη συλλογή μέχρι την ελαιοποίηση, σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Π.χ. από το παραπάνω Διάγρ. 11.2 συμπεραίνεται ότι, όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι 10°C, ο μεγαλύτερος ασφαλής χρόνος αποθήκευσης είναι 50 ώρες, με θερμοκρασία 15°C είναι 20 ώρες, με θερμοκρασία 20°C είναι 8 ώρες, ενώ με θερμοκρασία περιβάλλοντος 25°C είναι μόνο 2 ώρες.

Οι ανωτέρω τιμές δεν είναι απόλυτες, πάντοτε υπάρχουν διαφοροποιήσεις αναλόγως π.χ. το μέγεθος των καρπών της ποικιλίας (μικρόκαρπες – σχετικά μεγαλύτεροι χρόνοι) και τον βαθμό ωριμότητας των καρπών (πράσινοι, πρασινοκίτρινοι – λίγο μεγαλύτεροι χρόνοι). Σε κάθε περίπτωση, συνιστάται γενικά η ελαιοποίηση να γίνεται το ταχύτερο δυνατόν, εντός ολίγων ωρών.

Κατά την παραμονή των καρπών, λόγω της συμπίεσης και των –αναπόφευκτων– χτυπημάτων στη σάρκα, προκαλείται ενεργοποίηση των ενδογενών ενζύμων τα

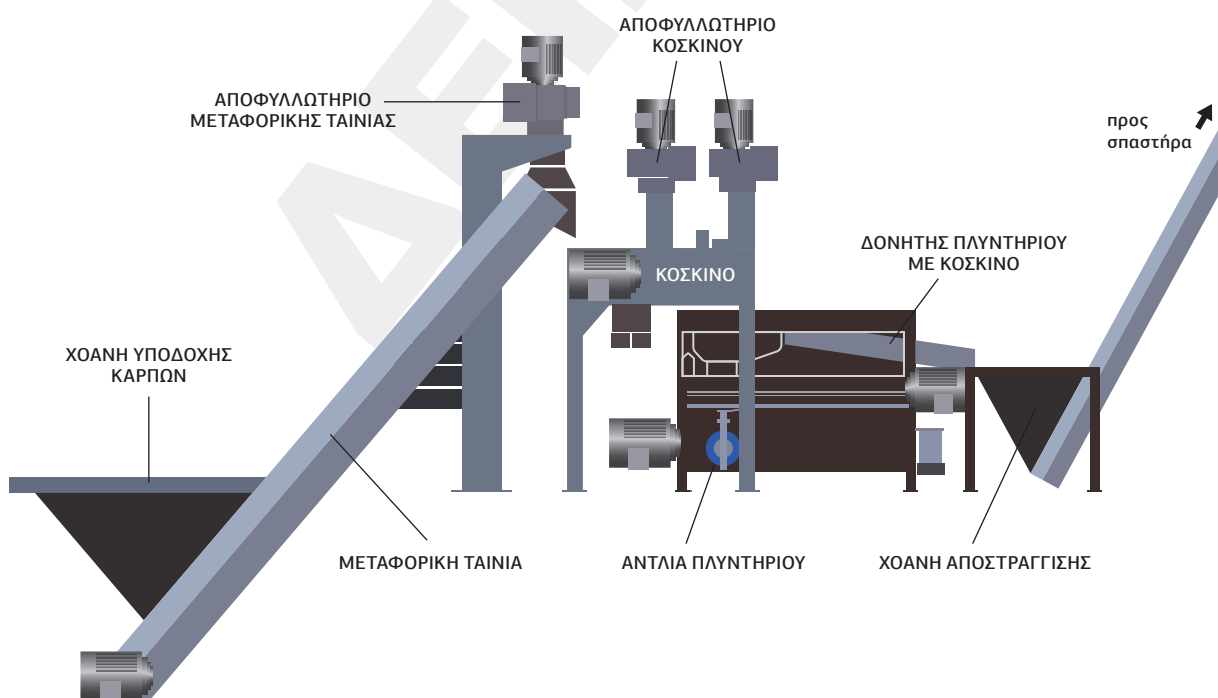
## 12. Αποφύλλωση και πλύσιμο των καρπών

Βασίλης Φραντζολάς, M.Sc. Food Policy

Η αποφύλλωση και το πλύσιμο αποτελούν τα πρώτα στάδια της διαδικασίας επεξεργασίας των καρπών στο ελαιοτριβείο. Για την απομάκρυνση των φύλλων, χρησιμοποιούνται ισχυροί απορροφητήρες, ή περιστρεφόμενοι θάλαμοι σε συνδυασμό με απορροφητήρες, σύστημα το οποίο συναντάται στην Ιταλία και την Ισπανία. Το αποτελεσματικό πλύσιμο των καρπών με καθαρό νερό είναι κρίσιμης σημασίας για την ποιότητα του παραγόμενου ελαιολάδου.

ΣΧΗΜΑ 12.1

Σχηματικό διάγραμμα διαδικασίας αποφύλλωσης και πλύσης καρπών σε μονάδα επεξεργασίας καρπών



Πηγή: ALFA LAVAL



**ΕΙΚΟΝΑ 12.5**

Συγκρότημα αποφύλλωσης –δύο απορροφητήρων– και πλυντηρίου καρπών ALFA LAVAL.



Πηγή: Φωτογραφικό αρχείο Βασ. Φραντζολά

**ΕΙΚΟΝΑ 12.6**

Διαχωριστήρας τυμπάνου καρπών-κλαδίσκων & φύλλων, τριών σταδίων.



Πηγή: Φωτογραφικό αρχείο Βασ. Φραντζολά

πών, ώστε να απομακρυνθούν τα μικρά ξένα σώματα όπως πέτρες, βίδες, χώματα, κτλ. Ακολουθεί η δεύτερη φάση της αποφύλλωσης, όπου οι καρποί, κινούμενοι συνεχώς επί της παλλόμενης μεταφορικής ταινίας, μεταφέρονται κάτω από έναν ή δύο εν σειρά, ισχυρούς απορροφητήρες (Εικ. 12.5) οι οποίοι απομακρύνουν φύλλα και κλαδίσκους, όπου μέσω αεραγωγού μεταφέρονται και συγκεντρώνονται σε χώρο εκτός του ελαιοτριβείου. Τα φύλλα μπορεί να χρησιμοποιηθούν για παρασκευή κομπόστ ή για ζωοτροφή.

Η αποφύλλωση, όταν γίνεται σε τρία στάδια, είναι πιο αποτελεσματική. Κατά το πρώτο στάδιο, μέσα από ταχέως περιστρεφόμενο τύμπανο με σχισμές, ή τρύπες, μεγαλύτερες από τους καρπούς, γίνεται ο διαχωρισμός των καρπών από τυχόν κλαδίσκους –μέσω των ασκούμενων διατμητικών δυνάμεων– οι οποίοι παραμένουν στο εσωτερικό του τυμπάνου (Εικ. 12.6).

Κατά το δεύτερο στάδιο, οι καρποί περνούν από δονούμενο κόσκινο με τρύπες μικρότερες από τους καρπούς, για την απομάκρυνση μικρών αντικειμένων, χαλικιών κτλ. Κατά το τρίτο στάδιο, οι καρποί περνούν από δονούμενο κόσκινο υπό κλίση, όπου διοχετεύεται δυνατό ρεύμα αέρα το οποίο παρασύρει τα ελαφρά αντικείμενα, φύλλα ή τυχόν μικρά τμήματα κλαδίσκων, που τελικά διοχετεύονται εκτός ελαιοτριβείου και συλλέγονται για χρήση κομπόστ ή ζωοτροφή.

Η επεξεργασία μικρής ποσότητας φύλλων μαζί με τους καρπούς, ή η προσθήκη φύλλων στον σπαστήρα, είναι δυνατόν να έχει, σε ορισμένες περιπτώσεις, θετικές επιπτώσεις στο ελαιόλαδο, προσδίδοντας πράσινο χρώμα λόγω αύξησης της κλωροφύλλης και εντείνοντας την αίσθηση των πράσινων τόνων ή κομμένου χόρτου. Είναι όμως πιθανό να υπάρξουν και αρνητικές επιπτώσεις στο ελαιόλαδο, όπως η εμφάνιση υπολειμματικότητας φυτοφαρμάκων από τα φύλλα και η αύξηση της περιεκτικότητας του ελαιολάδου σε κηρούς. Αν οι καρποί της ποικιλίας που ελαιοποιείται δεν έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε αρωματικές ενώσεις οι οποίες προσδίδουν την αίσθηση των πράσινων τόνων όπως το κομμένο χορτάρι (π.χ. Κορωνέικη), ή αν οι καρποί οι οποίοι υφίστανται επεξεργασία είναι ώριμοι ή υπερώριμοι, η προσθήκη φύλλων μέχρι 3% κατά βάρος αποφέρει γενικώς μάλλον θετικά αποτελέσματα. Γενικώς ωστόσο, αν δεν υπάρχει ιδιαίτερος λόγος, δεν συνιστάται η προσθήκη φύλλων στον σπαστήρα, πρακτική που ακολουθείτο παλαιότερα (Κεφ.16, Μάλαξη της ελαιοζύμης, παρ.16.12.7).

## 13. Τα ένζυμα στον καρπό

Βασίλης Φραντζολάς, M.Sc. Food Policy

Στον καρπό της ελιάς υπάρχουν τέσσερις κύριες ομάδες ενζύμων, οι οποίες συνδιαμορφώνουν τα χημικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του ελαιολάδου. Οι ομάδες β-γλυκοσιδάση και λιποξυγενάση (LOX) αναπτύσσουν κυρίως θετικά χαρακτηριστικά στο ελαιολάδο, ενώ οι ομάδες πολυφαινολοξειδάση (PPO) και υπεροξειδάση (POD) αναπτύσσουν οξειδωτικές, αρνητικές δράσεις οι οποίες μειώνουν τις φαινόλες του ελαιολάδου. Κάθε κατηγορία ενζύμων έχει συγκεκριμένες θερμοκρασίες όπου αναπτύσσουν τη μεγαλύτερη και μικρότερη δραστηριότητά τους, η γνώση των οποίων αποτελεί πολύτιμο οδηγό για τη βελτιστοποίηση της ποιότητας και των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του ελαιολάδου.

### 13.1 | Γενικά

Τα ένζυμα του καρπού συναντώνται σε όλα τα τμήματά του, φλοιό, σάρκα, πυρήνα και σπόρο, διαφοροποιούμενα με την ποικιλία και τον βαθμό ωριμότητάς τους.<sup>1</sup> Από τη δράση τους επιτελούνται πολύπλοκες μεταβολικές διεργασίες, που επηρεάζουν ποσοτικά, οργανοληπτικά και διατροφικά το παραγόμενο ελαιολάδο. Είναι επομένως απαραίτητο, κατά τη διαδικασία ελαιοποίησης, να διαμορφώνονται συνθήκες οι οποίες μεγιστοποιούν τη δράση των ωφέλιμων ενζύμων και περιορίζουν τη δράση των ενζύμων που προκαλούν αρνητικές επιπτώσεις. Ο καρπός αποτελείται κατά μ.ό. από 50% νερό, 20% ελαιολάδο και 30% διάφορους υδατάνθρακες (πηκτίνες, κυτταρίνες), οργανικά οξέα, χρωστικές ουσίες, φαινολικά συστατικά και μέταλλα.<sup>2</sup> Ο σχηματισμός των πτητικών συστατικών του καρπού της ελιάς, τα οποία συνεισφέρουν στη διαμόρφωση των αρωμάτων του ελαιολάδου, οφείλεται σε μία σειρά ενζυμικών αντιδράσεων, η ταχύτητα των οποίων εξαρτάται από τη θερμοκρασία και το pH του περιβάλλοντος που δραστηριοποιούνται.

Τα ένζυμα, αναλόγως την κύρια δράση που επιτελούν, μπορούν να διαχωριστούν σε τρεις μεγάλες ομάδες:

**A. ένζυμα αποδόμησης φυτικών κυττάρων και δημιουργίας οξύτητας** (πηκτινάσες και λιπάσες),

**B. ένζυμα δημιουργίας πτητικών ενώσεων** (μονοπάτι λιποξυγενάσης LOX) και

**Γ. ένζυμα δημιουργίας και οξείδωσης φαινολικών συστατικών** (β-γλυκοσιδάσες, υπεροξειδάσες POD και πολυφαινολοξειδάσες PPO).<sup>3</sup>

### 13.2 | Η δράση των ενζύμων στον καρπό

Οι πηκτινάσες είναι ενδογενή ένζυμα του καρπού τα οποία υπάρχουν στα τοιχώματα των κυττάρων. Όταν ο καρπός εισέρχεται σε φάση ωρίμανσης, οι πηκτινάσες αρχίζουν να αποσυνθέτουν σταδιακά τα τοιχώματα των φυτικών κυττάρων.<sup>3</sup> Η δράση τους κορυφώνεται όταν αρχίζουν να δημιουργούνται οι ανθοκυανίνες, δηλαδή όταν αρχίζει η αλλαγή χρώματος στον φλοιό

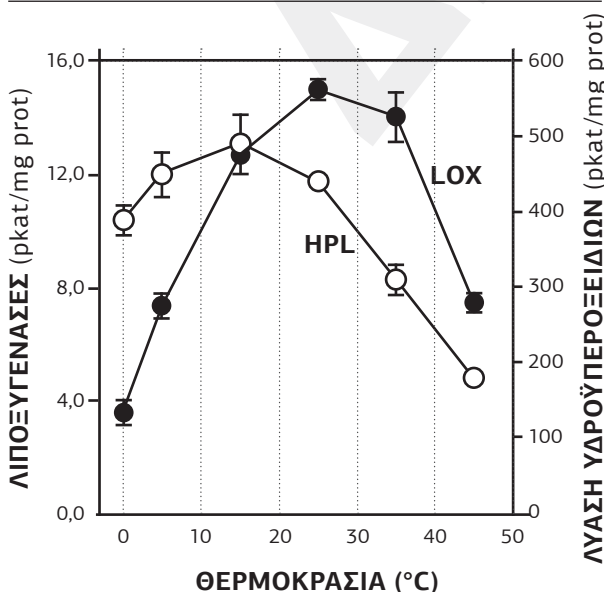
Σύμφωνα με την ίδια μελέτη,<sup>8</sup> τα λιπολυτικά ένζυμα στη σάρκα του καρπού αναπτύσσουν τη μεγαλύτερη δραστηριότητα κατά τη φάση όπου ο καρπός έχει μεγάλο τμήμα του φλοιού καλυμμένο με μοβ χρώμα (Χ.Δ.Ω. 3,0), στοιχείο το οποίο συνηγορεί υπέρ της συλλογής των καρπών σε πρωιμότερο στάδιο ωριμότητας, με στόχο την επίτευξη κατά το δυνατόν χαμηλότερης οξύτητας στο ελαιόλαδο. (Διάγρ. 13.2)

## 13.4 | Η δράση των ενζύμων κατά τη μάλαξη

Στον καρπό υπάρχουν πέντε σημαντικές ομάδες ενζύμων, οι οποίες συνδιαμορφώνουν τα χημικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του ελαιολάδου. Οι ομάδες λιποξυγενάση (LOX), β-γλυκοσιδάση και λυάση του υδροϋπεροξειδίου (HPL) αναπτύσσουν κυρίως θετικά χαρακτηριστικά στο ελαιόλαδο, ενώ οι ομάδες πολυφαινολοξειδάση (PPO) και υπεροξειδάση (POD) αναπτύσσουν οξειδωτικές, αρνητικές δράσεις οι οποίες μειώνουν τις φαινόλες του ελαιολάδου.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 13.3

**Καμπύλες που δείχνουν τη δραστηριότητα ενζύμων λιποξυγενάσης (LOX) και λυάσης υδροϋπεροξειδίων (HPL), με τη μεταβολή θερμοκρασίας περιβάλλοντος, στη σάρκα καρπών συλλεγμένων 34 εβδομάδες μετά την άνθηση.**<sup>13</sup>



### 13.4.1 | ΛΙΠΟΞΥΓΕΝΑΣΕΣ

Είναι γνωστό ότι τα αρώματα του ελαιολάδου οφείλονται σε ένα σύνθετο μείγμα περισσότερων από 100 πτητικών ουσιών. Αυτές οι πτητικές ουσίες είναι συστατικά του αρώματος πολλών φρούτων και λαχανικών και παράγονται από τα πολυακόρεστα λιπαρά λιπελαϊκό και λινολενικό μέσω μιας σειράς αλληλουχίας ενζυματικών δράσεων, οι οποίες ενεργοποιούνται αμέσως κατά τη θραύση των καρπών στον σπαστήρα, γνωστών ως «μονοπάτι της λιποξυγενάσης».<sup>9</sup> Τα παραγόμενα πτητικά συστατικά από χημικής πλευράς ανήκουν στις κατηγορίες αλδεϋδες, αλκοόλες, κετόνες και εστέρες, κυρίως C6 και C5, ενώ ενσωματώνονται κατά τη μάλαξη, στο ελαιώδες τμήμα της ελαιοζύμης, προσδίδοντας το χαρακτηριστικό άρωμα στο ελαιόλαδο.<sup>10</sup> Οι C5 και ειδικότερα οι C6 πτητικές ουσίες συμβάλλουν στη δημιουργία της αίσθησης «πράσινες νότες», «κομμένο χορτάρι» του ελαιολάδου, ενώ τυχόν μεταβολές στη συγκέντρωσή τους μπορεί να επηρεάσουν αποφασιστικά τις οσφραντικές ιδιότητες του ελαιολάδου.<sup>11</sup> Επομένως τα αρώματα κάθε ποικιλίας προσδιορίζονται από τις ιδιότητες και τη δραστηριότητα των ενζύμων τα οποία μετέχουν στις ενζυματικές δράσεις οι οποίες σχηματίζονται στο μονοπάτι της λιποξυγενάσης.<sup>12,13</sup>

Η μέγιστη δραστηριότητα των ενζύμων του μονοπατιού της λιποξυγενάσης (LOX) στον καρπό εμφανίζεται 15 εβδομάδες μετά την πλήρη ανθοφορία, ενώ αρχίζει να μειώνεται κατά την ανάπτυξη και τη φάση ωριμότητας των καρπών.<sup>10</sup>

Τα ένζυμα λιποξυγενάσης, σε διάφορες ποικιλίες, αναπτύσσουν μέγιστη δράση όταν η θερμοκρασία μάλαξης είναι 28-30°C, ενώ σε θερμοκρασίες 20-40°C επίσης εκδηλώνουν ισχυρή δράση (Διαγρ. 13.3), στο 80% της μέγιστης δραστηριότητάς τους.<sup>5</sup> Η δράση τους ευνοείται σε περιβάλλον με pH 5,5-6,0, με βέλτιστη τιμή pH = 6,0.<sup>5,14</sup>

### 13.4.2 | ΛΥΑΣΗ ΤΟΥ ΥΔΡΟΪΠΕΡΟΞΕΙΔΙΟΥ (HPL)

Τα ένζυμα λυάση του υδροϋπεροξειδίου (HPL) αποτελούν ομάδα ενζύμων η οποία συμμετέχει στη δημιουργία αρωμάτων, προκαλώντας διάσπαση των υδροϋπεροξειδίων με αποτέλεσμα την παραγωγή πτητικών αλδεϋδών. Η υψηλότερη δραστηριότητα των ενζύμων HPL καταγράφεται όταν οι καρποί είναι πράσινοι, κατά

## 14. Μεταβολές φαινολικών συστατικών κατά τις φάσεις ελαιοποίησης

Βασίλης Φραντζολάς, M.Sc. Food Policy

Κατά τις διαδικασίες ελαιοποίησης καταγράφονται απώλειες του μεγαλύτερου τμήματος (97%) των φαινολικών συστατικών του καρπού, μέχρι την παραλαβή του ελαιολάδου. Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στην υδρόφιλη συμπεριφορά τους, κατά τη διάρκεια των σταδίων της θραύσης, μάλαξης, φυγοκέντρησης και τελικού διαχωρισμού ελαίου - νερού.

