

Σύγχρονες
Τεχνικές

Βασίλης Φραντζολάς

Ελαιοκομίας
και Παραγωγής
Ποιοτικού
Ελαιολάδου

Προεπισκόπηση Βιβλίου

56 σελίδες

από τα 28 Κεφάλαια



1.3.3 | ΧΩΡΙΣ ΟΡΓΩΜΑ – ΚΑΛΥΨΗ ΕΔΑΦΟΥΣ ΜΕ ΒΛΑΣΤΗΣΗ

Σε ξερικούς-μη αρδευόμενους ελαιώνες, η διαχείριση του εδάφους με εγκατάσταση μόνιμης βλάστησης προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα

1.3.3.1 | Φυσική (αυτοφυής) βλάστηση – Ακαλλιέργεια

Το καλλιεργήσιμο έδαφος στο οποίο αναπτύσσεται συνεχής φυτοκάλυψη, χωρίς μηχανική επεξεργασία της επιφάνειάς του, μιμείται τα φυσικά συστήματα καλλιέργειας και μπορεί σταδιακά να αποκαταστήσει τη λειτουργικότητα και ισορροπία των οικοσυστημάτων. Η μόνη επέμβαση που απαιτείται είναι χλοοκοπή της βλάστησης, ενώ, αν έχουν αναπτυχθεί πολυετή, βαθύρριζα ζιζάνια, συνιστάται ανά 3-5 έτη βαθύτερη άροση, βάθους μέχρι 30 εκ., σε απόσταση από τον κορμό των ελαιοδέντρων, με σκοπό την εκρίζωσή τους.

Η χλοοκοπή δημιουργεί στρώση φυτικών υπολειμμάτων, η οποία παρέχει προστασία από τη διάβρωση του επιφανειακού εδάφους, συμβάλλοντας στη μείωση της θερμοκρασίας και στην εξοικονόμηση εδαφικής υγρασίας. Οι ζωντανές ρίζες της βλάστησης αυξάνουν τη χωρητικότητα των εδαφικών πόρων, επιτρέποντας αυξημένη διείσδυση νερού, αυξημένη ικανότητα συγκράτησης νερού και ανακύκλωση των θρεπτικών συστατικών (κυρίως αζώτου και φωσφόρου) μέσα στο έδαφος.

Όταν δεν ακολουθείται καμία μηχανική επιφανειακή διαχείριση (ακαλλιέργεια), η παραγωγικότητα του εδάφους αυξάνεται σταδιακά, δημιουργείται νέα οργανική ύλη και επέρχεται αποκατάσταση των θρεπτικών συστατικών στο έδαφος, τα οποία έχουν μειωθεί λόγω εφαρμογής της μηχανικής καλλιέργειας. Η ακαλλιέργεια συνοδεύεται απαραίτητα από χλοοκοπή, μία ή δύο φορές κατ' έτος, αναλόγως του είδους, μεγέθους και ανάπτυξης των ζιζανίων, ώστε να μην εμφανιστεί ανταγωνισμός, σε θρεπτικά στοιχεία και υγρασία, με τον ελαιώνα. Το θετικό αποτέλεσμα της ακαλλιέργειας θα γίνει αισθητό μετά την πάροδο αρκετών ετών (7-9), μέχρι να αποκατασταθεί πλήρως η υγεία του εδάφους, με την επανεμφάνιση ισορροπίας των μικροβίων και της εδαφικής πανίδας. Κατά τη μεταβατική περίοδο, το έδαφος μετατρέπεται και αποθηκεύει άζωτο, λόγω αύξησης των μικροβίων και της ΟΥΕ.⁹

Χάρη στα πλεονεκτήματά του, το σύστημα της ακαλλιέργειας με ανάπτυξη φυτικής κάλυψης αποτελεί σήμερα την κυριότερη μέθοδο διαχείρισης του εδάφους στον δυτικό κόσμο.

1. Με το επιφανειακό ριζικό σύστημα της φυτικής κάλυψης, αυξάνεται μέσω των δημιουργούμενων νέων εδαφικών πόρων η εδαφική διείσδυση του νερού και η υδροχωρητικότητα του εδάφους.
2. Οι εισροές οξυγόνου στο έδαφος συντελούν στην αύξηση της οργανικής ύλης, χάρη στην δράση των αερόβιων μικροοργανισμών.
3. Βελτιώνεται η δομή του εδάφους, με τη συνένωση μικρών εδαφικών σωματιδίων.
4. Ρυθμίζεται η θερμοκρασία του επιφανειακού εδάφους, το οποίο δεν εμφανίζει εύκολα ακραίες θερμοκρασίες.
5. Παρέχεται συνεχής επιφανειακή προστασία στο έδαφος.
6. Η διάβρωση των εδαφών μειώνεται σημαντικά (πρόβλημα συνηθισμένο για τις ελαιοκαλλιέργειες στην Ελλάδα, ιδίως στην Κρήτη).

Από τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής και το είδος της βλάστησης, θα εξαρτηθεί αν η επιφάνεια του εδάφους θα παραμείνει όλο τον χρόνο ανέπαφη ή θα γίνει μία επιφανειακή καλλιέργεια (βάθους 5 έως 10 εκ.) κατά την αρχή του χειμώνα, όχι όμως κατά την άνοιξη, καθώς με αυτό τον τρόπο θα προκληθεί τότε μεγάλη απώλεια εδαφικής υγρασίας, απαραίτητης για τους καλοκαιρινούς μήνες.

Για την αξιολόγηση της αύξησης εδαφικής υδροχωρητικότητας, μελετήθηκαν επί τριετία στη νότια Ιταλία δύο όμοιοι ξερικοί ελαιώνες, επί αμμοαργιλώδους εδάφους, το οποίο είχε υποστεί διαφορετική διαχείριση επιφάνειας. Στον ελαιώνα φυσικής κάλυψης με ζιζάνια, γινόταν χλοοκοπή δύο φορές κατ' έτος και ελαφρύ ετήσιο κλάδεμα με παραμονή στην επιφάνεια του εδάφους κλαδιών και ζιζανίων που αφαιρέθηκαν. Η υδροχωρητικότητα του εδάφους βρέθηκε κατά 49% αυξημένη σε σύγκριση με τον δεύτερο ελαιώνα, ο οποίος δεχόταν τυπικό επιφανειακό όργωμα βάθους 10 εκ., δυο φορές κατ' έτος, και έντονο κλάδεμα ανά

ΕΙΚΟΝΑ 1.5

Σπορά με λευκό τριφύλλι (White trifolium Repens).



ΕΙΚΟΝΑ 1.6

Σπορά με μηδική (Medicago sativa).



ΕΙΚΟΝΑ 1.7

Εδαφοκάλυψη με οξαλίδα - ξυνήθρα.



Πηγή: Φωτογραφικό αρχείο Βασ. Φραντζολά

2 έτη, χωρίς εναπόθεση των αποκομμένων κλαδιών εντός. Είναι σημαντικό ότι η αύξηση της εδαφικής υδροχωρητικότητας παρουσιάστηκε κυρίως σε βάθη μεγαλύτερα των 50 εκ. (50-100 εκ.), από τα οποία κυρίως διατρέφεται το ελαιόδεντρο.¹⁰

1.3.3.2 | Εδαφοκάλυψη με σπορά

Η κάλυψη του εδάφους με πολυετή φυτά που έχουν σπαρεί είναι η καλύτερη πρακτική για την προστασία του επιφανειακού εδάφους από τη διάβρωση,¹¹ ενώ παράλληλα ενισχύεται η οργανική ύλη από το ριζικό σύστημα των φυτών το οποίο ενσωματώνεται σταδιακά στο έδαφος. Συνήθως χρησιμοποιούνται πολυετή «αζωτολόγα» φυτά ή «ψυχανθή», όπως το λευκό τριφύλλι (White trifolium Repens), η μηδική, ο βίκος ή τα ρεβύθια – δηλαδή φυτά που μέσω του ριζικού τους συστήματος συμβάλλουν στην αύξηση του εδαφικού αζώτου.

Σε περιοχές με πολύ χαμηλές ετήσιες βροχοπτώσεις (< 400 mm/έτος) υπάρχει σοβαρός κίνδυνος να εμφανιστεί ανταγωνισμός ζιζανίων και ελαιοδέντρων, για νερό ή και θρεπτικά στοιχεία. Στη νότια Ελλάδα και τη νότια Ιταλία, σε μη αρδευόμενους ελαιώνες, ο ανταγωνισμός για νερό, κυρίως στη φάση της ανθοφορίας και κατά τον σχηματισμό και την ανάπτυξη των καρπών, μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά μειωμένη παραγωγή καρπών.

ΕΙΚΟΝΑ 1.8

Φυτά οξαλίδας με το ριζικό τους σύστημα.¹⁵



εξηγείται ως εξής: η σκλήρυνση του πυρήνα των καρπών αρχίζει 7 με 8 εβδομάδες μετά την Η.Π.Α. (Ημέρα Πλήρους Ανθοφορίας), κατά τα μέσα Ιουνίου με αρχές Ιουλίου.¹⁷ Κατά την επαγωγική διαδικασία (τέλη Ιουνίου-Ιούλιος), οι καρποί παράγουν στο σπέρμα του πυρήνα ανασταλτικές ορμονικές ουσίες-σήματα προς το δέντρο, βάσει των οποίων ρυθμίζεται η ένταση της καρποφορίας της επόμενης περιόδου. Επειδή η επαγωγική διαδικασία γίνεται την ίδια περίοδο, πριν τη σκλήρυνση του πυρήνα, η μείωση των καρπών — λόγω κλαδέματος— οδηγεί πρακτικά στην εκπομπή λιγότερων αρνητικών ορμονικών σημάτων, με αποτέλεσμα αυξημένη καρποφορία κατά την επόμενη περίοδο.

Αντίθετα, αν το κλάδεμα γίνει μετά τη σκλήρυνση του πυρήνα (μετά τις αρχές Ιουλίου, καλοκαιρινό ή πράσινο κλάδεμα), η αφαίρεση καρπών λόγω κλαδέματος δεν επιφέρει αύξηση της ανθοφορίας κατά την επόμενη περίοδο, επειδή η παραγωγή ορμονών έχει ήδη συντελεστεί,¹⁷ ενώ παράλληλα θα υπάρξει καθαρή απώλεια θρεπτικών συστατικών, τα οποία είχαν ήδη μετακινηθεί προς τα κλαδιά που απομακρύνθηκαν.¹⁵

Αν το κλάδεμα γίνει την εποχή της πλήρους ανθοφορίας (π.χ. συνήθως δεύτερο 15ήμερο Μαΐου, αναλόγως υψομέτρου περιοχής), τότε το δέντρο θα παρουσιάσει την επόμενη χρονιά έντονη βλαστικότητα εις βάρος της καρποφορίας. Αν, αντίθετα, το κλάδεμα γίνει κατά τα μέσα Ιουνίου ή Ιούλιο, το δέντρο θα αντιδράσει με μικρότερη βλαστικότητα,¹⁸ επειδή θα έχουν αρχίσει να αναπτύσσονται υψηλές θερμοκρασίες, οι οποίες περιορίζουν τη λειτουργία της διαπνοής και δεν ευνοούν την ανάπτυξη των βλαστών, επιδρώντας έτσι έμμεσα στην καρποφορία της επόμενης περιόδου.

Το δέντρο αντιδρά επίσης αναλόγως της εποχής κλαδέματος: Όταν π.χ. τα κλαδιά αφαιρούνται την εποχή ανάπτυξης των οφθαλμών, τα κλαδιά που απομένουν αναπτύσσονται πιο ζωντανά, σε σύγκριση με την ανάπτυξη που θα υπήρχε αν η ίδια εργασία γινόταν αρχές του καλοκαιριού. Γενικά, όσο περισσότερο αργεί η εποχή του κλαδέματος, τόσο μικρότερη είναι η βλαστική αντίδραση του φυτού.¹⁸

2.9 | Ένταση των κλαδεμάτων

Για την ένταση του κλαδέματος πρέπει να γίνεται εκτίμηση διαφόρων παραγόντων, οι κυριότεροι των οποίων είναι: η καρποφορία της προηγούμενης χρονιάς, η

γονιμότητα του εδάφους, οι βροχοπτώσεις του χειμώνα πριν το κλάδεμα, η τάση ανάπτυξης που έχει η ποικιλία και η βλαστικότητα του δέντρου κατά την εποχή κλαδέματος.¹⁹ Ο γενικός κανόνας που επικρατεί είναι ότι αν το κλάδεμα γίνεται σε ετήσια βάση, πρέπει να είναι ελαφράς έντασης (σε μία κλίμακα «ελαφράς», «μεσαίας», «έντονης»), χωρίς μεγάλη μείωση του φυλλώματος κόμης. Δέντρα σε εδάφη πτωχά, σε περιοχές μικρής βροχόπτωσης, ή επίσης δέντρα πολύ μεγάλης ηλικίας (π.χ. άνω των 100 ετών) κλαδεύονται σχετικά πιο αυστηρά, συγκριτικά με δέντρα τα οποία έχουν τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία και ικανοποιητική υγρασία στο έδαφος.

Για την ένταση του κλαδέματος, μπορεί να γίνει οπτική εκτίμηση του όγκου του φυλλώματος που έχει αφαιρεθεί, οπότε χαρακτηρίζεται ως:

- **Ελαφράς** έντασης, (συνήθως ετήσιο κλάδεμα): **αφαίρεση 10–15% του φυλλώματος**
- **Μέσης** έντασης, (συνήθως κλάδεμα διετίας): **αφαίρεση 15–35% του φυλλώματος**
- **Έντονο** κλάδεμα (6-10 ετών): **αφαίρεση 35-50% του φυλλώματος**

Τα ανωτέρω ποσοστά είναι απλώς ενδεικτικά και πρέπει να αξιολογούνται με το αποτέλεσμα του κλαδέματος, δηλαδή τη βλαστική ανάπτυξη της επόμενης περιόδου. Το μήκος των νέων βλαστών ή οι ετήσιες επεκτάσεις των υφιστάμενων βλαστών (ετήσια βλάστηση) είναι ένας χρήσιμος δείκτης για την εκτίμηση της έντασης σε συνάρτηση με τη γονιμότητα και την υγρασία του εδάφους. Πιο συγκεκριμένα, αν η ετήσια ανάπτυξη των βλαστών, στην πλειονότητά τους, είναι μεγαλύτερη των 20 εκ., τότε η ένταση του κλαδέματος κρίνεται ως ικανοποιητική. Αν, αντιθέτως, οι νέοι βλαστοί ή η επιμήκυνση των υφιστάμενων βλαστών υπολείπονται των 15 εκ., το κλάδεμα που εφαρμόστηκε ήταν πολύ ήπιο και την επόμενη φορά θα πρέπει να εντατικοποιηθεί. Αυτό σημαίνει ότι δεν θα καρποφορήσει το νέο, αλλά μόνο το παλαιότερο τμήμα του βλαστού, το οποίο μπορεί να είναι παραγωγικό μέχρι 3 χρόνια.

2.10 | Συχνότητα κλαδεμάτων

Η συνήθης πρακτική των περισσότερων παραγωγών είναι το ετήσιο κλάδεμα των ελαιώνων. Η τακτική αυτή επάγει μεγαλύτερη βλαστικότητα και ανανέωση των καρποφόρων βλαστών και συνιστάται για δέντρα που παράγουν βρώσιμες ελιές ή όταν υπάρχει περιορισμένη ανάπτυξη νέων βλαστών, λόγω εξωτερικών παραγόντων —όπως χαμηλή περιεκτικότητα του εδάφους σε θρεπτικά στοιχεία ή μεγάλες περιόδους καλοκαιρινής ξηρασίας—, ή και πολύ μεγάλης ηλικίας του δέντρου.²⁰

Ετήσιο κλάδεμα είναι εφικτό όταν αφορά μικρούς ελαιώνες, σε αντιδιαστολή με τους μεγάλους ελαιώνες όπου το — υποχρεωτικό — διετές ή τριετές κλάδεμα έχει αποδειχθεί πιο αποδοτικό οικονομικά αλλά και παραγωγικά. Διαστήματα 2, 3 ή 4 ετών για το κλάδεμα ώριμων δέντρων δοκιμάστηκαν με επιτυχία σε διαφορετικά καλλιεργητικά περιβάλλοντα. Τα πλεονεκτήματα του λιγότερο συχνού σε σύγκριση με το ετήσιο κλάδεμα είναι αναμφίβολα.

Στην κεντρική Ιταλία π.χ. βρέθηκε (σε περίοδο δοκιμής αποτελεσμάτων 6 ετών) ότι ο απαραίτητος χρόνος για το κλάδεμα ώριμων δέντρων, φυτεμένων σε αποστάσεις 6×6 μ., μπορεί να μειωθεί κατά 37% χωρίς καμία αξιοσημείωτη μείωση στην καρποφορία, περνώντας απλά από το ετήσιο κλάδεμα σε κλάδεμα διετίας.²¹ Σε πολυετή μελέτη στην Ισπανία τη δεκαετία του 1990, σε ελαιώνες ικανοποιητικής βροχόπτωσης και αραιής διάταξης, δέντρα που κλαδεύονταν κάθε 3 ή και 4 χρόνια παρήγαγαν 9% και 13% περισσότερους καρπούς σε σύγκριση με τα δέντρα που κλαδεύονταν κάθε χρόνο.²¹ Το κλάδεμα βεβαίως της 3ης ή και της 4ης χρονιάς θα είναι υψηλής έντασης, λόγω του ότι η κόμη θα έχει γίνει πολύ πυκνή και θα χρεια-

στεί ίσως μεγάλο άνοιγμα στο κέντρο και απομάκρυνση των εξαντλημένων κλάδων. Γενικά, κλάδεμα ανά 3 ή 4 χρόνια μπορεί να γίνει σε ελαιώνες εύφορων εδαφών με επάρκεια θρεπτικών στοιχείων, καλή άρδευση και υπό κατάλληλες κλιματικές συνθήκες (ηλιοφάνεια). Διαφορετικά, το κλάδεμα στο τέλος του κύκλου των 3 ή 4 ετών θα είναι αναγκαστικά, λόγω μειωμένης καρποφορίας, τόσο πολύ δραστικό, που θα επηρεάσει αρνητικά το ισοζύγιο βλάστησης-παραγωγής.²² Αν το κλάδεμα καθυστερήσει πέραν των 4 ετών, θα προκύψει υπερβολική γήρανση στην εξωτερική καρποφόρο επιφάνεια της κόμης και πλήρης σκίαση στο εσωτερικό του δέντρου.

Μία τεχνική που εφαρμόζεται για τη σταθεροποίηση της παραγωγής σε μεγαλύτερους ελαιώνες είναι η εφαρμογή κλαδέματος σε 2 ή 3 τμήματα του ελαιώνα, ανά 2 ή 3 έτη, κλαδεύοντας ένα τμήμα κάθε χρόνο. Π.χ., αν ο ελαιώνας διαιρεθεί σε 3 τμήματα, κλαδεύεται κάθε χρόνο ένα τμήμα, ώστε εντός τριετίας να έχει ολοκληρωθεί το κλάδεμα όλου του ελαιώνα.

2.11 | Αντιμετώπιση παρεννιαυτοφορίας με το κλάδεμα

Εάν, για την ένταση του κλαδέματος, ληφθεί υπόψη το μέγεθος καρποφορίας της προηγούμενης χρονιάς, είναι δυνατόν να ελεγχθεί σε σημαντικό βαθμό η τάση παρεννιαυτοφορίας, δηλαδή η τάση να παρουσιάζει το δέντρο εναλλάξ ανά χρόνο, μεγάλη, μικρή ή καθόλου καρποφορία. Με ετήσια εναλλαγή της έντασης κλαδέματος, ανάλογα με την αναμενόμενη καρποφορία, διατηρείται σε μεγάλο βαθμό η ισορροπία μεταξύ βλα-

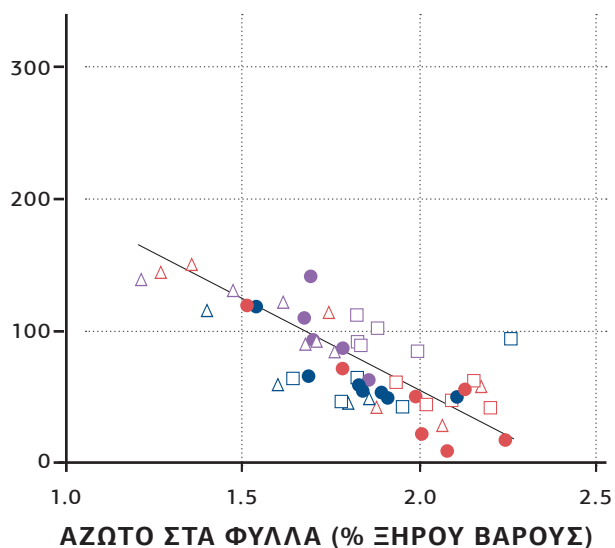
ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1

Η επίπτωση της συχνότητας κλαδέματος στην καρποφορία ³

ΠΑΡΑΓΩΓΗ (κιλά καρπών / δέντρο)			
Ένταση κλαδέματος	ετήσιο	διετές	τριετές
ΕΛΑΦΡΑΣ ΕΝΤΑΣΗΣ	20.8	20.4	25.2
ΜΕΣΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ	11.5	24.5	27.9
ΕΝΤΟΝΟ ΚΛΑΔΕΜΑ	6.9	17.3	17.3

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3.4

Μεταβολή της συγκέντρωσης φαινολικών συστατικών στο ελαιόλαδο, σε συνάρτηση με τις τιμές συγκέντρωσης αζώτου στα φύλλα.¹⁸



ου δεν είναι ένας απόλυτος οδηγός, ο οποίος δεν επιδέχεται εξαιρέσεις. Την τελική απόφαση για τη βέλτιστη απόδοση του ελαιώνα λαμβάνει ο παραγωγός, παρατηρώντας κυρίως τη βλαστικότητα και την καρποφορία του ελαιώνα. Η κρίσιμη τιμή πρέπει πάντοτε να λαμβάνεται υπόψη για να αποφευχθεί η άσκοπη προσθήκη ανόργανων ουσιών, οι οποίες επιβαρύνουν το έδαφος και το κόστος της καλλιέργειας, ενώ μπορεί να επιφέρουν μείωση της καρποφορίας (συνήθης περίπτωση με υπερλίπανση σε άζωτο) ή και της ποιότητας του ελαιολάδου (π.χ. υπερλίπανση σε άζωτο - μείωση φαινολών).

3.6 | Υπερλίπανση με άζωτο

3.6.1 | ΜΕΙΩΣΗ ΚΑΡΠΟΦΟΡΙΑΣ

Όταν οι τιμές περιεκτικότητας του αζώτου (N) στα φύλλα βρίσκονται μεταξύ 1,6-1,8%, αναμένεται ίσως η μέγιστη καρποφορία, ενώ όταν καταγράφονται τιμές μεγαλύτερες του 1,8% αρχίζει ελαφρά, σταδιακή μείωση καρποφορίας. Αντιθέτως, όταν η περιεκτικότητα κυμαίνεται περί το 1,4%, καταγράφεται μείωση καρποφορίας της τάξεως του 20%, συγκριτικά με τη μέγιστη παραγωγή καρπών.¹⁸ Γενικότερα, η λίπανση του

ελαιώνα με άζωτο έχει στόχο την διατήρηση των επιπέδων αζώτου στα φύλλα μεταξύ 1,6-1,8%. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ικανοποιητική (όχι υπερβολική) ετήσια αύξηση του μήκους των βλαστών από 20 έως 50 εκ., εξασφαλίζοντας βέλτιστη ανθοφορία και καρπόδεση.¹⁹ Ειδικά για το άζωτο, λόγω της σημασίας στην παραγωγή καρπών, συνιστάται η διατήρηση του στα βέλτιστα επίπεδα 1,6-1,8%.

3.6.2 | ΜΕΙΩΣΗ ΦΑΙΝΟΛΩΝ

Αν από τη φυλλοδιαγνωστική προκύπτει περιεκτικότητα αζώτου μεγαλύτερη του 2,0%, βρισκόμαστε πλέον σε ζώνη υπερεπάρκειας για το άζωτο, και οι φαινόλες του ελαιολάδου αρχίζουν να παρουσιάζουν μείωση η οποία μπορεί να φτάσει στο 30% περίπου. Η συγκέντρωση του αζώτου στα φύλλα καταγράφει τις μεγαλύτερες τιμές όταν οι τιμές των φαινολών παρουσιάζουν τις χαμηλότερες.¹⁸ Είναι χαρακτηριστικό ότι η υψηλότερη τιμή φαινολικών συστατικών (δες διάγραμμα 3.4) καταγράφηκε όταν η περιεκτικότητα αζώτου στα φύλλα ήταν χαμηλά, περίπου στην κρίσιμη τιμή 1,4%, παρουσιάζοντας στη συνέχεια συνεχή πτώση, και στις τρεις χρονιές που διήρκεσε ημελέτη.¹⁸

3.6.3 | ΑΥΞΗΣΗ ΟΞΥΤΗΤΑΣ

Οι υψηλότερες τιμές οξύτητας στο ελαιόλαδο συσχετίστηκαν και τις τρεις χρονιές της μελέτης με υψηλότερες τιμές περιεκτικότητας αζώτου στον καρπό, όχι όμως και στα φύλλα.¹⁸

3.6.4 | ΑΥΞΗΣΗ Α-ΤΟΚΟΦΕΡΟΛΗΣ

Σε περίπτωση υπερλίπανσης σε άζωτο, παρατηρείται σημαντική αύξηση της α-τοκοφερόλης, με τις τιμές να ξεπερνούν το σύνηθες ανώτατο όριο των 300 ml/kg. Η α-τοκοφερόλη έχει αντιοξειδωτική δράση, αλλά πέραν ενός ορίου περιεκτικότητας ευνοεί την οξείδωση του ελαιολάδου.²⁰

3.6.5 | ΚΑΘΥΣΤΕΡΗΜΕΝΗ ΑΛΛΑΓΗ ΣΤΟ ΧΡΩΜΑ ΤΩΝ ΚΑΡΠΩΝ

Αυξημένη περιεκτικότητα αζώτου προκαλεί καθυστέρηση εμφάνισης του ιώδους (μοβ) χρώματος στον καρπό, ενώ επιφέρει αυξημένη βλαστικότητα σε βά-

μην υπάρχει η δυνατότητα μερικής ή ολικής απορρόφησής τους από το φυτό. Χρειάζεται επομένως να διερευνηθεί περαιτέρω ο βαθμός διαθεσιμότητας των στοιχείων του εδάφους για το φυτό.²³

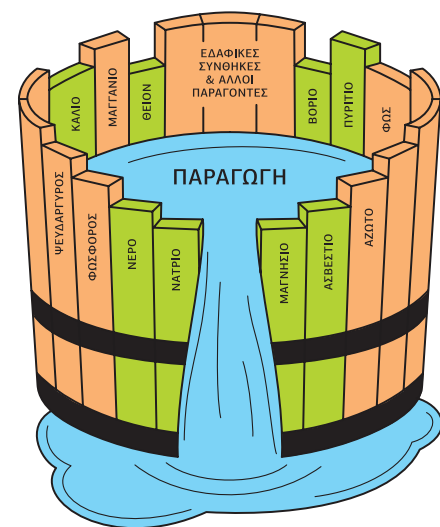
Η εδαφική υγρασία αποτελεί τον κυριότερο παράγοντα για τη διαθεσιμότητα των στοιχείων. Γενικά, χαμηλή υγρασία εδάφους σημαίνει μειωμένη διαθεσιμότητα όλων των στοιχείων του. Από τα τρία βασικά μακροστοιχεία (N, P, K), το κάλιο (K) και ο φώσφορος (P) παρουσιάζουν εγγενώς δυσκολία διαθεσιμότητας στο φυτό λόγω μικρής κινητικότητάς τους στο έδαφος, ενώ η χαμηλή υγρασία επιδεινώνει την εικόνα. Σε περιπτώσεις ελαιώνων που βρίσκονται σε περιοχές πολύ χαμηλών βροχοπτώσεων (π.χ. <450 mm ετησίως), υπολογίζονται συνήθως, για τη λίπανση, αυξημένες ποσότητες των θρεπτικών συστατικών που χαρακτηρίζονται από μειωμένη κινητικότητα στο έδαφος.²³

3.9 | Νόμος του ελάχιστου θρεπτικού στοιχείου ή νόμος του Von Liebig⁸³

Τον 19ο αιώνα, ο Γερμανός επιστήμονας Justus Von Liebig διατύπωσε τον «Νόμο του Ελάχιστου», ο οποίος αναφέρει ότι εάν έστω ένα από τα βασικά θρεπτικά στοιχεία είναι ανεπαρκές, η ανάπτυξη των φυτών περιορίζεται από αυτή την έλλειψη, ακόμα και όταν όλα τα άλλα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά βρίσκονται σε επάρκεια. Ο Νόμος αναφέρει ότι η ανάπτυξη δεν υπαγορεύεται από τις διαθέσιμες, σε επάρκεια πηγές, μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονται η ηλιοφάνεια και οι εδαφικές συνθήκες, αλλά από τον παράγοντα που βρίσκεται σε έλλειψη. Μόνο με την αύξηση της ποσότητας του θρεπτικού στοιχείου ή μικροστοιχείου σε έλλειψη, είναι δυνατή η βελτίωση της ανάπτυξης του φυτού. Όταν οι τιμές των λιπασμάτων θεωρούνται υψηλές, ειδικότερα όσων περιέχουν όλα τα απαραίτητα για την ανάπτυξη του φυτού μικροστοιχεία, ορισμένοι παραγωγοί αποφασίζουν να περιορίσουν την αγορά λιπασμάτων σε αυτά που περιέχουν τα τρία βασικά (N, P, K), παραλείποντας μικροστοιχεία όπως το μαγνήσιο (Mg) ή το θείο (S), με άμεσο κίνδυνο η παραγωγή τους να περιορίζεται από την έλλειψη ενός μικροστοιχείου. Στο σχήμα 3.2 απεικονίζεται σχηματικά το ότι μόνο αν καλυφθούν οι ανάγκες του φυτού στα ελλειμματικά θρεπτικά στοιχεία (π.χ. θείο

ΣΧΗΜΑ 3.2

Σχηματική απόδοση του νόμου του ελάχιστου θρεπτικού στοιχείου



(S), κάλιο (K), μαγνήσιο (Mg), κ.ά.), το φυτό θα εμφανίσει τη μέγιστη δυνατή παραγωγή. Επομένως, είναι σημαντικό να μην δημιουργούνται ελλείψεις σε βασικά στοιχεία ή μικροστοιχεία, θεωρώντας εσφαλμένα ότι, αν δεν γίνει η αναπλήρωση ενός από αυτά, αυτό δεν αποτελεί ιδιαίτερο πρόβλημα για την παραγωγικότητα των φυτών.

3.10 | Λήψη εδαφικών δειγμάτων για ανάλυση

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης εδάφους είναι αξιόπιστα μόνο όταν έχει γίνει ορθή τήρηση των διαδικασιών για τη λήψη των δειγμάτων. Το μικρό, προς εργαστηριακή ανάλυση, τελικό εδαφικό δείγμα θα πρέπει να αντιπροσωπεύει την εδαφική σύσταση όλης της έκτασης. Έτσι, λαμβάνουμε και αναμειγνύουμε πολλά μικρά δείγματα από διάφορα σημεία του ελαιώνα. Όταν η εξέταση επαναλαμβάνεται (μετά 2ετία ή 3ετία), καλό είναι οι λήψεις να γίνονται από τις ίδιες θέσεις, επειδή έτσι η σύγκρισή τους με τα παλαιότερα αποτελέσματα θα δώσει πιο αξιόπιστα συμπεράσματα. Για να γίνει αντιληπτή η σημασία της αντιπρο-

γεγονός το οποίο πρέπει να λαμβάνεται πάντοτε υπόψη όταν πρόκειται περί ποικιλιών με χαμηλό αριθμό φαινολικών στοιχείων. Λιγότερες φαινόλες στο ελαιόλαδο επιφέρουν ελαττωμένη ένταση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών πικρό και πικάντικο. Επίσης, σε πολλές περιπτώσεις, η άρδευση συνδυάζεται με αυξημένη οξύτητα του ελαιολάδου.

