

Η ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΚΑΡΠΩΝ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΙΔΙΑΣ

Η σημασία των κριτηρίων συγκομιδής

Η γνώση της φυσιολογίας της ανάπτυξης των καρπών της ακτινιδιάς αποτελεί κλειδί για την επίτευξη της βέλτιστης ποιότητας και ποσότητας καρπών. Ο τρόπος αύξησης και ανάπτυξης των καρπών γίνεται σε συγκεκριμένα χρονικά μοτίβα (Hopping, 1976). Επίσης, η χημική σύσταση των καρπών, η βιοσύνθεση του αμύλου και η δράση των φυτοορμονών είναι καθοριστικοί παράγοντες του τελικού αποτελέσματος. Η ημερομηνία έναρξης συγκομιδής είναι εξαιρετικά σημαντική, καθώς πρέπει οι καρποί να έχουν όλοι αποκτήσει την ικανότητα ωρίμανσης μετά την απομάκρυνση από το δένδρο.

ΣΑΒΒΑΣ Σ. ΠΑΣΤΟΠΟΥΛΟΣ

Γεωπόνος MSc
Νέος Μυλότοπος

ΘΩΜΑΣ ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΣ

ΕΛ.Γ.Ο. «Δήμητρα», Ινστιτούτο Γενετικής Βελτίωσης
και Φυτογενετικών Πόρων
Τμήμα Φυλλοβόλων Οπωροφόρων Δένδρων Νάουσας

Η καλλιέργεια της ακτινιδιάς αναπτύσσεται ραγδαία στη χώρα μας τα τελευταία χρόνια, αυτό είχε ως αποτέλεσμα η Ελλάδα να κατατάσσεται στις πρώτες θέσεις παγκοσμίως στην παραγωγή ακτινιδίων. Το 2022 η καλλιεργούμενη έκταση ήταν 138.550 στρέμματα, ωστόσο τα τελευταία τρία χρόνια γίνονται συνεχώς νέες φυτεύσεις. Ο διεθνής ανταγωνισμός στο βόρειο ημισφαίριο (Ιταλία, Ιράν, Τουρκία κ.α) επιτάσσει το ελληνικό προϊόν να είναι ανταγωνιστικό στις αγορές, αυτό συνεπάγεται ότι οι καρποί πρέπει να είναι εξαιρετικής ποιότητας. Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των καρπών με κύρια την γεύση και την εμφάνιση είναι τα σημαντικότερα. Η φυσιολογία των φυτών της ακτινιδιάς έχει αναλυθεί επαρκώς τα τελευταία 40 χρόνια, έχει βοηθήσει ερευνητές, γεωπόνους και αγρότες στην επίτευξη υψηλών αποδόσεων και στην παραγωγή καρπών με εξαιρετικά χαρακτηριστικά.

Ο καρπός

Η πλέον καλλιεργούμενη ποικιλία στον κόσμο (hayward) ανήκει στο είδος *Actinidia chinensis* (A. Chev) C.F. Liang et A.R. Ferguson. Var. *deliciosa*) το οποίο κατάγεται από τη δυτική Κίνα (Ferguson, 2020). Το φυτό της ακτινιδιάς είναι πολυετές, φυλλοβόλο αναρριχώμενο και δίοικο (φυτά μόνο με θηλυκά ή μόνο αρσενικά άνθη). Επιστημονικά ο καρπός θεωρείται ράγα (berry) γι' αυτό μερικές φορές αναφέρεται και ως Kiwiberry, ενώ δημιουργείται από πολυκαρπικές ωθήκες που βρίσκονται ανώτερα των λοιπών οργάνων του άνθους. Ο καρπός αποτελείται από 4 ζώνες ιστών:



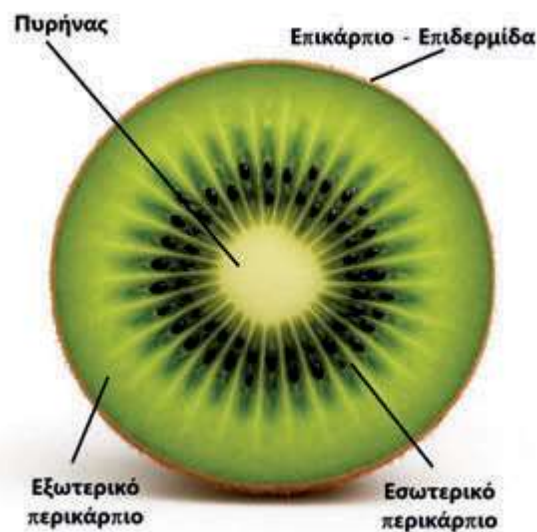
♦ Επικάρπιο, πρόκειται για την επιδερμίδα η οποία ανάλογα την ποικιλία περιβάλλεται από τριχίδια ή όχι. Πρόκειται για λεπτό στρώμα μερικών κυττάρων.

♦ Εξωτερικό περικάρπιο, περιέχει πλαστίδια με χλωροπλάστες

♦ Εσωτερικό περικάρπιο, επίσης περιέχει πλαστίδια με χλωροπλάστες

♦ Πυρήνας.

