

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/230823345>

• • •

Article · January 2010

CITATIONS

0

READS

988

4 authors, including:



[Ioannis S Minas](#)

Colorado State University

31 PUBLICATIONS 175 CITATIONS

SEE PROFILE

Εφαρμογές όζοντος για περιορισμό των απωλειών κατά τη συντήρηση των οπωροκηπευτικών

Μια τεχνολογία φιλική προς το περιβάλλον

Μιλτιάδης Βασιλακάκης¹, Γεώργιος Καραογλανίδης², Ιωάννης Μηνάς¹

¹Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Γεωπονική Σχολή, Εργαστήριο Δενδροκομίας, 541 24 Θεσσαλονίκη

²Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Γεωπονική Σχολή, Εργαστήριο Φυτοπαθολογίας, 541 24 Θεσσαλονίκη

- Το όζον μπορεί να εφαρμόζεται ως αέριο για την απολύμανση θαλάμων συντήρησης τροφίμων και εξοπλισμού στη βιομηχανία τροφίμων καθώς και για τη συντήρηση φρούτων και λαχανικών σε θαλάμους ψυχρής συντήρησης, επιτυγχάνοντας τον περιορισμό των σήψεων συγχρόνως με την απομάκρυνση του αιθυλενίου. Είναι ένα μέσο φιλικό προς το περιβάλλον γιατί δεν αφήνει υπολείμματα και η σύγχρονη τεχνολογία επιτρέπει την ασφαλή εφαρμογή του στη βιομηχανία των οπωροκηπευτικών. Όμως, ως πολύ ισχυρό οξειδωτικό μέσο, το όζον είναι επικίνδυνο για τον άνθρωπο και μπορεί να προκαλέσει ανεπανόρθωτες βλάβες στο αναπνευστικό του σύστημα. Για το λόγο αυτό έχουν θεσπιστεί ανώτερα επιτρεπτά όρια έκθεσης των εργαζομένων στους χώρους εφαρμογής του τα οποία θα πρέπει να τηρούνται αυστηρά και επιπλέον όπου εφαρμόζεται το όζον θα πρέπει να εγκαθίστανται συστήματα ανίχνευσης και προειδοποίησης.

Εισαγωγή

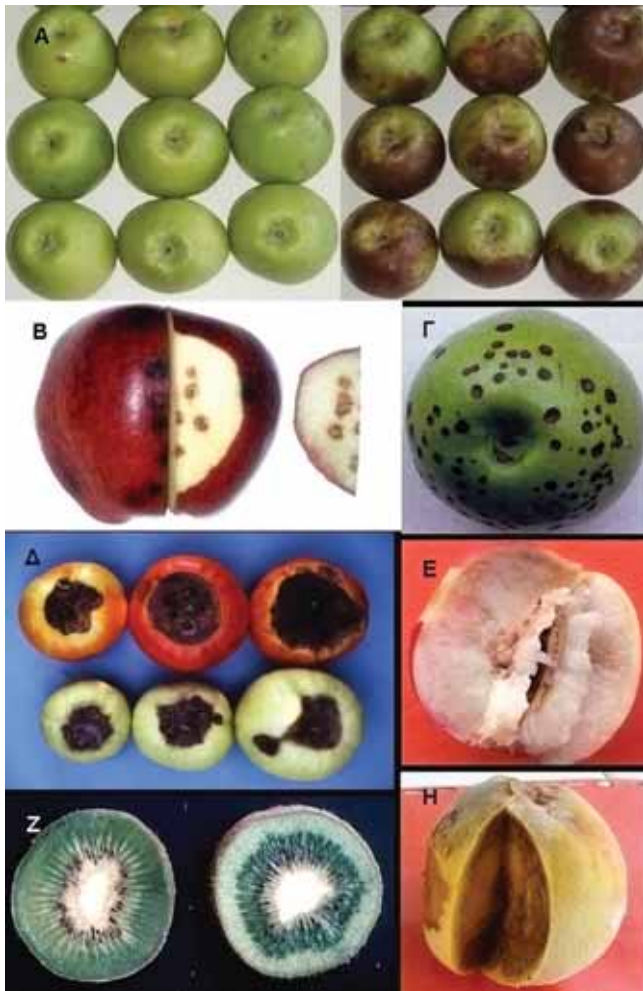
Τα οπωροκηπευτικά αποτελούν έναν από τους δυναμικότερους κλάδους της σύγχρονης ελληνικής γεωργίας, καθώς σημαντικές ποσότητες αυτών προορίζονται για εξαγωγή. Όμως σε ένα περιβάλλον διαρκώς αυξανόμενου ανταγωνισμού πρέπει να διατηρούν υψηλά επίπεδα ποιότητας και να παράγονται με όσο το δυνατόν χαμηλότερο κόστος. Τα οπωροκηπευτικά χαρακτηρίζονται για την υψηλή ευπάθειά τους και απαιτούν κατάλληλες μετασυσλλεκτικές μεταχειρίσεις. Οι ποσοτικές απώλειες και η υποβάθμιση της ποιότητας των οπωροκηπευτικών μετασυσλλεκτικά οφείλονται κυρίως σε α) μηχανικά αίτια (τραυματισμοί κατά τη συγκομιδή, συντήρηση, τυποποίηση, συσκευασία), β) αφυδάτωση, γ) παρουσία αιθυλενίου στους θαλάμους συντήρησης και δ) μετασυσλλεκτικές ασθένειες. Στην παρούσα εργασία δίνεται έμφαση στη χρήση του όζοντος για την αντιμετώπιση των μετασυσλλεκτικών ασθενειών και του αιθυλενίου κατά τη συντήρηση των φρούτων και των λαχανικών.

Μετασυσλλεκτικές ασθένειες

Οι μετασυσλλεκτικές ασθένειες των νωπών φρούτων και λαχανικών, που εκδηλώνονται κατά τη διάρκεια της συντήρησης στα ψυγεία ή και στα ράφια των καταστημάτων αποτελούν τον κύριο παράγοντα πρόκλησης ποσοτικών απωλειών αλλά και ποιοτικής υποβάθμισης και οφείλονται

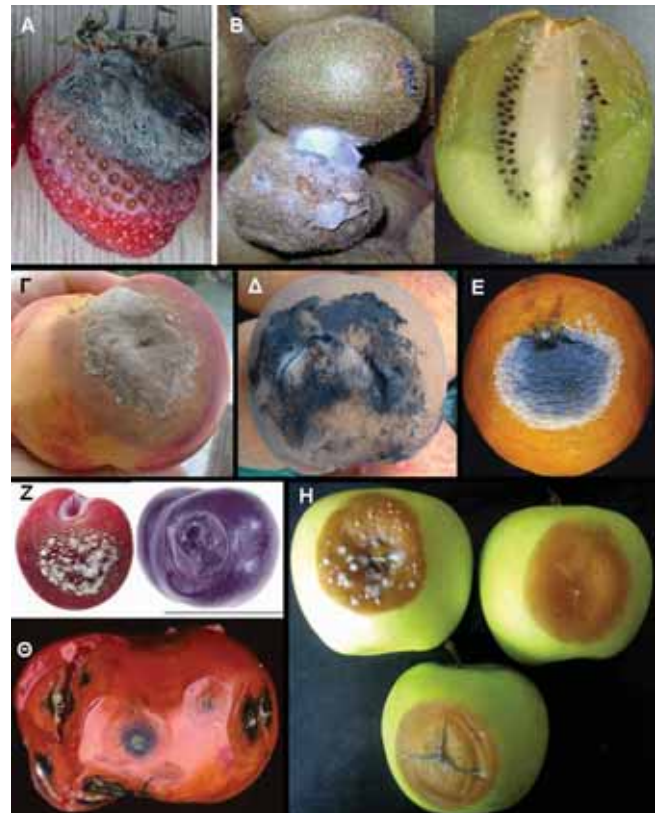
σε μη παρασιτικά και παρασιτικά αίτια (μύκητες, βακτήρια). Οι μη παρασιτικές μετασυσλλεκτικές ασθένειες ή φυσιολογικές ανωμαλίες συνήθως οφείλονται σε ανισορροπία ανόργανων στοιχείων (Ca, K, Mg) και βασικά σε έλλειψη ασβεστίου (Ca), βορίου (B), ψευδαργύρου (Zn), ακατάλληλο στάδιο ωρίμανσης για συγκομιδή (πρώιμη ή πολύ όψιμη συγκομιδή), σε ακατάλληλες συνθήκες συντήρησης (θερμοκρασία, υγρασία) και σε παρατεταμένη διάρκεια συντήρησης (Εικόνα 1).