4.15 | Τεχνική ελλειμματικής άρδευσης ελαιώνων

Η μέγιστη καρποφορία ελαιώνα σημειώνεται όταν το 100% των αναγκών του δέντρου καλύπτεται συνολικά από βροχοπτώσεις και άρδευση (100% ET_c), ενώ όταν η ποσότητα του νερού φτάσει στο 50-60% του ET_c , η μείωση της καρποφορίας δεν ξεπερνά το 25%, με αποτέλεσμα να υπάρχει εξοικονόμηση σημαντικών ποσοτήτων νερού, σε περιοχές με περιορισμένη διαθεσιμότητα νερού. Σε κάθε περίπτωση, η αύξηση της παραγωγής ελαίου ανά δέντρο είναι αποτέλεσμα κυρίως του αυξημένου αριθμού καρπών και δευτερευόντως του αυξημένου βάρους τους.⁸

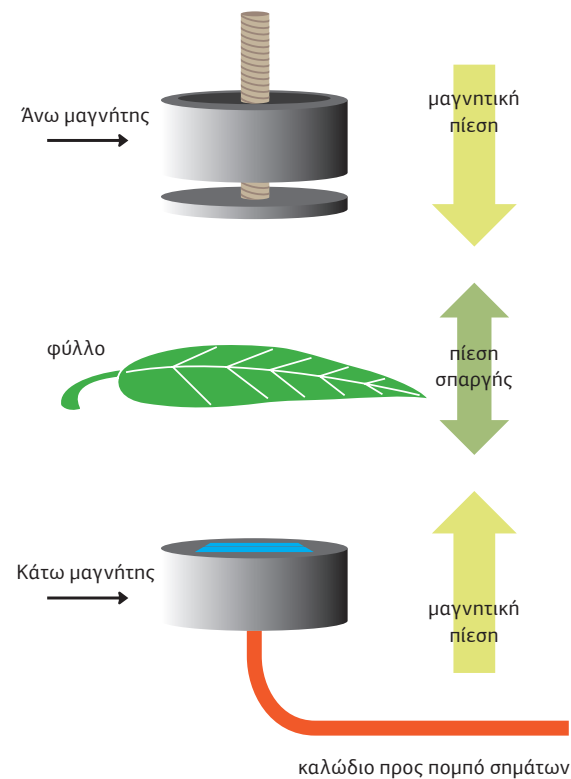
Για την κάλυψη όλων των απαραίτητων ποσοτήτων νερού σε ελαιώνα (100% ET_c), μπορεί να απαιτηθούν πολύ υψηλά επίπεδα παροχής, ίσως και 800 mm/έτος, κάτι που συνήθως δεν είναι εφικτό. Πρακτικά λοιπόν, παρέχονται μικρότερες ποσότητες νερού (ελλειμματική άρδευση). Καθώς έχει αρνητικές επιπτώσεις στην ανάπτυξη του δέντρου, η μέθοδος δεν πρέπει να χρησιμοποιείται σε νεαρά δέντρα ηλικίας μικρότερης των 5-6 ετών. Η βέλτιστη παραγωγή ελαιολάδου ανά στρέμμα επιτυγχάνεται με την παροχή μέτριων ποσοτήτων νερού, ενδεικτικά σε επίπεδα 60-75% ET_c .

Η τεχνική της ελλειμματικής άρδευσης (Ε.Α.) μπορεί να εξοικονομήσει από 30% μέχρι και 70% των ποσοτήτων νερού που θα παρέχονταν σε πλήρως αρδευόμενους ελαιώνες (100% ET_c).

Σε ξηροθερμικές περιοχές η έλλειψη νερού από βροχοπτώσεις μπορεί να αντιμετωπιστεί με τη χορήγηση νερού μόνο σε συγκεκριμένες φάσεις ανάπτυξης του δέντρου – όταν υπάρχει μεγαλύτερη ευαισθησία σε υδατικό στρες (ανθοφορία, καρπόδεση) και κατά συνέπεια μεγαλύτερη ανάγκη σε νερό. Οι μέθοδοι που ακολουθούνται είναι συνήθως δύο:

ΣΧΗΜΑ 4.2

Σχηματική διάταξη αισθητήρα πίεσης φύλλων Yara-ZIM Plant Technology



ΕΙΚΟΝΑ 4.2

Αισθητήρας φύλλου με μαγνήτες. Σύστημα Yara Water Solutions.



4.15.1 | ΣΥΓΚΡΑΤΗΜΕΝΗ ΕΛΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΑΡΔΕΥΣΗ (Σ.Ε.Α.)

Παρέχεται καθ' όλη την αρδευτική περίοδο, μία σταθερά μικρότερη ποσότητα νερού, συγκριτικά με το 100% των πραγματικών αναγκών του δέντρου (Συγκρατημένη Ελλειμματική Άρδευση – αγγλ. Sustained Deficit Irrigation ή Deficit Irrigation).

4.15.2 | ΕΝΑΡΜΟΝΙΣΜΕΝΗ ΕΛΛΕΙΜΜΑΤΙΚΗ ΑΡΔΕΥΣΗ (Ε.Ε.Α.)

Κατά την Εναρμονισμένη Ελλειμματική Άρδευση

(αγγλ. Regulated Deficit Irrigation) παρέχεται το 100% των αναγκών του δέντρου μόνο κατά τις περιόδους («φαινολογικά στάδια») που θεωρούνται οι πλέον ευαίσθητες σε έλλειψη νερού, ενώ κατά την υπόλοιπη περίοδο ανάπτυξης παρέχεται το 60-70% του ET_c .²³ Οι πλέον ευαίσθητες φάσεις είναι το στάδιο διαμόρφωσης και ανάπτυξης των οφθαλμών, η εποχή της ανθοφορίας – καρπόδεσης και οι πρώτες εβδομάδες μετά τη σκλήρυνση του πυρήνα (περίοδος συγκέντρωσης ελαιολάδου στον καρπό).

Οι ελλειμματικές αρδεύσεις τύπου Σ.Ε.Α. και Ε.Ε.Α. εφαρμόζονται με επιτυχία, είναι πρακτικά απλές και δίνουν καλά αποτελέσματα, κυρίως όμως

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2

Συνοπτικά αποτελέσματα από την παροχή αρδευτικού νερού

1	Αύξηση του μεγέθους της κόμης και διαμέτρου κορμού
2	Αύξηση αριθμού καρπών ανα δέντρο
3	Μείωση παρενιαυτοφορίας (χρονιές ON - OFF)
4	Αύξηση μεγέθους καρπών λόγω μεσοκαρπίου (12-30%)
5	Καθυστέρηση στην αλλαγή χρώματος των καρπών
6	Μείωση φαινολών – η οποία σε πλήρως αρδευόμενους ελαιώνες φτάνει μέχρι και 35%, συγκριτικά με ξερικούς ελαιώνες.
7	Σημαντική αύξηση αρωματικών ενώσεων σε μέτριας παροχής αρδευόμενους ελαιώνες (ελλειμματική άρδευση 65% ET_c).
8	Αύξηση οξύτητας ελαιολάδου, σε αρκετές περιπτώσεις
9	Μείωση μονοακόρεστων και αύξηση πολυακόρεστων λιπαρών στο ελαιόλαδο
10	Ελάχιστη αύξηση ελαιοπεριεκτικότητας καρπών σε ορισμένες ποικιλίες, ελαφρά μείωση σε άλλες – ασαφές αποτέλεσμα
11	Σε έντονα αρδευόμενους ελαιώνες παρατηρείται μείωση ποσοστού εξαγόμενου ελαιολάδου στο ελαιοτριβείο, λόγω γαλακτωματοποίησης που συμβαίνει στον σπαστήρα, σε αντίστροφη σχέση με το περιεχόμενο ποσοστό υγρασίας του καρπού.

επικονίαση και την επικείμενη καρποφορία. Οποιοσδήποτε συνθήκες οδηγούν σε απώλεια καρποφορίας κατά τη διάρκεια ενός αναμενόμενα ON έτους μπορεί να μετατρέψουν την εποχή από ON σε OFF.⁶

5.2 | Αντιστροφή της παρηνιαυτοφορίας

Η καρποφορία από υψηλή σε χαμηλή μπορεί να αντιστραφεί όταν αφαιρεθούν όλοι ή μέρος των καρπών κατά τη χρονιά μεγάλης καρποφορίας, το αργότερο μέχρι και 120 μέρες από την ημέρα πλήρους ανθοφορίας (Η.Π.Α.), δηλαδή περίπου μέχρι τέλη Αυγούστου.¹ Όσο νωρίτερα αφαιρεθούν οι καρποί, τόσο εντονότερη θα είναι η βλαστικότητα, προετοιμάζοντας το δέντρο ώστε η επόμενη περίοδος να είναι χρονιά μεγάλης καρποφορίας και όχι μικρής, όπως ήταν προγραμματισμένο. Άλλες μελέτες έχουν δείξει ότι, για την εναλλαγή καρποφορίας, η αφαίρεση των καρπών δεν πρέπει να γίνει αργότερα από 60 ημέρες μετά την Η.Π.Α.⁷

Η απομάκρυνση των καρπών δεν γίνεται με μηχανικά μέσα, αλλά με ψεκασμό των δέντρων με υγρό ναφθαλινικό οξικό οξύ (NAA), προκαλώντας την πτώση των καρπών και παράλληλα, συνήθως σημαντικού όγκου του φυλλώματος.⁸

5.3 | Η μείωση της παρηνιαυτοφορίας

A. ΚΛΑΔΕΜΑ

Με ετήσια εναλλαγή στην ένταση του κλαδέματος, μπορεί να διατηρηθεί ισορροπία μεταξύ βλαστικής και αναπαραγωγικής δραστηριότητας,⁹ με αποτέλεσμα τη μείωση της μεγάλης διαφοράς καρποφορίας μεταξύ δύο διαδοχικών περιόδων. Σε κάθε περίπτωση, η συλλογή των καρπών συνιστάται να γίνεται κατά το δυνατόν νωρίτερα, έως μέσα Νοεμβρίου, για την αύξηση της καρποφορίας κατά την επόμενη περίοδο.

Μετά από χρονιά υψηλής καρποφορίας, την επόμενη άνοιξη η ανάπτυξη νέων βλαστών αναμένεται να εμφανιστεί μειωμένη, λόγω εξάντλησης του θρεπτικού δυναμικού του δέντρου για τη δημιουργία των καρπών. Στο δέντρο γίνεται πολύ ελαφρύ κλάδεμα (κλάδεμα συντήρησης), με αφαίρεση παραφυάδων και ισχυρών λαίμαργων, εξαντλημένων, σκιαζόμενων

ποδιών και κλάδων με μικρή ανάπτυξη, χωρίς μεγάλη μείωση των καρποφόρων βλαστών.

Μετά από χρονιά χαμηλής καρποφορίας, η ανάπτυξη νέας βλάστησης αναμένεται έντονη, ιδίως σε εντατικούς, αρδευόμενους ελαιώνες, οπότε τα δέντρα κλαδεύονται πιο συστηματικά, με στόχο τη μείωση πολλών νέων κλαδιών και του δυναμικού παραγωγής. Συνήθως οι ελαιοπαραγωγοί, στην πράξη, ενεργούν με εντελώς αντίθετο τρόπο, αποφεύγοντας το συστηματικό κλάδεμα μετά από μια χρονιά χαμηλής παραγωγής, φοβούμενοι την απώλεια μικρού τμήματος της επόμενης αναμενόμενα υψηλής παραγωγής. Η τακτική αυτή όμως εντείνει την παρηνιαυτοφορία των δέντρων.¹⁰

B. ΛΙΠΑΝΣΗ

Όταν αναμένεται χρονιά μεγάλης καρποφορίας, απαιτείται, συγκριτικά, η παροχή περισσότερων θρεπτικών στοιχείων στο δέντρο, καθώς και έκτακτη παροχή αρδευτικού νερού (σε μη αρδευόμενους ελαιώνες) ή ενίσχυση των ποσοτήτων νερού (σε αρδευόμενους ελαιώνες).¹¹ Στόχος είναι η μείωση της παρηνιαυτοφορίας, με ενίσχυση της βλάστησης, η οποία θα καρποφορήσει κατά την επόμενη χρονιά, παρά το μεγάλο φορτίο καρπών που φέρουν τα δέντρα την τρέχουσα χρονιά. Αντιθέτως, όταν αναμένεται χρονιά μικρής καρποφορίας, ίσως είναι σκόπιμο να μειωθούν οι εισροές στο έδαφος, ώστε να μην έχουμε την επόμενη χρονιά πολύ έντονη βλαστικότητα, η οποία ούτως ή άλλως αναμένεται να είναι σχετικά έντονη. Σε όλες τις περιπτώσεις, πριν από κάθε απόφαση, η φυλλοδιαγνωστική θα δώσει όλες τις πρώτες βασικές πληροφορίες, ιδιαίτερα για την περιεκτικότητα του αζώτου στα φύλλα.

Με μικρές τροποποιήσεις, κυρίως με τμηματικές εφαρμογές του προγράμματος λίπανσης, το φαινόμενο της παρηνιαυτοφορίας είναι δυνατόν να μειωθεί. Η τακτική που ακολουθείται είναι η ενίσχυση του δέντρου με τα πλέον απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία, σε συγκεκριμένες περιόδους ανάπτυξης. Τετραετής μελέτη στην Ιταλία, σε ποτιζόμενους (με μπεκ) ελαιώνες ξηροθερμικής περιοχής και ετήσιας παροχής αρδευτικού νερού 500 mm, κατέληξε σε ενδιαφέροντα συμπεράσματα, βασισμένα στην αντίδραση των δέντρων, αναλόγως αν η χρονιά είναι ON ή OFF.¹²

Αναλόγως το αν η επερχόμενη χρονιά είναι ON ή OFF:

α) για το άζωτο (N), η λίπανση είναι προτιμότερο να γίνεται τμηματικά, σε 2 ή 3 δόσεις. Η πρώτη (50-60%) γίνεται τον Φεβρουάριο-Μάρτιο, μια δεύτερη μερική λίπανση γίνεται στην αρχή της άνοιξης (10-30%), ενώ είναι πιθανόν να γίνει μία τρίτη μερική λίπανση, μετά τη συγκομιδή (Νοέμβριος-Δεκέμβριος), με περιορισμένη ποσότητα αζώτου (20-30%), το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για την ενίσχυση της ανθοφορίας κατά την επόμενη περίοδο.¹²

β) για τον φώσφορο, βρέθηκε ότι η ανθοφορία, η καρπόδεση και η ανάπτυξη των καρπών σε ON χρονιά απαιτούν μεγαλύτερη ποσότητά του συγκριτικά με τη βλαστική δραστηριότητα. Έτσι, συνιστάται η χορήγηση φωσφόρου το φθινόπωρο και τον χειμώνα, και λιγότερο την άνοιξη-καλοκαίρι.

γ) η χορήγηση καλίου, είτε σε ON είτε σε OFF χρονιά, κατά την περίοδο Ιανουαρίου-Φεβρουαρίου είναι ωφέλιμη για τη δραστηριότητα του ριζικού συστήματος, την επερχόμενη ανάπτυξη των βλαστών και την ανάπτυξη καρποφορίας (σε ON χρονιά). Άλλη μία εφαρμογή καλίου (K) την άνοιξη θα είναι μάλλον απαραίτητη για δέντρα που βρίσκονται σε ON χρονιά.¹²

5.4 | Αραίωμα των καρπών σε επιτραπέζιες ποικιλίες

Το αραίωμα των καρπών γίνεται με την έγκαιρη απομάκρυνση των ανθέων, σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους, μετά την πλήρη ανθοφορία, με στόχο:

α) την αύξηση του μεγέθους των καρπών, κυρίως για επιτραπέζιες ποικιλίες, και

β) γενικότερα, την παραγωγή περισσότερων ανθοφόρων οφθαλμών, για αύξηση της καρποφορίας, κατά την επόμενη παραγωγική περίοδο. Με το αραίωμα των καρπών, αυξάνει η αναλογία φύλλων προς τον αριθμό των καρπών, με αποτέλεσμα τη διάθεση περισσότερων θρεπτικών συστατικών στους καρπούς, κάτι που αυξάνει το μέγεθός τους. Κάθε βλαστός αποτελεί μία αυτοτελή μονάδα παραγωγής ενέργειας, καθόσον οι θρεπτικές ουσίες, που παράγονται μέσω της διαδικασίας φωτοσύνθεσης στα φύλλα του,

κατευθύνονται κυρίως προς αυτόν.¹³ Όπως σε όλα τα καρποφόρα δέντρα, όσο αυξάνει ο αριθμός των καρπών ενός δέντρου, ελαττώνεται το μέγεθός τους, γεγονός με ιδιαίτερη σημασία για τις επιτραπέζιες ποικιλίες. Αντιστρόφως, σε περίοδο μικρής καρποφορίας, οι καρποί αποκτούν μεγαλύτερο μέγεθος.

Για τις επιτραπέζιες ποικιλίες, όταν το αραίωμα των καρπών έχει σκοπό την αύξηση του μεγέθους τους, συνιστάται να γίνεται αυτό κατά τις πρώτες 6 εβδομάδες μετά την Ημέρα Πλήρους Ανθοφορίας (Η.Π.Α.), συνήθως τον Ιούνιο.⁷ Άλλοι ερευνητές (L. Rallo και J. Cuevas),¹⁴ περιορίζουν αυτό το διάστημα σε 20 ημέρες από την Η.Π.Α. Εάν το αραίωμα γίνει με απομάκρυνση ανθοφόρων κλάδων πριν την Η.Π.Α., το δέντρο αντιδρά και συγκρατεί περισσότερα άνθη, οπότε η καρποφορία θα παραμείνει περίπου στα ίδια επίπεδα. Εάν το αραίωμα των καρπών γίνει μετά την πάροδο 6 εβδομάδων από την Η.Π.Α., δεν παρατηρείται αύξηση στο μέγεθος των καρπών.¹⁴

Απομάκρυνση των καρπών εντός 6 εβδομάδων από την Η.Π.Α. βελτίωσε σημαντικά την ανθοφορία την επόμενη χρονιά, ενώ απομάκρυνσή τους μέχρι και 9 εβδομάδες από την Η.Π.Α. επέφερε σχετική βελτίωση της επόμενης ανθοφορίας.⁷

Για ουσιαστική αύξηση της ανθοφορίας (επομένως και της καρποφορίας) την επόμενη χρονιά, η αφαίρεση των καρπών γίνεται σε πρώιμο στάδιο και ολοκληρώνεται μέχρι 120 ημέρες από την Η.Π.Α., δηλαδή περί τη 15η Σεπτεμβρίου, αν υποθεθεί ότι η Η.Π.Α. σημειώθηκε τη 15η Μαΐου. Με την έγκαιρη αφαίρεση όλων των καρπών, παρατηρείται αμέσως σημαντική επανεκκίνηση της βλαστικότητας την επόμενη περίοδο οι βλαστοί αποκτούν διπλάσιο μήκος συγκριτικά με των άλλων δέντρων, η ανθοφορία είναι έντονη και η καρποφορία σε υψηλά επίπεδα.¹

5.5 | Αραίωμα καρπών με χημικά μέσα

Όταν η καρποφορία είναι μεγάλη, αν απαιτηθεί αραίωμα των (επιτραπέζιων) ελιών, εφαρμόζεται ψεκασμός στην κόμη των δέντρων, με χρήση ναφθαλινικού οξικού οξέος (NAA) στο χρονικό διάστημα μεταξύ 10ης και 18ης μέρας από την Η.Π.Α. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται κυρίως στην Καλιφόρνια και έχει αποδειχθεί αποτελεσματική, όχι όμως για όλες τις ποικιλίες. Γενικότερα, με το αραίωμα των καρπών

θειμένοι συνήθως σε χαμηλότερες θερμοκρασίες και υψηλότερες βροχοπτώσεις, με αποτέλεσμα την παραγωγή μεγαλύτερων ποσοτήτων κόκκων γύρης, κατά 18% περίπου και τελικά μεγαλύτερης καρποφορίας.²²

Αυτεπικονίαση ή αυτογονιμοποίηση:

όταν η γύρις από ένα άνθος γονιμοποιεί τα ωάρια του ίδιου άνθους η ωάρια άλλων ανθέων του ίδιου δέντρου, πιθανόν και άλλων δέντρων, της ίδιας ποικιλίας.

Σταυρεπικονίαση ή Ετερογονιμοποίηση:

όταν η γύρις από το άνθος ενός δέντρου γονιμοποιεί ωάρια σε άνθη άλλων ελαιοδέντρων, διαφορετικής ποικιλίας.

Η σταυρεπίκονίαση γίνεται είτε με τον αέρα είτε με τα έντομα. Ο αέρας μπορεί να μεταφέρει μέρος από τους 200.00 κόκκους γύρης ενός άνθους πολλά χιλιόμετρα μακριά αλλά το 95% της γύρης μεταφέρεται μέχρι 40 μέτρα από το δέντρο, ενώ σε περιόδους ξηρασίας σε απόσταση μικρότερη των 30 μ.¹³ Γενικότερα, τα άνθη της ελιάς προτιμούν την σταυρεπικονίαση από την αυτεπικονίαση. Η σταυρεπικονίαση αυξάνει την γονιμότητα των ανθέων και την καρποφορία σε θερμό περιβάλλον, όπως και τις χρονιές με χαμηλή ποιότητα ανθοφορίας (πολλά ατελή άνθη), ενώ παρέχει καλά αποτελέσματα όταν κατά την ανθοφορία επικρατούν θερμοκρασίες άνω των 30°C, όταν δηλαδή η αυτεπικονίαση μειώνεται σημαντικά.

Όλοι οι μελετητές συμφωνούν για τα οφέλη που παρέχει η σταυρεπικονίαση, χωρίς να υπάρχει πλήρως τεκμηριωμένη άποψη, παρά μόνον ισχυρές ενδείξεις, για το ποιες ποικιλίες μπορούν να δράσουν αποτελεσματικά σαν δότες γύρης ούτε ακόμη και για τις πλέον γνωστές ποικιλίες.²¹ Έχει τεκμηριωθεί όμως ότι ποικιλίες που θεωρούνται αυτογονιμοποιούμενες (π.χ. Κορωνέικη) δίνουν μεγαλύτερες καρποφορίες εάν σταυρεπικονιασθούν. Η σταυρεπικονίαση είναι απαραίτητη σε περιοχές όπου οι θερμοκρασίες κατά την άνθηση ξεπερνούν τους 30°C, επειδή τότε αυξάνεται η ασυμβατότητα της γύρης για επικονίαση με την ίδια ποικιλία.²³

Σε μελέτη στην Αυστραλία, σχετικά με την συμβατότητα ποικιλιών με σκοπό την σταυρεπικονίαση, εξετάστηκαν πολλές ποικιλίες και ένα γενικό συμπέρασμα ήταν ότι καταγράφεται καλύτερη παραγωγή σε έναν ελαιώνα όταν χρησιμοποιηθούν σαν δότες περισσότερες από μία ποικιλίες, καλύτερα τρεις έως τέσ-

σεις. Επίσης εντοπίστηκαν να είναι πιθανά συμβατοί οι ακόλουθοι συνδυασμοί μεταξύ της βασικής ποικιλίας (μητρική) και δέντρων ως δωρητών γύρης (αναλογία δέντρων 1 προς 50).²¹

Κορωνέικη:

κυρίως Mission, Hojiblanca, Μαστοειδής ²⁴

Καλαμών:

κυρίως Frantoio, Κορωνέικη, Barnea,

Frantoio:

κυρίως Καλαμών, Mission, Coratina

Mission:

κυρίως Κορωνέικη, Arbequina

Barnea:

κυρίως Καλαμών, Mission

Σε έκδοση του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνια¹⁹ αναφέρεται ότι η Ιταλική ποικιλία Frantoio είναι πολύ καλός δότης για την ποικιλία Καλαμών, όπως και για τις ποικιλίες Manzanillo, Pendolino και Picual, ενώ σύμφωνα με άλλους μελετητές, η ποικιλία Dolce είναι ο καλύτερος γονιμοποιητής για την ποικιλία Καλαμών.²⁵

6.8 | Ημέρα πλήρους ανθοφορίας

Όταν το 75-80% των οφθαλμών στην βόρεια πλευρά ενός δέντρου ή συνολικά σε έναν ελαιώνα έχουν ανοίξει, η ημέρα ονομάζεται Ημέρα Πλήρους Ανθοφορίας (Η.Π.Α.), και είναι μία πολύ χαρακτηριστική ημερομηνία, αφετηρία αναφοράς για την εξέλιξη διαφόρων φαινολογικών σταδίων ανάπτυξης του δέντρου και των καρπών. Χρησιμοποιώντας την Η.Π.Α. ως αφετηρία, είναι δυνατή η παρακολούθηση της εξέλιξης διαφόρων χαρακτηριστικών του καρπού όπως το χρώμα, η ελαστικότητα, η συγκέντρωση φαινολών, η πτώση. Αν υπάρχουν σχετικές καταγραφές από προηγούμενα έτη σε συνάρτηση και με τις προηγηθείσες μέσες ανώτατες θερμοκρασίες Απριλίου, Μαΐου και Ιουνίου, είναι δυνατόν να προβλεφθεί και για το τρέχον έτος, με μικρή απόκλιση, η κατάλληλη ημερομηνία έναρξης συλλογής των καρπών.

Η ημερομηνία όπου ολοκληρώνεται η συγκέντρωση ελαιόλαδου στον καρπό, εξαρτάται κυρίως από την

Ημέρα Πλήρους Ανθοφορίας (Η.Π.Α.) και τις θερμοκρασίες που επικράτησαν τους προηγούμενους μήνες. Η Η.Π.Α. καταγράφεται μεταξύ 20 Απριλίου και 20 Μαΐου, για όλες τις ποικιλίες, με τις κλιματικές συνθήκες των μεσογειακών χωρών. Για κάθε ποικιλία, σε κάθε περιοχή, απαιτείται ένας αριθμός ημερών μετά την Η.Π.Α., για την ολοκλήρωση της συγκέντρωσης ελαιολάδου στον καρπό, ο οποίος κυμαίνεται αναλόγως της ποικιλίας, από 130 - 200 ημέρες.

Το διάστημα μεταξύ του ανοίγματος του πρώτου και του τελευταίου άνθους στο δέντρο, κυμαίνεται συνήθως από 4 έως 8 ημέρες, ενώ σε ελαιώνες όπου επικρατούν χαμηλότερες θερμοκρασίες το διάστημα μπορεί να διαρκέσει έως 10 ημέρες.²⁶

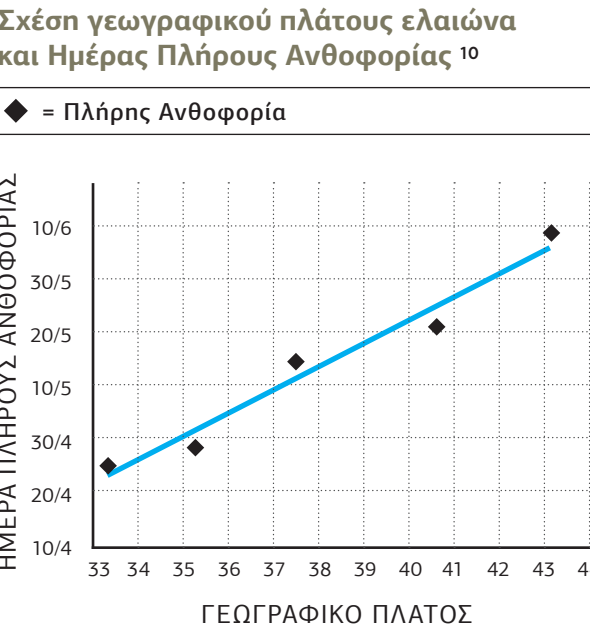
Υπάρχουν ακραίες περιπτώσεις όπου το διάστημα αυτό διήρκεσε 2 ημέρες η και σπανίως 14 ημέρες, εξαρτώμενο κυρίως από τις επικρατούσες θερμοκρασίες και την ποικιλία.

6.8.1 | ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΑΙ Η.Π.Α.

