



Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας
Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών
Διαχείριση και Τεχνολογία Ποιότητας

Διπλωματική Εργασία

«Εφαρμογή της μεθόδου FMEA και ανάλυση παραμέτρων διεργασίας
για τη βελτίωση της ασφάλειας και της διάρκειας ζωής (shelf life)
έτοιμων προς κατανάλωση σαλατών»

Τζιάτζιος Δημήτριος

Επιβλέπων καθηγητής : Κρόκος Φραγκούλης

Πάτρα, Σεπτέμβριος, 2026

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή («συγγραφέας/δημιουργός») που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.



Εφαρμογή της μεθόδου FMEA και ανάλυση παραμέτρων διεργασίας
για τη βελτίωση της ασφάλειας και της διάρκειας ζωής (shelf life)
έτοιμων προς κατανάλωση σαλατών

Τζιάτζιος Δημήτριος

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής:

Δρ. Φραγκούλης Κρόκος

Μέλος ΣΕΠ, ΕΑΠ

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:

Δρ. Ιωάννης Παπαδάκης

Μέλος ΣΕΠ, ΕΑΠ

Πάτρα, Σεπτέμβριος, 2026

Ευχαριστίες

«Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέπων καθηγητή μου κ. Κρόκο Φραγκούλη καθώς και στον κ. Παπαδάκη Ιωάννη για την συνεργασία και τη στήριξη που μου παρείχαν για την ολοκλήρωση της μελέτης αυτής.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα επίσης να εκφράσω στη σύζυγό μου, Αγγελική, για την συμπαράσταση, την υπομονή και τη συνεχή ενθάρρυνση που μου προσέφερε σε όλη τη διάρκεια αυτής της προσπάθειας»

Περίληψη

Η αυξανόμενη ζήτηση για ασφαλή και ποιοτικά τρόφιμα έχει ενισχύσει την ανάγκη εφαρμογής αποτελεσματικών συστημάτων διαχείρισης ασφάλειας τροφίμων στη βιομηχανία έτοιμων προς κατανάλωση προϊόντων. Οι φρέσκες κομμένες σαλάτες αποτελούν προϊόντα υψηλής ευαισθησίας, καθώς καταναλώνονται χωρίς θερμική επεξεργασία και επηρεάζονται σημαντικά από την ποιότητα των πρώτων υλών, τις συνθήκες επεξεργασίας και τη διατήρηση της ψυκτικής αλυσίδας.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η αξιολόγηση της ασφάλειας και της διάρκειας ζωής (shelf life) έτοιμων προς κατανάλωση σαλατών μέσω της συνδυαστικής εφαρμογής του συστήματος HACCP και της μελέτης FMEA (Failure Mode and Effects Analysis). Η μελέτη πραγματοποιήθηκε σε βιομηχανική μονάδα παραγωγής φρέσκων κομμένων σαλατών και βασίστηκε σε πραγματικά δεδομένα της παραγωγικής διαδικασίας.

Η μεθοδολογία περιλάμβανε την ανάλυση της παραγωγικής διαδικασίας, τη μελέτη πιθανών κινδύνων ανά στάδιο παραγωγής, καθώς και τη συλλογή μικροβιολογικών δεδομένων, δεδομένων διάρκειας ζωής και στοιχείων από την ανατροφοδότηση των καταναλωτών. Στη συνέχεια εφαρμόστηκε η μελέτη FMEA για την αναγνώριση και ιεράρχηση των πιθανών αστοχιών μέσω του δείκτη προτεραιότητας κινδύνου (RPN).

Τα αποτελέσματα ανέδειξαν ότι η ποιότητα των πρώτων υλών, η αποτελεσματικότητα του πλυσίματος, η διατήρηση της ψυκτικής αλυσίδας και η συσκευασία, φάνηκε ότι επηρεάζουν σημαντικά την ποιότητα και τη διάρκεια ζωής των προϊόντων. Επιπλέον, διαπιστώθηκε ότι η αξιοποίηση πραγματικών δεδομένων οδηγεί σε μια πιο τεκμηριωμένη αξιολόγηση των κινδύνων και στην υποστήριξη της διαδικασίας βελτίωσης της ασφάλειας και της ποιότητας των προϊόντων.

Λέξεις – Κλειδιά

Έτοιμες σαλάτες, FMEA, HACCP, Διάρκεια ζωής, Ασφάλεια τροφίμων, Ανάλυση κινδύνου.

Application of FMEA and Process Parameter Analysis for Improving the Safety and Shelf Life of Ready-to-Eat Salads

Dimitrios Tziatzios

Abstract

The increasing demand for safe and high-quality foods has strengthened the need for the implementation of effective food safety management systems in the ready-to-eat food industry. Fresh-cut ready-to-eat salads are highly perishable products, as they are consumed without thermal processing and are significantly affected by the quality of raw materials, processing conditions, and maintenance of the cold chain.

The aim of this study is to evaluate the safety and shelf life of ready-to-eat salads through the combined application of the HACCP system and the FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) methodology. The study was conducted in an industrial fresh-cut salad production unit and was based on real production data.

The methodology included the analysis of the production process, the identification of potential hazards at each production stage, and the collection of microbiological data, shelf-life data, and consumer feedback data. Subsequently, FMEA was applied in order to identify and prioritize potential failure modes through the Risk Priority Number (RPN).

The results highlighted that the quality of raw materials, the effectiveness of the washing process, the maintenance of the cold chain, and packaging conditions significantly affect the quality and shelf life of the products. In addition, the use of real production data led to a more reliable and well-documented risk assessment, supporting the continuous improvement of food safety and product quality.

Keywords

Ready-to-eat salads, FMEA, HACCP, Shelf life, Food safety, Risk assessment.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	iv
Abstract	v
Περιεχόμενα	vi
Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων	viii
Κατάλογος Πινάκων	ix
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια.....	x
Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή	1
1.1 Αντικείμενο εργασίας	1
1.2 Σκοπός και στόχος	1
1.3 Δομή της διπλωματικής εργασίας.....	2
Κεφάλαιο 2 - Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	3
2.1 Ποιότητα και ασφάλεια τροφίμων.....	3
2.1.1 Το πρότυπο ISO 9001	5
2.1.2 Εργαλεία και μέθοδοι διαχείρισης ποιότητας.....	6
2.2 Σύστημα HACCP	8
2.2.1 Βασικές αρχές HACCP.....	9
2.2.2 Κατηγορίες κινδύνων στα τρόφιμα.....	11
2.3 Προαπαιτούμενα Προγράμματα (PRPs)	12
2.4 Συστήματα Διαχείρισης Ασφάλειας Τροφίμων	14
2.4.1 Το πρότυπο ISO 22000:2018	16
2.4.2 Global Food Safety Initiative (GFSI)	19
2.4.3 Το πρότυπο IFS Food.....	20
2.5 Μελέτη αστοχίας (FMEA)	21
2.5.1 Εισαγωγή στην μέθοδο FMEA	21
2.5.2 Τύποι FMEA	23
2.6 Διάγραμμα αιτίου αποτελέσματος.....	24
2.7 Συνδυαστική χρήση FMEA με HACCP.....	25
Κεφάλαιο 3 - Έτοιμα προς κατανάλωση τρόφιμα και παραγωγή φρέσκων σαλατών.....	28
3.1 Ιδιαιτερότητες και κίνδυνοι	28

3.2 Παραγωγική διαδικασία φρέσκων σαλατών	29
3.3 Μικροβιολογική ασφάλεια των RTE σαλατών	31
3.4 Παράγοντες που επηρεάζουν την διάρκεια ζωής (Shelf life)	32
3.4.1 Ο ρόλος της συσκευασίας και της τροποποιημένης ατμόσφαιρας (MAP).....	35
Κεφάλαιο 4 - Μεθοδολογία	38
4.1 Σχεδιασμός και μεθοδολογία της έρευνας.....	38
4.2 Περιγραφή της βιομηχανικής μονάδας.....	39
4.3 Περιγραφή παραγωγικής διαδικασίας – Διάγραμμα Ροής	40
4.4 Αναγνώριση κινδύνων ανά στάδιο παραγωγής	43
4.5 Συλλογή και ανάλυση δεδομένων	57
4.5.1 Μικροβιολογικές αναλύσεις	58
4.5.2 Μελέτη διάρκειας ζωής (shelf life).....	60
4.5.3 Επίδραση σταδίου πλυσίματος στην μείωση του μικροβιακού φορτίου	64
4.5.4 Επίδραση της θερμοκρασίας αποθήκευσης στην MAP.....	66
4.5.5 Αξιολόγηση δεδομένων πελατών.....	68
4.6 Μελέτη FMEA στην παραγωγή έτοιμων κομμένων σαλατών	71
4.6.1 Προσδιορισμός και τεκμηρίωση δεικτών SOD.....	71
4.6.2 Τεκμηρίωση δεικτών και συσχέτιση με δεδομένα παραγωγής.....	73
Κεφάλαιο 5 - Αποτελέσματα FMEA	100
5.1 Ιεράρχηση κρίσιμων αστοχιών	100
5.2 Σύγκριση αρχικής και τελικής αξιολόγησης FMEA	102
Κεφάλαιο 6 - Συμπεράσματα και προτάσεις.....	105
6.1 Συμπεράσματα της έρευνας.....	105
6.2 Αξιοποίηση των αποτελεσμάτων της FMEA στο ΣΔΑΤ	106
6.3 Περιορισμοί και προτάσεις για μελλοντική έρευνα.	107
Βιβλιογραφικές Αναφορές.....	109
Παράρτημα Α: Σύγκριση OMX διαφορετικών μιγμάτων.....	114
Παράρτημα Β: Σύγκριση OMX & EB σε διαφορετικά στάδια	116

Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων

Εικόνα 2-1: Κύκλος PDCA.....	3
Εικόνα 2-2: Πυραμίδα συστημάτων διαχείρισης ασφάλειας τροφίμων	14
Σχήμα 2-1: Διάγραμμα αιτίου-αποτελέσματος (Ishikawa)	25
Σχήμα 4-1: Διάγραμμα ροής παραγωγικής διαδικασίας έτοιμων κομμένων σαλατών.....	41
Σχήμα 4-2: Διάγραμμα ή δένδρο αποφάσεων για τον προσδιορισμό των CCPs.....	44
Σχήμα 4-3: Κλίμακα υπολογισμού επιπέδου επικινδυνότητας	45
Σχήμα 4-4: Κατανομή τιμών OMX μετά την συσκευασία	59
Σχήμα 4-5: Μεταβολή OMX κατά την αποθήκευση στους $4\pm 1^{\circ}\text{C}$	61
Σχήμα 4-6: Μεταβολή EB κατά την αποθήκευση στους $4\pm 1^{\circ}\text{C}$	62
Σχήμα 4-7: Μεταβολή OMX κατά την αποθήκευση σε διαφορετικές θερμοκρασίες	63
Σχήμα 4-8: Μεταβολή EB κατά την αποθήκευση σε διαφορετικές θερμοκρασίες	64
Σχήμα 4-9: Μεταβολή μικροβιακού φορτίου ανά στάδιο επεξεργασίας	65
Σχήμα 4-10: Μεταβολή O_2 κατά την αποθήκευση σε διαφορετικές θερμοκρασίες	67
Σχήμα 4-11 Μεταβολή CO_2 κατά την αποθήκευση σε διαφορετικές θερμοκρασίες.....	68
Σχήμα 4-12 Διάγραμμα Pareto για κατηγορίες αναφορών	69
Σχήμα 4-13 Διάγραμμα Ishikawa για παρουσία ξένων σωμάτων σε τελικό προϊόν	70
Σχήμα 4-14 Διάγραμμα Ishikawa για αλλοιώσεις σε τελικό προϊόν	70
Σχήμα 5-1 Διάγραμμα Pareto για RPN πριν τις διορθωτικές ενέργειες	100
Σχήμα 5-2: Διάγραμμα Pareto για RPN μετά τις προτάσεις διορθωτικών ενεργειών.	103

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 4-1: Ανάλυση κινδύνων ανά στάδιο παραγωγής σε μονάδα παραγωγής έτοιμων κομμένων σαλατών	47
Πίνακας 4-2: Παρακολούθηση OPRPs	52
Πίνακας 4-3: Παρακολούθηση CCPs	56
Πίνακας 4-4: Κωδικοποίηση Μιγμάτων	58
Πίνακας 4-5: Μέσες Τιμές OMX ανά Μίγμα	59
Πίνακας 4-6 Κλίμακα βαθμολόγησης κρισιμότητας (S)	71
Πίνακας 4-7 Κλίμακα βαθμολόγησης πιθανότητας εμφάνισης (O)	72
Πίνακας 4-8 Οδηγίες βαθμολόγησης πιθανότητας ανίχνευσης (D).....	73
Πίνακας 4-9 Τεκμηρίωση και συσχέτιση αστοχιών με τους δείκτες S, O, D και υπολογισμός RPN	75
Πίνακας 4-10 Μελέτη αστοχίας σε μονάδα έτοιμων προς κατανάλωση σαλατών.....	86
Πίνακας 5-1: Στάδια με το υψηλότερο RPN.....	101

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

CCPs	Critical Control Points – Κρίσιμα Σημεία Ελέγχου
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
GHPs	Good Hygiene Practices – Ορθές Πρακτικές Υγιεινής
GMPs	Good Manufacturing Practices – Ορθές Βιομηχανικές Πρακτικές
HACCP	Hazard Analysis and Critical Control Points
ISO	International Organization for Standardization
MAP	Modified Atmosphere Packaging – Τροποποιημένη Ατμόσφαιρα Συσκευασίας
OPRPs	Operational Prerequisite Programs – Λειτουργικά Προαπαιτούμενα Προγράμματα
ORP	Oxidation-Reduction Potential-Δυναμικό Οξειδοαναγωγής
PRPs	Prerequisite Programs – Προαπαιτούμενα Προγράμματα
RPN	Risk Priority Number – Δείκτης Προτεραιότητας Κινδύνου
ΣΔΑΤ	Συστήματα Διαχείρισης Ασφάλειας Τροφίμων

Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή

1.1 Αντικείμενο εργασίας

Τα έτοιμα προς κατανάλωση τρόφιμα αποτελούν έναν από τους ταχύτερα αναπτυσσόμενους τομείς της βιομηχανίας τροφίμων τα τελευταία χρόνια. Οι έτοιμες σαλάτες λαχανικών έχουν αποκτήσει σημαντική θέση στην αγορά, κυρίως λόγω της υψηλής διατροφικής τους αξίας και της ευκολίας κατανάλωσης, καθώς μπορούν να καταναλωθούν άμεσα χωρίς επιπλέον προετοιμασία. Παρ' όλα αυτά, επειδή δεν υποβάλλονται σε θερμική επεξεργασία πριν την κατανάλωση, θεωρούνται προϊόντα αυξημένης μικροβιολογικής ευαισθησίας, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει πιο εύκολα σε αλλοιώσεις και να περιορίσει τη διάρκεια ζωής τους.

Η παραγωγή τους περιλαμβάνει πολλαπλά και κρίσιμα στάδια, όπως η παραλαβή και αξιολόγηση των πρώτων υλών, η πλύση και απολύμανση, η κοπή και η συσκευασία, συνήθως υπό τροποποιημένη ατμόσφαιρα. Σε κάθε στάδιο, αποκλίσσει σε βασικές παραμέτρους, όπως η ποιότητα των πρώτων υλών, η υγιεινή του εξοπλισμού και οι συνθήκες θερμοκρασίας κατά την επεξεργασία και αποθήκευση, μπορούν να οδηγήσουν σε αύξηση του μικροβιακού φορτίου και υποβάθμιση της ποιότητας του προϊόντος.

Η εφαρμογή συστημάτων διαχείρισης ασφάλειας τροφίμων, όπως το ISO 22000 και το σύστημα HACCP, είναι απαραίτητη για την πρόληψη και τον έλεγχο των κινδύνων, καθώς βασίζονται στη συστηματική παρακολούθηση κρίσιμων παραμέτρων και στην αξιοποίηση δεδομένων, όπως μικροβιολογικές αναλύσεις και μελέτες διάρκειας ζωής. Από την άλλη μεριά, η μέθοδος FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) μπορεί επίσης να λειτουργήσει συμπληρωματικά, δίνοντας την δυνατότητα ποσοτικής αξιολόγησης και ιεράρχησης των κινδύνων με βάση τον δείκτη προτεραιότητας κινδύνου (RPN).

1.2 Σκοπός και στόχος

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η αξιολόγηση της μικροβιολογικής ασφάλειας και της διάρκειας ζωής των έτοιμων προς κατανάλωση σαλατών, καθώς και η διερεύνηση των παραγόντων που επηρεάζουν τη μικροβιακή τους επιβάρυνση κατά την παραγωγή και την αποθήκευση.

Δεδομένου ότι τα προϊόντα αυτά καταναλώνονται χωρίς θερμική επεξεργασία, η διερεύνηση της εξέλιξης του μικροβιακού φορτίου είναι πολύ σημαντική για τη διασφάλιση της ποιότητας και της ασφάλειάς τους. Βασική επιδίωξη είναι η βελτίωση της διαχείρισης των κινδύνων μέσω της συνδυαστικής εφαρμογής του συστήματος HACCP και της μεθόδου FMEA, με στόχο την αξιοποίηση πραγματικών δεδομένων παραγωγής για την πιο αντικειμενική αξιολόγησή τους.

Η μεθοδολογία της εργασίας βασίζεται στην καταγραφή της παραγωγικής διαδικασίας, την ανάλυση μικροβιολογικών δεδομένων και δεδομένων διάρκειας ζωής, καθώς και στην εφαρμογή της FMEA για την αναγνώριση και ιεράρχηση των πιθανών αστοχιών. Η αξιολόγηση των κινδύνων πραγματοποιείται με βάση τόσο ποσοτικά δεδομένα όσο και τεκμηριωμένες εκτιμήσεις, με στόχο την ανάδειξη των κρίσιμων σημείων και τη διατύπωση προτάσεων βελτίωσης.

1.3 Δομή της διπλωματικής εργασίας

Η παρούσα εργασία δομείται σε έξι βασικά κεφάλαια, τα οποία καλύπτουν τόσο το θεωρητικό υπόβαθρο όσο και την εφαρμογή και ανάλυση των αποτελεσμάτων.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η εισαγωγή και το αντικείμενο της εργασίας, με αναφορά στα έτοιμα προς κατανάλωση τρόφιμα και τη σημασία της ασφάλειάς τους. Το δεύτερο κεφάλαιο περιλαμβάνει τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, όπου αναλύονται έννοιες όπως η ποιότητα και ασφάλεια τροφίμων, το σύστημα HACCP, τα προαπαιτούμενα προγράμματα, καθώς και η μεθοδολογία FMEA και η συνδυαστική της χρήση με το HACCP.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στα έτοιμα προς κατανάλωση τρόφιμα και ειδικότερα στις φρέσκες σαλάτες, εστιάζοντας στους κινδύνους, τη μικροβιολογική ασφάλεια και τους παράγοντες που επηρεάζουν τη διάρκεια ζωής τους. Το τέταρτο κεφάλαιο αφορά τη μεθοδολογία της έρευνας και την εφαρμογή της στη βιομηχανική μονάδα, περιλαμβάνοντας την ανάλυση της παραγωγικής διαδικασίας, την αναγνώριση κινδύνων, τη συλλογή και αξιολόγηση των δεδομένων και την εφαρμογή της ανάλυσης FMEA.

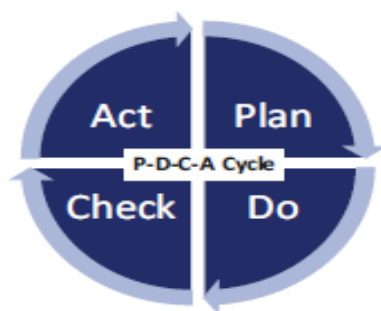
Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης FMEA, με κύριο άξονα την ιεράρχηση των αστοχιών, καθώς και την συμβολή της στη βελτίωση του συστήματος HACCP. Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο διατυπώνονται τα συμπεράσματα και προτάσεις για μελλοντική έρευνα, ενώ ακολουθούν οι βιβλιογραφικές αναφορές και τα παραρτήματα.

Κεφάλαιο 2 - Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Ποιότητα και ασφάλεια τροφίμων

Η ποιότητα και η διαχείριση ποιότητας αποτελούν βασικές έννοιες που χρησιμοποιούνται ευρέως στις επιχειρήσεις και στη βιομηχανία. Παρότι ο όρος «ποιότητα» χρησιμοποιείται συχνά, δεν υπάρχει ένας απόλυτα κοινά αποδεκτός ορισμός, καθώς η έννοιά του διαφέρει ανάλογα με το πλαίσιο εφαρμογής. Σε γενικές γραμμές, η ποιότητα συνδέεται με τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας, καθώς και με την ικανότητά τους να ικανοποιούν πλήρως τις ανάγκες και τις απαιτήσεις του χρήστη. Σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 9000:2015, η ποιότητα ορίζεται ως «ο βαθμός στον οποίο ένα σύνολο εγγενών χαρακτηριστικών ενός αντικειμένου ικανοποιεί απαιτήσεις». Για την επίτευξη και τη διατήρηση υψηλού επιπέδου ποιότητας, το πρότυπο βασίζεται σε θεμελιώδεις αρχές διαχείρισης, όπως η εστίαση στον πελάτη, η δέσμευση της ηγεσίας, η προσέγγιση μέσω διεργασιών και η συνεχής βελτίωση (Helmold, 2023).

Σημαντική συμβολή στην ανάπτυξη της φιλοσοφίας της ποιότητας είχε ο Deming, ο οποίος υποστήριξε ότι η ποιότητα δεν πρέπει να αξιολογείται μόνο από το τελικό αποτέλεσμα, αλλά κυρίως από τη σωστή λειτουργία και βελτίωση των διαδικασιών, εστιάζοντας στη συνεργασία, στην εκπαίδευση και στη συμμετοχή των εργαζομένων. Βασικό εργαλείο της προσέγγισής της αποτελεί ο κύκλος PDCA (Plan–Do–Check–Act), ο οποίος στοχεύει στη συνεχή βελτίωση των διαδικασιών και αποτελεί θεμελιώδες στοιχείο των σύγχρονων συστημάτων διαχείρισης ποιότητας (Helmold, 2023).



Εικόνα 2-1: Κύκλος PDCA

(Πηγή: Helmold, 2023)

Η ποιότητα των τροφίμων όπως γίνεται αντιληπτή από τις αισθήσεις, δηλαδή η γεύση, το άρωμα, η εμφάνιση και η υφή, αποτελεί έναν από τους βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν την αποδοχή τους από τον καταναλωτή. Στην πράξη, είναι το πρώτο στοιχείο που αξιολογείται, επηρεάζοντας άμεσα τόσο την ικανοποίηση όσο και την πρόθεση επαναγοράς. Ακόμη και αν ένα προϊόν διαθέτει υψηλή θρεπτική αξία ή πληροί τα πρότυπα ασφάλειας, μια αρνητική εμπειρία κατά την κατανάλωση μπορεί να αποτρέψει τον καταναλωτή από το να το επιλέξει ξανά.

Τα τελευταία χρόνια, η υγεία και η θρεπτική αξία αποτελούν σημαντικά κριτήρια επιλογής για τον καταναλωτή. Οι καταναλωτές σήμερα εμφανίζονται πιο ενημερωμένοι και πιο προσεκτικοί στις διατροφικές τους επιλογές, επιλέγοντας προϊόντα που σχετίζονται με μια πιο ισορροπημένη και υγιεινή διατροφή. Το ενδιαφέρον στρέφεται όλο και περισσότερο σε τρόφιμα με μειωμένα λιπαρά, ζάχαρη ή αλάτι, αλλά και σε προϊόντα που περιέχουν λειτουργικά συστατικά, όπως προβιοτικά και αντιοξειδωτικά, τα οποία συνδέονται με πρόσθετα οφέλη για την υγεία (Pramudito, Rachim, Abduh, Maulana, & Salim, 2025). Η ευκολία χρήσης αποτελεί επίσης έναν παράγοντα που επηρεάζει έντονα την επιλογή τροφίμων, ειδικά στις μέρες μας, με τους γρήγορους καθημερινούς ρυθμούς ζωής. Το πόσο εύκολα μπορεί να αποθηκευτεί, να προετοιμαστεί και να καταναλωθεί ένα προϊόν προσθέτει πρακτική αξία και συχνά καθορίζει την τελική απόφαση αγοράς (Pramudito et al., 2025).

Εξίσου σημαντικός είναι και ο παράγοντας της εμπιστοσύνης, καθώς πολλά χαρακτηριστικά ενός τροφίμου δεν είναι άμεσα ορατά, ωστόσο επηρεάζουν την αντίληψη του καταναλωτή. Σε αυτά ανήκουν ο τρόπος παραγωγής, η προέλευση, η τήρηση ηθικών πρακτικών και η περιβαλλοντική υπευθυνότητα. Όλα αυτά συμβάλλουν στη διαμόρφωση της εικόνας του προϊόντος και παίζουν ρόλο στη διαφοροποίησή του στην αγορά. Γίνεται επομένως φανερό ότι, η ποιότητα των τροφίμων δεν μπορεί να εξετάζεται μονοδιάστατα. Αντίθετα, προκύπτει από τον συνδυασμό πολλών παραμέτρων και η επιτυχία ενός προϊόντος εξαρτάται από την ισορροπία ανάμεσα στην αποδοχή του από τον καταναλωτή, την ασφάλεια, τη διατροφική του αξία, την ευκολία χρήσης και το επίπεδο εμπιστοσύνης που εμπνέει (Pramudito et al., 2025).

Από την άλλη πλευρά, σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛΟΤ EN ISO 22000:2018, η ασφάλεια τροφίμων ορίζεται ως « η διασφάλιση ότι τα τρόφιμα δεν προκαλούν δυσμενή επίδραση στην υγεία του καταναλωτή όταν το τρόφιμο παρασκευάζεται ή/και καταναλώνεται σύμφωνα με την προβλεπόμενη χρήση του ». Αποτελεί βασική προϋπόθεση για την προστασία της ανθρώπινης υγείας και αφορά το σύνολο των διαδικασιών που σχετίζονται με την παραγωγή,

τον χειρισμό, την αποθήκευση, τη διανομή και την κατανάλωση των τροφίμων. Στόχος της είναι η πρόληψη, ο έλεγχος και η εξάλειψη βιολογικών, χημικών και φυσικών κινδύνων που ενδέχεται να εμφανιστούν σε οποιοδήποτε στάδιο της τροφικής αλυσίδας (Gemeda, Nigussie, & Abdurahman, 2023).

Τα τρόφιμα μπορεί να καταστούν μη ασφαλή λόγω ακατάλληλων συνθηκών χειρισμού και αποθήκευσης, παρουσίας μικροοργανισμών, χημικών ουσιών, υπολειμμάτων φυτοφαρμάκων ή ξένων σωμάτων. Για τον περιορισμό των κινδύνων αυτών απαιτείται η εφαρμογή ορθών πρακτικών υγιεινής, σωστής θερμικής επεξεργασίας, κατάλληλων συνθηκών αποθήκευσης και αποτελεσματικού ελέγχου των διαδικασιών παραγωγής.

Εν κατακλείδι, η αποτελεσματική διαχείριση της ασφάλειας τροφίμων βασίζεται στην εφαρμογή οργανωμένων συστημάτων πρόληψης και ελέγχου, όπως το HACCP, τα οποία συμβάλλουν στον εντοπισμό και τον περιορισμό πιθανών κινδύνων, στη συμμόρφωση με τη νομοθεσία και στην ενίσχυση της αξιοπιστίας και της εμπιστοσύνης απέναντι στον καταναλωτή (Gemeda et al., 2023).

2.1.1 Το πρότυπο ISO 9001

Το πρότυπο ISO 9001:2015 αποτελεί ένα από τα πιο διαδεδομένα συστήματα διαχείρισης ποιότητας παγκοσμίως και εφαρμόζεται από οργανισμούς και επιχειρήσεις διαφόρων δραστηριοτήτων. Σκοπός του είναι η δημιουργία ενός οργανωμένου πλαισίου διαχείρισης, το οποίο βοηθά τις επιχειρήσεις να παρέχουν προϊόντα και υπηρεσίες που ικανοποιούν τις απαιτήσεις των πελατών και της ισχύουσας νομοθεσίας. Η εφαρμογή του προτύπου συμβάλλει στη βελτίωση της οργάνωσης, στη μείωση λαθών και αποκλίσεων, καθώς και στην αύξηση της αξιοπιστίας και της αποτελεσματικότητας μιας επιχείρησης.

Η φιλοσοφία του βασίζεται στην προσέγγιση μέσω διεργασιών και στη συνεχή βελτίωση της λειτουργίας ενός οργανισμού. Σημαντικό ρόλο έχουν η ικανοποίηση του πελάτη, η ενεργή συμμετοχή της διοίκησης, ο σωστός σχεδιασμός των διαδικασιών και η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του συστήματος ποιότητας. (Helmold, 2023).

Η έκδοση ISO 9001:2015 εισήγαγε την έννοια της σκέψης που βασίζεται στη διακινδύνευση, η οποία αποτελεί βασικό στοιχείο του Συστήματος Διαχείρισης Ποιότητας. Η προσέγγιση αυτή ενσωματώνεται σε όλες τις διεργασίες του οργανισμού και στοχεύει στον εντοπισμό, την αξιολόγηση και την αντιμετώπιση των κινδύνων και των ευκαιριών που ενδέχεται να επηρεάσουν την επίτευξη των επιδιωκόμενων αποτελεσμάτων. Έτσι, το πρότυπο δίνει μεγαλύτερη έμφαση στην πρόληψη των προβλημάτων παρά στην αντιμετώπισή τους μετά την

εμφάνισή τους. Παρότι το ISO 9001:2015 δεν απαιτεί την ύπαρξη ξεχωριστής διαδικασίας διαχείρισης κινδύνων ούτε επιβάλλει τη χρήση συγκεκριμένης μεθοδολογίας, οι οργανισμοί καλούνται να υιοθετήσουν μια συστηματική προσέγγιση για τον εντοπισμό και την αξιολόγηση των παραγόντων που μπορούν να επηρεάσουν την αποτελεσματικότητα των διεργασιών τους, καθώς και να καθορίσουν κατάλληλες ενέργειες για τον περιορισμό των ανεπιθύμητων επιπτώσεων και την αξιοποίηση πιθανών ευκαιριών βελτίωσης (Martins, da Silva, Sampaio, & Gabriel, 2021).

Αναλυτικότερα, το ISO 9001:2015 περιλαμβάνει τις παρακάτω ενότητες:

- Ενότητα 1: Αντικείμενο
- Ενότητα 2: Τυποποιητική παραπομπή
- Ενότητα 3: Όροι και ορισμοί εννοιών
- Ενότητα 4: Πλαίσιο λειτουργίας του οργανισμού
- Ενότητα 5: Ηγεσία
- Ενότητα 6: Σχεδιασμός
- Ενότητα 7: Υποστήριξη
- Ενότητα 8: Λειτουργία
- Ενότητα 9: Αξιολόγηση επιδόσεων
- Ενότητα 10: Βελτίωση

Μέσω της εφαρμογής του προτύπου, οι επιχειρήσεις μπορούν να μειώσουν τα σφάλματα, τις αστοχίες και τις απώλειες, βελτιώνοντας την παραγωγικότητα και τη συνολική ποιότητα των παρεχόμενων προϊόντων ή υπηρεσιών. Επιπλέον, η δομή του δίνει τη δυνατότητα ανάπτυξης ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης ποιότητας, το οποίο μπορεί να προσαρμοστεί στις ανάγκες, στις απαιτήσεις και στους στρατηγικούς στόχους κάθε οργανισμού (Helmold, 2023).

2.1.2 Εργαλεία και μέθοδοι διαχείρισης ποιότητας

Τα εργαλεία και οι μέθοδοι ποιότητας αποτελούν βασικά μέσα για τη διαχείριση, την παρακολούθηση και τη βελτίωση των διεργασιών ενός οργανισμού. Μέσα από τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων, βοηθούν στον εντοπισμό προβλημάτων, στη διερεύνηση των αιτιών τους και στη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων με στόχο την βελτίωση της απόδοσης, την μείωση των αποκλίσεων και των αστοχιών. Η αποτελεσματική αξιοποίησή τους συνδέεται άμεσα με τη φιλοσοφία της συνεχούς βελτίωσης και την προσπάθεια για καλύτερο έλεγχο των διαδικασιών. Η επιλογή τους εξαρτάται από τις ανάγκες και τους στόχους κάθε οργανισμού,

ενώ η επιτυχής εφαρμογή τους προϋποθέτει τη δέσμευση της διοίκησης, την ενεργή συμμετοχή του προσωπικού και την ανάπτυξη κουλτούρας συνεργασίας και βελτίωσης (Ratajszczak, Misztal & Marczewska-Kuźma, 2024).

Τα εργαλεία ποιότητας διακρίνονται σε διαφορετικές κατηγορίες ανάλογα με τη λειτουργία και τον σκοπό τους. Μία βασική κατηγορία αφορά τα εργαλεία ανάλυσης και επεξεργασίας δεδομένων, όπως τα διαγράμματα Pareto, τα ιστογράμματα, τα διαγράμματα Ishikawa και τα διαγράμματα διασποράς, τα οποία χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό προβλημάτων, τη διερεύνηση αιτιών και την παρακολούθηση της μεταβλητότητας των διαδικασιών. Εργαλεία όπως τα διαγράμματα ελέγχου και ο στατιστικός έλεγχος διεργασίας χρησιμοποιούνται για τη στατιστική παρακολούθηση και τον έλεγχο των διεργασιών (Ratajszczak et al., 2024).

Σημαντική θέση στη διαχείριση ποιότητας κατέχουν μέθοδοι βελτίωσης και πρόληψης αστοχιών, όπως η FMEA, η Six Sigma, η Kaizen και ο κύκλος PDCA. Οι μέθοδοι αυτές στοχεύουν στη συνεχή βελτίωση των διαδικασιών, στη μείωση των μη συμμορφώσεων και στην αύξηση της αποδοτικότητας και της αξιοπιστίας των οργανισμών (Ratajszczak et al., 2024). Συγκεκριμένα, η ενσωμάτωση της FMEA μέσα στο πλαίσιο του προτύπου ISO 9001:2015 συμβάλλει στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας των διεργασιών, στην καλύτερη τεκμηρίωση των κινδύνων και στη λήψη περισσότερο τεκμηριωμένων αποφάσεων. Μέσω της ποσοτικοποίησης των κινδύνων και της ιεράρχησης των προτεραιοτήτων, η FMEA λειτουργεί ως πρακτικό εργαλείο εφαρμογής της διακινδύνευσης, μετατρέποντας τις γενικές απαιτήσεις του προτύπου σε συγκεκριμένες ενέργειες βελτίωσης των διεργασιών και της συνολικής απόδοσης του οργανισμού (Martins et al., 2021).

Παράλληλα, σημαντική θεωρείται και η συμμετοχή των εργαζομένων μέσα από εργαλεία όπως οι κύκλοι ποιότητας, καθώς ενισχύεται η συνεργασία και δίνεται στο προσωπικό πιο ενεργός ρόλος στη διαδικασία βελτίωσης της ποιότητας. Επιπρόσθετα, η συνεχής ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και συστημάτων διαχείρισης οδηγεί στη δημιουργία σύγχρονων εργαλείων ποιότητας, τα οποία συνδυάζουν τη στατιστική ανάλυση, την ψηφιακή τεχνολογία και τη διαχείριση δεδομένων με στόχο τη βελτίωση της οργανωσιακής απόδοσης και της ποιότητας των προϊόντων και υπηρεσιών (Ratajszczak et al., 2024).

Τα τελευταία χρόνια, η ανάπτυξη του Industry 4.0 και των ψηφιακών τεχνολογιών έχει επηρεάσει σημαντικά και τα συστήματα ποιότητας. Η χρήση αισθητήρων, η συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και η αξιοποίηση τεχνολογιών όπως η Ανάλυση Μεγάλων

Δεδομένων και η Τεχνητή Νοημοσύνη, επιτρέπουν αποτελεσματικότερο έλεγχο των διεργασιών και ταχύτερη λήψη αποφάσεων (Helmold, 2023).

2.2 Σύστημα HACCP

Το σύστημα HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) αποτελεί μια συστηματική και προληπτική προσέγγιση για τη διαχείριση της ασφάλειας τροφίμων, η οποία στοχεύει στον εντοπισμό, την αξιολόγηση και τον έλεγχο βιολογικών, χημικών και φυσικών κινδύνων σε όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας, από τις πρώτες ύλες έως το τελικό προϊόν. Η ασφάλεια των τροφίμων δεν διασφαλίζεται μόνο μέσω του ελέγχου του τελικού προϊόντος, αλλά απαιτεί τη συνεχή παρακολούθηση και διαχείριση των κρίσιμων σημείων σε κάθε στάδιο της παραγωγής.

Όπως αναφέρεται στη μελέτη του Arvanitoyannis (2009), το σύστημα HACCP συνιστά ένα αποτελεσματικό εργαλείο πρόληψης κινδύνων, ενώ αντίστοιχα στη μελέτη των Radu, Dima, Dobrota, Badea, Madsen, Dobrin και Stanciu (2023), επισημαίνεται η σημασία του ως μία συστηματική και προληπτική μεθοδολογία για την αναγνώριση, αξιολόγηση και έλεγχο των βιολογικών, χημικών και φυσικών κινδύνων που ενδέχεται να επηρεάσουν την ασφάλεια των τροφίμων κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας. Οι αρχές του αποτελούν τη βάση για την ανάπτυξη και εφαρμογή ολοκληρωμένων Συστημάτων Διαχείρισης Ασφάλειας Τροφίμων, όπως το ISO 22000, τα οποία συνδυάζουν την ανάλυση κινδύνων με τη διαχείριση διεργασιών, την τεκμηρίωση, την επικοινωνία και τη συνεχή βελτίωση της απόδοσης του συστήματος. Η σημασία του έχει ενισχυθεί σημαντικά τις τελευταίες δεκαετίες, με αποτέλεσμα να αποτελεί βασική απαίτηση για τις επιχειρήσεις τροφίμων σε διεθνές επίπεδο. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, η εφαρμογή του είναι υποχρεωτική σύμφωνα με τον Κανονισμό (ΕΚ) 853/2004 και εντάσσεται σε ένα ευρύτερο σύστημα διαχείρισης ασφάλειας τροφίμων, το οποίο περιλαμβάνει επίσης τα προαπαιτούμενα προγράμματα και μηχανισμούς ιχνηλασιμότητας (European Commission, 2016).

Η αποτελεσματική λειτουργία του βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στη σωστή εφαρμογή του και στη συνεχή παρακολούθηση των κρίσιμων σημείων ελέγχου. Η τακτική αξιολόγηση των κινδύνων, η κατάλληλη εκπαίδευση του προσωπικού και η προσαρμογή του στις ανάγκες και τις ιδιαιτερότητες κάθε επιχείρησης αποτελούν βασικές προϋποθέσεις για την επιτυχία του. Δεν εφαρμόζεται μεμονωμένα, αλλά αποτελεί μέρος ενός ευρύτερου συστήματος διαχείρισης,

το οποίο περιλαμβάνει προαπαιτούμενα προγράμματα που διασφαλίζουν τις βασικές συνθήκες υγιεινής και ασφάλειας στο περιβάλλον παραγωγής (European Commission, 2016).

Το σύστημα HACCP συμβάλλει ουσιαστικά στη μείωση των κινδύνων που σχετίζονται με την ασφάλεια των τροφίμων, στην ενίσχυση της ιχνηλασιμότητας, στη βελτίωση της παρακολούθησης των παραγωγικών διεργασιών και στην αύξηση της εμπιστοσύνης των καταναλωτών. Η αποτελεσματικότητά του στηρίζεται στην ολοκληρωμένη αξιολόγηση όλων των σταδίων της τροφικής αλυσίδας, από την παραγωγή των πρώτων υλών έως την τελική κατανάλωση, ώστε να διασφαλίζεται η παραγωγή ασφαλών τροφίμων (Radu et al., 2023).

2.2.1 Βασικές αρχές HACCP

Η εφαρμογή του συστήματος HACCP βασίζεται σε επτά θεμελιώδεις αρχές, οι οποίες αποτελούν τον κορμό για τον σχεδιασμό και την αποτελεσματική λειτουργία ενός συστήματος διαχείρισης ασφάλειας τροφίμων. Οι αρχές αυτές στοχεύουν στην πρόληψη και τον έλεγχο πιθανών κινδύνων σε όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας, από την παραλαβή των πρώτων υλών έως και τη διάθεση του τελικού προϊόντος στον καταναλωτή. Η εφαρμογή τους βασίζεται κυρίως στον έλεγχο των ίδιων των διεργασιών και όχι μόνο του τελικού προϊόντος, επιτρέποντας έτσι τον έγκαιρο εντοπισμό και την αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση κινδύνων που μπορεί να επηρεάσουν την ασφάλεια των τροφίμων (Arvanitoyannis, 2009).

Συνοπτικά οι 7 αρχές του συστήματος HACCP είναι οι εξής:

1^η Αρχή: Ανάλυση κινδύνων

Η πρώτη αρχή αφορά τον εντοπισμό και την αξιολόγηση των πιθανών κινδύνων που μπορεί να εμφανιστούν σε κάθε στάδιο της παραγωγής. Οι κίνδυνοι αυτοί μπορεί να είναι βιολογικοί, χημικοί ή φυσικοί και αξιολογούνται με βάση τη σοβαρότητα και την πιθανότητα εμφάνισής τους. Η ανάλυση κινδύνων αποτελεί το θεμέλιο για την ανάπτυξη ενός αποτελεσματικού συστήματος HACCP, καθώς καθορίζει τα επόμενα στάδια ελέγχου (Arvanitoyannis, 2009).

2^η Αρχή: Προσδιορισμός κρίσιμων σημείων ελέγχου (CCPs)

Η δεύτερη αρχή του συστήματος HACCP αφορά τον προσδιορισμό των Κρίσιμων Σημείων Ελέγχου (Critical Control Points – CCPs), δηλαδή των σταδίων της παραγωγικής διαδικασίας όπου ο έλεγχος είναι απαραίτητος για την πρόληψη, εξάλειψη ή μείωση ενός κινδύνου σε αποδεκτό επίπεδο. Τα CCPs αποτελούν σημαντικό στοιχείο του συστήματος, καθώς συνδέουν την ανάλυση κινδύνων με την εφαρμογή μέτρων ελέγχου και διασφαλίζουν ότι η παραγωγή τροφίμων παραμένει ασφαλής για τον καταναλωτή (Schmidt & Newslow, 2007). Ο

προσδιορισμός τους βασίζεται στην ανάλυση κινδύνων και στο διάγραμμα ροής της παραγωγής, καθώς για κάθε στάδιο εξετάζεται αν υπάρχει σημαντικός κίνδυνος και αν υπάρχουν κατάλληλα μέτρα ελέγχου. Αν ένας κίνδυνος θεωρείται πιθανός και σημαντικός, πρέπει να ελέγχεται είτε μέσω CCP είτε μέσω προαπαιτούμενων προγραμμάτων, όπως η υγιεινή, καθαρισμός και έλεγχος εξοπλισμού, τα οποία αποτελούν τη βάση του συστήματος ασφάλειας τροφίμων (European Commission, 2016).

Για την αναγνώριση των CCPs χρησιμοποιείται συχνά το «δέντρο αποφάσεων», ένα εργαλείο που περιλαμβάνει διαδοχικές ερωτήσεις, όπως αν υπάρχει κίνδυνος στο συγκεκριμένο στάδιο, αν υπάρχει μέτρο ελέγχου και αν ο έλεγχος είναι απαραίτητος σε αυτό το σημείο ή μπορεί να εφαρμοστεί σε επόμενο στάδιο. Το διάγραμμα αυτό βοηθά στην επιλογή των CCPs και αποτρέπει τον χαρακτηρισμό υπερβολικά πολλών ή πολύ λίγων σημείων ως κρίσιμων. Παραδείγματα CCPs στη βιομηχανία τροφίμων περιλαμβάνουν θερμικές διεργασίες, όπως η παστερίωση ή η αποστείρωση, όπου εξαλείφονται παθογόνοι μικροοργανισμοί, καθώς και ελέγχους φυσικών κινδύνων, όπως η ανίχνευση μετάλλων σε προϊόντα. Σε άλλες περιπτώσεις, όπως η καθαριότητα εξοπλισμού, ο έλεγχος μπορεί να γίνεται αποτελεσματικότερα μέσω προαπαιτούμενων προγραμμάτων και όχι ως CCP (Schmidt & Newslow, 2007).

3η Αρχή: Καθορισμός κρίσιμων ορίων

Η τρίτη αρχή περιλαμβάνει τον καθορισμό συγκεκριμένων ορίων για κάθε κρίσιμο σημείο ελέγχου, τα οποία διαχωρίζουν το αποδεκτό από το μη αποδεκτό επίπεδο ασφάλειας. Τα όρια αυτά μπορεί να σχετίζονται με παραμέτρους όπως η θερμοκρασία, ο χρόνος ή το pH. Η ύπαρξη σαφών κρίσιμων ορίων επιτρέπει την αντικειμενική αξιολόγηση της διαδικασίας και την έγκαιρη ανίχνευση αποκλίσεων (European Commission, 2016)

4η Αρχή: Καθιέρωση συστήματος παρακολούθησης

Η τέταρτη αρχή αφορά την ανάπτυξη διαδικασιών παρακολούθησης των κρίσιμων σημείων, ώστε να διασφαλίζεται ότι παραμένουν εντός των καθορισμένων ορίων. Η παρακολούθηση μπορεί να περιλαμβάνει μετρήσεις, παρατηρήσεις ή καταγραφές σε τακτά χρονικά διαστήματα και θα πρέπει να είναι συνεχής καθώς αποτελεί κύριο παράγοντα για την πρόληψη κινδύνων και τη διατήρηση της ασφάλειας των τροφίμων (Radu et al., 2023)

5η Αρχή: Καθορισμός διορθωτικών ενεργειών

Η πέμπτη αρχή αφορά τις ενέργειες που πρέπει να λαμβάνονται όταν διαπιστώνεται απόκλιση από τα κρίσιμα όρια. Οι διορθωτικές ενέργειες στοχεύουν στην αποκατάσταση του ελέγχου

της διαδικασίας και στην αποτροπή διάθεσης μη ασφαλών προϊόντων στην αγορά. Η άμεση και κατάλληλη εφαρμογή τους είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της αποτελεσματικότητας του συστήματος (European Commission, 2016).

6^η Αρχή: Διαδικασίες επαλήθευσης

Η έκτη αρχή περιλαμβάνει τη θέσπιση διαδικασιών επαλήθευσης, με σκοπό την επιβεβαίωση ότι το σύστημα HACCP λειτουργεί αποτελεσματικά. Οι διαδικασίες αυτές μπορεί να περιλαμβάνουν εσωτερικούς ελέγχους, εργαστηριακές αναλύσεις και αξιολόγηση των καταγραφών ώστε να διασφαλίζεται ότι το σύστημα παραμένει αξιόπιστο και προσαρμόζεται σε πιθανές αλλαγές (Arvanitoyannis, 2009).

