



**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΣΤΗ
ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΜΕ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΣΤΟ
ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΟ ΠΑΡΘΕΝΟ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ**

ΕΙΡΗΝΗ ΤΗΛΙΓΑΔΑ

A.M. 166093

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΖΗΚΟΠΟΥΛΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ**

ΠΑΤΡΑ

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2026

Πνευματικά Δικαιώματα (Copyright)

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία της συγγραφέα. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης, η συγγραφέας 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 της συγγραφέα 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 της συγγραφέα. Η συγγραφέας διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών της δικαιωμάτων.



«Εφαρμογή στατιστικού ελέγχου διεργασιών στη συσκευασία τροφίμων με μελέτη περίπτωσης στο εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο»

Ειρήνη Τηλιγάδα

Επιτροπή Επίβλεψης Πτυχιακής / Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων :

«Χρήστος Ζηκόπουλος»

«Αναπληρωτής Καθηγητής στο
Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης»

Συν-επιβλέπων Καθηγητής:

«Ιωάννης Τριανταφύλλου»

«Αναπληρωτής Καθηγητής στο Αριστοτέλειο
Πανεπιστήμιο Πειραιά»

Πάτρα Σεπτέμβριος 2026

Ευχαριστίες

Η ολοκλήρωση της παρούσας μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας αποτέλεσε μια ιδιαίτερα απαιτητική, αλλά ταυτόχρονα δημιουργική και επιστημονικά συναρπαστική διαδικασία. Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμότερες και πιο ειλικρινείς μου ευχαριστίες προς τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Χρήστο Ζηκόπουλο, για την αδιάλειπτη επιστημονική καθοδήγηση, τις πολύτιμες παρατηρήσεις, την υπομονή και την ενθάρρυνση που μου παρείχε σε όλα τα στάδια της εκπόνησης της παρούσας μελέτης. Η κριτική του σκέψη και οι υψηλές ακαδημαϊκές του απαιτήσεις αποτέλεσαν καθοριστικό παράγοντα για τη διαμόρφωση της επιστημονικής ποιότητας αυτής της εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στην επιχείρηση «Mer des Oliviers de Delphes - DELPHILAND ΙΚΕ» για τη δυνατότητα που μου έδωσε να μελετήσω την παραγωγική της διαδικασία, να αποτυπώσω το διάγραμμα ροής της γραμμής συσκευασίας και να αξιοποιήσω τα πραγματικά δεδομένα ελέγχου ποιότητας του έτους 2025 και 2026.

Ευχαριστώ το προσωπικό της γραμμής εμφιάλωσης για την άριστη συνεργασία και την παροχή πληροφοριών σχετικά με τη λειτουργία των μηχανών.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω από τα βάθη της καρδιάς μου την οικογένειά μου και τους φίλους μου για την αμέριστη ηθική υποστήριξη, την κατανόηση και την ενθάρρυνση που μου προσέφεραν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, δημιουργώντας το κατάλληλο περιβάλλον για την επιτυχή ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειας.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία διερευνά την εφαρμογή του Στατιστικού Ελέγχου Διεργασιών (Statistical Process Control – SPC) σε μονάδα τυποποίησης και συσκευασίας εξαιρετικού παρθένου ελαιολάδου, με μελέτη περίπτωσης την επιχείρηση «Mer des Oliviers de Delphes». Κύριος στόχος είναι η αξιολόγηση του τρόπου με τον οποίο τα στατιστικά εργαλεία μπορούν να υποστηρίξουν την παρακολούθηση της ποιότητας και τη λειτουργική επαλήθευση του συστήματος HACCP, με σαφή διάκριση μεταξύ χημικών παραμέτρων του προϊόντος και λειτουργικών μεταβλητών της γραμμής συσκευασίας.

Για τις χημικές παραμέτρους αναλύθηκαν 52 εβδομαδιαίες μετρήσεις του 2025 και 21 πραγματικές εργαστηριακές μετρήσεις αποδέσμευσης παρτίδων για την περίοδο 06/01/2026–28/05/2026. Επειδή υπήρχε μία μέτρηση ανά χρονική στιγμή ($n=1$), χρησιμοποιήθηκαν διαγράμματα Μεμονωμένων Τιμών και Κινητού Εύρους (I–MR). Για το 2025, η οξύτητα ($Ppk \approx 1,40$), τα υπεροξείδια ($Ppk \approx 2,49$) και ο δείκτης ΔΚ ($Ppk \approx 5,13$) παρουσίασαν υψηλή ικανότητα ως προς τα αντίστοιχα ανώτατα όρια προδιαγραφής, ενώ ο K268 εμφάνισε ανεπαρκές περιθώριο ικανότητας ($Ppk \approx 0,89$) και ο K232 ειδικά στατιστικά σήματα. Με βάση τις 21 πραγματικές μετρήσεις του 2026, οι δείκτες Ppk υπολογίστηκαν σε περίπου 2,20 για την οξύτητα, 0,87 για τον K268, 1,20 για τον K232, 5,23 για το ΔΚ και 2,78 για τα υπεροξείδια. Και οι 21 αποδεσμευμένες παρτίδες βρίσκονταν εντός όλων των εξεταζόμενων φυσικοχημικών ορίων προδιαγραφής, τεκμηριώνοντας ιδιαίτερα καλή εικόνα φυσικοχημικής συμμόρφωσης. Ωστόσο, ο K268 εξακολουθεί να παρουσιάζει ανεπαρκή ικανότητα ($Ppk < 1,33$), ενώ στον K232 εντοπίζεται ειδικό στατιστικό σήμα στην 3η παρατήρηση, γεγονός που απαιτεί διάκριση μεταξύ συμμόρφωσης του προϊόντος και στατιστικής σταθερότητας της διεργασίας.

Για τη γραμμή πλήρωσης αναλύθηκαν 52 υποομάδες ($n=5$) του 2025 και 22 υποομάδες του 2026. Η διεργασία του 2025 ήταν στατιστικά σταθερή ως προς τα εξεταζόμενα σημεία αλλά μη ικανή να ικανοποιεί τις προδιαγραφές 500 ± 15 g ($Pp \approx 0,28$, $Ppk \approx -0,24$), με μέση τιμή 472,1 g και 69,1% των παρατηρήσεων κάτω από το LSL των 485 g. Στο 2026, μετά τη ρύθμιση της μηχανής πλήρωσης, η μέση τιμή μετακινήθηκε περίπου στα 500,1 g και η απόδοση της διεργασίας βελτιώθηκε σημαντικά ($Pp \approx 2,80$, $Ppk \approx 2,79$). Η σύγκριση πριν και μετά τις ρυθμίσεις υποστηρίζει σαφή βελτίωση της λειτουργικής απόδοσης, χωρίς από μόνη της να τεκμηριώνει αιτιώδη σχέση.

Τέλος, προτείνεται ένα πρακτικό πλαίσιο πιλοτικής εφαρμογής ψηφιακής ανάλυσης εικόνας στη γραμμή εμφιάλωσης για τον αυτόματο έλεγχο οπτικών ελαττωμάτων της συσκευασίας και τη δημιουργία p-charts.

Λέξεις-κλειδιά: Στατιστικός Έλεγχος Διεργασιών (SPC), διαγράμματα I–MR, διαγράμματα $\bar{X}$ –R, ικανότητα διεργασίας, εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο, συσκευασία τροφίμων, HACCP, ψηφιακή ανάλυση εικόνας.

Abstract

This master thesis investigates the application of Statistical Process Control (SPC) in an extra virgin olive oil bottling and packaging facility, using the Greek enterprise “Mer des Oliviers de Delphes” as a case study. The study evaluates how statistical tools can support quality monitoring and HACCP verification while clearly distinguishing product chemistry variables from packaging-line performance variables.

For the chemical parameters, 52 weekly observations from 2025 and 21 actual laboratory lot-release observations collected from 6 January to 28 May 2026 were analyzed. Because one observation was available at each time point ($n=1$), Individuals and Moving Range (I–MR) charts were used. In 2025, free acidity ($Ppk \approx 1.40$), peroxide value ($Ppk \approx 2.49$), and ΔK ($Ppk \approx 5.13$) showed high capability relative to their upper specification limits, whereas K268 showed an inadequate capability margin ($Ppk \approx 0.89$) and K232 displayed special-cause signals. Recalculation using the 21 actual 2026 observations yielded Ppk values of approximately 2.20 for free acidity, 0.87 for K268, 1.20 for K232, 5.23 for ΔK , and 2.78 for peroxide value. All 21 released lots complied with all examined physicochemical specification limits, supporting a very good physicochemical quality profile during the study period. Nevertheless, K268 remained statistically incapable relative to the adopted $Ppk \geq 1.33$ criterion, while K232 contained a special-cause signal at observation 3; product conformity must therefore be distinguished from process stability and capability.

For the filling line, 11 subgroups ($n=5$) from 2025 and 22 subgroups from 2026 were analyzed. The 2025 process was statistically stable for the analyzed observations but incapable of meeting the 500 ± 15 g specification ($Pp \approx 0.28$, $Ppk \approx -0.24$), with a mean of 472.1 g and 69.1% of observations below the 485 g LSL. In 2026, after machine adjustment, the process mean shifted to approximately 500.1 g and performance improved markedly ($Pp \approx 2.80$, $Ppk \approx 2.79$). The before–after comparison is consistent with substantial process improvement, but does not by itself establish causality.

Finally, a practical framework for a pilot digital image analysis system is proposed for automated optical packaging defect control on the bottling line, integrating with attribute-based p-charts.

Keywords: Statistical Process Control (SPC), I–MR charts, $\bar{X}$ –R charts, process capability, extra virgin olive oil, food packaging, HACCP verification, digital image analysis.

Πίνακας Περιεχομένων

Ευχαριστίες.....	iv
Περίληψη.....	v
Abstract.....	vii
Ευρετήριο Εικόνων –Σχημάτων.....	ix
Ευρετήριο Πινάκων.....	xii
Συνοτομογραφίες και Ακρωνύμια	xiii
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1 Ερευνητικό πρόβλημα.....	1
1.2 Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα.....	2
1.3 Σημαντικότητα και πρωτοτυπία.....	2
1.4 Δομή της εργασίας	3
2.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΙΣΗ.....	4
2.1 Θεωρητικές Αρχές του SPC.....	4
2.2 Διαγράμματα ελέγχου και ικανότητα διεργασίας.....	4
2.3 SPC στη Βιομηχανία τροφίμων και HACCP.....	5
2.4 Συσκευασία και ψηφιακή ανάλυση εικόνας.....	5
2.5 Σύνθεση και ερευνητικό κενό.....	5
2.6 Επίλογος βιβλιογραφικής ανασκόπησης	6
3.ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	7
3.1 Σχεδιασμός και μονάδα ανάλυσης	7
3.2 Πηγές δεδομένων και χρονική περίοδος	8
3.2.1 Το πρώτο σύνολο ποιότητας του ελαιόλαδου	8
3.2.2 Το δεύτερο σύνολο καθαρού βάρους πλήρωσης (CP7).....	8
3.3 Μεταβλητές και εργαλεία ανάλυσης	9
3.4 Υπολογισμός διαγραμμάτων και δεικτών.....	10
3.4.1 Δείκτης Απόδοσης (Performance Index).....	10
3.4.2 Δείκτης Ικανότητας (Capability Index)	10
3.5 Ερμηνευτικό πλαίσιο και περιορισμοί	11
4.ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ «MER DES OLIVIERS DE DELPHES»	12
4.1 Πλαίσιο λειτουργίας της μονάδας	12
4.2 Παρουσίαση διεργασίας συσκευασίας	12
4.3 Αναγνώριση κρίσιμων σημείων ελέγχου (CCPs)	16
4.4 Πρακτική διασύνδεση SPC και HACCP	17
5.ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ	19

5.1 Εισαγωγή στην ποσοτική ανάλυση	19
5.2 Διαγράμματα I-MR χημικών παραμέτρων 2025	21
5.3 Πρόταση εφαρμογής ψηφιακής ανάλυσης εικόνας	27
5.4 Καθαρό βάρος πλήρωσης 2025	31
5.5 Ποσοτική ανάλυση και διαγράμματα ελέγχου έτους 2026.....	33
5.5.1 Συνολική αξιολόγηση της φυσικοχημικής ποιότητας του ελαιόλαδου 2026.....	34
5.6 Πρακτική διασύνδεση με το HACCP	39
5.7 Πρόταση εφαρμογής ψηφιακής ανάλυσης εικόνας	40
6.ΣΥΖΗΤΗΣΗ, ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	41
6.1 Συζήτηση και συνθετική αξιολόγηση ευρημάτων	41
6.2 Απαντήσεις στα ερευνητικά ερωτήματα της διατριβής	42
6.3 Επιχειρησιακές βελτίωσης και στρατηγικός οδικός χάρτης	43
6.4 Μεθοδολογικοί και εμπειρικοί περιορισμοί της έρευνας	44
6.5 Κατευθύνσεις για μελλοντική επιστημονική έρευνα	45
6.6 Τελικό σύνθετο συμπεράσματα	46
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	47
Παράρτημα Α	49
Παράρτημα Β	50
Παράρτημα Γ	52
Παράρτημα Δ	53

Ευρετήριο Εικόνων-Σχημάτων

Σχήμα 3.1 : διάγραμμα ροής Mer des oliviers.....	7
Εικόνα 4.1: Εξοπλισμός τροφοδοσίας και εμφιάλωσης στη μονάδα τυποποίησης.....	11
Εικόνα 4.2. Εξοπλισμός τροφοδοσίας και εμφιάλωσης στη μονάδα τυποποίησης.....	12
Σχήμα 4.1: Διάγραμμα Αλληλουχίας Διεργασιών και Σημείων Ελέγχου της Γραμμής Συσκευασίας.....	13
Εικόνα 4.3:Σημεία Ελέγχου Ποιότητας, Προδιαγραφές και Διορθωτικές Ενέργειες Mer des Oliviers.....	16
Σχήμα 4.2 Αλληλουχία διεργασιών και σημεία ελέγχου στη μονάδα τυποποίησης.....	17
Σχήμα 5.2: Αποτελέσματα οξύτητας δειγμάτων 2025.....	19
Εικόνα 5.1. Χειρισμός και έλεγχος κατά τη διαδικασία εμφιάλωσης.....	20
Σχήμα 5.3: Αποτελέσματα K268 δειγμάτων 2025.....	21
Σχήμα 5.4: Αποτελέσματα K232 δειγμάτων 2025.....	22
Σχήμα 5.5: Αποτελέσματα ΔΚ δειγμάτων 2025.....	24
Σχήμα 5.6: Αποτελέσματα αρ. υπεροξειδίων δειγμάτων 2025.....	25
Σχήμα 5.7: Διάγραμμα Ελέγχου I-MR.....	27
Σχήμα 5.8: Διάγραμμα Ελέγχου I-MR για τον Φασματοφωτομετρικό Δείκτη K268 (2025).....	27
Σχήμα 5.9: Διάγραμμα Ελέγχου I-MR για τον Φασματοφωτομετρικό Δείκτη K232 (2025).....	28
Σχήμα 5.10: Διαγραμμα Ελέγχου I-MR για τον Φασματοφωτομετρικό Δείκτη ΔΚ (2025).....	28
Σχήμα 5.11: Διάγραμμα Ελέγχου I-MR για τον Αριθμό Υπεροξειδίων (2025).....	29
Σχήμα 5.12: Διάγραμμα Ελέγχου $\bar{X}$ -R για το Καθαρό Βάρος Πλήρωσης (2025).....	32
Σχήμα 5.13: Διάγραμμα Ελέγχου I-MR για την Ελεύθερη Οξύτητα (2026).....	35
Σχήμα 5.13: Διάγραμμα Ελέγχου I-MR για την Ελεύθερη Οξύτητα (2026).....	35
Σχήμα 5.15: Διάγραμμα Ελέγχου I-MR για τον Φασματοφωτομετρικό Δείκτη K232 (2026).....	36
Σχήμα 5.16: Διάγραμμα Ελέγχου I-MR για τον Φασματοφωτομετρικό Δείκτη ΔΚ (2026)	36
Σχήμα 5.17: Διάγραμμα Ελέγχου I-MR για τον Αριθμό Υπεροξειδίων (2026).....	37
Σχήμα 5.18: Διάγραμμα Ελέγχου $\bar{X}$ -R για το Καθαρό Βάρος Πλήρωσης (2026).....	37

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 3.1: Μεταβλητές, είδος δεδομένων και κατάλληλο εργαλείο SPC.....	9
Πίνακας 4.2: Σημεία Ελέγχου Ποιότητας, Προδιαγραφές και Διορθωτικές Ενέργειες Mer des Oliviers..	14
Πίνακας 5.1: Περιγραφικά Στατιστικά Χημικών Παραμέτρων (52 εβδομαδιαίες μετρήσεις 2025).....	18
Πίνακας 5.2: Όρια Διαγραμμάτων I-MR και Δείκτες Ικανότητας/Απόδοσης Χημικών Παραμέτρων....	30
Πίνακας 5.3: Δεδομένα Καθαρού Βάρους Πλήρωσης (n=5) Έτους 2025.....	31
Πίνακας 5.4: Αποτελέσματα I-MR και δείκτες ικανότητας/απόδοσης χημικών παραμέτρων (2026)....	33
Πίνακας 5.5: Πρακτική Σύνδεση Στατιστικών Ευρημάτων με Ενέργειες Επαλήθευσης HACCP.....	38

Συντομογραφίες και Ακρωνύμια

Συντομογραφία	Επεξήγηση
SPC	Statistical Process Control (Στατιστικός Έλεγχος Διεργασιών)
HACCP	Hazard Analysis and Critical Control Points (Ανάλυση Κινδύνων και Κρίσιμα Σημεία Ελέγχου)
CCP	Critical Control Point (Κρίσιμο Σημείο Ελέγχου)
CP	Control Point (Σημείο Ελέγχου)
QCP	Quality Control Point (Ποιοτικό Σημείο Ελέγχου)
I-MR	Individuals and Moving Range (Μεμονωμένες Τιμές και Κινητό Εύρος)
$\bar{X}$-R	Mean and Range (Μέση Τιμή και Εύρος)
USL	Upper Specification Limit (Άνω Όριο Προδιαγραφής)
LSL	Lower Specification Limit (Κάτω Όριο Προδιαγραφής)
UCL	Upper Control Limit (Άνω Όριο Ελέγχου)
LCL	Lower Control Limit (Κάτω Όριο Ελέγχου)

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ερευνητικό πρόβλημα

Στο σύγχρονο, έντονα ανταγωνιστικό βιομηχανικό περιβάλλον, η διασφάλιση της ποιότητας των προϊόντων αποτελεί θεμελιώδη λίθο για τη βιώσιμη ανάπτυξη και την επιβίωση οποιασδήποτε παραγωγικής επιχείρησης. Ιστορικά, η προσέγγιση της ποιότητας βασιζόταν στον εκ των υστέρων ποιοτικό έλεγχο, δηλαδή στην τελική επιθεώρηση των έτοιμων προϊόντων και στην απόρριψη ή

επεξεργασία των ελαττωματικών μονάδων. Ωστόσο, η μεθοδολογία αυτή αποδείχθηκε εξαιρετικά κοστοβόρος και αναποτελεσματική, καθώς δεν αποτρέπει τη δημιουργία σφαλμάτων, αλλά απλώς τα εντοπίζει αφού έχει ήδη καταναλωθεί παραγωγικός χρόνος, ενέργεια και πρώτες ύλες. Η επιστημονική θεμελίωση του Στατιστικού Ελέγχου Διεργασιών (Statistical Process Control – SPC) από τον Walter

Shewhart το 1931 εισήγαγε μια ριζικά νέα φιλοσοφία: η ποιότητα δεν πρέπει να επιθεωρείται, αλλά να σχεδιάζεται και να ελέγχεται κατά τη διάρκεια της ίδιας της παραγωγικής διεργασίας (Shewhart, 1931· Montgomery, 2013).

Η βασική αρχή του SPC εστιάζει στην κατανόηση και τον έλεγχο της μεταβλητότητας (variation) που εμφανίζεται σε κάθε βιομηχανικό σύστημα. Ο Shewhart διέκρινε τη μεταβλητότητα σε δύο κατηγορίες: στις κοινές ή τυχαίες αιτίες (common causes), οι οποίες είναι εγγενείς στο σύστημα και οφείλονται σε φυσιολογικές διακυμάνσεις, και στις ειδικές ή αναγνωρίσιμες αιτίες (assignable causes), οι οποίες προκύπτουν από συγκεκριμένα σφάλματα, όπως φθορά εργαλείων, αστοχία πρώτων υλών ή ανθρώπινο λάθος (Shewhart, 1931). Η διάκριση αυτή είναι κρίσιμη για τη βιομηχανία τροφίμων, όπου η βιολογική φύση των πρώτων υλών και οι περιβαλλοντικές συνθήκες εισάγουν ένα επίπεδο εγγενούς μεταβλητότητας που απαιτεί εξαιρετικά προσεκτικό στατιστικό χειρισμό (Grigg, 1998).

