



ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΣΥΝΕΤΑΙΡΙΣΜΟ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΦΡΟΥΤΩΝ

ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΠΟΥΛΟΣ

Α.Μ. 149178

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΖΗΚΟΠΟΥΛΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

ΠΑΤΡΑ

ΜΑΙΟΣ, 2024

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 εργαλείων στατιστικού ελέγχου ποιότητας σε
συνεταιρισμό επεξεργασίας και κομποστοποίησης φρούτων»

«Χαράλαμπος Παναγιωτόπουλος»

Επιτροπή Επίβλεψης Πτυχιακής / Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων:

«Χρήστος Ζηκόπουλος»

**«Αναπληρωτής Καθηγητής στο Αριστοτέλειο
Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης»**

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:

«Αθανάσιος Ρακιτζής»

**«Επίκουρος Καθηγητής στο Πανεπιστήμιο
Πειραιά»**

Πάτρα, Μάιος 2024

Ευχαριστίες

Αυτή η διατριβή αντιπροσωπεύει το αποκορύφωμα της ατομικής μου προσπάθειας, που απαιτεί εκτεταμένες ώρες μελέτης και συλλογής πληροφοριών. Εκφράζω τις ευχαριστίες μου σε όλα εκείνα τα άτομα που με παρείχαν βοήθεια, ενθάρρυνση και υποστήριξη κατά τη διαδικασία προετοιμασίας και συγγραφής. Επιπλέον, εκφράζω τη βαθιά μου εκτίμηση για τις ανεκτίμητες συμβουλές, συστάσεις και καθοδήγηση των επιβλέποντα και συνεπιβλέποντα καθηγητών μου. Τέλος, είμαι ευγνώμων στην εξεταστική επιτροπή που μου παρείχε το προνόμιο της αξιολόγησης της εργασίας μου.

Περίληψη

Ο στατιστικός έλεγχος ποιότητας αποτελεί συλλογή στατιστικών μεθόδων οι οποίες χρησιμοποιούνται για την αποτελεσματική διαχείριση και εγγύηση του επιθυμητού επιπέδου ποιότητας. Η παρούσα μελέτη εστιάζει στον στατιστικό έλεγχο ποιότητας σε συνεταιρισμό επεξεργασίας και κονσερβοποίησης φρούτων που ασχολείται με την κονσερβοποίηση και συγκεκριμένα σε συσκευασίες του κιλού μεσοκαρπίων ροδάκινων. Ο στόχος είναι η διεξοδική εξέταση, ανάλυση και μέτρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των παραγόμενων προϊόντων προκειμένου να αποκτηθούν γνώσεις σχετικά με τη διαδικασία παραγωγής.

Οι μεταβλητές στο τελικό προϊόν της παραγωγικής διαδικασίας που εξετάζονται είναι το καθαρό και στραγγιστό βάρος, η περιεκτικότητα σε σάκχαρα (Brix), το pH και η σκληρότητα των καρπών.

Οι προαναφερθείσες μεταβλητές είναι βασικά ποιοτικά χαρακτηριστικά για την εξεταζόμενη παραγωγική διαδικασία και επομένως επιλέχθηκαν να αναπαρασταθούν σε διαγράμματα ελέγχου προκειμένου να εντοπιστούν πιθανά σημεία που αποκλίνουν από τα αποδεκτά όρια ελέγχου. Ένας άλλος στόχος αυτής της μελέτης είναι να αξιολογήσει την ικανότητα της διαδικασίας και να αναλύσει τους δείκτες ικανότητας διαδικασίας ώστε τα τελικά προϊόντα να τηρούν τις συγκεκριμένες προδιαγραφές.

Η εξέταση και αξιολόγηση των διαγραμμάτων ελέγχου και των προαναφερθέντων δεικτών εξυπηρετεί το σκοπό της διαρκούς ενίσχυσης της παραγωγικής διαδικασίας, καθώς και τον εντοπισμό διορθωτικών μέτρων και ενεργειών που μπορούν να εφαρμοστούν για την εξασφάλιση της ποιότητας του τελικού προϊόντος.

Λέξεις – Κλειδιά: Στατιστικός έλεγχος διεργασίας ποιότητας, δείκτες τρέχουσας επίδοσης διεργασίας, Διαγράμματα ελέγχου, κονσέρβια ροδάκινου.

Application of statistical quality control tools in a fruit processing and compote production cooperative industry

Charalampos Panagiotopoulos

Abstract

Statistical quality control uses statistical methods to effectively manage and guarantee the desired level of quality. The present study focuses on the statistical quality control in a fruit processing and canning cooperative engaged in canning and specifically in packages of the kilogram of mesofruit peaches. The aim is to thoroughly examine, analyze and measure the quality characteristics of the products produced in order to gain knowledge about the production process.

The variables in the final product of the production process that are considered are the net and drained weight, the sugar content (Brix), the pH and the hardness of the fruits.

The aforementioned variables are key quality characteristics for the production process under consideration and were therefore chosen to be represented in control charts in order to identify possible points deviating from the acceptable control limits. Another objective of this study is to evaluate the process capability and analyze the process capability indicators so that the final products meet the specified specifications.

The examination and evaluation of the control charts and the aforementioned indicators serves the purpose of continuous enhancement of the production process, as well as the identification of corrective measures and actions that can be implemented to ensure the quality of the final product.

Keywords: Statistical process quality control, current process performance indicators, control charts, peach canning.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	iv
Περίληψη.....	v
Abstract	vi
Ευρετήριο Διαγραμμάτων	x
Ευρετήριο Εικόνων – Σχημάτων	xii
Ευρετήριο Πινάκων.....	xiv
Συντομογραφίες και Ακρωνύμια.....	xv
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
2. ΠΟΙΟΤΗΤΑ	3
2.1 Η έννοια της ποιότητας.....	3
2.2 Διαστάσεις της ποιότητας	5
2.3 Διοίκηση Ολικής Ποιότητας.....	8
3. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ.....	10
3.1 Τα επτά βασικά εργαλεία ποιότητας.....	12
3.1.1 Διάγραμμα Αιτίας-Αποτελέσματος.....	12
3.1.2 Διάγραμμα Pareto.....	13
3.1.3 Διάγραμμα Ροής.....	14
3.1.4 Φύλλο Ελέγχου	15
3.1.5 Ιστόγραμμα.....	16
3.1.6 Διάγραμμα Διασποράς.....	17
3.2 Διάγραμμα Ελέγχου	18
3.2.1 Διαγράμματα ελέγχου Φάσης I και Φάσης II	21
3.2.2 Διαγράμματα Ελέγχου $\bar{X} - R$	22
3.2.3 Διαγράμματα Ελέγχου $\bar{X} - s$	23
3.2.4 Διαγράμματα Ελέγχου $I - MR$	24
3.2.5 Διαγράμματα Ελέγχου EWMA.....	26

3.3	Δείκτες ικανότητας διεργασίας.....	27
4.	ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΡΟΔΑΚΙΝΟΥ	30
	Πλύσιμο	31
	Διαλογή.....	32
	Ταξινόμηση	33
	Διχοτόμηση και εκπυρήνωση - Χρωματοδιαλογέας	34
	Αποφλοίωση και πλύσιμο	34
	Οπτική επιθεώρηση	35
	Ταξινόμηση βάση μεγέθους και τροφοδοσία γραμμής παραγωγής.....	36
	Τεμαχισμός καρπών	37
	Πλήρωση στερεού τμήματος (δοχεία).....	37
	Παρασκευή και Πλήρωση Σιροπιού.....	39
	Απαέρωση και σφράγισμα	40
	Πλύσιμο των περιεκτικών.....	42
	Παστερίωση	42
	Ψύξη και στέγνωμα του περιέκτη	43
	Ετικετοποίηση, αποθήκευση και συντήρηση.....	43
5.	Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την επεξεργασία και κονσερβοποίηση ροδάκινου, καθώς και η μεθοδολογία των μετρήσεων.....	47
5.1	Υποκειμενική και Αντικειμενική ποιότητα.....	47
5.2	Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος κομπόστας ροδάκινου μισόκαρπου	48
5.2.1	SSC%, ° Brix	52
5.2.2	pH.....	54
5.2.3	Σκληρότητα.....	57
5.2.4	Καθαρό και στραγγιστό βάρος	59
5.3	Τα όργανα και η μεθοδολογία των μετρήσεων.....	62
5.3.1	Μέτρηση (SSC%, ° Brix)	62
5.3.2	Μέτρηση του pH.....	64
5.3.3	Μέτρηση Στραγγιστού και καθαρού βάρους.....	65
5.3.4	Μέτρηση σκληρότητας.....	66

5.3	Τα διεθνή πρότυπα της εταιρίας.....	68
6.	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ	70
6.1	Στατιστική ανάλυση του ποιοτικού χαρακτηριστικού: καθαρού βάρους μισόκαρπων.....	72
6.1.2	Μελέτη φάσης II καθαρού βάρους μισόκαρπων	80
6.1.3	Ανάλυση ικανότητας διεργασίας.....	83
6.2	Στατιστική ανάλυση του ποιοτικού χαρακτηριστικού: Στραγγιστού βάρους μισόκαρπων.....	84
6.2.1	Μελέτη φάσης I στραγγιστού βάρους μισόκαρπων.....	84
6.2.2	Μελέτη φάσης II στραγγιστού βάρους μισόκαρπων	92
6.2.3	Ανάλυση ικανότητας διεργασίας.....	95
6.3	Στατιστική ανάλυση του ποιοτικού χαρακτηριστικού: °Brix % μισόκαρπων κομπόστας κιλού	97
6.3.1	Μελέτη φάσης I °Brix % συσκευασία κιλού.....	98
6.3.2	Μελέτη Φάσης II °Brix % συσκευασία κιλού.....	102
6.3.3	Ανάλυση ικανότητας διεργασίας.....	104
6.4	Στατιστική ανάλυση του ποιοτικού χαρακτηριστικού: pH μισόκαρπων κομπόστας κιλού	106
6.4.1	Μελέτη Φάσης I pH συσκευασία κιλού.....	106
6.4.2	Μελέτη φάσης II pH συσκευασία κιλού	111
6.4.3	Ανάλυση ικανότητας διεργασίας.....	113
6.5	Στατιστική ανάλυση του ποιοτικού χαρακτηριστικού: Σκληρότητας μισόκαρπων κομπόστας κιλού	115
6.5.1	Μελέτη Φάσης I σκληρότητας.....	116
6.5.2	Μελέτη Φάσης II σκληρότητας	120
6.5.3	Ανάλυση ικανότητας διεργασίας.....	121
7	Συμπεράσματα - Προτάσεις	123
	Βιβλιογραφικές αναφορές	130

Ευρετήριο Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 6.1 Έλεγχος κανονικότητας καθαρού βάρους – Φάση I	73
Διάγραμμα 6.2 Ιστόγραμμα καθαρού βάρους– Φάση I	74
Διάγραμμα 6.3 Θηκόγραμμα καθαρού βάρους – Φάση I.....	75
Διάγραμμα 6.4 Έλεγχος κανονικότητας καθαρού βάρους – Φάση I εκτός εξ. τιμές....	76
Διάγραμμα 6.5 ΔΕ Xbar-R καθαρού βάρους– Φάση I.....	77
Διάγραμμα 6.6 ΔΕ Xbar-R καθαρού βάρους – Φάση I.....	78
Διάγραμμα 6.7 ΔΕ Xbar-R καθαρού βάρους– Φάση II.....	81
Διάγραμμα 6.8 Ανάλυση Ικανότητας Διεργασίας καθαρού βάρους – Φάση I.....	82
Διάγραμμα 6.9 Έλεγχος κανονικότητας στραγγιστού Βάρους-Φάση I	85
Διάγραμμα 6.10 Ιστόγραμμα καθαρού βάρους– Φάση I	86
Διάγραμμα 6.11 Θηκόγραμμα καθαρού βάρους – Φάση I.....	87
Διάγραμμα 6.12 ΔΕ Xbar-R στραγγιστού βάρους –Φάση I.....	88
Διάγραμμα 6.13 ΔΕ Xbar-R στραγγιστού βάρους –Φάση I.....	89
Διάγραμμα 6.14 ΔΕ Xbar-R στραγγιστού βάρους –Φάση I Τελικό.....	90
Διάγραμμα 6.15 ΔΕ Xbar-R στραγγιστού βάρους – Φάση II.....	93
Διάγραμμα 6.16 Ανάλυση Ικανότητας Διεργασίας-Φάση I.....	94
Διάγραμμα 6.17 Έλεγχος κανονικότητας °Brix % - Φάσης I.....	97
Διάγραμμα 6.18 Ιστόγραμμα °Brix % - Φάσης I.....	99
Διάγραμμα 6.19 Θηκόγραμμα °Brix % - Φάση I.....	99
Διάγραμμα 6.20 ΔΕ I-MR °Brix % – Φάσης I.....	99
Διάγραμμα 6.21 ΔΕ EWMA °Brix % – Φάσης I.....	100
Διάγραμμα 6.22 ΔΕ I-MR °Brix % – Φάσης II	101
Διάγραμμα 6.23 ΔΕ EWMA °Brix % – Φάσης II.....	102
Διάγραμμα 6.24 Ανάλυση Ικανότητας Διεργασίας °Brix % -Φάση II.....	103
Διάγραμμα 6.25 Έλεγχος κανονικότητας pH - Φάσης I.....	106
Διάγραμμα 6.26 Ιστόγραμμα pH - Φάσης I.....	107

Διάγραμμα 6.27 Θηκόγραμμα pH - Φάση I	107
Διάγραμμα 6.28 ΔΕ EWMA pH – Φάσης I.....	108
Διάγραμμα 6.29 ΔΕ EWMA pH – Φάσης I-A.....	109
Διάγραμμα 6.30 ΔΕ EWMA pH – Φάσης I-B	110
Διάγραμμα 6.31 ΔΕ EWMA pH – Φάσης II.....	111
Διάγραμμα 6.32 Ανάλυση Ικανότητας Διεργασίας pH -Φάση I	112
Διάγραμμα 6.33 Έλεγχος κανονικότητας Σκληρότητας - Φάσης I.....	116
Διάγραμμα 6.34 Ιστόγραμμα Σκληρότητας - Φάσης I.....	117
Διάγραμμα 6.35 Θηκόγραμμα Σκληρότητας - Φάσης I.....	117
Διάγραμμα 6.36 ΔΕ EWMA Σκληρότητας– Φάση I.....	118
Διάγραμμα 6.37 ΔΕ EWMA Σκληρότητας– Φάση IB.....	119
Διάγραμμα 6.38 ΔΕ EWMA Σκληρότητας– Φάση II	<i>Error! Bookmark not defined.</i>
Διάγραμμα 6.39 Ανάλυση Ικανότητας Διεργασίας Σκληρότητας -Φάση I	121

Ευρετήριο Εικόνων – Σχημάτων

Σχήμα 2.1 κύκλος PDCA (Plan-Do-Check-Act)	4
Σχήμα 2.2 Η προσέγγιση του Joseph Juran	5
Σχήμα 3.1 Στατιστικές τεχνικές	10
Σχήμα 3.2 Η μεταβλητότητα στην παραγωγική διαδικασία	11
Σχήμα 3.3 Διάγραμμα Αιτίας-Αποτελέσματος	13
Σχήμα 3.4 Διάγραμμα Pareto	14
Σχήμα 3.5 Διάγραμμα Ροής	15
Σχήμα 3.6 Φύλλο Ελέγχου.....	16
Σχήμα 3.7 Ιστόγραμμα	16
Σχήμα 3.8 Διάγραμμα Διασποράς	17
Σχήμα 3.9 Διάγραμμα Ελέγχου.....	19
Σχήμα 3.10 Επιλογή κατάλληλου διαγράμματος.....	21
Εικόνα 4.1 Αυτόματος ανατροπέας.....	31
Εικόνα 4.2 Πλύσιμο	32
Εικόνα 4.3 Διαλογή	33
Εικόνα 4.4 Ταξινομητές.....	33
Εικόνα 4.5 Διχοτόμηση και εκτυρήνωση	34
Εικόνα 4.6 Δεξαμενή καυστικής σόδας.....	34
Εικόνα 4.7 Αποφλοιωτήρας.....	365
Εικόνα 4.8 Απομάκρυνση υπολειμμάτων κουκουτσιού	36
Εικόνα 4.9 ταξινόμηση με κόσκινα.....	36
Εικόνα 4.10 Μηχάνημα Τεμαχισμού.....	37
Εικόνα 4.11 Μεταφορά και Πλήρωση περιεκτών.....	38
Εικόνα 4.12 Χώρος παρασκευής σιροπιού (δεξαμενές και φίλτρα)	40
Σχήμα 4.13 Απαέρωση και σφράγισμα	41
Εικόνα 4.14 Μονάδα αποστείρωσης- είσοδος σφραγισμένων περιεκτών	42

Εικόνα 4.15 Σχήμα Έξοδος παστεριωτή.....	43
Εικόνα 4.16 Ετικετοποίηση	44
Σχήμα 4.17 Διάγραμμα ροής για κονσερβοποιημένο ροδάκινο σε φέτες, κύβους και μισόκαρπο	45
Σχήμα 4.18 Διάγραμμα ροής για παραγωγή υγρού πλήρωσης	46
Εικόνα 5.1 Ψηφιακό διαθλασίμετρο	63
Εικόνα 5.2 Οπτικό διαθλασίμετρο	63
Εικόνα 5.3 pHόμετρο	63
Εικόνα 5.4 Ψηφιακή ζυγαρία.....	64
Εικόνα 5.5 Πενετρόμετρο.....	66

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 6.1 Μετρήσεις καθαρού βάρους Φάση Ι	72-73
Πίνακας 6.2 Μετρήσεις καθαρού βάρους Φάση ΙΙ	79-80
Πίνακας 6.3 Μετρήσεις στραγγιστού βάρους Φάση Ι.....	83-84
Πίνακας 6.4 Μετρήσεις στραγγιστού βάρους Φάση ΙΙ	91-92
Πίνακας 6.5 Μετρήσεις °Brix %.....	96
Πίνακας 6.6 Μετρήσεις pH.....	105
Πίνακας 6.7 Μετρήσεις σκληρότητας (kg/cm²)	114

Συντομογραφίες και Ακρωνύμια

BRC	British Retail Consortium
IFS	International Food Standard
ISO	International Organization for Standardization
HACCP	Hazard Analysis Critical Control Point
ΑΟΠ	Άνω Όριο Προδιαγραφής
ΔΕ	Διάγραμμα Ελέγχου
ΚΟΠ	Κάτω Όριο Προδιαγραφής
ΚΓ	Κεντρική Γραμμή
LCL	Lower Control Limit
UCL	Upper Control Limit
CL	Central Line
PPO	πολυφαινολοξειδάση
PG	πολυγαλακτουρονάση
PME	πηκτινική μεθυλεστεράση
pH	μέτρο της οξύτητας
NaOH	Καυστική σόδα
Cp, Cpk, Cpu, Cpl	Δείκτες Ικανότητας Διεργασίας
ΔΟΠ	Διοίκηση Ολικής Ποιότητας
ΣΔΠ	Σύστημα Διαχείρισης Ποιότητας
ΣΕΔ	Στατιστικός Έλεγχος Διεργασιών
ΣΕΠ	Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η στροφή του κόσμου σε έναν υγιεινό τρόπο ζωής με ταυτόχρονη εξοικονόμηση χρόνου, τους οδήγησε στην κατανάλωση θρεπτικών και υγιεινών έτοιμων κομμένων και συσκευασμένων φρούτων. Τα ελληνικά προϊόντα κονσέρβας ροδάκινου κυριαρχούν τα τελευταία χρόνια σε αγορές του εξωτερικού με σταθερή αύξηση των εξαγωγών. Για την ενίσχυση της θέσης της χώρας σε αγορές του εξωτερικού θα πρέπει να δίδεται ιδιαίτερη προσοχή στην τήρηση και διασφάλιση των αυστηρών κανονισμών του ποιοτικού ελέγχου στην παραγωγική διαδικασία, ώστε με την διατήρηση της υψηλής ποιότητας των προϊόντων να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις των αγορών.

Η ποιότητα των προϊόντων δεν είναι αυτόματα εγγυημένη αλλά εκφράζεται ως απαίτηση τόσο για τις βιομηχανίες όσο και για τους καταναλωτές. Επιπλέον, είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη ενός κλάδου, καθώς είναι προφανές ότι η χαμηλή ποιότητα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της ανταγωνιστικότητας και εν τέλει σημαντικό ρόλο στα ζητήματα βιωσιμότητας.

Η Ελληνική Βιομηχανία Τροφίμων αποτελεί σταθερά έναν από τους σημαντικότερους δευτερογενείς τομείς της ελληνικής οικονομίας και μεταποίησης, παράγοντας υψηλής ποιότητας προϊόντα, με σημαντική ανταγωνιστική παρουσία των εγχώριων προϊόντων στις παγκόσμιες αγορές ακόμη και μέσα σε περιόδους οικονομικής και υγειονομικής κρίσης, αποδεικνύοντας ότι διαθέτει όλες εκείνες τις προδιαγραφές και τα ποιοτικά πρότυπα για να παραμείνει βασικός μοχλός ανάπτυξης και εξέλιξης. (Αθανασιάδης, et al., 2022).

Η διασφάλιση ποιότητας των τροφίμων είναι μέγιστης σημασίας προαπαιτούμενο ολιστικό σύστημα ελέγχου, πρόληψης, ασφάλειας και υγιεινής, εντός ή εκτός της παραγωγικής διαδικασίας, μηδενίζοντας στο μέγιστο τους κινδύνους που ενδεχομένως να επηρεάσουν την ποιότητα των προϊόντων και την υγεία των καταναλωτών. Ο συνεταιρισμός επεξεργασίας και κονσερβοποίησης φρούτων έχει εγκαταστημένο σύστημα διοίκησης που ικανοποιεί τις απαιτήσεις των Προτύπων BRC, IFS, ISO22000, ISO 14001, ISO 45001, ISO 9001, HACCP.

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι με τη χρήση κατάλληλων στατιστικών εργαλείων και μεθόδων να παρακολουθήσει, να μελετήσει και να διορθώσει τυχόν σημαντικά σφάλματα και ειδικά αίτια στη μεταβολή των παραμέτρων της παραγωγικής διαδικασίας του τελικού προϊόντος κονσέρβας ροδάκινου, βελτιώνοντας και - διασφαλίζοντας την υψηλή ποιότητα, απόδοση και ασφάλεια των προϊόντων.

Συγκεκριμένα στο επόμενο κεφάλαιο χρησιμοποιούνται θεωρητικά πλαίσια για τη διερεύνηση των εννοιών που θα μελετηθούν στη διατριβή, με ιδιαίτερη έμφαση στην ανάλυση της έννοιας της ποιότητας.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα εργαλεία και τα διαγράμματα εφαρμογής του Στατιστικού Ελέγχου που είναι απαραίτητα για την αποτελεσματική διεξαγωγή της μελέτης.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται αναλυτική περιγραφή κατανόησης των σταδίων της παραγωγικής διαδικασίας κομποστοποίησης ροδάκινων.

Στο πέμπτο κεφάλαιο αναφερόμαστε στα ποιοτικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την ποιοτική επεξεργασία και κονσερβοποίηση ροδάκινου, καθώς και τα όργανα/ μεθοδολογία των μετρήσεων που θα χρησιμοποιήσουμε στην μελέτη μας.

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα δεδομένα σε πίνακες από τον ποιοτικό έλεγχο της εταιρίας για προϊόντα κονσέρβας κιλού μεσοκαρπίων ροδάκινων, σε καθαρό και στραγγιστό βάρος, brix, pH και της σκληρότητας/υφής χρησιμοποιώντας διαγράμματα Στατιστικού Ελέγχου όπως I-MR, EMWA και \bar{X} -R όπου σε κάθε χρονική στιγμή θα έχουμε μια διαγραμματική εικόνα ώστε να εντοπίσουμε αν η διαδικασία βρίσκεται εντός ή εκτός στατιστικού ελέγχου, προβαίνοντας στις κατάλληλες διορθώσεις αλλά και με την Ικανότητα διεργασίας να μελετήσουμε τη δυνατότητα μιας διαδικασίας να παράγει προϊόντα που πληρούν συγκεκριμένες μετρήσιμες και προκαθορισμένες προδιαγραφές.

Στο τελικό έβδομο κεφάλαιο αυτής της μελέτης συνοψίζονται τα ευρήματα και διατυπώνονται συστάσεις για την ενίσχυση και την βελτίωση του συνεταιρισμού κομποστοποίησης ροδάκινων σε επίπεδο ποιότητας.

2. ΠΟΙΟΤΗΤΑ

2.1 Η έννοια της ποιότητας

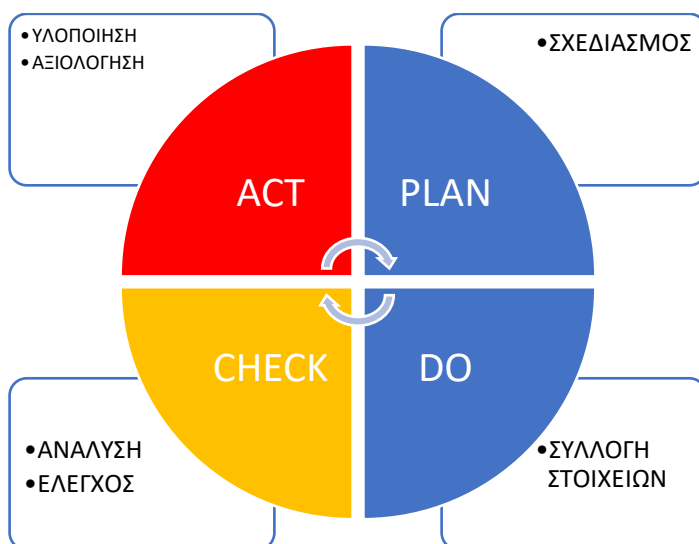
Στη διεθνή βιβλιογραφία, έχουν παρασχεθεί πολυάριθμοι ορισμοί για αυτήν την έννοια, ορισμένοι είναι πιο περιγραφικοί ενώ άλλοι είναι πιο αυστηροί. Ορισμένοι ορισμοί προσεγγίζουν την ποιότητα από την οπτική γωνία του πελάτη, του καταναλωτή ή του χρήστη, ενώ άλλοι την αναλύουν από τη σκοπιά της διαχείρισης ή της παραγωγής. Στο σημερινό σύγχρονο επιχειρηματικό περιβάλλον, το οποίο επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τις ραγδαίες τεχνολογικές εξελίξεις, υπάρχει αυξανόμενος όγκος συζητήσεων σχετικά με τη σημασία των ποιοτικών προϊόντων και υπηρεσιών καθώς και τη βελτίωση της ποιότητας. Η ποιότητα θεωρείται ότι είναι ο κύριος παράγοντας κατά την επιλογή προϊόντων και υπηρεσιών, μαζί με την τιμή τους φυσικά. Ωστόσο, είναι σημαντικό να κατανοήσουμε τι ακριβώς σημαίνει ο όρος «ποιότητα». Μπορούν οι πελάτες να προσδιορίσουν εύκολα τι σημαίνει για αυτούς ποιότητα; Αυτό εγείρει ένα σημαντικό ερώτημα σχετικά με το πώς ορίζουμε την ποιότητα ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας.

Ένας διάσημος μηχανικός και σύμβουλος διαχείρισης, ο Joseph Juran όριζε την ποιότητα ως την ικανότητα ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας, προκειμένου να ικανοποιηθούν οι αναμενόμενες απαιτήσεις των καταναλωτών. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η ποιότητα δεν πρέπει να ταυτίζεται μόνο με υψηλές προδιαγραφές. Δεδομένου ότι κάθε άτομο έχει διαφορετικές απαιτήσεις και προσδοκίες, η αξιολόγηση της ποιότητας μπορεί να διαφέρει μεταξύ των ατόμων. Η σημασία της ποιότητας είναι υψίστης σημασίας σε διάφορες προσπάθειες, ωστόσο, εξίσου κρίσιμα είναι τα άτομα που έχουν την ικανότητα και πρόσβαση να την αποκτήσουν.

Η επικρατούσα ιδεολογία μεταξύ αυτών των ατόμων επικεντρώνεται στην ιεράρχηση της ποιότητας μέσω της δέσμευσης όλων των μελών του προσωπικού, ενώ ταυτόχρονα προσπαθεί να ελαχιστοποιήσει τις δαπάνες. Τα άτομα που συμμετείχαν σε αυτή την προσπάθεια, αποτελούμενα από εκπαιδευτικούς, συγγραφείς και συμβούλους, αφιέρωσαν τις προσπάθειές τους κυριολεκτικά στον κλάδο και τον οδήγησαν σε εντυπωσιακή ανάπτυξη μέσω της εφαρμογής των προγραμμάτων βελτίωσης της ποιότητας τους. Η ενότητα που ακολουθεί παρέχει μια επισκόπηση των βασικών συνιστωσών και των

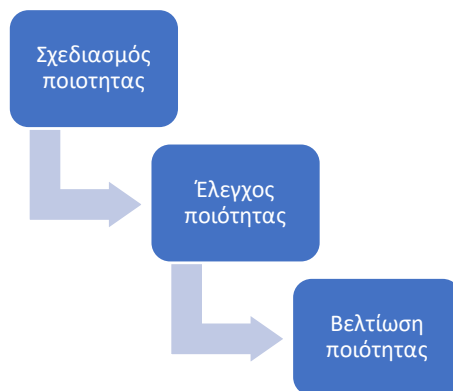
διακριτικών χαρακτηριστικών της φιλοσοφίας που ασπάζονται εξέχουσες προσωπικότητες στον τομέα της διαχείρισης ποιότητας:

- Τα θεωρητικά θεμέλια του Edwards Deming συνέβαλαν καθοριστικά στην ανάπτυξη του ΔΟΠ και συνέβαλε σημαντικά στη μεταρρύθμιση της ιαπωνικής επιχειρηματικότητας καθώς και στον μετασχηματισμό της αμερικανικής κουλτούρας όσον αφορά την ποιότητα. Στο πλαίσιο των προτάσεών του, τα 14 σημεία βελτίωσης της ποιότητας και ο κύκλος PDCA (Plan-Do-Check-Act) κατέχουν κρίσιμες θέσεις (Σχήμα 2.1).



Σχήμα 2.1 κύκλος PDCA (Plan-Do-Check-Act)

- Η προσέγγιση του Joseph Juran έχει αρκετές ομοιότητες με αυτή του Edwards Deming. Η οπτική του Juran για την ποιότητα εστιάζει στην καταλληλότητα για χρήση και δίνει σημαντική σημασία στην ποιότητα σχεδιασμού και την ποιότητα συμμόρφωσης. Κέρδισε την αναγνώριση για την τριλογία του με θέμα Σχεδιασμός-Έλεγχος-Βελτίωση (Σχήμα 2.2).



Σχήμα 2.2 Η προσέγγιση του Joseph Juran

- Ο Phillip Crosby παρείχε έναν ορισμό της ποιότητας ως ικανοποίησης των προδιαγραφών και συνέβαλε πολύτιμη στην κατανόηση της έννοιας του κόστους ποιότητας. Σύμφωνα με την ερμηνεία του Crosby το 1979, η ποιότητα βασίζεται σε τρεις θεμελιώδεις αρχές: α) η ποιότητα αφορά την ικανοποίηση των απαιτήσεων, β) το να μην κάνεις σωστά μια δουλειά αρχικά οδηγεί σε πρόσθετα έξοδα και κόστη και γ) ο απώτερος στόχος της ποιότητας είναι η παραγωγή αγαθών. /υπηρεσίες χωρίς ελαττώματα.
- Ο Armand Feigenbaum πιστώνεται με την ανάπτυξη της έννοιας του Ολικού Ελέγχου Ποιότητας.
- Η προσέγγιση του Ishikawa δίνει έμφαση στη χρήση εργαλείων και τεχνικών για τη βελτίωση της ποιότητας, μαζί με την ενσωμάτωση κύκλων ποιότητας.
- Ο Taguchi περιγράφει την ποιότητα ως την έλλειψη οποιασδήποτε ταλαιπωρίας ή βλάβης που μπορεί να ενοχλήσει τον τελικό καταναλωτή κατά τη μετάβαση του προϊόντος από την εταιρεία στην αγορά.

2.2 Διαστάσεις της ποιότητας

Η λογική μας καθοδηγεί στη διαδικασία ότι για να ενισχύσουμε κάτι, είναι απαραίτητο να μπορούμε να το μετράμε. Ως εκ τούτου, πριν από οποιονδήποτε προγραμματισμό ή προσπάθεια για αλλαγές σε μια εταιρεία, είναι σημαντικό να έχουμε τη δυνατότητα μέτρησης και διάγνωσης του υπάρχοντος επιπέδου ποιότητας. Η μέτρηση της ποιότητας είναι μια πρόκληση διότι δεν είναι τόσο εύκολη όσο δείχνει, ως εκ τούτου, είναι σημαντικό

να καθοριστούν αρχικά οι παράμετροι της έννοιας και στη συνέχεια να γίνουν οι κατάλληλες έρευνες για να εξακριβωθούν οι κατάλληλες προσεγγίσεις για τη μέτρησή της. Υπάρχουν δύο διαστάσεις που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την αξιολόγηση της ποιότητας ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας, ποσοτική και ποιοτική, που θεωρούνται ανεξάρτητες και αυτοδύναμες, με το βάρος κάθε διάστασης να καθορίζεται από τον πελάτη. Οι κατασκευαστές ωθούνται από τις απαιτήσεις των πελατών να αποδίδουν το αντίστοιχο βάρος σε κάθε συγκεκριμένη διάσταση ποιότητας. Ο Gavin πιστεύει ότι, σε γενικές γραμμές, οι ποιοτικές διαστάσεις ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας είναι:

- **Απόδοση:** - Τα προϊόντα και οι υπηρεσίες μας σχεδιάζονται και παράγονται προσεκτικά για να καλύπτουν διαφορετικές απαιτήσεις και ανάγκες. Επομένως, η απόδοση των προϊόντων/υπηρεσιών μας καθορίζεται από το πόσο καλά ανταποκρίνονται στον προορισμό τους και καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα αναγκών.
- **Λειτουργικά χαρακτηριστικά:** - Τα χαρακτηριστικά απόδοσης ενός προϊόντος μπορούν να ταξινομηθούν σε πρωτεύουσες και δευτερεύουσες κατηγορίες, καθεμία από τις οποίες έχει σχεδιαστεί για να ικανοποιεί συγκεκριμένες απαιτήσεις των πελατών. Αυτά τα χαρακτηριστικά μπορούν να ποσοτικοποιηθούν και έχουν αντικειμενικό χαρακτήρα.
- **Αξιοπιστία και ανθεκτικότητα:** - Η συνεκτίμηση της αξιοπιστίας και της ανθεκτικότητας είναι ζωτικής σημασίας για την αξιολόγηση της ευαισθησίας ενός προϊόντος σε ζημιά ή καταστροφή κατά την προβλεπόμενη χρήση του. Αυτοί οι παράγοντες έχουν σημαντική σημασία για περίπλοκα προϊόντα και μπορούν να αξιολογηθούν με αμερόληπτο τρόπο. Οι κύριες μετρήσεις που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της αξιοπιστίας και της μακροζωίας ενός προϊόντος περιλαμβάνουν τη μέση διάρκεια έως ότου το προϊόν αντιμετωπίσει την πρώτη του δυσλειτουργία και τη μέση διάρκεια μεταξύ των επόμενων δυσλειτουργιών.
- **Συμμόρφωση με τις προδιαγραφές:** - Αυτή η πτυχή συνδέεται περίπλοκα με την ποιότητα της παραγωγικής διαδικασίας και σχετίζεται με τον βαθμό στον οποίο ο οργανισμός πληροί αποτελεσματικά τα καθορισμένα κριτήρια βάσει των οποίων επιβεβαιώνει την παραγωγή ενός συγκεκριμένου προϊόντος ή υπηρεσίας. Οι τεχνικές

προδιαγραφές περιλαμβάνουν πρωτίστως τα ζωτικά χαρακτηριστικά, επηρεάζοντας τόσο το επίπεδο ποιότητας όσο και τα έξοδα παραγωγής. Πολλοί δείκτες είναι διαθέσιμοι για την αξιολόγηση της ποιότητας της παραγωγής, τόσο εσωτερικά εντός του συστήματος παραγωγής όσο και εξωτερικά μετά την πώληση του προϊόντος ή της υπηρεσίας.