Η ποσότητα και το είδος των φαινολών οι οποίες παραμένουν στο ελαιόλαδο εξαρτώνται κυρίως από τις συνθήκες κατά τη διαδικασία ελαιοποίησης και από τον τύπο του ντεκάντερ (2 ή 3 φάσεων).<sup>1</sup>

Οι περισσότερες βιοφαινόλες έχουν υδρόφιλη συμπεριφορά, με αποτέλεσμα μόνο ένα μικρό τμήμα τους να μεταφέρεται από την ελαιοζύμη στο ελαιόλαδο, ενώ το μεγαλύτερο τμήμα τους (άνω του 95%) διαφεύγει και αποβάλλεται με τα υγρά και στερεά απόβλητα της διαδικασίας ελαιοποίησης.<sup>2</sup> Κατά τη θραύση των καρπών και την εν συνεχεία μάλαξη, λαμβάνουν χώρα διάφορες ενζυμικές δράσεις οι οποίες μετατρέπουν τις βιοφαινόλες του καρπού σε άλλες μορφές, λιγότερο υδρόφιλων, φαινολικών, συστατικών, με αποτέλεσμα να παραμένουν στο παραγόμενο ελαιόλαδο.

### 14.1 | Βιοχημικές μεταβολές των φαινολικών συστατικών του καρπού

Κατά τη θραύση των καρπών ελευθερώνονται τα μικροσυστατικά του ονομαζόμενου «ασαπωνοποιίτου» τμήματος του ελαιολάδου, ενώ κατά τη φάση της μάλαξης υφίστανται διάφορες μεταβολές. Ως χαρακτηριστικότερα συστατικά αναφέρονται τα φαινολικά παράγωγα, οι αρωματικές ενώσεις, οι χρωστικές ουσίες (χλωροφύλλες, καροτένια) και άλλα, τα οποία όλα συμβάλλουν τόσο στην αντιοξειδωτική ικανότητα όσο και στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του ελαιολάδου.<sup>3</sup> Είναι χαρακτη-

ριστικό ότι στο ελαιόλαδο ανιχνεύονται και συστατικά τα οποία δεν είχαν παρουσία στον καρπό πριν τη θραύση του, αλλά δημιουργούνται από ενζυμικές και χημικές διεργασίες (οξειδωση, υδρόλυση, ζύμωση), κατά τη θραύση και, κυρίως, κατά τη μάλαξη. Πέραν των ενζυμικών δράσεων οι οποίες μετατρέπουν τα φαινολικά συστατικά σε άλλες φαινολικές μορφές, κατά τη διάρκεια της μάλαξης αναπτύσσονται δράση και άλλες ομάδες ενζύμων (π.χ. ένζυμα της ομάδας λιποξυγενάση), υπεύθυνες για τη δημιουργία χαρακτηριστικών αρωματικών ενώσεων (π.χ. «φρεσκοκομμένο χόρτο», «άνθη», «εσπεριδοειδή»).

Επίσης, κατά τη θραύση των καρπών ενεργοποιούνται πολλά διαφορετικά ένζυμα, στα οποία οφείλονται αλλαγές σε βιοχημικά συστατικά του ελαιολάδου. Σημαντική θεωρείται η δράση του ενζύμου γλυκοσιδάση, στο οποίο οφείλεται η μετατροπή (υδρόλυση) πολύπλοκων φαινολικών στοιχείων, όπως οι γλυκοζίτες των σεκοϊριδοειδών, τα οποία υπάρχουν άφθονα στον καρπό της ελιάς. Πολύ σημαντική είναι η δράση του ενζύμου γλυκοσιδάση (Παρ. 13.4.3.1) επειδή αποκόπτει από τη δομή των σεκοϊριδοειδών το μόριο της γλυκόζης, με αποτέλεσμα τη μετατροπή των άγλυκων παραγώγων σε λιποδιαλυτά στοιχεία, τα οποία μεταφέρονται πλέον στο ελαιόλαδο.<sup>3</sup>

Στο ελαιόλαδο συναντώνται και άλλα στοιχεία –π.χ. αλειφατικές αλκοόλες και αλδεΐδες– ή στοιχεία του φλοιού των καρπών (π.χ. κηροί), των οποίων η παρουσία αυξάνεται με τον χρόνο μάλαξης. Σε ενζυμικές δράσεις οφείλεται η δημιουργία ανεπιθύμητων πτητικών ουσιών, από τις αναερόβιες ζυμώσεις των υδρογονανθράκων και αμινοξέων κατά τη διάρκεια της μάλαξης.<sup>3</sup>

ΠΙΝΑΚΑΣ 14.1

### Φαινολικά συστατικά σε καρπούς προχωρημένης ωρίμανσης, στην ελαιοζύμη, ελαιόλαδο από ντεκάντερ, ελαιόλαδο από διαχωριστήρα <sup>1</sup>

• Για την αντιστοίχιση στον υπολογισμό των αποτελεσμάτων, 1 κιλό καρπών αποδίδει περίπου 250 mL ελαιολάδου, επομένως οι τιμές για τα δείγματα ελαιολάδου ισοδυναμούν με mg/250 mL.

MMAE: Μονοαλδεϋδική μορφή άγλυκου ελευρωπαϊνης MMAΓ: Μονοαλδεϋδική μορφή άγλυκου λιγκτροσίδη

	ΚΑΡΠΟΙ mg/kg*	ΕΛΑΙΟΖΥΜΗ mg/kg	ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ ΝΤΕΚΑΝΤΕΡ mg/kg	ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ ΔΙΑΧΩΡΙΣΤΗΡΑ mg/kg
Υδροξυτυροσόλη	124,3	1366,4	5,8	2,4
Τυροσόλη	147,3	457,2	5,3	5
Ολεασίνη	1361,3	2000,6	266,6	94,7
Ολεοκανθάλη	96,4	127,1	44,2	22,2
Ελευρωπαϊνή	96,4	13,5	0	0
Λιγκτροσίδη	66,8	9,7	0	0
MMAE	1599,7	616,7	110,6	66,3
MMAΓ	483,3	159,3	79,3	48,5
Μασλιτικό οξύ	1252,9	3123,2	29,5	20,9

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι σύμφωνα με την μελέτη, παρά τη μετρούμενη μείωση των φαινολών και της ελευρωπαϊνης των καρπών κατά 60%, η αντιοξειδωτική ικανότητα του παραγόμενου ελαιολάδου μειώθηκε μόνο κατά 23%. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα αρχικά φαινολικά στοιχεία με μεγάλο μοριακό βάρος (ελευρωπαϊνή, λιγκτροσίδη) διασπώνται, κατά τη φάση μετάβασης από τον καρπό στο ελαιόλαδο, σε φαινόλες με μικρότερο μοριακό βάρος (τυροσόλη, υδροξυτυροσόλη, άγλυκο ελευρωπαϊνης, άγλυκο λιγκτροσίδη), οι οποίες χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη αντιοξειδωτική δράση.

## 15. Η θραύση των καρπών – Σπαστήρες

Βασίλης Φραντζολάς, M.Sc. Food Policy

Με την θραύση των καρπών, ανάλογα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του σπαστήρα (διάμετρος οπών στεφάνης, ταχύτητα περιστροφής, θερμοκρασία λειτουργίας), ξεκινούν αμέσως δράσεις διαφόρων ομάδων ενζύμων του καρπού, με αποτέλεσμα τη δημιουργία του 80% των αρωμάτων που ανιχνεύονται στο ελαιόλαδο. Περιγράφονται αναλυτικά οι τρεις βασικοί τύποι σπαστήρα (σφυρόμυλος, οδοντωτός, λεπιδωτός), ενώ εξετάζονται οι διαφορετικές επιπτώσεις στην ποιότητα του ελαιολάδου από μεταβολές στα τεχνικά χαρακτηριστικά τους.

### 15.1 | Γενικά

Η θραύση των καρπών και η μάλαξη της ελαιοζύμης είναι οι πλέον κρίσιμες φάσεις της διαδικασίας ελαιοποίησης, επειδή εκεί διαμορφώνεται σε πολύ μεγάλο βαθμό η ποιότητα του ελαιολάδου. Κατά τη θραύση, επέρχεται αποσύνθεση της δομής των κυττάρων, με αποτέλεσμα την απελευθέρωση και κυκλοφορία των μικροσταγονιδίων ελαίου στη δημιουργούμενη ελαιοζύμη. Εν συνεχεία, κατά τη διάρκεια της μάλαξης, τα μικροσταγονίδια ελαίου συνενώνονται δημιουργώντας μεγαλύτερες σταγόνες, ενώ γίνεται μετασχηματισμός των φαινολικών συστατικών και ξεκινά η δημιουργία των περισσότερων πτητικών, αρωματικών συστατικών του ελαιολάδου.<sup>1</sup>

Σε παλαιού τύπου, «παραδοσιακά ελαιτριβεία», ως σπαστήρες χρησιμοποιούνται 2 ή 3 περιστρεφόμενες γρανιτένιες πέτρες μεγάλων διαστάσεων, ενώ στα σύγχρονα ελαιτριβεία η θραύση είναι συνεχούς, μη διακοπτόμενης διαδικασίας, με πολύστροφους σπαστήρες, τριών βασικών τύπων:

- Σφυρόμυλος
- Λεπιδωτός
- Οδοντωτός

ρίως σε μικρής δυναμικότητας ελαιτριβεία, αντί σπαστήρα είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί εκτυρνωτής, με τον οποίο διαχωρίζεται και αποβάλλεται ο πυρήνας από τη σάρκα, με αποτέλεσμα την παραγωγή ελαιολάδων με πλέον έντονα και τα τρία βασικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (φρουτώδες, πικρό, πικάντικο).<sup>2</sup>

Κάθε τύπος σπαστήρα ασκεί διαφορετική μηχανική δράση στον πυρήνα των καρπών, με αποτέλεσμα να σημειώνονται διαφορές στην ελαιοζύμη, κυρίως στη θερμοκρασία και την κοκκομετρική διαβάθμιση των θραυσμάτων του πυρήνα. Αυτές οι διαφορές παίζουν καθοριστικό ρόλο για τις ενζυμικές δράσεις στον μαλακτήρα επηρεάζοντας την απόδοση σε ελαιόλαδο, καθώς και τα φαινολικά και πτητικά συστατικά.<sup>1</sup> Γενικώς, όλοι οι σπαστήρες μπορούν να δεχτούν επέμβαση επί των εξής τριών παραμέτρων, κάτι που μεταβάλλει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της ελαιοζύμης:<sup>3</sup>

- διάμετρος οπών στεφάνης
- ταχύτητα περιστροφής
- ποσότητα τροφοδοσίας καρπών

Κατά τη φάση της θραύσης των καρπών, λαμβάνουν χώρα δύο πολύ σημαντικές διεργασίες για την ποιότητα του ελαιολάδου:

Για την παραγωγή υψηλής ποιότητας ελαιολάδου, κυ-

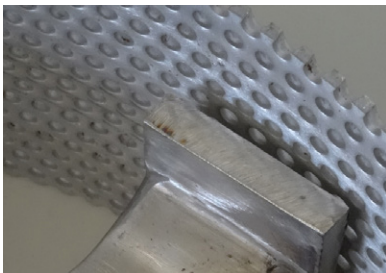
α) δημιουργούνται οι κύριες υδρόφιλες φαινόλες του

**ΕΙΚΟΝΑ 15.6**

Εσωτερική όψη σφυρόμυλου τριών σφυριών και προσπαστήρα δύο λεπίδων.

**ΕΙΚΟΝΑ 15.7**

Περιστρεφόμενο «τακούι» σφυρόμυλου.

**ΕΙΚΟΝΑ 15.8**

Εσωτερική όψη σφυρόμυλου δώδεκα περιστρεφόμενων αξόνων με σφυριά.



Πηγή για όλες τις φωτογραφίες:  
Φωτογραφικό αρχείο Βασ. Φραντζολά

Το τμήμα του σπαστήρα το οποίο φέρει τη κοάνη μπορεί να ανοίξει, ώστε να είναι δυνατός ο έλεγχος των εσωτερικών επιφανειών, η αλλαγή της στεφάνης και ο καθαρισμός του εσωτερικού του θαλάμου με νερό. Για να είναι εφικτός ο καθαρισμός, προβλέπεται παροχή νερού υπό πίεση, καθώς και κατάλληλη μεταλλική λεκάνη απορροής με αποχέτευση, για την απομάκρυνση των αποβλήτων που δημιουργούνται.

Οι καρποί εισέρχονται μέσω της κοάνης υποδοχής στο κέντρο του θαλάμου θραύσης, όπου περιστρέφονται με μεγάλη ταχύτητα (3.000 στρ./λεπτό) ένα ή δύο ομόκεντρα συστήματα 3, 4 ή 6 ακτίνων το καθένα (Εικ. 15.10). Εισερχόμενοι στον θάλαμο θραύσης, οι καρποί δέχονται, λόγω περιστροφικής κίνησης, δύο είδη μηχανικών φορτίσεων: διατμητικές δυνάμεις<sup>5</sup> και πίεση.

Σε πρώτη φάση, λόγω της περιστροφικής κίνησης των αξόνων, εφαρμόζονται στους καρπούς διατμητικές δυνάμεις, με αποτέλεσμα να τεμαχίζονται σε μικρά κομμάτια (θραύσματα). Στη συνέχεια, εξαιτίας των φυγόκεντρων δυνάμεων, τα θραύσματα κατευθύνονται προς τη διάτρητη στεφάνη και, λόγω των ασκούμενων φυγόκεντρων δυνάμεων και της πίεσης που δέχονται από τα πέλματα των «σφυριών», διαπερνούν τις οπές και εξέρχονται σχηματίζοντας την ελαιοζύμη η οποία οδηγείται προς τον μαλακτήρα. Κατά τη λειτουργία του σπαστήρα, η διάρρηξη των ιστών της σάρκας γίνεται με βίαιο τρόπο και αναπτύσσονται μεγάλες τριβές στον θάλαμο θραύσης. Λόγω αύξησης της θερμοκρασίας, παρατηρείται μειωμένη δράση του ενζύμου υδροϋπεροξειδική λύαση (HPL). Τα ένζυμα HPL παράγουν κυρίως τις αρωματικές ενώσεις της κατηγορίας C6 αλδεϋδες, επιδεικνύοντας μέγιστη δραστηριότητα

**ΕΙΚΟΝΑ 15.9**

Αποσπώμενο σφυρί σπαστήρα.



Πηγή: Φωτογραφικό αρχείο  
Βασ. Φραντζολά

## 16. Μάλαξη της ελαιοζύμης

Βασίλης Φραντζολάς, M.Sc. Food Policy

Αποτελεί τη σπουδαιότερη διαδικασία κατά την επεξεργασία των καρπών στο ελαιοτριβείο. Η μέγιστη δυνατή συνένωση των μικροσταγονιδίων ελαίου στον μαλακτήρα, στον συντομότερο χρόνο, αποτελούν απαραίτητες προϋποθέσεις για τη μέγιστη απόδοση σε ελαιόλαδο. Αναλύονται ο κρίσιμος ρόλος των ενζύμων, της θερμοκρασίας, του χρόνου μάλαξης, το σχήμα του μαλακτήρα και η σημασία του χρόνου επαφής ελαιοζύμης-αέρα. Αναφέρονται, επίσης, τα αίτια και η αντιμετώπιση του φαινομένου της «δύσκολης» ελαιοζύμης.

Από τη θραύση των καρπών στον σπαστήρα δημιουργείται η ελαιοζύμη, η οποία μεταφέρεται στον μαλακτήρα, όπου θερμαίνεται σταδιακά, έως τους 25-30°C, και υφίσταται μάλαξη επί 30-40', με δύο βασικούς στόχους:

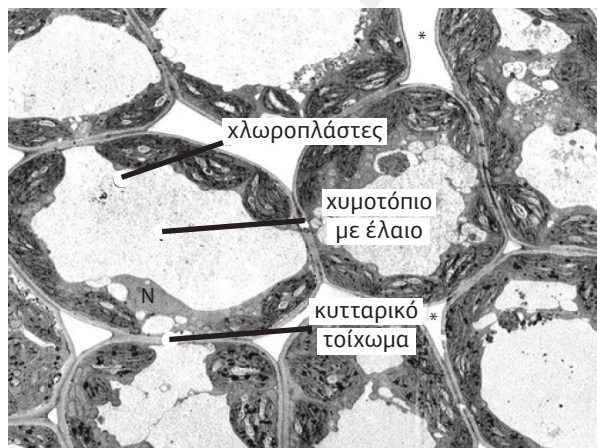
α) τη διάσπαση του γαλακτώματος νερού-ελαίου και τη συνένωση των μικροσταγονιδίων ελαίου σε μεγα-

λύτερες σταγόνες, για τον αποτελεσματικότερο στη συνέχεια διαχωρισμό τους στο ντεκάντερ, από το μείγμα νερού-ελαίου-πυρήνα και

β) τον, μέσω θερμοκρασίας και χρόνου μάλαξης, επιλεκτικό έλεγχο της δράσης των ενζύμων του καρπού πολυφαινολοξειδάσες (PPO), υπεροξειδάσες (POD) και λιποξυγενάσες (LOX), βλέπε και Κεφ. 13 για τα έν-

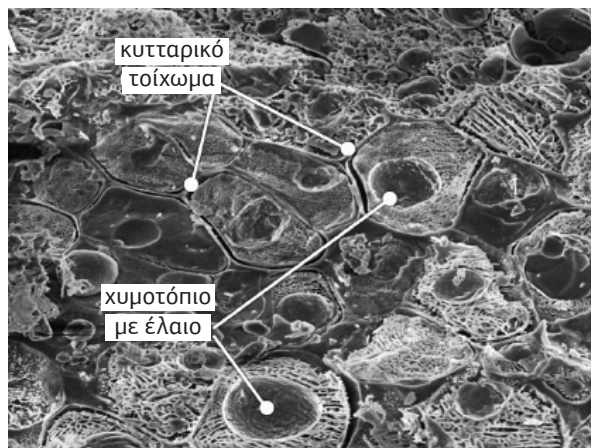
### ΕΙΚΟΝΑ 16.1

Φυτικά κύτταρα – τομή.<sup>2</sup>



### ΕΙΚΟΝΑ 16.2

Απεικόνιση κυττάρων (μικροσκόπιο) αμέσως μετά τη θραύση. Διακρίνονται τα κυτταρικά τοιχώματα και τα χυμοτόπια με μικροσταγονίδια ελαίου.<sup>3</sup>





**ΕΙΚΟΝΑ 16.4**

Εσωτερικό σύγχρονου μαλακτήρα κλειστού τύπου Molinova - Pielalisi - Italy.



Πηγή: Φωτογραφικό αρχείο Βασ. Φραντζολά

**ΕΙΚΟΝΑ 16.5**

Οπή εξόδου της ελαιοζύμης προς το ντεκάντερ.



Πηγή: Φωτογραφικό αρχείο Βασ. Φραντζολά

### 16.3 | Η δράση των ενζύμων αποδόμησης της σάρκας των καρπών

Κατά τη διάρκεια της μάλαξης, δραστηριοποιούνται τα ένζυμα αποδόμησης του καρπού (πηκτινάσες, κυτταρινάσες), τα οποία αποσταθεροποιούν σταδιακά τα τοιχώματα των φυτικών κυττάρων, ελευθερώνοντας μικροσταγονίδια ελαίου και φαινολικά συστατικά. Οι περισσότερες δράσεις των ενζύμων του καρπού, επιθυμητές ή ανεπιθύμητες, απαιτούν την παρουσία οξυγόνου για την ενεργοποίησή τους (Κεφ. 16).