Περιβαλλόμενος από το εσωτερικό περικάρπιο, εντοπίζεται δακτύλιος αποτελούμενος από 20–40 σπερμοθαλάμους (καρπόφυλλα), επιμήκεις σχισμοειδείς θαλάμους οι οποίοι εκτείνονται κατά μήκος σχεδόν ολόκληρου του καρπού. Εντός του εσωτερικού περικαρπίου απαντά ο λευκός κεντρικός άξονας (columella), αποτελούμενος από μεγάλα παρεγχυματικά κύτταρα με έλλειψη χλωροφύλλης (Beever και Hopkin, 1990).



Στάδια ανάπτυξης του καρπού.

Ο Hopping (1976) περιέγραψε την ανάπτυξη του καρπού σε τρεις κύριες φάσεις, με βάση τη βιολογική δραστηριότητα και τη συσσώρευση αποθεμάτων:

1. **Στάδιο 1.** 0-58 ημέρες από την άνθιση. Ταχεία ανάπτυξη του καρπού που βασίζεται κυρίως στις κυτταροδιαίρεσεις όλων των ιστών του και σε μεγέθυνση των κυττάρων του.
2. **Στάδιο 2.** 59-76 ημέρες μετά την άνθιση. Η μεγέθυνση των κυττάρων συμβαίνει πλέον στο εσωτερικό περικάρπιο και τον πυρήνα.
3. **Στάδιο 3.** 76-160 ημέρες μετά την άνθιση. Εκ νέου μεγέθυνση-διόγκωση των κυττάρων τους εσωτερικού περικαρπίου και του πυρήνα.

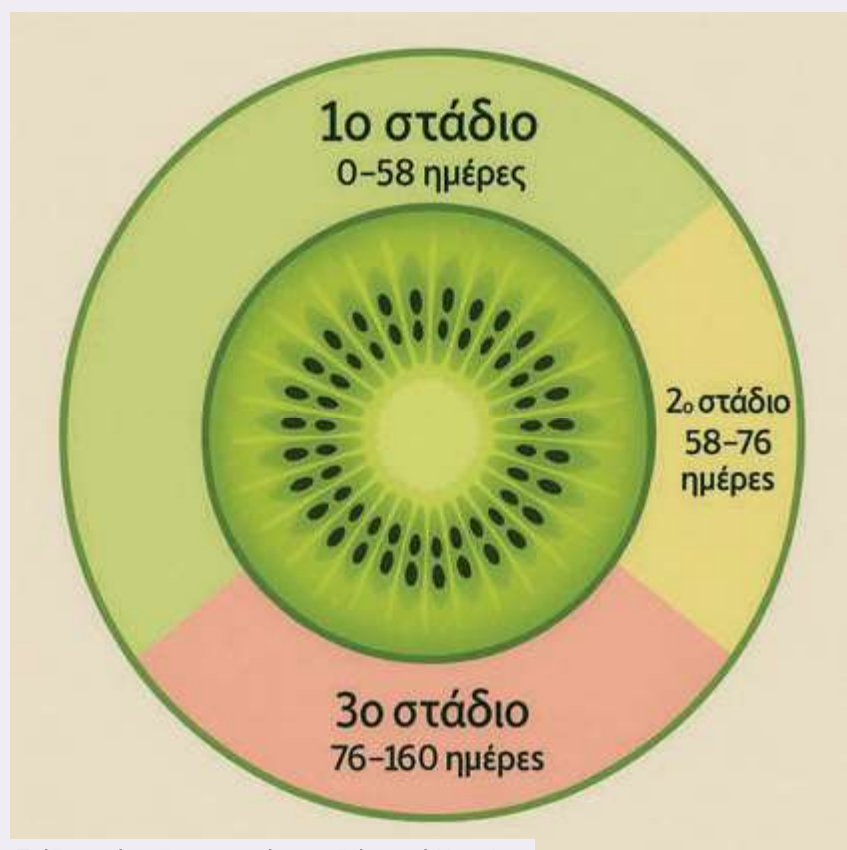
Αργότερα ο Richardson και συνεργάτες (2004) χώρισε την δημιουργία του καρπού σε 2 στάδια, ανάλογα την αύξηση του και την συγκέντρωση του αμύλου. Το πρώτο στάδιο χαρακτηρίζεται από την κυτταροδιαίρεση (0-44 ημέρες) και το δεύτερο στάδιο (40-160 ημέρες) αφορά την διόγκωση των κυττάρων και την αύξηση της συγκέντρωσης αμύλου ενώ χαρακτηρίζεται από αργή αύξηση του μεγέθους. (Richardson και συνεργάτες., 2004).