- **Διάρκεια ζωής και δυνατότητα επισκευής:** - Αυτές οι διαστάσεις αφορούν την αξιοπιστία ενός προϊόντος και καθορίζουν το χρονικό πλαίσιο κατά το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί, παρέχοντας τα αναμενόμενα χαρακτηριστικά όπως εγγυάται ο κατασκευαστής, αποφεύγοντας παράλληλα τυχόν λειτουργικά ζητήματα που δεν μπορούν να επιλυθούν στο πλαίσιο των σχετικών κανονισμών επισκευής (αν είναι εφικτές οι επισκευές). Επιπλέον, αυτές οι μετρήσεις έχουν αντικειμενικό χαρακτήρα. Σε περιπτώσεις όπου η επισκευή είναι μια βιώσιμη επιλογή, η διάρκεια ζωής υποδηλώνει την περίοδο έως ότου η επισκευή γίνει προτιμότερη από την αντικατάσταση. Αντίθετα, σε περιπτώσεις όπου η επισκευή δεν είναι εφικτή, η διάρκεια ζωής αναφέρεται στη διάρκεια έως ότου είναι απαραίτητη η αντικατάσταση.
- **Υπηρεσία πριν και μετά την πώληση:** - Αυτή η μελέτη εξετάζει τα πρότυπα συμπεριφοράς των εργαζομένων σε διάφορα τμήματα ενός οργανισμού, τόσο πριν όσο και μετά την προμήθεια ενός συγκεκριμένου προϊόντος ή υπηρεσίας. Οι βασικοί δείκτες για την αξιολόγηση αυτής της πτυχής περιλαμβάνουν το επίπεδο ευγένειας που επιδεικνύει το προσωπικό, την έκταση και τη γεωγραφική εμβέλεια των εγκαταστάσεων επισκευής και τη διαθεσιμότητα ανταλλακτικών, την ταχύτητα αντιμετώπισης των παραπόνων των πελατών, την αποτελεσματικότητα, την ταχύτητα και την προσαρμοστικότητα στην αντιμετώπιση ζημιών, την τεχνική ικανότητα του προσωπικού και της δομής του προωθητικού δικτύου.
- **Η αισθητική και εμφάνιση:** - Η αρχική υποκειμενική διάσταση της ποιότητας αφορά τις αισθητικές και οπτικές πτυχές ενός προϊόντος, οι οποίες προκαλούν εξατομικευμένες απαντήσεις από τους καταναλωτές. Αυτή η διάσταση περιλαμβάνει αισθητήριες μεταβλητές όπως η γεύση, το άρωμα και οι απτικές αισθήσεις.

- **Η αντιληπτή ποιότητα:** - Πρωταρχικός παράγοντας που συμβάλλει σε αυτό το φαινόμενο είναι η ανεπαρκής πρόσβαση του καταναλωτή σε ολοκληρωμένες πληροφορίες σχετικά με συγκεκριμένα προϊόντα, που οδηγεί στη λήψη αποφάσεων με βάση υποκειμενικά κριτήρια και όχι αντικειμενικούς δείκτες ποιότητας. Τα προαναφερθέντα υποκειμενικά πρότυπα συχνά αποδεικνύονται παραπλανητικά και καλλιεργούνται σκόπιμα από κατασκευαστές προϊόντων κατώτερης ποιότητας ή από διαφημιστές. Η αντιληπτή ποιότητα, σε αυτό το πλαίσιο, αναφέρεται στη διαφορά μεταξύ της πραγματικής ποιότητας ενός προϊόντος και της ποιότητας που αναμένει ο καταναλωτής. Η πραγματική ποιότητα περιλαμβάνει τα προϊόντα που παραλαμβάνει ο πελάτης, ενώ η αναμενόμενη ποιότητα ενσωματώνει τις ανάγκες και τις προσδοκίες του πελάτη.

Επιπλέον, είναι επίσης δυνατό να ληφθούν υπόψη άλλοι παράγοντες που σχετίζονται με την ποιότητα, δηλαδή την ασφάλεια, τη διαθεσιμότητα/προσβασιμότητα, το κόστος και την εργονομία/φιλικότητα προς τον χρήστη.

2.3 Διοίκηση Ολικής Ποιότητας

Υπάρχει έλλειψη συναίνεσης σχετικά με τον ακριβή ορισμό της διαχείρισης ολικής ποιότητας (ΔΟΠ) εντός των οργανισμών. Διάφοροι οργανισμοί χρησιμοποιούν τις δικές τους μοναδικές ή εναλλακτικές ερμηνείες για την ΔΟΠ. Ωστόσο, είναι ευρέως αποδεκτό ότι ο θεμελιώδης στόχος της ΔΟΠ είναι να βελτιστοποιήσει την ικανοποίηση των πελατών εκπληρώνοντας τις ανάγκες και τις προσδοκίες τους στο μέγιστο βαθμό. Η έννοια του «πελάτη» περιλαμβάνει τόσο τα εξωτερικά όσο και τα εσωτερικά ενδιαφερόμενα μέρη της επιχείρησης. Οι εξωτερικοί πελάτες αναφέρονται σε άτομα που τελικά καταναλώνουν και χρησιμοποιούν προϊόντα και υπηρεσίες, ενώ οι εσωτερικοί πελάτες είναι οι διευθυντές και οι υπάλληλοι που συμβάλλουν άμεσα ή έμμεσα στην παραγωγική διαδικασία και επηρεάζουν τα πρότυπα ποιότητας που τηρούνται στην εταιρεία.

Η υιοθέτηση ενός συστήματος Διοίκησης Ολικής Ποιότητας (ΔΟΠ) στον κλάδο των προϊόντων/υπηρεσιών έχει βρεθεί ότι βελτιώνει τη συνολική ποιότητα και ενισχύει την επιχειρηματική απόδοση (Haque, 2014). Πολλοί μελετητές έχουν εξετάσει και αξιολογήσει αυτή την προσέγγιση. Όπως αναφέρουν οι Goetsch και Davis (2016), η

«Ολική ποιότητα» αναφέρεται σε μια επιχειρηματική προσέγγιση που στοχεύει στη βελτιστοποίηση της ανταγωνιστικότητας ενός οργανισμού βελτιώνοντας συνεχώς την ποιότητα των προϊόντων, των υπηρεσιών, του προσωπικού, των διαδικασιών και των περιβαλλόντων του. Η Διοίκηση Ολικής Ποιότητας (ΔΟΠ) περιλαμβάνει 11 βασικά βασικά στοιχεία, συμπεριλαμβανομένης της στρατηγικής βάσης, της εστίασης στον πελάτη, της δέσμευσης για την ποιότητα, της επιστημονικής μεθοδολογίας, της μακροπρόθεσμης αφοσίωσης, της ομαδικής εργασίας, της συνεχούς βελτίωσης της διαδικασίας, της εκπαίδευσης και κατάρτισης, της αυτονομίας εντός ελέγχου, του κοινού σκοπού, της συμμετοχής και ενδυνάμωση των εργαζομένων (Goetsch και Davis, 2016).

Οι βιομηχανίες επικεντρώνονται επί του παρόντος στην αναδυόμενη φάση που είναι γνωστή ως βιομηχανία 4.0, η οποία σηματοδοτεί ένα νέο πλαίσιο για τις σύγχρονες κατασκευές (Mohelska and Sokolova, 2018; Hamid et al., 2019). Αυτή η αλλαγή απαιτεί την προσαρμογή των παραδοσιακών αντιλήψεων ποιότητας για την προσαρμογή των αλλαγών και την προετοιμασία για τις επερχόμενες προκλήσεις (Durana et al., 2019). Επιπλέον, η βιομηχανία 4.0 προωθεί τη χρήση διαφορετικών τεχνολογικών οργάνων που συγκεντρώνουν δεδομένα σε όλους τους τομείς της βιομηχανίας, οδηγώντας στην αυτοματοποιημένη εκτέλεση επαναλαμβανόμενων διαδικασιών μέσω της χρήσης της ρομποτικής και της τεχνητής νοημοσύνης (AI) (Frank et al., 2019). Κατά συνέπεια, οι εργασίες που εκτελούνταν στο παρελθόν από ανθρώπινα όντα είναι τώρα σε μεγάλο βαθμό αυτοματοποιημένες, μειώνοντας σημαντικά την ανθρώπινη συμμετοχή (Yadav et al., 2020).

Το "Food Quality 4.0" είναι μια νέα έννοια που περιλαμβάνει τη χρήση τεχνολογιών Industry 4.0 στην ανάλυση τροφίμων για την επίτευξη γρήγορης, αξιόπιστης και αντικειμενικής αξιολόγησης της ποιότητας των τροφίμων. Το Food Quality 4.0 χαρακτηρίζεται από την σταδιακά ενισχυμένη εφαρμογή τεχνολογιών αιχμής στη βιομηχανία τροφίμων, οδηγώντας την στην ψηφιοποίηση και αυτοματοποίηση των διαδικασιών ανάλυσης τροφίμων (Hassoun et al., 2022).

3. ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

Ο τομέας της στατιστικής έχει συμβάλει σημαντικά στην προώθηση αποτελεσματικών τεχνικών για τη βέλτιστη λειτουργία των σύγχρονων Συστημάτων Ποιοτικού Ελέγχου (ΣΕΠ). Αυτά τα εργαλεία επιτρέπουν στο σύστημα να εντοπίζει εύκολα και οικονομικά, προϊόντα που δεν πληρούν προκαθορισμένες προδιαγραφές και να ξεκινά κατάλληλες διορθωτικές ενέργειες για τη διατήρηση ανταγωνιστικών επιπέδων ποιότητας.

Ο ποιοτικός έλεγχος περιλαμβάνει τον καθορισμό αποδεκτών ορίων για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος και την αξιολόγηση της απόδοσης της παραγωγικής διαδικασίας σε σχέση με αυτά τα όρια. Είναι επιτακτική ανάγκη για τις επιτυχημένες επιχειρήσεις να αναγνωρίσουν τη σημασία της συνεχούς έρευνας και εκπαίδευσης σε σχετικές στατιστικές μεθόδους ως μέσο διασφάλισης ελέγχου και βελτίωσης της διασφάλισης ποιότητας. Η έννοια της επιθεώρησης 100%, που κάποτε θεωρούνταν η πιο αξιόπιστη μορφή επιθεώρησης, έχει εγκαταλειφθεί λόγω του υψηλού κόστους και της δυνατότητας να επιτρέπει τη διέλευση ελαττωματικών προϊόντων. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στην κόπωση των επιθεωρητών αυξάνεται με τον αριθμό των ειδών που επιθεωρούνται, οδηγώντας σε μεγαλύτερη πιθανότητα ελαττωμάτων να περάσουν απαρατήρητα.

Η έρευνα έχει δείξει ότι διαφορετικά μοντέλα συστημάτων ποιοτικού ελέγχου στην φάση της παραγωγικής διαδικασίας χρησιμοποιούν συγκεκριμένες στατιστικές τεχνικές. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχουν τρεις κύριες ταξινομήσεις στατιστικών μεθόδων που διαθέτουν αξιοσημείωτες δυνατότητες, προσαρμοστικότητα και αποτελεσματικότητα. Ακολουθώντας όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 3.1 την ακόλουθη σειρά: σχεδιασμός ανάλυσης πειραμάτων, ο στατιστικός έλεγχος διαδικασίας και η δειγματοληψία αποδοχής.

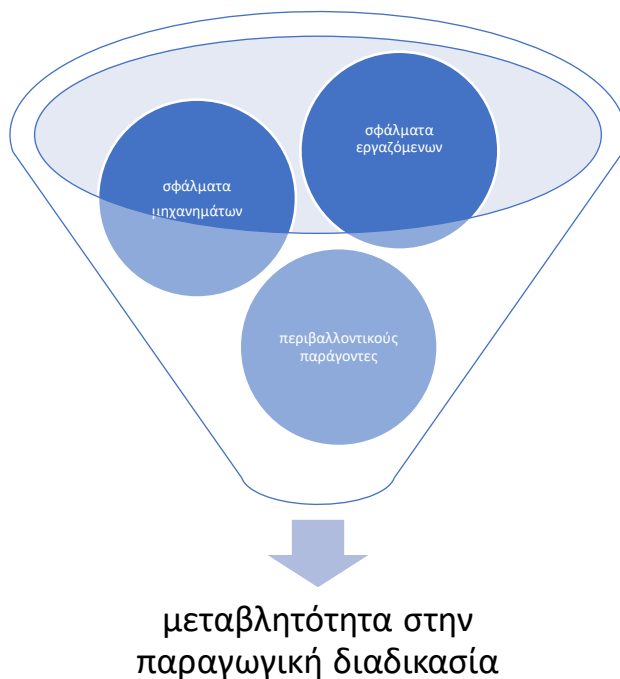


Σχήμα 3.1 Στατιστικές τεχνικές

Ανεξάρτητα από την αντίληψη της διαδικασίας κατασκευής, τα προϊόντα που προκύπτουν εμφανίζουν ένα επίπεδο μεταβλητότητας, υποδηλώνοντας ανομοιομορφία. Αυτή η μεταβλητότητα προκαλείται κυρίως από άτομα, εργαζόμενους, μηχανήματα, εξοπλισμό, υλικά και περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία και ο φωτισμός (σχήμα 3.2). Αυτές οι αιτίες μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κύριες κατηγορίες:

4. Στις τυχαίες αιτίες, που είναι εγγενείς και αναπόφευκτες στην παραγωγική διαδικασία και
5. στις ειδικές αιτίες, που προκύπτουν από εξωτερικούς παράγοντες και θέτουν σημαντικές προκλήσεις στην παραγωγική διαδικασία.

Οι τυχαίες αιτίες θεωρείται ότι δεν επηρεάζουν την ικανότητα της παραγωγικής διαδικασίας και συνήθως κατανέμονται κανονικά. Από την άλλη πλευρά, οι ειδικές αιτίες έχουν μεγαλύτερη επιρροή από τις τυχαίες αιτίες και μπορούν να διαταράξουν τον έλεγχο της παραγωγικής διαδικασίας οδηγώντας σε ανωμαλίες. Ο εντοπισμός και η επίλυση αυτών των ειδικών αιτιών είναι ουσιαστικής σημασίας για την ανάκτηση του ελέγχου και την ενίσχυση της αποτελεσματικότητας της παραγωγικής διαδικασίας.



Σχήμα 3.2 Η μεταβλητότητα στην παραγωγική διαδικασία

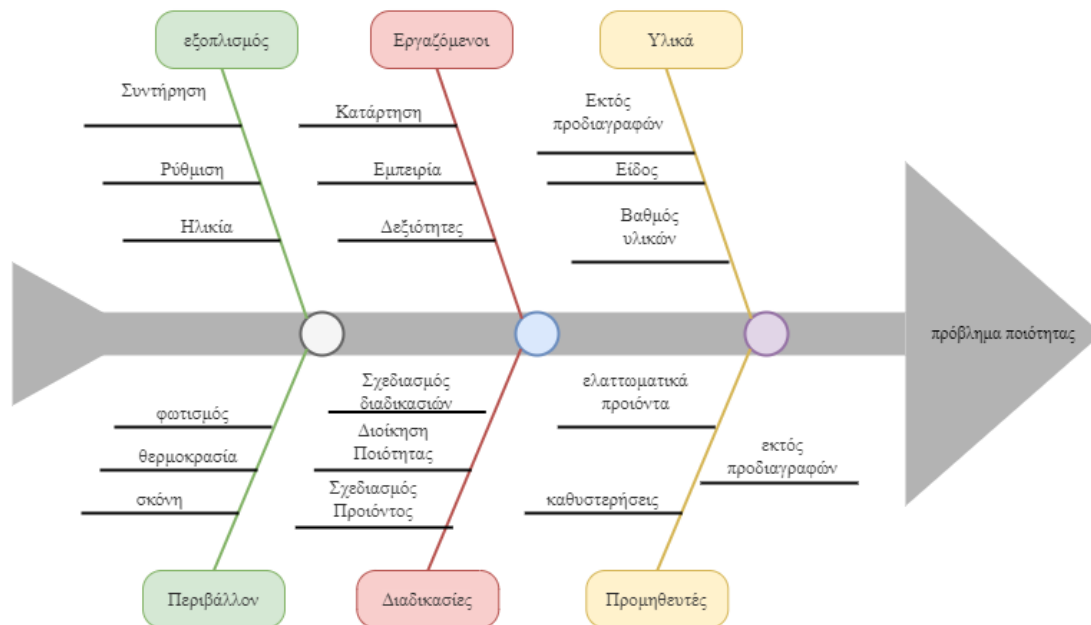
3.1 Τα επτά βασικά εργαλεία ποιότητας

Προκειμένου να ικανοποιηθεί η ικανοποίηση των χρηστών, ένα προϊόν πρέπει να κατασκευάζεται χρησιμοποιώντας μια συνεπή και επαναλαμβανόμενη διαδικασία. Αυτή η διαδικασία θα πρέπει να έχει ελάχιστη απόκλιση από ένα προκαθορισμένο πρότυπο ποιότητας προκειμένου να αξιολογηθεί το τελικό προϊόν. Ο Στατιστικός Έλεγχος Διαδικασιών είναι ένα σύνολο τεχνικών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση της σταθερότητας της διαδικασίας και την ενίσχυση της αποτελεσματικότητάς της ελαχιστοποιώντας τη μεταβλητότητα. Αυτές οι τεχνικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορες διαδικασίες. Τα επτά βασικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται στον Στατιστικό Έλεγχο Διαδικασιών περιλαμβάνουν:

- Διάγραμμα Αιτίας-Αποτελέσματος (*Cause-and-Effect Diagram*)
- Διάγραμμα Pareto (*Pareto Chart*)
- Διάγραμμα Ροής (*flowchart*)
- Φύλλο Ελέγχου (*Check Sheet*)
- Ιστόγραμμα (*Histogram*)
- Διάγραμμα Διασποράς (*Scatter Plot*)
- Διάγραμμα Ελέγχου (*Control Chart*)

3.1.1 Διάγραμμα Αιτίας-Αποτελέσματος

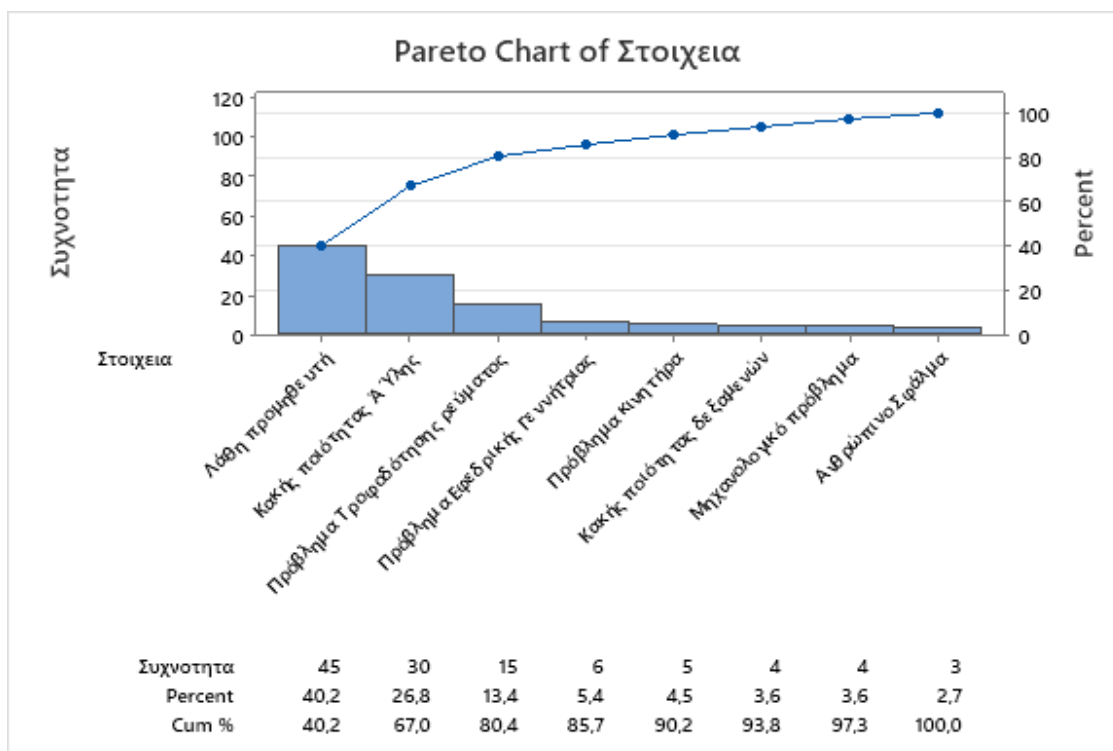
Το αρχικό βήμα για την εφαρμογή αυτής της προσέγγισης περιλαμβάνει τον εντοπισμό και την αναγνώριση ενός προβλήματος ως αρνητική έκβαση που απαιτεί διορθωτικές ενέργειες προκειμένου να λυθεί και να αποτραπεί η επανεμφάνισή του. Η κεφαλή του διαγράμματος ψαροκόκαλου αντιπροσωπεύει το εντοπισμένο πρόβλημα, ενώ οι νευρώσεις του διαγράμματος αντιπροσωπεύουν τις διάφορες αιτίες του προβλήματος. Η επιλογή των κατηγοριών αιτιών καθορίζεται από τη φύση του προβλήματος και την αντίληψη του αναλυτή γι' αυτό. Η τελική διαμόρφωση του διαγράμματος μπορεί να περιλαμβάνει αιτίες που προέρχονται από διάφορες κατηγορίες. Εξετάζοντας τις επιλεγμένες αιτίες, μπορούν επίσης να διερευνηθούν τα υπο-αίτια του προβλήματος. Ο πρωταρχικός στόχος αυτού του διαγράμματος είναι να εντοπίσει και να αναλύσει πιθανές αιτίες ενός προβλήματος προκειμένου να αποκαλύψει τις θεμελιώδεις ρίζες του (Σχήμα 3.3).



Σχήμα 3.3 Διάγραμμα Αιτίας-Αποτελέσματος

3.1.2 Διάγραμμα Pareto

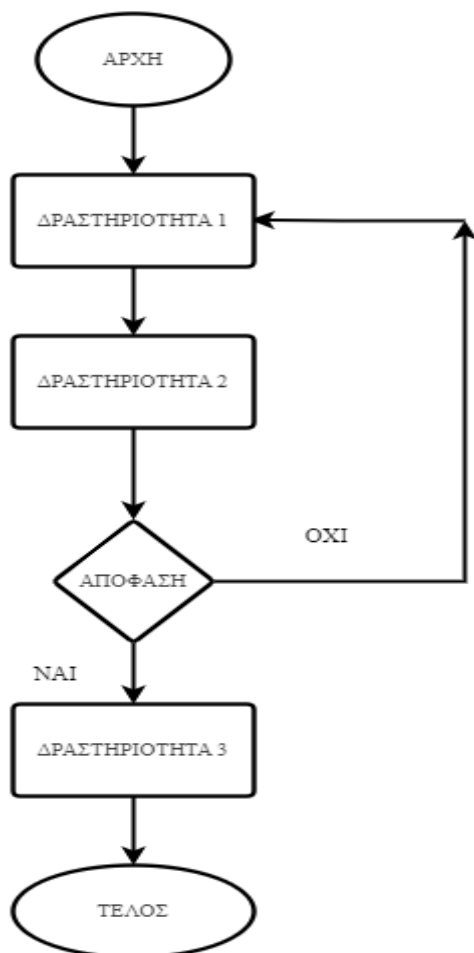
Ως εργαλείο ποιοτικού ελέγχου, το διάγραμμα pareto εμφανίζει οπτικά τη συμβολή κάθε αιτίας στο τελικό αποτέλεσμα ή πρόβλημα, επισημαίνοντας τομείς που απαιτούν βελτίωση. Είναι ένα διάγραμμα που δείχνει την ιεραρχική τοποθέτηση των αιτιών σφαλμάτων σε ένα ιστόγραμμα, όπου ο κατακόρυφος άξονας αντιπροσωπεύει τη αθροιστική συχνότητά τους. Αυτό το ιστόγραμμα ενισχύεται περαιτέρω από μια διακεκομμένη γραμμή που συνδέει τις μέσες τιμές κάθε κατηγορίας αιτιών, με τις ψηλότερες ράβδους να υποδεικνύουν τις πιο σημαντικές αιτίες του προβλήματος. Μόλις εντοπιστούν αυτές οι αιτίες, η ομάδα ποιότητας ενός οργανισμού πρέπει να προτείνει διορθωτικές ενέργειες ή αντίμετρα (Σχήμα 3.4) .



Σχήμα 3.4 Διάγραμμα Pareto

3.1.3 Διάγραμμα Ροής

Ένα διάγραμμα ροής χρησιμεύει ως οπτική απεικόνιση μιας συγκεκριμένης διαδικασίας, χρησιμοποιώντας τυποποιημένα σύμβολα. Παρόλο που η διαδικασία δημιουργίας διαγραμμάτων ροής μπορεί να είναι επίπονη, αποδεικνύονται εξαιρετικά πολύτιμα εργαλεία για την οπτική απεικόνιση διαφόρων επιχειρησιακών αποτελεσμάτων και τον αποτελεσματικό εντοπισμό τομέων ανησυχίας. Τα διαγράμματα ροής που χρησιμοποιούνται κυρίως στους τομείς της ανάλυσης, του σχεδιασμού και της τεκμηρίωσης, διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη διαχείριση της διαδικασίας. Τα τυπικά στοιχεία του διαγράμματος ροής αποτελούνται από διαφορετικά σύμβολα που αντιπροσωπεύουν διαφορετικά στάδια ή ενέργειες εντός της απεικονιζόμενης διαδικασίας (Σχήμα 3.5) .



Σχήμα 3.5 Διάγραμμα Ροής

3.1.4 Φύλλο Ελέγχου

Το φύλλο ελέγχου χρησιμεύει ως ένα απλό εργαλείο για τη συλλογή και τεκμηρίωση δεδομένων. Χρησιμοποιείται για την τεκμηρίωση σχετικών πληροφοριών σχετικά με ελαττώματα του προϊόντος, τη διεξαγωγή των απαραίτητων επιθεωρήσεων κατά την παραλαβή του υλικού ή τις αξιολογήσεις του συστήματος ποιότητας. Επιπλέον, χρησιμοποιείται για την καταγραφή συμπληρωματικών δεδομένων που σχετίζονται με τον εισαγόμενο τύπο δεδομένων, συμπεριλαμβανομένης της ημερομηνίας, του αριθμού παρτίδας, της μετατόπισης και οποιασδήποτε άλλης σχετικής πληροφορίας σχετικής με τη διαδικασία. Επιπλέον, η λίστα ελέγχου μπορεί να χρησιμεύσει ως μέσο εισαγωγής των συλλεγόμενων δεδομένων σε ένα ηλεκτρονικό σύστημα (Σχήμα 3.6).

	ΕΒΔΟΜΑΔΑ						
ΣΥΜΒΑΝ	ΔΕΥΤΕΡΑ	ΤΡΙΤΗ	ΤΕΤΑΡΤΗ	ΠΕΜΠΤΗ	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	ΣΑΒΒΑΤΟ	ΚΥΡΙΑΚΗ
ΤΥΠΟΥ 1	3	4	4	9	13	15	4
ΤΥΠΟΥ 2		3			8	9	4
ΤΥΠΟΥ 3		4			5	9	
ΤΥΠΟΥ 4				3	4	3	2
ΣΥΝΟΛΟ	3	11	4	12	30	36	6

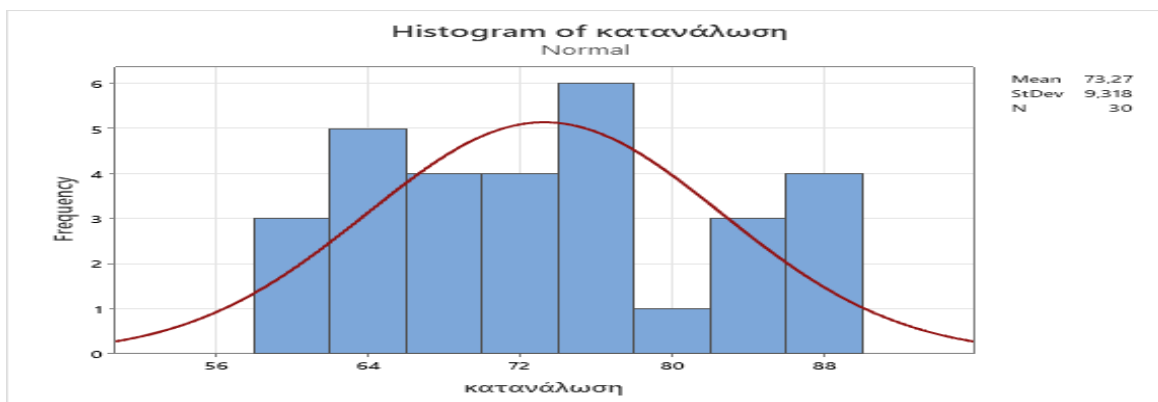
Σχήμα 3.6 Φύλλο Ελέγχου

3.1.5 Ιστόγραμμα

Το ιστόγραμμα είναι μια γραφική απεικόνιση που απεικονίζει τη συχνότητα με την οποία εμφανίζονται συγκεκριμένες τιμές σε ένα σύνολο μεταβλητών. Ορισμένες τιμές εμφανίζονται πιο συχνά από άλλες και το ιστόγραμμα παρέχει μια συνολική αναπαράσταση της κατανομής, χρησιμεύοντας ως αρχική μέθοδος για την αξιολόγηση της μεταβλητότητας του χαρακτηριστικού που εξετάζεται. Οι ομάδες στηλών χρησιμοποιούνται για την κατασκευή του ιστογράμματος (Σχήμα 3.7).

Εάν καθοριστεί ότι οι κλάσεις έχουν ομοιόμορφο πλάτος, που συμβολίζεται ως r , αυτή η τιμή μπορεί να ληφθεί διαιρώντας το εύρος των δεδομένων, που αντιπροσωπεύεται ως $R = \chi_{max} - \chi_{min}$, με τον συνολικό αριθμό κλάσεων, που συμβολίζεται ως k . Ο αριθμός των τάξεων προσδιορίστηκε χρησιμοποιώντας τον τύπο Sturges (όπου y το σύνολο των παρατηρήσεων), $k = 1 + 3.32 * \log_{10} y$

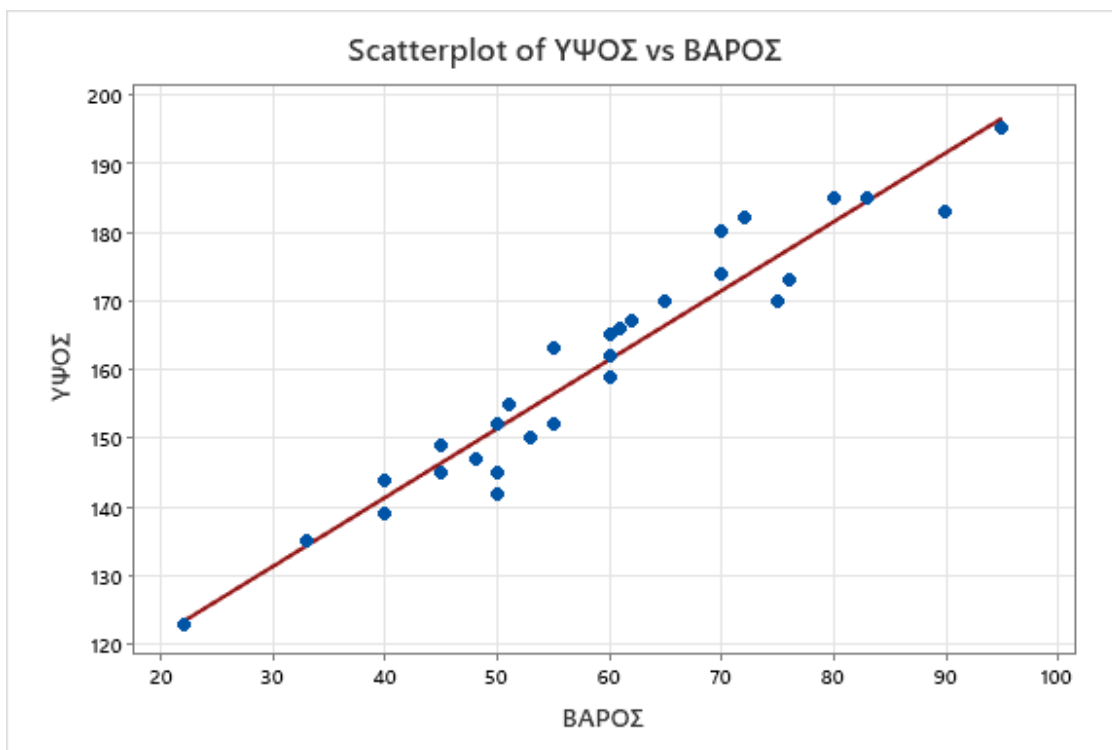
$$r = \frac{R = \chi_{max} - \chi_{min}}{k}$$



Σχήμα 3.7 Ιστόγραμμα

3.1.6 Διάγραμμα Διασποράς

Το διάγραμμα διασποράς είναι μια γραφική απεικόνιση που απεικονίζει τη σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών. Είναι ένα γράφημα που εμφανίζει τις τιμές των μεταβλητών ως σημεία σε ένα δισδιάστατο επίπεδο. Εάν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών, τα σημεία θα ευθυγραμμιστούν κατά μήκος μιας γραμμής ή μιας καμπύλης. Η ισχύς της συσχέτισης μπορεί να παρατηρηθεί από το πόσο στενά προσκολλώνται τα σημεία στη γραμμή. Η σχέση μεταξύ των δύο μεταβλητών μπορεί να κατηγοριοποιηθεί ως θετική, αρνητική ή απροσδιόριστη. Μια θετική σχέση παρατηρείται όταν μια αύξηση σε μια μεταβλητή συνοδεύεται από ταυτόχρονη αύξηση στην άλλη μεταβλητή. Αντίθετα, μια αρνητική σχέση αποδεικνύεται όταν μια αύξηση σε μια μεταβλητή αντιστοιχεί σε μείωση της άλλης μεταβλητής. Τέλος, μια απροσδιόριστη σχέση εμφανίζεται όταν οι αλλαγές σε μια μεταβλητή δεν έχουν καμία επίδραση στην άλλη (Σχήμα 3.8).



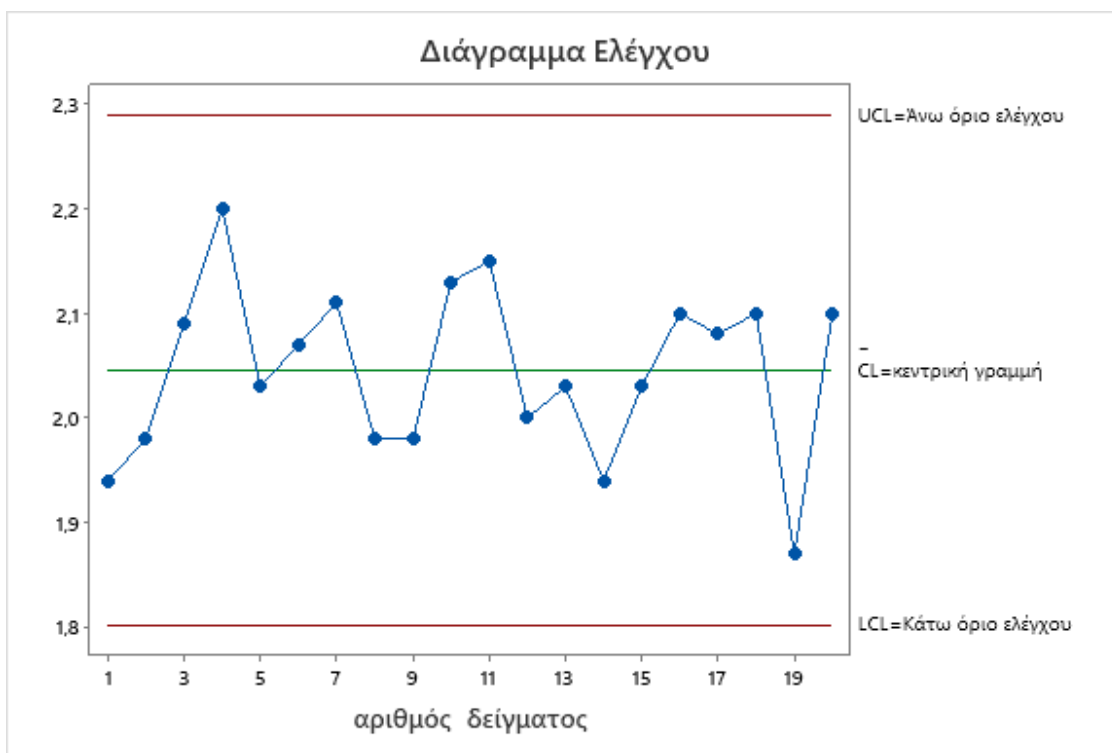
Σχήμα 3.8 Διάγραμμα Διασποράς

3.2 Διάγραμμα Ελέγχου

Ο στατιστικός έλεγχος διεργασιών είναι μια ευρέως χρησιμοποιούμενη στατιστική τεχνική στα συστήματα ποιοτικού ελέγχου. Σκοπός του είναι να μειώσει και να εξαλείψει τις τυχαίες διακυμάνσεις στην παραγωγική διαδικασία προκειμένου να διατηρήσει υψηλή ποιότητα προϊόντων. Η τεχνική περιλαμβάνει τον προσδιορισμό των επιθυμητών προδιαγραφών, τη μέτρηση της πραγματικής απόδοσης της παραγωγικής διαδικασίας και τη σύγκριση των πληροφοριών που λαμβάνονται με τις προδιαγραφές. Εάν υπάρχουν σημαντικές αποκλίσεις από τις επιθυμητές τιμές, γίνονται διορθωτικές ενέργειες.

Τα διαγράμματα ελέγχου χρησιμοποιούνται ως μηχανισμός ηλεκτρονικής παρακολούθησης διαδικασιών. Παρέχουν μια οπτική αναπαράσταση της εξελισσόμενης διαδικασίας, επιτρέποντάς μας να προσδιορίσουμε εάν είναι υπό έλεγχο ή όχι. Εάν είναι εκτός ελέγχου, εφαρμόζονται διορθωτικές ενέργειες για την αντιμετώπιση συγκεκριμένων αιτιών και την πρόληψη της επανεμφάνισής τους.

