



Μετασυλλεκτικές αβιοτικές καταπονήσεις ως τεχνική εμπλουτισμού των οπωροκηπευτικών σε βιοδραστικά

Δρ Μιλτιάδης Χριστόπουλος, Ερευνητής Βαθμίδας Δ'
 Δρ Γεωργία Ουζουνίδου, Διευθύντρια Ερευνών
 Ινστιτούτο Τεχνολογίας Αγροτικών Προϊόντων

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει έντονο ενδιαφέρον του καταναλωτικού κοινού για τρόφιμα πλούσια σε βιοδραστικά συστατικά (λειτουργικά τρόφιμα) λόγω των ερευνητικών δεδομένων που τους αποδίδουν πολλές θετικές επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία. Στην κατηγορία των βιοδραστικών συστατικών ανήκουν ουσίες με αντιοξειδωτική δράση, όπως οι φαινολικές ενώσεις, οι βιταμίνες και τα καροτενοειδή, κύρια πηγή των οποίων αποτελούν τα οπωροκηπευτικά (φρούτα και λαχανικά). Η ενίσχυση των πλεονεκτημάτων των φρούτων και των λαχανικών για την υγεία, μέσω της αύξησης της περιεκτικότητάς τους σε βιοδραστικά συστατικά, αποτελεί σύγχρονη πρόκληση για τον τομέα.

Στην κατεύθυνση αυτή, σύγχρονα ερευνητικά δεδομένα αποδεικνύουν ότι η μετασυλλεκτική εφαρμογή ελεγχόμενων αβιοτικών καταπονήσεων σε φρούτα και λαχανικά, μπορεί να αποτελέσει μια καινοτόμο μέθοδο που οδηγεί σε τελικά προϊόντα με αυξημένη περιεκτικότητα σε βιοδραστικά συστατικά. Με τον όρο καταπόνηση εννοούμε την έκθεση ενός οργανισμού σε συνθήκες που αντιλαμβάνεται ως μη φυσιολογικές για τα βιολογικά του όρια με αποτέλεσμα, ως αντίδραση σε αυτές, ο οργανισμός να ενεργοποιεί ή/και να μεταβάλει κάποιες φυσιολογικές-βιοχημικές του διεργασίες ως μηχανισμό άμυνας. Οι καταπονήσεις διακρίνονται σε δύο γενικές κατηγορίες, τις βιοτικές και τις αβιοτικές. Στις βιοτικές ανήκουν οι καταπονήσεις που οφείλονται σε βιοτικούς παράγοντες, όπως προσβολές από έντομα και παθογόνα. Στις αβιοτικές ανήκουν οι καταπονήσεις που οφείλονται σε αβιοτικούς παράγοντες, όπως ακραίες θερμοκρασίες (υψηλές ή χαμηλές), μηχανικοί τραυματισμοί, χαμηλή υγρασία, χαμηλό οξυγόνο, χημικές ουσίες κ.ά. Όπως διαφαίνεται, οι περισσότεροι μετασυλλεκτικοί χειρισμοί, ανάλογα με τη διάρκεια/ένταση της εφαρμογής τους, οδηγούν σε καταπονήσεις που μπορεί να επιφέρουν θετικά ή αρνητικά αποτελέσματα.

Κατά την καταπόνηση παράγονται ενώσεις, κυρίως ελεύθερες ρίζες (reactive oxygen species ROS), που ως γνωστό είναι βλαβερές για τον φυτικό οργανισμό, λειτουργούν όμως ως «σήματα» τα οποία ενεργοποιούν το αμυντικό σύστημα του ιστού (ενεργοποίηση κατάλληλων ενζύμων και παραγωγή αντιοξειδωτικών ενώσεων) για την καταπολέμησή τους. Αν η διάρκεια ή η ένταση της καταπόνησης είναι μεγάλη και ο φυτικός οργανισμός δεν μπορεί να αντιμετωπίσει την κατάσταση, τότε έχουμε τα αρνητικά αποτελέσματα μιας καταπόνησης. Εάν όμως η καταπόνηση είναι μικρή τότε ο ιστός/οργανισμός εμπλουτίζεται με βιοδραστικά συστατικά που προκύπτουν από το αμυντικό του σύστημα. Στη μετασυλλεκτική, όπως και σε άλλες περιπτώσεις χειρισμού φυτικών ιστών, μπορούμε να εκμεταλλευτούμε αυτήν