Ιδιαίτερα στον τομέα της συσκευασίας και τυποποίησης εξαιρετικού παρθένου ελαιόλαδου, η εφαρμογή του SPC αντιμετωπίζει μια διπλή πρόκληση λόγω της ύπαρξης δύο διακριτών κατηγοριών μεταβλητών. Η πρώτη κατηγορία αφορά τις χημικές παραμέτρους ποιότητας του ίδιου του προϊόντος (οξύτητα, υπεροξειδία, δείκτες K), οι οποίες αντανακλούν κυρίως την ποιότητα της πρώτης ύλης, τις συνθήκες αποθήκευσης και την οξειδωτική σταθερότητα, ενώ η συλλογή των δεδομένων γίνεται συνήθως με μία μέτρηση ανά παρτίδα ($n=1$). Η δεύτερη κατηγορία αφορά τις λειτουργικές μεταβλητές της ίδιας της γραμμής συσκευασίας, όπως το καθαρό βάρος πλήρωσης (CP7), η ακεραιότητα των φιαλών και η ορθότητα της επισήμανσης, οι οποίες συνδέονται άμεσα με την απόδοση του μηχανολογικού εξοπλισμού και απαιτούν δειγματοληψία υποομάδων ($n=5$). Η επιστημονικά ορθή εφαρμογή του SPC απαιτεί να μην αντιμετωπίζονται αυτές οι μεταβλητές ως ισοδύναμες: οι πρώτες αντανακλούν κυρίως

την κατάσταση και τη διαχείριση του προϊόντος, ενώ οι δεύτερες συνδέονται άμεσα με την απόδοση του εξοπλισμού και της συσκευασίας.

1.2 Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα

Κύριος σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο σχεδιασμός, η τεκμηριωμένη ανάπτυξη και η εμπειρική εφαρμογή ενός ολοκληρωμένου συστήματος Στατιστικού Ελέγχου Διεργασιών (SPC) στη γραμμή συσκευασίας εξαιρετικού παρθένου ελαιολάδου της επιχείρησης «Mer des Oliviers de Delphes αξιοποιώντας πραγματικά δεδομένα παραγωγής και συνδέοντας τα στατιστικά ευρήματα με τη λειτουργική επαλήθευση του συστήματος HACCP της μονάδας. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού, η έρευνα καλείται να απαντήσει σε τέσσερα συγκεκριμένα ερευνητικά ερωτήματα, τα οποία αναπτύσσονται με λογική αλληλουχία στο σώμα της εργασίας. Αρχικά, εξετάζεται ποιες είναι οι κρίσιμες μεταβλητές ποιότητας του προϊόντος και της γραμμής συσκευασίας που είναι κατάλληλες για στατιστική παρακολούθηση, καθώς και ποια συγκεκριμένα στατιστικά εργαλεία αντιστοιχούν σε κάθε κατηγορία δεδομένων. Στη συνέχεια, διερευνάται εάν οι εβδομαδιαίες χημικές παράμετροι ποιότητας του ελαιολάδου παραμένουν υπό στατιστικό έλεγχο κατά τη διάρκεια των ετών 22 και ποια είναι η ικανότητα της διεργασίας να ικανοποιεί τις αυστηρές προδιαγραφές της ευρωπαϊκής νομοθεσίας. Επιπρόσθετα, τίθεται το ερώτημα εάν η διεργασία ελέγχου του καθαρού βάρους πλήρωσης στη γραμμή εμφιάλωσης είναι στατιστικά σταθερή και ικανή να ανταποκριθεί στις ονομαστικές προδιαγραφές του προϊόντος. Τέλος, η έρευνα επιδιώκει να απαντήσει με ποιον συγκεκριμένο και πρακτικό τρόπο μπορούν τα στατιστικά σήματα, όπως οι ενδείξεις εκτός ελέγχου ή η χαμηλή ικανότητα, να ενσωματωθούν αποτελεσματικά στις διαδικασίες επαλήθευσης και στις διορθωτικές ενέργειες του συστήματος HACCP.

1.3 Σημαντικότητα και πρωτοτυπία

Η σημαντικότητα της εργασίας εδράζεται στην άμεση πρακτική της εφαρμογή σε μια πραγματική εξαγωγική μονάδα τυποποίησης ελαιόλαδου. Το εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο αποτελεί ένα προϊόν υψηλής προστιθέμενης αξίας για την ελληνική οικονομία, και η διατήρηση της ποιότητάς του σε σταθερά επίπεδα καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του είναι κρίσιμη για τη φήμη της εταιρείας στις απαιτητικές διεθνείς αγορές. Η ποσοτική τεκμηρίωση της ικανότητας των διεργασιών προσφέρει στην επιχείρηση αντικειμενικά επιστημονικά δεδομένα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αποδεικτικά στοιχεία συμμόρφωσης κατά τη διάρκεια ελέγχων από πελάτες ή δημόσιους φορείς.

Η πρωτοτυπία της παρούσας διατριβής έγκειται στην επίλυση της μεθοδολογικής σύγχυσης μεταξύ παραμέτρων προϊόντος και διεργασίας, εισάγοντας τη χρήση των κατάλληλων διαγραμμάτων ελέγχου (I-MR για χημικές παραμέτρους με $n=1$, $\bar{X}$ -R για το βάρος με $n=5$). Επιπλέον, η εργασία αναδεικνύει Διπλωματική εργασία

εμπειρικά μια κρίσιμη στατιστική αλήθεια: ότι μια διεργασία μπορεί να είναι απόλυτα σταθερή (υπό έλεγχο) αλλά ταυτόχρονα εντελώς ανίκανη να ικανοποιεί τις προδιαγραφές, όπως αποδεικνύεται στην περίπτωση του καθαρού βάρους πλήρωσης του 2025. Τέλος, η εισαγωγή μιας ολοκληρωμένης πρότασης για πιλοτική εφαρμογή ψηφιακής ανάλυσης εικόνας ως εργαλείο SPC προσδίδει τεχνολογική καινοτομία στη μελέτη, καθώς δείχνει πώς οι οπτικές μεταβλητές μπορούν να μετατραπούν σε p-charts για τη συνεχή παρακολούθηση της αισθητικής αρτιότητας της συσκευασίας.

1.4 Δομή της εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία είναι δομημένη σε έξι κεφάλαια, σύμφωνα με τις προδιαγραφές συγγραφής του ΕΑΠ. Το Κεφάλαιο 1 (Εισαγωγή) παρουσιάζει το ερευνητικό πρόβλημα, τον σκοπό, τα ερευνητικά ερωτήματα και τη σημαντικότητα και πρωτοτυπία της μελέτης. Το Κεφάλαιο 2(Βιβλιογραφική Επισκόπηση) αναλύει τη θεωρητική βάση του SPC, τη χρήση του στη βιομηχανία τροφίμων, τις προδιαγραφές του ελαιολάδου και τη συμπληρωματική σύνδεση με το HACCP. Το Κεφάλαιο 3 (Μεθοδολογία) περιγράφει τον σχεδιασμό της μελέτης περίπτωσης, τις μεταβλητές, τις πηγές δεδομένων και τον τρόπο υπολογισμού των ορίων ελέγχου και των δεικτών ικανότητας. Το Κεφάλαιο 4 (Μελέτη Περίπτωσης) παρουσιάζει την επιχείρηση Mer des Oliviers de Delphes, το διάγραμμα ροής της γραμμής συσκευασίας και τον πίνακα σημείων ελέγχου ποιότητας. Το Κεφάλαιο 5 (Ποσοτική Ανάλυση και Αποτελέσματα) περιλαμβάνει την ποσοτική επεξεργασία των 52 εβδομαδιαίων μετρήσεων του 2025, την αντίστοιχη ανάλυση των 21 εργαστηριακών μετρήσεων του 2026 μετά τις διορθωτικές παρεμβάσεις, τον υπολογισμό των δεικτών $\bar{Pp}$, $\bar{Prk}$, $\bar{Cp}$, $\bar{Cpk}$, την ερμηνεία του καθαρού βάρους πλήρωσης και την πρόταση ψηφιακής εικόνας. Η εργασία ολοκληρώνεται με το Κεφάλαιο 6 (Συζήτηση, Συμπεράσματα και Προτάσεις), το οποίο απαντά στα ερευνητικά ερωτήματα, προτείνει διορθωτικές ενέργειες, συζητά τους περιορισμούς και θέτει τις βάσεις για μελλοντική έρευνα.

2.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Θεωρητικές Αρχές του SPC

Η ανάπτυξη των θεωρητικών αρχών του στατιστικού ελέγχου διεργασιών (SPC) στηρίζεται στην προσπάθεια κατανόησης και διαχείρισης της μεταβλητότητας που ενυπάρχει σε κάθε παραγωγικό σύστημα. Ο Walter Shewhart (1931), μέσω του κλασικού του έργου, υποστήριξε ότι καμία διεργασία, όσο τέλεια και αν έχει σχεδιαστεί, δεν παράγει απολύτως ταυτόσημα προϊόντα. Η μεταβλητότητα αυτή οφείλεται στην αλληλεπίδραση των πέντε βασικών παραγόντων της παραγωγής: Άνθρωπος (Man), Μηχανή (Machine), Υλικό (Material), Μέθοδος (Method) και Περιβάλλον (Environment), γνωστά ως 5M. Ο Shewhart τόνισε ότι η αποτελεσματική διοίκηση ποιότητας απαιτεί τον διαχωρισμό της μεταβλητότητας σε κοινές και ειδικές αιτίες (Shewhart, 1931).

Οι κοινές αιτίες (common causes) αποτελούν το εγγενές, τυχαίο επίπεδο θορύβου του συστήματος.

Είναι στατιστικά προβλέψιμες, έχουν σταθερή κατανομή και μπορούν να περιοριστούν μόνο μέσω δομικών αλλαγών στη διεργασία ή τον εξοπλισμό, κάτι που αποτελεί ευθύνη της διοίκησης. Αντίθετα, οι ειδικές αιτίες (assignable causes) προκύπτουν από συγκεκριμένα γεγονότα και μη φυσιολογικές παρεκκλίσεις. Είναι στατιστικά μη προβλέψιμες, προκαλούν μετατόπιση της μέσης τιμής ή αύξηση της διασποράς και πρέπει να εντοπίζονται και να εξαλείφονται άμεσα από τους χειριστές (Wheeler, 2000).

2.2 Διαγράμματα ελέγχου και ικανότητα διεργασίας

Το κύριο εργαλείο του SPC για την παρακολούθηση της σταθερότητας είναι τα διαγράμματα ελέγχου (control charts). Ένα διάγραμμα ελέγχου αποτελείται από την κεντρική γραμμή (CL), η οποία αντιπροσωπεύει τη μέση τιμή της διεργασίας, και δύο στατιστικά υπολογισμένα όρια: το Άνω Όριο Ελέγχου (UCL) και το Κάτω Όριο Ελέγχου (LCL). Τα όρια αυτά τοποθετούνται σε απόσταση τριών τυπικών αποκλίσεων ($\pm 3\sigma$) από την κεντρική γραμμή, εξασφαλίζοντας ότι υπό κανονικές συνθήκες, το 99,73% των μετρήσεων θα βρίσκεται εντός αυτών (Montgomery, 2013).

Είναι εξαιρετικά κρίσιμο να διαχωρίζονται τα όρια ελέγχου από τα όρια προδιαγραφής (specification limits). Τα όρια ελέγχου υπολογίζονται αποκλειστικά από τα δεδομένα της διεργασίας και εκφράζουν τη φυσική της ικανότητα. Αντίθετα, τα όρια προδιαγραφής (USL, LSL) καθορίζονται εξωτερικά (από τον πελάτη, τη νομοθεσία ή τον σχεδιαστή) και εκφράζουν τις απαιτήσεις συμμόρφωσης του προϊόντος (Wheeler, 2000). Η σύγχυση των δύο εννοιών αποτελεί συχνό σφάλμα στη βιομηχανία, καθώς μια Διπλωματική εργασία

διεργασία μπορεί να είναι σταθερή (όλα τα σημεία εντός των ορίων ελέγχου) αλλά εντελώς ανίκανη να παράγει προϊόντα εντός προδιαγραφών (Montgomery, 2013).

2.3 SPC στη Βιομηχανία τροφίμων και HACCP

Η εφαρμογή του SPC στη βιομηχανία τροφίμων παρουσιάζει ιδιαιτερότητες, καθώς η διαχείριση ζωντανών ή βιολογικών πρώτων υλών εισάγει σημαντική φυσική μεταβλητότητα. Η συστηματική ανασκόπηση των Lim, Antony και Albliwi (2014) έδειξε ότι τα κυριότερα οφέλη από την εισαγωγή του SPC είναι η μείωση της σπατάλης, ο περιορισμός των απορρίψεων και η ενίσχυση της ασφάλειας, ενώ τα βασικότερα εμπόδια είναι η έλλειψη στατιστικής παιδείας και η οργανωτική αντίσταση (Lim et al., 2014).

Ο Grigg (1998) υπογραμμίζει τη συμπληρωματική σχέση μεταξύ του SPC και του συστήματος HACCP. Ενώ το HACCP εστιάζει στην αναγνώριση των κινδύνων και στον καθορισμό των κρίσιμων ορίων (Critical Limits) για την ασφάλεια, το SPC λειτουργεί ως ένα ισχυρό εργαλείο επαλήθευσης (verification). Η στατιστική παρακολούθηση μέσω διαγραμμάτων ελέγχου επιτρέπει τον εντοπισμό τάσεων (trends) προς τα κρίσιμα όρια, προσφέροντας τη δυνατότητα προληπτικής παρέμβασης πριν την εμφάνιση πραγματικών μη συμμορφώσεων (Grigg, 1998· Lim et al., 2014).

2.4 Συσκευασία και ψηφιακή ανάλυση εικόνας

Η σύγχρονη τεχνολογία προσφέρει νέες δυνατότητες στον ποιοτικό έλεγχο της συσκευασίας τροφίμων. Η ψηφιακή ανάλυση εικόνας (digital image analysis) επιτρέπει τη μετατροπή ποιοτικών οπτικών χαρακτηριστικών σε ποσοτικά, στατιστικά επεξεργάσιμες μεταβλητές. Οι Fuentes et al. (2022) εφάρμοσαν με επιτυχία την ανάλυση εικόνας για τον ποιοτικό έλεγχο διαφανών συσκευασιών ελιών σε πλαστικές σακούλες, αποδεικνύοντας ότι μπορεί να ανιχνεύσει οπτικές ανομοιομορφίες, αλλαγές στο χρώμα ή ατέλειες που διαφεύγουν από τον εμπειρικό έλεγχο των χειριστών. Στη γραμμή συσκευασίας ελαιόλαδου, η τεχνολογία αυτή μπορεί να εφαρμοστεί πιλοτικά για τον έλεγχο της διαύγειας του προϊόντος (ανίχνευση θολότητας ή σωματιδίων μετά τη διήθηση), του ύψους πλήρωσης στο λαιμό της φιάλης, και της ορθότητας τοποθέτησης της ετικέτας (απουσία πτυχώσεων, ευθυγράμμιση). Τα δεδομένα αυτά μπορούν να τροφοδοτήσουν άμεσα p-charts, προσφέροντας έναν αυτοματοποιημένο και αντικειμενικό στατιστικό έλεγχο (Fuentes et al., 2022).

2.5 Σύνθεση και ερευνητικό κενό

Παρά την πλούσια βιβλιογραφία γύρω από τις θεωρητικές αρχές του SPC και τη χρήση του στη

βιομηχανία, εντοπίζεται ένα σημαντικό ερευνητικό κενό όσον αφορά τη συστηματική εφαρμογή του σε μικρομεσαίες μονάδες τυποποίησης ελαιολάδου στην Ελλάδα. Οι περισσότερες υπάρχουσες μελέτες είτε περιορίζονται σε θεωρητικές συζητήσεις χωρίς πραγματικά δεδομένα παραγωγής, είτε

αποτυγχάνουν να διαχωρίσουν μεθοδολογικά τις μεταβλητές χημικής ποιότητας ($n=1$) από τις λειτουργικές μεταβλητές συσκευασίας ($n=5$). Επιπλέον, υπάρχει έλλειψη πρακτικών οδηγιών που να συνδέουν άμεσα τα στατιστικά ευρήματα του SPC (δείκτες $\bar{P}$, ειδικά σήματα) με συγκεκριμένες διορθωτικές ενέργειες και διαδικασίες επαλήθευσης στο σύστημα HACCP. Η παρούσα διπλωματική εργασία έρχεται να καλύψει αυτό το κενό, προσφέροντας μια δομημένη μελέτη περίπτωσης που συνδυάζει τη στατιστική αυστηρότητα με την πρακτική βιομηχανική εφαρμογή.

2.6 Επίλογος βιβλιογραφικής ανασκόπησης

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση ανέδειξε ότι ο Στατιστικός Έλεγχος Διεργασιών δεν αποτελεί απλώς μια τεχνική μέθοδο, αλλά μια ολοκληρωμένη φιλοσοφία συνεχούς βελτίωσης. Η αποτελεσματικότητα της εφαρμογής του εξαρτάται από την ορθή επιλογή των στατιστικών εργαλείων με βάση τη δομή των δεδομένων, την εκπαίδευση του προσωπικού και την οργανική ενσωμάτωσή του στα συστήματα διαχείρισης ασφάλειας τροφίμων (HACCP).

Θα πρέπει να επισημανθεί μια εξαιρετικά κρίσιμη παράμετρος: ενώ η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στη συσκευασία εξαιρετικού παρθένου ελαιολάδου, το μεγαλύτερο μέρος της υπάρχουσας επιστημονικής βιβλιογραφίας στον τομέα των ελαιοπροϊόντων (π.χ., Argyri et al., 2015· Zabetakis, 2018· Sab et al., 2024) επικεντρώνεται στις επιτραπέζιες ελιές. Οι αναφορές αυτές είναι χρήσιμες διότι οι στατιστικές αρχές είναι κοινές. Ωστόσο, υπάρχουν σημαντικές φυσικοχημικές διαφορές μεταξύ των δύο προϊόντων. Οι επιτραπέζιες ελιές συσκευάζονται σε υγρό μέσο (άλμη), όπου οι κρίσιμες παράμετροι αφορούν τη σταθερότητα του pH, τη συγκέντρωση αλατιού, τη μικροβιακή δραστηριότητα και τη μεταβολή των αερίων της τροποποιημένης ατμόσφαιρας (Argyri et al., 2015).

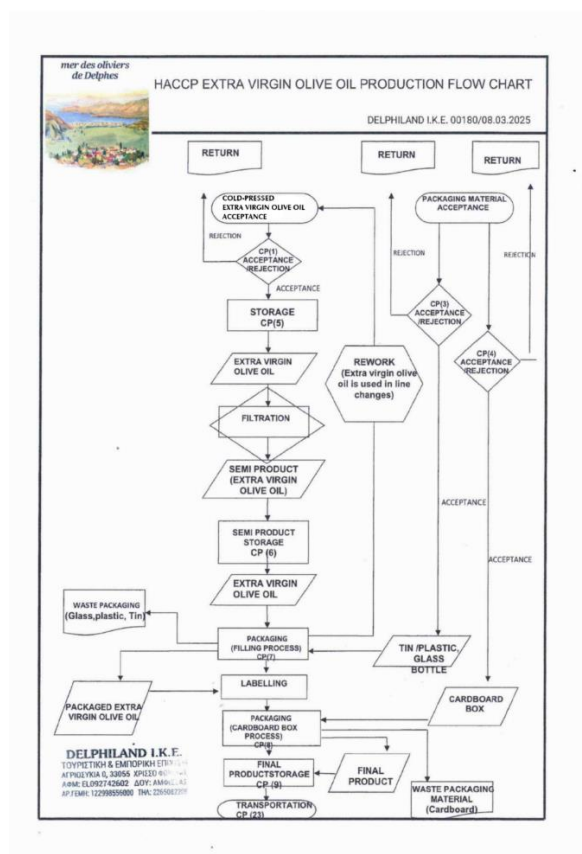
Αντίθετα, το εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο είναι ένα αμιγώς λιπαρό προϊόν που δεν συσκευάζεται σε άλμη και δεν παρουσιάζει μικροβιολογική δραστηριότητα κατά τη συσκευασία. Οι κρίσιμες παράμετροι στο ελαιόλαδο επικεντρώνονται αποκλειστικά στην αποτροπή της οξειδωτικής αλλοίωσης (πρωτογενής και δευτερογενής οξείδωση) και στην ακρίβεια του βάρους πλήρωσης, διαμορφώνοντας το επιστημονικό υπόβαθρο της μελέτης περίπτωσης που ακολουθεί (Kalua et al., 2013).

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Σχεδιασμός και μονάδα ανάλυσης

Η παρούσα έρευνα υιοθετεί τη μεθοδολογική προσέγγιση της μελέτης περίπτωσης (case study), η οποία κρίνεται ως η πλέον κατάλληλη για τη σε βάθος κατανόηση πραγματικών βιομηχανικών πρακτικών μέσα στο φυσικό τους περιβάλλον λειτουργίας. Μονάδα ανάλυσης αποτελεί η παραγωγική εγκατάσταση τυποποίησης και συσκευασίας της επιχείρησης «Mer des Oliviers de Delphes», η οποία δραστηριοποιείται στην επεξεργασία, αποθήκευση και εξαγωγή εξαιρετικού παρθένου ελαιόλαδου.

Αντί για μια γενικευμένη στατιστική προσέγγιση πολλαπλών επιχειρήσεων, η εστίαση σε μία συγκεκριμένη μονάδα επιτρέπει τη λεπτομερή αποτύπωση των πραγματικών συνθηκών λειτουργίας, τον εντοπισμό των κρίσιμων σημείων ελέγχου βάσει του υφιστάμενου εγχειριδίου HACCP και τη συλλογή αξιόπιστων, πρωτογενών ποσοτικών δεδομένων ποιότητας (Montgomery, 2013).