7^η Αρχή: Τεκμηρίωση και καταγραφή

Η έβδομη αρχή αφορά την τήρηση πλήρους τεκμηρίωσης όλων των διαδικασιών, των μετρήσεων και των ενεργειών που σχετίζονται με το σύστημα HACCP. Στα αρχεία περιλαμβάνονται πληροφορίες σχετικά με την ανάλυση κινδύνων, τα κρίσιμα σημεία ελέγχου, τα καθορισμένα όρια, τα αποτελέσματα των μετρήσεων, τις διορθωτικές ενέργειες και τις διαδικασίες επαλήθευσης. Η τεκμηρίωση είναι απαραίτητη για την απόδειξη της συμμόρφωσης με τις απαιτήσεις και διευκολύνει τους ελέγχους από τις αρμόδιες αρχές, υποστηρίζοντας παράλληλα τη συνεχή βελτίωση του συστήματος και την ενίσχυση της διαφάνειας. (European Commission, 2016)).

2.2.2 Κατηγορίες κινδύνων στα τρόφιμα

Σύμφωνα με τον Arvanitoyannis (2009), η αναγνώριση και η ανάλυση των κινδύνων είναι από τα πιο σημαντικά στάδια του συστήματος HACCP, γιατί πάνω σε αυτά στηρίζονται όλα τα μέτρα που εφαρμόζονται για την ασφάλεια των τροφίμων. Οι κίνδυνοι στα τρόφιμα χωρίζονται κυρίως σε τρεις κατηγορίες: βιολογικούς, χημικούς και φυσικούς, ενώ εξίσου σημαντική σημασία δίνεται και στους αλλεργιογόνους κινδύνους.

Οι βιολογικοί κίνδυνοι είναι οι πιο συχνοί και επικίνδυνοι, καθώς συνδέονται άμεσα με τροφιμογενείς ασθένειες. Σε αυτούς ανήκουν μικροοργανισμοί όπως βακτήρια (π.χ. Salmonella, Listeria, E. coli), ιοί και παράσιτα. Οι μικροοργανισμοί μπορούν να περάσουν στα τρόφιμα μέσω μολυσμένων πρώτων υλών, κακής υγιεινής ή επιμόλυνσης κατά την επεξεργασία και η ανάπτυξή τους επηρεάζεται από παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η υγρασία και το pH, γι' αυτό είναι πολύ σημαντικό να ελέγχονται σωστά οι συνθήκες παραγωγής και αποθήκευσης.

Οι χημικοί κίνδυνοι σχετίζονται με ουσίες που μπορεί να υπάρχουν στα τρόφιμα και να επηρεάσουν αρνητικά την υγεία του καταναλωτή. Σε αυτές περιλαμβάνονται υπολείμματα φυτοφαρμάκων και φαρμάκων, βαρέα μέταλλα, τοξίνες, αλλά και ουσίες από καθαριστικά που δεν έχουν απομακρυνθεί σωστά κατά τη διαδικασία παραγωγής. Ακόμη, ορισμένες χημικές ουσίες είναι δυνατόν να μεταφερθούν στα τρόφιμα και μέσω των υλικών συσκευασίας, γεγονός που καθιστά πολύ σημαντική την τήρηση των επιτρεπόμενων ορίων και των απαιτήσεων ασφάλειας σε όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας.

Οι φυσικοί κίνδυνοι σχετίζονται με την παρουσία ξένων αντικειμένων μέσα στα τρόφιμα, όπως γυαλί, μέταλλο, πλαστικό ή ξύλο. Αυτά μπορεί να προκαλέσουν τραυματισμό στον καταναλωτή και συνήθως εμφανίζονται λόγω προβλημάτων στον εξοπλισμό, κακής συντήρησης ή λανθασμένων χειρισμών. Η σωστή οργάνωση της παραγωγής και η εφαρμογή καλών πρακτικών υγιεινής βοηθούν σημαντικά στην αποφυγή τους.

Τέλος, τα αλλεργιογόνα αποτελούν μια σημαντική κατηγορία κινδύνων στα τρόφιμα, καθώς μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές αντιδράσεις σε άτομα με αλλεργίες. Σε αντίθεση με άλλους κινδύνους, δεν επηρεάζουν όλους τους καταναλωτές, αλλά συγκεκριμένες ευαίσθητες ομάδες. Τα πιο συνηθισμένα αλλεργιογόνα είναι το γάλα, τα αυγά, οι ξηροί καρποί, η γλουτένη, τα ψάρια και η σόγια, και πρέπει να αναγράφονται υποχρεωτικά στην ετικέτα των τροφίμων.

Στο σύστημα HACCP, τα αλλεργιογόνα αναγνωρίζονται ως ξεχωριστός τύπος κινδύνου και πρέπει να αξιολογούνται σε όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας, από τις πρώτες ύλες έως το τελικό προϊόν, καθώς υπάρχει κίνδυνος διασταυρούμενης επιμόλυνσης, δηλαδή μεταφοράς τους από ένα προϊόν σε άλλο, μέσω εξοπλισμού ή προσωπικού. Επειδή δεν καταστρέφονται εύκολα κατά την επεξεργασία, η πρόληψη και η σωστή επισήμανση είναι τα πιο σημαντικά μέτρα για την προστασία των καταναλωτών (Jankovic, Velebit, Lakicevic, Mitrovic, & Milojevic, 2021).

2.3 Προαπαιτούμενα Προγράμματα (PRPs)

Τα Προαπαιτούμενα Προγράμματα (PRPs) αποτελούν τη βασική υποδομή πάνω στην οποία στηρίζεται κάθε σύστημα ασφάλειας τροφίμων και είναι απαραίτητα για την αποτελεσματική λειτουργία του HACCP. Στόχος τους είναι η δημιουργία ενός ελεγχόμενου, καθαρού και ασφαλούς περιβάλλοντος παραγωγής, μέσα στο οποίο μειώνεται η πιθανότητα εμφάνισης κινδύνων πριν ακόμη αυτοί αξιολογηθούν μέσω της ανάλυσης HACCP. Τα PRPs δεν αφορούν

μόνο ένα στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας, αλλά καλύπτουν εκείνες τις δραστηριότητες που σχετίζονται με τις εγκαταστάσεις, τον εξοπλισμό, το προσωπικό, τις πρώτες ύλες, την αποθήκευση, τη μεταφορά και τις καθημερινές πρακτικές υγιεινής και λειτουργίας της επιχείρησης.

Βασικά στοιχεία των προαπαιτούμενων, αποτελούν οι Ορθές Βιομηχανικές Πρακτικές (GMPs) και οι Ορθές Πρακτικές Υγιεινής (GHPs), οι οποίες συμβάλλουν ουσιαστικά στη διασφάλιση της ποιότητας και της ασφάλειας των τροφίμων (Varzakas & Arvanitoyannis, 2008). Οι GMPs εστιάζουν κυρίως στην ορθή οργάνωση και διαχείριση της παραγωγικής διαδικασίας, ώστε τα προϊόντα να παράγονται με σταθερό και ελεγχόμενο τρόπο. Περιλαμβάνουν απαιτήσεις που σχετίζονται με τον σχεδιασμό των χώρων παραγωγής, τον επαρκή φωτισμό και αερισμό, την καταλληλότητα και συντήρηση του εξοπλισμού, τη σωστή διαχείριση των πρώτων υλών και την αποφυγή διασταυρούμενης επιμόλυνσης (European Commission, 2016).

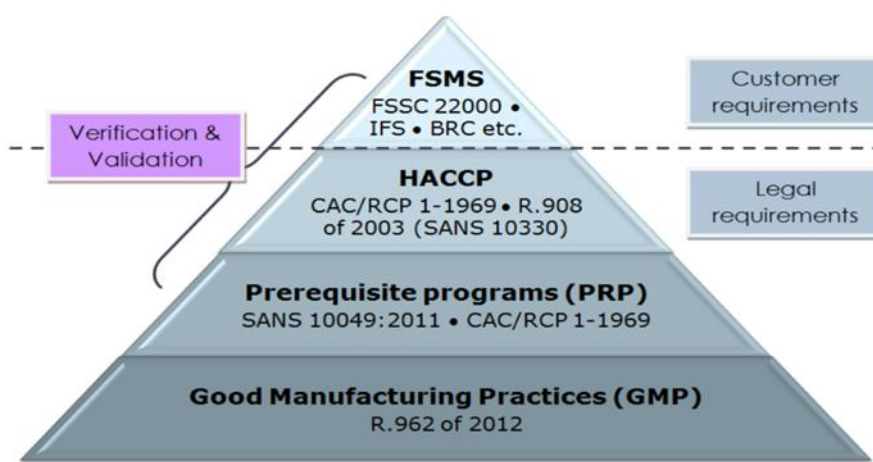
Οι GHPs επικεντρώνονται περισσότερο στην υγιεινή και στις καθημερινές πρακτικές που βοηθούν στην πρόληψη επιμολύνσεων. Περιλαμβάνουν διαδικασίες καθαρισμού και απολύμανσης, έλεγχο παρασίτων, διαχείριση αποβλήτων, έλεγχο νερού, σωστή προσωπική υγιεινή και τήρηση κατάλληλων συνθηκών αποθήκευσης και μεταφοράς (Codex Alimentarius, 2023). Πολύ σημαντικός επίσης θεωρείται ο έλεγχος της θερμοκρασίας σε όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας, καθώς και η τακτική παρακολούθηση των συνθηκών ψύξης και αποθήκευσης, ειδικά σε προϊόντα υψηλής ευαισθησίας όπως οι έτοιμες προς κατανάλωση σαλάτες.

Οι εργαζόμενοι έχουν καθοριστικό ρόλο στην αποτελεσματική εφαρμογή των PRPs, καθώς η σωστή τήρηση των κανόνων υγιεινής, η χρήση του απαραίτητου προστατευτικού εξοπλισμού και η κατανόηση των διαδικασιών ασφάλειας τροφίμων επηρεάζουν άμεσα τη σωστή λειτουργία του συστήματος. Η συνεχής εκπαίδευση του προσωπικού βοηθά στη μείωση πιθανών λαθών και αστοχιών, ενώ η ύπαρξη σαφών οδηγιών εργασίας, καταγραφών και διαδικασιών επαλήθευσης διευκολύνει την παρακολούθηση και τη συνεχή βελτίωση των διαδικασιών (de Oliveira et al., 2016).

Επιπλέον, στα PRPs περιλαμβάνονται διαδικασίες που σχετίζονται με την αξιολόγηση των προμηθευτών και τον έλεγχο των πρώτων υλών, ώστε να διασφαλίζεται ότι τα εισερχόμενα προϊόντα πληρούν τις απαιτούμενες προδιαγραφές. Η ιχνηλασιμότητα έχει επίσης σημαντικό

ρόλο, καθώς επιτρέπει την παρακολούθηση της πορείας των προϊόντων και τη διαχείριση πιθανών αποκλίσεων ή προβλημάτων κατά τη διάρκεια της παραγωγής και διακίνησης.

Συνοψίζοντας, οι GMPs και οι GHPs αποτελούν τη βάση κάθε συστήματος ασφάλειας τροφίμων. Δεν στοχεύουν άμεσα στην αντιμετώπιση συγκεκριμένων κινδύνων, αλλά στη δημιουργία ενός ελεγχόμενου και ασφαλούς περιβάλλοντος μέσα στο οποίο μπορεί να εφαρμοστεί αποτελεσματικά το σύστημα HACCP (de Oliveira et al., 2016).



Εικόνα 2-2: Πυραμίδα συστημάτων διαχείρισης ασφάλειας τροφίμων

(Πηγή: Lee, Daraba, Voidarou, Rozos, Enshasy & Varzakas, 2021)

2.4 Συστήματα Διαχείρισης Ασφάλειας Τροφίμων

Η ασφάλεια τροφίμων αποτελεί βασική προϋπόθεση για την προστασία της δημόσιας υγείας και για τη σωστή λειτουργία της αγροδιατροφικής αλυσίδας. Η παραγωγή, η μεταποίηση, η αποθήκευση, η μεταφορά και η διάθεση τροφίμων περιλαμβάνουν πολλά στάδια, στα οποία μπορεί να εμφανιστούν βιολογικοί, χημικοί ή φυσικοί κίνδυνοι. Αυτό σημαίνει ότι οι επιχειρήσεις τροφίμων χρειάζονται οργανωμένα συστήματα που να επιτρέπουν την πρόληψη, την παρακολούθηση και τον έλεγχο αυτών των κινδύνων σε όλη τη διαδρομή του προϊόντος, από την πρώτη ύλη έως τον τελικό καταναλωτή (Panghal, Chhikara, Sindhu & Jaglan, 2018).

Τα Συστήματα Διαχείρισης Ασφάλειας Τροφίμων (ΣΔΑΤ), δημιουργήθηκαν ακριβώς για να καλύψουν αυτή την ανάγκη. Στόχος τους δεν είναι απλώς να ελεγχθεί το τελικό προϊόν, αλλά να οργανωθεί η λειτουργία της επιχείρησης με τρόπο που να προλαμβάνει την εμφάνιση

προβλημάτων. Με αυτόν τον τρόπο, η ασφάλεια τροφίμων αντιμετωπίζεται ως μια συνεχής διαδικασία και όχι ως ένας αποσπασματικός τελικός έλεγχος. Η λογική αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική στη σύγχρονη βιομηχανία τροφίμων, όπου η πολυπλοκότητα των εφοδιαστικών αλυσίδων και οι αυξημένες απαιτήσεις της αγοράς καθιστούν αναγκαία τη λειτουργία κοινών και σαφών κανόνων.

Κεντρική βάση των ΣΔΑΤ είναι η προληπτική προσέγγιση. Αυτό σημαίνει ότι η επιχείρηση προσπαθεί να αναγνωρίσει εγκαίρως πού μπορεί να εμφανιστεί ένας κίνδυνος και να πάρει τα κατάλληλα μέτρα πριν αυτός επηρεάσει το προϊόν. Η πιο γνωστή μεθοδολογία που στηρίζει αυτή τη λογική είναι το σύστημα HACCP, δηλαδή η ανάλυση κινδύνων και τα κρίσιμα σημεία ελέγχου. Μέσω αυτού εντοπίζονται τα στάδια της παραγωγής όπου απαιτείται αυξημένος έλεγχος, ώστε να αποφευχθεί ή να μειωθεί ένας κίνδυνος σε αποδεκτό επίπεδο (Lee, Daraba, Voidarou, Rozos, Enshasy & Varzakas, 2021).

Η αποτελεσματική εφαρμογή ενός ΣΔΑΤ απαιτεί, πέρα από τις τεχνικές διαδικασίες, σαφή κατανομή αρμοδιοτήτων, επαρκή εκπαίδευση του προσωπικού, σωστή τεκμηρίωση, δυνατότητα ιχνηλασιμότητας και αποτελεσματική επικοινωνία, καθώς τα συστήματα ασφάλειας τροφίμων βασίζονται σε οργανωμένες διαδικασίες διαχείρισης, ελέγχου και συντονισμού σε όλα τα επίπεδα της επιχείρησης (Panghal et al., 2018). Η επιχείρηση οφείλει να γνωρίζει ποιος είναι υπεύθυνος για κάθε διαδικασία, να κρατά αρχεία για τις ενέργειες που κάνει και να μπορεί να παρακολουθεί την πορεία του προϊόντος σε όλα τα στάδια, μέσω κατάλληλης τεκμηρίωσης και συστημάτων διαχείρισης (Rihawi, 2024).

Η ιχνηλασιμότητα θεωρείται σημαντική, γιατί δίνει τη δυνατότητα γρήγορης παρέμβασης σε περίπτωση προβλήματος ή ανάκλησης προϊόντων. Ταυτόχρονα, η συνεχής εκπαίδευση βοηθά το προσωπικό να εφαρμόζει σωστά τους κανόνες και να μειώνει τα λάθη στην πράξη, συμβάλλοντας στη βελτίωση της συμμόρφωσης και της συνολικής απόδοσης της επιχείρησης (Rihawi, 2024).

Εξίσου κρίσιμο ρόλο παίζει και η διοικητική πλευρά των ΣΔΑΤ. Η αποτελεσματικότητα ενός τέτοιου συστήματος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη δέσμευση της διοίκησης, από την παροχή πόρων και από τη διαμόρφωση κατάλληλης κουλτούρας ασφάλειας τροφίμων μέσα στην επιχείρηση. Όταν η διοίκηση δείχνει έμπρακτα ότι το θέμα την αφορά, τότε και το προσωπικό τείνει να λειτουργεί πιο υπεύθυνα και οργανωμένα. Αντίθετα, σε περιπτώσεις όπου υπάρχει αδιαφορία, ελλιπής επίβλεψη ή ακόμη και φόβος στο να αναφερθούν προβλήματα, αυξάνεται ο κίνδυνος σοβαρών αποτυχιών. Πολλές τροφιμογενείς κρίσεις έχουν δείξει ότι οι

αποτυχίες δεν οφείλονται μόνο σε τεχνικά λάθη, αλλά και σε ελλείψεις σε οργάνωση, ευθύνη και ηγεσία (Lee et al., 2021) .

Σε γενικές γραμμές, τα ΣΔΑΤ προσφέρουν ουσιαστικά οφέλη στις επιχειρήσεις του κλάδου τροφίμων. Συμβάλλουν στον καλύτερο έλεγχο των κινδύνων, στη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων και στη συμμόρφωση με τις νομοθετικές απαιτήσεις, ενώ ταυτόχρονα μειώνουν τα παράπονα και τις μη συμμορφώσεις καθώς αποτελούν οργανωμένα συστήματα που στοχεύουν στη διασφάλιση της ασφάλειας και της ποιότητας των τροφίμων (Panghal et al., 2018). Η εφαρμογή τους φαίνεται να έχει και πιο έμμεσα οφέλη. Βοηθούν τις επιχειρήσεις να οργανώσουν καλύτερα τις διαδικασίες τους, να λειτουργούν με πιο σαφείς κανόνες και να ανταποκρίνονται πιο εύκολα στις απαιτήσεις της αγοράς, ειδικά όταν πρόκειται για πιο απαιτητικά ή διεθνή περιβάλλοντα (Escanciano & Santos-Vijande, 2014). Ίσως γι' αυτό δεν αντιμετωπίζονται πλέον μόνο ως ένα εργαλείο ελέγχου, αλλά περισσότερο ως μέρος μιας ευρύτερης στρατηγικής διοίκησης και ανάπτυξης στον τομέα των τροφίμων (Panghal et al., 2018).

2.4.1 Το πρότυπο ISO 22000:2018

Ανάμεσα στα διαθέσιμα συστήματα ασφάλειας τροφίμων, το ISO 22000 ξεχωρίζει, κυρίως γιατί πρόκειται για ένα διεθνές πρότυπο που μπορεί να εφαρμοστεί σε όλα τα στάδια της τροφικής αλυσίδας καλύπτοντας κάθε οργανισμό που εμπλέκεται άμεσα ή έμμεσα στην παραγωγή και διακίνηση τροφίμων (Panghal et al., 2018). Δεν αφορά μόνο τη μεταποίηση ή την παραγωγή, αλλά επεκτείνεται σε κάθε φορέα που εμπλέκεται άμεσα ή έμμεσα, από προμηθευτές πρώτων υλών και υλικών συσκευασίας μέχρι μεταφορείς και αποθηκευτές καθώς το πρότυπο έχει σχεδιαστεί ώστε να εφαρμόζεται σε όλους τους κρίκους της αλυσίδας τροφίμων (Escanciano & Santos-Vijande, 2014). Στόχος είναι να διασφαλίσει ότι όλοι αυτοί οι κρίκοι λειτουργούν με συντονισμένο τρόπο ως προς την ασφάλεια των τροφίμων. (Panghal et al., 2018). Με αυτή τη λογική, η ασφάλεια δεν αντιμετωπίζεται αποσπασματικά, αλλά ως κάτι που διατρέχει ολόκληρη την αλυσίδα από το αρχικό στάδιο της παραγωγής μέχρι την τελική κατανάλωση (Escanciano & Santos-Vijande, 2014).

Το πρότυπο ISO 22000 συνδυάζει στοιχεία που συμβάλλουν στην ολοκληρωμένη διαχείριση της ασφάλειας τροφίμων σε όλη την αλυσίδα παραγωγής. Συγκεκριμένα, εστιάζει στην αποτελεσματική επικοινωνία μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών και στην συνεχή τήρηση των διαδικασιών, καθώς η επικοινωνία και η διαχείριση συστημάτων αποτελούν βασικά χαρακτηριστικά του προτύπου (Lee et al., 2021). Μεγάλη σημασία δίνεται και στον έλεγχο

των κινδύνων μέσω της εφαρμογής προαπαιτούμενων προγραμμάτων και του συστήματος HACCP τα οποία λειτουργούν συμπληρωματικά για την πρόληψη και τον έλεγχο των κινδύνων (Panghal et al., 2018).

Ταυτόχρονα ενσωματώνει τις αρχές του συστήματος HACCP και τα βήματα εφαρμογής που έχουν καθοριστεί από την Επιτροπή του Codex Alimentarius, συνδυάζοντας τα προαπαιτούμενα προγράμματα με τις διαδικασίες ανάλυσης και ελέγχου κινδύνων (Lee et al., 2021). Επιπλέον, απαιτεί την τεκμηρίωση της συμμόρφωσης με τις ισχύουσες νομοθετικές και κανονιστικές απαιτήσεις, διασφαλίζοντας την αποτελεσματική λειτουργία του συστήματος και τη συνεχή βελτίωσή του (Rihawi, 2024). Σύμφωνα με τους Panghal et al., (2018) & Rihawi, (2024), η έκδοση ISO 22000:2018 βασίζεται επίσης σε θεμελιώδεις αρχές διοίκησης που είναι κοινές στα πρότυπα συστημάτων διαχείρισης. Οι αρχές αυτές περιλαμβάνουν την εστίαση στις ανάγκες του πελάτη, τη δέσμευση και την ηγεσία της διοίκησης, την ενεργό συμμετοχή του προσωπικού, την εφαρμογή διεργασιακής προσέγγισης, την συνεχή βελτίωση των επιδόσεων, τη λήψη αποφάσεων βάσει τεκμηριωμένων δεδομένων και τη διαχείριση των σχέσεων με τα ενδιαφερόμενα μέρη.

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του είναι η εφαρμογή του κύκλου Plan–Do–Check–Act. Ο κύκλος αυτός επιτρέπει στην επιχείρηση να σχεδιάζει το σύστημα, να το εφαρμόζει στην πράξη, να ελέγχει τα αποτελέσματα και στη συνέχεια να προχωρά σε διορθώσεις και βελτιώσεις όπου χρειάζεται. Έτσι, το σύστημα δεν μένει στατικό, αλλά εξελίσσεται συνεχώς ανάλογα με τις ανάγκες της επιχείρησης και τις απαιτήσεις του εξωτερικού περιβάλλοντος

Στην πράξη, το ISO 22000:2018 συνδυάζει τις βασικές απαιτήσεις υγιεινής, την ανάλυση κινδύνων και τις αρχές της οργανωμένης διοίκησης σε ένα ενιαίο σύστημα διαχείρισης, ενσωματώνοντας την ασφάλεια τροφίμων σε όλες τις διαδικασίες της επιχείρησης και όχι μόνο στο τεχνικό μέρος της παραγωγής. Για να εφαρμοστεί αποτελεσματικά, απαιτείται σαφής κατανομή αρμοδιοτήτων, κατάλληλη εκπαίδευση και ενημέρωση του προσωπικού, καθώς και σωστή επικοινωνία τόσο στο εσωτερικό της επιχείρησης όσο και με εξωτερικούς συνεργάτες.

Σημαντικό ρόλο παίζει η τεκμηρίωση των διαδικασιών και η συνεχής παρακολούθηση των αποτελεσμάτων, ώστε να εντοπίζονται έγκαιρα πιθανές αποκλίσεις, καθώς τα συστήματα διαχείρισης ασφάλειας τροφίμων απαιτούν καταγραφή και έλεγχο των διαδικασιών για την επαλήθευση της ορθής λειτουργίας τους (Panghal et al., 2018). Η ενεργή υποστήριξη από τη διοίκηση είναι επίσης καθοριστική, καθώς αυτή διασφαλίζει τη διάθεση των απαραίτητων

πόρων δημιουργώντας συνθήκες που ευνοούν τη συνεχή βελτίωση του συστήματος (Lee et al., 2021).

Ιδιαίτερη σημασία έχει επίσης η ιχνηλασιμότητα, δηλαδή η παρακολούθηση της πορείας ενός προϊόντος σε όλα τα στάδια της αλυσίδας, καθώς αποτελεί βασική απαίτηση των συστημάτων διαχείρισης ασφάλειας τροφίμων, ενισχύοντας τον αποτελεσματικό έλεγχο της παραγωγής και της διακίνησης (Panghal et al., 2018). Το ISO 22000:2018 δίνει μεγάλη βαρύτητα στην τεκμηρίωση και στα αρχεία, επειδή χωρίς αυτά δεν μπορεί να αποδειχθεί ότι οι διαδικασίες τηρούνται σωστά. Η ύπαρξη τεκμηρίωσης βοηθά τόσο στους εσωτερικούς ελέγχους όσο και σε περιπτώσεις εξωτερικής επιθεώρησης ή ανάκλησης προϊόντων κάνοντας πιο εύκολη την αξιολόγηση του συστήματος και τη λήψη αποφάσεων με βάση πραγματικά δεδομένα και όχι υποθέσεις (Rihawi, 2024).

Η εφαρμογή του ISO 22000:2018 μπορεί να προσφέρει αρκετά πρακτικά οφέλη στις επιχειρήσεις τροφίμων συμβάλλοντας σε μια πιο οργανωμένη λειτουργία, με σαφέστερες διαδικασίες και καλύτερο έλεγχο σε όλα τα στάδια της παραγωγής (Escanciano & Santos-Vijande, 2014). Αυτό συνήθως οδηγεί και σε μείωση των μη συμμορφώσεων, αφού τα πιθανά προβλήματα εντοπίζονται πιο έγκαιρα, μέσω της διαρκούς παρακολούθησης και αξιολόγησης των διαδικασιών (Rihawi, 2024). Επίσης, ενισχύεται η αξιοπιστία και η εικόνα της επιχείρησης, κάτι πολύ σημαντικό σε έναν κλάδο όπου η εμπιστοσύνη των πελατών και των καταναλωτών παίζει καθοριστικό ρόλο, καθώς η εφαρμογή συστημάτων ασφάλειας τροφίμων δείχνει ότι η επιχείρηση δίνει μεγάλη σημασία στην προστασία του καταναλωτή και στην παροχή ασφαλών προϊόντων (Escanciano & Santos-Vijande, 2014).

Επιπλέον, το γεγονός ότι πρόκειται για ένα διεθνώς αναγνωρισμένο πρότυπο διευκολύνει σημαντικά τη συνεργασία με διαφορετικές αγορές. Λειτουργεί, κατά κάποιο τρόπο, ως μια κοινή βάση κατανόησης μεταξύ επιχειρήσεων από διαφορετικές χώρες, κάτι που είναι πολύ χρήσιμο για όσες δραστηριοποιούνται ή θέλουν να επεκταθούν στο εξωτερικό. Έτσι, πέρα από την ασφάλεια, υποστηρίζει έμμεσα και την εξαγωγική δραστηριότητα (Escanciano & Santos-Vijande, 2014).

Ταυτόχρονα, δεν πρέπει να παραβλέπονται και οι δυσκολίες εφαρμογής του. Το κόστος εγκατάστασης και πιστοποίησης, η ανάγκη εκπαίδευσης του προσωπικού, η αναδιοργάνωση των διαδικασιών και η πιθανή αντίσταση στην αλλαγή αποτελούν πραγματικές προκλήσεις, κυρίως για μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις (Escanciano & Santos-Vijande, 2014). Επιπλέον, σε ορισμένες αγορές, η συνύπαρξη του ISO 22000 με άλλα πρότυπα όπως το BRC ή το IFS

μπορεί να δημιουργεί σύγχυση ή να αυξάνει τις απαιτήσεις συμμόρφωσης καθώς πολλές επιχειρήσεις καλούνται να ανταποκριθούν σε πολλαπλά πρότυπα και πιστοποιήσεις ταυτόχρονα (Escanciano & Santos-Vijande, 2014).

Παρ' όλα αυτά, τα οφέλη που συνδέονται με τη βελτίωση της απόδοσης, τη μείωση κινδύνων και την ενίσχυση της φήμης της επιχείρησης παραμένουν σημαντικά, αφού η εφαρμογή του προτύπου οδηγεί σε βελτιωμένη αποτελεσματικότητα, ποιότητα προϊόντων και ανταγωνιστικότητα στην αγορά (Rihawi, 2024).

2.4.2 Global Food Safety Initiative (GFSI)

Το Global Food Safety Initiative (GFSI) αποτελεί μια διεθνή πρωτοβουλία που δημιουργήθηκε το 2000 από το Consumer Goods Forum με στόχο τη βελτίωση της ασφάλειας των τροφίμων και την εναρμόνιση των απαιτήσεων που εφαρμόζονται στην παγκόσμια εφοδιαστική αλυσίδα τροφίμων. Σύμφωνα με τους Crandall, Mauromoustakos, O'Bryan, Thompson, Yiannas, Bridges & Francois, (2017). Η ανάπτυξή του συνδέθηκε με την αυξανόμενη ανάγκη για κοινά αποδεκτές προσεγγίσεις στην αξιολόγηση της ασφάλειας των τροφίμων και τη μείωση των πολλαπλών επιθεωρήσεων που διενεργούνταν από διαφορετικούς πελάτες και αλυσίδες του λιανεμπορίου.

Το GFSI δεν αποτελεί πρότυπο πιστοποίησης ούτε εκδίδει πιστοποιητικά συμμόρφωσης. Αντίθετα, λειτουργεί ως μηχανισμός αξιολόγησης και αναγνώρισης ιδιωτικών σχημάτων πιστοποίησης μέσω της διαδικασίας benchmarking. Μέσω αυτής της διαδικασίας αξιολογείται κατά πόσο τα επιμέρους πρότυπα πληρούν συγκεκριμένες απαιτήσεις ασφάλειας τροφίμων και διαχείρισης κινδύνων, ώστε να θεωρούνται ισοδύναμα μεταξύ τους.

Η αμοιβαία αναγνώριση των πιστοποιήσεων από επιχειρήσεις, προμηθευτές και πελάτες σε διεθνές επίπεδο συμβάλλει στην εναρμόνιση των απαιτήσεων ασφάλειας τροφίμων και στη διευκόλυνση του εμπορίου. Επιπλέον, μειώνεται η ανάγκη διενέργειας πολλαπλών επιθεωρήσεων από διαφορετικούς φορείς, ενώ ενισχύεται η αποτελεσματικότητα των συστημάτων διαχείρισης ασφάλειας τροφίμων που εφαρμόζονται στις επιχειρήσεις. (Crandall et al., 2017).

Σήμερα, μεταξύ των σημαντικότερων σχημάτων που έχουν αναγνωριστεί από το GFSI περιλαμβάνονται το IFS Food, το BRCGS Food Safety και το FSSC 22000. Η αναγνώριση αυτή έχει συμβάλει σημαντικά στην ευρύτερη αποδοχή τους από τη βιομηχανία τροφίμων και το λιανεμπόριο, καθώς παρέχει ένα κοινό πλαίσιο αξιολόγησης της ασφάλειας των τροφίμων σε διεθνές επίπεδο.

2.4.3 Το πρότυπο IFS Food

Το πρότυπο IFS Food αποτελεί ένα διεθνώς αναγνωρισμένο πρότυπο ελέγχου συμμόρφωσης προϊόντων και διεργασιών σε σχέση με την ασφάλεια και την ποιότητα των τροφίμων. Δημιουργήθηκε από τις γερμανικές και γαλλικές ενώσεις λιανεμπορίου, με στόχο την ύπαρξη ενός ενιαίου, συγκρίσιμου και διαφανούς συστήματος αξιολόγησης των προμηθευτών τροφίμων ιδιωτικής ετικέτας και σήμερα εφαρμόζεται παγκοσμίως σε παραγωγικές μονάδες τροφίμων.

Αποτελεί πρότυπο πιστοποίησης προϊόντος και διεργασιών, καθώς η αξιολόγηση δεν επικεντρώνεται μόνο στην ύπαρξη ενός συστήματος διαχείρισης, αλλά και στο κατά πόσο οι πραγματικές διαδικασίες της επιχείρησης μπορούν να διασφαλίσουν την παραγωγή ασφαλών, νόμιμων και ποιοτικών προϊόντων σύμφωνα με τις απαιτήσεις των πελατών. Η φιλοσοφία του βασίζεται στην επιτόπια αξιολόγηση, στον έλεγχο τεκμηρίωσης και στην ιχνηλασιμότητα μέσω δειγματοληψίας προϊόντων.

Το κύριο χαρακτηριστικό του προτύπου IFS Food είναι να εστιάζει τόσο στο ίδιο το προϊόν όσο και στον τρόπο με τον οποίο αυτό παράγεται. Κατά τη διάρκεια της επιθεώρησης, επιλέγονται συγκεκριμένα δείγματα προϊόντων και πραγματοποιείται έλεγχος ιχνηλασιμότητας, ενώ αξιολογούνται οι παραγωγικές διεργασίες, οι ορθές βιομηχανικές πρακτικές και τα κρίσιμα σημεία ελέγχου του συστήματος HACCP. Τα ευρήματα που προκύπτουν συγκρίνονται με τα αρχεία και την τεκμηρίωση της επιχείρησης, ώστε να διαπιστωθεί αν αυτά που δηλώνονται εφαρμόζονται και στην πράξη. Επίσης, το πρότυπο ακολουθεί μια προσέγγιση βασισμένη στους κινδύνους, επιτρέποντας στις επιχειρήσεις να προσαρμόζουν τις διαδικασίες τους ανάλογα με τους κινδύνους που σχετίζονται με τα προϊόντα και τις διεργασίες τους (IFS, 2023).

Η έκδοση 8 του προτύπου αποτελεί αναθεώρηση των προηγούμενων εκδόσεων και ενσωματώνει αλλαγές που ανταποκρίνονται καλύτερα στις σημερινές απαιτήσεις της αγοράς τροφίμων, όπου η διαφάνεια, η ασφάλεια και η εμπιστοσύνη έχουν αποκτήσει ακόμη μεγαλύτερη σημασία (Nowicki & Kafel, 2021). Η δομή του προτύπου είναι οργανωμένη με τρόπο που διευκολύνει τόσο την εφαρμογή όσο και την αξιολόγησή του.

Πιο συγκεκριμένα, το πρότυπο διαρθρώνεται σε τέσσερα κύρια μέρη. Το πρώτο αφορά το πρωτόκολλο πιστοποίησης και περιγράφει αναλυτικά τη διαδικασία της επιθεώρησης, καλύπτοντας τα στάδια πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την ολοκλήρωσή της. Το δεύτερο

μέρος περιλαμβάνει τη λίστα απαιτήσεων, η οποία καλύπτει όλους τους κρίσιμους τομείς λειτουργίας μιας επιχείρησης τροφίμων και αποτελεί τη βάση για την αξιολόγηση. Το τρίτο μέρος εστιάζει στις απαιτήσεις που πρέπει να πληρούν οι φορείς πιστοποίησης και οι επιθεωρητές, διασφαλίζοντας την αξιοπιστία της διαδικασίας και το τέταρτο μέρος σχετίζεται με την καταγραφή και αναφορά των αποτελεσμάτων, καθώς και με τη διαχείριση των δεδομένων μέσω των αντίστοιχων πληροφοριακών συστημάτων (IFS, 2023).

Οι απαιτήσεις του προτύπου οργανώνονται σε βασικές θεματικές ενότητες που καλύπτουν συνολικά τη λειτουργία μιας επιχείρησης τροφίμων, από τη δέσμευση της διοίκησης και το σύστημα διαχείρισης ασφάλειας και ποιότητας, έως τη διαχείριση πόρων, τις παραγωγικές διαδικασίες και τη συνεχή βελτίωση. Απαιτεί την εφαρμογή του HACCP για τον έλεγχο των κινδύνων, ενώ ενσωματώνει και στοιχεία από συστήματα διαχείρισης ποιότητας, όπως το ISO 9001 (Nowicki & Kafel, 2021). Το πρότυπο δίνει επίσης μεγάλη βαρύτητα σε κρίσιμους τομείς που σχετίζονται με την ασφάλεια και την ακεραιότητα των τροφίμων, όπως η πρόληψη της νοθείας (food fraud), η προστασία από σκόπιμη επιμόλυνση (food defence), η ιχνηλασιμότητα των προϊόντων και η αποτελεσματική εφαρμογή των προαπαιτούμενων προγραμμάτων.. Με τον τρόπο αυτό, διαμορφώνεται μια ολοκληρωμένη προσέγγιση που συνδυάζει την ασφάλεια με τη συνολική ποιότητα των προϊόντων (IFS, 2023).

Τέλος, η πιστοποίηση πραγματοποιείται σε ετήσια βάση και βασίζεται συγκεκριμένο σύστημα αξιολόγησης, το οποίο περιλαμβάνει διαφορετικούς τύπους επιθεωρήσεων, όπως αρχικές, επαναπιστοποίησης, επανελέγχου και επέκτασης. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό είναι ότι μέρος των επιθεωρήσεων πραγματοποιείται αιφνιδιαστικά, ώστε να αποτυπώνεται πιο ρεαλιστικά η καθημερινή λειτουργία της επιχείρησης. Επίσης, μέσω του IFS Integrity Program εφαρμόζεται ένα σύστημα εποπτείας των φορέων πιστοποίησης και των επιθεωρητών, με στόχο τη διασφάλιση της αξιοπιστίας και της αντικειμενικότητας των αποτελεσμάτων, ενισχύοντας έτσι την εμπιστοσύνη στο σύστημα πιστοποίησης (IFS, 2023).

2.5 Μελέτη αστοχίας (FMEA)

2.5.1 Εισαγωγή στην μέθοδο FMEA

Η μέθοδος FMEA αποτελεί ένα εργαλείο ανάλυσης κινδύνου που χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό και την αξιολόγηση πιθανών αστοχιών σε μια διαδικασία, πριν αυτές οδηγήσουν σε

προβλήματα ποιότητας ή ασφάλειας. Η μέθοδος εφαρμόστηκε αρχικά στον βιομηχανικό και αεροδιαστημικό τομέα, ωστόσο τα τελευταία χρόνια έχει βρει ευρεία εφαρμογή και στη βιομηχανία τροφίμων, βελτιώνοντας την ασφάλεια, την ποιότητα και την αξιοπιστία των παραγωγικών διαδικασιών (Wu & Hsiao, 2021).

Η βασική φιλοσοφία της FMEA είναι προληπτική, καθώς επικεντρώνεται στον εντοπισμό πιθανών προβλημάτων πριν αυτά εκδηλωθούν στην παραγωγική διαδικασία ή φτάσουν στον καταναλωτή. Μέσα από τη διαδικασία αυτή αναλύονται οι πιθανοί τρόποι αστοχίας, οι αιτίες που μπορούν να τους προκαλέσουν και οι επιπτώσεις που ενδέχεται να έχουν στην ποιότητα και την ασφάλεια του προϊόντος. Η μέθοδος βοηθάει επίσης στην καλύτερη κατανόηση των κρίσιμων σημείων μιας διαδικασίας και στη λήψη αποφάσεων για τις ενέργειες που απαιτούνται με στόχο τη μείωση του κινδύνου (Sharma & Srivastava, 2018).

Δείκτης Προτεραιότητας Κινδύνου (RPN)

Η εκτίμηση του κινδύνου στη FMEA βασίζεται σε τρεις βασικούς δείκτες:

- την σοβαρότητα (Severity) των συνεπειών,
- την πιθανότητα εμφάνισης (Occurrence),
- την δυνατότητα εντοπισμού (Detection).

Οι τρεις αυτοί παράγοντες συνδυάζονται για τον υπολογισμό του δείκτη RPN, σύμφωνα με τη σχέση: $RPN = O \times S \times D$

Κάθε παράγοντας βαθμολογείται σε κλίμακα από 1 έως 10, όπου οι υψηλότερες τιμές υποδηλώνουν μεγαλύτερο «κίνδυνο». Με βάση την τιμή του RPN γίνεται η ιεράρχηση των αστοχιών, ώστε να δοθεί προτεραιότητα στα πιο κρίσιμα προβλήματα (Sharma & Srivastava 2018). Σε ορισμένες εφαρμογές, όταν το RPN ξεπερνά ένα συγκεκριμένο όριο (π.χ. 130), απαιτείται άμεση εφαρμογή διορθωτικών ενεργειών για τη μείωση του κινδύνου (Varzakas & Arvanitoyannis, 2009).

Η εφαρμογή της μεθόδου ακολουθεί μια συγκεκριμένη διαδικασία. Αρχικά, καθορίζεται το αντικείμενο της ανάλυσης, το οποίο μπορεί να βασίζεται σε προβλήματα που έχουν ήδη παρατηρηθεί ή σε σημεία της διαδικασίας που θεωρούνται κρίσιμα. Στη συνέχεια, η διαδικασία απεικονίζεται σε μορφή διαγράμματος ροής, ώστε να γίνει σαφής η δομή και η αλληλουχία των επιμέρους σταδίων.

Έπειτα, καταγράφονται οι πιθανοί τρόποι αστοχίας σε κάθε στάδιο της διαδικασίας. Το στάδιο αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς απαιτεί καλή γνώση της παραγωγικής διαδικασίας και συνεργασία μεταξύ των μελών της ομάδας. Για κάθε πιθανή αστοχία εξετάζονται οι αιτίες που μπορεί να την προκαλέσουν, καθώς και οι επιπτώσεις που ενδέχεται να έχει στο προϊόν ή στη διαδικασία. Ακολουθεί η αξιολόγηση της σοβαρότητας, της πιθανότητας εμφάνισης και της δυνατότητας εντοπισμού της αστοχίας, ώστε να εκτιμηθεί το επίπεδο επικινδυνότητάς της.

Με βάση τις τιμές των δεικτών Severity, Occurrence και Detection υπολογίζεται ο Δείκτης RPN, ο οποίος χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση και ιεράρχηση των πιθανών αστοχιών. Όσο υψηλότερη είναι η τιμή του RPN, τόσο μεγαλύτερη θεωρείται η ανάγκη λήψης άμεσων διορθωτικών ή προληπτικών μέτρων (Wu & Hsiao, 2021). Τέλος, μετά την εφαρμογή των μέτρων, γίνεται επανέλεγχος για να διαπιστωθεί αν τα μέτρα ήταν αποτελεσματικά (Sharma & Srivastava, 2018). Μέσα από αυτή τη διαδικασία, η FMEA βοηθάει όχι μόνο στον εντοπισμό πιθανών προβλημάτων, αλλά και στον καθορισμό των σημείων της διαδικασίας που απαιτούν αυξημένη προσοχή και προτεραιότητα ως προς τη διαχείριση του κινδύνου (Wu & Hsiao, 2021).

Στον βιομηχανικό τομέα, η εφαρμογή της FMEA έχει αποκτήσει σημαντικό ρόλο στη μείωση των ελαττωμάτων και στη βελτίωση της συνολικής αποδοτικότητας της παραγωγικής διαδικασίας. Σε πιο σύνθετα συστήματα, μάλιστα, βοηθά στην ενίσχυση της αξιοπιστίας και της ασφαλούς λειτουργίας τους. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι ενθαρρύνει τη συνεργασία μεταξύ διαφορετικών ειδικοτήτων, αφού η ανάλυση απαιτεί τη συμβολή ομάδων με ποικίλες γνώσεις και εμπειρίες. Επίσης, διευκολύνει τη λήψη αποφάσεων που βασίζονται σε δεδομένα και συνεχή αξιολόγηση, αντί για υποκειμενικές εκτιμήσεις. Ωστόσο, η αποτελεσματικότητά της δεν είναι δεδομένη. Εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την εμπειρία και την κατάρτιση της ομάδας που τη χρησιμοποιεί, αλλά και από την ποιότητα των δεδομένων που αξιοποιούνται κατά την ανάλυση (Sharma & Srivastava, 2018).

2.5.2 Τύποι FMEA

Η μέθοδος FMEA διακρίνεται σε τρεις βασικούς τύπους, οι οποίοι εφαρμόζονται σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης ενός προϊόντος ή μιας διαδικασίας:

- **Concept FMEA (CFMEA)** εφαρμόζεται στα πρώτα στάδια ανάπτυξης, πριν ακόμη οριστικοποιηθούν τα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός προϊόντος. Σε αυτή τη φάση, η ανάλυση επικεντρώνεται κυρίως στην ίδια την ιδέα και στις βασικές λειτουργίες που πρόκειται να υλοποιηθούν. Στόχος είναι να εντοπιστούν πιθανοί τρόποι αστοχίας από

νωρίς και κυρίως εκείνοι που σχετίζονται με την αλληλεπίδραση μεταξύ διαφορετικών συστημάτων ή υποσυστημάτων, ώστε να αποφευχθούν προβλήματα σε μεταγενέστερα στάδια.

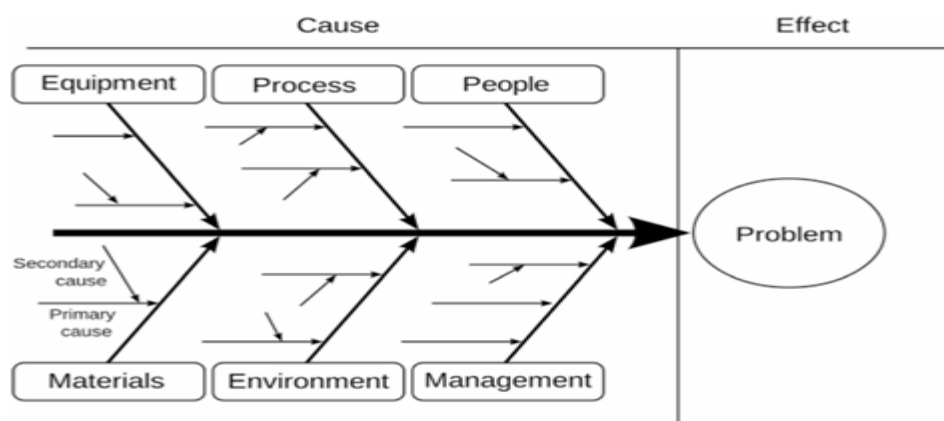
- **Design FMEA (DFMEA)** αφορά το στάδιο του σχεδιασμού και επικεντρώνεται στον εντοπισμό πιθανών αστοχιών που σχετίζονται με τη δομή και τα χαρακτηριστικά του προϊόντος. Μέσα από αυτή τη διαδικασία αξιολογείται αν ο σχεδιασμός καλύπτει τις απαιτήσεις λειτουργικότητας και απόδοσης, ενώ συγχρόνως εντοπίζονται πιθανά αδύναμα σημεία. Έτσι, δίνεται η δυνατότητα επιλογής πιο αξιόπιστων λύσεων και δημιουργείται μια χρήσιμη βάση γνώσης που μπορεί να αξιοποιηθεί και σε μελλοντικές εφαρμογές.
- **Process FMEA (PFMEA)** εφαρμόζεται στη φάση της παραγωγής και εξετάζει πιθανούς κινδύνους που συνδέονται με τη διαδικασία κατασκευής ή συναρμολόγησης. Εστιάζει στον εντοπισμό προβλημάτων που μπορεί να προκύψουν κατά την παραγωγή, όπως αποκλίσεις στις προδιαγραφές ή σφάλματα στη συναρμολόγηση. Συνήθως διακρίνεται σε δύο κατηγορίες: το Manufacturing FMEA, που αφορά κυρίως προβλήματα που σχετίζονται με την κατασκευή, και το Assembly FMEA, που επικεντρώνεται σε λάθη που μπορεί να προκύψουν κατά τη συναρμολόγηση των επιμέρους στοιχείων (Sharma & Srivastava, 2018).