Η δράση της κυτοκινίνης

Η ενδογενής κυτοκινίνη είναι η φυτοορμόνη με την σημαντικότερη δράση στην αύξηση και ανάπτυξη του καρπού της ακτινιδιάς. Η κυτταροδιαίρεση, η μεγέθυνση των κυττάρων και η ωρίμανση εξαρτώνται άμεσα από τις συγκεντρώσεις της ορμόνης. Οι συγκεντρώσεις είναι στο υψηλότερο επίπεδο μέχρι την 30η ημέρα μετά την άνθιση, υποδηλώνοντας το ρόλο της στην κυτταροδιαίρεση στο πρώτο στάδιο (Lewis και συνεργάτες., 1996; Pilkington και συνεργάτες., 2013; Le Lieve και συνεργάτες., 2021). Επίσης, οι αυξίνες είναι γνωστό ότι διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην τελική μεγέθυνση των κυττάρων κάποιων φρούτων (de Jong και συνεργάτες., 2010; Csukasi και συνεργάτες., 2011)

Ασβέστιο και ποιότητα

Το ασβέστιο είναι ένα απαραίτητο θρεπτικό στοιχείο για τα φυτά, η δράση του στη σταθερότητα των κυτταρικών μεμβρανών είναι η σημαντικότερη από τις δεκάδες που διαδραματίζει. Επομένως, είναι ένα θρεπτικό στοιχείο που βελτιώνει την ποιότητα του ακτινιδίου, και η εφαρμογή λιπασμάτων με ασβέστιο μπορεί να αυξήσει την απορρόφησή του από το φυτό



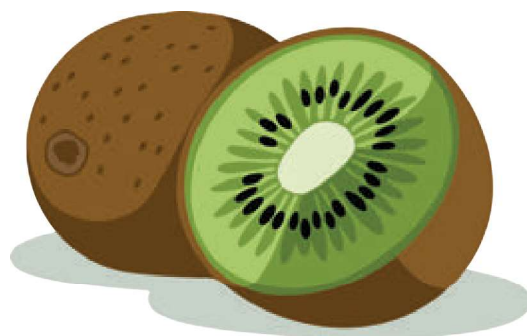
Στάδια ανάπτυξης καρπού ακτινιδιάς κατά Hopping.

(Feng et al., 2006). Η σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ της συγκέντρωσης του ασβεστίου στον καρπό και της στερεότητας της σάρκας του, υποδεικνύει την αναγκαιότητα της διαφυλλικής εφαρμογής λιπασμάτων με ασβέστιο κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης του καρπού. Οι διαφυλλικές εφαρμογές αυξάνουν αποτελεσματικά την ποιότητα του καρπού στο μετασυλλεκτικό στάδιο (Feng et al., 2006; Antunes et al., 2007; Vajari et al., 2018). Το ασβέστιο είναι υπεύθυνο για την αντοχή του κυτταρικού τοιχώματος, τη διαίρεση των κυττάρων και την προστασία της διαπερατότητας της μεμβράνης, γεγονός που οδηγεί σε αύξηση της συνεκτικότητας της σάρκας (Moras and Nicolas, 1987; Mass et al., 1994; White and Broadley, 2003). Η αύξηση της συγκέντρωσης ασβεστίου στον καρπό από 0.32 σε 0.45mg g⁻¹ ξηρούς βάρους συνετέλεσε σε βελτίωση της ποιότητας των καρπών κατά συγκομιδή (Koutinas και συνεργάτες., 2010). Το ασβέστιο μεταφέρεται στους φυτικούς ιστούς μόνο μέσω του ρεύματος διαπνοής. Στον καρπό της ακτινιδιάς όλο το ασβέστιο που υπάρχει κατά τη συγκομιδή απορροφάται από το έδαφος μέχρι την 50 ημέρα από την καρ-

πόδεση. Η διαπνοή του καρπού από τον Ιούλιο και έπειτα είναι σχεδόν μηδενική, έτσι και η μεταφορά ασβεστίου στο καρπό είναι ανύπαρκτη (Xiloyannis και συνεργάτες., 1999.; Montanaro et al., 2014).

Σύνθεση και ωρίμανση του καρπού

Η χημική σύνθεση των φρούτων μεταβάλλεται κατά την διάρκεια της ανάπτυξης και ωρίμανσης. Κατά βάση ένα ώριμο φρούτο αποτελείται από 75-85% νερό και από 15-25% ξηρά ουσία (Beever and Hopkirk, 1990). Η ξηρά ουσία είναι υψηλότερη στον πυρήνα (25%), και φθίνει προς το εξωτερικό περικάρπιο. Στην ξηρά ουσία υπάρχουν μεταβολίτες, δομικοί ή μη υδατάνθρακες,





οργανικά οξέα και πρωτεΐνες. Σε χαμηλές συγκεντρώσεις περιέχει δευτερογενείς μεταβολίτες, όπως φαινολικά οξέα, φλαβονοειδή, χλωροφύλλη, καροτενοειδή και βιταμίνες (Mac Rae και άλλοι, 1989; Drummond, 2013; Nardozza και άλλοι, 2013).

Κατά τον Nardozza και συνεργάτες (2010b) η ανάπτυξη του καρπού της ακτινιδιάς μοιάζει πολύ με αυτόν της τομάτας, ωστόσο η ίδια έρευνα εντοπίζει και σημαντικές διαφορές. Τα οργανικά οξέα, και όχι τα διαλυτά σάκχαρα, είναι οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την ωσμωτική πίεση του καρπού. Το άμυλο αποτελεί τον κυρίαρχο μη δομικό υδατάνθρακα που αποθηκεύεται κατά τη φάση ανάπτυξης του καρπού. Παρότι το ακτινίδιο ταξινομείται ως κλιμακτρικός καρπός, τα βασικά στάδια της ωρίμανσής του λαμβάνουν χώρα χωρίς την εμφάνιση αιχμής παραγωγής αιθυλενίου ή χαρακτηριστικής αύξησης του ρυθμού αναπνοής (respiratory climacteric) (Nardozza et al., 2010; Kader, 2002).