Οι μετασυσλλεκτικές παρασιτικές ασθένειες ή μετασυσλλεκτικές σήψεις προκαλούνται κυρίως από μυκητολογικής αιτιολογίας παθογόνα, ενώ σπανιότερα από τη δράση φυτοπαθογόνων βακτηρίων. Ο κίνδυνος των μετασυσλλεκτικών σήψεων μολονότι υπαρκτός σε καρπούς βραχείας συντήρησης, όπως το ροδάκινο και το κεράσι, αυξάνει ακόμη περισσότερο σε ευαίσθητα λαχανικά (μαρούλι, κουνουπίδι, μπρόκολο), καθώς και σε προϊόντα που συντηρούνται επί μακρόν (μήλα, αχλάδια ακτινίδια) ή τεμαχίζονται (φρέσκες φρουτοσαλάτες ή σαλάτες λαχανικών, fresh cuts). Τα γένη των μυκήτων και βακτηρίων που προκαλούν τις σημαντικότερες μετασυσλλεκτικές σήψεις των αγροτικών προϊόντων είναι τα: *Botrytis*, *Monilia*, *Penicillium*, *Mucor*, *Alternaria*, *Colletotrichum*, *Diplodia*, *Rhizopus*, *Fusarium*, *Aspergillus*, *Erwinia* (Εικόνα 2). Οι μετασυσλλεκτικές σήψεις οφείλονται σε προ- και μετα- συλλεκτικούς παράγοντες και μπορεί να είναι το αποτέλεσμα προσυσλλεκτικών λανθανουσών μολύνσεων ή επιμολύνσεων και προσβολών από μύκητες και βακτήρια κατά τη συγκομιδή. Τα συμπτώματα των προσβολών εμφανίζονται κατά την αποθήκευση, την



Εικόνα 1. Φυσιολογικές ανωμαλίες οπωροκηπευτικών: επιφανειακό έγκαυμα σε μήλα (Α), φέλλωση (έλλειψη βορίου) σε μήλο (Β), Πικρή στιγμάτωση (ανισορροπία ασβεστίου, καλίου-μαγνησίου) σε μήλο (Γ), τάπα (έλλειψη ασβεστίου) σε ντομάτες (Δ), μάλλινη υφή σε νεκταρίνι (παρατεταμένη ψυχρή συντήρηση) (Ε), εσωτερική κατάρρευση ακτινιδίου λόγω χαμηλών θερμοκρασιών συντήρησης (Ζ), καφέτσιασμα σάρκας ροδάκινου (παρατεταμένη συντήρηση στους 5° C) (Η).

μεταφορά ή και μετά την αγορά των νωπών προϊόντων από τον καταναλωτή. Η αντιμετώπισή τους στηρίζεται κυρίως στην εφαρμογή χημικών φυτοπροστατευτικών προϊόντων (ΦΠΠ) προσυλλεκτικά (μυκητοκτόνα) και σε ορισμένες περιπτώσεις μετασυλλεκτικά (απολυμαντικά με βάση το χλώριο, SOPP, διάφορα μυκητοκτόνα κ.α.) (Πίνακας 1). Χρήση μυκητοκτόνων (π.χ. imazalil) μετασυλλεκτικά επιτρέπεται μόνο σε ορισμένα φρούτα (εσπεριδοειδή) των οποίων ο



Εικόνα 2. Μετασυλλεκτικές σήψεις οπωροκηπευτικών: τεφρά σήψη (*Botrytis cinerea*) σε φράουλα και ακτινίδιο (Α,Β), φαιά σήψη (*Monilia laxa*) σε ροδάκινο (Γ), μαύρη σήψη (*Aspergillus niger*) σε ροδάκινο (Δ), μπλέ σήψη (*Penicillium italicum*) σε πορτοκάλι (Ε), *Monilia* sp. (αριστερά) και *Penicillium* sp. (δεξιά) σε δαμάσκηνα (Ζ), *Monilia* sp. (αριστερά), *Botrytis* sp. (δεξιά) και *Penicillium* sp. (κάτω) σε μήλα (Η), *Colletotrichum coccoides* σε ντομάτα (Θ).

φλοιός, που έρχεται σε άμεση επαφή με το μυκητοκτόνο, δεν αποτελεί το εδωδιμο τμήμα του καρπού.

Η ολοένα αυξανόμενη ανησυχία των καταναλωτών για τα θέματα της ασφάλειας των τροφίμων οδήγησε την Ευρωπαϊκή Ένωση στην επιβολή περιορισμών στη χρήση ΦΠΠ κατά τη διαδικασία της παραγωγής των αγροτικών προϊόντων. Οι περιορισμοί αυτοί είναι ακόμη μεγαλύτεροι για την αγορά της Ρωσίας που αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους προορισμούς για τα ελληνικά αγροτικά προϊόντα. Οι αρχές της «Ολοκληρωμένης Παραγωγής» φρούτων και λαχανικών επιτρέπουν τη χρήση εγκεκριμένων μυκητοκτόνων προσυλλεκτικά, όμως η χρήση τους μετασυλλεκτικά είναι κάτι αδιανόητο για τα περισσότερα φρούτα και λαχανικά. Επομένως η στρόφη προς μεθόδους

Πίνακας 1. Απολυμαντικά που χρησιμοποιούνται μετασυλλεκτικά στα οπωροκηπευτικά.

Απολυμαντικό	Τρόπος εφαρμογής	Ιδιότητες
Υποχλωριώδες νάτριο (χλωρίνη), Υποχλωριώδες ασβέστιο, Διοξείδιο του χλωρίου, Χλώριο (αέριο)	Νερό	Οξειδωση μετάλλων, σχηματισμός καρκινογόνων χλωριοενώσεων (trihalomethanes), υπολείμματα χλωρίου, εύχρηστα προϊόντα
Ορθοφαινυλ-φαινολικό νάτριο (SOPP ή OPP)	Νερό (pH: 11)	Υψηλότερο κόστος σε σχέση με χλωριούχα σκευάσματα
Ενώσεις ιωδίου	Νερό	Βάφει ελαφρώς, Οξειδωση μετάλλων, φθινά προϊόντα
Υπεροξοξικό οξύ (οξυζενέ)	Νερό	Υψηλότερο κόστος σε σχέση με τα χλωριούχα σκευάσματα
Όζον	Νερό και αέρα	Απαιτήσεις για κατάλληλη υποδομή, οξειδωση μετάλλων, επιλογή ανθεκτικών υλικών για την εφαρμογή του (teflon, PVC), δεν αποθηκεύεται (ασταθές), παραγωγή στον τόπο εφαρμογής με χρήση ειδικού εξοπλισμού.

φιλικές για τον καταναλωτή και το περιβάλλον, εναλλακτικές της χημικής αντιμετώπισης των μετασυλλεκτικών ασθενειών είναι σήμερα επιτακτική. Τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να αξιολογείται ερευνητικά αλλά και να εφαρμόζεται σε εμπορικό επίπεδο η χρήση του όζοντος, είτε ως απολυμαντικό είτε για την οξείδωση του αιθυλενίου και ταυτόχρονα για την αναστολή αύξησης των μυκήτων, που προκαλούν μετασυλλεκτικές σήψεις ή ακόμη και για τη διάσπαση των υπολειμμάτων των φυτοπροστατευτικών ουσιών.

Αιθυλένιο

Το αιθυλένιο είναι υδρογονάνθρακας με ένα διπλό δεσμό ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$), άοσμο και άχρωμο και ελαφρύτερο από τον αέρα. Είναι αέρια φυτική ορμόνη ωρίμανσης και γηρασμού. Σχηματίζεται κατά την ωρίμανση των κλιμακτικών καρπών (μήλο, ακτινίδιο, μπανάνα, τομάτα κ.ά.), αλλά και από την καύση οργανικών ενώσεων, επηρεάζει σημαντικά τη διάρκεια της μετασυλλεκτικής ζωής των οπωροκηπευτικών, την εμφάνιση φυσιολογικών ασθενειών και την ευαισθησία τους στις σήψεις. Το αιθυλένιο έχει θετικά και αρνητικά χαρακτηριστικά. Στη βιομηχανία των οπωροκηπευτικών χρησιμοποιείται ευρέως για την τεχνητή ωρίμανση της μπανάνας, του ακτινιδίου, τον αποπρασινισμό των εσπεριδοειδών. Χρησιμοποιείται επίσης ως αντιφωτρωτικό της πατάτας κατά τη συντήρηση. Όμως προκαλεί και προβλήματα κατά τη συντήρηση πολλών ευαίσθητων στο εξωγενές αιθυλένιο οπωροκηπευτικών, τα οποία όταν εκτίθενται στο αιθυλένιο τότε παρουσιάζουν φυσιολογικές ανωμαλίες (κιτρίνισμα, μαλάκωμα σάρκας, κηλιδώσεις) και τελικά γηράσκουν και σαπίζουν. Ευπαθή οπωροκηπευτικά στο εξωγενές αιθυλένιο είναι το ακτινίδιο, το σπαράγγι, τα αντίδια, η ρόκα, το αγγούρι, το κουνουπίδι, το μπρόκολο, το μαρούλι και τα δρεπτά άνθη (κυρίως το γαρύφαλλο). Για τους παραπάνω λόγους θα πρέπει να αποφεύγεται η άμεση έκθεση των ευαίσθητων προϊόντων στο εξωγενές αιθυλένιο, ακόμη και σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις, κατά τη διάρκεια της συντήρησής τους στους ψυκτικούς θαλάμους (Πίνακας 2).