2.6 Διάγραμμα αιτίου αποτελέσματος

Η χρήση πιο εξελιγμένων εργαλείων ανάλυσης κινδύνου, όπως η FMEA σε συνδυασμό με τα διαγράμματα αιτίου-αποτελέσματος, μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τον τρόπο με τον οποίο εντοπίζονται και αξιολογούνται οι κίνδυνοι. Το διάγραμμα αιτίου-αποτελέσματος γνωστό και ως διάγραμμα ψαροκόκκαλο ή διάγραμμα Ishikawa αποτελεί ένα από τα βασικά εργαλεία ποιότητας για τη διερεύνηση των αιτιών ενός προβλήματος και χρησιμοποιείται για την ομαδοποίηση και οπτική απεικόνιση των πιθανών αιτιών που προκαλούν ένα πρόβλημα. Συνήθως οι αιτίες ταξινομούνται σε κατηγορίες όπως άνθρωποι, μέθοδοι, μηχανές, υλικά, μετρήσεις και περιβάλλον και οι παράγοντες που αναφέρονται θα πρέπει να είναι όσο το δυνατό αντικειμενικοί και μετρήσιμοι (Τσαρούχας & Ντέλιου, 2021). Μέσα από αυτή την προσέγγιση δεν καταγράφονται απλώς τα πιθανά προβλήματα, αλλά γίνεται και μια πιο ουσιαστική προσπάθεια κατανόησης για τον τρόπο με τον οποίο προκύπτουν. Έτσι, είναι πιο εύκολο να εντοπιστούν τα κρίσιμα σημεία που χρειάζονται παρέμβαση, αλλά και να αναδειχθούν οι

βασικές αιτίες των αστοχιών, είτε αυτές σχετίζονται με ανθρώπινους παράγοντες, είτε με τον εξοπλισμό, τις μεθόδους ή ακόμη και τις περιβαλλοντικές συνθήκες.

Όταν τέτοια εργαλεία ενσωματώνονται σε συστήματα διαχείρισης ασφάλειας τροφίμων, όπως το ISO 22000, ενισχύεται η λογική της πρόληψης και της συνεχούς βελτίωσης. Δεν πρόκειται λοιπόν μόνο για μείωση κινδύνων αλλά και για μια αναβάθμιση της λειτουργίας της επιχείρησης, καθώς η ποιότητα των προϊόντων βελτιώνεται, οι διαδικασίες γίνονται πιο ξεκάθαρες και, τελικά, ενισχύεται και η εμπιστοσύνη του καταναλωτή. Ειδικά στα έτοιμα προς κατανάλωση λαχανικά, όπου οι απαιτήσεις είναι υψηλές, η χρήση τέτοιων εργαλείων θεωρείται σημαντική για την αποτελεσματική διαχείριση της ασφάλειας των προϊόντων (Varzakas & Arvanitoyannis, 2009).



Σχήμα 2-1: Διάγραμμα αιτίου-αποτελέσματος (Ishikawa)

(Πηγή: Gartlehner, Schultes, Titscher, Morgan, Bobashev, Williams & West, 2017)

2.7 Συνδυαστική χρήση FMEA με HACCP

Η ασφάλεια των τροφίμων παραμένει βασική προϋπόθεση τόσο για την προστασία της δημόσιας υγείας όσο και για τη λειτουργία της βιομηχανίας τροφίμων. Παρότι τα τελευταία χρόνια έχουν θεσπιστεί αυστηροί κανονισμοί και εφαρμόζονται υποχρεωτικά συστήματα όπως το HACCP, τα περιστατικά τροφιογενών ασθενειών δεν έχουν εξαλειφθεί. Αυτό δείχνει ότι η απλή συμμόρφωση με τις απαιτήσεις δεν είναι πάντα αρκετή και σίγουρα χρειάζεται μία πιο ουσιαστική ανάλυση των κινδύνων, συνεχή επαλήθευση των διαδικασιών και συνεχή βελτίωση όλων των πρακτικών ασφαλείας (Susanto, Suef, Karningsih & Prasetya, 2025).

Παρόλο που το σύστημα HACCP αποτελεί ένα προληπτικό εργαλείο για τον εντοπισμό και τον έλεγχο βιολογικών, χημικών και φυσικών κινδύνων σε όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας, παρουσιάζει ορισμένους περιορισμούς. Συγκεκριμένα, όπως επισημαίνουν οι Susanto et al. (2025), δεν διευκολύνει πάντα την ποσοτική αξιολόγηση και την ιεράρχηση των κινδύνων, ούτε την αντικειμενική εκτίμηση της αποτελεσματικότητάς του στην καθημερινή λειτουργία. Σε αυτό το σημείο, η ενσωμάτωση της μεθόδου FMEA μπορεί να λειτουργήσει συμπληρωματικά στον εντοπισμό πιθανών αστοχιών, στην αξιολόγηση των επιπτώσεών τους και στην ποσοτική κατάταξη των κινδύνων, με βάση τη σοβαρότητα, τη συχνότητα εμφάνισης και τη δυνατότητα ανίχνευσής τους (Scipioni, Saccarola, Centazzo & Arena, 2002).

Σημαντικό ενδιαφέρον παρουσιάζει η συνδυαστική εφαρμογή σε πραγματικές συνθήκες παραγωγής, όπου φαίνονται πιο καθαρά ορισμένα πλεονεκτήματα που ίσως δεν είναι τόσο εμφανή σε θεωρητικό επίπεδο. Όπως αναφέρουν οι Szczyrba & Ingaldi (2024), η χρήση της FMEA μπορεί να αναδείξει κρίσιμες μη συμμορφώσεις σε στάδια όπως η συσκευασία, η θερμική επεξεργασία, η επισήμανση και η αποθήκευση, σημεία που μερικές φορές δεν λαμβάνουν την ίδια προσοχή κατά την εφαρμογή του HACCP. Σε τρόφιμα μικρής διάρκειας ζωής, όπου οι μικροβιακοί κίνδυνοι μπορούν να εξελιχθούν αρκετά γρήγορα, εργαλεία όπως ο δείκτης προτεραιότητας κινδύνου (RPN) βοηθούν στην πιο αντικειμενική ιεράρχηση των κρίσιμων σημείων, κάτι που αποκτά ακόμη μεγαλύτερη σημασία στις μικρομεσαίες επιχειρήσεις όπου οι διαθέσιμοι πόροι είναι περιορισμένοι. Η ποσοτική αξιολόγηση των κινδύνων βοηθά στην καλύτερη ιεράρχηση των προτεραιοτήτων και στην εφαρμογή πιο στοχευμένων ενεργειών, βελτιώνοντας τη συνολική λειτουργία του συστήματος.

Ένα σημαντικό ζήτημα αφορά το κατά πόσο το σύστημα HACCP εφαρμόζεται ουσιαστικά και όχι μόνο σε επίπεδο τεκμηρίωσης. Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις όπου οι επιχειρήσεις διαθέτουν σωστά διαμορφωμένα έγγραφα, αλλά παρουσιάζουν αδυναμίες στην πράξη, είτε στη σωστή εφαρμογή των διαδικασιών, είτε στη διατήρηση αξιόπιστων αρχείων, είτε ακόμη και στην υλοποίηση των απαραίτητων διορθωτικών ενεργειών. Η χρήση της ανάλυσης FMEA, είτε σε εσωτερικούς είτε σε εξωτερικούς ελέγχους, μπορεί να βοηθήσει ουσιαστικά, καθώς επιτρέπει την ποσοτική αξιολόγηση των μη συμμορφώσεων και τον εντοπισμό περιοχών με αυξημένο κίνδυνο, κυρίως σε θέματα τεκμηρίωσης, επαλήθευσης και εκπαίδευσης προσωπικού (Trafialek & Kolanowski, 2014).

Στο σύγχρονο περιβάλλον διαχείρισης ασφάλειας τροφίμων, όπου η πρόληψη αποκτά όλο και μεγαλύτερη σημασία, εργαλεία όπως η FMEA φαίνεται να προσφέρουν ένα επιπλέον επίπεδο

ελέγχου. Όπως επισημαίνουν οι Scipioni et al. (2002), η μέθοδος έχει σημαντικό ρόλο στη μείωση της πιθανότητας αστοχιών, στον περιορισμό των απωλειών και στη βελτίωση της αξιοπιστίας των παραγωγικών διεργασιών. Δεν αντικαθιστά το σύστημα HACCP, αλλά λειτουργεί συμπληρωματικά, προσφέροντας πιο αντικειμενική ιεράρχηση και επανεξέταση των κινδύνων, ενώ ο συνδυασμός των δύο εργαλείων ενισχύει τη συνολική διαχείριση της ασφάλειας, υποστηρίζει τη συνεχή βελτίωση και βοηθάει στην παραγωγή ασφαλέστερων και ποιοτικότερων τροφίμων.

Κεφάλαιο 3 - Έτοιμα προς κατανάλωση τρόφιμα και παραγωγή φρέσκων σαλατών

3.1 Ιδιαιτερότητες και κίνδυνοι

Τα έτοιμα προς κατανάλωση φρούτα και λαχανικά έχουν παρουσιάσει σημαντική ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια, καθώς ανταποκρίνονται στις ανάγκες του σύγχρονου καταναλωτή για τρόφιμα που συνδυάζουν ευκολία και διατροφική αξία. Η αυξημένη ζήτησή τους σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με τον γρήγορο τρόπο ζωής, αλλά και με την ανάγκη για προϊόντα που μπορούν να καταναλωθούν άμεσα, χωρίς προετοιμασία, είτε στο σπίτι είτε σε χώρους μαζικής εστίασης.

Η παραγωγή τους βασίζεται σε ήπιες διεργασίες, όπως το πλύσιμο, ο καθαρισμός, η αποφλοιώση και ο τεμαχισμός. Παρότι αυτές οι διεργασίες κάνουν το προϊόν πιο εύχρηστο, επηρεάζουν τη φυσική δομή των φυτικών ιστών. Η κοπή, για παράδειγμα, προκαλεί τραυματισμό στους ιστούς, γεγονός που οδηγεί σε αύξηση της αναπνευστικής δραστηριότητας, παραγωγή αιθυλενίου και ενεργοποίηση ενζυμικών αντιδράσεων. Αυτές οι αλλαγές μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους, όπως το χρώμα, τη γεύση και την υφή, αλλά και τη συνολική ποιότητα του προϊόντος. Επομένως, είναι σημαντικό να εφαρμόζονται κατάλληλες πρακτικές, όπως άμεση ψύξη πριν και μετά την επεξεργασία, χρήση κατάλληλου εξοπλισμού, αποτελεσματικό πλύσιμο, σωστό στέγνωμα και κατάλληλη συσκευασία, ώστε να περιορίζεται η υποβάθμιση και να διατηρείται η ποιότητα για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (Varzakas & Arvanitoyannis, 2008).

Παρά την επεξεργασία τους δεν είναι μικροβιολογικά απαλλαγμένα από μικροοργανισμούς. Ένα μέρος της φυσικής τους μικροχλωρίδας παραμένει, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να υπάρχουν και παθογόνοι μικροοργανισμοί. Ο κίνδυνος αυτός αυξάνεται όταν οι συνθήκες ευνοούν την ανάπτυξή τους, όπως υψηλή υγρασία, μειωμένα επίπεδα οξυγόνου, σχετικά υψηλό pH, χαμηλή αλατότητα και θερμοκρασίες συντήρησης που υπερβαίνουν τους 5°C. Επειδή τα προϊόντα αυτά καταναλώνονται χωρίς θερμική επεξεργασία, δεν υπάρχει κάποιο τελικό στάδιο που να μπορεί να εξαλείψει τους μικροοργανισμούς πριν από την κατανάλωση, γεγονός που αυξάνει τη σημασία της πρόληψης σε όλα τα στάδια διαχείρισής τους (Varzakas & Arvanitoyannis, 2008).

Η ασφάλειά τους δεν καθορίζεται μόνο από το στάδιο της παραγωγής, αλλά επηρεάζεται από το σύνολο της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η ποιότητά τους μπορεί να μεταβληθεί σε διάφορα σημεία, από την πρωτογενή παραγωγή και τη μεταποίηση, μέχρι τη μεταφορά, την αποθήκευση στο λιανεμπόριο και τελικά τον τρόπο που τα χειρίζεται ο καταναλωτής στο σπίτι. Γι' αυτόν τον λόγο, τα προϊόντα αυτά αποτελούν αντικείμενο εκτενούς μελέτης, τόσο ως προς τους παράγοντες που οδηγούν στην αλλοίωση όσο και ως προς τις πρακτικές που μπορούν να περιορίσουν τους κινδύνους και να συμβάλουν στην παράταση της διάρκειας ζωής τους (Calonico, Delfino, Pesavento, Mundo, Nostro & Lo, 2019)

Ένα πολύ σημαντικό ζήτημα είναι ότι η μικροβιολογική ποιότητα των έτοιμων προς κατανάλωση σαλατών, μπορεί να αλλάξει ακόμη και μετά την διάθεσή τους στην αγορά. Αν και οι επιχειρήσεις εφαρμόζουν συνήθως ορθές πρακτικές υγιεινής και συστήματα ελέγχου, το μικροβιακό φορτίο είναι δυνατόν να αυξηθεί κατά τη μεταφορά, τη διανομή και την αποθήκευση, ειδικά όταν δεν τηρείται σωστά η ψυκτική αλυσίδα. Η ανεπαρκής διατήρηση χαμηλής θερμοκρασίας ευνοεί τον πολλαπλασιασμό των μικροοργανισμών, με αποτέλεσμα να μειώνεται η διάρκεια ζωής και να υποβαθμίζεται η ποιότητα του προϊόντος. Ακόμη και όταν η παρουσία σοβαρών παθογόνων δεν είναι συχνή, η συνολική μικροβιακή επιβάρυνση μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την ασφάλεια και την αποδοχή του προϊόντος από τον καταναλωτή (Calonico et al., 2019).

Συνεπώς, τα έτοιμα προς κατανάλωση προϊόντα αποτελούν τρόφιμα με ιδιαίτερες απαιτήσεις ως προς την ασφάλεια και τη συντήρησή τους. Η προστασία τους βασίζεται κυρίως στην πρόληψη, δηλαδή στις ορθές πρακτικές υγιεινής, στη σωστή επεξεργασία, στην κατάλληλη συσκευασία και κυρίως στη συνεχή διατήρηση της ψυκτικής αλυσίδας. Εξίσου σημαντικό ρόλο έχει και η σωστή ενημέρωση του καταναλωτή σχετικά με τη συντήρηση και την άμεση κατανάλωση των προϊόντων, ώστε να περιορίζονται οι κίνδυνοι και να διατηρείται η ποιότητά τους σε αποδεκτό επίπεδο (Calonico et al., 2019).

3.2 Παραγωγική διαδικασία φρέσκων σαλατών

Σύμφωνα με τους Varzakas και Arvanitoyannis (2008), η παραγωγή των φρέσκων έτοιμων σαλατών (RTE) περιλαμβάνει μια σειρά από οργανωμένα στάδια, στα οποία εφαρμόζονται έλεγχοι για τη διασφάλιση της ποιότητας και της ασφάλειας του τελικού προϊόντος. Σε αρκετά από αυτά τα στάδια εντοπίζονται κρίσιμα σημεία ελέγχου (CCPs), τα οποία απαιτούν αυξημένη προσοχή, καθώς σχετίζονται άμεσα με την πρόληψη μικροβιολογικών και φυσικών κινδύνων

Η διαδικασία ξεκινά με την παραλαβή των πρώτων υλών, όπου γίνεται ο αρχικός έλεγχος των λαχανικών. Σε αυτό το στάδιο εξετάζεται η γενική τους κατάσταση, η παρουσία ξένων υλών, όπως χώμα ή πέτρες, καθώς και η θερμοκρασία τους, η οποία πρέπει να είναι χαμηλή (κάτω από 5°C), ώστε να περιορίζεται η ανάπτυξη μικροοργανισμών.

Στη συνέχεια, τα προϊόντα αποθηκεύονται σε ψυκτικούς χώρους με ελεγχόμενη θερμοκρασία και υγρασία. Η σωστή αποθήκευση είναι πολύ σημαντική, για την διατήρηση της φρεσκάδας των λαχανικών και την επιβράδυνση της μικροβιακής ανάπτυξης.

Ακολουθεί το στάδιο της προετοιμασίας, όπου γίνεται διαλογή των πρώτων υλών, απομάκρυνση ακαθαρσιών και μη κατάλληλων τμημάτων, καθώς και αρχική επεξεργασία, όπως το κόψιμο των λαχανικών. Η κοπή συνεχίζεται με εξειδικευμένο εξοπλισμό, ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό μέγεθος και είναι πολύ σημαντικό ο εξοπλισμός αυτός να καθαρίζεται και να απολυμαίνεται συστηματικά, ώστε να αποφεύγεται η επιμόλυνση.

Ένα από τα πιο κρίσιμα στάδια είναι το πλύσιμο και η απολύμανση των λαχανικών. Αρχικά πραγματοποιείται πλύσιμο με νερό και στη συνέχεια εφαρμόζεται απολυμαντικό διάλυμα, συνήθως με την χρήση χλωρίου, με σκοπό την μείωση του μικροβιακού φορτίου. Το νερό διατηρείται σε χαμηλή θερμοκρασία (περίπου 1–4°C), ενώ η συγκέντρωση του απολυμαντικού πρέπει να ελέγχεται, ώστε να είναι αποτελεσματική χωρίς να επηρεάζει αρνητικά το προϊόν. Μετά την απολύμανση ακολουθεί δεύτερο πλύσιμο με καθαρό νερό και στη συνέχεια ξήρανση, ώστε να απομακρυνθεί η υγρασία από την επιφάνεια των λαχανικών.

Στη συνέχεια γίνεται η συσκευασία των προϊόντων, η οποία στις περισσότερες περιπτώσεις πραγματοποιείται σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα (MAP). Στο στάδιο αυτό χρησιμοποιούνται κατάλληλα μίγματα αερίων, όπως οξυγόνο, διοξείδιο του άνθρακα και άζωτο, με στόχο να επιβραδυνθούν οι αλλοιώσεις και να αυξηθεί η διάρκεια ζωής των σαλατών. Κατά τη συσκευασία ελέγχεται επίσης η θερμοκρασία του προϊόντος, η οποία πρέπει να παραμένει κάτω από 5°C.

Τα τελικά στάδια περιλαμβάνουν την επισήμανση και τον ποιοτικό έλεγχο του τελικού προϊόντος. Στη συσκευασία αναγράφονται βασικές πληροφορίες, όπως η ημερομηνία παραγωγής, η ημερομηνία λήξης και ο αριθμός παρτίδας, ώστε να εξασφαλίζεται η ιχνηλασιμότητα, ενώ εφαρμόζεται έλεγχος και για την ανίχνευση μεταλλικών σωματιδίων, προκειμένου να διασφαλιστεί η ασφάλεια του προϊόντος.

Τέλος, τα έτοιμα προϊόντα αποθηκεύονται σε ψυκτικούς θαλάμους και διανέμονται υπό ελεγχόμενες θερμοκρασίες (περίπου 4–6°C), ώστε να διατηρείται η ψυκτική αλυσίδα μέχρι την κατανάλωση. Η σωστή διαχείριση της θερμοκρασίας σε αυτό το στάδιο είναι καθοριστική για τη διατήρηση της ποιότητας και την αποφυγή μικροβιακής ανάπτυξης.

3.3 Μικροβιολογική ασφάλεια των RTE σαλατών

Η μικροβιολογική ασφάλεια των έτοιμων προς κατανάλωση σαλατών αποτελεί ένα πολύ σημαντικό θέμα, καθώς πρόκειται για προϊόντα που καταναλώνονται χωρίς θερμική επεξεργασία και επιπλέον, επειδή τα προϊόντα αυτά περνούν από πολλά στάδια, από την καλλιέργεια μέχρι τον καταναλωτή, υπάρχει πιθανότητα επιμόλυνσης σε οποιοδήποτε σημείο της αλυσίδας. Έτσι, η παρουσία μικροοργανισμών δεν οφείλεται σε έναν μόνο παράγοντα, αλλά σε συνδυασμό πολλών επιμέρους συνθηκών (Castro-Ibáñez, Gil, & Allende, 2017).

Η ελάχιστη επεξεργασία των λαχανικών, αν και διατηρεί τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους, επηρεάζει τη φυσική τους δομή. Η κοπή αυξάνει την επιφάνεια επαφής με το περιβάλλον και απελευθερώνει θρεπτικά συστατικά, δημιουργώντας ευνοϊκές συνθήκες για την ανάπτυξη μικροοργανισμών, ενώ η υψηλή περιεκτικότητα σε νερό και το σχεδόν ουδέτερο pH των λαχανικών ενισχύουν αυτή τη διαδικασία, με αποτέλεσμα τα προϊόντα αυτά να είναι ευαίσθητα και να έχουν περιορισμένη διάρκεια ζωής (Qadri, Yousuf, & Srivastava, 2015).

Οι κυριότερες πηγές μικροβιακής επιμόλυνσης περιλαμβάνουν το νερό που χρησιμοποιείται στην άρδευση και στο πλύσιμο, τον εξοπλισμό επεξεργασίας, τις επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με τα τρόφιμα και το προσωπικό. Ακόμη και μικρές αστοχίες στην υγιεινή, στη συντήρηση του εξοπλισμού ή στην ποιότητα του νερού μπορούν να αυξήσουν σημαντικά το μικροβιακό φορτίο του προϊόντος (Castro-Ibáñez et al., 2017).

Το πλύσιμο θεωρείται σημαντικό στάδιο για τον περιορισμό των μικροοργανισμών, καθώς βοηθά στην απομάκρυνση ρύπων και μέρους της επιφανειακής μικροχλωρίδας. Ωστόσο, η αποτελεσματικότητά του είναι περιορισμένη και συνήθως δεν επιτυγχάνεται πλήρης απομάκρυνση των μικροοργανισμών. Η χρήση απολυμαντικών μπορεί να βελτιώσει την απόδοση της διαδικασίας, αλλά η δράση τους εξαρτάται από παράγοντες όπως το pH, η θερμοκρασία, το οργανικό φορτίο και ο χρόνος επαφής. Αν δεν ελέγχεται σωστά, το νερό πλύσης μπορεί να λειτουργήσει ως μέσο διασταυρούμενης επιμόλυνσης με κίνδυνο μεταφοράς μικροοργανισμών από μολυσμένα σε καθαρά προϊόντα. Έτσι, η σωστή διαχείριση του νερού,

η παρακολούθηση της ποιότητάς του και η αποφυγή επαναμόλυνσης μετά το πλύσιμο αποτελούν κρίσιμα σημεία ελέγχου (Maffei et al., 2016).

Σημαντική ανησυχία προκαλεί η παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών, όπως η *Salmonella*, η *Listeria monocytogenes* και παθογόνα στελέχη της *Escherichia coli*. Η ανίχνευσή τους σε προϊόντα της αγοράς δείχνει ότι τα προβλήματα εντοπίζονται κυρίως στα στάδια πριν από τη συσκευασία, όπως η καλλιέργεια και η επεξεργασία, και όχι μόνο στο τελικό προϊόν. Ωστόσο, το μικροβιακό φορτίο μπορεί να αυξηθεί κατά τη συντήρηση, ακόμη και όταν τηρούνται οι κατάλληλες συνθήκες ψύξης. Μετά το άνοιγμα της συσκευασίας, η προστατευτική ατμόσφαιρα χάνεται και το προϊόν εκτίθεται σε νέους κινδύνους, όπως επαφή με τα χέρια ή με άλλες επιφάνειες. Αυτό δείχνει ότι η σωστή χρήση και αποθήκευση από τον καταναλωτή είναι επίσης σημαντική για τη διατήρηση της ασφάλειας του προϊόντος (Arienzo et al., 2020).

Η σύγχρονη διαχείριση των μικροβιολογικών κινδύνων στα έτοιμα προς κατανάλωση προϊόντα βασίζεται περισσότερο σε έναν συνδυασμό μέτρων παρά σε μία μόνο πρακτική. Η πλήρης εξάλειψη των μικροοργανισμών δεν είναι ρεαλιστικός στόχος, ωστόσο μπορεί να επιτευχθεί αποτελεσματικός έλεγχος μέσω της σωστής χρήσης απολυμαντικών, της επιλογής κατάλληλων μεθόδων συσκευασίας, της διατήρησης χαμηλών θερμοκρασιών και της εφαρμογής ορθών πρακτικών υγιεινής σε κάθε στάδιο της παραγωγής και διακίνησης. (Klistincova et al., 2024).

Ταυτόχρονα, η αξιοποίηση πιο εξελιγμένων τεχνολογιών, όπως οι μοριακές τεχνικές ανίχνευσης και τα εργαλεία προγνωστικής μικροβιολογίας, επιτρέπουν τον έγκαιρο εντοπισμό και την καλύτερη κατανόηση των κινδύνων. Έτσι, γίνεται δυνατή η πιο ακριβής παρακολούθηση της συμπεριφοράς των μικροοργανισμών και η λήψη πιο στοχευμένων μέτρων ελέγχου, ενισχύοντας σημαντικά την διασφάλιση της ασφάλειας και της ποιότητας των προϊόντων (Qadri et al., 2015).

3.4 Παράγοντες που επηρεάζουν την διάρκεια ζωής (Shelf life)

Η διάρκεια ζωής ενός τροφίμου αναφέρεται στο χρονικό διάστημα κατά το οποίο το προϊόν παραμένει ασφαλές και αποδεκτό για κατανάλωση υπό συγκεκριμένες συνθήκες αποθήκευσης. Στην πράξη, δεν αποτελεί μια σταθερή ιδιότητα, αλλά μια δυναμική ισορροπία μεταξύ μικροβιολογικών, χημικών και φυσικών διεργασιών που εξελίσσονται με τον χρόνο, γεγονός που εξηγεί γιατί δύο φαινομενικά ίδια προϊόντα μπορεί να παρουσιάσουν διαφορετική

συμπεριφορά κατά την αποθήκευση (Awulachew, 2021). Η διάρκεια ζωής επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες, όπως ο ρυθμός αναπνοής των φυτικών ιστών, η παραγωγή αιθυλενίου, και κυρίως η θερμοκρασία αποθήκευσης. Η σωστή ψύξη είναι καθοριστική, καθώς ακόμη και μικρές αυξήσεις της θερμοκρασίας μπορούν να επιταχύνουν την ανάπτυξη μικροοργανισμών, ακόμη και σε συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας (MAP), ενώ στην πράξη, κυρίως στο λιανεμπόριο, συχνά παρατηρούνται αποκλίσεις από τις συνιστώμενες θερμοκρασίες (Farber et al., 2003).

Η σταθερότητα των τροφίμων εξαρτάται από την αλληλεπίδραση τόσο των εγγενών χαρακτηριστικών τους όσο και των συνθηκών του περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκονται. Η υποβάθμιση της ποιότητας μπορεί να οφείλεται είτε στην ανάπτυξη μικροοργανισμών είτε σε φυσικοχημικές διεργασίες, όπως η οξείδωση λιπιδίων, οι ενζυμικές αντιδράσεις ή οι μεταβολές υφής και χρώματος (Awulachew, 2021). Συνεπώς, η κατανόηση των παραγόντων που επηρεάζουν τη σταθερότητα των τροφίμων αποτελεί βασική προϋπόθεση για τον σχεδιασμό ασφαλών και ποιοτικών προϊόντων.

Εγγενείς παράγοντες

Οι εγγενείς παράγοντες σχετίζονται με τη σύσταση και τη δομή του ίδιου του τροφίμου και επηρεάζουν άμεσα τη δυνατότητα ανάπτυξης μικροοργανισμών και την εξέλιξη χημικών αντιδράσεων.

Ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τη μικροβιακή ανάπτυξη είναι το pH, καθώς καθορίζει σε μεγάλο βαθμό ποιοι μικροοργανισμοί μπορούν να επιβιώσουν και να πολλαπλασιαστούν. Τα περισσότερα παθογόνα βακτήρια αναπτύσσονται ευκολότερα σε ουδέτερες ή ελαφρώς όξινες συνθήκες, ενώ τα τρόφιμα με χαμηλότερο pH τείνουν να είναι πιο σταθερά. Ταυτόχρονα, η ενεργότητα του νερού (a_w) παίζει εξίσου σημαντικό ρόλο, αφού το διαθέσιμο νερό δεν υποστηρίζει μόνο τη μικροβιακή ανάπτυξη, αλλά συμμετέχει και σε διάφορες χημικές και ενζυμικές διεργασίες που επηρεάζουν τη συνολική ποιότητα του τροφίμου.

Εξίσου καθοριστικό ρόλο παίζει και το θρεπτικό περιεχόμενο του τροφίμου. Προϊόντα που είναι πλούσια σε σάκχαρα, πρωτεΐνες ή λιπίδια δημιουργούν ένα ευνοϊκό περιβάλλον για την ανάπτυξη μικροοργανισμών. Από την άλλη πλευρά, η παρουσία φυσικών αντιμικροβιακών συστατικών μπορεί να περιορίσει αυτή τη δραστηριότητα. Για παράδειγμα, ορισμένα φυτικά προϊόντα περιέχουν φαινολικές ενώσεις που λειτουργούν προστατευτικά, μειώνοντας την ανάπτυξη μικροοργανισμών (Awulachew, 2021). Επιπλέον, σε μίγματα σαλατών, η συνολική

διάρκεια ζωής καθορίζεται συχνά από το πιο ευαίσθητο συστατικό, γεγονός που καθιστά απαραίτητη την ομοιογένεια της ποιότητας των πρώτων υλών (Varzakas & Arvanitoyannis, 2008).

Δεν πρέπει επίσης να παραβλέπεται η φυσική δομή του τροφίμου. Για παράδειγμα, η φλούδα των φρούτων ή το περίβλημα των σπόρων λειτουργεί ως φυσικό φράγμα έναντι μικροβιακής εισόδου. Όταν όμως αυτή η δομή διαταραχθεί (π.χ. σε φρεσκοκομμένα προϊόντα), η ευπάθεια αυξάνεται σημαντικά, γεγονός που εξηγεί γιατί τα ελάχιστα επεξεργασμένα τρόφιμα έχουν μικρότερη διάρκεια ζωής (Awulachew, 2021).

Εξωγενείς παράγοντες

Οι εξωγενείς παράγοντες αφορούν το περιβάλλον αποθήκευσης και διακίνησης του τροφίμου και συχνά καθορίζουν τον ρυθμό αλλοίωσης.

Η θερμοκρασία θεωρείται ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν τη διάρκεια ζωής των τροφίμων, καθώς επηρεάζει άμεσα τόσο την ανάπτυξη των μικροοργανισμών όσο και τις χημικές και βιοχημικές διεργασίες που σχετίζονται με την αλλοίωση των προϊόντων. Ακόμη και μικρές αυξήσεις της θερμοκρασίας μπορούν να επιταχύνουν σημαντικά τις αλλοιώσεις και να μειώσουν τη διατηρησιμότητα των προϊόντων. Κατά συνέπεια, η διατήρηση σταθερά χαμηλών θερμοκρασιών και η σωστή τήρηση της ψυκτικής αλυσίδας σε όλα τα στάδια, από την παραγωγή έως την κατανάλωση, αποτελούν βασικές προϋποθέσεις για τη διατήρηση της ποιότητας και της ασφάλειας των τροφίμων (Awulachew, 2021).

Έχει επισημανθεί ότι η σημασία της θερμοκρασίας δεν μπορεί να αντισταθμιστεί εύκολα από άλλες τεχνολογίες συντήρησης. Όπως αναφέρει ο Awulachew (2021), η θερμοκρασία αποτελεί τον σημαντικότερο εξωτερικό παράγοντα για την ανάπτυξη μικροοργανισμών και τις χημικές μεταβολές, ενώ οι Varzakas και Arvanitoyannis (2008) τονίζουν ότι ακόμη και η βέλτιστη σύσταση αερίων σε συσκευασίες με τροποποιημένη ατμόσφαιρα, δεν μπορεί να καλύψει αποκλίσεις στη διατήρηση της ψύξης. Με άλλα λόγια, όσο καλά κι αν σχεδιαστεί η συσκευασία, χωρίς σωστό έλεγχο της θερμοκρασίας, η αποτελεσματικότητά της περιορίζεται σημαντικά.

Σημαντικό ρόλο παίζει και η σχετική υγρασία του περιβάλλοντος, καθώς επηρεάζει την ανταλλαγή νερού μεταξύ του τροφίμου και του αέρα. Σε υψηλή υγρασία, τα τρόφιμα απορροφούν νερό, γεγονός που αυξάνει την ενεργότητα νερού (a_w) και ευνοεί τη μικροβιακή

ανάπτυξη. Αντίθετα, σε χαμηλή υγρασία μπορεί να προκληθεί αφυδάτωση και μεταβολές στην υφή. Επιπλέον, η σύσταση της ατμόσφαιρας παίζει σημαντικό ρόλο, καθώς το οξυγόνο ευνοεί την ανάπτυξη αερόβιων μικροοργανισμών και την οξείδωση, ενώ το διοξείδιο του άνθρακα μπορεί να αναστείλει τη μικροβιακή δραστηριότητα και να επιβραδύνει βιοχημικές διεργασίες (Awulachew, 2021). Ωστόσο, η αναστολή της φυσικής μικροχλωρίδας δεν συνεπάγεται απαραίτητα και αναστολή παθογόνων μικροοργανισμών, κάτι που απαιτεί μεγάλη προσοχή στη διαχείριση της ασφάλειας των τροφίμων (Farber et al., 2003).

3.4.1 Ο ρόλος της συσκευασίας και της τροποποιημένης ατμόσφαιρας (MAP)

Η συσκευασία έχει καθοριστικό ρόλο για τη διατήρηση της ποιότητας και την παράταση της διάρκειας ζωής των ελάχιστα επεξεργασμένων λαχανικών. Οι φυτικοί ιστοί στα προϊόντα αυτά παραμένουν ζωντανοί ακόμη και μετά τη συγκομιδή και την επεξεργασία, συνεχίζοντας τη διαδικασία της αναπνοής, κάτι που επηρεάζει άμεσα το μικροβιακό προφίλ, τη φυσική κατάσταση και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους. Η συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα (MAP) χρησιμοποιείται ευρέως για τον καλύτερο έλεγχο αυτών των μεταβολών και θεωρείται μία από τις σημαντικότερες τεχνολογίες για την παράταση της διάρκειας ζωής των προϊόντων αυτών (Sandhya, 2010).

Η βασική αρχή της MAP στηρίζεται στη ρύθμιση της σύστασης των αερίων μέσα στη συσκευασία, κυρίως μέσω μείωσης του οξυγόνου (O_2) και αύξησης του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2). Σύμφωνα με τους Varzakas και Arvanitoyannis (2008), μέσω ημιπερατών υλικών συσκευασίας και κατάλληλων μιγμάτων αερίων επιτυγχάνεται συνήθως μείωση του οξυγόνου και αύξηση του CO_2 , με αποτέλεσμα τον περιορισμό της αναπνευστικής δραστηριότητας των φυτικών ιστών, των ενζυμικών και χημικών αντιδράσεων, αλλά και της μικροβιακής ανάπτυξης. Η μείωση του ρυθμού αναπνοής θεωρείται σημαντική, καθώς επηρεάζει άμεσα τη διαδικασία γήρανσης και την εμφάνιση αλλοιώσεων στα λαχανικά.

Ωστόσο, ο ρυθμός αναπνοής δεν είναι ίδιος για όλα τα λαχανικά. Κάθε προϊόν παρουσιάζει διαφορετική φυσιολογία και διαφορετικές απαιτήσεις σε O_2 και CO_2 , γεγονός που σημαίνει ότι δεν υπάρχει μία ιδανική ατμόσφαιρα για όλα τα προϊόντα, οπότε η επιλογή της κατάλληλης σύστασης αερίων και του υλικού συσκευασίας πρέπει να προσαρμόζεται στις ιδιαιτερότητες κάθε προϊόντος (Ben-Yehoshua, Beaudry, Fishman, Jayanty & Mir, 2005).

Χρήση αερίων MAP

Τα κύρια αέρια που χρησιμοποιούνται στη MAP είναι το οξυγόνο, το διοξείδιο του άνθρακα και το άζωτο. Το O_2 επηρεάζει άμεσα την αναπνοή των φυτικών ιστών και τη δραστηριότητα

του αιθυλενίου, το οποίο σχετίζεται με την ωρίμανση και τη γήρανση των προϊόντων (Ben-Yehoshua et al., 2005). Συνήθως, στα φρέσκα κομμένα λαχανικά επιδιώκονται συγκεντρώσεις οξυγόνου περίπου 1–5%, καθώς τα επίπεδα αυτά επιβραδύνουν την αναπνοή και καθυστερούν την αλλοίωση (Farber et al., 2003).

Ωστόσο, η υπερβολική μείωση του O_2 μπορεί να δημιουργήσει σημαντικά προβλήματα στη σταθερότητα και την ποιότητα του προϊόντος. Όταν τα επίπεδα οξυγόνου πέσουν κάτω από περίπου 1%, μπορεί να προκληθεί αναερόβια αναπνοή και φαινόμενα ζύμωσης, οδηγώντας στην παραγωγή ουσιών όπως αιθανόλη και ακεταλδεϋδη, οι οποίες συνδέονται με δυσάρεστες οσμές και αλλοίωση του προϊόντος. Τέτοιες συνθήκες ενδέχεται να ευνοήσουν την ανάπτυξη αναερόβιων παθογόνων μικροοργανισμών, όπως το *Clostridium botulinum* (Farber et al., 2003). Επιπλέον, πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις O_2 μπορεί να προκαλέσουν αμαύρωση, μαλάκωμα των φυτικών ιστών και γενικότερη υποβάθμιση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των λαχανικών. Αυτό σημαίνει ότι, η σύσταση των αερίων στη συσκευασία πρέπει να διατηρείται σε κατάλληλα επίπεδα, ώστε να περιορίζεται η αναπνευστική δραστηριότητα των λαχανικών χωρίς να δημιουργούνται συνθήκες που επηρεάζουν αρνητικά την ποιότητα, την ασφάλεια και τη διάρκεια ζωής του προϊόντος (Ben-Yehoshua et al., 2005).

Το CO_2 αποτελεί το σημαντικότερο αέριο ως προς την αντιμικροβιακή του δράση. Μέτριες συγκεντρώσεις CO_2 μπορούν να επιβραδύνουν την ανάπτυξη πολλών μικροοργανισμών αλλοίωσης και να συμβάλουν στην παράταση της διάρκειας ζωής των προϊόντων (Farber et al., 2003). Συνήθως χρησιμοποιούνται συγκεντρώσεις περίπου 5–15%, ανάλογα με το είδος του προϊόντος. Για παράδειγμα, σε τεμαχισμένο Μαρούλι Iceberg προτείνονται επίπεδα περίπου 10–15% CO_2 και 0.5–3% O_2 για περιορισμό της αμαύρωσης των σημείων κοπής και καλύτερη διατήρηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών (Ben-Yehoshua et al., 2005).

Από την άλλη μεριά και οι υψηλές συγκεντρώσεις CO_2 μπορούν να προκαλέσουν ανεπιθύμητα αποτελέσματα, καθώς ενδέχεται να εμφανιστούν φυσιολογικές βλάβες, αλλοιώσεις στη γεύση και μεταβολές στην υφή. Σύμφωνα με τους Farber et al., (2003), ορισμένοι μικροοργανισμοί, όπως τα γαλακτικά βακτήρια, μπορούν να αναπτυχθούν ακόμη και σε αυξημένα επίπεδα CO_2 , ενώ παθογόνα όπως το *Listeria monocytogenes* ή το *Clostridium botulinum* δεν αναστέλλονται πάντα αποτελεσματικά σε μέτριες συγκεντρώσεις CO_2 . Έτσι, ένα προϊόν μπορεί να φαίνεται οργανοληπτικά αποδεκτό, αλλά να μην είναι απαραίτητα ασφαλές για κατανάλωση, λόγω της μείωσης του ανταγωνισμού από τη φυσική μικροχλωρίδα.

Το άζωτο (N_2) χρησιμοποιείται κυρίως ως αδρανές αέριο για την απομάκρυνση του οξυγόνου και τη διατήρηση της δομής της συσκευασίας. Παρότι δεν έχει άμεση αντιμικροβιακή δράση, συμβάλλει στη σταθερότητα της τροποποιημένης ατμόσφαιρας και στον περιορισμό οξειδωτικών αντιδράσεων (Farber et al., 2003).

Χρήση υλικών συσκευασίας

Η αποτελεσματικότητα της MAP εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από το υλικό συσκευασίας και τη διαπερατότητά του στα αέρια. Υλικά όπως πολυαιθυλένιο (PE), πολυπροπυλένιο (PP) και πολυστρωματικά φιλμ επιλεκτικής διαπερατότητας χρησιμοποιούνται ανάλογα με τον ρυθμό αναπνοής του προϊόντος, ώστε να επιτυγχάνεται ισορροπία μεταξύ κατανάλωσης O_2 και παραγωγής CO_2 και να αποφεύγονται αναερόβιες συνθήκες που μπορεί να οδηγήσουν σε αλλοίωση (Varzakas & Arvanitoyannis, 2008). Η διαπερατότητα των φιλμ καθορίζει την ανταλλαγή αερίων και υδρατμών με το εξωτερικό περιβάλλον, διατηρώντας την επιθυμητή ατμόσφαιρα μέσα στη συσκευασία (Ben-Yehoshua et al., 2005).

Πέρα από τα συμβατικά υλικά, έχουν αναπτυχθεί και πιο εξελιγμένες μορφές συσκευασίας, όπως τα πλαστικά φιλμ με διαφορετική διαπερατότητα, τα «έξυπνα» υλικά που μπορούν να ανιχνεύουν αλλαγές στη θερμοκρασία ή την παρουσία μικροοργανισμών, καθώς και εκείνα με βρώσιμες επικαλύψεις που εφαρμόζονται απευθείας στην επιφάνεια των τροφίμων. Τα τελευταία, αν και παρουσιάζουν ενδιαφέρον λόγω της δυνατότητας ενσωμάτωσης αντιμικροβιακών ουσιών, μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις να δημιουργούν συνθήκες χαμηλού οξυγόνου, οι οποίες ευνοούν την ανάπτυξη αναερόβιων παθογόνων μικροοργανισμών (Farber et al., 2003).

Συνοψίζοντας, γίνεται ξεκάθαρο ότι η διάρκεια ζωής των τροφίμων και ειδικότερα των ελάχιστα επεξεργασμένων λαχανικών, δεν εξαρτάται από έναν μόνο παράγοντα. Δεν αρκεί, για παράδειγμα, μια καλή συσκευασία ή μια σωστή πρώτη ύλη από μόνη της. Χρειάζεται ένας συνδυασμός ποιοτικών πρώτων υλών, προσεκτικός σχεδιασμός του προϊόντος, κατάλληλες τεχνολογίες επεξεργασίας και το σημαντικότερο, ένας σταθερός έλεγχος της θερμοκρασίας σε όλα τα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Κεφάλαιο 4 - Μεθοδολογία

4.1 Σχεδιασμός και μεθοδολογία της έρευνας

Η παρούσα μελέτη βασίζεται σε μια πιο πρακτική προσέγγιση αξιολόγησης κινδύνων σε μονάδα παραγωγής φρέσκων κομμένων σαλατών, με κύριο στόχο να κατανοηθεί καλύτερα τόσο η μικροβιολογική ασφάλεια όσο και η διάρκεια ζωής των προϊόντων. Η μεθοδολογία συνδυάζει τις αρχές του συστήματος HACCP με την εφαρμογή της μεθόδου FMEA, για τον εντοπισμό, όσο και την ποσοτικοποίηση των κινδύνων κατά την παραγωγική διαδικασία.

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε αναλυτική καταγραφή της παραγωγικής διαδικασίας, από την παραλαβή των πρώτων υλών έως τη διάθεση του τελικού προϊόντος. Με βάση την καταγραφή αυτή, χρησιμοποιήθηκε το διάγραμμα ροής της παραγωγής, ώστε να διαπιστωθεί ότι αποτυπώνει σωστά τα στάδια της παραγωγής. Σε κάθε στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας εξετάστηκαν οι πιθανοί κίνδυνοι με βάση την μελέτη HACCP και επιβεβαιώθηκε η κατηγοριοποίησή τους σε βιολογικούς, χημικούς και φυσικούς. Στη συνέχεια αξιολογήθηκαν τα υφιστάμενα μέτρα ελέγχου, προκειμένου να διαπιστωθεί ο βαθμός αποτελεσματικότητάς τους, ενώ εξετάστηκαν και τα σημεία στα οποία ενδέχεται να απαιτείται πιο ενισχυμένη ή συχνότερη παρακολούθηση.

Επιπροσθέτως πραγματοποιήθηκε η συλλογή και αξιοποίηση δεδομένων μικροβιολογικών αναλύσεων, στοιχείων που σχετίζονται με τη διάρκεια ζωής των προϊόντων υπό διαφορετικές συνθήκες αποθήκευσης, καθώς και πληροφορίες που προέκυψαν από την παραγωγική διαδικασία και την ανατροφοδότηση των καταναλωτών.

Η μικροβιολογική συμπεριφορά των προϊόντων κατά τη διάρκεια ζωής τους, καθώς και η επίδραση της θερμοκρασίας αποθήκευσης, αποτέλεσαν βασικά σημεία της ανάλυσης. Η εξέλιξη του μικροβιακού φορτίου αξιολογήθηκε σε συνάρτηση με τον χρόνο και τις συνθήκες διατήρησης, με στόχο την εκτίμηση των παραγόντων που επηρεάζουν τη σταθερότητα και την ασφάλεια των προϊόντων. Τα παραπάνω δεδομένα αξιοποιήθηκαν για την καλύτερη κατανόηση των κινδύνων που σχετίζονται κυρίως με την παραλαβή των πρώτων υλών, το στάδιο του πλυσίματος και την αποθήκευση των προϊόντων.

Με βάση τα παραπάνω, εφαρμόστηκε η μέθοδος FMEA για την αξιολόγηση των πιθανών αστοχιών όπου σε κάθε στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας προσδιορίστηκαν πιθανοί τρόποι αστοχίας, οι αιτίες τους και οι επιπτώσεις τους στο τελικό προϊόν.

Η εκτίμηση των δεικτών Severity (S), Occurrence (O) και Detection (D) βασίστηκε στη σοβαρότητα των επιπτώσεων των αστοχιών στην ασφάλεια και την ποιότητα του προϊόντος, στη συχνότητα εμφάνισής τους και στην αποτελεσματικότητα των διαδικασιών ελέγχου. Για την τεκμηρίωση των δεικτών Occurrence και Detection αξιοποιήθηκαν, όπου ήταν διαθέσιμα, πραγματικά δεδομένα της παραγωγικής διαδικασίας, όπως ποσοστά μη συμμορφώσεων, καταγραφές ελέγχων και στοιχεία παρακολούθησης. Στις περιπτώσεις όπου δεν υπήρχαν επαρκή ποσοτικά δεδομένα, η αξιολόγηση βασίστηκε σε τεκμηριωμένες εκτιμήσεις της ομάδας εργασίας. Στη συνέχεια, υπολογίστηκε ο δείκτης προτεραιότητας κινδύνου (RPN), ο οποίος χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση και ιεράρχηση των αστοχιών.