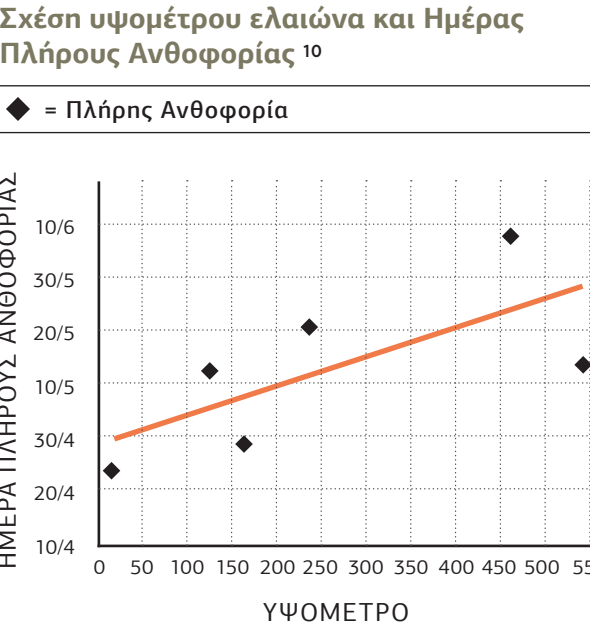
Η ημέρα πλήρους ανθοφορίας (Η.Π.Α.), εξαρτάται από την γεωγραφική θέση του ελαιώνα, δηλαδή το γεωγραφικό πλάτος καθώς και το υψόμετρο. Τα διαγράμματα 6.4 και 6.5 απεικονίζουν την σχέση των δύο παραγόντων και της Η.Π.Α., με το γεωγραφικό πλάτος να εμφανίζει την στατιστικά σημαντικότερη σπουδαιότητα.¹⁰

Σύμφωνα με μελέτες στην Ισπανία, έχει προσδιοριστεί ότι για κάθε 100μ αύξησης υψομέτρου υπάρχει καθυστέρηση έναρξης ανθοφορίας κατά 2,5 ημέρες, κατά προσέγγιση. Επίσης από το Διάγραμμα 6.3 συμπεραίνεται ότι για κάθε 1 μοίρα γεωγραφικού πλάτους, σε περιοχές με το ίδιο υψόμετρο, παρατηρείται μεταβολή της Η.Π.Α. κατά 10 ημέρες περίπου. Χαρακτηριστικά παραδείγματα γεωγραφικού πλάτους ελαιοπαραγωγικών περιοχών στην Ελλάδα αποτελούν το Ηράκλειο 35,3 μοίρες, Καλαμάτα 37°, Λάρισα 39,5° και Καβάλα 41°. Σύμφωνα με το Διάγραμμα 6.4, ελαιώνες στην περιοχή Ηρακλείου σε χαμηλό υψόμετρο, υπολογίζεται ότι έχουν Η.Π.Α. κατά δύο εβδομάδες νωρίτερα από ελαιώνες στην Καλαμάτα, υποδεικνύοντας έναρξη συλλογής των καρπών στο Ηράκλειο κατά 15-17 ημέρες ενωρίτερα από την περιοχή της Καλαμάτας, για την ίδια ποικιλία, στο ίδιο υψόμετρο.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6.3



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6.4



ρών και Λευκολιά Χαλκιδικής ο σχηματισμός ανθοκυανινών παρεμποδίζεται, με αποτέλεσμα ο καρπός να παραμένει με πράσινο-υπόλευκο χρώμα μέχρι και την πλήρη ωρίμανσή του. Παρόμοια χρωματική εξέλιξη παρουσιάζουν οι ισπανικές ποικιλίες Marfil² και Leukokarpa Margareta.¹

7.1 | Χρωματικός Δείκτης Ωριμότητας

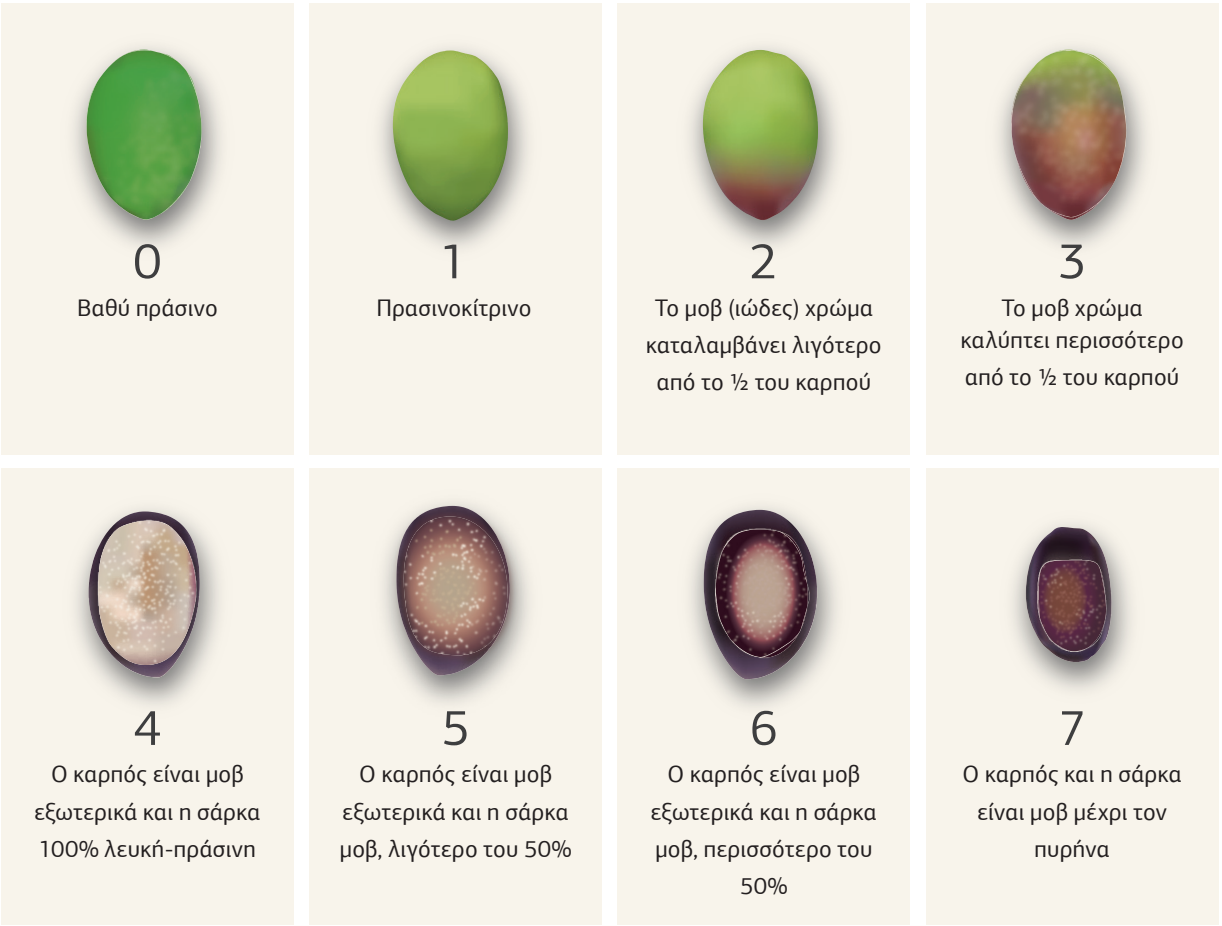
Για την εκτίμηση του χρώματος των καρπών και κατ’ επέκταση του βαθμού ωριμότητάς τους, το Διεθνές Συμβούλιο Ελαίας (Δ.Σ.Ε. ή IOC) έχει ταυτοποιήσει 8 στάδια χρωματικών αλλαγών στον φλοιό και τη σάρκα, τα οποία χαρακτηρίζονται με τους αριθμούς 0

έως 7. Χρωματικός Δείκτης Ωριμότητας (Χ.Δ.Ω.) ενός δείγματος καρπών είναι ο αριθμητικός μέσος όρος των χρωματικών δεικτών των καρπών του δείγματος. Ο Χ.Δ.Ω. αναφέρεται επίσης με τις ονομασίες Χρωματικός Δείκτης Ποιότητας (Χ.Δ.Π.), Χρωματικός Δείκτης Jaen ή, απλά, Χρωματικός Δείκτης (Χ.Δ.). Για τον υπολογισμό του Χ.Δ.Ω. ενός δείγματος καρπών, ακολουθείται η εξής διαδικασία:

Από την κόμη των δέντρων συλλέγονται περί τους 100-200 καρπούς, από ύψος μεταξύ 1,5 και 2,0 μ., με τυχαίο τρόπο, και από τις τέσσερις διευθύνσεις. Στη συνέχεια, οι καρποί χωρίζονται σε 8 ομάδες, σύμφωνα με το χρώμα του φλοιού και το παρακάτω γράφημα: Για παράδειγμα, για τον υπολογισμό του αριθμητικού μέσου όρου δείγματος 123 καρπών, αρχικά γίνεται η χρωματική τους κατηγοριοποίηση, σύμφω-

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.1

Χρωματικές φάσεις ωρίμανσης των καρπών της ελιάς



ΕΙΚΟΝΑ 7.3
Σpektροφωτόμετρο KONICA, CR-410 Chroma-meter.⁵



7.3.2 | ΦΟΡΤΙΟ ΚΑΡΠΩΝ

Όταν ο αριθμός των καρπών ενός βλαστού είναι πολύ μεγάλος, η συγκέντρωση ανθοκυανινών στους καρπούς καθυστερεί, ο σταδιακός χρωματισμός των καρπών γίνεται ομοιόμορφα και το μοβ χρώμα διατηρείται μέχρι την πλήρη ωρίμανση.⁶ Επίσης, όταν υπάρχει υψηλή καρποφορία, παρατηρείται μείωση του μεγέθους των καρπών, επιβράδυνση στον ρυθμό συγκέντρωσης του ελαιολάδου, μικρότερη συγκέντρωση ελαιολάδου και υψηλότερη συγκέντρωση φαινολών στον καρπό οφειλόμενη στην δημιουργούμενη κατάσταση στρες για το δέντρο για την θρέψη των πολυάριθμων καρπών.

7.3.3 | ΕΔΑΦΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ

Όταν στο έδαφος υπάρχει υψηλή υγρασία λόγω έντονων βροχοπτώσεων ή άρδευσης, παρατηρείται καθυστέρηση σχηματισμού ανθοκυανινών και, κατ’ επέκταση, της αλλαγής χρώματος από πρασινοκίτρινο σε ιώδες.⁷

7.3.4 | ΥΠΕΡΛΙΠΑΝΣΗ ΜΕ ΑΖΩΤΟ

Αν υπάρχει υπερλίπανση με άζωτο, παρατηρείται καθυστέρηση συγκέντρωσης τόσο ανθοκυανινών στον φλοιό όσο και ποσότητας ελαίου στον καρπό.⁸

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7.2

Απλοποιημένος Χρωματικός Δείκτης Ωριμότητας Καρπών



βάρους των από την πρόσληψη υγρασίας.⁵

Η ηλιοφάνεια και οι βροχοπτώσεις είχαν επιπτώσεις στην εξέλιξη των φαινομένων ωρίμανσης, ενώ είναι πολύ σημαντική η παρατήρηση ότι και στις τέσσερις ποικιλίες η συνολική συγκέντρωση ελαίου ήταν ανεξάρτητη από το βάρος του καρπού και ήταν κυρίως γραμμική, προγραμματισμένη και σχετικά ανεξάρτητη από περιβαλλοντικές συνθήκες. Η συγκέντρωση ελαιολάδου στον καρπό ξεκίνησε την δεύτερη και τρίτη εβδομάδα του Ιουλίου και συνεχίστηκε μέχρι τέλος Οκτωβρίου.⁵

8.3 | Το χρώμα των καρπών και η ελαιοπεριεκτικότητα

Από τις αρχές Αυγούστου, με την ολοκλήρωση της σκλήρυνσης του πυρήνα και συγκέντρωσης ελαίου στο φυτό του, αρχίζει ο σχηματισμός ελαίου στον καρπό, ο οποίος την εποχή εκείνη χαρακτηρίζεται από έντονο πράσινο χρώμα (Χ.Δ.Ω. = 0). Από πολλές πειραματικές μετρήσεις και παρατηρήσεις, έχει διαπιστωθεί ότι με την εμφάνιση των πρώτων στιγμάτων ιώδους χρώματος στον φλοιό των καρπών (αρχή Χ.Δ.Ω. = 2) έχει σχηματιστεί κατά κανόνα, αναλόγως την ποικιλία, το 95-98% της τελικής ποσότητας ελαιολάδου στον καρπό.

Ο όρος "ποσότητα ελαιολάδου στον καρπό" αναφέρεται στην ολική ποσότητα ελαίου που περιέχεται στα φυτικά κύτταρα και τον σπόρο του πυρήνα. Η ποσότητα ελαίου που είναι δυνατόν να εξαχθεί στο ελαιουργείο διαφέρει σημαντικά από την ολική τιμή που προαναφέρθηκε και εξαρτάται από την ευκολία με την οποία τα μικροσταγονίδια ελαίου μπορούν να απελευθερωθούν από τα τοιχώματα των κυτταρικών τοιχωμάτων και την δημιουργία μεγαλύτερων ελαιοσταγόνων στη συνέχεια. Από τον βαθμό ωριμότητας των καρπών εξαρτάται η σταθερότητα των κυτταρικών τοιχωμάτων και επομένως το ποσοστό των μικροσταγονιδίων τα οποία μπορούν τελικά να διαφύγουν κατά τις φάσεις της θραύσης και της μάλαξης. Γενικότερα υπάρχει συνήθως σύγχυση μεταξύ της πραγματικής ποσότητας ελαίου στον καρπό και της ποσότητας η οποία είναι δυνατόν να παραληφθεί κατά την ελαιοποίηση. Η πραγματική ποσότητα ελαίου στον καρπό είναι δυνατόν να προσδιορισθεί στο εργαστήριο με εκχύλιση με χρήση οργανικών διαλυτών (εξανίου ή

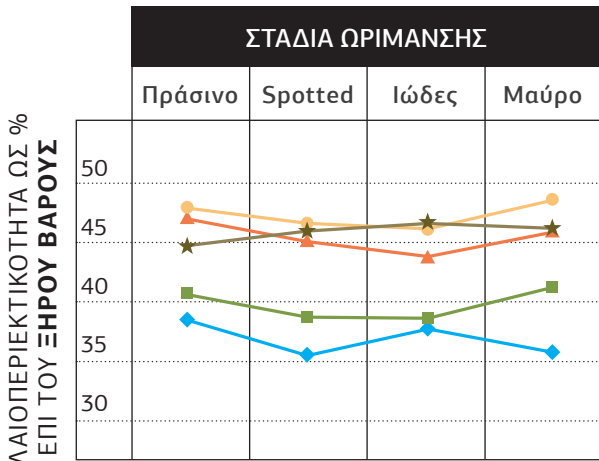
πετρελαϊκού αιθέρα), (Βλ. Κεφάλαιο 9.5.3). Για την ποσότητα η οποία η οποία μπορεί να παραληφθεί στο ελαιουργείο χρησιμοποιείται μειωτικός συντελεστής συνήθως 13-15%, αναλόγως του βαθμού ωριμότητας αλλά και του συντελεστή απόδοσης του decanter. Τέλος, Σημειώνεται ότι η τελική ποσότητα ελαιόλαδου που θα παραληφθεί εξαρτάται και από τον βαθμό γαλακτωματοποίησης ελαιολάδου - νερού, ο οποίος εξαρτάται από τις συνθήκες θραύσης και μάλαξης της ελαιοζύμης.

Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο Καθ. Απ. Κυριτσάκης στο βιβλίο Ελαιόλαδο, «...όταν ο ελαιόκαρπος έχει αρχίσει να αλλάζει χρώμα από πρασινοκίτρινο σε μελανοιώδες, τότε υπάρχει και η μεγαλύτερη περιεκτικότητα του καρπού σε έλαιο. Κατά την περίοδο αυτή παρατηρείται και η υψηλότερη συγκέντρωση των πτητικών συστατικών (αρωμάτων) στο ελαιόλαδο».⁶ Παρομοίως, οι Ισπανοί ερευνητές L. Rallo και J. Cuenas,⁷ αναφέρουν πως «τα στοιχεία των μελετών δείχνουν ότι η ποσότητα ελαιολάδου ανά ελαιόκαρπο φτάνει στη μέγιστη τιμή της περίπου κατά την αρχή της φάσης ωρίμανσης (σημ. συγγραφέα Χ.Δ.Ω. = 1,5). Στη συνέχεια, τυχόν διακυμάνσεις στην ελαιοπεριεκτικότητα οφείλονται κυρίως στις μεταβολές της περιεχόμενης υγρασίας στη σάρκα». Με όρους Χ.Δ.Ω., ο βέλτιστος χρόνος έναρξης συλλογής υπολογίζεται ότι κυμαίνεται μεταξύ 1,2 και 1,5,

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 8.2

Ολική περιεκτικότητα καρπών σε ελαιόλαδο (μετρημένη σε % ξ.β.), σε 4 φάσεις ωρίμανσης.

● Villalonga ▲ Verdial ■ Lechin ★ Blanqueta ◆ Arbequina



αναλόγως τη γενετικά καθορισμένη ταχύτητα μεταβολής χρώματος των καρπών κάθε ποικιλίας.

Οι Ισπανοί ερευνητές García, J.M. και Mancha, M. αναφέρουν ότι, σε καρπούς των ποικιλιών Picual και Gordal, 175 ημέρες μετά την πλήρη άνθηση (αρχές Νοεμβρίου), δεν κατέγραψαν καμία επιπλέον σύνθεση ελαιολάδου στους καρπούς. Είναι σημαντικό ότι όπως αναφέρουν "δεν επέρχεται επιπλέον σύνθεση ελαιολάδου στους καρπούς, αν παραμείνουν στο δέντρο και συλλεγούν αργότερα ώστε να αποκτήσουν πλήρως ιώδες χρώμα".²

Σε πολλές χώρες έχουν ολοκληρωθεί μελέτες για τη σχέση της ελαιοπεριεκτικότητας των καρπών με το χρώμα των φλοιών (εκφρασμένο σε Χ.Δ.Ω.) Στο διάγραμμα 8.2 εμφανίζεται η εξέλιξη της ελαιοπεριεκτικότητας 5 ισπανικών ποικιλιών, σε % ξηρό βάρος (ξ.β.), κατά τις 4 βασικές φάσεις χρωματικής αλλαγής των καρπών. Καμμία ποικιλία δεν κατέγραψε αύξηση της ελαιοπεριεκτικότητας, αφότου οι καρποί απέκτησαν πράσινο χρώμα, πριν την εμφάνιση στιγμάτων ιώδους χρώματος. (Χ.Δ.Π. = 1).⁸

Στη Ν. Ζηλανδία υπολογίστηκε η % ελαιοπεριεκτικότητα (επί νωπού και ξηρού βάρους καρπών), σε διάφορες ποικιλίες, κατά την εξέλιξη των 8 χρωματικών σταδίων του Χ.Δ.Ω. Σύμφωνα με τη μελέτη, η Κορωνέικη, όπως και οι υπόλοιπες ποικιλίες, δεν παρουσίασε αύξηση ελαιοπεριεκτικότητας μετά την ολοκλήρωση του σταδίου χρωματισμού 1, δηλαδή πριν το

χρώμα αρχίσει να γίνεται ιώδες.⁹

Στην κεντρική Ιταλία (Τοσκάνη), έγινε, σε 3 ιταλικές ποικιλίες (Frantoio, Leccino, Moraiolo), η καταγραφή των ημερών που απαιτούνται για την ολοκλήρωση της συγκέντρωσης ελαιολάδου στον καρπό, από την πλήρη ανθοφορία (Η.Π.Α.)¹⁰

Για την ποικιλία Leccino, η ελαιογένεση ολοκληρώθηκε εντός 140 ημερών μετά την Η.Π.Α., στην ποικιλία Frantoio εντός 145 ημερών και στην ποικιλία Moraiolo εντός 175 ημερών. Στην περιοχή της Τοσκάνης λόγω υψομέτρου και χαμηλών θερμοκρασιών, η Η.Π.Α. καταγράφεται συνήθως περί την 20ή Μαΐου, οπότε τα διαστήματα 140, 145, 175 ημερών περιλαμβάνονται στην περίοδο από μέσα Οκτωβρίου μέχρι μέσα Νοεμβρίου, αναλόγως την ποικιλία.

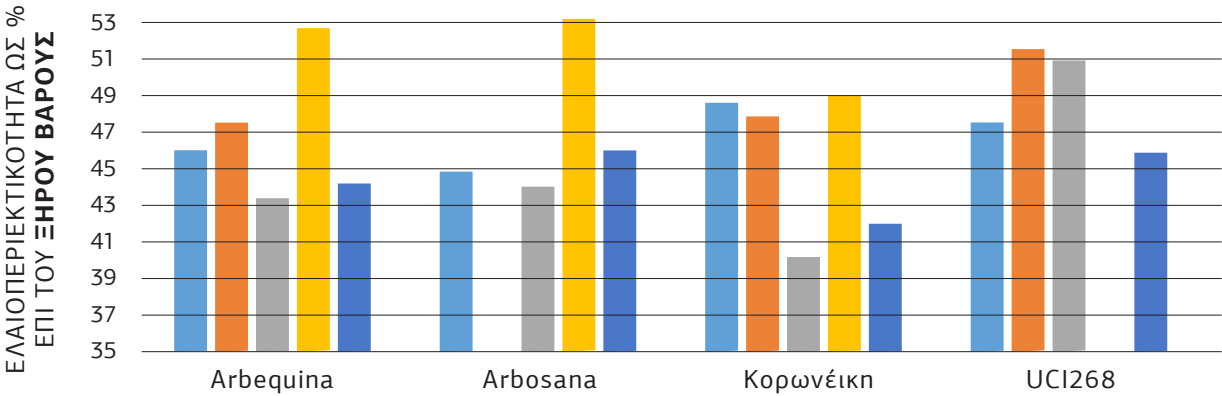
8.3.1 | ΤΕΣΣΕΡΙΣ ΙΣΠΑΝΙΚΕΣ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ, ΥΠΕΡΠΥΚΝΗ ΦΥΤΕΥΣΗ ΣΤΗΝ ΙΣΠΑΝΙΑ (ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ IFAPA)

Συγκριτική μελέτη από το ερευνητικό ινστιτούτο IFAPA στην Ισπανία, μεταξύ 4 ποικιλιών (Κορωνέικη, Arbequina, Arbosana, UCI 268), σε 5 διαφορετικές περιοχές στη νοτιοδυτική Ισπανία (Ανδαλουσία), σε διάταξη υπέρπυκνης φύτευσης, έδωσε χρήσιμα συμπεράσματα για τις διαφορές που σημειώθηκαν στην ελαιοπεριεκτικότητα των καρπών μεταξύ των διαφορετικών περιοχών, και τη συσχέτισή της με το χρώμα των

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 8.3

Ελαιοπεριεκτικότητα σε ξηρό βάρος, τεσσάρων ποικιλιών, σε πέντε διαφορετικές περιοχές, Ισπανία ¹¹

ΠΕΡΙΟΧΗ: ■ Antequera ■ Baena ■ Huelva ■ Tabernas ■ Ubeda



9. Εκτίμηση του κατάλληλου χρόνου συλλογής των καρπών

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. Κεφάλαιο Χρωματικός Δείκτης 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 συγγέντρωση ελαιολάδου και η αλλαγή χρώματος είναι δύο ανεξάρτητες φυσιολογικές διεργασίες, που δεν εξελίσσονται με τον ίδιο ρυθμό μεταβολής. Χαρακτηριστικά, η ένταση της καρποφορίας επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό τη μεταβολή του χρώματος 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 η 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 λόγω της δράσης υδρολυτικών ενζύμων, τα οποία αποδομούν σταδιακά τα φυτικά κύτταρα. Η σκληρότητα της σάρκας

εκτιμάται με την αντίσταση που προβάλλει σε διάτρηση και αποτελεί έναν αξιόπιστο δείκτη για την ωρίμανση των καρπών.

Με φορητό πενετρόμετρο (Εικόνα 9.1), γίνεται μέτρηση της δύναμης που απαιτείται (σε μονάδες Newton, 1 Newton = 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.: 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.

ΕΙΚΟΝΑ 9.1

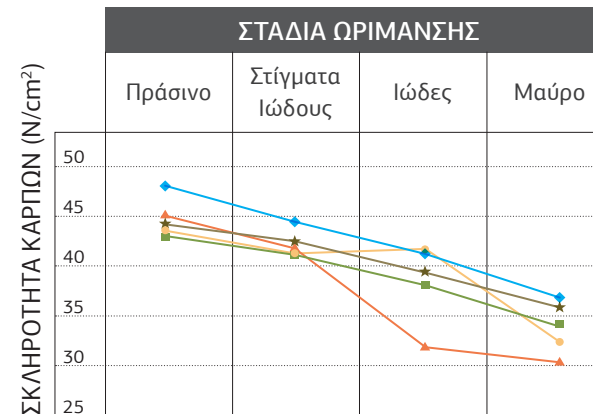
Πενετρόμετρο ALIYIQI Instruments



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 9.1

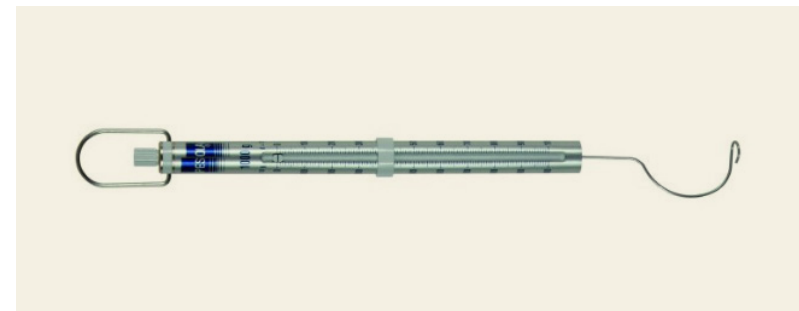
Μεταβολή σκληρότητας καρπών, 5 Ισπανικές ποικιλίες, 4 στάδια ωρίμανσης ¹

● Villalonga ▲ Verdial ■ Lechin
★ Blanqueta ◆ Arbequina



Οι μετρήσεις επαναλαμβάνονται άλλη μία φορά με την ίδια διαδικασία. Η αξιοποίηση των μετρήσεων γίνεται με συσχετισμό της επιφανειακής σκληρότητας με την ελαιοπεριεκτικότητα των καρπών, αποτελώντας έναν αξιόπιστο δείκτη για να αποφασιστεί η συλλογή των καρπών. Όταν επιδιώκεται η παραγωγή ελαιολάδου με υψηλά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά από πρασινοκίτρινους καρπούς, η επιφανειακή σκληρότητα των καρπών συνήθως έχει κατά μ.ό. τιμές μεγαλύτερες των 400 gr/mm² (40 Newton/cm²).

ΕΙΚΟΝΑ 9.2 Δυναμόμετρο για ελιές, 1.000 gr / ανά 10 cm, Pesola Switzerland



ΕΙΚΟΝΑ 9.3 Χρήση δυναμόμετρου σε καρπό ελιάς



Πηγή: Φωτογραφικό αρχείο Βασ. Φραντζολά

9.3 | Δύναμη αποκοπής του καρπού

Εφόσον γίνεται χρήση μηχανικών μέσων (π.χ. ελαιοραβδιστικά), η έναρξη συλλογής των καρπών, πέραν των άλλων κριτηρίων που μπορεί να έχουν ληφθεί υπόψη (π.χ. χρώμα καρπών), εξαρτάται από τον βαθμό ευκολίας αποκοπής των καρπών από το δέντρο, δηλαδή από τη δύναμη που απαιτείται για να αποκοπεί ο καρπός από τον μίσχο, η οποία μετρείται με το δυναμόμετρο. Η δύναμη ονομάζεται Δύναμη Αποκοπής (Δ.Α.) και εκφράζεται σε gr βάρους ή N (1 N = περ. 100 gr). Η τιμή της Δ.Α. κατά τη φάση της ωριμότητας (πράσινης ωρίμανσης), όταν Χ.Δ.Ω. = 0 ή 1, φτάνει έως και 1.000 gr (10 N), ενώ κατά τη διάρκεια της μύρης ωρίμανσης (Χ.Δ.Ω. = 5-6) μειώνεται έως 150-200 gr, αναλόγως την ποικιλία. Η μέτρηση της δύναμης αποκοπής είναι απαραίτητη όταν η συλλογή των καρπών γίνεται με «δοντές κορμού». Για τον υπολογισμό της ακολουθείται παρόμοια διαδικασία με τον Χ.Δ.Ω.: Λαμβάνεται τυχαίο δείγμα 100 καρπών από διάφορα σημεία της κόμης, ακολουθεί εξαγωγή αριθμητικού μέσου όρου δείγματος, επανάληψη των μετρήσεων κ.λπ. (βλέπε σχετική παράγραφο παραπάνω).

Τα δυναμόμετρα που χρησιμοποιούνται έχουν ως βασικό μηχανισμό ένα ελατήριο, με κλίμακα από 0,1 έως 10 N (10-1.000 gr).

Κατά τη μέτρηση, ο μίσχος και ο άξονας του καρπού πρέπει να βρίσκονται στην ίδια ευθεία με τον άξονα του δυναμόμετρου, ώστε να μην ασκείται και πλάγια, «διατμητική» δύναμη στον μίσχο. Για τον σκοπό

χιστη οικονομικά συμφέρουσα επιφάνεια μειώνεται στα 50-60 στρέμματα.

Η δόνηση του κορμού συνήθως είναι αποτελεσματικότερη σε επαναλαμβανόμενα διαστήματα δονήσεων των 4-7", επί 3-4 φορές. Είναι δυνατόν, αναλόγως την ποικιλία –κυρίως σε «δύσκολες» μικρόκαρπες–, η δόνηση στον κορμό να είναι συνεχής, διάρκειας 10-15", ώστε να επιφέρει κόπωση στον μίσχο και να αποκόβει τον καρπό. Απαιτείται όμως προσοχή, καθώςον παρατεταμένη, συνεχής δόνηση υπάρχει κίνδυνος να προκαλέσει βλάβες στο ριζικό σύστημα νεαρών δέντρων ηλικίας 10-15 ετών, αν το έδαφος δεν παρουσιάζει καλή συνεκτικότητα και το ριζικό σύστημα είναι σχετικά επιφανειακό.

Η μετάδοση της δόνησης στον καρπό είναι συνήθως περιστροφική –αριστερόστροφη ή δεξιόστροφη–, ενώ η διαδοχική εφαρμογή και των δύο τύπων δόνησης αυξάνει το ποσοστό πτώσης καρπών.

10.4 | Συλλογή καρπών μικρόκαρπων ποικιλιών με δονητή κορμού

Στην παραγωγή αγουρελαίου συγκεκριμένων προδι-αγραφών, από μικρόκαρπες ποικιλίες οι οποίες απαιτούν μεγάλη δύναμη αποκοπής (π.χ. 600 gr), τα μηχανήματα δόνησης κορμού επιτυγχάνουν κατά τον μήνα Οκτώβριο χαμηλά ποσοστά αποκοπτόμενων καρπών (40-60%).

Οι δυνατές μεθοδοι χρήσεως του δονητικού μηχανήματος έχουν ως εξής:

A. Η διαδικασία συλλογής γίνεται σε δύο διαφορετικές περιόδους. Στην πρώτη (συνήθως Οκτώβριος), συλλέγεται το 30-60% της συνολικής καρποφορίας. Μετά την παρέλευση 5-7 εβδομάδων, ακολουθεί η δεύτερη φάση συλλογής, όπου παράγεται ελαιόλαδο από ώριμους καρπούς, με διαφορετικά, οργανοληπτικά και χημικά χαρακτηριστικά. Κατά τη δεύτερη φάση είναι πιθανόν, αναλόγως τις κλιματικές συνθήκες, να έχει μεσολαβήσει προσβολή των καρπών από δάκο ή άλλες ασθένειες.

B. Το μηχανήμα δόνησης κορμού με ομπρέλα συνοδεύεται από συνεργείο 2-4 ατόμων, αναλόγως του

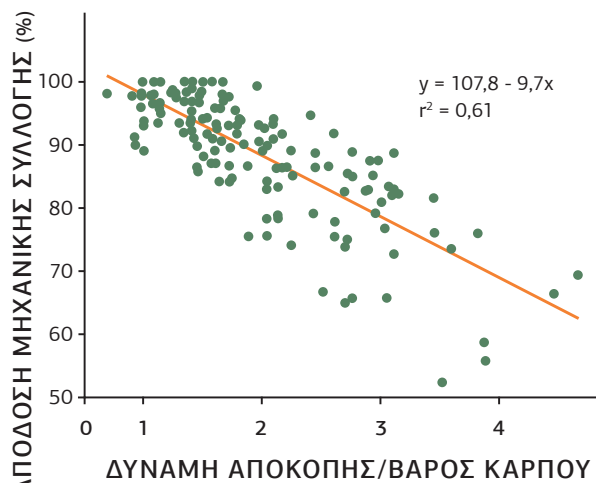
όγκου της κόμης, με ηλεκτρικά ελαιοραβδιστικά, τα οποία λειτουργούν παράλληλα με το δονητικό μηχανήμα, έως ότου συλλεχθεί το 85-95% των καρπών.

10.5 | Απόδοση μηχανήματος και δείκτης αποκοπής καρπών (Δ.Α.Κ.)

Η απόδοση των μηχανημάτων δόνησης κορμού έχει άμεση σχέση με τον δείκτη αποκοπής καρπών (Δ.Α.Κ.) (βλ. Κεφ. 9.4), αφού, με την εξέλιξη της ωρίμανσης των καρπών, η τιμή του Δ.Α.Κ. μειώνεται, με αποτέλεσμα αυξημένη παραγωγικότητα για το μηχανήμα, μετρούμενη ως ποσοστό των συλλεγόμενων καρπών προς το σύνολο των καρπών επί του δέντρου. Στο Πανεπιστήμιο της Περούτζια (Ιταλία), αξιολογήθηκαν 10 διαφορετικές ποικιλίες, δέντρων ηλικίας 20 ετών, φυτεμένων σε πυκνή διάταξη 5 × 5 m, με όγκο κόμης 7-40 m³. Όπως φαίνεται και από το παρακάτω διάγραμμα 10.1, μια απόδοση άνω του 85% –οριακό, οικονομικά αποδεκτό, ποσοστό συλλογής καρπών– βρέθηκε ότι επιτυγχάνεται όταν ο Δ.Α.Κ. είναι μικρότερος από 2,3, ενώ αν υπερβαίνει το 2,3 και πλησιάζει το 3, το ποσοστό συλλογής καρπών μειώνεται σε 75-78%.⁹

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 10.1

Γραμμική σχέση μεταξύ απόδοσης (% αποκοπτόμενων καρπών) μηχανήματος δόνησης κορμού και Δ.Α.Κ.



10.8 | Μηχανήματα δόνησης φυλλωμάτων (μηχανική κτένα)

Τα μηχανήματα δόνησης κορμού χρησιμοποιούνται σε δέντρα με διάμετρο κορμού μικρότερη των 30-35 cm και ηλικία συνήθως μικρότερη των 40 ετών. Σε δέντρα μεγαλύτερης ηλικίας (40-100 ετών), τα οποία έχουν συνήθως ύψος μεγαλύτερο των 6 m και όγκο 60-100 m³, χρησιμοποιούνται μηχανικές κτένες. Αυτές αποτελούνται από περιστρεφόμενο κύλινδρο, ο οποίος φέρει εγκάρσια, σε όλη του την επιφάνεια, εύκαμπτες πλαστικές ακτίνες. Η μηχανική κτένα τοποθετούμενη σε τρακτέρ ή άλλο μηχανήμα, έχει ευελιξία κινήσεων σε όλη την περίμετρο της κόμης, λόγω του μηχανισμού υδραυλικής κίνησης τριών διευθύνσεων.