Η αντιμετώπιση του αιθυλενίου στους χώρους συντήρησης των οπωροκηπευτικών γίνεται με **α)** την αφαίρεση ή οξείδωση του αιθυλενίου από τους ψυκτικούς χώρους ή από τις κλειστές συσκευασίες, **β)** τη χρήση αναστολέων σχηματισμού αιθυλενίου (**AVG**, aminoethoxyvinylglycine, εμπορικό σκεύασμα ReTain™, **STS**, silver thiosulfate, χρήση σε δρεπτά άνθη) και **γ)** ανταγωνιστών δράσης αιθυλενίου (**CO₂**, χρήση κατά τη διάρκεια του αποπρασινισμού, **1-MCP**, 1-methylcyclopropene, εμπορικά σκεύασμα Smart FreshSM και EthylBloc™).

Εμπορικές εφαρμογές για την αντιμετώπιση του αιθυλενίου

Το 1-methylcyclopropene με την εμπορική ονομασία Smart FreshSM χρησιμοποιείται στα φρούτα και τα λαχανικά για να παρατείνει την μετασυλλεκτική τους ζωή, παρεμπο-

Πίνακας 2. Μέγιστες επιτρεπτές συγκεντρώσεις αιθυλενίου σε ψυκτικούς θαλάμους.

Προϊόν	Συγκέντρωση αιθυλενίου (ppm)
Μήλο	< 1-5
Ακτινίδιο	< 0,01
Λαχανικά	< 0,05 - 0,1

Πίνακας 3. Οξειδοαναγωγικό δυναμικό χημικών ουσιών που χρησιμοποιούνται ως απολυμαντικά.

Χημική ένωση	Οξειδοαναγωγικό δυναμικό (V)
Όζον (O_3)	2,07
Υπεροξειδίο του υδρογόνου (H_2O_2)	1,78
Υπερμαγγανικό οξύ	1,67
Διοξειδίο του χλωρίου	1,57
Υποχλωριώδες οξύ (HClO)	1,49
Χλώριο (Cl)	1,36
Οξυγόνο (O_2)	1,23
Υποχλωριώδες νάτριο (NaClO)	0,94
Χλωριώδες νάτριο (NaClO_2)	0,76

δίζοντας την δέσμευση του αιθυλενίου στους υποδοχείς του και ως εκ τούτου περιορίζοντας τη βιοσύνθεση του και κατ'επέκταση την ωρίμανση των καρπών κατά τη συντήρησή. Το σκεύασμα έχει πάρει άδεια χρήσης για μήλα, ακτινίδια, τομάτες, δαμάσκηνα, αβοκάντο, λωτούς, πεπόνια, σε 34 χώρες μεταξύ άλλων και στη χώρα μας (ΗΠΑ, ΕΕ κ.ά.). Έχει δώσει πολύ καλά αποτελέσματα συντήρησης σε μήλα και αχλάδια. Εκτός του ότι παρατείνει τη συντήρησή τους για ένα έως δυο μήνες, επί πλέον μειώνει την εμφάνιση της φυσιολογικής ανωμαλίας των μήλων «επιφανειακό έγκαυμα». Το 1-MCP εφαρμόζεται ως αέριο σε κλειστούς χώρους συντήρησης οπωροκηπευτικών (ψυγεία, μεταφορικά μέσα) ή ως υδατικό διάλυμα όπου τα προϊόντα εμβαπτίζονται ή ψεκάζονται πριν την αποθήκευσή τους (και οι δυο μορφές έχουν παρόμοια δράση). Με το εμπορικό όνομα EthylBloc™, το 1-MCP χρησιμοποιείται στα δρεπτά άνθη και φυλλώδη καλλωπιστικά για να προλαμβάνει την μάρανση, το κιτρίνισμα των φύλλων, το πρόωρο άνοιγμα και πρόωρο θάνατο των ανθέων. Επίσης, το 1-MCP κυκλοφορεί και ως νέα τεχνική προστασίας των φυτών ενάντια σε καταπονήσεις (υψηλές θερμοκρασίες, ξηρασία).

Για την αφαίρεση του αιθυλενίου από τους θαλάμους ψυχρής συντήρησης έχουν αναπτυχθεί εδώ και αρκετά χρόνια διάφορες τεχνικές που βασίζονται στον εξαερισμό των θαλάμων, την προσρόφηση του αιθυλενίου με χρήση φίλτρων ενεργού άνθρακα και την οξείδωση του αιθυλενίου. Στην κατηγορία της οξείδωσης βρίσκονται και οι πιο αποτελεσματικές μέθοδοι αφαίρεσης του αιθυλενίου και ως στόχο έχουν τη διάσπαση του διπλού δεσμού μεταξύ των δύο ατόμων άνθρακα στο μόριο του αιθυλενίου, όπως τα φίλτρα υπερμαγγανικού καλίου (KMnO_4), η καταλυτική οξείδωση και το όζον (1).

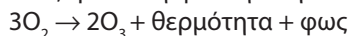
Το υπερμαγγανικό κάλιο προσροφημένο σε διάφορα αδρανή υλικά (εμπορικά σκεύασμα Ethysord, Purafil), έχοντας αρχικά ένα έντονο πορφυρό χρώμα, οξειδώνει το αιθυλένιο, είτε σε γλυκόζη του αιθυλενίου είτε σε οξικό οξύ τα οποία παρουσία επιπλέον υπερμαγγανικού καλίου οξει-

δώνονται σε διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και νερό (H_2O) και το οξειδωτικό μέσο μετατρέπεται σε MnO_2 με ένα σκούρο καφέ χρώμα. Στην αγορά κυκλοφορούν φίλτρα ή φακελάκια όπως αυτά του τσαγιού τα οποία περιέχουν Ethisorb ή Purafil. Τα φίλτρα είναι κατάλληλα για ψυκτικούς θαλάμους ενώ τα φακελάκια είναι κατάλληλα για μικροσυσκευασίες (2).

Η καταλυτική οξείδωση είναι η μέθοδος που χρησιμοποιείται σε ευρεία κλίμακα για την απομάκρυνση του αιθυλενίου από χώρους που αποθηκεύονται ευαίσθητα στο εξωγενές αιθυλένιο προϊόντα (3). Ο αέρας από το εσωτερικό του θαλάμου εισάγεται παλινδρομικά στη συσκευή όπου μέσω δύο κεραμικών υλικών θερμαίνεται σε υψηλή θερμοκρασία ($241-251^\circ\text{C}$). Κατόπιν, ο θερμός αέρας οδηγείται στον καταλύτη (πλατίνα) όπου το αιθυλένιο οξειδώνεται σε CO_2 και H_2O . Ο αέρας ψύχεται και επιστρέφει στο θάλαμο απαλλαγμένος από το αιθυλένιο. Σε κάθε ανακύκλωση του αέρα του ψυκτικού θαλάμου από την συσκευή οξείδωσης αφαιρείται μέρος του αιθυλενίου. Έτσι επαναλαμβανόμενοι κύκλοι έχουν ως αποτέλεσμα την απομάκρυνση του αιθυλενίου από τον ψυκτικό θάλαμο. Οι συσκευές οξείδωσης του αιθυλενίου είναι πολύ αποτελεσματικές, καταναλώνουν μεγαλύτερες ποσότητες ενέργειας από ότι τα φίλτρα με KMnO_4 και απαιτούν σημαντική επένδυση κεφαλαίου για την αγορά και εγκατάστασή τους (2).

Όζον (O_3)

Το όζον είναι αέριο ανοικτού κυανού χρώματος και απαντάται στα χαμηλότερα επίπεδα της στρατόσφαιρας (15 έως 30 km πάνω από την επιφάνεια της γης, «στιβάδα του όζοντος»). Η οσμή του είναι χαρακτηριστική και γίνεται αντιληπτή από τον άνθρωπο όταν η ελάχιστη συγκέντρωση κυμαίνεται ανάμεσα σε 5 και 20 ppb (ανάλογα με την οσφρητική ικανότητα του ατόμου). Σχηματίζεται κυρίως από την αντίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας (UV) με το οξυγόνο σύμφωνα με την αντίδραση:



Η υπεριώδης ακτινοβολία διασπά το μοριακό O_2 σε δυο μονήρη $\text{O}^\cdot$, μερικά από αυτά αντιδρούν με το O_2 και έτσι σχηματίζεται το όζον (O_3). Το όζον σχηματίζεται επίσης στην ατμόσφαιρα από τις ηλεκτρικές εκκενώσεις κατά τη διάρκεια καταιγίδων. Ο καθαρός αέρας στην τροπόσφαιρα (ύψος μέχρι 15 km) περιέχει όζον σε συγκέντρωση μικρότερη των 40 ppb. Αυξημένα επίπεδα όζοντος στην τροπόσφαιρα (>40 ppb) οφείλονται στη φωτοχημική ρύπανση και είναι ιδιαίτερα επικίνδυνα για την υγεία του ανθρώπου. Η οσμή του όζοντος στα όρια που γίνεται αισθητή μπορεί να θεωρηθεί έως και ευχάριστη, αφού δίνει την αίσθηση φρέσκου και καθαρού αέρα. Η σύντομη εισπνοή όζοντος σε μεγάλες σχετικά συγκεντρώσεις αφήνει την αίσθηση της οσμής του για αρκετή ώρα μετά την εισπνοή και στη συνέχεια μπορεί να απευαισθητοποιήσει την όσφρηση (4).