Τα διαγράμματα ελέγχου εμφανίζουν το επίπεδο και τα χαρακτηριστικά της διακύμανσης σε μια χρονική περίοδο και η κατασκευή τους καθοδηγείται από στρατηγικό σχεδιασμό. Ο οριζόντιος άξονας (x) αντιπροσωπεύει τον αριθμό των συνεχών ή διακριτικών δεδομένων και ο κατακόρυφος άξονας (y) τη κλίμακα που μπορεί να είναι είτε κατά διαστήματα συνεχής είτε διακριτή. Το διάγραμμα ελέγχου αποτελείται από δύο οριζόντιες γραμμές το **Άνω όριο ελέγχου (Upper Control Limit-UCL)** και το **κάτω όριο ελέγχου (Lower Control Limit-LCL)** γνωστές ως όρια ελέγχου, οι οποίες ορίζουν το αποδεκτό εύρος διακύμανσης. Η **κεντρική γραμμή (Central Line-CL)** αντιπροσωπεύει τον μέσο όρο της υπό έλεγχο παραγωγικής διαδικασίας (Σχήμα 3.9). Τα όρια ελέγχου επιλέγονται στατιστικά για να διασφαλιστεί ότι υπάρχει πιθανότητα 0,99 η διαδικασία να είναι υπό έλεγχο (99,73% των σημείων εμπίπτουν εντός των ορίων). (Τσιότρας, 2016)



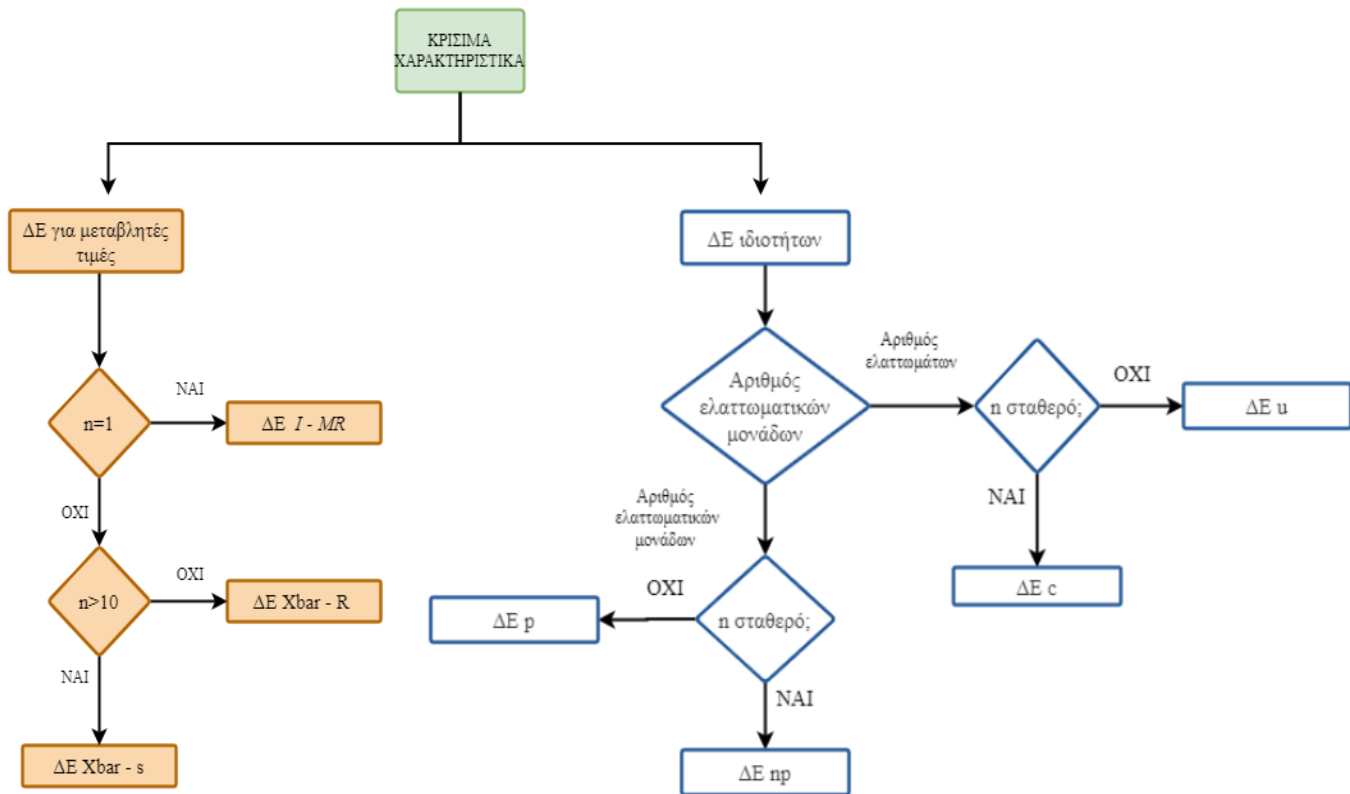
Σχήμα 3.9 Διάγραμμα Ελέγχου

Το σχήμα της τεθλασμένης γραμμής που συνδέει σημεία δεδομένων που αντιπροσωπεύουν ένα παρακολουθούμενο ποιοτικό χαρακτηριστικό σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα, σε σχέση με τα όρια ελέγχου και την κεντρική γραμμή, μπορεί να προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες για την παρουσία ειδικών αιτιών. Όταν ένα σημείο δεδομένων ξεπερνά τα όρια ελέγχου και παρουσιάζει σημαντική απόκλιση από την κεντρική γραμμή, υποδηλώνει έντονα ότι η διαδικασία δεν βρίσκεται υπό στατιστικό έλεγχο και δικαιολογεί διερεύνηση για τον εντοπισμό πιθανών ειδικών παραγόντων. Εκτός από τα σημεία εκτός των ορίων ελέγχου, είναι σημαντικό να αναλύεται το συνολικό μοτίβο ή η διάταξη του γραφήματος για μη τυχαίες φόρμες ή μοτίβα. Τα κριτήρια που αναφέρονται παρακάτω χρησιμοποιούνται συχνά:

- Ένα ή περισσότερα σημεία βρίσκονται εκτός των ορίων ελέγχου.
- Έξι ή περισσότερα συνεχόμενα σημεία που δείχνουν ανοδική ή καθοδική τάση.
- Επαναλαμβανόμενες μορφές (περιοδικότητα).
- Επτά ή περισσότερα διαδοχικά σημεία στη μία πλευρά της κεντρικής γραμμής.

- Δέκα από τα έντεκα σημεία στην ίδια πλευρά της κεντρικής γραμμής.
- Δύο συνεχόμενα σημεία πολύ κοντά στα όρια ελέγχου.
- Πολλά σημεία που βρίσκονται κοντά στα όρια ελέγχου.
- Σχεδόν όλα τα σημεία βρίσκονται κοντά στην κεντρική γραμμή.
- Οποιαδήποτε διάταξη σημείων που δεν ικανοποιεί κανένα από τα προαναφερθέντα κριτήρια, ωστόσο ενσωματώνει αναμφισβήτητα σενάρια που είναι υπερβολικά περίπλοκα για να θεωρηθούν τυχαία.

Η χρήση των διαγραμμάτων ελέγχου εξυπηρετεί τρεις κύριους σκοπούς: τη διασφάλιση της σταθερότητας της διαδικασίας, την καθοδήγηση διορθωτικών ενεργειών για την εξάλειψη ειδικών αιτιών και τη μείωση της μεταβλητότητας, και την παροχή δεδομένων και γνώσεων για τη διευκόλυνση των διαδικασιών λήψης αποφάσεων σε ανώτερο στελεχικό επίπεδο. Ανάλογα με τη φύση του ποιοτικού χαρακτηριστικού που παρακολουθείται, υπάρχουν δύο κύριες κατηγορίες στατιστικού ελέγχου διεργασίας και αντίστοιχων διαγραμμάτων ελέγχου: Τα διαγράμματα ελέγχου μεταβλητών για συνεχή χαρακτηριστικά (όπως η εξωτερική διάμετρος, το βάρος προϊόντων ή θερμοκρασία μιας ουσίας), και τα διαγράμματα ελέγχου χαρακτηριστικών ή ιδιοτήτων για διακριτά χαρακτηριστικά (όπως αριθμός ελαττωμάτων συσκευασιών ή προϊόντων) (Σχήμα 3.10). (Γραφανάκης, 2008)



Σχήμα 3.10 Επιλογή κατάλληλου διαγράμματος

3.2.1 Διαγράμματα ελέγχου Φάσης I και Φάσης II

Η διαχείριση μιας παραγωγικής διαδικασίας μέσω της χρήσης διαγραμμάτων ελέγχου χωρίζεται σε δύο διακριτά στάδια: Φάση I και Φάση II.

Κατά τη Φάση I, τα προηγούμενα δείγματα αναλύονται για να καθοριστεί ότι η διεργασία βρίσκεται σε ελεγχόμενη κατάσταση ή όχι, και χρησιμοποιείται αναδρομική χρήση διαγραμμάτων ελέγχου. Ο στόχος αυτής της φάσης είναι η καθιέρωση στατιστικού ελέγχου εντός της διαδικασίας. Μόλις επιτευχθεί αυτός ο στόχος, τα διαγράμματα ελέγχου που ακολουθούν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση της μελλοντικής απόδοσης της διαδικασίας. Κατά τη Φάση I, ο πρωταρχικός στόχος είναι να ανιχνευθούν τυχόν δείγματα που αποκλίνουν από τα όρια ελέγχου. Σε περίπτωση που συμβεί αυτό, αυτοί οι παράγοντες θα αγνοηθούν και τόσο η κεντρική γραμμή όσο και τα όρια ελέγχου θα επαναβαθμονομηθούν. Στην περίπτωση πολλαπλών ακραίων τιμών, χρησιμοποιείται

μια προσέγγιση διαδοχικού αποκλεισμού, ξεκινώντας από το σημείο που είναι πιο μακριά από τα όρια ελέγχου. Αυτά τα όρια ελέγχου υπολογίζονται εκ νέου μετά τον αποκλεισμό κάθε σημείου. Αυτή η διαδικασία έχει ως αποτέλεσμα στενότερα όρια, προκαλώντας πιθανώς τα αρχικά δείγματα υπό έλεγχο να πέσουν εκτός των ορίων. Σε περιπτώσεις αυτού του είδους, αυτά τα σημεία αγνοούνται επιπλέον έως ότου διατηρηθούν μόνο τα σημεία ελέγχου. Αυτή η επαναληπτική διαδικασία παραμένει έως ότου κάθε σημείο του γραφήματος περιέχεται εντός των ορίων ελέγχου. Μόλις επιτευχθεί αυτός ο στόχος, όλα τα δείγματα που αντιστοιχούν σε σημεία εντός των τελικών ορίων ελέγχου θεωρείται ότι έχουν ληφθεί από μια διαδικασία που ελέγχεται επαρκώς. Τα προαναφερθέντα όρια ελέγχου, που αναφέρονται ως "όρια ελέγχου φάσης II", είναι κατάλληλα για την επακόλουθη παρακολούθηση της σχετικής μεταβλητής.

Κατά τη φάση II, χρησιμοποιούνται διαγράμματα για τη συνεχή παρακολούθηση της διαδικασίας και τη διασφάλιση της σταθερότητας της. Αυτό επιτρέπει την έγκαιρη ανίχνευση τυχόν αποκλίσεων στο επίπεδο του χαρακτηριστικού που μελετάται. Κατά συνέπεια, κάθε εξέταση δείγματος παρέχει άμεση ανατροφοδότηση σχετικά με το εάν η διαδικασία λειτουργεί εντός των επιθυμητών ορίων ελέγχου. (Τσεκούρας, 2017)

3.2.2 Διαγράμματα Ελέγχου $\bar{X} - R$

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η εγκυρότητα του γραφήματος βασίζεται στην υπόθεση ότι η μεταβλητότητα εντός του δείγματος είναι σταθερή. Επομένως, το διάγραμμα R εξετάζεται πρώτα για να εκτιμηθεί η μεταβλητότητα εντός του δείγματος. Εάν το διάγραμμα R υποδεικνύει ότι η μεταβλητότητα του δείγματος βρίσκεται σε στατιστικό έλεγχο, τότε το διάγραμμα \bar{X} εξετάζεται για να προσδιοριστεί εάν ο μέσος όρος του δείγματος βρίσκεται επίσης σε στατιστικό έλεγχο. Ωστόσο, εάν η μεταβλητότητα του δείγματος δεν βρίσκεται σε στατιστικό έλεγχο, ολόκληρη η διαδικασία θεωρείται ότι είναι εκτός ελέγχου, ανεξάρτητα από τα αποτελέσματα από το διάγραμμα \bar{X} .

Τα όρια ελέγχου για αυτόν τον τύπο γραφήματος καθορίζονται χρησιμοποιώντας εκτιμήσεις του μακροπρόθεσμου μέσου όρου και του εύρους της διαδικασίας, που δηλώνονται ως $\bar{\bar{X}}$ και \bar{R} αντίστοιχα, οι οποίες καθορίζονται κατά τη ρύθμιση του διαγράμματος ελέγχου:

- $D_3\bar{R}$ κάτω όριο και $D_4\bar{R}$ πάνω όριο για το διάγραμμα εύρους R για την παρακολούθηση της μεταβλητότητας της διαδικασίας και
- $\bar{X} \pm A_2\bar{R}$ για το διάγραμμα μέσου όρου \bar{X} όπου \bar{X} και \bar{R} αποτελούν την κεντρική γραμμή (CL) των αντίστοιχων διαγραμμάτων που είναι οι εκτιμήσεις του μακροπρόθεσμου μέσου όρου και του εύρους της διαδικασίας που καθορίστηκαν κατά τη ρύθμιση του διαγράμματος ελέγχου.

Τα όρια ελέγχου υπολογίζονται χρησιμοποιώντας σταθερούς συντελεστές A_2 , D_3 και D_4 , οι οποίοι εξαρτώνται από το μέγεθος του δείγματος. Το "διάγραμμα" που χρησιμοποιείται σε αυτό το πλαίσιο αποτελείται από δύο γραφήματα: ένα που παρακολουθεί την τυπική απόκλιση της διαδικασίας αξιολογώντας το εύρος κίνησης εντός του δείγματος και ένα άλλο που παρακολουθεί το μέσο όρο της διαδικασίας. Το γράφημα $\bar{X} - R$ εμφανίζει τη μέση τιμή του χαρακτηριστικού ποιότητας σε όλες τις δειγματοληπτικές μονάδες, μαζί με το εύρος των χαρακτηριστικών ποιότητας σε όλες τις δειγματοληπτικές μονάδες, που υπολογίζεται αφαιρώντας την ελάχιστη τιμή από τη μέγιστη τιμή ($R = x_{max} - x_{min}$).

Αυτά τα διαγράμματα κατασκευάζονται με την παραδοχή ότι το χαρακτηριστικό ποιότητας που παρακολουθείται συμμορφώνεται με μια κανονική κατανομή. Θεωρείται επίσης ότι οι παράμετροι μ και σ για την τυχαία μεταβλητή είναι συνεπείς σε όλες τις μονάδες και ότι κάθε μονάδα είναι ανεξάρτητη από τους προκατόχους ή τους διαδόχους της. Επιπλέον, η διαδικασία επιθεώρησης θεωρείται ότι είναι η ίδια για κάθε δείγμα και εκτελείται με συνέπεια από δείγμα σε δείγμα. Υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα από τη χρήση αυτού του γραφήματος, συμπεριλαμβανομένης της αποτελεσματικότητάς του όταν αντιμετωπίζουμε μικρά και σταθερά μεγέθη δειγμάτων $1 < n \leq 10$, καθώς και την ικανότητά του να απλοποιεί τους υπολογισμούς για τους χρήστες. (Montgomery, 2009)

3.2.3 Διαγράμματα Ελέγχου $\bar{X} - s$

Το διάγραμμα έχει πολλά πλεονεκτήματα σε συγκεκριμένες καταστάσεις. Πρώτον, είναι ιδιαίτερα χρήσιμο όταν το μέγεθος του δείγματος είναι σχετικά μεγάλο, συγκεκριμένα όταν ξεπερνά το $n > 10$. Δεύτερον, ισχύει σε περιπτώσεις όπου το μέγεθος του δείγματος δεν είναι σταθερό και ποικίλλει μεταξύ διαφορετικών περιπτώσεων. Τέλος, η χρήση

υπολογιστών μπορεί να βοηθήσει στην ανακούφιση του υπολογιστικού φόρτου που σχετίζεται με το γράφημα.

Η εγκυρότητα του γραφήματος εξαρτάται από τη σταθερότητα της μεταβλητότητας εντός του δείγματος, επομένως, το διάγραμμα s αξιολογείται πριν από το γράφημα \bar{X} . Σε περίπτωση που το διάγραμμα s υποδεικνύει ότι η μεταβλητότητα του δείγματος είναι υπό στατιστικό έλεγχο, διενεργείται περαιτέρω εξέταση του διαγράμματος \bar{X} για να διαπιστωθεί εάν ο μέσος όρος του δείγματος είναι επίσης υπό στατιστικό έλεγχο. Αντίθετα, εάν η μεταβλητότητα του δείγματος δεν είναι υπό στατιστικό έλεγχο, ολόκληρη η διαδικασία θεωρείται ότι είναι εκτός στατιστικού ελέγχου, ανεξάρτητα από το διάγραμμα \bar{x} .

Το διάγραμμα $\bar{X} - s$ αποτελείται από δύο ξεχωριστά γραφήματα. Το ένα γράφημα παρακολουθεί την τυπική απόκλιση της διαδικασίας, ενώ το άλλο παρακολουθεί τον μέσο όρο της διαδικασίας, παρόμοια με το γράφημα $\bar{X} - R$. Το γράφημα $\bar{X} - s$ εμφανίζει τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση για το χαρακτηριστικό ποιότητας σε όλες τις δειγματοληπτικές μονάδες ως εξής:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Τα καθορισμένα όρια για αυτόν τον συγκεκριμένο τύπο γραφήματος είναι γνωστά ως όρια ελέγχου:

- $B_3\bar{s}$ κάτω όριο και $B_4\bar{s}$ πάνω όριο για το διάγραμμα τυπικής απόκλισης S
- $\bar{\bar{X}} \pm A_3\bar{s}$ για το διάγραμμα μέσου όρου \bar{X} όπου $\bar{\bar{X}}$ και $\bar{s} = \frac{\sum_{i=1}^m s_i}{m}$ αποτελούν την κεντρική γραμμή (CL) των αντίστοιχων διαγραμμάτων που είναι οι εκτιμήσεις του μακροπρόθεσμου μέσου όρου και του εύρους της διαδικασίας που καθορίστηκαν κατά τη ρύθμιση του διαγράμματος ελέγχου. (Montgomery, 2009)

3.2.4 Διαγράμματα Ελέγχου $I - MR$

Το διάγραμμα $I - MR$ αποτελείται από δύο γραφήματα: ένα μεμονωμένο γράφημα που εμφανίζει τις μετρούμενες τιμές και ένα γράφημα κινούμενης περιοχής που δείχνει τις

διαφορές μεταξύ διαδοχικών σημείων. Παρόμοια με άλλα γραφήματα ελέγχου, αυτά τα γραφήματα επιτρέπουν στο χρήστη να παρακολουθεί μια διαδικασία για τυχόν αλλαγές στο μέσο όρο ή τη διακύμανση του μετρούμενου στατιστικού. Αυτή η προσέγγιση είναι εφαρμόσιμη σε σενάρια όπου η αυτοματοποίηση επιτρέπει την επιθεώρηση μεμονωμένων μονάδων, μειώνοντας τα πλεονεκτήματα της ορθολογικής υποομάδας. Επιπλέον, σε αργές διαδικασίες παραγωγής, η αναμονή για αρκετά δείγματα για να σχηματιστεί μια λογική υποομάδα θα προκαλούσε απαράδεκτες καθυστερήσεις παρακολούθησης και για διεργασίες που αποδίδουν ομοιογενείς παρτίδες, όπως οι χημικές διεργασίες, όπου οι επαναλαμβανόμενες μετρήσεις ποικίλλουν κυρίως λόγω σφάλματος μέτρησης. (Montgomery, 2009)

Όταν θέλουμε να ελέγξουμε μια παραγωγική διαδικασία λαμβάνοντας δείγματα μεγέθους $n=1$, χρησιμοποιούμε διαγράμματα ελέγχου για μεμονωμένες παρατηρήσεις.

Τα διαγράμματα ελέγχου μίας παρατήρησης χρησιμοποιούνται κυρίως σε καταστάσεις όπου οι επιθυμητές αλλαγές που πρέπει να ανιχνευθούν παρουσιάζουν σημαντικά μεγέθη. Επιπλέον, αυτά τα διαγράμματα ισχύουν όταν οι αρχικές παρατηρήσεις ακολουθούν μια κανονική κατανομή και η κατανομή τους είναι γνωστή. Επιπλέον, η χρήση μεγάλων μεγεθών δείγματος είναι κοινή και θεωρείται ότι δεν υπάρχει αυτοσυσχέτιση στις μετρήσεις. Στην πραγματικότητα, η κανονικότητα των μεμονωμένων παρατηρήσεων είναι κρίσιμη σε αυτό το πλαίσιο, επειδή το Κεντρικό Οριακό Θεώρημα δεν μπορεί να βασιστεί για να εγγυηθεί την κανονική κατανομή της στατιστικής συνάρτησης που παρουσιάζεται στο διάγραμμα ελέγχου, όπως θα συνέβαινε αν είχαμε να κάνουμε με μεγαλύτερα δείγματα. (Κούτρας, 2008)

Για να δημιουργήσουμε ένα διάγραμμα I-MR, είναι απαραίτητο για αρχή ένα (ψευτό)δείγμα που θα αποτελείται από τουλάχιστον δύο μεμονωμένες παρατηρήσεις. Στη συνέχεια, το μήκος του κινούμενου εύρους μεταξύ δύο διαδοχικών μετρήσεων του χαρακτηριστικού ποιότητας προσδιορίζεται χρησιμοποιώντας τον τύπο $MR_i = |x_i + 1 - x_i|$. Στη συνέχεια, το μέσο εύρος κίνησης MR υπολογίζεται εφαρμόζοντας τον τύπο σε k διαδοχικά κινούμενα εύρη.

$$\overline{MR} = \frac{\sum_1^k MR_i}{k}$$

Επιπλέον, είναι δυνατός ο υπολογισμός της τυπικής απόκλισης μεμονωμένων τιμών.

$$\hat{\sigma} = \frac{\overline{MR}}{d_2}$$

Τα καθορισμένα όρια για αυτόν τον συγκεκριμένο τύπο γραφήματος είναι γνωστά ως όρια ελέγχου:

- $D_3\overline{MR}$ κάτω όριο και $D_4\overline{MR}$ πάνω όριο για το διάγραμμα MR
- $\bar{X} \pm 3 \frac{\overline{MR}}{d_2}$ για το διάγραμμα \bar{X} όπου \bar{X} και \overline{MR} αποτελούν την κεντρική γραμμή (CL) των αντίστοιχων διαγραμμάτων.

(Γεωργακάκος, 2002)

3.2.5 Διαγράμματα Ελέγχου EWMA

Στα γραφήματα ελέγχου EWMA, ο τύπος υπολογισμού κινητού μέσου όρου ενσωματώνει έναν παράγοντα βάρους που αποδίδει μεγαλύτερη σημασία στις πιο πρόσφατες μετρήσεις. Αυτό το μοναδικό χαρακτηριστικό στάθμισης είναι υπεύθυνο για την αυξημένη ευαισθησία των διαγραμμάτων ελέγχου EWMA έναντι των παραμετρικών αλλαγών της διεργασίας και τον γρήγορο εντοπισμό τυχόν τάσεων εκτός ελέγχου. Επιπλέον, αντί να παρακολουθούνται μεμονωμένες ή μέσες τιμές, χρησιμοποιείται η συνάρτηση $Y_t = r\bar{X}_t + (1 - r)Y_{t-1}$ στο συνήθως χρονικό σημείο t .

Ο συντελεστής βάρους, που συμβολίζεται ως r , κυμαίνεται από $0 < r < 1$. Είναι προφανές ότι υπάρχει μια εκθετική μείωση στην επίδραση των προηγούμενων μετρήσεων καθώς το μέγεθος του r αυξάνεται. Όσον αφορά την παράμετρο r του διαγράμματος ελέγχου, εμπειρικά στοιχεία έχουν δείξει ότι οι τιμές που εμπίπτουν στο διάστημα 0,05 έως 0,25 αποδίδουν ικανοποιητικά αποτελέσματα. (Γεωργακάκος, 2002)

Τα γραφήματα ελέγχου διαδικασίας τύπου EWMA χρησιμοποιούνται συνήθως σε καταστάσεις όπου οι επιθυμητές αλλαγές είναι μικρού μεγέθους, όταν η κατανομή των παρατηρήσεων αποκλίνει από το κανονικό (στην περίπτωση αυτή, τα γραφήματα

παρουσιάζουν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα όταν υπάρχουν διαθέσιμες μεμονωμένες παρατηρήσεις) και όταν υπάρχει απουσία αυτοσυσχέτισης στις μετρήσεις. Αυτά τα διαγράμματα αποδεικνύονται ιδιαίτερα πλεονεκτικά όταν οι μετρήσεις μιας παραγωγικής διαδικασίας πραγματοποιούνται σε πραγματικό χρόνο. Διαθέτουν βελτιωμένη ικανότητα αναγνώρισης λεπτών και προοδευτικών αλλαγών λόγω της εξέτασης όλων των μετρήσεων από την έναρξη της παραγωγικής διαδικασίας μέχρι την πιο πρόσφατη παρατήρηση. (Κούτρας, 2008)

Παρέχονται οι εξισώσεις για τον προσδιορισμό της κεντρικής τιμής και των ορίων του ελέγχου για τον εκθετικά σταθμισμένο κινητό μέσο όρο (EWMA) :

- $\mu_0 \pm 3\sigma \sqrt{\frac{r}{n(2-r)}} \sqrt{1 - (1-r)^{2t}}$ όπου μ_0 είναι η κεντρική γραμμή (CL) και ισούται με την μέση τιμή \bar{X}
- Προσεγγιστικά η ισότητα θα είναι: $\mu_0 \pm 3\sigma \sqrt{\frac{r}{n(2-r)}}$ διότι η ποσότητα $1 - (1-r)^{2t}$ τείνει προς την μονάδα όσο αυξάνεται η τιμή του t. (Γεωργακάκος, 2002)

3.3 Δείκτες ικανότητας διεργασίας

Οι δείκτες ικανότητας ποιότητας διαδικασίας χρησιμοποιούνται για να αξιολογηθεί εάν μια διαδικασία συμμορφώνεται με τα πρότυπα ποιότητας και είναι ικανή να παράγει προϊόντα ή υπηρεσίες που πληρούν τις απαιτήσεις των πελατών. Αυτοί οι δείκτες επιτρέπουν μια αμερόληπτη αξιολόγηση της ικανότητας της διαδικασίας και τον εντοπισμό πιθανών περιοχών για βελτίωση. Η αξιολόγηση της ποιοτικής ικανότητας μιας διαδικασίας συνεπάγεται τον καθορισμό του βαθμού στον οποίο ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις για ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό. Οι δείκτες ποιότητας αφορούν τα κριτήρια που καθορίζονται από τον πελάτη, που συνήθως σχετίζονται με ένα συγκεκριμένο χαρακτηριστικό. Η συσχέτιση μεταξύ της πραγματικής απόδοσης μιας διαδικασίας και των καθορισμένων ορίων ή ανοχών μπορεί να μετρηθεί χρησιμοποιώντας κατάλληλους δείκτες. Αξιοσημείωτοι δείκτες ικανότητας ποιότητας διεργασίας περιλαμβάνουν τους δείκτες C_p και C_{pk} .

Ο δείκτης C_p διαπιστώνει τον βαθμό στον οποίο η διεργασία τηρεί τα όρια προδιαγραφών και την ευθυγράμμιση της με την ονομαστική χωρητικότητα, υποδηλώνοντας έτσι την παρουσία πιθανών συστηματικών σφαλμάτων στην παραγωγή. Ο υπολογισμός του δείκτη C_p βασίζεται στον τύπο: $C_p = \frac{(USL - LSL)}{6\sigma}$. (κατώτερο όριο προδιαγραφών (LSL) και ανώτερο όριο προδιαγραφών (USL)).

Ο δείκτης C_{pk} χρησιμοποιείται για να καθοριστεί η σχέση μεταξύ της μεταβλητότητας μιας διαδικασίας και της τήρησής της στις καθορισμένες απαιτήσεις. Συγκεκριμένα, ο δείκτης C_{pk} χρησιμοποιείται συνήθως για την ευθυγράμμιση των ανοχών $\pm 3\sigma$ με τα όρια προδιαγραφών. Αξιολογώντας πόσο καλά μια διεργασία εμπίπτει στις προδιαγραφές σε σχέση με τον μέσο όρο της, ο δείκτης C_{pk} ποσοτικοποιεί την πραγματική απόκλιση από την ονομαστική τιμή. Αυτό προσδιορίζεται χρησιμοποιώντας τον τύπο $C_{pk} = \min\{C_{PL}, C_{PU}\}$, όπου το C_{PL} αντιπροσωπεύει την απόκλιση από το κατώτερο όριο προδιαγραφών (LSL) και η C_{PU} αντιπροσωπεύει την απόκλιση από το ανώτερο όριο προδιαγραφών (USL). Αυτές οι αποκλίσεις υπολογίζονται διαιρώντας τη διαφορά μεταξύ του μέσου όρου διεργασίας (μ) και του LSL με το τριπλάσιο της τυπικής απόκλισης του δείγματος (σ) για το $C_{PL} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma}$ και διαιρώντας τη διαφορά μεταξύ του USL και του μ με τρεις φορές σ για την $C_{PU} = \frac{USL - \mu}{3\sigma}$. (Borucka et al., 2023).

Η τυπική απόκλιση, σ , χρησιμεύει ως δείκτης της συνολικής μεταβλητότητας ή ακρίβειας της διεργασίας, ενώ ο μέσος όρος διεργασίας μ , αντανακλά τη ρύθμιση ή την ακρίβεια της διαδικασίας και υπόκειται σε παρόμοιες επιρροές όπως το σ . (Porter & Oakland, 2007)

Επιπλέον, οι δείκτες C_{PL} και C_{PU} μετρούν την ακρίβεια της διαδικασίας σε σχέση με τα κατώτερα και ανώτερα όρια προδιαγραφών, αντίστοιχα. (Borucka et al., 2023)

Ένας άλλος δείκτης ικανότητας, ο k , αξιολογεί την ικανότητα της διαδικασίας να επιτύχει την επιθυμητή τιμή στόχο. Εάν η επιθυμητή τιμή στόχος αντιστοιχεί στο μέσο των ορίων προδιαγραφής, m , τότε το k ορίζεται ως $k = \frac{2|m - \mu|}{(USL - LSL)}$. Μπορεί να παρατηρηθεί ότι το $C_{pk} = C_p (1 - k)$. Δεδομένου ότι η διαδικασία είναι απίθανο να είναι ακριβώς στον στόχο ($k > 0$), το C_{pk} θα είναι πάντα χαμηλότερο από το C_p ($C_{pk} < C_p$). Η βελτιωμένη

ικανότητα υποδεικνύεται από υψηλές τιμές C_p και C_{pk} και χαμηλές τιμές k . (Porter & Oakland, 2007)

Η τιμή C_p χρησιμεύει για να βελτιώσει την κατανόηση της απόδοσης μιας δεδομένης διαδικασίας. Μια τιμή C_p μεγαλύτερη από 1,33 υποδεικνύει ότι η απόδοση της διαδικασίας θεωρείται αποδεκτή για μια κεντρική διαδικασία. Οι σχετικές συνθήκες ποιότητας και οι αντίστοιχες τιμές C_p παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα. (Borucka et al., 2023)

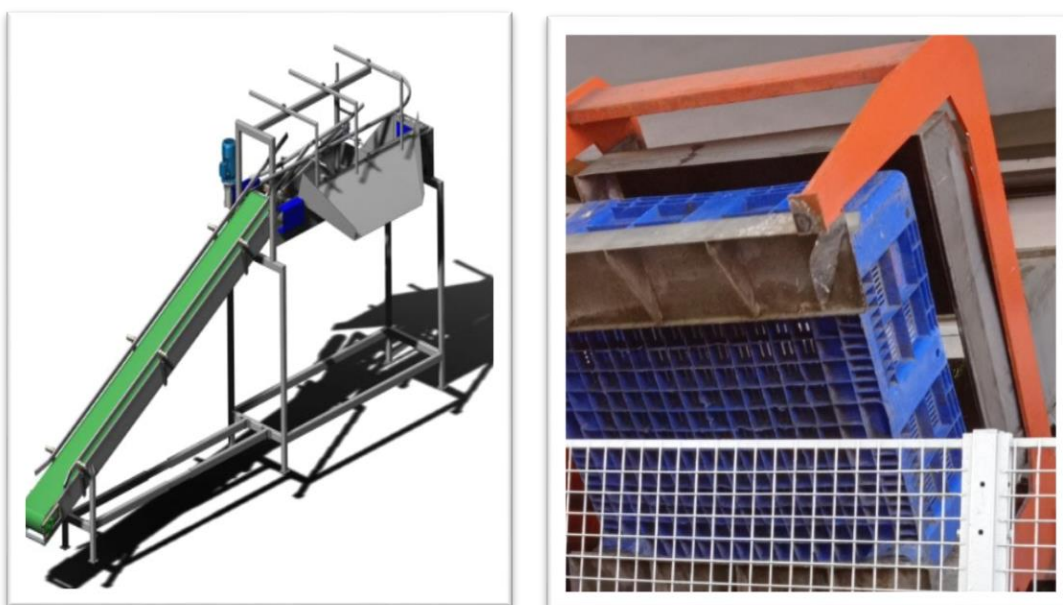
ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	C_p
Σούπερ εξαιρετική	$C_p \geq 2.00$
Εξαιρετική	$1.67 \leq C_p < 2.00$
Ικανοποιητική	$1.33 \leq C_p < 1.67$
Ικανή	$1.00 \leq C_p < 1.33$
Ανεπαρκής	$0.67 \leq C_p < 1.00$
Φτωχή	$C_p < 0.67$

4. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΚΟΜΠΟΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΡΟΔΑΚΙΝΟΥ

Η εταιρία Α.Ε. ιδρύθηκε το 1964 στην περιοχή της Ημαθίας ως συνεταιρισμός παράγωγων διακινώντας φρούτα και λαχανικά. Αποκτώντας ακόμη ένα εργοστάσιο στην περιοχή όπου το εκσυγχρόνισε πλήρως, εξελίχθηκε σε έναν από τους κορυφαίους παραγωγούς φρέσκων προϊόντων και μεταποίησης με εγκαταστάσεις να είναι οι μεγαλύτερες στον κλάδο, με χωρητικότητα 800 τόνων μεταποιημένων ροδάκινων ημερησίως. Κάθε χρόνο διακινεί 35.000 τόνους νωπά φρούτα (όπως ροδάκινα, αχλαδιά, μήλα, κεράσια, σταφύλια, νεκταρίνια, ακτινίδια, βερίκοκα, δαμάσκηνα) και 30.000 τόνους κομπόστα (κονσέρβες και πλαστικά κουπάκια με ροδάκινο – αχλάδι - κοκτέιλ φρούτων, ζελέ και πουρέ φρούτων και ελιές σε πλαστικά κουπάκια) που εξάγονται κυρίως σε Αμερική, Άπω Ανατολή, Ευρώπη και Αυστραλία. Το πιο δημοφιλές προϊόν της είναι η κομπόστα ροδάκινο. Τα προϊόντα διακινούνται στο εσωτερικό τόσο σε τοπικές αγορές όσο και μέσω συνεργασίας με σούπερ μάρκετ και εστιατόρια. Το εργατικό δυναμικό που απασχολεί η εταιρία είναι περίπου 3000 εποχικούς και 200 μόνιμους υπαλλήλους. Το ωράριο απασχόλησης σε 24ωρη βάση με προσωπικό που εργάζεται σε τρεις βάρδιες. Οι παραγωγοί-μέλη περίπου 550 είναι οι αποκλειστικοί προμηθευτές του συνεταιρισμού, γεγονός που εξασφαλίζει την επάρκεια πρώτης ύλης και την αυστηρή τήρηση των διαδικασιών. Η εταιρεία παράγει το μεγαλύτερο ποσοστό των εσόδων της, -97% που αντιστοιχεί σε 68 εκατ. Ευρώ-, μέσω των εξαγωγικών της δραστηριοτήτων.

Με την άφιξη των πρώτων υλών στη βιομηχανία, πραγματοποιείται μια αρχική επιθεώρηση κατά τη φάση παραλαβής για να εξακριβωθεί η καταλληλότητα και η τήρησή τους σε προκαθορισμένα χαρακτηριστικά. Χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στο χρονοδιάγραμμα της συγκομιδής ροδάκινων σε σχέση με τη χρήση φυτοφαρμάκων, τα πιθανά υπολείμματα, φυσική κατάσταση (όπως απουσία μώλωπες, εκδορές ή ανάπτυξη μυκήτων), το επίπεδο ωριμότητας και τη βιολογική διαδικασία ωρίμανσης που επηρεάζει την επακόλουθη επεξεργασία. Τα ροδάκινα έχουν περιορισμένη διάρκεια ζωής μετά τη συγκομιδή τους και είναι απαραίτητο να φυλάσσονται σε συνθήκες ψυγείου για να ελαχιστοποιηθεί η αλλοίωση και να παραταθεί η σταθερότητά τους (Minas et al., 2018).