Για τις αστοχίες που παρουσίασαν υψηλές τιμές RPN (>130) προτάθηκαν κατάλληλες διορθωτικές και προληπτικές ενέργειες. Με βάση αυτές τις προτάσεις, πραγματοποιήθηκε αναθεωρημένη εφαρμογή της FMEA, με επαναξιολόγηση των συντελεστών, προκειμένου να εκτιμηθεί η πιθανή βελτίωση των διαδικασιών. Τέλος, πραγματοποιήθηκε σύγκριση των αποτελεσμάτων της FMEA με τη μελέτη HACCP και τα διαθέσιμα μικροβιολογικά δεδομένα, με στόχο την καλύτερη κατανόηση των σημείων της παραγωγικής διαδικασίας που παρουσιάζουν αυξημένη επικινδυνότητα και την πληρέστερη αξιολόγηση του συστήματος ασφάλειας τροφίμων.

4.2 Περιγραφή της βιομηχανικής μονάδας

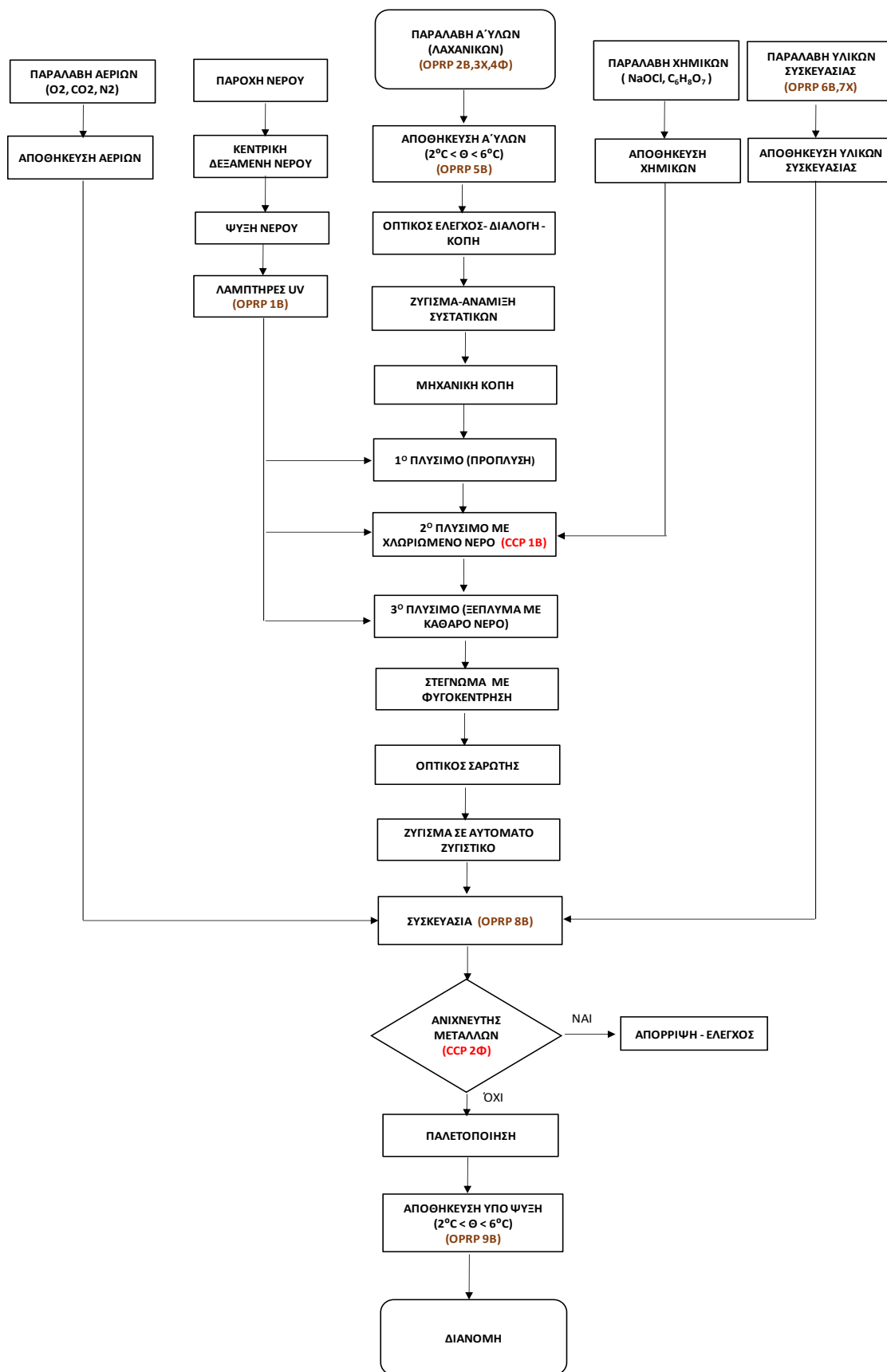
Η βιομηχανική μονάδα στην οποία πραγματοποιήθηκε η παρούσα μελέτη δραστηριοποιείται στον τομέα της παραγωγής και τυποποίησης έτοιμων προς κατανάλωση σαλατών, οι οποίες βασίζονται κυρίως σε νωπά λαχανικά που υφίστανται επεξεργασία, συσκευάζονται και διατίθενται στην αγορά ως προϊόντα άμεσης κατανάλωσης υπό συνθήκες ψύξης. Η μονάδα παράγει διαφορετικούς τύπους σαλατών, οι οποίοι διαφοροποιούνται ως προς τη σύνθεση των λαχανικών, τη μορφή κοπής, το βάρος της συσκευασίας και τον τρόπο συντήρησης. Παρά τις επιμέρους διαφοροποιήσεις των προϊόντων, η παραγωγική διαδικασία ακολουθεί συγκεκριμένα και τυποποιημένα στάδια, με στόχο τη διασφάλιση σταθερής ποιότητας και τον περιορισμό πιθανών κινδύνων για την ασφάλεια των προϊόντων.

Η παραγωγική διαδικασία περιλαμβάνει διαφορετικά στάδια στα οποία εφαρμόζονται συγκεκριμένες διαδικασίες ελέγχου και παρακολούθησης, καθώς ακόμη και μικρές αποκλίσεις στις συνθήκες επεξεργασίας μπορούν να επηρεάσουν τη μικροβιολογική σταθερότητα, την ποιότητα και τη διάρκεια ζωής των προϊόντων. Για τη διασφάλιση της σωστής λειτουργίας της διαδικασίας εφαρμόζονται συστήματα συνεχούς παρακολούθησης της θερμοκρασίας, διαδικασίες καταγραφής και τακτικοί έλεγχοι κατά την παραγωγή, την αποθήκευση και τη διακίνηση των προϊόντων.

Η επιχείρηση εφαρμόζει οργανωμένα συστήματα διαχείρισης που αφορούν την ποιότητα, την ασφάλεια τροφίμων και την περιβαλλοντική διαχείριση και συγκεκριμένα είναι πιστοποιημένη σύμφωνα με τα πρότυπα ISO 9001, ISO 22000, IFS και ISO 14001. Η ύπαρξη οργανωμένων διαδικασιών ελέγχου και καταγραφής δεδομένων καθιστά τη συγκεκριμένη μονάδα κατάλληλο πεδίο εφαρμογής της μεθόδου FMEA καθώς μέσα από την ανάλυση των πιθανών αστοχιών και τη σύνδεσή τους με πραγματικά δεδομένα παραγωγής, δίνεται η δυνατότητα μιας πιο τεκμηριωμένης αξιολόγησης των κινδύνων και της αποτελεσματικότητας των υφιστάμενων μέτρων ελέγχου.

4.3 Περιγραφή παραγωγικής διαδικασίας – Διάγραμμα Ροής

Η απεικόνιση της παραγωγικής διαδικασίας σε μορφή διαγράμματος ροής αποτελεί βασικό βήμα για την κατανόηση της λειτουργίας της γραμμής παραγωγής και τον εντοπισμό των πιθανών κινδύνων σε κάθε στάδιο. Το διάγραμμα ροής (Σχήμα 4-1) παρουσιάζει με συνοπτικό και οργανωμένο τρόπο όλα τα επιμέρους στάδια από την παραλαβή των πρώτων υλών έως τη διανομή του τελικού προϊόντος.



Σχήμα 4-1: Διάγραμμα ροής παραγωγικής διαδικασίας έτοιμων κομμένων σαλατών

Η παραγωγική διαδικασία ξεκινά με την παραλαβή των πρώτων υλών και των υλικών συσκευασίας, τα οποία ελέγχονται και αποθηκεύονται υπό κατάλληλες συνθήκες ψύξης. Σημαντικό ρόλο στη διαδικασία έχει η παροχή νερού, το οποίο χρησιμοποιείται κυρίως στο στάδιο του πλυσίματος και επεξεργάζεται κατάλληλα πριν τη χρήση του.

Στη συνέχεια, τα λαχανικά οδηγούνται στο στάδιο της αποθήκευσης υπό ψύξη, όπου διατηρούνται σε ελεγχόμενες θερμοκρασίες μέχρι την επεξεργασία τους. Ακολουθεί το στάδιο του μακροσκοπικού ελέγχου και της χειρωνακτικής διαλογής, κατά το οποίο απομακρύνονται ακατάλληλα ή αλλοιωμένα τεμάχια.

Μετά τη διαλογή, πραγματοποιείται το στάδιο της ζύγισης/ανάμιξης και στη συνέχεια το στάδιο της κοπής, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του τελικού προϊόντος. Ένα από τα πιο σημαντικά στάδια που ακολουθούν είναι το πλύσιμο, το οποίο πραγματοποιείται σε 3 στάδια, με στόχο την απομάκρυνση ρύπων και τη μείωση του μικροβιακού φορτίου. Συγκεκριμένα, περιλαμβάνει την πρόπλυση, το πλύσιμο με χλωριωμένο νερό και το τελικό πλύσιμο (ξέπλυμα) με καθαρό νερό.

Αμέσως μετά, ακολουθεί το στάδιο στεγνώματος με φυγοκέντρωση, ώστε να απομακρυνθεί η περίσσεια υγρασίας, η οποία μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ποιότητα του προϊόντος. Στη συνέχεια πραγματοποιείται έλεγχος από οπτικό σαρωτή, κατά τον οποίο εντοπίζονται και απομακρύνονται τυχόν ξένα σώματα ή ελαττωματικά τεμάχια.

Ακολουθεί η ζύγιση των τελικών μιγμάτων και εν συνεχεία η συσκευασία σε πλαστικούς περιέκτες. Το στάδιο της συσκευασίας είναι πολύ σημαντικό, καθώς σε αυτό το σημείο διαμορφώνεται το τελικό προϊόν, συχνά υπό ελεγχόμενες συνθήκες ατμόσφαιρας.

Μετά τη συσκευασία, τα προϊόντα διέρχονται από ανιχνευτή μετάλλων, προκειμένου να διασφαλιστεί η απουσία μεταλλικών ξένων σωμάτων. Σε περίπτωση ανίχνευσης, το προϊόν απορρίπτεται, ενώ σε διαφορετική περίπτωση συνεχίζει στη διαδικασία παλετοποίησης.

Τέλος, τα έτοιμα προϊόντα αποθηκεύονται σε ψυκτικούς θαλάμους και διανέμονται στην αγορά σε συνθήκες ψύξης, με την διατήρηση της ψυκτικής αλυσίδας να αποτελεί κύριο παράγοντα για την ποιότητα και την ασφάλεια των προϊόντων.

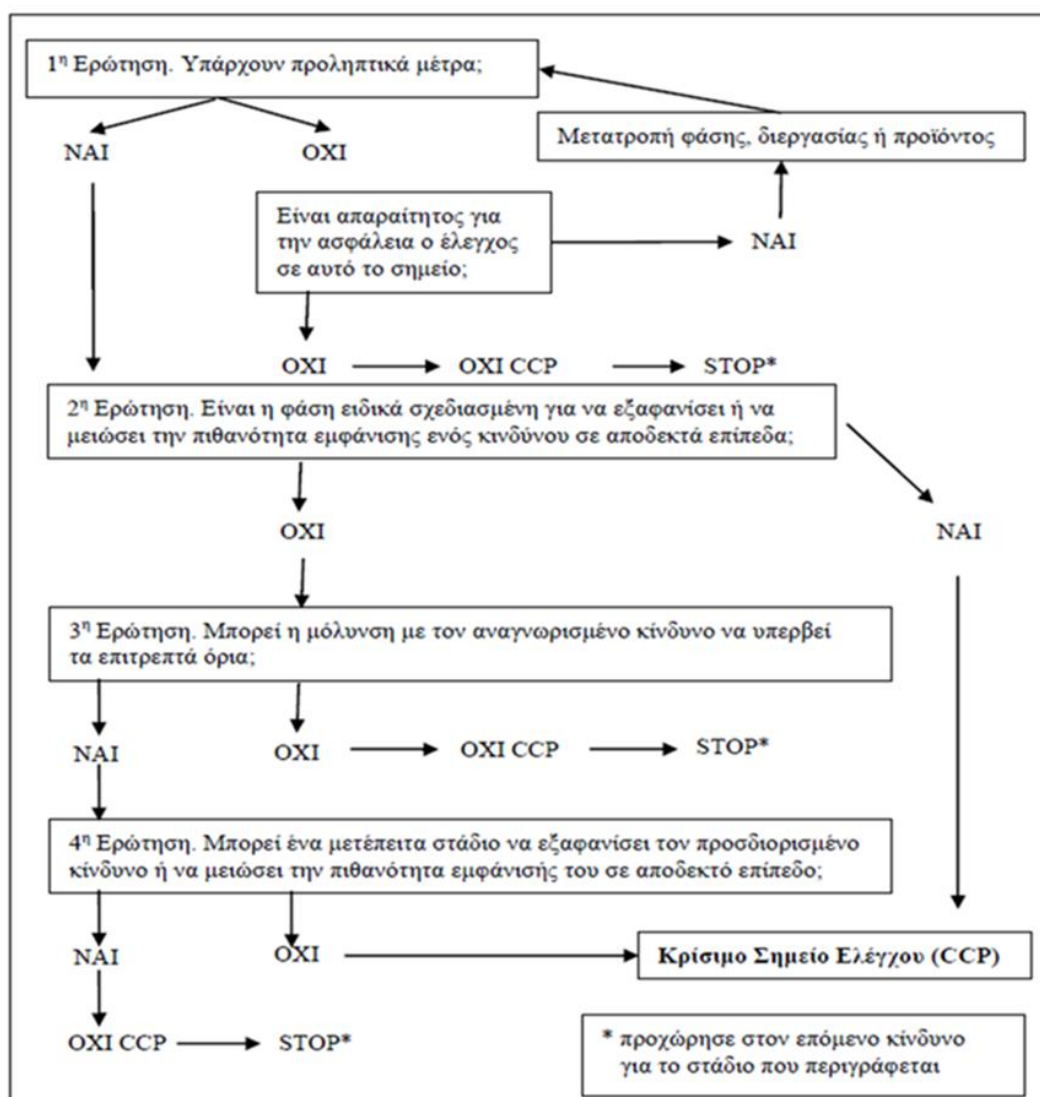
4.4 Αναγνώριση κινδύνων ανά στάδιο παραγωγής

Στην υφιστάμενη μελέτη HACCP, πραγματοποιήθηκε ανασκόπηση της ανάλυσης κινδύνων σε κάθε στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας. Εξετάστηκαν οι πιθανοί μικροβιολογικοί, χημικοί και φυσικοί κίνδυνοι, με στόχο την αξιολόγηση της σημαντικότητάς τους και την κατηγοριοποίησή τους σε Λειτουργικά Προαπαιτούμενα Προγράμματα (OPRPs) και Κρίσιμα Σημεία Ελέγχου (CCPs).

Τα Λειτουργικά Προαπαιτούμενα Προγράμματα (OPRPs) περιλαμβάνουν μέτρα τα οποία, με βάση την ανάλυση επικινδυνότητας, θεωρούνται απαραίτητα για τον περιορισμό της πιθανότητας εμφάνισης κινδύνων που σχετίζονται με την ασφάλεια των τροφίμων. Τα μέτρα αυτά βοηθούν στον έλεγχο της επιμόλυνσης και στον περιορισμό της ανάπτυξης πιθανών κινδύνων, είτε στο ίδιο το προϊόν είτε στο περιβάλλον επεξεργασίας, σε συγκεκριμένα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας.

Τα Κρίσιμα Σημεία Ελέγχου (CCPs) είναι τα στάδια εκείνα στα οποία μπορεί να εφαρμοστεί έλεγχος ουσιαστικής σημασίας, με σκοπό την πρόληψη, την εξάλειψη ή τη μείωση ενός κινδύνου σε αποδεκτά επίπεδα.

Η εκτίμηση των κινδύνων βασίζεται στην ανακοίνωση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (2016/C 278/01), η οποία διεξάγεται σύμφωνα με το δένδρο αποφάσεων (Σχήμα 4-2) για τον προσδιορισμό των CCPs και ειδικότερα στην ημιποσοτική διαδικασία αξιολόγησης επικινδυνότητας που περιγράφεται στο Προσάρτημα 2.



Σχήμα 4-2: Διάγραμμα ή δένδρο αποφάσεων για τον προσδιορισμό των CCPs

Πηγή: (European Commission, 2016)

Σύμφωνα με την ημιποσοτική διαδικασία αξιολόγησης επικινδυνότητας, το επίπεδο επικινδυνότητας προκύπτει από τον συνδυασμό της πιθανότητας εμφάνισης ενός κινδύνου στο τελικό προϊόν και της σοβαρότητας των επιπτώσεών του στην ανθρώπινη υγεία.

Η πιθανότητα (P) εκφράζει το ενδεχόμενο παρουσίας του κινδύνου στο τελικό προϊόν, στην περίπτωση που τα προβλεπόμενα μέτρα ελέγχου δεν εφαρμόζονται ή δεν είναι αποτελεσματικά. Κατά την εκτίμησή της συνεκτιμώνται τόσο η ορθή λειτουργία των προαπαιτούμενων προγραμμάτων όσο και η δυνατότητα μείωσης ή εξάλειψης του κινδύνου

σε επόμενα στάδια της διαδικασίας. Η επίπτωση (E) αντιπροσωπεύει τη σοβαρότητα των συνεπειών για την υγεία του καταναλωτή.

Το συνολικό επίπεδο επικινδυνότητας υπολογίζεται ως $R=P \times E$ και αποτυπώνεται σε κλίμακα από 1 έως 7 όπως φαίνεται παρακάτω στο Σχήμα 4-3:

ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ($R = P \times E$): ΚΛΙΜΑΚΑ 1 ΕΩΣ 7

ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ	Υψηλή	4	4	5	6	7
	Πραγματική	3	3	4	5	6
	Μικρή	2	2	3	4	5
	Πολύ μικρή	1	1	2	3	4
		1	2	3	4	
		Περιορισμένη	Μετρίου βαθμού	Σοβαρή	Πολύ σοβαρή	
		ΕΠΙΠΤΩΣΗ				

Σχήμα 4-3: Κλίμακα υπολογισμού επιπέδου επικινδυνότητας

Πηγή: (European Commission, 2016)

Η κατηγοριοποίηση των σημείων ελέγχου της παραγωγικής διαδικασίας βασίζεται στην τιμή του R.

- Για χαμηλά επίπεδα (1–2), οι κίνδυνοι θεωρούνται επαρκώς ελεγχόμενοι μέσω των προαπαιτούμενων προγραμμάτων, χωρίς να απαιτούνται πρόσθετα μέτρα.
- Για ενδιάμεσα επίπεδα (3–4), εξετάζεται κατά πόσο τα υφιστάμενα μέτρα είναι επαρκή· αν όχι, το στάδιο χαρακτηρίζεται ως Λειτουργικό Προαπαιτούμενο Πρόγραμμα (OPRP), όπου απαιτείται πιο συστηματικός έλεγχος και τεκμηρίωση.
- Για υψηλά επίπεδα (5–7), τα στάδια προσδιορίζονται ως Κρίσιμα Σημεία Ελέγχου (CCP), εφόσον μπορούν να οριστούν μετρήσιμα κρίσιμα όρια. Σε αντίθετη περίπτωση, ταξινομούνται ως OPRP. Τα CCP απαιτούν αυστηρή και συνεχή παρακολούθηση, με στόχο την πρόληψη, εξάλειψη ή μείωση του κινδύνου σε αποδεκτά επίπεδα.

Ανάλυση κινδύνων - Καθορισμός και παρακολούθηση CCP, oPRP

Στον Πίνακα 4-1 παρουσιάζεται συγκεντρωτικά η ανάλυση κινδύνων ανά στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας. Για κάθε στάδιο καταγράφονται οι δυνητικοί κίνδυνοι, η κατηγορία

τους (микροβιολογικοί, χημικοί ή φυσικοί), καθώς και η εκτίμηση της πιθανότητας εμφάνισης και της σοβαρότητας των επιπτώσεών τους. Ο τελικός χαρακτηρισμός των σταδίων ως Κρίσιμα Σημεία Ελέγχου (CCPs) ή ως Λειτουργικά Προαπαιτούμενα Προγράμματα (OPRPs) προέκυψε από τον συνδυασμό της τιμής του R και των απαντήσεων από τα ερωτήματα του δένδρου αποφάσεων όπως διατυπώνονται στο Σχήμα 4-2. Έτσι, εξασφαλίζεται ότι η κατηγοριοποίηση των κινδύνων δεν βασίζεται αποκλειστικά σε ποσοτική εκτίμηση, αλλά λαμβάνει υπόψη και τη δυνατότητα ελέγχου τους στο πλαίσιο της παραγωγικής διαδικασίας

Με βάση την κατηγοριοποίηση των κινδύνων σε CCPs και OPRPs, διαμορφώθηκαν οι αντίστοιχοι πίνακες παρακολούθησης (Πίνακας 4-2 & Πίνακας 4-3), στους οποίους αποτυπώνονται τα μέτρα ελέγχου και οι διαδικασίες διαχείρισης των κινδύνων. Οι πίνακες αυτοί περιλαμβάνουν, για κάθε στάδιο, τον ελεγχόμενο κίνδυνο, τα προληπτικά μέτρα, τα καθορισμένα όρια, τον τρόπο παρακολούθησης, τους υπεύθυνους, καθώς και τις διορθωτικές ενέργειες σε περίπτωση απόκλισης.

Πίνακας 4-1: Ανάλυση κινδύνων ανά στάδιο παραγωγής σε μονάδα παραγωγής έτοιμων κομμένων σαλατών

α/α	ΣΤΑΔΙΑ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΕΙΔΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ*	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	E1	E2	E3	E4	(P)	(E)	(R)	A/A OPRP/ CCP
1	ΠΑΡΟΧΗ ΝΕΡΟΥ		Το συγκεκριμένο στάδιο καλύπτεται επαρκώς από τα εφαρμοζόμενα προαπαιτούμενα προγράμματα και δεν προκύπτει σημαντικός κίνδυνος.					2	3	4	
2	ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΝΕΡΟΥ	B	Ενδεχόμενη παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών στο νερό.	N	O	O		1	4	4	
		B	Μικροβιακή ανάπτυξη στα φίλτρα λόγω συσσώρευσης οργανικών υπολειμμάτων.	N	O	O		1	4	4	
		B	Μικροβιακή επιβάρυνση του νερού λόγω παρατεταμένης παραμονής στη δεξαμενή	N	O	O		2	3	4	
		X	Ενδεχόμενη παρουσία επιβλαβών χημικών παραγόντων στο νερό, είτε από τυχαία επιβάρυνση είτε από μη εξουσιοδοτημένη εξωτερική παρέμβαση.	N	O	O		1	4	4	
		Φ	Πιθανή επιβάρυνση του νερού με ξένα υλικά λόγω ανεπαρκούς κάλυψης της δεξαμενής.	N	O	O		1	2	2	
		Φ	Υποβάθμιση της ποιότητας του νερού λόγω αστοχίας ή φθοράς των φίλτρων.	N	O	N	N	2	3	4	
3	ΨΥΞΗ ΝΕΡΟΥ	X	Ενδεχόμενη χημική επιμόλυνση του νερού από ψυκτικά μέσα, λόγω διαρροής ή αστοχίας του συστήματος ψύξης.	N	O	O		2	4	4	

* **B**: Μικροβιολογικός Κίνδυνος, **X**: Χημικός Κίνδυνος, **Φ**: Φυσικός Κίνδυνος, **A**: Κίνδυνος Αλλεργιογόνων

α/α	ΣΤΑΔΙΑ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΕΙΔΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ*	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	E1	E2	E3	E4	(P)	(E)	(R)	A/A OPRP/ CCP
4	ΛΑΜΠΤΗΡΕΣ UV	B	Μικροβιακή επιβάρυνση του νερού λόγω ανεπαρκούς λειτουργίας ή εσφαλμένης ρύθμισης του συστήματος απολύμανσης UV.	N	O	O		2	2	3	OPRP-1
5	ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΑΕΡΙΩΝ		Το συγκεκριμένο στάδιο καλύπτεται επαρκώς από τα εφαρμοζόμενα προαπαιτούμενα προγράμματα και δεν προκύπτει σημαντικός κίνδυνος.								
6	ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΑΕΡΙΩΝ	X	Ενδεχόμενη χημική επιβάρυνση λόγω τυχαίας εισόδου επικίνδυνων ουσιών ή μη εξουσιοδοτημένης εξωτερικής παρέμβασης.	N	O	O		1	3	3	
7	ΠΑΡΑΛΑΒΗ Α' ΥΛΩΝ (ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ)	B	Μικροβιακή επιβάρυνση λόγω ακατάλληλων συνθηκών μεταφοράς / Παραλαβή πρώτων υλών σε θερμοκρασία εκτός του αποδεκτού ορίου (>6 °C) / Πιθανή επιμόλυνση από παρουσία τρωκτικών κατά τη μεταφορά ή αποθήκευση / Ενδεχόμενη παρουσία μικροβιακού φορτίου στις πρώτες ύλες από το στάδιο της καλλιέργειας.	N	O	N	N	2	3	4	OPRP-2
		X	Ενδεχόμενη χημική επιβάρυνση των πρώτων υλών από υπολείμματα φυτοπροστατευτικών ουσιών, νιτρικά ή βαρέα μέταλλα.	N	N			1	4	4	OPRP-3
		A	Ενδεχόμενη επιμόλυνση των πρώτων υλών με αλλεργιογόνες ουσίες.	N	O	O		1	3	3	
		Φ	Ενδεχόμενη επιμόλυνση των πρώτων υλών από ξένα σώματα.	N	O	O		2	3	4	OPRP-4
8	ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ Α' ΥΛΩΝ (ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ)	B	Αύξηση του μικροβιακού φορτίου λόγω μη ορθών συνθηκών αποθήκευσης.	N	N			2	3	4	OPRP-5

α/α	ΣΤΑΔΙΑ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΕΙΔΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ*	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	E1	E2	E3	E4	(P)	(E)	(R)	A/A OPRP/ CCP
9	ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΧΗΜΙΚΩΝ	X	Ενδεχόμενη παρουσία ανεπιθύμητων ουσιών στα χημικά λόγω ανεπαρκούς καθαρότητας ή μη συμμόρφωσης με τις καθορισμένες προδιαγραφές.	N	O	O		1	3	3	
10	ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΧΗΜΙΚΩΝ		Το συγκεκριμένο στάδιο καλύπτεται επαρκώς από τα εφαρμοζόμενα προαπαιτούμενα προγράμματα και δεν προκύπτει σημαντικός κίνδυνος.								
11	ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΥΛΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ	B	Επιμόλυνση του προϊόντος από μικροοργανισμούς που ενδέχεται να υπάρχουν στις επιφάνειες των υλικών συσκευασίας / Δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών για αναερόβιους μικροοργανισμούς λόγω ανεπαρκών ιδιοτήτων ή αστοχίας του υλικού συσκευασίας.	N	N			1	4	4	OPRP-6
		X	Ενδεχόμενη μεταφορά χημικών συστατικών από τα υλικά συσκευασίας στο τρόφιμο κατά την επαφή. Πιθανή μετανάστευση ουσιών από μελάνες ή διαλύτες των προτυπωμένων υλικών προς το συσκευασμένο προϊόν.	N	N			1	4	4	OPRP-7
12	ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΥΛΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ		Το συγκεκριμένο στάδιο καλύπτεται επαρκώς από τα εφαρμοζόμενα προαπαιτούμενα προγράμματα και δεν προκύπτει σημαντικός κίνδυνος.								
13	ΧΕΙΡΟΝΑΚΤΙΚΗ ΔΙΑΛΟΓΗ ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ	B	Το συγκεκριμένο στάδιο καλύπτεται επαρκώς από τα εφαρμοζόμενα προαπαιτούμενα προγράμματα και δεν προκύπτει σημαντικός κίνδυνος.								
		X	Το συγκεκριμένο στάδιο καλύπτεται επαρκώς από τα εφαρμοζόμενα προαπαιτούμενα προγράμματα και δεν προκύπτει σημαντικός κίνδυνος.								
		Φ	Πιθανή παρουσία μεταλλικών ξένων σωμάτων στο προϊόν λόγω φθοράς ή αστοχίας των μαχαιριών κοπής.	N	O	N	N	1	3	3	

α/α	ΣΤΑΔΙΑ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΕΙΔΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ*	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	E1	E2	E3	E4	(P)	(E)	(R)	A/A OPRP/ CCP
14	ΖΥΓΙΣΜΑ		Το συγκεκριμένο στάδιο καλύπτεται επαρκώς από τα εφαρμοζόμενα προαπαιτούμενα προγράμματα και δεν προκύπτει σημαντικός κίνδυνος.								
15	ΑΝΑΜΕΙΞΗ		Το συγκεκριμένο στάδιο καλύπτεται επαρκώς από τα εφαρμοζόμενα προαπαιτούμενα προγράμματα και δεν προκύπτει σημαντικός κίνδυνος.								
16	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΟΠΗ	B	Το συγκεκριμένο στάδιο καλύπτεται επαρκώς από τα εφαρμοζόμενα προαπαιτούμενα προγράμματα και δεν προκύπτει σημαντικός κίνδυνος.								
		X	Το συγκεκριμένο στάδιο καλύπτεται επαρκώς από τα εφαρμοζόμενα προαπαιτούμενα προγράμματα και δεν προκύπτει σημαντικός κίνδυνος.								
		Φ	Ενδεχόμενη εισαγωγή ξένων σωμάτων στο προϊόν από τον εξοπλισμό κοπής.	N	O	N	N	2	2	3	
17	ΠΡΟΠΛΥΣΗ		Το συγκεκριμένο στάδιο καλύπτεται επαρκώς από τα εφαρμοζόμενα προαπαιτούμενα προγράμματα και δεν προκύπτει σημαντικός κίνδυνος.								
18	ΖΥΓΙΣΜΑ		Το συγκεκριμένο στάδιο καλύπτεται επαρκώς από τα εφαρμοζόμενα προαπαιτούμενα προγράμματα και δεν προκύπτει σημαντικός κίνδυνος.								
19	ΠΛΥΣΙΜΟ ΜΕ ΧΛΩΡΙΟΜΕΝΟ ΝΕΡΟ	B	Περιορισμένη αποτελεσματικότητα της απολύμανσης εξαιτίας αυξημένου οργανικού φορτίου στο νερό πλύσης / Διασταυρούμενη επιμόλυνση των προϊόντων μέσω μικροβιακά επιβαρυνμένου νερού μεταξύ διαδοχικών παρτίδων / Ανεπαρκής μικροβιακός έλεγχος λόγω πτώσης της συγκέντρωσης του ενεργού χλωρίου.	N	N			2	4	5	CCP-1

α/α	ΣΤΑΔΙΑ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΕΙΔΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ*	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	E1	E2	E3	E4	(P)	(E)	(R)	A/A OPRP/ CCP
		X	Ενδεχόμενη παρουσία παραπροϊόντων χλωρίωσης στο τρόφιμο, όπως χλωραμίνες και χλωρομεθάνια.	N	O	O		1	4	4	
20	ΞΕΠΛΥΜΑ ΜΕ ΚΑΘΑΡΟ ΝΕΡΟ	X	Παρουσία υπολειμμάτων χλωρίου ή σχετικών παραπροϊόντων στα λαχανικά εξαιτίας μη επαρκούς έκπλυσης.	N	N			1	4	4	
21	ΣΤΕΓΝΩΜΑ ΣΕ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΟ		Το συγκεκριμένο στάδιο καλύπτεται επαρκώς από τα εφαρμοζόμενα προαπαιτούμενα προγράμματα και δεν προκύπτει σημαντικός κίνδυνος.								
22	ΟΠΤΙΚΟΣ ΣΑΡΩΤΗΣ	Φ	Ενδεχόμενη παραμονή ξένων σωμάτων στο προϊόν που δεν απομακρύνθηκαν κατά τα προηγούμενα στάδια επεξεργασίας.	N	N			1	4	4	
23	ΖΥΓΙΣΜΑ ΣΕ ΠΟΛΥΚΕΦΑΛΕΣ		Το συγκεκριμένο στάδιο καλύπτεται επαρκώς από τα εφαρμοζόμενα προαπαιτούμενα προγράμματα και δεν προκύπτει σημαντικός κίνδυνος.								
24	ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΣΕ ΣΑΚΟΥΛΑ	B	Ανάπτυξη αναερόβιων μικροοργανισμών λόγω ανεπαρκούς O ₂ στη συσκευασία, εξαιτίας ακατάλληλης σύνθεσης αερίων ή μειωμένης διαπερατότητας του φιλμ.	N	N			2	4	5	OPRP-8
25	ΑΝΙΧΝΕΥΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΩΝ	Φ	Παραμονή μεταλλικών ξένων σωμάτων στο τελικό προϊόν λόγω ανεπαρκούς λειτουργίας ή εσφαλμένης ρύθμισης του ανιχνευτή μετάλλων.	N	N			2	4	5	CCP-2
26	ΠΑΛΕΤΟΠΟΙΗΣΗ		Το συγκεκριμένο στάδιο καλύπτεται επαρκώς από τα εφαρμοζόμενα προαπαιτούμενα προγράμματα και δεν προκύπτει σημαντικός κίνδυνος.	N							
27	ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΥΠΟ ΨΥΞΗ (2°C<Θ<6°C)	B	Αύξηση του μικροβιακού φορτίου λόγω διατήρησης των προϊόντων σε θερμοκρασία άνω των 6 °C.	N	O	N	O	1	4	4	OPRP-9

Πίνακας 4-2: Παρακολούθηση OPRPs

α/α OPRP	ΣΤΑΔΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ	ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ	ΟΡΙΑ	ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ/ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ	ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ/ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ	ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ
1B	ΛΑΜΠΕΣ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ UV	Μη αποτελεσματική απολύμανση (Ανάπτυξη μικροοργανισμών)	Πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης Τακτικοί μικροβιολογικοί έλεγχοι	Εντός των προδιαγραφών του κατασκευαστή.	Έλεγχος ωρών λειτουργίας λαμπτήρων UV 2 φορές τον χρόνο / Υπεύθυνος Τεχνικού Τμήματος Μικροβιολογικοί έλεγχοι βάσει σχεδίου δειγματοληψίας / Υπεύθυνος Ελέγχου Ποιότητας	Αλλαγή λαμπτήρα/ Υπεύθυνος Τεχνικής Υποστήριξης	Αρχείο Συντήρησης Εξοπλισμού Αρχείο αναλύσεων νερού από διαπιστευμένο εργαστήριο
2B	ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ	Παραλαβή πρώτων υλών που μπορεί να είναι ήδη επιμολυσμένες από τον αγρό. Επιμόλυνση του φορτίου από τα μέσα μεταφοράς. Παραλαβή προϊόντων σε υψηλή θερμοκρασία > 6°C.	Οπτικός έλεγχος και έλεγχος θερμοκρασίας κατά την παραλαβή - συμπλήρωση των σχετικών εντύπων. Μικροβιολογικός έλεγχος Αξιολόγηση-Εκπαίδευση παραγωγών. Επιθεώρηση αγρών Προμήθεια προϊόντων μόνο από εγκεκριμένους προμηθευτές.	Listeria Monocytogenes: Απουσία Salmonella spp. : Απουσία E. Coli: <10 ²	Έλεγχος μικροβιολογικών χαρακτηριστικών των πρώτων υλών βάσει προγράμματος δειγματοληψίας/ Υπεύθυνος Μικροβιολογικού Εργαστηρίου	Απόρριψη παρτίδας/ Υπεύθυνος Ελέγχου Ποιότητας	Αρχείο Μικροβιολογικών Αναλύσεων Αρχείο Μη Συμμορφώσεων
3X	ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ	Πιθανή παρουσία χημικών ουσιών στις πρώτες ύλες (π.χ. υπολείμματα φυτοφαρμάκων νιτρικά, βαρέα μέταλλα).	Καθορισμός προδιαγραφών αποδοχής πρώτων υλών βάσει της ισχύουσας ευρωπαϊκής νομοθεσίας. Αξιολόγηση και κατάρτιση των συνεργαζόμενων παραγωγών.	Εντός των καθορισμένων ορίων, σύμφωνα με τη νομοθεσία	Αξιολόγηση και επιβεβαίωση των πιστοποιητικών εργαστηριακών αναλύσεων. Διενέργεια χημικών δοκιμών μέσω διαπιστευμένων εξωτερικών εργαστηρίων.	Απόρριψη φορτίου/ Υπεύθυνος Ελέγχου Ποιότητας	Αρχείο αποτελεσμάτων αναλύσεων πρώτων υλών. Αρχείο καταγραφής και διαχείρισης μη συμμορφώσεων.

α/α OPRP	ΣΤΑΔΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ	ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ	ΟΡΙΑ	ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ/ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ	ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ/ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ	ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ
			Προγραμματισμένοι έλεγχοι στις καλλιέργειες και στους χώρους παραγωγής. Γεωπονική παρακολούθηση και τεχνική υποστήριξη των παραγωγών. Επιλογή πρώτων υλών από αξιολογημένους και εγκεκριμένους προμηθευτές. Εφαρμογή προγράμματος δειγματοληψίας και χημικών αναλύσεων		Αρμόδιος για τον έλεγχο και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων: Υπεύθυνος Ελέγχου Ποιότητας		
4Φ	ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ	Πιθανή παρουσία ξένων σωμάτων στις πρώτες ύλες.	Σύνταξη προδιαγραφών πρώτων υλών. Οπτικός έλεγχος των προϊόντων κατά την παραλαβή και αξιολόγηση από το τμήμα ποιοτικού ελέγχου.	Σύμφωνα με τις προδιαγραφές.	Αξιολόγηση πρώτων υλών για ξένα σώματα σε κάθε φορτίο σύμφωνα με το πλάνο δειγματοληψίας / Προσωπικό Ελέγχου Ποιότητας	Απόρριψη φορτίου/ Υπεύθυνος Ελέγχου Ποιότητας	Έντυπο Αξιολόγησης Πρώτων Υλών Αρχείο Μη Συμμορφώσεων
5B	ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ	Πιθανή ανάπτυξη και αύξηση μικροοργανισμών λόγω ακατάλληλων συνθηκών αποθήκευσης.	Σύστημα ελέγχου θερμοκρασιών και συναγερμού (alarm). Τακτική συντήρηση των ψυκτικών στοιχείων.	2°C<Θ<6°C	Τακτική παρακολούθηση θερμοκρασιών από on-line σύστημα καταγραφής/ Προσωπικό Ελέγχου Ποιότητας & Τεχνικό Τμήμα	Επαναφορά των κατάλληλων συνθηκών θερμοκρασίας στους αποθηκευτικούς χώρους / Υπεύθυνος Τεχνικής Υποστήριξης Δέσμευση και καταστροφή των ακατάλληλων	Αρχεία Καταγραφής Θερμοκρασιών Αρχεία Αξιολόγησης Ελέγχου Ποιότητας Αρχεία Μη Συμμορφούμενων Προϊόντων

α/α OPRP	ΣΤΑΔΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ	ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ	ΟΡΙΑ	ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ/ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ	ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ/ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ	ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ
						φορτίων / Υπεύθυνος Ελέγχου Ποιότητας	
6B	ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΥΛΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ	Ενδεχόμενη πτώση της συγκέντρωσης οξυγόνου εντός της συσκευασίας εξαιτίας αστοχίας ή ακαταλληλότητας του υλικού συσκευασίας, με πιθανή δημιουργία συνθηκών που ευνοούν την ανάπτυξη αναερόβιων μικροοργανισμών. Πιθανή μικροβιακή επιμόλυνση του τροφίμου μέσω επαφής με υλικά συσκευασίας που φέρουν παθογόνους μικροοργανισμούς στην επιφάνειά τους.	Επιλογή και έγκριση προμηθευτών βάσει καθορισμένων κριτηρίων αξιολόγησης. Οπτική επιθεώρηση των υλικών και των συνθηκών μεταφοράς κατά την παραλαβή. Δειγματοληπτική διενέργεια μικροβιολογικών αναλύσεων. Έλεγχος της συμμόρφωσης των παραλαμβανόμενων υλικών με τις απαιτούμενες προδιαγραφές. Καθορισμός απαιτήσεων καταλληλότητας για υλικά που προορίζονται για επαφή με τρόφιμα.	Σύμφωνα με τις προδιαγραφές. OMX <10 ² Staphylococcus aureus <10cfu/gr Listeria monocytogenes: Απουσία	Δοκιμαστικός έλεγχος των ιδιοτήτων διαπερατότητας των υλικών συσκευασίας / Προσωπικό Ελέγχου Ποιότητας. Μικροβιολογικός έλεγχος επιφανειών σύμφωνα με το καθορισμένο πρόγραμμα δειγματοληψίας / Υπεύθυνος Ελέγχου Ποιότητας.	Μη αποδοχή της παρτίδας και επιστροφή της στον προμηθευτή / Υπεύθυνος Ελέγχου Ποιότητας.	Καταγραφές ελέγχου και αποδοχής υλικών συσκευασίας. Αρχείο αποτελεσμάτων μικροβιολογικών ελέγχων.
7X	ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΥΛΙΚΩΝ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑΣ	Πιθανή μετανάστευση χημικών ουσιών από τα υλικά συσκευασίας στο τρόφιμο. Ενδεχόμενη παρουσία ανεπιθύμητων ή επιβλαβών χημικών ουσιών στα υλικά συσκευασίας.	Προμήθεια υλικών από εγκεκριμένους και αξιολογημένους προμηθευτές. Επιβεβαίωση της καταλληλότητας των υλικών για επαφή με τρόφιμα μέσω σχετικών πιστοποιητικών/δηλώσεων συμμόρφωσης.	Σύμφωνα με την νομοθεσία	Επιβεβαίωση της συμμόρφωσης των υλικών μέσω των σχετικών πιστοποιητικών/δηλώσεων καταλληλότητας για επαφή με τρόφιμα. Δειγματοληπτικός έλεγχος μετανάστευσης ουσιών από τα υλικά συσκευασίας / Υπεύθυνος Ελέγχου Ποιότητας.	Απόρριψη παρτίδας και επιστροφή στον προμηθευτή/ Υπεύθυνος Ελέγχου Ποιότητας	Αρχείο Πιστοποιητικών Προμηθευτών

α/α OPRP	ΣΤΑΔΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ	ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ	ΟΡΙΑ	ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ/ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ	ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ/ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ	ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ
			Έλεγχος συμμόρφωσης με τις καθορισμένες προδιαγραφές των υλικών συσκευασίας.				
8B	ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΣΕ ΣΑΚΟΥΛΑ	Πιθανή ανάπτυξη αναερόβιων μικροοργανισμών μέσα στη συσκευασία λόγω πολύ χαμηλής συγκέντρωσης οξυγόνου. Ο κίνδυνος μπορεί να προκύψει από λανθασμένη σύσταση αερίων ή από αστοχία στο υλικό συσκευασίας.	Επιλογή κατάλληλου υλικού συσκευασίας και μίγματος αερίων βάσει δοκιμών διάρκειας ζωής του προϊόντος. Έλεγχος της σύστασης των αερίων κατά την έναρξη συσκευασίας κάθε προϊόντος και στη συνέχεια ανά 30 λεπτά.	Βάσει των καθορισμένων απαιτήσεων ανά προϊόν	Δειγματοληπτική αξιολόγηση των προϊόντων στο τέλος της διάρκειας ζωής μέσω μικροβιολογικών, οργανοληπτικών ελέγχων και μέτρησης της σύστασης των αερίων / Προσωπικό Ελέγχου Ποιότητας. Επιβεβαίωση της σύστασης του μίγματος αερίων εντός της συσκευασίας/ Υπεύθυνος Ελέγχου Ποιότητας.	Ρύθμιση της παροχής και επαναφορά της σύστασης των αερίων στα καθορισμένα όρια / Υπεύθυνος Ελέγχου Ποιότητας. Επανασυσκευασία ή δέσμευση και απόρριψη των συσκευασιών που δεν μπορούν να επανασυσκευαστούν.	Καταγραφή και παρακολούθηση των ελεγχόμενων παραμέτρων συσκευασίας. Ηλεκτρονική καταγραφή και παρακολούθηση αντιδειγμάτων προϊόντων.
9B	ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΥΠΟ ΨΥΞΗ (2°C<Θ<6°C)	Ενδεχόμενη ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών λόγω διατήρησης του προϊόντος σε θερμοκρασία άνω των 6 °C.	Προγραμματισμένη συντήρηση και έλεγχος της καλής λειτουργίας του ψυκτικού εξοπλισμού. Αυτόματη ειδοποίηση σε περίπτωση απόκλισης της θερμοκρασίας από τα καθορισμένα όρια. Συνεχής μέτρηση και καταγραφή της θερμοκρασίας στους χώρους αποθήκευσης των τελικών προϊόντων.	(2°C<Θ<6°C)	Τακτική ανασκόπηση των καταγραφών θερμοκρασίας και έλεγχος της ορθής λειτουργίας του ψυκτικού εξοπλισμού / Υπεύθυνος Αποθηκών.	Δέσμευση και αξιολόγηση προϊόντων που εκτέθηκαν σε μη αποδεκτές θερμοκρασίες / Υπεύθυνος Ελέγχου Ποιότητας. Απόρριψη ακατάλληλων προϊόντων / Υπεύθυνος Αποθηκών. Αποκατάσταση των απαιτούμενων συνθηκών ψύξης / Υπεύθυνος Τεχνικής Υποστήριξης.	Καταγραφές παρακολούθησης θερμοκρασιών. Αρχεία ελέγχου και αξιολόγησης προϊόντων. Καταγραφές διαχείρισης μη συμμορφούμενων προϊόντων.