Η πλέον επιθυμητή ενζυμική δράση αφορά τη σύνθεση ευχάριστων πτητικών ενώσεων, μέσα από το «μονοπάτι της λιποξυγενάσης» (Παρ. 13.4.1). Αυτή αφορά τη δράση τριών ομάδων ενζύμων –λιπάσες, λιποξυγενάσες (LOX) και υδροϋπεροξυλάση (HPL)– τα οποία ενεργοποιούνται αμέσως με τη θραύση των κυτταρικών μεμβρανών, ενώ δρουν σε αλληλουχία, δηλαδή καθένα δρα στα παράγωγα προϊόντα του προηγούμενου. Το αποτέλεσμα της δράσης τους είναι η μετατροπή ενός τμήματος των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων λινελαϊκό και λινολενικό, σε αρωματικές ενώσεις, C6 ή C9 αλδεΐδες και αλκοόλες, χαρακτηριστικές των αισθήσεων πράσινου φύλλου, ανθέων, κ.ά.<sup>8</sup>

**ΕΙΚΟΝΑ 16.6**

Ενδείξεις θερμοκρασιών ελαιοζύμης και ζεστού νερού, στον μανδύα μαλακτήρα. Για χρόνο μάλαξης 30' και ανώτατη θερμοκρασία ελαιοζύμης 25°C, έχει ρυθμιστεί η ανώτατη θερμοκρασία του ζεστού νερού στον μανδύα στους 29°C, ενώ η θερμοκρασία της ελαιοζύμης, 10' από έναρξη πλήρωσης του μαλακτήρα, είναι 24°C. (Tecnoliva, Italy)



Πηγή: Φωτογραφικό αρχείο Βασ. Φραντζολά

## 17. Ταχεία προθέρμανση-ψύξη της ελαιοζύμης

Βασίλης Φραντζολάς, M.Sc. Food Policy

Η ταχεία προθέρμανση/ψύξη της ελαιοζύμης, πριν εισέλθει στον μαλακτήρα, αποτελεί νέα τεχνική με την οποία επιτυγχάνεται η ολοκλήρωση της μάλαξης σε μικρότερο χρόνο, παράλληλα με τη βελτίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του ελαιολάδου. Λόγω πρωιμότερης συλλογής των καρπών και της παρατηρούμενης γενικότερης αύξησης της θερμοκρασίας περιβάλλοντος, η δυνατότητα ψύξης της ελαιοζύμης πριν τη μάλαξη αποτελεί νέο τεχνολογικό παράγοντα για την παραγωγή υψηλής ποιότητας ελαιολάδων, ιδιαίτερα χρήσιμο κατά την περίοδο συλλογής έως τέλη Οκτωβρίου. Παρατίθενται αναλυτικά στοιχεία για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά ελαιολάδων παρασκευασθέντων με τη νέα τεχνική.

Κατά τη μάλαξη της ελαιοζύμης, λαμβάνουν χώρα τα εξής:

- A. η ελαιοζύμη αποκτά τη θερμοκρασία-στόχο, μετά από χρονικό διάστημα συνήθως 30- 40', ώστε να δοθεί χρόνος για την αύξηση της διαλυτότητάς της και να δοθεί χρόνος για τη συνένωση των μικροσταγονιδίων ελαίου.
- B. αποδόμηση των φυτικών κυττάρων, απελευθερώνοντας μικροσταγονίδια ελαίου και φαινολικά συστατικά.
- Γ. δραστηριοποίηση διαφόρων ενζύμων και δημιουργία πτητικών ενώσεων.

Αν, μέσω ενός νέου συστήματος επαφής της ελαιοζύμης με θερμαινόμενη επιφάνεια, επιτευχθεί ταχεία θέρμανση της ελαιοζύμης και, εν συνεχεία, ακολουθήσει μάλαξη χωρίς την παρουσία αέρα (οξυγόνου) επί 10-15', η διαδικασία μάλαξης ολοκληρώνεται συντομότερα μειώνοντας σε μεγάλο βαθμό τη δράση των οξειδωτικών ενζύμων. Η νέα μέθοδος ελαιοποίησης εμφανίζεται να πλεονεκτεί σε απόδοση σε ελαι-

όλαδο, φαινολικά συστατικά και αρωματικές ενώσεις, συγκριτικά με τις κλασικές μεθόδους μάλαξης.<sup>1</sup>

Πέραν της συντόμευσης του χρόνου, η ελαιοποίηση γίνεται υπό καλύτερα ελεγχόμενες συνθήκες, πλήρως προκαθορισμένες, με μικρότερες δυνατότητες παρεμβάσεων από τον χειριστή κατά τη διαδικασία.

### 17.1 | Μεταφορά θερμότητας στην ελαιοζύμη – εναλλάκτες θερμότητας

#### 17.1.1 | ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΑΙΟΖΥΜΗ

Στα συμβατικά συστήματα μάλαξης η ελαιοζύμη θερμαίνεται στους 24-30°C, αναλόγως την ποικιλία και τον βαθμό ωριμότητας των καρπών. Η αύξηση της θερμοκρασίας κυμαίνεται συνήθως από 3-10°C, αναλόγως τη θερμοκρασία με την οποία εισέρχεται στον μαλακτήρα. Κατά τη διάρκεια της μάλαξης λαμβάνει χώρα μεταφορά θερμότητας, από το -θερμότερο- νερό

ρουσιάζοντας πλεονέκτημα λόγω του πλήρους διαχωρισμού της διαδικασίας μάλαξης από τη θέρμανση του μαλακτήρα. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση ενός εναλλάκτη θερμότητας μέσω επιφάνειας απόξεσης (E.Θ.Μ.Ε.Α.) (αγγλ. scraped-surface heat exchanger), τοποθετούμενου εν σειρά, πριν τον μαλακτήρα, σύμφωνα με το Σχ. 17.1. Χρησιμοποιείται για ημίρευστα υλικά, τα οποία μπορεί να περιέχουν σωματίδια, όπως η ελαιοζύμη.<sup>3</sup> Η εταιρεία ALFA LAVAL έχει αναπτύξει ένα τέτοιο σύστημα ταχείας θέρμανσης, με την εμπορική ονομασία Contherm, ήδη από τα μέσα της δεκαετίας του '90, για χρήση στη βιομηχανία τροφίμων σε τροφές με υψηλό ιξώδες (π.χ. κρέμες, μαγιονέζες, καραμέλες).

Μετά την έξοδο από τον σπαστήρα, η ελαιοζύμη μεταφέρεται αρχικά σε μικρό μαλακτήρα (προμαλακτήρα), προκειμένου να υποστεί απλή ανάδευση για την απόκτηση ομοιογένειας (Εικ. 17.2), ενώ στη συνέχεια οδηγείται μέσω εμβολοφόρου αντλίας σε έναν ή δύο εν σειρά συνδεδεμένους κυλίνδρους Contherm, αναλόγως τη δυναμικότητα του ντεκάντερ (Εικ. 17.3). Εξωτερικά ο κύλινδρος Contherm φέρει έναν δακτυλοειδούς διατομής μανδύα, όπου κυκλοφορεί ζεστό ή κρύο νερό (Εικ.17.4). Στο εσωτερικό του φέρει δύο λεπίδες οι οποίες περιστρέφονται μέσω αξονικού στροφείου, ακουμπώντας στα τοιχώματα του θαλάμου, κάνοντας πλήρη απόξεση του υλικού από τη θερμαινόμενη επιφάνεια (Σχ. 17.2). Η περιστροφή των λεπίδων διασφαλίζει υψηλό συντελεστή μεταφοράς θερμότητας στην ελαιοζύμη, η οποία αποκτά, εντός μικρού χρόνου (1-2'), την επιθυμητή θερμοκρασία μάλαξης (π.χ. 28°C), πριν γίνει η εκκίνηση των ενζυμικών δράσεων, που οδηγούν σε υποβάθμιση των ποιοτικών χαρακτηριστικών. Κατά την έξοδο της ελαιοζύμης από τον θάλαμο, μεταφέρεται στον μαλακτήρα, όπου παραμένει για επεξεργασία περί τα 15', διατηρούμενη στην απαραίτητη θερμοκρασία (π.χ. 28°C), πριν οδηγηθεί στο ντεκάντερ για τη συνέχιση της διαδικασίας.

Ο έλεγχος των χαρακτηριστικών της ελαιοζύμης, καθώς και οι ρυθμίσεις και επεμβάσεις σε όλο το σύστημα μάλαξης, γίνεται μέσω κεντρικού συστήματος προγραμματισμού ελέγχου (PLC).<sup>3</sup> Ο κύλινδρος Contherm μπορεί να τοποθετηθεί κατακόρυφος ή οριζόντιος, ανάλογα με τις απαιτήσεις του χώρου.

### 17.2.3 | ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ TCM (ALFA LAVAL)

Κατά τον συνήθη τρόπο μάλαξης, η ανάμειξη της ελαιο-

#### ΕΙΚΟΝΑ 17.2

Προμαλακτήρας ανάδευσης ελαιοζύμης, σύστημα Contherm Alfa Laval.



Πηγή: Φωτογραφικό αρχείο Βασ. Φραντζολά

#### ΕΙΚΟΝΑ 17.3

Σύστημα Contherm ALFA LAVAL, δύο κυλίνδρων.



Πηγή: Φωτογραφικό αρχείο Βασ. Φραντζολά

οζύμης πραγματοποιείται ταυτόχρονα με την ανύψωση της θερμοκρασίας της (π.χ στους 26°C). Λόγω του χαμηλού δείκτη μεταφοράς θερμότητας στην ελαιοζύμη, η διαδικασία μάλαξης απαιτεί χρόνο, συνήθως 30'-45'. Η μέθοδος ταχείας θέρμανσης της ελαιοζύμης πριν τη μάλαξη είναι μία νέα τεχνική, η οποία αλλάζει τα δεδομένα της διαδικασίας εξαγωγής ελαιολάδου.<sup>5</sup>

Αντίθετα με ό,τι ήταν ευρύτερα γνωστό, οι φαινόλες αυξάνονται αν η θερμοκρασία της ελαιοζύμης μειωθεί απότομα, στιγμιαία. Έχει βρεθεί ότι το οξειδωτικό

## 18. Νέες τεχνολογίες παραγωγής ελαιολάδου

Βασίλης Φραντζολάς, M.Sc. Food Policy

Ο κύριος στόχος εφαρμογής νέων τεχνολογιών στην παραγωγή ελαιολάδου είναι η αύξηση της απόδοσης σε ελαιόλαδο, παράλληλα με τη μείωση του χρόνου επεξεργασίας αλλά και τη διατήρηση της υψηλής διατροφικής αξίας του ελαιολάδου και των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του. Οι νέες τεχνολογίες περιλαμβάνουν την εφαρμογή μικροκυμάτων, υπερήχων, ραδιοκυμάτων ή παλμικών ηλεκτρικών πεδίων. Όλες στοχεύουν στην επιπλέον διέγερση και διάρρηξη των φυτικών κυττάρων, με σκοπό την απελευθέρωση μεγαλύτερου αριθμού μικροσταγονιδίων ελαίου.

Για την εξέλιξη νέων τεχνολογιών στην παραγωγή ελαιολάδου, ακολουθούνται στρατηγικές χαρακτηριζόμενες ως «ελάχιστης επεξεργασίας», οι οποίες στοχεύουν στην ελαχιστοποίηση των αρνητικών επιπτώσεων από τις παραδοσιακές μεθόδους επεξεργασίας των καρπών.<sup>1</sup> Τα τελευταία χρόνια φαίνεται να συγκεντρώνεται μεγαλύτερο αριθμό ερευνητών η μέθοδος εφαρμογής υπερήχων πριν τη μάλαξη, λόγω των θετικών αποτελεσμάτων που παρουσιάζονται στην απόδοση σε ελαιόλαδο, τη μείωση του χρόνου μάλαξης και τη μικρότερη κατανάλωση ενέργειας. Η μέθοδος εφαρμογής παλμικών ηλεκτρικών πεδίων<sup>2</sup> θεωρείται επίσης μία υποσχόμενη νέα τεχνολογία, καθόσον δεν προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας, ενώ συμβάλλει στην αύξηση της απόδοσης σε ελαιόλαδο, λόγω μεγαλύτερης διάρρηξης των φυτικών κυττάρων.

Με όλες τις νέες τεχνολογίες, επιδιώκεται η διατήρηση ή η αύξηση των οργανοληπτικών ποιοτικών χαρακτηριστικών του ελαιολάδου, δηλαδή των φαινολικών συστατικών και του αρωματικού προφίλ.

### 18.1 | Εφαρμογή υπερήχων κατά τη διαδικασία ελαιοποίησης

Θεωρείται η πλέον υποσχόμενη νέα τεχνολογία, λόγω

των ενθαρρυντικών αποτελεσμάτων που καταγράφονται, ουσιαστικά όμως βρίσκεται ακόμη σε πειραματικό στάδιο. Οι υπερήχοι εφαρμόζονται στην ελαιοζύμη αμέσως μετά τη θραύση των καρπών (πριν τη μάλαξη), οδηγώντας σε θερμικά και μηχανικά αποτελέσματα.

Καθώς η κινητική ενέργεια των υπερήχων διαπερνά τον φυτικό ιστό, ένα τμήμα της απορροφάται και μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια στη μάζα της ελαιοζύμης.<sup>3</sup> Η εφαρμογή υπερήχων εμφανίζει τα πλέον θετικά αποτελέσματα όταν οι καρποί βρίσκονται σε πρώιμο στάδιο ωρίμανσης (κιτρινοπράσινοι, Χ.Δ.Ω. = 1), ενώ όσο προχωρεί η ωρίμανση τα θετικά αποτελέσματα βαίνουν μειούμενα. Λόγω της αναπόφευκτης αύξησης θερμοκρασίας της ελαιοζύμης, και λαμβάνοντας υπόψη ότι την εποχή συλλογής των κιτρινοπράσινων καρπών επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος, επιβάλλεται η παρεμβολή, ακριβώς μετά τον σπαστήρα, εναλλάκτη θερμότητας με δυνατότητα αποτελεσματικής ψύξης της ελαιοζύμης. Η διάταξη των μηχανημάτων εμφανίζεται στο Σχ. 18.1.

Το μηχανικό αποτέλεσμα από την εφαρμογή υπερήχων οφείλεται στη δημιουργία φαινομένων σππλαιώσης. Σππλαιώση ονομάζεται η δημιουργία και μεγέθυνση φυσαλίδων αερίων όταν βρεθούν σε υψηλή αρνητική πίεση. Η λόγω υπερήχων δημιουργούμενη σππλαιώση στη μάζα της ελαιοζύμης προκαλεί επιπλέον ρήξη των μη θρυμματισμένων ιστών των φυτικών

**ΕΙΚΟΝΑ 18.1**

Συσκευή υπερήχων Hielscher UIP4000 – High Ultrasonic Output Power, 4.000 watts, 20 kHz.

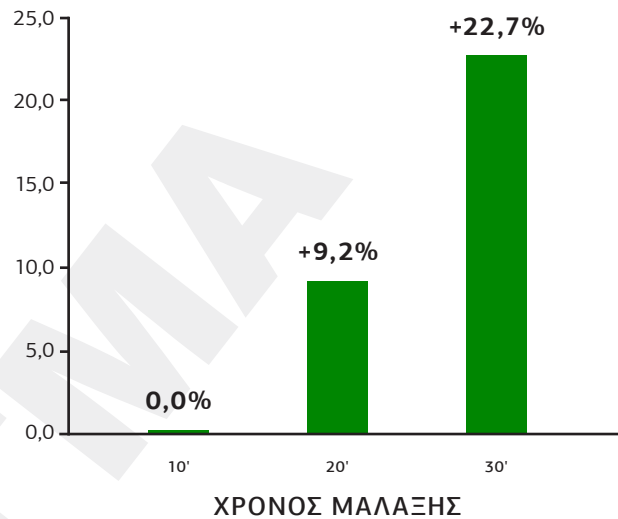


Πηγή: Hielscher Ultrasound Technology, Germany

νης ανόδου θερμοκρασίας της ελαιοζύμης, και αύξηση της απόδοσης σε ελαιόλαδο, περί το 1%.<sup>5</sup> Σύμφωνα με τους Mohamed Aymen Bejaoui et al., με την εφαρμογή τεχνολογίας υπερήχων η σύνθεση των λιπαρών οξέων στο ελαιόλαδο δεν μεταβάλλεται, ενώ τα φαινορικά συστατικά δεν παρουσιάζουν σημαντικές μεταβολές από τη συμβατική μάλαξη, η αύξηση δε της συχνότητας των υπερήχων οδήγησε σε ελαφρά αύξηση της ομάδας των σεκοϊριδοειδών.<sup>7</sup> Ομοίως βρέθηκε ότι οι αρωματικές ενώσεις, και ειδικότερα οι αλδεϋδες C6 και η (E)-2-εξανάλη, μεταβλήθηκαν, εξαρτώμενες από τη συχνότητα των υπερήχων. Συγκεκριμένα, αύξηση της συχνότητας υπερήχων προκάλεσε αύξηση συγκέντρωσης της (E)-2-εξανάλης, η οποία δεν διατηρήθηκε με επέκταση του χρόνου μάλαξης.<sup>7</sup>

**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 18.1**

**Αύξηση ποσοστού εξαγόμενου ελαιολάδου με σύστημα υπερήχων, συγκριτικά με συμβατική μάλαξη, για τρεις διαφορετικούς χρόνους μάλαξης καρπών με πρασινοκίτρινο χρώμα <sup>8</sup>**



### 18.3 | Χαρακτηριστικά ελαιολάδων με τεχνολογία υπερήχων, σε εγκαταστάσεις βιομηχανικής κλίμακας

Στην Ιταλία το 2019 έγινε στο εργαστήριο του Πανεπιστημίου της Περούτζια, υπό τον Καθ. M. Servili, χρήση συσκευής (Hielscher, UIP4000) για την παραγωγή υπερήχων σε εγκατάσταση ελαιουργείου (Εικ. 18.1) βιομηχανικής κλίμακας (2 τόνοι/ώρα).

Χρησιμοποιήθηκαν καρποί ποικιλίας Ogliarola και αξιολογήθηκαν τα χαρακτηριστικά των ελαιοποιήσεων τριών ομάδων καρπών, οι οποίοι είχαν διαφορετικούς χρωματικούς δείκτες ωρίμανσης, από κιτρινοπράσινο έως πλήρως μαύροι εξωτερικά (Χ.Δ.Ω.: 0,88, 2,82, 3,31).<sup>8</sup>

Μετά τη θραύση των καρπών σε σφυρόμυλο, η ελαιοζύμη προωθήθηκε στη συσκευή Hielscher, όπου υποβλήθηκε σε έκθεση κυμάτων υπερήχων 20 KHz και στη συνέχεια προωθήθηκε στον μαλακτήρα όπου παρέμεινε επί 30'. Βρέθηκε ότι ο χρόνος μάλαξης των 30'

## 19. Κάθετος διαχωριστήρας

Βασίλης Φραντζολάς, M.Sc. Food Policy  
με τη συνεργασία του Στέφανου Γέροντα

Με την χρήση κάθετου διαχωριστήρα κατά το τελευταίο στάδιο επεξεργασίας των καρπών στο ελαιοτριβείο, επιτυγχάνεται κατά 99% -περίπου- διαχωρισμός ελαίου-νερού. Παρατίθενται η αρχή λειτουργίας, αναλυτική περιγραφή, χαρακτηριστικές τομές και οι διαφορετικοί τύποι κάθετου διαχωριστήρα. Η λειτουργία του βασίζεται στον διαχωρισμό των δύο υγρών (έλαιο-νερό) και των μικροσωματιδίων, όταν δέχονται μεγάλες φυγόκεντρες δυνάμεις λόγω ταχύτατης περιστροφής του θαλάμου. Δύο τύποι διαχωριστήρων έχουν επικρατήσει: οι συνεχούς απόρριψης και οι αυτοκαθαριζόμενοι.