Στο ακτινίδιο, ως ωρίμανση (κατάλληλο για βρώση) θεωρείται η φάση κατά την οποία ξεκινά το γρήγορο μαλάκωμα του καρπού, αρχίζει η καθαρή διάσπαση του αμύλου και ακολουθεί μία γρήγορη αύξηση της συγκέντρωσης διαλυτών σακχάρων (Burdon, 2019; Burdon και συνεργάτες., 2021). Το ακτινίδιο

θεωρείται κατά τον Kader (2002) κλιμακτρικό ωστόσο υπάρχουν σοβαρές ενδείξεις ότι η ωρίμανση ως διαδικασία δεν σχετίζεται με την παραγωγή αιθυλενίου (αυτοκατάλυση), καθώς η αυτοκατάλυση συμβαίνει όταν το φρούτο είναι τελείως μαλακό! (Kim και συνεργάτες., 1999.; Antunes, 2007.; Richardson και συνεργάτες, 2011). Ωστόσο, υπάρχουν και άλλα χαρακτηριστικά που κατατάσσουν ένα φρούτο ως κλιμακτρικό, όπως η αύξηση της αναπνοής λίγο πριν την τελική ωρίμανση του καρπού (κλιμακτρικό μέγιστο). Στην ποικιλία Hayward η παραγωγή αιθυλενίου συμβαίνει όταν η σκληρότητα είναι μόλις 1Kgf ή λιγότερο, δηλαδή η παραγωγή αυτοκαταλυτικού αιθυλενίου γίνεται όταν η σκληρότητα είναι μόλις 12N (Kim και συνεργάτες., 1999.; Pratt και Reid, 1974.; Richardson και άλλοι., 2011). Φυσικά, η παραγωγή αιθυλενίου αυξάνεται ραγδαία σε καρπούς τραυματισμένους από μηχανικά ή παθολογικά αίτια (Feng και συνεργάτες., 2003). Τα ακτινίδια εί-

ναι εξαιρετικά ευαίσθητα στην παρουσία εξωγενούς αιθυλενίου, η ύπαρξη του οποίου προκαλεί αύξηση της αναπνευστικής δραστηριότητας και ραγδαία μείωση της σκληρότητας. Τέλος, υπάρχει πιθανότητα η μείωση της σκληρότητας του φρούτου να σχετίζεται με την έκθεση σε χαμηλές θερμοκρασίες, χωρίς να συμμετέχει το αιθυλένιο (Mworia και συνεργάτες., 2012; McAtee και συνεργάτες 2015; Minas και συνεργάτες., 2016; Mitalo και συνεργάτες 2019).

Η διαδικασία μαλακώματος του φρούτου είναι μία πολύπλοκη βιοχημική αλυσίδα γεγονότων. Η σκληρότητα του φρούτου λογίζεται ως η δύναμη που απαιτείται για τη διάτρηση του εξωτερικού περικαρπίου (εφόσον έχει αφαιρεθεί η επιδερμίδα) και μετρείται με το πενετρόμετρο (κεφαλή 8mm για το ακτινίδιο) (Atkinson και Schroder, 2016; Watkins και Harman, 1981). Το μαλάκωμα του καρπού γίνεται σε τρεις φάσεις οι οποίες συμβαίνουν είτε πάνω στο δένδρο είτε μετέπειτα (MacRae και Redgwell, 1992; Burdon

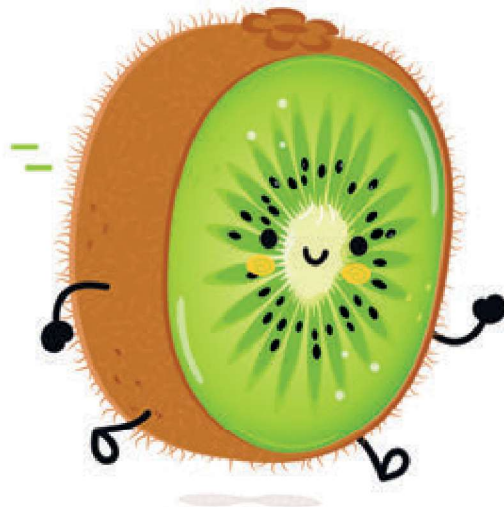
και συνεργάτες 2017). Η πρώτη φάση συμβαίνει επάνω στο φυτό, κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης (χωρίς να είναι κατάλληλος για κατανάλωση). Σε αυτή τη φάση το μαλάκωμα είναι ελάχιστο. Στη δεύτερη φάση, αρχίζει το μαλάκωμα του καρπού. Η μετάβαση από τη φάση 1 στη φάση 2 είναι το χρονικό σημείο εκκίνησης της ωρίμανσης του καρπού (κατάλληλο για βρώση), σε αυτή τη φάση το μαλάκωμα μπορεί να επιταχυνθεί παρουσία αιθυλενίου ή κρύου. Τέλος, στην Τρίτη φάση έχουμε τάχιστο μαλάκωμα του καρπού, παραγωγή αιθυλενίου και διαλυτοποίηση των πηκτινών. (Atkinson και συνεργάτες 2011).