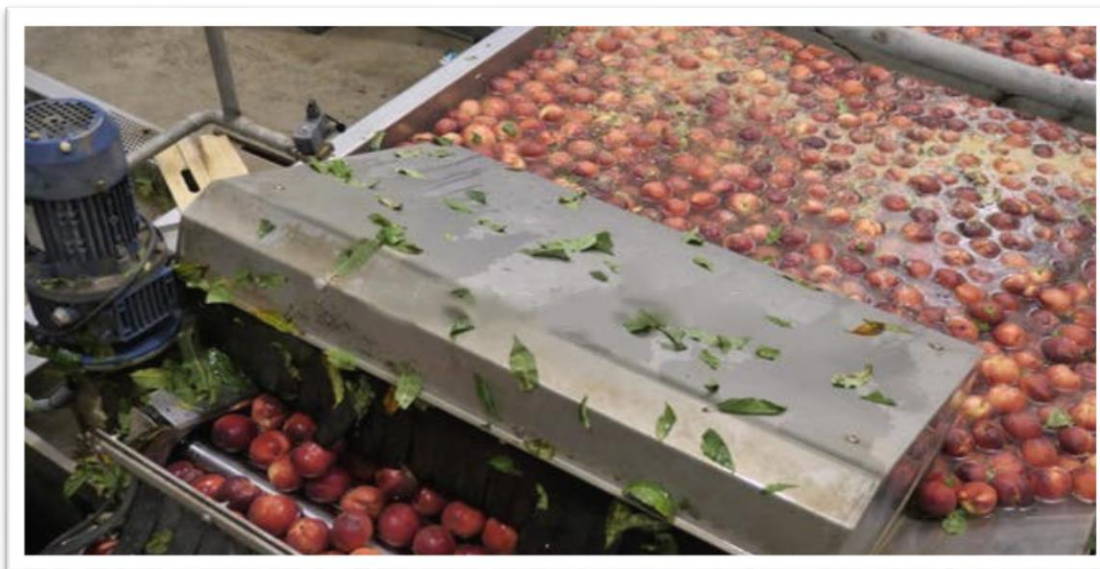
Εάν υπάρχει περίσσεια πρώτης ύλης, οι καρποί είτε μεταφέρονται σε ψυκτικούς αποθηκευτικούς χώρους για να μειωθεί γρήγορα η θερμοκρασία τους περίπου στους 10 βαθμούς Κελσίου, είτε αποθηκεύονται προσωρινά στους χώρους αποθήκευσης του εργοστασίου σε ιδανικές συνθήκες και στη συνέχεια μεταφέρονται στην εγκατάσταση επεξεργασίας. Τα ροδάκινα προέρχονται από διαφορετικές ποικιλίες και οι μόνες παραλλαγές που εμφανίζονται κατά τη διαδικασία παραγωγής περιλαμβάνουν τις διαφορετικές μεθόδους κοπής (μισό φρούτο, φέτες, κύβοι) και μεγέθη συσκευασίας. Πριν την εισαγωγή της πρώτης ύλης στον τροφοδότη/ανατροπέα (Εικόνα 4.1), πραγματοποιείται άλλη επιθεώρηση, συνοδευόμενη από την εισαγωγή δεδομένων παρτίδας στο σύστημα υπολογιστή. Ταυτόχρονα, τα δοχεία επισημαίνονται με έναν μοναδικό κωδικό αριθμό. Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, αρχίζει η μετατροπή του αρχικού στο τελικό προϊόν.



Εικόνα 4.1 Αυτόματος ανατροπέας

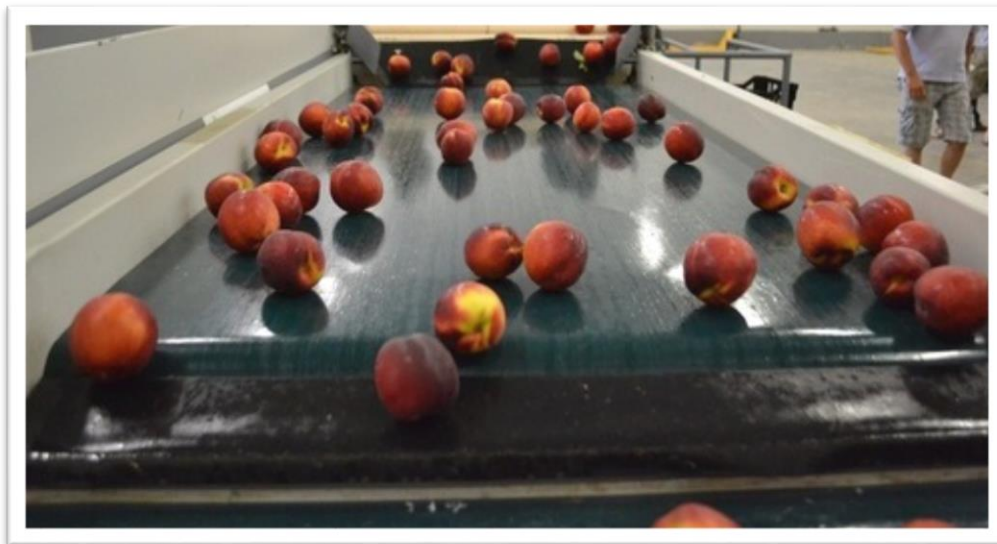
Πλύσιμο: Η πρώτη ύλη, η οποία έχει δοκιμαστεί και κωδικοποιηθεί, τοποθετείται σε τροφοδότη όπου τα ροδάκινα υποβάλλονται σε εμβάπτιση σε μεγάλες δεξαμενές αποθήκευσης που περιέχουν ζεστό νερό με θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 20 έως 30

°C για διάρκεια 10 έως 15 λεπτών (Εικόνα 4.2). Ο σκοπός αυτής της φάσης της επεξεργασίας είναι η εξάλειψη ξένων ουσιών όπως φύλλα, έντομα και υπολείμματα. και στη συνέχεια μεταφέρεται σε δύο δεξαμενές νερού για διεξοδική διαδικασία πλύσης. Για να διατηρηθούν χαμηλά επίπεδα μικροβιακού φορτίου, καθαρό νερό αναπληρώνεται συνεχώς στις δεξαμενές για να διατηρείται το νερό καθαρό.



Εικόνα 4.2 Πλύσιμο

Διαλογή: Σε αυτό το στάδιο, ο καρπός υφίσταται μέτρα ποιοτικού ελέγχου. Τα φρούτα μετακινούνται σε μεταφορική ταινία, όπου εκπαιδευμένο προσωπικό αφαιρεί τυχόν ελαττωματικά φρούτα από τη γραμμή παραγωγής (Εικόνα 4.3). Αυτό περιλαμβάνει τον διαχωρισμό μαλακών, μολυσμένων και άγουρων φρούτων. Καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας διαλογής, οι εργαζόμενοι τοποθετούν ξένα υλικά και ακατάλληλα φρούτα σε μια κατά μήκος μεταφορική ταινία πάνω από το τραπέζι διαλογής, όπου στη συνέχεια αφαιρούνται. Μετά από αυτό, πραγματοποιείται ένα τελικό ξέβγαλμα χρησιμοποιώντας νερό που ψεκάζεται από τα ακροφύσια. Στη συνέχεια, το ροδάκινο οδηγείται στον εκχυρήνωτηρα μέσω μεταφορικού ιμάντα.



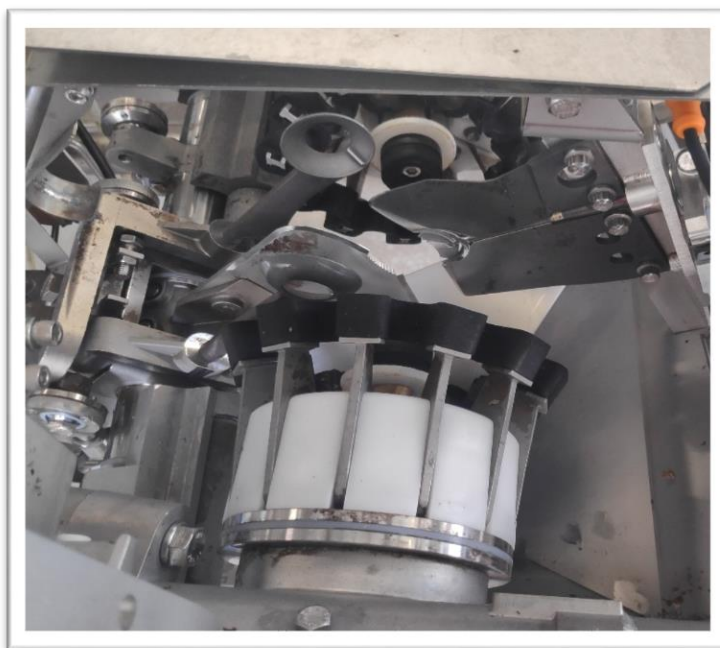
Εικόνα 4.3 Διαλογή

Ταξινόμηση: Τα ροδάκινα που συλλέγονται για συγκομιδή παρουσιάζουν ποικίλους βαθμούς ωριμότητας και παρουσιάζουν μια σειρά μεγεθών. Προκειμένου να κατηγοριοποιηθούν με βάση το μέγεθος, μια διαδεδομένη προσέγγιση περιλαμβάνει τη χρήση μηχανικών μεθόδων. Αυτές οι διαδικασίες συνεπάγονται τη διέλευση των καρπών από εξειδικευμένα μηχανήματα διαλογής, τα οποία διευκολύνουν τον διαχωρισμό των ροδάκινων σύμφωνα με τα αντίστοιχα μεγέθη τους (Εικόνα 4.4).



Εικόνα 4.4 Ταξινομητές

Διχοτόμηση και εκπυρήνωση - Χρωματοδιαλογέας: Σε αυτό το στάδιο, οι καρποί υποβάλλονται σε μηχανική διαδικασία κατά την οποία κόβονται στο μισό και εξάγονται οι πυρήνες τους (Εικόνα 4.5). Αντί να απορρίπτονται, οι εξαγόμενοι πυρήνες συγκεντρώνονται μέσω ενός συστήματος σωληνώσεων και αποθηκεύονται σε καθορισμένους κάδους. Στη συνέχεια, μεταφέρονται σε εργοστάσια μέσω φορητών με σκοπό την παραγωγή οργανικών λιπασμάτων. Στην συνέχεια τα ημικάρπια περνούν από σύγχρονο αυτόματο χρωματοδιαλογέα ο οποίος απορρίπτει από την γραμμή παραγωγής τα ροδάκινα στα οποία δεν απομακρύνθηκε ο πυρήνας ή έχουν υπολείμματά του με χρήση φωτοκυττάρων. Για να εξασφαλισθεί η μη ύπαρξη υπολειμμάτων πυρήνα, το προσωπικό ελέγχει οπτικά και απομακρύνει με τα υπολείμματα πυρήνα από τον καρπό ακριβώς μετά τον χρωματοδιαλογέα. Αυτοί οι καρποί που απορρίπτονται από τους δύο αναφερθέντες ελέγχους, υποβάλλονται στη διαδικασία επανα-εκπυρήνωσης σε κατάλληλα κοπτικά μηχανήματα για να διασφαλιστεί η πλήρης αφαίρεση.



Εικόνα 4.5 Διχοτόμηση και εκπυρήνωση

Αποφλοίωση και πλύσιμο: Τα ροδάκινα που έχουν κοπεί στη μέση αφαιρείται η φλούδα τους χρησιμοποιώντας διάλυμα καυστικής σόδας NaOH (χημικός τρόπος

αποφλοιώσης) (Εικόνα 4.6). Τα ροδάκινα τοποθετούνται στον αποφλοιωτή με την εσωτερική τους πλευρά στραμμένη προς τα κάτω, όπου έρχονται σε επαφή με διάλυμα καυστικής σόδας πυκνότητας από 2,5% έως 11% και θερμοκρασία μεταξύ 80 - 100 βαθμών Κελσίου για χρονική περίοδο 45 έως 60 δευτερόλεπτα (Εικόνα 4.7). Η πυκνότητα, η θερμοκρασία και η διάρκεια της βύθισης/επαφής με την καυστική σόδα ποικίλλουν ανάλογα με την ποικιλία, το μέγεθος και το επίπεδο ωριμότητας των ροδάκινων. Στη συνέχεια, τα ροδάκινα ξεπλένονται με κρύο νερό αμέσως για να εξαλειφθούν τυχόν υπολείμματα φλούδας ή καυστικής σόδας. (Lavelli et al., 2009)



Εικόνα 4.6 δεξαμενή καυστικής σόδας



Εικόνα 4.7 αποφλοιωτήρας

Οπτική επιθεώρηση: Εν συνεχεία τα μισόκαρπα υποβάλλονται σε οπτικό έλεγχο κατά τον οποίο όσα μισόκαρπα είναι με ελαττώματα επιφάνειας όπως ζημιές από χαλάζι, μυκητιάσεις, υπολείμματα κοτσανιού κ.α. καθαρίζονται με την χρήση εξειδικευμένου εργαλείου και τυχόν τεμάχια με ανωμαλίες όπως ασυνεπές μέγεθος μη αποφλοιωμένες τομές ή μη φυσιολογικό χρωματισμό απορρίπτονται (Εικόνα 4.8). Αυτά τα φρούτα μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν για την παραγωγή άλλων προϊόντων, όπως σε χυμούς, πουρέ κτλ.



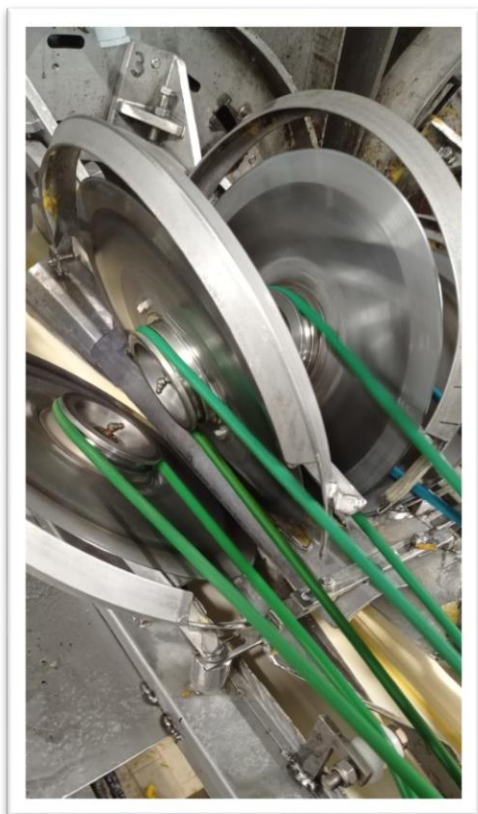
Εικόνα 4.8 Απομάκρυνση υπολειμμάτων κουκουτσιού

Ταξινόμηση βάση μεγέθους και τροφοδοσία γραμμής παραγωγής: Τα καθαρά πλέον ημικάρπια μέσω σωλήνων υδρομεταφοράς μεταφέρονται σε μεγάλων διαστάσεων διαδοχικά κόσκινα, καθένα από τα οποία έχει οπές συγκεκριμένης διαμέτρου ώστε να επιτευχθεί ο διαχωρισμός των καρπών βάση του μεγέθους τους και να οδηγηθούν στην συνέχεια στις κατάλληλες γραμμές γεμίσματος του αντίστοιχου τελικού περιέκτη (Εικόνα 4.9)(συσκευασία 425ml, 850ml, 3000 ml κ.α.).



Εικόνα 4.9 ταξινόμηση με κόσκινα

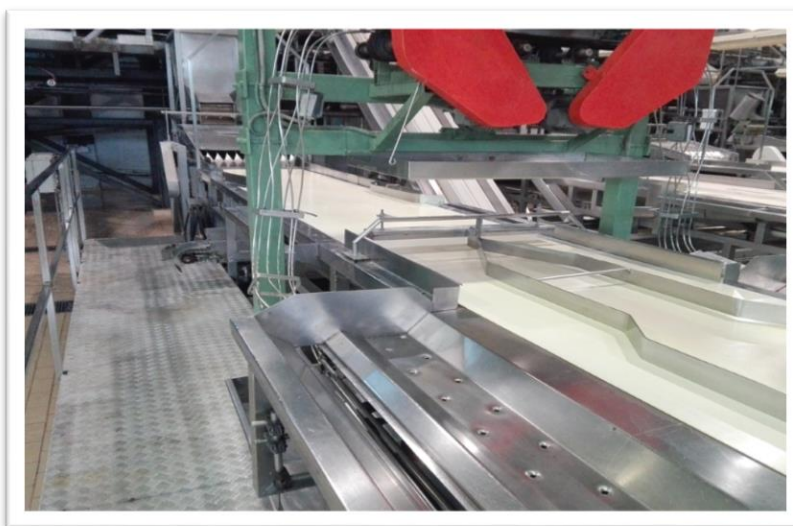
Τεμαχισμός καρπών: Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, οι καρποί που δεν θα χρησιμοποιηθούν κατά την πλήρωση του περιέκτη-συσκευασίας ως μισόκαρπα, μεταφέρονται σε ειδικές μηχανές κοπής που είναι σχεδιασμένες να υποδέχονται διαφορετικά μεγέθη μαχαριών ανάλογα με το μέγεθος του τεμαχισμού (Εικόνα 4.10). Ο περαιτέρω τεμαχισμός των ροδάκινων δρομολογείται είτε σε μηχανές με μαχαίρια-δίσκους σε ακτινωτή διάταξη ώστε να δώσουν ως τελικό αποτέλεσμα φέτες ροδάκινου είτε σε μηχανές με παράλληλα μαχαίρια-δίσκους σε άξονες κατακόρυφης και οριζόντιας διάταξης ώστε να δώσουν ως τελικό αποτέλεσμα κύβους ροδάκινου. Τα μαχαίρια είναι υπεύθυνα ανάλογα με το πλήθος τους για την περαιτέρω διαίρεση των καρπών. (τα τέσσερα μαχαίρια θα διαιρέσουν σε πέντε κομμάτια τον καρπό).



Εικόνα 4.10 Μηχάνημα Τεμαχισμού

Πλήρωση στερεού τμήματος (δοχεία): Οι περιέκτες (δοχεία) που χρησιμοποιούνται είναι μεταλλικές συσκευασίες που έχουν ελεγχθεί για τυχόν ελαττώματα. Αποθηκεύονται για να προφυλαχτούν από την υγρασία και τους ατμούς του

εργοστασίου και να παραμένουν όσο το δυνατόν καθαροί. Οι μεταλλικοί περιέκτες οδηγούνται με ταινίες μεταφοράς στον σταθμό πλήρωσής τους με φρούτο, στην οποία διαδρομή αναποδογυρίζουν ώστε να απομακρυνθούν τυχόν ξένα σώματα και απολυμαίνονται με ατμό. Τα τεμάχια φρούτων αφού περάσουν από οπτικό έλεγχο και διαλογή με βάση τα διεθνή πρότυπα ποιότητας από κατάλληλα εκπαιδευμένο προσωπικό, εναποτίθενται χειροκίνητα ή μηχανικά σε μεταλλικά δοχεία που πληρούν όλες τις προδιαγραφές όσο αφορά την επαφή της συσκευασίας με τρόφιμο και την μεταναστευτικότητα των υλικών της στο τελικό προϊόν (Εικόνα 4.11).



Εικόνα 4.11 Μεταφορά και Πλήρωση περιεκτών

Όταν γεμίζουν τα δοχεία, είναι σημαντικό να εξεταστεί η πιθανή υπολειμματικότητα σόδας στα φρούτα, έλεγχος που διενεργείται από τους Ελεγκτές Ποιότητας του εργοστασίου με ωριαίες μετρήσεις. Στη συνέχεια, εκπαιδευμένο προσωπικό πραγματοποιεί επτά συνεχείς δειγματοληπτικούς ελέγχους ανά μισή ώρα με την χρήση επιτραπέζιων ζυγών για την επαλήθευση του βάρους του αποστραγγιζόμενου περιεχομένου. Σε περίπτωση που το βάρος δεν είναι το επιθυμητό, γίνεται ενημέρωση του υπευθύνου βάρδιας να γίνει επανασχεδιασμός του συνδυασμού μεγέθους καρπού ανά γραμμή ή μείωση των γραμμών παραγωγής.

Παρασκευή και Πλήρωση Σιροπιού: Το σιρόπι δημιουργείται μέσω της διαδικασίας διάλυσης της γλυκαντικής ουσίας (ζάχαρη, χυμός σταφυλιού, τεχνητές γλυκαντικές κ.α.) σε πόσιμο νερό, το οποίο στη συνέχεια υποβάλλεται σε ρύθμιση του pH χρησιμοποιώντας κιτρικό οξύ για να επιτευχθεί ένα τελικό εύρος pH <4.00 στο συνδυασμένο μείγμα φρούτων και σιροπιού μετά από θερμική επεξεργασία (Εικόνα 4.12). Αυτό το εύρος pH είναι απαραίτητο για την πρόληψη της ανάπτυξης επιβλαβών μυκήτων όπως το *Clostridium botulinum* και το *Clostridium pasteurianum*, που μπορεί να προκαλέσουν οίδημα. Επιπλέον, είναι επιτακτική η αξιολόγηση της καθαρότητας και της μικροβιολογικής ποιότητας των συστατικών του υγρού μέσου πλήρωσης, γεγονός που διασφαλίζεται από τα απαραίτητα πιστοποιητικά που συνοδεύουν την παραλαβή τους. Μετά από αυτό, το διάλυμα υφίσταται θέρμανση για την ενίσχυση της διαλυτότητας του διαφόρων συστατικών του, διήθηση για την εξάλειψη ανεπιθύμητων ξένων σωμάτων και πιθανόν αδιάλυτων σακχάρων και ρύθμιση θερμοκρασίας πριν τοποθετηθεί σε μεταλλικό δοχείο. Η διαδικασία πλήρωσης του υγρού μέσου συσκευασίας περιλαμβάνει τη χρήση του σε θερμοκρασία 85-95°C, το οποίο έχει παρασκευαστεί πρόσφατα.

Το σιρόπι εισάγεται στα δοχεία είτε με κυκλική κίνηση είτε απευθείας μέσω συσκευής πλήρωσης και συσκευής κενού. Η συσκευή κενού αφαιρεί τους ιστούς φρούτων και τον αέρα από τα κουτιά που είναι γεμάτα μόνο με φρούτα, επιτρέποντας στο ζεστό σιρόπι να γεμίσει το δοχείο. Αυτή η διαδικασία ολοκληρώνεται με σφράγιση υπό κενό ή ταυτόχρονη έγχυση ατμού. Η διαδικασία δημιουργίας κενού μέσα στο κουτί είναι απαραίτητη για διάφορους λόγους. Πρώτον, διασφαλίζει ότι τα τυχόν αέρια που απελευθερώνονται κατά

τη θερμική επεξεργασία και την αποθήκευση συγκεντρώνονται σε μια συγκεκριμένη περιοχή, αποτρέποντας τη διόγκωση των δοχείων, όπως μπορεί να συμβεί λόγω μικροβιολογικών αντιδράσεων στο προϊόν. Δεύτερον, αφαιρεί το οξυγόνο από το δοχείο, μειώνοντας έτσι την πιθανότητα διάβρωσης στην μεταλλική επιφάνεια. Τέλος, η δημιουργία κενού βοηθά στην αποφυγή υπερπλήρωσης του δοχείου. Σε περιπτώσεις που δεν διατίθεται μηχανήμα κενού για την πλήρωση κονσερβών, είναι απαραίτητες εναλλακτικές μέθοδοι όπως η απαέρωση με ατμό ή η βύθιση των δοχείων σε θερμαινόμενο νερό. (Χατζηλιάδου, 1989)

Η διασφάλιση απουσίας μικροβιολογικού αποτυπώματος στο υγρό πλήρωσης διασφαλίζεται με την τακτική καθαριότητα και απολύμανση των δεξαμενών και των μηχανών πλήρωσης, ενώ το επίπεδο Brix του προκύπτοντος σιροπιού εξαρτάται τόσο από τις προδιαγραφές του πελάτη όσο και από την ωρίμανση των φρούτων. (McBean, 1953), (Καραουλάνης, 2005)



Εικόνα 4.12 Χώρος παρασκευής σιροπιού (δεξαμενές και φίλτρα)

Απαέρωση και σφράγισμα: Ο κύριος στόχος αυτού του σταδίου της διαδικασίας επεξεργασίας είναι η δημιουργία κατάλληλων συνθηκών εντός των δοχείων προκειμένου να ανασταλεί η μικροβιολογική δράση. Αυτό επιτυγχάνεται είτε με τη χρήση ατμού είτε με βύθιση των δοχείων σε θερμαινόμενο νερό. Η θερμοκρασία μέσα στα δοχεία κυμαίνεται

μεταξύ 88 και 90 βαθμών Κελσίου, με το κέντρο του δοχείου να διατηρεί θερμοκρασία από 65 έως 75 βαθμούς Κελσίου. Ο χρόνος που απαιτείται για την απαέρωση εξαρτάται από το μέγεθος των δοχείων. Μόλις ολοκληρωθεί η απαέρωση, τα δοχεία σφραγίζονται ερμητικά για να αποτραπεί η είσοδος αέρα (Εικόνα 4.13). Προκειμένου να διασφαλιστεί η απομάκρυνση των αερίων συνιστάται η χρήση της συσκευής στεγανοποίησης υπό κενό. Επιπλέον, είναι απαραίτητο τα κουτιά να διαθέτουν περιθώριο 8 mm στο επάνω μέρος. (Siddiq et al., 2012). Στη συνέχεια, εκπαιδευμένο προσωπικό πραγματοποιεί επτά συνεχείς δειγματοληπτικούς ελέγχους ανά μισή ώρα με την χρήση επιτραπέζιων ζυγών για την επαλήθευση του καθαρού βάρους. Σε περίπτωση που το καθαρό βάρος δεν είναι το επιθυμητό θα ελέγξουμε το στραγγιστό βάρος, την συσκευή πλήρωσης σιροπιού αν είναι σωστά ρυθμισμένη ή κάποια οπή της μπορεί να είναι βουλωμένη και να χρήζει τον απαραίτητο καθαρισμό από τις διάφορες ίνες των ροδάκινων ή να μην μπορεί να γεμίσει με την κατάλληλη ποσότητα τον περιέκτη διότι δεν τροφοδοτείται με σιρόπι και να έχει αδειάσει.



Σχήμα 4.13 Απαέρωση και σφράγιση

Πλύσιμο των περιεκτικών: Μετά το σφράγισμα των δοχείων, χρησιμοποιείται ψεκασμός ζεστού νερού για την εξάλειψη τυχόν κολλημένων ουσιών, όπως σιρόπι ή θραύσματα φρούτων. Η διασφάλιση ότι οι αποστειρωτές παραμένουν απαλλαγμένοι από ακαθαρσίες είναι υψίστης σημασίας, καθώς όχι μόνο πρέπει να αποτρέπονται οι μολύνσεις, αλλά πρέπει επίσης να αποφεύγεται ο καθαρισμός των δοχείων μετά την αποστείρωση. (Γερασιμίδου, 2009)

Παστερίωση: Το σφραγισμένο δοχείο μεταφέρεται άμεσα για να υποστεί μια διαδικασία θερμικής επεξεργασίας, η οποία περιλαμβάνει θέρμανση είτε με ζεστό νερό είτε με ατμό είτε με συνδυασμό αυτών. Η διαδικασία παστερίωσης διαρκεί 20-40 λεπτά, με θερμοκρασίες που φτάνουν περίπου τους 95-97 βαθμούς Κελσίου, ανάλογα με το μέγεθος (230ml, 425ml, 850ml, 3000ml κ.α.) και το είδος του δοχείου (μέταλλο, πλαστικό, γυαλί). Για να διασφαλιστεί η σωστή λειτουργία του μηχανήματος, είναι σημαντικό να παρακολουθείται τακτικά η θερμοκρασία του ζεστού μέσου χρησιμοποιώντας θερμοστοιχεία και να καταγράφονται συνεχώς τις μετρήσεις. (Siddiq et al., 2012)



Εικόνα 4.14 Μονάδα αποστείρωσης- είσοδος σφραγισμένων περιεκτών

Ψύξη και στέγνωμα του περιέκτη: Στη συνέχεια, τα δοχεία υποβάλλονται σε διαδικασία ψύξης με κρύο νερό έως ότου η θερμοκρασία του περιεχομένου φτάσει περίπου τους 37-43 °C. Είναι επιτακτική ανάγκη όταν τα δοχεία εξέρχονται, η θερμοκρασία τους να κυμαίνεται στην περιοχή των 37-43 °C, καθώς αυτό αποτελεί κατασταλτικό παράγοντα για την ανάπτυξη θερμοφίλων οργανισμών μέσα στο προϊόν και επιπλέον αποτελεί παράγοντα που διευκολύνει την εξάτμιση τυχόν υπολειμματικής υγρασίας (Εικόνα 4.15). Για να επιταχυνθεί η εξαγωγή υγρασίας, χρησιμοποιούνται ειδικές συσκευές που διοχετεύουν ένα ισχυρό ρεύμα αέρα. (Siddiq et al., 2012)



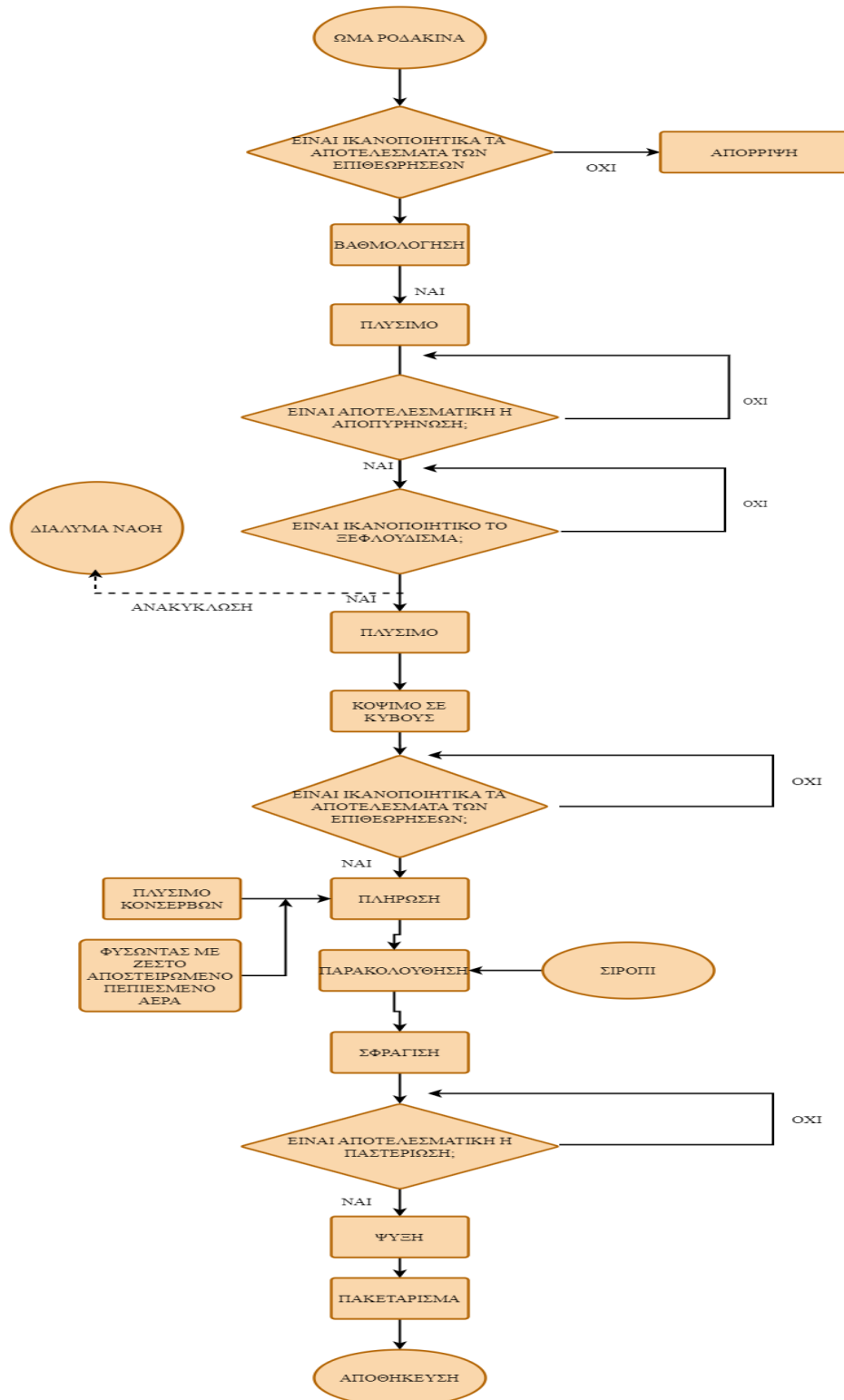
Εικόνα 4.15 Σχήμα Έξοδος παστεριωτή

Ετικετοποίηση, αποθήκευση και συντήρηση: Η διαδικασία ολοκληρώνεται με την ετικετοποίηση των παλετών, την καταγραφή τους σε ηλεκτρονικό σύστημα και την μεταφορά τους μέσα σε αποθήκες ιδανικών συνθήκων (15-20° κελσίου) για την αποφυγή πιθανών αλλοιώσεων της συσκευασίας και του προϊόντος (Εικόνα 4.16). (Καραουλάνης, 2008)

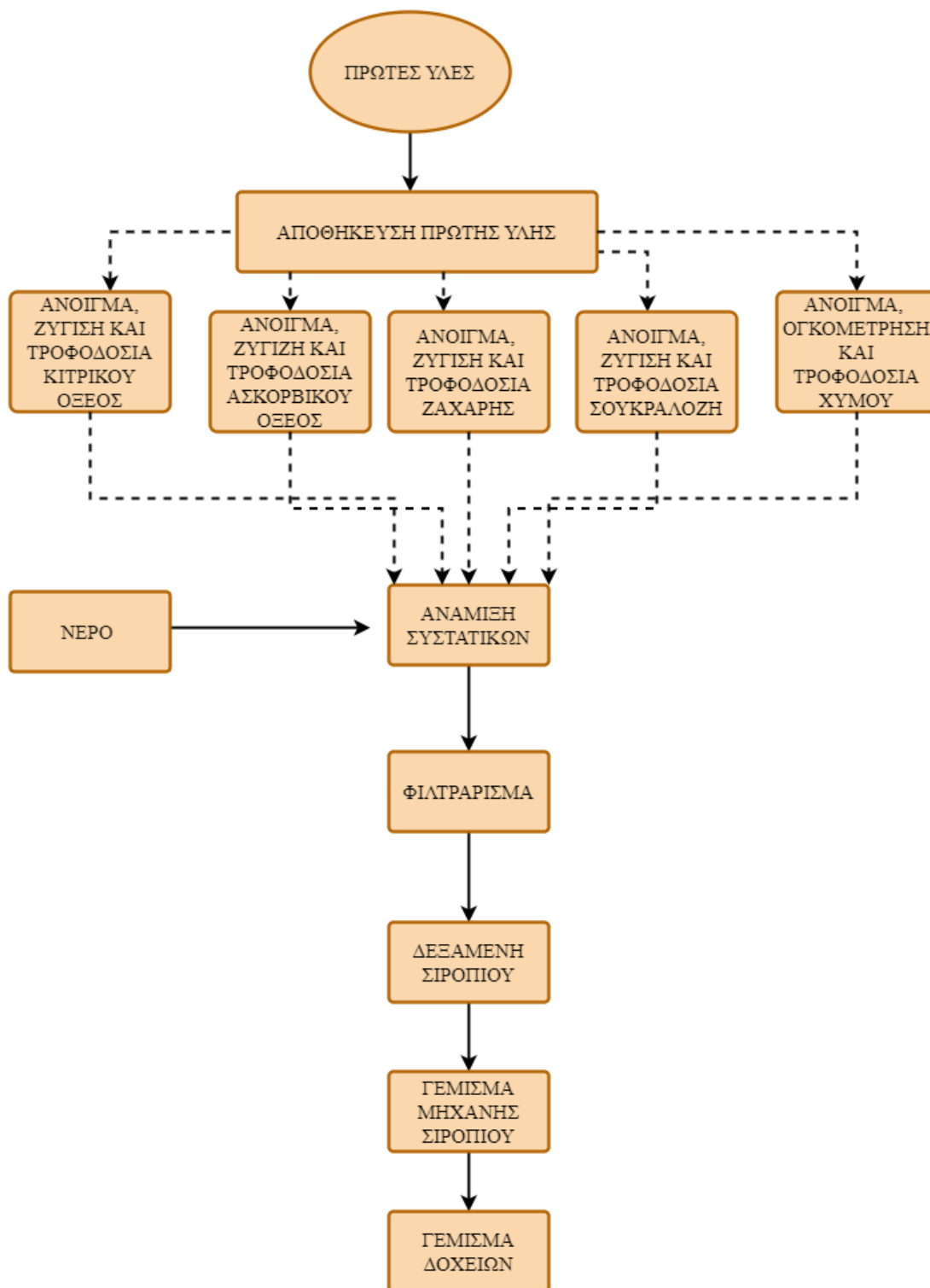


Εικόνα 4.16 Ετικετοποίηση

Σχήμα 4.17 Διάγραμμα ροής για κονσερβοποιημένο ροδάκινο σε φέτες, κύβους και
μισόκαρπο



Σχήμα 4.18 Διάγραμμα ροής για παραγωγή υγρού πλήρωσης



5. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που σχετίζονται με την επεξεργασία και κονσερβοποίηση ροδάκινου, καθώς και η μεθοδολογία των μετρήσεων.