Σχήμα 3.1 : διάγραμμα ροής Mer des olivier

3.2 Πηγές δεδομένων και χρονική περίοδος

Η μελέτη βασίζεται σε δύο κύριες πηγές ποσοτικών δεδομένων από τα επίσημα αρχεία ελέγχου ποιότητας της επιχείρησης:

3.2.1 Το πρώτο σύνολο δεδομένων αφορά τις χημικές παραμέτρους ποιότητας του ελαιόλαδου και περιλαμβάνει 52 εβδομαδιαίες μετρήσεις ($N=52$) που πραγματοποιήθηκαν από τις 2 Ιανουαρίου έως τις 30 Δεκεμβρίου 2025 (περίοδος βάσης) και 21 εργαστηριακές μετρήσεις ($N=21$) από 06/01/2026 έως 28/05/2026. Κάθε καταγραφή του 2026 αντιστοιχεί σε πραγματική αποδέσμευση παρτίδας από το χημείο και οι ίδιες πρωτογενείς τιμές αποτελούν τη βάση για την κατασκευή των διαγραμμάτων I-MR και τον υπολογισμό των δεικτών ικανότητας/απόδοσης. Οι μετρήσεις καλύπτουν την ελεύθερη οξύτητα, τον αριθμό υπεροξειδίων και τους δείκτες K232, K268 και ΔΚ.

3.2.2 Το δεύτερο σύνολο δεδομένων αφορά το καθαρό βάρος πλήρωσης (CP7). Στην ποσοτική ανάλυση του 2025 χρησιμοποιούνται 11 διαθέσιμες υποομάδες δειγμάτων ($n=5$), ενώ για την περίοδο 01/01/2026–31/05/2026 αναλύονται 22 εβδομαδιαίες υποομάδες ($n=5$), οι οποίες καταγράφηκαν μετά τη ρύθμιση της μηχανής πλήρωσης. Η ανάλυση του 2025 αντιμετωπίζεται ως διερευνητική λόγω του περιορισμένου αριθμού υποομάδων.

3.3 Μεταβλητές και εργαλεία ανάλυσης

Η εφαρμογή του Στατιστικού Ελέγχου Διεργασιών (SPC) στις κρίσιμες παραμέτρους ποιότητας της συσκευασίας ελαιόλαδου απαιτεί τη διαφοροποίηση των εργαλείων παρακολούθησης με βάση τη φύση των δεδομένων και τη συχνότητα της δειγματοληψίας, επιλύοντας τη μεθοδολογική ασυνέπεια:

1. Χημικές παράμετροι ποιότητας (Μέγεθος δείγματος $n=1$):

Για τις χημικές παραμέτρους (οξύτητα, αριθμός υπεροξειδίων και φασματοφωτομετρικοί δείκτες K268, K232, ΔΚ), το ελαιουργείο πραγματοποιεί μία μέτρηση ανά παρτίδα παραγωγής ($n=1$). Σε αυτή την περίπτωση, η χρήση των κλασικών διαγραμμάτων Μέσης Τιμής και Εύρους ($\bar{X}$ -R) δεν είναι στατιστικά εφικτή, καθώς δεν υφίσταται ενδο-ομαδική μεταβλητότητα. Για τον λόγο αυτό, επιλέγεται το Διάγραμμα Μεμονωμένων Τιμών και Κινητού Εύρους (Individual and Moving Range Chart - I-MR Chart). Το διάγραμμα I παρακολουθεί τη μεταβολή της μέσης τιμής της διεργασίας, ενώ το διάγραμμα MR παρακολουθεί τη μεταβλητότητα μεταξύ διαδοχικών παρτίδων, επιτρέποντας τον εντοπισμό ειδικών αιτιών σφάλματος (Montgomery, 2013).

2. Παράμετροι γραμμής πλήρωσης (Μέγεθος δείγματος $n=5$):

Διπλωματική εργασία

Αντίθετα, κατά τη διαδικασία συσκευασίας, το καθαρό βάρος πλήρωσης των περιεκτικών παρακολουθείται σε πραγματικό χρόνο μέσω συστηματικής δειγματοληψίας $n=5$ φιαλών ανά συγκεκριμένο χρονικό διάστημα λειτουργίας της μηχανής. Για τη μεταβλητή αυτή, η οποία παρουσιάζει ενδο-ομαδική διακύμανση, εφαρμόζονται τα κλασικά διαγράμματα Μέσης Τιμής και Εύρους ($\bar{X}$ -R Charts), τα οποία αξιολογούν τόσο τη σταθερότητα του κεντραρίσματος της διεργασίας (διάγραμμα $\bar{X}$) όσο και τη διασπορά στο εσωτερικό της παραγωγικής ροής (διάγραμμα R).

Μεταβλητή	Σύνδεση με Διεργασία	Δομή Δείγματος	Στατιστικό Εργαλείο	Προδιαγραφή (Limits)
Οξύτητα, K268, K232, ΔΚ, Υπεροξειδία	Ποιότητα προϊόντος / Αποθήκευση	$n = 1$ ανά εβδομάδα	Διάγραμμα I-MR	Μονόπλευρο USL (Κανονισμός ΕΕ)
Καθαρό Βάρος Πλήρωσης	Λειτουργία μηχανής πλήρωσης	$n = 5$ ανά υποομάδα	Διάγραμμα $\bar{X}$ -R	Αμφίπλευρο (500 ± 15 g)
Διαρροές / Ελαττωματικές Ετικέτες	Ποιότητα συσκευασίας	Χαρακτηριστικά (Count)	Διάγραμμα p ή np	Εσωτερικό Όριο Αποδοχής
Θέση Ετικέτας / Οπτικές Ατέλειες	Ψηφιακή μέτρηση (Pilot)	Εικόνες ανά παρτίδα	Διάγραμμα I-MR ή p-chart	Προς επικύρωση

Πίνακας 3.1: Μεταβλητές, είδος δεδομένων και κατάλληλο εργαλείο SPC

3.4 Υπολογισμός διαγραμμάτων και δεικτών

Για τις χημικές παραμέτρους ($n=1$), ο υπολογισμός των ορίων ελέγχου βασίζεται στο μέσο κινητό εύρος (Moving Range – MR). Το κινητό εύρος ορίζεται ως η απόλυτη διαφορά μεταξύ δύο διαδοχικών μετρήσεων: $MR_i = |x_i - x_(i-1)|$. Η εκτίμηση της τυπικής απόκλισης της διεργασίας γίνεται μέσω του Διπλωματικής εργασίας

τύπου: $\sigma = M\bar{R} / d_2$, όπου $d_2 = 1,128$ για $n=2$. Τα όρια ελέγχου του διαγράμματος Μεμονωμένων Τιμών (I) καθορίζονται ως: $UCL = \bar{x} + 3\sigma$ και $LCL = \bar{x} - 3\sigma$ (Montgomery, 2013).

Οι δείκτες ικανότητας (capability indices) εκφράζουν τη δυνατότητα της διεργασίας να παράγει προϊόντα εντός προδιαγραφών. Για τις χημικές παραμέτρους με μονόπλευρο άνω όριο προδιαγραφής (USL), υπολογίζονται οι δείκτες:

3.4.1 Δείκτης Απόδοσης (Performance Index): $Ppk = (USL - \mu) / (3s)$, όπου s είναι η συνολική τυπική απόκλιση του δείγματος.

3.4.2 Δείκτης Ικανότητας (Capability Index): $Cpk = (USL - \mu) / (3\sigma)$, όπου σ είναι η ενδοδιεργασιακή τυπική απόκλιση ($M\bar{R}/1,128$).

3.5 Ερμηνευτικό πλαίσιο και περιορισμοί

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιείται ως πρακτικό κριτήριο επαρκούς ικανότητας η τιμή $Ppk \geq 1,33$, ενώ τιμές $Ppk < 1,00$ υποδηλώνουν ανεπαρκές περιθώριο ως προς τα όρια προδιαγραφής. Η ερμηνεία των δεικτών ικανότητας προϋποθέτει προηγούμενη αξιολόγηση της στατιστικής σταθερότητας της διεργασίας.

Όταν υπάρχουν σήματα ειδικών αιτιών, όπως στον K232 του 2025, οι δείκτες Cpk/Ppk μπορούν να παρουσιάζονται μόνο ως περιγραφικές ή διερευνητικές εκτιμήσεις και δεν πρέπει να θεωρούνται οριστική αποτίμηση ικανότητας πριν από τη διερεύνηση και, όπου απαιτείται, την αντιμετώπιση των ειδικών αιτιών. Επιπλέον, η ερμηνεία των δεικτών προϋποθέτει κατάλληλη κατανομή των δεδομένων και αξιόπιστο σύστημα μέτρησης.

4. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΤΗΣ ΕΤΑΙΡΙΑΣ ‘MER DES OLIVIERS DE DELPHES’

4.1 Πλαίσιο λειτουργίας της μονάδας

Η επιχείρηση «Mer des Oliviers de Delphes » αποτελεί μια ελληνική εταιρεία που δραστηριοποιείται στον τομέα της παραγωγής, τυποποίησης και εμπορίας εξαιρετικού παρθένου ελαιολάδου. Η έδρα και οι εγκαταστάσεις της βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή της Φωκίδας, αξιοποιώντας την πλούσια ελαιοκομική παράδοση του ιστορικού Δελφικού Ελαιώνα. Η μονάδα τυποποίησης διαθέτει σύγχρονο εξοπλισμό αποθήκευσης (ανοξειδωτες δεξαμενές με σύστημα παροχής αζώτου), γραμμή διήθησης (φιλτραρίσματα) και αυτόματη γραμμή εμφιάλωσης και συσκευασίας, εξασφαλίζοντας τη διατήρηση των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του προϊόντος από την παραλαβή έως την τελική διανομή.



Εικόνα 4.1: Εξοπλισμός τροφοδοσίας και εμφιάλωσης στη μονάδα τυποποίησης

4.2 Παρουσίαση διεργασίας συσκευασίας

Η παραγωγική διαδικασία συσκευασίας του ελαιολάδου αποτελείται από μια αλληλουχία φυσικών διεργασιών, η οποία αποσκοπεί στην προστασία του προϊόντος από την οξείδωση και στην εξασφάλιση

της ακρίβειας πλήρωσης. Η ροή ξεκινά με την Παραλαβή του ελαιολάδου, κατά την οποία διενεργούνται εργαστηριακοί έλεγχοι αποδοχής στις χημικές παραμέτρους (CP1). Στη συνέχεια, το προϊόν Αποθηκεύεται σε ανοξείδωτες δεξαμενές υπό ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας (15-18°C) και με παροχή αζώτου (CP5). Ακολουθεί το στάδιο της Διήθησης (CP6) για την απομάκρυνση αιωρούμενων σωματιδίων, η μεταφορά στη γραμμή Πλήρωσης (CP7 - εμφιάλωση) όπου ελέγχεται το καθαρό βάρος, ο Πωματισμός (QCP – έλεγχος στεγανότητας), η Επισήμανση (QCP - έλεγχος ορθότητας ετικέτας), η Κιβωτιοποίηση και η Τελική Αποθήκευση (CP9) πριν από τη διανομή.



Εικόνα 4.2. Εξοπλισμός τροφοδοσίας και εμφιάλωσης στη μονάδα τυποποίησης



Σχήμα 4.1: Διάγραμμα Αλληλουχίας Διεργασιών και Σημείων Ελέγχου της Γραμμής Συσκευασίας

Στάδιο	Σημείο	Αντικείμενο Ελέγχου	Προδιαγραφή (Limits)	Διορθωτική Ενέργεια
Παραλαβή	CP1	Χημικά Χαρακτηριστικά	Οξύτητα ≤ 0.80 K268 ≤ 0.22 K232 ≤ 2.50 $\Delta K \leq 0.01$	Απόρριψη ή υποβάθμιση της παρτίδας ελαιολάδου
Αποθήκευση	CP5	Οξειδωτική Σταθερότητα	Θερμοκρασία 15- 18°C, πλήρης συσκότιση, παροχή αζώτου	Ρύθμιση κλιματισμού, έλεγχος δεξαμενών, πλήρωση αζώτου
Πλήρωση	CP7	Καθαρό Βάρος	Ονομαστική τιμή ± 15 g (LSL=485 g, USL=515 g)	Πάυση γραμής, ρύθμιση δοσομετρικού, βαθμονόμηση ζυγού, δέσμευση παρτίδας
Πλήρωση	CP7	Καθαρό Βάρος	Ονομαστική τιμή ± 15 g (LSL=485 g, USL=515 g)	Πάυση γραμής, ρύθμιση δοσομετρικού, βαθμονόμηση ζυγού, δέσμευση παρτίδας
Επισήμανση	QCP	Ορθότητα και θέση ετικέτας	Ευθυγράμμιση, απουσία πτυχώσεων,	Διακοπή, ρύθμιση ετικετέζας, επανασήμανση παρτίδας

			συμμόρφωση με Κανονισμούς ΕΕ	
Αποθήκευση	CP9	Ακεραιότητα Συσκευασίας	Απουσία διαρροών, ορθή παλετοποίηση και στοίβαξη	Ανασυσκευασία, αντικατάσταση φιαλών, ρύθμιση στοίβαξης

Πίνακας 4.2: Σημεία Ελέγχου Ποιότητας, Προδιαγραφές και Διορθωτικές Ενέργειες Mer des Oliviers de Delphes

4.3 Αναγνώριση κρίσιμων σημείων ελέγχου (CCPs)

Σύμφωνα με το εγκεκριμένο σύστημα HACCP της εταιρίας, έχουν οριστεί συγκεκριμένα Σημεία Ελέγχου (CP) και Κρίσιμα Σημεία Ελέγχου (CCP) για τη διασφάλιση της ασφάλειας και της ποιότητας του προϊόντος. Η εφαρμογή του SPC επικεντρώνεται κυρίως στα σημεία CP1 (παραλαβή ελαιόλαδου) και CP7 (πλήρωση/εμφιάλωση), καθώς εκεί συγκεντρώνονται τα ποσοτικά δεδομένα που επιτρέπουν τον υπολογισμό των δεικτών ικανότητας διεργασίας. Η παρακολούθηση των σημείων αυτών μέσω των στατιστικών εργαλείων προσφέρει μια δυναμική εικόνα της διεργασίας, αποτρέποντας την εμφάνιση ελαττωματικών παρτίδων.



Εικόνα 4.3: Σημεία Ελέγχου Ποιότητας, Προδιαγραφές και Διορθωτικές Ενέργειες Mer des Oliviers de Delphes

4.4 Πρακτική διασύνδεση SPC και HACCP

Η ενσωμάτωση του SPC στη λειτουργία της Mer des Oliviers de Delphes λειτουργεί ως ένας εξαιρετικά ισχυρός προληπτικός μηχανισμός επαλήθευσης (verification) του συστήματος HACCP. Ενώ το HACCP ορίζει τα κρίσιμα όρια για την ασφάλεια, ο στατιστικός έλεγχος μέσω των δεικτών $\bar{P}$ και P_{pk} επιτρέπει στην επιχείρηση να αξιολογεί ποσοτικά και δυναμικά την ικανότητα της διεργασίας να παραμένει εντός αυτών των ορίων.

Η ανάλυση των τάσεων στα διαγράμματα ελέγχου προσφέρει τη δυνατότητα έγκαιρης και προληπτικής παρέμβασης των χειριστών της γραμμής παραγωγής πριν την εμφάνιση πραγματικών μη συμμορφώσεων ή ελαττωματικών παρτίδων, μετατρέποντας τον ποιοτικό έλεγχο από ένα παθητικό σύστημα τελικής επιθεώρησης σε ένα δυναμικό, προληπτικό εργαλείο διοίκησης. Η χρήση των στατιστικών αυτών εργαλείων εξασφαλίζει ότι η Mer des Oliviers de Delphes μπορεί να τεκμηριώνει με αντικειμενικά επιστημονικά δεδομένα τη συμμόρφωση των προϊόντων της με τις αυστηρότερες απαιτήσεις.

«Ειρήνη Τηλιγάδα» «Εφαρμογή στατιστικού ελέγχου
διεργασιών στη συσκευασία τροφίμων με μελέτη περίπτωσης στο εξαιρετικό παρθένο
ελαιόλαδο»

Αλληλουχία διεργασιών και σημεία ελέγχου στη μονάδα τυποποίησης



Σχήμα 4.2. Αλληλουχία διεργασιών και σημεία ελέγχου στη μονάδα τυποποίησης

5. ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ

5.1 Εισαγωγή στην ποσοτική ανάλυση

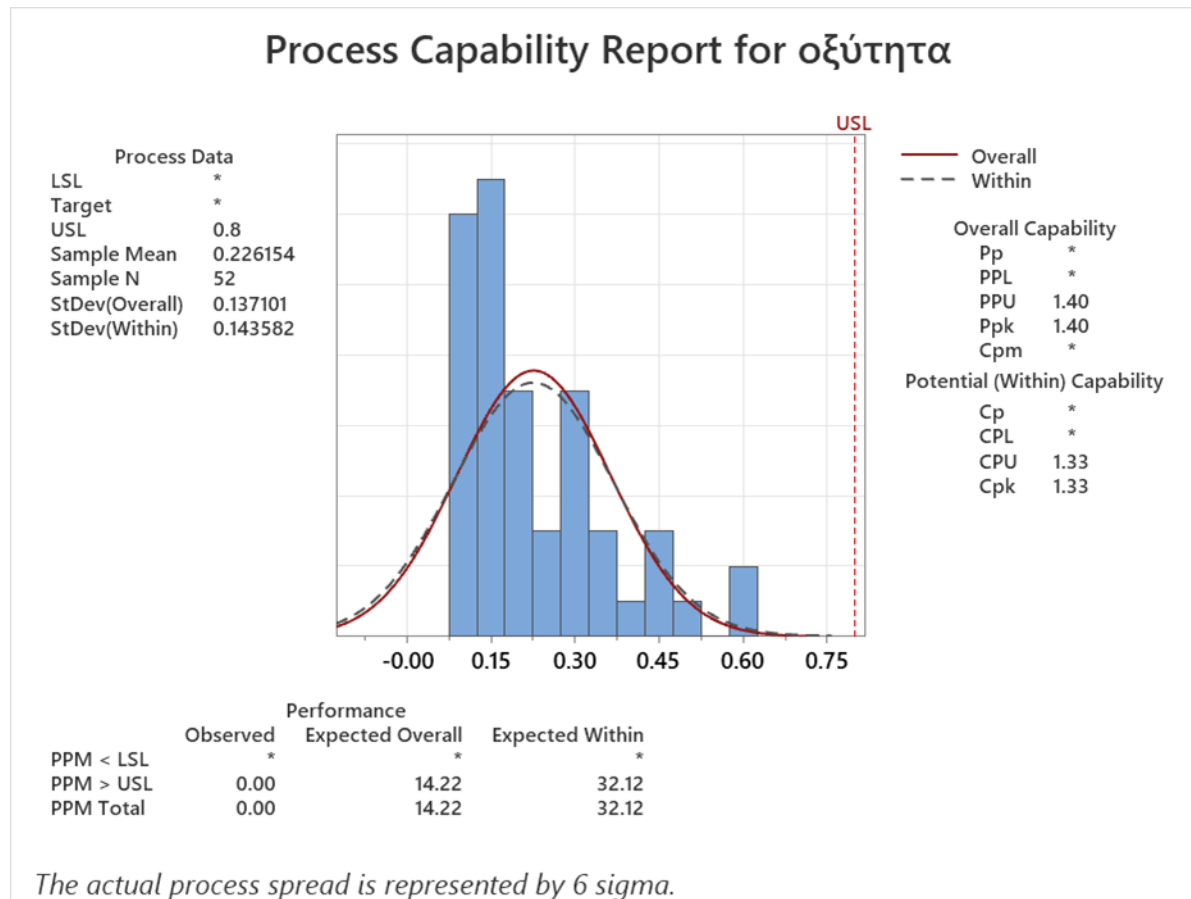
Στο παρόν κεφάλαιο αξιολογούνται χωριστά (α) οι χημικές παράμετροι ποιότητας του προϊόντος και (β) η λειτουργική απόδοση της γραμμής πλήρωσης. Για τις χημικές παραμέτρους χρησιμοποιούνται διαγράμματα I-MR, ενώ για το καθαρό βάρος πλήρωσης χρησιμοποιούνται διαγράμματα $\bar{X}$ -R. Η περίοδος 2025 λειτουργεί ως βάση σύγκρισης και τα διαθέσιμα δεδομένα του 2026 εξετάζονται μετά τις καταγεγραμμένες ρυθμίσεις. Οι δείκτες Cp/Cpk και Pp/Ppk ερμηνεύονται μόνο σε συνδυασμό με τη στατιστική σταθερότητα και τα αντίστοιχα όρια προδιαγραφής (Montgomery, 2013)

Για τη διασφάλιση της στατιστικής εγκυρότητας των δεικτών ικανότητας και απόδοσης (Cpk, Ppk), διενεργήθηκε προκαταρκτικός έλεγχος της παραδοχής της Κανονικής Κατανομή των δεδομένων. Μέσω διαγραμμάτων πιθανότητας (Normal Probability Plots) και της δοκιμασίας Shapiro-Wilk στις εξεταζόμενες χημικές μεταβλητές και στο καθαρό βάρος πλήρωσης, επιβεβαιώθηκε ότι τα σύνολα δεδομένων δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική απόκλιση από την κανονικότητα ($p > 0,05$). Η επιβεβαίωση αυτή καθιστά μεθοδολογικά ασφαλή την ερμηνεία των αριθμητικών δεικτών Ppk και τους υπολογισμούς εκτιμώμενης εκτός προδιαγραφών παραγωγής (PPM).