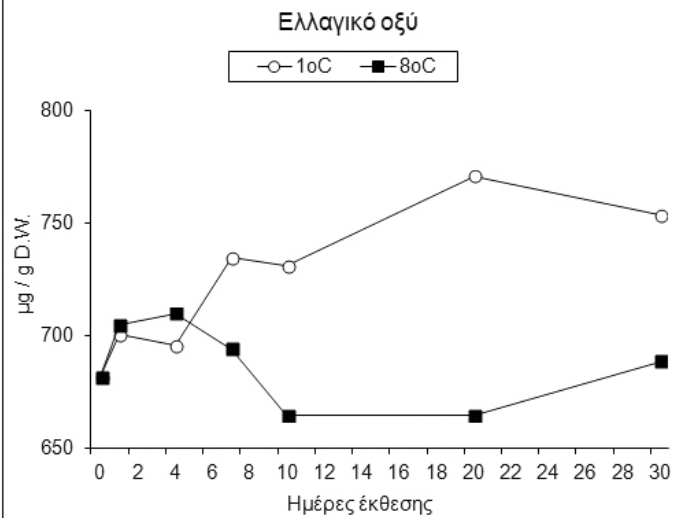
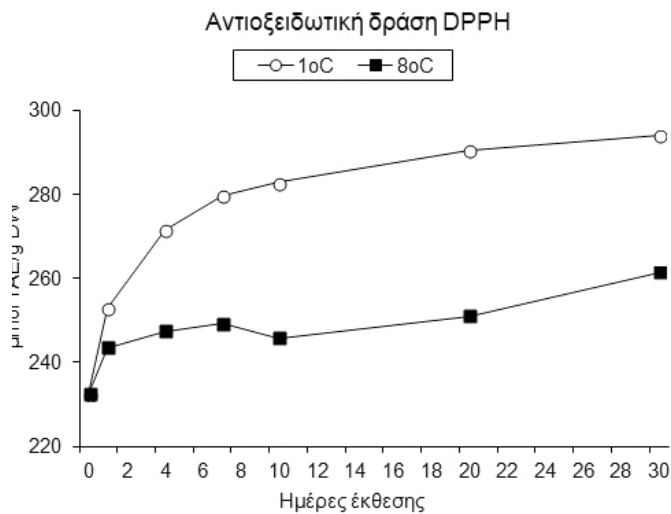
ακριβώς την κατάσταση που ο οργανισμός εμπλουτισμένος με βιοδραστικά συστατικά αντιμετωπίζει την καταπόνηση. Τα τελευταία χρόνια εξετάζεται η επίδραση της χρήσης μετασυλλεκτικών καταπονήσεων σε φρούτα και λαχανικά με σκοπό τη βελτίωση της θρεπτικής τους αξίας. Έτσι, η θετική επίδραση των αβιοτικών καταπονήσεων εντοπίζεται κυρίως στην παραγωγή δευτερογενών μεταβολιτών, όπως τερπένια, φαινολικές ενώσεις, ενώσεις πρωτεϊνικής φύσης κ.λπ. Τα παραγόμενα αυτά συστατικά μπορεί να έχουν θετική επίδραση στην ποιότητα του προϊόντος, τόσο με βάση την αντίληψη του καταναλωτή (χρώμα, άρωμα) όσο και ως προς τη θρεπτική του αξία (αντιοξειδωτική ικανότητα, αντιμικροβιακοί παράγοντες κ.ά.). Συνοπτικά, η φιλοσοφία χρήσης των αβιοτικών καταπονήσεων σε φρούτα και λαχανικά, και οι επιδράσεις τους παρουσιάζονται στο Σχήμα 1.

Υπάρχουν αρκετά ερευνητικά δεδομένα που υποστηρίζουν την υπόθεση αύξησης των βιοδραστικών συστατικών σε φρούτα και λαχανικά μέσω της εφαρμογής αβιοτικών καταπονήσεων.

Η εφαρμογή αβιοτικής καταπόνησης με χαμηλή θερμοκρασία σε μη αποξηραμένα καρύδια, έχει βρεθεί ότι οδηγεί σε αύξηση της περιεκτικότητας σε ουσιώδη φαινολικά συστατικά, όπως το ελλαγικό οξύ και της συνεπακόλουθης αντιοξειδωτικής δράσης (Σχήμα 2). Επιπλέον, έχει αποδειχθεί ότι η εφαρμογή αιθέριων ελαίων και άλλων ουσιών π.χ. Nano-Cu, γιββερελικού οξέος,



Σχήμα 1. Γενική φιλοσοφία της χρήσης ελεγχόμενων μετασυλλεκτικών καταπονήσεων με σκοπό την ενίσχυση της προστιθέμενης αξίας των φρούτων και λαχανικών μέσω της φυσικής αύξησης ενδογενών βιοδραστικών συστατικών.



Σχήμα 2. Αύξηση αντιοξειδωτικής δράσης και ελλαγικού οξέος σε μη αποξηραμένα καρύδια μετά από μετασυλλεκτική έκθεση σε χαμηλή θερμοκρασία καταπόνησης (1°C). (Πηγή: Christopoulos, M. V., & Tsantili, E. (2012). Storage of fresh walnuts (*Juglans regia* L.)-low temperature and phenolic compounds. *Postharvest biology and technology*, 73, 80-88.)

1-MCP σε συνδυασμό με χαμηλές θερμοκρασίες επιμηκύνει τον χρόνο ζωής των λαχανικών και συμβάλλει στην καθυστέρηση της ωρίμασης, ενώ ταυτόχρονα διατηρεί τα επίπεδα των ποιοτικών χαρακτηριστικών τους και τη διαθρεπτική αξία (χρώμα, βιταμίνη C, καροτένια κ.ά.) κατά την αποθήκευσή τους μέχρι την κατανάλωση. (Πίνακας 1).