Το όζον έχει μοριακό βάρος 48 (βαρύτερο από τον αέρα), πυκνότητα $2,144 \text{ g l}^{-1}$ ($1 \text{ ppm O}_3 = 1 \text{ μl l}^{-1} = 1 \text{ ml m}^{-3} = 2,14 \text{ mg m}^{-3} \text{ O}_3, \text{ v/v}$), οξειδοαναγωγικό δυναμικό 2,07 V

Πίνακας 4. Ημι-ζωή του όζοντος στον αέρα και στο νερό (pH: 7) σε σχέση με τη θερμοκρασία.

	Θερμοκρασία ($^\circ\text{C}$)	Διάρκεια ημι-ζωής
Αέρας	-50	3 μήνες
	-35	18 ημέρες
	-25	8 ημέρες
	20	3 ημέρες
	120	1,5 ώρες
	250	1,5 δευτερόλεπτα
Νερό	15	30 λεπτά
	20	20 λεπτά
	25	15 λεπτά
	30	12 λεπτά
	35	8 λεπτά

Πίνακας 5. Σύγκριση όζοντος με χλώριο.

Ιδιότητα - Δράση	Χλώριο	Όζον
Οξειδοαναγωγικό δυναμικό (V)	1,36	2,07
Απολυμαντική ικανότητα		
– Βακτήρια	Μέτρια	Εξαιρετική
– Ιοί	Μέτρια	Εξαιρετική
Φιλικό στο περιβάλλον	Όχι	Ναι
Ικανότητα αφαίρεσης χρωστικών	Καλή	Εξαιρετική
Καρκινογένεση	Πιθανή	Απίθανη
Οξείδωση οργανικών ενώσεων	Μέτρια	Υψηλή
Θρόμβωση	Καμία	Μέτρια
Μεταβολή pH	Μεταβλητό	Μειώνει
Ημι-ζωή στο νερό	2-3 ώρες	20 λεπτά
Επικινδυνότητα εφαρμογών		
– Τοξικότητα επαφής με το δέρμα	Υψηλή	Μέτρια
– Τοξικότητα κατάποσης-εισπνοής	Υψηλή	Υψηλή
Πολυπλοκότητα εφαρμογής	Χαμηλή	Υψηλή
Κόστος επένδυσης	Χαμηλό	Υψηλό
Λειτουργικό κόστος	Μέτριο	Χαμηλό
Εφαρμογή στον αέρα	Καμία	Εκτεταμένη

(πολύ ισχυρό οξειδωτικό, Πίνακας 3) και διαλυτότητα στο νερό 190 mg l^{-1} (0°C). Το όζον είναι ασταθές και από τη στιγμή που σχηματίζεται αμέσως αρχίζει και διασπάται σε μονήρες $\text{O}^\cdot$ και O_2 . Πέρα από το μονήρες οξυγόνο, που είναι πολύ ενεργό, παρουσία νερού ή υψηλής σχετικής υγρασίας σχηματίζεται και η ρίζα του $\text{OH}^\cdot$ η οποία μαζί με το O_3 και το $\text{O}^\cdot$ συμπεριλαμβάνεται στις ενεργές μορφές οξυγόνου (Reactive Oxygen Species, ROS) οι οποίες οξειδώνουν οργανικές ενώσεις και είναι υπεύθυνες για το οξειδωτικό στρες των ζωικών και φυτικών οργανισμών.

Η ημι-ζωή του όζοντος στον αέρα επηρεάζεται σημαντικά από τη θερμοκρασία (Πίνακας 4) και από τη σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας. Επειδή το όζον αντιδρά με οσμές, καπνό, βακτήρια, σπόρια μυκήτων και υδρατμούς που αιωρούνται στην ατμόσφαιρα στην πραγματικότητα η ημι-ζωή του όζοντος στον αέρα, υπό συνθήκες συνθήκες θερμοκρασίας, δεν διαρκεί περισσότερο από 30 min. Η ημι-ζωή του όζοντος στο νερό είναι πολύ συντομότερη από ότι στον αέρα (Πίνακας 4). Η διαλυτότητα του όζοντος στους 25°C είναι 109 mg l^{-1} ενώ η διαλυτότητα του οξυγόνου είναι 8 mg l^{-1} , δηλαδή το όζον είναι 13 φορές πιο διαλυτό στο νερό από ότι είναι το οξυγόνο. Διασπάται ταχύτατα σε όξινα διαλύματα, ενώ είναι πολύ σταθερότερο σε αλκαλικά (4). Τα παραπάνω φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του όζοντος από άποψη διαλυτότητας στο νερό και

δραστικότητας το καθιστούν χρήσιμο εργαλείο στη βιομηχανία τροφίμων, ως εναλλακτικό της χρήσης ενώσεων χλωρίου, για την αποστείρωση του εξοπλισμού και την απολύμανση των τροφίμων (απολυμαντικό και αποστειρωτικό) (Πίνακας 5).

Το όζον όμως δεν είναι τοξικό μόνο για τους μικροοργανισμούς είναι εξίσου τοξικό και για τον άνθρωπο. Οι εργαζόμενοι που έρχονται σε επαφή με το όζον πρέπει να λαμβάνουν μέτρα ατομικής προστασίας, από τη στιγμή που το αέριο επιδρά άμεσα στο αναπνευστικό σύστημα, προκαλώντας ζαλάδα και ερεθισμό στα μάτια και στον λάρυγγα. Ωστόσο, σε χαμηλές συγκεντρώσεις το όζον δεν είναι τοξικό για τον άνθρωπο (5). Με βάση αυτά τα δεδομένα ο οργανισμός ασφαλείας και υγείας των εργαζομένων των ΗΠΑ (Occupational Safety & Health Administration, OSHA) έχει προτείνει ως ανώτατο όριο έκθεσης για τους εργαζομένους τα 15 min σε συγκέντρωση 0,3 ppm (6) και 8 h σε συγκέντρωση 0,1 ppm (7). Πάνω από συγκέντρωση 0,2 ppm μπορεί να προκαλέσει ζημιά στο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου (5), ενώ τα 5 ppm θεωρούνται ως συγκέντρωση άμεσα επικίνδυνη για τη ζωή και την υγεία του ανθρώπου (Immediately Dangerous to Health & Life, IDHL). Αυτή είναι και η μέγιστη συγκέντρωση για την οποία υπάρχουν εγκεκριμένες αναπνευστικές μάσκες και υψηλότερα επίπεδα όζοντος από αυτή τη συγκέντρωση είναι επικίνδυνα και απαιτούν ειδικό ατομικό αναπνευστικό εξοπλισμό (7).

Παραγωγή όζοντος σε εμπορική κλίμακα

Σε εμπορική κλίμακα υπάρχουν δύο τρόποι παραγωγής όζοντος. Ο πρώτος τρόπος είναι η παραγωγή του με βάση την UV ακτινοβολία (μήκος κύματος 254 nm), χρησιμοποιώντας ατμοσφαιρικό αέρα ή αέρα εμπλουτισμένο με O_2 . Οι UV- γεννήτριες συνήθως παράγουν μικροποσότητες όζοντος (0,5% ή και λιγότερο). Ένα άλλο μειονέκτημα είναι ότι απαιτείται το οξυγόνο να εκτεθεί στην UV ακτινοβολία για μακρύ χρονικό διάστημα και το αέριο που δε δέχεται την ακτινοβολία δεν μετατρέπεται σε όζον. Αυτά τα μειονεκτήματα καθιστούν τις συσκευές αυτές μη πρακτικές για εφαρμογές όπου η κίνηση του νερού ή του αέρα για απολύμανση είναι αρκετά γρήγορη.