Κατά την ανάπτυξη και φυσιολογική ωρίμανση του ακτινιδίου η συγκέντρωση αμύλου στον καρπό αυξάνεται σταδιακά, φθάνοντας σε μέγιστο επίπεδο λίγο πριν από την έναρξη της εμπορικής ωρίμανσης. Η συσσώρευση αυτή οφείλεται σε καθαρή αποθήκευση αμύλου στους χλωροπλάστες του παρεγχύματος. Καθώς ο καρπός εισέρχεται στο τελικό στάδιο της ωρίμανσης, η μεταβολική ισορροπία μετατοπίζεται: η καθαρή σύνθεση αμύλου παύει (σταθεροποίηση), και εν συνεχεία παρατηρείται αποδόμηση του (net starch degradation), κυρίως μέσω της δράσης ενζύμων όπως οι α- και β-αμυλάσες. Η αποδόμηση αυτή οδηγεί στην ταχεία αύξηση των διαλυτών σακχάρων (γλυκόζη, φρουκτόζη, σακχαρόζη), τα οποία είναι υπεύθυνα για τη χαρακτηριστική γλυκιά γεύση του ώριμου καρπού. Αυτό το μεταβολικό πέρασμα από την αποθήκευση προς την υδρόλυση του αμύλου αποτελεί σημαντικό δείκτη για τη συγκομιδή και μετασυλλεκτική διαχείριση των καρπών (Burdon και συνεργάτες., 2021; Burdon, 2022;). Η ωρίμανση και η υδρόλυση του αμύλου είναι γενετικά ελεγχόμενες διαδικασίες εκτός αν υπάρξει επιτάχυνση λόγω χαμηλής θερμοκρασία ή παρουσία αιθυλενίου (Burdon και συνεργάτες., 2016, Gunagseelan και συνεργάτες., 2019). Επειδή ο καρπός είναι εξαιρετικά ευαίσθητος και σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις αιθυλενίου, πρέπει κατά τη συντήρηση να μην υπάρχουν καρποί που παράγουν αιθυλένιο λόγω τραυματισμών ή εξαιτίας πρόωρης ωρίμανσης από καταπονήσεις στον αγρό (πχ. δένδρα με ίσκα, ή καταπονημένα από ξηρασία κ.α.).

Ωρίμανση

Διεθνώς η διαδικασία της ωρίμανσης των ακτινιδίων διαχωρίζεται σε δύο διαφορετικές φάσεις (Maturation και Ripening) στην πρώτη φάση ο καρπός είναι μη βρώσιμος, ωστόσο θα έχει την ικανότητα να γίνει βρώσιμος εφόσον κοπεί από το δένδρο, ενώ στη δεύτερη φάση ο καρπός έχει αποκτήσει όλα εκείνα τα χαρακτηριστικά (σάκχαρα, σκληρότητα κτλ.) έτσι ώστε να καταναλωθεί με ευχαρίστηση από τους καταναλωτές. Διεθνώς η οριστικοποίηση αυτών των φάσεων γίνεται κυρίως με την μέτρηση της σκληρότητας, των διαλυτών στερεών συστατικών, της οξύτητας, της ξηράς ουσίας κ.α. (Harman, 1981; Burdon, 2019).

Η συγκομιδή καρπών πριν τη φάση 1 απαγορεύεται. Σε περίπτωση που η συγκομιδή γίνει νωρίτερα, οι καρποί δεν θα ωριμάσουν φυσιολογικά στην μετασυλλεκτική τους πορεία, θα αφυδατωθούν έχοντας έντονα ξινή και στυφή γεύση. Επίσης, είναι ανούσια και επικίνδυνη η χρήση αιθυλενίου ή άλλων προϊόντων για την πρόωρη ωρίμανση ακτινιδίων όταν αυτά δεν έχουν φτάσει στο κατάλληλο στάδιο ωριμότητας επάνω στο δένδρο ή σε ψυκτικούς θαλάμους (McAtee και συνεργάτες., 2015; Burdon και συνεργάτες., 2017). Παλαιότερα, ήταν αποδεκτό από την επιστημονική κοινότητα ότι η αύξηση των διαλυτών στερεών συστατικών οφειλόταν στην αποδόμηση του αμύλου, η οποία θεωρούνταν ότι πυροδοτούνταν ή προκαλούνταν από τις χαμηλές θερμοκρασίες προσυλλεκτικά (Harman, 1981; Seager και συνεργάτες., 1992)



Κριτήρια Συγκομιδής

Τα κριτήρια συγκομιδής των ακτινιδίων παγκοσμίως έχουν διαφοροποιηθεί ανά τα έτη. Τη δεκαετία του 1960 ήταν ο ορισμός ημερομηνίας συγκομιδής, έπειτα τα διαλυτά στερεά συστατικά (ΔΣΣ) του καρπού ενώ πλέον η ανάγκη για ποιοτικότερους – νοστιμότερους καρπούς εισάγει νέα κριτήρια καθορισμού καταλληλότητας συγκομιδής. Με το όριο των 6,2° Brix θεωρείται αναχρονιστικό, η απόφαση συγκομιδής πλέον περιλαμβάνει μετρήσεις όπως η ξηρά ουσία, η σκληρότητα, το χρώμα της σάρκας κ.α.