Η μετασυλλεκτική εφαρμογή μηχανικών τραυματισμών οδηγεί σε αυξημένη περιεκτικότητα φαινολικών ουσιών και αυξημένη αντιοξειδωτική δράση σε καρότο, μαρούλι και πατάτα με ιώδη σάρκα (purple-fleshed potato). Η έκθεση σε UV ακτινοβολία έχει βρεθεί ότι οδηγεί σε αυξημένα επίπεδα ανθοκυανών και ρεσβερατρόλης σε σταφύλια και ανθοκυανών σε κόκκινο λάχανο.

Η ενσωμάτωση της μεθόδου εφαρμογής μετασυλλεκτικών αβιοτικών καταπονήσεων στην παραγωγή για βελτίωση της θρεπτικής αξίας των οπωροκρηπυτικών προϊόντων, παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως:

- Ο εμπλουτισμός των προϊόντων σε βιοδραστικά συστατικά γίνεται με μια μέθοδο που είναι ακίνδυνη για τον καταναλωτή και φιλική προς το περιβάλλον, εκμεταλλευόμενος την αλληλεπίδραση ενός ζωντανού οργανισμού (π.χ. φρούτο) με έναν εξωγενή φυσικό περιβαλλοντικό παράγοντα (π.χ. θερμοκρασία).
- Στις περισσότερες περιπτώσεις δε χρησιμοποιούνται υλικά ή/και μέθοδοι (π.χ. χημικά) που μπορεί να εκθέσουν σε κίνδυνο τον καταναλωτή, το προσωπικό των εργαστηρίων και το περιβάλλον.
- Ανάλογα με τη μέθοδο καταπόνησης σε πολλές περιπτώσεις δεν απαιτείται η κατασκευή ειδικών-εξειδικευμένων εγκαταστάσεων. Μπορεί να εφαρμοστεί με τη χρήση του υφιστάμενου εξοπλισμού (π.χ. θαλάμων ψύξης) που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή οπωροκρηπυτικών.
- Κατά κανόνα δεν απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό για την εφαρμογή της μεθόδου καταπόνησης.
- Με τη συνεχή τροποποίηση της Κοινοτικής Νομοθεσίας στον τομέα των τροφίμων, που πιθανά θα επιτρέπει την αναφορά στην ετικέτα ενός προϊόντος ειδικών διατροφικών επισημάνσεων (π.χ. περιεκτικότητα σε αντιοξειδωτικά κ.ά.), ο εμπλουτισμός των προϊόντων σε βιοδραστικές ουσίες θα μπορούσε να προσδώσει ένα επιπλέον συγκριτικό πλεονέκτημα.

Παρόλα αυτά όμως απαιτούνται περαιτέρω έρευνες για την επιλογή της καταλληλότερης αβιοτικής καταπόνησης για το κάθε φυτικό είδος καθώς και τη βελτιστοποίηση των συνθηκών καταπόνησης για την επίτευξη του μέγιστου εμπλουτισμού σε βιοδραστικά συστατικά.

Πίνακας 1: Μεταβολή της συγκέντρωσης ασκορβικού οξέος (mg 100g⁻¹ NB) σε φύλλα φρεσκοκομμένου μαϊντανού μετά από ψεκασμό με διάφορες ουσίες σε διάστημα αποθήκευσης 10 και 23 ημερών σε θερμοκρασία 20 °C και 5 °C, αντίστοιχα.

Θερμοκρασία	Μετασυλλεκτικοί ψεκασμοί	Ημέρες αποθήκευσης					
		0	4	7	10	14	23
20 °C	Control	129.9	82.39	91.15	31.91		
	GA3	129.9	117.30	91.70	56.13		
	1-MCP	129.9	114.57	116.48	67.23		
	Ess. oils	129.9	122.91	96.43	80.73		
	Nano-Cu	129.9	122.63	71.72	57.72		
			0	4	7	14	23
5 °C	Control	129.9	88.42	61.15	59.30	55.24	
	GA3	129.9	88.59	46.59	53.16	52.38	
	1-MCP	129.9	95.26	62.54	61.57	59.78	
	Ess.oils	129.9	100.29	64.60	71.54	68.87	
	Nano-Cu	129.9	91.72	87.14	86.31	82.35	

(Πηγή: Ouzounidou et al. 2013. Efficacy of different chemicals on shelf life extension of parsley stored at two temperatures. *International Journal of Food Science and Technology* 48, 1610-1617.)

Πληροφορίες: Ινστιτούτο Τεχνολογίας Αγροτικών Προϊόντων, Σ. Βενιζέλου 1, 141 23 Λυκόβρυση Αττικής, τηλ.: 210 2845940, e-mail: mchristopoulos@itap.com.gr, geouz@nagref.gr, www.itap.com.gr