Αναφέρεται ότι ένα σχετικό μειονέκτημα του συστήματος (προσωπικές πληροφορίες) αποτελεί η αποκοπή σημαντικού αριθμού ευαίσθητων βλαστήσεων, οι οποίες θα απέδιδαν καρπούς το επόμενο έτος. Πλεονέκτημα της μηχανικής κτένας είναι η μεγάλη απόδοση στη συλλογή καρπών, η οποία κυμαίνεται άνω του 95% ακόμη και σε δύσκολες ποικιλίες, όπως η Κορωνέικη ή η Moraiolo (Ιταλία), με δύναμη συγκράτησης καρπού 6N (600 gr) και βάρος καρπού 1-1,5 gr. Αν παράλληλα με τη μηχανική κτένα δεν χρησιμοποιηθεί μηχανήμα με ανεστραμμένη ομπρέλα για τη συλλογή των αποκοπτόμενων καρπών, απαιτείται πρόσθετα η συμμετοχή συνεργείου 4-6 ατόμων, αναλόγως το μέγεθος κόμης, το κόστος των οποίων αντισταθμίζεται από την απουσία ομπρέλας.

Επειδή η μηχανική κτένα πρέπει να δονήσει όλη την περίμετρο της κόμης, ασχέτως της ποσότητας καρπών επί του δέντρου, το κόστος συλλογής συνδέεται περισσότερο με τον όγκο της κόμης παρά με την ποσότητα των καρπών επί του δέντρου. Η μέθοδος της κτένας υστερεί σημαντικά από άποψη παραγωγικότητας (8-10 δέντρα ανά ώρα) εν συγκρίσει με τα μηχανήματα δόνησης του κορμού (20-30 δέντρα ανά ώρα), αλλά αποτελεί βιώσιμη λύση για ψηλά δέντρα (7-8 m) τα οποία έχουν αναπτύξει μεγάλη κόμη (50-100 m³).

Το μηχανήμα τύπου κτένας ακολουθεί συνήθως δύο εκδοχές «στισιμάτος», ανάλογα με το ύψος των δέντρων, σε παραδοσιακό ελαιώνα με ελαιόπανα επί του εδάφους. Κατά την πρώτη, το μηχανήμα κάνει αρχικά μία στάση από την οποία έχει δυνατότητα προσέγγισης 3 ή και 4 δέντρων γύρω από το δέντρο, ενώ

ταυτόχρονα 3 ή 4 εργάτες είτε δονούν τα κλαδιά κτυπώντας με μακριά ξύλινα κοντάρια είτε χρησιμοποιούν ηλεκτρικά ελαιοραβδιστικά, έως ότου συλλεγούν οι καρποί. Ακολουθούν διαδοχικές στάσεις περιμετρικά των δέντρων. Κατά τη δεύτερη, σε δέντρα ύψους έως 4,5 m, το μηχανήμα κάνει μία στάση για ένα ή δύο δέντρα και αλλάζει θέση όταν 2-3 εργάτες ολοκληρώσουν τη συλλογή με ηλεκτροκίνητα ελαιοραβδιστικά.¹⁴

ΕΙΚΟΝΑ 10.13

Μηχανική κτένα Oli-Picker, MipeViviani, Monteriggioni, SI, Italy.



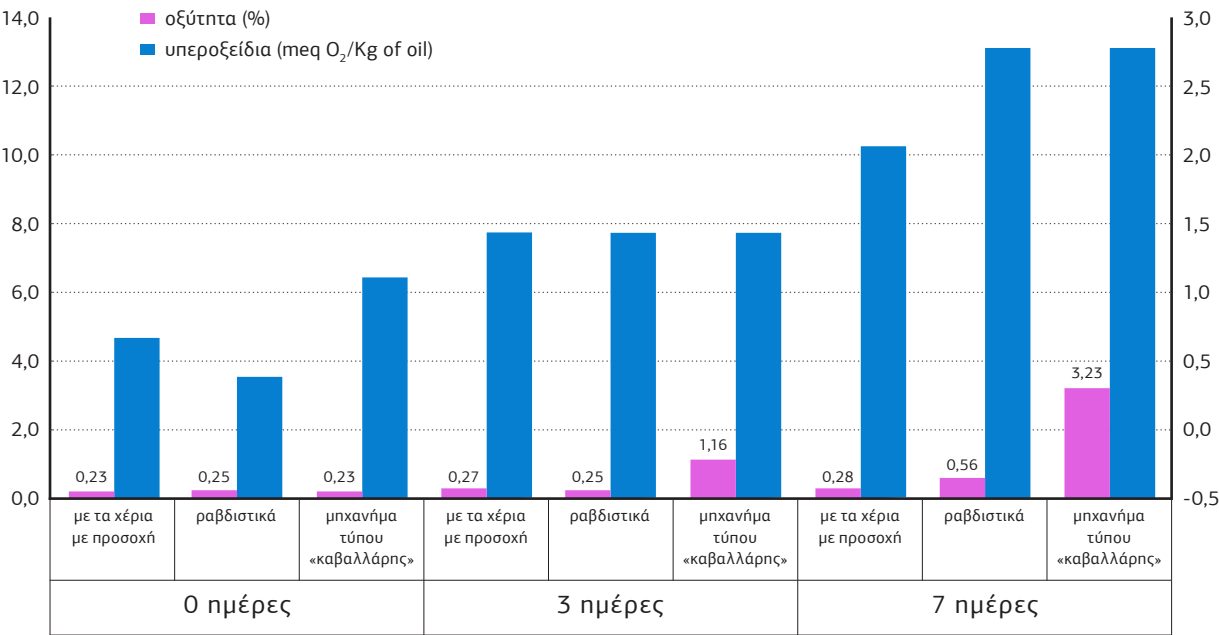
ΕΙΚΟΝΑ 10.14

Συλλογή καρπών με μηχανική κτένα, υποβοηθούμενη από 2 άτομα με ελαιοραβδιστικά.¹⁴



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 11.1

Μεταβολή χημικών ποιοτικών χαρακτηριστικών στο ελαιόλαδο, ανάλογα με τον χρόνο αναμονής των καρπών και τη μέθοδο συλλογής ⁷



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 απαραίματος κανόνας για την παραγωγή ποιοτικού ελαιολάδου..

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

Σε πενταετή μελέτη στην Ιταλία,³ 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 Διάγραμμα 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 οποία αποδομούν σταδιακά τα φυτικά κύτταρα, επιφέρο-

ντας «μαλάκωμα» της σάρκας, ενώ εξωτερικά οι καρποί αποκτούν μαύρο χρώμα οφειλόμενο είτε σε τοπική οξείδωση των φαινολών είτε σε υποβάθμιση της χλωροφύλλης λόγω ενεργοποίησης του ενζύμου χλωροφυλλάση.⁸

11.3.1 | ΠΑΡΑΜΟΝΗ ΤΩΝ ΚΑΡΠΩΝ ΣΕ ΨΥΞΗ ΜΕΧΡΙ ΤΗΝ ΕΛΑΙΟΠΟΙΗΣΗ

Κατά τον μήνα Οκτώβριο, λόγω αλλαγής των κλιματικών συνθηκών, συνήθως επικρατούν πλέον ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες (άνω των 20-25°C), με αποτέλεσμα η ελαιοποίηση να ξεκινά από μη αποδεκτές, υψηλές θερμοκρασίες. Οι λύσεις που συνήθως προκρίνονται, αναλόγως τις συνθήκες, είναι οι εξής:

A. Τοποθέτηση των καρπών σε μικρά διάτρητα πλαστικά κιβώτια και παραμονή όλο το βράδυ, σε καλά αεριζόμενο χώρο, με στόχο τη μείωση της θερμοκρασίας, μέχρι την ελαιοποίηση νωρίς το πρωί την επόμενη ημέρα.

B. Σε υπέρπυκνες φυτεύσεις, η συλλογή των καρπών γίνεται κατά τις βραδινές ώρες, με την προϋπόθεση ότι υπάρχει δυνατότητα νυχτερινής ελαιοποίησης.

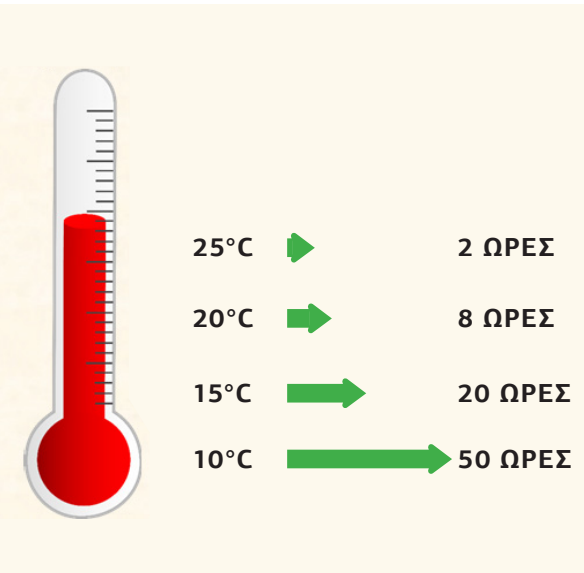
Γ. Διατήρηση των καρπών σε ψυχόμενους θαλάμους.

Με την επικράτηση χαμηλών θερμοκρασιών στον χώρο παραμονής των καρπών επέρχεται μείωση όλων των μεταβολικών διαδικασιών στους καρπούς που παρατηρούνται μετά την αποκοπή τους.⁸ Οι καρποί, γενικότερα, εάν εκτεθούν σε θερμοκρασίες χαμηλότερες του σημείου πήξης τους, υφίστανται βλάβες οι οποίες αποκαλούνται τραύματα ψύχους. Οι βλάβες ξεκινούν με την αλλαγή του χρώματος σάρκας σε καφέ, κοντά στον πυρήνα και με σταδιακή εξάπλωση μέχρι τον φλοιό. Για τους καρπούς της ελιάς κρίσιμη θερμοκρασία θεωρείται η περιοχή των 5°C.

Ουσιαστικά, με την παραμονή των καρπών σε ψυχόμενους χώρους, μειώνεται η λειτουργία διαπνοής τους, εξαιτίας της οποίας επέρχεται γήρανση, απώλεια υγρασίας και μείωση της διατροφικής τους αξίας.⁸ Σημαντική είναι επίσης η επίδραση των χαμηλών θερμοκρασιών συντήρησης στη μείωση της δράσης των παθογόνων, η έντονη δράση των οποίων αναπτύσσεται μετά τη συλλογή. Μετά από πολλές πειραματι-

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 11.2

Ανώτατος ασφαλής χρόνος παραμονής των καρπών πριν την ελαιοποίηση ³



κές μελέτες, βρέθηκε ότι, για τη διατήρηση καρπών ελιάς χωρίς αρνητικές επιπτώσεις, για ελαιοποίηση ή και για βρώσιμες ποικιλίες (π.χ. Κονσερβολιά Πηλίου, Χονδρολιά Χαλκιδικής), επί χρονικό διάστημα μερικών εβδομάδων, αρκεί η συντήρηση σε χώρο με καλή κυκλοφορία του αέρα, σε 5°C, χωρίς να απαιτείται έλεγχος της ατμόσφαιρας, π.χ.με αύξηση του CO₂.⁹ Η θερμοκρασία των 5°C πρέπει να διατηρείται, κατά το δυνατόν, επακριβώς στον χώρο συντήρησης.

Η αποθήκευση των καρπών πρέπει να γίνεται σε μικρά πλαστικά διάτρητα κιβώτια, τα οποία εξασφαλίζουν γρήγορη πτώση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό τους. Απαγορεύεται η χρήση μεγάλων διάτρητων κιβωτίων, χωρητικότητας π.χ. 400 kg, καθόσον η μείωση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό τους καθυστερεί σημαντικά. Η σημασία της συνεχούς διατήρησης θερμοκρασίας στους 5°C διαφαίνεται από το γεγονός ότι αν, π.χ. για τη βρώσιμη ποικιλία Χονδρολιά, η θερμοκρασία στον θάλαμο συντήρησης αυξηθεί από 5°C σε 7,5°C, οι καρποί συντηρούνται σε αποδεκτή κατάσταση αρκετά λιγότερες ημέρες (από 37 σε 22), παρά την παράλληλη προσθήκη CO₂ στον χώρο.⁹

ΕΙΚΟΝΑ 12.7

Έξοδος των καρπών από την λεκάνη πλυσίματος.



Πηγή: Φωτογραφικό αρχείο Βασ. Φραντζολά

ΕΙΚΟΝΑ 12.8

Τελική φάση πλυσίματος καρπών με σπρέι καταιονισμού.



Πηγή: Φωτογραφικό αρχείο Βασ. Φραντζολά

12.2 | Το πλύσιμο των καρπών

12.2.1 | Η ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΤΟ ΠΛΥΣΙΜΟ ΤΩΝ ΚΑΡΠΩΝ

Παλαιότερα (κυρίως στην Ισπανία), εφόσον οι καρποί είχαν συλλεγεί σε ελαιόδισχα, χωρίς επαφή με το έδαφος, συνήθως δεν γινόταν πλύση των καρπών πριν την επεξεργασία τους. Η πλύση των καρπών, πέραν των θετικών, περιέχει ένα αρνητικό σημείο, την όχι αμελητέα αύξηση (κατά 3 - 5%) της υγρασίας στον μαλακτήρα, η οποία αυξάνει τη γαλακτωματοποίηση και τη σχετική απώλεια ελαιολάδου. Άλλη αναφερόμενη αιτία αποφυγής του πλυσίματος είναι ότι οι φυσικές ζύμες οι οποίες υπάρχουν στον φλοιό των καρπών μπορεί να συμβάλουν στην ενίσχυση της αίσθησης

του φρουτώδους. Ο φλοιός έχει εξωτερικά πολλές ζύμες και ένζυμα, τα οποία θα μπορούσαν πιθανόν να συμβάλουν στην αύξηση του φρουτώδους, αλλά υπάρχει ο κίνδυνος να προκαλέσουν ζυμώσεις με τα σάκχαρα του καρπού δημιουργώντας ανεπιθύμητες αλκοόλες, υπεύθυνες για το ελάττωμα του οινώδους, ή οξώδους.¹ Το πλύσιμο των καρπών με καθαρό, πόσιμο νερό μειώνει την ανάπτυξη παρόμοιων ανεπιθύμητων φαινομένων.

12.2.2 | ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΛΥΣΙΜΑΤΟΣ

Μετά την αποφύλλωση, οι καρποί προωθούνται με μεταφορική ταινία στο πλυντήριο. Η διαδικασία ξεκινά με τη βύθιση των καρπών σε οριζόντια, ανοξείδωτη, μικρού βάθους δεξαμενή, στην οποία διοχε-

ΠΙΝΑΚΑΣ 12.1

Μικροβιακή επιβάρυνση του νερού πλυσίματος των καρπών ² (μονάδες σε cfu/g)

ΤΥΠΟΣ ΝΕΡΟΥ	ΨΕΥΔΟΜΟΝΑΔΕΣ	ΕΝΤΕΡΟΒΑΚΤΗΡΙΑ	ΓΑΛΑΚΤΙΚΑ ΒΑΚΤΗΡΙΑ	ΜΥΚΗΤΕΣ
ΑΠΟΣΤΑΓΜΕΝΟ	<30	<30	795	2880
ΝΕΡΟ ΠΛΥΝΤΗΡΙΟΥ	9825	40725	50325	104250

τεύεται αέρας για την προώθηση των καρπών και για τον αποτελεσματικότερο καθαρισμό τους από σκόνη, χώμα κτλ. Το νερό που χρησιμοποιείται είναι ανακυκλούμενο, τροφοδοτούμενο από δεξαμενή χωρητικότητας συνήθως 1 m³, και πρέπει να ανανεώνεται συχνά κατά τη διάρκεια της ημέρας. Για τη διατήρηση της απρόσκοπτης, συνεχούς λειτουργίας, τοποθετείται εφεδρική δεξαμενή, η οποία ενεργοποιείται όταν κρίνεται ότι πρέπει να γίνει αλλαγή του νερού.

Η τελευταία φάση του πλυσίματος των καρπών είναι ο καταιονισμός. Πριν πέσουν οι καρποί στη χοάνη αποστράγγισης, στο τέλος της διαδρομής πλύσης, δέχονται καταιονισμό με καθαρό νερό, εκτοξευόμενο από μία ή και δύο σειρές κατάλληλων μικρών εκτοξευστήρων νερού (σπρέι, τζετ).

Τα σταγονίδια νερού που παραμένουν στον φλοιό των καρπών εντείνουν το φαινόμενο της γαλακτωματοποίησης, το οποίο ξεκινά από τον σπαστήρα, ενώ παράλληλα προκαλείται ελαφρά μείωση των φαινολών, λόγω αύξησης του νερού στον μαλακτήρα. Για την απομάκρυνση των σταγονιδίων νερού από τους καρπούς χρησιμοποιείται, στο τέλος της διαδρομής πλύσης, ισχυρός φουσητήρας εγκατεστημένος σε χοάνη, ο οποίος απομακρύνει τα σταγονίδια νερού.

12.2.3 | ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΑΝΑΚΥΚΛΟΥΜΕΝΟΥ ΑΚΑΘΑΡΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Αν το νερό για το πλύσιμο των καρπών δεν ανανεώνεται συχνά (ανά 2-3 ώρες, αναλόγως), αλλά π.χ. κάθε 24 ώρες, παρατηρείται ανάπτυξη εξαιρετικά μεγάλου φορτίου παθογόνων, από γαλακτικά και εντερικά βακτήρια, μύκητες και ψευδομονάδες, τμήμα των οποίων μεταφέρεται εν συνεχεία στην ελαιοζύμη, προκαλώντας ανεπιθύμητες ζυμώσεις και οξειδώσεις στα φαινολικά συστατικά.

Οι μικροοργανισμοί που βρίσκονται στο ανακυκλούμενο ακάθαρτο νερό μπορεί να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στα χαρακτηριστικά του ελαιολάδου, χειρότερες από τις αντίστοιχες λόγω μάλαξης ή ακατάλληλων θερμοκρασιών.

Επίσης, το ακάθαρτο ανακυκλούμενο νερό περιέχει συχνά ιόντα Fe (σιδήρου) και Cu (χαλκού), τα οποία είναι ισχυροί οξειδωτικοί παράγοντες, συμβάλλοντας σε αυξημένο κίνδυνο οξείδωσης του ελαιολάδου.

Για την αντιμετώπιση των παραπάνω, γίνεται στο ελαιοτριβείο χρήση μικρών καταιονιστήρων (σπρέι)

με καθαρό, πόσιμο νερό, οι οποίοι τοποθετούνται στο τέλος της διαδρομής πλύσης των καρπών, μειώνοντας σε μεγάλο βαθμό τον κίνδυνο ανάπτυξης οργανοληπτικών ελαττωμάτων.³

Από συγκριτική μελέτη στην Ισπανία² με ελαιόλαδο το οποίο παρήχθη από ελιές πλυμένες με ανακυκλούμενο νερό ελαιοτριβείου, στους 27°C και στους 35°C, με μάλαξη διάρκειας 30΄ και 60΄, έναντι ελαιολάδου από ελιές πλυμένες με αποσταγμένο νερό, βρέθηκαν τα εξής αποτελέσματα:

- A. Μείωση φαινολικών στοιχείων, με τις απώλειες να αφορούν κυρίως την υδροξυτυροσόλη και το άγλυκο της ελευρωπαϊνης, σε ποσοστά 10 - 15%, με αποτέλεσμα τη μείωση της αίσθησης του πικρού.²
- B. Μείωση της χλωροφύλλης κατά 60% και της φαιοφυτίνης κατά 30%, με αποτέλεσμα την απώλεια πράσινης και κίτρινης απόχρωσης του ελαιολάδου.
- Γ. Σχετική πτώση των πτητικών ουσιών της κατηγορίας C5 (αλδεΐδες και αλκοόλες), ενώ αντιθέτως οι πτητικές ουσίες κατηγορίας C6 (αλδεΐδες, τυροσόλη και φλαβονοειδή) κατέγραψαν υψηλότερες τιμές.

Συμπερασματικά, η χρήση ανακυκλούμενου νερού κατά το πλύσιμο των καρπών, ανάλογα με το μέγεθος του μικροβιακού του φορτίου, επιφέρει σημαντικές μειώσεις σε κρίσιμα ποιοτικά στοιχεία του ελαιολάδου, φαινόλες και πτητικές ενώσεις.

13. Τα ένζυμα στον καρπό

Στον καρπό 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 ελαιόλαδο, 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, αποτελώντας οδηγό για τη βελτιστοποίηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του ελαιολάδου.

13.1 | Γενικά

Τα ένζυμα του ελαιοκάρπου συναντώνται σε όλα τα τμήματά του, φλοιό, σάρκα, πυρήνα και σπόρο, διαφοροποιούμενα με την ποικιλία και τον βαθμό ωριμότητας των καρπών.¹ Από τη δράση τους επιτελούνται πολύπλοκες μεταβολικές διεργασίες, που επηρεάζουν ποσοτικά, οργανοληπτικά και διατροφικά το παραγόμενο ελαιόλαδο. 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% ελαιόλαδο και 30% διάφορους υδατάνθρακες (πηκτίνες, κυτταρίνες), οργανικά οξέα, χρωστικές ουσίες, φαινολικά συστατικά και μέταλλα.² 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:

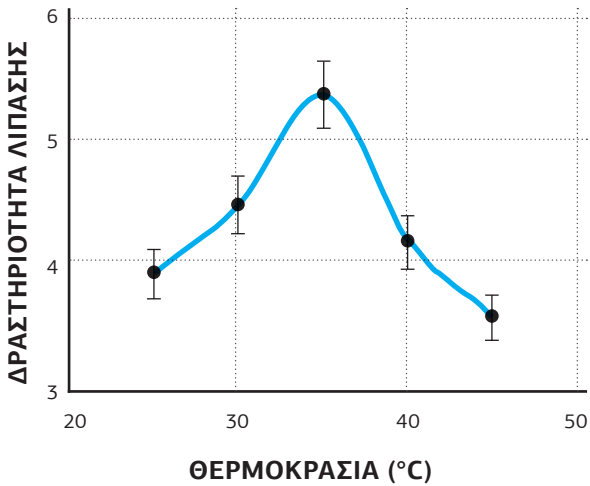
- Α. ένζυμα αποδόμησης φυτικών κυττάρων και δημιουργίας οξύτητας** (πηκτινάσες και λιπάσες),
- Β. τα ένζυμα δημιουργίας πτητικών ενώσεων** (μονοπάτι λιποξυγενάσης LOX) και
- Γ. τα ένζυμα δημιουργίας και οξείδωσης φαινολικών συστατικών** (β-γλυκοσιδάσες, υπεροξειδάσες POD και πολυφαινολοξειδάσες PPO).³

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.³ Η δράση τους κορυφώνεται όταν αρχίζουν να δημιουργούνται οι ανθοκυανίνες, δηλαδή όταν αρχίζει η αλλαγή χρώματος στον φλοιό

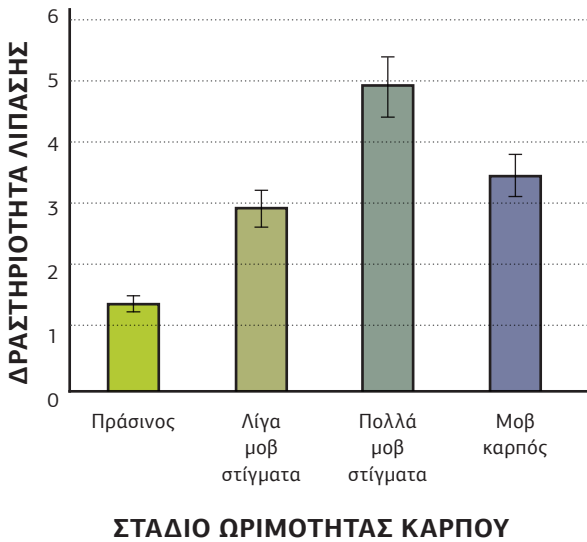
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 13.1

Η δραστηριότητα των ενζύμων λιπάσες στην σάρκα των καρπών, ως προς τη θερμοκρασία ⁸



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 13.2

Η εξέλιξη της δράσης των ενζύμων λιπάσες στον καρπό, ως προς την εξέλιξη της ωρίμανσης ⁸



των καρπών από κιτρινοπράσινο σε ιώδες. Η αποδομτική δράση των ενζύμων οδηγεί στην απελευθέρωση τριγλυκεριδίων που βρίσκονται στα φυτικά κύτταρα, κάτι που έχει αποτέλεσμα, με την πάροδο του χρόνου, να παρουσιάζεται μεγαλύτερο ποσοστό εξαγωγής ελαιολάδου κατά την ελαιοποίηση.³

13.3 | Λιπάσες

Οι λιπάσες είναι ενδογενή ένζυμα τα οποία δημιουργούν την οξύτητα κυρίως στον καρπό και δευτερευόντως στο ελαιόλαδο, λόγω της υδρολυτικής τους δράσης στα τριγλυκερίδια, όπου αποσπούν τμήματα από το τέλος της ανθρακικής αλυσίδας. Με τον τρόπο αυτό δημιουργούνται νέα, μικρότερα μόρια, τα ελεύθερα λιπαρά οξέα. Το % βάρος σε γραμμάρια των δημιουργούμενων ελεύθερων λιπαρών οξέων σε 1 κιλό ελαιολάδου χαρακτηρίζεται ως οξύτητα. Οι λιπάσες αρχίζουν να δραστηριοποιούνται στον καρπό με την αρχή της ωρίμανσής του.⁴ Όταν οι λιπάσες έχουν δράσει ως υδρολυτικά ένζυμα, τα ελεύθερα λιπαρά οξέα δημιουργούν την απαραίτητη οδό δράσης για τα ένζυμα του μονοπατιού της λιποξυγενάσης (LOX), με αποτέλεσμα τον σχηματισμό υδροϋπεροξειδίων.⁵ Ομοίως,

οι Kiritsakis A. *et al* αναφέρουν ότι οι λιπάσες πιθανόν ξεκινούν την υδρολυτική τους δράση στα τριγλυκερίδια όταν οι καρποί αρχίζουν να ωριμάζουν στο δέντρο ή όταν τραυματίζονται και παραμένουν σε αναμονή για ελαιοποίηση.⁶

Σύμφωνα με μελέτη των Panzanaro S. *et al*.⁸ έχει βρεθεί ότι τα ένζυμα λιπάσες έχουν υδρολυτική δραστηριότητα ευρισκόμενα ακόμη στη σάρκα του καρπού, σύμφωνα με μελέτη των Panzanaro S. *et al*.¹⁰ Είναι γενικότερα γνωστό ότι η αύξηση της θερμοκρασίας ευνοεί τη δράση των ενζύμων, ενώ για τις λιπάσες βρέθηκε ότι αναπτύσσουν τη μέγιστη δραστηριότητά τους στους 35°C. Σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες η δράση των ενζύμων μειώνεται σημαντικά.

Κατά τη μάλαξη, η δράση και των δύο διασπαστικών ενζύμων του καρπού, πηκτινάσης και λιπάσης, ενισχύεται με αύξηση της θερμοκρασίας ελαιοζύμης στους 35°C, οπότε, σε συνδυασμό και με αύξηση του χρόνου μάλαξης, παρατηρείται ελαφρά (2-3%) αύξηση της εξαγόμενης ποσότητας ελαιολάδου, το οποίο όμως εμφανίζει μειωμένη ποιότητα, κυρίως λόγω οξείδωσης των λιπαρών οξέων αλλά και των φαινολικών συστατικών από την επαφή τους με τον αέρα.

Σύμφωνα με την ίδια μελέτη,⁷ τα λιπολυτικά ένζυμα στη σάρκα του καρπού αναπτύσσουν τη μεγα-

14. Μεταβολές φαινολικών συστατικών κατά τις φάσεις ελαιοποίησης

Τα φαινολικά συστατικά του καρπού κατά τις διαδικασίες μετάβασης από τον καρπό στο ελαιόλαδο χάνουν το μεγαλύτερο τμήμα τους (97%), λόγω της υδρόφιλης συμπεριφοράς τους και επιπλέον λόγω των διαδοχικών απωλειών που παρατηρούνται σε όλα τα στάδια κατεργασίας, μάλαξης, φυγοκέντρωσης και κατακόρυφου διαχωρισμού στο ελαιοτριβείο.

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).¹

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.² 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 «ασαπωνοποίητου» 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.³

Είναι χαρακτηριστικό 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 αναπτύσσουν δράση και άλλες ομάδες ενζύμων (π.χ. ένζυμα της ομάδας λιποξυγενάση), υπεύθυνες για τη δημιουργία χαρακτηριστικών αρωματικών στοιχείων (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. Το ένζυμο γλυκοσιδάση αποκόπτει από την δομή των σεκοϊριδοειδών το μόριο της γλυκόζης με αποτέλεσμα την μετατροπή των άγλυκων παράγωγων σε λιποδιλυτά στοιχεία τα οποία μεταφέρονται πλέον στο ελαιόλαδο.³

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

ΠΙΝΑΚΑΣ 14.1

Φαινολικά συστατικά σε καρπούς προχωρημένης ωρίμανσης, στην ελαιοζύμη, ελαιόλαδο από ντεκάντερ, ελαιόλαδο από διαχωριστήρα.¹

• Για την αντιστοίχιση στον υπολογισμό των αποτελεσμάτων, 1 κιλό καρπών αποδίδει περίπου 250 mL ελαιολάδου, επομένως οι τιμές για τα δείγματα ελαιολάδου ισοδυναμούν σε mg/250 mL.
MMAE: Μονοαλδεϋδική μορφή άγλυκου ελευρωπαΐνης MMAΓ: Μονοαλδεϋδική μορφή άγλυκου λιγκστροσίδη

	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
Ελευρωπαΐνη	96,4	13,5	0	0
Λιγκστροσίδη	66,8	9,7	0	0
MMAE	1599,7	616,7	110,6	66,3
MMAΓ	483,3	159,3	79,3	48,5
Μασλινικό οξύ	1252,9	3123,2	29,5	20,9

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι σύμφωνα με την μελέτη, παρά τη μείωση των φαινολών και της ελευρωπαΐνης 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 (ελευρωπαΐνη, λιγκστροσίδη) διασπώνται, κατά τη φάση μετάβασης από τον καρπό στο ελαιόλαδο, σε φαινόλες με μικρότερο μοριακό βάρος (τυροσόλη, υδροξυτυροσόλη, άγλυκο ελευρωπαΐνης, άγλυκο λιγκστροσίδη), οι οποίες χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερη αντιοξειδωτική δράση.

τικών έχει θετικά αποτελέσματα στη διατήρηση των φαινολών σε υψηλά επίπεδα κατά τη διάρκεια της ελαιοποίησης. Η χρήση εκπυρνωτή, όπως και σπαστήρων ήπιας θραύσης (λεπιδωτοί), αποκλείει ή μειώνει, αντίστοιχα, τη δράση των οξειδωτικών ενζύμων στην ελαιοζύμη (POD), περιορίζοντας δραστικά την οξείδωση των υδρόφιλων φαινολών στο ελαιόλαδο.⁷

Λόγω της περιστροφικής κίνησης στο εσωτερικό του σπαστήρα, εισέρχεται πάντοτε αέρας στην παραγόμενη ελαιοζύμη. Το οξυγόνο του αέρα είναι απαραίτητο για τη δραστηριοποίηση των ενζύμων λιποξυγενάσες (LOX), στη δράση των οποίων οφείλεται μεγάλο τμήμα των αρωματικών (πτητικών) συστατικών του ελαιολάδου.⁸ Έχει βρεθεί ότι το 80% των συνολικών πτητικών συστατικών του ελαιολάδου –στα οποία κυρίως αποδίδονται οι ευχάριστοι πράσινοι και φρουτώδεις αρωματικοί τόνοι του– οφείλεται στη δράση των ενζύμων λιποξυγενάσες.⁹ Αν στη γραμμή παραγωγής γίνεται χρήση εκπυρνωτή αντί σπαστήρα, παράγεται ελαιόλαδο με εντονότερα και τα τρία κύρια οργανολη-

πτικά χαρακτηριστικά (φρουτώδες, πικρό, πικάντικο).

