

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ

ΕΡΓΑΣΙΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΕΝΗ ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΝΕΙΔΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΣΤΑΥΡΟΥ-ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ ΠΑΘΟΓΟΝΩΝ

SU “St. Kliment Ohridski”

Assoc. Prof. Dr. PETYA HRISTOVA

ΑΚ 11: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΥΑΙΣΘΗΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΠΑΘΟΓΟΝΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΟΥΝ ΛΟΙΜΩΞΕΙΣ ΣΕ ΑΝΘΡΩΠΟΥΣ ΚΑΙ ΦΥΤΑ

1. Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια ο αριθμός των ανθρώπινων λοιμώξεων που προκαλούνται σε ευκαιριακά παθογόνα έχει αυξηθεί δραματικά. Κάθε χρόνο, ένας στους έξι ανθρώπους αρρωσταίνει μετά από την κατανάλωση μολυσμένων τροφίμων. Η αυξανόμενη συνειδητοποίηση ότι μολυσμένα φυτά, όπως τα φρέσκα φρούτα και λαχανικά, είναι υπεύθυνα για ένα σημαντικό μέρος της τροφικής δηλητηρίασης με παθογόνους μικροοργανισμούς επιβεβαιώνει την ανάγκη για εκ νέου κατανόηση της αλληλεπίδρασης μεταξύ των φυτών και των ανθρώπινων παθογόνων, ορίζει τις ειδικές παρεμβάσεις που απαιτούνται για τη μείωση των ασθενειών και μετράει την πρόοδο των υγειονομικών στόχων που τέθηκαν μπροστά στην κοινωνία, που απορρέουν από τις πολιτικές και τις παρεμβάσεις για την ασφάλεια των τροφίμων.

Η ριζόσφαιρα είναι μια φυσική δεξαμενή ευκαιριακών παθογόνων. Και ενώ πολλοί εκπρόσωποι του ριζοσφαιρικού μικροβιώματος είναι χρήσιμοι για την ανάπτυξη των φυτών, η ομάδα των φυτικών παθογόνων μικροοργανισμών αποικίζει την ριζόσφαιρα με την επιθυμία να σπάσει την προστατευτική μικροβιακή ασπίδα και να ξεπεράσει τους έμφυτους μηχανισμούς υπεράσπισης του φυτού με σκοπό να προκαλέσει ασθένεια. Η τρίτη ομάδα των μικροοργανισμών που μπορεί να βρεθεί στην ριζόσφαιρα είναι ανθρώπινα υποχρεωτικά ή ευκαιριακά παθογόνα βακτήρια.

Οι ανθρώπινοι παθογόνοι μικροοργανισμοί έχουν μελετηθεί κυρίως λόγω των επιβλαβών επιπτώσεών τους στην ανθρώπινη υγεία. Διαθέτουν ένα πολύμορφο σύνολο γενετικών παραγόντων που είναι απαραίτητο για την εκδήλωση της παθογένειας, και συμπεριλαμβάνει εξειδικευμένα συστήματα για τη σύνθεση και την έκκριση τοξινών και προσκολλητικών ινιδίων που συμμετέχουν στο σύστημα χειραγώγησης ή παράκαμψης του ανθρώπινου ανοσοποιητικού συστήματος. Εμείς συχνά συνδέουμε την προέλευση των ανθρώπινων παθογόνων βακτηρίων με τα παθογόνα ζώων που προκαλούν ασθένειες και επιδημίες, αλλά η συνεχής αλληλεπίδραση του ανθρώπου ως μεταφορέα με το περιβάλλον προδιαθέτει αυτά τα παθογόνα να προσαρμοστούν στις εναλλακτικές εσοχές που περιλαμβάνουν και μη ζωικές πηγές.

Δεν αποτελεί έκπληξη, ότι αρχίσαμε να διαπιστώνουμε ότι μερικά ζωικά παθογόνα που προκαλούν σοβαρές ασθένειες στον άνθρωπο έχουν επίσης παθογόνο δυναμικό και για τα φυτά. Η επιδημιολογία και οι στρατηγικές για την πρόκληση νόσων από αυτά τα παθογόνα,

ανεξάρτητα αν θεωρούνται αρχικά ως φυτικά ή ανθρώπινα, είναι ιδιαίτερου ενδιαφέροντος τόσο για τη βιολογία, όσο και για την εξέλιξη της διασταυρούμενης παθογένεσης μεταξύ των διαφορετικών βασιλείων.

Η συχνότητα εμφάνισης των ασθενειών που σχετίζονται με μολύνσεις που προκαλούνται από *Escherichia coli*, *Salmonella enterica* και *Listeria monocytogenes* μετά την κατανάλωση (νωπών) λαχανικών και φρούτων και φύτρα από σπόρους, δείχνει σαφώς ότι αυτά τα παθογόνα δεν μεταδίδονται μόνο μέσω των «κλασικών» οδών - όπως η κατανάλωση κρέατος, αυγών και γαλακτοκομικών προϊόντων, αλλά επίσης μπορούν να μεταδοθούν στον άνθρωπο μέσω των φυτών ή των προϊόντων που προέρχονται από αυτά. Σήμερα είναι πολύ ανησυχητικό το γεγονός ότι αυτά τα ανθρώπινα παθογόνα προσαρμόζονται στους νέους οικοτόπους στο περιβάλλον χωρίς να χάνουν την μολυσματικότητά του ως προς τον άνθρωπο. Η μόλυνση των νωπών προϊόντων με παθογόνα μπορεί να συμβεί πριν ή μετά τη συγκομιδή και αφού έχει μολυνθεί, είναι δύσκολο να απομολυνθεί και αποστειρωθεί. Αυτό το πρόβλημα περιπλέκεται περαιτέρω σε περιπτώσεις όταν τα βακτήρια εισβάλλουν στους αγγειακούς ιστούς και τα συστήματα των φυτών, επειδή αυτά προστατεύονται από την επίδραση των συμβατικών επεξεργασιών για την απολύμανση της επιφάνειας του φυτού. Τέτοιες επεξεργασίες απομόλυνσης μειώνουν το συνολικό μικροβιακό φορτίο και μειώνουν τα επίπεδα ρύπανσης των επιφανειών, αλλά δεν διεισδύουν εντός του φυτικού ιστού. Η προσαρμογή των παθογόνων στο συγκεκριμένο περιβάλλον των φυτών οδηγεί στην μεγαλύτερη κατακράτηση τους στα φυτά, γεγονός που αυξάνει τις πιθανότητες μετάδοσής τους στον άνθρωπο μέσω της κατανάλωσης των τροφίμων φυτικής προέλευσης.

Αποδεικνύεται ότι πολλά είδη παθογόνων βακτηρίων έχουν αρκετά ευρύ φάσμα ξενιστών. Αυτοί οι μικροοργανισμοί που προκαλούν διασταυρούμενη λοίμωξη είναι πιο ύπουλοι από τους υπόλοιπους, οι οποίες μεταδίδονται στον άνθρωπο από την επαφή ή την κατανάλωση των φυτών. Τα ανθρώπινα παθογόνα που είναι ικανά να αποικίσουν διαφορετικά βιολογικά βασίλεια, και τα φυτά ως πιθανές δεξαμενές τους, έχουν μεγάλη σημασία για την εμφάνιση και την εξάπλωση των μολυσματικών ασθενειών.

Η διαχείριση των ασθενειών διασταυρούμενης λοίμωξης στα φυτά και τα ζώα απαιτεί περισσότερες διεπιστημονικές έρευνες και συνεργασία μεταξύ των θεσμικών οργάνων. Οι εκτιμήσεις σχετικά με τις πηγές των ασθενειών που συνδέονται με τη διατροφή είναι μια σημαντική συμβολή και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για διάφορους σκοπούς, συμπεριλαμβανομένου του ενημερωμένου στρατηγικού σχεδιασμού, για τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων με βάση την αξιολόγηση των κινδύνων, την αξιολόγηση των πλεονεκτημάτων των παρεμβάσεων και την εκτίμηση των επιπτώσεων από τις επεμβάσεις. Οι στρατηγικές για τη

μείωση της ρύπανσης από την παραγωγή μέχρι τους καταναλωτές είναι οι πιο σημαντικές στην ημερήσια διάταξη των οργανισμών για την Ασφάλεια των Τροφίμων.

Η διάλεξη αυτή περιγράφει την καταλληλότητα των εντερικών παθογόνων του ανθρώπου να αναπτύσσονται στα φυτά και τις συνακόλουθες επιπτώσεις για την ασφάλεια των τροφίμων. Έχει δοθεί προσοχή στα θεμελιώδη ανθρώπινα παθογόνα που αποικίζουν με επιτυχία τις φυτικές τροφές. Η ανάπτυξη και η επιβίωση των εντερικών παθογόνων πάνω ή μέσα σε φυτά έχουν συζητηθεί υπό το φως της μικροβιακής οικολογίας των φυτών. Οι πληροφορίες σχετικά με τους διάφορους παράγοντες που επηρεάζουν την επιβίωση των εντερικών παθογόνων, παρέχει μια καλή βάση για την αξιολόγηση της μολυσματικής δόσης των παθογόνων και για τη δημιουργία ενός σχεδίου για την ευαισθητοποίηση και την προστασία των τροφίμων από παθογόνους οργανισμούς.

2. Διείσδυση στους «διασταυρούμενους» τομείς των φυτικών παθογόνων βακτηρίων

Η ζωή στη Γη είναι ποικίλη και διαδραστική: δεν έχει ακόμη περιγραφεί ένα οικοσύστημα που φιλοξενεί οργανισμούς μόνο ενός είδους. Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των οργανισμών σε ένα οικοσύστημα μπορεί να είναι πολύ διαφορετικές στη φύση τους, και κυμαίνονται από χρήσιμες, μέσα από ουδέτερες, έως επιβλαβείς. Τυπικά, η μολυσματική νόσος καθορίζεται ως αποτέλεσμα των δυσμενών αλληλεπιδράσεων και συνήθως περιορίζεται σε ένα ορισμένο συνδυασμό από χρήστες - ο ξενιστής (οι ασθενείς) και τα παθογόνα (που προκαλούν τη νόσο). Η μολυσματική ασθένεια μπορεί να οριστεί ως μια βιολογική διεργασία που οδηγεί σε διαταραχή της κανονικής φυσιολογίας ενός πολυκύτταρου οργανισμού σε απόκριση της παρουσίας παθογόνων επί ή εντός του σώματος.

Οι ασθένειες διαφέρουν ως προς την εμφάνισή τους, αλλά πάντα λαμβάνουν χώρα σε τρία κύρια στάδια: πρόσφυση, εισβολή και αποικιοποίηση. Τα παθογόνα έχουν αναπτύξει εργαλεία για την υλοποίηση του κάθε σταδίου της μολυσματικής διαδικασίας προκειμένου να μολύνουν άλλους ξενιστές, και σε ορισμένες περιπτώσεις αυτοί είναι μέλη διαφορετικών βιολογικών τομέων. Τα άλματα μεταξύ ξενιστών από διάφορα βασίλεια ορίζονται ως διασταυρούμενα στις περιπτώσεις όπου οι μικροοργανισμοί κανονικά αποικίζουν κυρίως έναν τομέα, αλλά είναι σε θέση να μολύνουν πολλαπλά είδη που ανήκουν σε άλλο βιολογικό βασίλειο. Η διασταυρούμενη μόλυνση παρατηρείται συχνότερα στο ζωικό βασίλειο, αλλά τα τελευταία χρόνια έχουν περιγραφεί πολλά παραδείγματα διασταυρούμενης μόλυνσης μεταξύ των φυτών και των ανθρώπων. Η μολυσματική διαδικασία λαμβάνει χώρα σε δύο κατευθύνσεις: 1) μόλυνση και πρόκληση νόσου στα φυτά από ανθρώπινα παθογόνα, και 2) πρόκληση μολυσματικών ασθενειών σε ανθρώπους από φυτοπαθογόνα φυτά. Ο όρος «ανθρώπινα

παθογόνα πάνω σε φυτά» (HPOPs) προτάθηκε πρόσφατα για να περιγράψει τέτοια παθογόνα που κατοικούν, αποικίζουν, μολύνουν ή αλληλεπιδρούν με άλλο τρόπο με τα φυτά.

Οι στρατηγικές για την επαγωγή της νόσου σε ταξινομικά άσχετες ξενιστές που χρησιμοποιούνται από διασταυρούμενα λοιμώδη παθογόνα προκαλούν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, επειδή οι φυτικοί και οι ζωικοί (ανθρώπινη) οργανισμοί έχουν διακριτούς φυσικούς φραγμούς και προστατευτικές αντιδράσεις. Ενώ υποχρεωτικά ανθρώπινα παθόγονα ή φυτοπαθόγονα αναπτύσσουν κυρίως παράγοντες για να ξεπεραστούν τα φυσικά εμπόδια και τις έμφυτες άμυντικές δυνάμεις ενός συγκεκριμένου ξενιστή, για τα διασταυρούμενα παθογόνα θα απαιτηθεί μια ποικιλότητα βιβλιοθήκη γονιδίων και στρατηγικών για την αντιμετώπιση των ειδικών προστατευτικών φραγμών κάθε ξενιστή από τα διαφορετικά βιολογικά βασίλεια . Για την εκδήλωση της λοιμογόνου δράσης και της παθογένειας και για την ανάπτυξη της ασθένειας και την εξάπλωσή της σε κάθε ξενιστή τα παθογόνα πρέπει να έχουν ένα καθολικό σύνολο παραγόντων που εξασφαλίζει προσκόλληση (πρόσφυση) του παθογόνου, διείσδυση και απικιοποίηση, ή με άλλα λόγια πρέπει να εφαρμόζουν μια καθολική στρατηγική για μια ασθένεια, κατά την οποία το ίδιο σύνολο παθογόνων παραγόντων πρέπει να είναι αποτελεσματικό για όλους τους ξενιστές. Τα φυτοπαθόγονα βακτήρια χρησιμοποιούν ειδικούς καθοριστικούς παράγοντες που προάγουν την παράβαση των ενισχυμένων κυτταρικών τοιχωμάτων και χειρίζουν την φυσιολογία των φυτών, με το οποίο διευκολύνουν τη διαδικασία της νόσου. Τα ανθρώπινα παθογόνα χρησιμοποιούν καθοριστικούς παράγοντες (προσκολλητίνες, ινβαζίνες και τοξίνες) μέσω των οποίων χρησιμοποιούν την φυσιολογία των θηλαστικών για να ξεπεράσουν τις πολύ ανεπτυγμένες προσαρμοστικές άνοσες αποκρίσεις. Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί με δυνατότητες για διασταυρούμενα άλματα μεταξύ των ταξινομικών βασιλείων θα πρέπει να είναι σε θέση να έλθουν σε στενή και συνεχή επαφή με τους πιθανούς οικοδεσπότες και θα πρέπει να είναι σε θέση να ξεπεράσουν ή να αποφύγουν την υπεράσπιση του μακροοργανισμού. Η αναπαραγωγή του διασταυρούμενων μολυσματικών παραγόντων σε / ή κοντά στο νέο ξενιστή θα εξασφαλίσει τη μεταφορά ή απελευθέρωση των επιτυχημένων γονότυπων. Η προσαρμογή στον ξενιστή από διαφορετικούς τομείς περιλαμβάνει σημειακές μεταλλάξεις, γενετικές ανακατατάξεις, απόκτηση νέων γενετικών στοιχείων που συμβάλλουν στην αύξηση της λοιμογόνου δύναμης ή της εξειδίκευσης προς τον ξενιστή. Η ταυτοποίηση αυτών των γενετικών καθοριστικών παραγόντων σε μικρόβια με φυτικό ή ανθρώπινο παθογόνο δυναμικό θα μπορούσε να παρέχει μια καλύτερη κατανόηση της εξέλιξης της φυτοπαθογένειας και να διευκρινίσει τον ρόλο των φυτών ως πιθανές δεξαμενές για κλινικά σπουδαία βακτήρια (Kirzinger, 2011).

Τα τελευταία χρόνια, έχει περιγραφεί ένας αναπάντεχα μεγάλος αριθμός βακτηριακών και μυκητιακών παθογόνων, τα οποία είναι σε θέση να πραγματοποιούν διασταυρούμενες λοιμώξεις στους διάφορους τομείς. Η αρνητική κατά Gram οικογένεια βακτηρίων Enterobacteriaceae, η οποία περιλαμβάνει πολλά από τα ανθρώπινα παθογόνα που συνδέονται με τα φυτικά τρόφιμα (π.χ. τα γένη *Escherichia*, *Salmonella* και *Shigella*), περιλαμβάνει επίσης μια σειρά από γένη, τα οποία είναι τυπικά φυτοπαθογόνα (*Enterobacter*, *Erwinia*, *Pantoea*, *Pectobacterium* κλπ.) που προκαλούν ασθένειες των φυτών, όπως η σήψη, η παρακμή και η μαλακή σήψη. Η ταξινομική συγγένεια αυτών των φυτικών και ανθρώπινων παθογόνων εγείρει ενδιαφέροντα ερωτήματα που σχετίζονται με το βιολογικό ρόλο αυτών των παθογόνων. Ακόμα δεν είναι σαφές αν πρόκειται για ανταγωνισμό για τη θέση κατοίκησης ή για συνέργεια, για οριζόντια ανταλλαγή νουκλεϊκών οξέων σε προστα-τευόμενες φυτικές κόγχες ή ακόμη και για επέκταση του φάσματος των ξενιστών. Τέτοια μικροβιακά είδη αναφέρονται ως cross-over (διασταυρούμενα) παθογόνα επειδή μολύνουν και προκαλούν ασθένειες τόσο στα, όσο και στον άνθρωπο. Τα παθογόνα που έχουν αναγνωσιστεί ως ικανά να μολύνουν διαφορετικά βιολογικά βασίλεια (cross-kingdom pathogens) περιλαμβάνουν μερικά είδη βακτηρίων που ζουν συνήθως στην επιφάνεια των φυτών και αποτελούν ένα συστατικό του ριζοσφαιρικού μικροβιώματος: *Pseudomonas aeruginosa*, *Burkholderia cepacia*, *Dickeya spp*, *Enterococcus faecalis*, *Serratia marcescens*, *Agrobacterium tumefaciens*, *Phytophthora infestans*, *Salmonella enterica*, *Escherichia coli* και *Listeria monocytogenes*.

2.1. Τα φυτά ως περιβάλλον διαβίωσης για τα ανθρώπινα παθογόνα

Τα γεωργικά φυτά έχουν γίνει πηγή των ανθρώπινων παθογόνων, ειδικά για τα είδη ταχείας ανάπτυξης που ανήκουν στην ομάδα των βακτηρίων που παράγουν την τοξίνη Shiga. Ο κίνδυνος των ανθρώπινων παθογόνων σε νωπά φυτικά προϊόντα για άμεση κατανάλωση γίνεται σαφές κατά τη διάρκεια της εκδήλωσης της μόλυνσης που προκαλείται από *Escherichia coli* O104: H4 στη Γερμανία και τη Γαλλία το 2011, όταν σχεδόν 4,000 άνθρωποι μολύνθηκαν και η οποία οδήγησε σε 54 θύματα και σε πάνω από 900 περιπτώσεις αιμολυτικού ουραιμικού συνδρόμου. Ο πιο πιθανός τρόπος μετάδοσης του παθογόνου είναι τα προϊόντα που προορίζονται για άμεση κατανάλωση, ενώ η πηγή είναι τα φύτρα από σπόρους τριγωνέλλας που μεταφέρθηκαν από την Αίγυπτο προς το Ρότερνταμ (Ολλανδίας) περίπου 17 μήνες πριν από την πρώτη εμφάνιση της νόσου στο Αμβούργο και τη γύρω περιοχή. Ένα ενδιαφέρον γεγονός είναι ότι το παθογόνο δεν έχει απομονωθεί στα φύτρα τριγωνέλλας, αλλά τα επιδημιολογικά στοιχεία δείχνουν ότι σχετιζόταν με τους σπόρους για μια σχετικά μεγάλη χρονική περίοδο.

Προκύπτουν ερωτήματα σχετικά με το πώς ένα ανθρώπινο παθογόνο μπορεί να παραμείνει ως μια βιώσιμη οντότητα σε ένα εχθρικό περιβάλλον για μια τόσο μεγάλη περίοδο και γιατί παρόμοιες παρατηρήσεις δεν έχουν γίνει στο παρελθόν. Μήπως αυτό θα πρέπει να θεωρηθεί ως πρώτη εμφάνιση μιας εστίας της ασθένειας που προκαλείται από ανθρώπινα παθογόνα βακτήρια που προσαρμόζονται σε καλλιεργητικά μέσα; Για να απαντήσουμε στο ερώτημα αυτό, πρέπει να μελετήσουμε τη φύση του αιτιολογικού παράγοντα, ο οποίος είναι άτυπος για τα παθογόνα στελέχη του *E.coli* που εμφανίζονται πιο συχνά στην Ευρώπη και τις ΗΠΑ. Το ξέσπασμα της μόλυνσης λόγω του εντερο-αδρανούς στελέχους *E. coli* O104: H4, το οποίο δεν αναπτύσσεται στα ζώα, όπως άλλα στελέχη *E.coli* τύπου O, και μόνο οι άνθρωποι είναι η κύρια δεξαμενή. Οι επιδημίες που προκαλούνται από αυτό το είδος του παθογόνου είναι σπάνιες στις δυτικές κοινωνίες, ενώ εκείνες που προκαλούνται από *E.coli* O157: H7 και *S.enterica* είναι πιο συχνές. Αυτό δείχνει ότι τα ειδικά χαρακτηριστικά αυτών των ανθρώπινων παθογόνων ήδη υπάρχουν, παρατείνοντας τη διάρκεια ζωής τους στο φυτικό περιβάλλον. Το ερώτημα είναι αν αυτές οι λειτουργίες είναι εγγενείς σε ορισμένα υποσύνολα των ανθρώπινων παθογόνων ή έχουν αποκτηθεί πρόσφατα, για παράδειγμα, μέσω οριζόντιας μεταφοράς γονιδίων. Το στέλεχος που προκάλεσε την επιδημία της λοίμωξης στην περιοχή του Αμβούργου, θα πρέπει να θεωρείται ως εξαιρετικά λοιμογόνο παθογόνο και αυτό έχει αποκτήσει τη λοιμογόνο δύναμη και την αντοχή του στα αντιβιοτικά μέσω μιας οριζόντιας μεταφοράς γονιδίων μέσω των μηχανισμών της μεταγωγής (μόλυνση φάγων) και της σύζευξης (μεταφορά πλασμιδίου). Η απόκτηση νέων λοιμογόνων χαρακτηριστικών είναι μια πτυχή της εξέλιξης ενός νέου παθογόνου, αλλά η επιλεκτική επιλογή είναι διαφορετική, και ίσως το εστιακό στέλεχος έχει εξελιχθεί μέσω αύξησης της λοιμογόνου δύναμης τους ως αποτέλεσμα της διέλευσης μέσω των ανθρώπων και ταυτόχρονα με τη βελτίωση των περιβαλλοντικών αρμοδιοτήτων του στα φυτά. Ο κίνδυνος αυτής της εξέλιξης είναι η εμφάνιση νέων τύπων εξαιρετικά λοιμογόνων ανθρώπινων παθογόνων βακτηρίων που έχουν προσαρμοστεί πλήρως στη ζωή κοντά, ή μπορούν να βρίσκονται εντός των γεωργικών φυτών.