Παράμετρος	n	Μέση Τιμή	Τυπική Απόκλιση (s)	Ελάχιστο	Μέγιστο
Οξύτητα	52	0.2262	0.1371	0.0800	0.6200
K268	52	0.1542	0.0246	0.1200	0.2000
K232	52	1.5735	0.2749	0.5500	1.9900
ΔΚ	52	-0.0019	0.0008	-0.0030	-0.0010
Υπεροξείδια	52	5.7154	1.9112	3.0000	9.8000

Πίνακας 5.1: Περιγραφικά Στατιστικά Χημικών Παραμέτρων (52 εβδομαδιαίες μετρήσεις 2025)

Ανάλυση παραμέτρου οξύτητας



Σχήμα 5.2: Αποτελέσματα οξύτητας δειγμάτων 2025

Για την ελεύθερη οξύτητα, η ανάλυση των 52 εβδομαδιαίων μετρήσεων του 2025 πραγματοποιήθηκε με διάγραμμα I-MR, καθώς υπήρχε μία μέτρηση ανά χρονική στιγμή ($n=1$). Δεν εντοπίστηκαν σημεία εκτός των υπολογισμένων ορίων ελέγχου και η μέση τιμή διαμορφώθηκε σε 0,2262%, σαφώς χαμηλότερα από το ανώτατο όριο προδιαγραφής $USL=0,80\%$.

Ως προς την ικανότητα, ο δείκτης Ppk υπολογίστηκε σε 1,40. Με βάση το πρακτικό κριτήριο $Ppk \geq 1,33$ που υιοθετείται στην παρούσα εργασία, η διεργασία εμφανίζει επαρκές περιθώριο ικανότητας για την εξεταζόμενη περίοδο. Το συμπέρασμα αφορά τη συγκεκριμένη χρονοσειρά και δεν πρέπει να ερμηνεύεται ως μηδενικός μελλοντικός κίνδυνος μη συμμόρφωσης.

Η στατιστική παρακολούθηση της οξύτητας μπορεί να αξιοποιείται συμπληρωματικά στις διαδικασίες επαλήθευσης του συστήματος ποιότητας, επιτρέποντας την έγκαιρη αναγνώριση μεταβολών ή τάσεων. Τα όρια ελέγχου του SPC, ωστόσο, παραμένουν διακριτά από τα νομοθετικά όρια προδιαγραφής.



Εικόνα 5.1. Χειρισμός και έλεγχος κατά τη διαδικασία εμφιάλωσης.

5.2 Διαγράμματα I-MR χημικών παραμέτρων 2025

Η ανάλυση των 52 εβδομαδιαίων μετρήσεων του 2025 πραγματοποιήθηκε με διαγράμματα Μεμονωμένων Τιμών και Κινητού Εύρους (I-MR) για καθεμία από τις πέντε χημικές παραμέτρους. Η

ερμηνεία βασίζεται στα στατιστικά σήματα των διαγραμμάτων και στη σύγκριση με τα θεσμοθετημένα άνω όρια προδιαγραφής.

• Ελεύθερη Οξύτητα: δεν εντοπίστηκαν σημεία εκτός των υπολογισμένων ορίων ελέγχου. Η μέση τιμή ήταν 0,2262%, σαφώς χαμηλότερη από το $USL=0,80\%$.

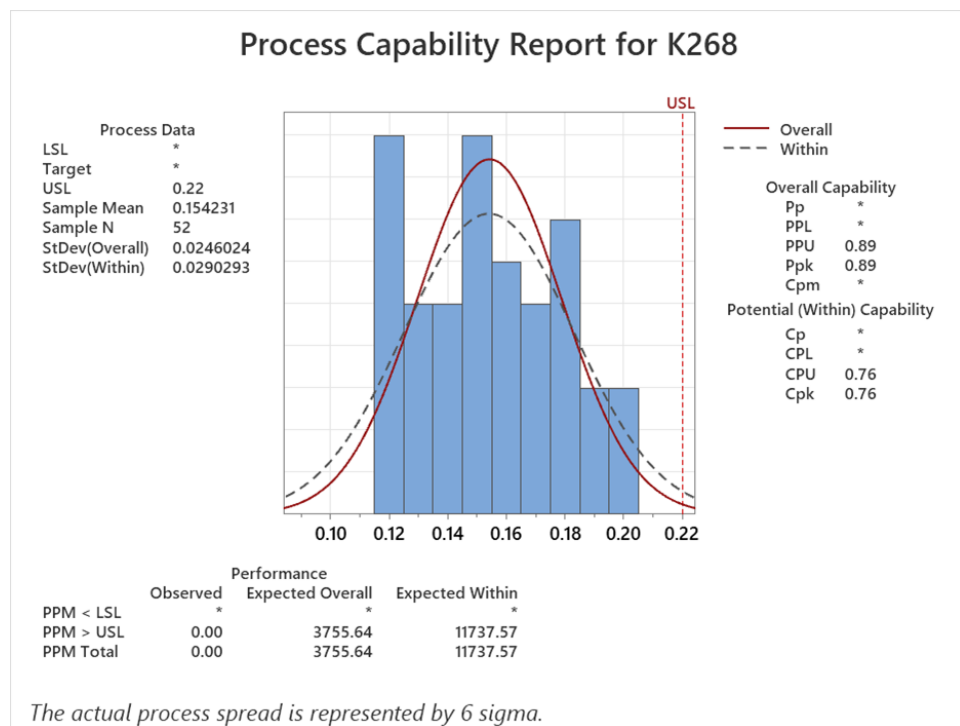
• Δείκτης K268: δεν εντοπίστηκαν σημεία εκτός των ορίων ελέγχου, όμως το $UCL=0,2413$ υπερβαίνει το $USL=0,22$. Συνεπώς, η διεργασία μπορεί να είναι στατιστικά σταθερή και ταυτόχρονα να διαθέτει ανεπαρκές περιθώριο ικανότητας ως προς την προδιαγραφή.

• Δείκτης K232: εντοπίστηκαν δύο ειδικά στατιστικά σήματα στις εβδομάδες 3 (0,61) και 26 (0,55), κάτω από το $LCL=0,7730$. Οι χαμηλές αυτές τιμές δεν συνιστούν από μόνες τους ποιοτική μη συμμόρφωση, αλλά αποτελούν ένδειξη ειδικής αιτίας που πρέπει να διερευνηθεί πριν εξαχθεί οριστικό συμπέρασμα για την ικανότητα της διεργασίας.

• Δείκτης ΔΚ: δεν εντοπίστηκαν σημεία εκτός των ορίων ελέγχου. Η μέση τιμή ήταν περίπου $-0,0019$, σε μεγάλη απόσταση από το $USL=0,01$.

Ανάλυση φασματοφωτομετρικών δεικτών (K268, K232, ΔΚ)

K268



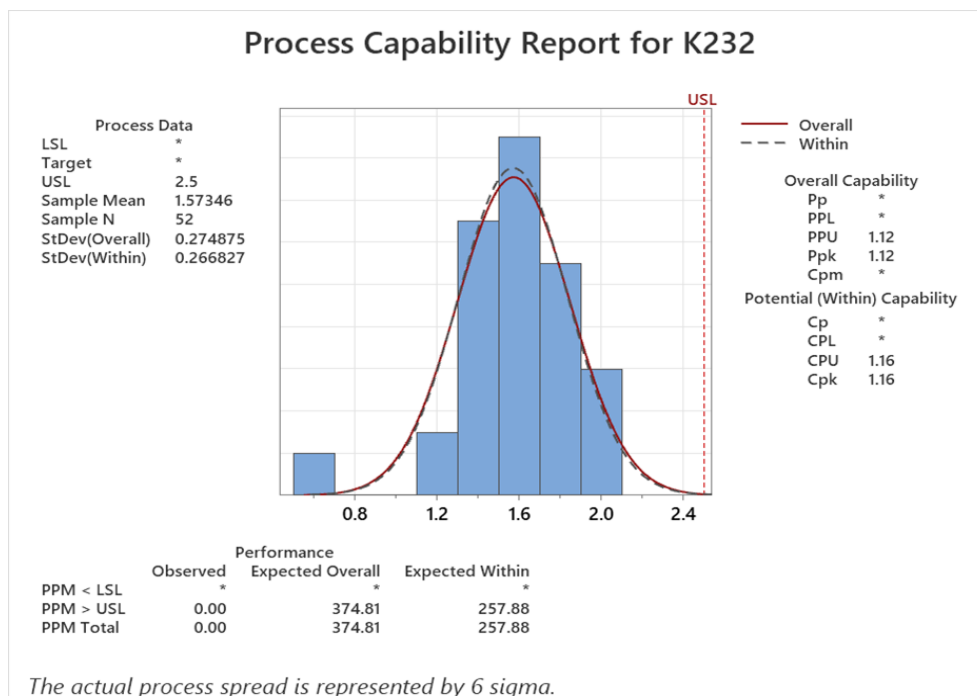
Σχήμα 5.3: Αποτελέσματα K268 δειγμάτων 2025

Για τον φασματοφωτομετρικό δείκτη K268, η μέση τιμή των 52 εβδομαδιαίων μετρήσεων του 2025 ήταν 0,1542, εντός του ανώτατου ορίου προδιαγραφής $USL=0,22$. Δεν εντοπίστηκαν σημεία εκτός των υπολογισμένων ορίων ελέγχου, ωστόσο το $UCL=0,2413$ υπερβαίνει το USL . Ο δείκτης $Ppk=0,89$ υποδηλώνει ανεπαρκές περιθώριο ικανότητας, παρά το γεγονός ότι οι παρατηρούμενες τιμές του δείγματος παρέμειναν εντός της προδιαγραφής.

Υπό την παραδοχή του στατιστικού μοντέλου που χρησιμοποιείται στην ανάλυση ικανότητας, η εκτιμώμενη πιθανότητα υπέρβασης του USL αντιστοιχεί σε περίπου 3.755 PPM. Η τιμή αυτή είναι μοντελοβασισμένη εκτίμηση και όχι παρατηρούμενος αριθμός μη συμμορφούμενων παρτίδων. Το εύρημα δικαιολογεί στενότερη παρακολούθηση των παραγόντων που σχετίζονται με την οξειδωτική σταθερότητα του προϊόντος.

Σε πρακτικό επίπεδο, ενδείκνυται η συστηματική παρακολούθηση των συνθηκών αποθήκευσης και επεξεργασίας στα σχετικά σημεία ελέγχου, με έμφαση στη θερμοκρασία, την έκθεση σε φως και τη λειτουργία της αδρανοποίησης. Η αποτελεσματικότητα τυχόν παρεμβάσεων πρέπει να αξιολογείται με νέα δεδομένα και επανεκτίμηση των διαγραμμάτων και των δεικτών ικανότητας.

K232



Σχήμα 5.4: Αποτελέσματα K232 δειγμάτων 2025

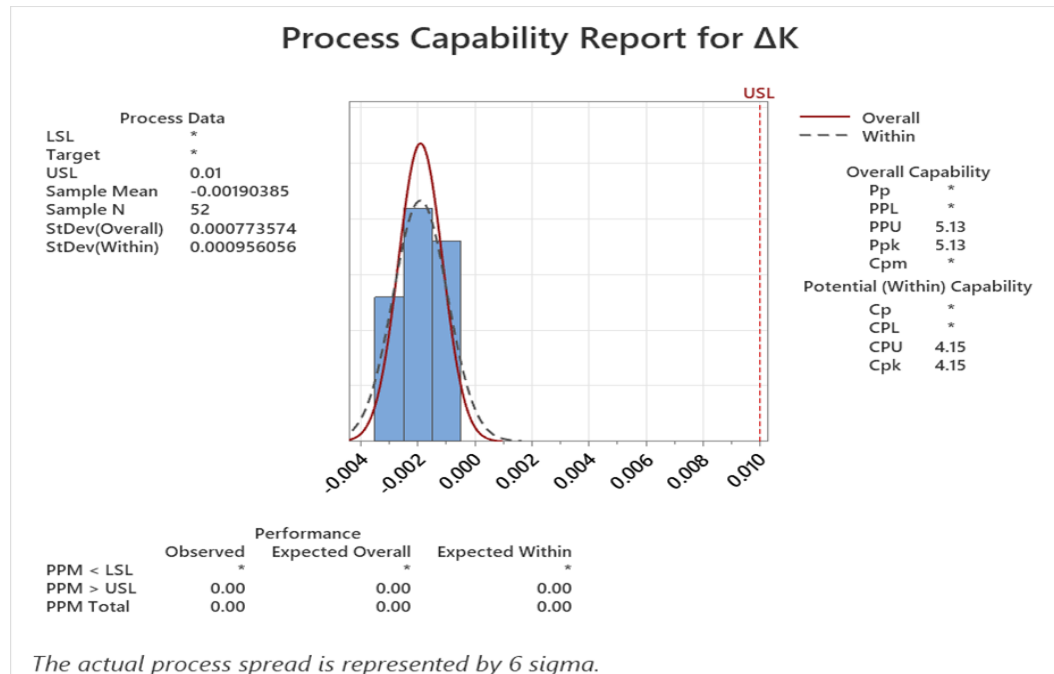
Για τον δείκτη K232, η μέση τιμή των 52 μετρήσεων του 2025 ήταν 1,5735, χαμηλότερη από το $USL=2,50$. Ωστόσο, στο διάγραμμα I-MR εντοπίστηκαν δύο ειδικά στατιστικά σήματα στις εβδομάδες 3 (0,61) και 26 (0,55), κάτω από το $LCL=0,7730$. Οι χαμηλές αυτές τιμές δεν αποτελούν ποιοτική μη συμμόρφωση ως προς το ανώτατο όριο, αλλά δείχνουν ότι η χρονοσειρά δεν είναι πλήρως στατιστικά σταθερή.

Ο υπολογισμένος $Ppk=1,12$ μπορεί να παρουσιαστεί μόνο ως διερευνητική εκτίμηση. Εφόσον υπάρχουν σήματα ειδικών αιτιών, δεν είναι μεθοδολογικά ασφαλές να εξαχθεί οριστικό συμπέρασμα για την ικανότητα της διεργασίας πριν διερευνηθούν τα συγκεκριμένα σημεία και επανεκτιμηθεί η σταθερότητα της σειράς.

Η διερεύνηση θα πρέπει να εστιάσει στα πρωτογενή αρχεία των αντίστοιχων εβδομάδων, στην ιχνηλασιμότητα των παρτίδων και στην επαλήθευση του συστήματος μέτρησης. Μόνο μετά την τεκμηρίωση της αιτίας των σημάτων μπορεί να αξιολογηθεί με μεγαλύτερη αξιοπιστία η μακροχρόνια ικανότητα της παραμέτρου.

Σε επίπεδο διασφάλισης ποιότητας, το εύρημα υποστηρίζει τη συνέχιση της συστηματικής παρακολούθησης του K232 και τη σύνδεση κάθε ειδικού στατιστικού σήματος με τεκμηριωμένη διαδικασία διερεύνησης, χωρίς να αποδίδεται εκ των προτέρων σε συγκεκριμένο μηχανισμό οξείδωσης ή λειτουργική αιτία.

ΔΚ

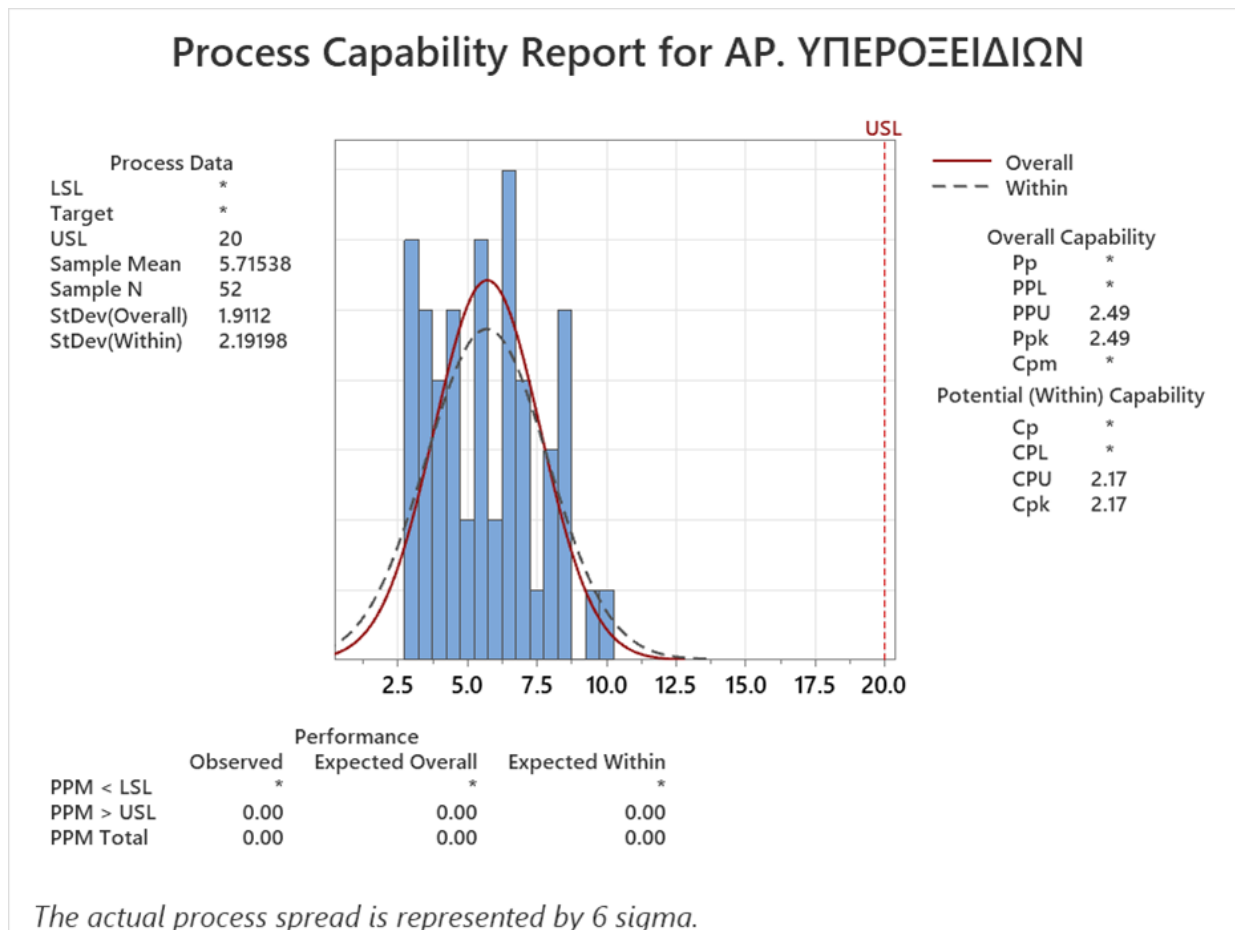


Σχήμα 5.5: Αποτελέσματα ΔΚ δειγμάτων 2025

Για την παράμετρο ΔΚ, η μέση τιμή των 52 εβδομαδιαίων μετρήσεων του 2025 ήταν περίπου $-0,0019$, σε μεγάλη απόσταση από το ανώτατο όριο προδιαγραφής $USL=0,01$. Δεν εντοπίστηκαν σημεία εκτός των υπολογισμένων ορίων ελέγχου και ο δείκτης Ppk υπολογίστηκε σε 5,13, υποδηλώνοντας πολύ υψηλό περιθώριο ικανότητας για την εξεταζόμενη περίοδο.

Η πολύ υψηλή τιμή του Ppk δείχνει ότι, με βάση τα διαθέσιμα δεδομένα και τις παραδοχές του μοντέλου, η πιθανότητα υπέρβασης του USL είναι εξαιρετικά μικρή. Η εμφάνιση 0,00 PPM σε λογισμικό ανάλυσης δεν πρέπει να ερμηνεύεται ως απόλυτη εγγύηση μηδενικού κινδύνου, αλλά ως πολύ μικρή εκτιμώμενη πιθανότητα υπό τις συγκεκριμένες συνθήκες.

Ανάλυση αριθμού υπεροξειδίων



Σχήμα 5.6: Αποτελέσματα αρ. υπεροξειδίων δειγμάτων 2025

Για τον αριθμό υπεροξειδίων, η μέση τιμή των 52 εβδομαδιαίων μετρήσεων του 2025 ήταν 5,715 mEq O₂/kg, σημαντικά χαμηλότερη από το USL=20,0 mEq O₂/kg. Δεν εντοπίστηκαν σημεία εκτός των υπολογισμένων ορίων ελέγχου και ο δείκτης Ppk υπολογίστηκε σε 2,49.

Με βάση το κριτήριο $Ppk \geq 1,33$ που χρησιμοποιείται στην εργασία, η παράμετρος εμφανίζει ικανοποιητικό περιθώριο ικανότητας για την εξεταζόμενη περίοδο. Το αποτέλεσμα είναι συμβατό με σταθερή και επαρκή επίδοση ως προς την προδιαγραφή, χωρίς να τεκμηριώνει από μόνο του αιτιώδη αποτελεσματικότητα συγκεκριμένου προληπτικού μέτρου αποθήκευσης.