Ο κάθετος διαχωριστήρας είναι φυγόκεντρικό μηχάνημα το οποίο τοποθετείται στο τέλος της γραμμής παραγωγής στο ελαιουργείο, με το οποίο γίνεται ο τελικός καθαρισμός του παραγόμενου ελαιολάδου από την υγρασία και τα μικροσωματίδια –υπολείμματα σάρκας του ελαιοκάρπου– και διάφορα άλλα μικροσωματίδια (π.χ. κηροί, κολλοειδή) (Εικ. 19.1).

Η αρχή στην οποία βασίζεται ο διαχωρισμός του ελαιολάδου με φυγοκέντριση (Σχ. 19.2) είναι το διαφορετικό ειδικό βάρος των υλικών προς διαχωρισμό και οι υψηλές ταχύτητες περιστροφής τους (5.000-7.000 στρ./λ.) οι οποίες δημιουργούν μεγάλες φυγόκεντρες δυνάμεις, πολλαπλάσιες του g (δύναμη γήινης βαρύτητας).

Η καθίζηση και διαύγαση δύο όμοιων υγρών που έχουν τον ίδιο όγκο γίνεται αποτελεσματικότερη και ταχύτερη όσο μεγαλώνει η επιφάνεια του υγρού και μικραίνει το βάθος, άρα η δεξαμενή 1 (Σχ. 19.1) θα διαυγάσει το υγρό γρηγορότερα από τη δεξαμενή 2.

### 19.1 | Γενική περιγραφή κάθετου διαχωριστήρα

Ο κάθετος διαχωριστήρας περιβάλλεται στο άνω τμήμα του εξωτερικά από ανοξείδωτο κάλυμμα, ενώ στο

**ΕΙΚΟΝΑ 19.1**

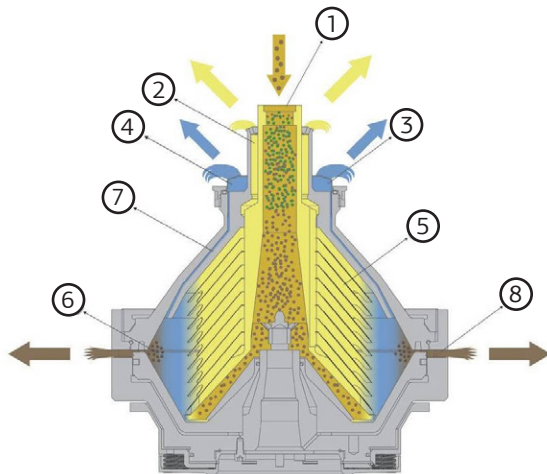
Κάθετος διαχωριστήρας.



Πηγή: Ελαιοδιαχωριστήρας ALFA LAVAL τύπος UVPX 510.

ΣΧΗΜΑ 19.6

### Ενδεικτική τομή κάθετου αυτοκαθαριζόμενου διαχωριστήρα σε φάση λειτουργίας



1. Τροφοδοσία με θολό ελαιόλαδο
2. Έξοδος καθαρού ελαιολάδου (ελαφρύ υλικό)
3. Έξοδος νερού (βαρύ υλικό)
4. Διάφραγμα ρυθμίσεως νερού (gravity disc)
5. Κωνικοί ανοξειδωτοι δίσκοι
6. Χώρος προσωρινής συγκέντρωσης λάσπης
7. Κωνικός δίσκος του ελαιολάδου (top disc)
8. Σημείο εκκένωσης λάσπης

Πηγή: ALFA LAVAL

σμα σε βάθος χρόνου να καταγράφεται σχετική μείωση της σταθερότητας του ελαιολάδου. Αντιθέτως, από τη (μικρή) αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1-3°C, η οποία παρατηρείται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας στον διαχωριστήρα,<sup>5</sup> καταγράφεται μικρή, ευνοϊκή μετατόπιση λιποφίλων φαινολών προς το ελαιόλαδο.<sup>6</sup> Σε κάθε περίπτωση, ο πολύ μικρός χρόνος που διαρκεί η επαφή του ελαιολάδου με το νερό και το οξυγόνο δεν επιτρέπει τη δημιουργία σημαντικών αρνητικών επιπτώσεων, παρά μόνο μικρής έκτασης υποβάθμιση, η οποία είναι αναπόφευκτη, εφόσον η χρήση κατακόρυφου διαχωριστήρα δεν είναι δυνατόν να αποφευχθεί σε ελαιοπαραγωγικές μονάδες βιομηχανικής κλίμακας.

Η αποφυγή των μικρών αρνητικών επιπτώσεων από τη χρήση διαχωριστήρα είναι δυνατή, αν γίνει απευθείας φιλτράρισμα του ελαιολάδου μετά το ντεκάντερ, παραλείποντας τον διαχωριστήρα. Αυτό είναι δυνατόν να εφαρμοστεί σε μικρού παραγωγικού μεγέθους ελαιοτριβεία, αποτελώντας αξιόπιστη επιλογή για την προστασία της ποιότητας του ελαιολάδου. Ο μόνος κίνδυνος από την αποφυγή χρήσης του διαχωριστήρα είναι το πιθανά υψηλότερο ποσοστό παραμένουσας υγρασίας στο ελαιόλαδο, το οποίο δεν μπορεί να μειωθεί με χρήση χαρτόφιλτρων πέραν κάποιου επιπέδου περιεχόμενης υγρασίας. Σε κάθε περίπτωση, για την επίτευξη χαμηλών ποσοστών υγρασίας σε υψηλής ποιότητας τυποποιημένα ελαιόλαδα, με στό-

χο τη μακρόχρονη, άριστη συντήρηση (18-24 μήνες), η διασφάλιση της ποιότητας παρέχεται με χρήση κατακόρυφου διαχωριστήρα μετά το ντεκάντερ και φιλτράρισμα με χάρτινα φίλτρα.

#### A. Επιπτώσεις στους δείκτες οξείδωσης

Οι ποιοτικοί δείκτες οι οποίοι κυρίως επηρεάζονται αρνητικά από τη χρήση κατακόρυφου διαχωριστήρα (μετά από διάστημα φύλαξης 6 μηνών) είναι τα υπεροξειδία (αύξηση περίπου κατά 2 meq O<sub>2</sub>/kg), ο δείκτης K<sub>252</sub> κατά 0,20 περίπου (ο K<sub>270</sub> δεν επηρεάζεται), οι τοκοφερόλες και κλωροφύλλες (μείωση κατά 10% περίπου).<sup>5</sup>

#### B. Επιπτώσεις στα φαινολικά συστατικά

Για τις επιπτώσεις από τη χρήση κατακόρυφου διαχωριστήρα στα φαινολικά συστατικά και τις πιπτικές ενώσεις, το 2018 έγινε μία σειρά πειραματικών ελαιοποιήσεων. Συλλέχθηκαν δείγματα ελαιολάδων από 5 ελαιοποιήσεις, σε διαφορετικά ελαιοτριβεία ανά την Ελλάδα, ως εξής: ελήφθησαν δείγματα απευθείας από το ντεκάντερ και, στη συνέχεια, αντίστοιχα δείγματα από τον φυγοκεντρικό διαχωριστήρα, από την ίδια ελαιοποίηση. Τα 10 δείγματα φιλτραρίστηκαν αμέσως με φίλτρα κυτταρίνης (OMNIA, LQ-44). Στα παραλληλφθέντα ελαιόλαδα, έγιναν προσδιορισμοί των φαινο-

## 20. Ντεκάντερ – Φυγοκέντριση της ελαιοζύμης

Βασίλης Φραντζολάς, M.Sc. Food Policy  
με τη συνεργασία του Στέφανου Γέροντα

Αναλύονται η αρχή λειτουργίας του ντεκάντερ, οι διαφορετικοί τύποι και οι ποιοτικές διαφορές στα παραγόμενα ελαιόλαδα. Περιγράφονται λεπτομερώς όλες οι βασικές έννοιες, όπως η ταχύτητα περιστροφής τυμπάνου, η διαφορική ταχύτητα, η «λίμνη» και η «ακτή», οι υπερχειλιστές (διαφράγματα), η επιλογή-ρύθμιση διαφράγματος, οι επιπτώσεις από την προσθήκη νερού χωρίς αλλαγή διαφράγματος κ.ά.

Για τον διαχωρισμό των τριών βασικών συστατικών της ελαιοζύμης (πυρήνας, έλαιο, νερό), χρησιμοποιούνται φυγοκεντρικά μηχανήματα, τα ντεκάντερ (Εικ. 20.1). Η ελαιοζύμη, μετά τη θραύση των καρπών, προωθούμενη μέσω αντλίας (τύπου μοπορμπ), καταλήγει στο ντεκάντερ. Με τη χρήση αντλίας μοπορμπ αποφεύγεται η δημιουργία γαλακτωμάτων, ενώ παρέχεται η δυνατότητα ρύθμισης της ροής τροφοδοσίας. Το αποτέλεσμα της επεξεργασίας στο ντεκάντερ είναι ο διαχωρισμός της ελαιοζύμης είτε σε δύο «φάσεις» – ήτοι αφενός ελαιολάδου και αφετέρου πυρήνα μαζί με τα νερά (κασίγαρο)- είτε σε τρεις «φάσεις» – ελαιόλαδο, νερό και πυρήνας (Σχ. 20.1).

Οι βασικές αρχές λειτουργίας των ντεκάντερ εί-

ναι γνωστές ήδη από τον 19ο αιώνα. Η κύρια αιτία χρήσης τους, πέραν της ταχύτητας ολοκλήρωσης του διαχωρισμού, είναι η μείωση της εισροής νερού στη μάζα του ελαιολάδου κατά τη διαδικασία εκχύλισης, όπως συνέβαινε στις παραδοσιακού τύπου ελαιοποιήσεις με εφαρμογή ισχυρής πίεσης στην ελαιοζύμη.<sup>1</sup>

### 20.1 | Η αρχή του διαχωρισμού των φάσεων με φυγοκέντριση

Ο διαχωρισμός των επιμέρους υλικών ενός μείγματος είναι δυνατόν να γίνει με καθίζηση (διήθηση), εάν τα υλικά έχουν διαφορετική πυκνότητα μεταξύ τους.

#### ΕΙΚΟΝΑ 20.1

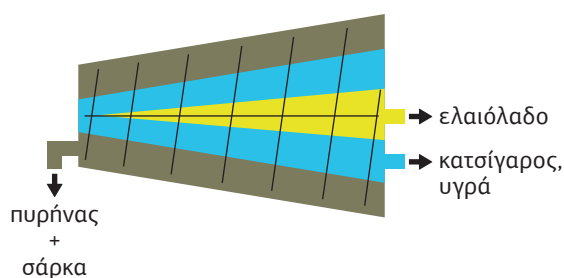
Εξωτερική όψη ντεκάντερ.



Πηγή: FLOTTWEG Separation Technology - Tricanter Z3E

ΣΧΗΜΑ 20.1

#### Σχηματική διάταξη των τριών φάσεων, κατά την περιστροφή του ντεκάντερ



Πηγή: Oil clipart decanter - <https://webstockreview.net>



Η ελαιοζύμη αποτελείται κατά βάση από τρία υλικά, νερό, ελαιόλαδο και τμήματα σάρκας και πυρήνα των καρπών, τα οποία έχουν μεταξύ τους διαφορετικό ειδικό βάρος (πυκνότητα). Λόγω της δύναμης που ασκείται στα υλικά ενός μείγματος από τη βαρύτητα της Γης, το υλικό με τη μεγαλύτερη πυκνότητα (πυρήνας) μετακινείται και αρχίζει να καθιζάνει προς τον πυθμένα, ενώ τα υλικά με μικρότερη πυκνότητα (νερό, ελαιόλαδο) διαχωρίζονται και σταθεροποιούνται στην άνω ζώνη. Αν στη δεξαμενή ηρεμίας των τριών διαχωρισθέντων υλικών εισέρχονται νέες ποσότητες ελαιοζύμης, τα ρευστά υλικά (νερό, ελαιόλαδο) υπερχειλίζουν διαφεύγοντας έξω από τη δεξαμενή, όπου και συλλέγονται απαλλαγμένα από τα στερεά (πυρήνας και σάρκα καρπών).

Το ντεκάντερ είναι οριζόντιος φυγοκεντρικός διαχωριστήρας, περιστρεφόμενος στις 2.500-3.500 στροφές (σπανιότερα έως 5.000 στρ./λ. σε ντεκάντερ μικρής δυναμικότητας), επιτυγχάνοντας ταχύτατο διαχωρισμό των τριών βασικών υλικών της ελαιοζύμης.

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας ελαιοποίησης, ένα μέρος του ελαιολάδου το οποίο περιέχεται στον καρπό δεν είναι δυνατόν να εξαχθεί και απορρίπτεται με τα στερεά απόβλητα. Συνήθως, το ποσοστό ελαιολάδου το οποίο παραλαμβάνεται από μία ικανοποιητική ελαιοποίηση κυμαίνεται στο 83-88% από τη συνολική ποσότητα ελαίου στον καρπό. Αν η ελαιοπεριεκτικότητα των καρπών υπολογιστεί εργαστηριακά (θεωρητικά στο εργαστήριο επιτυγχάνεται

η παραλαβή 100% του περιεχόμενου ελαιολάδου στα φυτικά κύτταρα) και βρεθεί π.χ. ότι είναι 16%, η ποσότητα ελαιολάδου που αναμένεται να παραληφθεί τελικά στο ελαιοτριβείο υπολογίζεται ως  $0,16\% \times 85\% = 13,6$  κιλά ελαιολάδου ανά 100 κιλά καρπών, ενώ τα υπόλοιπα 2,4 κιλά ελαιολάδου διαφεύγουν με τα υγρά και στερεά απόβλητα.

## 20.2 | Τύποι ντεκάντερ

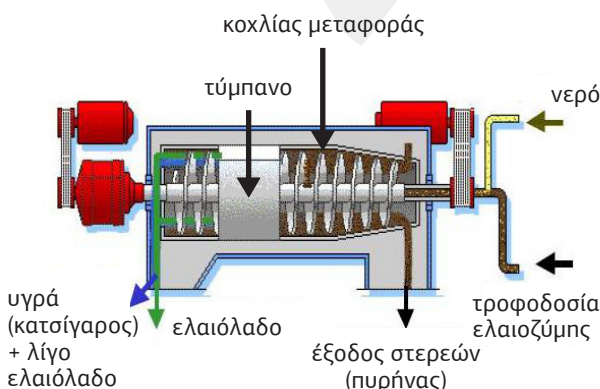
Η κύρια διαφορά των ντεκάντερ «δύο φάσεων» και «τριών φάσεων» οφείλεται στον τρόπο διαχωρισμού της ελαιοζύμης. Αν η ελαιοζύμη διαχωρίζεται σε έλαιο-νερό-στερεά, εξέρχεται από τρεις διαφορετικούς εξόδους (τριφασικό), ενώ αν διαχωρίζεται σε έλαιο-νερό και στερεά, εξέρχεται από δύο εξόδους (διφασικό). Το ελαιόλαδο, κατά την έξοδό του από το ντεκάντερ, περιέχει μικρή ποσότητα νερού, χαρακτηριζόμενη ως «υγρασία» (0,3-1%), καθώς και σωματίδια από υπολείμματα του καρπού, τα οποία αιωρούνται στη μάζα του, προσδίδοντάς του θολότητα.<sup>2</sup>

Σχηματικά, ο διαχωρισμός των φάσεων της ελαιοζύμης, σε τριφασικό ή διφασικό ντεκάντερ, γίνεται με φυγοκέντριση όπως φαίνεται σχηματικά στα Σχ. 20.2, Σχ. 20.3.

Ο διαχωρισμός των υλικών της ελαιοζύμης γίνεται με φυγοκέντριση μέσα στο περιστρεφόμενο κυλινδρικό τμήμα του ντεκάντερ και επιτυγχάνεται χάρη

ΣΧΗΜΑ 20.2

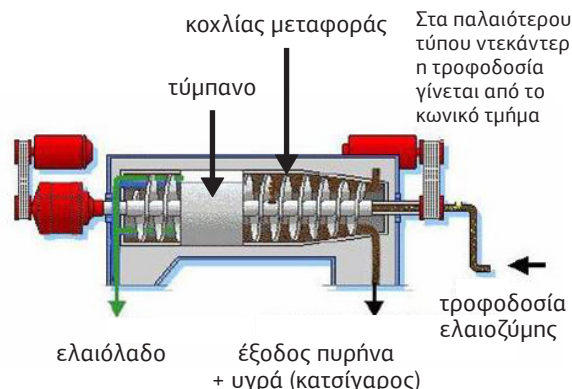
### Σχηματική λειτουργία τριφασικού ντεκάντερ



Πηγή: <https://www.oliveoilsource.com/page/equipment-explained>

ΣΧΗΜΑ 20.3

### Σχηματική λειτουργία διφασικού ντεκάντερ



Πηγή: <https://www.oliveoilsource.com/page/equipment-explained>

## 21. Φιλτράρισμα

Βασίλης Φραντζολάς, M.Sc. Food Policy

Το φιλτράρισμα του ελαιολάδου αποτελεί απαραίτητη διαδικασία για τη διατήρηση των φυσικοχημικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του. Η αίσθηση του φρουτώδους εξασθενεί στα αφιλτράριστα ελαιόλαδα μετά την πάροδο 6 μηνών. Η στατική καθίζηση για μικρότερες παραγωγές και η δυναμική καθίζηση για μεγάλες ποσότητες, εφαρμόζονται κυρίως στην Ισπανία. Συμβάλλουν στην απομάκρυνση μεγάλου τμήματος της υγρασίας και των μικροσωματιδίων τα οποία θεωρούνται, αμφότερα, υπεύθυνα για τη σταδιακή αλλοίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών, με την πάροδο λίγων μηνών. Περιγράφονται επτά διαφορετικές μέθοδοι διαύγασης/φιλτραρίσματος ελαιολάδων.