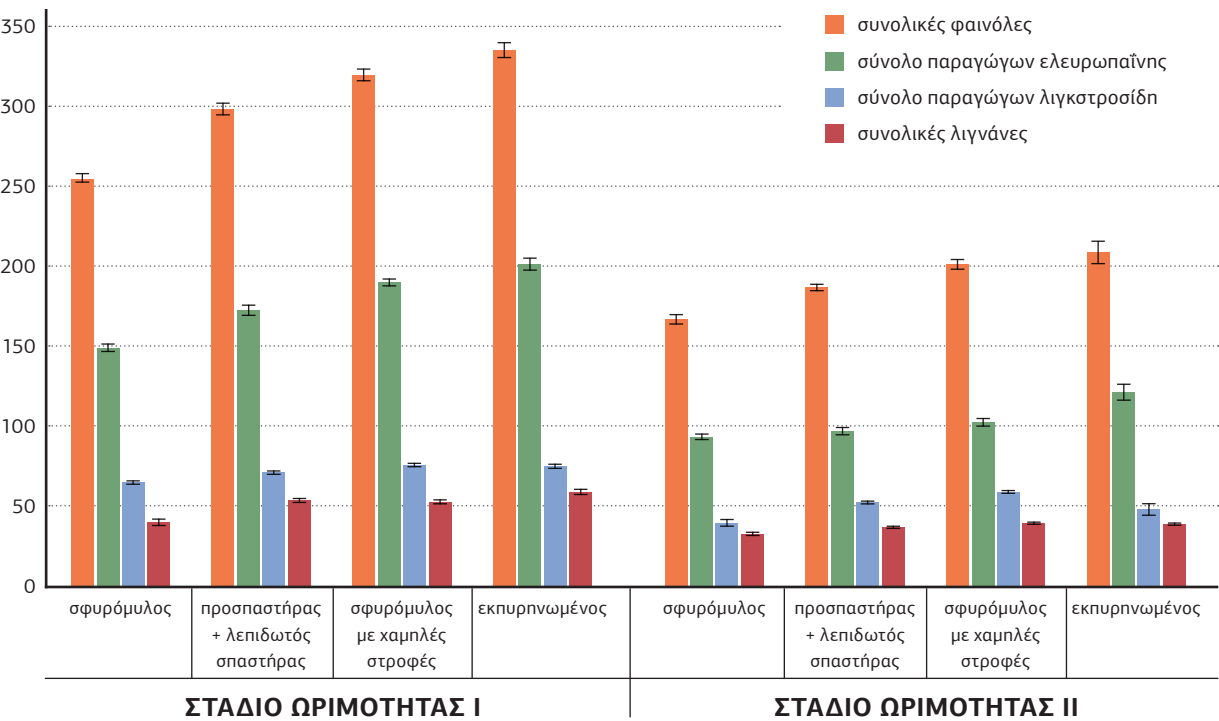
15.2 | Χαρακτηριστικά στοιχεία λειτουργίας των σπαστήρων

15.2.1 | ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΕ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ

Διάφοροι ερευνητές⁹ έχουν μελετήσει τις μεταβολές που επέρχονται στην απόδοση σε ελαιόλαδο, στην ποσότητα των φαινολικών και των αρωματικών ενώσεών του, μετά από «βίαιη» θραύση (π.χ. σφυρόμυλος με κόσκινο οπών μικρής διαμέτρου και μεγάλης ταχύτητας περιστροφής) ή μετά από «ήπια» θραύση των καρπών (π.χ. λεπιδωτός σπαστήρας με κόσκινο μεγάλων οπών και μικρότερης ταχύτητας περιστροφής). Γενικότερα, η έντονη θραύση των καρπών προκαλεί αύξηση της απόδοσης σε ελαιόλαδο, η οποία οφείλεται στην αποτελεσματικότερη διάρρηξη των φυτικών ιστών της σάρκας των καρπών και στην αποδοτικότερη εξαγωγή ελαιολάδου από την ελαιοζύμη, οφειλό-

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 15.1

Φαινολική σύσταση ελαιολάδων (mg/kg), HPLC, ποικιλία Frantoio (ιταλική), ελαιοποιημένων με διαφορετικούς τύπους σπαστήρων, σε δύο διαφορετικά στάδια ωρίμανσης ¹



μενη στη μείωση του ιξώδους (αύξηση της ρευστότητας) της ελαιοζύμης, λόγω αυξημένης θερμοκρασίας.

15.2.2 | ΦΑΙΝΟΛΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

Σε όλες τις περιπτώσεις, ο βαθμός θραύσης των πυρήνων στον σπαστήρα (ολική ή μερική) επηρεάζει σημαντικά τη συγκέντρωση των φαινολικών συστατικών στο ελαιόλαδο. Όταν η θραύση των καρπών γίνεται βιαιότερα –π.χ. με χρήση στεφάνης μικρότερων οπών ή αυξημένη ταχύτητα περιστροφής, υπό την προϋπόθεση ότι δεν μεταβάλλεται σημαντικά η κοκκομετρία των θραυσμάτων του πυρήνα–, σημειώνεται σημαντική αύξηση των φαινολικών στοιχείων της ελαιοζύμης, λόγω αποτελεσματικότερης αποδόμησης των τοιχωμάτων των φυτικών κυττάρων και λόγω αυξημένης δραστηριότητας των ενζύμων που συνδέονται με τη δημιουργία τους, όπως η β-γλυκοσιδάση.⁹ Αν χρησιμοποιηθεί στεφάνη 7 mm αντί 5 mm, τα φαινολικά συστατικά στην παραγόμενη ελαιοζύμη –κυρίως η ελευρωπαΐνη– εμφανίζονται σημαντικά μειω-

μένα. Στο Διάγραμμα 15.1 απεικονίζεται η συνολική αύξηση στα φαινολικά συστατικά του ελαιολάδου, με πλήρη θραύση πυρήνων (σφυρόμυλος), μειωμένη θραύση (λεπιδωτός) ή πλήρη αποφυγή θραύσης (εκπυρνωτής).

15.2.3 | ΠΤΗΤΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ

Οι αρωματικές ενώσεις εμφανίζουν αντίστροφη συμπεριφορά με τα φαινολικά συστατικά. Εντονότερη θραύση των καρπών συνδέεται με μείωση των πτητικών ενώσεων, προερχόμενων κατά 80% από τα ένζυμα της λιποξυγενάσης. Η δράση των ενζύμων ξεκινά ταυτόχρονα με τη θραύση των καρπών και είναι εντονότερη όταν ο σφυρόμυλος λειτουργεί ηπιότερα, π.χ. με στεφάνη οπών 7 mm, ή όταν γίνεται θραύση των καρπών σε σπαστήρα με λεπίδες. Σύμφωνα με τους Antonio M. Inarejos-García et al, παρατηρείται αύξηση των αλδεϋδών της κατηγορίας C6 και ιδιαίτερα της E-2-hexanal, στην οποία αποδίδονται οι ευχάριστοι τόνοι «φρεσκοκομμένο πράσινο χόρτο»,⁹ ενώ στα ίδια συμπεράσματα

ΠΙΝΑΚΑΣ 15.1

Πτητικές ενώσεις, ποικιλία Frantoio (µm/kg), ληφθείσες με διαφορετικούς σπαστήρες ¹

	ΣΦΥΡΟΜΥΛΟΣ		ΠΡΟΣΠΑΣΤΗΡΑΣ + ΛΕΠΙΔΩΤΟΣ ΣΠΑΣΤΗΡΑΣ		ΣΦΥΡΟΜΥΛΟΣ ΜΕ ΧΑΜΗΛΕΣ ΣΤΡΟΦΕΣ		ΕΚΠΥΡΗΝΩΜΕΝΟΣ	
ΑΛΔΕΨΔΕΣ								
Πεντανάλη	236.5	(4.0)	273.4	(2.1)	17.9	(1.0)	66.5	(6.7)
Εξανάλη	280.0	(2.9)	511.4	(35.7)	533.7	(0.3)	579.6	(5.3)
2-Πεντανάλη (Ε)	10.7	(0.3)	13.2	(0.9)	94.8	(1.8)	16.6	(1.0)
2-Εξανάλη (Ε)	43600.6	(327.0)	44718.9	(207.8)	39811.6	(587.4)	52228.1	(521.0)
2,4-Εξαδιενάλη (Ε,Ε)	19.4	(0.1)	42.0	(3.5)	341.6	(14.4)	88.9	(5.4)
2-Επτανάλη (Ε)	0.0	(0.0)	0.0	(0.0)	158.2	(10.0)	72.0	(3.7)
ΑΛΚΟΟΛΕΣ								
1-Πεντανόλη	167.0	(5.2)	94.5	(4.7)	23.3	(0.7)	62.6	(1.4)
2-Πεντεν-1-όλη (Ε)	166.0	(11.3)	91.4	(5.1)	52.4	(3.5)	104.0	(7.4)
1-Πεντεν-3-όλη	960.3	(53.2)	899.0	(43.3)	522.0	(49.2)	300.0	(28.2)
1-Εξανόλη	1788.0	(57.0)	2152.0	(74.0)	521.0	(41.0)	1501.0	(56.0)
3-Εξαν-1-όλη (Ζ)	88.4	(22.2)	103.6	(10.1)	49.2	(2.3)	77.0	(5.1)
3-Εξαν-1-όλη (Ε)	22.2	(0.2)	20.2	(0.1)	9.9	(0.2)	20.4	(0.5)

Σύμφωνα με μελέτη,¹⁹ με δύο ιταλικές ποικιλίες Coratina και Frantoio, όταν υπάρχει επαφή αέρα-ελαιοζύμης, η υψηλή θερμοκρασία μάλαξης επιφέρει σημαντικές μειώσεις (20 – 50%) στις σημαντικές φαινολικές ενώσεις σεκοϊριδοειδή, όπως καταγράφονται στον κατωτέρω πίνακα, για θερμοκρασίες μάλαξης 25 και 35°C, σε διάφορους χρόνους μάλαξης (15-90').

Όταν υπάρχει επαφή της ελαιοζύμης με τον αέρα και η θερμοκρασία αυξάνεται πέραν των 25°C, προκαλείται σταδιακή μείωση παραγωγής πτητικών ουσιών, ενώ στους 35°C και άνω σημειώνεται δραστική μείωση της παραγωγής τους.²⁰ Η θερμοκρασία των 25°C στον μαλακτήρα, για τις περισσότερες ποικιλίες σε διαφορετικούς βαθμούς ωριμότητας, θεωρείται μία ασφαλής ανώτατη θερμοκρασία για τις αρωματικές ενώσεις.

Κατά τη μάλαξη της ελαιοζύμης παρατηρείται σημαντική μείωση πολλών πτητικών ουσιών, η οποία, κατά τους Antonio M. Inarejos-Garcia et al., οφείλεται στην εξάτμισή τους. Έτσι, οι εν λόγω ερευνητές συνιστούν μικρότερο χρόνο μάλαξης, για την αποφυγή απωλειών.²¹ Γενικότερα, οι πτητικές ουσίες δείχνουν μεγαλύτερη ευαισθησία μεταβολής στη θερμοκρασία παρά στον χρόνο μάλαξης.¹⁹

Η αύξηση του χρόνου μάλαξης αυξάνει την απόδοση σε ελαιόλαδο, λόγω της παρατεταμένης δράσης των ενδογενών διασπαστικών ενζύμων, τα οποία αποδομούν τις κυτταρικές μεμβράνες απελευθερώνοντας περισσότερα μικροσταγονίδια ελαίου.²² Ο χρόνος μάλαξης δεν επιφέρει αξιοσημείωτες μεταβολές στην οξύτητα, τα υπεροξειδία ή τους συντελεστές K.²³

Επισημαίνεται ότι είναι δυνατόν (αναλόγως του χρόνου και της ποσότητας νερού που προστίθεται) η παρατεινόμενη μάλαξη να επιφέρει μείωση της ποσότητας του εξαγόμενου ελαιολάδου, λόγω της δημιουργίας γαλακτωμάτων.²⁴

16.6 | Μάλαξη σε κλειστούς μαλακτήρες

Η χρήση των κλειστών μαλακτήρων χαρακτηρίστηκε ως ένα μεγάλο βήμα βελτίωσης, παρόμοιο με τη χρήση των διφασικών ντεκάντερ, στη διαδικασία ελαιοποίησης για ποιοτικά ελαιόλαδα. Στις δύο παραμέτρους ποιότητας για τη μάλαξη –θερμοκρασία και χρόνος– προστέθηκε και η παρουσία ή μη οξυγόνου στον κενό χώρο του μαλακτήρα. Οι μαλακτήρες κλειστού τύπου έχουν κλειστή την άνω πλευρά και φέρουν ανοιγόμε-

ΕΙΚΟΝΑ 16.13

Μαλακτήρας κλειστού τύπου Molinova – Oro – Pieralisi.



ΕΙΚΟΝΑ 16.14

Σφραγιζόμενος θάλαμος - μαλακτήρας κλειστού τύπου Molinova – Oro – Pieralisi.



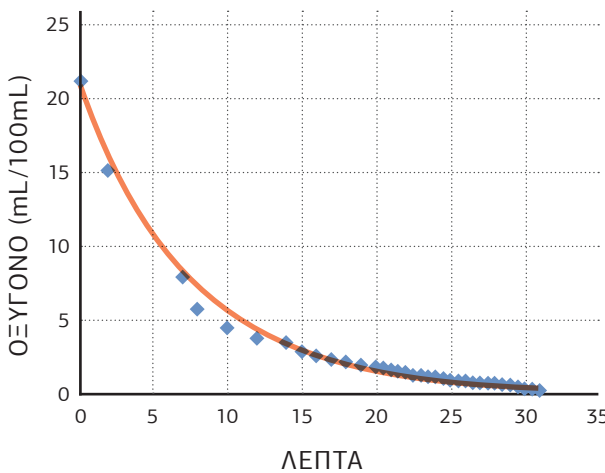
νη θυρίδα ελέγχου, κατασκευασμένη από ίνοξ ή πλεξιγκλάς η οποία κλείνει ερμητικά με περιμετρικό λάστιχο ή αν είναι μεταλλική (ίνοξ), σφραγίζει με δύο ή τρεις σφιγκτήρες επειδή συνήθως προβλέπεται είσοδος αδρανούς αερίου. Αν παραμένει ερμητικά κλειστή κατά τη διάρκεια της μάλαξης, δεν είναι δυνατή η είσοδος αέρα στον κενό χώρο του μαλακτήρα, με αποτέλεσμα τα οξειδωτικά φαινόμενα να περιορίζονται σε μεγάλο βαθμό και η παρουσία φαινολικών συστα-

τικών να αυξάνεται με τον χρόνο μάλαξης.²⁵

Όταν η θυρίδα ελέγχου δεν παραμένει συνεχώς κλειστή, αλλά ανοίγει με ελεγχόμενα μικρά διαστήματα, πρόκειται για ενδιάμεση κατάσταση η οποία σε διάφορες περιπτώσεις ελαιοποιήσεων, μπορεί να αποδειχθεί ως ωφέλιμη. Αν γίνεται ελαιοποίηση ποικιλιών με γενετικά, υψηλό φαινολικό προφίλ π.χ. Κορωνέικη, Λιανολιά Κέρκυρας, Coratina (ιταλ.), Cornicabra (ισπαν.), η είσοδος μικρών, ελεγχόμενων ποσοτήτων αέρα είναι πιθανόν να προκαλέσει αύξηση ή μεταβολή των αρωματικών ενώσεων, μειώνοντας παράλληλα - ελαφρά - τις φαινόλες του ελαιολάδου. Τον έλεγχο παρόμοιων επεμβάσεων έχει αποκλειστικά ο υπεύθυνος παραγωγής του ελαιοτριβείου, προσαρμόζοντας τα επιμέρους χαρακτηριστικά της ποικιλίας στις συνθήκες ελαιοποίησης. Η μέθοδος πλήρωσης του κενού χώρου των μαλακτήρων με αδρανές αέριο (π.χ. άζωτο, αργόν) έχει εγκαταλειφθεί, καθώς παρατηρήθηκε ότι δεν παρέχει συγκριτικά πλεονεκτήματα εν σχέσει με τη διατήρηση των θυρίδων ελέγχου ερμητικά κλειστών. Η πλήρωση του μαλακτήρα με ελαιοζύμη πρέπει να γίνεται – κατά το δυνατόν – μέχρι την ανώτατη προβλεπόμενη στάθμη, ώστε να ελαχιστοποιείται ο χώρος που καταλαμβάνεται από τον αέρα.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 16.2

Μείωση οξυγόνου μετρημένου μέσα στην ελαιοζύμη κατά τη μάλαξη, σε κλειστού τύπου μαλακτήρα.⁸



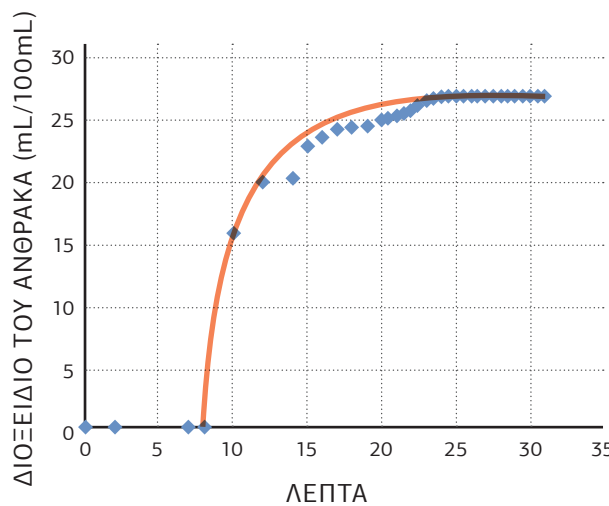
16.6.1 | ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΜΑΛΑΞΗΣ ΣΕ ΚΛΕΙΣΤΟΥΣ ΜΑΛΑΚΤΗΡΕΣ

Κατά τη θραύση των καρπών, ποσότητα αέρα εισχωρεί στην παραγόμενη ελαιοζύμη, ομοίως και κατά την επεξεργασία της στον μαλακτήρα, λόγω της παρουσίας του στον αρχικά κενό χώρο του μαλακτήρα. Η ποσότητα οξυγόνου στη μάζα της ελαιοζύμης καταναλώνεται κατά τα πρώτα 8-10' στην κλειστή μάλαξη, (Διάγραμμα 16.2) κυρίως από τα ένζυμα της διαδρομής λιποξυγενάσης (LOX), με αποτέλεσμα να σημειώνεται μικρή δράση των οξειδωτικών ενζύμων PPO και POD και επομένως, μικρή μείωση των φαινολικών συστατικών.²⁵

Λόγω των ενζυμικών δράσεων κατά τη διαδρομή (LOX), σημειώνεται ταχύτερη κατανάλωση του οξυγόνου του αέρα στην ελαιοζύμη: π.χ. σε ερμητικά κλεισμένο μαλακτήρα, το οξυγόνο βρίσκεται αρχικά σε περιεκτικότητα 18% μέσα στην ελαιοζύμη, μειώνεται σε 9% μετά από μάλαξη διάρκειας 5', και σε 5% μετά από λειτουργία 10'. Στη συνέχεια, εφόσον δεν υπάρχει είσοδος αέρα στον μαλακτήρα, τα ένζυμα οξειδάση της πολυφαινόλης (PPO) και υπεροξειδάση (POD) αδρανοποιούνται, οπότε διακόπτεται η περαιτέρω απώλεια φαινολικών στοιχείων, με αποτέλεσμα οι

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 16.3

Καμπύλη παραγωγής CO₂ στον κενό χώρο κλειστού μαλακτήρα.⁸



λιγκστροσίδη (Gentile 50,4% και Frantoio 28,8%).¹¹ Οι διαφοροποιήσεις στη συγκέντρωση φαινολικών συστατικών οφείλονται στη διαφορετική ενζυμική δράση των οξειδωτικών ενζύμων υπεροξειδάσες (POD) και πολυφαινολοξειδάσες (PPO) κατά την ψύξη της ελαιοζύμης. Ειδικότερα η χαμηλή θερμοκρασία περιόρισε τη δράση των ενζύμων PPO μειώνοντας την οξείδωση των φαινολικών συστατικών, με αποτέλεσμα την αυξημένη παρουσία τους στο ελαιόλαδο.¹¹

17.3.2.5 | Πιπτικές ενώσεις

Καταγράφηκε σημαντική συσχέτιση της μεταβολής των πιπτικών ενώσεων αλδεϋδες, αλκοόλες, εστέρες, με όλες τις ποικιλίες που χρησιμοποιήθηκαν. Με την άμεση ψύξη της ελαιοζύμης καταγράφηκε συνολική αύξηση των αλδεϋδών σε όλες τις ποικιλίες (1,2-20,3%). Η αλδεϋδη E-2-εξανάλη, στην οποία οφείλονται οι πράσινες νότες και η αίσθηση «κομμένο γρασίδι», αποτελούσε το 90% των αλδεϋδών. Αλκο-

όλες και εστέρες είχαν στενή συσχέτιση με τη γενετική προέλευση (ποικιλία). Χαρακτηριστικά, οι αλκοόλες παρουσίασαν αυξήσεις 4,5 και 9,2% (Leccino, Moraiolo) και μειώσεις κατά 7,4, 23,3, 4,4 και 30,7% στις ποικιλίες Frantoio, Ogliarola, Gentile και San Felice. Παρόμοιες αυξομειώσεις παρατηρήθηκαν και για τους εστέρες των άλλων ποικιλιών.¹¹

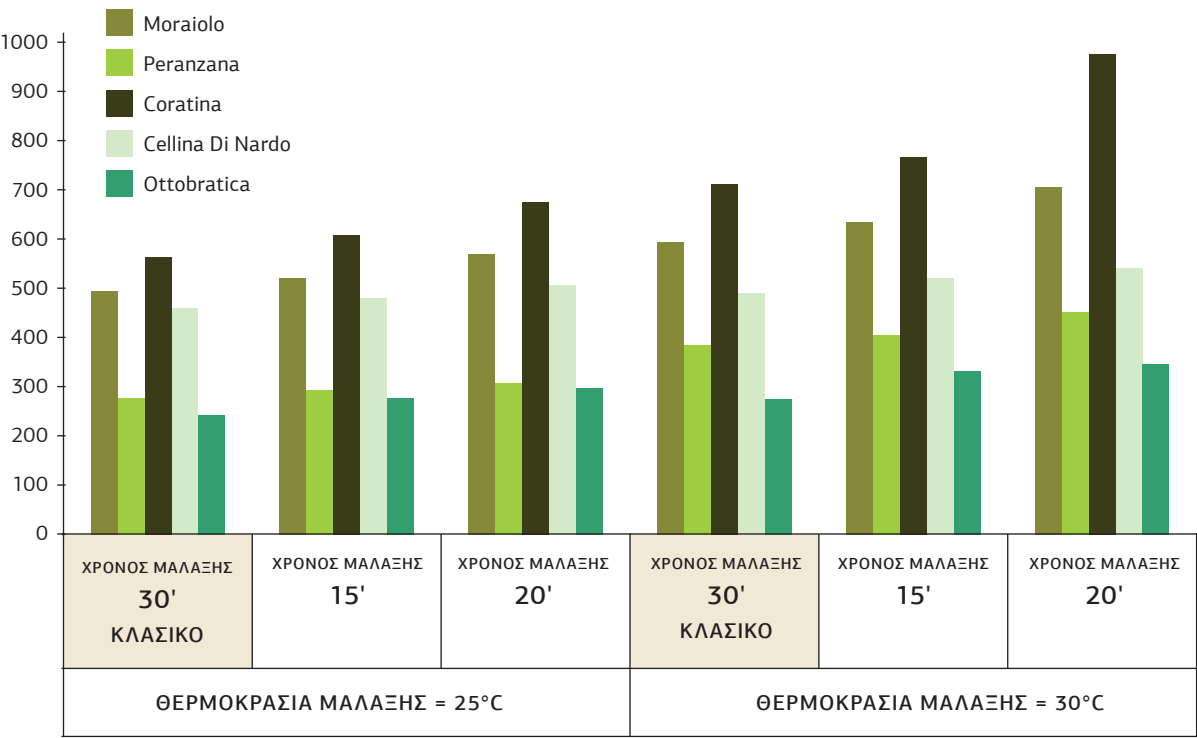
17.4 | Σύστημα ταχείας θέρμανσης Protoreattore® PIERALISI

Η εταιρεία PIERALISI, σε συνεργασία με την Πολυτεχνική Σχολή Marche, στην Ιταλία, ανέπτυξε ένα σύστημα μονάδας μετάδοσης θερμότητας, το Protoreattore®, για την ταχεία μετάδοση θερμότητας στην ελαιοζύμη και την εν συνεχεία μικρής διάρκειας μάλαξη, με στόχο τη συντόμωση της διαδικασίας ελαιοποίησης, τη βελτίωση των χαρακτηριστικών και την εξοικονόμηση ενέργειας.

Το σύστημα αποτελείται από κυλινδρικό σωληνωτό τμήμα, εξωτερικής διαμέτρου 16 εκ., συνολικού μήκους

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 17.2

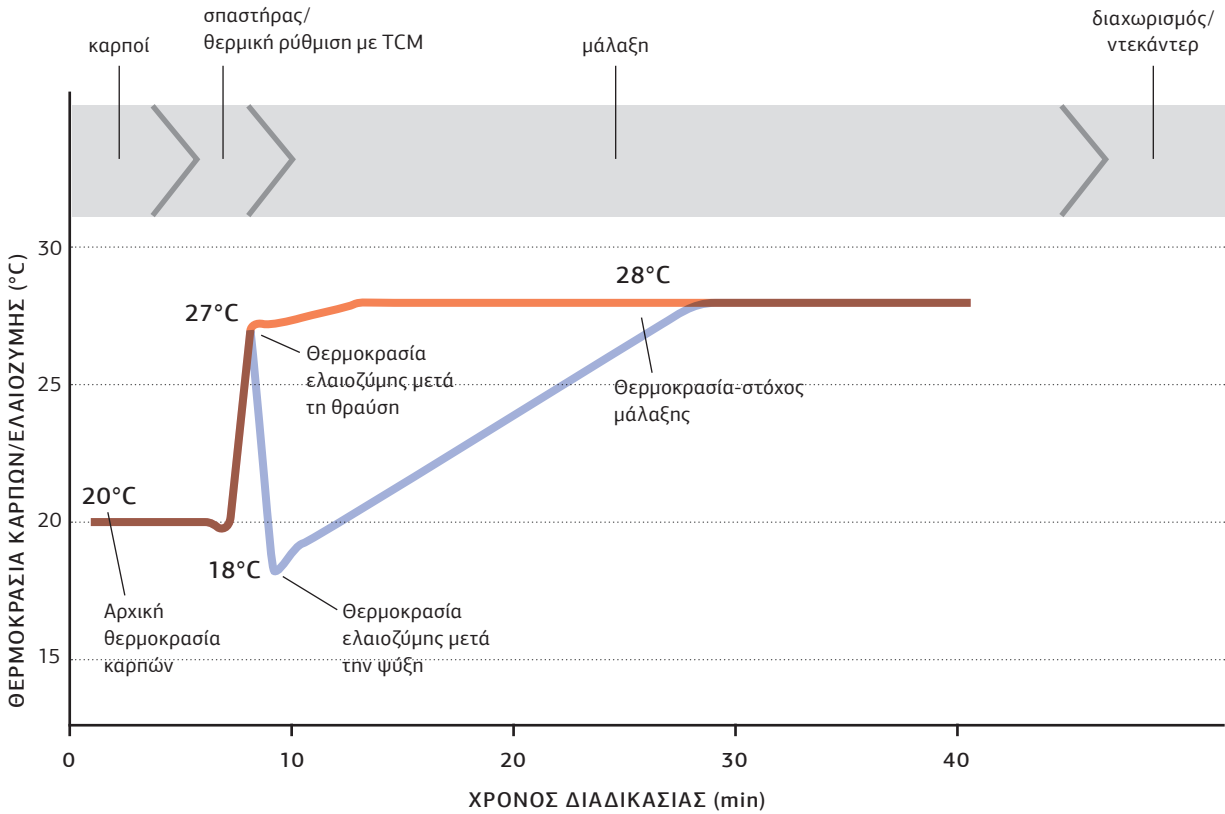
Υπολογισμός φαινολικών συστατικών (mg/kg) παρθένου ελαιολάδου με κλασική μάλαξη και με TCM, σε διαφορετικές θερμοκρασίες και χρόνους μάλαξης.⁹



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 17.3

Σχηματική απόδοση της εξέλιξης της θερμοκρασίας ελαιοζύμης, κατά τις διάφορες φάσεις ελαιοποίησης καρπών οι οποίοι συλλέχθηκαν νωρίς.⁷

Σύγκριση μεταξύ της παραδοσιακής μεθόδου επεξεργασίας (κόκκινη γραμμή) και της διαδικασίας θέρμανσης με τη μονάδα TCM – ALFA LAVAL (μπλε γραμμή).



6 μ., στο εσωτερικό του οποίου υπάρχει δακτύλιος για την κυκλοφορία της ελαιοζύμης, η οποία κινείται προωθούμενη με ατέρμονα κοχλία. Εξωτερικά υπάρχει μανδύας όπου κινείται ζεστό ή κρύο νερό, στην αντίθετη κατεύθυνση με την ελαιοζύμη, ενώ αισθητήρες τοποθετημένοι κατά μήκος του σωλήνα ελέγχουν τις μεταβολές θερμοκρασίας σε διάφορα σημεία.

Για τον έλεγχο του συστήματος έγιναν 8 πειραματικές ελαιοποιήσεις, με μείγμα καρπών Frantoio και Leccino, αρχικές θερμοκρασίες νερού στο Protoreattore® 55 και 70°C (αντίστοιχα) και προθέρμανση της ελαιοζύμης σε T1 = 36°C και T2 = 43°C, αντίστοιχα, κατά την έξοδο.

17.4.1.1 | Απόδοση σε ελαιόλαδο

Στη συνέχεια, έγιναν οκτώ επεξεργασίες ελαιοζύμης,

εκ των οποίων δύο για έλεγχο (control), χωρίς χρήση του συστήματος Protoreattore®, με το νερό του μαλακτήρα σε θερμοκρασία 17°C, επί 15 και 30'. Με προθερμασμένη ελαιοζύμη, έγιναν έξι ελαιοποιήσεις. Συγκριτικά προς τη μεγαλύτερη απόδοση σε ελαιόλαδο που παρελήφθη με το control (14,0%), οι ελαιοποιήσεις με T1 = 36°C και μάλαξη επί 30' σε 45°C, καθώς και όλες οι T2 = 43°C με εν συνεχεία μάλαξη σε 17 ή 45°C, επί 0 ή 30', έδωσαν ελαφρά υψηλότερες αποδόσεις (14,2-15,4%).