Επίσης, γίνεται μία προσπάθεια πρόβλεψης της μετασυλλεκτικής συμπεριφοράς των καρπών στην πολύμηνη συντήρηση. Αναπτύσσονται νέες μη καταστρεπτικές μέθοδοι μέτρησης των ποιοτικών χαρακτηριστικών στο σύνολο της παραγωγής





(Andreia και συνεργάτες., 2022; Costa και συνεργάτες., 2003).

Ο Harman (1981) καθιέρωσε το όριο των 6.2° Brix ως κριτήριο συγκομιδής για τα ακτινίδια της Νέας Ζηλανδίας, κάτι που υιοθετήθηκε από τις περισσότερες χώρες όπως η Χιλή, η Γαλλία, η Ιταλία κ.α. καθώς και από τον Παγκόσμιο Οργανισμό για την Οικονομική Συνεργασία και Ανάπτυξη (OECD; 1992). Ωστόσο δεν υπάρχουν διεξοδικές επιστημονικές έρευνες για την καταλληλότητα του ορίου αυτού στις υπόλοιπες χώρες, καθώς οι εδαφοκλιματικές συνθήκες είναι διαφορετικές (Burdon, 2017; Harman, 1981).

Η επιλογή ως ελάχιστο όριο ΔΣΣ συγκομιδής το 6.2° Brix βασίστηκε στην πρόωρη διάσπαση του αμύλου σε σάκχαρα που συμβαίνει στη Νέα Ζηλανδία εξαιτίας του ψυχρού καιρού το φθινόπωρο όπως αρχικά διατυπώθηκε από τους ερευνητές (Seager και συνεργάτες., 1996). Ωστόσο, στις πλείστες ακτινιδοπαραγωγικές περιοχές οι μέσες θερμοκρασίες του φθινοπώρου είναι υψηλότερες (Burdon, 2015). Η συγκέντρωση των διαλυτών στερεών συστατικών είναι γενετικά ελεγχόμενη, εκτός αν παρέμβουν χαμηλές θερμοκρασίες όταν ο καρπός είναι πλέον δεκτικός σε αυτές, συχνά μετά τη συγκομιδή (Burdon, 2022). Η πρώτη αύξηση των ΔΣΣ συμβαίνει γιατί όταν πλησιάζει η ωρίμανση σταματάει η μετατροπή των εισερχόμενων υδαταν-

θράκων σε άμυλο και έτσι αυξάνεται η συγκέντρωσή τους στον καρπό. Η διαλυτοποίηση του αμύλου σε σάκχαρα ως μέρος της ωρίμανσης συμβαίνει αργότερα (Burdon, 2022). Άρα το αρχικό μοτίβο που θεωρούσε ότι η αρχική αύξηση των σακχάρων ελεγχόταν από το πρώτο κρύο στη Νέα Ζηλανδία φαίνεται ότι απορρίπτεται, καθώς πολλές νέες ποικιλίες ωριμάζουν αρκετά νωρίτερα όταν ακόμη επικρατεί ζέστη. Ακόμη, αποδείχθηκε ότι η αύξηση των ΔΣΣ στο αρχικό στάδιο της ωρίμανσης οφείλεται στη διακοπή της μετατροπής τους σε άμυλο όταν εισέρχονται στον καρπό.

Το σύνολο σχεδόν του αμύλου που βρίσκεται εντός του καρπού μετατρέπεται σε σάκχαρα (σουκρόζη, γλυκόζη και φρουκτόζη) έως την πλήρη ωρίμανση του φρούτου. Αυτό συνεπάγεται αλλαγή της συγκέντρωσης των ΔΣΣ. Κατά τον MacRae και συνεργάτες (1989) το άμυλο αντιστοιχεί στο 5-7% του φρέσκου βάρους ή στο 40-50% της ξηράς ουσίας κατά τη συγκομιδή. Έτσι γνωρίζοντας την ξηρά ουσία μπορεί να γίνει μία κατά προσέγγιση πρόβλεψη των τελικών ΔΣΣ όταν το φρούτο θα είναι πια έτοιμο για κατανάλωση (Wright και Heatherbell 1967; MacRae και συνεργάτες., 1989; Osborne και συνεργάτες., 1998; Jordan και συνεργάτες., 2000).