### 21.1 | Γενικά

Το φιλτράρισμα του ελαιολάδου, παρά τη διάσταση απόψεων μεταξύ διαφόρων ερευνητών, έχει αναδειχθεί, τα τελευταία χρόνια, σε απαραίτητη διαδικασία για τη διατήρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών και την αποτελεσματική συντήρηση των ελαιολάδων. Η δημιουργία αλλοιώσεων στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των αφιλτράριστων ελαιολάδων, ιδιαίτερα στο φρουτώδες, έχει καταστήσει «υποχρεωτική» τη διαδικασία του φιλτραρίσματος, μέσα σε σύντομο χρόνο από την παραγωγή, ιδιαίτερα για τα ποιοτικά ελαιόλαδα. Η τάση που είχε αναπτυχθεί το διάστημα 2000-2010, κατά το οποίο οι καταναλωτές επέλεγαν αφιλτράριστα, «θολά» ελαιόλαδα, επειδή –χάρη στην αυξημένη υγρασία που περιέχουν– χαρακτηρίζονται από υψηλό φαινολικό φορτίο, είναι μεν θεωρητικά σωστή, αλλά αφορά μόνο μικρές παραγωγές, δηλαδή ελαιόλαδα τα οποία καταναλώνονται σε μικρό χρονικό διάστημα, έως 3-4 μήνες.<sup>1</sup>

### 21.2 | Το θολό ελαιόλαδο

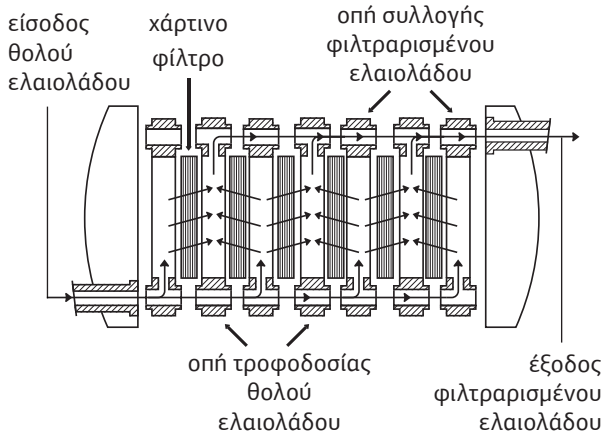
Το ελαιόλαδο, κατά την έξοδό του από το ντεκάντερ,

έχει έντονα θολή εμφάνιση, η οποία οφείλεται στα μικροσωματίδια της σάρκας του καρπού και σε μικροσταγονίδια νερού (υγρασία). Για την απομάκρυνση μικροσωματιδίων και μικροσταγονιδίων, ακολουθεί φυγοκέντριση σε κατακόρυφους διαχωριστήρες. Η χρήση κατακόρυφων διαχωριστήρων είναι δυνατόν να παρακαμφθεί, αν ακολουθηθεί άμεσο φιλτράρισμα του ελαιολάδου, κατευθείαν από το ντεκάντερ, με χρήση φιλτρόπρεσας με χαρτόφιλτρα, μέθοδος η οποία εφαρμόζεται σε μικρά ή μεσαίες παραγωγικότητας ελαιοτριβεία (200-1.000 kg καρπών ανά ώρα), για την παραγωγή υψηλής ποιότητας ελαιολάδων. Σημειώνεται ότι, σύμφωνα με τον Καθ. M. Servili, η τακτική αυτή εγκυμονεί κινδύνους λόγω μη απομάκρυνσης της υγρασίας σε ικανοποιητικό βαθμό από το ντεκάντερ.

Τα μικροσωματίδια αποτελούνται κυρίως από ένζυμα, σάκκαρα, φωσφολιπίδια, κηρούς και φαινολικά συστατικά.<sup>2</sup> Αποκτούν κολλοειδείς μορφές<sup>2</sup> και έχουν κυρίως υδρόφιλες ιδιότητες, οι οποίες συνδυάζονται με την παρουσία αυξημένης υγρασίας στο ελαιόλαδο.<sup>3</sup> Το μέγεθος των κολλοειδών δεν είναι σταθερό αλλά διαφοροποιείται, ανάλογα με τη διαδικασία ελαιοποίησης που έχει χρησιμοποιηθεί.<sup>2</sup> Σε κάθε περίπτωση, στα κολλοειδή και, ειδικότερα, στην κρυσταλλοποι-

ΣΧΗΜΑ 21.2

### Διάγραμμα ροής ελαιολάδου μέσα από συστοιχία πλακών χάρτινων φίλτρων<sup>15</sup>



τεύθυνση της ροής, με αποτέλεσμα αρχικά να γίνεται η συγκράτηση των μεγαλύτερων και, στη συνέχεια, σταδιακά, των μικρότερων σωματιδίων. Η διάταξη αυτή αυξάνει τη διαπερατότητα των πλακών κυτταρίνης.<sup>14</sup>

Το πάχος των πλακών συνήθως κυμαίνεται στα 0,6-4 mm, ενώ το βάρος στα 200-1.500 gr/m<sup>2</sup>. Το ελαιολάδο δέχεται πίεση από αντλία που βρίσκεται κοντά στις πλάκες, και αναγκάζεται να περάσει μέσα από τα χάρτινα φίλτρα, διαβρέχοντάς τα σε πορεία παράλληλη με τις πλάκες και όχι κάθετη, η οποία θα καθιστούσε το φιλτράρισμα πρακτικά αδύνατο.

Οι πλάκες του φίλτρου είναι πλαίσια από ειδικό πλαστικό με κυκλικά ανοίγματα στις τέσσερις γωνίες, εκτός του τετραγώνου της πλάκας του φίλτρου (Εικ. 21.6). Όταν οι πλάκες μετά την τοποθέτηση των καρτόφιλτρων ενωθούν και σφικθούν, δημιουργούνται οδοί κυκλοφορίας για το υπό πίεση ελαιολάδο. Στο Σχ. 21.2, απεικονίζεται η πορεία του ελαιολάδου, από την άνω πλευρά, όπως διαβρέχει ταυτόχρονα τις πλευρές δύο γειτονικών πλακών σε όλα τα πλαίσια και εξέρχεται αναγκαστικά από την απέναντι ελεύθερη δίοδο, και τελικά συγκεντρώνεται στην κάτω πλευρά, από όπου και παραλαμβάνεται το καθαρό ελαιολάδο.

Η πίεση του ελαιολάδου, όταν εισέρχεται στο φίλτρο, συνιστάται να μην υπερβαίνει το 1,0 bar, με μέγιστη επιτρεπτή τιμή 1,5 bar.

Η παραγωγικότητα των φίλτρων εξαρτάται από

ΕΙΚΟΝΑ 21.6

Πλάκα φιλτρόπρεσας η οποία δέχεται σε κάθε πλευρά της ένα φύλλο χάρτινου φίλτρου.



Πηγή: Φωτογραφικό αρχείο Βασ. Φραντζολά

τον βαθμό καθαρότητας του ελαιολάδου, όπως παραλαμβάνεται από τον κάθετο διαχωριστήρα. Σε πρέσα φίλτρου βιομηχανικής κλίμακας, με 70 πλαίσια (140 φίλτρα, 40 cm × 40 cm), εάν πρόκειται περί αγουρελαίου, κατά την αρχή της διαδικασίας, με καθαρό διαχωριστήρα, συνήθως απαιτείται αλλαγή φίλτρων μετά από 1.500-2.000 kg. Με την πρόοδο της εργασίας, αν οι μη αυτοκαθαριζόμενοι διαχωριστήρες δεν καθαρίζονται σε χρόνους μικρότερους των 20-30', η απόδοση των φίλτρων μειώνεται σημαντικά.

### 21.8.3 | ΦΙΛΤΡΑ ΓΗΣ ΔΙΑΤΟΜΩΝ

Χρησιμοποιούνται από μεγάλες βιομηχανικές μονάδες, λόγω των μεγάλων ποσοτήτων που μπορούν να φιλτραριστούν, στοχεύοντας κυρίως στη συγκράτηση μικροσωματιδίων μεγαλύτερων διαστάσεων (Εικ. 21.7). Το μέσο φιλτραρίσματος είναι κατά 95-98% γη διατόμων, ορυκτό πυριτικό υλικό.<sup>4</sup> Για την ταχύτερη διέλευση του ελαιολάδου μέσα από τις διαδοχικές στρώσεις γης διατόμων με διαφορετική διάμετρο κόκκων, εφαρμόζεται πίεση 4-8 bar, ενώ το φιλτράρισμα διαρκεί 10-12 ώρες πριν την εξάντληση της ικανότητας φιλτραρίσματος. Συνήθως, 100 kg γης διατόμων είναι ικανά να φιλτράρουν 50 τόνους ελαιολάδου, αναλόγως και την περιεχόμενη υγρασία, ποικιλία κτλ.<sup>4</sup>

Μετά τη χρήση φίλτρου γης διατόμων, ακολουθεί

## 22. Αποθήκευση του ελαιολάδου

Βασίλης Φραντζολάς, M.Sc. Food Policy

Η ποιότητα ενός πολύ καλού, εξαιρετικού παρθένου ελαιολάδου είναι δυνατόν να υποβαθμιστεί σε μικρό χρονικό διάστημα αν η αποθήκευσή του δεν γίνει υπό καλές συνθήκες φύλαξης. Η πτώση των φαινολών και της αντίστασής του στην οξείδωση είναι σημαντική σε θερμοκρασίες φύλαξης μεγαλύτερες των 22°C. Αντίθετα, με άμεση αποθήκευση σε ιδανικές συνθήκες, το ελαιόλαδο μπορεί να παραμείνει ουσιαστικά αναλλοίωτο και πέραν των 24 μηνών. Δοχεία πλαστικά καλό είναι να αποφεύγονται, ακόμη και αν φέρουν ειδική σήμανση καταλληλότητας. Μόνο τα ανοξείδωτα δοχεία παρέχουν πλήρη προστασία κατά την αποθήκευση του ελαιολάδου. Η χρήση αδρανών αερίων με τις κατάλληλες διατάξεις περιγράφονται εκτενώς.

### 22.1 | Γενικά

Η κύρια αιτία υποβάθμισης των ελαιολάδων κατά την αποθήκευση είναι η οξείδωση των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων από το οξυγόνο το οποίο περιέχεται στον αέρα.<sup>1</sup> Τα χαρακτηριστικά του ελαιολάδου τα οποία καθορίζουν την ευκολία οξείδωσής του είναι δύο: η σύνθεση των λιπαρών οξέων και οι αντιοξειδωτικές ουσίες, φαινόλες, τοκοφερόλες, καροτένια, χλωροφύλλες, κτλ.<sup>2</sup>

Τα φαινολικά συστατικά του ελαιολάδου διαδραματίζουν τον κύριο αντιοξειδωτικό ρόλο, γεγονός το οποίο διαφαίνεται από τη σταδιακή μείωση των φαινολών κατά την αποθήκευσή του, εκτός από τις λιγνάνες, που παρουσιάζουν σχετική σταθερότητα. Πιο συγκεκριμένα, τα φαινολικά συστατικά –της κατηγορίας σεκοϊριδοειδή– ελαιασίνη (διαλδεϋδική μορφή άγλυκου ελευρωπαίνης, 3,4-HPEA-EDA), ελαιοκανθάλη (διαλδεϋδική μορφή άγλυκου λιγκστροσίδη, p-HPEA-EDA) και άγλυκο ελευρωπαίνης (3,4-DHPEA-EA) εμφανίζονται κατά την αποθήκευση με διαρκώς μειούμενη περιεκτικότητα, η πτώση της οποίας εξαρτάται από την αρχική κατάσταση του ελαιολάδου. Στη συνέχεια, τα παράγωγα των σεκοϊριδοειδών (κυρίως οι

άγλυκες μορφές τους) υφίστανται υδρολυτικές διασπάσεις, με αποτέλεσμα να εμφανίζονται σε αυξημένες συγκεντρώσεις απλές φαινόλες όπως η υδροξυτυροσόλη (3,4-DHPEA) και η τυροσόλη (p-HPEA).<sup>3</sup>

Σύμφωνα με τους ερευνητές Chimi et al.<sup>4</sup> τα φαινολικά συστατικά έχουν διαφορετική αντιοξειδωτική δράση, η οποία βαίνει μειούμενη ως εξής: υδροξυτυροσόλη > ελευρωπαίνη > τυροσόλη. Στο ίδιο συμπέρασμα, ότι η συγκέντρωση της υδροξυτυροσόλης –και όχι της τυροσόλης– συνδέεται κυρίως με την οξειδωτική σταθερότητα του ελαιολάδου, κατέληξαν και οι ερευνητές Παπαδόπουλος και Μπόσκου<sup>5</sup>, καθώς και η Τσιμίδου με τους συνεργάτες της.<sup>6</sup> Η σταδιακή μείωση των σεκοϊριδοειδών στο ελαιόλαδο έχει αποτέλεσμα τη μείωση του χρόνου παραμονής του στο ράφι.<sup>1</sup>

Όταν το παρθένο ελαιόλαδο δεν αποθηκεύεται υπό κατάλληλες συνθήκες, είναι δυνατόν να εμφανιστούν σε σύντομο χρονικό διάστημα ανεπιθύμητες οσμές και γεύσεις. Οι οσμές που τα προκαλούν μπορεί να είναι η εξανάλη και άλλα C8 και C9 συστατικά, η δημιουργία των οποίων οφείλεται σε οξειδωτικές δράσεις, υψηλή θερμοκρασία, οξυγόνο, φως ή και προοξειδωτικές ουσίες (π.χ. χλωροφύλλη).<sup>7</sup>

ΠΙΝΑΚΑΣ 22.1

### Εξέλιξη χημικών ποιοτικών χαρακτηριστικών εξ. παρθένου ελαιολάδου, Αμφίσης, φιλτραρισμένου, σε φιάλη, σκοτάδι, μεταξύ ετών 2013-2020

	18/02/2013	04/04/2015	18/09/2015	05/02/2019	30/06/2020
<b>ΟΞΥΤΗΤΑ</b>	0,14%	0,17%	0,19%	0,26%	0,32%
<b>K232</b>	1,73	1,85	1,84	1,945	1,801
<b>K268</b>	0,12	0,14	0,14	0,159	0,166
<b>ΥΠΕΡΟΞΕΙΔΙΑ</b>	4,4	7,5	7,9	5,5	6,0
<b>ΦΑΙΝΟΛΕΣ</b>	328	315	281	291	299
<b>ΜΟΝ/ΠΟΛ</b>	10,50%	9,33%	9,39%	-	-

Πηγή: Στοιχεία Βασ. Φραντζολά, αδημοσίευτα

μελέτη χρησιμοποιήθηκαν ελαιολάδα με φαινόλες τριών εντάσεων (χαμηλής = 100 mg/kg, μέσης = 200 mg/kg, υψηλής = 300 mg/kg) σε συνδυασμό με λινολενικό οξύ τριών συγκεντρώσεων (χαμηλής = 6%, μέσης = 12%, υψηλής = 17%). Οι συνθήκες φύλαξης περιελάμβαναν τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες 15°C, 22°C και 37°C, ενώ, ως προς τον αέρα και τις επιπτώσεις από το φως, παραμονή σε χώρο θερμοκρασίας 22°C με ανοικτές ή κλειστές φιάλες και παραμονή σε γυάλινες μαύρες ή διαφανείς φιάλες.

**Φαινόλες:** Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι ολικές φαινόλες ελαιολάδων αποθηκευμένων σε φιάλες επί 36 μήνες, υπό τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες (15°C, 22°C, 37°C), αναλόγως το επίπεδο των αρχικών φαινολών και την περιεκτικότητα σε λινολενικό οξύ, εξελίχθηκαν σύμφωνα με τις τιμές του Διάγρ. 22.1.

Επίσης, από την ίδια πειραματική μελέτη, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι χρόνοι αντίστασης στην οξειδωση ελαιολάδων αποθηκευμένων σε φιάλες επί 36 μήνες, υπό τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες (15°C, 22°C, 37°C), αναλόγως τις τιμές των αρχικών φαινολών και την περιεκτικότητα σε λινολενικό οξύ, εξελίχθηκαν σύμφωνα με τις τιμές του Διάγρ. 22.2.

#### 22.2.1 | ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΣΕ ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΔΟΧΕΙΑ ΚΑΙ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ

Τα πλαστικά δοχεία μεταφοράς, γενικώς, πρέπει να αποφεύγονται για την αποθήκευση ελαιολάδου. Μπορούν, μόνον εφόσον διαθέτουν σχετικά πρόσφατη πιστοποίηση καταλληλότητας του υλικού για λιπαρές ύλες («Δήλωση Συμμόρφωσης»), να χρησιμοποιούνται για ολιγοήμερη παραμονή του προϊόντος. Συνήθως τα πλαστικά δοχεία με καφέ ή μαύρο χρώμα δεν είναι κατάλληλα ούτε για ολιγόωρη μεταφορά ελαιολάδου, επειδή δεν ανταποκρίνονται αυστηρές προδιαγραφές για φύλαξη υλικών που περιέχουν λιπαρές ύλες. Τα άσπρα πλαστικά δοχεία των 50 kg θεωρούνται ασφαλή, αλλά πρέπει να αποφεύγεται η χρήση τους για αποθήκευση, ενώ χρησιμοποιούνται κυρίως στα ελαιοτριβεία, για μεταφορά μικρών ποσοτήτων ελαιολάδου από παραγωγούς. Η χρήση άλλων πλαστικών δοχείων πρέπει να αποφεύγεται τελείως, κατά μείζονα λόγο εντός του ελαιοτριβείου, καθόσον οι αρχικές θερμοκρασίες παραλαβής του ελαιολάδου είναι συνήθως άνω των 35-40°C, αυξάνοντας την πιθανότητα εμφάνισης πλαστικοποιτών στο ελαιολάδο. Αν πλαστικές συσκευασίες ή κατασκευές φέρουν το ειδικό σήμα «κατάλληλο για τρόφιμα», πρέπει ο κατασκευαστής να έχει πιστοποιήσει το

## 23. Αντλίες ελαιοτριβείου

Βασίλης Φραντζολάς, M.Sc. Food Policy

Εκτός από τις φυγοκεντρικές αντλίες, στα ελαιοτριβεία και γενικότερα για τη σωστή διαχείριση του ελαιολάδου, χρησιμοποιούνται οι ογκομετρικές αντλίες ή θετικής μετατόπισης με ανοξείδωτες πτερωτές ή λοβούς. Για την άντληση ελαιολάδου, ελαιοζύμης ή του διφασικού πυρήνα με κασίγαρο χρησιμοποιούνται επίσης μεγαλύτερες ογκομετρικές αντλίες, οι μονορουμπ με περιστρεφόμενη πτερωτή ή ευθύγραμμο ρότορα. Περιγράφονται εκτενώς τα πλεονεκτήματα χρήσης των αντλιών τύπου μονορουμπ.

Οι αντλίες οι οποίες χρησιμοποιούνται για την άντληση ή κυκλοφορία νερού, μεταφορά της ελαιοζύμης ή του ελαιολάδου, ανήκουν σε δύο κατηγορίες: φυγοκεντρικές ή ογκομετρικές (θετικής μετατόπισης).

ΣΧΗΜΑ 23.1

### Φυγοκεντρική αντλία <sup>1</sup>

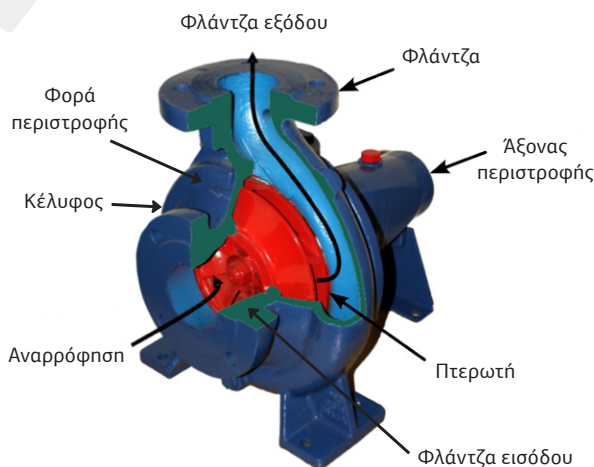
#### 23.1 | Φυγοκεντρικές αντλίες

Είναι κατάλληλες για τη μεταφορά και την κυκλοφορία του νερού, όπως π.χ. στους μαλακτήρες, για την πλύση των καρπών, την απομάκρυνση του κασίγαρου, κ.ά. Τα πλεονεκτήματά τους είναι: απλές στην κατασκευή, χαμηλού κόστους αγοράς και συντήρησης και δεν καταλαμβάνουν μεγάλο χώρο (Σχ. 23.1).

Οι φυγοκεντρικές αντλίες αποτελούνται από δύο βασικά τμήματα, το κέλυφος και την πτερωτή (impeller) (Σχ. 23.2).