17.4.1.2 | Χημικοί ποιοτικοί δείκτες

Οξύτητα και υπεροξειδία δεν παρουσίασαν αυξήσεις, ενώ τη χαμηλότερη οξύτητα (0,23%) και υπεροξειδία (1,54 meq/kg) κατέγραψε η T1 = 36°C με μάλαξη στους

18. Νέες τεχνολογίες παραγωγής ελαιολάδου

Ο κύριος στόχος των νέων τεχνολογιών είναι η αύξηση της απόδοσης σε ελαιολάδο, 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 εφαρμόζονται πριν τη φάση της μάλαξης και 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.¹ Τα τελευταία χρόνια φαίνεται να συγκεντρώνει μεγαλύτερο αριθμό ερευνητών η μέθοδος εφαρμογής υπερήχων πριν τη μάλαξη, λόγω των θετικών αποτελεσμάτων που παρουσιάζονται στην απόδοση σε ελαιολάδο, τη μείωση του χρόνου μάλαξης και τη μικρότερη κατανάλωση ενέργειας. Η μέθοδος εφαρμογής παλμικών ηλεκτρικών πεδίων² θεωρείται επίσης μία υποσχόμενη νέα τεχνολογία, καθόσον δεν προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας, ενώ συμβάλλει στην αύξηση της απόδοσης σε ελαιολάδο, 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

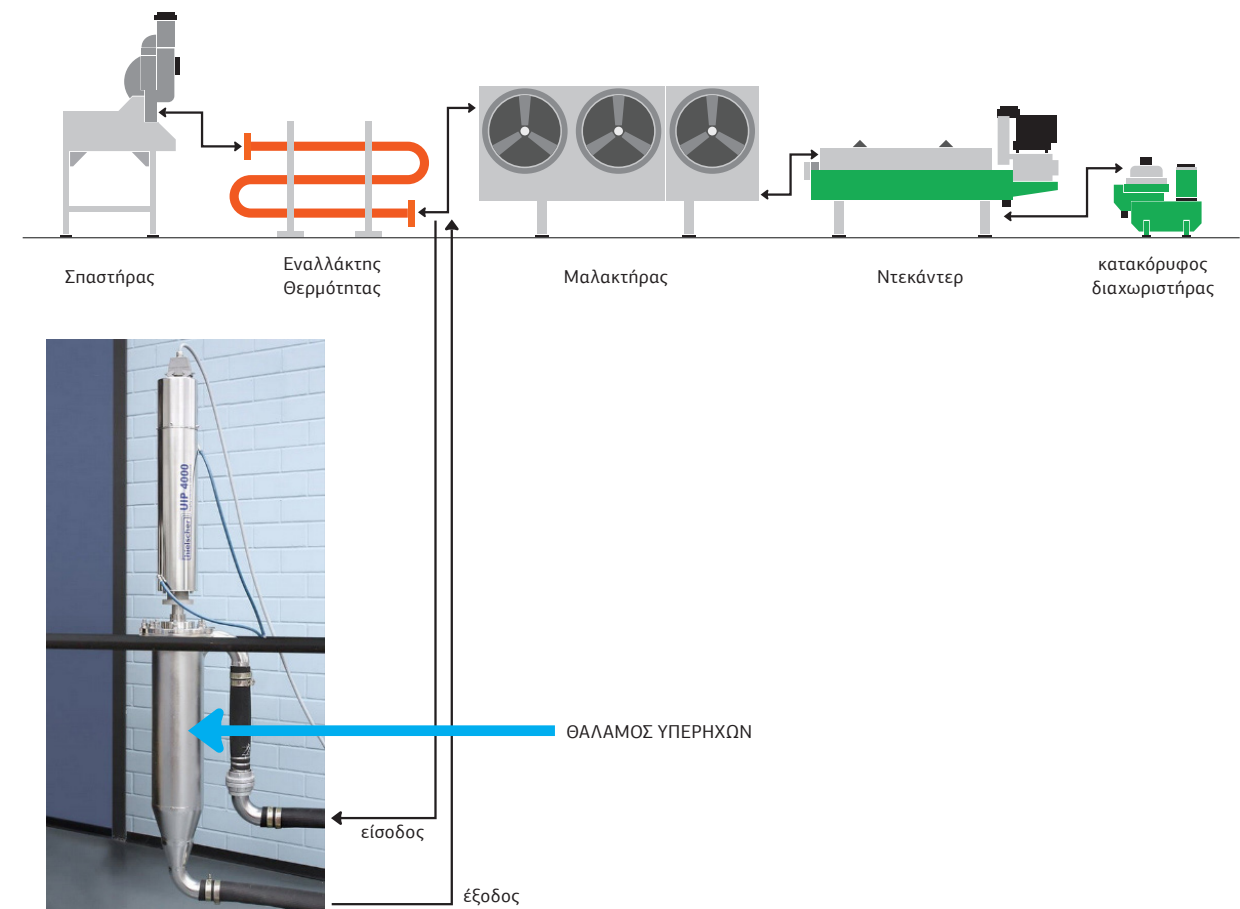
των ενθαρρυντικών αποτελεσμάτων που καταγράφονται, ουσιαστικά όμως βρίσκεται ακόμη σε πειραματικό στάδιο. Οι υπέρηχοι εφαρμόζονται στην ελαιοζύμη αμέσως μετά τη θραύση των καρπών (πριν τη μάλαξη), οδηγώντας σε θερμικά και μηχανικά αποτελέσματα.

Καθώς η κινητική ενέργεια των υπερήχων διαπερνά τον φυτικό ιστό, ένα τμήμα της απορροφάται και μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια στη μάζα της ελαιοζύμης.³ 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 Σχήμα 18.1.

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

ΣΧΗΜΑ 18.1

Διάταξη μηχανημάτων εξαγωγής παρθένου ελαιολάδου με προηγούμενη επεξεργασία ελαιοζύμης με υπερήχους και χρήση εναλλάκτη θερμότητας ⁴



κυττάρων, απελευθερώνοντας μικροσταγονίδια ελαίου και βελτιώνοντας την απόδοση σε ελαιολάδο.⁵

Τα τελευταία χρόνια γίνεται χρήση ισχυρών υπερήχων (υψηλής ενέργειας υπέρηχοι, > 1 W/cm²) σε χαμηλότερες συχνότητες υπερήχων (περί τα 20-50 kHz).¹ Οι χαμηλής συχνότητας υπέρηχοι δημιουργούν μεγάλες φυσαλίδες λόγω σπινλαίωσης, προξενώντας αύξηση της θερμοκρασίας και πίεσης στις ζώνες αυτές.⁵

Πριν το έτος 2018, οι περισσότερες μελέτες για την εφαρμογή υπερήχων είχαν γίνει σε συνθήκες εργαστηρίου και τα αποτελέσματα δεν ήταν ιδιαίτερα ενθαρρυντικά, κυρίως όσον αφορά την απόδοση σε ελαιολάδο και τα φαινορικά συστατικά. Αρχικά, οι υπέρηχοι υψηλής ενέργειας δοκιμάστηκαν το 2007 από τους Jimenez et al.⁶ Καταγράφηκε αύξηση της απόδοσης σε ελαιολά-

δο όταν η εφαρμογή υπερήχων γινόταν σε ελαιοζύμη από καρπούς σε πρώτα στάδια ωρίμανσης (Χ.Δ.Ω. = 1-2) και με καλή δομή των κυτταρικών τοιχωμάτων.

18.2 | Χαρακτηριστικά ελαιολάδων με τεχνολογία υπερήχων, σε πειραματικές και εργαστηριακές εγκαταστάσεις

Από την εφαρμογή της τεχνολογίας υπερήχων σε εργαστηριακές ή μικρές πειραματικές εγκαταστάσεις, αναφέρονται δύο βασικά πλεονεκτήματα: μείωση του χρόνου μάλαξης κατά 33-66%, λόγω παρατηρούμενης

EIKONA 19.2

Η βάση διαχωριστήρα PIERALISI με το μπολ.



Πηγή: Φωτογραφικό αρχείο Βασ. Φραντζολά

γούνται μεγάλες φυγόκεντρες δυνάμεις. Ο διαχωρισμός των υγρών στον κάθετο διαχωριστήρα είναι πολύ αποτελεσματικός, επειδή η αναλογία μεταξύ της επιφάνειας του δίσκου και του ύψους κάθε λεπτού στρώματος ελαίου μεταξύ των δίσκων είναι πολύ μεγάλη.

Το αποτέλεσμα της διαδικασίας φυγοκέντρισης είναι η παραλαβή ελαιολάδου με πολύ χαμηλά ποσοστά υγρασίας και σωματιδίων, προερχόμενων κυρίως από τη σάρκα και τον φλοιό των καρπών. Ο περαιτέρω καθαρισμός του ελαιολάδου μετά την παραλαβή του από τον διαχωριστήρα ολοκληρώνεται με φιλτράρισμα ή σε δεξαμενή καθίζησης.

Το ελαιόλαδο εξερχόμενο του ντεκάντερ περιέχει στερεά σωματίδια σε ποσοστό συνήθως 0,5% και υγρασία (νερό). Τυχόν μεγαλύτερα σωματίδια κατακρατούνται στην έξοδο του ελαιολάδου από το δονούμενο ψιλό κόσκινο του ντεκάντερ. Αν παραμείνουν μαζί με την υγρασία στο ελαιόλαδο επί ένα χρονικό διάστημα λίγων μηνών, είναι δυνατόν να προκαλέσουν, με την πάροδο του χρόνου, σειρά οργανοληπτικών ελαττωμάτων όπως μούργα, απόνερα, καθώς και οξείδωση, υποβιβάζοντας ποιοτικά το ελαιόλαδο μέσα σε διάστημα λίγων μηνών, από την κατηγορία εξαιρετι-

κό παρθένο σε απλό παρθένο. Αιωρούμενα σωματίδια με διάμετρο μεγαλύτερη από 0,1 mm είναι δυνατόν να διαχωριστούν με φυγοκέντρωση, ενώ σωματίδια με μικρότερη διάμετρο (μεταξύ 0,1 mm και 0,01 mm) ή μικρότερα δύσκολα διαχωρίζονται αποτελεσματικά στον διαχωριστήρα, οπότε είναι απαραίτητη η περαιτέρω διαδικασία καθαρισμού του ελαιολάδου με φυσική καθίζηση ή χρήση φίλτρων.²

19.2 | Περιγραφή των τμημάτων του διαχωριστήρα

Ο διαχωριστήρας στη βάση του έχει διαμορφωμένο κυκλικό χώρο υποδοχής της διαχωριζόμενης λάσπης (μπολ υποδοχής), με βάση διαμέτρου 400-700 mm, ανάλογα με τη δυναμικότητα του διαχωριστήρα (m³/ώρα).

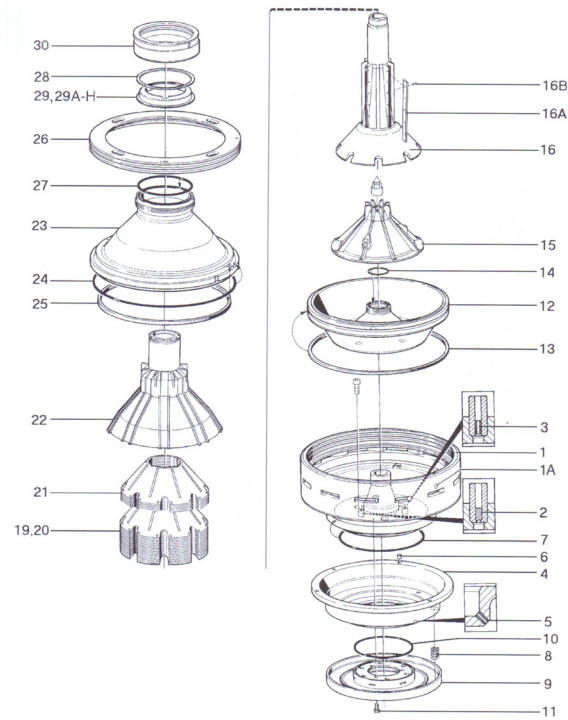
Στο μπολ υποδοχής τοποθετούνται, ο ένας επί του άλλου, μεγάλος αριθμός (80-110) κωνικών δίσκων, ανάλογα με τον όγκο επεξεργασίας, από ανοξείδωτο χάλυβα. Οι δίσκοι, τοποθετημένοι ο ένας επί του άλλου, «υποχρεώνουν» μιά ποσότητα του θολού ελαιολάδου να εισχωρήσει ανάμεσα στα κενά των δίσκων, και να απλωθεί ουσιαστικά ως ένα πολύ λεπτό στρώμα με μεγάλη επιφάνεια, η οποία υποβάλλεται σε δι-αύγαση. Οι δίσκοι έχουν κενό μεταξύ τους 0,8-2 mm, το οποίο δημιουργείται από μεταλλικούς αποστάτες που φέρουν οι δίσκοι στην επιφάνειά τους, ενώ η γωνία την οποία σχηματίζει ο κώνος με τον κάθετο άξονα είναι 35-40°C. Για τον αποτελεσματικό καθαρισμό του ελαιολάδου, οι επιφάνειες των δίσκων είναι γυαλισμένες εργοστασιακά, ενώ αν χάσουν τη στιλπνότητά τους μειώνεται η απόδοση διαχωρισμού.

19.3 | Περιγραφή των κωνικών δίσκων στο μπολ

Οι δίσκοι τοποθετούνται διαδοχικά (Σχήμα 19.4) επάνω στον βασικό «κορμό» (distributor, αρ. 16), ενώ πάνω από τον τελευταίο δίσκο τοποθετείται ο δίσκος κορυφής (top disk, αρ. 22), ο οποίος τους συγκρατεί σταθερά και οδηγεί το ελαιόλαδο προς την έξοδο, εκτός του διαχωριστήρα.³ Πάνω από τον δίσκο κορυφής (αρ. 22), τοποθετείται το καπάκι του μπολ (αρ. 23) το οποίο «σφραγίζει» όλο το σύστημα των δίσκων,

ΣΧΗΜΑ 19.4

Διάταξη κωνικών δίσκων στο μπολ κάθετου διαχωριστήρα (separetor bowl)³



Πηγή: Alfa Laval - Manual vertical separator Mod. 407

EIKONA 19.3

Διάταξη κωνικών δίσκων και βασικός κορμός διαχωριστήρα Gea Westfalia.¹



Πηγή: Φωτογραφικό αρχείο Βασ. Φραντζολά

EIKONA 19.4

Διάταξη κωνικών δίσκων διαχωριστήρα PIERALISI.



ενώ στην κορυφή αυτού βρίσκεται ο δακτύλιος ρύθμισης (αρ. 29). Τέλος, στην κορυφή τοποθετείται και ο χάλκινος κοχλιωτός δακτύλιος (αρ. 30), ο οποίος συγκρατεί σταθερά τον δακτύλιο ρύθμισης (αρ. 29). Ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του ελαιολάδου (ποικιλία, βαθμός ωριμότητας, κτλ.) και τη θερμοκρασία της ελαιοζύμης, γίνεται η επιλογή της διαμέτρου του κατάλληλου δίσκου ρύθμισης (αρ. 29), ο οποίος είναι καθοριστικός παράγοντας για την αποδοτική λειτουργία του διαχωριστήρα, καθώς ρυθμίζει την κρίσιμη ισορροπία μεταξύ της καθαρότητας του ελαιολάδου που εξέρχεται από τον ελαιοδιαχωριστήρα και των απωλειών ελαιολάδου προς τον κατσίγαρο. Από τον δίσκο ρύθμισης (αρ. 29) πραγματοποιείται η έξοδος του νερού –το οποίο προστίθεται από το άνω τμήμα του διαχωριστήρα κατά τη διάρκεια της φυγοκέντρισης– και της υγρασίας που περιέχεται στο ελαιόλαδο.

Η παραγωγική ικανότητα των διαχωριστήρων σε ελαιόλαδο κυμαίνεται στα 300-1.500 λίτρα/ώρα, ανάλογα με το μέγεθος του ελαιοδιαχωριστήρα. Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας, παρατηρούνται συνήθως μικρές διαφυγές ελαιολάδου στον αποβαλλόμενο κατσίγαρο, οι οποίες, όταν ο διαχωριστήρας είναι κατάλληλα ρυθμισμένος, δεν υπερβαίνουν τα 3,0 kg/τόνο ελαιολάδου (0,03%). Συνήθως, καταγράφονται απώλειες ελαιολάδου από 0,05% έως 0,1%, ενώ σε τυχόν μεγαλύτερες απώλειες απαιτείται έλεγχος καλής λειτουργίας των μηχανημάτων.

Σε μεγάλες μονάδες παραγωγής, κυρίως στην Ισπανία, συνήθως διατίθενται δύο τύποι κάθετων διαχωριστήρων, οι οποίοι λειτουργούν εν σειρά.

- Πρώτος καθαρισμός του θολού ελαιολάδου από την υγρασία και τα μικροσωματίδια τα οποία περιέχουν
- Διαχωρισμός των μικρών ποσοτήτων ελαιολάδου (περίπου 1%), τα οποία περιέχονται στα υγρά απόβλητα της προηγούμενης φάσης καθαρισμού. Οι παραλαμβανόμενες μικρές ποσότητες ελαιολάδου, λόγω χαμηλής ποιότητας, ουδέποτε αναμειγνύονται με τον κύριο όγκο του ελαιολάδου, το οποίο παραλαμβάνεται από τον πρώτο διαχωρισμό.

- Υπάρχει μεγαλύτερη συγκέντρωση φαινολικών συστατικών. Η προσθήκη νερού στα τριφασικά ντεκάντερ οδηγεί σε αυξημένη διαλυτότητα των φαινολών στην ελαιοζύμη, με αποτέλεσμα τη διαφυγή μεγαλύτερων ποσοτήτων με τα υγρά και στερεά απόβλητα της διαδικασίας.⁹
- Καταγράφεται αυξημένη αντίσταση στην οξείδωση, οφειλόμενη στον μεγαλύτερο αριθμό φαινολικών συστατικών.¹⁰
- Παρουσιάζουν ελαφρά χαμηλότερη οξύτητα (0,3 έναντι 0,2) και υπεροξειδία (3,5 έναντι 4,0)⁹
- Οι αισθήσεις του πικρού και του πικάντικου είναι εντονότερες, σημαντικό στοιχείο για ποικιλίες με χαμπλό φαινολικό προφίλ (π.χ. ποικιλίες Μανάκι, Μάκρης, Κουτσουρελιά, Arbequina).¹⁰
- Ελαιόλαδα, αντίθετα, από τριφασικό ντεκάντερ, παρουσιάζουν εντονότερα φρουτώδη αρώματα και υψηλότερες συγκεντρώσεις της πτητικής ένωσης (Z)-2-εξενάλη, στην οποία οφείλεται κυρίως η αίσθηση του φρεσκοκομμένου χόρτου.⁹
- Τα λιποφιλικά συστατικά, στερόλες, σκουαλένιο, α-τοκοφερόλη, β-καροτένιο, δεν φαίνεται να επηρεάζονται από την προσθήκη νερού κατά την τριφασική διαδικασία, παραμένοντας σε όμοια επίπεδα.¹⁰ Οι *F. Caronio et al.* αναφέρουν ότι σε τριφασικά ντεκάντερ παρατηρείται συγκέντρωση μεγαλύτερων ποσοτήτων τοκοφερολών και καροτενοειδών, ίσως λόγω της προσθήκης νερού η οποία ευνοεί τα λιποφιλικά αντιοξειδωτικά.⁹
- Τα διφασικά ντεκάντερ παράγουν μικρές ποσότητες υγρών αποβλήτων (κασίγαρος), συνήθως μικρότερες του 5%, γεγονός το οποίο καθιστά τη λειτουργία τους πλέον φιλική προς το περιβάλλον, και άρα ευκολότερη την αδειοδότησή τους.
- Καταναλώνουν μικρότερες ποσότητες ηλεκτρικής ενέργειας.

Αρνητικό σημείο για την επιλογή των διφασικών ντεκάντερ αποτελεί η σαφώς χαμηλότερη δυνατότητα οι-

κονομικής αξιοποίησης των πυρήνων, λόγω των περιεχομένων υψηλών ποσοστών υγρασίας.

20.4 | Ο διαχωρισμός της ελαιοζύμης στο τύμπανο

Μέσα στο τύμπανο, η ελαιοζύμη περιστρέφεται σε υψηλές ταχύτητες (1.500-3.500 στρ./λ., 2.500-5.000 στρ./λ. σε μικρής δυναμικότητας ντεκάντερ), με αποτέλεσμα οι τρεις φάσεις (πυρήνας, νερό, έλαιο) να διαχωρίζονται σε χρόνο 1-2 δευτερολέπτων. Η ελαιοζύμη υφίσταται δύο ειδών μηχανικές φορτίσεις: φυγόκεντρες δυνάμεις από την περιστροφή του τυμπάνου και προώθηση από τη συνεχή κίνηση των πτερυγίων του κοχλία μεταφοράς. Η ταχύτητα περιστροφής του τυμπάνου είναι σταθερή, ενώ του κοχλία μεταφοράς είναι δυνατόν να μεταβληθεί, μετά από διακοπή λειτουργίας του. Στα σύγχρονα ντεκάντερ μπορεί να μεταβληθεί κατά τη διάρκεια της λειτουργίας τους, εφόσον είναι εξοπλισμένα με «ινβέρτερ», μέσω του οποίου γίνεται μεταβολή της ηλεκτρικής συχνότητας. Με τον τρόπο αυτό ο χειριστής του μηχανήματος μπορεί να ρυθμίζει την ταχύτητα περιστροφής του κοχλία προσαρμοσμένη στα ρεολογικά χαρακτηριστικά της ελαιοζύμης (ιξώδες, θερμοκρασία κ.ά.). Είναι προφανές ότι μεγαλύτερη ταχύτητα περιστροφής έχει αποτέλεσμα την ανάπτυξη μεγαλύτερων φυγόκεντρων δυνάμεων και πιέσεων στην ελαιοζύμη, χωρίς αυτό όμως να συνεπάγεται μεγαλύτερο βαθμό εξαγωγής ελαιολάδου ή καθαρότερο προϊόν.

20.4.1 | ΔΙΑΦΟΡΙΚΗ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΝΤΕΚΑΝΤΕΡ

Το τύμπανο και ο κοχλίας μεταφοράς περιστρέφονται πάντοτε προς την ίδια κατεύθυνση, μέσω συστήματος από ηλεκτροκινητήρες και ιμάντες, ενώ ο κοχλίας μεταφοράς περιστρέφεται με ελαφρώς μικρότερη ταχύτητα από το τύμπανο (διαφορική ταχύτητα του ντεκάντερ, Δn). Η ρύθμιση της διαφοράς αυτής γίνεται είτε μέσω ιμάντων από δύο ξεχωριστούς ηλεκτροκινητήρες είτε με ηλεκτρονικά ρυθμιζόμενο σύστημα μετάδοσης της κίνησης στα δύο κινούμενα μέρη. Λόγω αυτής της μικρής διαφοράς ταχύτητας περιστροφής (π.χ. 20 στρ./λ.), επιτυγχάνεται η μεταφορά των στερεών καθιζημάτων από το κυλινδρικό προς το κωνικό τμήμα του θαλάμου και, στη συνέχεια, προς την έξοδο απόρριψης στην άκρη του κώνου.^{11,12} Η δι-

αφορική ταχύτητα περιστροφής Δn είναι κρίσιμο μέγεθος λειτουργίας, το οποίο ρυθμίζεται από τον χειριστή του ντεκάντερ, εκτιμώντας τα χαρακτηριστικά της ελαιοζύμης (υγρασία, κολλώδες, πυκνότητα), με αποτέλεσμα να μεταβάλλεται η απόδοση και ο βαθμός καθαρότητας του ελαιολάδου. Ανάλογα τον κατασκευαστή και τα χαρακτηριστικά της ελαιοζύμης, η διαφορική ταχύτητα μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ 5 και 50 στρ./λ. Όταν το ντεκάντερ λειτουργεί υπό χαμηλή διαφορική ταχύτητα, εκκενώνει την ελαιοζύμη με βραδύτερο ρυθμό, με αποτέλεσμα να παραμένει επί περισσότερο χρόνο στο τύμπανο, και επομένως να υφίσταται φυγόκεντρες δυνάμεις επί μεγαλύτερο χρόνο, ήτοι μεγαλύτερη συμπίεση. Δεν πρέπει να διαφεύγει την προσοχή ότι σε αυτή την περίπτωση ο χρόνος παραμονής της ελαιοζύμης στον μαλακτήρα μεγαλώνει, με ό,τι συνέπειες μπορεί να έχει αυτό.

Από τον χρόνο παραμονής των στερεών στο τύμπανο εξαρτώνται η υγρασία και το ελαιόλαδο που θα περιέχονται στον πυρήνα. Με την αυξομείωσή του επέρχεται μεταβολή των ποσοτήτων στερεών σωματιδίων τα οποία αποβάλλονται, επιτυγχάνοντας μεγαλύτερη διαύγεια στο ελαιόλαδο.¹³ Η μεταβολή της διαφορικής ταχύτητας Δn γίνεται με αυξομείωση της ταχύτητας του κοχλία μεταφοράς και σταθερή ταχύτητα περιστροφής του τυμπάνου. Με την αύξηση της διαφορικής ταχύτητας, αυξάνεται η απομάκρυνση των στερεών, αφού η ζώνη τους αποκτά ελάχιστο πάχος, χωρίς να προκαλεί όμως μειωμένη διαύγεια των υγρών από μετακινήσεις λεπτόκοκκων σωματιδίων. Βέλτιστη διαφορική ταχύτητα θεωρείται εκείνη με την οποία επέρχεται ισορροπία μεταξύ καθαρότητας του ελαιολάδου και απόδοσης σε ελαιόλαδο.¹³

Σε τριφασικά ντεκάντερ έχει παρατηρηθεί ότι με αύξηση της διαφορικής ταχύτητας Δn, π.χ. από 11 σε 16 rpm, παραλαμβάνονται ελαιόλαδα με εντονότερα φρουτώδη και υψηλότερες τιμές της trans(2)-εξενάλης, στην οποία αποδίδεται η αίσθηση του κομμένου χόρτου.⁹ Στα διφασικά ντεκάντερ έχει παρατηρηθεί ότι με την αύξηση της διαφορικής ταχύτητας Δn παραλαμβάνονται ελαιόλαδα με υψηλότερη την αίσθηση του πικάντικου ενώ περιέχουν περισσότερες πτητικές ενώσεις (αλδεϋδες).⁹

Αν μειωθεί η ταχύτητα περιστροφής του τυμπάνου, τα ελαιόλαδα παρουσιάζουν εντονότερη αίσθηση του πικρού, μεγαλύτερο αριθμό υπεροξειδίων, υψηλότερες τιμές K270 και υψηλότερη περιεκτικότητα σε προϊόντα οξείδωσης των πτητικών ενώσεων (αλδεϋδες).⁹

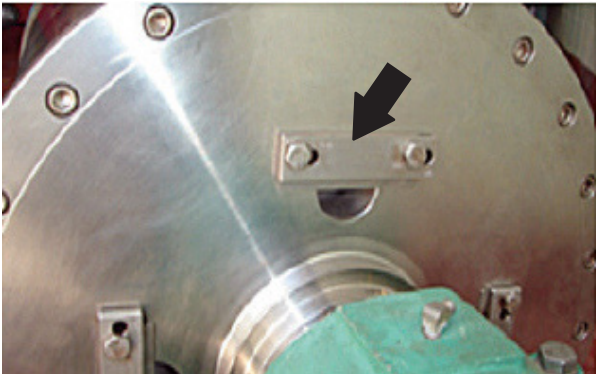
20.5 | Υπερχειλιστές (διαφράγματα)

Το ελαιόλαδο, διαχωριζόμενο στο τύμπανο, κατευθύνεται τελικά προς την κυλινδρική κεφαλή του θαλάμου, ρέοντας με τη δύναμη της βαρύτητας, και εξέρχεται από μικρές κυκλικές εξόδους, επάνω από ρυθμιζόμενα μεταλλικά ελάσματα, τα διαφράγματα («υπερχειλιστές»). Τα υγρά αποβάλλονται μαζί με τα στερεά και συλλέγονται από την ίδια έξοδο, στην αντίθετη, κωνική πλευρά του θαλάμου.

Τα διαφράγματα είναι μικρά ελάσματα, με τα οποία ρυθμίζεται το βάθος της λίμνης (βλ. Σχήμα 20.8) στο κυλινδρικό τμήμα του τυμπάνου και το πάχος δακτυλίου της δημιουργούμενης ζώνης του ελαιολάδου. Με την ρύθμιση των διαφραγμάτων επηρεάζεται ο βαθμός καθαρότητας του ελαιολάδου, καθορίζοντας ουσι-

EIKONA 20.3

Διαφράγματα και οπές εξόδου ελαιολάδου στην κεφαλή του τυμπάνου.



Πηγή: (πάνω) Flottweg Separation Technology, Inc.

Πηγή: (κάτω) Hiller Separation and Process

δο – γεγονός παράδοξο, αφού τμήμα των φαινολικών συστατικών έχει κατακρατηθεί και ανιχνεύεται εργαστηριακά στο φίλτρο. Πρόκειται, όμως, για εικονική αύξηση. Επειδή οι ενώσεις αυτές είναι γενικά αμφιφιλικές, βρίσκονται στην περιοχή επαφής μεταξύ νερού και ελαιολάδου (το γαλάκτωμα). Όταν το περιβάλλον είναι πίο πολικό (με περισσότερο νερό, όπως το αφιλτράριστο ελαιόλαδο), μειώνεται η προσρόφησή τους στον διαλύτη που χρησιμοποιείται για την παραλαβή τους από το ελαιόλαδο, με αποτέλεσμα να καταγράφεται μειωμένη περιεκτικότητα τους, συγκριτικά με το φιλτραρισμένο ελαιόλαδο. Αν η παραλαβή των φαινολικών συστατικών γίνει από το φιλτραρισμένο ελαιόλαδο με χρήση διαλύματος μεθανόλης-νερού (60/40), καθώς στο φιλτραρισμένο ελαιόλαδο υπάρχει εξ ορισμού μικρότερη ποσότητα νερού, οι φαινολικές ενώσεις είναι περισσότερο διαθέσιμες στον διαλύτη εκχύλισης, με αποτέλεσμα αυξημένη παραλαβή τους και επομένως φαινομενική αύξηση της συγκέντρωσής τους στο φιλτραρισμένο ελαιόλαδο.⁹ Ουσιαστικά, φαίνεται ότι με την απομάκρυνση της υγρασίας γίνεται μία «πύκνωση των φαινολών», με το μεγαλύτερο τμήμα τους να συγκεντρώνεται γύρω από τα απομένοντα μικροσταγονίδια νερού.¹⁰

21.7 | Οσφραντικά χαρακτηριστικά

Από καθαρά εμπορική άποψη τα οσφραντογενυστικά χαρακτηριστικά του ελαιολάδου είναι ο σημαντικότερος δείκτης ποιότητας. Η συντήρηση θολών, αφιλτράριστων ελαιολάδων σε μη ιδανικές συνθήκες φύλαξης δημιουργεί οργανοληπτικά ελαττώματα –όπως μούργα, οινώδες-οξώδες– πολύ νωρίτερα, συγκριτικά με φιλτραρισμένα ελαιόλαδα.¹⁴ Από την εξέταση 52 παρθένων ελαιολάδων, διαφόρων ιταλικών ποικιλιών, τα οποία αξιολογήθηκαν από πιστοποιημένο πάνελ δοκιμαστών, πριν και μετά το φιλτράρισμα σε 10 μέρες, 6 μήνες και 12 μήνες, βρέθηκε ότι αρχικά, στις 10 μέρες, δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά, πριν και μετά το φιλτράρισμα, στις εντάσεις του φρουτώδους, του πικρού και του πικάντικου. Αντίθετα, στους 6 μήνες –και περισσότερο στους 12 μήνες–, τα αφιλτράριστα ελαιόλαδα έδειξαν, συγκριτικά, σημαντικές μειώσεις στην ένταση του φρουτώδους, ενώ τα μισά παρουσίασαν οργανοληπτικό ελάττωμα, που τα υποβίβασε στην κατηγορία παρθένο.¹¹

Ο κυριότερος κίνδυνος από την πολύμηνη αυξημένη υγρασία των αφιλτράριστων ελαιολάδων προέρχεται από την ισχυρή πιθανότητα ανάπτυξης αναερόβιων ζυμώσεων λόγω των ενζύμων στο κατώτερο τμήμα του δοχείου αποθήκευσης, με αποτέλεσμα τη δημιουργία του οργανοληπτικού ελαττώματος «μούργα». Για την αποφυγή παρόμοιων αρνητικών φαινομένων είναι απαραίτητη η μετάγγιση σε άλλη δεξαμενή εντός 10 - 15 ημερών ή το φιλτράρισμα του ελαιολάδου με υδρόφιλο υλικό.¹²

Συμπερασματικά, το φιλτράρισμα του ελαιολάδου μειώνει αρχικά τις συνολικές φαινόλες, καθώς και τμήμα των πτητικών ενώσεών του, αλλά, μετά από περίοδο 6 ή 10 μηνών, τα φιλτραρισμένα ελαιόλαδα παρουσιάζουν καλύτερη αντιοξειδωτική συμπεριφορά (αποφυγή οργανοληπτικών ελαττωμάτων), λόγω απουσίας ζυμώσεων στη σχηματιζόμενη «μούργα», αλλά και υψηλότερη, πιο «καθαρή» αίσθηση του φρουτώδους, σε σύγκριση με τα αφιλτράριστα ελαιόλαδα.