Οι ερευνητές τα τελευταία 40 χρόνια προσπάθησαν να ορίσουν ένα όριο στη συγκέντρωση των ΔΣΣ το οποίο θα εί-

ναι το βέλτιστο για την εκκίνηση της συγκομιδής. Η μέτρηση των ΔΣΣ γίνεται με ένα οπτικό διαθλασίμετρο και μπορεί να γίνει με ελάχιστο κόστος. Έτσι μετά τον Harman (1981), οι Kader και Crisosto (1999) υπολόγισαν ως βέλτιστο τη συγκέντρωση ΔΣΣ 6.5° Brix. Ενώ η Antunes και συνεργάτες προτείνει συγκομιδή με περισσότερα ΔΣΣ στην περίπτωση μακροχρόνιας αποθήκευσης με εφαρμογή 1-MCP στον θάλαμο συντήρησης (Antunes και συνεργάτες., 2015). Εξειδικεύοντας περισσότερο τα κριτήρια για βέλτιστη ποιότητα μετά τη συγκομιδή άλλοι ερευνητές κατέληξαν ότι η συγκομιδή πρέπει να γίνει όταν η ξηρά ουσία είναι πέραν του 17%, τα ΔΣΣ > 7° Brix με το 40% της ξηράς ουσίας να είναι αδιάλυτο. Στην ίδια έρευνα μελετήθηκε η συμπεριφορά του καρπού κατά την ωρίμανση επάνω στο δένδρο. Το ξηρό βάρος των φρούτων αυξήθηκε με σταθερό ρυθμό από τις 136 ημέρες μετά την πλήρη άνθηση (DAFB) στα τέλη Σεπτεμβρίου έως τις 198 DAFB στα τέλη Νοεμβρίου, παράλληλα με μια σχεδόν γραμμική αύξηση ~3,6% στην περιεκτικότητα σε ΔΣΣ (SSC). Η μη διαλυτή ξηρή ουσία (NSDM), που αποτελείται κυρίως από δομικούς υδατάνθρακες και άμυλο, άρχισε να μειώνεται περίπου στις 160 DAFB και στη συνέχεια ελαττώθηκε σταθερά καθώς προχωρούσε η ωρίμανση, από περίπου 66% σε λιγότερο από 50% στα τέλη Νοεμβρίου. Αυτή η πορεία αποτελεί κατοπτρική εικόνα της περιεκτικότητας σε SSC, υποδηλώνοντας ότι το άμυλο είχε πάψει να συσσωρεύεται. Την ίδια περίοδο, η σκληρότητα των φρούτων μειώθηκε αρχικά με ρυθμό 0,1 N ανά ημέρα έως τις 175 DAFB, ενώ στη συνέχεια ο ρυθμός μείωσης αυξήθηκε σε 0,5 N ανά ημέρα (Goldberg και Ben-Arie., 2021). Η θερμοκρασία κατά τη συντήρηση διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην γενικότερη συμπεριφορά του καρπού σχετικά με τη σκληρότητα. Ακόμη και μικρές διακυμάνσεις της θερμοκρασίας πέραν του 0 μπορεί να προκαλέσουν διαταραχή στο μοτίβο μείωσης της σκληρότητας. Από 4-12°C ο ρυθμός μαλακώματος παραμένει σταθερός, ενώ στους 5°C ο καρπός μαλακώνει πιο γρήγορα από θερμοκρασίες χαμηλότερες ή υψηλότερες. Ο Burdon και συνεργάτες (2017) διαπίστωσαν ότι οι καρποί μαλάκωναν ταχύτερα στους 4 και 8°C παρά στους 16°C κατά την συντήρηση στις πρώτες 3 εβδομάδες. Είναι πιθανό αυτή η συμπεριφορά να σχετίζεται με το αιθυλένιο καθώς σε αυτές τις θερμοκρασί-



Καρποί έτοιμοι για συγκομιδή. (Φωτ. Σάββας Παστόπουλος).

ες ο καρπός είναι πιο ευαίσθητος στην παρουσία του (Burdon και συνεργάτες., 2017; Mworira και συνεργάτες., 2012; Murakami και συνεργάτες., 2014)

Μία συγκομιδή με αυξημένα ΔΣΣ αυξάνει την αποδοχή του φρούτου από τους καταναλωτές (Meena και συνεργάτες., 2018). Επίσης, οι καρποί αυτοί έχουν μεγαλύτερη αντοχή στη ζημιά από το κρύο κατά τη συντήρηση (chilling injury) (Gwanpua και συνεργάτες., 2018; Maguire και συνεργάτες., 2004;)

Η ξηρά ουσία στα ακτινίδια αποτελείται κυρίως από τα ΔΣΣ (όπως τα σάκχαρα) και αδιάλυτα όπως το άμυλο και άλλοι υδατάνθρακες, και σχετίζεται σημαντικά με ΔΣΣ που θα υπάρχουν όταν το φρούτο είναι πλήρως έτοιμο για κατανάλωση. Υψηλή ξηρά ουσία κατά την συγκομιδή αυξάνει την αποδοχή τους από τον καταναλωτή, αυξάνει τη συγκέντρωση των οργανικών οξέων και τη διατήρηση της σκληρότητας κατά την αποθήκευση (Burdon και συνεργάτες., 2004; Famiani και συνεργάτες., 2012).