2.2. Ανθρώπινα παθογόνα που μπορούν να μολύνουν τα φυτά

Η κεντρικά κατανόησή μας της αιτιολογίας των ανθρώπινων ασθενειών οδηγεί συχνά σε ριζικές παραδοχές ότι τα ανθρώπινα παθογόνα βακτήρια συνδέονται με μια μόνο πηγή – τον άνθρωπο. Είδη του γένους *Salmonella*, *Serratia*, *Enterobacter* και *Enterococcus* συνήθως θεωρούνται κυρίως προβληματικά ανθρώπινα παθογόνα που βρίσκονται συνήθως στο περιβάλλον των νοσοκομείων, προκαλούν τροφικές δηλητηριάσεις, γενικές λοιμώξεις και σηψαιμία. Αλλά και άλλα βακτηριακά είδη που προκαλούν ασθένειες του δέρματος, πληγές

και λοιμώξεις του ουροποιητικού συστήματος (π.χ. *B. cereus*, *Proteus vulgaris*) μπορούν να απομονωθούν ως κύρια συστατικά του περιβάλλοντος της ριζόσφαιρας.

Μια σειρά από ανθρώπινα βακτηριακά παθογόνα είναι σε θέση να αποικίσουν και να προκαλέσουν ασθένεια σε έναν αριθμό φυτικών πηγών. Αυτοί συχνότατα εισέρχονται στον ιστό της ρίζας στις περιοχές της πλευρικής εμφάνισης της ρίζας και αναπτύσσονται στον φυτικούς ιστούς. Ο κίνδυνος εμφάνισης ανθρώπινων παθογόνων βακτηρίων στη ριζόσφαιρα ευνοείται από διάφορους παράγοντες: υψηλή θρεπτική περιεκτικότητα, προστασία από την υπεριώδη ακτινοβολία, η παρουσία στρωμάτων νερού για τη διασπορά και την πρόληψη της ξήρανσης. Σύμφωνα με ορισμένους συγγραφείς η διείσδυση ανθρώπινων παθογόνων ελέγχεται από την πληθώρα των πολυποίκιλων τοπικών ριζοσφαιρικών μικροβιακών κοινοτήτων που παρέχουν ένα φράγμα ενάντια στην εισβολή των ανθρώπινων παθογόνων. Για παράδειγμα, η ανάπτυξη της *S. enterica* και του *E. coli*: O157 H7 στις ρίζες του *Arabidopsis thaliana* αναστέλλεται έντονα από τα ριζοσφαιρικά στελέχη του *Enterobacter asburiae*. Ωστόσο, πολλά ανθρώπινα παθογόνα βακτήρια μπορούν να είναι άκρως ανταγωνιστικά για θρεπτικές ουσίες και να παράγουν διάφορες αντιμικροβιακές μεταβολίτες που τους επιτρέπουν να αποικίσουν και να πολλαπλασιάζονται επί των φυτικών επιφανειών με την παρουσία των αυτόχθονων μικροβιακών κοινοτήτων. Είναι ενδιαφέρον ότι οι μηχανισμοί που συμμετέχουν στον αποικιοποίηση της ριζόσφαιρας και η αντιμικροβιακή δράση των ανθρώπινων παθογόνων βακτηρίων φαίνεται να είναι παρόμοια με τους μηχανισμούς που συμμετέχουν στην λοιμογόνο δύναμη και στον αποικισμό των ανθρώπινων ιστών.

2.2.1. Salmonella

Αυτό το γένος αποτελείται από δύο τύπους: *Salmonella enterica* και *Salmonella bongori*. Η *S. enterica*, που υποδιαιρείται σε εκατοντάδες οροτύπους είναι η αιτία πολλών ασθενειών στους ανθρώπους, τα ζώα και τα πτηνά παγκοσμίως, συμπεριλαμβανομένων της γαστρεντερίτιδας και του τύφου. Είναι το παθογόνο πιο συχνά ανιχνεύεται σε λοιμώξεις που σχετίζονται με την κατανάλωση φρούτων και λαχανικών. Παρά την σαφή προσαρμογή του στην επιβίωση σε ξενιστές ανθρώπους, η *Salmonella* μπορεί επίσης να βρεθεί στη μικροχλωρίδα της ριζόσφαιρας των διαφόρων καλλιεργειών. Για πολύ καιρό θεωρήθηκε ότι η *Salmonella* μπορεί να επιβιώσει σε φυτά μετά από περισσότερο ή λιγότερο τυχαία μόλυνση.

Ωστόσο, η ιδέα αυτή έχει πρόσφατα αμφισβητηθεί. Τα βακτήρια της σαλμονέλας είναι σε θέση να παραμένουν στο έδαφος. Οι μελέτες σε *Conzattia multiflora*, ένα δενδροειδές όσπριο τυπικό του Μεξικού, αποκάλυψαν την ύπαρξη φυτοπαθογόνων γραμμών της *Salmonella*, που απομονώθηκαν από τις δομές του που σφηματίζουν κονδύλους. Η *S. enterica ssp. enterica* του ορότυπου *Typhimurium* (*S. typhimurium*) έχει απομονωθεί από τη ριζόσφαιρα ορισμένων

καλλιεργούμενων φυτών, μεταξύ των οποίων: το σιτάρι (*Triticum sativum*), την ελαιοκράμβη (*Brassica napus*) και τις φράουλες (*Fragaria ananassa*). Αποδεικνύεται ότι η μικροβιακή συγκέντρωση της *S. enterica* στη ριζόσφαιρα της άγριας ντομάτας (*Solanum pimpinellifolium*) είναι χαμηλότερη από ό,τι στις καλλιεγούμενες ποικιλίες τομάτας (*Solanum lycopersicum*).

Εκτός από το έδαφος, ένας άλλος τρόπος μόλυνσης μπορεί να είναι το νερό που έχει έρθει σε επαφή με ανθρώπινα ή ζωικά απόβλητα. Το μολυσμένο νερό είναι ένας πολύ γνωστός τρόπος για τη διανομή πολλών παθογόνων, συμπεριλαμβανομένων των *Salmonella*. Έτσι, τα βακτήρια μπορούν να κινούνται σε όλο το σύστημα παροχής νερού και στη συνέχεια να φτάσουν στα χωράφια όπου το μολυσμένο νερό χρησιμοποιείται για άρδευση. Για παράδειγμα, αποδεικνύεται ότι ο πληθυσμός της *S. enterica* στη φυλλόσφαιρα των φυτών τομάτας που αρδεύονται με μολυσμένο νερό είναι μεγαλύτερος σε ποσότητα από ό,τι στα φυτά που προέρχονται από σπόρους σε προηγουμένως μολυσμένο έδαφος.

Η μόλυνση των φυτών με *Salmonella* μπορεί επίσης να συμβεί με τη βοήθεια άλλων οργανισμών. Ο Συνενοφθαλμισμός των νηματωδών *Caenorhabditis elegans* και *Salmonella* Newport σε μαρούλια, φράουλες ή καρότα, τελειώνει με μόλυνση των φυτών. Είναι ενδιαφέρον ότι οι φυτικοί ιστοί δεν μολύνουν με το παθογόνο κατά τον εμβολιασμό του ελλείψει του νηματώδους. Αυτό είναι ένα άλλο ενδιαφέρον παράδειγμα του μοντέλου των παθογόνων – πολύ συχνά η εμφάνιση της μολυσματικότητας απαιτεί την ύπαρξη μια ειδικών παραγόντων, οι οποίες στο ανωτέρω παράδειγμα παρέχονται από το νηματώδες. Η *Salmonella* μπορεί να μεταφερθεί από έντομα, για παράδειγμα από το μυρμήγκι Φαραώ (*Monomorium pharaonis*), το οποίο όταν κινείται από εσωτερικές εγκαταστάσεις προς το περιβάλλον έρχεται σε επαφή με μια σειρά πιθανών ξενιστών, συμπεριλαμβανομένων των φυτών. Η αλληλεπίδραση μεταξύ της *Salmonella* και του δενδροειδούς μύκητα μυκορίζας (AMF) δίνει μεγαλύτερη αντοχή και λοιμογόνο δύναμη στα παθογόνα βακτήρια σε φυτά αν τα φυτά έχουν αποικιστεί από AMF. Αυτό δείχνει ένα άλλο στρώμα της αλληλεπίδρασης στην ριζόσφαιρα.

Η επιδεκτικότητα σε μόλυνση με *S. enterica* κατ'ευθείαν από το έδαφος είναι διαφορετική για τα διαφορετικά είδη καλλιεργειών. Στα φυτά της οικογένειας των σταυραντών (*Brassicaceae*) η σαλμονέλα σχηματίζει ποσοτικά μεγαλύτερους βακτηριακούς πληθυσμούς σε σχέση με τις ντομάτες και το μαρούλι. Ωστόσο, αποδεικνύεται ότι τα μαρούλια είχαν πιο μολυσμένη φυλλόσφαιρα, γεγονός που υποδηλώνει ότι υπάρχουν και άλλοι τρόποι μόλυνσης, όπως το νερό άρδευσης, οι οποίοι είναι επίσης «αποτελεσματικοί» για τη διείσδυση του παθογόνου.

Κατά τη βλάστηση των σπόρων (π.χ., της αλφάλφας) σπάει το ενδοσπέρμιο και συντίθενται διάφορα ένζυμα που οδηγούν στην απελευθέρωση αναγωγικών σακχάρων και άλλων οργανικών μορίων που περνούν μέσα στο νερό για άρδευση. Ως αποτέλεσμα αυτών των

διαδικασιών δημιουργείται κατάλληλο περιβάλλον για την ανάπτυξη και την αναπαραγωγή του βακτηρίου *S. enterica*. Τα βακτήρια μεταβολίζουν τα μόρια αυτά ως πηγή θρεπτικών ουσιών και αυτό κάνει τα φυτικά εκκρίματα κατάλληλη πηγή τροφής. Οι μεγάλες ταχύτητες αναπαραγωγής ορισμένων στελεχών της σαλμονέλας στην εκροή των σπόρων με φύτρο, υποδηλώνουν την παρουσία σαπροφυτικής ανάπτυξης. Επιπλέον, άλλα φυτικά παθογόνα βακτηρίδια μπορούν να συνεισφέρει στην ανάπτυξη της μόλυνσης με σαλμονέλα. Τα πηκτινολυτικά παθογόνα βακτήρια που προκαλούν την μαλακή σήψη και με τον τρόπο αυτό ακινητοποιούν τα θρεπτικά συστατικά, πολύ συχνά συνδέονται με τη μόλυνση των φρούτων και λαχανικών από τα *S. enterica*. Οι σαλμονέλες όχι μόνο είναι σε θέση να αποικίσουν την φυλλόσφαιρα αλλά μολύνοντας το φυτό προκαλούν το θάνατο των φυτικών οργάνων. Η μόλυνση με σαλμονέλα σε *Arabidopsis* με μοσχεύματα ή ιστούς της ρίζας οδηγεί σε χλώρωση, μαρασμό και πιθανό θάνατο των μολυσμένων ιστών εντός επτά ημερών.

2.2.2. *Escherichia coli*

Το *Escherichia coli* είναι ένα βακτήριο που βρίσκεται συνήθως στο γαστρεντερικό σωλήνα των ανθρώπων και των θερμόαιμων ζώων. Λόγω της επικράτησης στο έντερο, το *E.coli* χρησιμοποιείται ως δείκτης για την ανίχνευση και τη μέτρηση της μόλυνσης με κοπράνα κατά την εκτίμηση της ασφάλειας των τροφίμων και του νερού. Τα στελέχη του *E.coli* θεωρούνται ακίνδυνοι συσσιτώνες και αντιπροσωπεύουν περίπου το 1% του μικροβιακού πληθυσμού του κανονικού εντερικού πληθυσμού. Ενώ τα περισσότερα από τα στελέχη στο έντερο είναι χρήσιμα για τη λειτουργία της γαστρεντερικής οδού του ανθρώπου, άλλα είναι επιβλαβή. Τα παθογόνα στελέχη του *E.coli* διακρίνονται από άλλα στην ικανότητά του να προκαλούν σοβαρές ασθένειες ως αποτέλεσμα της έκφρασης των γενετικών στοιχείων για την παραγωγή τοξινών, προσκόλληση και εισβολή στα κύτταρα του ξενιστή, παρεμβολή στο κυτταρικό μεταβολισμό και καταστροφή των ιστών. Για να εξαπλωθούν από ένα ξενιστή σε άλλο αυτά τα βακτήρια πρέπει να βγούν στον κόσμο. Τα στελέχη του *E.coli* μπορούν να επιβιώσουν για αρκετές εβδομάδες έξω από τον ξενιστή και ακόμα και να αναπτύσσονται και να αναπαράγονται στο νερό ή στο έδαφος. Αλλά το γεγονός ότι το περιβάλλον των φυτών έχει ματατραπεί σε ξενιστή που το *E.coli* αποικίζει αποτελεί αιτία ανησυχίας. Αν και οι περισσότεροι τύποι του *E.coli* είναι αβλαβείς, η παρουσία των παθογόνων στελεχών στα φρούτα και τα λαχανικά αποτελεί κίνδυνο για την ασφάλεια των τροφίμων. Ο εντοπισμός των εστιών που συνδέονται με λοίμωξη από *E coli* O157, μετά την κατανάλωση πράσινων φυλλώδων λαχανικών αναγνωρίζεται όλο και περισσότερο. Μερικοί κλώνοι του *E.coli* έχουν αποκτήσει νησιά παθογένειας μέσω οριζόντιας μεταφοράς γονιδίων, που τους επιτρέπουν να προκαλούν λοιμώξεις του ουροποιητικού συστήματος και διάρροια. Τα διαρροϊκά στελέχη της

E. coli χωρίζονται σε έξι κατηγορίες και μπορούν να προκαλέσουν ασθένειες που κυμαίνονται από ήπια έως σοβαρή διάρροια και συστηματικά νοσήματα (π.χ. αιμολυτικό ουραιμικό σύνδρομο).

Στελέχη του *E. Coli* που παράγουν τοξίνες Shiga

Το βακτήριο *E. coli* που παράγει την τοξίνη Shiga (STEC) είναι ένα ζωνοσογόνο παθογόνο που αποικίζει κυρίως τα βοοειδή και τα μικρά μηρυκαστικά. Αν και κυρίως τα προϊόντα από το βόειο κρέας είναι οι πιο κοινώς αναγνωρισμένες πηγές της μόλυνσης με *E. coli* O157, τα φρούτα και τα λαχανικά που καταναλώνονται ωμά αποτελούν επίσης μια σημαντική πηγή. Έχουν περιγραφεί τρεις μηχανισμοί για την πρόσφυση των *E. coli* O157 στα φύλλα των φυτών. Στην πρώτη θέση, σε αντίθεση με τα μη παθογόνα *E. coli*, το παθογόνο στελέχος O157 STEC: H7 εμμένει σταθερά στο κέλυφος της ντομάτας, στα φύλλα του σπανακιού και στις ρίζες της αλάλας. Η πρόσφυση σε αυτές τις επιφάνειες διαμεσολαβείται από τις τρίχες που βρίσκονται στην επιφάνεια του βακτηριακού κυττάρου. Η προσκόλληση του *E. coli* O157, και των εντεροπαθογόνων στελεχών EPEC διεξάγεται στα φύλλα των διαφόρων ειδών σαλάτας με τη βοήθεια ενός συστήματος έκκρισης νηματοειδούς τύπου (T3SS). Το σύστημα έκκρισης του *E. coli* O157 προορίζεται για την έγχυση πρωτεϊνών τελεστών στα κύτταρα των θηλαστικών. Η μετατόπιση αυτών των πρωτεϊνών διαμεσολαβείται από το ATPase και εξαρτάται από τη διαμόρφωση των πόρων στη μεμβράνη του πλάσματος. Τα περιτριχικά μαστίγια του *E. coli* O157 είναι επίσης σημαντικά για την πρόσφυση του βακτηρίου στο φύλλωμα. Στο σύνολό τους, τα στοιχεία αυτά δείχνουν ότι η *E. coli* O157 έχει πολλαπλούς μηχανισμούς για την αποικιοποίηση των φυτών που είναι καλά προσαρμοσμένα σε αυτή τη βιόσφαιρα. Όπως η *Salmonella*, η *E. coli* O157 μπορεί επίσης να διεισδύσει στις εσωτερικές πορώδεις μεσόφιλες κοιλότητες του φυτού και να επιβιώσει σε αυτό το περιβάλλον.

Στελέχη του *E. coli* που συσπορεύουν στα έντερα (EAEC) και εντεροτοξικογόνα στελέχη του *E. coli*

Τα στελέχη του EAEC προκαλούν σοβαρή βακτηριακή γαστρεντερίτιδα, αλλά η φυσική δεξαμενή τους δεν έχει ακόμη εξακριβωθεί. Οι ξενιστές – στόχοι είναι κυρίως τα παιδιά πρώιμης ηλικίας και οι επιβάτες, καθώς και ορισμένα κατοικίδια ζώα όπως τα μοσχάρια και τα γουρούνια. Για την μελέτη της διάδοσης της *E. coli* (EAEC), φύλλα μαρουλιού επώαστηκαν για 1 ώρα με ορισμένη ποσότητα της παθογόνου και παρατηρήθηκαν οι ακόλουθες δύο πόρτες και οδοί της εισβολής: (I) διάχυτη προσκόλληση του παθογόνου στην επιδερμίδα των φύλλων του μαροθλιού (II) εντοπισμένη πρόσφυση στην επιφάνεια των κυττάρων του στοματίου. Η πρόσδεση στην επιδερμίδα διαμεσολαβείται από μια τρίχα, η οποία είναι γνωστό ότι παίζει σημαντικό ρόλο στον αποικιοποίηση των εντέρων του ανθρώπου, ενώ η συσσωμάτωση γύρω

από το στομάτιο διαμεσολαβείται από μαστίγια. Υποτίθεται ότι τα μαστίγια είναι οι κύριοι μεσολαβητές κατά την προσκόλληση των στελεχών ETEC στην επιδερμίδα των φύλλων μαρουλιού.

2.2.3. *Serratia marcescens*

Εκπρόσωποι του γένους *Serratia* προκαλούν σημαντική λοιμώξεων σε ανθρώπους, ζώα και έντομα. Η ταξινομική χαρακτηρισμός του γένους είναι αρκετά αμφιλεγόμενη, καθώς μέχρι στιγμής υπάρχουν 14 αναγνωρισμένα είδη με 2 υποείδη. Ο τύπος του γένους, *Serratia marcescens* είναι ένα ανθρώπινο παθογόνο που συχνά εμφανίζεται σε αναπνευστικού και του ουροποιητικού ανθρώπους και είναι υπεύθυνη για περίπου 1,4% των νοσοκομειακών λοιμώξεων που μπορεί να είναι απειλητική για τη ζωή. Ενώ τα στελέχη της *S. marcescens* περιβάλλοντος είναι συχνά κόκκινο, λόγω της παραγωγής του προδιγιοσινών, τα στελέχη που σχετίζονται με νοσοκομειακές εστίες είναι κατά κύριο λόγο μη χρωματισμένα. Πολλά στελέχη της *S. marcescens* είναι ανθεκτικά σε μερικά αντιβιοτικά. Για τον λόγο αυτό το βακτήριο αποτελεί αυξανόμενο πρόβλημα για τη δημόσια υγεία. Ωστόσο, σχετικά λίγα είναι γνωστά για τους παράγοντες που συμβάλλουν στην παθογένεση της *S.marcescens* ως προς τον ξενιστή. Παρά τους παράγοντες της λοιμογόνου δύναμης της προς τα ζώα, η *S. marcescens* μπορεί να θεωρηθεί και ως διαδεδομένο φυτοπαθογόνο. Αυτό το είδος έχει αναγνωριστεί ως εγκατεστημένο στους κυτταρικούς ιστούς που προκαλεί μια νόσο στις κολοκύθες (*Cucurbita pepo* και *Cucurbita moschata*) και το καρπούζι, η οποία χαρακτηρίζεται από το μαρασμό, αποχρωματισμό του φλοιώματος και κιτρίνισμα των φύλλων. Η *S. marcescens* σχηματίζει ένα βιοφίλμ (βιομεμβράνη) στα τοιχώματα του φλοιώματος, εμποδίζει την μεταφορά των θρεπτικών συστατικών, ως αποτέλεσμα του οποίου προκαλεί το μαρασμό και το θάνατο του φυτού.

2.2.4. *Enterobacter cloacae*

Άλλο ένα βακτήριο που έδειξε επίσης διασταυρούμενη παθογένεση είναι το *Enterobacter cloacae*, ένα σημαντικό ενδονοσοκομειακό παθογόνο που προκαλεί βακτηριαμία, λοιμώξεις του κατώτερου αναπνευστικού συστήματος, λοιμώξεις του δέρματος και των μαλακών ιστών και λοιμώξεις του ουροποιητικού συστήματος. Το *E. cloacae* συνθέτει κυτταροτοξίνη II που μοιάζει με τη Shiga, η οποία συνδέεται με το αιμολυτικό ουραιμικό σύνδρομο στα βρέφη. Πρόλο που υπάρχουν αποδείξεις ότι το *E. cloacae* εξελίσσεται για να αποικίσει τον ανθρώπινο ξενιστή, έχει επίσης ταυτοποιηθεί ως ο αιτιολογικός παράγοντας της ασθένειας γκρι πυρήνας του φυτού macadamia (*Macadamia integrifolia*). Η έναρξη της νόσου επηρεάζει όχι μόνο την ποιότητα των καρπών που παράγονται από το δέντρο, αλλά οδηγεί σε γκρι χρωματισμό και άσχημη μυρωδιά. Το *E.cloacae* προκαλεί επίσης βακτηριακή μαλακή σήψη των φρούτων του

φυτού δράκος (*Hylocereus spp.*), βακτηριακή σήψη των φύλλων σε orchids, και είναι επίσης υπεύθυνο για το εσωτερικό κιτρίνισμα της παπάγιας και το σάπισμα των κρεμμυδιών.

Το *Enterobacter* προκαλεί τη φαιά σήψη στα κεφάλια των κρεμμυδιών μετά τη συγκομιδή, την ξήρανση και την αποθήκευση. Τα ίχνη της αποσύνθεσης συνήθως εμφανίζονται σε ορισμένες φλούδες του βολβού, ενώ στον ιστό αναπτύσσονται καφέ κύκλοι που είναι σαφώς ορατά όταν κοπεί ένα κρεμμύδι στο μισό. Κατά την αποθήκευση μεγάλων ποσοτήτων κρεμμυδιού, όπου η συχνότητα της σήψης που προκαλείται από το *Enterobacter* είναι > 2,5%, τότε ολόκληρη η παρτίδα δεν μπορεί να πουληθεί και αυτό οδηγεί σε σημαντική ζημιά για τον παραγωγό.

Οι λοιμογόνοι παράγοντες και οι μηχανισμοί του *E. cloacae* για την πρόκληση ασθενειών των φυτών είναι ακόμα άγνωστοι, γεγονός που καθιστά δύσκολη και περιορίζει την ανάπτυξη μεθόδων για τον έλεγχο αυτού του φυτοπαθογόνου.

2.2.5. Enterococcus

Η διασταυρούμενη παθογένεση δεν περιορίζεται μόνο στα αρνητικά κατά Γκραμ. Αυτή μπορεί να εντοπιστεί και στα θετικά κατά Γκραμ βακτήρια. Οι εντερόκοκκοι αποτελούν μέρος της φυσιολογικής εντερικής χλωρίδας των ανθρώπων και των ζώων, αλλά επίσης είναι σημαντικά ευκαιριακά παθογόνα, υπεύθυνα για σοβαρές λοιμώξεις, ιδιαίτερα σε ανοσοκατεσταλμένους ασθενείς. Με την αύξηση της ανθεκτικότητας στα αντιβιοτικά, οι εντερόκοκκοι έχουν αναγνωριστεί ως νοσοκομειακοί παθογόνοι παράγοντες που μπορούν να είναι πρόκληση για τη θεραπεία. Το γένος *Enterococcus* περιλαμβάνει περισσότερα πάνω από 17 είδη, αλλά μόνο μερικά από αυτά μπορούν να προκαλέσουν τοπικές ή συστηματικές κλινικές λοιμώξεις του ουροποιητικού συστήματος, μεταξύ των οποίων ενδοκοιλιακές λοιμώξεις, μόλυνσεις των τραυμάτων, βακτηριαιμία και ενδοκαρδίτιδα. Σε γενικές γραμμές, οι εντερόκοκκοι ανήκουν στη γάμμα υποομάδα των στρεπτόκοκκων, οι οποίοι δεν προκαλούν αιμόλυση. Όμως τα κλινικά προϊόντα απομόνωσης πολλών ειδών των εντερόκοκκων έχουν αναπτύξει ως παράγοντας παθογένειας, την ικανότητα να παράγουν αιμολυσίνες οι οποίες προκαλούν λύση των ερυθρών αιμοσφαιρίων. Τα αιμολυτικά στελέχη παρουσιάζουν αντίσταση σε πολλά φάρμακα πιο συχνά από τα μη-αιμολυτικά στελέχη, ενώ στελέχη που απομονώθηκαν από δείγματα κοπράνων από υγιή άτομα έδειξαν χαμηλή (17%) συχνότητα της παραγωγής αιμολυσινών.