Ο δεύτερος τρόπος αφορά τη διοχέτευση αέρα εμπλουτισμένου με O_2 ή O_3 υψηλής καθαρότητας σε υψηλή ηλεκτρική τάση η οποία είναι συνήθως γνωστή ως γεννήτρια εκκένωσης τύπου στεφάνης (Corona Discharge, Εικόνα 3) (1). Οι γεννήτριες τύπου στεφάνης είναι ακριβότερες από τις UV όμως έχουν το πλεονέκτημα της παραγωγής υψηλότερων συγκεντρώσεων O_3 (8). Αυτός ο τύπος είναι ο πιο συνήθης για βιομηχανική ή οικιακή χρήση. Παράγουν οξειδία του αζώτου, ως παραπροϊόντα, τα οποία περιορίζονται με τη χρήση υγρασκοπικού μέσου για την μείωση της ατμοσφαιρικής υγρασίας. Η δυναμικότητα παραγωγής όζοντος των γεννητριών εκφράζεται σε $g\ h^{-1}$.

Εφαρμογές όζοντος σε φρούτα και λαχανικά

Λόγω της πολύ υψηλής οξειδωτικής και απολυμαντικής του δράσης το όζον χρησιμοποιήθηκε αρχικά για την

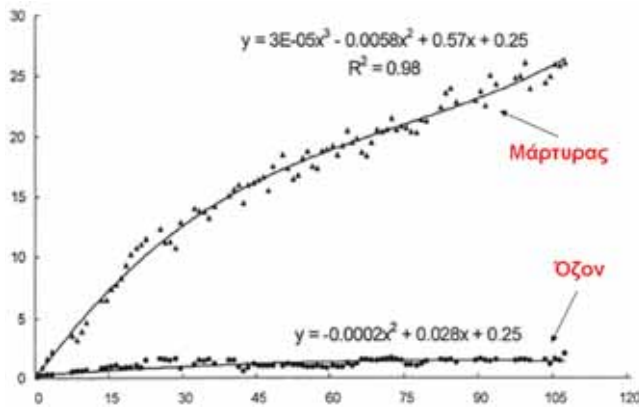


Εικόνα 3. Γεννήτριες όζοντος τύπου Corona.

απολύμανση πόσιμου νερού ως εναλλακτικό του χλωρίου σε διυλιστήρια νερού ύδρευσης μεγάλων πόλεων. Συμβάλλει αποτελεσματικά στην εξάλειψη παρασίτων του πόσιμου νερού όπως *Giardia lamblia* και *Cryptosporidium* sp., χωρίς ωστόσο να σχηματίζει οργανοχλωριοενώσεις, ούτε αφήνει υπολείμματα μετά την εφαρμογή του. Έρευνες στο Πολυτεχνείο της Καλιφόρνια (ΗΠΑ) έδειξαν ότι σε συγκέντρωση 0,3 ppm στο νερό της βρύσης το όζον ήταν ικανό να μειώσει κατά 99,9% τα μικρόβια τροφίμων, όπως *Salmonella*, *Escherichia coli* 0157:H7 και *Campylobacter*. Το κλωβακτηρίδιο (*E. coli*) θανατώθηκε μετά από έκθεση επί 1 sec σε συγκέντρωση 2 ppm όζοντος. Ακόμη και χαμηλές συγκεντρώσεις όζοντος (0,3 ppm επί 8 λεπτά της ώρας) είναι αρκετές για να νεκρώσουν τα σπόρια μερικών μυκήτων (*B. cinerea*).

Πέραν της ευεργετικής δράσης του όζοντος εναντίον των φυτοπαθογόνων μυκήτων και βακτηρίων εξίσου ευεργετική είναι και χρήση του όζοντος για τη διάσπαση του αιθυλενίου η οποία έχει καλά τεκμηριωθεί εδώ και αρκετά χρόνια (9, 10). Η αποτελεσματικότητα του όζοντος και μάλιστα σε πολύ χαμηλή συγκέντρωση (0,04 ppm), στην οξείδωση του αιθυλενίου σε ψυκτικούς θαλάμους όπου συσχηματίζονται μήλα και αχλάδια φαίνεται στο Σχήμα 1.

Το όζον από το 1997 είχε χαρακτηριστεί ως GRAS (Gen-



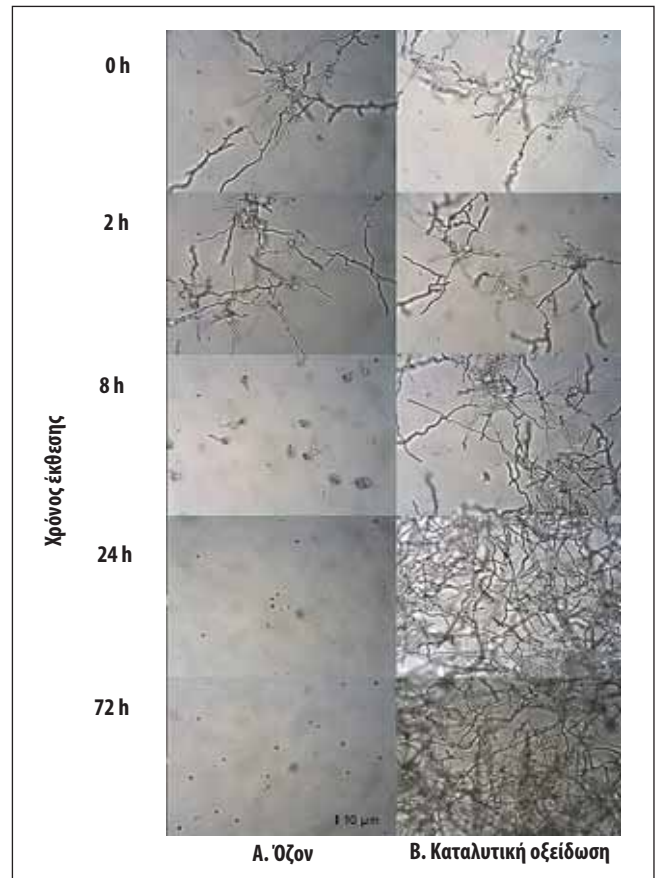
Σχήμα 1. Συγκέντρωση αιθυλενίου σε θαλάμους ψυχρής συντήρησης (0°C, Σ.Υ. 95%) μήλων και αχλαδιών που εφαρμόζονταν ή όχι όζον συγκέντρωσης 0,4 ppm. Από Skog και Chu, 2001.

erally Recognized As Safe) από τον Οργανισμό Τροφίμων και Φαρμάκων των Η.Π.Α. (Food & Drug Administration, FDA) και το 2001 εγκρίθηκε για χρήση κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας των τροφίμων (νωπά και επεξεργασμένα φρούτα και λαχανικά) και για την εφαρμογή του στους χώρους αποθήκευσης ως αέριο ή διαλυμένο στο νερό (11).

Το όζον εφαρμόζεται ως αέριο α) για την απολύμανση θαλάμων συντήρησης τροφίμων και εξοπλισμού στη βιομηχανία τροφίμων και β) για τη συντήρηση φρούτων και λαχανικών σε θαλάμους ψυχρής συντήρησης, για τον περιορισμό των σήψεων συγχρόνως με την απομάκρυνση του αιθυλενίου, όταν δεν εφαρμόζεται άλλη μέθοδος απομάκρυνσης (η παροχή μπορεί να είναι συνεχής ή διακοπτόμενη, πχ. ημέρα - νύχτα).

Το όζον εφαρμόζεται στο νερό για το πλύσιμο ή την εμβάπτιση φρούτων και λαχανικών σε οζονισμένο νερό (μήλα, εσπεριδοειδή, σταφύλια, ροδάκινα, νεκταρίνια, μαρούλια, τομάτες, σέλινο, καρότα). Επίσης, μπορεί να εφαρμοστεί κατά την υδρόψυξη, όπου αυτή εφαρμόζεται, για την απολύμανση του νερού. Με τον τρόπο αυτό εκτός από ευεργετικό αποτέλεσμα στην υγιεινή των φρούτων γίνεται και μεγάλη εξοικονόμηση στο νερό. Το όζον χρησιμοποιείται πάντοτε σε καθαρό νερό και απουσία οργανικών ενώσεων, διότι στην αντίθετη περίπτωση μειώνεται η αποτελεσματικότητά του (αυτός είναι ο λόγος που το όζον είναι αναποτελεσματικό στην απολύμανση των τεμαχισμένων λαχανικών).

Μια πρώτη έρευνα από τον Spalding (1968) και κατόπιν από τον Palou και τους συνεργάτες του (2002) έδειξαν ότι ατμόσφαιρες εμπλουτισμένες με 0,3 ως 0,5 ppm όζοντος επιβράδυναν σημαντικά την ανάπτυξη των μυκήτων *Monilinia fructicola* (φαιά σήψη), *Rhizopus stolonifer*, *Botrytis cinerea* (τεφρά σήψη) σε τεχνητά προσβεβλημένους καρπούς ροδακινιάς (12, 13), ενώ δεν παρατηρήθηκε καμία επίδραση στην μυκηλιακή ανάπτυξη του μύκητα *Mucor pyriformis*. Οι Liew & Prange (1994) ανέφεραν μια μείωση της τάξης του 50% στον ημερήσιο ρυθμό αύξησης του μύκητα *B. cinerea* και του μύκητα *Sclerotinia sclerotiorum* σε καρότα που εκτέθηκαν σε 60 ppm όζοντος με δράση του όζοντος καθαρά μυκοστατική και όχι μυκοτοξική (14).