Πίνακας 4-3: Παρακολούθηση CCPs

α/α CCP	ΣΤΑΔΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ	ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ	ΟΡΙΑ	ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ/ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ	ΔΙΟΡΘΩΤΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ/ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ	ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ
1B	ΠΛΥΣΙΜΟ ΜΕ ΧΛΩΡΙΟΜΕΝΟ ΝΕΡΟ	Μειωμένη αποτελεσματικότητα απολύμανσης λόγω συσσώρευσης οργανικού φορτίου στο νερό πλύσης. Ανεπαρκής απολύμανση λόγω χαμηλής συγκέντρωσης ενεργού χλωρίου. Κίνδυνος διασταυρούμενης επιμόλυνσης μεταξύ παρτίδων μέσω του νερού πλύσης.	Έλεγχος των συνθηκών απολύμανσης (pH, χλώριο, ORP, θερμοκρασία) και παύση της διαδικασίας σε περίπτωση απόκλισης. Τακτική απομάκρυνση οργανικού φορτίου από τη δεξαμενή πλύσης.	pH: 6,6-7,3 ORP: 700-800 mV	Μικροβιολογικοί έλεγχοι νερού πλύσης και τελικού προϊόντος βάσει προγράμματος / Υπεύθυνος Ελέγχου Ποιότητας. Αυτόματη παρακολούθηση pH και ORP, με καταγραφή ανά 60 λεπτά / Προσωπικό Ελέγχου Ποιότητας.	Δέσμευση και απόρριψη προϊόντος από την τελευταία αποδεκτή μέτρηση / Υπεύθυνος Ελέγχου Ποιότητας. Επαναφορά pH και συγκέντρωσης χλωρίου στα καθορισμένα όρια / Προσωπικό Ελέγχου Ποιότητας.	Ηλεκτρονική καταγραφή και έλεγχος παραμέτρων πλύσης. Αρχείο αποτελεσμάτων μικροβιολογικών ελέγχων.
2Φ	ΑΝΙΧΝΕΥΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΩΝ	Ενδεχόμενη παρουσία μεταλλικών ξένων σωμάτων στο προϊόν από τον παραγωγικό εξοπλισμό ή τη διεργασία. Ανεπαρκής ανίχνευση λόγω εσφαλμένης ρύθμισης ή δυσλειτουργίας του ανιχνευτή μετάλλων..	Περιοδικός έλεγχος λειτουργίας του ανιχνευτή με κατάλληλα δοκίμια αναφοράς. Προγραμματισμένη συντήρηση του εξοπλισμού. Ετήσια επιβεβαίωση της ορθής λειτουργίας από εξουσιοδοτημένο φορέα/κατασκευαστή	Κατώτατα Όρια Ανίχνευσης Fe:2mm, Non Fe:2mm, SS:3mm	Ανασκόπηση καταγεγραμμένων παραπόνων πελατών / Υπεύθυνος Ελέγχου Ποιότητας. Δειγματοληπτική επιθεώρηση τελικών προϊόντων / Προσωπικό Ελέγχου Ποιότητας. Έλεγχος του ανιχνευτή με δοκίμια κατά την έναρξη κάθε κωδικού και ανά 30 λεπτά.	Δέσμευση προϊόντων από τον τελευταίο επιτυχή έλεγχο / Υπεύθυνος Ελέγχου Ποιότητας. Ρύθμιση και επανέλεγχος του ανιχνευτή μετάλλων / Προσωπικό Ελέγχου Ποιότητας. Επανέλεγχος των δεσμευμένων προϊόντων μέσω του ανιχνευτή / Υπεύθυνος Παραγωγής.	Καταγραφές ελέγχου των παραμέτρων συσκευασίας. Αρχείο ελέγχου και αξιολόγησης τελικών προϊόντων.

4.5 Συλλογή και ανάλυση δεδομένων

Η συλλογή και η αξιολόγηση των δεδομένων της παρούσας μελέτης βασίστηκαν σε ιστορικά στοιχεία της βιομηχανικής μονάδας, τα οποία κάλυπταν χρονική περίοδο τριών ετών. Τα δεδομένα περιλάμβαναν μικροβιολογικές αναλύσεις, αποτελέσματα μελετών διάρκειας ζωής, καθώς και στοιχεία που σχετίζονταν με αποκλίσεις και αστοχίες της παραγωγικής διαδικασίας..

Οι μικροβιολογικές αναλύσεις για τον προσδιορισμό της Ολικής Μεσόφιλης Χλωρίδας (OMX) και των Εντεροβακτηριοειδών (EB) πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο της επιχείρησης με το αυτοματοποιημένο σύστημα TEMPO® (bioMérieux). Για την καταμέτρηση της Ολικής Μεσόφιλης Χλωρίδας χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος TEMPO® TVC, ενώ για την απαρίθμηση των Εντεροβακτηριοειδών χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος TEMPO® EB, η οποίες διαθέτουν διεθνή αναγνώριση και πιστοποίηση (AFNOR και AOAC). Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν ως $\log_{10}$ CFU/g προϊόντος.

Επιπλέον, αναλύθηκαν δεδομένα που αφορούσαν τη διάρκεια ζωής ενός επιλεγμένου μίγματος, εξετάζοντας τη μεταβολή του μικροβιακού φορτίου υπό διαφορετικές συνθήκες θερμοκρασίας ($4\pm 1^\circ\text{C}$, $6\pm 1^\circ\text{C}$, $9\pm 1^\circ\text{C}$) κατά τη διάρκεια αποθήκευσης 9 ημερών, ενώ έγινε σύγκριση του μικροβιακού φορτίου (OMX) μεταξύ των διαφορετικών μιγμάτων σαλάτας αμέσως μετά το στάδιο της συσκευασίας και καθ'όλη την διάρκεια ζωής των 9 ημερών στους ($4\pm 1^\circ\text{C}$).

Η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του σταδίου πλυσίματος πραγματοποιήθηκε σε 30 δείγματα ενός επιλεγμένου μίγματος, με βάση τη μεταβολή των τιμών της Ολικής Μεσόφιλης Χλωρίδας (OMX) και των Εντεροβακτηριοειδών (EB) πριν και μετά το συγκεκριμένο στάδιο. Η επεξεργασία πραγματοποιήθηκε με ψυχρό νερό ($6-7^\circ\text{C}$), pH:6,8-7,0, δυναμικό οξειδοαναγωγής (ORP) 700-750mV και συγκέντρωση ελεύθερου χλωρίου 0,8-1 ppm με την χρήση υποχλωριώδους νατρίου.

Η μέτρηση της σύστασης των αερίων στο εσωτερικό των συσκευασιών τροποποιημένης ατμόσφαιρας πραγματοποιήθηκε με τον φορητό αναλυτή αερίων Dansensor CheckPoint 3. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε επιλεγμένο μίγμα, κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης 9 ημερών, σε τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες ($4\pm 1^\circ\text{C}$, $6\pm 1^\circ\text{C}$ και $9\pm 1^\circ\text{C}$) και με αρχική σύσταση μίγματος αερίων 7,8-8,2 % O_2 , 11,8-12,2% CO_2 και 79,6-80,4% N_2 . Τα προϊόντα συσκευάστηκαν σε περιέκτες πολυπροπυλενίου (PP) πολύ χαμηλής διαπερατότητας, ενώ τα

αποτελέσματα προήλθαν από 4 διαφορετικές δοκιμές του συγκεκριμένου μίγματος με 3 επαναλήψεις για κάθε μέτρηση.

Για την επεξεργασία και στατιστική ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Minitab 22 ενώ τα αποτελέσματα απεικονίστηκαν σε γραφήματα, ώστε να αναδειχθούν οι τάσεις μεταβολής του μικροβιακού φορτίου και να διευκολυνθεί η ερμηνεία τους.

Τέλος, αξιοποιήθηκαν δεδομένα που σχετίζονται με μη συμμορφώσεις της παραγωγικής διαδικασίας και αναφορές καταναλωτών, με στόχο τον εντοπισμό των συχνότερων και σημαντικότερων αποκλίσεων. Η ανάλυση των δεδομένων συνδέθηκε άμεσα με την εφαρμογή της FMEA, καθώς τα διαθέσιμα ποσοτικά στοιχεία χρησιμοποιήθηκαν για την τεκμηρίωση των δεικτών Occurrence όπου αυτό ήταν εφικτό. Στις περιπτώσεις όπου δεν υπήρχαν επαρκή ποσοτικά δεδομένα, η αξιολόγηση βασίστηκε σε τεκμηριωμένες εκτιμήσεις της ομάδας HACCP, λαμβάνοντας υπόψη την εμπειρία και τη γνώση της παραγωγικής διαδικασίας.

4.5.1 Μικροβιολογικές αναλύσεις

Σκοπός της μικροβιολογικής αξιολόγησης ήταν η διερεύνηση της συμπεριφοράς διαφορετικών μιγμάτων σαλάτας ως προς το μικροβιακό τους φορτίο εξετάζοντας την Ολική Μεσόφιλη Χλωρίδα (OMX). Εξετάστηκαν τέσσερα κύρια μίγματα, τα οποία για λόγους συντομίας κωδικοποιήθηκαν ως M-1, M-2, M-3 και M-4, με συγκεκριμένο συνδυασμό συστατικών όπως φαίνεται στον Πίνακα 4-4.

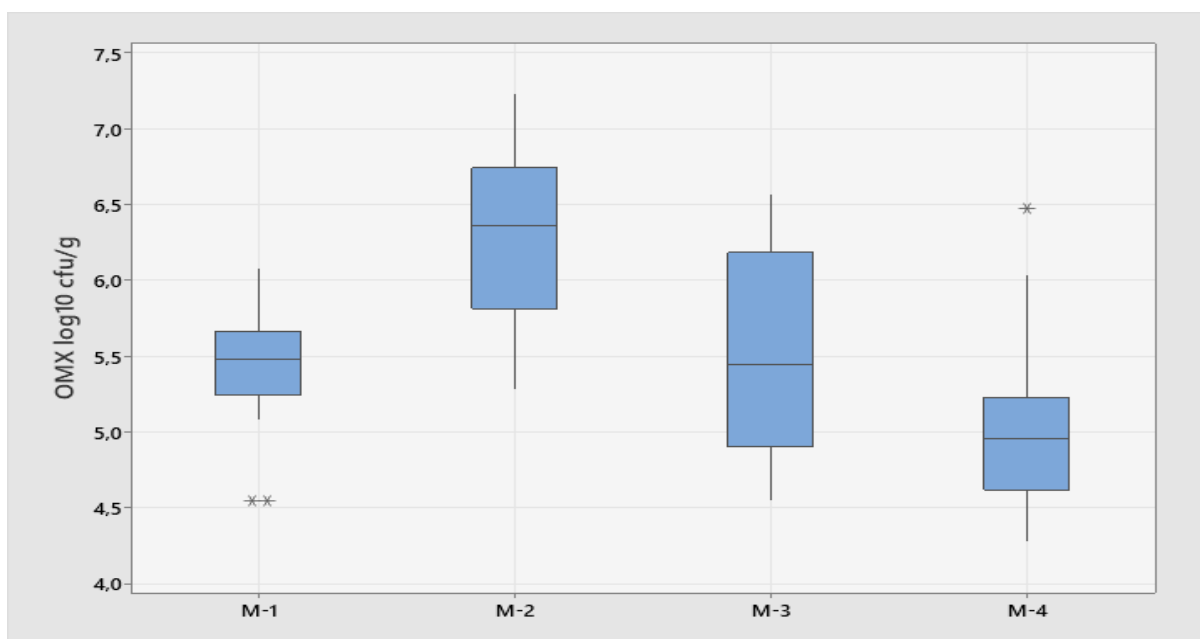
Πίνακας 4-4: Κωδικοποίηση Μιγμάτων

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ
M-1	Μαρούλι Romaine, Μαρούλι Butterhead, Αντίδι
M-2	Σπανάκι
M-3	Λάχανο, Καρότο
M-4	Μαρούλι Romaine, Μαρούλι Iceberg, Radicchio

Για κάθε μίγμα αξιοποιήθηκαν αποτελέσματα από 30 διαφορετικές παρτίδες παραγωγής, τα οποία επιλέχθηκαν από το διαθέσιμο ιστορικό αρχείο μικροβιολογικών αναλύσεων της μονάδας. Οι μετρήσεις αφορούσαν δείγματα που είχαν ληφθεί αμέσως μετά τη συσκευασία των προϊόντων. Στον Πίνακα 4-5 παρουσιάζονται η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση της OMX για κάθε μίγμα, ενώ στο Σχήμα 4-4 απεικονίζεται η κατανομή των μετρήσεων με boxplot, ώστε να αξιολογηθεί η διασπορά και η μεταβλητότητα των μικροβιολογικών τιμών μεταξύ των διαφορετικών μιγμάτων σαλάτας.

Πίνακας 4-5: Μέσες Τιμές OMX ανά Μίγμα

Μίγμα	Μέση τιμή ($\log_{10}$ CFU/g)	Τυπική απόκλιση
M-1	5,45	0,38
M-2	6,28	0,53
M-3	5,45	0,66
M-4	4,99	0,50



Σχήμα 4-4: Κατανομή τιμών OMX μετά την συσκευασία

Από την ανάλυση του Σχήματος 4-4 παρατηρείται ότι τα διαφορετικά μίγματα σαλάτας εμφανίζουν διαφοροποιήσεις στις τιμές της OMX τόσο ως προς τη διάμεσο τιμή όσο και ως προς τη διασπορά των μετρήσεων. Το μίγμα M-2 παρουσιάζει γενικά υψηλότερες τιμές μικροβιακού φορτίου σε σχέση με τα υπόλοιπα μίγματα με μέση τιμή 6,28 $\log_{10}$ CFU/g, ενώ το M-3 εμφανίζει μεγαλύτερη μεταβλητότητα μεταξύ των παρτίδων. Αντίθετα, τα μίγματα M-1 και M-4 παρουσιάζουν πιο σταθερή συμπεριφορά με μικρότερη διακύμανση στις τιμές της OMX και με μέσες τιμές 5,45 $\log_{10}$ CFU/g και 4,99 $\log_{10}$ CFU/g αντίστοιχα.

Οι διαφοροποιήσεις αυτές πιθανόν σχετίζονται με τη σύσταση των μιγμάτων, το αρχικό μικροβιακό φορτίο των πρώτων υλών, καθώς και με τις συνθήκες επεξεργασίας και χειρισμού

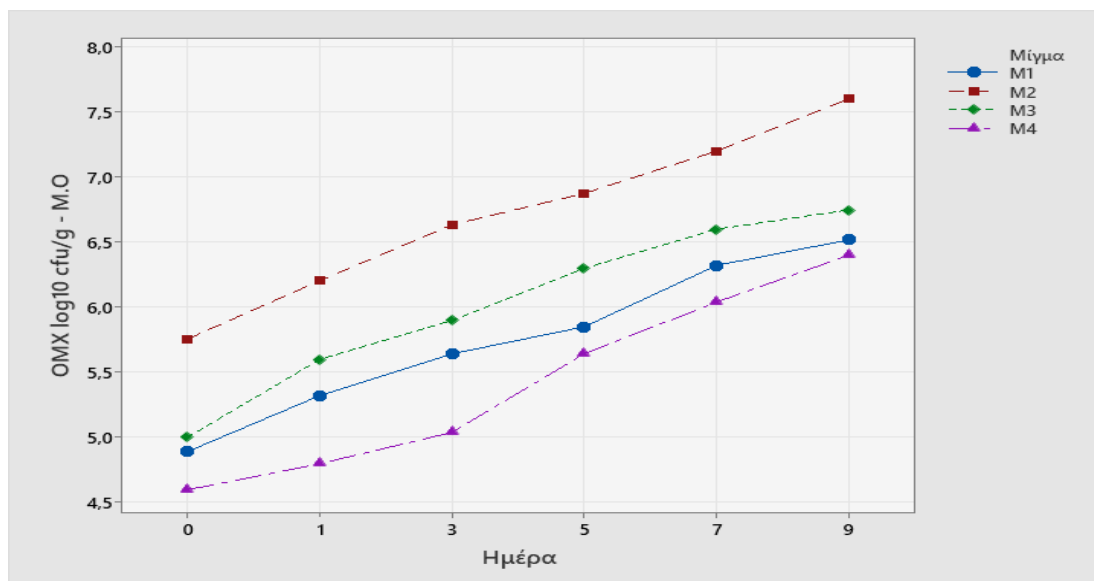
κατά την παραγωγική διαδικασία. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι διαφορετικά είδη λαχανικών και διαφορετικοί συνδυασμοί συστατικών μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τη μικροβιολογική συμπεριφορά των προϊόντων.

Για τη στατιστική διερεύνηση των διαφορών μεταξύ των μιγμάτων πραγματοποιήθηκαν t-tests σύγκρισης μέσω τιμών, τα αποτελέσματα των οποίων παρατίθενται στο Παράρτημα 1. Από την ανάλυση προέκυψε ότι στις περισσότερες περιπτώσεις οι μέσοι όροι των μιγμάτων διαφέρουν στατιστικά σημαντικά, με εξαίρεση τη σύγκριση μεταξύ των μιγμάτων M-1 και M-3, όπου δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στις τιμές της OMX.

4.5.2 Μελέτη διάρκειας ζωής (shelf life)

Η αξιολόγηση της διάρκειας ζωής των διαφορετικών μιγμάτων σαλάτας βασίστηκε σε ιστορικά δεδομένα 4 διαφορετικών δοκιμών αποθήκευσης, μέσω των οποίων παρακολουθήθηκε η εξέλιξη του μικροβιακού φορτίου σε διαφορετικά μίγματα και σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Με βάση τα αποτελέσματα αυτά, εκτιμήθηκε η επίδραση της θερμοκρασίας στη διατήρηση της ποιότητας των προϊόντων και ο χρόνος μέχρι την προσέγγιση του ορίου αλλοίωσης. Σύμφωνα με το μικροβιολογικό κριτήριο της μελέτης των Waldhans, Albrecht, Ibal, Wollenweber & Kreyenschmidt (2025) το τέλος της διάρκειας ζωής του προϊόντος ορίζεται όταν η Ολική Μεσόφιλη Χλωρίδα (OMX) φτάσει τα $7,5 \log_{10}$ CFU/g, όριο που υποδηλώνει μικροβιακή αλλοίωση.

Στα παρακάτω Σχήματα 2 & 3, απεικονίζεται η μεταβολή της Ολικής Μεσόφιλης Χλωρίδας (OMX) και των εντεροβακτηριοειδών (EB), στα τέσσερα διαφορετικά μίγματα σαλατών τα οποία διατηρήθηκαν στους $4 \pm 1^\circ\text{C}$ για 9 ημέρες, σε συνάρτηση με τον χρόνο ζωής των προϊόντων. Η ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν από πέντε διαφορετικές δοκιμές διατηρησιμότητας χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση της διάρκειας ζωής των προϊόντων, ενώ παράλληλα βοήθησε στη διερεύνηση της επίδρασης παραγόντων, όπως η θερμοκρασία και η σύσταση του μίγματος, στη μικροβιακή ανάπτυξη.



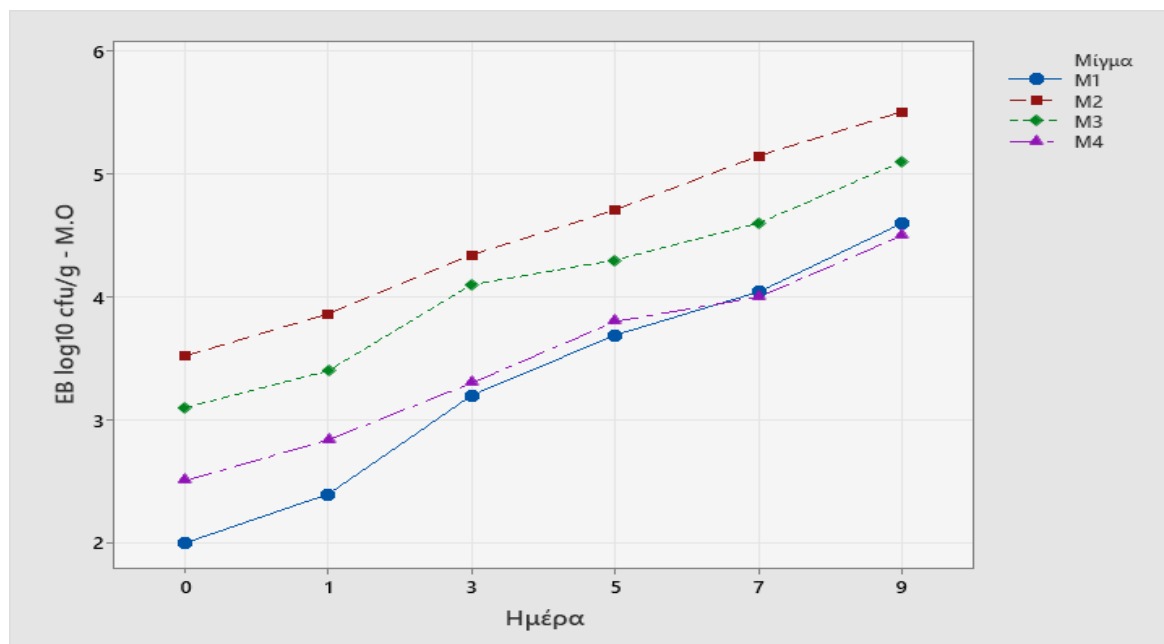
Σχήμα 4-5: Μεταβολή OMX κατά την αποθήκευση στους 4±1°C

Διαπιστώνεται ότι σε όλα τα μίγματα, το μικροβιακό φορτίο αυξάνεται προοδευτικά κατά την διάρκεια της αποθήκευσης, κάτι που θεωρείται φυσιολογικό για φρέσκα, ελάχιστα επεξεργασμένα λαχανικά. Ωστόσο, υπάρχουν διαφορές μεταξύ των μιγμάτων ως προς το αρχικό φορτίο και την αύξηση του μικροβιακού φορτίου μέχρι και την 9^η ημέρα αποθήκευσης.

Το μίγμα M-2 παρουσίασε το υψηλότερο μικροβιακό φορτίο καθ' όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης, με μέση συγκέντρωση 5,8 log₁₀ CFU/g κατά την ημερομηνία συσκευασίας, η οποία αυξήθηκε σε περίπου 7,6 log₁₀ CFU/g την 9^η ημέρα αποθήκευσης. Αντίθετα, το μίγμα M-4 εμφάνισε τα χαμηλότερα επίπεδα, με αρχική μέση τιμή 4,6 log₁₀ CFU/g και αύξηση έως περίπου 6,4 log₁₀ CFU/g στο ίδιο χρονικό διάστημα, γεγονός που υποδηλώνει μεγαλύτερη σταθερότητα κατά την αποθήκευση. Τα υπόλοιπα μίγματα παρουσίασαν ενδιάμεσες τιμές, ακολουθώντας παρόμοια αυξητική τάση με μία συνολική μέση αύξηση της τάξης του 34% έως το τέλος της διάρκειας ζωής.

Αντίστοιχα, το Σχήμα 4-6 απεικονίζει τη μεταβολή των εντεροβακτηριοειδών (EB) κατά την αποθήκευση στις ίδιες συνθήκες. Και σε αυτή την περίπτωση παρατηρείται αύξηση των τιμών με την πάροδο του χρόνου για όλα τα μίγματα. Το μίγμα M-2 εμφανίζει και εδώ τις υψηλότερες τιμές με μέση συγκέντρωση 3,5 log₁₀ CFU/g κατά την ημερομηνία συσκευασίας, η οποία αυξήθηκε σε 5,5 log₁₀ CFU/g την 9^η ημέρα αποθήκευσης ενώ το M-1 ξεκινά από χαμηλότερα επίπεδα με μέση συγκέντρωση 2,0 log₁₀ CFU/g αλλά παρουσιάζει σημαντική αύξηση στη

συνέχεια φτάνοντας σε τιμές της τάξης των $4,6 \log_{10}$ CFU/g. Τα μίγματα M-3 και M-4 παρουσιάζουν παρόμοια συμπεριφορά, με μικρές διαφοροποιήσεις μεταξύ τους.

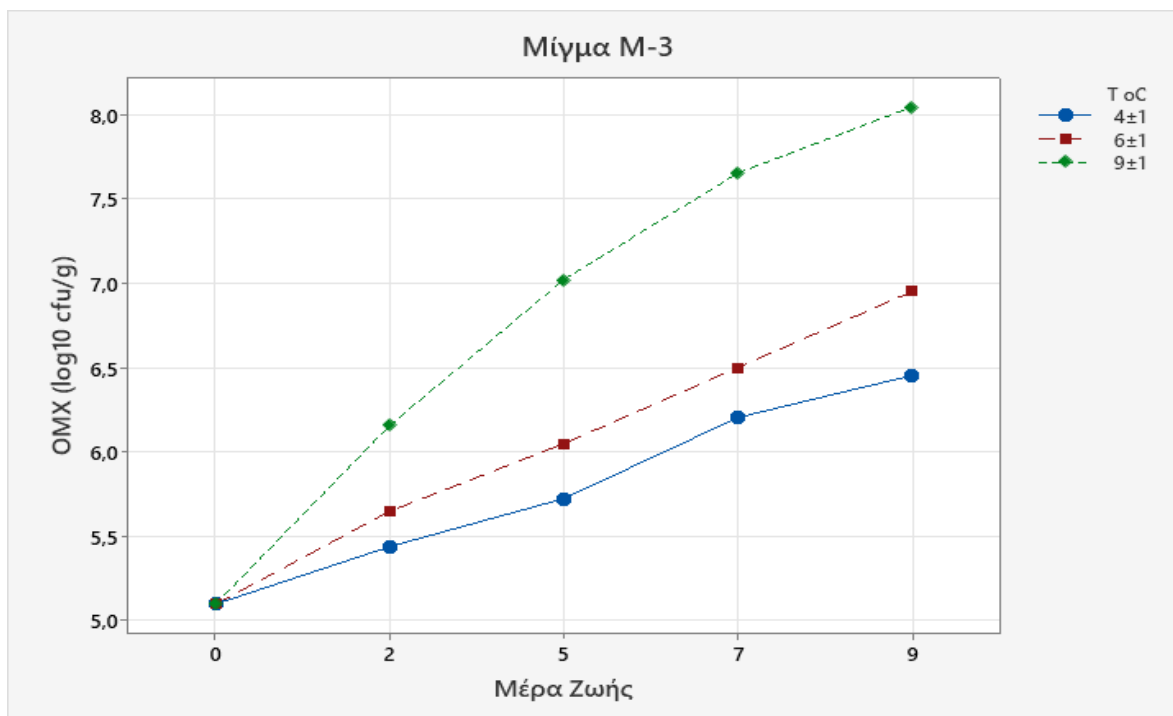


Σχήμα 4-6: Μεταβολή EB κατά την αποθήκευση στους $4\pm 1^\circ\text{C}$

Μεταβολή OMX και EB σε συνάρτηση με τον χρόνο και σε διαφορετικές θερμοκρασίες

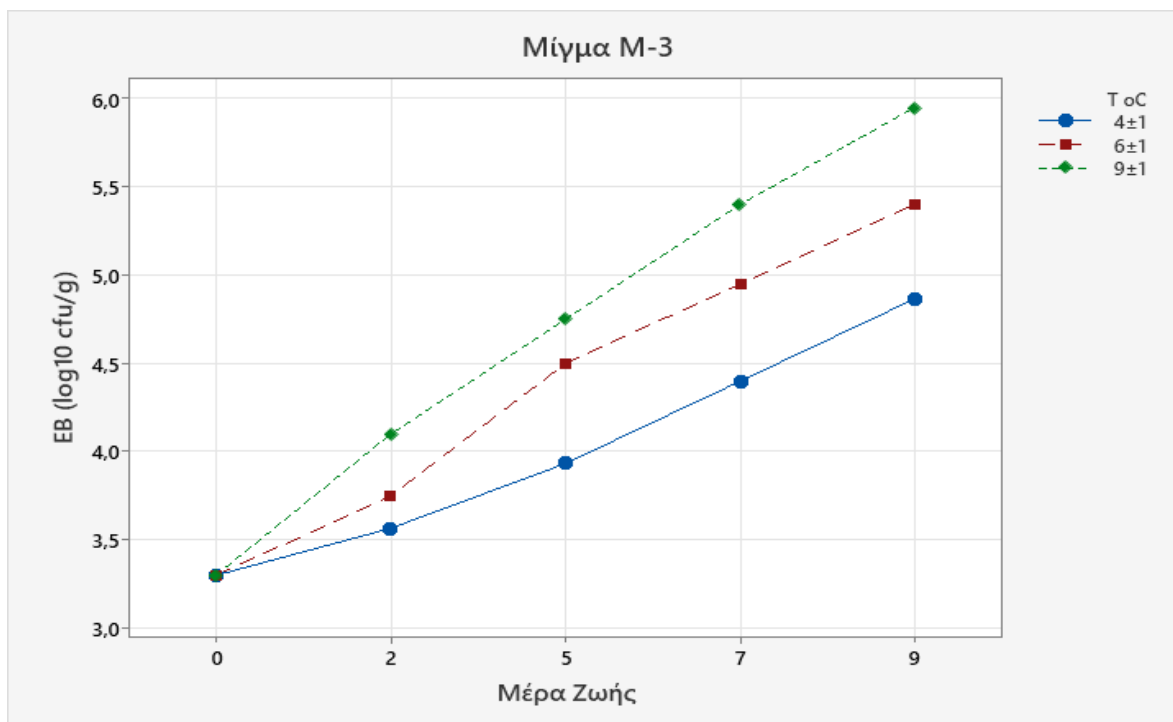
Για την μελέτη της μεταβολής της OMX και των EB σε συνάρτηση με τον χρόνο και σε διαφορετικές θερμοκρασίες επιλέχθηκε το μίγμα M-3. Στο Σχήμα 4-7 παρουσιάζεται η μεταβολή του μέσου μικροβιακού φορτίου της OMX σε τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες αποθήκευσης ($4\pm 1^\circ\text{C}$, $6\pm 1^\circ\text{C}$ και $9\pm 1^\circ\text{C}$) κατά τη διάρκεια εννέα ημερών. Παρατηρείται ότι το αρχικό μικροβιακό φορτίο παίρνει τιμές με μέση τιμή $5,1 \log_{10}$ CFU/g και αυξάνεται σταδιακά με την πάροδο του χρόνου σε όλες τις θερμοκρασίες αποθήκευσης φτάνοντας την 9^η ημέρα στους 9°C σε $8,1 \log_{10}$ CFU/g. Στους 6°C η αύξηση της OMX προσεγγίζει σε τιμές της τάξης των $7 \log_{10}$ CFU/g την 9^η ημέρα, ενώ στους 3°C η εξέλιξη είναι πιο ήπια, με τις τιμές να φτάνουν περίπου το $6,4 \log_{10}$ CFU/g στο τέλος της αποθήκευσης.

Το αποτέλεσμα αυτό επιβεβαιώνει ότι η αύξηση της θερμοκρασίας επιταχύνει τη μικροβιακή ανάπτυξη και συνεπώς μειώνει τη διάρκεια ζωής του προϊόντος. Εφόσον το όριο αλλοίωσης θεωρείται περίπου στις $7,5 \log_{10}$ cfu/g, το προϊόν που αποθηκεύεται στους 9°C φτάνει σε επίπεδα αλλοίωσης πολύ νωρίτερα σε σχέση με τις χαμηλότερες θερμοκρασίες καθώς από την 5^η ημέρα παρατηρούνται και αλλοιώσεις στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος.



Σχήμα 4-7: Μεταβολή OMX κατά την αποθήκευση σε διαφορετικές θερμοκρασίες

Στο Σχήμα 4-8 απεικονίζεται η εξέλιξη της μέσης τιμής των εντεροβακτηριοειδών (ΕΒ) για το μίγμα M-3 σε τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες αποθήκευσης (4±1°C, 6±1°C και 9±1°C) κατά τη διάρκεια 9 ημερών. Παρατηρείται ότι το αρχικό μικροβιακό φορτίο είναι 3,3 log₁₀ cfu/g και με την πάροδο του χρόνου, αυξάνεται σταδιακά σε όλες τις θερμοκρασίες, όμως ο ρυθμός αύξησης διαφοροποιείται σημαντικά ανάλογα με τη θερμοκρασία αποθήκευσης. Στους 3°C η αύξηση είναι σχετικά αργή, με το φορτίο να φτάνει περίπου το 4,9 log₁₀ cfu/g την 9η ημέρα. Στους 6°C η ανάπτυξη είναι ταχύτερη, φτάνοντας περίπου το 5,4 log₁₀ cfu/g στο τέλος της περιόδου αποθήκευσης, ενώ στους 9°C παρατηρείται η ταχύτερη αύξηση, με το μικροβιακό φορτίο να φτάνει τα 6 log₁₀ cfu/g την 9η ημέρα αποθήκευσης.



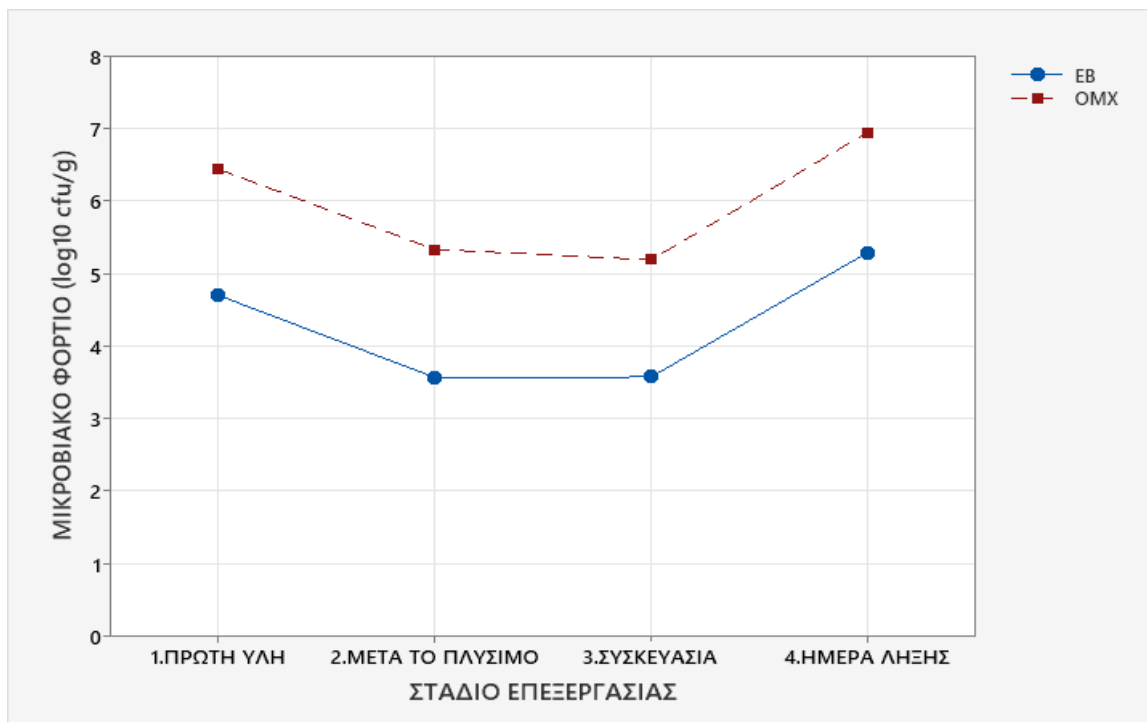
Σχήμα 4-8: Μεταβολή EB κατά την αποθήκευση σε διαφορετικές θερμοκρασίες

Φαίνεται ότι, η διάρκεια ζωής των έτοιμων μιγμάτων σαλάτας επηρεάζεται τόσο από τη θερμοκρασία αποθήκευσης όσο και από τη σύσταση του μίγματος. Η αύξηση της θερμοκρασίας επιταχύνει τη μικροβιακή ανάπτυξη και μειώνει τον χρόνο μέχρι την αλλοίωση του προϊόντος. Τα διαφορετικά είδη λαχανικών εμφανίζουν διαφορετικό βαθμό ευαισθησίας, επηρεάζοντας το μικροβιακό προφίλ συνολική του κάθε μίγματος, ενώ η σωστή διατήρηση της ψυκτικής αλυσίδας και η επιλογή κατάλληλων συνδυασμών λαχανικών αποτελούν βασικούς παράγοντες για τη διατήρηση της ποιότητας και της ασφάλειας του τελικού προϊόντος.

4.5.3 Επίδραση σταδίου πλυσίματος στην μείωση του μικροβιακού φορτίου

Το στάδιο του πλυσίματος θεωρείται ένα από τα πιο κρίσιμα σημεία στην επεξεργασία των έτοιμων προς κατανάλωση σαλατών, καθώς σχετίζεται άμεσα με τον έλεγχο του μικροβιακού φορτίου. Για την αξιολόγηση της επίδρασής του, εξετάστηκαν 30 δείγματα από διαφορετικές παρτίδες του μίγματος M-4 με στόχο την εκτίμηση της μεταβολής των μικροβιολογικών δεικτών, συγκεκριμένα της OMX και των EB, πριν και μετά το στάδιο πλυσίματος και συνολικά από την πρώτη ύλη έως και την ημερομηνία λήξης.

Στο Σχήμα 4-9 παρουσιάζεται η μεταβολή του μικροβιακού φορτίου ανά στάδιο επεξεργασίας, από την πρώτη ύλη έως και την ημερομηνία λήξης, αποτυπώνοντας τη συνολική επίδραση του πλυσίματος αλλά και των επόμενων σταδίων στη μικροβιακή επιβάρυνση του προϊόντος.



Σχήμα 4-9: Μεταβολή μικροβιακού φορτίου ανά στάδιο επεξεργασίας

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 4-9, μετά το στάδιο του πλυσίματος παρατηρείται εμφανής μείωση του μικροβιακού φορτίου σε σχέση με την πρώτη ύλη. Η σύγκριση των μέσων τιμών των δύο σταδίων με t-test έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά, γεγονός που επιβεβαιώνει την αποτελεσματικότητα του σταδίου πλύσης στη μείωση της OMX. Τα αναλυτικά αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης παρατίθενται στο Παράρτημα 2. Πιο συγκεκριμένα, τόσο τα EB όσο και η OMX μειώνονται περίπου κατά 1 λογαριθμική μονάδα, γεγονός που υποδηλώνει την αποτελεσματικότητα του πλυσίματος ως μέτρου ελέγχου. Στη συνέχεια, μέχρι το στάδιο της συσκευασίας, παρατηρείται μικρή επιπλέον μείωση ή σταθεροποίηση των τιμών, κάτι που υποδηλώνει ότι οι συνθήκες υγιεινής και οι χειρισμοί κατά την επεξεργασία είναι επαρκώς ελεγχόμενοι. Ωστόσο, κατά την αποθήκευση έως την ημερομηνία λήξης, παρατηρείται εκ νέου αύξηση του μικροβιακού φορτίου, η οποία αποδίδεται στις συνθήκες συντήρησης και στη φυσική εξέλιξη των μικροοργανισμών.

Η τάση αυτή είναι αναμενόμενη και τα παραπάνω αποτελέσματα παρουσιάζουν σημαντική συμφωνία με τα ευρήματα της έρευνας των Calonico et al. (2019), η οποία εξετάζει τη μικροβιολογική ποιότητα των έτοιμων σαλατών από την παραγωγή μέχρι την κατανάλωση. Τα δεδομένα δείχνουν ότι, αμέσως μετά την παραγωγή τα επίπεδα μικροοργανισμών είναι χαμηλότερα σε σχέση με εκείνα της πρώτης ύλης, ενώ στη συνέχεια αυξάνονται σταδιακά κατά την αποθήκευσή. Αυτή η εξέλιξη είναι, σε έναν βαθμό, αναμενόμενη, αλλά επιβεβαιώνει ότι όσο πλησιάζει το τέλος της διάρκειας ζωής, τόσο ενισχύεται η μικροβιακή επιβάρυνση των προϊόντων. Κάπου εδώ φαίνεται ξεκάθαρα πόσο κρίσιμη είναι η σωστή διαχείριση των συνθηκών συντήρησης. Η θερμοκρασία, ειδικότερα, φαίνεται να είναι ο πιο καθοριστικός παράγοντας. Όταν οι συνθήκες αποθήκευσης και μεταφοράς τηρούνται σωστά, η αύξηση των μικροοργανισμών περιορίζεται και η ποιότητα των προϊόντων διατηρείται σε αποδεκτά επίπεδα για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα, προκύπτει η ανάγκη για συστηματική παρακολούθηση και επαλήθευση της αποτελεσματικότητας του σταδίου πλυσίματος, μέσω του ελέγχου βασικών παραμέτρων, όπως η ποιότητα του νερού και η συγκέντρωση του απολυμαντικού. Ωστόσο, η αυστηρή τήρηση των κανόνων υγιεινής και των συνθηκών ψύξης κατά τα στάδια της συσκευασίας και της αποθήκευσης κρίνεται απαραίτητη, ώστε να περιορίζεται η μικροβιακή επιβάρυνση.

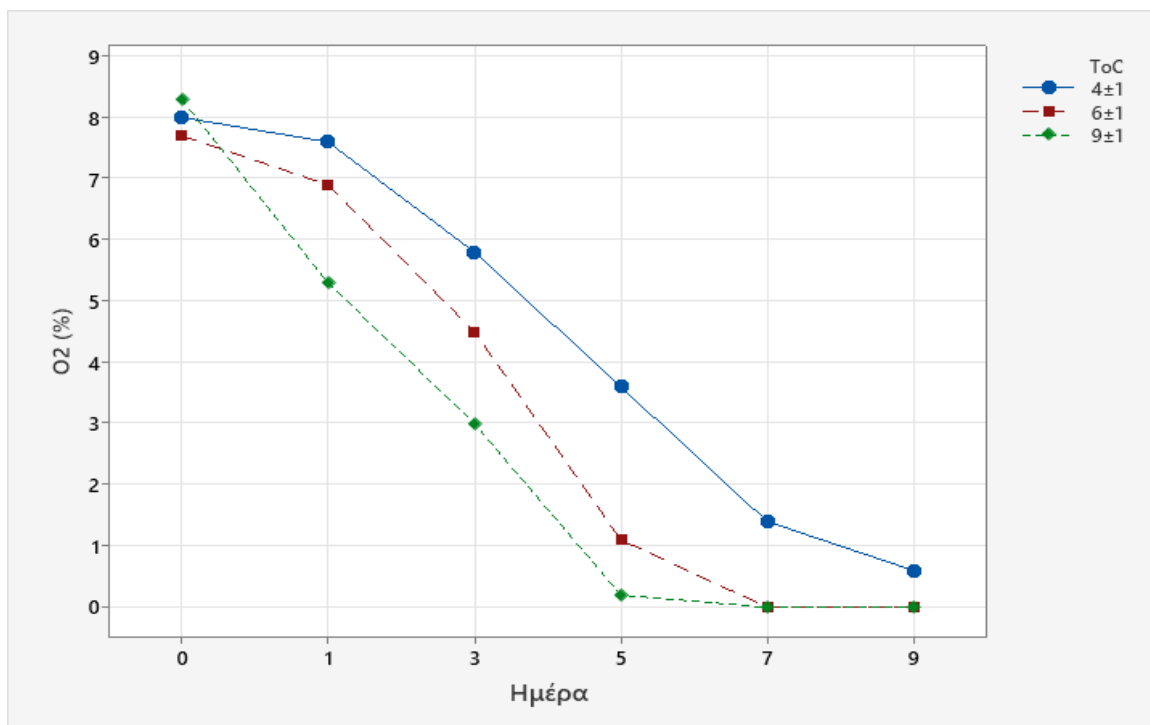
Απαραίτητη θεωρείται και η επανεκτίμηση της διάρκειας ζωής, κυρίως σε μίγματα που περιέχουν πιο ευαίσθητα συστατικά, τα οποία ενδέχεται να υποβαθμίζονται πιο γρήγορα. Σε αυτές τις περιπτώσεις, ίσως χρειάζεται εντατικότερη παρακολούθηση των μικροβιολογικών δεικτών, ώστε να διασφαλίζεται ότι τα προϊόντα παραμένουν εντός των αποδεκτών ορίων μέχρι την ημερομηνία λήξης.

4.5.4 Επίδραση της θερμοκρασίας αποθήκευσης στην MAP

Η παρακολούθηση της σύστασης των αερίων της συσκευασίας πραγματοποιήθηκε με στόχο την αξιολόγηση της επίδρασης της θερμοκρασίας στη σταθερότητα της τροποποιημένης ατμόσφαιρας (MAP) και, κατ' επέκταση, στη διάρκεια ζωής του προϊόντος.

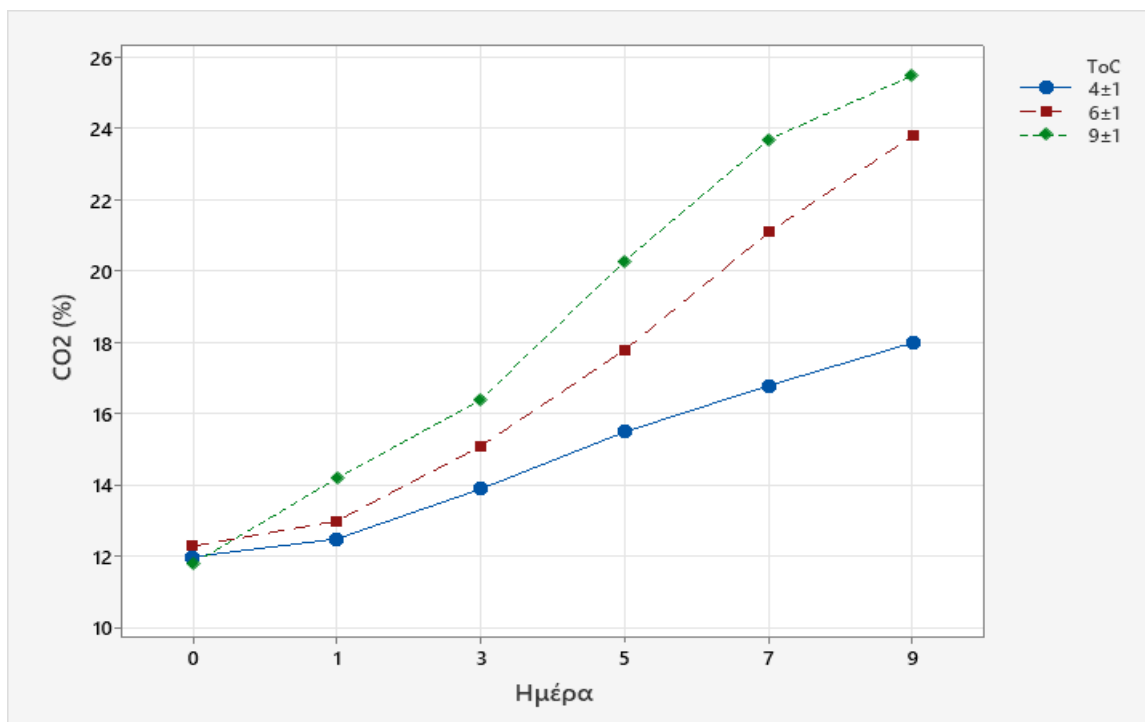
Στο Σχήμα 4-10 παρατηρείται σταδιακή μείωση της συγκέντρωσης του O_2 σε όλες τις θερμοκρασίες αποθήκευσης, με τη μείωση να είναι εντονότερη όσο αυξάνεται η θερμοκρασία. Ειδικότερα, στους $9\pm 1^\circ C$ η συγκέντρωση του O_2 μειώνεται ταχύτερα και φτάνει σχεδόν σε μηδενικά επίπεδα ήδη από τις πρώτες ημέρες αποθήκευσης, ενώ στους $4\pm 1^\circ C$ η μεταβολή είναι πιο αργή και σταδιακή. Το εύρημα αυτό δείχνει ότι η αύξηση της θερμοκρασίας επιταχύνει τον

ρυθμό αναπνοής των λαχανικών και οδηγεί σε ταχύτερη κατανάλωση του διαθέσιμου οξυγόνου μέσα στη συσκευασία.