Το σχήμα και η διάταξη των πτερυγίων στην πτερωτή είναι τέτοια, ώστε το υγρό που εισέρχεται στο κέλυφος «αξονικά» να κινείται και τελικά να εξέρχεται κάθετα προς τον άξονα της πτερωτής, δηλαδή «ακτινικά».

Το κέλυφος της αντλίας αποτελείται από τμήματα τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με κοχλία. Στις διεπαφές τους υπάρχει παρέμβυσμα στεγάνωσης (τσιμούχα), από ελαστομερές συνήθως υλικό. Τα δύο τεμάχια του κελύφους είναι κατασκευασμένα, συνήθως, από χυτοσίδηρο και τοποθετημένα με τρόπο ώστε να υπάρχει ελαχιστοποίηση των απωλειών τριβής μετα-



ξύ ρευστού και εσωτερικής επιφάνειας αυτών.

Εσωτερικά, η τομή του κελύφους (σπειροειδής μορφή) σχηματίζει κυκλικό αγωγό η διατομή του οποίου αυξάνεται σταδιακά συνεχώς μέχρι την έξοδο. Το υγρό –κινούμενο υπό την επίδραση της φυγοκέντρου δύναμης– έχει ταχύτητα η οποία μειώνεται προοδευτικά λόγω αύξησης της διαμέτρου του αγω-

β) η στάθμη λειτουργίας της αντλίας πρέπει να βρίσκεται χαμηλότερα από την κάτω στάθμη της δεξαμενής τροφοδοσίας.<sup>2</sup>

Οι φυγοκεντρικές αντλίες πρέπει να αποφεύγεται να χρησιμοποιούνται στην τροφοδοσία δεξαμενών με εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο, λόγω των ισχυρών στρωβιλισμών που προκαλούνται, της μείξης με τον αέρα και της πιθανότητας δημιουργίας γαλακτωμάτων.<sup>3</sup>

## 23.2 | Ογκομετρικές ή θετικής μετατόπισης

Οι ογκομετρικές αντλίες, ή θετικής μετατόπισης, είναι ανοξειδωτες, περιστροφικές αντλίες, κατάλληλες για τη μεταφορά λεπτόρρευστων υγρών, τα οποία μπορούν να περιέχουν και στερεά αιωρήματα. Διαθέτουν δύο ανοξειδωτες πτερωτές και είναι απολύτως κατάλληλες για την άντληση και μεταφορά ελαιολάδου. Διακρίνονται από μεγάλη αντοχή, είναι ακριβότερες από άλλους τύπους αντλιών αλλά απαιτούν πολύ μικρή συντήρηση.

Κάποιοι συνηθισμένοι τύποι ογκομετρικής αντλίας είναι: περιστροφική με γρανάζια (οδοντωτή) ή με λοβούς ή παλινδρομική με έμβολα (μονορυμπ).

Οι αντλίες έχουν δύο πτερωτές με διάταξη οδοντωτών τροχών (Σχ. 23.4) ή δύο λοβούς (Σχ. 23.5) οι οποίοι περιστρέφονται μέσα στο κάλυμμα. Το κενό το οποίο δημιουργείται μεταξύ τους ή με το κάλυμ-

μα κατά την κίνηση είναι ελάχιστο. Η αρχή λειτουργίας τους βασίζεται στο ότι, όταν η αντλία κινεί τον ένα οδοντωτό τροχό, το υγρό εισχωρεί ανάμεσα στο κενό που δημιουργούν τα δόντια των τροχών ή στους λοβούς όταν περνούν μπροστά από το άνοιγμα της αναρρόφησης. Το εισερχόμενο υγρό μεταφέρεται μπροστά από το αντιδιαμετρικό άνοιγμα εξόδου της αντλίας, από όπου υποχρεωτικά εξέρχεται. Η κίνηση των οδοντωτών τροχών δεν επιφέρει καμία καταπόνηση στο υγρό που κινείται μέσα στην αντλία, γεγονός που καθιστά τις αντλίες αυτές ως τις πλέον κατάλληλες για μεταφορά ελαιολάδου – και δη εξαιρετικού παρθένου.

Οι οδοντωτοί τροχοί μπορεί να αντικατασταθούν από 2 ή 3 περιστρεφόμενες διατάξεις σε σχήμα λοβού, επιτυγχάνοντας το ίδιο αποτέλεσμα. Οι λοβοί κυλιούνται ο ένας στον άλλο, επιτυγχάνοντας ομαλή ροή του υγρού, χωρίς μηχανική καταπόνηση.

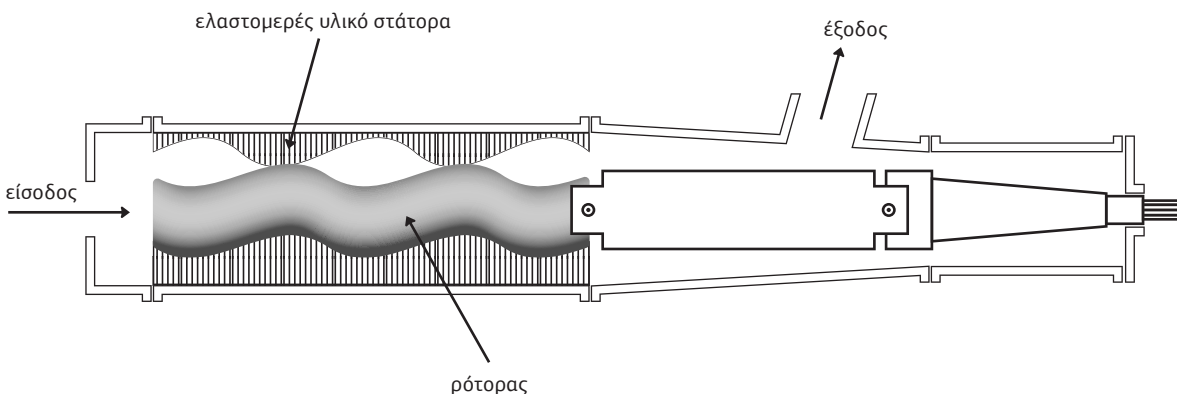
Οι οδοντωτές και οι λοβωτές αντλίες μπορούν να μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες ελαιολάδου και προτιμώνται σε εγκαταστάσεις όπου παράγονται ελαιόλαδα υψηλότερης ποιότητας, διότι παρουσιάζουν μεγάλο βαθμό αξιοπιστίας, λιγότερες βλάβες και μικρότερα κωστολόγια συντήρησης.

## 23.3 | Αντλίες μονορυμπ

Για την άντληση ελαιολάδου και παχύρρευστων υγρών, όπως ελαιοζύμης ή πυρήνα με κατσίγαρο, συ-

ΣΧΗΜΑ 23.6

### Ενδεικτική τομή αντλίας μονορυμπ<sup>5</sup>



## 24. Οξύτητα – Οξείδωση – Οξειδωτική Σταθερότητα

Βασίλης Φραντζολάς, M.Sc. Food Policy

Η οξύτητα του ελαιολάδου αποτελεί, και σήμερα, το κυριότερο κριτήριο ποιοτικής κατάταξης. Δημιουργείται στον καρπό τη χρονική περίοδο πριν τη θραύση του. Περιγράφονται οι δύο αιτίες που προκαλούν την οξύτητα του ελαιολάδου (μικροβιακή και ενζυμική λιπόλυση). Η οξείδωση αποτελεί το μεγαλύτερο πρόβλημα υποβάθμισης των ελαιολάδων επειδή αρχίζει να δημιουργείται αμέσως μετά την παραγωγή τους. Εξετάζονται οι κατηγορίες οξείδωσης (αυτοοξείδωση, φωτοοξείδωση και ενζυμική οξείδωση), οι παράγοντες που επιταχύνουν την αυτοοξείδωση (οξυγόνο, θερμοκρασία, παρουσία μετάλλων), η σημασία της οξειδωτικής σταθερότητας, καθώς και σχετικές μέθοδοι και συσκευές μέτρησης.

Οι κυριότερες αλλοιώσεις του ελαιολάδου, από τον καρπό στο δέντρο έως την αποθήκευσή του, προέρχονται από τις διαδικασίες της υδρόλυσης και οξείδωσης. Η υδρόλυση (ή λιπόλυση) δημιουργείται κυρίως κατά τη φάση παραμονής των καρπών στο δέντρο, τη φάση συλλογής, μεταφοράς και αναμονής στο ελαιοτριβείο, γενικώς πριν την ελαιοποίηση.<sup>1</sup> Ο βαθμός της υδρόλυσης υπολογίζεται με βάση την οξύτητα, ενώ εκφράζεται αριθμητικά ως ποσοστό % των ελεύθερων λιπαρών οξέων τα οποία έχουν δημιουργηθεί στο ελαιόλαδο. Αντιθέτως, η οξείδωση αναπτύσσεται κυρίως μετά την εξαγωγή του ελαιολάδου από τον καρπό, με ευκολία και ταχύτητα, όταν οι συνθήκες αποθήκευσης δεν είναι κατάλληλες, ενώ δεν παρατηρείται δραστηριότητα μεταβολής της όταν οι συνθήκες φύλαξης είναι ιδανικές.

Η οξύτητα διαμορφώνεται κατά τη χρονική περίοδο από την ανάπτυξη των καρπών στο δέντρο, μέχρι την παραλαβή του ελαιολάδου. Διαμορφώνεται από τη δράση των λιπολυτικών ενζύμων (λιπάσες), αναλόγως την κατάσταση των καρπών (βαθμός ωρίμανσης, υγιής, τραυματισμένος) και τις συνθήκες αποθήκευσης και επεξεργασίας στο ελαιοτριβείο.

Η λιπολυτική δράση –και επομένως η δημιουργία οξύτητας– επιταχύνεται:

α) με την αύξηση της θερμοκρασίας των συλλεγμένων καρπών πριν την ελαιοποίηση,

β) κατά τη διάρκεια της αναμονής τους μέχρι την ελαιοποίηση και

γ) με την αύξηση του χρόνου επαφής ενζύμων-νερού-ελαίου στον μαλακτήρα.

Η υδρόλυση την οποία υφίστανται τα τριγλυκερίδια από τη δράση των λιπολυτικών ενζύμων (λιπάσες) έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ελεύθερων λιπαρών οξέων τα οποία αποσπώνται από τα τριγλυκερίδια του ελαιολάδου. Τα προϊόντα της λιπολυτικής δράσης –ελεύθερα λιπαρά οξέα– είναι άοσμα και άγευστα και δεν δημιουργούν αντιληπτά οργανοληπτικά ελαττώματα.<sup>2</sup>

Οι λιπάσες είναι ενδογενή ένζυμα του καρπού τα οποία βρίσκονται σε αδράνεια, μέχρις ότου ο καρπός υπερωριμάσει ή υποστεί κάποιο τραυματισμό, π.χ. από χτύπημα κατά τη συγκομιδή. Η προκαλούμενη επαφή των ενζύμων με το έλαιο, το οποίο περιέχεται υπό τη μορφή μικροσταγονιδίων, προφυλαγμένων εντός των φυτικών κυττάρων, σηματοδοτεί την έναρξη της λιπο-

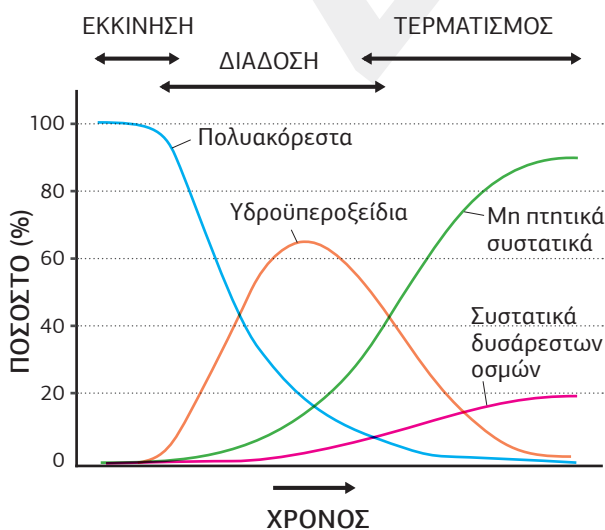


γόνου από μία χημική ένωση, όπως είναι π.χ. τα λιπαρά οξέα του ελαιολάδου. Ο απλός άνθρακας C όταν ενωθεί με οξυγόνο υφίσταται «οξειδωση», μετατρέπόμενος σε μονοξείδιο του άνθρακα (CO), υφίσταται δηλαδή «οξειδωση», ομοίως δε και αν μετατραπεί σε διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Είναι η πλέον συνηθισμένη αλλοίωση των λιπαρών υλών, ονομαζόμενη και οξειδωτική τάγγιση, επειδή οι λιπαρές ύλες, αυτούσιες ή ως συστατικά άλλων υλών, περιέχουν στα τριγλυκερίδιά τους ακόρεστα λιπαρά οξέα, τα οποία οξειδώνονται εύκολα, ακόμη και σε χαμηλές θερμοκρασίες.<sup>7</sup> Πολλά προϊόντα (χημικές ενώσεις) τα οποία δημιουργούνται από την οξείδωση των λιπαρών οξέων έχουν δυσάρεστη οσμή και γεύση, υποβαθμίζοντας την ποιότητα του ελαιολάδου. Η αυτοοξείδωση εξελίσσεται μέσω του μηχανισμού δημιουργίας ελεύθερων ριζών, μιας πολύπλοκης σειράς<sup>3</sup> αλυσιδωτών αντιδράσεων. Κατά το τελευταίο στάδιο της διαδικασίας αυτοοξείδωσης, του τερματισμού, οι ρίζες αντιδρούν μεταξύ τους και παράγουν άλλα σταθερά προϊόντα, που δεν έχουν πλέον μορφή ελεύθερης ρίζας για να συνεχίσουν την οξειδωτική διαδικασία.

Αναλυτικότερα: Η οξείδωση του ελαιολάδου,

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 24.1

### Οξείδωση πολυακόρεστων λιπαρών οξέων και δημιουργία πρωτογενών (υδροϋπεροξειδία) και δευτερογενών προϊόντων (μη πτητικών ουσιών και δυσάρεστων οσμών)<sup>8</sup>



όπως και όλων των λιπαρών ουσιών, επιταχύνεται από τη δράση διαφόρων καταλυτών ή εκκινητών όπως το φως, συγκεκριμένες θερμοκρασίες, μικροοργανισμοί ή ένζυμα. Αποτέλεσμα αυτών των δράσεων είναι η δημιουργία ελεύθερων ριζών οι οποίες δρουν στα πολυακόρεστα λιπαρά με τη συνέργεια του οξυγόνου. Η δημιουργία των ελεύθερων ριζών από την οξείδωση των λιπαρών οξέων χαρακτηρίζεται από τρία διαδοχικά στάδια εξέλιξης:<sup>8</sup> εκκίνηση, διάδοση και τερματισμός (Διάγρ. 24.1).

Κατά την εκκίνηση της οξειδωτικής διαδικασίας (λόγω θερμοκρασίας, φωτός, δράσης άλλων ελεύθερων ριζών ή παρουσίας βαρέων μετάλλων), παράγονται ελεύθερες ρίζες απευθείας από τα λιπαρά οξέα.<sup>9</sup>

Κατά το επόμενο στάδιο, της διάδοσης, δημιουργούνται υδροϋπεροξειδία μέσω μιας αυτοκαταλυτικής διαδικασίας η οποία εξελίσσεται με γρήγορο ρυθμό. Τα δημιουργούμενα υδροϋπεροξειδία δεν είναι σταθερά και αποδομούνται γρήγορα, παράγοντας έναν μεγάλο αριθμό πτητικών ουσιών. Οι πτητικές ουσίες μπορεί να αποδομηθούν και να οξειδωθούν οδηγώντας σε σειρά από πρωτεύοντα και δευτερεύοντα προϊόντα οξείδωσης. Ως αποτέλεσμα αυτών των διαδικασιών, καταγράφονται μειωμένη ποσότητα πολυακόρεστων λιπαρών και αύξηση υδροϋπεροξειδίων. Στη συνέχεια επέρχεται σταδιακή οξείδωση και των δευτερευόντων προϊόντων, τα οποία εκλύουν δυσάρεστες οσμές από πτητικές ουσίες οι οποίες υποβαθμίζουν την ποιότητα του ελαιολάδου, αλλοιώνοντας τη γεύση του, όπως συμβαίνει και με την ενζυμική οξείδωση.<sup>9</sup>

Το οξυγόνο είναι απαραίτητο για να λάβει χώρα οξειδωτική διαδικασία, και στην περίπτωση του ελαιολάδου εντοπίζονται κυρίως δύο περιπτώσεις όπου μπορεί να λάβει χώρα η οξείδωση. Επαφή του οξυγόνου (αέρα) στη διαχωριστική επιφάνεια μεταξύ του αποθηκευμένου ελαιολάδου και του αέρα, και επαφή μέσα στη μάζα του, όταν βρίσκεται διαλυμένο σε αυτό. Ο χρόνος που διαρκεί η διαδικασία στο ελαιοτριβείο και κυρίως η μάλαξη, οι μεταγίσεις καθώς και η συσκευασία του ελαιολάδου επηρεάζουν την ποσότητα του αέρα η οποία βρίσκεται διαλυμένη σε αυτό και συνήθως κυμαίνεται από 2-2,5% κατ' όγκο.<sup>6</sup> Η αποφυγή επαφής αέρα-ελαιολάδου στη δεξαμενή αποθήκευσης είναι κρίσιμης σημασίας για την ποιότητα του προϊόντος και πρέπει να λαμβάνονται σχολαστικά μέτρα αποφυγής της, με χρήση αδρανών αερίων (άζωτο, αργόν). Η χρήση αδρανών αερίων κατά τη συσκευα-

## 25. Αντιοξειδωτικές ουσίες ελαιολάδου

Βασίλης Φραντζολάς, M.Sc. Food Policy

Οι αντιοξειδωτικές ουσίες στο ελαιόλαδο έχουν σημαντικό ρόλο για την υγεία του ανθρώπου, αλλά και για το ίδιο το προϊόν. Εκτός από τις πολύτιμες φαινόλες του ελαιολάδου, οι οποίες παρουσιάζουν την κύρια αντιοξειδωτική δράση, υπάρχουν και άλλες ουσίες με παρόμοια δράση, όπως τοκοφερόλες (βιταμίνη E), σκουαλένιο, χλωροφύλλες και καροτενοειδή.

### 25.1 | Τα συστατικά του ελαιολάδου

Το ελαιόλαδο, όπως όλες οι λιπαρές ουσίες της φύσης, περιέχει τους τρεις τύπους λιπαρών οξέων – μονοακόρεστα (ελαϊκό οξύ), πολυακόρεστα και κορεσμένα – κυρίως υπό τη μορφή εστέρων με γλυκερόλη (γλυκερίδια). Πέραν των γλυκεριδίων (τριγλυκερίδια, μονογλυκερίδια και διγλυκερίδια), περιέχει και ένα μικρό ποσοστό από ελεύθερα λιπαρά οξέα (οξύτητα), τα οποία δημιουργούνται από διάφορες οξειδωτικές διεργασίες. Οι λιπαρές ουσίες αποτελούν το 97-98% της μάζας του ελαιολάδου και ονομάζονται «σαπωνοποιήσιμο τμήμα», ενώ το υπόλοιπο 2-3% ονομάζεται «μη σαπωνοποιήσιμο» τμήμα, όπου περιέχονται όλες οι πολύτιμες ουσίες με αντιοξειδωτική προστασία, οι οποίες εμφανίζουν βιολογικές δράσεις πολύτιμες για την υγεία του ανθρώπου.