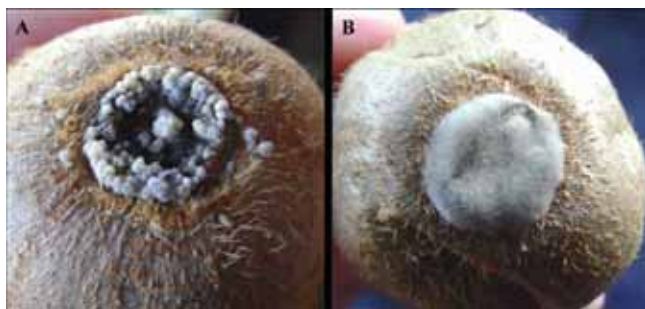


Εικόνα 4. Βλάστηση κονιδίων του μύκητα *B. cinerea* μετά από έκθεση σε θαλάμους ψυχρής συντήρησης (0°C, ΣΥ 95%) με όζον σε συγκέντρωση 0,3 ppm (Α) και με καταλυτική οξείδωση (Β) για 0, 2, 8, 24, 72 h και επώαση στους 22°C υπό συνθήκες σκότους για 24 h. Φωτογραφίες από οπτικό μικροσκόπιο (40x).

Όταν εφαρμόστηκαν χαμηλότερα επίπεδα όζοντος κατά τη διάρκεια της συντήρησης (1 ppm O_3 στους 8°C) παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στην ανάπτυξη των παραπάνω μυκήτων στα καρότα, με το όζον ικανό να μειώνει την εξάπλωση των ανθεκτικών στα μυκητοκτόνα στελεχών (15). Η Barth και οι συνεργάτες της (1995) επίσης ανέφεραν ότι ο εμπλουτισμός με όζον (0,3 ppm στους 2°C) αναστέλλει την ανάπτυξη των μυκήτων *B. cinerea* και *R. stolonifer* κατά τη συντήρηση βατόμουρων (16). Όμοια, η έκθεση πορτοκαλιών (ποικ. Valencia) και λεμονιών (ποικ. Eureka) σε όζον (1 ± 0,05 ppm στους 10°C) καθυστέρησε την προσβολή από τους μύκητες *Penicillium digitatum* και *P. italicum* και μείωσε το ρυθμό εξάπλωσης της σήψης που προκαλούνται από τα συγκεκριμένα παθογόνα (17).

Το όζον δεν εισέρχεται σε βάθος στους προσβεβλημένους ιστούς και ως εκ τούτου δεν επηρεάζει την ανάπτυξη των μυκήτων εφόσον εισέλθουν στο εσωτερικό του καρπού. Ωστόσο, η παραγωγή σπορίων σε πληγές εσπεριδοειδών που είχαν μολυνθεί με τους μύκητες *Penicillium digitatum* (πράσινη σήψη) και *P. italicum* (μπλε σήψη) μειώθηκε ύστερα από έκθεση σε όζον (17).

Οι Margosan & Smilanick (2000) ανέφεραν ότι η βλάστηση των σπορίων των μυκήτων *B. cinerea*, *M. fructicola*, *P. digitatum* και *R. stolonifer* αναστέλλεται από τον εμπλουτισμό της ατμόσφαιρας με όζον (18). Ο Tzortzakakis και οι



Εικόνα 5. Επίδραση του όζοντος (0,3 ppm) (Α) και της καταλυτικής οξειδωσης του αιθυλενίου (Β) στη sporioποίηση του μύκητα *Botrytis cinerea* σε ακτινίδια τεχνητά μολυσμένα που συντηρήθηκαν για 4 μήνες στους 0° C και 95% ΣΥ.

συνεργάτες του το (2007) ανέφεραν ότι το όζον (0,1 ppm, 13°C) επέδρασε σημαντικά στην αναστολή της sporioποίησης και της μυκηλιακής ανάπτυξης του μύκητα *B. cinerea* τόσο *in vitro* όσο και *in vivo* σε καρπούς τομάτας, φράουλας, δαμασκηνιάς και σε σταφύλια, ωστόσο η επίδραση του όζοντος ήταν πιο έντονη *in vivo* (19).

Σε *in vitro* πειράματα που εκπονήθηκαν στο Εργαστήριο Δενδροκομίας σε συνεργασία με το εργαστήριο Φυτοπαθολογίας της Γεωπονικής του Α.Π.Θ. παρατηρήθηκε σημαντική μείωση κατά 75% στη βλάστηση και τελικά νέκρωση των κονιδίων του μύκητα *B. cinerea* μετά από 8 h έκθεση στο θάλαμο ψυχρής συντήρησης (0° C, Σ.Υ. 95%) με όζον (0,3 ppm) σε σχέση με αυτά που εκτέθηκαν σε θάλαμο που εφαρμοζόταν το σύστημα της καταλυτικής οξειδωσης του αιθυλενίου (μάρτυρας) (Εικόνα 4). Επίσης καταγράφηκε σημαντική αναστολή της μυκηλιακής ανάπτυξης του μύκητα *B. cinerea* παρουσία όζοντος όμως ο μύκητας επαναδραστηριοποιήθηκε μετά από την έξοδο των καλλιεργειών από τον θάλαμο ψυχρής συντήρησης. Σε *in vivo* πειράματα σε τεχνητά μολυσμένους καρπούς ακτινιδιάς που εκπονήθηκαν από την ίδια ερευνητική ομάδα παρατηρήθηκε μείωση κατά 56% του ποσοστού των καρπών που προσβλήθηκαν από την ασθένεια της τεφράς σήψης, με τον μύκητα *B. cinerea*, μετά από 4 μήνες ψυχρή συντήρηση σε θάλαμο με όζον (0,3 ppm) σε σχέση με τον μάρτυρα. Επιπλέον, στους καρπούς που συντηρήθηκαν με όζον και εμφάνισαν συμπτώματα της ασθένειας παρεμποδίστηκε η sporioποίηση του μύκητα και παρατηρήθηκε ο



Εικόνα 6. Απουσία της τεφράς σήψης σε ακτινίδια (φυσικές μολύνσεις) μετά από 5 μήνες συντήρηση στους 0° C και ΣΥ 95% σε θάλαμο με όζον (0,3 ppm) (Α) και παρουσία της ασθένειας σε προχωρημένο στάδιο (σχηματισμός "φωλιών") σε θάλαμο καταλυτικής οξειδωσης του αιθυλενίου (Β).

σχηματισμός σκληρωτίων, γεγονός που συνδέεται με την αδυναμία του μύκητα να αναπτυχθεί στην εμπλουτισμένη με όζον ατμόσφαιρα (Εικόνα 5). Αυτή η επίδραση του όζοντος στην παρεμπόδιση ανάπτυξης του μύκητα είναι ιδιαίτερης σημασίας καθώς συμβάλλει στην αποτροπή της μετάδοσης της ασθένειας από καρπό σε καρπό με επαφή κατά τη διάρκεια της συντήρησης (αποφυγή δημιουργίας φωλιών) περιορίζοντας με τον τρόπο αυτό τις ποσοτικές απώλειες (Εικόνα 6) (20).

Η προ-έκθεση καρπών τομάτας και ακτινιδιών σε όζον για διάφορα χρονικά διαστήματα ενίσχυσε την αντοχή των καρπών στην προσβολή από τον μύκητα *B. cinerea* (20, 21). Αυτό πιθανά να συνδέεται με το γεγονός ότι το όζον επάγει τη βιοσύνθεση φαινολικών ουσιών που είναι υπεύθυνες για την αύξηση της ανθεκτικότητας των σταφυλιών σε σήψεις κατά τη συντήρηση, όπως η φυτοαλεξίνη ρεσβερατρόλη (22, 23).

Η αποτελεσματικότητα του όζοντος στην αντιμετώπιση των σήψεων επηρεάζεται από το είδος του παθογόνου και του συντηρούμενου φρούτου ή λαχανικού, τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία συντήρησης. Γι' αυτό είναι απαραίτητο να ερευνηθούν και να προσδιοριστούν οι άριστες συνθήκες εφαρμογής (διάρκεια εφαρμογής

Πίνακας 6. Εφαρμογές όζοντος κατά τη συντήρηση οπωροκηπευτικών.