5.3 Πρόταση εφαρμογής ψηφιακής ανάλυσης εικόνας

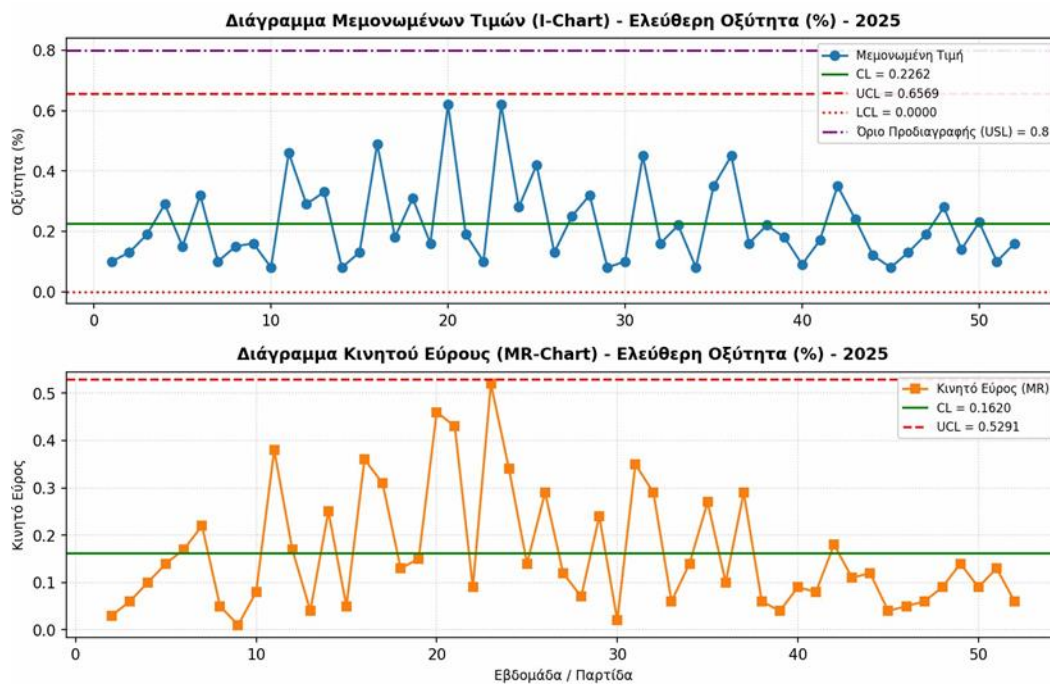
Ως στοιχείο μελλοντικής τεχνολογικής εφαρμογής, προτείνεται η πιλοτική διερεύνηση της ψηφιακής ανάλυσης εικόνας (image analysis) στη γραμμή συσκευασίας. Η σχετική βιβλιογραφία υποστηρίζει ότι οπτικά χαρακτηριστικά μπορούν να μετατραπούν σε ποσοτικές μεταβλητές, όμως η συγκεκριμένη εφαρμογή δεν υλοποιήθηκε εμπειρικά στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης.

Σε ένα πιλοτικό σύστημα θα μπορούσαν να αξιολογούνται χαρακτηριστικά όπως η διαύγεια του ελαιολάδου, το ύψος πλήρωσης και η ορθότητα τοποθέτησης της ετικέτας. Πριν από οποιαδήποτε λειτουργική χρήση απαιτείται επικύρωση του συστήματος ταξινόμησης, καθορισμός κριτηρίων αποδοχής και αξιολόγηση της επαναληψιμότητας των μετρήσεων.

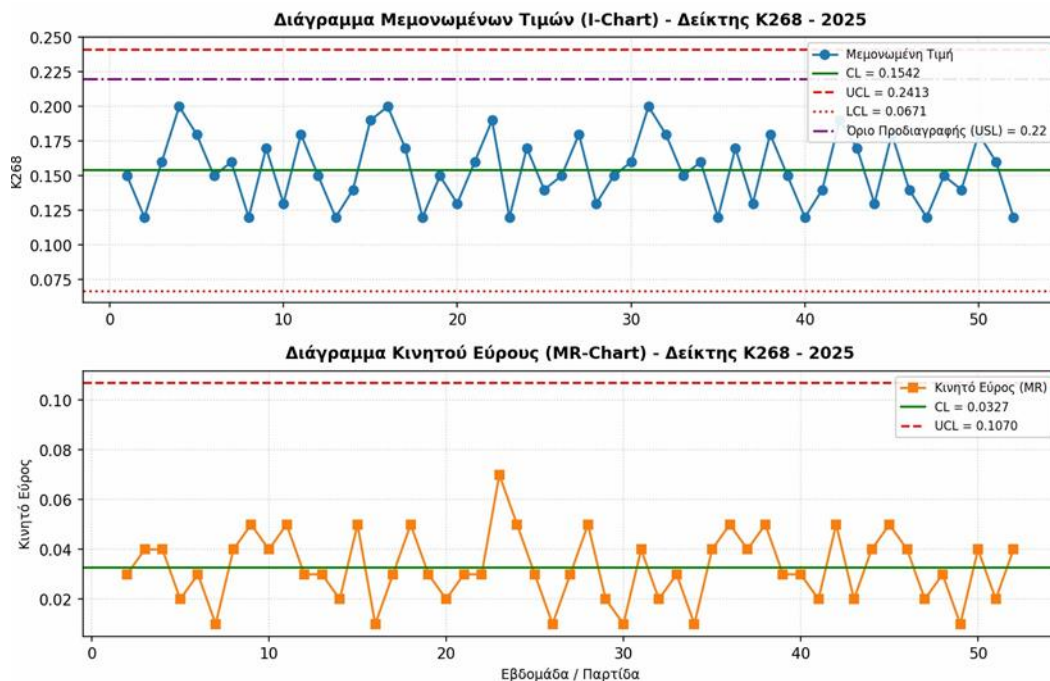
Εφόσον η μέθοδος επικυρωθεί, τα δεδομένα οπτικών μη συμμορφώσεων μπορούν να ομαδοποιούνται ανά παρτίδα και να τροφοδοτούν p-charts ή άλλα κατάλληλα διαγράμματα χαρακτηριστικών. Με τον τρόπο αυτό η ψηφιακή ανάλυση εικόνας θα μπορούσε να λειτουργήσει συμπληρωματικά στο SPC ως εργαλείο συστηματικής παρακολούθησης και όχι ως υποκατάστατο της τεχνικής διερεύνησης.

*Σημείωση: όταν το θεωρητικά υπολογισμένο κάτω όριο ελέγχου είναι αρνητικό για μια φυσικά μη αρνητική μεταβλητή, το αρνητικό όριο δεν έχει φυσική ερμηνεία. Στα διαγράμματα μπορεί να παρουσιάζεται λειτουργικά ως 0, χωρίς αυτό να μεταβάλλει τον αρχικό στατιστικό υπολογισμό.

«Ειρήνη Τηλιγάδα» «Εφαρμογή στατιστικού ελέγχου διεργασιών στη συσκευασία τροφίμων με μελέτη περίπτωσης στο εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο»

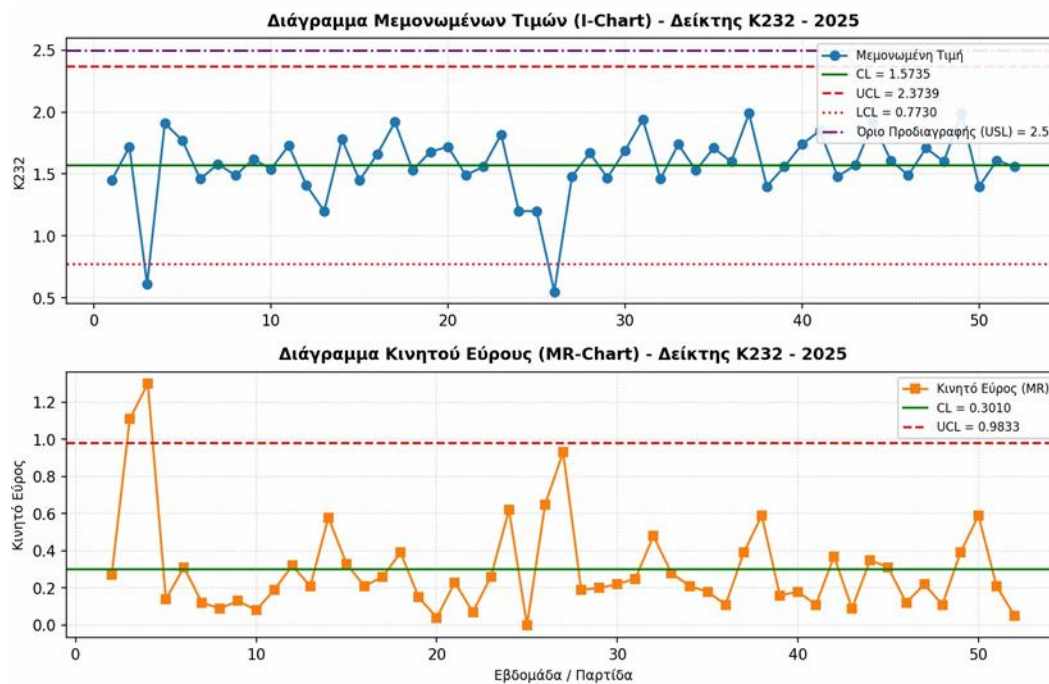


Σχήμα 5.7: Διάγραμμα Ελέγχου I-MR

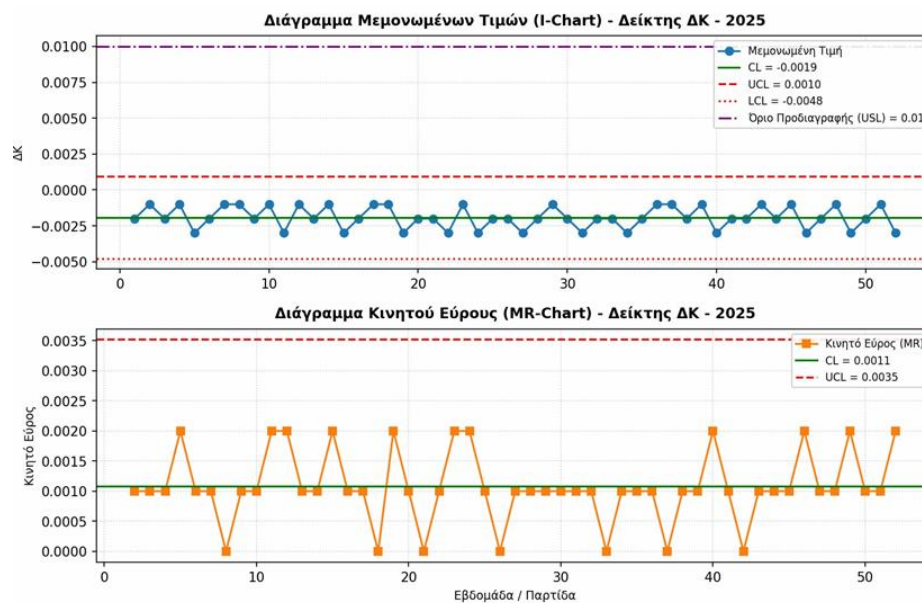


Σχήμα 5.8: Διάγραμμα Ελέγχου I-MR για τον Φασματοφωτομετρικό Δείκτη K268 (2025)

«Ειρήνη Τηλιγάδα» «Εφαρμογή στατιστικού ελέγχου διεργασιών στη συσκευασία τροφίμων με μελέτη περίπτωσης στο εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο»

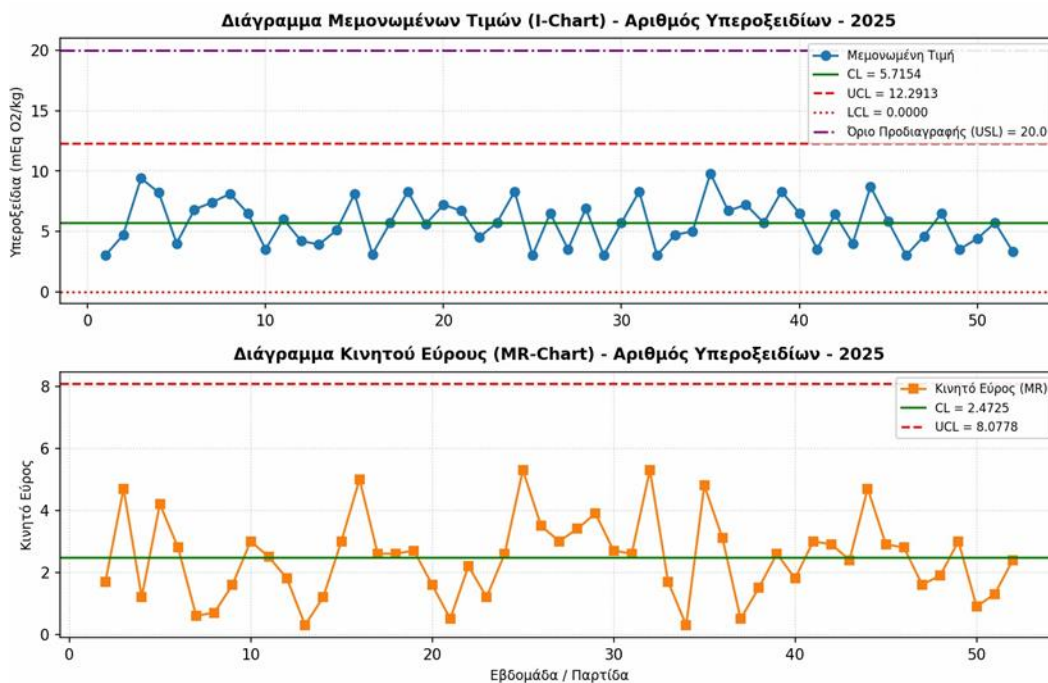


Σχήμα 5.9: Διάγραμμα Ελέγχου I-MR για τον Φασματοφωτομετρικό Δείκτη K232 (2025)



Σχήμα 5.10: Διάγραμμα Ελέγχου I-MR για τον Φασματοφωτομετρικό Δείκτη ΔΚ (2025)

«Ειρήνη Τηλιγάδα» «Εφαρμογή στατιστικού ελέγχου διεργασιών στη συσκευασία τροφίμων με μελέτη περίπτωσης στο εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο»



Σχήμα 5.11: Διάγραμμα Ελέγχου I-MR για τον Αριθμό Υπεροξειδίων (2025)

Παράμετρος	Μέση	LCL	UCL	USL	Cpk	Ppk	Στατιστικά Σήματα
Οξύτητα	0.2262	0.0000	0.6569	0.80	1.33	1.40	Καμα εκτός ελέγχου ένδειξη
K268	0.1542	0.0671	0.2413	0.22	0.76	0.89	Καμα εκτός ελέγχου ένδειξη
K232	1.5735	0.7730	2.3739	2.50	1.16	1.12	Στατιστικά σήματα εβδ. 3 και 26
ΔΚ	-0.0019	-0.0048	0.0010	0.01	4.15	5.13	Καμία εκτός ελέγχου ένδειξη
Υπεροξειδία	5.7154	0.0000	12.2913	20.00	2.17	2.49	Καμία εκτός ελέγχου ένδειξη

Πίνακας 5.2: Όρια Διαγραμμάτων I-MR και Δείκτες Ικανότητας/Απόδοσης Χημικών Παραμέτρων (2025)

5.4 Καθαρό βάρος πλήρωσης 2025

Για το καθαρό βάρος πλήρωσης του 2025 αναλύθηκαν διερευνητικά 22 διαθέσιμες υποομάδες ($n=5$). Η συνολική μέση τιμή των υποομάδων ήταν $\bar{X}=472,1$ g και το μέσο εύρος $\bar{R}=47,3$ g. Ο περιορισμένος αριθμός υποομάδων δεν επιτρέπει γενίκευση στο σύνολο της ετήσιας παραγωγής, αλλά παρέχει σαφή ένδειξη της κατάστασης της διεργασίας στις εξεταζόμενες παρατηρήσεις.

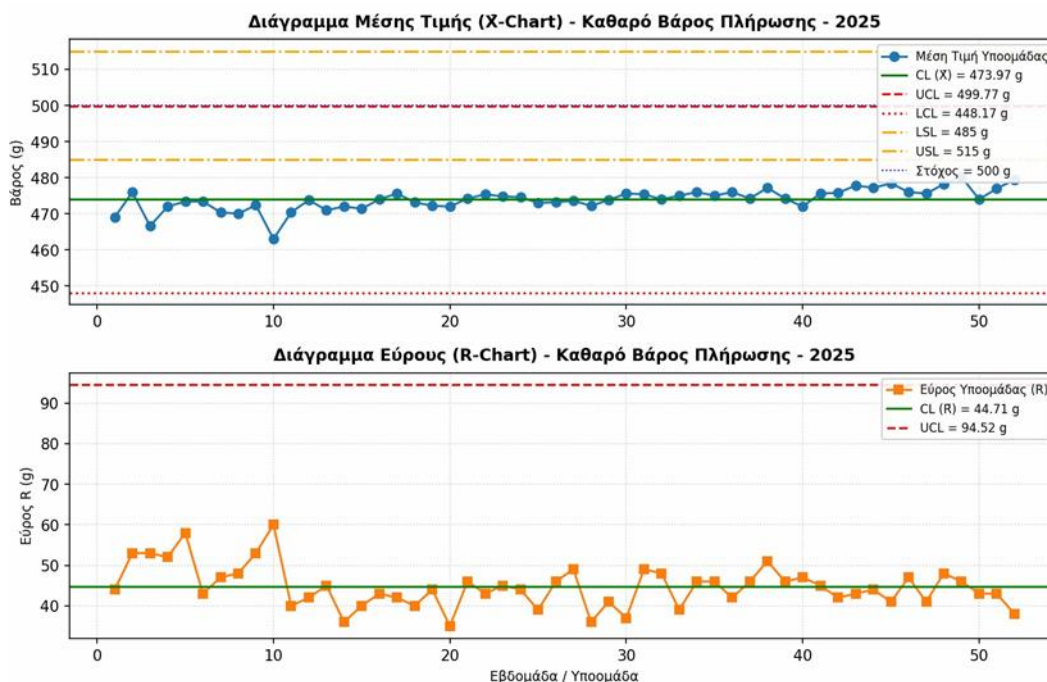
Με $A2=0,577$ για $n=5$, τα όρια του διαγράμματος $\bar{X}$ υπολογίζονται περίπου σε $LCL=444,8$ g και $UCL=499,4$ g. Για τις 11 εξεταζόμενες υποομάδες δεν εμφανίζονται σημεία εκτός αυτών των ορίων.

«Ειρήνη Τηλιγάδα» «Εφαρμογή στατιστικού ελέγχου
διεργασιών στη συσκευασία τροφίμων με μελέτη περίπτωσης στο εξαιρετικό παρθένο
ελαιόλαδο»

Παρά τη στατιστική σταθερότητα των εξεταζόμενων υποομάδων, η διεργασία ήταν σαφώς μη ικανή ως προς τις προδιαγραφές 500 ± 15 g (LSL=485 g, USL=515 g): $P_p \approx 0,28$ και $P_{pk} \approx -0,24$. Περίπου 69,1% των μεμονωμένων μετρήσεων ήταν κάτω από το LSL. Το εύρημα αναδεικνύει τη θεμελιώδη διάκριση μεταξύ στατιστικής σταθερότητας και ικανότητας: μια προβλέψιμη διεργασία μπορεί να είναι συστηματικά λανθασμένα κεντραρισμένη.

Ημερομηνία	x1 (g)	x2 (g)	x3 (g)	x4 (g)	x5 (g)	$\bar{X}$ (g)	R (g)
02/01/2025	455	480	492	448	470	469.0	44
09/01/2025	490	465	442	488	495	476.0	53
16/01/2025	445	458	472	498	460	466.6	53
23/01/2025	475	492	485	440	468	472.0	52
30/01/2025	500	442	465	478	482	473.4	58
06/02/2025	496	472	464	482	453	473.4	43
13/02/2025	478	492	464	473	445	470.4	47
20/02/2025	457	496	466	448	483	470.0	48
27/02/2025	485	475	445	459	498	472.4	53
06/03/2025	440	468	500	442	465	463.0	60
13/03/2025	465	481	449	468	489	470.4	40

Πίνακας 5.3: Δεδομένα Καθαρού Βάρους Πλήρωσης (n=5) Έτους 2025



Σχήμα 5.12: Διάγραμμα Ελέγχου $\bar{X}$ -R για το Καθαρό Βάρος Πλήρωσης (2025)

5.5 Ποσοτική ανάλυση και διαγράμματα ελέγχου έτους 2026

Για το έτος 2026 αναλύθηκαν δύο διακριτά σύνολα δεδομένων μετά τις καταγεγραμμένες ρυθμίσεις. Για τις χημικές παραμέτρους χρησιμοποιήθηκαν 21 πραγματικές εργαστηριακές παρατηρήσεις ($n=1$), από 06/01/2026 έως 28/05/2026, οι οποίες αντιστοιχούν στις αποδεσμεύσεις παρτίδων και χρησιμοποιήθηκαν αυτούσιες στα διαγράμματα I-MR. Για το καθαρό βάρος πλήρωσης αναλύθηκαν χωριστά 22 εβδομαδιαίες υποομάδες ($n=5$). Η σύγκριση με το 2025 χρησιμοποιείται ως παρατηρησιακή αξιολόγηση πριν-μετά και δεν επιτρέπει από μόνη της ασφαλή αιτιώδη απόδοση τυχόν διαφορών σε μία συγκεκριμένη παρέμβαση.

1. Χημικές Παράμετροι: ο επανυπολογισμός με βάση τις 21 πραγματικές εργαστηριακές μετρήσεις του 2026 έδωσε την ακόλουθη εικόνα. Η οξύτητα παρέμεινε στατιστικά σταθερή με μέση τιμή 0,2105% και $Prk \approx 2,20$. Ο αριθμός υπεροξειδίων είχε μέση τιμή 5,33 mEq O_2/kg και $Prk \approx 2,78$, ενώ ο ΔΚ είχε μέση τιμή -0,00162 και $Prk \approx 5,23$. Ο K268 δεν εμφάνισε ειδικά σήματα, όμως $Prk \approx 0,87$ και $UCL \approx 0,2418 > USL = 0,22$, επομένως η διεργασία δεν διαθέτει επαρκές περιθώριο ικανότητας ως προς τη συγκεκριμένη προδιαγραφή. Για τον K232 υπολογίστηκε $Prk \approx 1,20$, αλλά η 3η παρατήρηση (20/01/2026, τιμή 0,61) βρίσκεται κάτω από το $LCL \approx 0,7862$ και συνοδεύεται από δύο σήματα στο διάγραμμα MR, άρα η εκτίμηση

ικανότητας πρέπει να ερμηνεύεται με επιφύλαξη μέχρι να διερευνηθεί η ειδική αιτία. Τα πλήρη αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.4.