Αποδεικνύεται ότι οι εντερόκοκκοι είναι σε θέση όχι μόνο να μολύνουν κύτταρα θηλαστικών και νηματώδων, αλλά επίσης και φυτά όπως *Arabidopsis thaliana*. Κατά τη μόλυνση σε εργαστηριακές συνθήκες με *E. faecalis* ο θάνατος του φυτού λαμβάνει χώρα σε περίπου επτά

ημέρες. Τα αρχικά σημάδια της ασθένειας εμφανίζονται όταν τα βακτήρια συνδεθούν επιτυχώς με την επιφάνεια των φύλλων. Στη συνέχεια το *E.faecalis* εισέρχεται στον ιστό των φύλλων μέσω του στοματίου ή μέσω πληγών, αναπαράγεται και αποικίζει τα μεσοκυττάρια διαστήματα του φυτού ξενιστή. Αυτές οι διαδικασίες προκαλούν διάσπαση του φυτικού κυτταρικού τοιχώματος και των δομών της μεμβράνης και οδηγούν στο σάπισμα του φυτού. Φαίνεται ότι η φυτοπαθογένεια του *E.faecalis* περιλαμβάνει μερικούς από τους ίδιους γενετικούς παράγοντες που συμμετέχουν στην παθογένεση στα ζώα, συμπεριλαμβανομένου του συστήματος του quorum-sensing και της σύνθεσης των πρωτεασών σερίνης. Το *E.faecalis* χρησιμοποιεί ξεκάθαρα μια κοινή στρατηγική για την πρόκληση ασθενειών, η οποία του επιτρέπει να χρησιμοποιεί τους ίδιους λοιμογόνους παράγοντες για δύο διαφορετικούς ξενιστές.

2.2.6. *Listeria monocytogenes*

Η *L. monocytogenes* είναι ένα ανθρώπινο παθογόνο, για το οποίο πιστεύεται ότι μεταδίδεται στον άνθρωπο μέσω της κατανάλωσης μολυσμένων τροφίμων ζωικής προέλευσης. Το παθογόνο προκαλεί σοβαρές ασθένειες, όπως η λιστερίωση, οι οποίες είναι θανατηφόρες στα μικρά παιδιά, τις έγκυες γυναίκες και στους ηλικιωμένους. Ωστόσο, το φυσικό περιβάλλον αυτού του βακτηρίου είναι τα εδάφη πλούσια σε φυτική σάπια ύλη. Ως εκ τούτου, το παθογόνο μπορεί φυσικά να συνδεθεί με οποιοδήποτε φυτικό προϊόν που καλλιεργείται σε επαφή με το έδαφος και να εσωτερικευτεί εντός αυτού. Το γεγονός αυτό καθιστά τη λιστέρια έναν από τους πιο επικίνδυνους ρυπαντές τροφίμων φυτικής προέλευσης. Ασυνήθιστα για ένα ανθρώπινο παθογόνο, το *L. monocytogenes* χρησιμοποιεί φυτικά σάκχαρα για την ανάπτυξη του και έτσι μετατρέπεται σε ένα σοβαρό πρόβλημα κατά την κατανάλωση ελάχιστα μεταποιημένων φρούτων ή λαχανικών. Επιπλέον, όταν τα λαχανικά ή φρούτα είναι κομμένα σε φέτες, απελευθερώνεται μεγαλύτερη ποσότητα σακχάρων τα οποία βακτήριο απορροφά με επιτυχία. Η ψυχρόφιλη φύση της *Listeria* ευνοεί την ανάπτυξη της σε χαμηλές θερμοκρασίες, που χρησιμοποιούνται συνήθως για την συντήρηση των φυτικών τροφών στις αποθήκες.

Η *Listeria* στους φυτικούς ιστούς. Ακόμη δεν υπάρχουν σαφείς αποδείξεις ότι η *L. monocytogenes* μπορεί να εσωτερικευτεί στο εσωτερικό των φυτών. Οι πληροφορίες σχετικά με τη διείσδυση και τον εποικισμό του φυτικού ιστού από το *L. monocytogenes* είναι πολύ περιορισμένες και ορισμένα από τα αποτελέσματα είναι αντιφατικά. Έχει αποδειχθεί ότι τόσο η *E.coli*, όσο και η *Listeria* μπορούν να εισέλθουν στο στομάτιο των φύλλων, αλλά αν δεν έχει εξακριβωθεί αν προκειται για ενεργό διαδικασία ή για μια παθητική παγίδευση των βακτηριδίων στη δομή (η οποία είναι πολύ μεγαλύτερη από ό,τι ένα βακτηριακό κύτταρο). Παρ'όλο που τα βακτήρια μπορούν να διεισδύουν, τα φυσικά ανοίγματα των φυτών μπορούν

να προστατευθούν από διάφορα απολυμαντικά που προκαλούν το κλείσιμο των επιφανειακών κυττάρων. Δεδομένου ότι ο οργανισμός συαντάται συχνά στο έδαφος, η διείσδυση της *Listeria* στον ιστό φύλλου είναι πιο πιθανό να συμβεί μετά τη συγκομιδή και όχι κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης. Τα φρούτα και λαχανικά μπορούν να μολυνθούν μετά τη συγκομιδή, όταν υπάρχει αρκετά μεγάλη διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας των φυτών και του νερού που χρησιμοποιείται για πλύση. Αυτό επιτρέπει μια πιο ενεργή διείσδυση και κυκλοφορία του νερού στον φυτικό ιστό. Μετά την εισαγωγή τους, τα βακτήρια μεταφέρονται από τη μαζική ροή του νερού στα φυτά και προχωρούν με αυτό. Η μόλυνση των φυτών μπορεί να συμβεί όταν χρησιμοποιείται για λίπανση μολυσμένη κοπριά, όπως συνέβη με τη λοιμώδη εστία το 1981. Πρόκειται για την πρώτη επιδημία της *L. monocytogenes*, η οποία συνδέεται κατηγορηματικά με τα τρόφιμα και έχει προκληθεί από λαχανοσαλάτες που προετοιμάστηκαν εμπορικά στον Καναδά. Ως αποτέλεσμα, υπάρχει τουλάχιστον 41 άτομα αρρώστησαν και επιβεβαιώθηκε ο θάνατος 7 ατόμων. Σε αυτή την περίπτωση, διαπιστώθηκε ότι τα οργανικά λιπάσματα που χρησιμοποιήθηκαν κατά την καλλιέργεια λάχανου είχαν μολυνθεί από πρόβατα - μεταφορείς λιστέριας. Αυτό οδήγησε σε σοβαρή μόλυνση των φύλλων του λάχανου.

Η ανάπτυξη της *Listeria* στα φρέσκα προϊόντα. Η *L. monocytogenes* αναπτύσσεται με διαφορετικές ταχύτητες ανάλογα με την κατάσταση και το είδος των νωπών προϊόντων (ακέραια, κατεστραμμένα, ψιλοκομμένα φρέσκα προϊόντα). Η *L. monocytogenes* αναπτύσσεται κυρίως πάνω στην επιφάνεια της ανέπαφης ντομάτας, ενώ σε καρότα, λάχανο, πιπεριές, πεπόνια και καρπούζια αναπτύσσεται μόνο σε κομμένη, τριμμένη μορφή ή σε κατεστραμμένα προϊόντα. Η *Listeria* αναπτύσσεται καλά σε τεμαχισμένο μαρούλι και ο πληθυσμός της αυξάνεται κατά την αποθήκευση. Υποτίθεται ότι η συσκευασίες με τροποποιημένη ατμόσφαιρα αυξάνουν την ικανότητα της *L. monocytogenes* να αναπτύσσεται λόγω της αναστολής της ανταγωνιστικής μικροχλωρίδας στο φυτικό προϊόν.

Το αποτέλεσμα εξαρτάται από το είδος των προϊόντων, τη σύνθεση της τροποποιημένης ατμόσφαιρας και από τις συνθήκες αποθήκευσης. Η παρατεταμένη διάρκεια ζωής αυξάνει τον κίνδυνο λιστερίωσης.

Η ικανότητα της *Listeria* να επιβιώνει σε θερμική επεξεργασία και σε όξινες συνθήκες είναι διαφορετική όσον αφορά το είδος των συσκευασμένων λαχανικών. Τα βραστά ή παστεριωμένα προϊόντα συνήθως διατηρούν συνθήκες που διασφαλίζουν την ταχεία ανάπτυξη της *Listeria*. Αυτό θα μπορούσε να αποτελεί κίνδυνο για τους καταναλωτές στην περίπτωση ρύπανσης μετά την επεξεργασία, ειδικά αν τα τρόφιμα δεν είναι στο ψυγείο και καταναλώνεται χωρίς αναθέρμανση. Τώρα υποτίθεται ότι οι περισσότερες πρώτες ύλες που παράγονται

στηρίζουν την ανάπτυξη της *L. monocytogenes*, πράγμα που καθορίζει αυτό το παθογόνο ως ένα από τους βασικούς παράγοντες για την ασφάλεια των τροφίμων.

3 Συμπεράσματα του τμήματος I

- Ο αριθμός των κρουσμάτων τροφικών ασθενειών που συνδέονται με την κατανάλωση φρέσκων φυτικών προϊόντων έχει αυξηθεί δραματικά από τις αρχές της δεκαετίας του 1990.
- Η *S. enterica* και το *E. coli* O157:H7, που σχετίζονται κυρίως με την πρόκληση λοιμώξεων στην κατανάλωση τροφίμων ζωικής προέλευσης, προκαλούν το μεγαλύτερο μερίδιο των επιδημιών που συνδέονται με φρέσκα φυτικά τρόφιμα.
- Τα στοιχεία από τις παρατηρήσεις που παρουσίασαν πειστικές αποδείξεις για την παρουσία εντερο-βακτηρίων σε φρέσκα φρούτα και λαχανικά.
- Δεν είναι όλα τα είδη εντερικών παθογόνων περιβάλλοντικά γενικευμένα. Υπάρχουν μεγάλες διαφορές μεταξύ των διαφόρων εντερικών παθογόνων στην ικανότητά τους να συνδεθούν και να αποικίσουν την επιφάνεια του φυτού και μερικοί ειδικοί φαινότυποι παίζουν ρόλο σε ορισμένες από αυτές τις διαφορές.
- Αν και η ικανότητα της *S. enterica* να αναπτύσσεται πάνω στα φυτά είναι σχετικά ασθενέστερη από εκείνη των απλών βακτηρίων ριζόσφαιρας, αυτό το ανθρώπινο παθογόνο μπορεί να αναπτέσσεται στην επιφάνεια των φυτών υπό συνθήκες υψηλής υγρασίας και υψηλών θερμοκρασιών, δύο παράγοντες που επηρεάζουν την ανταγωνιστικότητά της σε αυτό το βιότοπο.
- Μερικές μελέτες που διεξήχθησαν σε εργαστηριακούς θαλάμους και σε πραγματικές συνθήκες έχουν δείξει ότι *S. enterica* και *E. coli* που εμβολιάστηκαν κατά τη διάρκεια της φύτευσης παραμένουν πάνω στις καλλιέργειες για μεγάλο χρονικό διάστημα, συμπεριλαμβανομένης και της συγκομιδής.
- Ο μολυσμένος φυτικός ιστός μπορεί να παρέχει πλούσια θρεπτικά συστατικά και προστατευόμενη οικολογική θέση για τα εντερικά παθογόνα. Ωστόσο, αυτή η δυνατότητα ανάπτυξης υπαγορεύεται από τη φύση των αλληλεπιδράσεων τους με την φυτική μικροχλωρίδα του κατοίκου.
- Η έκφραση στα εντερικά παθογόνα των καθοριστικών παραγόντων επιβίωσης και των λοιμογόνων παραγόντων που προέρχονται από άλλους κατοίκους της ριζόσφαιρας στο βιότοπο των φυτών, μπορεί να διαμορφώσει τις σχέσεις δόσης - απόκρισης στον ανθρώπινο

ξενιστή και να επιτρέψει την επέλευση τροφιμογενών νοσημάτων με χαμηλότερες μολυσματικές δόσεις.

4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bassett J. and McClure P. (2008) A risk assessment approach for fresh fruits. *Journal of Applied Microbiology* 104, 925–943.
- Berg G., Eberl L. and Hartmann A. (2005) The rhizosphere as a reservoir for opportunistic human pathogenic bacteria. *Environmental Microbiology* 7 (11), 1673–1685.
- Berger C.N., Sodha S.V., Shaw R.K., Griffin P.M., Pink D., Hand P. and Frankel G. (2010) Fresh fruit and vegetables as vehicles for the transmission of human pathogens. *Environmental Microbiology* 12(9), 2385–2397.
- Brandl M. (2006) Fitness of Human Enteric Pathogens on Plants and Implications for Food Safety. *Annual Review of Phytopathology* 44, 367–392.
- Brandl M., Cox C.E. and Teplitski M. (2013) *Salmonella* Interactions with Plants and Their Associated Microbiota. *Phytopathology* 103 (4), 316–325, <http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO-11-12-0295-RVW>.
- Duan J., Zhao Y. and Daeschel Mm. (2011) Ensuring Food Safety in Specialty Foods Production 2011, <https://catalog.extension.oregonstate.edu/em9036>
- European Food Safety Authority (EFSA). (2011) Guidance on the environmental risk assessment of plant pests EFSA Panel on Plant Health (PLH) 2, 3, Parma, Italy. *EFSA Journal*; 9 (12): 2460.
- EASAC. (2014) Risks to plant health: European Union priorities for tackling emerging plant pests and diseases. Policy report, 24 February 2014, ISBN: 978-3-8047-3251-3.
- Fletcher J., Leach J. E., Eversole K., and Tauxe R. (2013) Human Pathogens on Plants: Designing a Multidisciplinary Strategy for Research. *Phytopathology* 103 (4), 306–315, <http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO-09-12-0236-IA>.
- Food Safety Risk Assessment of NSW Food Safety Schemes (2009) Food Authority, Australia.
- Food Standards Agency UK (2004). Survey of baby foods for mycotoxins. <http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/fsis6804.pdf>.
- Flood J. (2010) The importance of plant health to food security, *Food Sec.* 2:215–231, DOI 10.1007/s12571-010-0072-5.
- FSAI [Food Safety Authority of Ireland] (2003). Results of 4th quarter national survey 2002 (NS4), European Commission co-ordinated programme for the official control of

- foodstuffs for 2002, Bacteriological safety of pre-cut fruit & vegetables, sprouted seeds and unpasteurised fruit & vegetables juices from processing and retail premises. http://www.fsai.ie/surveillance/food_safety/microbiological/4thQuarter2.pdf.
- FSA [Food Science Australia] (2000a). Final report – scoping study on the risk of plant products. Food Science Australia prepared for SafeFood NSW.
- FSA [Food Science Australia] (2000b) Fact Sheet Preservation of vegetables in oil and vinegar. Retrieved 14 January 2009, <http://www.foodscience.afisc.csiro.au/oilvine.htm>.
- FSAI [Food Safety Authority of Ireland] (undated). 3rd Trimester National Microbiological Survey 2005 (05NS3): EU Coordinated programme 2005, bacteriological safety of prepackaged mixed salads. Food Safety Authority of Ireland, Retrieved 2 December 2008, from http://www.fsai.ie/surveillance/food_safety/microbiological/mixed_salads.pdf.
- Gilbert S., Lake R., Hudson A and Cressey P. (2006). Risk profile: Shiga-toxin producing *Escherichia coli* in leafy vegetables. Institute of Environmental Science and Research Limited report prepared for the New Zealand Food Safety Authority. Retrieved 14 January 2009, http://www.foodsafety.govt.nz/elibrary/industry/Risk_Profile_Shiga_Toxin-Science_Research.pdf.
- Jay S., Davos D., Dundas M., Frankish E. and Lightfoot D. (2003). Salmonella. In: Hocking A.D. (Ed.). Foodborne Microorganisms of Public Health Significance, pp. 207–266. Australian Institute of Food Science and Technology, Waterloo.
- Hernandez-Reyes C. and Schikora A. (2013) Salmonella, a cross-kingdom pathogen infecting humans and plants. FEMS Microbiol Lett 343, 1–7.
- Kirzinger M., Nadarasah G. and Stavriniades J. (2011) Insights into Cross-Kingdom Plant Pathogenic Bacteria. Genes 2, 980–997, doi:10.3390/genes2040980.
- Lake R., Hudson A., Cressey P. and Gilbert S. (2005). Risk profile: *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat salads. Institute of Environmental Science and Research Limited report prepared for the New Zealand Food Safety Authority. Retrieved 14 January 2009.
- Mahlen S. (2011) *Serratia* Infections: from Military Experiments to Current Practice. Clinical Microbiology Reviews, 24 (4), 755–791, 0893-8512/11/\$12.00 doi: 10.1128/CMR.00017-11.
- Mendes R., Garbeva P. and Raaijmakers J.M. (2013) The rhizosphere microbiome: significance of plant beneficial, plant pathogenic, and human pathogenic microorganisms. FEMS Microbiology Reviews 37, 634–663.

- van Baarlen P., van Belkum A., Summerbell R.C., Crous P.W. and Thomma B.P.H.J. (2007) Molecular mechanisms of pathogenicity: how do pathogenic microorganisms develop cross-kingdomhost jumps? *FEMS Microbiology Reviews* 31, 239–277.
- Pezzoli L., Elson R., Little C., Yip H., Fisher I., Yishai R., et al. (2008) Packed with *Salmonella* – Investigation of an international outbreak of *Salmonella* Senftenberg infection linked to contamination of prepacked basil in 2007. *Foodborne Pathogens and Disease* 5(5), 661–668.
- Szabo E., Scurrah K. and Burrows J. (2000) Survey for psychrotrophic bacterial pathogens in minimally processed lettuce. *Letters in Applied Microbiology* 30, 456–460.
- Miller S.A., Beed F.D. and Harmon C.L. (2009) Plant Disease Diagnostic Capabilities and Networks. *Annual Review of Phytopathology* 47, 15–38.
- van Overbeek L., van Doorn J., Wichers J.H., Amerongen A., van Roermund H.J.W. and Willemsen P.T.J. (2014) The arable ecosystem as battleground for emergence of new human pathogens. *Frontiers in Microbiology*, article 104, 1–17, doi: 10.3389/fmicb.2014.00104.
- Turnbull-Fortune S. and Badrie N. (2014) Practice, Behavior, Knowledge and Awareness of Food Safety among Secondary & Tertiary Level Students in Trinidad, West Indies. *Food and Nutrition Sciences* 5, 1463–1481.

ΑΚ 12: ΕΥΑΙΣΘΗΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΤΩΝ

ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΤΩΝ ΠΑΘΟΓΟΝΩΝ ΤΩΝ ΦΥΤΩΝ

1. Εισαγωγή

Οι αποδείξεις που δόθηκαν στο προηγούμενο τμήμα περιγράφουν την ικανότητα των εντεροπαθογόνων βακτηρίων να αναπτύσσονται και να παραμένουν στις καλλιέργειες. Αυτός ο εύελκτος τρόπος ζωής μπορεί να εξηγήσει την αξιοσημείωτη συχνότητα των τροφιμογενών ασθενειών που σχετίζονται με τη μόλυνση των καλλιεργειών. Η πυκνότητα του βακτηριακού πληθυσμού των εντερικών παθογόνων στην φυτική παραγωγή δεν αποτελεί το μόνο καθοριστικό παράγοντα της μόλυνσης στον ανθρώπινο ξενιστή. Οι αλληλεπιδράσεις των εντερικών παθογόνων με τα φυτά μπορούν να ενισχύσουν όχι μόνο την επιβίωσή τους σε αυτό το νέο βιότοπο, αλλά και να ενισχύσουν τη δυνατότητά τους να μολύνουν τον άνθρωπο.

Η ασφάλεια των τροφίμων έχει σημαντικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, την κοινωνική συμπεριφορά και την οικονομία. Από τη μία πλευρά, η εμφάνιση εστιών που σχετίζονται με τροφιμογενείς λοιμώξεις μπορεί να αρρωστήσει σημαντικό αριθμό ανθρώπων, ενώ η συνοδευόμενη απόσυρση της παραγωγής και η δημοσιότητα μπορεί να μειώσει την εμπιστοσύνη των καταναλωτών, να οδηγήσει σε μείωση της ζήτησης και να προκαλέσει σημαντική οικονομική ζημία σε όλα τα μέρη της αλυσίδας εφοδιασμού. Για τους λόγους αυτούς, έχει αναπτυχθεί ένα πρόγραμμα ευαισθητοποίησης και προστασίας των φυτικών τροφών από ανθρώπινα παθογόνα. Το πρόγραμμα περιλαμβάνει τρία βήματα που χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση της υγείας και της ασφάλειας των φυτικών προϊόντων: 1) Προσδιορισμός των κινδύνων, 2) Αξιολόγηση του κινδύνου, 3) Έλεγχος των κινδύνων.

2. Οι βασικοί παράγοντες κινδύνου που επηρεάζουν τη μόλυνση από παθογόνα και την εξάπλωσή της.

Οι παράγοντες κινδύνου για τη μόλυνση της παραγωγής είναι στην αλυσίδα εφοδιασμού, τόσο στο στάδιο πριν τη συγκομιδή (ακόμα στα χωράφια), όσο και στο στάδιο μετά τη συγκομιδή, την επεξεργασία και την αποθήκευση της παραγωγής. Οι παθογόνοι πληθυσμοί μπορούν να εγκατεσταθούν στα καλλιεργούμενα φυτά ακόμη στη φάση της ανάπτυξης των καλλιεργειών. Ο κίνδυνος μπορεί να αυξηθεί μετά τη συγκομιδή ή την περαιτέρω άμεση ρύπανση ή μόλυνση από συνυπάρχοντες πληθυσμούς των παθογόνων κατά τη διάρκεια των διαδικασιών για το χειρισμό και την επεξεργασία της.