5.1 Υποκειμενική και Αντικειμενική ποιότητα

Στο παρελθόν, η έννοια της «ποιότητας φρούτων» περιλάμβανε ένα ευρύ φάσμα χαρακτηριστικών, συμπεριλαμβανομένων των φυσικών και μηχανικών χαρακτηριστικών (όπως βάρος, μέγεθος, σχήμα, πυκνότητα και σκληρότητα), αισθητηριακές ιδιότητες (όπως υφή, γεύση και άρωμα). Η θρεπτική αξία, δηλαδή το θρεπτικό περιεχόμενο των φρέσκων φρούτων αξιολογείται με βάση τα συστατικά τους. Έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε νερό που κυμαίνεται από 80% έως 95%, και είναι άφθονα σε υδατάνθρακες, μέταλλα, καθώς και βιταμίνες Α και C. Έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε θερμίδες και νάτριο, αλλά είναι πλούσια σε φυτικές ίνες, μαγνήσιο, σίδηρο και κάλιο.

Η ποιότητα στα φρούτα μπορεί να αξιολογηθεί τόσο υποκειμενικά όσο και αντικειμενικά, ανάλογα με τα κριτήρια που λαμβάνονται υπόψη. Ας εξετάσουμε και τις δύο προσεγγίσεις.

- Η υποκειμενική ποιότητα αναφέρεται σε μια αξιολόγηση που επηρεάζεται από τις υποκειμενικές προτιμήσεις, το γούστο και την αισθητική κρίση ενός ατόμου. Για παράδειγμα, η αντίληψη κάποιου για την ποιότητα ενός φρούτου μπορεί να καθορίζεται από παράγοντες όπως αν το φρούτο είναι ζουμερό, γλυκό και έχει έντονο άρωμα, ενώ ένα άλλο άτομο μπορεί να δώσει προτεραιότητα σε χαρακτηριστικά όπως το χρώμα και η υφή.

- Η αξιολόγηση της αντικειμενικής ποιότητας βασίζεται σε καλά καθορισμένα κριτήρια και παραμέτρους που μπορούν να μετρηθούν ή να παρατηρηθούν αντικειμενικά, ανεξάρτητα από υποκειμενικές προτιμήσεις. Για παράδειγμα, τα αντικειμενικά κριτήρια ποιότητας για τα φρούτα μπορεί να περιλαμβάνουν παράγοντες όπως η υγεία των φυτών, η γεωγραφική προέλευση, ο χρόνος συγκομιδής, το σχήμα, η περιεκτικότητα σε υγρασία, η παρουσία παρασίτων ή ασθενειών κ.α.

Οι αγοραστές συνήθως αξιολογούν την ποιότητα των φρούτων χρησιμοποιώντας μια ολοκληρωμένη προσέγγιση που περιλαμβάνει τόσο υποκειμενικά όσο και αντικειμενικά μέτρα. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε μια ποικιλία εργαλείων και μετρήσεων για να αξιολογήσουμε την ποιότητα των καρπών. Αυτά τα εργαλεία και μέθοδοι μπορούν να

βοηθήσουν στη θέσπιση αντικειμενικών προτύπων ποιότητας και να παρέχουν πιο ακριβείς μετρήσεις. Μερικά από αυτά τα εργαλεία περιλαμβάνουν:

1. **Βιοχημικές αναλύσεις:** Η ανάλυση συγκεκριμένων χημικών συστατικών που υπάρχουν στα φρούτα, συμπεριλαμβανομένων των σακχάρων, της οξύτητας, των βιταμινών και των ιχνοστοιχείων, έχει τη δυνατότητα να δώσει πολύτιμες γνώσεις σχετικά με τη συνολική ποιότητα και τη θρεπτική τους αξία.
2. **Φυσικές μετρήσεις:** Η ανάλυση του βάρους, του μεγέθους, του χρώματος, της υφής και των επιπέδων υγρασίας των καρπών μπορεί να δώσει πολύτιμες πληροφορίες για τα οπτικά χαρακτηριστικά και τη δομική ακεραιότητα του καρπού.
3. **Οπτικές αξιολογήσεις:** Χρησιμοποιώντας εξειδικευμένα όργανα, όπως φωτογραφίες ή βίντεο, για την τεκμηρίωση των οπτικών ιδιοτήτων του φρούτου και τον εντοπισμό τυχόν σημείων με ατέλειες ή βλάβες.
4. **Αισθητικές αναλύσεις:** Χρησιμοποιώντας ανθρώπινους αξιολογητές για την αξιολόγηση της γεύσης, της υφής και του αρώματος των φρούτων..

Αυτά τα όργανα έχουν την ευελιξία να χρησιμοποιηθούν είτε χωριστά είτε σε συνδυασμό, ανάλογα με τις ειδικές απαιτήσεις και τα σημεία αναφοράς για την αξιολόγηση της ποιότητας του καρπού. Η χρήση αυτών των μετρήσεων βοηθά στη θέσπιση προτύπων ποιότητας και στην εγγύηση ότι τα φρούτα που διατίθενται στην αγορά ή χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τροφίμων πληρούν τα απαιτούμενα κριτήρια ποιότητας.

5.2 Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος κομπόστας ροδάκινου μισόκαρπου

Σύμφωνα με τα παραπάνω, θα προβούμε σε μια γενική ανάλυση του λόγου ύπαρξης των ποιοτικών χαρακτηριστικών που επιλέξαμε να μελετήσουμε στατιστικά στο επόμενο κεφάλαιο, ώστε να έχουμε όσο το δυνατόν άριστα και επιθυμητά ποιοτικά αποτελέσματα σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα προδιαγραφών.

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος κονσέρβας μισόκαρπου ροδάκινου που επιλέχτηκαν για την μελέτη μας είναι:

- **To Soluble Solids Content SSC%** (περιεχομένου διαλυτών στερεών) που μετριέται με τον δείκτη Brix, χρησιμοποιείται:
 - ✓ Για την αξιολόγηση του επιπέδου των φυσικών σακχάρων που υπάρχουν στον χυμό φρούτων, με υψηλή τιμή Brix στις κονσέρβες ροδάκινου που δείχνει ότι ο καρπός συγκομίστηκε στη μέγιστη ωρίμανση, με αποτέλεσμα ένα προϊόν με αυξημένη γεύση και εγγενή γλυκύτητα.
 - ✓ Η διατήρηση της φρεσκάδας είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση ενός προϊόντος υψηλής ποιότητας. Ένα φρούτο με υψηλό επίπεδο Brix δείχνει την ωριμότητα και τη φρεσκάδα του κατά τη στιγμή της κονσερβοποίησης. Αυτός ο παράγοντας συμβάλλει σημαντικά στη διατήρηση της φρεσκάδας του φρούτου και στην ενίσχυση της φυσικής του γεύσης κατά την κατανάλωση.
 - ✓ Η διατήρηση των θρεπτικών ιδιοτήτων διευκολύνεται από την παρουσία υψηλού Brix, που σημαίνει σημαντική ποσότητα φυσικών σακχάρων. Αυτή η πτυχή έχει σημασία για τη διασφάλιση ότι το φρούτο διατηρεί τα θρεπτικά του οφέλη όταν καταναλώνεται.
 - ✓ Η διασφάλιση της αξιοπιστίας και της συνέπειας της ποιότητας ροδάκινου σε κονσέρβα μπορεί να επιτευχθεί μέσω της εφαρμογής του ελέγχου Brix. Με την στενή παρακολούθηση και τον έλεγχο των επιπέδων Brix, καθίσταται εφικτό να διατηρηθεί ένα υψηλό επίπεδο ποιότητας και συνέπειας σε κάθε παρτίδα που παράγεται.

Στο πλαίσιο της κονσερβοποίησης ροδάκινου, η ρύθμιση των επιπέδων Brix έχει σημαντική σημασία λόγω της άμεσης επιρροής της στη συνολική ποιότητα, τη γεύση, τη φρεσκάδα και τη θρεπτική σύνθεση του τελικού προϊόντος. Κατά συνέπεια, είναι επιτακτική ανάγκη να ενσωματωθεί αυτό το βασικό χαρακτηριστικό για να διασφαλιστεί η επιτυχής διατήρηση των ροδάκινων σε κονσέρβες.

- Σημαντικό χαρακτηριστικό ποιότητας είναι το **pH** διότι η ρύθμιση του στο τελικό προϊόν κονσερβοποιημένου ροδάκινου έχει σημαντική σημασία λόγω διαφόρων παραγόντων.

- ✓ Η διασφάλιση της σταθερότητας και της ασφάλειας στα τρόφιμα απαιτεί τη διατήρηση ενός βέλτιστου επιπέδου pH για την αναστολή της ανάπτυξης επιβλαβών βακτηρίων και μικροοργανισμών που μπορούν να προκαλέσουν διαφορετικούς τύπους επισιτιστικών ασθενειών.
- ✓ Η διασφάλιση του κατάλληλου επιπέδου pH είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της ποιότητας ενός προϊόντος και την παράταση της διάρκειας ζωής του. Τα αυξημένα επίπεδα pH μπορούν να οδηγήσουν σε αλλοίωση των φρούτων, ενώ ένα κατάλληλο pH μπορεί να βοηθήσει στη διατήρηση της φρεσκάδας και της γεύσης τους.
- ✓ Η επίδραση του pH στην υφή και το χρώμα είναι ένας σημαντικός παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψη στην παραγωγή τροφίμων. Η σωστή ισορροπία του pH είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της επιθυμητής υφής και χρώματος των ροδάκινων, επηρεάζοντας τελικά τη συνολική γευστική εμπειρία για τους καταναλωτές.
- ✓ Στον τομέα των διαδικασιών παραγωγής, ο έλεγχος του pH έχει σημαντική σημασία καθώς έχει τη δυνατότητα να επηρεάσει κρίσιμες διαδικασίες όπως η αποστείρωση και η συντήρηση κατά τη διαδικασία κονσερβοποίησης.
- Άλλο ένα σημαντικό χαρακτηριστικό ποιότητας είναι η **σκληρότητα** διότι η ρύθμιση της σκληρότητας των κονσερβοποιημένων ροδάκινων είναι μια κρίσιμη ποιοτική παράμετρος λόγω ορισμένων σημαντικών παραγόντων.
- ✓ Η εμφάνιση και η υφή του κονσερβοποιημένου προϊόντος ροδάκινου επηρεάζονται από τη σκληρότητά του. Η διατήρηση της σωστής σκληρότητας κατά την επεξεργασία είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της επιθυμητής υφής και δομής των ροδάκινων.
- ✓ Το αισθητήριο χαρακτηριστικό που είναι γνωστό ως αίσθηση στο στόμα επηρεάζεται από τη σκληρότητα ενός τροφίμου κατά την κατανάλωση. Ένας κατάλληλος έλεγχος της σκληρότητας εξασφαλίζει ότι τα φρούτα στην κονσέρβα διατηρούν τη σωστή σκληρότητα που προσφέρει ευχάριστη αίσθηση στο στόμα και επιτρέπει εύκολη κατανάλωση.
- ✓ Η διατήρηση της δομής είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση ότι τα κονσερβοποιημένα ροδάκινα διατηρούν τη μορφή τους μετά την επεξεργασία. Αυτό είναι

απαραίτητο για τη διατήρηση της οπτικής ελκυστικότητας και της συνολικής ποιότητας του προϊόντος σε όλη τη φάση αποθήκευσης και μεταφοράς.

✓ Η διασφάλιση της κατάλληλης σταθερότητας στα κονσερβοποιημένα ροδάκινα είναι ζωτικής σημασίας για την ενίσχυση της ικανοποίησης των καταναλωτών. Τα βέλτιστα επίπεδα σκληρότητας συμβάλλουν σε μια ευνοϊκή αισθητική εμπειρία και ικανοποιούν τις προτιμήσεις των καταναλωτών.

➤ Ο έλεγχος του καθαρού και στραγγιστού βάρους στο τελικό προϊόν των κονσερβοποιημένων ροδάκινων είναι ένα βασικό χαρακτηριστικό ποιότητας για τους ακόλουθους λόγους:

✓ Η ποιότητα και η αξιοπιστία μπορούν να διατηρηθούν αποτελεσματικά μέσω της ρύθμισης του καθαρού και στραγγισμένου βάρους, καθώς επιτρέπει στην εταιρία να επαληθεύει την ακρίβεια και τη συνέπεια των προϊόντων τους. Με την αξιολόγηση του βάρους τόσο του ροδάκινου όσο και της περιεκτικότητας σε υγρό εντός της συσκευασίας μπορούν να εξασφαλισθούν οι προδιαγραφές ποιότητας, διασφαλίζοντας παράλληλα σταθερά αποτελέσματα προϊόντων σε διάφορες παρτίδες παραγωγής.

✓ Είναι σημαντικό να επαληθεύεται το καθαρό βάρος ενός προϊόντος ως μέσο για να διασφαλιστεί ότι δεν υπάρχει υπερβολική αφθονία υγρών, καθώς αυτό μπορεί να είναι ενδεικτικό πιθανών προβλημάτων ή ελλείψεων κατά τη διαδικασία παραγωγής και συσκευασίας. Το ακριβές γέμισμα είναι επιβεβλημένο προκειμένου να τηρηθεί το καθορισμένο βάρος που αναγράφεται στην ετικέτα καθώς και η επίτευξη του διάκενου.

✓ Η διαδικασία μέτρησης καθαρού και στραγγισμένου βάρους δίνει στις εταιρείες τη δυνατότητα να τηρούν τους κανονισμούς και τις νομικές υποχρεώσεις που σχετίζονται με τη συσκευασία και την εμπορευματοποίηση των προϊόντων διατροφής.

✓ Η επαλήθευση του στραγγισμένου βάρους είναι απαραίτητη για τη διασφάλιση της επιθυμητής συνοχής και υφής του τελικού προϊόντος. Η σωστή ισορροπία μεταξύ φρούτων και υγρών είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση της ποιότητας και της γεύσης του προϊόντος.

Προκειμένου να διατηρηθεί η ποιότητα, η ασφάλεια και η ομοιομορφία του τελικού κονσερβοποιημένου προϊόντος ροδάκινου, είναι σημαντικό να ασκείται συστηματικός ποιοτικός έλεγχος στα παραπάνω ποιοτικά χαρακτηριστικά που αναφέραμε.

5.2.1 SSC%, ° Brix

Το υγρό πλήρωσης (γλυκαντικό υγρό) όχι μόνο βοηθά στη μεταφορά θερμότητας στα φρούτα κατά τη θερμική επεξεργασία αλλά χρησιμεύει και στη βελτίωση των στοιχείων για τον προσδιορισμό της ποιότητας των βρώσιμων φρούτων, συμβάλλοντας κυρίως στη γλυκύτητα του, η οποία επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την ικανοποίηση των καταναλωτών από τα ροδάκινα. Το σιρόπι που χρησιμοποιείται στη διαδικασία αποτελείται από απονιτροποιημένο πόσιμο νερό, γλυκαντικά (όπως ζάχαρη, γλυκόζη και φυσικούς χυμούς) και έναν όξινο παράγοντα. Η αναλογία ζάχαρης/γλυκόζη καθορίζεται από εμπορικά πρότυπα. Ο βαθμός γλυκύτητας καθορίζεται τόσο από τη συνολική ποσότητα της παρούσας ζάχαρης όσο και από την ειδική σύνθεση των σακχάρων (φρουκτόζη, γλυκόζη και σορβιτόλη) τα οποία έχουν ποικίλους βαθμούς γλυκαντικής ισχύος σε σχέση με τη σακχαρόζη. Προκειμένου να προσδιοριστεί η περιεκτικότητα σε ζάχαρη των ροδάκινων, η περιεκτικότητα σε διαλυμένη ζάχαρη (SSC%, ° Brix) χρησιμοποιείται συνήθως ως πρακτικό μέτρο. (Cirilli et al., 2016). Τα γλυκαντικά διαλύματα ταξινομούνται με βάση τη συγκέντρωση σακχάρου τους, που ποικίλλει από αραιωμένο χυμό φρούτων έως πολύ παχύρρευστη σύσταση. Αυτή η ταξινόμηση καθορίζεται από βαθμούς Brix:

1. Πολύ πυκνό : 22° - 35°.
2. Πυκνό: 18° - 22°.
3. Ελαφρύ: 14° - 18°.
4. Ελαφρύ από χυμό φρούτων με λιγότερο από 15° (Καρσιώτη, 2007).

Αρκετές αρχικές μελέτες έχουν δημιουργήσει μια σχέση μεταξύ των επιπέδων συγκέντρωσης περιεκτικότητας διαλυμένης ζάχαρης (SSC) και της αποδοχής ή των γευστικών προτιμήσεων των καταναλωτών. Ο βαθμός στον οποίο τα άτομα προτιμούν τα ροδάκινα καθορίζεται κυρίως από το SSC των ροδάκινων που είναι έτοιμα για κατανάλωση. Προκειμένου να ρυθμίσει την αγορά ροδάκινου, η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) έχει επιβάλει ένα ελάχιστο πρότυπο 8° Brix για το SSC (όπως αναφέρεται στον κανονισμό

της Επιτροπής αριθ. 1861/2004), αν και πολλοί μελετητές προτείνουν την εφαρμογή υψηλότερων τιμών SSC με βάση τα επίπεδα οξύτητας. (Minas et al., 2018)

Η προσθήκη ζάχαρης, είτε στην καθαρή της μορφή είτε σε μορφή σιροπιού, χρησιμεύει ως πρόσθετη μέθοδος για την αναστολή της ενζυμικής διαδικασίας μαύρισματος σε φρεσκοκομμένα φρούτα και λαχανικά περιορίζοντας τη διαθεσιμότητα οξυγόνου. Επιπλέον, η ενσωμάτωση ζάχαρης βοηθά στη διατήρηση των επιθυμητών χαρακτηριστικών όπως το χρώμα, η γεύση και η δομική ακεραιότητα, ενισχύοντας το συνολικό αποτέλεσμα με σωστό συνδυασμό κιτρικού και ασκορβικού οξέος. (Barrett, 1995).

Τα όρια που θέτει η εταιρία που μελετάμε βρίσκονται ανάμεσα σε 14-16 brix με τιμή στόχο τα 15 brix. Να επισημαίνουμε ότι η μέτρηση πρέπει να αντιπροσωπεύει το τελικό προϊόν εμπεριέχοντας το σιρόπι και τον καρπό μαζί σε ένα μείγμα που δημιουργήθηκε στο μπλέντερ.

Το επίπεδο Brix μπορεί να επηρεαστεί στα κονσερβοποιημένα ροδάκινα στην διαδικασία παρασκευής του σιροπιού ή του χυμού που χρησιμοποιείται για τη συντήρηση των ροδάκινων με τη σταδιακή εισαγωγή νερού ή χυμού φρούτων με χαμηλότερα ή υψηλότερα επίπεδα γλυκύτητας σε μετρημένες ποσότητες μέχρι να επιτευχθεί το επιθυμητό επίπεδο γλυκύτητας (Brix). Μπορεί να χρησιμοποιηθεί λιγότερο συμπυκνωμένο σιρόπι κατά τη διαδικασία κονσερβοποίησης προκειμένου να μετριάσει το συνολικό επίπεδο γλυκύτητας. Επίσης με την προσθήκη ενός ήπιου οξέος, όπως το κιτρικό οξύ, μπορεί να αποκαταστήσει αποτελεσματικά την επιθυμητή ισορροπία εξουδετερώνοντας την υπερβολική γλυκύτητα, όμως πρέπει να δίνεται προσοχή για να αποφευχθεί η υπερβολική αλλοίωση της συνολικής γευστικής σύνθεσης. Η διαδικασία της θερμικής επεξεργασίας διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στη διαδικασία κονσερβοποίησης, καθώς όχι μόνο διασφαλίζουν τη συντήρηση αλλά έχουν αντίκτυπο στην υφή και τη γλυκύτητα των φρούτων. Πρέπει να ληφθεί μέριμνα ώστε να αποφευχθεί το υπερβολικό μαγείρεμα ή η υπερθέρμανση, καθώς αυτό μπορεί να οδηγήσει σε υποβάθμιση των σακχάρων και στη συνέχεια να επηρεάσει τα επίπεδα του SSC%.

5.2.2 pH

Η οξύτητα ενός τροφίμου καθορίζεται άμεσα από τη συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου μέσα σε αυτό. Τα οξέα στα τρόφιμα απελευθερώνουν αυτά τα ιόντα, τα οποία συμβάλλουν στην ξεχωριστή ξινή γεύση που σχετίζεται με τα όξινα τρόφιμα. Κατά συνέπεια, η τιμή του pH ενός τροφίμου μπορεί να θεωρηθεί ως μέτρο του επιπέδου οξύτητάς του, με υψηλότερες τιμές pH να υποδηλώνουν χαμηλότερες συγκεντρώσεις ιόντων υδρογόνου.

Τα τρόφιμα με χαμηλές τιμές pH θεωρούνται ιδιαίτερα όξινα, ενώ αυτά με υψηλότερες τιμές pH είναι λιγότερο όξινα ή και αλκαλικά. Η κλίμακα pH κυμαίνεται τυπικά από το μηδέν έως το 14, με μια τιμή pH 7 να είναι ουδέτερη, καθώς αντιστοιχεί στο pH του καθαρού νερού. Τα τρόφιμα με τιμές pH κάτω του 7 ταξινομούνται ως όξινα, ενώ αυτά πάνω από 7 ταξινομούνται ως βασικά ή αλκαλικά. Φυσικά, τα περισσότερα τρόφιμα έχουν μια εγγενή οξύτητα, με τιμές pH κάτω από 7,0. Ωστόσο, η συγκεκριμένη τιμή pH ενός δεδομένου τροφίμου μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τις απαραίτητες μεθόδους επεξεργασίας που απαιτούνται για τη διασφάλιση της ασφάλειάς του.

Η αντίληψη της γλυκύτητας επηρεάζεται σημαντικά από το επίπεδο οξύτητας. Το άριστο pH για τις "πολυφαινολοξειδάσες" (ενζυμικά συστήματα που συμμετέχουν σε αντιδράσεις οξείδωσης και αποξείδωσης πολυφαινόλων) (PPO) κυμαίνεται από όξινο έως και βασικό. Το βέλτιστο εύρος pH για δραστηριότητα PPO σε φρούτα και λαχανικά βρίσκεται συνήθως μεταξύ 6 και 6,5, με ελάχιστη δραστηριότητα να παρατηρείται σε επίπεδα pH κάτω από 4,5. Οι παράγοντες οξίνισης, όπως το κιτρικό οξύ, χρησιμοποιούνται συνήθως στον έλεγχο της ενζυμικής αμαύρωσης ως αντιοξειδωτικά μειώνοντας το pH μέσω χημικών μέσων. (Kato-Noguchi and Watada, 1997).

pH και μικροβιακή ανάπτυξη

Οι μικροοργανισμοί, που περιλαμβάνουν ζυμομύκητες, μούχλες και βακτήρια, επηρεάζονται από τα επίπεδα pH των τροφίμων. Τα ακραία επίπεδα pH, είτε πολύ χαμηλά είτε πολύ υψηλά, θα εμποδίσουν την ανάπτυξη των μικροβίων. Σχεδόν όλα τα μη επεξεργασμένα τρόφιμα δεν διαθέτουν επαρκώς υψηλό επίπεδο pH ώστε να λειτουργούν αποτελεσματικά ως συντηρητικό. Πολλά τρόφιμα έχουν όντως επίπεδα pH που είναι αρκετά χαμηλά ώστε να προσφέρουν κάποιο βαθμό προστασίας έναντι της μικροβιακής

ανάπτυξης. Ωστόσο, πολύ λίγα τρόφιμα έχουν επίπεδα pH που είναι αρκετά χαμηλά για να αποτρέψουν εντελώς την ανάπτυξη μικροοργανισμών, ιδιαίτερα ζυμομυκήτων και μούχλας, που είναι πιο ανεκτικά σε συνθήκες χαμηλότερου pH σε σύγκριση με τα περισσότερα βακτήρια.

Για να διασφαλιστεί η διατήρηση των τροφίμων, ένας συνδυασμός μικροβιακών ελέγχων, όπως θερμική επεξεργασία, αποθήκευση στο ψυγείο, κατάψυξη ή ξήρανση, πρέπει να χρησιμοποιείται για σχεδόν όλα τα είδη τροφίμων. Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος είναι η θερμική επεξεργασία ή η κονσερβοποίηση, όπου τα κονσερβοποιημένα τρόφιμα αναφέρονται σε οποιοδήποτε τρόφιμο που πωλείται σε ερμητικά σφραγισμένο δοχείο, αδιαπέραστο από το νερό και τον αέρα και μπορεί να αποθηκευτεί σε μη-ψυγμένες θερμοκρασίες.

Ένας από τους κρίσιμους παράγοντες σε μια λειτουργία κονσερβοποίησης είναι η χρήση των χρόνων και των θερμοκρασιών επεξεργασίας. Οι χρόνοι επεξεργασίας αναφέρονται στη διάρκεια της θέρμανσης που απαιτείται για τα κονσερβοποιημένα τρόφιμα για την επίτευξη «εμπορικής στείρας», που σημαίνει την εξάλειψη τυχόν επιβλαβών μικροοργανισμών που μπορεί να υπάρχουν στα τρόφιμα. Ο ειδικός χρόνος επεξεργασίας για ένα κονσερβοποιημένο προϊόν ποικίλλει ανάλογα με διάφορους παράγοντες, όπως το επίπεδο pH του φαγητού, το ιξώδες, το μέγεθος των σωματιδίων, τις διαστάσεις του δοχείου και τη θερμοκρασία του μέσου μαγειρέματος. Ιδιαίτερα στο πλαίσιο της κονσερβοποίησης, το επίπεδο pH του τροφίμου παίζει σημαντικό ρόλο στον καθορισμό της έκτασης της θερμικής επεξεργασίας που απαιτείται για την εξασφάλιση ενός ασφαλούς τελικού προϊόντος.

Ένα τρόφιμο με επίπεδο pH υψηλότερο από 4,6 ταξινομείται ως τρόφιμο χαμηλού οξέος, ενώ ένα τρόφιμο με υψηλή οξύτητα είναι αυτό που έχει τιμή pH 4,6 ή χαμηλότερη. Η σημασία αυτής της τιμής έγκειται στην παρουσία ενός συγκεκριμένου βακτηρίου, του *Clostridium botulinum*, το οποίο δημιουργεί μια αδρανή μορφή γνωστή ως σπόρος. Το *Clostridium botulinum* είναι ικανό να παράγει μια εξαιρετικά ισχυρή νευροτοξίνη, η οποία θεωρείται ένα από τα πιο θανατηφόρα δηλητήρια που είναι γνωστά στον άνθρωπο. Ευτυχώς, η ανάπτυξη των спорίων *Clostridium botulinum* μπορεί να αποτραπεί εάν το

επίπεδο pH ενός τροφίμου είναι 4,6 ή χαμηλότερο. Ωστόσο, για τρόφιμα με χαμηλή περιεκτικότητα σε οξύ με επίπεδο pH υψηλότερο από 4,6, αυτά τα σπόρια πρέπει να εξαλειφθούν μέσω της εφαρμογής θερμότητας κατά τη διαδικασία κονσερβοποίησης. Λόγω της υψηλής αντοχής στη θερμότητα αυτών των σπορίων, τα κονσερβοποιημένα τρόφιμα με χαμηλή περιεκτικότητα σε οξύ πρέπει να υποβάλλονται σε μαγείρεμα υπό πίεση σε υψηλές θερμοκρασίες για παρατεταμένες χρονικές περιόδους. Συνήθως, χρησιμοποιούνται θερμοκρασίες 240°F (115,6°C) ή υψηλότερες και η διάρκεια της διαδικασίας μπορεί να κυμαίνεται από 20 λεπτά έως αρκετές ώρες.

Μερικά παραδείγματα τροφών που περιέχουν υψηλά επίπεδα οξέος περιλαμβάνουν μαρμελάδες και ζελέ, τουρσιά και πολλά είδη φρούτων. Αυτά τα τρόφιμα δεν ενέχουν κίνδυνο ανάπτυξης *Clostridium botulinum*, επομένως δεν χρειάζεται να θερμαίνονται στον ίδιο βαθμό με τα τρόφιμα με χαμηλή περιεκτικότητα σε οξύ. Προκειμένου να διασφαλιστεί η ασφάλεια, αυτά τα τρόφιμα με υψηλή περιεκτικότητα σε οξύ χρειάζεται μόνο να φτάσουν σε θερμοκρασίες παστερίωσης:

- ✓ Για τρόφιμα με τιμή pH 3,5 ή μικρότερη, μια θερμοκρασία 175°F (79,5°C) είναι επαρκής για παστερίωση.
- ✓ Τα τρόφιμα με εύρος pH μεταξύ 3,5 και 4 θα πρέπει να παστεριώνονται σε θερμοκρασία 185°F (85°C),
- ✓ ενώ τα τρόφιμα με εύρος pH από 4 έως 4,3 απαιτούν θερμοκρασία 195°F (90,5°C).
- ✓ Τέλος, τα τρόφιμα με τιμή pH από 4,3 έως 4,5 θα πρέπει να παστεριώνονται σε θερμοκρασία 210°F (99°C).

Αυτές οι θερμοκρασίες παστερίωσης είναι αποτελεσματικές στην εξάλειψη όλων των μικροοργανισμών εκτός από τα βακτηριακά σπόρια. Ωστόσο, δεδομένου ότι το χαμηλό pH αναστέλλει την ανάπτυξη αυτών των σπορίων, τα τρόφιμα με υψηλή περιεκτικότητα σε οξύ μπορούν να θεωρηθούν εμπορικά αποστειρωμένα και δεν απαιτούν την ίδια επεξεργασία σε υψηλή θερμοκρασία με τα τρόφιμα με χαμηλή οξύτητα. (McGlynn, 2016) Κατά τη διάρκεια όλης της διαδικασίας παραλαβής και επεξεργασίας των πρώτων υλών, υπάρχει πιθανότητα πολλαπλασιασμού μικροοργανισμών. Αξιοσημείωτοι μικροοργανισμοί που αποτελούν κίνδυνο περιλαμβάνουν το *Escherichia coli* O157:H7, το

οποίο βρίσκεται συνήθως σε νερό μολυσμένο με αυτό το βακτήριο και το *Byssochlamys fulva*, ένας μύκητας που εξαλείφεται με την υποβολή των καρπών που έχουν υποστεί θερμική επεξεργασία σε θερμοκρασία άνω των 88 βαθμών Κελσίου για σύντομο χρονικό διάστημα. (Lopez, 1981), (Οδηγία 98/83/EK, 1998)

Τα όρια που θέτει η εταιρία που μελετάμε βρίσκονται ανάμεσα σε 3,4-4 pH με τιμή στόχο τα 3,7 pH. Μας ενδιαφέρει το pH του τελικού προϊόντος το οποίο έγινε ένα μείγμα στο μπλέντερ και έπειτα μετρήθηκε να είναι πάνω από 3,4 διότι από εκεί και κάτω είναι πολύ όξινο και κάτω από 4 για τους υγειονομικούς λόγους που αναφέραμε. Με τον έλεγχο αυτό διαπιστώνουμε αν πέτυχε ή όχι η παστερίωση.

Το pH των ροδάκινων μπορεί να επηρεαστεί από τη σύνθεση και τη συγκέντρωση του σιροπιού που χρησιμοποιείται στη διαδικασία κονσερβοποίησης. Τα διάφορα σιρόπια παρουσιάζουν διαφορετικούς βαθμούς οξύτητας, επηρεάζοντας έτσι το τελικό pH του τελικού προϊόντος. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας κονσερβοποίησης, το κιτρικό οξύ ή το ασκορβικό οξύ, μπορούν να ενσωματωθούν για να τροποποιήσουν το επίπεδο του pH. Η συμπερίληψη αυτών των παραγόντων μπορεί δυνητικά να επηρεάσει την τελική τιμή pH του προϊόντος. Το pH των ροδάκινων μπορεί να επηρεαστεί από τη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της διαδικασίας κονσερβοποίησης. Οι υψηλές θερμοκρασίες έχουν τη δυνατότητα να επηρεάσουν τα επίπεδα οξύτητας του φρούτου. Το pH του τελικού προϊόντος μπορεί να μεταβληθεί λόγω της διάσπασης των φυσικών οξέων στα ροδάκινα κατά τη διαδικασία κονσερβοποίησης.

5.2.3 Σκληρότητα

Οι καταναλωτές αντιλαμβάνονται τα ελάχιστα επεξεργασμένα φρούτα με σταθερή και τραγανή υφή ως φρέσκα και υγιεινά. Η διατήρηση αυτής της υφής είναι υψίστης σημασίας, καθώς το μαλάκωμα της σάρκας αποτελεί σημαντική πρόκληση, ιδιαίτερα στην περίπτωση των φρέσκων κομμένων φρούτων.

Η μείωση της σκληρότητας/υφής του φρούτου είναι αποτέλεσμα της διαδικασίας διάσπασης των πηκτινών μέσω της ενζυματικής δραστηριότητας που διευκολύνεται από δύο κύρια ένζυμα, δηλαδή τη μεθυλεστεράση της πηκτίνης (PME) και την πολυγαλακτουρονάση (PG). Το PME ξεκινά τη μερική απομεθυλίωση της πηκτίνης, ενώ

το PG στη συνέχεια την αποπολυμερίζει σε γαλακτουρονικό οξύ, με αποτέλεσμα τη μείωση της υφής ή της σφριγηλότητας. Το μαλάκωμα της σάρκας προκαλεί σημαντικά προβλήματα, ιδιαίτερα στην περίπτωση των πρόσφατα κομμένων φρούτων (παραγωγή αιθυλενίου με αποτέλεσμα το μαλάκωμα των φυτικών ιστών, εξάντληση βιταμίνης C, ενζυμικό μαύρισμα μέσω της πολυφαινολοξειδάσης PPO και τον σχηματισμό δυσάρεστων οσμών).

Η εφαρμογή τεχνικών ήπιας θέρμανσης μπορεί να ενεργοποιήσει τη μεθυλεστεράση της πηκτίνης (PME) και στη συνέχεια να συμβάλει στη διατήρηση της επιθυμητής υφής στο τρόφιμο. Η θερμική απενεργοποίηση του PPO το οποίο είναι ένα χαμηλής θερμοσταθερής ένζυμο, παρουσιάζει διάφορους βαθμούς σταθερότητας ανάλογα με την πηγή του. Παράγοντες όπως η ποικιλία, η θέση καλλιέργειας και το pH μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τη σταθερότητα του PPO. Ωστόσο, η χρήση θερμότητας αναμένεται να προκαλέσει δυσμενείς επιπτώσεις σε διάφορες πτυχές της ποιότητας των τροφίμων, συμπεριλαμβανομένης της δομής, της υφής, του αρώματος και της γεύσης του.

Τα όρια που θέτει η εταιρία που μελετάμε βρίσκονται ανάμεσα σε 0,25-0,65 kg/cm² με τιμή στόχο τα 0,45 kg/cm².

Η υφή των κονσερβοποιημένων ροδάκινων μπορεί να επηρεαστεί από πολλές μεταβλητές, όπως: από τον τύπο και τη συγκέντρωση του σιροπιού που χρησιμοποιείται σε αυτό το στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας. Τα ελαφριά σιρόπια συμβάλλουν στη διατήρηση μιας πιο άκαμπτης υφής, ενώ τα βαριά σιρόπια μπορούν να δώσουν μια πιο λεία υφή. Είναι σημαντικό να προσέχουμε την θερμική επεξεργασία κατά την διάρκεια της κονσερβοποίησης. Υψηλή θερμική επεξεργασία μπορεί να οδηγήσει σε πιο μαλακή υφή, ενώ σε πιο σκληρή αν έχουμε χαμηλότερη θερμική επεξεργασία αντίστοιχα. Επίσης θα πρέπει να μην υπάρχουν πάρα πολλά ροδάκινα στα κουτάκια διότι αν είναι πάρα πολλά μπορεί να μην γίνει ομοιόμορφη θερμική επεξεργασία και να επηρεαστεί δυσανάλογα η υφή τους. Είναι ζωτικής σημασίας να αναγνωριστεί ότι η επίδραση του pH στην υφή είναι διασυνδεδεμένη με άλλες μεταβλητές, συμπεριλαμβανομένης της συγκέντρωσης των σακχάρων (brix), της περιεκτικότητας σε πηκτίνη και της συγκεκριμένης μεθόδου κονσερβοποίησης που χρησιμοποιείται. Επιπλέον, η προτιμώμενη υφή των

κονσερβοποιημένων ροδάκινων μπορεί να είναι κάπως υποκειμενική, καθώς ορισμένα άτομα μπορεί να επιθυμούν μια μαλακότερη υφή, ενώ άλλοι πιο σκληρή.

5.2.4 Καθαρό και στραγγιστό βάρος

Ο σκοπός της συμπερίληψης πληροφοριών βάρους στις ετικέτες είναι να παρέχονται στους καταναλωτές πληροφορίες σχετικά με την ποσότητα που αγοράζουν, αντί να καθορίζεται ένα μέγιστο όριο. Στις συσκευασίες αναγράφεται η ονομαστική τιμή του καθαρού βάρους στα 820 gr και στραγγιστού στα 480 gr. Παρόλο που ορισμένοι πελάτες ενδέχεται να ρωτήσουν για τα ανώτατα όρια για πρακτικούς λόγους, τέτοιου είδους ερωτήματα δεν προέρχονται από ένα νόμιμο ρυθμιστικό ανώτατο όριο. Πρέπει να ακολουθούνται οι παρακάτω κανόνες:

✓ Για το καθαρό βάρος πρέπει:

1. Μέσος Όρος πρέπει να είναι $> 820gr$
2. 98% πρέπει να έχει βάρος $> 820gr - 15gr = 805gr$
3. 100% πρέπει να έχει βάρος $> 820gr - (2 \times 15gr) = 790gr$

✓ Για το στραγγισμένο βάρος πρέπει:

1. Μέσος Όρος πρέπει να είναι $> 480gr$
2. 100% πρέπει να έχει βάρος $> 480gr - (3 \times 14.4gr) = 436.8gr$ δηλαδή $437gr$

Δεν υπάρχει νομική διάταξη που να επιβάλλει ανώτατα όρια στα βάρη των προϊόντων.