Η σκληρότητα του καρπού όπως προαναφέραμε, μειώνεται σταδιακά κατά την ωρίμανση, όταν είναι περίπου 25N ο καρπός είναι έτοιμος για κατανάλωση. Η αποθήκευση σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα (2% O₂ + 5% CO₂) στον ψυκτικό θάλαμο και η εφαρμογή 1-MCP (αναστολέας υποδοχών αιθυλενίου) στην αρχή της μειώνει σημαντικά τον ρυθμό μαλακώματος και επιτείνει τη διάρκεια

ζωής (Asiche και συνεργάτες., 2016; Burdon και συνεργάτες., 2017; Given, 1993; Koukounaras και Σφακιωτάκης., 2007). Τέλος, κάποιες έρευνες υποστηρίζουν ότι τα πιο όψιμα συγκομιζόμενα φρούτα έδωσαν πιο συνεκτικά φρούτα στο τέλος της αποθήκευσης (Costa και συνεργάτες., 1997; Mitchell και συνεργάτες., 1992). **Όλα τα παραπάνω αποτελέσματα αφορούν καρπούς υγιείς, χωρίς μηχανικές ή άλλες καταπονήσεις και εμφανής τραυματισμούς. Η συμπεριφορά τραυματισμένων ή καταπονημένων καρπών είναι διαφορετική κατά την συντήρηση (παράγουν νωρίτερα αιθυλένιο, προάγουν τη μαζική ωρίμανση και των υπόλοιπων (υγιών καρπών). Οι έρευνες που αναφέρονται αφορούν κυρίως την ποικιλία Hayward, σε κτήματα με διαμόρφωση κρεβατίνα.**

Η διάσπαση του αμύλου σε σάκχαρα αρχικά θεωρούνταν ότι οφείλεται στις χαμηλές θερμοκρασίες του φθινοπώρου. Ωστόσο, τελικά αποδείχθηκε ότι οι χαμηλές θερμοκρασίες που δέχεται ο καρπός όταν είναι ασυγκόμιστος δεν επιδρούν στα ΔΣΣ (Seager και συνεργάτες., 1992; Burdon, 2015, 2019). Η σταθεροποίηση αποθήκευσης αμύλου συνεπάγεται την αρχική αύξηση των ΔΣΣ στον καρπό, η οποία αύξηση θα συνεχιστεί μετά την συγκομιδή του φρούτου με την πλήρη διάσπαση του αμύλου σε σάκχαρα. Η διάσπαση αυτή ακολουθεί

μία σιγμοειδή καμπύλη και είναι γενετικά εξαρτώμενη, εκτός αν μεσολαβήσει έκθεση του καρπού **σε κρύο ή αιθυλένιο, όταν ο καρπός είναι δεκτικός** (Burdon, 2022).

Συμπεράσματα

Η έναρξη της συγκομιδής πρέπει να γίνεται μόνο εφόσον οι καρποί είναι ικανοί να αναπτύξουν τα βέλτιστα ποιοτικά χαρακτηριστικά μετά από τη συγκομιδή τους. Έτσι διασφαλίζεται η ανώτερη ποιότητα των ελληνικών ακτινιδίων, αυξάνεται η ανταγωνιστικότητα του τελικού προϊόντος και καθιερώνεται στους καταναλωτές η άποψη ότι το ελληνικό ακτινίδιο είναι ένα νόστιμο προϊόν.

Η απόφαση συγκομιδής (ποικ. Hayward) πρέπει να λαμβάνεται μετά την ημερομηνία έναρξης που ορίζει ο νόμος και εφόσον πληρούνται όλα αυτά τα χαρακτηριστικά που αναφέραμε παραπάνω. Ταυτόχρονα, πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν ότι στη Βόρεια Ελλάδα υπάρχει κίνδυνος πρώιμου φθινοπωρινού παγετού που μπορεί να καταστρέψει την παραγωγή (παρακολούθηση καιρικών συνθηκών). Έρευνες συγκλίνουν ότι από τις 160 ημέρες μετά την άνθιση, και έως τις 175 (Golberg και συνεργάτες., 2021) όπου αυξάνεται ο ρυθμός μαλακώματος (μείωσης σκληρότητας) είναι το σωστό παράθυρο συγκομιδής, εφόσον πάντα πληρούνται όλα τα ποιοτικά κριτήρια που ορίζει η νομοθεσία. Οι μετρήσεις των ΔΣΣ, της σκληρότητας και της ξηράς ουσίας είναι πλέον απαραίτητες διαδικασίες για την απόφαση της σωστής ημερομηνίας συγκομιδής.

Η μετασυλλεκτική συμπεριφορά των καρπών είναι αποτέλεσμα πολλών παραγόντων που ξεκινούν από τη στιγμή της καρπόδεσης και τελειώνουν στο τέλος της συντήρησης. Καταπονήσεις στον αγρό (υπερβολική άρδευση, ξηρασία, ασθένειες και έντομα), άστοχη λίπανση, κακή μεταχείριση στη συγκομιδή (χτυπήματα, γδαρσίματα κ.α.), καθυστέρηση στην ψύξη μετά τη συλλογή, έκθεση σε αιθυλένιο, ασταθείς θερμοκρασίες ψύξης, μη εφαρμογή 1-MCP είναι μόνο μερικοί από τους παράγοντες που μπορούν να μειώσουν σημαντικά τη μετασυλλεκτική αντοχή των καρπών.

Η σχετική βιβλιογραφία βρίσκεται στη διεύθυνση : bibliography.agrotypos.gr, έτος 2025, τεύχος 06. ■