Σχήμα 4-10: Μεταβολή O₂ κατά την αποθήκευση σε διαφορετικές θερμοκρασίες

Αντίστοιχα, στο Σχήμα 4-11 παρατηρείται συνεχής αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ κατά τη διάρκεια αποθήκευσης, με τις υψηλότερες τιμές να καταγράφονται επίσης στους 9±1°C. Η αύξηση αυτή φαίνεται να σχετίζεται με την εντονότερη αναπνευστική δραστηριότητα των λαχανικών στις υψηλότερες θερμοκρασίες, γεγονός που οδηγεί σε μεγαλύτερη παραγωγή CO₂ μέσα στη συσκευασία. Αντίθετα, στους 4±1°C η μεταβολή του CO₂ εμφανίζεται πιο ήπια, υποδηλώνοντας μεγαλύτερη σταθερότητα της τροποποιημένης ατμόσφαιρας.



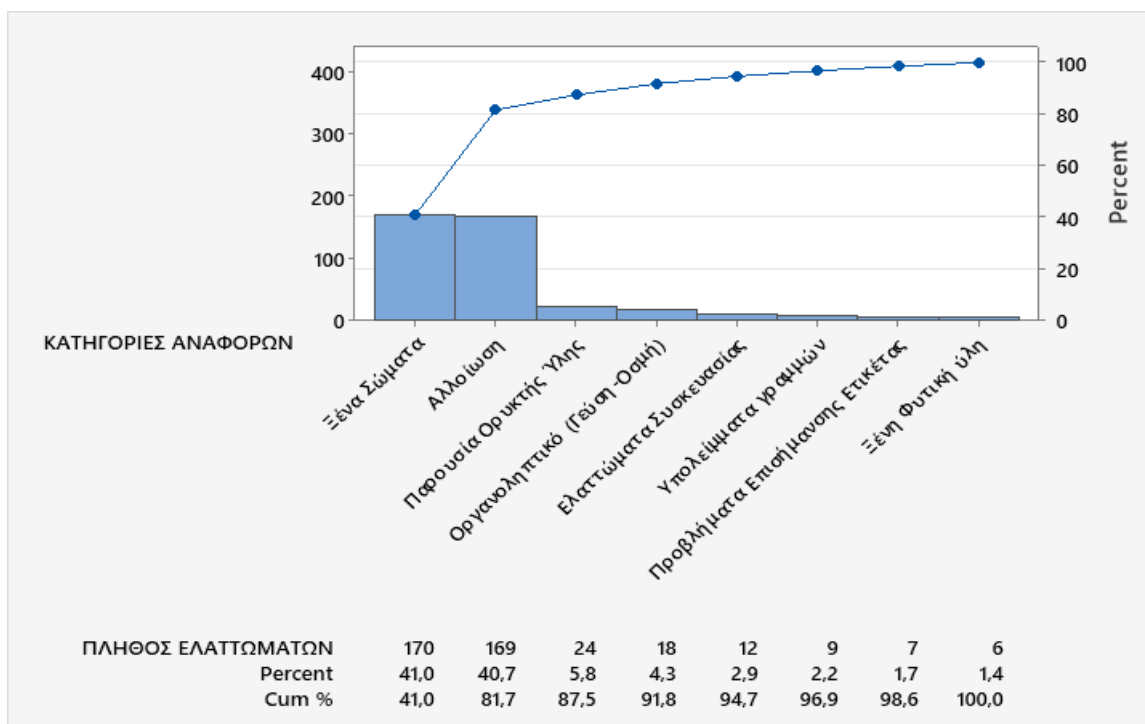
Σχήμα 4-11 Μεταβολή CO₂ κατά την αποθήκευση σε διαφορετικές θερμοκρασίες

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η θερμοκρασία αποθήκευσης επηρεάζει σημαντικά τη σύσταση των αερίων μέσα στη συσκευασία MAP. Η αποθήκευση σε υψηλότερες θερμοκρασίες οδηγεί σε ταχύτερη μείωση του O₂ και μεγαλύτερη αύξηση του CO₂, λόγω της αύξησης του ρυθμού αναπνοής των λαχανικών. Οι μεταβολές αυτές μπορεί να έχουν αρνητική επίδραση στην ποιότητα του προϊόντος, καθώς πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου ενδέχεται να δημιουργήσουν αναερόβιες συνθήκες που ευνοούν την ανάπτυξη ανεπιθύμητων μικροοργανισμών και την εμφάνιση οσμών ή αλλοιώσεων. Αντίστοιχα, υψηλές συγκεντρώσεις O₂ μπορούν να επιταχύνουν οξειδωτικές και ενζυμικές αντιδράσεις, επηρεάζοντας επίσης την ποιότητα, το χρώμα και τη διατηρησιμότητα του προϊόντος.

4.5.5 Αξιολόγηση δεδομένων πελατών

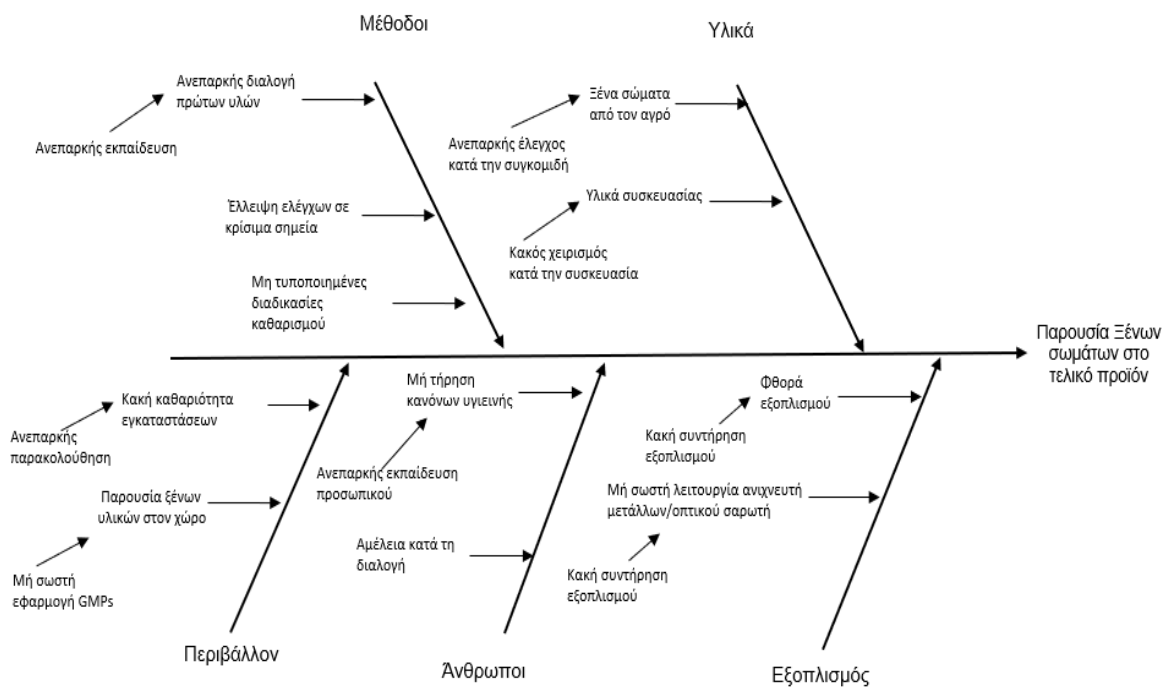
Για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας αξιοποιήθηκαν δεδομένα που αφορούν ποιοτικές αποκλίσεις και προβλήματα που καταγράφηκαν μετά τη διάθεση των προϊόντων στην αγορά. Τα δεδομένα καλύπτουν χρονική περίοδο 3 ετών και περιλαμβάνουν κατηγορίες όπως αλλοιώσεις, παρουσία ξένων σωμάτων, προβλήματα συσκευασίας και λοιπές ποιοτικές αποκλίσεις. Η αξιολόγηση των στοιχείων βοήθησε σημαντικά στον εντοπισμό των προβλημάτων που εκδηλώνονται υπό πραγματικές συνθήκες διακίνησης, αποθήκευσης και κατανάλωσης των προϊόντων.

Για την καλύτερη αξιολόγηση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε ανάλυση με διάγραμμα Pareto ανά κατηγορία αναφορών, με στόχο τον εντοπισμό των συχνότερων και σημαντικότερων αποκλίσεων. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 4-12, η πλειονότητα των αναφορών συγκεντρώνεται σε περιορισμένο αριθμό κατηγοριών, με κυρίαρχες τις αλλοιώσεις και την παρουσία ξένων σωμάτων, οι οποίες αθροιστικά αντιπροσωπεύουν το μεγαλύτερο ποσοστό των συνολικών περιστατικών.

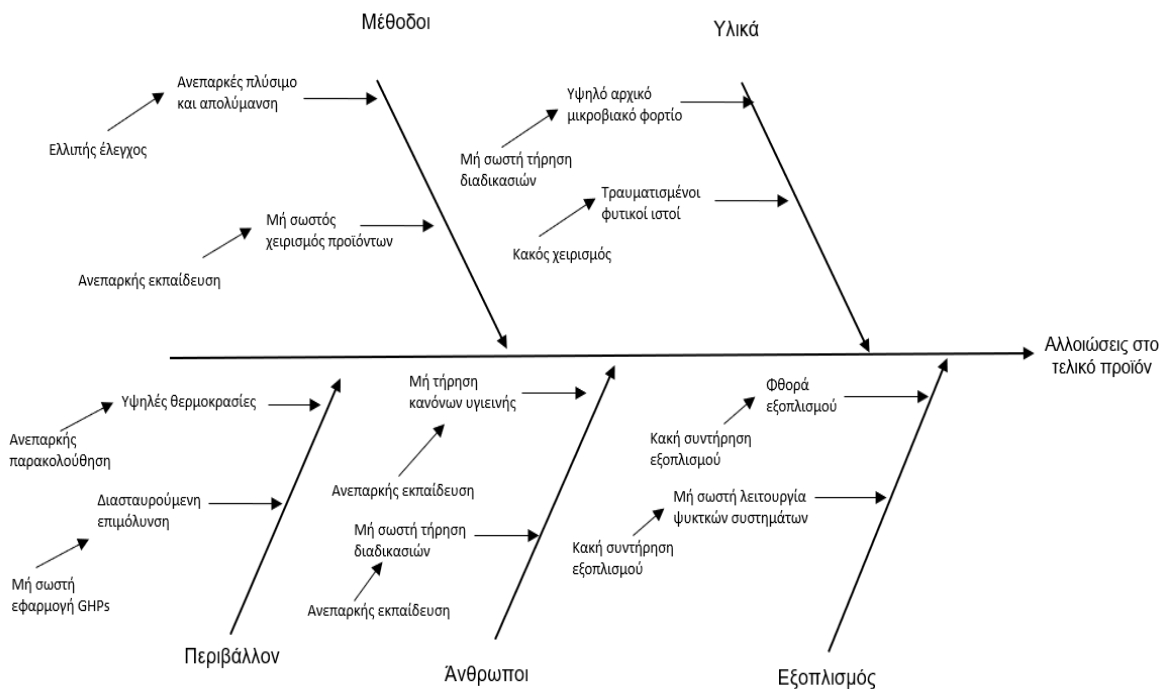


Σχήμα 4-12 Διάγραμμα Pareto για κατηγορίες αναφορών

Στη συνέχεια, χρησιμοποιήθηκαν διαγράμματα αιτίου–αποτελέσματος (Ishikawa) για τη διερεύνηση των πιθανών αιτιών που συνδέονται με την εμφάνιση των συγκεκριμένων προβλημάτων κατά την παραγωγική διαδικασία. Στα Σχήματα 4-13 και 4-14 παρουσιάζονται οι βασικοί παράγοντες που ενδέχεται να συμβάλλουν στην εμφάνιση αλλοιώσεων και ξένων σωμάτων στο τελικό προϊόν, οι οποίοι σχετίζονται με τις πρώτες ύλες, τις μεθόδους επεξεργασίας, τον εξοπλισμό, το προσωπικό και το περιβάλλον παραγωγής.



Σχήμα 4-13 Διάγραμμα Ishikawa για παρουσία ξένων σωμάτων σε τελικό προϊόν



Σχήμα 4-14 Διάγραμμα Ishikawa για αλλοιώσεις σε τελικό προϊόν

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω ευρήματα, η εφαρμογή της FMEA επικεντρώθηκε περισσότερο στα στάδια και στους παράγοντες της διαδικασίας που ενδέχεται να σχετίζονται με τις συγκεκριμένες αστοχίες.

4.6 Μελέτη FMEA στην παραγωγή έτοιμων κομμένων σαλατών

4.6.1 Προσδιορισμός και τεκμηρίωση δεικτών SOD

Για την εφαρμογή της μεθοδολογίας FMEA, αρχικά πραγματοποιήθηκε αναγνώριση των πιθανών αστοχιών σε κάθε στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας. Οι αστοχίες αυτές συσχετίστηκαν με τις πιθανές αιτίες και επιπτώσεις τους, και στη συνέχεια αξιολογήθηκαν ως προς τη σοβαρότητα (S), την πιθανότητα εμφάνισης (O) και τη δυνατότητα εντοπισμού τους (D). Η αξιολόγηση των δεικτών πραγματοποιήθηκε με βάση συγκεκριμένες κλίμακες αξιολόγησης, οι οποίες παρουσιάζονται στους Πίνακες 4-6, 4-7 και 4-8 (Τσαρούχας & Ντέλιου, 2021).

Πίνακας 4-6 Κλίμακα βαθμολόγησης κρισιμότητας (S)

Κρισιμότητα (S)		
Βαθμός Κατηγορίας	Αποτέλεσμα	Κριτήριο
1	Κανένα	Καμία Επίπτωση
2	Αμελητέο	Αμελητέα επίπτωση στον χρήστη
3	Ελαφρύ	Ελαφριά επίπτωση στον χρήστη
4	Μικρής Σημασίας	Ελαφριά δυσανασρέτηση του πελάτη
5	Μέτριο	Μέτρια επίπτωση στην χρήση. Δημιουργεί δυσανασρέτηση στον πελάτη
6	Σημαντικό	Σημαντική υποβάθμιση του προϊόντος. Δεν υπάρχει επίπτωση στην ασφάλεια αλλά δημιουργεί έντονη δυσανασρέτηση στον πελάτη
7	Μείζονος Σημασίας	Σοβαρή δυσανασρέτηση του πελάτη. Σοβαρές επιπτώσεις στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, αλλά όχι στην ασφάλεια του προϊόντος
8	Κρίσιμο	Πολύ σοβαρή δυσφορία του πελάτη. Δεν υπάρχει επίπτωση στην ασφάλεια
9	Πολύ Κρίσιμο	Πιθανό πρόβλημα ασφάλειας ή υγιεινής. Ενδείξεις μη συμμόρφωσης με κοινοτικές ή άλλες Οδηγίες
10	Επικίνδυνο	Σοβαρό πρόβλημα ασφάλειας ή υγιεινής. Μη συμμόρφωση με κοινοτικές ή άλλες Οδηγίες

Πίνακας 4-7 Κλίμακα βαθμολόγησης πιθανότητας εμφάνισης (Ο)

Πιθανότητα Εμφάνισης Αστοχίας (Ο)		
Βαθμός Κατηγορίας	Αποτέλεσμα	Κριτήριο
1	Μηδαμινή	Μηδαμινή Πιθανότητα για εμφάνιση αστοχίας (<1 αστοχία στις 1.500.000)
2	Αμελητέο	Αμελητέος αριθμός αστοχιών (1 αστοχία στις 150.000)
3	Ελάχιστη πιθανότητα	Χαμηλός αριθμός αστοχιών (1 αστοχία στις 15.000)
4	Μικρή πιθανότητα	Περιστασιακές αστοχίες είναι πιθανές (1 αστοχία στις 2000)
5	Μέτρια πιθανότητα	Ορισμένες αστοχίες είναι πιθανές (1 αστοχία στις 400)
6	Πιθανή	Ένας αριθμός αστοχιών είναι πιθανός (1 αστοχία στις 80)
7	Αυξημένη πιθανότητα	Αυξημένος αριθμός αστοχιών (1 αστοχία στις 20)
8	Αρκετή πιθανότητα	Σημαντικός αριθμός αστοχιών (1 αστοχία στις 8)
9	Βέβαιη	Πολύ μεγάλος αριθμός αστοχιών (1 αστοχία στις 3)
10	Απολύτως βέβαιη	Με βάση τα ιστορικά στοιχεία η ολική αστοχία είναι απολύτως βέβαιη (>1 αστοχία στις 2)

Πίνακας 4-8 Οδηγίες βαθμολόγησης πιθανότητας ανίχνευσης (D)

Πιθανότητα Εντοπισμού Αστοχίας (D)		
Βαθμός Κατηγορίας	Αποτέλεσμα	Κριτήριο
1	Απολύτως βέβαιος εντοπισμός	Οι έλεγχοι έχουν απόλυτη αποτελεσματικότητα και μπορούν να εντοπίσουν όλα τα πιθανά αίτια αστοχίας.
2	Βέβαιος εντοπισμός	Οι έλεγχοι έχουν πολύ υψηλή αποτελεσματικότητα και μπορούν να εντοπίσουν όλα τα πιθανά αίτια αστοχίας.
3	Αρκετή πιθανότητα εντοπισμού	Οι έλεγχοι έχουν υψηλή αποτελεσματικότητα και μπορούν να εντοπίσουν όλα τα πιθανά αίτια αστοχίας.
4	Αυξημένη πιθανότητα εντοπισμού	Οι έλεγχοι έχουν αυξημένη αποτελεσματικότητα και μπορούν να εντοπίσουν όλα τα πιθανά αίτια αστοχίας.
5	Πιθανός εντοπισμός	Οι έλεγχοι έχουν μέτρια αποτελεσματικότητα και πιθανόν να εντοπίσουν όλα τα πιθανά αίτια αστοχίας.
6	Μέτρια Πιθανότητα εντοπισμού	Οι έλεγχοι έχουν περιορισμένη αποτελεσματικότητα και πιθανόν εντοπίσουν όλα τα πιθανά αίτια αστοχίας.
7	Ήσων πιθανότητα εντοπισμού	Οι έλεγχοι έχουν χαμηλή αποτελεσματικότητα.
8	Ελάχιστη πιθανότητα εντοπισμού	Οι έλεγχοι έχουν πολύ χαμηλή αποτελεσματικότητα.
9	Αμελητέα πιθανότητα εντοπισμού	Οι έλεγχοι έχουν αμελητέα αποτελεσματικότητα
10	Απίθανος εντοπισμός	Ο εντοπισμός της αστοχίας είναι σχεδόν απίθανος. Οι έλεγχοι είναι σχεδόν ανύπαρκτοι.

4.6.2 Τεκμηρίωση δεικτών και συσχέτιση με δεδομένα παραγωγής

Αναγνωρίζοντας τις πιθανές αστοχίες σε κάθε στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας, πραγματοποιήθηκε η τεκμηρίωση και η συσχέτισή τους με τους δείκτες S,O,D όπως αποτυπώνονται στον Πίνακα 4-9.

Για τις κατηγορίες αστοχιών όπου υπήρχαν διαθέσιμα ποσοτικά δεδομένα και ειδικότερα για τον δείκτη Occurrence έγινε αντιστοίχιση με τα καταγεγραμμένα ποσοστά μη συμμορφώσεων. Τα ποσοστά εμφάνισης κάθε αστοχίας αντιστοιχίστηκαν στην κλίμακα αξιολόγησης, λαμβάνοντας υπόψη τα κριτήρια πιθανότητας εντοπισμού της. Για παράδειγμα, μή

συμμορφώσεις με συχνότητα 1–2% αντιστοιχίστηκαν σε τιμές Occurrence της τάξης του 6, ενώ υψηλότερες συχνότητες (π.χ. 4–5%) οδήγησαν σε μεγαλύτερες τιμές, δείχνοντας αυξημένη πιθανότητα εμφάνισης. Αντίθετα, πολύ χαμηλές συχνότητες ($<0,1\%$) αντιστοιχίστηκαν σε χαμηλότερες τιμές της κλίμακας.

Αντίθετα, οι δείκτες Severity και Detection αξιολογήθηκαν ποιοτικά, με βάση τη σημασία των επιπτώσεων κάθε αστοχίας στην ασφάλεια και την ποιότητα του προϊόντος, καθώς και την αποτελεσματικότητα των υφιστάμενων μέτρων ελέγχου και παρακολούθησης. Συγκεκριμένα, η σοβαρότητα (S) κάθε αστοχίας εκτιμήθηκε σύμφωνα με την επίδρασή της στην ασφάλεια του καταναλωτή και στην ποιότητα του προϊόντος. Για παράδειγμα, αστοχίες που σχετίζονται με αποκλίσεις θερμοκρασίας, αστοχία στη συσκευασία ή μικροβιολογική επιβάρυνση αξιολογήθηκαν με υψηλές τιμές σοβαρότητας, λόγω της άμεσης επίδρασής τους τόσο στην ασφάλεια όσο και στη διατηρησιμότητα του προϊόντος.

Ο δείκτης Detection αξιολογήθηκε με βάση την συχνότητα και την ικανότητα των υφιστάμενων συστημάτων ελέγχου να εντοπίζουν τις αστοχίες πριν τη διάθεση του. Οι κατηγορίες με υψηλό αριθμό αναφορών, όπως οι ορατές αλλοιώσεις και η παρουσία ξένων σωμάτων, συσχετίστηκαν με υψηλότερες τιμές Detection. Αντίθετα, αστοχίες που ελέγχονται αποτελεσματικά μέσω αυτοματοποιημένων συστημάτων (π.χ. μεταλλικός ανιχνευτής, αυτόματο σύστημα ελέγχου θερμοκρασιών) αξιολογήθηκαν με χαμηλότερες τιμές Detection, λόγω της αυξημένης πιθανότητας έγκαιρου εντοπισμού.

Η εκτίμηση των δεικτών Occurrence (O) και Detection (D) στη μεθοδολογία FMEA βασίστηκε σε πραγματικά δεδομένα της παραγωγικής διαδικασίας, με στόχο την όσο το δυνατόν αντικειμενικότερη αξιολόγηση των κινδύνων. Ωστόσο, σε περιπτώσεις όπου δεν υπήρχαν επαρκή καταγεγραμμένα στοιχεία, η αποτίμηση των δεικτών βασίστηκε σε τεκμηριωμένες εκτιμήσεις της ομάδας εργασίας, αξιοποιώντας την εμπειρία του προσωπικού και τη γνώση της παραγωγικής διαδικασίας. Με βάση τις τιμές των δεικτών S, O, D, υπολογίστηκε ο δείκτης προτεραιότητας κινδύνου (RPN), για την ποσοτικοποίηση και την ιεράρχηση των κινδύνων.

Πίνακας 4-9 Τεκμηρίωση και συσχέτιση αστοχιών με τους δείκτες S, O, D και υπολογισμός RPN

A/A	Διεργασία	Πιθανός τρόπος αστοχίας	Υφιστάμενα μέτρα ελέγχου	Κριτήριο S	Κριτήριο O	Κριτήριο D	S	O	D	RPN
1	Παροχή νερού δικτύου	Επιμόλυνση νερού με παθογόνους μικροοργανισμούς	Μικροβιολογικός έλεγχος νερού	Μικροβιολογικός κίνδυνος σε νερό επαφής με το προϊόν	Συνήθως σπάνιο καθώς το δίκτυο είναι ελεγχόμενο/ Αμελητέα πιθανότητα	Αυξημένη πιθανότητα εντοπισμού/Ανιχνεύεται κυρίως εργαστηριακά, όχι άμεσα	10	2	4	80
2	Παροχή νερού δικτύου	Επιμόλυνση νερού με επικίνδυνες χημικές ουσίες (π.χ. χλώριο, υπολείμματα φυτοπροστασίας)	Εργαστηριακές αναλύσεις χημικών παραμέτρων	Πιθανή χημική επικινδυνότητα στο τελικό προϊόν	Συνήθως σπάνιο καθώς το δίκτυο είναι ελεγχόμενο/ Αμελητέα πιθανότητα	Αυξημένη πιθανότητα εντοπισμού/Ανιχνεύεται κυρίως εργαστηριακά, όχι άμεσα	10	2	4	80
3	Κεντρική Δεξαμενή Νερού	Επιμόλυνση νερού με παθογόνους μικροοργανισμούς λόγω εισόδου ξένων οργανισμών	Μικροβιολογικός έλεγχος νερού	Επηρεάζει άμεσα το νερό πλύσης	Μπορεί να συμβεί περιστασιακά/ Ελάχιστη πιθανότητα	Αυξημένη πιθανότητα εντοπισμού/Ανιχνεύεται κυρίως εργαστηριακά, όχι άμεσα	10	3	4	120
4	Κεντρική Δεξαμενή Νερού	Επιμόλυνση νερού λόγω συσσώρευσης οργανικής ύλης στο σακόφιλτρο	Οπτικός/δειγματοληπτικός έλεγχος φίλτρου	Έμμεση αλλά σημαντική επίδραση στη μικροβιακή ποιότητα	Ελάχιστη πιθανότητα	Αυξημένη πιθανότητα εντοπισμού/Ορατό με επιθεώρηση αλλά όχι συνεχώς	10	3	4	120
5	Κεντρική Δεξαμενή Νερού	Επιμόλυνση νερού από χημικούς παράγοντες λόγω κακόβουλης ενέργειας	Μικροβιολογικός και χημικός έλεγχος	Πολύ σοβαρό σενάριο	Πολύ χαμηλή πιθανότητα	Αυξημένη πιθανότητα εντοπισμού/Ανιχνεύεται κυρίως εργαστηριακά, όχι άμεσα	10	2	4	80
6	Δεξαμενή νερού	Φθορά φίλτρων	Οπτικός έλεγχος φθορών	Διέλευση ξένων σωματιδίων στο νερό και πιθανή υποβάθμιση της ποιότητας	Ελάχιστη πιθανότητα	Αυξημένη πιθανότητα εντοπισμού/Συνήθως ανιχνεύεται οπτικά	9	3	4	108

A/A	Διεργασία	Πιθανός τρόπος αστοχίας	Υφιστάμενα μέτρα ελέγχου	Κριτήριο S	Κριτήριο O	Κριτήριο D	S	O	D	RPN
7	Ψύξη νερού	Επιμόλυνση νερού με χημικές ουσίες λόγω δυσλειτουργίας του συστήματος ψύξης	Alarm βλαβών, τεχνικός έλεγχος, προληπτική συντήρηση	Χημικός κίνδυνος σε νερό επαφής	Ελάχιστη πιθανότητα	Αρκετή πιθανότητα εντοπισμού λόγω alarm	10	3	3	90
8	Λάμπες UV	Αύξηση μικροβιακού φορτίου λόγω μειωμένης απόδοσης απολύμανσης UV	Περιοδικός έλεγχος, αρχεία λειτουργίας/συντήρησης	Αυξημένος μικροβιακός κίνδυνος	Ελάχιστη πιθανότητα	Αρκετή πιθανότητα ανίχνευσης λόγω alarm	10	3	3	90
9	Παραλαβή αερίων	Χημικές προσμίξεις	Έλεγχος πιστοποιητικών καθαρότητας κάθε παραλαβής	Χημικός κίνδυνος	Μηδαμινή πιθανότητα/ Δεν έχει εντοπιστεί μη συμμόρφωση	Αυξημένη πιθανότητα εντοπισμού/Ανιχνεύεται κυρίως εργαστηριακά, όχι άμεσα	9	1	4	36
10	Αποθήκευση αερίων	Επιμόλυνση αερίων από χημικούς παράγοντες ή κακόβουλη ενέργεια	Έλεγχος πρόσβασης	Σοβαρός χημικός κίνδυνος	Μηδαμινή πιθανότητα/ Δεν έχει εντοπιστεί μη συμμόρφωση	Αυξημένη πιθανότητα εντοπισμού/Ανιχνεύεται κυρίως εργαστηριακά, όχι άμεσα	9	1	4	36
11	Παραλαβή υλικών συσκευασίας	Παραλαβή υλικών συσκευασίας με ακατάλληλες προδιαγραφές διαπερατότητας O ₂ που επηρεάζουν τη σύνθεση της τροποποιημένης ατμόσφαιρας (MAP)	Έλεγχος πιστοποιήσεων, έλεγχος από Τμήμα Ελέγχου Ποιότητας σε κάθε παραλαβή	Επηρεάζει shelf life και σταθερότητα ατμόσφαιρας	Ελάχιστη πιθανότητα με εγκεκριμένο προμηθευτή	Αυξημένη πιθανότητα εντοπισμού/Ανιχνεύεται από έλεγχο προδιαγραφών και δοκιμές σε κάθε παραλαβή	8	3	4	96
12	Παραλαβή υλικών συσκευασίας	Παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών ή αυξημένου μικροβιακού φορτίου στην επιφάνεια των υλικών συσκευασίας που έρχονται σε επαφή με το τρόφιμο	Οπτικός έλεγχος και περιοδικός μικροβιολογικός έλεγχος	Σοβαρός μικροβιολογικός κίνδυνος	Ελάχιστη πιθανότητα με εγκεκριμένο προμηθευτή	Αυξημένη πιθανότητα εντοπισμού/Ανιχνεύεται κυρίως εργαστηριακά, όχι άμεσα	10	2	4	80

A/A	Διεργασία	Πιθανός τρόπος αστοχίας	Υφιστάμενα μέτρα ελέγχου	Κριτήριο S	Κριτήριο O	Κριτήριο D	S	O	D	RPN
13	Παραλαβή υλικών συσκευασίας	Χημική επιμόλυνση από μετανάστευση ουσιών των υλικών συσκευασίας στα τρόφιμα	Πιστοποιήσεις και δηλώσεις συμμόρφωσης	Σοβαρός χημικός κίνδυνος	Ελάχιστη πιθανότητα με εγκεκριμένο προμηθευτή	Αυξημένη πιθανότητα εντοπισμού/Ανιχνεύεται κυρίως εργαστηριακά, όχι άμεσα	9	2	4	72
14	Αποθήκευση υλικών συσκευασίας	Επιμόλυνση υλικών συσκευασίας από παθογόνους μικροοργανισμούς λόγω παρουσίας σκόνης, υγρασίας ή άλλων ξένων σωμάτων στον χώρο αποθήκευσης	Έλεγχοι καθαριότητας, υγρασίας, μυοκτονίας, προστατευτικό περίβλημα, μικροβιολογικές αναλύσεις	Πολύ κρίσιμη επίδραση στο επίπεδο υγιεινής	Ελάχιστη πιθανότητα	Αυξημένη πιθανότητα εντοπισμού με επιθεώρηση ή περιοδικές μικροβιολογικές αναλύσεις	9	3	4	108
15	Παραλαβή Α' υλών	Παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών ή υψηλό αρχικό μικροβιακό φορτίο στα λαχανικά	Μικροβιολογικός έλεγχος πρώτων υλών, νερού άρδευσης, μέσων μεταφοράς	Αποτελεί έναν από τους πιο κρίσιμους κινδύνους	Πιθανή παρουσία στις πρώτες ύλες/ Ποσοστό μη συμμόρφωσης 1-2%	Ανιχνεύεται κυρίως εργαστηριακά, όχι άμεσα/ Αυξημένη πιθανότητα εντοπισμού. Καθημερινές μικροβιολογικές αναλύσεις για παθογόνα. Αποτελέσματα εντός 24h.	10	6	4	240
16	Παραλαβή Α' υλών	Παρουσία αλλοιώσεων (π.χ ασθeneιών μυκητολογικής προέλευσης, μηχανική καταπόνηση των φυτών)	Οπτική αξιολόγηση, σε κάθε παραλαβή	Κυρίως δείκτης ποιότητας αλλά και πιθανή μικροβιακή επιβάρυνση	Αυξημένη πιθανότητα αλλοιώσεων στις πρώτες ύλες/ Ποσοστό μη συμμόρφωσης 4-5%	Ανιχνεύεται εύκολα οπτικά/ Αρκετή πιθανότητα εντοπισμού Δειγματοληπτικός έλεγχος όλων των α' υλών κατά την παραλαβή	9	7	3	189

A/A	Διεργασία	Πιθανός τρόπος αστοχίας	Υφιστάμενα μέτρα ελέγχου	Κριτήριο S	Κριτήριο O	Κριτήριο D	S	O	D	RPN
17	Παραλαβή Α' υλών	Παρουσία ξένων σωμάτων (π.χ. χώμα, πλαστικά, ξύλο, έντομα)	Παρακολούθηση στον αγρό, οπτικός έλεγχος, ψεκασμοί	Φυσικός κίνδυνος / απόρριψη παρτίδας	Πιθανές παρουσία ξένων υλών στις πρώτες ύλες/ Ποσοστό μη συμμόρφωσης 1-2%	Αρκετή πιθανότητα εντοπισμού/Ορατό σε σημαντικό βαθμό	9	6	3	162
18	Παραλαβή Α' υλών	Απόκλιση θερμοκρασίας κατά την παραλαβή	Έλεγχος θερμοκρασίας κατά την παραλαβή με θερμομέτρα/καταγραφικά, καταγραφή τιμών και απόρριψη παρτίδων εκτός προδιαγραφών	Πιθανή αύξηση μικροβιακού φορτίου / υποβάθμιση ποιότητας και μείωση διάρκειας ζωής	Πιθανές αποκλίσεις λόγω μη τήρησης ψυκτικής αλυσίδας κατά τη μεταφορά / Ποσοστό μη συμμόρφωσης 1-2%	Αρκετή πιθανότητα εντοπισμού κατά την παραλαβή μέσω μέτρησης θερμοκρασίας και ελέγχου καταγραφικών θερμοκρασίας	9	6	3	162
19	Παραλαβή Α' υλών	Χημική επιμόλυνση από υπολείμματα φυτοπροστατευτικών ουσιών	Εργαστηριακές αναλύσεις, έλεγχος προγράμματος ψεκασμών	Πολύ κρίσιμος χημικός κίνδυνος	Μέτρια πιθανότητα αστοχίας λόγω γειτονικών καλλιεργειών/ Ποσοστό μη συμμόρφωσης 0,5-1%	Αρκετή πιθανότητα εντοπισμού Ανιχνεύεται κυρίως εργαστηριακά, όχι άμεσα/ Παρακολούθηση προγραμμάτων ψεκασμού/ Τακτικές χημικές αναλύσεις σε εξωτερικά εργαστήρια	9	5	4	180
20	Παραλαβή Α' υλών	Παρουσία υπολειμμάτων βαρέων μετάλλων	Εργαστηριακές αναλύσεις	Πολύ κρίσιμος χημικός κίνδυνος	Μηδαμινή πιθανότητα/Δεν υπήρξε ποτέ εντοπισμός	Ανιχνεύεται κυρίως εργαστηριακά, όχι άμεσα/ Παρακολούθηση προγραμμάτων ψεκασμού/ Τακτικές χημικές αναλύσεις σε εξωτερικά εργαστήρια	9	1	4	36

A/A	Διεργασία	Πιθανός τρόπος αστοχίας	Υφιστάμενα μέτρα ελέγχου	Κριτήριο S	Κριτήριο O	Κριτήριο D	S	O	D	RPN
21	Αποθήκευση λαχανικών	Ανάπτυξη μικροβιακού φορτίου λόγω μη ορθών θερμοκρασιακών συνθηκών αποθήκευσης	Συνεχής καταγραφή και παρακολούθηση/ Σύστημα ειδοποίησης και συναγερμός σε περίπτωση απόκλισης	Πολύ κρίσιμος μικροβιολογικός κίνδυνος	Πιθανή απόκλιση στις θερμοκρασίες αποθήκευσης/ Ποσοστό μη συμμόρφωσης 1-2%	Πολύ αποτελεσματική ανίχνευση/Τακτική παρακολούθηση θερμοκρασιών από on-line σύστημα καταγραφής. Άμεση ειδοποίηση σε περίπτωση απόκλισης	9	6	2	108
22	Διαλογή	Μη αποτελεσματική απομάκρυνση ξένων σωμάτων (π.χ. πέτρα, πλαστικό, ξύλο, μέταλλο, έντομα)	Οπτικός έλεγχος	Πολύ κρίσιμος φυσικός κίνδυνος	Μικρή πιθανότητα	Αρκετή πιθανότητα εντοπισμού/Ανιχνεύεται σχετικά εύκολα με 100% οπτικό έλεγχο	9	4	3	108
23	Διαλογή	Μη αποτελεσματική απομάκρυνση αλλοιωμένων φύλλων	Οπτικός έλεγχος	Κρίσιμος κίνδυνος/Επιβάρυνση ποιότητας /Αυξημένο μικροβιακό φορτίο	Μικρή πιθανότητα	Αρκετή πιθανότητα εντοπισμού/Ανιχνεύεται σχετικά εύκολα με 100% οπτικό έλεγχο	8	4	3	96
24	Διαλογή	Λανθασμένος χειρισμός προϊόντος	Έλλειψη εκπαίδευσης προσωπικού	Έμμεση επίδραση στην ποιότητα μέσω τραυματισμού προϊόντος	Μικρή πιθανότητα	Αρκετή πιθανότητα εντοπισμού/Ανιχνεύεται από Υπεύθυνους βάρδιας και Υπεύθυνους Ελέγχου Ποιότητας	8	4	3	96
25	Ζύγισμα	Επιμόλυνση προϊόντος λόγω ελλιπούς καθαριότητας του εξοπλισμού ζύγισης	Καθημερινός καθαρισμός, οπτικός έλεγχος, μετρήσεις με λουμινόμετρο (ATP) και με swab tests, οδηγίες εργασίας	Αποτελεί έναν από τους πιο κρίσιμους μικροβιολογικούς κίνδυνος	Μικρή πιθανότητα	Αρκετή πιθανότητα εντοπισμού/Εντοπίζεται σχετικά καλά λόγω οπτικών ελέγχων και μικροβιολογικών αναλύσεων	10	4	3	120
26	Κοπή / Ανάμιξη	Διασταυρούμενη επιμόλυνση λόγω ελλιπούς καθαρισμού	Μετρήσεις με λουμινόμετρο (ATP), swab tests για Listeria mon. , οδηγίες εργασίας	Αποτελεί έναν από τους πιο κρίσιμους μικροβιολογικούς κίνδυνος	Μικρή πιθανότητα	Αρκετή πιθανότητα εντοπισμού/Τακτικοί μικροβιολογικοί έλεγχοι επιφανειών (swab tests) και καθημερινός έλεγχος με λουμινόμετρο (ATP)	10	4	3	120

A/A	Διεργασία	Πιθανός τρόπος αστοχίας	Υφιστάμενα μέτρα ελέγχου	Κριτήριο S	Κριτήριο O	Κριτήριο D	S	O	D	RPN
27	Κοπή / Ανάμιξη	Τραυματισμός λαχανικών στα σημεία κοπής/ Ανομοιομορφή κοπή λαχανικών	Οπτικός έλεγχος, έλεγχος ρυθμίσεων	Πιθανή επιβάρυνση στην ποιότητα	Μικρή πιθανότητα	Αρκετή πιθανότητα εντοπισμού/Εύκολη ανίχνευση με συνεχείς οπτικούς ελέγχους	9	4	3	108
28	Πρόπλυση	Επιμόλυνση από ξένα σώματα προερχόμενα από φθορά μαχαριών/εξοπλισμού	Τεχνικός έλεγχος, αρχεία συντήρησης	Πολύ κρίσιμος φυσικός κίνδυνος	Ελάχιστη πιθανότητα	Αυξημένη πιθανότητα εντοπισμού με συνεχείς οπτικούς ελέγχους.	9	3	4	108
29	Πρόπλυση	Επιμόλυνση προϊόντος λόγω ελλειπών καθαριότητας δεξαμενών και επιφανειών πλύσης	Καθημερινός έλεγχος καθαριότητας, λουμιμόμετρο	Σημαντικός μικροβιολογικός κίνδυνος	Μικρή πιθανότητα	Αρκετή πιθανότητα εντοπισμού/ Τακτικοί μικροβιολογικοί έλεγχοι επιφανειών (swab tests) και καθημερινός έλεγχος με λουμιμόμετρο (ATP)	10	4	3	120
30	Πλύσιμο – Απολύμανση	Ανεπαρκής απολύμανση λαχανικών	Αυτόματος δοσομετρητής, ORP, pH, αυτόματη διακοπή	Ένας από τους πιο κρίσιμους μικροβιολογικούς κινδύνους	Πιθανή μείωση συγκέντρωσης απολυμαντικού λόγω υψηλού οργανικού φορτίου/ Ποσοστό μη συμμόρφωσης 1-2%	Βέβαιος εντοπισμός/ Λειτουργία alarm-σταμάτημα γραμμής	10	6	2	120
31	Πλύσιμο – Απολύμανση	Υπερβολική συγκέντρωση απολυμαντικού	Αυτόματος δοσομετρητής, ORP, pH, διακοπή γραμμής	Ένας από τους πιο κρίσιμους χημικούς κινδύνους	Ελάχιστη πιθανότητα	Βέβαιος εντοπισμός/ Λειτουργία alarm-σταμάτημα γραμμής παραγωγής	10	3	2	60
32	Πλύσιμο – Απολύμανση	Ανεπαρκής χρόνος επαφής των λαχανικών στην δεξαμενή χλωρίωσης	Ζύγιση μίγματος, οπτικός έλεγχος παραγωγής	Πολύ υψηλή επίδραση στην αποτελεσματικότητα απολύμανσης	Ελάχιστη πιθανότητα	Αυξημένη πιθανότητα εντοπισμού λόγω συνεχών οπτικών ελέγχων	10	3	4	120

A/A	Διεργασία	Πιθανός τρόπος αστοχίας	Υφιστάμενα μέτρα ελέγχου	Κριτήριο S	Κριτήριο O	Κριτήριο D	S	O	D	RPN
33	Ξέπλυμα με καθαρό νερό	Παραμονή χλωρίου και παραπροϊόντων του στην επιφάνεια των λαχανικών	Έλεγχος αντλιών, ροής, μπεκ, τακτικός έλεγχος ελεύθερου χλωρίου	Ένας από τους πιο κρίσιμους χημικούς κινδύνους	Αμελητέα πιθανότητα	Αυξημένη πιθανότητα εντοπισμού/Ανιχνεύεται κυρίως εργαστηριακά, όχι άμεσα/ Τακτικές χημικές αναλύσεις σε εξωτερικά εργαστήρια	10	2	4	80
34	Ξέπλυμα με καθαρό νερό	Επιμόλυνση προϊόντος λόγω ελλειπών καθαριότητας δεξαμενών ή λόγω επιμολυσμένου νερού ξεπλύματος	Καθημερινός έλεγχος καθαριότητας, λουμινόμετρο	Σημαντικός μικροβιολογικός κίνδυνος	Μικρή πιθανότητα	Αρκετή πιθανότητα εντοπισμού/ Τακτικοί μικροβιολογικοί έλεγχοι επιφανειών (swab tests) και καθημερινός έλεγχος με λουμινόμετρο (ATP)	10	4	3	120
35	Φυγοκέντρωση / Στέγνωμα	Ανεπαρκής απομάκρυνση υγρασίας	Έλεγχος χρόνου και στροφών	Έμμεση επίδραση σε shelf life / μικροβιακή συμπεριφορά	Μικρή πιθανότητα	Τακτικός έλεγχος τελικού προϊόντος / Αρκετή πιθανότητα εντοπισμού	9	4	3	108
36	Φυγοκέντρωση / Στέγνωμα	Υπερβολική φυγοκέντρωση	Έλεγχος χρόνου και στροφών	Ποιοτικά θέματα/Κακή εμφάνιση τελικού προϊόντος	Ελάχιστη πιθανότητα	Τακτικός έλεγχος τελικού προϊόντος. Αρκετή πιθανότητα εντοπισμού	8	3	3	72
37	Φυγοκέντρωση / Στέγνωμα	Διασταυρούμενη επιμόλυνση στον εξοπλισμό	Καθημερινός έλεγχος καθαριότητας και έλεγχος με λουμινόμετρο (ATP)	Σημαντικός μικροβιολογικός κίνδυνος	Μικρή πιθανότητα	Αρκετή πιθανότητα εντοπισμού/Τακτικοί μικροβιολογικοί έλεγχοι επιφανειών (swab tests) και καθημερινός έλεγχος με λουμινόμετρο (ATP)	10	4	3	120
38	Φυγοκέντρωση / Στέγνωμα	Ασταθής ταχύτητα λειτουργίας	Πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης	Επίδραση στην ποιότητα του προϊόντος	Ελάχιστη πιθανότητα	Αυξημένη πιθανότητα εντοπισμού/ Τακτικός έλεγχος από το Τμήμα Τεχνικής Υποστήριξης	8	3	4	96

A/A	Διεργασία	Πιθανός τρόπος αστοχίας	Υφιστάμενα μέτρα ελέγχου	Κριτήριο S	Κριτήριο O	Κριτήριο D	S	O	D	RPN
39	Οπτικός σαρωτής	Αστοχία στην λειτουργία ανίχνευσης (κάμερα, λογισμικό, λάμπες, βαλβίδες αέρα)	Καθημερινός οπτικός έλεγχος, calibration, alarms, Πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης	Μη ανίχνευση ξένων σωμάτων και αλλοιωμένων τμημάτων	Ελάχιστη πιθανότητα	Αυξημένη πιθανότητα εντοπισμού/Τακτικός έλεγχος από το Τμήμα Τεχνικής Υποστήριξης και Τμήματος Ελέγχου Ποιότητας	10	3	4	120
40	Οπτικός σαρωτής	Ρύπανση λάμπας ή/και μεταφορικής ταινίας	Προληπτική συντήρηση-καθαρισμός/Περιοδικός οπτικός έλεγχος	Μη ανίχνευση ξένων σωμάτων και αλλοιωμένων τμημάτων	Πιθανή παρουσία υπολειμμάτων κατά την διάρκεια της παραγωγής/ Ποσοστό μη συμμόρφωσης 1-2%	Αρκετή πιθανότητα εντοπισμού/Ανιχνεύεται με επιθεώρηση σε τακτά χρονικά διαστήματα	10	6	3	180
41	Οπτικός σαρωτής	Επιμόλυνση προϊόντος λόγω ελλιπούς καθαριότητας μεταφορικής ταινίας	Καθημερινός έλεγχος καθαριότητας, λουμινόμετρο	Σημαντικός μικροβιολογικός κίνδυνος	Μικρή πιθανότητα	Αρκετή πιθανότητα εντοπισμού /Τακτικοί μικροβιολογικοί έλεγχοι επιφανειών (swab tests) και καθημερινός έλεγχος με λουμινόμετρο (ATP)	10	4	3	120
42	Ζύγισμα σε αυτόματο ζυγιστικό	Επιμόλυνση προϊόντος λόγω ελλιπούς καθαριότητας εξοπλισμού	Καθημερινός έλεγχος καθαριότητας, λουμινόμετρο	Σημαντικός μικροβιολογικός κίνδυνος	Ήσσονος πιθανότητα	Αρκετή πιθανότητα εντοπισμού/Τακτικοί μικροβιολογικοί έλεγχοι επιφανειών (swab tests) και καθημερινός έλεγχος με λουμινόμετρο (ATP)	10	4	3	120
43	Ζύγισμα σε πολυκέφαλες	Επιμόλυνση από χημικές ουσίες (λιπαντικά, καθαριστικά)	Συχνότερος έλεγχος εξοπλισμού, αρχεία συντήρησης	Χημικός κίνδυνος	Ελάχιστη πιθανότητα	Αυξημένη πιθανότητα εντοπισμού/Τακτικός οπτικός έλεγχος από το Τμήμα Τεχνικής Υποστήριξης	10	3	4	120

A/A	Διεργασία	Πιθανός τρόπος αστοχίας	Υφιστάμενα μέτρα ελέγχου	Κριτήριο S	Κριτήριο O	Κριτήριο D	S	O	D	RPN
44	Συσκευασία (MAP)	Λανθασμένη σύσταση αερίων (O ₂ /CO ₂) στη συσκευασία	Έλεγχος O ₂ /CO ₂ σε κάθε παρτίδα και έλεγχος διαρροών	Επηρεάζει shelf life και μικροβιακή συμπεριφορά	Μέτρια πιθανότητα λανθασμένης σύστασης αερίων/ Ποσοστό μη συμμόρφωσης 0,5-1%	Αρκετή πιθανότητα εντοπισμού/Έλεγχος σύστασης αερίων σε κάθε παρτίδα και ανά μισή ώρα	10	5	3	150
45	Συσκευασία (MAP)	Ανεπαρκής συγκόλληση συσκευασίας	Περιοδικός έλεγχος εξοπλισμού, αρχεία συντήρησης, έλεγχος διαρροών	Επηρεάζει shelf life και μικροβιακή συμπεριφορά	Μέτρια πιθανότητα λανθασμένης σύστασης αερίων/ Ποσοστό μη συμμόρφωσης 0,5-1%	Αρκετή πιθανότητα εντοπισμού/ Έλεγχος συσκευασίας σε κάθε παρτίδα και ανά μισή ώρα	9	5	3	135
46	Συσκευασία (MAP)	Κακός χειρισμός υλικού συσκευασίας	Εκπαίδευση προσωπικού	Κίνδυνος παρουσίας υλικού συσκευασίας μέσα στο προϊόν	Ελάχιστη πιθανότητα	Μέτρια πιθανότητα εντοπισμού κυρίως για μικρού μεγέθους ξένα σώματα	9	3	6	162
47	Μεταλλικός ανιχνευτής	Μη επαρκής έλεγχος δοκιμών	Έλεγχος δοκιμών έναρξης και ανά 30' με επανάληψη	Επηρεάζει την αξιοπιστία του ελέγχου / Πολύ σημαντικός φυσικός κίνδυνος	Ελάχιστη πιθανότητα	Αυξημένη πιθανότητα εντοπισμού/Ανιχνεύεται από τα έντυπα καταγραφής των ελέγχων από report μεταλλικών ανιχνευτών	10	3	4	120
48	Μεταλλικός ανιχνευτής	Αστοχία συστήματος απόρριψης	Έλεγχος δυνατότητας απόρριψης και ελεγχόμενη πρόσβαση στο κυτίο απορρίψεων	Παρουσία μεταλλικών σωμάτων στο τελικό προϊόν	Μικρή πιθανότητα/ Ποσοστό μη συμμόρφωσης 0,05-0,1%	Αυξημένη πιθανότητα εντοπισμού/ Ανιχνεύεται με τακτικούς ελέγχους δοκιμών	10	4	4	160

A/A	Διεργασία	Πιθανός τρόπος αστοχίας	Υφιστάμενα μέτρα ελέγχου	Κριτήριο S	Κριτήριο O	Κριτήριο D	S	O	D	RPN
49	Παλετοποίηση	Επιμόλυνση συσκευασιών λόγω ελλιπούς καθαριότητας χώρου παλετοποίησης	Καθημερινός έλεγχος καθαριότητας/Οπτικοί έλεγχοι	Μέτρια επίδραση, κυρίως εξωτερική επιμόλυνση συσκευασίας	Ελάχιστη πιθανότητα	Αυξημένη πιθανότητα εντοπισμού λόγω τακτικών οπτικών ελέγχων και αποτελεσματικότητας καθαριότητας	9	3	4	108
50	Αποθήκευση & Διανομή	Θερμοκρασιακή καταπόνηση προϊόντων	Συνεχής καταγραφή, παρακολούθηση καταγραφικών θερμοκρασίας μεταφορικών μέσων, alarm	Υψηλός κίνδυνος αύξησης μικροβιακού φορτίου	Πιθανή θερμοκρασιακή καταπόνηση/ Ποσοστό μη συμμόρφωσης 1-2%	Αρκετή πιθανότητα εντοπισμού λόγω συνεχούς παρακολούθησης θερμοκρασίας με αυτόματο σύστημα και θερμογράφους	10	6	3	180
51	Αποθήκευση & Διανομή	Ανομοιόμορφη θερμοκρασία στον θάλαμο ψύξης	Συνεχής καταγραφή θερμοκρασίας/Οπτικός έλεγχος για την ορθή φόρτωση των παλετών	Μπορεί να επηρεάσει μέρος της παρτίδας	Μικρή πιθανότητα	Αρκετή πιθανότητα εντοπισμού/Οπτικός έλεγχος κατά την φόρτωση	9	4	3	108
52	Αποθήκευση & Διανομή	Αστοχία θερμογράφου	Περιοδικός έλεγχος οργάνων/βαθμονόμηση	Υψηλός κίνδυνος αύξησης μικροβιακού φορτίου	Ελάχιστη πιθανότητα	Αυξημένη πιθανότητα εντοπισμού/Ανιχνεύεται από βαθμονόμηση-επαλήθευση	10	3	4	120

Η παραπάνω συσχέτιση αποτέλεσε το ενδιάμεσο στάδιο για την ολοκληρωμένη εφαρμογή της FMEA. Αφού προσδιορίστηκαν και τεκμηριώθηκαν οι τιμές των δεικτών S, O και D για κάθε κατηγορία αστοχίας, υπολογίστηκε ο δείκτης προτεραιότητας κινδύνου (RPN) και διαμορφώθηκε ο συγκεντρωτικός πίνακας FMEA (Πίνακας 4-10) σε κάθε στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας.