Η εταιρία έχει καθορίσει στο Καθαρό βάρος ως Άνω όριο τα 890gr, γιατί στον μεταλλικό περιέκτη θα πρέπει να δημιουργείται ένα διάκενο που ορίζεται στα 2-6/16 της ίντσας, μεταξύ της εσωτερικής απόστασης καπακιού από την στάθμη σιροπιού-φρούτου, πάνω από αυτό το όριο δεν πετυχαίνετε αυτό το κενό. Για την επιτυχή διεξαγωγή της διαδικασίας απαέρωσης, απαραίτητη προϋπόθεση είναι η χρήση αντλίας κενού. Μια αντλία κενού, η οποία λειτουργεί ως απαγωγέας αερίου, χρησιμοποιείται για την εξάλειψη αερίου από μια καθορισμένη περιοχή με σκοπό τη δημιουργία κενού εντός της εν λόγω περιοχής. Το κάτω

όριο σύμφωνα με της διεθνείς προδιαγραφες είναι 790gr με τιμή στόχο τα 870gr διότι ο περιέκτης είναι 850ml επομένως δεν μπορούμε να έχουμε 820gr που καθορίζει η ετικέτα της συσκευασίας γιατί θα αφήσουμε μεγάλο διάκενο με αποτέλεσμα να παραμείνει αέρας και να οδηγηθούμε σε οξείδωση.

Επίσης έχει καθορίσει στο Στραγγιστό βάρος ως άνω όριο τα 560gr και κάτω όριο 440gr με επιθυμητή τιμή τα 480gr. Το μέσο διάδοσης της θερμότητας μέσα στο κουτί είναι το σιρόπι. Οπότε βάζοντας περισσότερο φρούτο και λιγότερο σιρόπι, επηρεάζεται η διάδοση της θερμότητας, άρα τίθεται υπό αμφιβολία η αποτελεσματικότητα της παστερίωσης, αλλά μεταβάλλοντας τα brix της συσκευασίας. Βέβαια η βιομηχανία οφείλει να λαμβάνει υπόψη όλες τις παραμέτρους και για τον συγκεκριμένο παράγοντα (στραγγιστό βάρος) οι παράμετροι παστερίωσης (χρόνος και θερμοκρασία) αποφασίζονται και εφαρμόζονται μετά από μελέτη που έχει πραγματοποιηθεί με υπέρβαρα δείγματα 600-620gr. Δηλαδή στην ουσία χρησιμοποιούνται παράμετροι παστερίωσης για υπέρβαρα κουτιά, ώστε να είμαστε ασφαλείς ακόμη και γι' αυτές τις περιπτώσεις.

Η εταιρία θέλει να παρουσιάσει στην αγορά ένα premium προϊόν το μισόκαρπο το οποίο είναι ο βασιλιάς της εικόνας όλων των προϊόντων γιατί είναι ένα λείο, όμορφο και καθαρό μισό ροδάκινο όπου ο πελάτης νιώθει ότι τρώει φρέσκο ροδάκινο. Σε κάθε συσκευασία η προδιαγραφή ορίζει ότι πρέπει να υπάρχουν 6-9 με κομμάτια μισόκαρπου. Κάθε μισόκαρπο ζυγίζει περίπου 75 ± 5 γραμμάρια. Σε αυτό το σημείο να τονίσουμε ότι η παραγωγή για να καλύψει τις ανάγκες ζήτησης χρησιμοποιεί και άλλες διαμέτρους ροδάκινου όπου ο λόγος του μεγαλύτερου με το μικρότερο να μην ξεπερνάει το 1,05 ώστε να μπορέσει να εκμεταλλευτεί την εποχικότητα της παραγωγής και να καλύψει ετήσια συμβόλαια μέσα σε παραγωγή 3 μηνών. Αυτό δημιουργεί διακυμάνσεις ως προς στο στραγγιστό βάρος διότι δεν μπορούμε να το κόψουμε σε φέτες για να βρισκόμαστε όσο το δυνατόν πιο κοντά στον στόχο του 480gr.

Η διαδικασία για τη μέτρηση του καθαρού βάρους και στραγγισμένου βάρους των κονσερβοποιημένων ροδάκινων είναι ένα κρίσιμο βήμα για την εξασφάλιση ακρίβειας και ομοιομορφίας στο βάρος του προϊόντος. Παρακάτω ακολουθεί μια εις βάθος εξέταση αυτής της διαδικασίας:

Για να ξεκινήσει η διαδικασία προετοιμασίας κονσερβών, τα δοχεία ροδάκινου τοποθετούνται σε μια σταθερή επιφάνεια εργασίας για να διασφαλιστεί η σταθερότητά και ευκολία στη διαδικασία.

Η διαδικασία ζύγισης του καθαρού βάρους των κουτιών ροδάκινου περιλαμβάνει κάθε μεμονωμένο κουτί ροδάκινου που τοποθετείται σε μια συσκευή ζύγισης ακρίβειας προκειμένου να προσδιοριστεί το συνολικό βάρος του, που περιλαμβάνει τόσο τα ροδάκινα όσο και το σιρόπι που περιέχεται μέσα. Ο προσδιορισμός του καθαρού βάρους περιλαμβάνει την αφαίρεση του βάρους του άδειου κουτιού από το συνολικό βάρος του κουτιού. Αυτός ο αριθμός αντικατοπτρίζει το συνδυασμένο βάρος των ροδάκινων και του σιροπιού μέσα στο κουτί, εξαιρουμένου του βάρους του ίδιου του δοχείου.

Αντίστοιχα για την μέτρηση του στραγγιστού βάρους για να διασφαλιστεί η σταθερότητα και να διευκολυνθεί η διαδικασία, τα κουτάκια ροδάκινου τοποθετούνται σε μια επιφάνεια εργασίας κατά το στάδιο της προετοιμασίας, παρόμοια με τη μέτρηση του καθαρού βάρους. Τα κουτιά ζυγίζονται ξεχωριστά χρησιμοποιώντας μια ζυγαριά ακρίβειας πριν ανοίξουν για να προσδιοριστεί το συνδυασμένο βάρος του περιεχομένου, συμπεριλαμβανομένου του σιροπιού και των ροδάκινων. Για να ξεκινήσει η διαδικασία, η κονσέρβα ανοίγεται σχολαστικά με ένα ανοιχτήρι κονσερβών, και ακολουθείται η μεταφορά των ροδάκινων και του σιροπιού σε ένα δοχείο μέτρησης. Το σιρόπι αφαιρείται από τα ροδάκινα χρησιμοποιώντας κατάλληλο σουρωτήρι. Αυτό το βήμα είναι κρίσιμο για τον προσδιορισμό του ακριβούς βάρους του φρούτου χωρίς το σιρόπι. Ο στραγγισμένος καρπός υποβάλλεται σε δεύτερη διαδικασία ζύγισης, είτε στην ίδια ζυγαριά είτε σε διαφορετική, προκειμένου να προσδιοριστεί το βάρος του μετά τη διαδικασία αποστράγγισης.

Μέσω αυτής της μεθοδολογίας, μπορεί να επιτευχθεί η ακριβής και αξιόπιστη μέτρηση του καθαρού και στραγγισμένου βάρους των κονσερβοποιημένων ροδάκινων, διασφαλίζοντας έτσι ότι το προϊόν συμμορφώνεται με τα καθιερωμένα πρότυπα ποιότητας. Η επαλήθευση και η καταγραφή των αποτελεσμάτων περιλαμβάνει τη διαδικασία επιβεβαίωσης της ακρίβειας των αποτελεσμάτων των μετρήσεων και στη συνέχεια τεκμηρίωσής τους σε κατάλληλα αρχεία ή συστήματα διαχείρισης ποιότητας.

Υπάρχουν συγκεκριμένοι παράγοντες που ενδεχομένως να επηρεάσουν το βάρος των προϊόντων, όπως: Το ακανόνιστο γέμισμα στη διαδικασία της πλήρωσης μεσοκαρπίων στην γραμμή παραγωγής μπορεί να οδηγήσει σε υπερβολική ή ανεπαρκή πλήρωση των δοχείων, επηρεάζοντας έτσι το συνολικό βάρος. Οι διακυμάνσεις στο μέγεθος των ροδάκινων κατά την διαδικασία ταξινόμησης που χρησιμοποιούνται στην κονσερβοποίηση όπως και στην πλήρωση σιροπιού μπορεί να οδηγήσουν σε διακυμάνσεις στο στραγγιστό και καθαρό βάρος του τελικού προϊόντος.

5.3 Τα όργανα και η μεθοδολογία των μετρήσεων

Θα παρουσιάσουμε τον απαιτούμενο εξοπλισμό και τις μεθόδους μέτρησης των ποιοτικών χαρακτηριστικών της κομποστοποίησης ροδάκινου που εξετάζονται σε αυτή την εργασία:

5.3.1 Μέτρηση (SSC%, ° Brix)

Η περιεκτικότητα σε διαλυτά σάκχαρα, γνωστή και ως Soluble Sugar Content (SSC ή °Brix), είναι μια μέτρηση που χρησιμοποιείται για να ποσοτικοποιήσει το επίπεδο γλυκύτητας που υπάρχει σε μια ουσία. Το ποσοστό της διαλυτής ζάχαρης στα φρούτα υπολογίζεται με τη χρήση διαθλασίμετρου, είτε σε ψηφιακή είτε σε αναλογική μορφή (βλέπε σχήματα 5.1 και 5.2). Στην στατιστική μας έρευνα χρησιμοποιήθηκε ψηφιακό διαθλασίμετρο. Τα διαθλασίμετρα αποτελούνται από ένα γυάλινο πρίσμα μέτρησης όπου τοποθετείται το δείγμα από την συσκευασία κομπόστας του κιλού το οποίο θρυμματίστηκε με την χρήση ενός μπλέντερ και αφαιρείται ο πολτός φιλτράροντας τον μέσα από ένα μικρό κομμάτι πετσέτας ή διηθητικό χαρτί. Καθώς το φως διέρχεται από ένα δείγμα που περιέχει διαλυμένα στερεά, όπως σάκχαρα, υφίσταται διακοπή, επιβράδυνση και κάμψη ή διάθλαση. Οι επιστήμονες έχουν συσχετίσει τη μεταβολή του δείκτη διάθλασης, ή την κάμψη του φωτός, με το % σάκχαρο.



Εικόνα 5.1 Ψηφιακό διαθλασίμετρο



Εικόνα 5.2 Οπτικό διαθλασίμετρο

Η μέτρηση της θερμοκρασίας έχει αντίκτυπο στην ένδειξη, με 0,5% αύξηση της περιεκτικότητας σε διαλυτά στερεά (SSC) για κάθε αλλαγή 5°C ή 10°F. Ωστόσο, η μέτρηση θεωρείται ακριβής μόνο εντός του εύρους θερμοκρασίας 20-30°C (68-86°F). Σε περιπτώσεις εκτός αυτού του εύρους, χρησιμοποιείται πίνακας διόρθωσης τιμών.

Κατά την χρήση του οργάνου τηρήθηκαν τα παρακάτω:

- Δίνεται προσοχή κατά τον καθαρισμό της επιφάνειας του πρίσματος μετά τη χρήση του.
- Το διαθλασίμετρο υποβάλλεται σε επιθεώρηση ρουτίνας και βαθμονόμηση κάθε οκτώ ώρες υπό την επίβλεψη προσωπικού ποιοτικού ελέγχου, προκειμένου να διασφαλιστούν ακριβή αποτελέσματα.
- Η περιοχή επαφής καθαρίζεται με χαρτί φακών και στη συνέχεια να ξεπλένεται με απεσταγμένο νερό και στη συνέχεια με αιθανόλη.
- Για να προστατεύσουμε την ευαίσθητη επιφάνεια του πρίσματος από σκόνη ή άλλα σωματίδια που μπορεί να προκαλέσουν γρατσουνιές και ανακρίβειες, κλείνουμε το θάλαμο πρίσματος και καλύπτουμε το όργανο όταν δεν χρησιμοποιείται. (Nielsen, S.S. 2017)

5.3.2 Μέτρηση του pH

Χρησιμοποιείται μια συσκευή γνωστή ως μετρητή pH (βλέπε εικόνα 5.3) για να εξακριβωθεί το επίπεδο pH ενός διαλύματος ποσοτικοποιώντας τη συγκέντρωση ιόντων υδρονίου (pH) με τη βοήθεια υπερσύγχρονου γυάλινου ηλεκτροδίου που είναι ικανό να λειτουργεί σε ολόκληρο το φάσμα pH, παρουσιάζοντας ελάχιστα σφάλματα που σχετίζονται με παρεμβολές ιόντων νατρίου, με μέτρηση κάτω από 0,01 pH σε θερμοκρασία 25 °C. Η κλίμακα από 0 έως 14 χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του βαθμού οξύτητας ή αλκαλικότητας που εμφανίζει μια ουσία, με ουδέτερη ένδειξη την τιμή 7. Οι τιμές του pH που είναι κάτω από 7 σημαίνουν όξινο περιβάλλον, ενώ τιμές άνω του 7 υποδηλώνουν ένα αλκαλικό περιβάλλον.



Εικόνα 5.3 pH-μετρο

Για την σωστή χρήση του οργάνου ακολουθήσαμε τα εξής βήματα:

- Αφαιρέσαμε το ηλεκτρόδιο από το διάλυμα αποθήκευσης, το καθαρίσαμε με απεσταγμένο νερό και στη συνέχεια το στεγνώσαμε με ένα πανί που δεν έχει χνούδι.

- Τυποποιήσαμε το όργανο μέτρησης ότι λειτουργεί σωστά βυθίζοντας το ηλεκτρόδιο σε τρία τυπικά ρυθμιστικά διαλύματα διαφορετικών επίπεδων pH: 4,0, 7,0 και 9,0, όλα μετρημένα σε θερμοκρασία 25°C. Σε κάθε ενδιάμεση μέτρηση καθαρίζαμε με απεσταγμένο νερό και στεγνώναμε με πανί χωρίς χνούδι. Με αυτόν τον τρόπο, το pH-μετρο είναι πάντα έτοιμο για χρήση και η διάρκεια ζωής των ηλεκτροδίων παρατείνεται.
- Τέλος βυθίσαμε το ηλεκτρόδιο στο δείγμα δηλαδή το μείγμα του μπλέντερ από την κομπόστα κιλού ανακατεύοντας μέχρι να επιτευχθεί μια σταθερή ένδειξη. Μετά τη λήψη της μέτρησης, το ηλεκτρόδιο ξεπλένεται με απεσταγμένο νερό και στη συνέχεια τοποθετείται στην θήκη του. (Nielsen, S.S. 2017)

5.3.3 Μέτρηση Στραγγιστού και καθαρού βάρους

Η ζυγαριά ακριβείας (βλέπε εικόνα 5.4) είναι η απαραίτητη συσκευή για τον προσδιορισμό του βάρους των ενδιάμεσων προϊόντων (στραγγιστό βάρος) όσο των τελικών προϊόντων (καθαρό βάρος).



Εικόνα 5.4 Ψηφιακή ζυγαριά

Η σωστή χρήση ψηφιακών ζυγαριών ακριβείας είναι απαραίτητη για αξιόπιστες μετρήσεις, για αυτό και ακολουθήσαμε τα παρακάτω βήματα για να χρησιμοποιηθεί σωστά:

- Είναι επιτακτική ανάγκη να διασφαλίσουμε ότι η ζυγαριά είναι τοποθετημένη σε μια σταθερή, επίπεδη και συμπαγή επιφάνεια. Τυχόν ανωμαλίες στην επιφάνεια ενδέχεται να επηρεάσουν την ακρίβεια των μετρήσεων.
- Πριν την έναρξη των μετρήσεων ελέγχουμε αν έχει μηδενιστεί η ζυγαριά δείχνοντας το μηδέν.
- Πραγματοποιούμε μια αξιολόγηση απόδοσης της μέτρησης χρησιμοποιώντας μια ζυγαριά για να ζυγίσουμε ένα αντικείμενο με προκαθορισμένο βάρος. Εάν η ζυγαριά δεν εμφανίζει ακριβείς ενδείξεις, είναι απαραίτητο να προχωρήσουμε στη διαδικασία βαθμονόμησης.
- Πριν από κάθε τοποθέτηση αντικειμένων στη ζυγαριά, διασφαλίζουμε την καθαριότητα και την στεγνότητα του.
- Τοποθετούμε το αντικείμενο στο κέντρο της ζυγαριάς με προσοχή, ώστε να μην επηρεάσουμε την ισορροπία της.

5.3.4 Μέτρηση σκληρότητας

Η αξιολόγηση της σκληρότητας των φρούτων είναι ένα άλλο σημαντικό ποιοτικό χαρακτηριστικό στην κονσερβοποίηση ροδάκινων. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της σκληρότητας των καρπών διαφέρουν ανάλογα με τη συγκεκριμένη ποικιλία φρούτων. Στην περίπτωση των δεδομένων μας υπολογίσαμε τον μέσο ορό σκληρότητας της τελικής συσκευασίας μετρώντας το κάθε ένα μισόκαρπο που εμπεριέχεται εντός αυτής με την χρήση πενετρόμετρου (βλέπε εικόνα 5.5). Η λήψη μετρήσεων στα μισόκαρπα, αποτελεί μια διαδεδομένη τακτική στην βιομηχανία τροφίμων, ώστε να ανιχνεύσει πιθανά προβλήματα υφής, όπως έλλειψη ομοιογένειας, θρυμματισμένα τμήματα ή αλλαγές στη συνοχή. Επίσης μπορεί να βοηθήσει στη διασφάλιση της ποιότητας του τελικού προϊόντος, καθώς επιτρέπει την παρακολούθηση της ομοιογένειας και της συνοχής του καρπού.

Κατά συνέπεια, η μέτρηση της υφής σε διάφορα σημεία του καρπού είναι σημαντική για την αξιολόγηση της ποιότητας του καρπού και μπορεί να βοηθήσει στην παραγωγική διαδικασία επεξεργασίας και της ομοιογένειας του τελικού προϊόντος.

Αυτή η τεχνική περιλαμβάνει τη χρήση ενός εξειδικευμένου οργάνου μέτρησης που ασκεί πίεση στον καρπό. Το μέγεθος της δύναμης που απαιτείται για να διεισδύσει στο εργαλείο χρησιμεύει ως ένα κατά προσέγγιση μέτρο της σκληρότητας του καρπού της κομπόστας με μονάδες μέτρησης kg/cm^2 . Όσο υψηλότερη είναι η μέτρηση, τόσο πιο σκληρό είναι το φρούτο. Η συγκεκριμένη αγορά δεν έχει συγκεκριμένη προδιαγραφή για την υφή-σκληρότητα. Κατά κανόνα όμως προσπαθούμε να είμαστε $>0.25\text{kg}$ για την συγκεκριμένη συσκευασία. Η επιθυμία να διατηρηθεί πάνω από ένα συγκεκριμένο επίπεδο σκληρότητας στα ροδάκινα συχνά επηρεάζεται από τις προτιμήσεις των καταναλωτών, καθώς τα άτομα μπορεί να προτιμούν μια υφή που είναι τραγανή και σφιχτή. Υποδηλώνει ότι το ροδάκινο δεν είναι υπερβολικά ώριμο ή μαλακό, υποδηλώνοντας έτσι υψηλό επίπεδο ποιότητας και φρεσκάδας, να εξασφαλίζει μια συνεπή εμπειρία κατανάλωσης για τους καταναλωτές, καθώς το προϊόν θα έχει την ίδια υφή και σταθερότητα σε κάθε συσκευασία. Η διατήρηση πάνω από το συγκεκριμένο επίπεδο σκληρότητας στα ροδάκινα έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζει θετικά τη διάρκεια ζωής τους, καθώς τα ροδάκινα με πιο σφιχτή υφή γενικά παρουσιάζουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής όσον αφορά τη φρεσκάδα. Επίσης είναι μια ένδειξη αν μπορεί η εταιρία να αυξήσει τον χρονικό όριο παραμονής στην διαδικασία παστερίωσης ώστε να μαλακώσει τυχόν πιο σκληρά ροδάκινα.



Εικόνα 5.5 πενετρόμετρο

Για την σωστή χρήση του ακολουθήσαμε τα παρακάτω βήματα:

- Σωστή τοποθέτηση του κατάλληλου μεγέθους ακίδας/εμβόλου.
- Πήραμε μετρήσεις από δυο σημεία του καρπού όσο μπορούμε κοντά στο κέντρο.
- Άσκηση σταθερής δύναμης μέχρι να διεισδύσει στον καρπό.
- Καταγραφή της μέτρησης.

5.3 Τα διεθνή πρότυπα της εταιρίας

Αξίζει να σημειωθεί ότι η μονάδα επεξεργασίας και κομποστοποίησης φρούτων που εξετάζεται στην παρούσα εργασία έχει λάβει τις επόμενες πιστοποιήσεις σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα:

- ✓ ISO 9001: Το ISO 9001:2008 διατυπώθηκε από τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (ISO) και είναι ένα παγκοσμίως αναγνωρισμένο πρότυπο που περιγράφει τα θεμελιώδη κριτήρια για την εφαρμογή ενός συστήματος διαχείρισης ποιότητας. Αυτό το σύστημα δίνει τη δυνατότητα στις εταιρείες να επιδείξουν τις ικανότητές τους στην παροχή προϊόντων ή/και υπηρεσιών που ευθυγραμμίζονται με τις προσδοκίες των πελατών και των ρυθμιστικών αρχών.
- ✓ ISO 22000: Το ISO 22000:2005 είναι ένα διεθνώς αναγνωρισμένο πρότυπο που διατυπώθηκε από τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (ISO) που οριοθετεί τα υποχρεωτικά κριτήρια για τις επιχειρήσεις που εμπλέκονται στη βιομηχανία τροφίμων για τη διασφάλιση της ακεραιότητας των προϊόντων τους σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού, που εκτείνεται από την παραγωγή έως την κατανάλωση. Εστιάζοντας αποκλειστικά σε θέματα που σχετίζονται με την ασφάλεια των τροφίμων, αυτό το παγκόσμιο πρότυπο αντιπροσωπεύει ουσιαστικά μια πρόοδο από τις αρχές της Ανάλυσης Κινδύνων και των Κρίσιμων Σημείων Ελέγχου (HACCP).
- ✓ HACCP: Η ανάπτυξη ενός συστήματος διαχείρισης ασφάλειας τροφίμων, γνωστού ως HACCP, στοχεύει στον αποτελεσματικό εντοπισμό, αξιολόγηση και διαχείριση των κινδύνων που σχετίζονται με την ασφάλεια των τροφίμων. Αυτό το σύστημα

διαδραματίζει ζωτικό ρόλο στη διαφύλαξη της δημόσιας υγείας και εφαρμόζεται εκτενώς στη βιομηχανία τροφίμων. Συνεπάγεται την καθιέρωση και ρύθμιση βασικών σταδίων που εμπλέκονται στην παραγωγή, την επεξεργασία και το χειρισμό των τροφίμων.

- ✓ ISO 14001: Το ISO 14001:2004 είναι ένα πρότυπο που καθιερώθηκε από τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (ISO) το οποίο οριοθετεί τις προϋποθέσεις και προσφέρει συμβουλές για τη διαμόρφωση ενός συστήματος διαχείρισης που επιδιώκει να ρυθμίσει και να περιορίσει τις επιπτώσεις των δραστηριοτήτων, προϊόντων ή υπηρεσιών μιας επιχείρησης στο περιβάλλον.
- ✓ BRC: Η Βρετανική Κοινοπραξία Λιανικής (BRC) έχει αναπτύξει το πρότυπο BRC, το οποίο έχει υιοθετηθεί εκτενώς στον τομέα των τροφίμων και ποτών. Πρωταρχικός σκοπός του είναι να καθιερώσει ενιαίες κατευθυντήριες γραμμές για τους προμηθευτές στη βιομηχανία τροφίμων, διασφαλίζοντας έτσι υψηλά επίπεδα ποιότητας και ασφάλειας τροφίμων.
- ✓ IFS: Τα International Featured Standards (IFS) δημιουργήθηκαν από τη βιομηχανία λιανικής στη Γερμανία και τη Γαλλία ως μέσο για τη θέσπιση και την τήρηση προτύπων για την ποιότητα και την ασφάλεια των τροφίμων. Αυτά τα πρότυπα έχουν σχεδιαστεί για να αξιολογούν και να πιστοποιούν εταιρείες που ασχολούνται με την παραγωγή και τον χειρισμό τροφίμων, παρέχοντας ένα τυποποιημένο πλαίσιο για τη διασφάλιση τόσο της ασφάλειας όσο και της ποιότητας των προϊόντων διατροφής.
- ✓ ISO 45001: Το ISO 45001 είναι ένα παγκοσμίως αναγνωρισμένο πλαίσιο για τη διαχείριση Συστημάτων Διαχείρισης Υγείας και Ασφάλειας στην Εργασία (OH&S). Αναπτύχθηκε από τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (ISO), αυτό το πρότυπο στοχεύει να ενισχύσει και να ρυθμίσει τα πρωτόκολλα ασφάλειας και υγείας σε περιβάλλοντα εργασίας.

6. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

Στο πλαίσιο της αξιοποίησης στατιστικών εργαλείων για τη βελτίωση των προϊόντων της εταιρείας, συγκεντρώθηκαν δεδομένα σε διακριτά χρονικά διαστήματα. Συγκεκριμένα για το καθαρό και στραγγιστό βάρος λάβαμε μετρήσεις από επτά διαφορετικές συσκευασίες $n=7$ ανά μισή ώρα σε ένα σύνολο δειγμάτων $m=100$ συνολικά 700 μετρήσεις χρονικού διαστήματος 7/8/23 (06:00) - 9/8/23 (13:00) περίπου τριών ημέρων, με εξαίρεση τα χρονικά διαστήματα των διαλλειμάτων που δεν ελήφθησαν δείγματα, κάνοντας χρήση του κατάλληλου διαγράμματος ελέγχου $\bar{X} - R$. Το διάγραμμα ελέγχου $\bar{X} - R$ χρησιμοποιείται συνήθως στη στατιστική ανάλυση λόγω της καταλληλότητάς του για μεγέθη υποομάδων, όπως σε αυτήν την περίπτωση $n=7$. Επιπλέον, αυτός ο τύπος διαγράμματος ελέγχου είναι ανθεκτικός σε αποκλίσεις από την κανονικότητα στην κατανομή δεδομένων, χρησιμοποιώντας τη μέση τιμή \bar{X} και ενσωματώνοντας τη χρήση Κ.Ο.Θ. Με την μέτρηση του στραγγιστού βάρους στο στάδιο παραγωγής της πλήρωσης των περιεκτικών ελέγχεται η σωστή ποσότητα μισόκαρπων και μέτρηση του καθαρού βάρους γίνεται στο στάδιο παραγωγής αμέσως μετά το σφράγισμα των τελικών συσκευασιών για να ελέγξουμε την σωστή ποσότητα του σιροπιού και μισόκαρπου που περιέχει. Οι μεγάλες διαφοροποιήσεις επηρεάζουν σημαντικά το SSC%.

Οι μετρήσεις που λαμβάνονται για το pH και το SSC% αποτελούνται από 63 μεμονωμένες τιμές με μέγεθος δείγματος $n=1$ συσκευασίας μισόκαρπων, ανά μια ώρα, χρονικού διαστήματος 7/8/23-9/8/23 περίπου τριών ημέρων, με εξαίρεση τα χρονικά διαστήματα των διαλλειμάτων που δεν ελήφθησαν δείγματα. Ο ποιοτικός έλεγχος διενεργήθηκε στο τελικό προϊόν ώστε να αναγνωριστούν και να ελέγχουν αν υπάρχουν ειδικά αίτια και παρατυπίες. Πιο συγκεκριμένα από το τελικό προϊόν θα μπορέσουμε να ελέγξουμε αποτελεσματικά αν ο συνδυασμός της πρώτης ύλης - ροδάκινα, τα οποία ενδεχομένως να διαφέρουν ως προς την ωριμότητα και την ποικιλία τους αλλά και της συνταγής παραγωγής σιροπιού θα μας δώσουν τα επιθυμητά brix. Αντίστοιχα ελέγχοντας τα pH του τελικού προϊόντος, εξασφαλίζουμε ότι η διαδικασία της παστερίωσης πέτυχε, η δειγματοληψία για τον έλεγχο του pH είναι αντιπροσωπευτική και δεν υπάρχουν μεγάλες διαφορές στην οξύτητα εντός της κονσέρβας.

Για τις μετρήσεις σκληρότητας λάβαμε 63 μέσους όρους σκληρότητας από 63 τελικές συσκευασίες με μέγεθος δείγματος $n=1$ συσκευασίας μισόκαρπων. Κάθε μέσος όρος λαμβάνεται από την μέτρηση σκληρότητας του κάθε μισόκαρπου που υπάρχει εντός της τελικής συσκευασίας, ανά μια ώρα, χρονικού διαστήματος 7/8/23-9/8/23 περίπου τριών ημερών, με εξαίρεση τα χρονικά διαστήματα των διαλλειμάτων που δεν ελήφθησαν δείγματα. Αυτός ο έλεγχος μας δίνει την δυνατότητα, αν μας το επιτρέπει, να παρέμβουμε στο χρόνο της θερμικής παστερίωσης για να μαλακώσουμε ή όχι την υφή του μισόκαρπου.

Ως αποτέλεσμα, τα κατάλληλα διαγράμματα ελέγχου που θα χρησιμοποιηθούν είναι το διάγραμμα ελέγχου Individual-Moving Range (I-MR) και το διάγραμμα ελέγχου Εκθετικά σταθμισμένου κινούμενου μέσου (EWMA). Το επίπεδο σημαντικότητας για τις δοκιμές κανονικότητας θα οριστεί στο $\alpha=0,05$, χρησιμεύοντας ως σημείο αναφοράς για τον προσδιορισμό του εάν η μεταβλητή ακολουθεί ή όχι μια κανονική κατανομή αλλά και αν υπάρχει αυτοσυσχέτιση με *Run Test*. Η στατιστική ανάλυση έγινε με την χρήση του στατιστικού πακέτου minitab 20.

Η επακόλουθη ανάλυση στοχεύει στην αξιολόγηση των διαδικασιών χρησιμοποιώντας ιστορικά δεδομένα Φάση I και στη συνέχεια επικυρώνοντάς τα με δεδομένα που συλλέγονται σε μεταγενέστερο χρόνο Φάση II. Οι φάσεις πιστοποίησης (Φάση I) αφορούσαν τη χρήση 23 σημείων δεδομένων, ενώ η φάση πλήρους λειτουργίας (Φάση II) βασίστηκε σε 40 σημεία δεδομένων για το SSC%, pH και την σκληρότητα ενώ για τα βάρη στην Φάση I θα έχουμε 43 δείγματα και 57 για την Φάση II.

Ο στόχος αυτής της εργασίας είναι να δούμε εάν τα προϊόντα κατασκευάζονται σωστά σύμφωνα με ορισμένα πρότυπα, κανόνες και μετρήσεις. Τέλος θα γίνει χρήση της στατιστικής μεθόδου ανάλυσης ικανότητας για να αξιολογήσουμε την ικανότητα του συστήματος παραγωγής ή διαδικασίας να παράγει προϊόντα ή υπηρεσίες που πληρούν συγκεκριμένες προδιαγραφές. Κατά την ανάλυση ικανότητας, ελέγχονται οι διάφοροι παράγοντες της διαδικασίας παραγωγής προκειμένου να διαπιστωθεί αν η διαδικασία είναι ικανή να παράγει προϊόντα που πληρούν τις προδιαγραφές.

6.1 Στατιστική ανάλυση του ποιοτικού χαρακτηριστικού: καθαρού βάρους μισόκαρπων

6.1.1 Μελέτη φάσης I καθαρού βάρους μισόκαρπων

Προκειμένου να επιτευχθεί η πιο ακριβής εκτίμηση των παραμέτρων και να εξετάσουμε την κανονικότητα θα χρησιμοποιήσουμε τα ιστορικά δεδομένα των 43 πρώτων δειγμάτων μετρήσεων της αναδρομικής φάσης I του χαρακτηριστικού που μελετάται.

Ο Πίνακας 6.1 παρουσιάζει τις μετρήσεις καθαρού βάρους συσκευασίας κονσέρβας του κιλού μισόκαρπων που καταγράφηκαν στον συνεταιρισμό κομποστοποίησης ροδάκινων, οργανωμένες χρονολογικά κατά ημερομηνία και ώρα.

ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΦΑΣΗ I								
A/A	Ημερομηνία - ώρα	1.Καθ βάρος (gr)	2.Καθ βάρος (gr)	3.Καθ βάρος (gr)	4.Καθ βάρος (gr)	5.Καθ βάρος (gr)	6.Καθ βάρος (gr)	7.Καθ βάρος (gr)
1	7/8/23-06:00	875	875	877	873	873	871	870
2	7/8/23-06:30	870	875	870	878	869	871	869
3	7/8/23-07:00	877	869	875	870	878	869	874
4	7/8/23-07:30	876	875	870	873	871	876	876
5	7/8/23-08:00	873	868	871	871	868	868	867
6	7/8/23-08:30	877	872	875	879	870	874	870
7	7/8/23-09:00	870	873	874	872	879	872	869
8	7/8/23-09:30	876	865	869	865	864	876	861
9	7/8/23-11:00	877	862	868	876	873	873	865
10	7/8/23-11:30	859	867	870	865	865	873	871
11	7/8/23-12:00	866	866	872	869	858	877	867
12	7/8/23-12:30	874	870	875	865	867	860	868
13	7/8/23-13:00	878	868	865	855	856	873	864
14	7/8/23-13:30	867	866	870	869	868	867	874
15	7/8/23-14:30	868	872	869	872	870	876	877
16	7/8/23-15:00	870	876	873	875	874	873	874
17	7/8/23-15:30	870	860	859	870	869	872	876
18	7/8/23-16:00	871	876	870	868	872	876	874
19	7/8/23-16:30	870	871	868	870	874	873	874
20	7/8/23-17:00	867	870	869	871	867	858	871
21	7/8/23-17:30	875	871	876	875	877	867	866
22	7/8/23-18:30	877	878	880	878	877	878	876
23	7/8/23-19:00	878	877	871	872	869	877	864
24	7/8/23-19:30	876	865	869	865	864	876	861
25	7/8/23-20:00	871	869	866	870	871	866	869

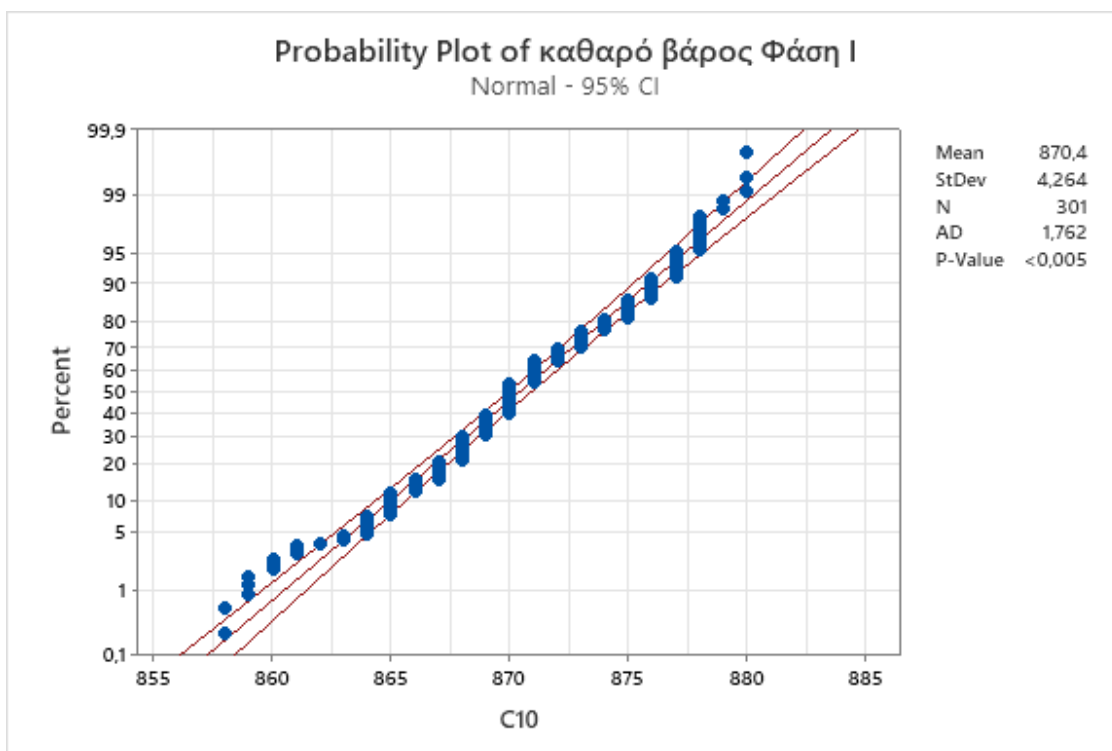
ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΦΑΣΗ Ι								
A/A	Ημερομηνία - ώρα	1.Καθ βάρος (gr)	2.Καθ βάρος (gr)	3.Καθ βάρος (gr)	4.Καθ βάρος (gr)	5.Καθ βάρος (gr)	6.Καθ βάρος (gr)	7.Καθ βάρος (gr)
26	7/8/23-20:30	875	871	872	872	870	872	878
27	7/8/23-21:00	880	871	873	872	873	859	875
28	7/8/23-21:30	865	864	873	863	872	873	869
29	7/8/23-22:00	873	867	868	870	873	874	870
30	7/8/23-22:30	870	865	870	871	868	871	871
31	7/8/23-23:00	864	867	866	868	866	848	867
32	7/8/23-23:30	877	863	871	868	864	870	869
33	8/8/23-00:00	867	865	868	870	868	871	868
34	8/8/23-00:30	875	871	861	864	867	865	867
35	8/8/23-01:00	869	870	868	870	868	869	867
36	8/8/23-01:30	870	875	870	878	869	871	869
37	8/8/23-02:30	873	868	871	871	868	868	867
38	8/8/23-03:00	869	870	871	867	870	868	868
39	8/8/23-03:30	873	873	870	874	875	872	870
40	8/8/23-04:00	870	869	870	875	869	869	871
41	8/8/23-04:30	870	869	870	880	868	870	868
42	8/8/23-05:00	871	869	866	870	868	868	871
43	8/8/23-05:30	871	869	870	871	869	870	872

Πίνακας 6.1 Μετρήσεις καθαρού βάρους Φάση Ι

Αρχικά, θα διεξαχθεί αξιολόγηση της κανονικότητας των δεδομένων, χρησιμοποιώντας το διαγραμμα κανονικής πιθανότητας ως το καταλληλότερο γραφικό εργαλείο για το σκοπό αυτό. (Normal Probability Plot).