Το νερό είναι πιθανό να είναι σημαντικός παράγοντας μόλυνσης ακόμα στις περιοχές καλλιέργειας. Οι πιθανές πηγές περιλαμβάνουν την απορροή από τα γύρω λιβάδια των ζώων

και ή άρδευση από μολυσμένες πηγές. Ο κίνδυνος που σχετίζεται με τη χρήση του νερού από διάφορες πηγές, οι οποίες διαφέρουν σε μικροβιολογική ποιότητα για την άρδευση των προϊόντων έχει αξιολογηθεί και αναγνωρίζεται η ανάγκη να βελτιωθούν οι τεχνικές οδηγίες. Ένα ενδιαφέρον γεγονός είναι ότι κατά την καλλιέργεια του σπανακιού σε μολυσμένα εδάφη με *E. coli* O157: H7 δεν έχει ανιχνευθεί εσωτερικοποίηση του βακτηρίου στο φυτό, αλλά βρίσκεται στα φύλλα του σπανακιού, μετά τον ψεκασμό μολυσμένου νερού πάνω τους. Αυτό συνεπάγεται μια μικρότερη πιθανότητα μετάδοσης των παθογόνων από το μολυσμένο νερό μέσω της στάγδην άρδευσης σε σύγκριση με τη μεγαλύτερη πιθανότητα μόλυνσης από το σύστημα άρδευσης με ψεκασμό (συστήματα εναέριου καταιονισμού). Ωστόσο, η άρδευση δεν είναι ο μόνος γνωστός τρόπος μόλυνσης των καλλιεργειών που συνδέεται με το νερό. Η χρήση του νερού στην επεξεργασία μετά τη συγκομιδή παίζει επίσης ρόλο στη ρύπανση. Για παράδειγμα, μια εστία μόλυνσεων με τον ορότυπο Newport της σαλμονέλας συνδέεται με την κατανάλωση μάνγκο που επεξεργαστηκε με ζεστό νερό για να αποτραπεί η μεταφορά μυγών των φρούτων. Τα παθογόνα μπορούν να περάσουν στο περιβάλλον μέσω της εφαρμογής ακατάλληλα λιπασματοποιημένης ή ακατέργαστης κοπριάς ζωικής προέλευσης, ή λυμάτων. Περιττώματα των άγριων ζώων μπορούν επίσης να είναι μια πηγή μόλυνσης. Η παρακολούθηση και η διερεύνησης του περιβάλλοντος της εστίας της *E.coli* O157, που σχετίζεται με συσκευασμένο σπανάκι δείχνει ότι ένα ράντσο στην πεδιάδα Σαλίνας της Καλιφόρνιας είναι η πιο πιθανή πηγή της μόλυνσης. Η εφαρμογή των μεθόδων μοριακής ανάλυσης, όπως η ηλεκτροφόρηση πήγματος παλμικού πεδίου και η ανάλυση πολλαλών γενετικών τόπων των διαδοχικών επαναλήψεων έδειξε πανομοιότυπα στελέχη των παθογόνων στελεχών που απομονώθηκαν από το σπανάκι και από οικόσιτους χοίρους και απο τα περιττώματα των βοοειδών. Ωστόσο, ο τρόπος με τον οποίο διεξάγεται η ρύπανση του σπανακιού στην συγκεκριμένη περίπτωση δεν έχει προσδιοριστεί.

Τα έντομα είναι επίσης μια πιθανή πηγή της μόλυνσης. Σε εργαστηριακές συνθήκες, μολυσμένες μύγες έχουν δείξει άμεση μεταφορά βακτηρίων στα φύλλα των φυτών ή στα φρούτα . Ένας μεγάλος αριθμός από μύγες που ανήκουν στις οικογένειες Muscidae και Calliphoridae, τα οποία έχουν βρεθεί στα χωράφια με καλλιέργειες, όμορες σε βοσκότοπους που καταλαμβάνονται από βοοειδή είναι φορείς του *E.coli* O157: H. Οι υποτιθέμενες πηγές μόλυνσης των φρούτων που χρησιμοποιούνται για χυμούς, συμπεριλαμβανομένων των πεσμένων φρούτων, είναι το μολυσμένο έδαφος, το νερό, τα λύματα και ή κοπριά, καθώς και η χρήση μολυσμένου νερού για το πλύσιμο ή την επεξεργασία των φρούτων και η ρύπανση στον τόπο κατανάλωσης.

Οι διαδικασίες που σχετίζονται με το πλύσιμο, την αποθήκευση και την κοπή των τελικών προϊόντων είναι επίσης πιθανές πηγές μόλυνσης. Οι κομμένες επιφάνειες των φύλλων αποτελούν ειδικό στόχο των παθογόνων βακτηρίων, όπως η σαλμονέλα, τα οποία εμφανίζουν συγκεκριμένο τροπισμό προς αυτά. Δτα κομμένα πεπόνια μπορούν να περιέχουν παθογόνους παράγοντες από το φλοιό προς στο βρώσιμο μέρος των φρούτων, όπου τα βακτήρια μπορούν να αναπαράγονται, αν το κομμένο πεπόνι δεν είναι στο ψυγείο. Η χρήση ακατάλληλα απολυμασμένου νερού στα ψυγεία που χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση και επεξεργασία μεγάλων ποσοτήτων φρέσκων προϊόντων, μπορεί να οδηγήσει σε μόλυνση του συνόλου της παρτίδας.

Άλλοι σημαντικοί παράγοντες που μπορεί να έχουν συμβάλει στην ανάπτυξη των φυτικών προϊόντων ως πηγή εντερικής ασθeneιών είναι:

- Οι αλλαγές στη βιομηχανία τροφίμων
 - Εντατικοποίηση και συγκεντροποίηση της παραγωγής
 - Πιο εκτεταμένη διάδοση των προϊόντων σε μεγαλύτερες αποστάσεις
 - Εισαγωγή της ελάχιστης επεξεργασίας της παραγωγής
 - Αυξημένη εισαγωγή νωπών προϊόντων
- Αλλαγές στις συνήθειες των καταναλωτών
 - Αυξημένη κατανάλωση τροφίμων έξω από το σπίτι
 - Αυξημένη δημοτικότητα των σαλάτα μπαρ
 - Αυξημένη κατανάλωση φρέσκων φρούτων και λαχανικών και χυμών
- Αύξηση του πληθυσμού σε κίνδυνο (ηλικιωμένοι, ανοσοκατεσταλμένα άτομα)
- Ενισχυμένη επιδημιολογική επιτήρηση
- Βελτιωμένες μέθοδοι για την ανίχνευση, την αναγνώριση και την παρακολούθηση των παθογόνων
- Ανάπτυξη παθογόνων χαμηλής μολυσματικής δόσης

3. Υγειονομική ανάλυση του κινδύνου στα φυτικά προϊόντα, στο σύστημα ασφάλειας των τροφίμων

Η αξιολόγηση του κινδύνου που διενεργήθηκε σχετικά με τους κινδύνους που συνδέονται με τα φυτικά προϊόντα, δείχνει ότι τα φρέσκοκομμένα φρούτα και λαχανικά, οι σπόρους με φύτρο, τα λαχανικά σε λάδι και ο μη παστεριωμένος χυμός αποτελούν κίνδυνο υψηλού βαθμού.

Αυτό οφείλεται στην ιστορία των εστιών τροφιμογενών νοσημάτων στην Αυστραλία και τις Ηνωμένες Πολιτείες, κυρίως λόγω της παρουσίας της Salmonella. Η ετήσια κατανάλωση των

προϊόντων αυτών εκτιμάται σε 11.000 τόνους φρέσκων λαχανικών, 150 τόνους φρέσκων φρούτων, 2600 τόνους σπόρων με φύτρα, 1000 τόνους κηπευτικών σε προϊόντα λαδιού και 100.000 λίτρων μη παστεριωμένου χυμού σε χώρες όπως η Αυστραλία.

Τα φυτικά προϊόντα που έχουν μολυνθεί με *L.monocytogenes*, *Aeromonas spp.*, *B.cereus* και *Salmonella* είναι υψηλού κινδύνου για την ανθρώπινη υγεία. Η μόλυνση φρεσκοκομμένων φρούτων και λαχανικών μπορεί να συμβεί κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης, της συγκομιδής ή της επεξεργασίας με τα πρωτογενή παθογόνα που προκαλούν ανησυχία, όπως η *L.monocytogenes*, και το *C. botulinum* για τρόφιμα που συσκευάστηκαν σε συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας. Τα προϊόντα αυτά θεωρούνται υψηλού κινδύνου, όταν τρώγονται ωμά.

Οι φυτρωμένοι σπόροι μπορούν να μολυνθούν με *B cereus*, *Salmonella* και τα παθογόνα στελέχη της *E. coli* κατά την διάρκεια της ανάπτυξης της καλλιέργειας των σπόρων, καθώς επίσης κατά τη διάρκεια της διεργασίας της βλάστησης, η οποία παρέχει σχεδόν ιδανικό περιβάλλον για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Το περιβάλλον με μειωμένη περιεκτικότητα σε οξυγόνο που παρέχεται από λαχανικά βουτηγμένα σε λάδι, επιτρέπει την ανάπτυξη αναερόβιων οργανισμών, συμπεριλαμβανομένου του *C. botulinum*, που είναι αιτιολογικός παράγοντας της αλλαντίασης. Για να μειωθεί ο κίνδυνος, τα λαχανικά ή τα φρούτα είναι συνήθως μαγειρεμένα και οξινισμένα πριν από την τοποθέτησή τους στο λάδι. Οι μη παστεριωμένοι χυμοί φρούτων μπορούν να μολυνθούν κατά τη διαδικασία της συμπίεσης ή λόγω της μόλυνσης στο εξωτερικό του φρούτου ή της χρήσης κατεστραμμένων και μουχλιασμένων φρούτων. Δεδομένου ότι ο χυμός δεν έχει υποβληθεί σε θερμική επεξεργασία, όλοι οι παθογόνοι μικρο-οργανισμοί είναι σε θέση να επιβιώσουν, και ο πληθυσμός των οξέων ανεκτικός στελεχών της *E coli* και της *Salmonella* που είναι ανθεκτικά στα οξέα μπορεί να αυξηθεί.

3.1 Ομάδες υψηλού κινδύνου του πληθυσμού στο σύστημα για την ασφάλεια των τροφίμων

Ορισμένες υποομάδες του πληθυσμού εκτίθενται σε μεγαλύτερο κίνδυνο διατροφικών διαταραχών, ή μπορούν να αναπτύξουν πιο σοβαρές μορφές, σε σύγκριση με το γενικό πληθυσμό. Ο βαθμός της ευπάθειας εξαρτάται από την ευαισθησία του ατόμου και την παθογένεια του παθογόνου μικροοργανισμού. Σε γενικές γραμμές, οι ευάλωτες ομάδες περιλαμβάνουν τα παιδιά κάτω των πέντε ετών, τα άτομα άνω των 65 ετών, οι έγκυες γυναίκες και τα άτομα με εξασθενημένο ανοσοποιητικό σύστημα. Θεωρείται ότι ο αριθμός των γευμάτων που παρέχονται σε ευάλωτα άτομα σε δημόσια ιδρύματα, όπως νοσοκομεία,

γηροκομεία, ξενώνες, ιδρύματα ημερήσιας φροντίδας και νηπιαγωγεία είναι περίπου 133 εκατομμύρια γεύματα ετησίως. Εκτιμάται ότι μέχρι ένα εκατομμύριο γεύματα ετησίως που σερβίρονται σε αυτές τις εγκαταστάσεις μπορούν να μολυνθούν με τροφικά παθογόνα.

Από το 1995 έχουν καταγραφεί 65 κρούσματα τροφικής ασθένειας σε αυστραλιανά δημόσια ιδρύματα, όπως γηροκομεία, παιδικοί σταθμοί και νοσοκομεία, με 758 περιπτώσεις ασθένειας και 75 θανάτους. Τα παθογόνα που εμπλέκονται σε αυτές τις μολύνσεις περιλαμβάνουν τα είδη *Salmonella*, *C.perfringens*, *L. monocytogenes* και *Campylobacter*. Η εξάπλωση των ασθενειών που συνδέονται με τη διατροφή και των θανάτων σε ηλικιωμένους που ζουν σε οίκους ευγηρίας είναι πολύ μεγαλύτερη από το επίπεδο εξόδου των ασθενειών αυτών επί του συνόλου του πληθυσμού, ενώ τα παιδιά διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο διατροφικών ασθενειών και δηλητηριάσεων που προκαλούνται από τη *Salmonella* λόγω του υψηλού ποσοστού της σαλμονέλλωσης στα παιδιά.

Ο κύριος κίνδυνος για τα ευάλωτα άτομα είναι το *L.monocytogenes*. Ορισμένες υποομάδες εντός αυτών των ομάδων είναι 100 φορές πιο ευαίσθητα στην λιστερίωση από το γενικό πληθυσμό. Άλλοι κίνδυνοι που προκαλούν ανησυχία περιλαμβάνουν τα μωρά που εκτίθενται σε *C. botulinum* μέσω της κατανάλωσης μολυσμένου μελιού, νεογέννητα βρέφη, βρέφη που λαμβάνουν τροφή μολυσμένη με *Cronobacter sakazakii* (πρώην *Enterobacter sakazakii*), και τα άτομα με ηπατική δυσλειτουργία είναι εκτεθειμένα στη μόλυνση από το *Vibrio vulnificus* από ωμά στρείδια. Άλλοι οργανισμοί που μπορούν να οδηγήσουν σε πιο σοβαρές ασθένειες σε ευάλωτες υποομάδες περιλαμβάνουν τα παθογόνα εντεροαιμορραγικά στελέχη των παθογόνων *E.coli*, *S. aureus* και *C. perfringens*.

Κατά την αξιολόγηση των κινδύνων που συνδέονται με τα τρόφιμα είναι σημαντικό να εξετάσουμε την παρασκευή τροφίμων και τα πιθανά επικίνδυνα σενάρια. Οι επιχειρήσεις εστίασης κατά την ανάπτυξη των μενού και την προμήθεια υλικών, την προετοιμασία και το σερβίρισμα των τροφίμων σε πελάτες από ευπαθείς ομάδες πρέπει να έχουν υπόψη την ευπάθεια των χρηστών του. Σύμφωνα με τον Κώδικα των διατροφικών προτύπων, για αυτές τις επιχειρήσεις απαιτείται να υλοποιήσουν πρόγραμμα για την ασφάλεια των τροφίμων, συμπεριλαμβανομένης της αντικατάστασης των τροφίμων υψηλού κινδύνου με εναλλακτικά τρόφιμα χαμηλότερου κινδύνου, αποτελεσματικό καθαρισμό και απολύμανση των φρούτων και των λαχανικών που πρόκειται να καταναλωθούν ωμά, περιορισμός των προθεσμιών αποθήκευσης, τον ορθό και αποτελεσματικό καθαρισμό και την απολύμανση του εξοπλισμού.

3.2. Αξιολόγηση του κινδύνου

Η αξιολόγηση του κινδύνου είναι μια ορθολογική εφαρμογή των αρχών ασφαλείας για τις διαθέσιμες δυνατότητες χειρισμού των επικίνδυνων υλικών. Κατά την αξιολόγηση ενός πιθανού παθογόνου πρέπει να ληφθούν υπόψη τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Οι βιολογικές και οι φυσικές ιδιότητες του παράγοντα
- Οι πηγές που είναι πρόθυμοι να φιλοξενήσουν τον παράγοντα
- Ευαισθησία του ξενιστή
- Οι διαδικασίες μπορούν να διανέμουν τον παράγοντα
- Η καλύτερη μέθοδος για την αποτελεσματική απομάκρυνση του παράγοντα

Η βιολογική φύση των παθογόνων σχετίζεται με την κατανομή τους σε ομάδες υψηλού κινδύνου.

Ομάδες υψηλού κινδύνου των παθογόνων

Οι μικροοργανισμοί που είναι ανθρώπινα παθογόνα μπορούν να ταξινομηθούν σε ομάδες (RG) επί τη βάση της μετάδοσης, της διεισδυτικότητας, της μολυσματικότητα (δηλαδή, της ικανότητας να προκαλούν ασθένειες), και της θνησιμότητα του ειδικού παθογόνου. Οι ομάδες κινδύνου λοιμογόνων παραγόντων (RG1 έως RG4) περίπου αντιστοιχούν περίπου στα επίπεδα βιοασφάλειας (BSL1 έως BSL4), οι οποίες περιγράφουν τις πρακτικές ασφαλείας, τον εξοπλισμό ασφαλείας, και τα χαρακτηριστικά σχεδιασμού του εξοπλισμού και τις μεθόδους για τον ασφαλή χειρισμό αυτών των μικροοργανισμών.

Ξεκινώντας με τους παράγοντες RG1 που είναι μη-παθογόνα για τους υγιείς ενήλικες, το σχήμα ανεβαίνει από την άποψη του αυξανόμενου κίνδυνου για τους RG4.

Οι παράγοντες της ομάδας κινδύνου 1 δεν σχετίζεται με νόσους σε υγιείς ενήλικες. Παραδείγματα: *E.coli* K-12, *Saccharomyces cerevisiae*.

Οι παράγοντες της ομάδας κινδύνου 2 συνδέονται με ανθρώπινες ασθένειες, οι οποίες είναι σπάνια σοβαρές ή απειλητικές για τη ζωή, και για τις οποίες είναι συχνά διαθέσιμες προληπτικές ή θεραπευτικές παρεμβάσεις.

Παραδείγματα: εντεροπαθογόνοι στελέχη του *E.coli*, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, *Cryptosporidium*, *Staphylococcus aureus* κλπ.

Οι παράγοντες της ομάδας κινδύνου 3 προκαλούν σοβαρή ή θανατηφόρα ασθένεια στους ανθρώπους για τις οποίες μπορεί να είναι διαθέσιμες παρεμβάσεις, προληπτικές ή θεραπευτικές (έχουν όμως υψηλό ατομικό κίνδυνο, αλλά χαμηλό κινδύνου στην κοινότητα).

Παραδείγματα: ο ιός της ανθρώπινης ανοσοανεπάρκειας, *Brucella abortus*, *Mycobacterium tuberculosis*. Οι παράγοντες της ομάδας κινδύνου 4 μπορούν να προκαλέσουν σοβαρή ή

θανατηφόρα ασθένεια ζτους ανθρώπους, για την οποία συνήθως δεν είναι διαθέσιμες παρεμβάσεις, προληπτικές ή θεραπευτικές, (υψηλός ατομικός κίνδυνος και υψηλός κίνδυνος στην κοινότητα). Παραδείγματα: ο ιός Ebola virus, Cercopithecine herpesvirus 1 (Herpes B ή Monkey B virus).

Ο προσδιορισμός της ομάδας κινδύνου του παθογόνου είναι το σημείο εκκίνησης για μια εμπειριστατωμένη αξιολόγηση του κινδύνου. Περισσότερη προσοχή πρέπει να δοθεί στις προγραμματισμένες διαδικασίες και στο διαθέσιμο εξοπλισμό ασφαλείας. Τότε, τα συνιστώμενα προληπτικά μέτρα μπορούν να αυξηθούν ή να μειωθούν σε σύγκριση με εκείνα που βασίζονται αποκλειστικά στην ανάθεση της ομάδας κινδύνου και είναι προσαρμοσμένα προκειμένου να αντανακλούν την ειδική κατάσταση στην οποία θα χρησιμοποιηθεί στο παθογόνο. Οι μικροοργανισμοί στην RG1 απαιτούν τη χρήση τυποποιημένων βασικών βιολογικών εργαστηριακών τεχνικών και μικροβιολογικών πρακτικών, ενώ εκείνοι στην RG4 απαιτούν μέγιστες εγκαταστάσεις και πρακτικές περιορισμού. Μερικά παθογόνα της RG2 και της RG3 ενδέχεται να επεξεργαστούν πειραματικά σε θάλαμο UW-Madison, επειδή για αυτά έχει οριστεί μέτριος και υψηλός βαθμός κινδύνου. Αυτά τα μέσα συνήθως απαιτούν πιο εξελιγμένο μηχανικό έλεγχο (π.χ., εγκαταστάσεις και εξοπλισμό) από ό,τι είναι διαθέσιμος στα στάνταρ εργαστήρια, καθώς και ειδικές διαδικασίες επεξεργασίας και απολύμανσης. Η εξέταση ισχύει επίσης για τους μικροοργανισμούς που προκαλούν ασθένειες στα ζώα ή / και στα φυτά οι οποίοι δεν κατηγοριοποιούνται σε ομάδες κινδύνου, όπως τα ανθρώπινα παθογόνα. Η χρήση ερμητικής δομής για τα παθογόνα ζώων και φυτών, βασίζεται στη σοβαρότητα της νόσου και την ικανότητά της να εξαπλωθεί και να προσαρμοστεί στο τοπικό περιβάλλον.

Η εναλλαγή από εισβολή σε μόλυνση μετά από έκθεση σε μολυσματικό παράγοντα εξαρτάται από τη δόση, τον τρόπο μετάδοσης, τα επεμβατικά χαρακτηριστικά του παράγοντα, της παθογένειας παράγοντα, τη λοιμογόνα δράση και την ανθεκτικότητα του ξενιστή. Δε θα οδηγήσουν σε μόλυνση όλες οι επαφές και είναι ακόμα πιο απίθανο να οδηγήσουν στην ανάπτυξη κλινικής νόσου. Ακόμα και όταν συμβεί μια ασθένεια, η σοβαρότητα μπορεί να ποικίλει σε μεγάλο βαθμό. Τα εξασθενημένα στελέχη θα πρέπει να αντιμετωπίζονται με τις ίδιες προφυλάξεις όπως αυτές που απαιτούνται ένα μολυσματικό στέλεχος, αν και η μειωμένη παθογένεια είναι καλά τεκμηριωμένη και είναι μη αναστρέψιμη. Οι φορείς ιού, ακόμη και αν έχει βρεθεί ελαττωματική αντιγραφή, μπορεί ακόμα να αποτελέσει απειλή για ανασυνδυασμό με στελέχη του άγριου τύπου και / ή ακούσια παράδοση των ξένων γονιδίων τους.

Ποιά ανθρώπινα παθογόνα φιλοξενούνται από τις φυτικές τροφές;

Έχουν υποδειχθεί τέσσερα παθογόνα προτεραιότητας που προσδιορίζονται από τους ρυθμιστικούς οργανισμούς ως πρωταρχικός στόχος για τη μελέτη των πηγών των τροφιμογενών νόσων: *Salmonella*, *E.coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes* και *Campylobacter*. Επίσης, όμως, τα φυτικά προϊόντα μολυσμένα με παθογόνα όπως *Aeromonas* spp, *C. botulinum* και *B. cereus* έχουν υψηλό δυναμικό κινδύνου για την πρόκληση νόσου όταν τρώγονται ωμά.

Η μόλυνση των φρέσκων φρούτων και λαχανικών, όπως αναφέρεται στην προηγούμενη παράγραφο μπορεί να συμβεί σε διάφορα στάδια της παραλαβής, επεξεργασίας και αποθήκευσης της συγκομιδής και κατά την συσκευασία σε συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας.

Η αξιολόγηση των κινδύνων που προτείνονται στην παρούσα διάλεξη παρέχει μια επισκόπηση των κινδύνων που συνδέονται με την παραγωγή τροφίμων, τα οποία ρυθμίζονται στο πλαίσιο των συστημάτων για την ασφάλεια των τροφίμων, σύμφωνα με τον κανονισμό για τα τρόφιμα. Αυτή περιλαμβάνει ανάλυση των παραγόντων κινδύνου έξι φυτικών προϊόντων - φρέσκα φρούτα και λαχανικά, μη παστεριωμένος χυμός και λαχανικά σε φυτικό έλαιο.

Η εκτίμηση του κινδύνου αποτελεί μέρος της συνολικής διαδικασίας που ονομάζεται ανάλυση του κινδύνου. Η ανάλυση του κινδύνου χρησιμοποιείται από τις κυβερνήσεις και τη βιομηχανία για την αξιολόγηση, τη διαχείριση και την εξασφάλιση ευαισθητοποίησης για τους κινδύνους που συνδέονται με συγκεκριμένα τρόφιμα ή ομάδες τροφίμων. Σε τελική ανάλυση αυτό έχει ως στόχο να μειωθεί η πιθανότητα τροφιμογενών νοσημάτων.

Η Επιτροπή του Codex Alimentarius (CAC) χωρίζει την ανάλυση κινδύνου σε τρία στοιχεία:

- **Αξιολόγηση του κινδύνου** - μια διαδικασία που καθορίζει τον πιθανό κίνδυνο για την ασφάλεια των τροφίμων,
- **Διαχείριση του κινδύνου** – μια διαδικασία καθορισμού εναλλακτικών λύσεων για τη διαχείριση των κινδύνων που προσδιορίζονται στην αξιολόγηση του κινδύνου,
- **Κοινοποίηση των κινδύνων** - ανταλλαγή πληροφοριών σχετικά με τους κινδύνους και τη διαχείριση των κινδύνων μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών.

Η Επιτροπή του Codex Alimentarius προσδιόρισε το 1999 τέσσερα στοιχεία για την εκτίμηση του κινδύνου:

- **Προσδιορισμός των κινδύνων** - η διαδικασία ανίχνευσης και ταυτοποίησης των πιθανών κινδύνων που σχετίζονται με τα τρόφιμα.