Είδος οπωρ/τικού	Είδος παθογόνου	Τρόπος εφαρμογής	Συγκέντρωση (ppm)	Βιβλιογραφία
Μήλα	<i>Escherichia coli</i>	Νερό	0,01-0,15	(26)
Εσπεριδοειδή	<i>Penicillium italicum</i>	Νερό	0,7	(17)
Ακτινίδια	<i>Botrytis cinerea</i>	Αέριο	0,3	(20)
Ροδάκινα	<i>Monilia laxa</i>	Αέριο	0,3	(13)
Νεκταρίνια	<i>Monilia laxa</i>	Αέριο	0,3	(13)
Σταφύλια	<i>Botrytis cinerea</i>	Αέριο	0,3	(13)
Φράουλες	<i>Botrytis cinerea</i>	Αέριο	0,35-1,5	(27, 28)
Βατόμουρα	<i>Botrytis cinerea</i>	Αέριο	0,3	(16)
Σέλινο	Βακτήρια	Νερό	0,08	(29)
Μαρούλι / Καρότο	Φυσική μικροχλωρίδα	Νερό	7,5 (+150)*	(30)
Τομάτα	<i>Botrytis cinerea</i>	Νερό	3,8	(31)
	<i>Alternaria alternata</i> ,	Αέρας	0,05-5	(21)
	<i>Colletotrichum coccoides</i>	Αέρας	0,05-5	(21)
Σύκα / Σπόροι	Βακτήρια, μύκητες, προνύμφες εντόμων	Αέρας	5-10	(32)

* ppm υποχλωριώδους νατρίου

Πίνακας 7. Επίδραση της εφαρμογής του όζοντος στο νερό και στον αέρα στη μείωση της συγκέντρωσης διαφόρων φυτοφαρμάκων από την επιφάνεια μήλων και σταφυλιών σε σχέση με τη συγκέντρωση εφαρμογής.

Δραστική ουσία	Είδος οπωροκ/κού	Τρόπος εφαρμογής	Ποσοστό μείωσης (%)	Συγκέντρωση όζοντος (ppm)	Βιβλιογραφία
Azinphos methyl	μήλα	Νερό	75	0,25	(33)
Captan	μήλα	Νερό	72	0,25	(33)
Mancozeb	μήλα	Νερό	56-97	1-10	(24)
Ethyleneuria	μήλα	Νερό	100	1-3	(24)
Iprodione	σταφύλια	Αέρας	5	10.000	(25)
Boscalid	σταφύλια	Αέρας	16,7	10.000	(25)
Fenhexamid	σταφύλια	Αέρας	68,5	10.000	(25)
Pyraclostrobin	σταφύλια	Αέρας	100	10.000	(25)

και συγκέντρωση) για κάθε οπωροκηπευτικό ώστε να είναι αποτελεσματικό και ταυτόχρονα να μην υποβαθμίζει την ποιότητα των προϊόντων. Ενδεικτικά με τα έως τώρα ερευνητικά δεδομένα το όζον βρέθηκε ότι δεν επηρεάζει καθόλου ή επηρεάζει θετικά την ποιότητα των μήλων, των αχλαδιών, της τομάτας, του ακτινιδίου, του μπρόκολου και του μαρουλιού. Αντίθετα, υπάρχουν αναφορές για υποβάθμιση της ποιότητας της φράουλας, του αγγουριού και των μανιταριών (1).

Τα τελευταία χρόνια καταβάλλονται ερευνητικές προσπάθειες στην κατεύθυνση αξιοποίησης του όζοντος για τη μείωση υπολειμμάτων γεωργικών φαρμάκων που υπάρχουν σε γεωργικά προϊόντα, όπως φρούτα και λαχανικά. Πρόσφατες δημοσιεύσεις αναφέρουν ότι το όζον διαλυμένο σε νερό προκαλεί ταχεία διάσπαση εντομοκτόνων ουσιών όπως το carbofuran, phorate, malathion και diazinon αλλά και ζιζανιοκτόνων όπως η ατραζίνη. Είναι επίσης γνωστό πως το όζον, σε εφαρμογές στον αέρα των θαλάμων συντήρησης, σε διάφορες συγκεντρώσεις μείωσε τη συγκέντρωση των φυτοπροστατευτικών ουσιών azinphos methyl, captan, mancozeb, fenhexamid, pyraclostrobin από την επιφάνεια των μήλων και των σταφυλιών (Πίνακας 7). Δεν είχε όμως κανένα αποτέλεσμα στα iprodione και boscalid, ακόμη και μετά από έκθεση σε πολύ υψηλή συγκέντρωση όζοντος (Πίνακας 7). Είναι γνωστό ότι αρκετά υπό-προϊόντα που σχηματίζονται από τη διάσπαση των φυτοφαρμάκων είναι περισσότερο τοξικά από ότι το ίδιο το φυτοφάρμακο. Επομένως η έρευνα θα πρέπει να στραφεί και στην ανίχνευση των υπό-προϊόντων που δημιουργούνται μετά από τη διάσπαση των οργανικών φυτοφαρμάκων από το όζον και στους κινδύνους που εγκυμονεί η παρουσία τους στην επιφάνεια των οπωροκηπευτικών για τη δημόσια υγεία.

Συνοψίζοντας, το όζον είναι φιλικό προς το περιβάλλον, δεν αφήνει υπολείμματα και η σύγχρονη τεχνολογία επιτρέπει την ασφαλή εφαρμογή του στη βιομηχανία των οπωροκηπευτικών. Όμως, ως πολύ ισχυρό οξειδωτικό μέσο, το όζον είναι επικίνδυνο για τον άνθρωπο και προκαλεί ανεπανόρθωτες βλάβες στο αναπνευστικό του σύστημα. Για το λόγο αυτό έχουν θεσπιστεί ανώτερα επιτρεπτά όρια έκθεσης των εργαζομένων στους χώρους εφαρμογής του τα οποία θα πρέπει να τηρούνται αυστηρά και επιπλέ-

ον όπου εφαρμόζεται το όζον θα πρέπει να εγκαθίστανται συστήματα ανίχνευσης και προειδοποίησης.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Martinez-Romero, D., Bailén, G., Serrano, M., Guillén, F., Valverde, J.M., Zapata, P., Castillo, S., Valero, D. Tools to maintain postharvest fruit and vegetable quality through the inhibition of ethylene action: A review. *Critical Rev. Food Sci. Nutr.* 2007, 47, 543–560.
- Βασιλακάκης, Μ. Μετασυλλεκτική φυσιολογία, μεταχείριση οπωροκηπευτικών και τεχνολογία. Διαιτητική αξία οπωροκηπευτικών. *Εκδόσεις Γαρταγάνη*, 2010, Θεσσαλονίκη.
- Σφακιωτάκης, Ε. Μετασυλλεκτική Φυσιολογία και Τεχνολογία Νωπών Οπωροκηπευτικών Προϊόντων. *Εκδόσεις Τυρο ΜΑΝ*, 1995, Θεσσαλονίκη.
- Βαλαβανίδης, Θ., Ευσταθίου, Κ. Όζον η χημική ένωση του μήνα. 2009. www.chem.uoa.gr/chemicals/chemozone.htm
- Artés, F., Gómez, P., Aguayo, E., Escalona, V., Artés-Hernández, F. Sustainable sanitation techniques for keeping quality and safety of fresh-cut plant commodities. *Postharvest Biol. Technol.* 2009, 51, 287–296.
- Mahapatra, A.K., Muthukumarappan, K., Julson, J.L. Applications of Ozone, Bacteriocins and Irradiation in Food Processing: A Review. *Critical Rev. Food Sci. Nutr.* 2005, 45, 447–461.
- Smilanick, J.L. Postharvest Use of Ozone on Citrus Fruit. *Packinghouse Newsletter* 2003, 199, 1–6.
- Suslow, T.V. Ozone Applications for Postharvest Disinfection of Edible Horticultural Crops. *Agriculture and Natural Resources Publications* (Publication 8133), 2004, Davis, California.
- Dickson, R.G., Law, S.E., Kays, S.J., Eiteman, M.A. Abatement of ethylene by ozone treatment in controlled atmosphere storage of fruits and vegetables. *American Society of Agricultural Engineering, Proc. International Winter Meeting* 1992, 1–9.
- Skog, L.J., Chu, C.L. Effect of ozone on qualities of fruits and vegetables in cold storage. *Can. J. Plant Sci.* 2001, 81, 773–778.
- U.S. Food and Drug Administration. Substances generally recognized as safe, proposed rule. *Federal Register* 1997, 62, 18937–18964.
- Spalding, D.H. Effects of ozone atmospheres on spoilage of fruits and vegetables after harvest. Marketing Research Report, Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture 1968, 756, pp. 11.
- Palou, L., Crisosto, C.H., Smilanick, J.L., Adaskaveg, J.E., Zoffoli, J.P. Effects of continuous 0.3ppm ozone exposure on decay development and physiological responses of peaches and table grapes in cold storage. *Postharvest Biol. Technol.* 2002, 24, 39–48.
- Liew, C.L., Prange, R.K. Effect of ozone and storage temperature on post-harvest diseases and physiology of carrots (*Daucus carota* L.). *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 1994, 119, 563–567.
- Forney, C.F., Fan, L., Hildebrand, P.D., Song, J. Do negative air ions reduce decay of fresh fruits and vegetables. *Proc. 4th International Conference on Postharvest. Acta Hort.* 2001, 553, 421–424.
- Barth, M.M., Zhou, C., Mercier, J., Payne, F.A. Ozone storage effects on