Η κατασκευή του έγινε μέσω Minitab με τις ακόλουθες εντολές:

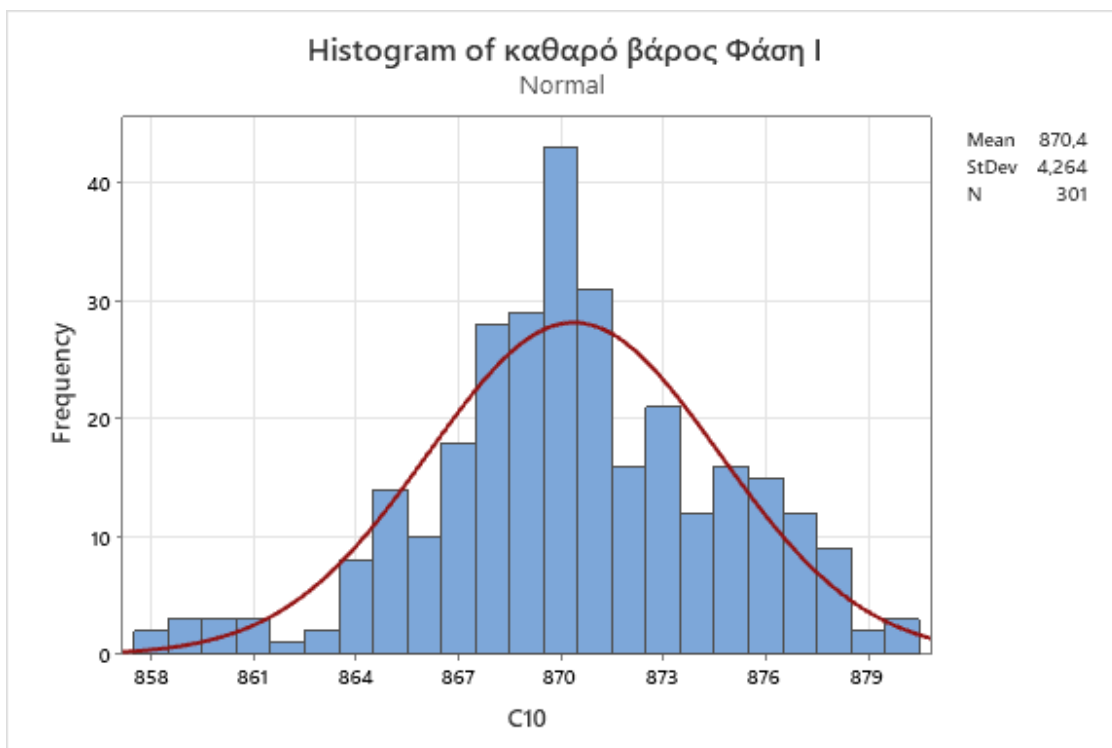
Graph → Probability Plot → Single



Διάγραμμα 6.1 Έλεγχος κανονικότητας καθαρού βάρους – Φάση I

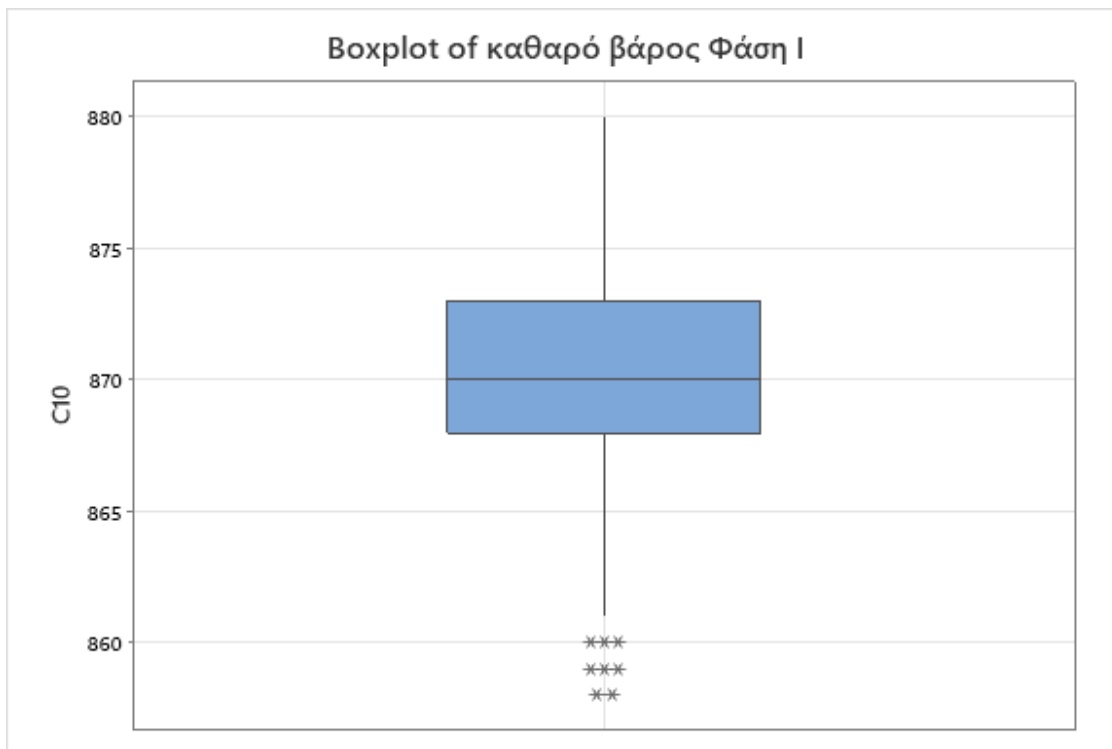
Το διάγραμμα 6.1 με βάση την λαμβανόμενη τιμή $P\text{-value}=0,005$, η οποία είναι μικρότερη από το προκαθορισμένο επίπεδο σημαντικότητας $0,05$, μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι δείχνει ότι τα δεδομένα δεν συμμορφώνονται με το αναμενόμενο πρότυπο μιας κανονικής κατανομής. Γίνεται προφανές ότι υπάρχει ένα σύνολο δεδομένων που βρίσκονται πέρα από τα όρια που οριοθετούν την τήρηση του κανονικού μοντέλου. Η ανάλυση του ελέγχου Anderson-Darling μας αποδίδει μια τιμή $p\text{-value} < 0,005$, η οποία είναι κατά πολύ μικρότερη από το προκαθορισμένο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$. Κατά συνέπεια, δεν αποδεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση ότι η κατανομή του πληθυσμού που βασίζεται στα δεδομένα είναι πράγματι κανονική.

Η ανάπτυξη ενός ιστογράμματος και ενός θηκογράμματος μας δίνει τη δυνατότητα να εκτιμήσουμε τη φύση της κατανομής των δεδομένων. *Graph → Histogram → With Fit* και *Graph → Box Plot → Simple*



Διάγραμμα 6.2 Ιστογράμμα καθαρού βάρους– Φάση I

Το σχήμα του ιστογράμματος μας παρέχει εικόνα για την ασυμμετρία της κατανομής, όπως αποδεικνύεται η μη κανονικότητα των δεδομένων που επιβεβαιώνεται από το διάγραμμα πιθανοτήτων στο διάγραμμα 6.1. Η χρησιμότητα του Κεντρικού Οριακού Θεωρήματος τεκμηριώνεται από την ικανότητά του να επιτρέπει τον κατά προσέγγιση προσδιορισμό του τύπου κατανομής σε μεγάλο αριθμό μετρήσεων, ακόμη και αν δεν υπάρχει γνώση για την κατανομή του πληθυσμού. Αυτό επιτρέπει την εφαρμογή κατάλληλων τεχνικών Στατιστικού Ελέγχου, ακόμη και όταν η κατανομή του πληθυσμού αποκλίνει σημαντικά από την Κανονική Κατανομή.



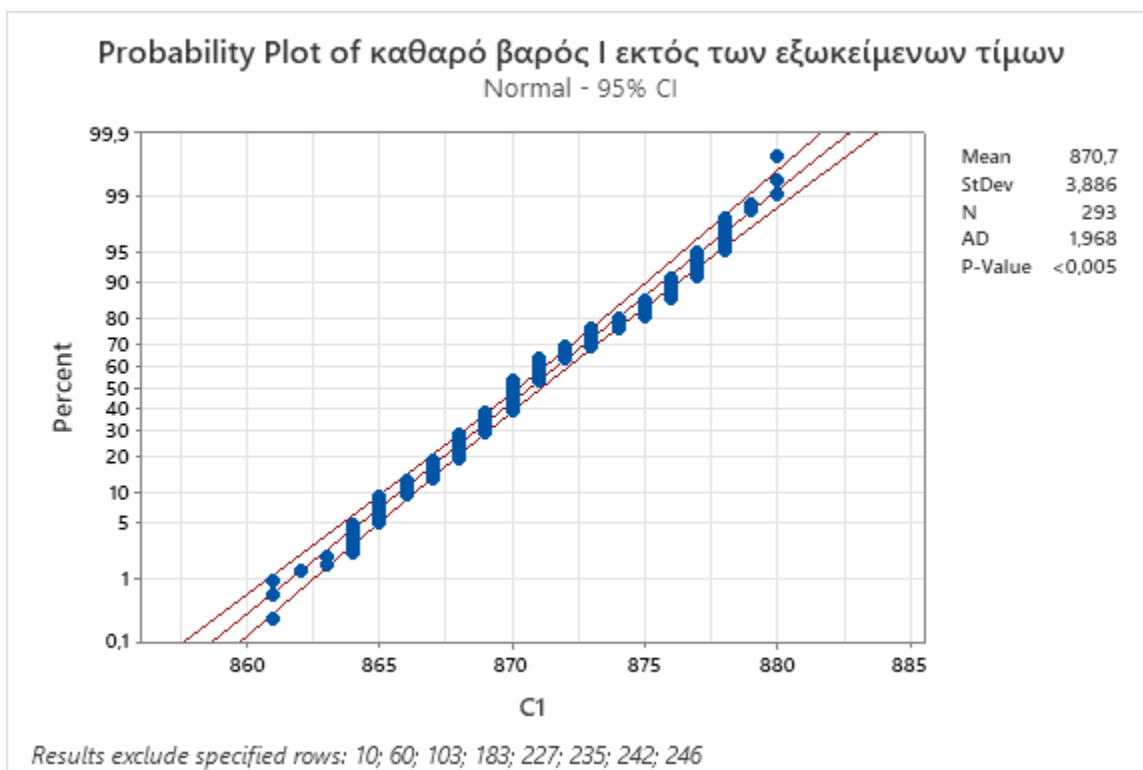
Διάγραμμα 6.3 Θηκόγραμμα καθαρού βάρους – Φάση I

Η ανάλυση του θηκογράμματος μας αποκαλύπτει οχτώ εξωκείμενικες τιμές που μπορούν να εντοπιστούν: A/A 60,227,246 με τιμή 860 και A/A 10,103,242 με τιμή 859 και A/A 183,235 με τιμή 858. Αυτές οι τιμές έχουν τη δυνατότητα να επηρεάσουν τη στατιστική αναπαράσταση της διαδικασίας, παρά το γεγονός ότι αξιολογούνται μέσω διαγραμμάτων μέσης τιμής, καθώς μπορεί να έχουν ουσιαστικό αντίκτυπο στη μέση τιμή των αντίστοιχων δειγμάτων.

Αφαιρώντας τις εξωκείμενες τιμές και χρησιμοποιώντας το διαγραμμα κανονικής πιθανότητας (Normal Probability Plot) ακολουθώντας τις εντολές:

Graph → Probability Plot → Single

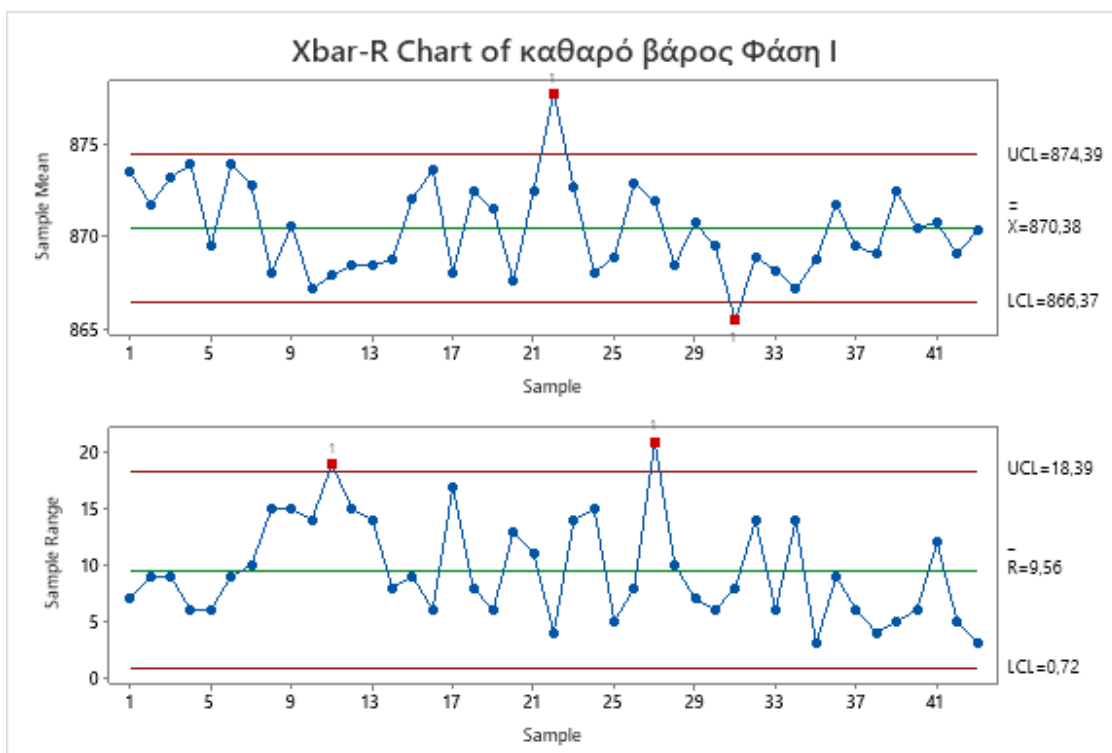
θα έχουμε το παρακάτω διάγραμμα ελέγχου κανονικότητας:



Διάγραμμα 6.4 Έλεγχος κανονικότητας καθαρού βάρους – Φάση I εκτός εξ. τιμών

Και στο διάγραμμα 6,4 υπάρχει ένα σύνολο δεδομένων που βρίσκονται πέρα από τα όρια που οριοθετούν την τήρηση του κανονικού μοντέλου. Η ανάλυση του ελέγχου Anderson-Darling μας αποδίδει μια τιμή $p - value < 0,005$, η οποία είναι κατά πολύ μικρότερη από το προκαθορισμένο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$. Κατά συνέπεια, δεν αποδεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση ότι η κατανομή του πληθυσμού που βασίζεται στα δεδομένα είναι πράγματι κανονική.

Για την κατασκευή του διαγράμματος ελέγχου μέσου $\bar{X} - R$ στο Minitab ακολουθούμε τα εξής βήματα: *Stat* → *Control Charts* → *Variable Charts for Subgroups* → *Xbar - R*. και επιλογή *Observations for a subgroup are in one row of columns* και στο πεδίο *X - bar options, Parameters* → *Estimate* → *Rbar* Το ζητούμενο ΔΕ δίνεται ακολούθως:



Διάγραμμα 6.5 ΔΕ Xbar-R καθαρού βάρους– Φάση I

Test Results for Xbar Chart of C1; ...; C7

TEST 1. One point more than 3,00 standard deviations from center line.
Test Failed at points: 22; 31

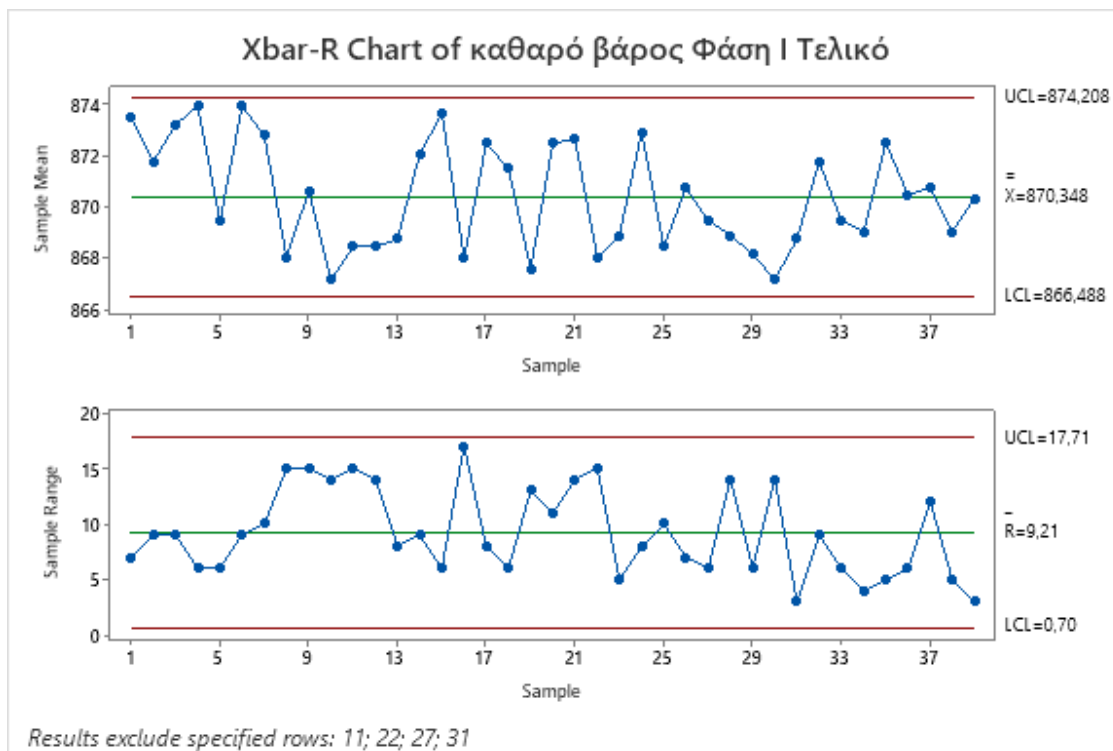
Test Results for R Chart of C1; ...; C7

TEST 1. One point more than 3,00 standard deviations from center line.
Test Failed at points: 11; 27

Η γραφική αναπαράσταση 6.5 απεικονίζει ξεκάθαρα την παρουσία μιας ακολουθίας σημείων δεδομένων που βρίσκονται εκτός των καθορισμένων ορίων ελέγχου. Συγκεκριμένα, η στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε δείχνει ότι τα σημεία 22 και 31 στο διάγραμμα μέσου ορού και τα σημεία 11 και 27 κινούνται πάνω από τρεις τυπικές αποκλίσεις από την κεντρική γραμμή.

Εάν υποθεθεί ότι τα δείγματα 11, 22, 27 και 31 συλλέχθηκαν υπό διαφορετικές συνθήκες και επομένως είναι διαφορετικής ποιότητας σε σύγκριση με τα υπόλοιπα σημεία των δεδομένων, πιθανόν λόγω της προσωρινής επίδρασης ενός εξωτερικού παράγοντα στη διαδικασία, μπορεί να εξαιρεθούν από την ανάλυση στο προκειμένου να προχωρήσει η

εξέταση του υπόλοιπου συνόλου δεδομένων. Η διαδικασία δημιουργίας του διαγράμματος ελέγχου μέσου \bar{X} - R επαναλαμβάνεται χρησιμοποιώντας τα ενημερωμένα δεδομένα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 6.6



Διάγραμμα 6.6 ΔΕ Xbar-R καθαρού βάρους– Φάση I τελική

Με βάση τις πληροφορίες που παρουσιάζονται στο διάγραμμα 6.6, η αφαίρεση των ακραίων τιμών έφερε σε επιτυχία τον στατιστικό έλεγχο της διαδικασίας. Όλα τα σημεία των δεδομένων εμπίπτουν στα καθορισμένα όρια, υποδεικνύοντας ότι η διαδικασία είναι εντός στατιστικού ελέγχου. Με την ολοκλήρωση της φάσης I έχουμε τα εξής όρια ελέγχου του διαγράμματος Xbar-R για την μελέτη Φάσης II θα είναι:

- Για το διάγραμμα Xbar τα ΟΕ είναι:

$$ΑΟΕ=874,21$$

$$ΚΓ=870,35$$

$$ΚΟΕ=866,49$$

- Για το διάγραμμα R τα ΟΕ είναι:

ΑΟΕ=17,71

ΚΓ=9,21

ΚΟΕ=0,7

Επίσης θα λάβουμε και τις τελικές τιμές απο τις εντολές του Minitab:

Stat → Basic Statistics → Display Descriptive Statistics

για την δειγματική μέση τιμή και τυπική απόκλιση οι οποίες έχουν τιμή: $\bar{X} = 870,38$ και $\bar{s} = 4,26$

Statistics

Variable	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
C10	301	0	870,38	0,246	4,26	858,00	868,00	870,00	873,00	880,00

6.1.2 Μελέτη φάσης II καθαρού βάρους μισόκαρπων

Στη συνέχεια, κατά τη φάση II της διαδικασίας επαλήθευσης, επαναλαμβάνουμε την κατασκευή ενός διαγράμματος ελέγχου μέσου $\bar{X} - R$ στα επόμενα 57 δείγματα μετρήσεων. Αυτό γίνεται για να επιβεβαιωθεί εάν η διαδικασία που πιστοποιήθηκε κατά τη Φάση I συνεχίζει να πληροί τα απαιτούμενα πρότυπα.

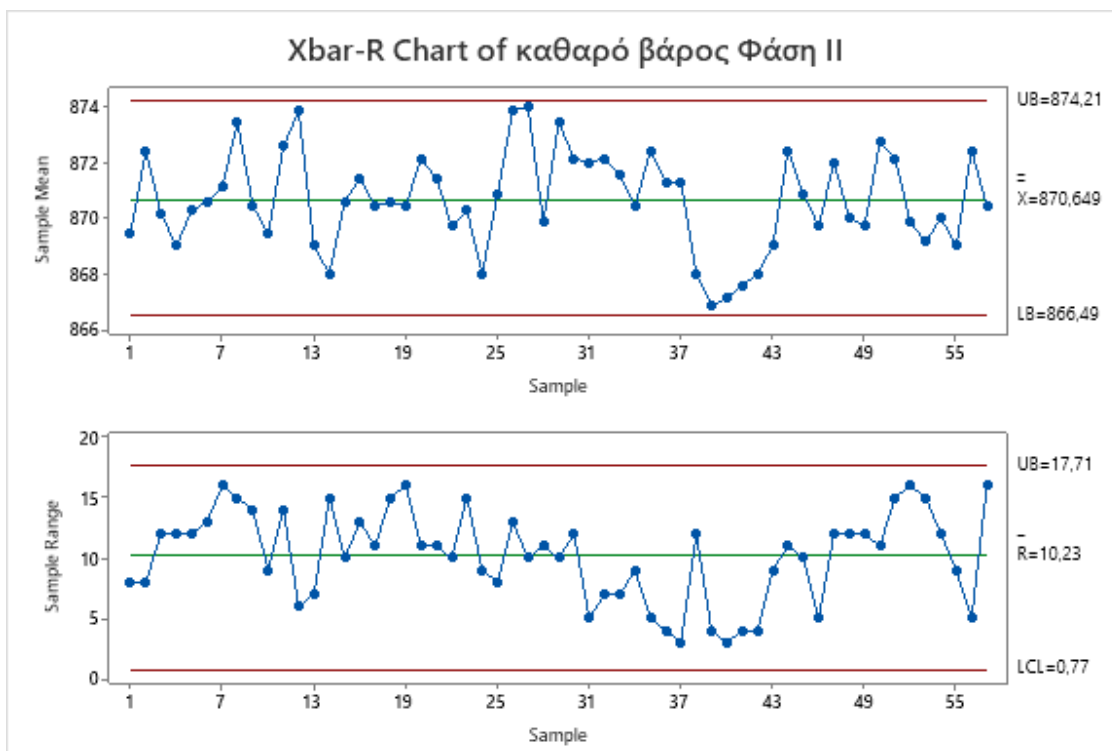
ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΦΑΣΗ II								
A/A	Ημερομηνία - ώρα	1.Καθ βάρος (gr)	2.Καθ βάρος (gr)	3.Καθ βάρος (gr)	4.Καθ βάρος (gr)	5.Καθ βάρος (gr)	6.Καθ βάρος (gr)	7.Καθ βάρος (gr)
1	8/8/23-06:00	874	870	869	866	868	870	869
2	8/8/23-06:30	870	870	875	873	868	876	875
3	8/8/23-07:00	876	871	875	866	864	867	872
4	8/8/23-07:30	862	869	871	874	865	871	871
5	8/8/23-08:00	865	869	875	875	863	872	873
6	8/8/23-08:30	871	864	869	865	875	873	877
7	8/8/23-09:00	872	875	876	868	860	873	874
8	8/8/23-09:30	873	873	876	880	872	865	875
9	8/8/23-11:00	874	873	877	863	871	865	870
10	8/8/23-11:30	873	872	870	869	864	871	867
11	8/8/23-12:00	879	873	872	865	874	875	870
12	8/8/23-12:30	873	873	876	877	871	872	875
13	8/8/23-13:00	872	869	869	871	872	865	865
14	8/8/23-13:30	862	866	861	873	869	869	876

ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΦΑΣΗ II								
A/A	Ημερομηνία - ώρα	1.Καθ βάρος (gr)	2.Καθ βάρος (gr)	3.Καθ βάρος (gr)	4.Καθ βάρος (gr)	5.Καθ βάρος (gr)	6.Καθ βάρος (gr)	7.Καθ βάρος (gr)
15	8/8/23-14:00	871	872	875	866	865	872	873
16	8/8/23-14:30	879	869	869	876	867	874	866
17	8/8/23-15:00	866	865	876	867	874	873	872
18	8/8/23-15:30	866	863	873	875	878	870	869
19	8/8/23-16:00	876	877	868	861	870	874	867
20	8/8/23-16:30	878	867	876	878	870	867	869
21	8/8/23-17:00	872	871	867	876	877	871	866
22	8/8/23-17:30	871	865	866	867	870	875	874
23	8/8/23-18:30	873	870	873	867	863	868	878
24	8/8/23-19:00	867	871	872	868	865	863	870
25	8/8/23-19:30	875	867	868	869	874	868	875
26	8/8/23-20:00	876	875	874	879	878	869	866
27	8/8/23-21:00	871	878	879	873	869	875	873
28	8/8/23-21:30	871	865	864	875	874	869	871
29	8/8/23-22:00	876	872	879	874	869	870	874
30	8/8/23-22:30	868	874	873	877	877	865	871
31	8/8/23-23:00	870	871	875	871	873	871	873
32	8/8/23-23:30	877	870	874	870	870	873	871
33	9/8/23-00:00	877	870	873	870	870	871	870
34	9/8/23-00:30	871	870	871	874	865	870	872
35	9/8/23-01:00	871	875	872	874	870	872	873
36	9/8/23-01:30	873	870	874	870	871	870	871
37	9/8/23-02:00	871	870	871	873	870	873	871
38	9/8/23-03:00	875	867	863	869	866	866	870
39	9/8/23-03:30	866	866	867	866	867	870	866
40	9/8/23-04:00	868	869	866	868	866	867	866
41	9/8/23-04:30	867	870	867	868	866	867	868
42	9/8/23-05:00	867	870	869	870	866	867	867
43	9/8/23-05:30	867	870	867	866	867	871	875
44	9/8/23-06:00	869	873	873	875	867	872	878
45	9/8/23-06:30	869	868	869	873	873	877	867
46	9/8/23-07:00	871	868	870	872	872	867	868
47	9/8/23-07:30	871	871	866	872	874	872	878
48	9/8/23-08:00	866	869	870	870	873	865	877
49	9/8/23-08:30	867	865	872	868	873	877	866
50	9/8/23-09:00	870	876	878	867	874	873	871
51	9/8/23-09:30	865	880	865	872	871	875	877
52	9/8/23-10:30	867	874	863	879	870	871	865
53	9/8/23-11:00	860	875	873	869	866	870	871

ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΦΑΣΗ II								
A/A	Ημερομηνία - ώρα	1.Καθ βάρος (gr)	2.Καθ βάρος (gr)	3.Καθ βάρος (gr)	4.Καθ βάρος (gr)	5.Καθ βάρος (gr)	6.Καθ βάρος (gr)	7.Καθ βάρος (gr)
54	9/8/23-11:30	866	869	870	870	873	865	877
55	9/8/23-12:00	867	870	867	866	867	871	875
56	9/8/23-12:30	871	875	872	874	870	872	873
57	9/8/23-13:00	876	877	868	861	870	874	867

Πίνακας 6.2 Μετρήσεις Καθαρού βάρους Φάση II

Για την κατασκευή του διαγράμματος ελέγχου μέσου $\bar{X} - R$ στο Minitab ακολουθούμε τα εξής βήματα: *Stat* → *Control Charts* → *Variable Charts for Subgroups* → *Xbar - R*. και επιλογή *Observations for a subgroup are in one row of columns* και στο πεδίο *Limits* → *Place bounds on control limits of X bar chart* και *R chart*, καταχωρούμε των παραπάνω όρια ελέγχου της τελικής φάσης I. Επομένως θα έχουμε το παρακάτω διάγραμμα ελέγχου:

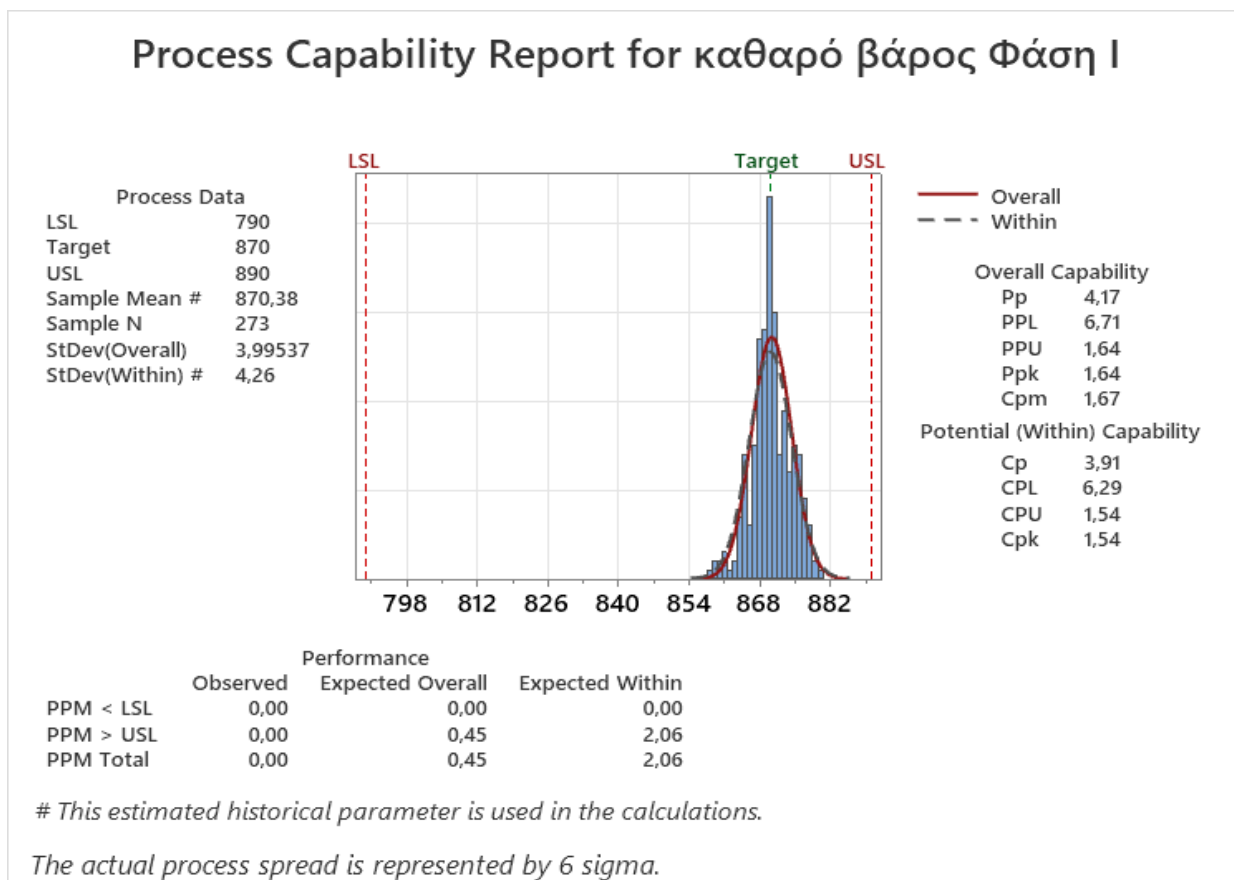


Διάγραμμα 6.7 ΔΕ I-MR καθαρού βάρους- Φάση II

Κατά τη διάρκεια της πλήρους φάσης λειτουργίας, προσδιορίζεται ότι το σύστημα έχει επιτύχει σταθερότητα και παραμένει εντός στατιστικού ελέγχου. Δεν παρατηρούνται αποκλίσεις από τις αναμενόμενες τιμές και δεν υπάρχει ένδειξη οποιουδήποτε ευδιάκριτου μοτίβου.

6.1.3 Ανάλυση ικανότητας διεργασίας

Για την ανάλυση ικανότητας διαδικασίας, θα βασιστούμε στα δεδομένα από τη Φάση Ι. Θα ακολουθήσουμε την εξής διαδικασία: *Stat* → *Quality Tools* → *Capability Analysis* → *Normal* → *ok* με καταχώρηση των στηλών των τιμών βάρους των δειγμάτων, στο πεδίο *Estimate* → *Methods of estimating within subgroups standard deviations* → *Rbar*, η τιμή στόχος στο πεδίο *Options* → *Target* = 870 gr, τα κάτω και άνω όρια των προδιαγραφών καθαρού βάρους συσκευασίας κιλού στο πεδίο *Lower Spec* = 790 gr και *Upper Spec* = 890 gr αντίστοιχα.



Διάγραμμα 6.8 Ανάλυση Ικανότητας Διεργασίας καθαρού βάρους – Φάση Ι

Η εξέταση των προαναφερθέντων δεδομένων του διαγράμματος 6.8 δείχνει ότι η διαδικασία αυτή τη στιγμή επιτυγχάνει να δημιουργήσει προϊόντα που πληρούν τις απαιτούμενες προδιαγραφές. Παρατηρήσαμε ότι η τιμή του δείκτη δυνατότητας διεργασίας $Cp = 3,91 > 1,33$ είναι εξαιρετική. Όσον αφορά τους δείκτες για την τρέχουσα ικανότητα της διεργασίας η τιμή του δείκτη $Cpk = \min\{Cpl, Cpu\} = 1,54$ είναι μεγαλύτερη από την ελάχιστη αποδεκτή τιμή του 1,5, ο δείκτης $Cpu = 1,54$ είναι λίγο παραπάνω από τον δείκτη $Cpl = 6,29$. Αυτό δείχνει ότι η διαδικασία είναι εξαιρετική στην παραγωγή μονάδων που πληρούν το κατώτερο όριο προδιαγραφών αλλά και το ως προς το ανώτερο όριο. Η Επίδοση Διεργασίας (ΕΔ) θα είναι: $ED = 3Cpk + 1,5 = 3 \times 1,54 + 1,5 = 6,12$, τιμή πάνω από 6σ, επομένως έχει επιτευχθεί η απόδοση 6σ, που θεωρείται η επιθυμητή. Η πιθανότητα να παράγει προϊόντα ελαττωματικά προς τα κάτω ανά εκατομμύριο $PPM > LSL$ ισούνται με 0,00 ενώ για ελαττωματικά προς τα πάνω ανά εκατομμύριο $PPM > USL$ ισούνται με 2,06 δηλαδή η διεργασία έχει μεν ποσοστό ελαττωματικών 0,000206 % που είναι μικρότερη από την τιμή $PPM=3,4$, για την οποία έχει παρατηρηθεί ότι έχουμε απόδοση 6σ. Προκειμένου να βελτιώσει τη διαδικασία, η εταιρία θα μπορούσε να διεξάγει πειράματα αλλάζοντας τα όρια των προδιαγραφών. Αυτό θα μπορούσε να συνεπάγεται τη θέσπιση ενός στενότερου εύρους με την χρήση συγκεκριμένης διαμέτρου και αριθμού μισόκαρπων στον περιέκτη και στη συνέχεια να γίνει επανεκτίμηση των δεικτών που προκύπτουν.