- **Αξιολόγηση της έκθεσης** (Αξιολόγηση της έκθεσης σε κίνδυνο) - πρόβλεψη της πιθανής έκθεσης των ανθρώπων σε κίνδυνο. Αυτό συνεπάγεται τη χρήση δεδομένων, όπως η εμφάνιση στα τρόφιμα ή / και οι πιθανοί ρυθμοί κατανάλωσης του τροφίμου. Αξιολόγηση της (έκθεσης) της έκθεσης σε κίνδυνο μπορεί να οριστεί ως ένα σύνολο συνθηκών που επηρεάζουν το επίπεδο / το βαθμό έκθεσης (της έκθεσης σε κίνδυνο).
- **Χαρακτηρισμός των κινδύνων** - αξιολόγηση των πιθανών ασθενειών που σχετίζονται με τον κίνδυνο.
- **Χαρακτηρισμός του κινδύνου** - η διαδικασία προσδιορισμού της πιθανότητας εμφάνισης και της σοβαρότητας των δυσμενών επιπτώσεων στην υγεία με βάση τις πληροφορίες που συλλέγονται κατά τον εντοπισμό των κινδύνων, εκτίμηση της έκθεσης και χαρακτηρισμός των κινδύνων. Ο χαρακτηρισμός του κινδύνου μπορεί να θεωρηθεί ως «ποσοτική μέτρηση της πιθανότητας κανεπιθύμητων επιδράσεων υπό ορισμένες συνθήκες έκθεσης.»

Ορισμένοι συγγραφείς προσθέτουν, κατά την αξιολόγηση των επιπτώσεων των φυτικών παθογόνων, και το στάδιο αξιολόγησης, και το συστατικό δόσης-απόκρισης, το οποίο περιλαμβάνει τον προσδιορισμό της σχέσης μεταξύ του ποσού της έκθεσης και της πιθανότητας δυσμενών επιπτώσεων.

3.2.1. Προσδιορισμός των κινδύνων

Για την έρευνα των μικροβιολογικών κινδύνων επιλέχθηκαν έξι προϊόντα (Πίνακας 1) που διατρέχουν υψηλό κίνδυνο μόλυνσης με παθογόνους παράγοντες: φρέσκα λαχανικά που τρώγονται ωμά, φρέσκα λαχανικά που είναι διατηρημένα με απλή ψύξη και έχουν εκτεταμένη διάρκεια ζωής μετά από τη συσκευασία σε συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας, λαχανικά σε φυτικό έλαιο, φύτρα από σπόρους, μη παστεριωμένοι χυμοί φρούτων και φρέσκα κομμένα φρούτα. Το σχέδιο για την Ασφάλεια των Τροφίμων αναπτύχθηκε με σκοπό να παρουσιαστούν οι ελάχιστες κανονιστικές απαιτήσεις για την παραγωγή φυτικών προϊόντων υψηλού κινδύνου και πώς να εφαρμόστούν μέτρα ελέγχου για την ελαχιστοποίηση του κινδύνου των μικροβιολογικών κινδύνων που συνδέονται με αυτά τα προϊόντα.

Φρέσκα κομμένα λαχανικά

Τα φρέσκα κομμένα φρούτα και λαχανικά είναι ωμά γεωργικά προϊόντα που είναι έτοιμα για κατανάλωση μετά από προεπεξεργασία, όπως το πλύσιμο, το κλάδεμα ή κοπή. Η μόλυνση των λαχανικών μπορεί να συμβεί κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης, τη συλλογή των έτοιμης παραγωγής και της μεταποίησης τους. Υπό ορισμένες συνθήκες, οι μικροοργανισμοί μπορούν επίσης να ληφθούν από τα λαχανικά. Αυτές οι τροφές είναι υψηλού κινδύνου λόγω της

μόλυνσης με παθογόνα στελέχη της *E. coli*, διάφορες οροποικιλίες της *Salmonella* και *L. monocytogenes*.

Πίνακας 1. Μικροβιολογικοί κίνδυνοι που συνδέονται με τα φυτικά προϊόντα

Φυτικό προϊόν	Μικροοργανισμοί υψηλού κινδύνου	Μικροοργανισμοί μέσου κινδύνου
Φρέσκα λαχανικά - που μπορούν να καταναλώνονται ωμά	Pathogenic <i>E. coli</i> <i>Salmonella</i> serovars <i>L. monocytogenes</i>	
Φρέσκα ψιλοκομμένα λαχανικά - διατηρημένα με απλή ψύξη, συσκευασμένα σε συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας ή με εκτεταμένη διάρκεια ζωής	<i>L. monocytogenes</i> <i>C. botulinum</i>	
Λαχανικά σε λάδι	<i>C. botulinum</i>	
Φύτρα σπόρων	Pathogenic <i>E. coli</i> <i>Salmonella</i> serovars	<i>B. cereus</i> <i>L. monocytogenes</i>
Φρέσκα κομμένα φρούτα Εντερικοί ιοί	Pathogenic <i>E. coli</i> <i>Salmonella</i> serovars <i>L. monocytogenes</i>	<i>Cryptosporidium parvum</i> Enteric viruses
Χυμοί φρούτων / ποτό (μη παστεριωμένο)	<i>Salmonella</i> serovars Pathogenic <i>E. coli</i>	

Εγκρίθηκε από τον Οργανισμό Ασφάλειας Τροφίμων (2000a)

Οι συνθήκες που ενθαρρύνουν την εσωτερίκευση των μικροοργανισμών περιλαμβάνουν βλάβη στην φυσική δομή (π.χ. ράγισμα, ουλές στο στέλεχος, κοψίματα) και η τοποθέτηση ζεστών προϊόντων σε ψυγείο, χρήση μολυσμένου νερού για το πλύσιμο.

Οι διαδικασίες κοπής και / ή απομάκρυνσης των προστατευτικών εξωτερικών επιφανειών των φυτών μπορεί να αυξήσει την πιθανότητα για την επιβίωση και την ανάπτυξη των παθογόνων βακτηρίων. Κατά την προετοιμασία πολλών φυτικών προϊόντων για τα οποία δεν προβλέπεται στάδιο πλήρους καταστροφής και εξάλειψης των παθογόνων, τέτοια μέτρα, όπως η

απολύμανση με πλύση μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μείωση της μικροβιακής μόλυνσης των παθογόνων παραγόντων.

Πολλά φρέσκα λαχανικά συσκευάζονται σε συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας (MAP) και σε κατάσταση διατήρησης με απλή ψύξη έχουν παρατεταμένη διάρκεια ζωής. Αυτή η μορφή επεξεργασίας μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένο κίνδυνο από τους παθογόνους οργανισμούς, όπως η *L. monocytogenes* και ψυχοτρόπα στελέχη του *C. botulinum* λόγω βελτίωσης των συνθηκών για την επιβίωσή τους και παρέχει επιπλέον χρόνο για την ανάπτυξη. Τα προϊόντα MAP μπορούν να γίνουν εντελώς αναερόβια, εάν ο φυτικός ιστός αναπνέει ενεργά και χρησιμοποιεί όλη την ποσότητα του οξυγόνου. Η εξάντληση του οξυγόνου αναστέλλει την ανταγωνιστική ομάδα των αερόβιων οργανισμούς που αλλοιώνουν τα τρόφιμα και αυξάνει την πιθανότητα ανάπτυξης αναερόβιων ή προαιρετικών αναερόβιων παθογόνων.

Φρέσκα κομμένα φρούτα

Συνήθως τα φρέσκα φρούτα έχουν ταξινομηθεί ως τρόφιμα χαμηλού κινδύνου τρόφιμα, επειδή έχουν πιο παχιά προστατευτική επιδερμίδα σε σύγκριση με τα περισσότερα λαχανικά και ένα μεγάλο μέρος αυτών προέρχεται από δέντρα ή θάμνους. Εξαιρέσεις αποτελούν τα πεπόνια και οι φράουλες που θεωρούνται τρόφιμα υψηλότερου κινδύνου καθώς μεγαλώνουν κοντά στο έδαφος και η επιφάνειά τους μπορεί να μολυνθεί με χώμα.

Η μόλυνση των φρούτων μπορεί να συμβεί σε οποιαδήποτε στιγμή της ανάπτυξής τους (οι πηγές είναι το μολυσμένο χώμα, τα μολυσμένα λίπασματα, το μολυσμένο νερό άρδευσης, τα απόβλητα που προέρχονται από ζώα / πτηνά) στη συγκομιδή, την επεξεργασία (συμπεριλαμβανομένης της πλύσης), τη διανομή, το εμπόριο και την κατανάλωση. Πολλά μικροβιακά παθογόνα δεν μπορούν να επιβιώσουν ή να αναπτυχθούν στα περισσότερα φρούτα, χάρη στο χαμηλό pH του περιβάλλοντός τους. Ωστόσο, τα πεπόνια και οι φράουλες έχουν ένα σχετικά υψηλό pH, καθιστώντας τα πιο πιθανό κίνδυνο για την ασφάλεια των τροφίμων. Ο λόγος για αυτό είναι ότι ορισμένοι τύποι πεπονιού έχουν πορώδη φλούδα (π.χ. το Κανταλούπι), η οποία μπορεί να επιτρέψει τη διείσδυση παθογόνων παραγόντων και γεωργικών χημικών στα φρούτα. Για τον λόγο αυτό, τα πεπόνια συχνά βουτούνται σε απολυμαντικό διάλυμα μετά τη συγκομιδή.

Τα φρέσκα φρούτα μπορούν να προσφέρονται σε διάφορες μορφές μέσω αποφλοίωση, κοψίματος, τεμαχισμού και συσκευασίας. Πολλά φρέσκα κομμένα φρούτα συσκευάζονται σε MAP και διατηρούνται με απλή ψύξη για να παραταθεί η διάρκεια ζωής τους. Η αύξηση των περιόδων αποθήκευσης μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένο κίνδυνο παθογόνων που έχουν προσαρμοστεί στο όξινο περιβάλλον των φρούτων και είναι σε θέση να επιβιώσουν και να αναπτυχθούν σε αυτές τις τροφές.

Στα φρεσκοκομμένα φρούτα έχει εντοπιστεί ένα ευρύ φάσμα βακτηρίων (*E.coli*, *Salmonella serovars*, *L. monocytogenes*) και ιογενή παθογόνα, καθώς και εντερικά παράσιτα (*Cryptosporidium parvum*), τα οποία είναι αιτία ανησυχίας. Η ίδια η διαδικασία της κοπής ή / και η αφαίρεση των προστατευτικών εξωτερικών επιφανειών των φρούτων μπορεί να αυξήσει το δυναμικό των παθογόνων παραγόντων για επιβίωση ή / και ανάπτυξη. Οι εργάτες συγκομιδής φρούτων και άλλοι εργάτες, που είναι φορείς λοίμωξης ή πάσχουν από μόλυνση είναι επίσης μια σημαντική πηγή ρύπανσης.

Λαχανικά σε φυτικά έλαια

Αυτή η κατηγορία προϊόντων περιλαμβάνει ευρύ φάσμα από λαχανικά και μείγματα λαχανικών και βοτάνων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν φρέσκα, αποξηραμένα, ψημένα ή οξινισμένα. Η προσθήκη του φυρικού ελαίου έχει ως στόχο να αποκλείσει τον αέρα. Αυτό εμποδίζει τον αποχρωματισμό των λαχανικών. Αν και η βύθιση των λαχανικών σε φυτικό έλαιο μειώνει το διαθέσιμο οξυγόνο στο δοχείο, σε αντίθεση με τη δημοφιλή πεποίθηση, αυτό δεν προστατεύει τα τρόφιμα από μόλυνση. Μερικά παθογόνα βακτήρια είναι σε θέση να επιβιώσουν και να αναπτυχθούν σε μειωμένα επίπεδα οξυγόνου και ακόμη και υπό αναερόβιες συνθήκες σε απουσία οξυγόνου. *C.botulinum* είναι το κύριο παθογόνο που μας ενδιαφέρει χάρη στην ικανότητά του να αναπτύσσεται σε αναερόβιες συνθήκες και σχετίζεται με την εμφάνιση ασθενειών στην κατανάλωση λαχανικών σε λάδι. Τα λαχανικά μπορούν να μολυνθούν με σπόρια του *C.botulinum*, οι οποίες συχνά συνδέονται με το έδαφος και οι διαδικασίες όπως το μαγείρεμα και η οξίνιση μπορεί να μην επαρκούν για την απενεργοποίηση των σπορίων ή για την πρόληψη της βλάστησης και της ανάπτυξης τους. Η δημιουργία ενός όξινου μέσου που έχει pH κάτω από 4,6 θα πρέπει να εμποδίζει την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών, αλλά πάντα συνιστώνται περισσότερα από ένα υγειονομικό μέτρο ασφαλείας.

Φύτρα σπόρων

Οι νεαροί βλαστοί (φύτρα) από τους σπόρους που συνήθως τρώγονται ωμά και περιλαμβάνουν την αφάλφα, φασόλια mung, τα ρεβίθια, το νεροκάρδαμο, την τριγωνέλλα, τη σόγια, τις φακές, τους ηλιόσπορους, τα κρεμμύδια και τα ραπανάκια. Οι σπόροι για φύτευση συνήθως δεν υφίστανται καμία ειδική επεξεργασία κατά τη συγκομιδή και τη μεταφορά και έτσι μπορούν να μολυνθούν με παθογόνους οργανισμούς στα χωράφια ή κατά τη διάρκεια της συγκομιδής, το χειρισμό, τη μεταποίηση και τη διανομή. Ενώ μερικές φύτερες φασολιών μπορούν να μαγειρεύονται πριν καταναλωθούν, πολλοί άλλοι καταναλώνονται ωμά, π.χ. με σαλάτες.

Τα μικροβιολογικά παθογόνα που συνδέονται συχνά με τους σπόρους που χρησιμοποιούνται για βλάστηση είναι *B. cereus*, *Salmonella serovars* και *E. coli*. Αυτοί οι τύποι των μικροοργανισμών συχνά απομονώνονται από εστίες τροφιμογενών νοσημάτων. Οι ανώμαλες επιφάνειες και οι ρωγμές στο σπόρο μπορούν να προστατεύσουν τους παθογόνους παράγοντες από την επεξεργασία με μικροβιοκτόνα και μπορούν να κάνουν δύσκολη την εύρεση τους κατά τη συνήθη ανάλυση. Τα υψηλά επίπεδα της οργανικής ύλης που περιέχεται στους σπόρους, μειώσει επίσης την αποτελεσματικότητα της επεξεργασίας με χλώριο κατά την πλύση των σπόρων και των φύτρων των σπόρων. Στους σπόρους για βλάστηση έχουν παρατηρηθεί βακτηριακούς πληθυσμούς των 10^2 - 10^7 CFU / g και αυτός ο φυσικός πληθυσμός μπορεί να αυξηθεί γρήγορα σε υψηλή υγρασία και μέτριες συνθήκες θερμοκρασίας που χρησιμοποιούνται στα θερμοκήπια για την βλάστηση των σπόρων. Οι μικροοργανισμοί μπορούν να εσωτερικευτούν στους ιστούς των βλαστών κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης και κατά συνέπεια η απολύμανση με πλύση των σπόρων με φυτό δεν θα είναι αποτελεσματική.

Μη παστεριωμένοι χυμοί φρούτων

Οι χυμοί φρούτων παράγονται με εκχύλιση του χυμού φρούτων (χυμοί εσπεριδοειδών) ή με μούσκευμα των φρούτων (σταφύλια, κεράσια, μούρα, χυμός μήλου, κλπ.). Αυτή η διαδικασία μπορεί να ακολουθείται από καθίζηση, διήθηση, παστερίωση και / ή άλλες διαδικασίες για την μείωση του μικροβιακού φορτίου. Τα τελευταία χρόνια, υπάρχει μια τάση να παράγονται «φυσικοί» χυμοί φρούτων που δεν περιέχουν συντηρητικά και υποβάλλονται σε ελάχιστη ή σχεδόν καμία θερμική επεξεργασία.

Όλοι οι μικροοργανισμοί στην επιφάνεια των φρούτων μπορούν δυνητικά να μολύνουν το χυμό που παράγεται από τα φρούτα. Είναι απίθανο τα παθογόνα βακτήρια να αναπτυχθούν σε χυμούς λόγω της χαμηλής τους pH, αλλά ορισμένα βακτήρια, ιοί και πρωτόζωα είναι σε θέση να επιβιώσουν για παρατεταμένες περιόδους. Η διάρκεια της περιόδου στην οποία οι μικροοργανισμοί μπορούν να επιβιώσουν εξαρτάται από το pH του χυμού, τη θερμοκρασία αποθήκευσης και τη φυσιολογική κατάσταση του μικροοργανισμού. Ορισμένοι παθογόνοι ορότυποι της σαλμονέλας και στελέχη της *E.coli* είναι γνωστοί ως οξύ-ανεκτικές, και η αντίδραση αυτή ενεργοποιείται με προηγούμενες θεραπείες με υποθανατηφόρες τιμές του pH. Οι χυμοί μήλων και αχλαδιών μπορούν να μολυνθούν από μυκοτοξίνες, όπως πατουλίνη, τα οποία παράγονται από διάφορα είδη μούχλας - *Penicillium* και *Aspergillus*. *P.expansum* φαίνεται να είναι ο κύριος παραγωγός πατουλίνης στα μήλα και τα προϊόντα μήλου. Επειδή η πατουλίνη συγκεντρώνεται στον σηπομένο ιστό των φρούτων, αυτή είναι μια καλή ένδειξη της ποιότητας των φρούτων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή χυμού.

Η όξινη φύση των χυμών φρούτων τα καθιστά διαβρωτικά για τα μέταλλα. Για την αποφυγή πιθανής χημικής μόλυνσης θα πρέπει για την αποθήκευση αυτών των προϊόντων να χρησιμοποιούνται δοχεία ανθεκτικά στη διάβρωση ή δοχεία από ανοξείδωτο χάλυβα. Άλλα μέταλλα, όπως ο χαλκός, μπορούν να βρεθούν στο ποτό κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.

3.2.2. Αξιολόγηση της έκθεσης

Στοιχεία για την παραγωγή φυτικών τροφών

Οι σαλάτες από φυλλώδη λαχανικά όπως το μαρούλι, η ρόκα και το σπανάκι είναι τα πιο κοινά προϊόντα στην κατηγορία των φρεσκοκομμένων λαχανικών. Με βάση τις περιορισμένες διαθέσιμες πληροφορίες από τη βιομηχανία, η εκτιμώμενη ετήσια κατανάλωση φρεσκοκομμένων φρούτων και λαχανικών ανέρχεται σε: 11.000 τόνους φρέσκα λαχανικά, 150 τόνους φρεσκοκομμένα φρούτα, περίπου 1000 τόνους λαχανικά σε φυτικό έλαιο, μεταξύ 2100 και 2600 τόνους φύτρα από σπόρους. Οι προμηθευτές των χυμών φρούτων αναφέρουν ότι η παραγωγή μη παστεριωμένων χυμών φρούτων συμβαίνει σε ένα σχετικά χαμηλό όγκο, περίπου 100 000 λ / έτος, χωρίς να περιλαμβάνει τους χυμούς, που παρασκευάζονται στα καταστήματα.

Κατανάλωση φυτικών προϊόντων

Τα δεδομένα σχετικά με την κατανάλωση φρούτων κατά τη διάρκεια του 1997-1998 και 1998-1999, δείχνουν αύξηση κατά 8,3% από 124,7 κιλά ανά κάτοικο σε 135,0 κιλά. Κατά την ίδια περίοδο, οι εισαγωγές πορτοκαλιών και άλλων εσπεριδοειδών έχουν αυξηθεί κατά περισσότερο από 62%. Η κατανάλωση λαχανικών δείχνει μια σταθερή αύξηση κατά 9,4 τοις εκατό κατά την τελευταία δεκαετία. Η κατανάλωση ντομάτας παρουσιάζει επίσης σημαντική αύξηση από 20,9 kg το 1997-98 σε 24,9 kg το 1998-99, μια αύξηση κατά 19%. Η κατηγορία των λοιπών λαχανικών σημειώνει επίσης αύξηση της κατανάλωσης το 1998-99 από 4,6% έως 25,1 κιλά ανά άτομο. Περίπου το 35% όλων των ερωτηθέντων καταναλώνουν χυμούς φρούτων και ποτά με μέση κατανάλωση 250 ml ανά ημέρα.

Διάδοση των κινδύνων στα φυτικά προϊόντα

Ένα σημαντικό στοιχείο της αξιολόγησης του κινδύνου είναι ο καθορισμός της έκτασης των κινδύνων που εντοπίστηκαν. Η διάδοση των κινδύνων στα φυτικά προϊόντα καθορίζεται μέσω του μικροβιολογικού ελέγχου των τροφίμων. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του '90 διεξήχθησαν σχετικά λίγες μικροβιολογικές αναλύσεις των έτοιμων προς κατανάλωση σαλατών και λαχανικών, κυρίως σε σχέση με τη διευκρίνιση των αιτίων των ασθενειών που εμφανίστηκαν τυχαία και συνδέονται με τη διατροφή. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου υπάρχουν στοιχεία της έρευνας μόνο 54 δειγμάτων, εκ των οποίων μόνο το ένα έχει δώσει θετική αντίδραση για *L. monocytogenes*. Ωστόσο, η αύξηση των κρουσμάτων μολυσματικών

ασθενειών που συνδέονται με φυτικές τροφές καθορίζει μια νέα πολιτική για την ασφάλεια των τροφίμων και πολλές χώρες άρχισαν εντατικές αναλύσεις των φυτικών τροφών. Έτσι, το 2000 στην Αυστραλία αναλύθηκαν 120 δείγματα από ελάχιστα επεξεργασμένα, κομμένα και συσκευασμένα μαρούλια. Τρεις από αυτές (2.5%) ήταν θετικά για *L. monocytogenes*, 66 δείγματα (55%) ήταν θετικά για *Aeromonas hydrophila* ή *A. caviae* και 71 δείγματα (59%) ήταν θετικά για *Y enterocolitica*. Η μελέτη της μικροβιολογικής ποιότητας των φρέσκων χυμών το 2005 έδειξε ότι η *L. monocytogenes* ανιχνεύθηκε σε 1 από 291 δείγματα (0,3%), αλλά το επίπεδο είναι αρκετό να χαρακτηριστεί το δείγμα ως δυνητικά επικίνδυνο, ενώ το *E. coli* ανιχνεύθηκε σε 2,4%. Το 2006, κατά τον μικροβιολογικό έλεγχο 261 δειγμάτων σπόρων με φύτρο που διατίθενται στο εμπόριο, 7 δείγματα (2,7%) είχαν μολυνθεί από *E. coli* και δύο δείγματα ταξινομήθηκαν ως μικροβιολογικά απαράδεκτα. Σε ένα από τα μολυσμένα δείγματα ταυτοποιήθηκε το Βεροτοξινογόνο στέλεχος της *E. coli* (VTEC), ενώ η *Listeria* και η *Salmonella* δεν ανιχνεύθηκαν. Μια άλλη πιο εκτεταμένη έρευνα το 2008, σε 122 δείγματα σπόρων με φύτρο έδειξε ότι το 99,2% των δειγμάτων ήταν μικροβιολογικά αποδεκτά, ενώ 1 δείγμα κατηγοριοποιήθηκε ως μη ικανοποιητικό λόγω της παρουσίας του *B. cereus* σε συγκέντρωση 5500 CFU / g. Είναι ενδιαφέρον, ότι οι παράλληλες αναλύσεις των δειγμάτων φρέσκων λαχανικών που πωλούνται από τον ίδιο κατασκευαστή, το *E. coli* ανιχνεύθηκε σε ένα μόνο δείγμα (0,8%), ενώ τα αναμενόμενα *Salmonella*, *L. monocytogenes* και τα βεροτοξινογόνα στελέχη της *E. coli* (VTEC) δεν ταυτοποιήθηκαν .