Ειδικότερα, τα πολύτιμα συστατικά του ελαιολάδου είναι: φαινολικά συστατικά, στερόλες (π.χ. β-σιτοστερόλη), υδρογονάνθρακες (π.χ. σκουαλένιο), χλωροφύλλες, καροτενοειδή, τοκοφερόλες, πτητικές ενώσεις (κυρίως τα δευτερογενή προϊόντα οξείδωσης), τερπένες και τερπενικά οξέα (μασλιτικό οξύ). Ανάμεσα στα μικροσυστατικά του ελαιολάδου, τον πιο σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν οι φαινόλες (το έξτρα παρθένο ελαιόλαδο περιέχει περισσότερο από 20 φαινολικές ενώσεις, πέρα από τα προϊόντα υδρόλυσης της ελευρωπαΐνης και του λιγκστροσίδη).

### 25.2 | Η οξείδωση των ελαιολάδων

Το ελαιόλαδο περιέχει μονοακόρεστα, πολυακόρεστα και κορεσμένα λιπαρά οξέα, σε ποσοστά που ποικίλλουν, εξαρτώμενα κυρίως από την ποικιλία της ελιάς. Τα πολυακόρεστα οξειδώνονται πολύ εύκολα σε επαφή με τον αέρα ή το φως (όπως και τα μονοακόρεστα, αλλά σε πολύ μικρότερο βαθμό), μετατρέπονται, μέσω ενζυμικών διεργασιών, σε άλλες ενώσεις, όπως π.χ. οι αλδεΐδες και τα αλκάνια – τα τελευταία αποδίδουν άσχημες οσμές και γεύσεις στο ελαιόλαδο, ακόμα και όταν βρίσκονται σε εξαιρετικά μικρές συγκεντρώσεις, δηλαδή 40 μέρη στο δισεκατομμύριο (ppb).<sup>1</sup> Να σημειωθεί ότι αυξημένα πολυακόρεστα λιπαρά στη σύσταση του ελαιολάδου, σε ποικιλίες όπως π.χ. Μεγαρίτικη ή Κολοβή Λέσβου, έχουν ως αποτέλεσμα την ευκολότερη οξείδωσή τους συγκριτικά με μικρότερα ποσοστά πολυακόρεστων σε άλλες ποικιλίες (π.χ. Κορωνέικη, Κερκύρας, Αμφίσσης). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα πολυακόρεστα λιπαρά περιέχουν περισσότερους ακόρεστους δεσμούς άνθρακα (C=C), οι οποίοι οξειδώνονται ευκολότερα.<sup>2</sup> Αντιθέτως, η ύπαρξη περισσότερων μονοακόρεστων λιπαρών στη σύσταση του ελαιολάδου (π.χ. ποικιλίες Κορωνέικη, Λιανολιά Κερκύρας) προσδίδει στο ελαιόλαδο μεγαλύτερη αντίσταση στην οξείδωση, κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης και παραμονής στο ράφι.

## 25.3 | Οι αντιοξειδωτικές ουσίες του ελαιολάδου

Τα αντιοξειδωτικά είναι χημικές ενώσεις που είτε υπάρχουν σε διάφορα φυτά («φυσικά αντιοξειδωτικά») είτε παρασκευάζονται στο εργαστήριο («συνθετικά αντιοξειδωτικά»). Η παρουσία τους στο ελαιόλαδο επιβραδύνει την οξείδωσή του από διάφορους εσωτερικούς ή εξωτερικούς παράγοντες που ασκούν οξειδωτική δράση.

Κάθε αντιοξειδωτική δράση η οποία εμποδίζει τη δημιουργία υπεροξειδίων ή αφαιρεί ελεύθερες ρίζες από το σύστημα, διαδραματίζει σημαντικό θετικό ρόλο μειώνοντας τον χρόνο για την ολοκλήρωση της διαδικασίας οξείδωσης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αντιοξειδωτικών δράσεων αποτελούν τα φαινολικά συστατικά (π.χ. τοκοφερόλες), τα οποία διακόπτουν τη διαδικασία διάδοσης της οξείδωσης.<sup>8</sup> Παρουσιάζει ενδιαφέρον το ότι, όπως έχει αναφερθεί,<sup>9</sup> η σχετική ταχύτητα οξείδωσης των οξέων ελαιικού-λιγνολινολενικού χαρακτηρίζεται από την αναλογική σχέση 1:12:25, φανερώνοντας τη μεγάλη αξία του ελαϊκού οξέος, βασικού συστατικού του ελαιολάδου, συγκριτικά με τα σπορέλαια

### 25.3.1 | ΦΑΙΝΟΛΕΣ

Περιγράφονται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 27.

### 25.3.2 | ΤΟΚΟΦΕΡΟΛΕΣ

Ανήκουν από χημικής πλευράς στην κατηγορία των λιπόφιλων (λιποδιαλυτών) φαινολών και συναντώνται στο ελαιόλαδο, αλλά και στα φυτικά έλαια (σπορέλαια) με τη μορφή α-, β-, γ- και δ-τοκοφερόλη, εκ των οποίων η α-τοκοφερόλη (βιταμίνη E) υπολογίζεται ότι αποτελεί το 90-95% του συνόλου τους. Έχουν βιταμινική δράση στον ανθρώπινο οργανισμό, αλλά η α-τοκοφερόλη έχει κυρίως αντιοξειδωτική δράση, δεσμεύοντας ελεύθερες ρίζες που σχηματίζονται από την οξείδωση των λιπαρών οξέων και ευθύνονται για τη γήρανση και καταστροφή των κυττάρων.

Με την εφαρμογή πολυμεταβλητών στατιστικών τεχνικών, βρέθηκε ότι η οξειδωτική σταθερότητα του ελαιολάδου εξαρτάται από την περιεκτικότητα της τοκοφερόλης και των πολικών φαινολικών ενώσεων. Οι πολικές φαινολικές ενώσεις είναι πιο σημαντικές για

την αναστολή της αυτοοξείδωσης στα αρχικά στάδια, ενώ η γ-τοκοφερόλη αναλαμβάνει αποτελεσματική αντιοξειδωτική δράση όταν τα πρωτογενή προϊόντα της αυτοοξείδωσης φτάνουν σε ένα συγκεκριμένο, κρίσιμο σημείο συγκέντρωσης (Παρ. 24.2.1.1). Αυτή η παρατήρηση μπορεί να είναι σημαντική για την εμπορική αξία του παρθένου ελαιολάδου.<sup>3</sup>

Ένα μόριο α-τοκοφερόλης μπορεί, δυνητικά, να προστατεύσει από την οξείδωση ίσως και 20.000 μόρια λιπαρών οξέων.<sup>4</sup> Όταν θερμαίνεται το ελαιόλαδο, οι τοκοφερόλες αρχίζουν σχετικά γρήγορα να μειώνονται, ενώ υπολογίζεται ότι καταστρέφεται περίπου το 50% όταν γίνει χρήση ελαιολάδου για τηγάνισμα, επί 4-5 χρήσεις.<sup>4</sup> Επιπλέον, η α-τοκοφερόλη αποικοδομείται και χάνεται σταδιακά λόγω επίδρασης του φωτός ή όταν έρθει σε επαφή με σίδηρο.

### 25.3.3 | ΣΚΟΥΑΛΕΝΙΟ

Το σκουαλένιο είναι λιποδιαλυτό και απορροφάται καλά από τον ανθρώπινο οργανισμό. Αποτελεί μεγάλο τμήμα (35-40%) του ασαπωνοποιήτου τμήματος του ελαιολάδου, όπου περιέχονται όλα τα πολύτιμα στοιχεία του (πολυφαινόλες, βιταμίνες), αλλά έχει σχετικά μικρή αντιοξειδωτική δράση σύμφωνα με μελέτη των Ψωμιάδου και Τσιμίδου<sup>5</sup>, ακόμη και σε υψηλές συγκεντρώσεις των 7.000 mg/kg. Έχει μελετηθεί και βρεθεί ότι παρέχει σε κάποιο βαθμό αντικαρκινική και αντιφλεγμονώδη προστασία, ενώ σε πρόσφατη μελέτη σε ποντίκια βρέθηκε ότι αυξάνει τα επίπεδα καλής χοληστερόλης (HDL) στο αίμα.<sup>6</sup>

### 25.3.4 | ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΕΣ

Η χρωστική ουσία χλωροφύλλη δίνει στο ελαιόλαδο το χαρακτηριστικό πράσινο χρώμα του. Με την εξέλιξη της ωρίμανσης, η χλωροφύλλη αρχίζει να μειώνεται σταδιακά στον καρπό, παράλληλα με σταδιακή εμφάνιση των χρωστικών ουσιών ανθοκυανινών. Στην ανάπτυξη των ανθοκυανινών οφείλεται το ιώδες-μαύρο χρώμα του φλοιού και της σάρκας του καρπού κατά την τελική φάση ωρίμανσης. Έχει το χαρακτηριστικό γνώρισμα ότι στο σκοτάδι προσφέρει αντιοξειδωτική προστασία στο ελαιόλαδο, ενώ στο φως μετατρέπεται σε οξειδωτικό παράγοντα και αποικοδομείται, αποκτώντας πιο σταθερή μορφή, υπό το όνομα φαιοφυτίνη. Μετά τη διαδικασία ελαιοποίησης η περιεχόμενη στον καρπό της ελιάς χλωροφύλλη μει-

## 26. Ο εργαστηριακός έλεγχος ποιότητας του ελαιολάδου

Μανώλης Σαλιβαράς, M.Sc., Διευθυντής Εργαστηρίων Ελαιολάδου Multichrom Lab

Για τον καθορισμό της ποιοτικής κατάστασης και της γνησιότητας ενός ελαιολάδου, χρησιμοποιούνται διάφορες χημικές αναλύσεις, η πλειονότητα των οποίων περιλαμβάνεται και περιγράφεται, με απλή ορολογία, στο παρόν κεφάλαιο. Πέραν των πλέον συνήθων κριτηρίων ποιότητας: οξύτητα, αριθμός υπεροξειδίων, απορρόφηση στο υπεριώδες (συντελεστές K), περιγράφονται οι αναλύσεις και άλλων παραμέτρων, όπως υγρασία, πτητικά συστατικά, ξένες ύλες, αιθυλεστέρες, κηροί. Για τον έλεγχο γνησιότητας των ελαιολάδων, πέραν της σύστασης λιπαρών οξέων, περιγράφεται η χρησιμότητα εύρεσης των τιμών στιγμασταδιενίων, ολικών στερολών, σύστασης στερολών, διαφοράς ECN42 κ.ά. Αναφορά γίνεται και στους περιβαλλοντικούς επιμολυντές, όπως υπολείμματα φυτοπροστατευτικών ενώσεων, ορυκτελαίων, κ.ά. Τέλος, αναφέρονται διεξοδικά αναλύσεις που χρησιμοποιούνται στην εμπορία του ελαιολάδου, χωρίς να περιλαμβάνονται στον κανονισμό της Ε.Ε.

Για τον καθορισμό της ποιοτικής κατάστασης και της αυθεντικότητας ενός ελαιολάδου, χρησιμοποιούνται διάφορες φυσικοχημικές (ή, απλά, χημικές) αναλύσεις, σε συμφωνία πάντα με τις εθνικές και ευρωπαϊκές προδιαγραφές. Συγκριτικά με άλλα έλαια, το ελαιόλαδο εμφανίζει μεγάλα ποσοστά νοθείας λόγω της υψηλής του τιμής. Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I του παρόντος κεφαλαίου παρουσιάζονται οι χημικές αναλυτικές παράμετροι και τα όριά τους, όπως προδιαγράφονται στον κανονισμό 2016/2095 της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 26.9.16, ενώ στο Παράρτημα II παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των ελαιολάδων, καθώς και οι πληροφορίες που λαμβάνονται από ορισμένες χρήσιμες παραμέτρους, όπως εκτίθενται στο Παράρτημα I του Καν. (ΕΟΚ) 2568/91.

### 26.1 | Κριτήρια ποιότητας

#### 26.1.1 | Η ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΟΞΥΤΗΤΑ

Η ελεύθερη οξύτητα (μονάδα μέτρησης: % κατά μάζα, δηλαδή gr ελεύθερων λιπαρών οξέων σε 100 gr ελαιολάδου) είναι ένας από τους παλαιότερους και πιο γνωστούς δείκτες ποιότητας. Πολλές φορές αναφέρεται απλά ως οξύτητα, ή ως τα «οξέα», ή οι «οξείες» του ελαιολάδου. Επίσης, όταν πρόκειται για ελαιόλαδα με οξύτητα κάτω από 1%, χρησιμοποιείται ο όρος «γραμμές», ενώ σε ελαιόλαδα υψηλότερης οξύτητας ο όρος «βαθμοί». Για παράδειγμα, η διατύπωση πως ένα ελαιόλαδο είναι τριών γραμμών σημαίνει οξύτητα 0,3% (δηλαδή στα 100 gr του ελαιολάδου υπάρχουν 0,3 gr ελεύθερων λιπαρών οξέων). Η διατύπωση πως ένα ελαιόλαδο είναι 2 βαθμών σημαίνει πως η οξύτητά του είναι 2% (δηλαδή στα 100 gr αυτού του ελαιολάδου υπάρχουν 2

### 26.1.6 | ΞΕΝΕΣ ΥΛΕΣ ΑΔΙΑΛΥΤΕΣ ΣΤΟΝ ΠΕΤΡΕΛΑΪΚΟ ΑΙΘΕΡΑ

Ξένες ύλες αδιάλυτες στον πετρελαϊκό αιθέρα (μονάδα μέτρησης: % κατά μάζα, δηλαδή gr ξένων υλών σε 100 gr ελαιολάδου): Πρόκειται για διάφορα σωματίδια τα οποία εξακολουθούν να βρίσκονται στο ελαιόλαδο, όπως σάρκα από τον καρπό, σκόνη, χώμα, κ.ά. Ο ποσοτικός προσδιορισμός τους πραγματοποιείται με φιλτράρισμα του ελαιολάδου, διαλυμένου προηγουμένως σε διαλύτη (συνήθως πετρελαϊκού αιθέρα ή εξανίου). Το φίλτρο κατακρατά τις ξένες ύλες, το βάρος των οποίων προσδιορίζεται με χρήση αναλυτικής ζυγαριάς.

### 26.1.7 | ΟΙ ΑΙΘΥΛΕΣΤΕΡΕΣ ΛΙΠΑΡΩΝ ΟΞΕΩΝ

Οι αιθυλεστέρες λιπαρών οξέων (μονάδα μέτρησης: mg/kg ελαιολάδου) είναι εστέρες (δηλαδή ενώσεις) της αιθυλικής αλκοόλης (οινοπνεύματος) με τα λιπαρά οξέα του ελαιολάδου. Τα ελεύθερα λιπαρά οξέα, όπως προαναφέρθηκε στην παράγραφο της οξύτητας, είτε υπάρχουν εκ φύσεως είτε δημιουργούνται από τα ένζυμα του καρπού ή των μικροοργανισμών, που τα αποκόβουν από τα γλυκερίδια, ιδίως μόλις αποχωριστεί ο καρπός το δέντρο – ενώ η αιθυλική αλκοόλη δημιουργείται κυρίως από τη δράση των μικροοργανισμών στον καρπό, και ειδικά από τη ζύμωση των σακκάρων που περιέχονται σε αυτόν. Στα ελαιόλαδα από καρπούς όπου έχουν τηρηθεί σωστά όλες οι διαδικασίες παραγωγής, οι αιθυλεστέρες βρίσκονται σε πολύ χαμηλά επίπεδα, συνήθως κάτω των 5 mg/kg. Είναι χαρακτηριστικό ότι ελαιόλαδα από μη υγιείς καρπούς, που έχουν συλλεχθεί από το έδαφος, ή που παραμένουν αποθηκευμένοι και καθυστερεί η ελαιοποίησή τους, παρουσιάζουν αυξημένη περιεκτικότητα σε αιθυλεστέρες λιπαρών οξέων, η οποία μπορεί να φτάσει, ή και να ξεπεράσει, τα εκατοντάδες mg/kg. Αυξημένες τιμές αιθυλεστέρων μπορεί να παρατηρηθούν με την πάροδο του χρόνου ιδιαίτερα στα μη φιλτραρισμένα ελαιόλαδα.

### 26.1.8 | ΟΙ ΚΗΡΟΙ

Οι κηροί (μονάδα μέτρησης: mg/kg ελαιολάδου) είναι εστέρες (δηλαδή ενώσεις) των αλειφατικών αλκοολών (αλκοόλες με πολλά άτομα άνθρακα στο μόριό τους, 22 έως 28 σε ευθεία αλυσίδα) με τα λιπαρά οξέα του ελαιολάδου. Οι κηροί δημιουργούνται και συγκεντρώνονται

στο εξωτερικό μέρος του φλοιού των καρπών, προσδίδοντάς τους χαρακτηριστική γυαλάδα, δημιουργώντας αδιαπέραστο φράγμα, εμποδίζοντας την απώλεια υγρασίας του καρπού, αλλά και προσφέροντας προστασία από είσοδο στον καρπό μικροβιακού φορτίου, από μηχανικά χτυπήματα και/ή επιθέσεις εντόμων. Κατά τη διαδικασία μάλαξης του ελαιοκάρπου στο ελαιουργείο, η αυξημένη θερμοκρασία και η παράταση του χρόνου μάλαξης έχουν αποτέλεσμα την απελευθέρωση περισσότερων κηρών από τον φλοιό, κάτι που αυξάνει την παρουσία τους στο ελαιόλαδο, αποτελώντας ένα δείκτη ποιότητας.

## 26.2 | Κριτήρια γνησιότητας

### 26.2.1 | ΣΥΣΤΑΣΗ ΛΙΠΑΡΩΝ ΟΞΕΩΝ

Σύσταση λιπαρών οξέων (μονάδα μέτρησης: % της επιμέρους της σύστασης): Τα λιπαρά οξέα αποτελούν τα βασικά συστατικά κάθε ελαίου και η ποσοστιαία επιμέρους της σύστασης αποτελεί είδος ταυτότητας του ελαίου. Πρόκειται για την πρώτη εξέταση που πραγματοποιήθηκε με προχωρημένη τεχνική, αυτήν της αέριας χρωματογραφίας, που χρησιμοποιεί προηγμένης τεχνολογίας εργαστηριακό εξοπλισμό. Έτσι, όπως φαίνεται και στον Πίν. 26.1, το ελαιόλαδο χαρακτηρίζεται από υψηλά ποσοστά μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (αυτά που περιέχουν έναν διπλό δεσμό στο μόριό τους) και κυρίως ελαϊκού οξέος. Πριν την εμφάνιση των γενετικά τροποποιημένων ελαιούχων σπόρων στην αγορά, το ελαιόλαδο ήταν το μοναδικό έλαιο με τόσο υψηλά ποσοστά ελαϊκού οξέος, και χάρη σε αυτό απολάμβανε από πολύ παλαιότερα, και συνεχίζει να απολαμβάνει, τη φήμη της πιο υγιεινής λιπαρής ύλης. Από αυτή την άποψη ο προσδιορισμός της σύστασης των λιπαρών οξέων ανάγεται και σε δείκτη ποιότητας, αφού η διακύμανση των μονοακόρεστων, και ειδικά του ελαϊκού οξέος, στα ελαιόλαδα είναι πολύ μεγάλη, από 55% έως 83%.