- anthocyanin content and fungal growth in blackberries. *J. Food Sci.* 1995, 60, 1286–1288.
17. Palou, L., Smilanick, J.L., Crisoto, C.H., Mansour, M. Effect of gaseous ozone exposure on the development of green and blue molds on cold stored citrus fruit. *Plant Dis.* 2001, 85, 632–638.
 18. Margosan, D.A., Smilanick, J.L. Mortality of spores of *B. cinerea*, *Monilinia*, *Penicillium digitatum* and *Rizopus stolonifer* after exposure to ozone gas, and a survey of the tolerance of produce to sporidial ozone doses. Proc. of Postharvest Integrated Pest Management meeting, Univ. California, Davis, CA, August 2000.
 19. Tzortzakakis, N.G., Singleton, I., Barnes, J.D. Deployment of low-level ozone-enrichment for the preservation of chilled fresh produce. *Postharvest Biol. Technol.* 2007, 43, 261–270.
 20. Μηνάς, Ι. Επίδραση του όζοντος στη μετασυλλεκτική συμπεριφορά καρπών ακτινιδιάς (*Actinidia deliciosa*, ποικ. 'Hayward') και στην ανάπτυξη της τεφράς σήψης. Μεταπτυχιακή διατριβή, Γεωπονική Σχολή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης 2010, Θεσσαλονίκη.
 21. Tzortzakakis, N.G., Singleton, I., Barnes, J.D. Impact of low-level atmospheric ozone-enrichment on black spot and anthracnose rot of tomato fruit. *Postharvest Biol. and Technol.* 2008, 47, 1–9.
 22. Sarig, P., Zahavi, T., Zutkhi, Y., Yannai, S., Lisker, N., Ben-Arie, R. Ozone for control of postharvest decay of table grapes caused by *Rhizopus stolonifer*. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 1996, 48, 403–415.
 23. González-Barrio, R., Beltrán, D., Cantos, E., Gil, M.I., Espín J.C., Tomás-Barberán, F.A. Comparison of Ozone and UV-C Treatments on the Postharvest Stilbenoid Monomer, Dimer, and Trimer Induction in Var. 'Superior' White Table Grapes. *J. Agric. Food Chem.* 2006, 54, 4222–4228.
 24. Hwang, E.S., Cash, J.N., Zabik, M.J. Postharvest treatments for the reduction of mancozeb in fresh apples. *J. Agric. Food Chem.* 2001, 49, 3127 (Abstract).
 25. Gabler, F.M., J.L. Simarlick, M.F. Mansur, H. Karaca. Influence of fumigation with high concentrations of ozone gas on gray mold and fungicide residues on table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 2010, 55, 85–90.
 26. Achen, M., Yousef, A.E. Efficacy of Ozone Against *Escherichia coli* O157:H7 on Apples. *J. Food Sci.* 2001, 66, 1380–1384.
 27. Perez, A.G., Sanz, C., Rios, J.J., Olias, R., Olias, J.M. Effects of ozone treatment on postharvest strawberries quality. *J. Agric. Food Chem.* 1999, 47, 1652–1656.
 28. Nadas, A., Olmo, M., Garcia, J.M. Growth of *Botrytis cinerea* and strawberry quality in ozone-enriched atmospheres. *J. Food Sci.* 2003, 68, 1798–1802.
 29. Zhang, L., Lu, Z., Yu, Z. and Gao, X. Preservation Fresh-cut Celery by Treatment of Ozonated Water. *Food Control* 2005, 16, 279–283.
 30. Garcia, A., Mount, J.R., Davidson, P.M. Ozone and Chlorine Treatment of Minimally Processed Lettuce. *J. Food Sci.* 2003, 68, 2747–2751.
 31. Ogawa, J.M., Feliciano, A.J., Manji, B.T. Evaluation of Ozone as a Disinfectant in Postharvest Dump Tank Treatments for Tomato. *Phytopathology* 1990, 80, 1020 (Abstract).
 32. Oztekin, S., Zorlugenc, B., Zorlugenc, F.K. Effects of Ozone Treatment on Microflora of Dried Figs. *J. Food Engin.* 2005, 75, 396–399.
 33. Ong, K.C., Cash, J.N., Zabik, M.J. Siddiq, M., Jones, A.L. Chlorine and Ozone Washes for Pesticide Removal from Apples and Processed Apple Sauce. *Food Chem.* 1996, 55, 153–160.
 34. Ozone Solutions, Inc., USA. <http://www.ozonesolutions.com>



SCHROEDER
Hellas
Οι ειδικοί στο ΟΖΟΝ!

28 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ
ΣΕ ΤΡΟΦΙΜΑ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Γ. ΑΝΤΩΝΟΠΟΥΛΟΣ & ΣΙΑ Ο.Ε.
Σαλαμινομάχων 25, Σαλαμίνα 18901
Τ.: 210 4670104, F.: 210 4670164
web: www.schroeder.gr e-mail: info@schroeder.gr

από το 2003

ΠΡΩΤΟΠΟΡΟΙ
με προηγμένα
συστήματα
απολύμανσης
ΟΖΟΝΤΟΣ

Εξαγωγές νωπών οπωροκηπευτικών για την εβδομάδα 26/6 – 2/7/2010

Όπως μας ενημερώνουν εξαγωγείς, συνεχίστηκαν και αυτή την εβδομάδα με ήπιους ρυθμούς οι εξαγωγές καρπουζιών για τα οποία ξεκίνησε η συγκομιδή στην Ιταλία, σε λίγο θα ξεκινήσει και στη Ρουμανία, ενώ στην Ουγγαρία αναμένεται να ξεκινήσει στις 15 Ιουλίου. Συνεχίζονται με καλούς ρυθμούς οι εξαγωγές στα ροδάκινα και νεκταρίνια. Η κατάσταση με τα μεταφορικά μέσα έχει κάπως ομαλοποιηθεί ενώ παράλληλα υπάρχει βελτίωση και του ναύλου.

Σύμφωνα με τα στοιχεία του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων, οι εξαγωγές νωπών οπωροκηπευτικών για την εβδομάδα 26/6 – 2/7/2010, έναντι αντίστοιχων περσινών, είναι οι εξής:

- Μανταρίνια (τελικά): 32.230 τόνοι έναντι 20.652 τόνων
- Πορτοκάλια: 275.178 τόνοι έναντι 202.030 τόνων
- Λεμόνια: 617 τόνοι έναντι 358 τόνων
- Γκρέιπ Φρούτ (τελικά): 340 τόνοι έναντι 412 τόνων
- Ακτινίδια: 46.478 τόνοι έναντι 40.335 τόνων
- Αγγούρια (τελικά): 20.006 τόνοι έναντι 17.123 τόνων
- Μήλα: 16.887 τόνοι έναντι 11.094 τόνων
- Ροδάκινα 15.306 τόνοι έναντι 7.132 τόνων
- Νεκταρίνια 2.972 τόνοι έναντι 1.276 τόνων
- Καρπούζια 8.472 τόνοι έναντι 51.361 τόνων
- Κεράσια 1.474 τόνοι έναντι 2.377 τόνων
- Βερίκοκα 6.385 τόνοι έναντι 5.331 τόνων

Για τα πορτοκάλια και ιδιαίτερα τα καρπούζια, εξαγωγείς υποστηρίζουν ότι οι εξαχθείσες ποσότητες είναι πολύ μεγαλύτερες.



- Αναλύσεις υπολειμμάτων προϊόντων φυτοπροστασίας
- Χημικές αναλύσεις τροφίμων-ποτών-νερών
- Μικροβιολογικές αναλύσεις τροφίμων-νερών
- Οργανοληπτικές δοκιμές
- Αναλύσεις εδαφών- φύλλων. Συμβουλευτική λίπανση
- Περιβαλλοντικές αναλύσεις
- Συμβουλευτικές υπηρεσίες-Τεχνική υποστήριξη



ΠΕΤΡΟΣΤΟΙΧΕΙΟ ΔΙΑΚΡΙΤΕΥΣΗΣ Αριθμός 44



ISO 9001:2008

ΚΕΝΤΡΙΚΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ: Βιομηχανική Περιοχή Θεσσαλονίκης Τ.Θ. 48 570 22 ΣΙΝΔΟΣ Τηλ. 2310 797 479 Fax 2310 796 623 e-mail: info@agrolab.gr

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΑΘΗΝΩΝ: 1ο χλμ. Ολυμπιακού Σταδίου-Μαροπούλου Τ.Θ. 13 19003 Μαροπούλου ΑΤΤΙΚΗΣ Τηλ. 22990 63910, 63920 Fax 22990 63544 e-mail: athens@agrolab.gr

web site: <http://www.agrolab.gr>