Το εποπτικό όργανο για την Ασφάλεια των Τροφίμων της Ιρλανδίας (FSAI) παρακολουθεί την βακτηριολογική ασφάλεια πολλών φυτικών προϊόντων, στο πλαίσιο ενός συντονισμένου προγράμματος της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (FSAI, 2003). Αυτό το όργανο έχει χαρακτηρίσει ως απαράδεκτα / δυνητικά επικίνδυνα τα εμπορικά δείγματα ψιλοκομμένων φρούτων και λαχανικών, εξαιτίας της παρουσίας σαλμονέλας σε 1 από 529 δείγματα (0,2%) και *L. monocytogenes* σε 1 από 344 δείγματα (0,3%). Οι δοκιμές της ποιότητας διαπίστωσαν ότι 21 από 513 δείγματα (4.1%) ήταν θετικά για *L. monocytogenes*. Αλλά δείγματα φύτρο σπόρων με φύτρο δεν ταξινομήθηκαν ως απαράδεκτα ή δυνητικά επικίνδυνα, παρόλο που το *L. monocytogenes* ανιχνεύθηκε σε 1 από 26 δείγματα (3,8%). Δεν διαπιστώθηκαν προβλήματα με μη παστεριωμένους χυμούς φρούτων και λαχανικών.

Το 2008, στο πλαίσιο του παρόντος προγράμματος της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, στο Ηνωμένο Βασίλειο μελετήθηκαν προσυσκευασμένες μικτές σαλάτες για τα καταστήματα λαϊνικής πώλησης για την ύπαρξη *L. monocytogenes*. Η *L. monocytogenes* ανιχνεύθηκε σε 4,8% των δειγμάτων. Κατά το σχεδιασμό της μελέτης περιλήφθηκε μια παράλληλη μελέτη του FSAI για *Salmonella*. Η ποσοτική ανάλυση διαπίστωσε δύο δείγματα με *L. monocytogenes* σε επίπεδα

πάνω από 100 CFU /, αλλά δεν διαπίστωσε την ύπαρξη *E. coli* O157 ή *Campylobacter*. Κατά τον έλεγχο συσκευασμένων λαχανικών διαπιστώθηκε ότι πέντε από 3852 δείγματα (0.1%) ήταν θετικά για *Salmonella*, ενώ τα επίπεδα κολοβακτηριδίων ε ήταν χαμηλής συχνότητας.

Η εικόνα στον τομέα της έρευνας σχετικά με τα παθογόνα βακτήρια στα φυτικά τρόφιμα στις ΗΠΑ (2006) είναι αρκετά μια διαφορετική. Παρατηρείται μια δραματική αύξηση των μολυσμένων τροφίμων σε σύγκριση με τα προηγούμενα χρόνια. Έτσι, σε δείγματα από λάχανα διαπιστώθηκαν διάφορες οροποικιλίες της σαλμονέλας - 100 περιπτώσεις, Από φύλλα μαρουλιού απομονώθηκαν *E. coli*: O121:H19 σε 4 περιπτώσεις και *E. coli*: O157: H7 σε 162 περιπτώσεις. Σε 202 δείγματα σπανακιού διαπιστώθηκαν *E. coli* O157: H7. Σε χυμό καρότου διαπιστώθηκαν *Cl. botulinum* σε 6 περιπτώσεις, Στην επιφάνεια τομάτας ανιχνεύθηκε *Salmonella* σε 400 περιπτώσεις. Και ίχνη του *L. monocytogenes* διαπιστώθηκαν σε φράουλες, ενώ στα πεπόνια και στο σπανάκι υπήρχαν ίχνη σαλμονέλας.

3.2.3 Χαρακτηρισμός των κινδύνων

Κρούσματα τροφιμογενών νόσων που σχετίζονται με τα φυτικά προϊόντα

Το 1995, οι υπηρεσίες Ασφάλειας των Τροφίμων άρχισαν επίσημα την εγγραφή των εστιών τροφιμογενών νόσων που σχετίζονται με την κατανάλωση φρέσκων φυτικών τροφίμων και προϊόντων.

Οι πρώτες αναφορές, ωστόσο, δημοσιεύτηκαν πριν από αυτή την περίοδο, επειδή το 1989 στην Αυστραλία εντοπίστηκαν τρεις διαφορετικές εστίες της σαλμονέλας σε φρουτοσαλάτες και το 1991 κατά την κατανάλωση μη παστεριωμένου χυμού πορτοκαλιού ξέσπασε μια εθνική επιδημία λοίμωξης που προκλήθηκε από norovirus. Ο κίνδυνος μόλυνσης με λιστέρια στα φυτικά προϊόντα υπογραμμίστηκε από τους εμπειρογνώμονες μετά το ξέσπασμα λιστερίωσης κατά τη χρήση μολυσμένης φρουτοσαλάτας. Κατά την περίοδο 1998-1999 τεκμηριώθηκαν έξι περιπτώσεις θανάτου ασθενών σε προσωρημένη ηλικία και εννέα άτομα επλήγησαν.

Το 1996, μεταξύ των μαθητών στο Sakai City, Οζάκα, Ιαπωνία, καταγράφηκε μαζική εντερική λοίμωξη που προκαλλήθηκε από *E. coli* O157: H7. Η νόσος οφείλεται στην κατανάλωση φύτρων λευκών ραπανακίων που σερβιρίστηκαν στα πλαίσια ενός συγκεντρωτικού προγράμματος για το σερβίρισμα του γεύματος σε 56 σχολεία. Πάνω από 8.000 παιδιά ανέπτυξαν συμπτώματα και 398 παιδιά εισήχθησαν στο νοσοκομείο. Τα δύο νέα περιστατικά μόλυνσης με *E. coli* O157: H7 που καταγράφηκαν σε γειτονικές περιοχές ήταν επίσης συνδεδεμένα με την κατανάλωση λευκού ραπανακιού. Η παρακολούθηση της προέλευσης όλων των προσβεβλημένων βλαστών έδειξε ότι είχαν παρασκευαστεί στο ίδιο αγρόκτημα. Αυτό δείχνει πόσο μεγάλες διαστάσεις μπορεί να αποκτήσει η εστία, όταν ο πραγματικός

κίνδυνος έχει προκύψει σε μια συγκεντρωτική διαδικασία παραγωγής και επεξεργασίας των πρώτων υλών που προορίζονται για ευρεία διανομή.

Στις Ηνωμένες Πολιτείες κατά τη διάρκεια του 1993 -1997 εντοπίστηκε σημαντικά υψηλότερος αριθμός εστιών που σχετίζονταν με τα τρόφιμα (πάνω από 190), οι οποίες οδήγησαν σε 16058 περιπτώσεις ασθένειας, ενώ 598 ασθενείς εισήχθησαν στο νοσοκομείο και επιβεβαιώθηκαν οκτώ περιπτώσεις θανάτου. Παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση του μεριδίου των τροφιμογενών μολύνσεων από 0,7% το 1970 σε 6% στη δεκαετία του 1990. Κατά την περίοδο 1990 - 2005 λήφθηκαν στοιχεία ολοένα και πιο σύχνης μόλυνσης πράσινης σαλάτας, πεπονιού, μαρουλιού και λάχανου, ενώ οι εστίες μόλυνσης που σχετίζονταν με την κατανάλωση φυτικών τροφών οδήγησαν σε 47,8 περιπτώσεις κατά μέσο όρο, οι οποίες είναι περισσότερες από τις αναφερόμενες μολυσματικές εστίες κατά την κατανάλωση μολυσμένων πουλερικών, βόειου κρέατος και θαλασσινών. Το 2006 εντοπίστηκαν τέσσερις μολυσματικές εστίες μετά την κατανάλωση φρέσκου σπανακιού μολυσμένου με *E.coli* O157, και η παρακολούθηση της πηγής της σαλμονέλλωσης κατεύθυνε στη χρήση μολυσμένης ντομάτας. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου έχουν αναφερθούν δύο κρούσματα που σχετίζονταν με τη χρήση μαρουλιών μολυσμένων με *E.coli* O157: H7. Μόνο τον Ιανουάριο του 2007, διαπιστώθηκαν 205 ασθενείς, εκ των οποίων 103 εισήχθησαν στο νοσοκομείο, υπήρχαν 31 περιπτώσεις αιμολυτικού ουραιμικού συνδρόμου (HUS) και επιβεβαιώθηκαν τρεις περιπτώσεις θανάτου. Η παρακολούθηση της προέλευσης της ρύπανσης έδειξε ότι αυτή συνδεόταν με την παραγωγή σπανακιού από ένα αγρόκτημα. Υποτίθεται ότι η παρουσία άγριων χοίρων κοντά στα καλλιεργημένα χωράφια και στα φρεάτια άρδευσης ήταν οι κύριοι παράγοντες κινδύνου για το περιβάλλον. Στην επεξεργασία του σπανακιού περιλαμβάνεται το στάδιο της πλύσης, το οποίο, ωστόσο, δεν εξαλείφει το πρόβλημα και μπορεί ακόμη και να διευκολύνει τη διάδοση των παθογόνων από τα μολυσμένα στα καθαρά προϊόντα. Αυτό είναι ένα παράδειγμα μιας εκτεταμένης εμφάνισης σοβαρής βακτηριακής ασθένειας που οφείλεται σε αναποτελεσματικά μέτρα υγιεινής κατά την καλλιέργεια και την επεξεργασία του σπανακιού. Το 2008, συνέβη μια μεγάλη επιδημία σαλμονέλλας (Saint Paul) στις ΗΠΑ και τον Καναδά, η οποία συνδέεται με την κατανάλωση πολλών νωπών φυτικών προϊόντων. Μέχρι τον Αύγουστο του 2008, 1442 άτομα επλήγησαν, ενώ τουλάχιστον 286 άτομα εισήχθησαν σε νοσοκομείο και οι μολυσματικές εστίες συνέβαλαν σε δύο θανάτους.

Τα επιδημιολογικά δεδομένα υποδεικνύουν ότι ο κύριος φορέας για την εξάπλωση της σαλμονέλλας ήταν μια παρτίδα καυτερής πιπεριάς. Παρόλο που κατά την έναρξη της επιδημίας οι πιπεριές Serrano θεωρούνταν ως ο κύριος φορέας της λοίμωξης, αποδείχθηκε ότι οι ντομάτες μπορεί επίσης να είναι μια πηγή. Η μόλυνση των προϊόντων μπορεί να έχει συμβεί

στο αγρόκτημα ή κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας ή στο δίκτυο διανομής. Το στελέχος *Salmonella* της εστίας βρέθηκε σε καλλιεργήσιμη γη για την παραγωγή και σε εγκαταστάσεις συσκευασίας της παραγωγής στο Μεξικό. Αυτή είναι η μεγαλύτερη επιβεβαιωμένη εστία στις ΗΠΑ κατά την τελευταία δεκαετία. Δεδομένου ότι πολλοί άνθρωποι με σαλμονέλα δεν αναζητούν ιατρική φροντίδα ή δεν υποβάλλονται σε εξετάσεις κοπράνων, υποτίθεται ότι υπάρχουν πολύ περισσότερες περιπτώσεις τροφιμογενών νοσημάτων.

Στην Αγγλία και την Ουαλία κατά την περίοδο 1992-2006 αναλύθηκαν μολυσματικές εστίες που σχετίζονται με την κατανάλωση σαλατών. Από τις 82 εστίες που εντοπίστηκαν επιρεάστηκαν από παρασκευασμένες σαλάτες 3434 άτομα, ενώ 66 εισήχθησαν στο νοσοκομείο και συνέβη ένας θάνατος. Τα παραδείγματα τροφιμογενών ασθενειών περιλαμβάνουν επτά εστίες αλλαντίασης σε προϊόντα φυτικής προέλευσης.

Τα μολυσμένα προϊόντα διαθέτονταν στα καταστήματα λαινικής πώλησης: σκόρδο σε λάδι, γιαούρτι με φουντούκι, σάλτσες πατάτας, σάλτσες μελιτζάνας, σάλτσα μαύρου φασιολιού, χούμους και χυμό καρότου διατηρημένος με απλή ψύξη. Οι αναλύσεις των αιτιών της μόλυνσης προσδιορίζουν τη θερμοκρασία αποθήκευσης ως βασικό παράγοντα. Το 2007, 55 περιπτώσεις μόλυνσης από *Salmonella* Senftenberg στην Αγγλία και την Ουαλία συνδέονται με φρέσκο βασιλικό. Η Σκωτία, η Δανία, η Ολλανδία και οι Ηνωμένες Πολιτείες ανέφεραν επίσης 19 νέες περιπτώσεις με εστιακό στέλεχος. Οκτώ δείγματα συσκευασμένου φρέσκου βασιλικού από το Ισραήλ είναι θετικά για το ίδιο στέλεχος. Τα μικροβιολογικά στοιχεία υποθέτουν σχέση μεταξύ της ρύπανσης του φρέσκου βασιλικού και των περιπτώσεων μόλυνσης από *Salmonella* Senftenberg, η οποία οδήγησε σε ανάκληση όλων των δυνητικά επηρεασμένων παρτιδών του βασιλικού από την αγορά του Ηνωμένου Βασιλείου.

Η εκτίμηση του αριθμού των ασθενειών, των εισόδων σε νοσοκομείο και των περιπτώσεων θανάτου που προκαλούνται από τα βασικά παθογόνα είναι ένα σημαντικό βήμα για την ιεράρχηση των παθογόνων στα προγράμματα ελέγχου της νόσου. Εκτιμώντας τα ποσοστά αυτών των ασθενειών που οφείλονται σε συγκεκριμένες πηγές τροφίμων, είναι απαραίτητο ένα δεύτερο στάδιο για τον καθορισμό των παρεμβάσεων που οδηγούν στη μείωση των ασθενειών και για τη μέτρηση της προόδου προς την επίτευξη των στόχων της δημόσιας υγείας που προκύπτουν από τις πολιτικές για την ασφάλεια των τροφίμων. Οι εκτιμήσεις της πηγής της τροφικής ασθένειας χρησιμοποιούνται για διάφορους σκοπούς, συμπεριλαμβανομένης της ενημέρωσης του στρατηγικού σχεδιασμού, που βασίζονται στον κίνδυνο λήψης αποφάσεων, την αξιολόγηση των πλεονεκτημάτων των παρεμβάσεων και την αξιολόγηση της επίδρασης των παρεμβάσεων.

Φυτικά προϊόντα που παρουσιάζουν υψηλό κίνδυνο

Όπως συζητήθηκε νωρίτερα, κατά τον καθορισμό του πεδίου εφαρμογής των υπό μελέτη φυτικών προϊόντων, πέντε ειδικά φυτικά προϊόντα έχουν ταξινομηθεί ως τρόφιμα με υψηλό κίνδυνο λόγω του ειδικού παθογόνου, και θα συζητηθούν ως εξής:

Φρεσκοκομμένα λαχανικά και φρεσκοκομμένα φρούτα

Listeria monocytogenes

Οι ποσοτικές μελέτες του *L. monocytogenes* σε φρεσκοκομμένα λαχανικά και φρούτα δείχνουν ότι αυτό το παθογόνο που είναι σχετικά λιγότερο διαδεδομένο και πολύ συχνά είναι στα χαμηλότερα επίπεδα. *L. monocytogenes* μπορεί να κατοικούν διαφορετικές φυτικές θέσεις, δείχνοντας επιβράδυνση της ανάπτυξης σε θερμοκρασίες ψυγείου, αλλά μπορεί να αυξήσει την ποσότητά του σε ορισμένες ομάδες αγαθών που αποθηκεύονται σε θερμοκρασίες από 10° -15°C για 7-10 ημέρες. Θεωρείται ότι η δυνατότητα για ανάπτυξη σε ψυγείο σε μικρή διάρκεια ζωής των προϊόντων είναι σχετικά χαμηλή. Τα προϊόντα αυτά δεν υπόκεινται σε περαιτέρω επεξεργασία μέσω της διαδικασίας μαγειρέματος η οποία θα εξαλείψει τη ρύπανση. Αλλά όταν το προϊόν συσκευάζεται σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα αυξάνεται η διάρκεια ζωής και αυτό οδηγεί σε αυξημένο δυναμικό ανάπτυξης παθογόνου.

Παθογόνα στελέχη *Escherichia coli*

Υπάρχει μια πραγματική δυνατότητα να είναι παρόντα τα παθογόν στελέχη της *E. coli* στην επιφάνεια των λαχανικών μέσω άμεσης ή έμμεσης μόλυνσης με κόπρανα των μηρυκαστικών ή από χειριστές τροφίμων που φορούν το παθογόνο στα έντερα τους. Ωστόσο, οι μελέτες προκομμένων λαχανικών και σαλατών, διαφορετικά από εκείνα που παράγονται στο Μεξικό, είναι σπάνια μολυσμένα με παθογόνα στελέχη του *E.coli*.

Δόση - απόκριση σε *E.coli*

Πολύ σημαντικός δείκτης για την εμφάνιση μιας μολυσματικής επιδημίας είναι η δόση απόκριση του παθογόνου. Gilbert et al (2006) εξέτασαν τις εκτιμήσεις της δόσης-απόκρισης για *E.coli* O157: H7 και οι αρχικές προβλέψεις για μολυσματική δόση σχετίζονται με λιγότερο από μερικές εκατοντάδες κύτταρα. Αργότερες μελέτες εκτίμησαν την πιθανότητα μόλυνσης από επίδραση διαφορετικών ποσοτήτων των κυττάρων. Ένα μοντέλο προβλέπει ότι μία δόση $5,9 \times 10^5$ κυττάρων θα οδηγήσει σε λοίμωξη στο 50% των χρηστών, αλλά η πιθανότητα της νόσου σε 100 κύτταρα είναι $2,6 \times 10^{-4}$. Μια δεύτερη μελέτη εκτιμά μια μέση δόση (50% από τα άτομα που εκτέθηκαν να έχουν συμπτώματα) $1,9 \times 10^5$ κυττάρων και πιθανότητα 6×10^{-2} για την εμφάνιση λοιμώξεων όταν εκτίθενται 100 κύτταρα. Η ανάλυση των στοιχείων από το δημοτικό σχολείο στη Sakai City στην Ιαπωνία κατά το ξέσπασμα της λοίμωξης με *E. coli* O157:H7 δείχνει πολύ μεγαλύτερες πιθανότητες μόλυνσης σε χαμηλές δόσεις σε σχέση με τα προηγούμενα μοντέλα. Gilbert et al (2006) ορίζουν την δόσης-απόκριση για *E.coli* O111 και

O55. Η δόση της λοίμωξης κατά την έκθεση του 50% του πληθυσμού είναι $2,6 \times 10^6$ οργανισμών. Η πιθανότητα της νόσου όταν εκτίθενται 100 κύτταρα είναι $3,5 \times 10^{-4}$. Οι περισσότεροι ερευνητές συμφωνούν ότι η συγκέντρωση των παθογόνων οργανισμών θα αναπτυχθούν στα φυλλώδη λαχανικά σε θερμοκρασίες άνω των 7°C . Ωστόσο, λόγω της χαμηλής μολυσματική δόσης του οργανισμού στο τρόφιμο, η αύξηση μπορεί να μην προκαλέσει ασθένεια.

Salmonella

Το 2003, η συχνότητα εμφάνισης της σαλμονέλας στα φρούτα, τα λαχανικά και τα μπαχαρικά ήταν κάτω από 10%. Η ποσότητα της σαλμονέλας στα ωμά λαχανικά είναι συνήθως $<1 \text{ CFU} / \text{g}$, αλλά ο αριθμός των παθογόνων μπορεί να είναι υψηλότερος από $240 \text{ CFU} / \text{g}$ στα ολλανδικά κichώρια. Το ξέσπασμα της μόλυνσης στη Γερμανία που οφείλεται στην κατανάλωση μολυσμένου κόκκινου πιπεριού και τσιπς, καρυκευμένου με κόκκινο πιπέρι, οδήγησε σε περίπου 1 000 κρούσματα σαλμονέλας. Είναι ενδιαφέρον ότι, η ποσότητα της σαλμονέλας που βρέθηκε στα τρόφιμα ήταν πολύ χαμηλή, περίπου $2,5 \text{ Salmonella CFU} / \text{g}$ στο κόκκινο πιπέρι και $0,04$ έως $0,45 \text{ Salmonella CFU} / \text{g}$ στα πατατάκια.

Clostridium botulinum

Ο κίνδυνος αλλαντίασης αυξάνει στα προϊόντα συσκευασμένα σε συνθήκες MAP, με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής λόγω της αυξημένης δυνατότητας βλάστησης και ανάπτυξης των σπορίων του παθογόνου. Οι ευνοϊκοί παράγοντες είναι η χαμηλή δόση που απαιτείται για την πρόκληση ασθένειας, η σοβαρότητα της νόσου, καθώς και το γεγονός ότι κατά την επεξεργασία των τροφίμων αυξάνει ο κίνδυνος, και η ύπαρξη μιας επιδημιολογικής σύνδεσης. Η εκτίμηση αυτή είναι πολύ αναγκαία, ιδιαίτερα όταν φυτικά προϊόντα με μεγάλη διάρκεια ζωής γίνονται όλο και πιο προσιτά.

Λαχανικά σε φυτικά έλαια

Η Διοίκηση Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA) των ΗΠΑ περιγράφει την ιστορία αλλαντίασης που οφείλεται σε ανεπαρκή οξίνιση των προϊόντων διατροφής και αναφέρει τα προϊόντα που επεξεργάστηκαν από 29 εταιρείες και ήταν ανεπαρκώς οξινισμένα. Στην έκθεσή της η FDA κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ορισμένοι παραγωγοί τροφίμων δεν αντιλαμβάνονται τη σημασία της επαρκούς ελέγχου του pH. Παρά το γεγονός ότι ο κανονισμός για την οξίνιση των τροφίμων, που δημοσιεύθηκε το 1979, αναφέρθηκαν δύο σοβαρά κρούσματα αλλαντίασης το 1980 στον Καναδά και τις Ηνωμένες Πολιτείες. Το ψιλοκομμένο σκόρδο σε λάδι έχει ταυτοποιηθεί σαφώς ως η πηγή της τοξίνης αλλαντίασης. Οι ανησυχίες σχετικά με τη δυνατότητα ανάπτυξης αλλαντίασης από την κατανάλωση λαχανικών σε φυτικά έλαια

παραμένουν επίκαιρο θέμα μέχρι σήμερα, επειδή τα προϊόντα είναι δημοφιλή και η παραγωγή τους στο σπίτι είναι κοινή.

Σύμφωνα με την FSA δύο ψευδείς παραδοχές εξακολουθούν να υπάρχουν στα λαχανικά σε φυτικά έλαια:

- Η προσθήκη του λαδιού έχει ένα συντηρητικό αποτέλεσμα

Λάθος. Η μόνη λειτουργία του ελαίου είναι να εμποδίζει της οξείδωσης με αέρα στο δοχείο, το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε αποχρωματισμό ορισμένων τροφίμων. Με εξαίρεση του αέρα από την επιφάνεια, αυτό δημιουργεί αναερόβιες συνθήκες που ευνοούν πραγματικά την ανάπτυξη ορισμένων βακτηρίων, συμπεριλαμβανομένων του *C. botulinum*.

- Ορισμένα βότανα και μπαχαρικά, και ιδιαίτερα το σκόρδο, έχουν σημαντικές αντιμικροβιακές ιδιότητες.

Λάθος. Το συντηρητικό αποτέλεσμα αυτών των υλικών είναι μικρή και εφήμερη, που αποδεικνύεται από τα κρούσματα αλλαντίασης στον Καναδά και τις Ηνωμένες Πολιτείες.

Σωστά. Η οξίνιση των τροφίμων σε ένα pH μικρότερο από 4,6 ελέγχει την ανάπτυξη του *C. botulinum*. Η ψύξη χρησιμοποιείται σε ορισμένες περιπτώσεις ως ένα πρόσθετο εμπόδιο για την ανάπτυξη του παθογόνου.