Με βάση τις αστοχίες που παρουσίασαν υψηλές τιμές $RPN > 130$, διαμορφώθηκαν προτάσεις βελτίωσης που αφορούν τόσο προληπτικά μέτρα όσο και ενίσχυση των διαδικασιών ελέγχου. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε αναθεωρημένη εκτίμηση των δεικτών S, O και D, λαμβάνοντας υπόψη την αναμενόμενη επίδραση των προτεινόμενων ενεργειών, με στόχο την αποτύπωση της πιθανής μείωσης του κινδύνου.

Πίνακας 4-10 Μελέτη αστοχίας σε μονάδα έτοιμων προς κατανάλωση σαλατών

A/A	Διεργασία	Πιθανός τρόπος αστοχίας	Πιθανές επιπτώσεις αστοχίας	S	Πιθανά αίτια αστοχίας	O	Υφιστάμενα μέτρα ελέγχου	D	RPN	Διορθωτική ενέργεια	Υπεύθυνος	S'	O'	D'	RPN'
1	Παροχή Νερού Δικτύου	Επιμόλυνση νερού με παθογόνους μικροοργανισμούς	Χρήση μικροβιολογικά μη ασφαλούς νερού στο πλύσιμο λαχανικών με άμεσο κίνδυνο επιμόλυνσης του τελικού προϊόντος και δυνητικές επιπτώσεις στη δημόσια υγεία	10	Ανεπαρκής απολύμανση από τον πάροχο, αστοχία στο δίκτυο ύδρευσης, παλαιότητα σωληνώσεων ή είσοδος επιφανειακών υδάτων στο δίκτυο	2	Μικροβιολογικός και χημικός έλεγχος νερού σε προκαθορισμένη συχνότητα	4	80	Αναθεώρηση προγράμματος δειγματοληψιών με αυξημένη συχνότητα, εγκατάσταση σημείων ελέγχου πριν τη χρήση στην παραγωγή, καθιέρωση καταγραφής αποτελεσμάτων ανά παρτίδα παραγωγής	Υπεύθυνος Ποιοτικού Ελέγχου & Υπεύθυνος Μικροβιολογικού Εργαστηρίου	10	2	3	60
2		Επιμόλυνση νερού με επικίνδυνες χημικές ουσίες (π.χ. χλώριο, υπολείμματα φυτοπροστασίας)	Χημική επιβάρυνση των πρώτων υλών κατά το πλύσιμο και πιθανή μεταφορά υπολειμμάτων στο τελικό προϊόν	10	Υπερδοσολογία απολυμαντικού από τον πάροχο, παρουσία αγροχημικών στην πηγή υδροληψίας ή βιομηχανικών ρύπων	2	Εργαστηριακές αναλύσεις για έλεγχο υπολειμματικότητας και χημικών παραμέτρων	4	80	Ενίσχυση χημικών αναλύσεων, καθιέρωση ορίων αποδοχής πριν τη χρήση, σύνδεση αποτελεσμάτων με έγκριση έναρξης παραγωγής	Υπεύθυνος Ποιοτικού Ελέγχου	10	2	3	60
3	Κεντρική Δεξαμενή Νερού	Επιμόλυνση νερού με παθογόνους μικροοργανισμούς λόγω εισόδου ξένων οργανισμών	Μεταφορά μικροβιολογικού φορτίου στο νερό που χρησιμοποιείται για το πλύσιμο λαχανικών και άμεση επιμόλυνση του τελικού προϊόντος	10	Φθορά ή ελλιπής στεγανοποίηση καπακίων δεξαμενής, είσοδος εντόμων, τρωκτικών ή σκόνης από το περιβάλλον	3	Μικροβιολογικός έλεγχος νερού σε τακτά διαστήματα	4	120	Τεχνικός επανέλεγχος στεγανότητας δεξαμενής, αντικατάσταση φθαρμένων εξαρτημάτων, καταγραφή επιθεωρήσεων σε πρόγραμμα συντήρησης	Υπεύθυνος Τεχνικής Υποστήριξης	10	2	3	60

A/A	Διεργασία	Πιθανός τρόπος αστοχίας	Πιθανές επιπτώσεις αστοχίας	S	Πιθανά αίτια αστοχίας	O	Υφιστάμενα μέτρα ελέγχου	D	RPN	Διορθωτική ενέργεια	Υπεύθυνος	S'	O'	D'	RPN'
4		Επιμόλυνση νερού λόγω συσσώρευσης οργανικής ύλης στο φίλτρο	Ανάπτυξη μικροβιακού φορτίου στο φίλτρο και μεταφορά του στο νερό παραγωγής	10	Παρατεταμένη χρήση του φίλτρου χωρίς καθαρισμό ή αντικατάσταση, μειωμένη απόδοση φίλτρανσης	3	Οπτικός και δειγματοληπτικός έλεγχος φίλτρου	4	120	Καθιέρωση αυστηρού προγράμματος καθαρισμού και αντικατάστασης φίλτρων με καταγραφή συχνότητας	Υπεύθυνος Τεχνικής Υποστήριξης	10	2	3	60
5		Επιμόλυνση νερού από χημικούς παράγοντες λόγω κακόβουλης ενέργειας	Εσκεμμένη χημική επιβάρυνση του νερού με άμεσο κίνδυνο για την ασφάλεια του τελικού προϊόντος	10	Ανεξέλεγκτη πρόσβαση προσωπικού ή τρίτων στον χώρο της δεξαμενής	2	Μικροβιολογικός και χημικός έλεγχος νερού	4	80	Εφαρμογή συστήματος ελεγχόμενης πρόσβασης, τήρηση αρχείου εισόδου προσωπικού, επιτήρηση χώρου με κάμερες	Διευθυντής Εργοστασίου, Φύλακας, Υπεύθυνος Τεχνικής Υποστήριξης	10	1	2	20
6		Φθορά φίλτρων	Διέλευση ξένων σωματιδίων στο νερό και πιθανή υποβάθμιση της ποιότητας πλύσης των πρώτων υλών	9	Φυσική φθορά φίλτρου λόγω παλαιότητας ή πίεσης λειτουργίας	3	Οπτικός έλεγχος φθορών	4	108	Καθιέρωση τακτικού ελέγχου ακεραιότητας φίλτρων και προγραμματισμένη αντικατάσταση	Υπεύθυνος Τεχνικής Υποστήριξης	9	2	3	54
7	Ψύξη Νερού	Επιμόλυνση νερού με χημικές ουσίες λόγω δυσλειτουργίας του συστήματος ψύξης	Μεταφορά χημικού ρύπου στο νερό πλύσης πρώτων υλών και πιθανή επιβάρυνση του τελικού προϊόντος με ουσία μη κατάλληλη για τρόφιμα	10	Φθορά εναλλάκτη θερμότητας, διαρροή στο κύκλωμα ψύξης, πλημμελής προληπτική συντήρηση εξοπλισμού	3	Αυτοματοποιημένο σύστημα ειδοποίησης βλαβών, τακτικός τεχνικός έλεγχος και πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης	3	90	Αναθεώρηση συχνότητας προληπτικής συντήρησης, επιβεβαίωση στεγανότητας κυκλώματος, περιοδικός έλεγχος παρουσίας γλυκόλης στο νερό	Υπεύθυνος Τεχνικής Υποστήριξης	10	2	2	40

A/A	Διεργασία	Πιθανός τρόπος αστοχίας	Πιθανές επιπτώσεις αστοχίας	S	Πιθανά αίτια αστοχίας	O	Υφιστάμενα μέτρα ελέγχου	D	RPN	Διορθωτική ενέργεια	Υπεύθυνος	S'	O'	D'	RPN'
8	Λάμπες UV	Αύξηση μικροβιακού φορτίου λόγω μειωμένης απόδοσης απολύμανσης UV	Χρήση νερού με ανεπαρκή απολύμανση στο πλύσιμο λαχανικών και πιθανή μικροβιολογική επιμόλυνση του προϊόντος	10	Μείωση έντασης ακτινοβολίας λόγω παλαιότητας λαμπτήρων, επικαθίσεις αλάτων στο προστατευτικό περίβλημα, μη τήρηση ωρών λειτουργίας	3	Περιοδικός έλεγχος εξοπλισμού, τήρηση αρχείου λειτουργίας και συντήρησης σύμφωνα με προδιαγραφές κατασκευαστή	3	90	Τακτικός έλεγχος έντασης UV με κατάλληλο όργανο, πρόγραμμα καθαρισμού προστατευτικού σωλήνα και προγραμματισμένη αντικατάσταση λαμπτήρων	Υπεύθυνος Τεχνικής Υποστήριξης	10	3	2	60
9	Παραλαβή αερίων	Παρουσία χημικών προσμίξεων	Κίνδυνος για την ασφάλεια του τελικού προϊόντος	9	Μη εγκεκριμένος ή μη αξιολογημένος προμηθευτής	1	Έλεγχος πιστοποιητικών καθαρότητας σε κάθε παραλαβή.	2	18	Τακτική επικαιροποίηση πιστοποιήσεων (ανά δμνηο)	Υπεύθυνος Προμηθειών	9	1	2	40
10	Αποθήκευση Αερίων	Επιμόλυνση αερίων από χημικούς παράγοντες ή κακόβουλη ενέργεια	Κίνδυνος για την ασφάλεια προϊόντος	9	Ανεξέλεγκτη πρόσβαση στον χώρο αποθήκευσης αερίων	1	Έλεγχος πρόσβασης στους χώρους αποθήκευσης	2	18	Τήρηση αρχείου εισόδου προσωπικού, επιτήρηση με κάμερες	Διευθυντής Εργοστασίου, Φύλακας & Υπεύθυνος Τεχνικής Υποστήριξης	9	1	2	40
11	Παραλαβή Υλικών Συσκευασίας	Παραλαβή υλικών συσκευασίας με ακατάλληλες προδιαγραφές διαπερατότητας O ₂ που επηρεάζουν τη σύνθεση της τροποποιημένης ατμόσφαιρας (MAP)	Αλλοίωση της σύστασης των αερίων εντός της συσκευασίας και μείωση του χρόνου ζωής του προϊόντος λόγω ανάπτυξης μικροοργανισμών	8	Μη τήρηση διαδικασίας ελέγχου προδιαγραφών κατά την παραλαβή, απουσία επαλήθευσης τεχνικών χαρακτηριστικών υλικών	3	Έλεγχος πιστοποιήσεων προμηθευτή και έλεγχος από το τμήμα Ποιοτικού Ελέγχου σε κάθε παραλαβή	4	96	Τακτική επαναξιολόγηση και επικαιροποίηση πιστοποιήσεων προμηθευτών (τουλάχιστον ανά δμνηο), δειγματοληπτικός έλεγχος τεχνικών χαρακτηριστικών υλικών	Υπεύθυνος Προμηθειών	8	2	3	48

A/A	Διεργασία	Πιθανός τρόπος αστοχίας	Πιθανές επιπτώσεις αστοχίας	S	Πιθανά αίτια αστοχίας	O	Υφιστάμενα μέτρα ελέγχου	D	RPN	Διορθωτική ενέργεια	Υπεύθυνος	S'	O'	D'	RPN'
12		Παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών στην επιφάνεια των υλικών συσκευασίας που έρχονται σε επαφή με το τρόφιμο	Επιμόλυνση του τελικού προϊόντος κατά τη φάση συσκευασίας και κίνδυνος για τη δημόσια υγεία	10	Ακατάλληλες συνθήκες μεταφοράς και αποθήκευσης (σκόνη, υγρασία, μικροβιακό φορτίο), ανεπαρκής υγιεινή χειρισμού	2	Οπτικός έλεγχος κατά την παραλαβή και περιοδικός μικροβιολογικός έλεγχος σύμφωνα με το πλάνο δειγματοληγιών	4	80	Εκπαίδευση προσωπικού στον ορθό έλεγχο παραλαβής, ενίσχυση δειγματοληπτικών ελέγχων επιφανειών υλικών	Υπεύθυνος Ποιοτικού Ελέγχου	10	2	3	60
13		Χημική επιμόλυνση από μετανάστευση ουσιών των υλικών συσκευασίας στα τρόφιμα	Μεταφορά μη επιτρεπόμενων χημικών ουσιών στο τρόφιμο και πιθανή μη συμμόρφωση με τη νομοθεσία	9	Χρήση μη εγκεκριμένων ή μη αξιολογημένων προμηθευτών, έλλειψη επικαιροποιημένων δηλώσεων συμμόρφωσης	2	Έλεγχος πιστοποιήσεων και δηλώσεων συμμόρφωσης προμηθευτή, περιοδικοί έλεγχοι σύμφωνα με το πλάνο δειγματοληψίας	4	72	Αύξηση εργαστηριακών αναλύσεων μετανάστευσης, τακτική επικαιροποίηση φακέλου προμηθευτή και αξιολόγηση	Υπεύθυνος Ποιοτικού Ελέγχου & Υπεύθυνος Προμηθειών	9	2	3	54
14	Αποθήκευση Υλικών συσκευασίας	Επιμόλυνση υλικών συσκευασίας από παθογόνους μικροοργανισμούς λόγω παρουσίας σκόνης, υγρασίας ή ξένων σωμάτων στον χώρο αποθήκευσης	Μεταφορά μικροβιακού φορτίου στα υλικά που έρχονται σε επαφή με το τρόφιμο και πιθανή επιμόλυνση του τελικού προϊόντος κατά τη συσκευασία	9	Ακατάλληλες συνθήκες αποθήκευσης (υγρασία, σκόνη, ανεπαρκής καθαριότητα χώρου), πλημμελής έλεγχος περιβάλλοντος αποθήκης	3	Τακτικός έλεγχος τήρησης προγράμματος καθαριότητας, έλεγχος συνθηκών υγρασίας από εξωτερικό συνεργείο, μηνιαίος έλεγχος παγίδων μυοκτονίας, προστατευτικό περιβάλλον υλικών συσκευασίας	4	108	Αυστηροποίηση επιθεωρήσεων καθαριότητας και περιβάλλοντος χώρου, συχνότερος έλεγχος παγίδων μυοκτονίας και καταγραφή ευρημάτων. Ενίσχυση μικροβιολογικών ελέγχων στις επιφάνειες των υλικών συσκευασίας.	Υπεύθυνος Παραλαβών & Υπεύθυνος Ποιοτικού Ελέγχου	10	2	2	40

A/A	Διεργασία	Πιθανός τρόπος αστοχίας	Πιθανές επιπτώσεις αστοχίας	S	Πιθανά αίτια αστοχίας	O	Υφιστάμενα μέτρα ελέγχου	D	RPN	Διορθωτική ενέργεια	Υπεύθυνος	S'	O'	D'	RPN'
15	Παραλαβή Α' υλών	Παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών / υψηλό αρχικό μικροβιακό φορτίο στα λαχανικά	Μειωμένος χρόνος ζωής προϊόντος και κίνδυνος για τη δημόσια υγεία	10	Εποχικότητα, κακές γεωργικές πρακτικές, ακατάλληλη συγκομιδή ή καθυστέρηση στη μεταφορά υπό μη ελεγχόμενες συνθήκες	6	Μικροβιολογικός έλεγχος πρώτων υλών σύμφωνα με το πλάνο δειγματοληψιών, νερού άρδευσης και μέσων μεταφοράς.	4	240	Καθιέρωση αυστηρότερων προδιαγραφών αποδοχής προμηθευτών, τακτικότερη αξιολόγηση αγρού και πρακτικών συγκομιδής, εντατικοποίηση δειγματοληψιών και εκπαίδευσης προμηθευτών	Τμήμα Διασφάλισης Ποιότητας / Υπεύθυνος Γεωπονικού Τμήματος	10	4	3	120
16		Παρουσία αλλοιώσεων (π.χ ασθενειών μυκητολογικής προέλευσης, μηχανική καταπόνηση των φυτών)	Υποβάθμιση οργανοληπτικών χαρακτηριστικών, παράπονα καταναλωτών, αυξημένη πιθανότητα ανάπτυξης παθογόνων και κίνδυνος για τη δημόσια υγεία	9	Κακός χειρισμός και ελλιπής καθαρισμός στο χωράφι, ανεπαρκής οπτικός έλεγχος κατά την παραλαβή	7	Αξιολόγηση και οπτικός έλεγχος πρώτων υλών	3	189	Ενίσχυση οπτικού ελέγχου με επιπλέον στάδιο επιθεώρησης, αυστηρότερα κριτήρια αποδοχής, εκπαίδευση προσωπικού και προμηθευτών για την καλύτερη διαχείριση ελαττωμάτων	Υπεύθυνος Ποιοτικού Ελέγχου	9	5	2	90

A/A	Διεργασία	Πιθανός τρόπος αστοχίας	Πιθανές επιπτώσεις αστοχίας	S	Πιθανά αίτια αστοχίας	O	Υφιστάμενα μέτρα ελέγχου	D	RPN	Διορθωτική ενέργεια	Υπεύθυνος	S'	O'	D'	RPN'
17		Παρουσία ξένων σωμάτων (π.χ. χρώμα, πλαστικά, ξύλο, έντομα)	Αισθητική υποβάθμιση, παράπονα καταναλωτών, απώλεια εμπιστοσύνης στην επιχείρηση, πιθανότητα ανάπτυξης παθογόνων και κίνδυνος για τη δημόσια υγεία	9	Ελλιπής καθαρισμός στο χωράφι, ανεπαρκής οπτικός έλεγχος κατά την παραλαβή, ελλιπές pest control στους χώρους παραλαβής	6	Πρόγραμμα pest control, οπτικός έλεγχος πρώτων υλών, τήρηση προγραμματισμένων ψεκασμών από τους παραγωγούς	3	162	Ενίσχυση οπτικού ελέγχου με επιπλέον στάδιο επιθεώρησης, αυστηρότερα κριτήρια αποδοχής, εκπαίδευση προσωπικού στην αναγνώριση ξένων σωμάτων. Τακτικότερη αξιολόγηση αγρού και εκπαίδευσης προμηθευτών	Υπεύθυνος Ποιοτικού Ελέγχου / Υπεύθυνος Γεωπονικού Τμήματος	9	5	2	90
18		Απόκλιση θερμοκρασίας κατά την παραλαβή	Υποβάθμιση ποιότητας προϊόντος, ανάπτυξη μικρο-οργανισμών/ Κίνδυνος για την υγεία του καταναλωτή	9	Μη τήρηση ψυκτικής αλυσίδας κατά τη μεταφορά/ Βλάβη εξοπλισμού ψύξης/ Καθυστερήση στην εκφόρτωση/ Ελλιπής έλεγχος θερμοκρασίας κατά την παραλαβή	6	Έλεγχος θερμοκρασίας κατά την παραλαβή/ Χρήση θερμομέτρων- καταγραφικών/ Καθορισμένα όρια αποδοχής/ Διαδικασία απόρριψης μη συμμορφούμενων προϊόντων	3	162	Ενίσχυση ελέγχων θερμοκρασίας κατά την παραλαβή/ Εκπαίδευση προσωπικού/ Συνεργασία με προμηθευτές για τήρηση ψυκτικής αλυσίδας/ Χρήση καταγραφικών θερμοκρασίας κατά τη μεταφορά	Υπεύθυνος Παραλαβών, Υπεύθυνος Ποιοτικού Ελέγχου				
19		Χημική επιμόλυνση από υπολείμματα φυτοπροστατευτικών ουσιών	Μη συμμόρφωση με νομοθεσία, κίνδυνος για την υγεία του καταναλωτή	9	Μη ορθές καλλιεργητικές πρακτικές από τον παραγωγό, μη τήρηση χρόνων αναμονής μετά τον ψεκασμό/ Επιμόλυνση από διπλανό αγρό	5	Εργαστηριακές αναλύσεις για έλεγχο υπολειμματικότητας, έλεγχος προγράμματος ψεκασμών από γεωπόνο	4	180	Αύξηση συχνότητας εργαστηριακών αναλύσεων, αξιολόγηση παραγωγών και καλλιεργητικών πρακτικών	Υπεύθυνος Προμηθειών, Υπεύθυνος Ποιοτικού Ελέγχου & επιβλέπων Γεωπόνος	9	3	3	81

A/A	Διεργασία	Πιθανός τρόπος αστοχίας	Πιθανές επιπτώσεις αστοχίας	S	Πιθανά αίτια αστοχίας	O	Υφιστάμενα μέτρα ελέγχου	D	RPN	Διορθωτική ενέργεια	Υπεύθυνος	S'	O'	D'	RPN'
20		Παρουσία υπολειμμάτων βαρέων μετάλλων	Κίνδυνος για την υγεία και μη συμμόρφωση με τα επιτρεπτά όρια	9	Καλλιέργεια σε επιβαρυνμένα εδάφη ή χρήση ακατάλληλου νερού άρδευσης	1	Εργαστηριακές αναλύσεις βαρέων μετάλλων σύμφωνα με το πλάνο ελέγχου	4	36	Αύξηση αριθμού αναλύσεων και αξιολόγηση περιοχής καλλιέργειας	Υπεύθυνος Προμηθειών, Υπεύθυνος Ποιοτικού Ελέγχου & επιβλέπων Γεωπόνος	9	1	2	18
21	Αποθήκευση Λαχανικών	Ανάπτυξη μικροβιακού φορτίου λόγω μη ορθών θερμοκρασιακών συνθηκών αποθήκευσης	Μείωση χρόνου ζωής πρώτης ύλης, υποβάθμιση οργανοληπτικών και χαρακτηριστικών και αυξημένος μικροβιολογικός κίνδυνος	9	Δυσλειτουργία ψυκτικού μηχανισμού- αισθητήρων, συχνό άνοιγμα θυρών, ανεπαρκής παρακολούθηση θερμοκρασίας	6	Συνεχής παρακολούθηση θερμοκρασιών και σύστημα alarm σε περίπτωση αποκλίσεων	2	108	Τακτική επαλήθευση ορθής λειτουργίας αισθητήρων, καταγραφή και αξιολόγηση αποκλίσεων, εφαρμογή διαδικασίας άμεσης επέμβασης	Υπεύθυνος Παραλαβών & Υπεύθυνος Τεχνικής Υποστήριξης	9	3	2	54
22	Διαλογή	Μη αποτελεσματική απομάκρυνση ξένων σωμάτων (π.χ. πέτρα, πλαστικό, ξύλο, μέταλλο, έντομα)	Κίνδυνος τραυματισμού καταναλωτή, επιστροφές προϊόντων, πιθανή νομική έκθεση, πλήγμα στην εικόνα της επιχείρησης	9	Φθορά εξοπλισμού, προσμίξεις από κιβώτια μεταφοράς, ανεπαρκής καθαρισμός πρώτης ύλης	4	Οπτικός έλεγχος κατά τη διαλογή	3	108	Χρήση καλύτερης ποιότητας τετάρων, καταγραφή και διερεύνηση αιτιών ανά συμβάν, επιπλέον έλεγχος πριν τη συσκευασία, εκπαίδευση προσωπικού	Υπεύθυνος Παραγωγής & Ποιοτικού Ελέγχου	9	3	2	54
23		Μη αποτελεσματική απομάκρυνση αλλοιωμένων φύλλων	Μείωση shelf life τελικού προϊόντος	8	Πίεση προσωπικού, ανεπαρκής εκπαίδευση	4	Οπτικός έλεγχος	3	96	Εκπαίδευση προσωπικού με φωτογραφικά πρότυπα αποδοχής	Υπεύθυνος Διασφάλισης Ποιότητας	8	3	2	48
24		Λανθασμένος χειρισμός προϊόντος	Μηχανική φθορά λαχανικών και αλλοίωση εμφάνισης	8	Έλλειψη εκπαίδευσης προσωπικού	4	Οπτικός έλεγχος	3	96	Σαφείς οδηγίες εργασίας και εκπαίδευση	Υπεύθυνος Παραγωγής	8	3	2	48

A/A	Διεργασία	Πιθανός τρόπος αστοχίας	Πιθανές επιπτώσεις αστοχίας	S	Πιθανά αίτια αστοχίας	O	Υφιστάμενα μέτρα ελέγχου	D	RPN	Διορθωτική ενέργεια	Υπεύθυνος	S'	O'	D'	RPN'
25	Ζύγισμα	Επιμόλυνση προϊόντος λόγω ελλιπούς καθαριότητας του εξοπλισμού ζύγισης	Μεταφορά παθογόνων μικροοργανισμών στο προϊόν και κίνδυνος για τη δημόσια υγεία	10	Μη ορθή εφαρμογή προγράμματος καθαρισμού και απολύμανσης, συσσώρευση οργανικού φορτίου σε πάγκους και ζυγούς	4	Καθημερινός έλεγχος τήρησης καθαριότητας, οπτικός έλεγχος από βάρδια, δειγματοληπτικοί έλεγχοι με λουμινόμετρο	3	120	Αυστηροποίηση ελέγχου εφαρμογής οδηγιών εργασίας από το προσωπικό, τακτικοί μικροβιολογικοί έλεγχοι επιφανειών (swab tests)	Υπεύθυνος Ποιοτικού Ελέγχου & Υπεύθυνος Παραγωγής	10	2	2	40
26	Κοπή / Ανάμιξη	Διασταυρούμενη επιμόλυνση λόγω ελλιπούς καθαρισμού	Διασπορά υψηλού μικροβιακού φορτίου και πιθανή παρουσία παθογόνων (π.χ. Listeria monocytogenes) Επιμόλυνση προϊόντος και μείωση shelf life	10	Ανεπαρκής καθαρισμός εξοπλισμού μεταξύ παρτίδων, σημεία συσσώρευσης υπολειμμάτων (biofilms)	4	Καθημερινός έλεγχος με λουμινόμετρο, swab tests για Listeria, εφαρμογή οδηγιών εργασίας	3	90	Αναθεώρηση SSOP με έμφαση σε κρίσιμα σημεία εξοπλισμού, αύξηση συχνότητας περιβαλλοντικών ελέγχων	Υπεύθυνος Διασφάλισης Ποιότητας / Υπεύθυνος Παραγωγής	10	2	2	40
27		Τραυματισμός λαχανικών στα σημεία κοπής/ Ανομοιόμορφη κοπή λαχανικών	Μη ομοιόμορφη ποιότητα προϊόντος και αλλοίωση υφής, απώλεια ποιότητας	9	Φθορά μαχαριών κοπής/ Λανθασμένες ρυθμίσεις κοπτικού	4	Οπτικός έλεγχος και έλεγχος ρυθμίσεων	3	108	Προγραμματισμένη αλλαγή μαχαριών/ Επαναρύθμιση	Τεχνική Υποστήριξη	8	3	3	72
28	Πρόπλυση	Επιμόλυνση από ξένα σώματα προερχόμενα από φθορά μαχαριών/εξοπλισμού	Πιθανή παρουσία μεταλλικών ή πλαστικών θραυσμάτων στο προϊόν και κίνδυνος για τον καταναλωτή	9	Μη ορθή εφαρμογή προγράμματος προληπτικής συντήρησης, φθορά εξαρτημάτων	3	Περιοδικός τεχνικός έλεγχος εξοπλισμού, τήρηση αρχείου συντήρησης	4	108	Αναθεώρηση προγράμματος προληπτικής συντήρησης με συχνότερους ελέγχους σε κρίσιμα σημεία	Υπεύθυνος Τεχνικής Υποστήριξης	9	2	3	54

A/A	Διεργασία	Πιθανός τρόπος αστοχίας	Πιθανές επιπτώσεις αστοχίας	S	Πιθανά αίτια αστοχίας	O	Υφιστάμενα μέτρα ελέγχου	D	RPN	Διορθωτική ενέργεια	Υπεύθυνος	S'	O'	D'	RPN'
29		Επιμόλυνση προϊόντος λόγω ελλιπούς καθαριότητας δεξαμενών και επιφανειών πλύσης	Μεταφορά μικροβιακού φορτίου στο προϊόν και κίνδυνος για τη δημόσια υγεία	10	Μη ορθή εφαρμογή προγράμματος καθαρισμού και απολύμανσης, συσσώρευση οργανικού φορτίου	4	Καθημερινός έλεγχος καθαριότητας, οπτικός έλεγχος βάρδιας, έλεγχος με λουμινόμετρο	3	120	Αυστηροποίηση ελέγχου εφαρμογής οδηγίες εργασίας, τακτικοί μικροβιολογικοί έλεγχοι επιφανειών (swab tests)	Υπεύθυνος Ποιοτικού Ελέγχου & Υπεύθυνος Παραγωγής	10	2	2	40
30	Πλύσιμο με χλωριωμένο νερό	Ανεπαρκής μείωση μικροβιακού φορτίου	Επιβίωση παθογόνων μικρο-οργανισμών (π.χ. E. coli, Salmonella, Listeria) και πρόωρη αλλοίωση προϊόντος	10	Χαμηλή συγκέντρωση απολυμαντικού, ανεπαρκής χρόνος επαφής, δυσλειτουργία δοσομετρητή ή alarm. Αστοχία αισθητήρων ORP/pH, κακή βαθμονόμηση	6	Αυτόματος δοσομετρητής με alarm, έλεγχος ORP (Redox) & pH. Αυτόματη διακοπή λειτουργίας γραμμής παραγωγής	2	120	Συχνότερη βαθμονόμηση αισθητήρων ORP/pH, προληπτική συντήρηση δοσομετρικού συστήματος. Ενίσχυση συχνότητας ελέγχων. Τακτικός έλεγχος λειτουργίας alarm, αυτόματη διακοπή λειτουργίας γραμμής παραγωγής	Υπεύθυνος Τεχνικού Τμήματος & Ποιοτικού Ελέγχου	10	2	2	40
31		Υπερβολική συγκέντρωση απολυμαντικού	Χημικά υπολείμματα στο προϊόν	10	Υψηλή συγκέντρωση απολυμαντικού, δυσλειτουργία δοσομετρητή ή alarm. Αστοχία αισθητήρων ORP/pH, κακή βαθμονόμηση	3	Αυτόματος δοσομετρητής με alarm, έλεγχος ORP (Redox) & pH. Αυτόματη διακοπή λειτουργίας γραμμής παραγωγής	2	60	Συχνότερη βαθμονόμηση αισθητήρων ORP/pH, προληπτική συντήρηση δοσομετρικού συστήματος. Ενίσχυση συχνότητας ελέγχων. Τακτικός έλεγχος λειτουργίας alarm	Υπεύθυνος Τεχνικού Τμήματος & Ποιοτικού Ελέγχου	10	2	2	40
32		Ανεπαρκής χρόνος επαφής των λαχανικών στην δεξαμενή χλωρίωσης	Μη αποτελεσματική απολύμανση. Επιβίωση παθογόνων μικροοργανισμών (π.χ. E. coli, Salmonella, Listeria) και πρόωρη	10	Υψηλή ταχύτητα γραμμής/Μεγάλος όγκος προϊόντος/Μη σωστή ζύγιση	3	Ζύγιση μίγματος/Τακτικός καθημερινός οπτικός έλεγχος κατά την διάρκεια της παραγωγής	4	120	Ρύθμιση ζυγιστικού στην σωστή ποσότητα μίγματος	Υπεύθυνος παραγωγής	10	2	3	60

A/A	Διεργασία	Πιθανός τρόπος αστοχίας	Πιθανές επιπτώσεις αστοχίας	S	Πιθανά αίτια αστοχίας	O	Υφιστάμενα μέτρα ελέγχου	D	RPN	Διορθωτική ενέργεια	Υπεύθυνος	S'	O'	D'	RPN'
			αλλοίωση προϊόντος												
33	Ξέπλυμα με καθαρό νερό	Παραμονή χλωρίου και παραπροϊόντων του στην επιφάνεια των λαχανικών	Κίνδυνος για την υγεία καταναλωτή και αλλοίωση οργανοληπτικών χαρακτηριστικών	10	Ανεπαρκές ξέπλυμα, χαμηλή ροή φρέσκου νερού	2	Έλεγχος σωστής λειτουργίας αντλιών και ροής νερού. Έλεγχος μπεκ ξεπλύματος.	4	80	Συχνή ανανέωση νερού δεξαμενής και αύξηση χημικών αναλύσεων	Υπεύθυνος Ποιοτικού Ελέγχου & Υπεύθυνος Παραγωγής	10	2	3	60
34		Επιμόλυνση προϊόντος λόγω ελλιπούς καθαριότητας δεξαμενών ή λόγω επιμολυσμένου νερού ξεπλύματος	Μεταφορά μικροβιακού φορτίου στο προϊόν και κίνδυνος για τη δημόσια υγεία	10	Μη ορθή εφαρμογή προγράμματος καθαρισμού και απολύμανσης, συσσώρευση οργανικού φορτίου.	4	Τακτικός έλεγχος καθαριότητας με λουμινόμετρο, οπτικός έλεγχος, τακτικοί μικροβιολογικοί έλεγχοι επιφανειών (swab tests)	3	120	Αυστηροποίηση ελέγχου εφαρμογής οδηγιών εργασίας, ενίσχυση μικροβιολογικών ελέγχων επιφανειών (swab tests)	Υπεύθυνος Ποιοτικού Ελέγχου & Υπεύθυνος Παραγωγής	10	2	2	40
35	Φυγοκέντρωση/ Στέγνωμα	Ανεπαρκής απομάκρυνση υγρασίας	Υποβάθμιση οργανοληπτικών χαρακτηριστικών (βλέννα, οσμή), ταχύτερη αλλοίωση και απώλεια υφής τελικού προϊόντος	9	Μικρός χρόνος στεγνώματος, υπερφόρτωση εξοπλισμού, τεχνικές αστοχίες	4	Έλεγχος χρόνου και στροφών φυγοκέντρου	3	108	Βελτίωση και ρύθμιση παραμέτρων στεγνώματος. Μέτρηση περισσειας υγρασίας	Υπεύθυνος Τεχνικού Τμήματος & Ποιοτικού Ελέγχου	9	2	2	36
36		Υπερβολική φυγοκέντρωση	Μηχανική φθορά και καταστροφή υφής λαχανικών	8	Υψηλές στροφές λειτουργίας/αυξημένος χρόνος φυγοκέντρωσης	3	Έλεγχος χρόνου και στροφών φυγοκέντρου	3	72	Βελτίωση και ρύθμιση παραμέτρων στεγνώματος. Μέτρηση περισσειας υγρασίας	Υπεύθυνος Τεχνικού Τμήματος & Ποιοτικού Ελέγχου	8	2	2	32

A/A	Διεργασία	Πιθανός τρόπος αστοχίας	Πιθανές επιπτώσεις αστοχίας	S	Πιθανά αίτια αστοχίας	O	Υφιστάμενα μέτρα ελέγχου	D	RPN	Διορθωτική ενέργεια	Υπεύθυνος	S'	O'	D'	RPN
37		Διασταυρούμενη επιμόλυνση στον εξοπλισμό	Μικροβιακή επιμόλυνση προϊόντος	10	Ανεπαρκής καθαρισμός και απολύμανση εξοπλισμού	4	Τακτικός έλεγχος καθαριότητας με λουμινόμετρο, οπτικός έλεγχος, τακτικοί μικροβιολογικοί έλεγχοι επιφανειών (swab tests)	3	120	Αυστηροποίηση ελέγχου εφαρμογής SSOP, ενίσχυση μικροβιολογικών ελέγχων επιφανειών (swab tests)	Υπεύθυνος Ποιοτικού Ελέγχου & Υπεύθυνος Παραγωγής	10	2	3	60
38		Ασταθής ταχύτητα λειτουργίας	Ασυνεπής ποιότητα προϊόντος	8	Φθορά εξοπλισμού	3	Πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης	4	96	Προγραμματισμένη συντήρηση/Αντικατάσταση εξαρτημάτων	Τεχνική Υποστήριξη	8	3	3	72
39	Οπτικός σαρωτής	Αστοχία στην λειτουργία ανίχνευσης (κάμερα, λογισμικό, λάμπες, βαλβίδες αέρα)	Διέλευση ξένων σωμάτων/ Κίνδυνος τραυματισμού καταναλωτή	10	Βλάβη εξοπλισμού/Χαμηλή ευαισθησία σαρωτή/Κακή ρύθμιση ή παλαιό λογισμικό	3	Καθημερινός οπτικός έλεγχος/Έλεγχος για ειδοποιήσεις σφαλμάτων/ Τακτική συντήρηση από εξειδικευμένο τεχνικό προσωπικό	4	120	Καθημερινός έλεγχος με δοκίμια/ Αναβάθμιση λογισμικού και λαμπών	Υπεύθυνος Τεχνικού Τμήματος & Ποιοτικού Ελέγχου	10	3	3	90
40		Ρύπανση λάμπας ή/και μεταφορικής ταινίας	Λανθασμένη απόρριψη ή αποδοχή προϊόντος. Διέλευση ξένων σωμάτων/ Κίνδυνος τραυματισμού καταναλωτή	10	Σκόνη, υγρασία, άλατα/Ελλιπής καθαρισμός	6	Πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης/ Καθημερινός έλεγχος καθαριοτήτων	3	180	Συχνότερος καθαρισμός/Συνεχής εκπαίδευση προσωπικού/αυστηροποίηση ελέγχου εφαρμογής SSOP	Υπεύθυνος Ποιοτικού Ελέγχου & Υπεύθυνος Παραγωγής	10	3	3	90
41		Επιμόλυνση προϊόντος λόγω ελλιπούς καθαριότητας μεταφορικής ταινίας	Μεταφορά μικροβιακού φορτίου στο προϊόν και κίνδυνος για τη δημόσια υγεία	10	Μη ορθή εφαρμογή προγράμματος καθαρισμού και απολύμανσης, συσσώρευση οργανικού φορτίου και ανάπτυξη	4	Τακτικός έλεγχος καθαριότητας με λουμινόμετρο, οπτικός έλεγχος, τακτικοί μικροβιολογικοί έλεγχοι επιφανειών (swab tests)	3	120	Αυστηροποίηση ελέγχου εφαρμογής SSOP, ενίσχυση μικροβιολογικών ελέγχων επιφανειών (swab tests)	Υπεύθυνος Ποιοτικού Ελέγχου & Υπεύθυνος Παραγωγής	10	3	3	90

A/A	Διεργασία	Πιθανός τρόπος αστοχίας	Πιθανές επιπτώσεις αστοχίας	S	Πιθανά αίτια αστοχίας	O	Υφιστάμενα μέτρα ελέγχου	D	RPN	Διορθωτική ενέργεια	Υπεύθυνος	S'	O'	D'	RPN'
					μικροβιακού φορτίου										
42	Ζύγισμα σε πολυκέφαλες	Επιμόλυνση προϊόντος λόγω ελλιπούς καθαριότητας εξοπλισμού	Μεταφορά μικροβιακού φορτίου στο προϊόν και κίνδυνος για τη δημόσια υγεία	10	Μη ορθή εφαρμογή προγράμματος καθαρισμού και απολύμανσης, συσσώρευση οργανικού φορτίου και ανάπτυξη μικροβιακού φορτίου	4	Τακτικός έλεγχος καθαριότητας με λουμινόμετρο, οπτικός έλεγχος, τακτικοί μικροβιολογικοί έλεγχοι επιφανειών (swab tests)	3	120	Αυστηροποίηση ελέγχου εφαρμογής οδηγιών εργασίας, ενίσχυση μικροβιολογικών ελέγχων επιφανειών (swab tests)	Υπεύθυνος Ποιοτικού Ελέγχου & Υπεύθυνος Παραγωγής	10	3	3	90
43		Επιμόλυνση από χημικές ουσίες (λιπαντικά, καθαριστικά)	Χημική επιμόλυνση προϊόντος/Κίνδυνος για τη δημόσια υγεία	10	Μη ορθή τήρηση προγράμματος συντήρησης, χρήση μη food-grade υλικών (π.χ λιπαντικά)	3	Συχνότερος έλεγχος εξοπλισμού και τήρηση αρχείων συντήρησης	4	120	Αναθεώρηση προγράμματος προληπτικής συντήρησης, χρήση αποκλειστικά food-grade υλικών/Έλεγχος εξοπλισμού και αντικατάσταση φθαρμένων υλικών	Υπεύθυνος Τεχνικής Υποστήριξης/ Υπεύθυνος Διασφάλισης Ποιότητας	10	3	3	90
44	Συσκευασία (MAP)	Λανθασμένη σύσταση αερίων (O ₂ /CO ₂) στη συσκευασία	Οξείδωση, ανάπτυξη αναερόβιων συνθηκών, σημαντική μείωση χρόνου ζωής προϊόντος	10	Κακή ρύθμιση μηχανής, φθορά φιλμ, κακή συγκόλληση	5	Έλεγχος O ₂ /CO ₂ σε κάθε παρτίδα και έλεγχος διαρροών	3	150	Τακτική συντήρηση/Εγκατάσταση αυτόματου συστήματος έγχυσης αερίων με alarm	Υπεύθυνος Τεχνικού Τμήματος & Υπεύθυνος Ποιοτικού Ελέγχου	9	3	3	81
45		Ανεπαρκής συγκόλληση συσκευασίας	Διαρροή αερίων και αλλοίωση προϊόντος	9	Αστοχία υλικού συσκευασίας/λανθασμένες ρυθμίσεις/ Βλάβη-φθορά στην σιαγόνα συγκόλλησης	5	Περιοδικός έλεγχος εξοπλισμού και τήρηση αρχείων συντήρησης	3	135	Τακτική συντήρηση/Έλεγχος προδιαγραφών και δοκιμές υλικού συσκευασίας πριν την χρήση στην παραγωγή	Υπεύθυνος Τεχνικού Τμήματος & Υπεύθυνος Ποιοτικού Ελέγχου	9	3	3	81