21.8 | Μέσα φιλτραρίσματος

Το μέσο φιλτραρίσματος που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η παραγωγική του ικανότητα, το κόστος αγοράς και χρήσης, καθώς και τα ζητούμενα χαρακτηριστικά του ελαιολάδου. Για ελαιόλαδα υψηλής ποιότητας συνιστάται η χρήση ελαφρών συστημάτων –όπως π.χ. χαρτόφιλτρων (φίλτρων κυτταρίνης), φίλτρων πολυπροπυλενίου ή αδρανούς αερίου–, τα οποία προκαλούν μικρή μείωση στα φαινολικά συστατικά και την αίσθηση του φρουτώδους. Για το φιλτράρισμα μεγαλύτερων ποσοτήτων ελαιολάδου, σε βιομηχανικής κλίμακας εγκαταστάσεις, χρησιμοποιούνται σε πρώτη φάση, φίλτρα γης διατόμων και στη συνέχεια χαρτόφιλτρα για «λαμπικάρισμα», διαδικασία η οποία επιφέρει σημαντική ελάττωση των φαινολικών συστατικών –λόγω της χρήσης γης των διατόμων – και ως εκ τούτου, μειωμένη διάρκεια παραμονής στο ράφι. Το ποσοστό υγρασίας στο θολό ελαιόλαδο κυμαίνεται στο 0,2-0,5%, ενώ μετά από ένα αποτελεσματικό φιλτράρισμα οι τιμές κυμαίνονται στο 0,07-0,1%.

Το ελαιόλαδο το οποίο πρόκειται να φιλτραριστεί απευθείας μετά τον κατακόρυφο διαχωριστήρα ή και απευθείας από το ντεκάντερ, χωρίς προηγούμενη αποθήκευση, συνήθως παραμένει σε δεξαμενή προσωρινής διαύγασης, επί μικρό χρονικό διάστημα

(1-3 ημέρες), υπό ελεγχόμενη θερμοκρασία (20-22°C). Αυτό βοηθά σημαντικά τη διαδικασία φιλτραρίσματος λόγω της καθίζησης σημαντικής ποσότητας μικροσωματιδίων και υγρασίας.

Για την προσωρινή διαύγαση του ελαιολάδου, γίνεται χρήση μικρών δεξαμενών, οι οποίες έχουν κωνικό σχήμα στο κατώτερο τμήμα τους, για τη συγκέντρωση των μικροσωματιδίων, ώστε να είναι δυνατή η λήψη του διαυγασμένου ελαιολάδου από το ανώτερο, κυλινδρικό τμήμα του. Ακολουθεί φιλτράρισμα και φύλαξη υπό κατάλληλες συνθήκες.

Γενικότερα, σε μικρής παραγωγής ελαιοτριβεία, (200 – 500 κιλά ελαιολάδου ανά 8ωρο), μπορούν να εφαρμοστούν δύο μέθοδοι διαύγασης πριν το φιλτράρισμα.

Κατά την πρώτη, μετά το ντεκάντερ, το ελαιόλαδο κατευθύνεται σε δεξαμενή 150 - 300 κιλών, η οποία έχει κωνικό το κάτω τμήμα της, όπου παραμένει επί 48 ώρες και στη συνέχεια διοχετεύεται σε φίλτρο με χάρτινες πλάκες.

Κατά την δεύτερη, μετά το ντεκάντερ το ελαιόλαδο μεταφέρεται σε δεξαμενή μεσαίας χωρητικότητας (πχ. 500 κιλών) όπου παραμένει επί 4 ημέρες, σε χώρο ελεγχόμενης θερμοκρασίας. Στην συνέχεια μεταφέρεται σε άλλη δεξαμενή όπου παραμένει επί 4 ημέρες και στη συνέχεια διοχετεύεται για φιλτράρισμα. Απαιτείται προσοχή στην θερμοκρασία του ελαιολάδου προς φιλτράρισμα, να μην μειωθεί πέραν των 20°C, καθώς διαφορετικά θα προκληθούν προβλή-

ματα διαπερατότητας από τα χαρτόφιλτρα.

21.9 | Φίλτρο με υδρόφιλο βάμβακα

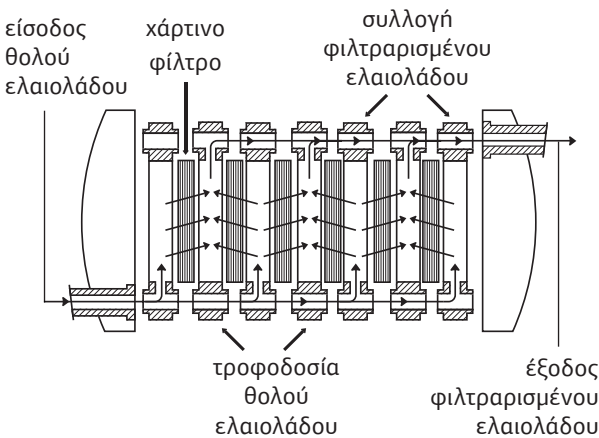
Από τα πιο απλά και παλαιά συστήματα φιλτραρίσματος· χρησιμοποιείται ακόμα σε ελαιοτριβεία. Το ελαιόλαδο φιλτράρεται με τη δύναμη της βαρύτητας μέσω στρωμάτων υδρόφιλου βάμβακα, τοποθετημένων σε μεταλλικές υποδοχές, με λεκάνη συλλογής στο κάτω τμήμα. Είναι μια πολύ αργή και διακοπτόμενη διαδικασία η οποία ενδείκνυται για τη συγκράτηση των μεγαλύτερων μικροσωματιδίων. Λόγω της πολυώρης επαφής με τον ατμοσφαιρικό αέρα, προκαλείται αλλοίωση στους οξειδωτικούς δείκτες (υπεροξειδία), ενώ αντιθέτως δεν παρατηρούνται σημαντικές μειώσεις φαινολικών στοιχείων.¹³

21.10 | Φίλτρο με πλάκες χαρτιού

Σύστημα χρησιμοποιούμενο κυρίως λόγω των καλών αποτελεσμάτων, της ταχύτητας και του σχετικά χαμηλού κόστους, εφόσον το ελαιόλαδο έχει θερμοκρασία άνω των 20°C, περίπου. Η διαδικασία ξεκινά με άσκηση πίεσης, η οποία υποχρεώνει το θολό ελαιόλαδο να διέλθει μέσω σειράς πλακών παρασκευασμένων συ-

ΣΧΗΜΑ 21.2

Διάγραμμα ροής ελαιολάδου μέσα από συστοιχία πλακών χάρτινων φίλτρων ¹⁵



Πηγή: Φωτογραφικό αρχείο Βασ. Φραντζολά

ελαιολάδου είναι συνήθως άνω των 35-40°C, αυξάνοντας την πιθανότητα εμφάνισης πλαστικοποιητών στο ελαιόλαδο. Αν πλαστικές συσκευασίες ή κατασκευές φέρουν το ειδικό σήμα «κατάλληλο για τρόφιμα», πρέπει ο κατασκευαστής να έχει πιστοποιήσει το υλικό με επικαιροποιημένη "Δήλωση Συμμόρφωσης", από κατάλληλο εργαστήριο, ότι το υλικό είναι κατάλληλο για χρήση με λιπαρές ύλες και πληροί τους αυστηρούς όρους που περιγράφονται στη σχετική νομοθεσία της ΕΕ, για τα πλαστικά τα οποία έρχονται σε επαφή με τρόφιμα.¹¹

Οι άσπρες πλαστικές δεξαμενές του 1 τόνου, σχήματος κύβου, με περιμετρική μεταλλική ενίσχυση, είναι κατάλληλες για τη μεταφορά και τη μικρού χρόνου αποθήκευση ελαιολάδου, μόνον αν ο κατασκευαστής τους αναγράφει, στις πλευρές τους, τις προδιαγραφές (DIN) και πιστοποιήσεις, βάσει των οποίων έχουν κατασκευαστεί. Σε κάθε περίπτωση, οι πλαστικές δεξαμενές και τα δοχεία αποθηκεύονται, έστω και προσωρινά, σε σκοτεινό χώρο, μακριά από το φως του ήλιου, ακόμα και κενά.

22.2.2 | ΛΕΥΚΟΣΙΔΗΡΑ ΔΟΧΕΙΑ

Διατίθενται συνήθως σε χωρητικότητες 5 L και 17 L. Αστοχίες στη χρήση τους έχουν εμφανιστεί λόγω ελαττωμάτων, προερχόμενων κυρίως από τα υλικά επικάλυψης της εσωτερικής τους όψης (επικασσιτέρωση). Επιτρέπεται η διακίνηση στη λιανική αγορά λευκοσιδηρών δοχείων των 5 L, με την αναγραφή όλων των στοιχείων του τυποποιητή/διακινητή. Τα λευκοσιδηρά δοχεία άνω των 5 L (συνήθως 17 L) επιτρέπεται να διακινούνται μόνο από παραγωγούς, με εκτυπωμένα επί αυτών τα φορολογικά τους στοιχεία. Απαγορεύεται ρητά, σύμφωνα με τη νομοθεσία, η διακίνησή λευκοσιδηρών δοχείων 17 L στη λιανική αγορά, στοχεύοντας στην προστασία των καταναλωτών από κρούσματα νοθείας και διακίνησης ποιοτικά υποβαθμισμένων ελαιολάδων.

22.2.3 | ΑΝΟΞΕΙΔΩΤΕΣ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ

Για την αποθήκευση ή μεταφορά ελαιολάδου σε δοχεία μεγαλύτερα των 5 L, το πλέον κατάλληλο υλικό είναι ο ανοξείδωτος χάλυβας. Είναι προτιμότερο να επιλέγεται πάντοτε ανοξείδωτος χάλυβας υψηλής αντοχής σε διάβρωση, κατηγορίας SAE 316, που να συνοδεύεται από πιστοποίηση του κατασκευαστή

περί καταλληλότητάς του για χρήση με τρόφιμα.

Τα ελαιοτριβεία με σύγχρονες προδιαγραφές ενδείκνυται να χρησιμοποιούν για τις αποθηκεύσεις και μεταφορές ελαιολάδων εντός του ελαιοτριβείου, αποκλειστικά, ανοξείδωτα δοχεία και δεξαμενές.

Εάν το ελαιόλαδο αποθηκεύεται σε ανοξείδωτες δεξαμενές βάρους 3-5 τόνων, σε περιορισμένο χώρο, η χρήση κλιματιστικών μηχανημάτων είναι η πλέον εύκολη και οικονομική λύση για τη διατήρηση ελεγχόμενης θερμοκρασίας. Αν πρόκειται περί μεγαλύτερων δεξαμενών, στεγασμένων σε χώρους μεγάλου ύψους (π.χ. 8 ή 12 μ.), συνήθως αυτές διαθέτουν διπλό τοίχωμα για την κυκλοφορία νερού (μανδύας), με δυνατότητα θέρμανσης ή ψύξης μέσω αντλίας θερμότητας. Σε κάθε περίπτωση, το κτίριο αποθήκευσης πρέπει έχει καλές μονώσεις στην οροφή και τους τοίχους, ενώ είναι απαραίτητος ο καλός φυσικός αερισμός του ή ο τεχνητός αερισμός με ανεμιστήρες στην οροφή ή σύστημα καναλιών εξαερισμού.

ΕΙΚΟΝΑ 22.1

Τροχήλατη βάση μεταφοράς ανοξείδωτων δεξαμενών εντός του ελαιοτριβείου.



Πηγή: Φωτογραφικό αρχείο Βασ. Φραντζολά

22.3 | Εξωτερικοί παράγοντες και οξειδωτικές αλλοιώσεις

Οι παράγοντες οι οποίοι ευθύνονται για αλλοιώσεις στο αποθηκευμένο ελαιόλαδο είναι:

- η άνοδος της θερμοκρασίας,
- η παρουσία αέρα (οξυγόνου),
- η έκθεση στο φως,
- η παρουσία νερού και μικροσωματιδίων
- και η έλλειψη κανόνων υγιεινής στη διαχείριση και αποθήκευσή του.

Η ταυτόχρονη δράση κάποιων εκ των παραπάνω παραγόντων έχει αποτέλεσμα την επιτάχυνση των αλλοιώσεων και την ταχύτερη υποβάθμισή του.

22.3.1 | ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ

Η ιδανική θερμοκρασία για μακροχρόνια αποθήκευση ελαιολάδου (18-24 μήνες) είναι 14-16°C, οπότε μειώνονται στο ελάχιστο οι οξειδωτικές αλλοιώσεις. Θερμοκρασίες μικρότερες των 12°C συνήθως προκαλούν κρυσταλλοποιήσεις των τριγλυκεριδίων¹² με αποτέλεσμα τη μερική στερεοποίησή του, δυσκολεύοντας σημαντικά τη διαχείρισή του. Παράλληλα, έχει παρατηρηθεί ότι σε θερμοκρασίες αποθήκευσης μεγαλύτερες των 14-16°C αρχίζουν να ενεργοποιούνται χημικές αντιδράσεις, οι οποίες σταδιακά υποβαθμίζουν την ποιότητα. Π.χ. σε περιβάλλον με θερμοκρασίες 24-25°C, μετά από χρόνο παραμονής 2-3 ημερών, σε υψηλής ποιότητας ελαιόλαδο (prime ελαιόλαδο) αρχίζουν να παρατηρούνται μικρές αλλοιώσεις ενώ, αν πρόκειται να αποθηκευτεί για διάστημα 2 μηνών πριν καταναλωθεί, η θερμοκρασία του δεν πρέπει να ξεπερνά τους 18°C.⁸

Όταν το ελαιόλαδο συντηρείται σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (καταψύξεως -20°C), επί χρονικό διάστημα 1 ή 2 ετών, έχει αποδειχθεί ότι, μετά την απόψυξη, σε θερμοκρασίες π.χ. 20°C, μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα (2-3 εβδομάδων) εμφανίζεται ταχύτατη υποβάθμισή του, κυρίως στην αίσθηση του φρουτώδους αλλά και στις αισθήσεις του πικρού και πικάντικου.

ΕΙΚΟΝΑ 22.2

Τυπική διάταξη μεγάλων ανοξείδωτων δεξαμενών αποθήκευσης ελαιολάδου.



Πηγή: Φωτογραφικό αρχείο Βασ. Φραντζολά

22.3.2 | ΕΚΘΕΣΗ ΣΤΟ ΦΩΣ

Έκθεση του ελαιολάδου στο φως προκαλεί φωτοοξείδωση, λόγω παρουσίας των φωτοευαίσθητων χρωστικών ουσιών χλωροφύλλης και καροτενοειδών, οι οποίες επιταχύνουν τη διαδικασία της οξείδωσης. Το φως και ιδιαίτερα η υπέρυθρη ακτινοβολία UV ενεργοποιούν το οξυγόνο επιταχύνοντας την οξείδωση των τριγλυκεριδίων.¹² Στις γυάλινες συσκευασίες, η φωτοοξείδωση εμποδίζεται σε μεγάλο βαθμό αν το γυαλί έχει μαύρο ή σκούρο πράσινο χρώμα. Σε κάθε περίπτωση, τα συσκευασμένα προϊόντα παραμένουν σε σκοτεινό, αεριζόμενο αποθηκευτικό χώρο. Πλαστικές φιάλες PET, σκούρου ή μαύρου χρώματος, μπορούν με ασφάλεια να χρησιμοποιηθούν για την τυποποίηση ελαιολάδου, καθόσον το παλαιότερο πρόβλημα της διείσδυσης αέρα μέσα από τα τοιχώματα της πλαστικής φιάλης έχει αντιμετωπιστεί, με την κατασκευή νέας τεχνολογίας PET, το οποίο δεν επιτρέπει την είσοδο οξυγόνου στο εσωτερικό της φιάλης, ενώ, επιπλέον, οι φιάλες με PET μπορεί να έχουν εξωτερικά και πρόσθετη επικάλυψη από ρητίνη.¹²

22.3.3 | ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ ΧΩΡΟΥ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ

Ο χώρος αποθήκευσης, εντός του ελαιοτριβείου ή αλ-

είναι τοποθετημένη η είσοδος της πτερωτής.

Υπάρχουν διαφορετικοί τύποι φυγοκεντρικών αντλιών, π.χ. ανάλογα με τον αριθμό των διαδοχικών πτερωτών (π.χ. δευτεροβάθμιες, τριτοβάθμιες), τη μέθοδο στεγανοποίησης μεταξύ άξονα και κελύφους, και πολλά άλλα στοιχεία που αφορούν την κατασκευαστική τους διαμόρφωση.

Κατά την εγκατάσταση φυγοκεντρικής αντλίας πρέπει να δίνεται προσοχή στα ακόλουθα:

α) η αντλία πρέπει να τοποθετείται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στη δεξαμενή που τροφοδοτεί και

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

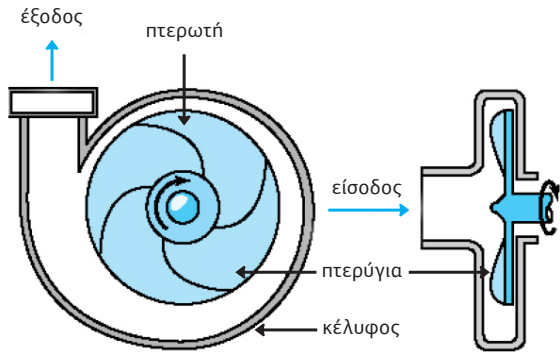
Οι φυγοκεντρικές αντλίες πρέπει να αποφεύγεται να χρησιμοποιούνται στην τροφοδοσία δεξαμενών με εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο, λόγω των ισχυρών στροβιλισμών που προκαλούνται, της μείξης με τον αέρα και της πιθανότητας δημιουργίας γαλακτωμάτων.³

23.2 | Ογκομετρικές ή θετικής μετατόπισης

Οι ογκομετρικές αντλίες, ή θετικής μετατόπισης, είναι ανοξείδωτες, περιστροφικές αντλίες, κατάλληλες για τη μεταφορά λεπτόρρευστων αλλά και παχύρρευστων

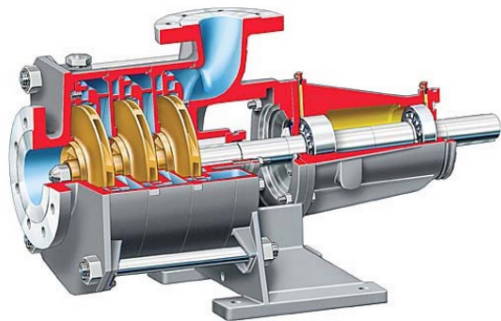
ΣΧΗΜΑ 23.2

Τα βασικά μέρη μιας φυγοκεντρικής αντλίας



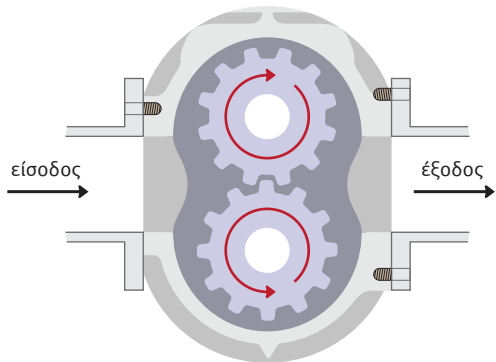
ΣΧΗΜΑ 23.3

Τομή αντλίας με τρία διαφράγματα, τριτοβάθμια αντλία.



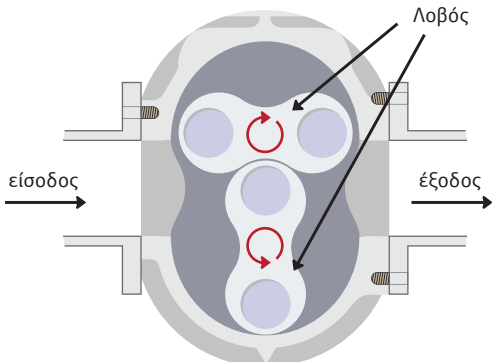
ΣΧΗΜΑ 23.4

Διάταξη οδοντωτής ογκομετρικής αντλίας



ΣΧΗΜΑ 23.5

Διάταξη ογκομετρικής λοβωτής αντλίας



υγρών, τα οποία μπορούν να περιέχουν και στερεά αιωρήματα. Διαθέτουν δύο ανοξείδωτες πτερωτές και είναι απολύτως κατάλληλες για την άντληση και μεταφορά ελαιολάδου και ελαιοζύμης. Διακρίνονται από μεγάλη αντοχή, είναι ακριβότερες από άλλους τύπους αντλιών αλλά απαιτούν πολύ μικρή συντήρηση.

Κάποιοι συνηθισμένοι τύποι αντλίας θετικής μετατόπισης είναι: παλινδρομική με έμβολα, περιστροφική με λοβούς ή περιστροφική με γρανάζια.

Οι αντλίες έχουν δύο πτερωτές με διάταξη οδοντωτών τροχών ή δύο λοβούς οι οποίοι περιστρέφονται μέσα στο κάλυμμα. Το κενό το οποίο δημιουργείται μεταξύ τους ή με το κάλυμμα 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 κυλούν 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 κοστολόγια συντήρησης.

23.3 | Αντλίες μονορουμπ

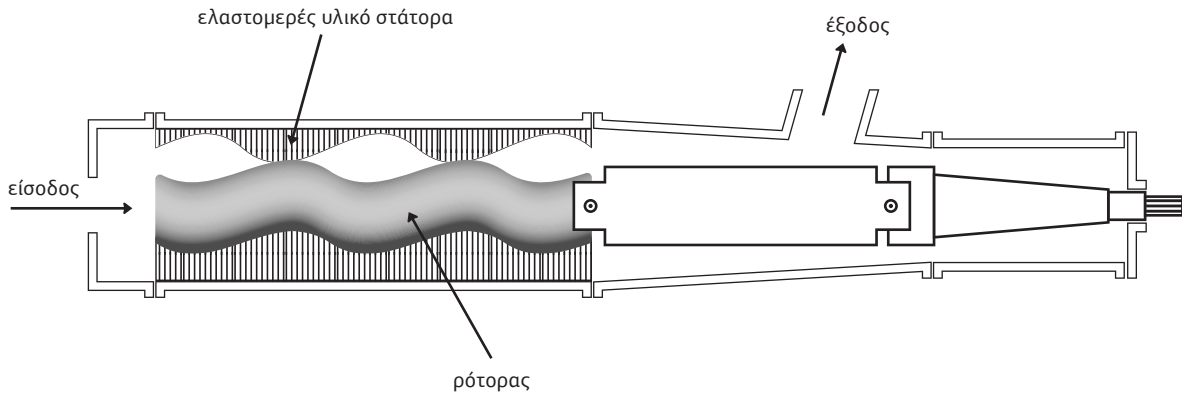
Για την άντληση ελαιολάδου και παχύρρευστων υγρών, όπως ελαιοζύμης ή πυρήνα με κασίγαρο, συχνά χρησιμοποιείται ένας διαφορετικός τύπος ογκομετρικής αντλίας. Ο τύπος αυτός ονομάζεται μονορουμπ και αποτελείται από μία περιστρεφόμενη ανοξείδωτη ευθύγραμμη πτερωτή ή ρότορα, με ελικοειδές σχήμα, η οποία κινείται μέσα σε σταθερό κυλινδρικό τμήμα με επένδυση από ελαστομερές υλικό. Το υγρό εισερχόμενο στον σωλήνα μεταφέρεται μέσα από τα διάκενα που δημιουργούνται με την περιστροφή του ρότορα.

Στον τομέα των ελαιοτριβείων οι αντλίες τύπου μονορουμπ παρουσιάζουν σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως:

1. Η μηχανική καταπόνηση στο υγρό μεταφοράς είναι πολύ ήπια.
2. Παρέχουν σταθερότητα πίεσης και ροής.

ΣΧΗΜΑ 23.6

Ενδεικτική διατομή αντλίας μονορουμπ



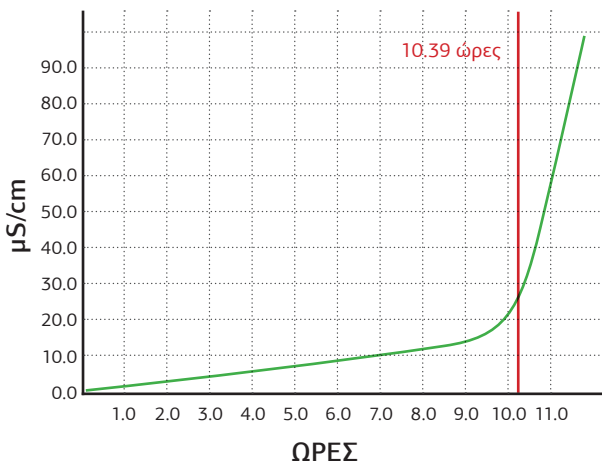
δια τα οποία είναι ασταθή προϊόντα. Στην τελευταία φάση της διαδικασίας διάσπασης, τα ένζυμα λυάσες διασπούν τα υδροϋπεροξειδία σε διάφορες πτητικές ουσίες (αλδεύδες, κετόνες, αλκοόλες) οι οποίες είναι υπεύθυνες για τις δυσάρεστες οσμές του ελαιολάδου. Πιό συγκεκριμένα, όπως αναφέρουν οι *M. Morales* και *R. Przybylski*,¹⁷ το ελαιόλαδο είναι μοναδικό καθόσον η ίδια ενζυματική διαδικασία με βάση άλλη κατηγορία υδροϋπεροξειδίων δημιουργεί τις ευχάριστες πτητικές ουσίες του χαρακτηριστικού του αρώματος. Αυτή η διαδικασία είναι η μόνη επιθυμητή περίπτωση οξείδωσης. Η ταχύτητα δράσης της λιποξυγενάσης (LOX) εξαρτάται από το pH και τη θερμοκρασία.¹⁴ Έχει βρεθεί ότι η δραστηριότητά της αρχίζει να μειώνεται σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 25°C, ακόμη περισσότερο δε πάνω από τους 30°C.¹⁵

24.3 | Οξειδωτική Σταθερότητα

Η ποιότητα του ελαιολάδου αναφέρεται στην τωρινή κατάσταση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του, ενώ η οξειδωτική σταθερότητα αφορά την αντίσταση του σε μελλοντικές αλλαγές στην ποιότητα του.¹² Λόγω της αργής εξέλιξης της οξειδωτικής υποβάθμισης, ο βαθμός οξείδωσης εκφραζόμενος με τους δείκτες απορρόφησης στο υπεριώδες K232 και K268 ή

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 24.2

Μέτρηση οξειδωτικής σταθερότητας δείγματος ελαιολάδου, θερμοκρασία 120°C, περίοδος επαγωγής 10.39 ώρες²⁰



270 και τον αριθμό υπεροξειδίων στα πρώτα στάδια της διαδικασίας, δίνει λίγες πληροφορίες για την μελλοντική συμπεριφορά του ελαιολάδου. Για τον λόγο αυτό η εκτίμηση της σταθερότητας του ελαίου έναντι μελλοντικής οξείδωσης, θεωρείται ότι έχει επίσης μεγάλη αξία και ενδιαφέρον ομοίως με τον βαθμό οξείδωσης του ελαίου.¹²

Το παρθένο ελαιόλαδο παρότι δεν υφίσταται καμία επεξεργασία ή επέμβαση με χημικά μέσα, επιδεικνύει σημαντική αντίσταση στην οξείδωση, η οποία οφείλεται κυρίως σε δύο λόγους: περιέχει σε υψηλή περιεκτικότητα μονοακόρεστα λιπαρά (οξειδώνονται δύσκολα) και σε μικρή περιεκτικότητα πολυακόρεστα λιπαρά (οξειδώνονται πολύ εύκολα) και επίσης περιέχει μια ομάδα ισχυρών αντιοξειδωτικών ουσιών, μεταξύ των οποίων οι φαινόλες διαδραματίζουν τον κυριότερο ρόλο.¹⁸

Η οξείδωση ξεκινά και εξελίσσεται με βραδύ ρυθμό αλλά στην συνέχεια σε κάποια χρονική στιγμή παρατηρείται απότομη αύξηση του ρυθμού της οξείδωσης (βλέπε διάγραμμα 24.2). Το χρονικό διάστημα μέχρις ότου αρχίσει η ταχεία επιτάχυνση της οξείδωσης, χαρακτηρίζεται ως «αντοχή στην οξείδωση» και συνήθως αναφέρεται ως επαγωγική περίοδος (Αγγλ. Induction time)¹² ή περίοδος «διάδοσης».¹⁹ Με την ολοκλήρωση της περιόδου επαγωγής, αρχίζει η παραγωγή δευτερογενών προϊόντων οξείδωσης τα οποία συνοδεύονται από δυσάρεστες οσμές και γεύσεις, εύκολα αναγνωρίσιμες όταν αυξηθεί η παρουσία τους. Τότε το δείγμα ελαιολάδου χαρακτηρίζεται ότι έχει εισέλθει πλέον σε φάση «ταγίσματος».

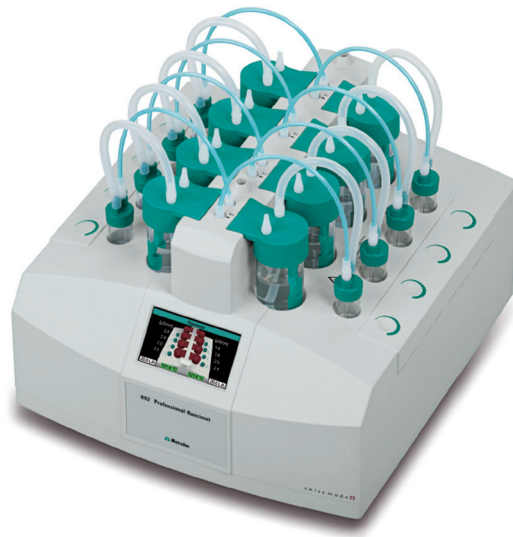
24.3.1 | ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗΣ ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑΣ

Για την εκτίμηση της οξειδωτικής σταθερότητας του ελαιολάδου, υπάρχουν διάφοροι μέθοδοι, όπως:

1. η αντίσταση του ελαιολάδου στην οξείδωση, σε συνθήκες αποθήκευσης, εκτιμώντας την διάρκεια ζωής του στο ράφι.
2. η συμπεριφορά του ελαιολάδου σε συνθήκες επαναλαμβανόμενων τηγανισμάτων σε υψηλές θερμοκρασίες.
3. η μέθοδος του φούρνου (Schaal), η οποία συνίσταται στην θέρμανση ποσότητας 50 γρ.

ΕΙΚΟΝΑ 24.1

Εργαστηριακή συσκευή μέτρησης Ο.Σ. (σε ώρες) - Rancimat Mod. fffr 892 Professional - Metrohm.



σε κλειστό μικρό γυάλινο δοχείο, σταθερά στους 63°C. Το δείγμα στη συνέχεια εξετάζεται κατά τακτά διαστήματα μέχρι να εμφανιστούν οι δείκτες ταγίσματος οι οποίοι έχουν τεθεί σαν όριο (π.χ. τα υπεροξειδία). Η μέθοδος δεν έχει προγνωστικές ικανότητες, δίνοντας πληροφορία μόνο για την οξειδωτική κατάσταση κατά την δοκιμή.

4. η μέθοδος Ενεργού Οξυγόνου (Αγγλ. AOM) όπου υπολογίζονται οι ώρες που απαιτούνται ώστε ένα δείγμα ελαιολάδου 20 γρ. να αποκτήσει μία συγκεκριμένη τιμή υπεροξειδίων (π.χ. 100 meq/kg), υπό τις συνθήκες που έχουν οριστεί για το τεστ. Ομοίως, δεν παρέχεται προγνωστική πληροφορία περί της μελλοντικής συμπεριφοράς του ελαίου.

Η πιο διαδεδομένη μέθοδος όμως, χρησιμοποιεί εμπορικά διαθέσιμα όργανα για τον προσδιορισμό της αντίστασης στην οξείδωση των ελαιολάδων, όπως τη συσκευή Rancimat και το όργανο Σταθερότητας Ελαίου (Oil Stability Instrument OSI, OMNI).