Σπόροι με φύτρο

Οι μελέτες των εστιών μόλυνσης εντοπίζουν μερικούς παράγοντες που επηρεάζουν τη μικροβιολογική ασφάλεια των σπόρων με φύτρο. Μέχρι σήμερα, μολυσμένοι σπόροι ήταν η πιθανή πηγή των περισσότερων κρουσμάτων. Η μόλυνση των δενδρυλλίων μπορεί να έχει συμβεί στο αγρόκτημα, κατά τη διαδικασία της ανάπτυξης ή βλάστησης. Η υδρόφοβη επιφάνεια των σπόρων εμποδίζει τα μέτρα απολύμανσης και την απομάκρυνση των μολυσματικών μικροοργανισμών. Οι συνθήκες κατά τη βλάστηση (χρόνος, θερμοκρασία, ενεργότητα του νερού - aw, pH, και θρεπτικά συστατικά) είναι ιδανικές για την ανάπτυξη παθογόνων βακτηρίων που οδηγούν σε αυξημένο κίνδυνο.

Μη παστεριωμένοι χυμοί φρούτων

Η πλειονότητα των επιδημιών που προκαλούνται από την κατανάλωση ποτών σχετίζονται με τη χρήση φρούτων, μολυσμένων προηγουμένως με κόπρανα ζώων. Οι οπωρώνες συχνά βρίσκονται κοντά σε κτηνοτροφικές μονάδες και άγρια ζώα με δυναμικό για μικροβιακή μόλυνση.

Η μόλυνση των χυμών είναι πιο πιθανό να συμβεί όταν το δέρμα ή η φλούδα του καρπού είναι σε επαφή με το χυμό κατά την επεξεργασία.

3.2.4. Χαρακτηρισμός του κινδύνου

Φρέσκοκομμένα λαχανικά και φρούτα

➤ *Listeria monocytogenes*

Η ποσοτική εκτίμηση του κινδύνου της *L. monocytogenes*, σύμφωνα με την FDA / USDA (2003) παρουσιάζει χαμηλό κίνδυνο για τα φρούτα, τα λαχανικά και τις σαλάτες τύπου ντελικατές. Παρόλο που δεν φαίνεται πιθανό να αναπτυχθεί μολυσματική επιδημία, ακόμη και για τα άτομα ευάλωτα στην λιστερίωση, οι συνέπειες της νόσου παραμένουν σοβαρές. Η εκτίμηση του υψηλού κινδύνου εφαρμόζεται κυρίως για τα προϊόντα που αποθηκεύονται σε συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας (MAP), που έχουν πιο μακρά διάρκεια ζωής. Το δυναμικό για την ανάπτυξη στις αποθήκες κατατάσσει τα λαχανικά MAP και σαλάτες ως ιδιαίτερα επικίνδυνα.

➤ Παθογόνα στελέχη *Escherichia coli*

Η επίσημες στατιστικές σε παγκόσμιο επίπεδο τεκμηριώνουν μια σειρά εστιών *E. coli*, που σχετίζονται με αυτή την ομάδα προϊόντων. Οι συνέπειες των ασθενειών είναι δυνητικά σοβαρές με υψηλά επίπεδα εισαγωγής σε νοσοκομείο και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις όπως HUS και προβλήματα με τα νεφρά. Η Αυστραλιανή Ακαδημία Τροφίμων αξιολογήσει τον κίνδυνο των παθογόνων στελεχών *E.coli* ως υψηλού βαθμού, ενώ Gilbert et al (2006), τα βάζουν στην κατηγορία με την υψηλότερη βαρύτητα. Ωστόσο, στη Νέα Ζηλανδία ο κίνδυνος αυτού του παθογόνου τοποθετείται στη χαμηλότερη κατηγορία ως προς τη συχνότητα. Συνεπώς, είναι πολύ σημαντικό να συνεχιστούν οι προσπάθειες για την πρόληψη της πιθανότητας μετάδοσης αυτής της ομάδας οργανισμών μέσω των τροφίμων.

➤ *Salmonella serovars*

Ο κίνδυνος από *Salmonella* στα προϊόντα αυτά που έχει χαρακτηριστεί ως υψηλού βαθμού, βασίζεται στη σοβαρότητα της απουσίας του σταδίου του μαγειρέματος που μπορεί να εξαλείψει τον κίνδυνο για τους καταναλωτές. Ο σημαντικός κίνδυνος των οροποικιλιών της σαλμονέλας στα φρούτα και τα λαχανικά προσδιορίζεται βάσει παρόμοιων κριτηριών για την FSA, αλλά θα πρέπει να ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι η αύξησή τους στο προϊόν δεν αποτελεί προϋπόθεση για πιθανή ασθένεια. Αυτό φαίνεται σε συμμόρφωση με πολλές εστίες που αποδίδονται σε προϊόντα στα οποία οι σαλμονέλες θα μπορούσαν να επιβιώσουν, αλλά δεν αυξάνονται.

➤ *Clostridium botulinum*

Η FSA αξιολογεί τον κίνδυνο του *C. botulinum* σε αυτά τα προϊόντα ως υψηλό. Οι ευνοϊκοί παράγοντες περιλαμβάνουν την σοβαρότητα της ασθένειας, την επεξεργασία και τη συσκευασία σε MAP. Αυτό μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο και την ύπαρξη μιας

επιδημιολογικής σύνδεσης. Προς το παρόν δεν υπάρχουν επιδημιολογικά στοιχεία που να υποστηρίζουν την ταξινόμηση ως υψηλού κινδύνου, δεδομένου ότι μέχρι σήμερα τα φυτικά προϊόντα με μακρά διάρκεια ζωής είχαν περιορισμένη διαθεσιμότητα.

➤ **Λαχανικά σε λάδι**

Σε σχέση με τα προϊόντα αυτά όλες οι αρχές έχουν την σαφή αντίληψη ότι παρασκευάζεται χωρίς τα κατάλληλα μέτρα ελέγχου μπορεί να παρασκευαστεί προϊόν με χαμηλή όξινη που έχει τη δυνατότητα να προκαλέσει σοβαρή ασθένεια από παθογόνους οργανισμούς όπως *C. botulinum*. Τα προϊόντα αυτά είναι μερικές φορές παρασκευάζονται σε μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις, οι οποίες, με ανεπαρκή έλεγχο από τις αρχές διαχείρισης της αύξησης των κινδύνων ασφάλειας των τροφίμων, αυξάνουν τον κίνδυνο

➤ **Φύτρα σπόρων**

Οι συνθήκες κατά τη βλάστηση (χρόνος, θερμοκρασία, ενεργότητα νερού, pH, και τα θρεπτικά συστατικά) είναι ιδανικές για την ανάπτυξη παθογόνων βακτηρίων όπως σαλμονέλα και παθογόνα *E.coli*, που οδηγούν σε ταξινόμηση των φύτρων από σπόρους ως ένα προϊόν υψηλού κινδύνου. Το δυναμικό για την ανάπτυξη των παθογόνων οργανισμών κατά τη διάρκεια της βλάστησης αυξάνει τον κίνδυνο ουσιαστικά, ενώ υπάρχουν και επιδημιολογικά στοιχεία ότι η ρύπανση εκδηλώνεται. Η εξάπλωση των παθογόνων μικροοργανισμών μπορεί να μειωθεί με την ορθή εφαρμογή των μέτρων ελέγχου, όπως η απολύμανση των σπόρων πριν από τη βλάστηση.

➤ **Μη παστεριωμένοι χυμοί φρούτων**

Η ταξινόμηση των μη παστεριωμένων χυμών ως τροφίμων με υψηλό κίνδυνο είναι δικαιολογημένη. Οι πιθανές πηγές μόλυνσης είναι σχεδόν ταυτόσημες όπως οι πηγές για τα φρεσκοκομμένα φρούτα, και υπάρχουν ισχυρά επιδημιολογικά αποδεικτικά στοιχεία που δικαιολογούν τον κίνδυνο. Οι δύο μεγάλες επιδημίες στην Αυστραλία το 1991 και το 1999, ως αποτέλεσμα της μόλυνσης μη παστεριωμένου χυμού με σαλμονέλα δείχνουν σαφώς το δυναμικό του μη παστεριωμένου χυμού να προκαλεί ασθένεια.

4. Διαχείριση των Κινδύνων των φυτικών προϊόντων - παρακολούθηση, έλεγχος και πρόληψη

4.1. Μικροβιολογική παρακολούθηση

Μέχρι το τέλος του 1980, η μικροβιολογική εξέταση ήταν σχεδόν η μόνη πρακτική μέθοδος για την παρακολούθηση και την αξιολόγηση της υγιεινής των τροφίμων. Χρησιμοποιώντας ένα επίχρισμα, σφουγγάρι ή πλάκα επαφής, λαμβάνεται ένα δείγμα του μικροβιακού

πληθυσμού στην επιφάνεια του φυτού και παρέχονται πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με το επίπεδο της μόλυνσης. Η συσκευή δειγματοληψίας χρησιμοποιείται για την εκτύπωση των μικροοργανισμών μιας ορισμένης περιοχής (κανονικά, 100 cm²) από επιφάνειες όπως η επιφάνεια εργασίας ή μεταφορέας, ή από εξοπλισμό για τον οποίο είναι γνωστό ότι είναι μια δυνητική πηγή μόλυνσης (όπως βαλβίδα ή αντλία). Το υλικό συλλέγεται και στη συνέχεια εναιωρείται σε έναν κατάλληλο διαλύτη, μεταφέρονται σε ένα μικροβιολογικό μέσο καλλιέργειας, συνήθως με άγαρ. Μετά την περίοδο επώασης, ο βαθμός μόλυνσης μπορεί να μετρηθεί με απαρίθμηση του αριθμού των ορατών αποικιών. Το κύριο πλεονέκτημα της μικροβιολογικής παρακολούθησης είναι ότι παρέχει μία άμεση ένδειξη της μικροβιακής μόλυνσης, αλλά επίσης μια ευκαιρία για να ελέγξει για την παρουσία ειδικών οργανισμών, όπως παθογόνα τροφίμων. Δυστυχώς, αυτή η προσέγγιση έχει έναν αριθμό περιορισμών, κυρίως τον χρόνο που απαιτείται για να επιτύχει αποτελέσματα. Το στάδιο της καλλιέργειας απαιτεί συνήθως τουλάχιστον 24 ώρες επώασης και θα πρέπει να εκτελείται σε ένα κατάλληλα εξοπλισμένο εργαστήριο είναι συχνά πέρα από τον τόπο παραγωγής τροφίμων. Αυτό σημαίνει ότι τα αποτελέσματα είναι διαθέσιμα αναδρομικά και έχουν περιορισμένη αξία για σκοπούς παρακολούθησης HACCP, ή ταχείας αξιολόγησης για τον καθαρισμό. Ακόμη και αν οι επιχρισμάτων που ελήφθησαν αμέσως μετά τον καθαρισμό και την απολύμανση τουλάχιστον μία πλήρη ημέρα της παραγωγής είναι πιθανό να ολοκληρωθεί πριν έχετε όλες τις πληροφορίες σχετικά με τα επίπεδα ρύπανσης. Τα αποτελέσματα μπορεί επίσης να επηρεαστεί σοβαρά από την υπολειπόμενη αντιμικροβιακή δράση που απομένουν στις επιφάνειες μετά την ανακαίνιση, γι 'αυτό απαιτεί ένα ειδικό διαλυτικό που περιέχει αδρανείς ενώσεις για την πρόληψη της αναστολής στον πολιτισμό.

Ωστόσο, οι μικροβιολογικές δειγματοληψίες και οι δοκιμές μικροβιολογική δοκιμή παραμείνουν η κύρια πολύτιμη τεχνική παρακολούθησης των ευάλωτων τομέων, του εξοπλισμού και των αξεσουάρ για πιθανή μόλυνση από παθογόνο. Οι μικροοργανισμοί- στόχοι που παρακολουθούνται υποχρεωτικά μέσω μικροβιολογικού ελέγχου σύμφωνα με τα κανονιστικά έγγραφα είναι τα παθογόνα *L. monocytogenes*, *S. enterica* και *E. coli*.

4.2. Έλεγχος και πρόληψη των φυτικών προϊόντων

4.2.1. Προγράμματα ποιότητας και ασφάλειας των φυτικών τροφών

Προκειμένου να εγγραφεί η ασφάλεια των φυτικών τροφών θα πρέπει να εφαρμόζεται αυστηρός έλεγχος από την αρχή μέχρι το τέλος σε όλα τα στάδια της παραγωγής τροφικών προϊόντων, στα στάδια της παραγωγής και της μεταποίησης, προκειμένου να μειωθούν οι πιθανοί κίνδυνοι ως μέσο πρόληψης της μόλυνσης των τελικών προϊόντων.

Τα ακόλουθα προγράμματα χρησιμοποιούνται πιο συχνά για να εξασφαλιστεί η ασφάλεια και η ποιότητα των τροφίμων:

- Ορθές παρασκευαστικές πρακτικές (GMP)
- Τυποποιημένες υγειονομικές διαδικασίες λειτουργίας (και SSOPs)
- Ανάλυση των Κινδύνων και έλεγχος των Κρίσιμων Σημείων (HACCP)

➤ **Ορθές παρασκευαστικές πρακτικές (GMP)**

Οι κατευθυντήριες γραμμές των GMP περιγράφουν τις πρακτικές για την ασφαλή παραγωγή τροφίμων. Αυτές απαιτούνται από το νόμο και ισχύουν για όλες τις εταιρείες παραγωγής τροφίμων. Οι GMP προβλέπονται για τους τέσσερις κύριους τομείς της βιομηχανίας τροφίμων:

- Υγιεινή του προσωπικού για την πρόληψη της εξάπλωσης νόσων
- Επαρκείς εγκαταστάσεις και κτίρια
- Υγειονομικές επιφάνειες επαφής (εξοπλισμός και σκεύη)

➤ **Υγειονομικά πρότυπα και διαδικασίες λειτουργίας (SSOP).**

Τα υγειονομικά πρότυπα και οι λειτουργικές διαδικασίες ευποχρεωτικά για την παραγωγή χυμών και τις επιχειρήσεις μεταποίηση φυτικών τροφών που υπόκεινται σε HACCP.

Αν και ορισμένα πρωτόκολλα μπορούν να διαφέρουν από εγκατάσταση σε εγκατάσταση, SSOP παρέχουν συγκεκριμένες διαδικασίες που θα βοηθούν και θα εξασφαλίζουν την υγιεινή επεξεργασία των τροφίμων. Αυτά τα έγγραφα περιγράφουν τις διαδικασίες για οκτώ συνθήκες υγιεινής:

- Ασφάλεια του νερού
- Καθαριότητα των σκευών και του εξοπλισμού
- Πρόληψη της διασταυρούμενης μόλυνσης
- Υγιεινή των χεριών και των τουαλετών
- Προστασία των τροφίμων από ρύπους
- Επισήμανση με ετικέτες και αποθήκευση των τοξικών ενώσεων
- Παρακολούθηση της υγείας των εργαζομένων
- Έλεγχος των παρασίτων

➤ **Ανάλυση των κινδύνων και έλεγχος των κρίσιμων σημείων (HACCP)**

Το πρόγραμμα HACCP είναι ένα σύστημα διαχείρισης στο οποίο η ασφάλεια των τροφίμων ελέγχεται μέσα από την ανάλυση και τον έλεγχο των βιολογικών, χημικών και φυσικών κινδύνων των πρώτων υλών, την προμήθεια και την επεξεργασία, έως την παραγωγή, τη διανομή και την κατανάλωση του τελικού προϊόντος. Στα 40 χρόνια από την ίδρυσή της, τα

συστήματα HACCP έχουν αναπτυχθεί, για να γίνουν καθολικά αναγνωρισμένοι και αποδεκτοί μέθοδοι για την εξασφάλιση της ασφάλειας των τροφίμων. Από το FDA και το Υπουργείο Γεωργίας των ΗΠΑ (USDA) έχουν εκδοθεί κανονισμοί που καθιστούν το HACCP για τα θαλασσινά, τους χυμούς και τα προϊόντα με βάση το κρέας ως μια αποτελεσματική προσέγγιση στην ασφάλεια των τροφίμων και την προστασία της δημόσιας υγείας. Το HACCP δεν είναι ένα αυτόνομο πρόγραμμα. Η επιτυχία του HACCP εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα προγράμματα που απαιτούνται εκ των προτέρων, συμπεριλαμβανομένων των GMP και SSOP. Η βάση των αποτελεσματικών προγραμμάτων είναι μια αναγκαία προϋπόθεση για την επιτυχή ανάπτυξη του HACCP.

Το HACCP περιλαμβάνει επτά αρχές:

- Ανάλυση του κινδύνου
- Προσδιορισμός των κρίσιμων σημείων ελέγχου (CCP)
- Καθιέρωση κρίσιμων ορίων
- Διαδικασίες παρακολούθησης
- Διορθωτικές ενέργειες
- Τήρηση αρχείων
- Διαδικασίες επαλήθευσης

4.3. Υγιεινής των φυτικών τροφίμων

4.3.1. Πηγές ρύπανσης

Εάν υποθέσουμε ότι τα βακτήρια δεν εσωτερικεύονται εντός του φυτικού ιστού, τα επιφανειακά υγειονομικά μέτρων είναι γενικά αποτελεσματικό μέσο απομάκρυνσης των παθογόνων βακτηρίων από το προϊόν. Οι περισσότερες αναφορές δείχνουν ότι οι μολυσμένες επιφάνειες είναι πιθανή πηγή μόλυνσης του προϊόντος, και ότι ο κίνδυνος μόλυνσης είναι υψηλότερος μεταξύ του πρώτου τεμαχισμού και σπάσιμου και των σταδίων της συσκευασίας. Οι πηγές ρύπανσης που θα πρέπει να υπόκειται σε έλεγχο είναι: τα χέρια και τα γάντια και ο προσωπικός προστατευτικός εξοπλισμός, το κόψιμο, οι μεταφορείς, οι δεξαμενές πλυσίματος και το νερό πλυσίματος, τα δοχεία και ράφια για τοις συσκευασίες και ο εξοπλισμός συσκευασίας.

Διασταυρούμενη μόλυνση είναι ένας από τους κύριους κινδύνους για την ασφάλεια των τροφίμων κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας. Η Διασταυρούμενη μόλυνση μπορεί να συμβεί με τρεις κύριους τρόπους:

- **Τρόφιμα από τα τρόφιμα.** Τα τρόφιμα μπορούν να μολυνθούν από βακτήρια από άλλα τρόφιμα. Αυτό το είδος της διασταυρούμενης μόλυνσης είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο όταν ωμά τρόφιμα έρχονται σε επαφή με μαγειρεμένα τρόφιμα.
- **Άνθρωποι - τρόφιμα.** Οι άνθρωποι μπορεί να είναι μια πηγή διασταυρούμενης μόλυνσης από πετσέτες για το σκούπισμα χεριών μεταξύ των διαφόρων σταδίων κλπ.

Μόλυνση των τροφίμων όταν οι ορθές πρακτικές υγιεινής δεν εφαρμόζονται από τους εργαζόμενους οι οποίοι συμμετέχουν στην προετοιμασία και την επεξεργασία των τροφίμων. Για παράδειγμα, η επεξεργασία των ωμών τροφίμων χωρίς συμμόρφωση με τη γενική υγιεινή μετά τη χρήση της τουαλέτας (εσφαλμένο πλύσιμο των χεριών) άγγιγμα ωμού κρέατος και, στη συνέχεια, προετοιμασία των τροφίμων χωρίς πλύσιμο των χεριών μεταξύ των χωριστών καθηκόντων

- **Εξοπλισμός για τα τρόφιμα.** Η μόλυνση μπορεί να μεταδοθεί από τον εξοπλισμό της κουζίνας και τα μαγειρικά σκεύη. Αυτό το είδος της μόλυνσης συμβαίνει επειδή ο εξοπλισμός ή τα εργαλεία δεν έχουν καθαριστεί και απολυμανθεί μεταξύ κάθε χρήσης.

Η θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης και της διανομής μπορεί επίσης να είναι μια πηγή μόλυνσης. Τα παθογόνα που προκαλούν τις ασθένειες αναπτύσσονται καλά στα τρόφιμα, όταν αυτά αποθηκεύονται σε θερμοκρασία μεταξύ 5°C και 57°C, που είναι γνωστή ως ζώνη θερμικού κινδύνου. Αν το τρόφιμο διατηρείται σε αυτή τη θερμοκρασία για περισσότερο από 4 ώρες, τα παθογόνα μπορούν να αναπτυχθούν σε επίπεδα αρκετά υψηλά ώστε να προκαλέσουν σοβαρές διατροφικές διαταραχές. Επομένως, είναι πολύ σημαντικό να διατηρείται το ζεστό φαγητό σε θερμοκρασία 60°C ή υψηλότερη και τα κρύα τρόφιμα σε θερμοκρασία 5°C ή χαμηλότερη, και ο έλεγχος της θερμοκρασίας των τροφίμων πρέπει να πραγματοποιείται τουλάχιστον κάθε 4 ώρες κατά τη διάρκεια αποθήκευσης και διανομής .

Για την πρόληψη ή τη μείωση της ποσότητας των παθογόνων εφαρμόζονται διαφορετικές μέθοδοι εξυγίανσης. Η εξυγίανση είναι μια διαδικασία πολλών σταδίων η οποία περιλαμβάνει τον καθαρισμό και την απολύμανση ως δύο σημαντικά και ξεχωριστά βήματα. Ο αποτελεσματικός καθαρισμός και οι διαδικασίες απολύμανσης περιλαμβάνουν την αφαίρεση συντριμμίων, τη χρήση διαλυμάτων καθαρισμού, την πλύση με νερό, την απολύμανση όπου είναι αναγκαίο και στεγνό καθάρισμα. Αυτές είναι απαραίτητες για την επίτευξη του σωστού επίπεδο υγιεινής στην επεξεργασία των τροφίμων ή των παραγωγικών εγκαταστάσεων. Εάν οι διαδικασίες δεν τηρούνται, υπάρχει μεγαλύτερος κίνδυνος μόλυνσης των τροφίμων από παθογόνα ή αλλοίωσης. Υπάρχει επίσης ο κίνδυνος του σχηματισμού βιοφίλμ στις επιφάνειες στα εργοστάσια παρασκευής τροφών, αν τα προγράμματα αυτά είναι ανεπαρκείς. Είναι

σημαντικό να αποφεύγεται η χρήση προϊόντων φαινόλης και μεθανόλης καθώς αυτά μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα με το χρωματισμό προϊόντων και την ασφάλεια των καταναλωτών.

Τα προγράμματα καθαρισμού και απολύμανσης περιλαμβάνουν τέσσερα βήματα:

- Διαδικασίες ρουτίνας που εκτελούνται κατά τη διάρκεια και μετά την ολοκλήρωση της επεξεργασίας των τροφίμων ή κατά την καθημερινή προετοιμασία
- Περιοδικές διαδικασίες που απαιτούνται πιο σπάνια
- Παρακολούθηση προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι οι διαδικασίες εφαρμόζονται σωστά

4.3.2. Μέθοδοι εξυγίανσης

Απολύμανση

Πολλοί παραγωγοί και προμηθευτές χρησιμοποιούν τις βέλτιστες πρακτικές για τη μείωση του κινδύνου μόλυνσης. Οι συμβατικές μέθοδοι για τη μείωση της μικροβιακής μόλυνσης περιλαμβάνουν γενικές διαδικασίες για την απολύμανση της συγκομιδής με διαφορετικά παρασκευάσματα. Ωστόσο, η εφαρμογή αυτών των τυπικών διαδικασιών, όπως η επεξεργασία της συγκομιδής με διαλύματα απολύμανσης (που περιέχει περίπου 20-200 mg ml⁻¹ ελεύθερο χλώριο για διαφορετικές χρονικές περιόδους) δείχνουν ότι ο συνολικός αριθμός των βακτηριακών κυττάρων μειώνει, αλλά δεν εξαλείφει εντελώς τον φυσικό μικροβιακό πληθυσμό ή τα ανθρώπινα παθογόνα.