Για $N=21$

Παράμετρος	Μέση	LCL	UCL	USL	Cpk	Ppk	Στατιστικά σήματα
Οξύτητα	0,2105	-0,0542	0,4751	0,80	2,23	2,20	Καμία ένδειξη
K268	0,1567	0,0715	0,2418	0,22	0,74	0,87	Καμία ένδειξη
K232	1,5576	0,7862	2,3290	2,50	1,22	1,20	I: παρατ. 3 · MR: 3-4
ΔΚ	-0,00162	-0,00428	0,00104	0,01	4,37	5,23	Καμία ένδειξη
Υπεροξειδία	5,3333	-0,6384	11,3050	20,00	2,46	2,78	Καμία ένδειξη

Πίνακας 5.4: Αποτελέσματα I-MR και δείκτες ικανότητας/απόδοσης χημικών παραμέτρων (2026)

Σημείωση: Τα αρνητικά LCL στην οξύτητα και στα υπεροξειδία είναι θεωρητικά στατιστικά όρια. Οι φυσικές τιμές των παραμέτρων αυτών δεν μπορούν να είναι αρνητικές. Για τον K232, η ύπαρξη ειδικού σήματος προηγείται της οριστικής ερμηνείας του δείκτη ικανότητας.

5.5.1 Συνολική αξιολόγηση της φυσικοχημικής ποιότητας του ελαιόλαδου (2026)

Από πλευράς φυσικοχημικής συμμόρφωσης, η εικόνα των 21 αποδεσμευμένων παρτίδων του 2026 είναι ιδιαίτερα θετική. Και οι 21 μετρήσεις βρίσκονται εντός όλων των εξεταζόμενων ανώτατων ορίων προδιαγραφής. Η μέση οξύτητα ήταν 0,2105%, δηλαδή περίπου το 26% του ανώτατου ορίου 0,80%, ενώ ο μέσος αριθμός υπεροξειδίων ήταν

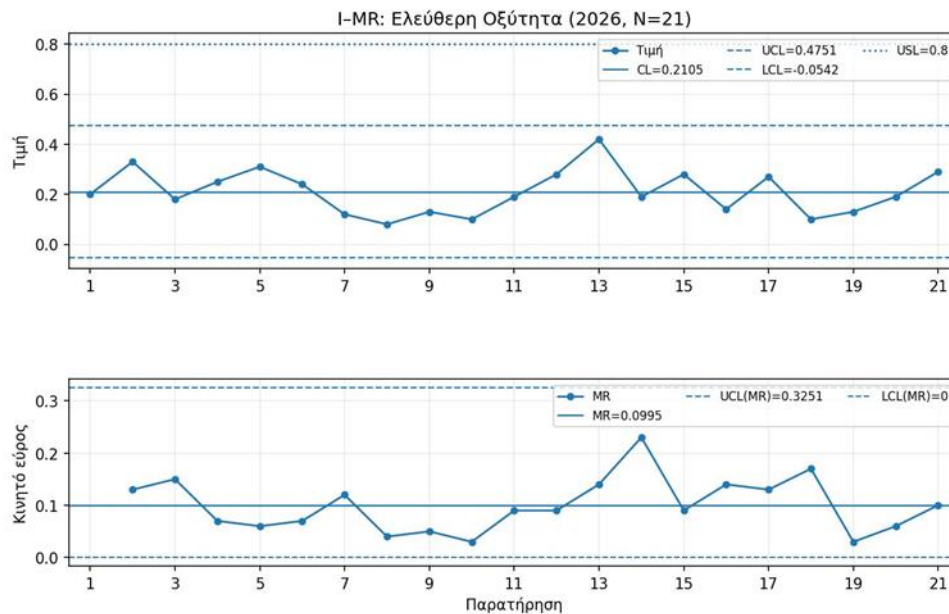
$$5,33 \text{ mEq O}_2/\text{kg},$$

περίπου το 27% του ορίου 20 mEq O₂/kg. Οι μέσες τιμές K232=1,5576, K268=0,1567 και ΔΚ=-0,00162 βρίσκονται επίσης εντός των αντίστοιχων ορίων. Συνεπώς, οι εργαστηριακές αποδεσμεύσεις της περιόδου τεκμηριώνουν σταθερά πολύ καλή φυσικοχημική εικόνα και υψηλό επίπεδο συμμόρφωσης του ελαιόλαδου της εταιρίας. Η διαπίστωση αυτή αφορά τις εξεταζόμενες φυσικοχημικές παραμέτρους και δεν υποκαθιστά τα λοιπά κριτήρια που απαιτούνται για την πλήρη εμπορική

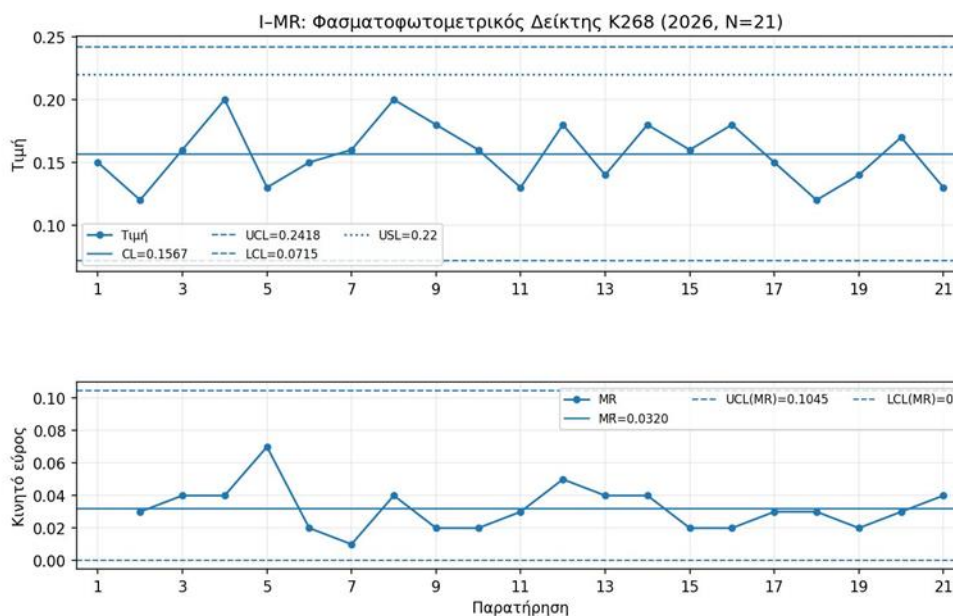
κατηγοριοποίηση του ελαιόλαδου, συμπεριλαμβανομένης της οργανοληπτικής αξιολόγησης. Ειδικότερα, σύμφωνα με τον Κανονισμό (ΕΕ) 2022/2104, η πλήρης εμπορική κατηγοριοποίηση ενός ελαιολάδου ως "Εξαιρετικό Παρθένο" απαιτεί, πέρα από τη φυσικοχημική συμμόρφωση, την οργανοληπτική αξιολόγηση από διαπιστευμένη ομάδα δοκιμαστών (Panel Test), η οποία πιστοποιεί την απουσία οργανοληπτικών ελαττωμάτων και την παρουσία του φρουτώδους χαρακτηριστικού. Από πλευράς SPC, ο K268 παραμένει σημείο αυξημένης προσοχής: το γεγονός ότι όλες οι παρτίδες συμμορφώθηκαν δεν αναιρεί το περιορισμένο περιθώριο ικανότητας της διεργασίας ($Ppk \approx 0,87$).

Καθαρό Βάρος Πλήρωσης: το διάγραμμα $\bar{X}$ -R του 2026 δείχνει σαφή επανακέντρωση της διεργασίας στον στόχο των 500 g. Η κεντρική γραμμή του $\bar{X}$ -chart είναι περίπου 500,09 g και το μέσο εύρος περίπου 4,45 g. Με βάση την ποσοτική ανάλυση της ενότητας, $Pp \approx 2,80$ και $Ppk \approx 2,79$. Οι 22 υποομάδες βρίσκονται εντός των υπολογισμένων ορίων ελέγχου και εντός των ορίων προδιαγραφής, γεγονός που υποστηρίζει σημαντική βελτίωση της σταθερότητας, του κεντραρίσματος και της ικανότητας σε σχέση με τις 11 εξεταζόμενες υποομάδες του 2025.

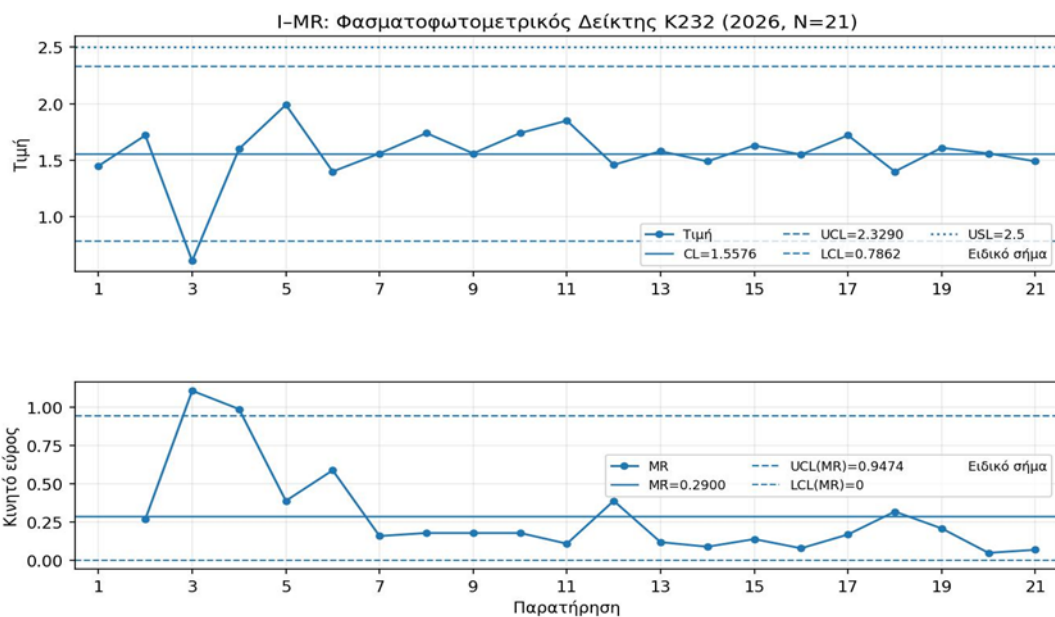
Η συγκριτική αξιολόγηση του καθαρού βάρους πλήρωσης μεταξύ των ετών 2025 και 2026 αναδεικνύει την άμεση οικονομική διάσταση της ποιότητας (Cost of Quality - CoQ). Κατά το 2025, η συστηματική υποπλήρωση (μέση τιμή 472,1 g, με το 69,1% των παρατηρήσεων κάτω από το LSL των 485 g) εξέθετε την επιχείρηση σε υψηλό ρίσκο εξωτερικού κόστους αστοχίας, όπως διοικητικά πρόστιμα αγορανομικών ελέγχων, ανάκληση παρτίδων και ανεπανόρθωτη βλάβη της εταιρικής φήμης. Αντίθετα, στο 2026, μετά τη μηχανολογική ρύθμιση του δοσομετρικού (μέση τιμή 500,1 g, $Ppk \approx 2,79$), εξαλείφθηκε ο κίνδυνος υποπλήρωσης. Ωστόσο, αναδεικνύεται η ανάγκη παρακολούθησης του κόστους υπερπλήρωσης (giveaway cost): τυχόν συστηματική απόκλιση άνω του στόχου (π.χ. στα 505 g αντί για 500 g) συνεπάγεται "δωρεάν παροχή" 5 g ελαιόλαδου ανά φιάλη, το οποίο σε μια παραγωγή 100.000 φιαλών ισοδυναμεί με 500 kg εξαιρετικού παρθένου ελαιόλαδου υψηλής χρηματικής αξίας.



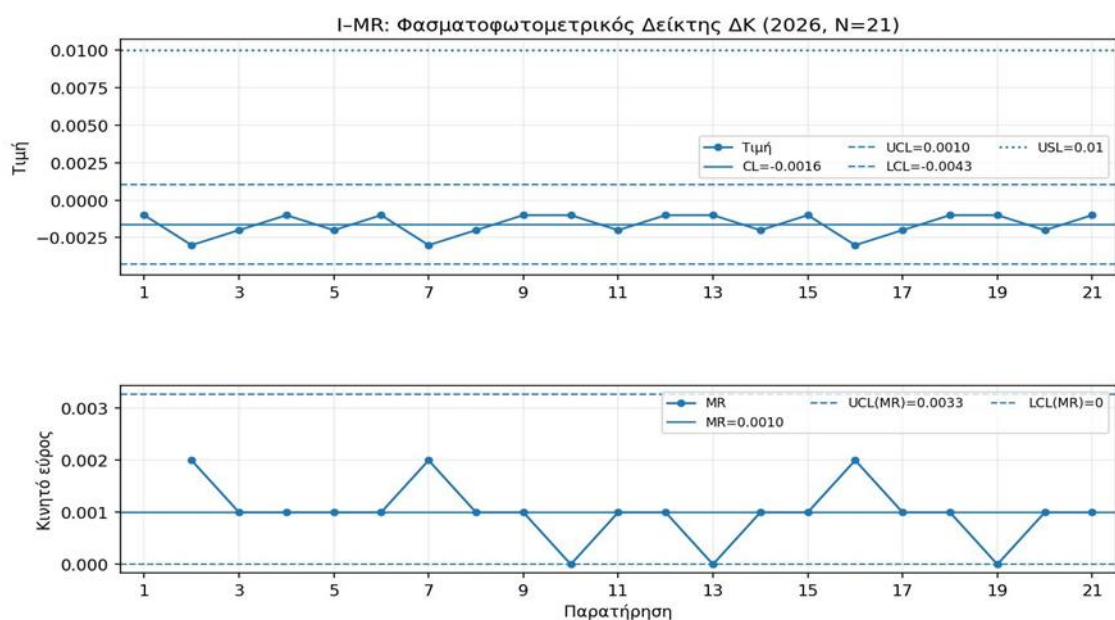
Σχήμα 5.13: Διάγραμμα Ελέγχου I-MR για την Ελεύθερη Οξύτητα (2026)



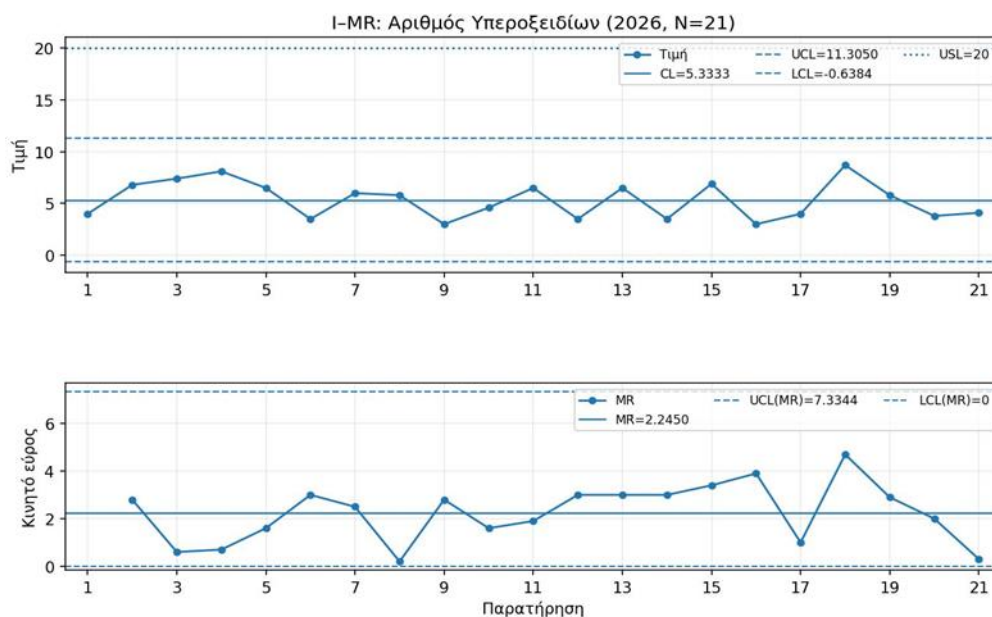
Σχήμα 5.14: Διάγραμμα Ελέγχου I-MR για την Ελεύθερη Οξύτητα (2026)



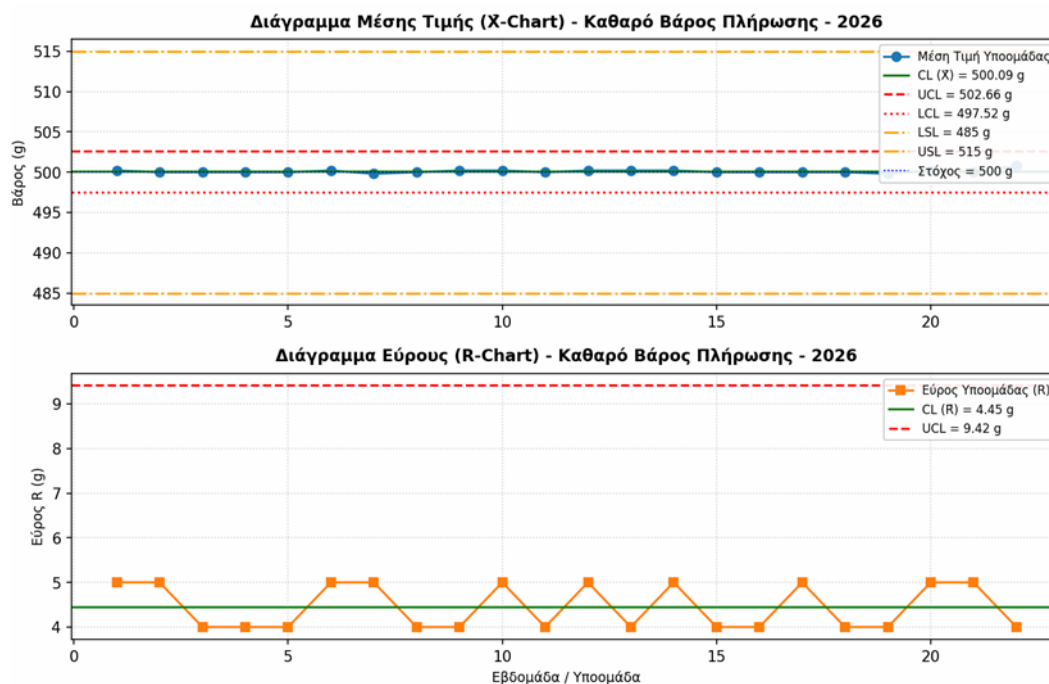
Σχήμα 5.15: Διάγραμμα Ελέγχου I-MR για τον Φασματοφωτομετρικό Δείκτη K232 (2026)



Σχήμα 5.16: Διάγραμμα Ελέγχου I-MR για τον Φασματοφωτομετρικό Δείκτη ΔΚ (2026)



Σχήμα 5.17: Διάγραμμα Ελέγχου I-MR για τον Αριθμό Υπεροξειδίων (2026)



Σχήμα 5.18: Διάγραμμα Ελέγχου $\bar{X}$ -R για το Καθαρό Βάρος Πλήρωσης (2026)

5.6 Πρακτική διασύνδεση με το HACCP

Με βάση τα στατιστικά αποτελέσματα, διαμορφώνεται ένας πρακτικός πίνακας σύνδεσης των ευρημάτων του SPC με τις ενέργειες επαλήθευσης (verification) και τις διορθωτικές ενέργειες του HACCP (Πίνακας 5.5):

Εύρημα SPC	Σημείο Ελέγχου	Στατιστική Ερμηνεία	Άμεση Διορθωτική Ενέργεια	Τρόπος Επαλήθευσης (Verification)
K268: Ppk = 0.89 (USL = 0.22)	CP5 (Αποθήκευση)	Σταθερή, αλλά με ανεπαρκές περιθώριο ικανότητας ως προς το USL	Έλεγχος θερμοκρασίας και φωτισμού, επαλήθευση συνθηκών αδρανοποίησης/αζώτου	Αυξημένη παρακολούθηση τάσεων και επανεκτίμηση Ppk μετά από επαρκή νέα δεδομένα
K232: Ειδικά σήματα εβδ. 3 & 26	CP1 (Παραλαβή)	Στατιστικό σήμα ειδικής αιτίας· όχι κατ' ανάγκη ποιοτική μη συμμόρφωση	Διερεύνηση πρωτογενών αρχείων, παρτίδων και οργάνων μέτρησης	Επαλήθευση βαθμονόμησης φασματοφωτομέτρου
Βάρος 2025: Ppk = -0.24 (LSL = 485 g)	CP7 (Filling)	Σταθερή αλλά εντελώς ανίκανη	Άμεση διακοπή γραμμής, ρύθμιση	Συλλογή 22 νέων υποομάδων (n=5),
		διεργασία (υποπλήρωση)	δοσομετρικού, βαθμονόμηση ζυγού	νέα μελέτη ικανότητας
Οξύτητα, ΔΚ, Υπεροξειδία (Ppk > 1.33)	CP1 / CP5	Σταθερή και ικανή διεργασία (χαμηλός κίνδυνος)	Διατήρηση των υφιστάμενων προληπτικών μέτρων, καμία άμεση παρέμβαση	Περιοδικός έλεγχος τάσεων (trends) ανά εξάμηνο

Πίνακας 5.5: Πρακτική Σύνδεση Στατιστικών Ευρημάτων με Ενέργειες Επαλήθευσης HACCP

5.7 Πρόταση εφαρμογής ψηφιακής ανάλυσης εικόνας

Ως στοιχείο τεχνολογικής καινοτομίας και επιστημονικής πρωτοτυπίας, προτείνεται ο σχεδιασμός ενός πιλοτικού συστήματος ψηφιακής ανάλυσης εικόνας (image analysis) στη γραμμή συσκευασίας της Mer des Oliviers de Delphes, βασισμένου στις επιστημονικές αρχές των Fuentes et al. (2022). Η τεχνολογία αυτή επιτρέπει τη μετατροπή των οπτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών της φιάλης και της ετικέτας σε αριθμητικές, στατιστικά επεξεργάσιμες μεταβλητές.