Και τα δύο όργανα, βασίζονται στην ίδια αρχή προσδιορισμού της οξειδωτικής αντίστασης, η οποία

πρακτικά γίνεται ως εξής:¹² Λαμβάνεται δείγμα ελαιολάδου 5 γρ. το οποίο διατηρείται σε σταθερή θερμοκρασία π.χ. 120°C και διοχετεύεται ρεύμα τελείως καθαρού αέρα, με σταθερή ταχύτητα, π.χ. 20 λίτρων/ώρα. Στη συνέχεια ο αέρας διοχετεύεται μέσα σε δοχείο το οποίο περιέχει απιονισμένο νερό, του οποίου γίνεται συνεχής μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Το ρεύμα αέρα λόγω της οξείδωσης του δείγματος ελαιολάδου, εμπλουτίζεται με διάφορα πτητικά οργανικά οξέα από το δείγμα, τα οποία εισερχόμενα στο νερό αυξάνουν την ηλεκτρική αγωγιμότητα του. Ως Δείκτης Σταθερότητας Ελαίου (Αγγλ. Oil Stability Index OSI), ορίζεται ο χρόνος σε ώρες που απαιτείται για να ολοκληρωθεί η επαγωγική περίοδος ή περίοδος «διάδοσης» με την ταυτόχρονη δραματική αύξηση της αγωγιμότητας του νερού από τα δευτερογενή προϊόντα της οξείδωσης.¹²

24.3.2 | ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΣΥΜΒΑΛΛΟΥΝ ΣΤΗΝ ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ

Οι παράγοντες οι οποίοι συμβάλλουν στην σταθερότητα του παρθένου ελαιολάδου έναντι της οξείδωσης, κατά τα στάδια παραγωγής και αποθήκευσης είναι:¹²

Εξωτερικοί παράγοντες: η επαφή με το φως, το οξυγόνο και η υψηλή θερμοκρασία πρέπει να αποφεύγονται, κατά το δυνατόν, καθόσον προάγουν την οξείδωση.

Ελεύθερα λιπαρά οξέα: χαμηλή περιεκτικότητα σε ελεύθερα λιπαρά οξέα (χαμηλή οξύτητα) συμβάλλει σε υψηλή αντοχή στην οξείδωση.

Φαινόλες: αυξημένη παρουσία φαινολικών στοιχείων, συνδυάζεται με αυξημένη οξειδωτική σταθερότητα.

Σύμφωνα με πρόσφατη μελέτη (2016), οι Ισπανοί ερευνητές *Al. Montano et al.*, διαπίστωσαν ότι εκτός των άλλων παραγόντων, ισχυρός παράγοντας διαμόρφωσης της Ο.Σ. είναι η περιεκτικότητα του ελαιολάδου στο πολυακόρεστο λινελαϊκό οξύ, ενώ η περιεκτικότητα σε φαινολικά συστατικά βρέθηκε ότι είναι σημαντική, περισσότερο όταν τα ελαιόλαδα έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε λινελαϊκό (>12.5%).²¹ Στην ίδια μελέτη αναφέρεται η θετική επίπτωση στην Ο.Σ. του ελαιολάδου όταν η συλλογή των καρπών γίνεται με τα χέρια έναντι της συλλογής με συλλεκτικές μη-

25. Αντιοξειδωτικές ουσίες ελαιολάδου

Οι αντιοξειδωτικές ουσίες στο ελαιόλαδο έχουν σημαντικό ρόλο για την υγεία του ανθρώπου αλλά και για το ίδιο το προϊόν. Πέρα από τις φαινόλες οι οποίες συμβάλλουν αποφασιστικά στη διατήρηση του προϊόντος στο ράφι, στο ελαιόλαδο συναντώνται και άλλες ουσίες που παρουσιάζουν έντονα αντιοξειδωτική δράση όπως το σκουαλένιο, οι τοκοφερόλες (βιταμίνη E) και οι χρωστικές ουσίες χλωροφύλλη 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), τερπένολες και τερπενικά οξέα (μασλινικό 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 ποικίλουν, 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), μετατρέπόμενα, 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).¹ 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.² Αντιθέτως, η ύπαρξη περισσότερων μονοακόρεστων λιπαρών στη σύσταση του ελαιολάδου (π.χ. ποικιλίες Κορωνέικη, Λιανολιά Κερκύρας) προσδίδει στο ελαιόλαδο μεγαλύτερη αντίσταση στην οξείδωση, κατά την 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 οξείδωση των λιπών και ελαίων, από διάφορους εσωτερικούς ή εξωτερικούς παράγοντες που ασκούν οξειδωτική δράση.

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 αντιοξειδωτική δράση όταν το πρωτογενές προϊόν της αυτοοξείδωσης φτάνει σε ένα συγκεκριμένο, κρίσιμο σημείο συγκεντρώσης. Αυτή η παρατήρηση μπορεί να είναι σημαντική για την εμπορική αξία του παρθένου ελαιολάδου.³

Ένα μόριο α-τοκοφερόλης μπορεί, δυνητικά, να προστατεύσει από την οξείδωση ίσως και 20.000 μόρια λιπαρών οξέων.⁴ 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.⁴ Επιπλέον, η α-τοκοφερόλη αποικοδο-

μείται 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 Τσιμίδου⁵, 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.⁶

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 ανθοκυανίνων. 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 μειώνεται στο ελαιόλαδο κατά 70-80%, ενώ η αρχική ποσότητα στον καρπό εξαρτάται από γενετικούς, δηλαδή ποικιλιακούς παράγοντες. Στα ελαιόλαδα πρόσφατης παραγωγής δεν έχουν αναπτυχθεί φαιοφυτίνες, αλλά εμφανίζονται αργότερα κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους. Η ποσότητα φαιοφυτίνης, λοιπόν, είναι ένας καλός δείκτης για τις συνθήκες φύλαξης του ελαιολάδου, οπότε περιλαμβάνεται συνήθως σε χημικές εξετάσεις για την περαιτέρω διερεύνηση της ποιότητας του αποθηκευμένου ελαιολάδου.

25.3.5 | ΚΑΡΟΤΕΝΟΕΙΔΗ

Τα καροτενοειδή προσδίδουν στο ελαιόλαδο το χαρα-

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.

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, προσφέροντας και 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, ανεβάζοντας έτσι τον δείκτη ποιότητάς του.

26.2 | Κριτήρια γνησιότητας

26.2.1 | ΣΥΣΤΑΣΗ ΛΙΠΑΡΩΝ ΟΞΕΩΝ

Σύσταση λιπαρών οξέων (μονάδα μέτρησης: % της επιμέρους τους σύστασης): Τα λιπαρά οξέα αποτελούν τα βασικά συστατικά κάθε ελαίου και η ποσοστιαία επιμέρους τους σύσταση 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 πίνακα 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 περιοχή καλλιέργειας παίζει ρόλο, αλλά σε μικρότερο βαθμό. Στην Ελλάδα δεν συναντώνται ελαιόλαδα με πολύ χαμηλά ποσοστά (55%) ελαϊκού οξέος. Ιδιαίτερα η Κορωνέικη ποικιλία έχει μονοακόρεστα λιπαρά άνω του 70% και σε πολλές περιπτώσεις κοντά στο 80%. Σύμφωνα με τον κανονισμό 432/2012 της Ευρωπαϊκής Ένωσης, οι παραγωγοί τυποποιημένου ελαιολάδου μπορούν να χρησιμοποιούν τον διατροφικό ισχυρισμό υγείας για το ελαϊκό οξύ, ο οποίος διατυπώνεται ως εξής: «Η αντικατάσταση κορεσμένων λιπών στη διατροφή με ακόρεστα λιπαρά συμβάλλει στη διατήρηση των φυσιολογικών επιπέδων χοληστερόλης στο αίμα». Ο ισχυρισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για τρόφιμα που έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε ακόρεστα λιπαρά οξέα, σύμφωνα με τον ισχυρισμό «ΥΨΗΛΗ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΑΚΟΡΕΣΤΑ ΛΙΠΑΡΑ», όπως αυτός παρατίθεται στο παράρτημα του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1924/2006.

26.2.2 | ΔΙΑΦΟΡΑ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗΣ-ΘΕΩΡΗΤΙΚΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΤΡΙΓΛΥΚΕΡΙΔΙΑ, ΜΕ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΑΡΙΘΜΟ ΑΝΘΡΑΚΩΝ (ECN) 42 Η ΔΕCN42

Διαφορά πραγματικής-θεωρητικής περιεκτικότητας σε τριγλυκερίδια, με ισοδύναμο αριθμό ανθράκων (ECN) 42 ή ΔΕCN42 (χωρίς μονάδα μέτρησης): Πρόκειται για τον συνδυασμό δύο αναλύσεων: της ανάλυσης της σύστασης των λιπαρών οξέων με αέρια χρωματογραφία και της ανάλυσης των τριγλυκεριδίων με την τεχνική της υγρής χρωματογραφίας. Τα τριγλυκερίδια, τα οποία είναι τα βασικά συστατικά του ελαιολάδου (αποτελούν μέχρι και το 98-99% του), μπορούν να διαχωριστούν ανάλογα με τον ισοδύναμο αριθμό ανθράκων (ECN). Έτσι έχουμε τριγλυκερίδια με ECN 42, 44, 46, 48 και 50. Έχει βρεθεί ότι το ελαιόδεντρο, κατά τη δημιουργία του ελαιολάδου στον καρπό της ελιάς, κατανέμει τα λιπαρά

οξέα με συγκεκριμένο τρόπο στα τριγλυκερίδια και, συνεπώς, γνωρίζοντας τη σύσταση των λιπαρών οξέων μπορούμε να προβλέψουμε θεωρητικά και τη σύσταση των τριγλυκεριδίων του.

Σε αυτή την αρχή βασίζεται η συγκεκριμένη ανάλυση. Αρχικά προσδιορίζεται η θεωρητική περιεκτικότητα σε τριγλυκερίδια με ECN42, με τον προσδιορισμό της σύστασης των λιπαρών οξέων. Κατόπιν, με την τεχνική της υγρής χρωματογραφίας, προσδιορίζεται η πραγματική περιεκτικότητα σε τριγλυκερίδια με ECN42. Όταν δεν υπάρχει νοθεία, οι δύο περιεκτικότητες, η θεωρητική και η πραγματική, έχουν πολύ μικρή διαφορά, τόση όση καθορίζεται με τα όρια για την κάθε κατηγορία ελαιολάδου (βλέπε πίνακα 1). Όταν το ελαιόλαδο είναι αναμεμειγμένο, ειδικά με ξένα έλαια, η διαφορά της θεωρητικής με την πραγματική περιεκτικότητα σε τριγλυκερίδια με ECN42 αυξάνεται, καταδεικνύοντας έτσι τη νοθεία.

Η συγκεκριμένη τεχνική είναι πολύ πιο ευαίσθητη, από τον απλό προσδιορισμό της σύστασης των λιπαρών οξέων, στην ανίχνευση νοθείας με σπορέλαιο. Δεν έχει όμως σχεδόν καμία εφαρμογή στην ανίχνευση πρόσμειξης διαφορετικής κατηγορίας ελαιολάδων, όπως για παράδειγμα στην πρόσμειξη παρθένου και/ή λαμπάντε (μειονεκτικού παρθένου) ελαιολάδου ή ραφινέ ελαιολάδου με εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο.

26.2.3 | ΤΑ ΣΤΙΓΜΑΣΤΑΔΙΕΝΙΑ

Τα στιγμασταδιένια (μονάδα μέτρησης: mg/kg ελαιολάδου) είναι ένα πολύ ισχυρό αναλυτικό εργαλείο για την ανίχνευση νοθείας, με οποιοδήποτε ραφιναρισμένο έλαιο. Γι' αυτό και έχει εφαρμογή μόνο στις κατηγορίες του παρθένου ελαιολάδου, δηλαδή στο εξαιρετικό παρθένο, το παρθένο, το μειονεκτικό παρθένο (λαμπάντε) αλλά και το ακατέργαστο πυρηνέλαιο.

Κατά τη διάρκεια του ραφιναρίσματος τα έλαια περνούν από το στάδιο του αποχρωματισμού. Εκεί, προκειμένου να απαλλαγούν από το ανεπιθύμητο άσχημο χρώμα τους, αναμειγνύονται με αποχρωστική γη σε σχετικά υψηλή θερμοκρασία (~90°C). Κατά τη διαδικασία αυτή η β-σιτοστερόλη, η κυριότερη στερόλη των ελαίων, αφυδατώνεται και μετατρέπεται σε στιγμασταδιένια. Τα στιγμασταδιένια μπορεί να βρεθούν στα παρθένα έλαια, αλλά σε πολύ μικρές ποσότητες, όπως φαίνεται και στον πίνακα 1, όπου δίνονται τα μέγιστα όρια των στιγμασταδιενίων για κάθε κατηγορία ελαιολάδου. Ποσότητες πάνω από τα όρια αυτά προδί-

δουν την παρουσία ραφιναρισμένων ελαίων. Όσο πιο έντονο το χρώμα του ελαίου τόσο εντατικότερος αποχρωματισμός του απαιτείται, κάτι που οδηγεί σε αύξηση των στιγμασταδιενίων. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι το ακατέργαστο πυρηνέλαιο, του οποίου η περιεκτικότητα σε στιγμασταδιένια μετά τον αποχρωματισμό είναι τόσο υψηλή, που σε πολλές περιπτώσεις η παρουσία του στα παρθένα ελαιόλαδα ανιχνεύεται ακόμη και σε ποσοστό 0,1%. Έτσι, ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται στην περίπτωση που διαφορετικά είδη ελαίων τυποποιούνται σε μια κοινή γραμμή, διότι τότε, ακόμη και αν δεν υπάρχει η πρόθεση για νοθεία, η πιθανότητα «μόλυνσης» των παρθένων ελαιολάδων με ραφιναρισμένα έλαια, και συνεπώς η αύξηση της περιεκτικότητάς τους με στιγμασταδιένια, δημιουργεί σοβαρά προβλήματα στις τυποποιητικές μονάδες.

26.2.4 | ΟΛΙΚΕΣ ΣΤΕΡΟΛΕΣ

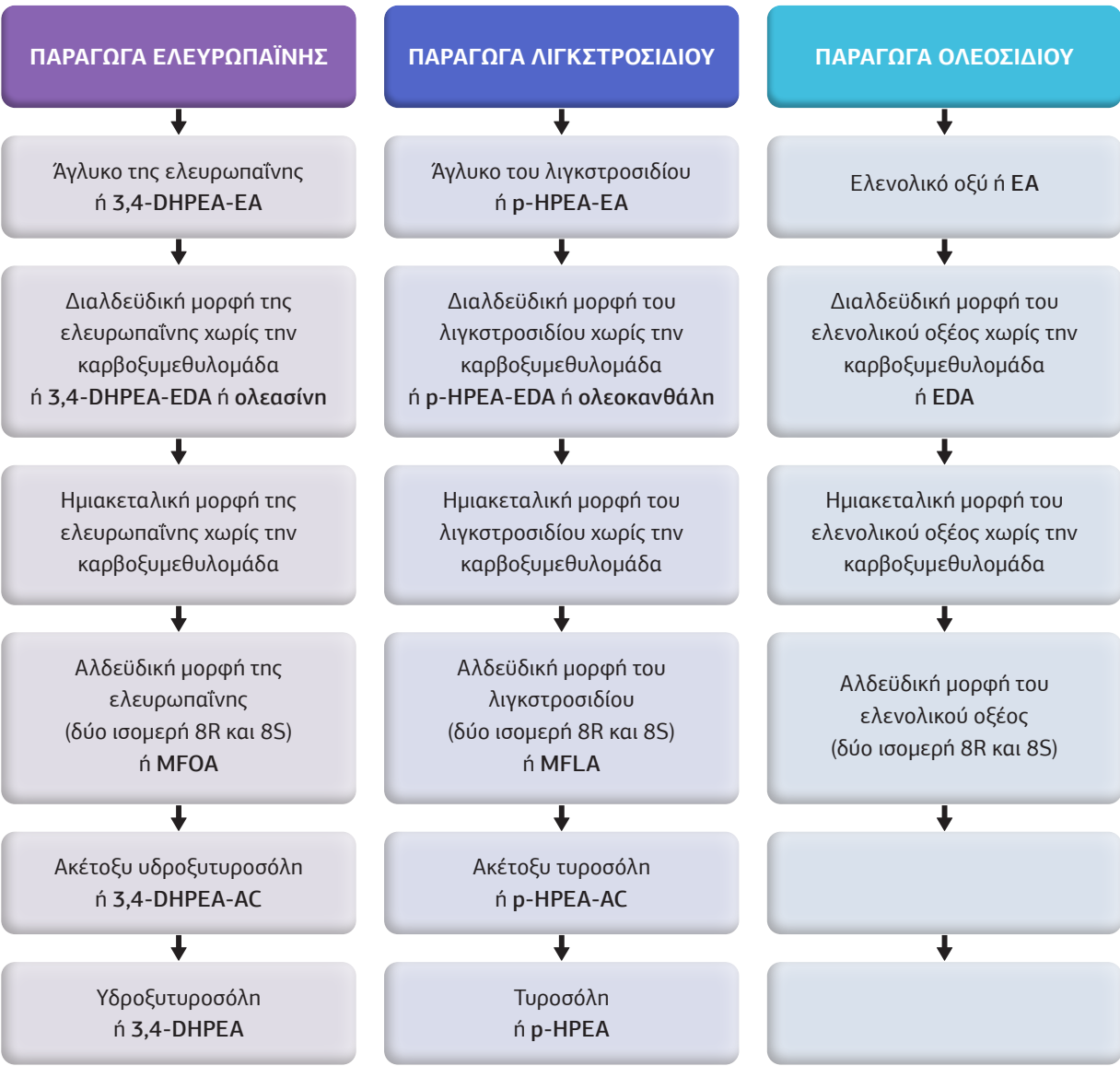
Ολικές στερόλες και σύστασή τους, συμπεριλαμβανομένων και των ενώσεων ερυθροδιόλη και ουβάολη (μονάδα μέτρησης για την περιεκτικότητα σε στερόλες: mg/kg ελαιολάδου, ενώ για τη σύστασή τους η % αναλογία τους): Η σύσταση του στερολικού κλάσματος του ελαιολάδου είναι πολύ ιδιαίτερη και διαφέρει έντονα από αυτήν άλλων ελαίων, με αποτέλεσμα εδώ και πολλά χρόνια να χρησιμοποιείται ως ένα πολύ δυνατό αναλυτικό εργαλείο για την ανίχνευση παρουσίας των τελευταίων.

Η περιεκτικότητα σε ολικές στερόλες εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την ποικιλία, αλλά μπορεί να επηρεαστεί ακόμη και σε σημαντικό βαθμό από τις περιβαλλοντικές συνθήκες αλλά και το στάδιο ωρίμανσης του ελαιοκάρπου. Υπάρχουν ποικιλίες που, όταν συλλέγονται νωρίς, η βιοσύνθεση των στερολών δεν έχει προλάβει να ολοκληρωθεί από το δέντρο, με αποτέλεσμα η περιεκτικότητα σε στερόλες να είναι μικρότερη του ελάχιστου επιτρεπόμενου ορίου και έτσι να δημιουργείται πρόβλημα με την εμπορία αυτών των ελαιολάδων. Καθώς δεν υπάρχει ανώτατο –παρά μόνο ελάχιστο– όριο στην περιεκτικότητα σε στερόλες, η χρήση αυτής της παραμέτρου περιορίζεται στην ανίχνευση νοθείας με έλαια που έχουν χαμηλή περιεκτικότητα στερολών, όπως το φοινικέλαιο.

Σε αντίθεση, η χρήση της εκατοστιαίας σύστασης των επιμέρους στερολών (του στερολικού προφίλ δηλαδή) είναι πολύ χρήσιμη για την ανίχνευση αλλά και την ταυτοποίηση του είδους της νοθείας –ιδιαίτε-

ΠΙΝΑΚΑΣ 27.3

Οι σεκοϊριδοειδείς ενώσεις και τα παράγωγά τους στο ελαιόλαδο



υδροξυτυροσόλη, ενώ πρόσφατα στο ελαιόλαδο ανιχνεύτηκε η ομοβανιλλική αλκοόλη.

Κύρια φαινόλη του ελαιολάδου είναι η υδροξυτυροσόλη (3,4-διυδροξυ-τυροσόλη), η οποία προέρχεται από την υδρόλυση της ελευρωπαΐνης και των παραγώγων της κατά την ωρίμανση του καρπού. Από έρευνες διαπιστώθηκε ότι, κατά την εξαγωγή του ελαιολάδου, οι μικροοργανισμοί, οι οποίοι παραμένουν ενεργοί, συνεχίζουν το έργο της υδρόλυσης, η οποία συνεχίζεται

κατά την αποθήκευση του ελαιολάδου. Έτσι, ελαιόλαδα τα οποία παραμένουν στο ράφι αρκετό καιρό περιέχουν ελάχιστες ποσότητες σεκοϊριδοειδών και μεγάλες ποσότητες ελεύθερης τυροσόλης και υδροξυτυροσόλης.

Η ελεύθερη υδροξυτυροσόλη και η ακετοξυ-υδροξυτυροσόλη είναι τα πλέον αποτελεσματικά αντιοξειδωτικά όσον αφορά τη συντήρηση του ελαιολάδου, ακόμα και σε σχέση με τα άλλα παράγωγα της ελευρωπαΐνης, ξεπερνώντας κατά πολύ τη δράση κλασι-

κών αντιοξειδωτικών όπως το BHT, το trolox και η α-τοκοφερόλη. Η υδροξυτυροσόλη επίσης παρουσιάζει ισχυρή αντιμικροβιακή (σε μικρότερες ποσότητες από την αμοξυκιλλίνη) αλλά και αντιφλεγμονώδη δράση, ενώ εμποδίζει την οξείδωση της LDL. Ωστόσο η φαινόλη η οποία έχει την υψηλότερη συγκέντρωση στο ελαιόλαδο είναι η τυροσόλη, η οποία όμως λόγω της μειωμένης αντιοξειδωτικής της δράσης δεν συμβάλλει σημαντικά στη σταθερότητα του ελαιολάδου.

27.3.3 | ΦΑΙΝΟΛΙΚΕΣ ΑΛΔΕΥΔΕΣ

Η πιο σημαντική φαινολική αλδεϋδη η οποία έχει ανιχνευτεί στο ελαιόλαδο είναι η βανιλίνη. Η φαινόλη αυτή εμφανίζεται κυρίως σε έλαια που προέρχονται από άγουρες ελιές.

27.3.4 | ΣΕΚΟΪΡΙΔΟΕΙΔΕΙΣ ΕΝΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΗΣ ΕΝΖΥΜΙΚΗΣ ΤΟΥΣ ΥΔΡΟΛΥΣΗΣ

Η ελευρωπαΐνη και το λιγκστροσίδιο είναι ενώσεις ευδιάλυτες στο νερό και έτσι το μεγαλύτερο ποσοστό τους, όπως αναφέρθηκε, απομακρύνεται κατά την εξαγωγή του ελαιολάδου, με τα απόνερα. Όμως τα προϊόντα αποσύνθεσής τους ανιχνεύονται στο ελαιόλαδο και μάλιστα σε σημαντικές ποσότητες. Τα παράγωγα των σεκοϊριδοειδών ενώσεων και οι ονομασίες τους αναφέρονται αναλυτικά στον πίνακα 27.3. Τα παράγωγα του λιγκστροσιδίου και της ελευρωπαΐνης τα οποία αναφέρονται στον πίνακα 27.3 ανήκουν όλα στην κατηγορία των φαινολικών ενώσεων. Τα παράγωγα του ολεοσιδίου (ελενολικό οξύ) λαμβάνονται μαζί με τις πολικές φαινόλες, όμως το ίδιο δεν αποτελεί φαινολική ένωση. Η παρουσία του ωστόσο είναι σημαντική και μελετάται μαζί με τις φαινολικές ενώσεις, αφού αποτελεί τμήμα της ελευρωπαΐνης και παρουσιάζει έντονες βιοδραστικές ιδιότητες.

Οι κύριες αντιμικροβιακές ενώσεις στο ελαιόλαδο είναι η ολεασίνη (3,4-DHPEA-EDA) και η ολεοκανθάλη (p-HPEA-EDA), αφού παρουσιάζουν ισχυρή αντιμικροβιακή δράση, όπως και το αντίστοιχο παράγωγο της ολεασίνης (EDA), συμβάλλοντας στη διατηρησιμότητα του ελαιολάδου. Οι ενώσεις αυτές δεν έχουν ανιχνευτεί ποτέ στους καρπούς, έτσι η παρουσία τους στο ελαιόλαδο είναι συνέπεια πιθανώς ενζυμικής δραστηριότητας μετά τη συγκομιδή.

Ιδιότητες της ολεοκανθάλης:

Η ονομασία της ολεοκανθάλης (oleocanthal: oleo - από την ελιά, canth - από το αγκάθι, al - ως αλδεϋδη) προήλθε εύστοχα από τους *Beauchamp et al.*, λόγω του καψίματος στον λαιμό το οποίο προκαλεί η κατανάλωσή της.⁴ Οι ίδιοι ανέφεραν για πρώτη φορά τις αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες της ολεοκανθάλης με δράση παρόμοια με εκείνη της ιβουπροφαίνης.¹⁰

Ιδιότητες της ολεασίνης:^E

Η ολεασίνη έχει αντιυπερτασικές και καρδιοπροστατευτικές ιδιότητες,¹¹ ενώ παρουσιάζει ισχυρές αντιοξειδωτικές ιδιότητες.

27.3.5 | ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΕΙΣ ΕΝΩΣΕΙΣ (ΑΝΘΟΚΥΑΝΙΝΕΣ ΦΛΑΒΟΝΟΛΕΣ Κ.Α.)

Οι φλαβονοειδείς ενώσεις είναι μια σημαντική κατηγορία φυσικών προϊόντων και απαντούν συνήθως σε φρούτα και λαχανικά. Είναι υπεύθυνες για το χρώμα και το άρωμα των λουλουδιών και των φρούτων, καθώς και για την προσέλκυση επικονιαστών, ενώ βοηθούν στη βλάστηση των σπόρων και την ανάπτυξη των φυτών, αλλά λειτουργούν και ως μοναδικά φίλτρα υπεριώδους ακτινοβολίας, αποτοξινωτικά μέσα και αντιμικροβιακές αμυντικές ενώσεις. Τα φλαβονοειδή μπορεί να έχουν ευεργετικά αποτελέσματα για πολλές ασθένειες, συμπεριλαμβανομένου του καρκίνου, των καρδιαγγειακών παθήσεων και των νευροεκφυλιστικών διαταραχών. Οι κύριες φλαβονοειδείς ενώσεις στο παρθένο ελαιόλαδο είναι η λουτεολίνη και η απιγενίνη, ενώ στον καρπό απαντούν συχνότερα ενωμένες με σάκχαρα.

Στο ελαιόλαδο η περιεκτικότητα των φλαβονοειδών ενώσεων εξαρτάται κυρίως από την ποικιλία της ελιάς και το στάδιο ωρίμανσής της, λιγότερο δε από την ελαιοκομική περίοδο. Η ποσότητά τους εξαρτάται από την ποικιλία της ελιάς. Η περιεκτικότητα της λουτεολίνης είναι πάντοτε μεγαλύτερη αυτής της απιγενίνης. Οι συγκεκριμένες^{ΣΤ} ενώσεις έχει αποδειχθεί ότι διαθέτουν αντιοξειδωτικές και αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες, ενώ έχουν μελετηθεί ως αντικαρκινικοί παράγοντες σε διάφορες μορφές καρκίνου. Η απιγενίνη επίσης βοηθά στη βελτίωση των καρδιαγγειακών παθήσεων, διεγείρει το ανοσοποιητικό σύστημα, ενώ η λουτεολίνη παρουσιάζει αντιαλλεργικές ιδιότητες.

ΠΙΝΑΚΑΣ 28.1

Συσχέτιση των αρωματικών συστατικών με όρους που χρησιμοποιούνται στην οργανοληπτική αξιολόγηση του παρθένου ελαιολάδου.¹

					
ΑΛΔΕΥΔΕΣ		ΑΛΚΟΟΛΕΣ		ΕΣΤΕΡΕΣ	
(Z)-2-πεντενάλη	βότανα, ευχάριστη	εξαν-1-όλη	φρουτώδες, αρωματικό, κομμένο γρασίδι	προπιονικός αιθυλεστέρας	γλυκό, φράουλα, μήλο
(E)-2-πεντενάλη	πράσινο μήλο, άνθη	(E)-2-εξεν-1-όλη	βότανα, φύλλο, φρουτώδες	ισοβουτυρικός αιθυλεστέρας	φρουτώδες
προπανάλη	γλυκιά, άνθη	αιθανόλη	ώριμο μήλο	2-μεθυλο-βουτυρικός αιθυλεστέρας	φρουτώδες
εξανάλη	πράσινη, μήλο, κομμένο γρασίδι	(Z)-3-εξεν-1-όλη	μπανάνα, φύλλο, βότανα, φρουτώδες	3-μεθυλο-βουτυρικός αιθυλεστέρας	φρουτώδες
(E)-2-εξενάλη	αμύγδαλο, βότανα, πράσινο μήλο	(E)-3-εξεν-1-όλη	φρουτώδες, κομμένο γρασίδι	οξικός (Z)-3-εξενυλεστέρας	πράσινη μπανάνα, φρουτώδες, πράσινο, πράσινο φύλλο, άνθη
2,4-εξαδιενάλη	κομμένο γρασίδι			οξικός	γλυκό, άνθη, φρουτώδες
(Z)-2-εξενάλη	κομμένο γρασίδι			οξικός 3-μεθυλ-βουτυλ-εστέρας	μπανάνα
(Z)-3-εξενάλη	πράσινη ντομάτα, αγκινάρα, βότανα, άνθη, πράσινο φύλλο, μήλο, κομμένο γρασίδι				

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.^{5,17} Αντίθετα, οι C7-C11 μονοακόρεστες αλδεΐδες, τα C6-C10 διένια, οι C5 διακλαδισμένες αλδεΐδες και αλκοόλες και οι C8 κετόνες σχετίζονται με οργανοληπτικά ελατώματα.⁵

Οι περιγραφικοί όροι που χρησιμοποιούνται στην οργανοληπτική ανάλυση και η συσχέτιση τους με τις συνηθέστερες ευχάριστες πτητικές ενώσεις δίνονται στον πίνακα 28.1.

Αυτή η ποικιλία θετικών αρωματικών οσφρητικών αισθήσεων προσδίδει πολυπλοκότητα και υπεροχή, καθιστώντας το παρθένο ελαιόλαδο ένα μοναδικό φυσικό προϊόν. Στους περισσότερους θετικούς αρωματικούς όρους (πίνακας 28.1) κυριαρχούν οι ενώσεις C6 και C5 (κυρίως αλδεΐδες). Αυτό είναι χαρακτηριστικό των ελαιολάδων υψηλής ποιότητας. Αυτό είναι χαρακτηριστικό 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 (OT), 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 (Z3)-εξενάλη έχει τιμή κατωφλίου οσμής 3 μg/kg ελαίου, ενώ η (E2)-εξενάλη κυμαίνεται από 420 έως 1.125 μg/kg ελαίου.⁸ Αυτό σημαίνει πως η (Z3)-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 υποστρώ-

ματος μπορούν να επηρεάσουν την αλληλεπίδραση ενός πτητικού μορίου με τους οσφρητικούς 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.⁹ 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.⁵

28.4 | Παράγοντες που επηρεάζουν τα θετικά και αρνητικά αρωματικά χαρακτηριστικά

Ο σχηματισμός αρωματικών ενώσεων με θετικές ιδιότητες στο παρθένο ελαιόλαδο γίνεται μέσα από το ονομαζόμενο "μονοπάτι LOX". Η ποσότητα των ενζύμων που εμπλέκονται σε αυτή την διαδικασία εξαρτάται από την ποικιλία της ελιάς. Ωστόσο, η δραστηκότητά 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.¹⁹ Όταν ο καρπός γίνεται υπερώριμος, η δραστηκότητα των ενζύμων μειώνεται και επομένως αναμένεται μείωση των πτητικών ενώσεων με ευχάριστη οσμή.^{5,10} 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, 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),¹⁵ η ανάπτυξη διαφορετικών ειδών βακτηρίων, ζυμών και μυκήτων θα έχει αποτέλεσμα την παραγωγή πτητικών ενώσε-