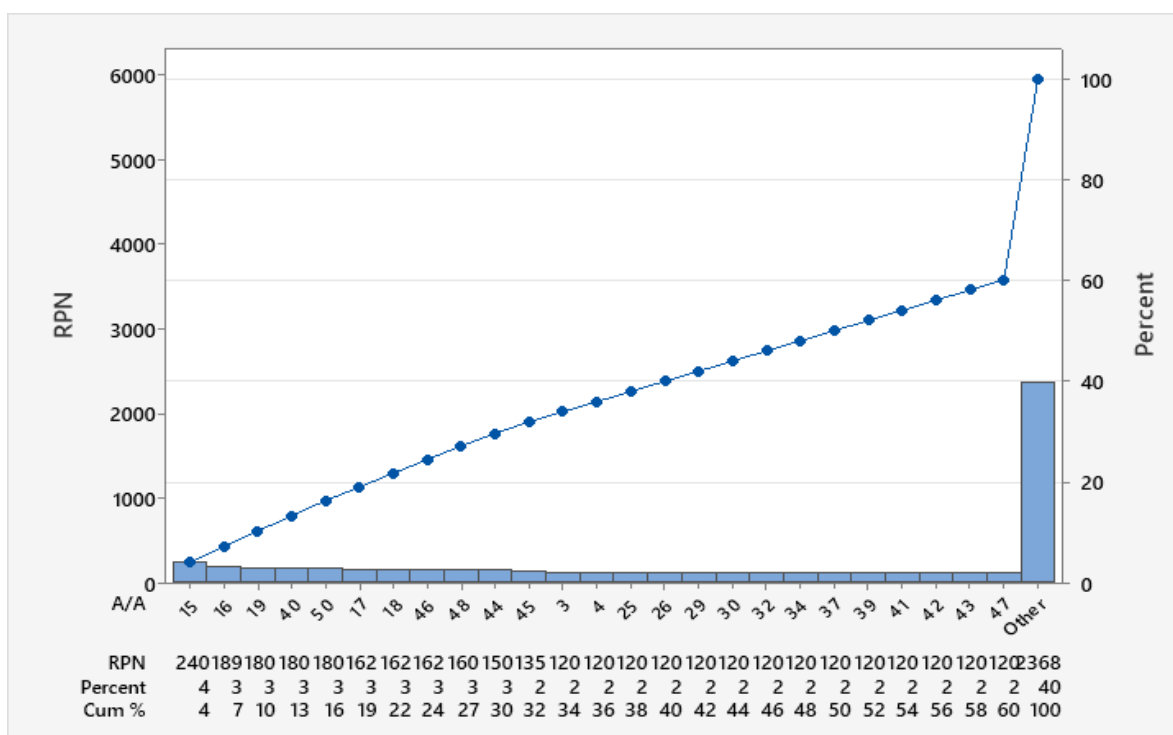
A/A	Διεργασία	Πιθανός τρόπος αστοχίας	Πιθανές επιπτώσεις αστοχίας	S	Πιθανά αίτια αστοχίας	O	Υφιστάμενα μέτρα ελέγχου	D	RPN	Διορθωτική ενέργεια	Υπεύθυνος	S'	O'	D'	RPN'
46		Κακός χειρισμός υλικού συσκευασίας	Κίνδυνος παρουσίας υλικού συσκευασίας μέσα στο προϊόν	9	Ανεπαρκής εκπαίδευση προσωπικού, φθαρμένο ή ακατάλληλο υλικό συσκευασίας, μη τήρηση διαδικασιών χειρισμού, βιαστική ή απρόσεκτη εργασία κατά τη συσκευασία.	3	Οπτικός έλεγχος κατά τη συσκευασία, έλεγχος ακεραιότητας υλικών συσκευασίας, οδηγίες εργασίας για σωστό χειρισμό, επιτήρηση από υπεύθυνο βάρδιας.	6	162	Εκπαίδευση προσωπικού στον σωστό χειρισμό υλικών συσκευασίας, αυξημένοι οπτικοί έλεγχοι, απόρριψη φθαρμένων υλικών, εφαρμογή check list πριν και κατά τη συσκευασία	Υπεύθυνος Παραγωγής, Υπεύθυνος Διασφάλισης Ποιότητας	8	3	3	72
47	Μεταλλικός ανιχνευτής	Μη επαρκής έλεγχος δοκιμών	Μη ανίχνευση μεταλλικού ξένου σώματος	10	Λανθασμένες ρυθμίσεις ευαισθησίας/αμέλεια προσωπικού	3	Έλεγχος δοκιμών στην έναρξη κάθε παρτίδας και ανά μισή ώρα	4	120	Τακτική επαλήθευση λειτουργίας detector, επιπλέον έλεγχοι μετά από συντήρηση	Υπεύθυνος Τεχνικού Τμήματος & Υπεύθυνος Ποιοτικού Ελέγχου	10	2	3	60
48		Αστοχία στο σύστημα απόρριψης	Το προϊόν περνάει χωρίς έλεγχο/Ενδεχόμενη παρουσία μεταλλικών ξένων σωμάτων	10	Μειωμένη πίεση στο σύστημα απόρριψης/ Μή ελεγχόμενη πρόσβαση στο κυτίο απορρίψεων/Ανθρώπινο λάθος	4	Καθημερινός έλεγχος δυνατότητας απόρριψης/Πρόσβαση κυτίου απορρίψεων μόνο στο προσωπικό του Ελέγχου Ποιότητας για επανέλεγχο	4	160	Τήρηση διαδικασίας μη συμμορφούμενων τεμαχίων/Εκπαίδευση προσωπικού	Υπεύθυνος Τεχνικού Τμήματος & Υπεύθυνος Διασφάλισης Ποιότητας	10	3	3	90
49	Παλετοποίηση	Επιμόλυνση συσκευασιών λόγω ελλειπούς καθαριότητας χώρου παλετοποίησης	Δευτερογενής επιμόλυνση εξωτερικής συσκευασίας και πιθανή μεταφορά ρύπων στο χώρο διανομής	9	Μη ορθή εφαρμογή προγράμματος καθαρισμού και απολύμανσης	3	Καθημερινός έλεγχος καθαριότητας από υπεύθυνο βάρδιας	4	108	Αυστηροποίηση ελέγχων τήρησης καθαριότητας	Υπεύθυνος Παραγωγής	9	2	3	54

A/A	Διεργασία	Πιθανός τρόπος αστοχίας	Πιθανές επιπτώσεις αστοχίας	S	Πιθανά αίτια αστοχίας	O	Υφιστάμενα μέτρα ελέγχου	D	RPN	Διορθωτική ενέργεια	Υπεύθυνος	S'	O'	D'	RPN
50	Αποθήκευση & Διανομή	Θερμοκρασιακή ή καταπόνηση προϊόντων κατά την διανομή	Ανάπτυξη μικροβιακού φορτίου/αύξηση διαπνοής του προϊόντος και σημαντική μείωση shelf life.	10	Ανεπαρκής ψύξη θαλάμων, συχνά ανοίγματα θυρών, καθυστερήσεις φόρτωσης	6	Συνεχής καταγραφή θερμοκρασίας με αυτόματο σύστημα και θερμογράφους/ Εφαρμογή συστήματος ειδοποίησης αποκλίσεων	3	180	Βελτίωση απόδοσης ψυκτικών θαλάμων/ Αναθεώρηση προγράμματος προληπτικής συντήρησης/ Ανασκόπηση και διερεύνηση αποκλίσεων	Υπεύθυνος Τμήματος Logistics & Υπεύθυνος Τεχνικού Τμήματος	9	4	3	108
51		Ανομοιόμορφη θερμοκρασία στον θάλαμο ψύξης	Ανάπτυξη μικροβιακού φορτίου/αύξηση διαπνοής του προϊόντος και σημαντική μείωση shelf life στα μη σωστά ψυχόμενα προϊόντα	9	Κακή κυκλοφορία αέρα, υπερφόρτωση παλετών	4	Συνεχής καταγραφή θερμοκρασίας με αυτόματο σύστημα και θερμογράφους/ Εφαρμογή συστήματος ειδοποίησης αποκλίσεων	3	108	Βελτίωση ροής αέρα/ Ορθός τρόπος παλετοποίησης και φόρτωσης/ Εκπαίδευση προσωπικού	Υπεύθυνος Τμήματος Logistics	9	3	2	54
52		Αστοχία θερμογράφου	Μη έγκαιρη ανίχνευση απόκλισης θερμοκρασίας	10	Εξαντλημένη μπαταρία, κακή βαθμονόμηση	3	Περιοδικός έλεγχος οργάνων	4	120	Τακτικός έλεγχος οργάνων και συχνότερη βαθμονόμηση	Υπεύθυνος Τεχνικού Τμήματος & Υπεύθυνος Διασφάλισης Ποιότητας	9	2	3	54

Κεφάλαιο 5 - Αποτελέσματα FMEA

5.1 Ιεράρχηση κρίσιμων αστοχιών

Μετά την καταγραφή των πιθανών τρόπων αστοχίας και των επιπτώσεών τους, καθώς και τον υπολογισμό του δείκτη προτεραιότητας κινδύνου (RPN) για κάθε πιθανό τρόπο αστοχίας, πραγματοποιήθηκε η ιεράρχηση των αστοχιών με τη χρήση διαγράμματος Pareto, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5-1.



Σχήμα 5-1 Διάγραμμα Pareto για RPN πριν τις διορθωτικές ενέργειες

Συγκεκριμένα, εντοπίστηκαν οι 10 σημαντικότεροι τρόποι αστοχίας οι οποίοι εμφανίζουν τις υψηλότερες τιμές $RPN > 130$ και αποτελούν τα σημεία στα οποία απαιτείται μεγαλύτερη εστίαση για την εφαρμογή των προτεινόμενων διορθωτικών και προληπτικών ενεργειών (Πίνακας 5-1)

Πίνακας 5-1: Στάδια με το υψηλότερο RPN

A/A	Πιθανός τρόπος αστοχίας	Διεργασία	RPN
15	Παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών / Υψηλό αρχικό μικροβιακό φορτίο στα λαχανικά	Παραλαβή Α' υλών	240
16	Παρουσία αλλοιώσεων (π.χ. ασθeneιών μυκητολογικής προέλευσης, μηχανική καταπόνηση των φυτών)	Παραλαβή Α' υλών	189
19	Χημική επιμόλυνση από υπολείμματα φυτοπροστατευτικών ουσιών	Παραλαβή Α' υλών	180
40	Ρύπανση λάμπας ή/και μεταφορικής ταινίας	Οπτικός σαρωτής	180
50	Θερμοκρασιακή καταπόνηση προϊόντων κατά την διανομή	Αποθήκευση & Διανομή	180
17	Παρουσία ξένων σωμάτων (π.χ. χρώμα, πλαστικά, ξύλο, έντομα)	Παραλαβή Α' υλών	162
18	Απόκλιση θερμοκρασίας κατά την παραλαβή	Παραλαβή Α' υλών	162
46	Κακός χειρισμός υλικού συσκευασίας	Συσκευασία (MAP)	162
48	Αστοχία συστήματος απόρριψης	Μεταλλικός ανιχνευτής	160
44	Λανθασμένη σύσταση αερίων (O ₂ /CO ₂) στη συσκευασία	Συσκευασία (MAP)	150
45	Ανεπαρκής συγκόλληση συσκευασίας	Συσκευασία (MAP)	135

Ειδικότερα, οι αστοχίες αυτές εντοπίζονται κυρίως σε τρία στάδια της παραγωγικής διαδικασίας. Πρώτον, στο στάδιο της παραλαβής των πρώτων υλών, όπου καταγράφονται σημαντικοί κίνδυνοι που σχετίζονται με υψηλό αρχικό μικροβιακό φορτίο, πιθανή παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών, χημικές επιμολύνσεις από φυτοπροστατευτικές ουσίες, παρουσία ξένων σωμάτων και αλλοιώσεων στην πρώτη ύλη και αποκλίσεις θερμοκρασίας κατά την παραλαβή.

Δεύτερον, σημαντικά σημεία της διαδικασίας αποτελούν ο οπτικός σαρωτής και ο μεταλλικός ανιχνευτής, όπου εντοπίζονται αστοχίες που σχετίζονται με πιθανή ρύπανση των φακών, της μεταφορικής ταινίας ή με δυσλειτουργία του εξοπλισμού. Οι αστοχίες αυτές επηρεάζουν άμεσα την αποτελεσματικότητα των ελέγχων και, κατά συνέπεια, την ικανότητα εντοπισμού ξένων σωμάτων ή ελαττωματικών προϊόντων πριν τη συσκευασία. Στην περίπτωση του μεταλλικού

ανιχνευτή, η σωστή λειτουργία του είναι κρίσιμη, καθώς αποτελεί το τελευταίο στάδιο ελέγχου για την αποτροπή παρουσίας μεταλλικών σωμάτων στο τελικό προϊόν

Τρίτον, στο στάδιο της συσκευασίας, παράγοντες όπως η λανθασμένη σύσταση των αερίων στη συσκευασία (MAP), ο μη ορθός χειρισμός των υλικών συσκευασίας και η ανεπαρκής συγκόλληση μπορεί να επηρεάσουν την σταθερότητα και την διατήρηση του προϊόντος, οδηγώντας σε αυξημένη μικροβιακή ανάπτυξη ή υποβάθμιση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών.

Τέταρτον, ιδιαίτερη σημασία παρουσιάζει το στάδιο της αποθήκευσης και διανομής, όπου οι αστοχίες σχετίζονται κυρίως με τη διαχείριση της θερμοκρασίας. Συγκεκριμένα, η θερμοκρασιακή καταπόνηση των προϊόντων και η ανομοιομορφία της θερμοκρασίας στους θαλάμους ψύξης κατά την διανομή εμφανίζουν υψηλές τιμές RPN, γεγονός που υποδηλώνει τη σημαντική επίδραση της ψυκτικής αλυσίδας στην ποιότητα, στην ασφάλεια και κατ'επέκταση στη διάρκεια ζωής των φρέσκων σαλατών.

Συνεπώς, γίνεται σαφές ότι οι τιμές του RPN δεν εξαρτώνται μόνο από τη σοβαρότητα μιας αστοχίας, αλλά και από τη συχνότητα εμφάνισής της και τη δυνατότητα έγκαιρου εντοπισμού της. Η παρατήρηση αυτή αναδεικνύει ότι ακόμη και κρίσιμες αστοχίες μπορούν να εμφανίζονται με χαμηλότερη προτεραιότητα, όταν τα υφιστάμενα μέτρα ελέγχου λειτουργούν αποτελεσματικά.

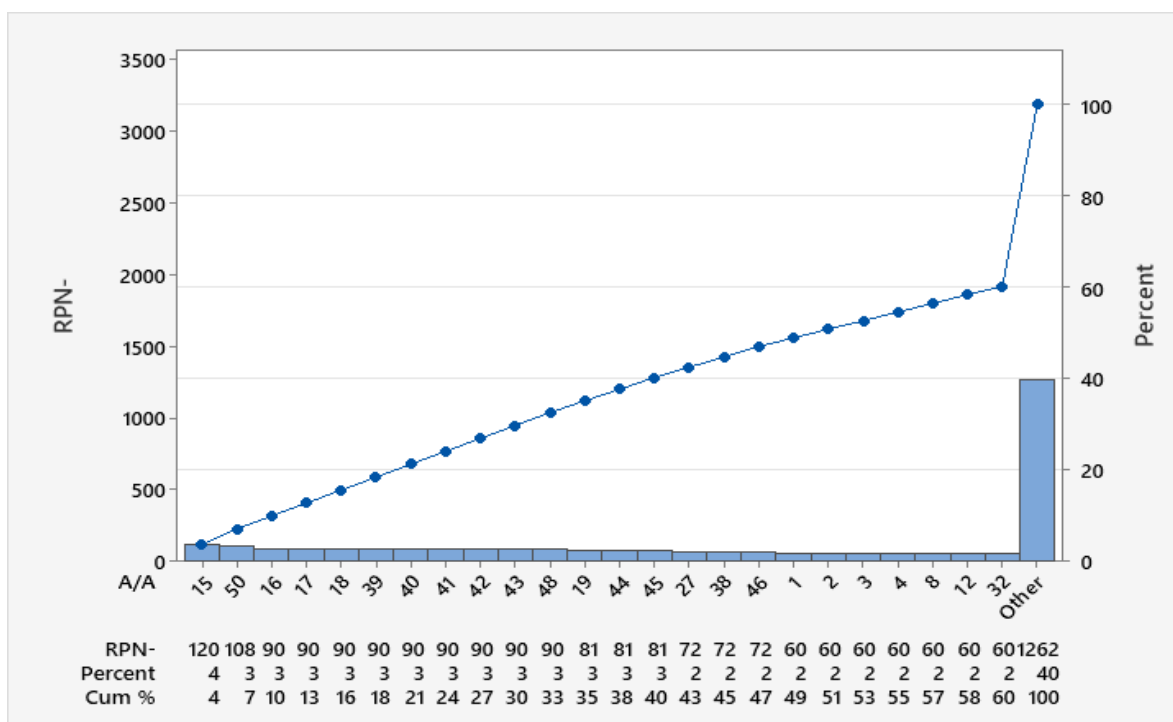
Με βάση την παραπάνω ιεράρχηση, αναδεικνύεται η ανάγκη εστίασης στα κρίσιμα σημεία της διαδικασίας μέσω στοχευμένων παρεμβάσεων, οι οποίες αφορούν κυρίως την ενίσχυση των διαδικασιών ελέγχου και παρακολούθησης. Για τον σκοπό αυτό, διαμορφώθηκαν προτάσεις βελτίωσης και επαναξιολογήθηκαν τιμές του RPN, με στόχο την αξιολόγηση της πιθανής επίδρασης των προτεινόμενων ενεργειών στις τιμές των δεικτών κινδύνου και, κατ'επέκταση, στο συνολικό επίπεδο επικινδυνότητας της παραγωγικής διαδικασίας.

5.2 Σύγκριση αρχικής και τελικής αξιολόγησης FMEA

Η επανεκτίμηση της ανάλυσης FMEA πραγματοποιήθηκε στα στάδια που εμφάνισαν τις υψηλότερες τιμές RPN και σχετίζονταν κυρίως με τις πρώτες ύλες, τις συνθήκες επεξεργασίας και τη διατήρηση της ψυκτικής αλυσίδας. Πραγματοποιήθηκε επαναξιολόγηση των δεικτών Occurrence (O) και Detection (D) με βάση προτεινόμενες ενέργειες που αφορούν την ενίσχυση των διαδικασιών ελέγχου, παρακολούθησης και πρόληψης, ώστε να εκτιμηθεί η πιθανή επίδρασή τους στη μείωση της επικινδυνότητας. Οι νέες τιμές δεν προέκυψαν από πραγματική

εφαρμογή και επαλήθευση των ενεργειών στην παραγωγική διαδικασία, αλλά αποτελούν εκτιμήσεις που βασίστηκαν στην εμπειρία της ομάδας εργασίας και στην αναμενόμενη βελτίωση της αποτελεσματικότητας των υφιστάμενων μέτρων ελέγχου.

Τα αποτελέσματα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5-2, δείχνουν χαμηλότερες τιμές RPN σε σχέση με την αρχική ανάλυση, κάτι που υποδηλώνει ότι οι προτεινόμενες ενέργειες θα μπορούσαν να μειώσουν τον κίνδυνο. Ωστόσο, για να επιβεβαιωθεί αυτό στην πράξη, θα πρέπει οι προτάσεις αυτές να εφαρμοστούν και να αξιολογηθούν εκ νέου.



Σχήμα 5-2: Διάγραμμα Pareto για RPN μετά τις προτάσεις διορθωτικών ενεργειών.

Παρά τη γενική βελτίωση, η αστοχία που σχετίζεται με την παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών ή το υψηλό αρχικό μικροβιακό φορτίο των λαχανικών εξακολουθεί να καταγράφει τη μεγαλύτερη τιμή RPN (120) ύστερα και από τις προτεινόμενες διορθωτικές ενέργειες. Αναδεικνύεται λοιπόν η σημασία της ποιότητας των πρώτων υλών, καθώς πρόκειται για παράγοντα που επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από εξωτερικές συνθήκες, όπως οι καλλιεργητικές πρακτικές, το μετασυλλεκτικό στάδιο, οι συνθήκες μεταφοράς και αποθήκευσης, καθώς και η συνολική διαχείριση των προμηθευτών, στοιχεία που δεν μπορούν να ελεγχθούν πλήρως εντός της παραγωγικής διαδικασίας της επιχείρησης.

Η σύγκριση της αρχικής μελέτης FMEA με την εκτίμηση που πραγματοποιήθηκε μετά τις προτεινόμενες ενέργειες βελτίωσης προβάλλει την χρησιμότητα της μεθόδου ως εργαλείου συνεχούς βελτίωσης της παραγωγικής διαδικασίας. Έτσι, γίνεται πιο σαφές ποια στάδια απαιτούν αυξημένη προσοχή και ποιες παρεμβάσεις μπορούν να συμβάλουν περισσότερο στην μείωση των κινδύνων. Τέλος, διαπιστώνεται ότι ορισμένοι κίνδυνοι και περισσότερο εκείνοι που σχετίζονται με τις πρώτες ύλες, δεν μπορούν να εξαλειφθούν πλήρως και απαιτούν συνεχή παρακολούθηση και έλεγχο μέσω του συστήματος HACCP.

Κεφάλαιο 6 - Συμπεράσματα και προτάσεις

6.1 Συμπεράσματα της έρευνας

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης έδειξαν ότι η διάρκεια ζωής των έτοιμων προς κατανάλωση σαλατών επηρεάζεται από έναν συνδυασμό παραγόντων που σχετίζονται τόσο με την ποιότητα των πρώτων υλών όσο και με τις συνθήκες επεξεργασίας και αποθήκευσης των προϊόντων. Η αρχική μικροβιολογική επιβάρυνση των πρώτων υλών, η αποτελεσματικότητα του πλυσίματος, η διατήρηση της ψυκτικής αλυσίδας και το στάδιο της συσκευασίας, φάνηκε ότι επηρεάζουν σημαντικά την ποιότητα και τη διάρκεια ζωής των προϊόντων. Επιπλέον, η αύξηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης συνδέθηκε με ταχύτερη ανάπτυξη του μικροβιακού φορτίου και εντονότερες μεταβολές στη σύσταση των αερίων της συσκευασίας, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε ταχύτερη υποβάθμιση της ποιότητας και εμφάνιση αλλοιώσεων.

Η αξιοποίηση πραγματικών δεδομένων όπως οι μικροβιολογικές αναλύσεις και στοιχείων από διάφορα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας, συνέβαλε στην καλύτερη κατανόηση των σημείων που παρουσιάζουν αυξημένη επικινδυνότητα. Μέσω της χρήσης του δείκτη RPN πραγματοποιήθηκε η ιεράρχηση των πιθανών αστοχιών και η ανάδειξη των σταδίων της παραγωγικής διαδικασίας που απαιτούν αυξημένη παρακολούθηση και έλεγχο.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει ότι το στάδιο του πλυσίματος το οποίο έχει οριστεί ως κρίσιμο σημείο ελέγχου στην μελέτη HACCP, όπως και κρίσιμοι παράγοντες που έχουν σχέση με την τήρηση των προαπαιτούμενων προγραμμάτων, των κανόνων υγιεινής και των ορθών βιομηχανικών πρακτικών, όπως για παράδειγμα η μικροβιακή επιμόλυνση, δεν εμφάνισαν υψηλές τιμές επικινδυνότητας στην μελέτη FMEA. Αυτό δεν σημαίνει ότι το συγκεκριμένο στάδιο και τα μέτρα που θα πρέπει να λαμβάνονται δεν είναι σημαντικά, αντιθέτως δείχνει ότι οι διαδικασίες ελέγχου, η συνεχής παρακολούθηση και τα μέτρα πρόληψης που εφαρμόζονται στη μονάδα λειτουργούν αποτελεσματικά, μειώνοντας ουσιαστικά την πιθανότητα εμφάνισης σοβαρών αστοχιών.

Από την άλλη πλευρά, η FMEA ανέδειξε στάδια τα οποία χρήζουν αυξημένης προσοχής και δεν έχουν χαρακτηριστεί ως κρίσιμα σημεία ελέγχου, όπως η παραλαβή των πρώτων υλών, ο έλεγχος της θερμοκρασίας κατά την αποθήκευση και η συσκευασία. Τα στάδια αυτά

σχετίζονται άμεσα με πιθανή παρουσία ξένων σωμάτων στο τελικό προϊόν αλλά και με το μικροβιακό φορτίο και την εξέλιξή του κατά τη διάρκεια ζωής του προϊόντος, στοιχεία που επηρεάζουν άμεσα την ποιότητα και την ασφάλεια των τελικών προϊόντων.

Η συνδυαστική εφαρμογή του συστήματος HACCP και της μελέτης FMEA φαίνεται ότι προσφέρει μια πιο ολοκληρωμένη προσέγγιση στη διαχείριση των κινδύνων της παραγωγικής διαδικασίας. Το HACCP υποστηρίζει τον έλεγχο της ασφάλειας των τροφίμων μέσω των προαπαιτούμενων προγραμμάτων και των κρίσιμων σημείων ελέγχου, ενώ η FMEA ενισχύει την αξιολόγηση αυτή μέσω της ποσοτικοποίησης και της ιεράρχησης των πιθανών αστοχιών. Με τον τρόπο αυτό δίνεται η δυνατότητα καλύτερης αποτύπωσης της σημαντικότητας των επιμέρους κινδύνων και εντοπίζονται ευκολότερα τα στάδια της διαδικασίας που απαιτούν αυξημένη παρακολούθηση και έλεγχο, ενισχύοντας την αποτελεσματικότητα του συστήματος ασφάλειας τροφίμων.

6.2 Αξιοποίηση των αποτελεσμάτων της FMEA στο ΣΔΑΤ

Τα αποτελέσματα της μελέτης FMEA μπορούν να αξιοποιηθούν ως εργαλείο υποστήριξης της διαδικασίας διαχείρισης κινδύνων στο πλαίσιο ενός Συστήματος Διαχείρισης Ασφάλειας Τροφίμων σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ISO 22000:2018. Η ανάλυση και ιεράρχηση των πιθανών αστοχιών συμβάλλει στην ανασκόπηση της ανάλυσης κινδύνων και στην δυνατότητα καλύτερης κατανομής των διαθέσιμων πόρων, αναδεικνύοντας τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας που απαιτούν αυξημένη προσοχή.

Τα αποτελέσματα της FMEA μπορούν επίσης να αξιοποιηθούν για την αναθεώρηση και βελτίωση των Προαπαιτούμενων Προγραμμάτων (PRPs). Ειδικότερα, οι αστοχίες που σχετίζονται με την παρουσία ξένων σωμάτων και το αυξημένο αρχικό μικροβιακό φορτίο των πρώτων υλών αναδεικνύουν τη σημασία της αξιολόγησης και παρακολούθησης των προμηθευτών, της εφαρμογής αποτελεσματικών προγραμμάτων καθαρισμού και απολύμανσης, της εκπαίδευσης του προσωπικού και της τήρησης των κανόνων ορθής βιομηχανικής πρακτικής. Ωστόσο, η αξιοποίηση πραγματικών δεδομένων από αναφορές πελατών, μικροβιολογικές αναλύσεις και εσωτερικούς ελέγχους μπορεί να συμβάλει στην τεκμηριωμένη αναθεώρηση των συγκεκριμένων προγραμμάτων και στην αξιολόγηση της αποτελεσματικότητάς τους.

Αντίστοιχα, τα ευρήματα της μελέτης σχετικά με την αποτελεσματικότητα του πλυσίματος, τη συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα (MAP) και τη διατήρηση των κατάλληλων συνθηκών αποθήκευσης μπορούν να υποστηρίξουν την αναθεώρηση των Λειτουργικών Προαπαιτούμενων Προγραμμάτων (OPRPs). Η σημαντική επίδραση των παραμέτρων αυτών στη μικροβιολογική κατάσταση και στη διάρκεια ζωής των προϊόντων υποδεικνύει την ανάγκη συνεχούς παρακολούθησης κρίσιμων λειτουργικών παραμέτρων, όπως η σύσταση των αερίων στη συσκευασία, η αποτελεσματικότητα του σταδίου πλυσίματος και η τήρηση της ψυκτικής αλυσίδας.

Συνοψίζοντας, η αξιοποίηση των αποτελεσμάτων της μελέτης FMEA δεν περιορίζεται μόνο στην αναγνώριση και ιεράρχηση των κινδύνων, αλλά μπορεί να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο συνεχούς βελτίωσης της παραγωγικής διαδικασίας και επαλήθευσης της αποτελεσματικότητας των μέτρων που εφαρμόζονται στα Κρίσιμα Σημεία Ελέγχου (CCPs) και γενικότερα στο Σύστημα Διαχείρισης Ασφάλειας Τροφίμων. Η τακτική αναθεώρηση της με βάση πραγματικά δεδομένα μπορεί να βοηθήσει στην έγκαιρη αναγνώριση πιθανών προβλημάτων, τη βελτίωση των μέτρων ελέγχου και τη λήψη πιο τεκμηριωμένων αποφάσεων, οι οποίες μπορούν να διασφαλίσουν την παραγωγή ασφαλών και ποιοτικών προϊόντων.

6.3 Περιορισμοί και προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

Η παρούσα μελέτη, παρότι βασίστηκε σε πραγματικά δεδομένα λειτουργίας της μονάδας και συνδύασε διαφορετικά εργαλεία ανάλυσης κινδύνου, παρουσιάζει ορισμένους περιορισμούς που θα πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Αρχικά, σε ορισμένες κατηγορίες αστοχιών δεν υπήρχαν επαρκή ποσοτικά δεδομένα, με αποτέλεσμα η εκτίμηση των δεικτών της FMEA να βασιστεί σε τεκμηριωμένη εμπειρική αξιολόγηση, κάτι που ενδέχεται να εισάγει έναν βαθμό υποκειμενικότητας στην ανάλυση. Επιπλέον, τα δεδομένα της μελέτης προέρχονται από συγκεκριμένη χρονική περίοδο και από μία μόνο παραγωγική μονάδα, γεγονός που αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την γενίκευση των αποτελεσμάτων. Η ανάλυση βασίστηκε επίσης σε θεωρητική επαναξιολόγηση της FMEA μετά τις προτεινόμενες διορθωτικές ενέργειες και όχι σε άμεση εφαρμογή τους στην παραγωγική διαδικασία, επομένως δεν ήταν δυνατή η πλήρης επιβεβαίωση της αποτελεσματικότητάς τους στην πράξη.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, θα μπορούσαν να προταθούν κάποιες κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα. Αρχικά, θα ήταν χρήσιμη η συλλογή περισσότερων και πιο εκτεταμένων ποσοτικών δεδομένων, ώστε να μειωθεί η ανάγκη για εμπειρική εκτίμηση και να ενισχυθεί η αντικειμενικότητα της ανάλυσης. Η ενσωμάτωση προηγμένων τεχνολογιών, όπως αισθητήρες παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο, συστήματα ανάλυσης μεγάλων δεδομένων, προγνωστική μικροβιολογία και τεχνικές μηχανικής μάθησης, θα μπορούσε να ενισχύσει την ακρίβεια της εκτίμησης των κινδύνων και να επιτρέψει την πρόβλεψη αστοχιών πριν την εμφάνισή τους. Συγχρόνως, η ανάπτυξη δυναμικών μοντέλων FMEA που λαμβάνουν υπόψη την αλληλεπίδραση μεταξύ διαφορετικών σταδίων της παραγωγής θα μπορούσε να προσφέρει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα της επικινδυνότητας.

Γενικότερα, η υιοθέτηση μιας πιο ολοκληρωμένης προσέγγισης στη διαχείριση κινδύνων απαιτεί την ενίσχυση της κουλτούρας του κάθε οργανισμού, δίνοντας έμφαση στη συνεχή βελτίωση, τη συνεργασία μεταξύ των τμημάτων και την ουσιαστική αξιοποίηση των διαθέσιμων δεδομένων. Η κατεύθυνση αυτή μπορεί να ενισχύσει την ανθεκτικότητα των επιχειρήσεων και να συμβάλει στη διατήρηση υψηλού επιπέδου ασφάλειας και ποιότητας των τροφίμων.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

Ελληνικές βιβλιογραφικές αναφορές

ΕΛΟΤ EN ISO 9001:2015, (2015) *Συστήματα διαχείρισης της ποιότητας – Απαιτήσεις*. (Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης, Αθήνα, 2015)

ΕΛΟΤ EN ISO 22000:2018, (2018): *Συστήματα διαχείρισης της ασφάλειας τροφίμων – Απαιτήσεις για τους οργανισμούς της αλυσίδας τροφίμων*. (Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης, Αθήνα, 2018)

Τσαρούχας, Π., & Ντέλιου, Κ. (2021). *Σύγχρονες μέθοδοι στη διοίκηση και τεχνολογία ποιότητας*. Εκδόσεις Δίσιγμα.

Ξενόγλωσσές βιβλιογραφικές αναφορές

Arienzo, A., Murgia, L., Fraudentali, I., Gallo, V., Angelini, R., & Antonini, G. (2020). Microbiological Quality of Ready-to-Eat Leafy Green Salads during Shelf-Life and Home Refrigeration. *Foods*, 9(10), 1421. <https://doi.org/10.3390/foods9101421>

Arvanitoyannis, I. S. (2009). *HACCP and ISO 22000*. John Wiley & Sons.

Awulachew, M. (2021). Understanding to the shelf life and product stability of foods. *Journal of Food Technology and Preservation*, 5(8), pp.1-5.

Ben-Yehoshua, S., Beaudry, R., Fishman, S., Jayanty, S., Mir, N. (2005). 4 Modified Atmosphere Packaging and Controlled Atmosphere Storage. Retrieved January, 19, 2026 from: <https://www.researchgate.net/publication/265083714>

Calonico, C., Delfino, V., Pesavento, G., Mundo, M., Nostro, A., & Lo, A. (2019). Microbiological Quality of Ready-to-eat Salads from Processing Plant to the Consumers. *Journal of Food and Nutrition Research*, 7(6), pp. 427–434. [https://doi.org/10.12691/jfnr-7-6-](https://doi.org/10.12691/jfnr-7-6-3)

3

- Castro-Ibáñez, I., Gil, M. I., & Allende, A. (2017). Ready-to-eat vegetables: Current problems and potential solutions to reduce microbial risk in the production chain. *LWT - Food Science and Technology*, 85, pp. 284–292. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.073>
- Crandall, P. G., Mauromoustakos, A., O'Bryan, C. A., Thompson, K. C., Yiannas, F., Bridges, K., & Francois, C. (2017). Impact of the Global Food Safety Initiative on Food Safety Worldwide: Statistical Analysis of a Survey of International Food Processors. *Journal of Food Protection*, 80(10), pp. 1613–1622. <https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-16-481>
- de Oliveira, C. A. F., da Cruz, A. G., Tavolaro, P., & Corassin, C. H. (2016). Food Safety. *Antimicrobial Food Packaging*, pp. 129–139. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-8007235.00010-3>
- Escanciano, C., & Santos-Vijande, M. L. (2014). Reasons and constraints to implementing an ISO 22000 food safety management system: Evidence from Spain. *Food Control*, 40, pp. 50–57. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.11.032>
- European Commission. (2016). Commission Notice on the implementation of food safety management systems covering prerequisite programs (PRPs) and procedures based on the HACCP principles, including the facilitation/flexibility of the implementation in certain food businesses (2016/C 278/01). *Official Journal of the European Union*, C278, pp. 1–32.
- Gartlehner, G., Schultes, M.-T., Titscher, V., Morgan, L. C., Bobashev, G. V., Williams, P., & West, S. L. (2017). User testing of an adaptation of fishbone diagrams to depict results of systematic reviews. *BMC Medical Research Methodology*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s12874-017-0452-z>
- Gemeda, F., Nigussie, Z., & Abdurahman, A. (2023). Review on food safety, quality assurance and control. *IAR Journal of Agricultural Science and Food Research*, 3(2), pp. 1–9. <https://doi.org/10.47310/iarjasfr.2023.v03i02.001>
- Helmold, M. (2023). *Virtual and Innovative Quality Management Across the Value Chain*. Springer Nature.
- IFS. (2023). IFS Food Standard: *Standard for auditing product and process compliance in relation to food safety and quality (Version 8)*. Retrieved January, 09, 2026, from <https://www.ifs-certification.com>

- Jankovic, V. V., Velebit, B. M., Lakicevic, B. Z., Mitrovic, R. R., & Milojevic, L. Z. (2021). Food allergens–food safety hazard. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 854(1), 012038. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/854/1/012038>
- Klistincova, N., Pin, L., Puskarova, A., Giannino, D., Bucková, M., Lambreva, M. D., Manfredini, A., Canfora, L., Pangallo, D., & Pinzari, F. (2024). From farm to fork: Fungal and bacterial contaminants and their diagnostics in the production steps of ready-to-eat salads. *Trends in Food Science & Technology*, 150, 104573. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104573>
- Lee, J. C., Daraba, A., Voidarou, C., Rozos, G., Enshasy, H. A. E., & Varzakas, T. (2021). Implementation of Food Safety Management Systems along with Other Management Tools (HAZOP, FMEA, Ishikawa, Pareto). The Case Study of *Listeria monocytogenes* and Correlation with Microbiological Criteria. *Foods*, 10(9), 2169. <https://doi.org/10.3390/foods10092169>
- Maffei, D. F., Alvarenga, V. O., Sant’Ana, A. S., & Franco, B. D. G. M. (2016). Assessing the effect of washing practices employed in Brazilian processing plants on the quality of ready to eat vegetables. *LWT - Food Science and Technology*, 69, pp. 474-481. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.02.001>
- Martins, Y. S., da Silva, C. E. S., Sampaio, P. A. C. A., & Gabriel, L. C. (2021). ISO 9001:2015 and risk-based thinking: Scientific research insights. *Total Quality Management & Business Excellence*. <https://doi.org/10.1080/14783363.2021.1954898>
- Panghal, A., Chhikara, N., Sindhu, N., & Jaglan, S. (2018). Role of Food Safety Management Systems in safe food production: A review. *Journal of Food Safety*, 38(4). <https://doi.org/10.1111/jfs.12464>
- Pinzari, F. (2024). From farm to fork: Fungal and bacterial contaminants and their diagnostics in the production steps of ready-to-eat salads. *Trends in Food Science & Technology*, 150, 104573. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104573>
- Pramudito, P., Rachim, F., Abduh, M. S., Maulana, A., & Salim, C. (2025). Food Product Quality: Literature Study on the Dimensions of Food Product Quality. *International Journal of Social Science and Human Research*, 08(06). <https://doi.org/10.47191/ijsshr/v8-i6-52>

- Qadri, O. S., Yousuf, B., & Srivastava, A. K. (2015). Fresh-cut fruits and vegetables: Critical factors influencing microbiology and novel approaches to prevent microbial risks—A review. *Cogent Food & Agriculture*, 1(1), 1121606. <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1121606>
- Radu, E., Dima, A., Dobrota, E. M., Badea, A.-M., Madsen, D. Ø., Dobrin, C., & Stanciu, S.(2023). Global trends and research hotspots on HACCP and modern quality management systems in the food industry. *Heliyon*, 9(7), e18232. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e18232>
- Ratajszczak, K., Misztal, A., & Marczevska-Kuźma, R. (2024). Classification of Quality Management Methods and Tools in a Functional Approach. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, Sectio H – Oeconomia*, 58(4), pp. 171–186. <https://doi.org/10.17951/h.2024.58.4.171-186>
- Rihawi, B. (2024). The impact of ISO 22000: 2018 on food facilities performance with multiple production lines. *CyTA - Journal of Food*, 22(1). <https://doi.org/10.1080/19476337.2024.2431281>
- Sandhya. (2010). Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. *LWT - Food Science and Technology*, 43(3), pp. 381–392. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.05.018>
- Schmidt, R. H., & Newslow, D. L. (2007). Hazard Analysis Critical Control Points (HACCP) Principle 2: Determine Critical Control Points (CCPs). *EDIS*, 2007(18). <https://doi.org/10.32473/edis-fs140-2007>
- Scipioni, A., Saccarola, G., Centazzo, A., & Arena, F. (2002). FMEA methodology design, implementation and integration with HACCP system in a food company. *Food Control*, 13(8), pp.495–501. [https://doi.org/10.1016/s0956-7135\(02\)00029-4](https://doi.org/10.1016/s0956-7135(02)00029-4)
- Sharma, K. D., & Srivastava, S. (2018). Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) implementation: A literature review. *Journal of Advance Research in Aeronautics and Space Science*, 5(1–2), pp.1–17. Retrieved March, 20, 2026, from: https://www.researchgate.net/publication/333209894_Failure_Mode_and_Effect_Analysis_FMEA_Implementation_A_Literature_Review
- Susanto, Danar, A., Suef, M., Karningsih, Putu, D., & Prasetya, B. (2025). Safety Design Framework for Short Shelf-Life Food Products in SMEs Using HACCP and FMEA Methods.

Operations and Supply Chain Management, 18(1), pp. 100–112.
<https://doi.org/10.31387/oscm0600458>

Szczyrba, A. (2023). Good Manufacturing Practices for Quality and Safety Management in the Food Industry. *Materials Research Proceedings*, 34, pp.288–297. <https://doi.org/10.217-41/9781644902691-34>

Szczyrba, A., & Ingaldi, M. (2024). Implementation of the FMEA method as a support for the HACCP system in the Polish food industry. *Management Systems in Production Engineering*, 32(3), pp.357–371. <https://doi.org/10.2478/mspe-2024-0034>

Trafialek, J., & Kolanowski, W. (2014). Application of Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) for audit of HACCP system. *Food Control*, 44, pp. 35–44. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.03.036>

Varzakas, T. H., & Arvanitoyannis, I. S. (2008). Application of ISO22000 and comparison to HACCP for processing of ready to eat vegetables: Part I. *International Journal of Food Science & Technology*, 43(10), pp. 1729–1741. <https://doi.org/10.1111/j.13652621.2007.01675.x>

Varzakas, T. H., & Arvanitoyannis, I. S. (2009). Application of failure mode and effect analysis and cause and effect analysis on processing of ready to eat vegetables – part II. *International Journal of Food Science & Technology*, 44(5), pp. 932–939. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01682.x>

Waldhans, C., Albrecht, A., Ibald, R., Wollenweber, D., & Kreyenschmidt, J. (2025). Implementation of a time-temperature-indicator as a shelf-life predictive tool for a ready-to eat salad. *Applied Food Research*, 5(1), 100640. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100640>

Wu, J.-Y., & Hsiao, H.-I. (2021). Food quality and safety risk diagnosis in the food cold chain through failure mode and effect analysis. *Food Control*, 120, 107501. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107501>

Παράρτημα Α: Σύγκριση OMX διαφορετικών μιγμάτων

Method

μ_1 : population mean of M-1
 μ_2 : population mean of M-2
 Difference: $\mu_1 - \mu_2$

Equal variances are not assumed for this analysis.

Descriptive Statistics

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
M-1	30	5,454	0,378	0,069
M-2	30	6,277	0,534	0,097

Test

Null hypothesis $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
 Alternative hypothesis $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

T-Value	DF	P-Value
-6,89	52	0,000

Method

μ_1 : population mean of M-1
 μ_2 : population mean of M-3
 Difference: $\mu_1 - \mu_2$

Equal variances are not assumed for this analysis.

Descriptive Statistics

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
M-1	30	5,454	0,378	0,069
M-3	30	5,502	0,662	0,12

Test

Null hypothesis $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
 Alternative hypothesis $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

T-Value	DF	P-Value
-0,35	46	0,730

Method

μ_1 : population mean of M-1
 μ_2 : population mean of M-4
 Difference: $\mu_1 - \mu_2$

Equal variances are not assumed for this analysis.

Descriptive Statistics

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
M-1	30	5,454	0,378	0,069
M-4	30	4,990	0,500	0,091

Test

Null hypothesis $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
 Alternative hypothesis $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

T-Value	DF	P-Value
4,05	53	0,000

Method

μ_1 : population mean of M-2
 μ_2 : population mean of M-3
 Difference: $\mu_1 - \mu_2$

Equal variances are not assumed for this analysis.

Descriptive Statistics

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
M-2	30	6,277	0,534	0,097
M-3	30	5,502	0,662	0,12

Test

Null hypothesis $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
 Alternative hypothesis $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

T-Value	DF	P-Value
4,99	55	0,000

Method

μ_1 : population mean of M-3
 μ_2 : population mean of M-4
 Difference: $\mu_1 - \mu_2$

Equal variances are not assumed for this analysis.

Descriptive Statistics

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
M-3	30	5,502	0,662	0,12
M-4	30	4,990	0,500	0,091

Test

Null hypothesis $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
 Alternative hypothesis $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

T-Value	DF	P-Value
3,38	53	0,001

Method

μ_1 : population mean of M-2
 μ_2 : population mean of M-4
 Difference: $\mu_1 - \mu_2$

Equal variances are not assumed for this analysis.

Descriptive Statistics

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
M-2	30	6,277	0,534	0,097
M-4	30	4,990	0,500	0,091

Test

Null hypothesis $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
 Alternative hypothesis $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

T-Value	DF	P-Value
9,64	57	0,000

Παράρτημα Β: Σύγκριση OMX & EB σε διαφορετικά στάδια

Method

μ_1 : population mean of ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΟ ΦΟΡΤΙΟ (OMX) when ΣΤΑΔΙΟ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ = 1.ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ

μ_2 : population mean of ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΟ ΦΟΡΤΙΟ (OMX) when ΣΤΑΔΙΟ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ = 2.ΜΕΤΑ ΤΟ ΠΛΥΣΙΜΟ

Difference: $\mu_1 - \mu_2$

Equal variances are not assumed for this analysis.

Descriptive Statistics: ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΟ ΦΟΡΤΙΟ (OMX)

ΣΤΑΔΙΟ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ	N	Mean	StDev	SE Mean
1.ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ	30	6,439	0,481	0,088
2.ΜΕΤΑ ΤΟ ΠΛΥΣΙΜΟ	30	5,332	0,494	0,090

Test

Null hypothesis $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Alternative hypothesis $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

T-Value	DF	P-Value
8,80	57	0,000

Estimation for Difference

95% CI for Difference	Difference
1,107	(0,855; 1,359)

Method

μ_1 : population mean of ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΟ ΦΟΡΤΙΟ (EB) when ΣΤΑΔΙΟ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ = 1.ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ

μ_2 : population mean of ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΟ ΦΟΡΤΙΟ (EB) when ΣΤΑΔΙΟ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ = 2.ΜΕΤΑ ΤΟ ΠΛΥΣΙΜΟ

Difference: $\mu_1 - \mu_2$

Equal variances are not assumed for this analysis.

Descriptive Statistics: ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΟ ΦΟΡΤΙΟ (EB)

ΣΤΑΔΙΟ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ	N	Mean	StDev	SE Mean
1.ΠΡΩΤΗ ΥΛΗ	30	4,702	0,810	0,15
2.ΜΕΤΑ ΤΟ ΠΛΥΣΙΜΟ	30	3,572	0,779	0,14

Test

Null hypothesis $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Alternative hypothesis $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

T-Value	DF	P-Value
5,51	57	0,000

Estimation for Difference

95% CI for Difference	Difference
1,130	(0,719; 1,541)

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.