Πρακτικό πλάνο εφαρμογής:

Εγκατάσταση κάμερας CCD υψηλής ευκρίνειας αμέσως μετά τη μηχανή επικόλλησης ετικετών (CP8), σε σταθερό θάλαμο φωτισμού LED για την αποφυγή περιβαλλοντικών διακυμάνσεων.

- Το λογισμικό ανάλυσης εικόνας θα επεξεργάζεται κάθε διερχόμενη φιάλη σε πραγματικό χρόνο, αξιολογώντας τρεις κρίσιμες μεταβλητές: (α) τη διαύγεια του ελαιόλαδου (ανίχνευση θολότητας ή αιωρούμενων σωματιδίων, ένδειξη αστοχίας του φίλτρου CP6), (β) το ύψος πλήρωσης στο λαιμό (CP7), και (γ) την ορθότητα της ετικέτας (ευθυγράμμιση, απουσία πτυχώσεων). Για τις μεταβλητές αυτές ορίζονται συγκεκριμένα ποσοτικά όρια αποδοχής/απόρριψης: (1) Μέγιστη επιτρεπόμενη κατακόρυφη απόκλιση ετικέτας $\leq 2,0$ mm, (2) Απόσταση στάθμης πλήρωσης από το στόμιο μεταξύ 12 mm και 18mm και (3) Κατώφλι φωτεινότητας (gray-level thresholding) για την ανίχνευση θολότητας διαύγειας. Οποιοσδήποτε τιμές εκτός ορίων ταξινομούνται αυτόματα ως μη συμμορφούμενες μονάδες
- Κάθε οπτική απόκλιση θα καταγράφεται αυτόματα ως «μη συμμορφούμενη μονάδα». Τα δεδομένα αυτά θα ομαδοποιούνται ανά παρτίδα (π.χ. ανά 1.000 φιάλες) και θα εισάγονται στο σύστημα SPC της μονάδας για τη δημιουργία Διαγραμμάτων Ελέγχου Κλάσματος Μη Συμμορφούμενων (p-charts). Αυτό θα επιτρέψει τον προληπτικό εντοπισμό φθορών στον εξοπλισμό (π.χ. στην κεφαλή της ετικετέζας) πριν την παραγωγή μεγάλου αριθμού ελαττωματικών συσκευασιών (Fuentes et al., 2022).

6. ΣΥΖΗΤΗΣΗ, ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

6.1 Συζήτηση και συνθετική αξιολόγηση ευρημάτων

Τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν ότι η ορθή εφαρμογή του SPC προϋποθέτει σαφή διάκριση μεταξύ μεταβλητών προϊόντος και μεταβλητών διεργασίας. Για τις χημικές παραμέτρους με μία μέτρηση ανά χρονική στιγμή ($n=1$), τα διαγράμματα I-MR είναι κατάλληλα για την παρακολούθηση της χρονικής μεταβλητότητας. Για το καθαρό βάρος πλήρωσης, όπου υπάρχουν υποομάδες $n=5$, τα διαγράμματα $\bar{X}$ -R επιτρέπουν ταυτόχρονη αξιολόγηση του κεντραρίσματος και της ενδοϋποομαδικής διασποράς. Η διαφοροποίηση αυτή αποτελεί βασικό μεθοδολογικό στοιχείο της μελέτης.

Η ανάλυση του καθαρού βάρους του 2025 αναδεικνύει με σαφήνεια ότι η στατιστική σταθερότητα δεν ταυτίζεται με την ικανότητα διεργασίας. Στις 11 διαθέσιμες υποομάδες δεν εμφανίζονται σημεία εκτός των ορίων ελέγχου, όμως η μέση τιμή 472,1 g βρίσκεται σημαντικά κάτω από τον στόχο των 500 g και ο $Ppk \approx -0,24$. Επομένως, η διεργασία ήταν προβλέψιμη στις εξεταζόμενες παρατηρήσεις αλλά μη ικανή να ικανοποιεί τις προδιαγραφές 500 ± 15 g. Η ερμηνεία αυτή είναι ισχυρότερη από έναν απλό έλεγχο συμμόρφωσης, επειδή διαχωρίζει τη συμπεριφορά της διεργασίας από τις εξωτερικά καθορισμένες απαιτήσεις.

Για τις χημικές παραμέτρους του 2025, οι δείκτες Ppk ήταν 1,40 για την οξύτητα, 0,89 για τον K268, 1,12 για τον K232, 5,13 για το ΔΚ και 2,49 για τα υπεροξείδια. Η οξύτητα, το ΔΚ και τα υπεροξείδια παρουσίασαν ικανοποιητικό περιθώριο ως προς τα αντίστοιχα USL. Ο K268 εμφάνισε ανεπαρκή ικανότητα παρά το γεγονός ότι οι παρατηρούμενες τιμές παρέμεναν εντός προδιαγραφής. Στον K232 εντοπίστηκαν ειδικά στατιστικά σήματα στις εβδομάδες 3 και 26. Επειδή η παρουσία ειδικών αιτιών παραβιάζει βασική προϋπόθεση της ανάλυσης ικανότητας, το $Ppk=1,12$ για τον K232 πρέπει να αντιμετωπίζεται ως διερευνητική και όχι οριστική εκτίμηση.

Η επανάλυση των πραγματικών χημικών δεδομένων του 2026 δεν υποστηρίζει έναν ενιαίο ισχυρισμό «συνολικής βελτίωσης» για όλες τις χημικές παραμέτρους. Η οξύτητα ($Ppk \approx 2,20$), τα υπεροξείδια ($Ppk \approx 2,78$) και ο ΔΚ ($Ppk \approx 5,23$) παρουσιάζουν πολύ ικανοποιητική έως εξαιρετική απόσταση από τα αντίστοιχα ανώτατα όρια. Ο K268, αντίθετα, παραμένει το ασθενέστερο σημείο της διεργασίας με $Ppk \approx 0,87$, δηλαδή ουσιαστικά παρόμοια και οριακά χαμηλότερη επίδοση από το 2025 ($Ppk \approx 0,89$), ενώ ο K232 παρουσιάζει ειδικό στατιστικό σήμα και δεν πρέπει να αξιολογηθεί μόνο μέσω του $Ppk \approx 1,20$. Παρά τα παραπάνω, και οι 21 πραγματικές αποδεσμεύσεις του 2026 συμμορφώνονται με όλα τα εξεταζόμενα φυσικοχημικά όρια, στοιχείο που υποστηρίζει ιδιαίτερα καλή φυσικοχημική ποιότητα του προϊόντος κατά την εξεταζόμενη περίοδο. Στο καθαρό βάρος, αντίθετα, η μετατόπιση της μέσης τιμής περίπου στα 500,1 g και ο $Ppk \approx 2,79$ τεκμηριώνουν σαφή λειτουργική βελτίωση

της γραμμής πλήρωσης. Η σύγκριση πριν–μετά παραμένει παρατηρησιακή και δεν αποδεικνύει από μόνη της αιτιότητα.

6.2 Απαντήσεις στα ερευνητικά ερωτήματα της διατριβής

Με βάση τα δεδομένα και τους περιορισμούς της μελέτης περίπτωσης, τα τέσσερα ερευνητικά ερωτήματα απαντώνται ως εξής:

Ως προς το πρώτο ερευνητικό ερώτημα, οι μεταβλητές κατατάσσονται σε δύο διακριτές κατηγορίες. Οι χημικές παράμετροι ποιότητας (οξύτητα, υπεροξειδία, K232, K268 και ΔK) παρακολουθούνται με μία μέτρηση ανά χρονική στιγμή και αναλύονται με I–MR. Το καθαρό βάρος πλήρωσης αποτελεί λειτουργική μεταβλητή της γραμμής και, με υποομάδες $n=5$, αναλύεται με $\bar{X}$ –R. Η αντιστοίχιση εργαλείου και δομής δεδομένων αποτελεί βασική προϋπόθεση για έγκυρη εφαρμογή του SPC.

Ως προς το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα, το 2025 δεν εντοπίστηκαν σήματα εκτός ελέγχου στην οξύτητα, στον K268, στο ΔK και στα υπεροξειδία, ενώ ο K232 εμφάνισε ειδικά σήματα. Οι αντίστοιχες τιμές Ppk ήταν 1,40, 0,89, 5,13 και 2,49, ενώ για τον K232 το Ppk=1,12 είχε διερευνητικό χαρακτήρα λόγω της μη σταθερής χρονοσειράς. Για το 2026, με βάση τις 21 πραγματικές εργαστηριακές αποδεσμεύσεις, οι τιμές Ppk ήταν περίπου 2,20 για την οξύτητα, 0,87 για τον K268, 1,20 για τον K232, 5,23 για το ΔK και 2,78 για τα υπεροξειδία. Ο K268 παρέμεινε μη ικανός ως προς το κριτήριο 1,33 και ο K232 παρουσίασε ειδικό σήμα στην 3η παρατήρηση. Ωστόσο, όλες οι 21 μεμονωμένες τιμές του 2026 παρέμειναν εντός των αντίστοιχων ορίων προδιαγραφής, καταδεικνύοντας πολύ καλή φυσικοχημική συμμόρφωση των παρτίδων που αποδεσμεύθηκαν.

Ως προς το τρίτο ερευνητικό ερώτημα, οι 11 διαθέσιμες υποομάδες του 2025 έδειξαν σταθερή αλλά μη ικανή διεργασία πλήρωσης ($\bar{X}=472,1$ g, $Ppk\approx-0,24$), με συστηματική υποπλήρωση σε σχέση με τον στόχο των 500 g. Στις 22 υποομάδες του 2026, η μέση τιμή ήταν περίπου 500,1 g και ο $Ppk\approx 2,79$, ενώ δεν παρατηρήθηκαν σημεία εκτός των υπολογισμένων ορίων ελέγχου. Τα αποτελέσματα υποστηρίζουν σημαντική βελτίωση της απόδοσης της γραμμής πλήρωσης.

Ως προς το τέταρτο ερευνητικό ερώτημα, το SPC μπορεί να λειτουργήσει συμπληρωματικά προς το HACCP ως μηχανισμός επαλήθευσης και έγκαιρης προειδοποίησης. Τα όρια ελέγχου UCL/LCL προκύπτουν από τα δεδομένα της διεργασίας και δεν πρέπει να συγχέονται με τα όρια προδιαγραφής ή τα κρίσιμα όρια του HACCP. Ένα στατιστικό σήμα εκτός ελέγχου πρέπει να ενεργοποιεί τεκμηριωμένη διερεύνηση της ειδικής αιτίας, έλεγχο του συστήματος μέτρησης και, όπου απαιτείται, διορθωτική ενέργεια και επανεπαλήθευση πριν από την κανονική συνέχιση της παραγωγής.

6.3 Επιχειρησιακές βελτίωσης και στρατηγικός οδικός χάρτης

Με βάση τα ποσοτικά ευρήματα και τα συμπεράσματα της μελέτης περίπτωσης, διαμορφώνεται ένας ολοκληρωμένος, στρατηγικός οδικός χάρτης επιχειρησιακών βελτιώσεων για την επιχείρηση Mer des Oliviers de Delphes, ο οποίος δομείται σε πέντε κομβικές προτάσεις.

1. Προτείνεται η τυποποίηση Σχεδίων Αντίδρασης σε Σήματα Εκτός Ελέγχου (OCAP) στο εγχειρίδιο ποιότητας. Κάθε διάγραμμα I-MR ή $\bar{X}$ -R που χρησιμοποιείται λειτουργικά θα πρέπει να συνοδεύεται από σαφή διαδικασία OCAP. Για παράδειγμα, για την αντιμετώπιση των ειδικών στατιστικών σημάτων στον δείκτη K232, ενσωματώνεται Διάγραμμα Αιτίου-Αποτελέσματος (Ishikawa – 5M):

- Material (Υλικό): Παραλαβή ελαιοκάρπου με αυξημένο βαθμό οξείδωσης.
- Machine (Μηχάνημα): Σφάλμα βαθμονόμησης φασματοφωτομέτρου UV ή φθορά λυχνίας.
- Man (Άνθρωπος): Μη τήρηση χρόνου προετοιμασίας δείγματος ή σφάλμα αραίωσης.
- Method (Μέθοδος): Παρέκκλιση από το πρότυπο πρωτόκολλο ISO/IOC.
- Environment (Περιβάλλον): Έκθεση του δείγματος σε ηλιακό φως ή υψηλή θερμοκρασία. Το OCAP επιβάλλει: (1) Άμεση επαναληπτική μέτρηση από δεύτερο αναλυτή, (2) Έλεγχο πρότυπου διαλύματος αναφοράς, και (3) Προσωρινή δέσμευση της παρτίδας έως την ολοκλήρωση της διερεύνησης. Κάθε διάγραμμα I-MR ή $\bar{X}$ -R που χρησιμοποιείται λειτουργικά θα πρέπει να συνοδεύεται από σαφή διαδικασία που ορίζει υπεύθυνο διερεύνησης, έλεγχο δεδομένων και οργάνων, πιθανές τεχνικές ενέργειες και κριτήρια επανέναρξης/επανεπαλήθευσης της διεργασίας.

2. Για τον K268 συνιστάται ενισχυμένη παρακολούθηση των συνθηκών αποθήκευσης στο CP5, ιδίως θερμοκρασίας, έκθεσης σε φως και λειτουργίας του συστήματος αδρανοποίησης. Οι ενέργειες αυτές είναι τεχνικά εύλογες ως μέτρα περιορισμού της οξειδωτικής επιβάρυνσης, αλλά η επίδρασή τους πρέπει να αξιολογείται με συστηματική συλλογή νέων δεδομένων και επανυπολογισμό των δεικτών, χωρίς να θεωρείται δεδομένη αιτιώδης σχέση από την παρούσα μελέτη.

3. Προτείνεται συνεχής παρακολούθηση του καθαρού βάρους στο CP7 με ορθολογικά σχηματισμένες υποομάδες $n=5$. Μετά τη συγκέντρωση επαρκούς αριθμού υποομάδων υπό σταθερές συνθήκες λειτουργίας, τα όρια ελέγχου θα πρέπει να επανεκτιμώνται και η ικανότητα να επαναξιολογείται σε σχέση με τα LSL/USL.

4. Συνιστάται πρόγραμμα Ανάλυσης Συστημάτων Μέτρησης (Measurement Systems Analysis – MSA), συμπεριλαμβανομένων περιοδικών διακριβώσεων του ζυγού και

των εργαστηριακών οργάνων. Μελέτη Gauge R&R μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εκτιμηθεί ποσοτικά η συνεισφορά του συστήματος μέτρησης στη συνολική μεταβλητότητα, πριν αποδοθούν αποκλίσεις αποκλειστικά στη διεργασία.

5. Η ψηφιακή ανάλυση εικόνας μπορεί να εξεταστεί πιλοτικά στο στάδιο επισήμανσης και τελικού ελέγχου. Εφόσον προηγηθεί επικύρωση του συστήματος ταξινόμησης και καθοριστούν σαφή κριτήρια αποδοχής, τα δεδομένα οπτικών μη συμμορφώσεων μπορούν να τροφοδοτούν p-charts ή άλλα κατάλληλα διαγράμματα χαρακτηριστικών. Η πρόταση αυτή παραμένει μελλοντική εφαρμογή και δεν αποτελεί εμπειρικά υλοποιημένο μέρος της παρούσας μελέτης.

6.4 Μεθοδολογικοί και εμπειρικοί περιορισμοί της έρευνας

Η αξιολόγηση των ευρημάτων της παρούσας διατριβής πρέπει να γίνεται υπό το πρίσμα ορισμένων μεθοδολογικών και εμπειρικών περιορισμών, οι οποίοι είναι εγγενείς στον σχεδιασμό της έρευνας.

- Ο πρώτος περιορισμός αφορά τη χρήση της μεθοδολογίας μελέτης περίπτωσης (case study) σε μία μεμονωμένη βιομηχανική μονάδα. Παρότι η προσέγγιση αυτή προσέφερε εξαιρετικό βάθος ανάλυσης και πρόσβαση σε πραγματικά παραγωγικά δεδομένα, τα στατιστικά ευρήματα και οι συγκεκριμένες τιμές των δεικτών ικανότητας δεν μπορούν να γενικευθούν άμεσα σε ολόκληρο τον κλάδο τυποποίησης ελαιόλαδου, καθώς κάθε μονάδα διαφέρει ως προς τον μηχανολογικό εξοπλισμό, την δυναμικότητα και τις πρώτες ύλες.
- Ο δεύτερος περιορισμός αφορά τη δομή και τη συχνότητα των διαθέσιμων δεδομένων. Για τις χημικές παραμέτρους υπήρχε μία εβδομαδιαία μέτρηση για το 2025 (N=52), χωρίς πλήρη συνοδευτική πληροφορία ιχνηλασιμότητας για δεξαμενή, ποικιλία ή προμηθευτή. Για το καθαρό βάρος του 2025 η ανάλυση βασίστηκε σε 11 διαθέσιμες υποομάδες (n=5) και επομένως έχει διερευνητικό χαρακτήρα· δεν μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτυπώνει κατ' ανάγκη ολόκληρη την ετήσια μεταβλητότητα της γραμμής. Οι περιορισμοί αυτοί μειώνουν τη δυνατότητα γενίκευσης και αιτιώδους ερμηνείας των ευρημάτων.
- Ο τρίτος περιορισμός αφορά την πρόταση εφαρμογής της ψηφιακής ανάλυσης εικόνας. Λόγω της απουσίας διαθέσιμου, τυποποιημένου συνόλου ψηφιακών εικόνων από τη γραμμή εμφιάλωσης κατά τη διάρκεια της μελέτης, η ψηφιακή ανάλυση εικόνας αναπτύχθηκε και παρουσιάστηκε ως μια τεκμηριωμένη,

θεωρητική και τεχνολογική πρόταση μελλοντικής εφαρμογής, και όχι ως ένα ήδη υλοποιημένο μέρος της εμπειρικής ανάλυσης.

- Ο τέταρτος περιορισμός συνδέεται με την περίοδο επαλήθευσης του 2026. Για τις χημικές παραμέτρους διατίθενται 21 εργαστηριακές μετρήσεις, ενώ για το καθαρό βάρος πλήρωσης 22 εβδομαδιαίες υποομάδες ($n=5$). Τα σύνολα αυτά είναι επαρκή για μια πρώτη αξιολόγηση της σταθερότητας μετά τις ρυθμίσεις, αλλά δεν καλύπτουν ολόκληρο ετήσιο κύκλο και επομένως δεν επαρκούν για να τεκμηριωθεί η μακροχρόνια διατήρηση της ικανότητας υπό όλες τις εποχιακές και λειτουργικές συνθήκες. Επιπλέον, η σύγκριση 2025–2026 είναι παρατηρησιακή πριν–μετά και δεν περιλαμβάνει ομάδα ελέγχου ή πειραματικό σχεδιασμό, άρα δεν επιτρέπει ασφαλή αιτιώδη απόδοση των διαφορών σε μία συγκεκριμένη παρέμβαση.

6.5 Κατευθύνσεις για μελλοντική επιστημονική έρευνα

Με βάση τα ευρήματα, τις παραδοχές και τους περιορισμούς της παρούσας διατριβής, διαμορφώνονται τέσσερις υποσχόμενες κατευθύνσεις για τη μελλοντική επιστημονική έρευνα στον τομέα της διασφάλισης ποιότητας και του στατιστικού ελέγχου στη βιομηχανία ελαιόλαδου.

- Προτείνεται η επέκταση του πεδίου εφαρμογής του SPC σε ολόκληρη την εφοδιαστική αλυσίδα του ελαιόλαδου, υιοθετώντας μια ολιστική προσέγγιση «από τον ελαιώνα στο ράφι» (from farm to fork). Μελλοντικές μελέτες μπορούν να ενσωματώσουν στατιστικά διαγράμματα ελέγχου στα στάδια της συγκομιδής, της μεταφοράς, της παραγωγικής διαδικασίας στο ελαιοτριβείο (θερμοκρασία μαλάξεως, χρόνος φυγοκέντρωσης) και της μακροχρόνιας αποθήκευσης, επιτρέποντας τον εντοπισμό των αιτιών μεταβλητότητας πριν το ελαιόλαδο εισέλθει στη μονάδα συσκευασίας.
- Συνιστάται η διερεύνηση και εφαρμογή προηγμένων Πολυμεταβλητών Διαγραμμάτων Ελέγχου (Multivariate Statistical Process Control – MSPC), όπως τα διαγράμματα Hotelling's T^2 και MEWMA. Καθώς οι χημικές παράμετροι του ελαιόλαδου (οξύτητα, υπεροξειδία, δείκτες K) παρουσιάζουν ισχυρές μεταξύ τους συσχετίσεις, η πολυμεταβλητή στατιστική παρακολούθηση μπορεί να προσφέρει μια συνδυαστική εικόνα της ποιοτικής κατάστασης του προϊόντος, εντοπίζοντας πολύπλοκες αλλοιώσεις που διαφεύγουν από τα μεμονωμένα μονομεταβλητά διαγράμματα I-MR.
- Προτείνεται η διεξαγωγή τεχνοοικονομικών μελετών (techno-economic analysis) και ποσοτικοποίησης του Κόστους Ποιότητας (Cost of Quality – CoQ). Η μελλοντική έρευνα μπορεί να αποτιμήσει χρηματικά το ακριβές

οικονομικό όφελος που προκύπτει από τη μείωση της μεταβλητότητας, την εξάλειψη της υπο-πλήρωσης ή υπερ-πλήρωσης των φιαλών και την αποφυγή απορρίψεων, προσφέροντας ισχυρά διοικητικά επιχειρήματα για την επένδυση σε τεχνολογίες SPC από μικρομεσαίες επιχειρήσεις.