Τα ποσοστά των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων στο ελαιόλαδο εξαρτώνται κυρίως από την ποικιλία. Η καθυστέρηση συλλογής των καρπών έχει αποτέλεσμα τη μείωση της % περιεκτικότητας των ελαιολάδων σε μονοακόρεστα λιπαρά, ενώ παρομοίως, κατά την παραμονή των ελαιολάδων προς φύλαξη, παρατηρείται σταδιακή μείωση της % περιεκτικότητας μονοακόρεστων λιπαρών σε όφελος του % των πολυακόρεστων λιπαρών. Η περιοχική καλλιέργειας παίζει ρόλο, αλλά σε

## 27. Οι φαινόλες του καρπού της ελιάς και του ελαιολάδου

Στυλιανή Χριστοφορίδου, Δρ. Χημικός - Ανάλυση ελαιολάδων

Το κεφάλαιο αυτό πραγματεύεται την παρουσία μιας ιδιαίτερης τάξης χημικών ενώσεων, των πολυφαινολών, οι οποίες προσδίδουν στη βρώσιμη ελιά και το ελαιόλαδο αυξημένη διατροφική αξία. Εξετάζεται ο ρόλος τους στον καρπό της ελιάς, ο οποίος συνδέεται άμεσα με τη σταθερότητα του παραγόμενου ελαιολάδου και τις θετικές επιπτώσεις του στην υγεία του ανθρώπου. Η πολυφαινολική σύσταση της ελιάς και του ελαιολάδου παρατίθεται αναλυτικά. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στις σεκοϊριδοειδείς ενώσεις (ελευρωπαΐνη και λιγκοτροσίδης) και στον μετασχηματισμό τους, κατά την παραγωγή και αποθήκευση του ελαιολάδου, προς άλλες ομοειδείς ενώσεις (ολεασίνη, ολεοκανθάλη κ.ά.), οι οποίες συσχετίζονται με ιδιαίτερες ιδιότητες του ελαιολάδου. Εν συνεχεία απαριθμούνται οι κυριότεροι παράγοντες που μπορούν να μεταβάλλουν το είδος και την ποσότητα των πολυφαινολών, τόσο κατά την ανάπτυξη της ελιάς όσο και κατά την εξαγωγή και την αποθήκευση του ελαιολάδου. Τέλος παρουσιάζονται συνοπτικά οι κύριες μέθοδοι προσδιορισμού των πολυφαινολών στο ελαιόλαδο, ενώ γίνεται μία συζήτηση γύρω από τον ισχυρισμό υγείας σχετικά με τις πολυφαινόλες του ελαιολάδου.

### 27.1 | Γενικά για τις φαινόλες

Οι φυτικές φαινόλες αποτελούν μια σημαντική κατηγορία δευτερογενών μεταβολιτών των φυτών. Οι δευτερογενείς μεταβολίτες<sup>A</sup> είναι ουσίες οι οποίες δεν εμπλέκονται άμεσα στην ανάπτυξη ή την αναπαραγωγή των οργανισμών (όπως τα αμινοξέα, οι υδατάνθρακες και τα λίπη), παίζουν όμως σημαντικό ρόλο στην ικανότητα επιβίωσής τους στο εκάστοτε οικοσύστημα αφού αποτελούν αμυντικούς παράγοντες σε περιβαλλοντικές απειλές. Τέτοιες ουσίες είναι οι αντιοξειδωτικές ενώσεις οι οποίες προστατεύουν το φυτό κατά την έντονη έκθεσή του στο ηλιακό φως, ή εντομοαπωθητικές και αντιβακτηριακές ουσίες οι

οι οποίες βοηθούν το φυτό να αμυνθεί σε παθογόνους παράγοντες. Κάθε φυτό παράγει ποικιλία φαινολών απαραίτητων για την επιβίωσή του, ενώ τα ποσοστά κάθε φαινόλης μεταβάλλονται ανάλογα με το οικοσύστημα μέσα στο οποίο αναπτύσσεται το φυτό. Έτσι η αυξημένη έκθεση στο ηλιακό φως αφενός και η μειωμένη προσβασιμότητα σε νερό και θρεπτικά συστατικά αφετέρου προκαλούν αυξημένη περιεκτικότητα των αντίστοιχων φαινολών. Συνεπώς η φύση και η ποσότητα των φυτικών φαινολών δεν είναι σταθερή, αλλά μεταβάλλεται ανάλογα με το είδος του φυτού, το οικοσύστημα στο οποίο αναπτύσσεται το φυτό και την παρουσία φυσικών εχθρών του φυτού.

Μία μεγάλη κατηγορία φυτικών φαινολών εί-

αυτοσυντηρούμενο για ορισμένο χρονικό διάστημα. Έτσι το εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο περιέχει φαινολικά συστατικά, ενώ το ελαιόλαδο από ραφινάρισμα ελάχιστες –ή, συνήθως, καθόλου– πολυφαινόλες.

Η παρουσία των πολικών φαινολών στην ελιά και το ελαιόλαδο θεωρείται σημαντική για τρεις κυρίως λόγους:

**A. Σταθερότητα ελαιολάδου:** Οι πολυφαινόλες συμβάλλουν αποφασιστικά στην αντιοξειδωτική συμπεριφορά του ελαίου, αυξάνοντας τη σταθερότητά του, στοιχείο σημαντικό για τη διατήρηση των χημικών και οργανοληπτικών του χαρακτηριστικών, παρατείνοντας έτσι τον χρόνο παραμονής του στο ράφι.

**B. Προληπτική και θεραπευτική επίδραση στην ανθρώπινη υγεία.** Οι φαινολικές ουσίες φαίνεται ότι έχουν σημαντικές βιολογικές επιδράσεις, ωφέλιμες για τον ανθρώπινο οργανισμό, οι σημαντικότερες των οποίων είναι:

- α) αντιοξειδωτική δράση,
- β) αντιθρομβωτική δράση στο πλάσμα του αίματος,
- γ) μείωση της οξειδωσης λόγω LDL χοληστερόλης,
- δ) αύξηση HDL χοληστερόλης,
- ε) αντιφλεγμονώδης δράση,
- στ) αντιαλλεργική δράση,
- ζ) αντικαρκινική δράση κ.ά.

Ταυτόχρονα έχει βρεθεί ότι βοηθούν στη μείωση της δημιουργίας επιβλαβών ουσιών (π.χ. το ακρυλαμίδιο κατά την παρασκευή επεξεργασμένων τροφίμων).

**Γ. Οργανοληπτικές ιδιότητες.** Οι φαινολικές ουσίες είναι υπεύθυνες για τα σημαντικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του ελαιολάδου «πικρό» και «πικάντικο».

Παρακάτω θα αναφέρουμε τις κυριότερες φαινόλες της ελιάς αλλά και του ελαιολάδου, τις μεθόδους ποσοτικού προσδιορισμού φαινολών στο ελαιόλαδο,

τους παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν την περιεκτικότητά τους σε αυτό, ενώ θα αναφέρουμε τον ισχυρισμό υγείας ο οποίος έχει εγκριθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση για τις φαινόλες του ελαιολάδου.

## 27.2 | Οι πολικές φαινόλες της ελιάς

Ο καρπός της ελιάς είναι πλούσιος σε φαινολικές ενώσεις, οι οποίες αντιπροσωπεύουν το 1-14% του πολτού επί ξηρού βάρους. Οι φαινολικές ενώσεις της ελιάς δεν έχουν μόνο αντιμικροβιακές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες, αλλά συμβάλλουν επίσης στην πρόληψη της προσβολής της ελιάς από το έντομο *Dacus oleae* (Δάκος της ελιάς).<sup>2</sup> Παίζουν επίσης ρόλο στον σχηματισμό του μαύρου χρώματος της ελιάς, ενώ η ποσότητά τους επηρεάζει την υφή και τις οργανοληπτικές ιδιότητες της ελιάς. Οι φαινολικές ενώσεις της ελιάς μπορούν να ταξινομηθούν σε πέντε κατηγορίες όπως παρουσιάζονται στον Πίν. 27.1.

Οι σεκοϊριδοειδείς ενώσεις ελευρωπαϊνη και λιγκστροσίδης είναι μακράν οι κυριότερες πολικές φαινόλες της ελιάς, όπως και το βερμπασκοσίδιο. Η ελευρωπαϊνη μπορεί να φτάσει σε περιεκτικότητα μέχρι και 14% επί ξηρού βάρους στις άγουρες ελιές, ενώ μικρόκαρπες ποικιλίες φαίνεται ότι περιέχουν μεγαλύτερες περιεκτικότητες ελευρωπαϊνης. Αντίθετα έχει παρατηρηθεί ότι ποικιλίες με υψηλή περιεκτικότητα σε βερμπασκοσίδιο έχουν μικρότερη ποσότητα ελευρωπαϊνης.

Η ελευρωπαϊνη αποτελείται από τρία μόρια συνδεδεμένα μεταξύ τους (Σχ. 27.1):

- την υδροξυτυροσόλη, η οποία και εμφανίζει ιδιαίτερη αντιοξειδωτική δράση,
- το ελενολικό οξύ, το οποίο εμφανίζει

ΣΧΗΜΑ 27.1

### Σύσταση των δύο βασικών σεκοϊριδοειδών ενώσεων της ελιάς



## 28. Τα αρωματικά συστατικά του ελαιολάδου

Μανώλης Σαλιβαράς, M.Sc. Διευθυντής Εργαστηρίων Ελαιολάδου Multichrom Lab

Τα περισσότερα αρωματικά συστατικά του ελαιολάδου δεν είναι ενδογενή στον καρπό της ελιάς. Παράγονται από τη δραστηριότητα των ενζύμων του ελαιοκάρπου κατά τη διαδικασία εξαγωγής του ελαιολάδου, μέσω μίας σύνθετης διαδικασίας που είναι γνωστή ως μονοπάτι της λιποξυγενάσης (μονοπάτι LOX). Τα όρια αντίληψης από την ρινική οδό των αρωματικών συστατικών (κατώφλι) και οι παράγοντες που επηρεάζουν τα θετικά και αρνητικά αρωματικά χαρακτηριστικά του ελαιολάδου αποτελούν αντικείμενο του παρόντος κεφαλαίου. Τέλος, εξετάζεται η επίδραση των συνθηκών αποθήκευσης στα αρωματικά χαρακτηριστικά.

### 28.1 | Γενικά

Οι πτητικές ενώσεις ευθύνονται για τη δημιουργία των αρωμάτων στο ελαιόλαδο. Σχεδόν διακόσια τέτοια μόρια έχουν διαχωριστεί από τα παρθένα ελαιόλαδα με τεχνικές GC-MS. Ανήκουν σε διαφορετικές χημικές κατηγορίες, όπως αλδεΐδες, κετόνες, αλκοόλες, εστέρες, οξέα, αλειφατικοί και αρωματικοί υδρογονάνθρακες, παράγωγα φουρανίου και θειοφαινίου.<sup>5,9</sup> Παρά τις διαφορές τους, παρουσιάζουν ορισμένες κοινές ιδιότητες, πολύ σημαντικές για την αισθητηριακή αντίληψή τους, όπως το χαμηλό μοριακό βάρος, η υψηλή πτητικότητα, η καλή υδατοδιαλυτότητα (που επιτρέπει τη διάχυσή τους στη βλέννα των οσφρητικών κυττάρων), η καλή λιποφιλικότητα (που επιτρέπει τη διάλυσή τους στα λιπίδια των κυτταρικών μεμβρανών) και χημικά χαρακτηριστικά για δημιουργία δεσμών με πρωτεΐνες και διάφορους υποδοχείς.<sup>4</sup> Δυστυχώς, οι χρόνιες λανθασμένες αγρονομικές και τεχνολογικές πρακτικές κατά τη διάρκεια της παραγωγής έχουν οδηγήσει σε εσφαλμένες θεωρήσεις σχετικά με τις αρωματικές δυνατότητες πολλών ποικιλιών ελιάς, τόσο σε θέματα έντασης όσο και πολυπλοκότητας.

### 28.2 | Προέλευση και σύσταση αρωματικών συστατικών

Αντίθετα με αυτό που πιστεύεται ευρέως, τα περισσότερα αρωματικά συστατικά του ελαιολάδου δεν είναι ενδογενή στον καρπό της ελιάς. Παράγονται από τη δραστηριότητα των ενζύμων των καρπών της ελιάς κατά τη διαδικασία εξαγωγής του ελαιολάδου, μέσω της διαδικασίας που είναι γνωστή ως μονοπάτι της λιποξυγενάσης (μονοπάτι LOX). Κατά την κρίσιμη περίοδο της ωρίμανσης, παρατηρείται αυξημένη δραστηριότητα πρωτεϊνών και ενζύμων. Τα ένζυμα απελευθερώνονται κατά τη θραύση της ελιάς, λόγω διάσπασης των ιστών στον καρπό, και συνεχίζουν να δρουν κατά τη μάλαξη.

Η διαδρομή που οδηγεί σε σχηματισμό πτητικών ενώσεων με βάση την παρουσία και τη δράση διαφορετικών ενζύμων έχει περιγραφεί λεπτομερώς.<sup>8</sup> Περιληπτικά: ένζυμα του ελαιοκάρπου μετατρέπουν, μέσα από διάφορα στάδια, μέρος από τα δομικά συστατικά του ελαιολάδου, τα λιπαρά οξέα, σε νέες μικρότερου «μεγέθους» χημικές ενώσεις με χαρακτηριστικές οσμές, όπως αλδεΐδες, αλκοόλες, κετόνες και εστέρες των αλκοολών. Από την παραπάνω αλληλουχία, οι



σημαντικότερες ενώσεις που σχηματίζονται και συμβάλλουν στο άρωμα είναι οι C6 και C5 κορεσμένες και ακόρεστες αλδεΐδες, οι αλκοόλες και οι εστέρες, που ευθύνονται για το άρωμα κομμένου γρασιδιού και τις νότες από άνθη, των παρθένων ελαιολάδων.<sup>5,17</sup> Αντίθετα, οι C7-C11 μονοακόρεστες αλδεΐδες, τα C6-C10 διένια, οι C5 διακλαδισμένες αλδεΐδες και αλκοόλες και οι C8 κετόνες σχετίζονται με οργανοληπτικά ελαττώματα.<sup>5</sup>

Οι περιγραφικοί όροι που χρησιμοποιούνται στην οργανοληπτική αξιολόγηση και η συσχέτισή τους με τις συννηθέστερες ευχάριστες πτητικές ενώσεις δίνονται στον Πίν. 28.1.

Αυτή η ποικιλία θετικών αρωματικών οσφρητικών αισθήσεων προσδίδει πολυπλοκότητα και υπεροχή, καθιστώντας το παρθένο ελαιολάδο ένα μοναδικό φυσικό προϊόν. Στους περισσότερους θετικούς αρωματικούς όρους (Πίν. 28.1) κυριαρχούν οι ενώσεις C6 και C5 (κυρίως αλδεΐδες), χαρακτηριστικά στοιχεία των ελαιολάδων υψηλής ποιότητας. Οι C6 εστέρες, όπως οξικό cis-3-εξενύλιο και οξικός εξυλεστέρας, και κάποιες C6 αλκοόλες, όπως η cis-3-εξεν-1-όλη, συμβάλλουν στο τελικό εκλεπτυσμένο και μοναδικό αρωματικό προφίλ των υψηλής ποιότητας ελαιολάδων.

### 28.3 | Όρια αντίληψης αρωματικών συστατικών

Όμως, δεν είναι η συγκέντρωση συγκεκριμένων αρωματικών ενώσεων αυτή που καθορίζει το συνολικό και τελικό άρωμα ενός ελαιολάδου. Η τιμή κατωφλίου οσμής (Ο.Τ.), δηλαδή η ελάχιστη συγκέντρωση μιας ένωσης πάνω από την οποία γίνεται αντιληπτή από την οσφρητική οδό, παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στο τελικό αισθητηριακό αποτέλεσμα. Για παράδειγμα, η (Z)-3-εξενάλη έχει τιμή κατωφλίου οσμής 3 μg/kg ελαίου, ενώ η (E)-2-εξενάλη κυμαίνεται από 420 έως 1.125 μg/kg ελαίου.<sup>8</sup> Αυτό σημαίνει πως η (Z)-3-εξενάλη γίνεται πολύ πιο εύκολα αντιληπτή και σε συγκέντρωση πολλές φορές μικρότερη από την trans-2-εξενάλη. Οι ίδιοι συγγραφείς ανέφεραν ότι η παρουσία υδατανθράκων και πρωτεϊνών (π.χ. από τις τροφές) μπορεί να μειώσει την ένταση του αρώματος, αυξάνοντας έτσι τις τιμές του κατωφλίου. Το μήκος της αλυσίδας, η στερεοχημεία και οι επιδράσεις του υποστρώματος μπορούν να επηρεάσουν την αλληλεπίδραση ενός πτητικού μορίου με τους οσφρητι-

κούς υποδοχείς και, κατά συνέπεια, την τιμή του κατωφλίου αντίληψης. Αλλά η τελική αντίληψη για το συνολικό άρωμα ενός παρθένου ελαιολάδου σχηματίζεται μέσω θετικών και/ή αρνητικών συνεργιστικών επιδράσεων μεταξύ συγκεκριμένων ενώσεων.<sup>9</sup> Έτσι, ο αναλυτικός προσδιορισμός όσον αφορά τη συγκέντρωση των μεμονωμένων ενώσεων μπορεί να λειτουργήσει μόνο συμπληρωματικά και δεν αντικαθιστά την οργανοληπτική αξιολόγηση του αρώματος των παρθένων ελαιολάδων από δοκιμαστές.<sup>5</sup>

### 28.4 | Παράγοντες που επηρεάζουν τα θετικά και αρνητικά αρωματικά χαρακτηριστικά

Ο σχηματισμός αρωματικών ενώσεων με θετικές ιδιότητες στο παρθένο ελαιολάδο γίνεται μέσα από το ονομαζόμενο «μονοπάτι LOX». Η ποσότητα των ενζύμων που εμπλέκονται σε αυτή τη διαδικασία εξαρτάται από την ποικιλία της ελιάς. Ωστόσο, η δραστηρότητά τους εξαρτάται και από τους τεχνολογικούς παράγοντες κατά τη διάρκεια της παραγωγής. Γενικά, η ενζυμική δραστηριότητα φτάνει στο μέγιστο όταν το χρώμα της ελιάς μετατρέπεται από πράσινο-κίτρινο σε μοβ.<sup>19</sup> Όταν ο καρπός γίνεται υπερώριμος, η δραστηρότητα των ενζύμων μειώνεται και επομένως αναμένεται μείωση των πτητικών ενώσεων με ευχάριστη οσμή.<sup>5,10</sup> Αν επικρατήσουν ιδανικές συνθήκες για το κλίμα, την καλλιέργεια, την ωρίμανση, τη συγκομιδή, τη μεταφορά, την αποθήκευση και την εξαγωγή του ελαιολάδου από τις ελιές, θα επικρατήσει το μονοπάτι LOX. Διαφορετικά, άλλες οδοί που εμπλέκουν ένζυμα από την ανάπτυξη μικροβίων θα εμφανιστούν, με επακόλουθη παραγωγή ανεπιθύμητων αρωματικών ουσιών. Σε προσβεβλημένες από δάκο ελιές, που συλλέχθηκαν από το έδαφος –μέθοδος συγκομιδής που δυστυχώς εξακολουθεί να χρησιμοποιείται σήμερα σε ορισμένες περιοχές–, ή σε ελιές αποθηκευμένες υπό ακατάλληλες συνθήκες (σάκοι και μεγάλοι σωροί, παρατεταμένος χρόνος αποθήκευσης, ακατάλληλα επίπεδα θερμοκρασίας και υγρασίας),<sup>15</sup> η ανάπτυξη διαφορετικών ειδών βακτηρίων, ζυμών και μυκήτων θα έχει αποτέλεσμα την παραγωγή πτητικών ενώσεων που σχετίζονται με κοινά ελαττώματα ελαιολάδου, γνωστά ως αναμμένος καρπός (οδός με-