Τα φυσικά απολυμαντικά που χρησιμοποιούνται στο σπίτι συμπεριλαμβανομένου ενός πρόσφατα παρασκευασμένου διαλύματος χυμού λεμονιού και ξυδιού έχει αποδείξει να έχει επίδραση στη μείωση της σαλμονέλας του ορότυπου Typhimurium στη ρόκα και στα φρέσκα κρεμμυδάκια. Μετά από επεξεργασία για 15 λεπτά με διάλυμα χυμού λεμονιού και ξυδιού σε αναλογία 1:1, η βακτηριακή συγκέντρωση μειώθηκε έως μη ανιχνεύσιμα επίπεδα. Παρόμοια αποτελέσματα έχει η επεξεργασία καρότων και η ποσότητα της σαλμονέλας μειώνεται έως μη ανιχνεύσιμο επίπεδο.

Η επεξεργασία του εμπορικού μαρουλιού iceberg, που έχει εμβολιαστεί προηγουμένως με φυσικούς μικροοργανισμούς που προκαλούν αλλοίωση, με χλώριο, όζον ή με τον συνδυασμό τους μειώνει τον αριθμό των βιώσιμων μικροοργανισμών. Επιπλέον, οι συνδυασμοί χλωρίου-όζοντος αυξάνουν τον χρόνο ζωής του μαρουλιών. Δεν υπάρχουν ορατές αλλαγές στη θολότητα του νερού πλύσης, ή μείωση της ποιότητας του μαρουλιού κατά το ξέπλυμα, το οποίο υποδεικνύει την εφαρμοσιμότητα στην εμπορική επεξεργασία.

Η ιονίζουσα ακτινοβολία είναι επίσης αποτελεσματική στη μείωση της μικροβιακής μόλυνσης. Ειδικότερα, οι μελέτες που επικεντρώθηκαν σε φυλλώδη λαχανικά παρουσίασαν λογαριθμική

μείωση της *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* και *E. coli* O157: H7, όταν χρησιμοποιείται για την απολύμανση διάφορων φυλλωδών λαχανικών, συμπεριλαμβανομένου του μαρουλιού iceberg, του μαρουλιού και το σπανακιού.

Βιολογικός έλεγχος

Μια εναλλακτική μέθοδος για τη μείωση της ρύπανσης είναι η χρήση των γεωργικών πρακτικών που προωθούν την ανάπτυξη ανταγωνιστικών βακτηρίων στη φυλλόσφαιρα για τη μείωση της μόλυνσης με ανθρώπινα παθογόνα. Διάφορες μελέτες έχουν δείξει ότι η φυσική μικροχλωρίδα των φυτών μπορεί να αναστείλει την ανάπτυξη του *E. coli* O157: H7, *Salmonella serovars* Montevideo και Chester, *Staphylococcus aureus*. Στελέχη των ειδών *Pseudomonas* και *Bacillus* που απομονώθηκαν από πράσινη πιπεριά, μαρούλι, καρότα μωρό, φύτρα αλφάλφας και τριφυλλιού μπορούν να αναστείλουν την ανάπτυξη των *Salmonella serovar* Chester και *L. monocytogenes*. *Enterobacter cloacae* μειώνει τον αποικισμό στα καρότα, το νεροκάρδαμο, το μαρούλι, τα ραπανάκια, το σπανάκι και τις ντομάτες από *E. coli* O157: H7 και *L. monocytogenes*, ενώ *Enterobacter asburiae* μειώνει την επιβίωσή τους στα φύλλα του μαρουλιού. Επίσης, η ανάπτυξη του *Arabidopsis thaliana* από κοινού με *E. asburiae* σε γνωστοβιοτικές συνθήκες μειώνει σημαντικά την μόλυνση των ριζών από *Salmonella* ή *E. coli* O15.

Έλεγχος που βασίζεται σε φωτογραφία

Η ταυτοποίηση και ο ποσοτικός προσδιορισμός των ασθενειών των φυτών είναι απαραίτητη για τη σωστή προστασία των φυτών, για τον καθορισμό των απωλειών των καλλιεργειών και για την ανάπτυξη στρατηγικών για την αναπαραγωγή στην αγροτική οικονομία. Το δυναμικό της ανάλυσης με βάση τις φωτογραφίες για την ανίχνευση και τον έλεγχο των ασθενειών των φυτών είναι καλά αποδεκτό και η χρήση αυτών των τεχνικών για τη μελέτη της μόλυνσης των φυτών με ανθρώπινους, δυνητικά παθογόνους μικροοργανισμούς είναι ένας νέος και αναπτυσσόμενος τομέας. Η ανάλυση αυτή περιλαμβάνει τη φωτογράφιση ολόκληρων συστοιχιών με φυτική παραγωγή και την αναζήτηση των φαινοτυπικών χαρακτηριστικών των φυτών τα οποία είναι ενδεικτικά των φυτοπαθογόνων ασθενειών ή της ανάπτυξης ανθρώπινων παθογόνων.

4.4. Παραδείγματα εφαρμογής ειδικών μέτρων για τον έλεγχο της ασφάλειας των τροφίμων κατά την επεξεργασία των εξειδικευμένων τροφίμων

Χυμοί φρούτων - σπεςιαλιτέ

Για τους χυμούς φρούτων - σπεςιαλιτέ όπως ο χυμός ροδιού, μάνγκο και νόνι συχνά ισχυρίζεται ότι έχουν υψηλή περιεκτικότητα υγιεινών φυτοχημικών, συμπεριλαμβανομένων

των αντιοξειδωτικών και των βιοφλαβονοειδών. Όταν ένα προϊόν έχει επισήμανση για υγιεινή τροφή στην ετικέτα, η προετοιμασία και ο έλεγχός του πρέπει να ακολουθούν τους κανονισμούς για την επισήμανση των τροφίμων του FDA. Οι ακατάλληλα επεξεργασμένοι χυμοί φρούτων μπορούν να περιέχουν παθογόνους μικροοργανισμούς και να προκαλέσουν εστίες ασθενειών στην τροφική αλυσίδα. Ο Οργανισμός Τροφίμων έχει εκδώσει διάταγμα, το οποίο περιέχει μια ρήτρα για την υποχρεωτική εφαρμογή των αρχών HACCP κατά την επεξεργασία των χυμών φρούτων και λαχανικών. Τα σχέδια για το HACCP θα πρέπει να περιλαμβάνουν μέτρα ελέγχου που θα εξασφαλίζουν μόνιμα μια μείωση με τουλάχιστον 5 λογαρίθμους της ποσότητας των μικροοργανισμών για τέτοιο χρονικό διάστημα όσο είναι η διάρκεια ζωής του προϊόντος όταν αποθηκεύεται υπό κανονικές και μέτριες συνθήκες. Για τους σκοπούς του παρόντος κανονισμού, ως «ένας σημαντικός μικροοργανισμός» επιλέγεται ο πιο βιώσιμος μικροοργανισμός που έχει σημασία για τη δημόσια υγεία και είναι πιθανό να συμβεί στο χυμό, για παράδειγμα, *Escherichia coli* O157: H7.

Η παστερίωση είναι ένα κρίσιμο σημείο για τον έλεγχο της επεξεργασίας των χυμών. Η θερμική ενέργεια που χρησιμοποιείται για την παστερίωση αυξάνει τη διάρκεια ζωής του χυμού μέσω αδρανοποίησης των αδρανών μικροοργανισμών και ορισμένων ενζύμων. Προκειμένου να διατηρηθούν καλύτερα το χρώμα και τα αρωματικά, οι στους χυμούς φρούτων χρησιμοποιείται παστερίωση flash, που ονομάζεται επίσης θερμική κατεργασία υψηλής θερμοκρασίας για μικρό χρονικό διάστημα (HTST). Αυτή παρέχει ένα ασφαλές προϊόν για χρήση από το κοινό, με ελάχιστη υποβάθμιση των αρωμάτων στο εξαιρετικά παστεριωμένο προϊόν. Στην παστερίωση flash η ελάχιστη θερμοκρασία είναι 71,5°C για ένα χρονικό διάστημα μεταξύ 15 και 30 δευτερολέπτων. Για να εξασφαλιστεί η επιτυχία της παστερίωσης, η θερμοκρασία του χυμού πρέπει να παρακολουθούνται συνεχώς με την καταγραφή κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της παστερίωσης. Η συνεχής παρακολούθηση δείχνει αν υπάρχει απόκλιση από το καθιερωμένο κρίσιμο όριο. Στην περίπτωση απόκλισης, οι παραγωγοί θα πρέπει να διαχωρίσουν και να κρατήσουν το προϊόν για αξιολόγηση, να το καταστρέψουν ή να το παρεκκλίνουν από την αγορά. Τα τεχνικά μέτρα περιλαμβάνουν τη ρύθμιση της μηχανής παστερίωσης (θερμοκρασία ή ρυθμός ροής) για την επίτευξη του κρίσιμου ορίου. Η ακρίβεια της συσκευής εγγραφής της θερμοκρασίας θα πρέπει να ελέγχεται καθημερινά με γυάλινο θερμόμετρο με υδράργυρο. Το ίδιο το θερμόμετρο υδραργύρου πρέπει να βαθμονομείται κάθε χρόνο.

Μέτρα ελέγχου για τη διασφάλιση της ασφάλειας των χυμών φρούτων

- Ο προμηθευτής πρέπει να εξασφαλίσει ότι τα μεταφερόμενα φρούτα συγκομίζονται μόνο από τα δέντρα και δεν συλλέγονται πεσμένα φρούτα.

- Τα φρούτα πρέπει να ξεπλένονται και κατόπιν να πλύνονται με πινέλο και απολυμαντικό που περιέχει τουλάχιστον 200 ppm ελεύθερου χλωρίου επί 30 δευτερόλεπτα του χρόνου επαφής
- Η διαδικασία της παστερίωσης η οποία λαμβάνει χώρα με ελάχιστη θερμοκρασία 160°F (71,5°C) για 15-30 δευτερόλεπτα, θα πρέπει να παρέχει 5 φορές μείωση του αριθμού των παθογόνων. Η θερμοκρασία θέρμανσης και ο χρόνος είναι κρίσιμοι παράγοντες που πρέπει να παρακολουθούνται, να ελέγχονται και να τεκμηριώνονται.

5. Ευαισθητοποίηση για την ασφάλεια των τροφίμων - μηνύματα ή γνώσεις

Ποια είναι η κατάσταση της συνειδητοποίησης της σύγχρονης κοινωνίας όσον αφορά την ασφάλεια των τροφίμων; Μια μελέτη ανάμεσα σε σπουδαστές και εργαζόμενους που έδειξε διαφορετικά επίπεδα Ευαισθητοποίησης. Σε μια μελέτη του επιπέδου της ευαισθητοποίησης σχετικά με την ασφάλεια των τροφίμων η πλειοψηφία των ερωτηθέντων (το 76%) αναφέρουν ότι το πλύσιμο των χεριών μετά το χειρισμό ωμών λαχανικών ή προϊόντων κρέατος είναι «υγιής και σημαντικό για την ασφάλεια των καταναλωτών». Επίσης, το 50% των σπουδαστών αναφέρει ότι είναι σημαντικό «για την ασφάλεια» να χρησιμοποιούνται ξεχωριστές ξύλινες πλάκες κοπής ή μαχαίρια κατα την κοπή ωμών προϊόντων διατροφής. Αυτό δείχνει σημαντικά υψηλή ευαισθητοποίηση για την ασφάλεια των τροφίμων μεταξύ των σπουδαστών. Οι σπουδάστριες με δευτεροβάθμια εκπαίδευση παρουσιάζουν σημαντικά υψηλότερο επίπεδο της έλλειψης ευαισθητοποίησης σχετικά με τους τρόπους της διασταυρούμενης μόλυνσης και τις θετικές συνήθειες για τη βελτίωση της ασφάλειας των τροφίμων σε σύγκριση με τους σπουδαστές. Οι γυναίκες από τον τομέα της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης έδειξαν επίσης σημαντικά χαμηλότερο επίπεδο ευαισθητοποίησης της διασταυρούμενης μόλυνσης από ό,τι οι άνδρες. Γενικά, η πλειοψηφία των φοιτητών έδειξαν έλλειψη ευαισθητοποίησης για τους τρόπους της διασταυρούμενης μόλυνσης. Η πλειοψηφία των ανδρών με δευτεροβάθμια εκπαίδευση έχουν επίγνωση των κινδύνων που συνδέονται με τον τομέα της διασταυρούμενης μόλυνσης.

Τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των δεδομένων της έρευνας δείχνουν ότι το μέσο επίπεδο της συνειδητοποίησης ήταν 16/50 στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και 15/50 στον τομέα της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. Το εύρος των εκτιμήσεων ευαισθητοποίησης για τους μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης ήταν 0-35 από 50 και 0-30 από 50 για τους φοιτητές της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. Οι άρρενες φοιτητές στον τομέα της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης έδειξαν ένα υψηλό επίπεδο εξάσκησης της ευαισθητοποίησης για την ασφάλεια των τροφίμων.

Επίσης, τα αποτελέσματα της μέσης ευαισθητοποίησης για την ασφάλεια των τροφίμων (15/50) και το καθεστώς (20/50) είναι τα ίδια στην δευτεροβάθμια και την τριτοβάθμια εκπαίδευση. Στο επίπεδο της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, το 50% των γυναικών και το 6% των ανδρών απάντησαν «ναι» για το αν λαμβάνουν επιπλέον πληροφορίες σχετικά με την ασφάλεια των τροφίμων, με εξαίρεση αυτού του ερωτηματολογίου. Αυτοί οι μαθητές διδάσκονται στο σχολείο στα μαθήματα διατροφής και οικονομίας. Στο επίπεδο της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης το 21% των ανδρών και το 17% των γυναικών αναφέρουν επίσης «ναι» σε αυτή την ερώτηση. Από N = 205 ερωτηθέντες, το 15% των γυναικών και το 11% των ανδρών επιλέγουν την απάντηση «όχι» σχετικά με τις επιπλέον πληροφορίες (όραση, ακοή και ανάγνωση) για την ασφάλεια των τροφίμων, με εξαίρεση αυτού του ερωτηματολογίου και το 13% των γυναικών και το 10% των ανδρών ανέφεραν ότι δεν μπορούν να θυμηθούν αν έχουν λάβει πληροφορίες σχετικά με την ασφάλεια των τροφίμων. Το δεκαοκτώ τοις εκατό (18%) των ερωτηθέντων στον τομέα της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, δήλωσαν ότι έχουν πληροφορίες σχετικά με την ασφάλεια των τροφίμων από την τηλεόραση και το Διαδίκτυο.

Η περαιτέρω ανάλυση σχετικά με τον τόπο που οι μαθητές άκουσαν ή διάβασαν πληροφορίες σχετικά με την ασφάλεια των τροφίμων, αποκάλυψε ότι το 36% των γυναικών και το 14% των ανδρών έχουν λάβει πληροφορίες από διάφορες άλλες πηγές, όπως εφημερίδες, βιβλία, γονείς και ετικέτες προϊόντων διατροφής. Στο επίπεδο της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, το 52% των μαθητριών και το 5% των μαθητών δήλωσαν ότι είχαν επίσημη εκπαίδευση στην ασφάλεια των τροφίμων ή την παρασκευή τροφίμων. Στον τομέα της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, το 56% των ανδρών και 36% των γυναικών δήλωσαν ότι είχαν επίσημη εκπαίδευση στην ασφάλεια των τροφίμων ή την παρασκευή τροφίμων.

Οι συμμετέχοντες δεν σημειώθηκαν σχετικά με ερωτήσεις της γνώσης, δεδομένου ότι αυτές οι ερωτήσεις είναι δομημένες για να καθοριστεί η αυτοεκτίμηση των συμμετεχόντων για τις γνώσεις τους σχετικά με την ασφάλεια των τροφίμων. Η αξιολόγηση της αυτοαντίληψης γνώσεων σχετικά με την ασφάλεια των τροφίμων σε 23% των γυναικών και 3% των ανδρών στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και σε 7% των γυναικών που ερωτήθηκαν και 12% των ανδρών στον τομέα της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης αποκάλυψε ότι οι ίδιοι θεωρούν ότι η βάση γνώσεώς τους σχετικά με τα τρόφιμα είναι «πολύ καλή». Μια περαιτέρω ανάλυση κατά φύλο έδειξε ότι το 43% των γυναικών και το 1% των ανδρών στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, μαζί με 25% των γυναικών και 27% των ανδρών στον τομέα της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης πιστεύουν ότι η γνώσεις τους για την ασφάλεια των τροφίμων είναι «αρκετά καλή». Οι άνδρες στον τομέα της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης παρουσίασαν υψηλότερο επίπεδο αντίληψης των γνώσεων από τις φίλες τους και τους άνδρες στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Οι μαθητές στη

δευτεροβάθμια εκπαίδευση δείχνουν ένα επίπεδο γνώσεων σημαντικά χαμηλότερο από το επίπεδο γνώσεων των μαθητριών. Δεν υπάρχει καμία διαφορά μεταξύ των γυναικών που απάντησαν και στα δύο ιδρύματα. Σε γενικές γραμμές, οι γυναίκες με δευτεροβάθμια εκπαίδευση και οι άνδρες του τομέα της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, δείχνουν ότι η βάση γνώσεων των φοιτητών αυτών αντικατοπτρίζει τη γνώση των προβλημάτων της ασφάλειας των τροφίμων.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bassett J. and McClure P. (2008) A risk assessment approach for fresh fruits. *Journal of Applied Microbiology* 104, 925–943.
- Berg G., Eberl L. and Hartmann A. (2005) The rhizosphere as a reservoir for opportunistic human pathogenic bacteria. *Environmental Microbiology* 7 (11), 1673–1685.
- Berger C.N., Sodha S.V., Shaw R.K., Griffin P.M., Pink D., Hand P. and Frankel G. (2010) Fresh fruit and vegetables as vehicles for the transmission of human pathogens. *Environmental Microbiology* 12(9), 2385–2397.
- Brandl M. (2006) Fitness of Human Enteric Pathogens on Plants and Implications for Food Safety. *Annual Review of Phytopathology* 44, 367–392.
- Brandl M., Cox C.E. and Teplitski M. (2013) Salmonella Interactions with Plants and Their Associated Microbiota. *Phytopathology* 103 (4), 316–325, <http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO-11-12-0295-RVW>.
- Duan J., Zhao Y. and Daeschel Mm. (2011) Ensuring Food Safety in Specialty Foods Production 2011, <https://catalog.extension.oregonstate.edu/em9036>
- European Food Safety Authority (EFSA). (2011) Guidance on the environmental risk assessment of plant pests EFSA Panel on Plant Health (PLH) 2, 3, Parma, Italy. *EFSA Journal*; 9 (12): 2460.
- EASAC. (2014) Risks to plant health: European Union priorities for tackling emerging plant pests and diseases. Policy report, 24 February 2014, ISBN: 978-3-8047-3251-3.
- Fletcher J., Leach J. E., Eversole K., and Tauxe R. (2013) Human Pathogens on Plants: Designing a Multidisciplinary Strategy for Research. *Phytopathology* 103 (4), 306–315, <http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO-09-12-0236-IA>.
- Food Safety Risk Assessment of NSW Food Safety Schemes (2009) Food Authority, Australia.
- Food Standards Agency UK (2004). Survey of baby foods for mycotoxins. <http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/fsis6804.pdf>.

- Flood J. (2010) The importance of plant health to food security, *Food Sec.* 2:215–231, DOI 10.1007/s12571-010-0072-5.
- FSAI [Food Safety Authority of Ireland] (2003). Results of 4th quarter national survey 2002 (NS4), European Commission co-ordinated programme for the official control of foodstuffs for 2002, Bacteriological safety of pre-cut fruit & vegetables, sprouted seeds and unpasteurised fruit & vegetables juices from processing and retail premises. http://www.fsai.ie/surveillance/food_safety/microbiological/4thQuarter2.pdf.
- FSA [Food Science Australia] (2000a). Final report – scoping study on the risk of plant products. Food Science Australia prepared for SafeFood NSW.
- FSA [Food Science Australia] (2000b) Fact Sheet Preservation of vegetables in oil and vinegar. Retrieved 14 January 2009, <http://www.foodscience.afisc.csiro.au/oilvine.htm>.
- FSAI [Food Safety Authority of Ireland] (undated). 3rd Trimester National Microbiological Survey 2005 (05NS3): EU Coordinated programme 2005, bacteriological safety of prepackaged mixed salads. Food Safety Authority of Ireland, Retrieved 2 December 2008, from http://www.fsai.ie/surveillance/food_safety/microbiological/mixed_salads.pdf.
- Gilbert S., Lake R., Hudson A and Cressey P. (2006). Risk profile: Shiga-toxin producing *Escherichia coli* in leafy vegetables. Institute of Environmental Science and Research Limited report prepared for the New Zealand Food Safety Authority. Retrieved 14 January 2009, http://www.foodsafety.govt.nz/elibrary/industry/Risk_Profile_Shiga_Toxin-Science_Research.pdf.
- Jay S., Davos D., Dundas M., Frankish E. and Lightfoot D. (2003). Salmonella. In: Hocking A.D. (Ed.). *Foodborne Microorganisms of Public Health Significance*, pp. 207–266. Australian Institute of Food Science and Technology, Waterloo.
- Hernandez-Reyes C. and Schikora A. (2013) Salmonella, a cross-kingdom pathogen infecting humans and plants. *FEMS Microbiol Lett* 343, 1–7.
- Kirzinger M., Nadarasah G. and Stavrinides J. (2011) Insights into Cross-Kingdom Plant Pathogenic Bacteria. *Genes* 2, 980–997, doi:10.3390/genes2040980.
- Lake R., Hudson A., Cressey P. and Gilbert S. (2005). Risk profile: *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat salads. Institute of Environmental Science and Research Limited report prepared for the New Zealand Food Safety Authority. Retrieved 14 January 2009.
- Mahlen S. (2011) *Serratia* Infections: from Military Experiments to Current Practice. *Clinical Microbiology Reviews*, 24 (4), 755–791, 0893-8512/11/\$12.00

doi:10.1128/CMR.00017-11.

- Mendes R., Garbeva P. and Raaijmakers J.M. (2013) The rhizosphere microbiome: significance of plant beneficial, plant pathogenic, and human pathogenic microorganisms. *FEMS Microbiology Reviews* 37, 634–663.
- van Baarlen P., van Belkum A., Summerbell R.C., Crous P.W. and Thomma B.P.H.J. (2007) Molecular mechanisms of pathogenicity: how do pathogenic microorganisms develop cross-kingdom host jumps? *FEMS Microbiology Reviews* 31, 239–277.
- Pezzoli L., Elson R., Little C., Yip H., Fisher I., Yishai R., et al. (2008) Packed with Salmonella – Investigation of an international outbreak of Salmonella Senftenberg infection linked to contamination of prepacked basil in 2007. *Foodborne Pathogens and Disease* 5(5), 661–668.
- Szabo E., Scurrah K. and Burrows J. (2000) Survey for psychrotrophic bacterial pathogens in minimally processed lettuce. *Letters in Applied Microbiology* 30, 456–460.
- Miller S.A., Beed F.D. and Harmon C.L. (2009) Plant Disease Diagnostic Capabilities and Networks. *Annual Review of Phytopathology* 47, 15–38.
- van Overbeek L., van Doorn J., Wichers J.H., Amerongen A., van Roermund H.J.W. and Willemsen P.T.J. (2014) The arable ecosystem as battleground for emergence of new human pathogens. *Frontiers in Microbiology*, article 104, 1–17, doi: 10.3389/fmicb.2014.00104.
- Turnbull-Fortune S. and Badrie N. (2014) Practice, Behavior, Knowledge and Awareness of Food Safety among Secondary & Tertiary Level Students in Trinidad, West Indies. *Food and Nutrition Sciences* 5, 1463–1481.