- Κρίνεται ιδιαίτερα χρήσιμη η διεξαγωγή πολυκεντρικών εμπειρικών ερευνών (multi-center empirical studies) σε ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα ελληνικών επιχειρήσεων τυποποίησης ελαιόλαδου διαφορετικού μεγέθους. Η συγκριτική αυτή ανάλυση θα επιτρέψει την αξιολόγηση του βαθμού υιοθέτησης του SPC στον κλάδο, τον εντοπισμό των κρίσιμων παραγόντων επιτυχίας (Critical Success Factors) και την ανάπτυξη ενός εθνικού προτύπου οδηγού για τη στατιστική διασφάλιση ποιότητας του ελληνικού εξαιρετικού παρθένου ελαιόλαδου.

6.6 Τελικό σύνθετο συμπεράσματα

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία υποστηρίζει, με βάση τη συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης, ότι ο Στατιστικός Έλεγχος Διεργασιών μπορεί να αποτελέσει ισχυρό συμπληρωματικό εργαλείο διασφάλισης ποιότητας στη μονάδα τυποποίησης ελαιόλαδου. Η συστηματική αξιοποίηση των δεδομένων επιτρέπει τον διαχωρισμό της φυσικής μεταβλητότητας από ειδικά στατιστικά σήματα, την αξιολόγηση της ικανότητας ως προς τις προδιαγραφές και την τεκμηριωμένη ιεράρχηση ενεργειών βελτίωσης.

Κύρια συνεισφορά της μελέτης είναι η σαφής διάκριση μεταξύ στατιστικής σταθερότητας, ικανότητας διεργασίας και πραγματικής συμμόρφωσης του προϊόντος, καθώς και η ορθή αντιστοίχιση I-MR στις χημικές παραμέτρους $n=1$ και $\bar{X}-R$ στο καθαρό βάρος με υποομάδες $n=5$. Οι 21 πραγματικές εργαστηριακές αποδεσμεύσεις του 2026 ήταν όλες εντός των εξεταζόμενων φυσικοχημικών ορίων, με ιδιαίτερα χαμηλές μέσες τιμές οξύτητας και υπεροξειδίων σε σχέση με τα αντίστοιχα ανώτατα όρια, γεγονός που τεκμηριώνει ιδιαίτερα καλή φυσικοχημική εικόνα του ελαιόλαδου της επιχείρησης κατά την περίοδο μελέτης. Παράλληλα, ο K268 παραμένει στατιστικά ανεπαρκώς ικανός ($Ppk \approx 0,87$) και ο K232 εμφανίζει ειδικό σήμα, άρα η υψηλή συμμόρφωση των συγκεκριμένων παρτίδων δεν πρέπει να συγχέεται με μακροχρόνια εγγύηση ικανότητας της διεργασίας. Στη γραμμή πλήρωσης, τα δεδομένα του 2026 είναι συμβατά με σημαντική λειτουργική βελτίωση ($Ppk \approx 2,79$). Η ενσωμάτωση των στατιστικών σημάτων σε τεκμηριωμένες διαδικασίες επαλήθευσης, σε συνδυασμό με συνεχή συλλογή δεδομένων και αξιόπιστα συστήματα μέτρησης, μπορεί να ενισχύσει ουσιαστικά τη λήψη αποφάσεων και τη συνεχή βελτίωση της μονάδας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Argyri, A. A., Nisiotou, A. A., Pramateftaki, P., Doulgeraki, A. I., Panagou, E. Z., & Tassou, C. C. (2015). Preservation of green table olives fermented with lactic acid bacteria with probiotic potential under modified atmosphere packaging. *LWT – Food Science and Technology*, 62(1), 783–790.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.11.046>

Bouranta, M. (2023). Inquiring quality assurance of the table olive products. *Global Agricultural Journal of Research and Case Studies*, 5(3), 29–37.

European Commission. (2022). Commission Delegated Regulation (EU) 2022/2104 of 29 July 2022 supplementing Regulation (EU) No 1308/2013 as regards marketing standards for olive oil. *Official Journal of the European Union*.

Fuentes, A., Verdú, S., Fuentes, C., Ginzel, M., Barat, J. M., & Grau, R. (2022). Image analysis applied to quality control in transparent packaging: A case study of table olives in plastic pouches. *European Food Research and Technology*, 248, 1859–1867.

<https://doi.org/10.1007/s00217-022-04011-0> Grigg, N. P. (1998). Statistical process control in UK food production: An overview. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 15(2), 223–238.

<https://doi.org/10.1108/02656719810196360>

Hubbard, M. R. (2003). *Statistical quality control for the food industry*. Springer.

Issaoui, M., Flamini, G., Souid, S., & Hammami, M. (2015). Flavour quality critical production steps from fruit to extra-virgin olive oil at consumption. *Food Research International*, 54(2), 2095–2103.

<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.04.021>

Kalua, C. M., Bedgood, D. R., Bishop, A. G., & Prenzler, P. D. (2013). Flavour quality critical production steps from fruit to extra-virgin olive oil at consumption.

Food Research International, 54(2), 2095–2103.

<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.04.021>

Lim, S. A. H., Antony, J., & Albliwi, S. (2014). Statistical Process Control (SPC) in the food industry – A systematic review and future research agenda. Trends in Food Science & Technology, 37(2), 137–151. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.03.010>

Montgomery, D. C. (2013). Introduction to statistical quality control (7th ed.). Wiley.

Rique Junior, J. F., Peruchi, R. S., Rotella Junior, P., & Dutra Pereira, R. B. (2021). Statistical process

control of the vertical form, fill and seal packaging machine in food industry. Journal of Food Process Engineering, 44(2), e13614. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13614>

Sab, C., Soucek, S., & Benkacem, A. (2024). Characterization and safety of commercial table olives from the Algerian market. Food Control, 150, 110324. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.110324>

Shewhart, W. A. (1931). Economic control of quality of manufactured product. D. Van Nostrand Company.

Viskar, D., & Kljajić, Z. (2020). Application of statistical process control (SPC) in food industry:

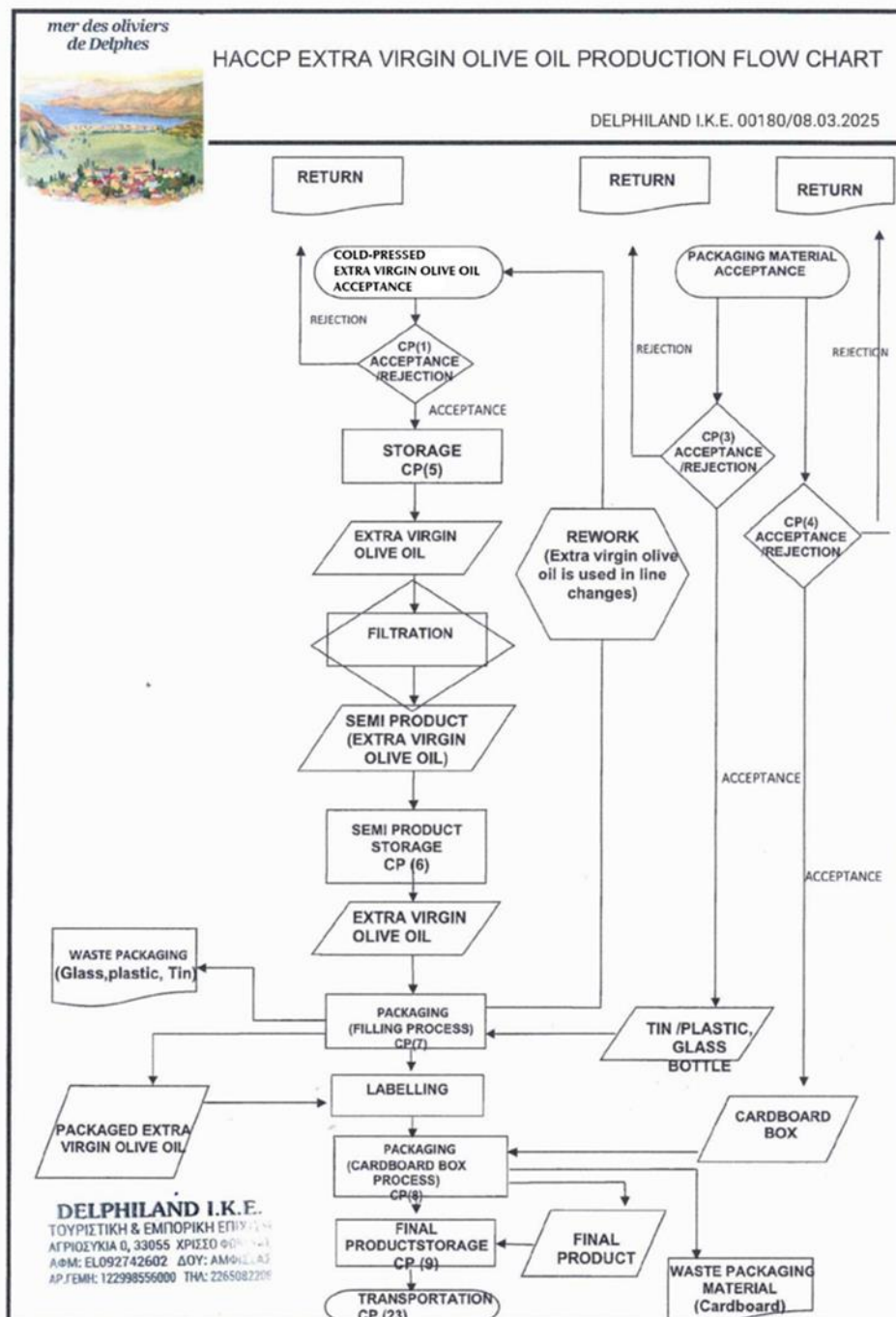
Microbiological criteria control in the production of canned vegetables. Food Control, 108, 106824.

Zabetakis, I. (2018). Quality assurance in table-olive packaging: Challenges and prospects. Olive Science and Technology, 35(2), 101–115.

Wheeler, D. J. (2000). Understanding variation: The key to managing chaos (2nd ed.). SPC Press.

Παράρτημα Α

Στο παρόν Παράρτημα παρατίθεται το επίσημο Διάγραμμα Ροής Παραγωγής και Συσκευασίας Εξαιρετικού Παρθένου Ελαιολάδου (HACCP Extra Virgin Olive Oil Production Flow Chart) της επιχείρησης DELPHILAND I.K.E. (κωδικός 00180/08.03.2025). Το διάγραμμα αποτυπώνει τη διαδοχή των παραγωγικών σταδίων από την παραλαβή και αποδοχή της πρώτης ύλης (CP1), την αποθήκευση στις δεξαμενές (CP5), τη διήθηση (CP6), την πλήρωση/εμφιάλωση (CP7), την επισήμανση και κιβωτιοποίηση (CP8), έως την τελική αποθήκευση (CP9) και τη μεταφορά (CP23), καθώς και τη διαχείριση των υλικών συσκευασίας (CP3, CP4)



Παράρτημα Β

Στο παρόν Παράρτημα παρατίθενται οι 52 εβδομαδιαίες πρωτογενείς εργαστηριακές μετρήσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων του ελαιόλαδου για το έτος 2025 (Ελεύθερη Οξύτητα %, K268, K232, ΔΚ, Αριθμός Υπεροξειδίων σε mEq O₂/kg).

Η στατιστική επεξεργασία, τα διαγράμματα ελέγχου I-MR και η αξιολόγηση της ικανότητας παρουσιάζονται στην Ενότητα 5.2 και στον Πίνακα 5.2

Πρωτογενή εργαστηριακά δεδομένα χημικών παραμέτρων 2025 (N=52)

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΟΞΥΤΗΤΑ	K268	K232	ΔΚ	ΑΡ. ΥΠΕΡΟΞΕΙΔΙΩΝ
2/1/2025	0,1	0,15	1,45	-0,002	3,00
9/1/2025	0,13	0,12	1,72	-0,001	4,70
16/1/2025	0,19	0,16	0,61	-0,002	9,40
23/1/2025	0,29	0,2	1,91	-0,001	8,20
30/1/2025	0,15	0,18	1,77	-0,003	4,00
6/2/2025	0,32	0,15	1,46	-0,002	6,80
13/2/2025	0,1	0,16	1,58	-0,001	7,40
20/2/2025	0,15	0,12	1,49	-0,001	8,10
27/2/2025	0,16	0,17	1,62	-0,002	6,50
6/3/2025	0,08	0,13	1,54	-0,001	3,50
13/3/2025	0,46	0,18	1,73	-0,003	6,00
20/3/2025	0,29	0,15	1,41	-0,001	4,20
27/3/2025	0,33	0,12	1,2	-0,002	3,90
3/4/2025	0,08	0,14	1,78	-0,001	5,10
10/4/2025	0,13	0,19	1,45	-0,003	8,10
17/4/2025	0,49	0,2	1,66	-0,002	3,10
24/4/2025	0,18	0,17	1,92	-0,001	5,70
5/5/2025	0,31	0,12	1,53	-0,001	8,30
12/5/2025	0,16	0,15	1,68	-0,003	5,60
19/5/2025	0,62	0,13	1,72	-0,002	7,20
26/5/2025	0,19	0,16	1,49	-0,002	6,70
2/6/2025	0,1	0,19	1,56	-0,003	4,50
9/6/2025	0,62	0,12	1,82	-0,001	5,70
16/6/2025	0,28	0,17	1,2	-0,003	8,30
23/6/2025	0,42	0,14	1,2	-0,002	3,00
30/6/2025	0,13	0,15	0,55	-0,002	6,50
7/7/2025	0,25	0,18	1,48	-0,003	3,50
14/7/2025	0,32	0,13	1,67	-0,002	6,90
21/7/2025	0,08	0,15	1,47	-0,001	3,00
28/7/2025	0,1	0,16	1,69	-0,002	5,70

4/8/2025	0,45	0,2	1,94	-0,003	8,30
11/8/2025	0,16	0,18	1,46	-0,002	3,00
18/8/2025	0,22	0,15	1,74	-0,002	4,70
25/8/2025	0,08	0,16	1,53	-0,003	5,00
1/9/2025	0,35	0,12	1,71	-0,002	9,80
8/9/2025	0,45	0,17	1,6	-0,001	6,70
15/9/2025	0,16	0,13	1,99	-0,001	7,20
24/9/2025	0,22	0,18	1,4	-0,002	5,70
3/10/2025	0,18	0,15	1,56	-0,001	8,30
10/10/2025	0,09	0,12	1,74	-0,003	6,50
17/10/2025	0,17	0,14	1,85	-0,002	3,50
24/10/2025	0,35	0,19	1,48	-0,002	6,40
31/10/2025	0,24	0,17	1,57	-0,001	4,00
7/11/2025	0,12	0,13	1,92	-0,002	8,70
13/11/2025	0,08	0,18	1,61	-0,001	5,80
19/11/2025	0,13	0,14	1,49	-0,003	3,00
26/11/2025	0,19	0,12	1,71	-0,002	4,60
3/12/2025	0,28	0,15	1,6	-0,001	6,50
10/12/2025	0,14	0,14	1,99	-0,003	3,50
17/12/2025	0,23	0,18	1,4	-0,002	4,40
24/12/2025	0,1	0,16	1,61	-0,001	5,70
30/12/2025	0,08	0,12	1,56	-0,001	3,60

Παράρτημα Γ

Στο παρόν Παράρτημα περιλαμβάνονται οι 21 πρωτογενείς εργαστηριακές μετρήσεις αποδέσμευσης παρτίδων για την περίοδο 06/01/2026–28/05/2026

Η στατιστική ανάλυση I–MR και η αξιολόγηση συμμόρφωσης παρουσιάζονται στην Ενότητα 5.4 και στον Πίνακα 5.4

Πρωτογενή εργαστηριακά δεδομένα χημικών παραμέτρων 2026 (N=21)

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΟΞΥΤΗΤΑ	K268	K232	ΔΚ	ΑΡ. ΥΠΕΡΟΞΕΙΔΙΩΝ
13/1/2026	0,33	0,12	1,72	−0,003	6,80
20/1/2026	0,18	0,16	0,61	−0,002	7,40
27/1/2026	0,25	0,20	1,60	−0,001	8,10
3/2/2026	0,31	0,13	1,99	−0,002	6,50
10/2/2026	0,24	0,15	1,40	−0,001	3,50
17/2/2026	0,12	0,16	1,56	−0,003	6,00
24/2/2026	0,08	0,20	1,74	−0,002	5,80
3/3/2026	0,13	0,18	1,56	−0,001	3,00
11/3/2026	0,10	0,16	1,74	−0,001	4,60
18/3/2026	0,19	0,13	1,85	−0,002	6,50
26/3/2026	0,28	0,18	1,46	−0,001	3,50
2/4/2026	0,42	0,14	1,58	−0,001	6,50
9/4/2026	0,19	0,18	1,49	−0,002	3,50
16/4/2026	0,28	0,16	1,63	−0,001	6,90
23/4/2026	0,14	0,18	1,55	−0,003	3,00
30/4/2026	0,27	0,15	1,72	−0,002	4,00
7/5/2026	0,10	0,12	1,40	−0,001	8,70
14/5/2026	0,13	0,14	1,61	−0,001	5,80
21/5/2026	0,19	0,17	1,56	−0,002	3,80
28/5/2026	0,29	0,13	1,49	−0,001	4,10
13/1/2026	0,33	0,12	1,72	−0,003	6,80

Παράρτημα Δ

Ενδεικτικό πιστοποιητικό εξωτερικής εργαστηριακής ανάλυσης

Στο παρόν Παράρτημα παρατίθεται ενδεικτικά το επίσημο Πιστοποιητικό Δοκιμών (Π-130400 / 30-12-2025) από το διαπιστευμένο εργαστήριο Multichrom.LAB για δείγμα Εξαιρετικού Παρθένου Ελαιόλαδου (Δεξαμενή Η) της επιχείρησης DELPHILAND IKE

. Το πιστοποιητικό αποτυπώνει την τυπική εργαστηριακή αναφορά αποδέσμευσης παρτίδας για τις 5 βασικές φυσικοχημικές παραμέτρους (Ελεύθερη Οξύτητα 0,08%, K268 0,118, K232 1,690, ΔΚ -0,001 και Αριθμός Υπεροξειδίων 3,6 mEq O₂/kg) σύμφωνα με τον Κανονισμό (ΕΕ) 2022/2104

multichrom.LAB
Εξειδίκευση στην ανάλυση ελαιολάδου από το 1993
Γ.Ε.ΜΗ: 7833701000

Σφακιών 50, 12131 ΠΕΡΙΣΤΕΡΙ - ΑΘΗΝΑ Τηλ. +30 2105910620, e-mail: info@multichromlab.com



Αναγνωρισμένο από το
Διεθνές Συμβούλιο Ελαιολάδου
φυσικοχημικές δοκιμές - Τύπου Β
01/12/2025 - 30/11/2026

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΔΟΚΙΜΩΝ: Π-130400

Ημερομηνία έκδοσης: 30/12/2025

ΠΕΛΑΤΗΣ: DELPHILAND IKE	ΤΗΛΕΦΩΝΟ: 6947322944
ΚΩΔΙΚΟΣ MULTICHRON.LAB : Π-130400	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ (από): 30/12/2025
ΕΙΔΟΣ ΚΑΤΑ ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΛΑΤΗ: ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΟ ΠΑΡΘΕΝΟ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ	(έως): 30/12/2025
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΛΑΒΗΣ: 30/12/2025	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: ΚΑΝΟΝΙΚΗ
ΣΦΡΑΓΙΔΑ: ΚΑΜΜΙΑ	ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΑΠΟ: ΠΕΛΑΤΗ
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ: ΔΕΞΑΜΕΝΗ Η	

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Προσδιορισμός	Μέθοδος	Μονάδες	Αποτέλεσμα	Όριο ¹
Οξύτητα	COI/T.20/DOC.34/Rev. 1 - 2017	%	0,08	≤ 0,80
ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ Κ	COI/T.20/DOC.19/R ev.5/2019	-	-	-
K268		-	0,118	≤ 0,22
K232		-	1,690	≤ 2,50
ΔΚ		-	-0,001	≤ 0,01
Αριθμός Υπεροξειδίων	COI/T.20/DOC.35/R ev.1/2017	mEqO ₂ /kg	3,6	≤20,0

Σαλιβαράς Δημήτριος
Υπεύθυνος Εργαστηριακών Αναλύσεων

Σαλιβαράς Εμμανουήλ, M.Sc.
Διευθυντής Εργαστηρίου

Τα ανωτέρω αποτελέσματα αφορούν μόνο το δείγμα που ελήφθησε.
Απαγορεύεται η μερική αναπαραγωγή του παρόντος κινός η χρήση αόσα της Multichrom lab Σαλιβαράς Μανώλης και ΣΙΑ Ο.Ε.
π.σ. - ΜΗΤΑΙΟΝΟΜΕΥΣΙΜΟ
Τα όρια αναφέρονται στο παρόν πιστοποιητικό για διευκρίνιση του αναγνώστη και δεν συνιστούν ούτε υπονοούν δήλωση συμμόρφωσης.
¹Όρια σύμφωνα με: Καν. ΕΕ 2104/2022 όπως εκδόθηκε σήμερα.



Αρ. Πιστοποιητικού 632-5