6.2 Στατιστική ανάλυση του ποιοτικού χαρακτηριστικού: Στραγγιστού βάρους μισόκαρπων

6.2.1 Μελέτη φάσης I στραγγιστού βάρους μισόκαρπων

Προκειμένου να επιτευχθεί η πιο ακριβής εκτίμηση των παραμέτρων και να εξετάσουμε την κανονικότητα θα χρησιμοποιήσουμε τα ιστορικά δεδομένα των 43 πρώτων δειγμάτων μετρήσεων της αναδρομικής φάσης I του χαρακτηριστικού που μελετάται.

Ο Πίνακας 6.3 παρουσιάζει τις μετρήσεις στραγγιστού βάρους της συσκευασίας κονσέρβας του κιλού μισόκαρπων που καταγράφηκαν στον συνεταιρισμό κομποστοποίησης ροδάκινων, οργανωμένες χρονολογικά κατά ημερομηνία και ώρα.

ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΦΑΣΗ Ι								
A/A	Ημερομηνία - ώρα	1.Στραγ βάρος (gr)	2.Στραγ βάρος (gr)	3.Στραγ βάρος (gr)	4.Στραγ βάρος (gr)	5.Στραγ βάρος (gr)	6.Στραγ βάρος (gr)	7.Στραγ βάρος (gr)
1	7/8/23-06:00	492	478	488	487	483	481	478
2	7/8/23-06:30	495	510	481	499	491	479	478
3	7/8/23-07:00	491	483	493	493	481	478	485
4	7/8/23-07:30	491	499	476	487	489	484	478
5	7/8/23-08:00	474	477	483	475	480	510	481
6	7/8/23-08:30	490	494	490	486	483	484	484
7	7/8/23-09:00	495	476	479	488	482	477	487
8	7/8/23-09:30	484	493	485	492	484	492	476
9	7/8/23-11:00	498	500	489	489	487	510	488
10	7/8/23-11:30	486	491	483	477	480	477	476
11	7/8/23-12:00	489	487	490	496	489	477	486
12	7/8/23-12:30	490	520	487	500	483	491	485
13	7/8/23-13:00	477	486	486	496	491	477	492
14	7/8/23-13:30	476	488	480	487	487	487	481
15	7/8/23-14:30	500	501	498	508	502	503	488
16	7/8/23-15:00	508	485	481	506	482	515	499
17	7/8/23-15:30	492	481	508	483	510	483	485
18	7/8/23-16:00	503	481	503	500	505	499	501
19	7/8/23-16:30	503	505	506	488	485	482	495
20	7/8/23-17:00	501	518	511	523	487	508	505
21	7/8/23-17:30	490	494	486	480	502	489	481
22	7/8/23-18:30	499	502	501	503	484	487	498
23	7/8/23-19:00	497	491	481	506	508	496	495
24	7/8/23-19:30	505	482	496	511	480	490	517
25	7/8/23-20:00	476	481	477	517	480	496	482
26	7/8/23-20:30	525	478	482	499	489	500	481
27	7/8/23-21:00	514	507	522	503	506	513	527
28	7/8/23-21:30	478	490	500	503	507	478	520
29	7/8/23-22:00	484	496	493	481	512	483	508
30	7/8/23-22:30	488	485	478	478	488	476	485
31	7/8/23-23:00	500	482	477	477	485	507	484
32	7/8/23-23:30	501	478	484	483	475	485	487
33	8/8/23-00:00	487	477	482	512	493	487	482
34	8/8/23-00:30	491	509	503	488	493	492	489
35	8/8/23-01:00	505	484	490	487	480	494	475
36	8/8/23-01:30	487	482	484	476	481	478	500
37	8/8/23-02:30	495	478	496	477	497	486	488
38	8/8/23-03:00	486	480	483	479	506	481	490
39	8/8/23-03:30	508	488	499	483	498	502	495

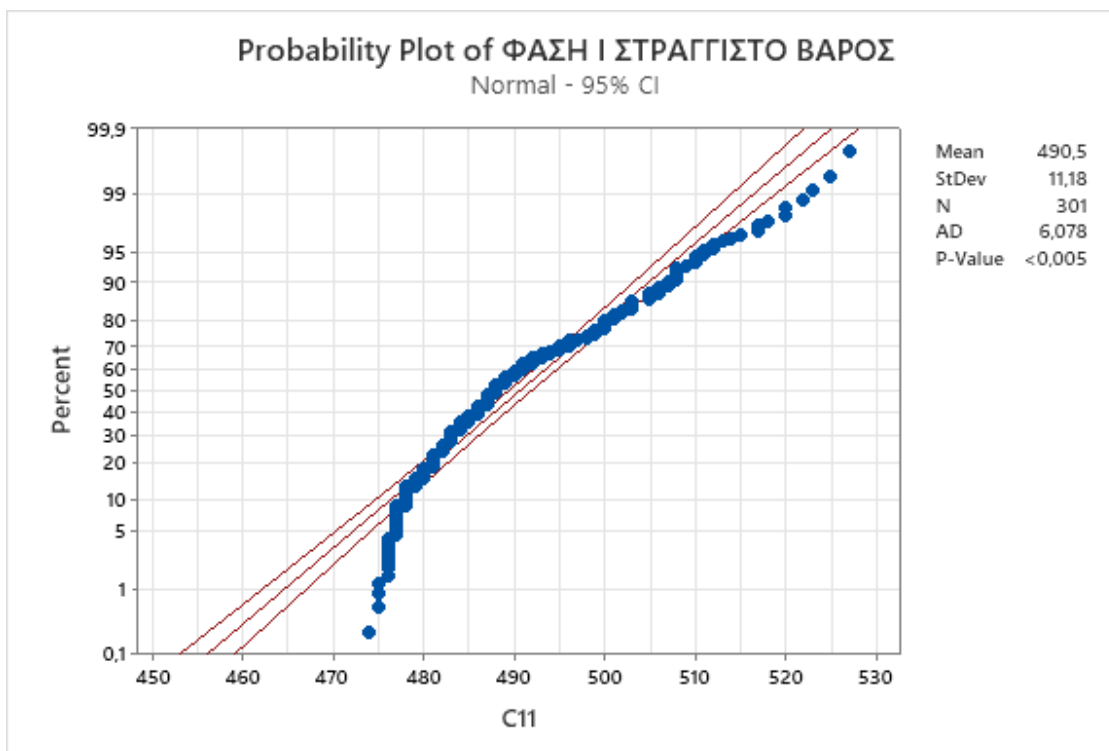
ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΦΑΣΗ Ι								
A/A	Ημερομηνία - ώρα	1.Στραγ βάρος (gr)	2.Στραγ βάρος (gr)	3.Στραγ βάρος (gr)	4.Στραγ βάρος (gr)	5.Στραγ βάρος (gr)	6.Στραγ βάρος (gr)	7.Στραγ βάρος (gr)
40	8/8/23-04:00	489	486	508	486	488	491	482
41	8/8/23-04:30	486	492	500	487	477	481	480
42	8/8/23-05:00	488	479	489	480	476	488	483
43	8/8/23-05:30	500	477	486	483	479	486	479

Πίνακας 6.3 Μετρήσεις στραγγιστού βάρους Φάση Ι

θα διεξαχθεί αξιολόγηση της κανονικότητας των δεδομένων, χρησιμοποιώντας το διαγραμμα κανονικής πιθανότητας ως το καταλληλότερο γραφικό εργαλείο για το σκοπό αυτό. (Normal Probability Plot).

Η κατασκευή του έγινε μέσω Minitab με τις ακόλουθες εντολές:

Graph → Probability Plot → Single



Διάγραμμα 6.9 Έλεγχος κανονικότητας στραγγιστού Βάρους-Φάση Ι

Το διάγραμμα 6.9 με βάση την λαμβανόμενη τιμή $P\text{-value}=0,005$, η οποία είναι μικρότερη από το προκαθορισμένο επίπεδο σημαντικότητας 0,05, μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα

ότι δείχνει ότι τα δεδομένα δεν συμμορφώνονται με το αναμενόμενο πρότυπο μιας κανονικής κατανομής. Γίνεται προφανές ότι υπάρχει ένα σύνολο δεδομένων που βρίσκονται πέρα από τα όρια που οριοθετούν την τήρηση του κανονικού μοντέλου. Η ανάλυση του ελέγχου Anderson-Darling μας αποδίδει μια τιμή $p\text{-value} < 0,005$, η οποία είναι κατά πολύ μικρότερη από το προκαθορισμένο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha = 0,05$. Κατά συνέπεια, δεν αποδεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση ότι η κατανομή του πληθυσμού που βασίζεται στα δεδομένα είναι πράγματι κανονική.

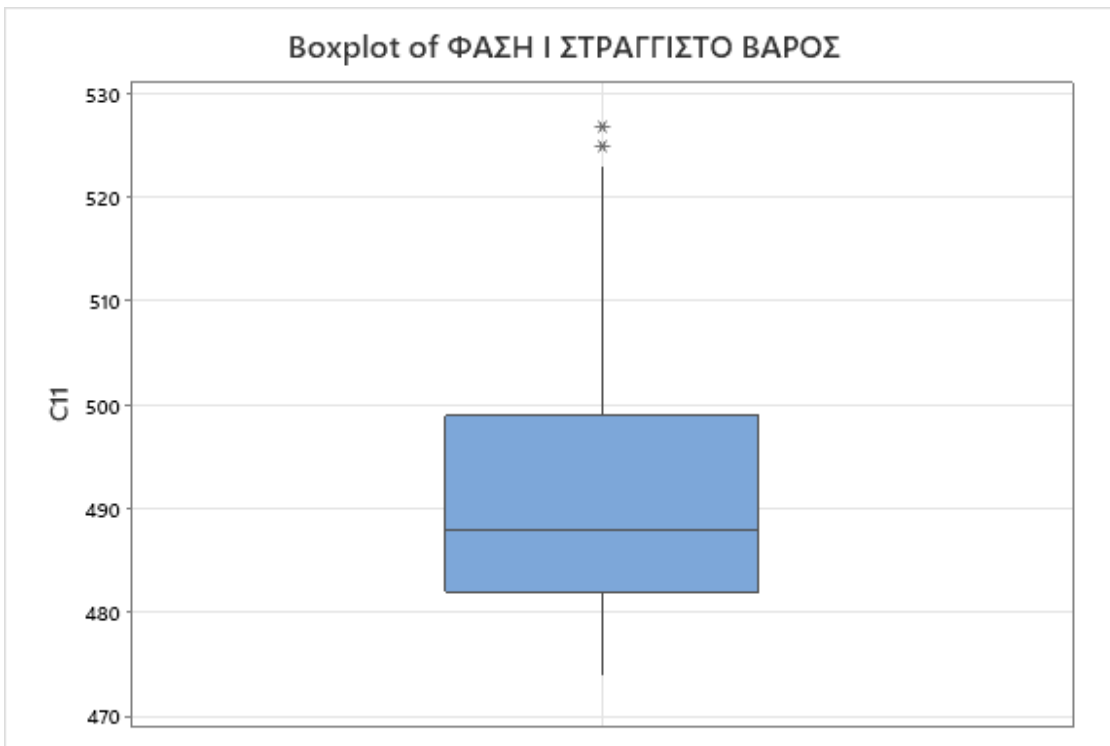
Η ανάπτυξη ενός ιστογράμματος και ενός θηκογράμματος μας δίνει τη δυνατότητα να εκτιμήσουμε τη φύση της κατανομής των δεδομένων. *Graph → Histogram → With Fit* και *Graph → Box Plot → Simple*



Διάγραμμα 6.10 Ιστογράμμα Στραγγιστού βάρους– Φάση Ι

Το σχήμα του ιστογράμματος 6.10 μας παρέχει εικόνα για την ασυμμετρία της κατανομής, όπως αποδεικνύεται η μη κανονικότητα των δεδομένων που επιβεβαιώνεται από το διάγραμμα πιθανοτήτων στο διάγραμμα 6.9. Η χρησιμότητα του Κεντρικού Οριακού

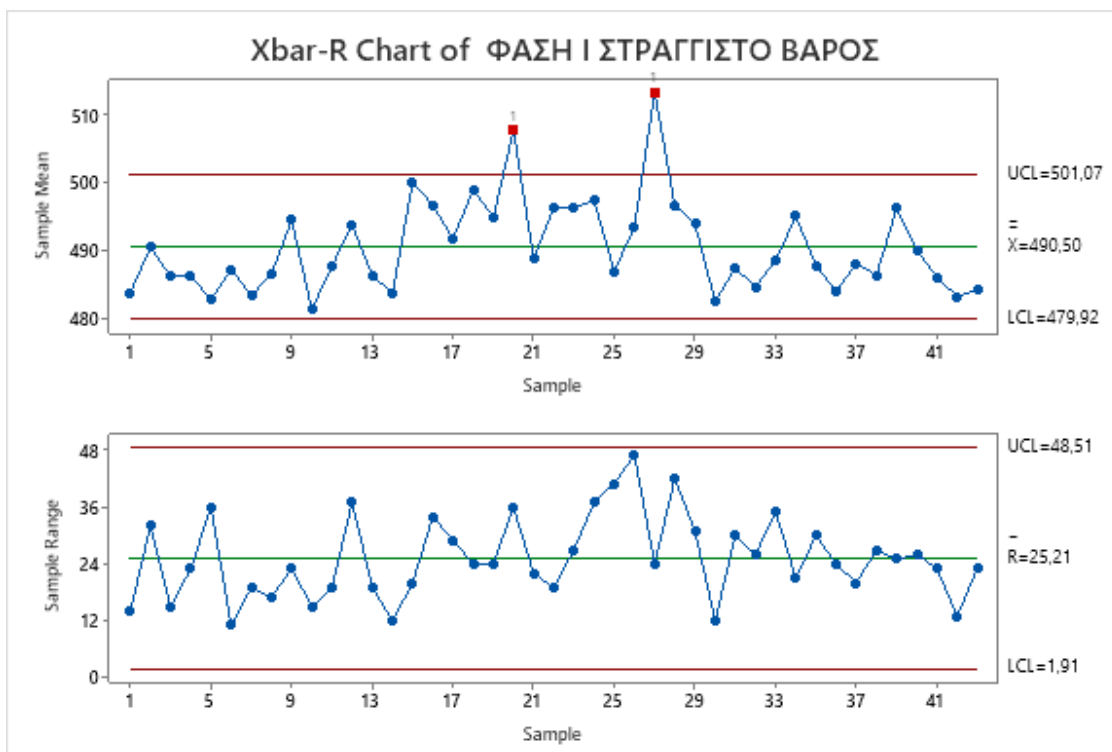
Θεωρήματος τεκμηριώνεται από την ικανότητά του να επιτρέπει τον κατά προσέγγιση προσδιορισμό του τύπου κατανομής σε μεγάλο αριθμό μετρήσεων, ακόμη και αν δεν υπάρχει γνώση για την κατανομή του πληθυσμού. Αυτό επιτρέπει την εφαρμογή κατάλληλων τεχνικών Στατιστικού Ελέγχου, ακόμη και όταν η κατανομή του πληθυσμού αποκλίνει σημαντικά από την Κανονική Κατανομή.



Διάγραμμα 6.11 Θηκόγραμμα Στραγγιστού βάρους –Φάση Ι

Η ανάλυση του θηκογραμματος μας αποκαλύπτει δυο εξωκείμενικες τιμές που μπορούν να εντοπιστούν: A/A 26, τιμή 525 και A/A 285, τιμή 527. Αυτές οι τιμές έχουν τη δυνατότητα να επηρεάσουν τη στατιστική αναπαράσταση της διαδικασίας, παρά το γεγονός ότι αξιολογούνται μέσω διαγραμμάτων μέσης τιμής, καθώς μπορεί να έχουν ουσιαστικό αντίκτυπο στη μέση τιμή των αντίστοιχων δειγμάτων.

Για την κατασκευή του διαγράμματος ελέγχου μέσου \bar{X} – R στο Minitab ακολουθούμε τα εξής βήματα: *Stat* → *Control Charts* → *Variable Charts for Subgroups* → *Xbar – R*. και επιλογή *Observations for a subgroup are in one row of columns* και στο πεδίο *X – bar options, Parameters* → *Estimate* → *Rbar* Το ζητούμενο ΔΕ δίνεται ακολούθως:



Διάγραμμα 6.12 ΔΕ Xbar-R Στραγγιστού βάρους –Φάση Ι

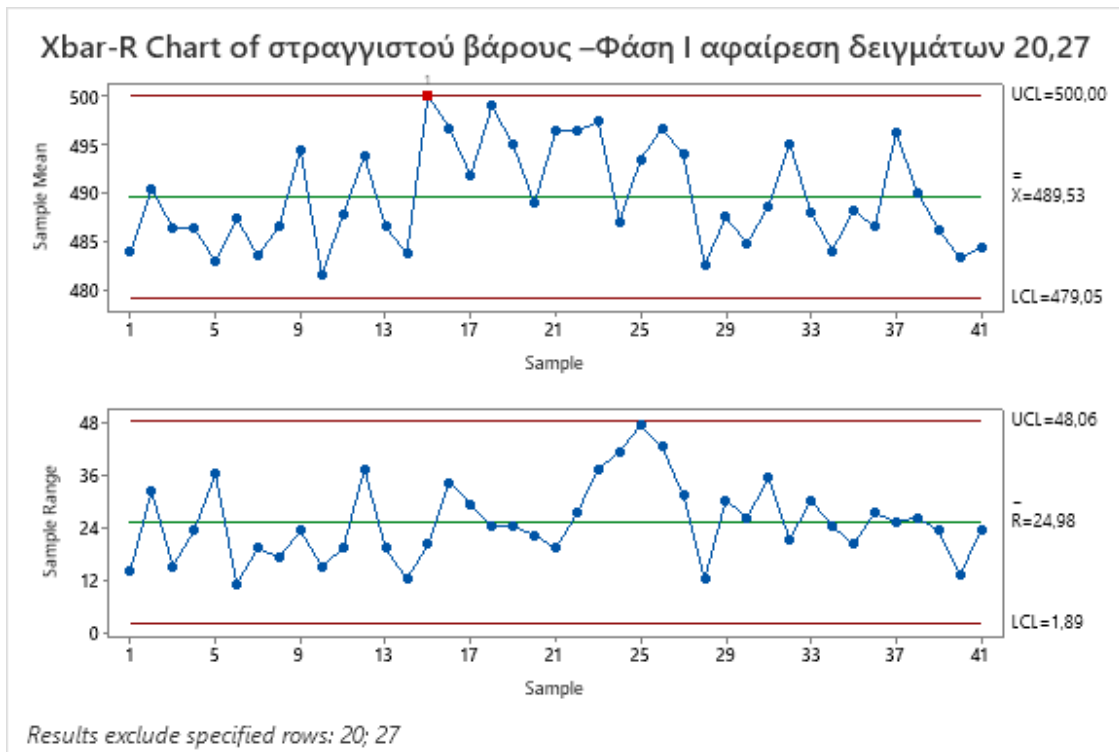
Test Results for Xbar Chart of C1; ...; C7

TEST 1. One point more than 3,00 standard deviations from center line.

Test Failed at points: 20; 27

Η γραφική αναπαράσταση 6.12 απεικονίζει ξεκάθαρα την παρουσία μιας ακολουθίας σημείων δεδομένων που βρίσκονται εκτός των καθορισμένων ορίων ελέγχου. Συγκεκριμένα, η στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε δείχνει ότι τα σημεία 20 και 27 στο διάγραμμα μέσου ορού κινούνται πάνω από τρεις τυπικές αποκλίσεις από την κεντρική γραμμή.

Εάν υποθεθεί ότι τα δείγματα 20 και 27 συλλέχθηκαν υπό διαφορετικές συνθήκες και επομένως είναι διαφορετικής ποιότητας σε σύγκριση με τα υπόλοιπα σημεία των δεδομένων, πιθανόν λόγω της προσωρινής επίδρασης ενός εξωτερικού παράγοντα στη διαδικασία, μπορεί να εξαιρεθούν από την ανάλυση στο προκειμένου να προχωρήσει η εξέταση του υπόλοιπου συνόλου δεδομένων.

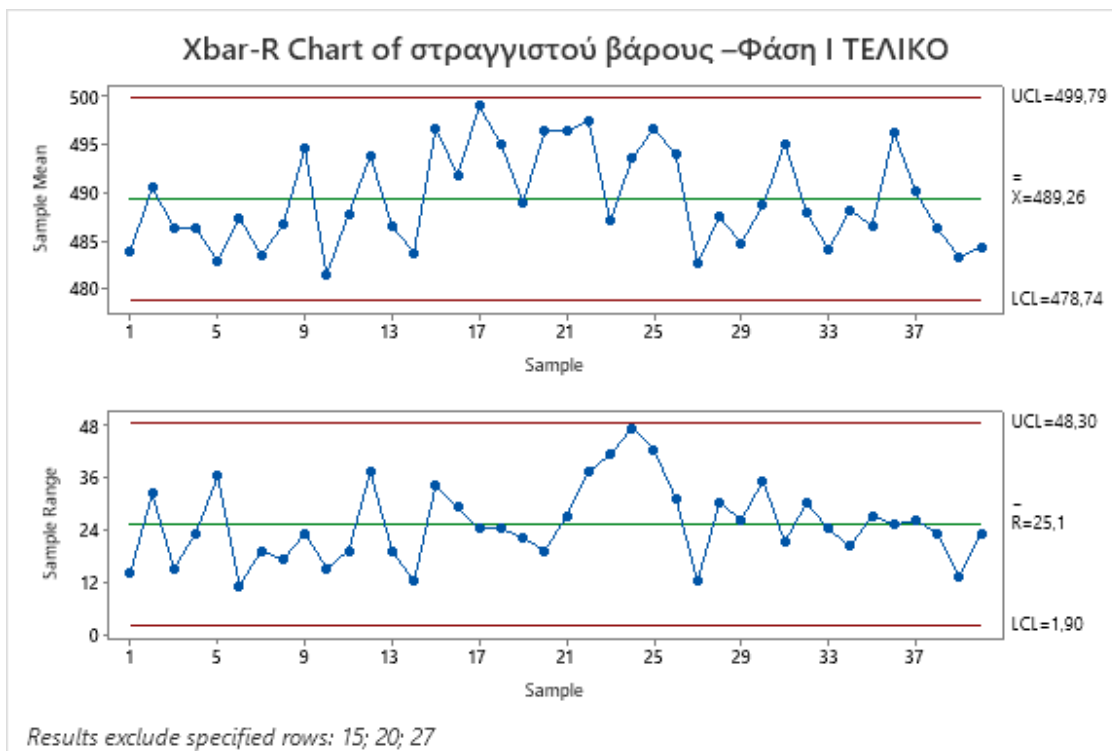


**Διάγραμμα 6.13 ΔΕ Xbar-R Στραγγιστού βάρους –Φάση Ι αφαίρεση δειγμάτων
20,27**

Test Results for Xbar Chart of C1; ...; C7

TEST 1. One point more than 3,00 standard deviations from center line.
Test Failed at points: 15

Τα δεδομένα στο διάγραμμα παρουσιάζουν μια αξιοσημείωτη επίδραση στο 15 δείγμα, το οποίο αποκλίνει κατά τρεις τυπικές αποκλίσεις από τα υπόλοιπα σημεία των δεδομένων. Κρίνεται σκόπιμο να αποκλειστεί το συγκεκριμένο δείγμα από την ανάλυση κατά την εφαρμογή ενός συστήματος στατιστικού ελέγχου, καθώς σηματοδοτεί την αρχική φάση της διαδικασίας όπου συνήθως παρατηρείται αστάθεια.



Διάγραμμα 6.14 ΔΕ Xbar-R Στραγγιστού βάρους –Φάση Ι ΤΕΛΙΚΟ

Με την ολοκλήρωση της φάσης Ι έχουμε τα εξής όρια ελέγχου του διαγράμματος Xbar-R για την μελέτη Φάσης ΙΙ θα είναι:

- Για το διάγραμμα Xbar τα ΟΕ είναι:

ΑΟΕ=499,79

ΚΓ=489,26

ΚΟΕ=478,74

- Για το διάγραμμα R τα ΟΕ είναι:

ΑΟΕ=48,3

ΚΓ=25,1

ΚΟΕ=1,9

Επίσης θα λάβουμε και τις τελικές τιμές απο τις εντολές του Minitab:

Stat → Basic Statistics → Display Descriptive Statistics

για την δειγματική μέση τιμή και τυπική απόκλιση οι οποίες έχουν τιμή: $\bar{X} = 489,26$ και $\bar{s} = 10,25$

Statistics

Variable	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
C10	280	0	489,26	0,612	10,25	474,00	481,00	487,00	495,75	525,00

6.2.2 Μελέτη φάσης II στραγγιστού βάρους μισόκαρπων

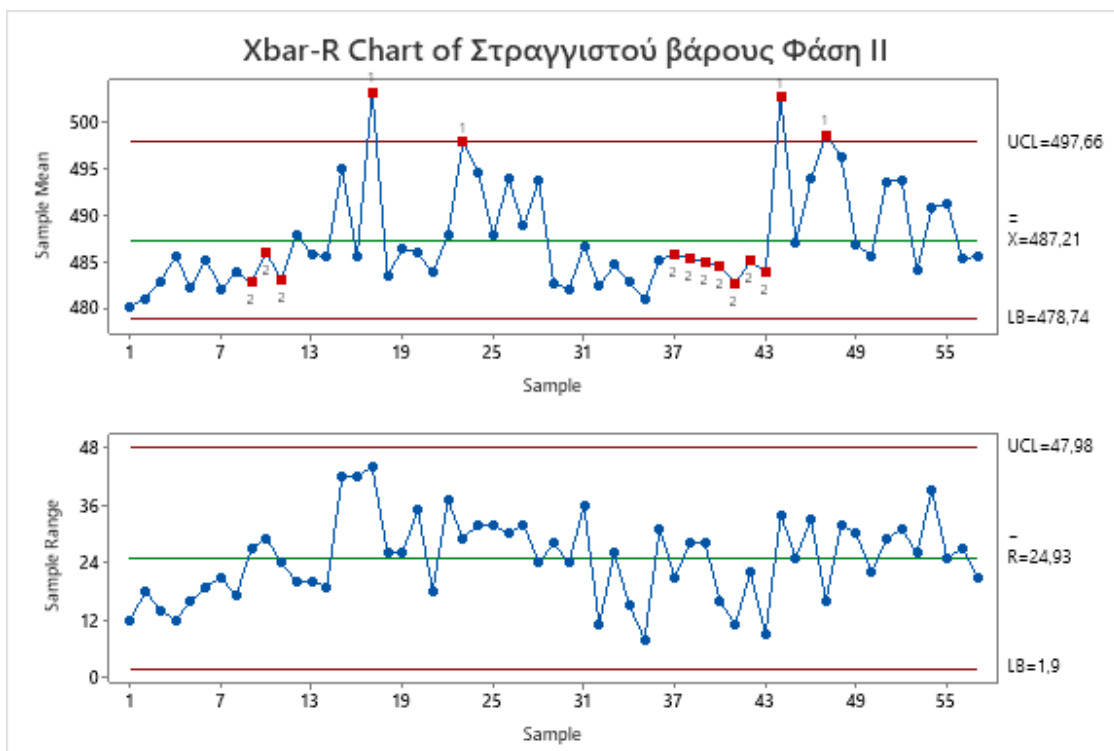
Στη συνέχεια, κατά τη φάση II της διαδικασίας επαλήθευσης, επαναλαμβάνουμε την κατασκευή ενός διαγράμματος ελέγχου μέσου $\bar{X} - R$ στα επόμενα 57 δείγματα μετρήσεων. Αυτό γίνεται για να επιβεβαιωθεί εάν η διαδικασία που πιστοποιήθηκε κατά τη Φάση I συνεχίζει να πληροί τα απαιτούμενα πρότυπα.

ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΦΑΣΗ II								
A/A	Ημερομηνία - ώρα	1.Στραγ βάρος (gr)	2.Στραγ βάρος (gr)	3.Στραγ βάρος (gr)	4.Στραγ βάρος (gr)	5.Στραγ βάρος (gr)	6.Στραγ βάρος (gr)	7.Στραγ βάρος (gr)
1	8/8/23-06:00	488	476	480	478	478	477	484
2	8/8/23-06:30	471	489	488	487	476	481	475
3	8/8/23-07:00	482	476	490	488	486	480	478
4	8/8/23-07:30	480	490	490	478	488	486	486
5	8/8/23-08:00	484	477	487	486	490	474	477
6	8/8/23-08:30	488	485	494	483	492	479	475
7	8/8/23-09:00	483	476	484	472	493	477	489
8	8/8/23-09:30	477	483	488	489	475	492	482
9	8/8/23-11:00	479	497	473	490	470	487	483
10	8/8/23-11:30	498	499	479	486	488	470	481
11	8/8/23-12:00	496	484	476	472	488	472	493
12	8/8/23-12:30	493	486	479	477	497	487	496
13	8/8/23-13:00	475	495	492	489	475	489	485
14	8/8/23-13:30	488	482	476	495	489	485	483
15	8/8/23-14:00	475	483	475	504	517	510	500
16	8/8/23-14:30	482	481	478	480	483	476	518
17	8/8/23-15:00	489	476	515	520	502	514	505
18	8/8/23-15:30	476	493	481	483	475	475	501
19	8/8/23-16:00	490	477	501	497	483	481	475
20	8/8/23-16:30	510	482	487	475	481	489	477
21	8/8/23-17:00	494	486	476	483	476	490	481
22	8/8/23-17:30	483	478	485	478	487	488	515

ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΦΑΣΗ II								
A/A	Ημερομηνία - ώρα	1.Στραγ βάρος (gr)	2.Στραγ βάρος (gr)	3.Στραγ βάρος (gr)	4.Στραγ βάρος (gr)	5.Στραγ βάρος (gr)	6.Στραγ βάρος (gr)	7.Στραγ βάρος (gr)
23	8/8/23-18:30	507	485	498	479	508	500	507
24	8/8/23-19:00	501	494	477	509	507	483	490
25	8/8/23-19:30	481	489	479	475	507	495	488
26	8/8/23-20:00	497	497	486	479	501	487	509
27	8/8/23-21:00	481	509	498	485	477	487	484
28	8/8/23-21:30	500	481	484	495	487	505	503
29	8/8/23-22:00	497	478	469	479	480	484	491
30	8/8/23-22:30	482	479	470	484	478	494	487
31	8/8/23-23:00	469	484	492	505	487	482	487
32	8/8/23-23:30	484	480	480	489	479	486	478
33	9/8/23-00:00	480	486	480	499	484	473	490
34	9/8/23-00:30	483	492	482	479	477	480	486
35	9/8/23-01:00	482	484	484	476	482	480	478
36	9/8/23-01:30	478	483	501	492	483	489	470
37	9/8/23-02:00	486	479	482	486	488	479	500
38	9/8/23-03:00	504	489	487	476	481	478	482
39	9/8/23-03:30	489	480	504	482	486	477	476
40	9/8/23-04:00	484	480	494	480	489	486	478
41	9/8/23-04:30	480	481	490	482	479	486	480
42	9/8/23-05:00	498	481	490	488	476	486	476
43	9/8/23-05:30	488	479	483	486	483	479	488
44	9/8/23-06:00	480	503	502	505	503	514	510
45	9/8/23-06:30	477	499	501	489	477	476	490
46	9/8/23-07:00	493	502	502	484	477	488	510
47	9/8/23-07:30	500	501	489	504	504	488	503
48	9/8/23-08:00	483	506	475	495	500	506	507
49	9/8/23-08:30	495	481	484	488	477	476	506
50	9/8/23-09:00	488	483	478	483	484	483	500
51	9/8/23-09:30	506	501	477	505	500	487	478
52	9/8/23-10:30	488	499	477	478	505	508	500
53	9/8/23-11:00	481	476	490	481	484	475	501
54	9/8/23-11:30	488	500	482	465	495	500	504
55	9/8/23-12:00	479	492	497	494	476	499	501
56	9/8/23-12:30	489	484	504	480	477	484	479
57	9/8/23-13:00	484	475	487	496	486	490	480

Πίνακας 6.4 Μετρήσεις Στραγγιστού βάρους Φάση II

Για την κατασκευή του διαγράμματος ελέγχου μέσου \bar{X} – R στο Minitab ακολουθούμε τα εξής βήματα: *Stat* → *Control Charts* → *Variable Charts for Subgroups* → *Xbar – R*. και επιλογή *Observations for a subgroup are in one row of columns* και στο πεδίο *Limits* → *Place bounds on control limits of X bar chart και R chart*, καταχωρούμε των παραπάνω όρια ελέγχου της τελικής φάσης Ι. Επομένως θα έχουμε το παρακάτω διάγραμμα ελέγχου:



Διάγραμμα 6.15 ΔΕ Xbar-R Στραγγιστού βάρους –Φάση II

Test Results for Xbar Chart of C1; ...; C7

TEST 1. One point more than 3,00 standard deviations from center line.

Test Failed at points: 17; 23; 44; 47

TEST 2. 9 points in a row on same side of center line.

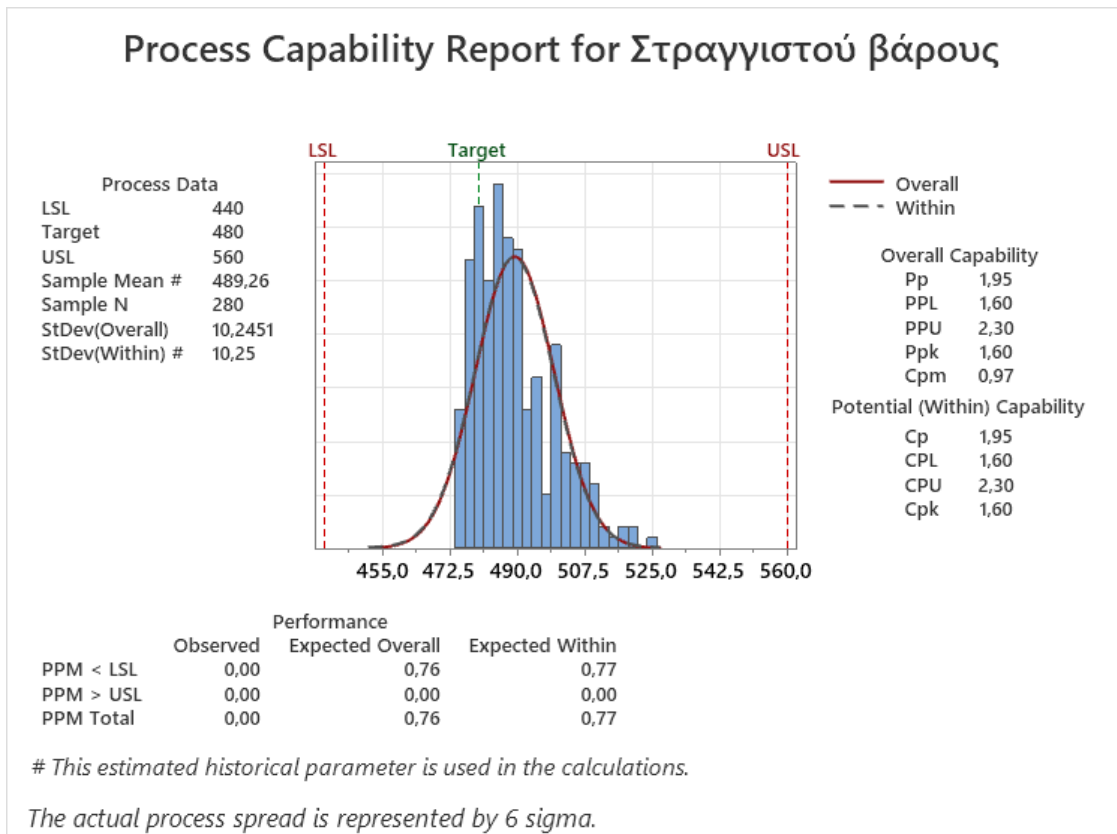
Test Failed at points: 9; 10; 11; 37; 38; 39; 40; 41; 42; 43

Παρατηρώντας τα παραπάνω διαγράμματα βλέπουμε ότι το διάγραμμα εύρους R τηρεί τα προκαθορισμένα όρια της ιστορικής φάσης Ι σε αντίθεση με το διάγραμμα μέσων όπου τα δείγματα 17, 23, 44 και 47 κινούνται πάνω από το άνω όριο αλλά και έχουμε εννέα συνεχόμενα σημεία από την κάτω πλευρά της κεντρικής γραμμής. Η μεταβολή προς τα

πάνω οφείλεται στην τοποθέτηση περισσότερων ή μεγαλύτερων σε βάρος μεσοκάρπιων στην συσκευασία, διότι όπως αναφέραμε δεν έχουν όλα την ίδια διάμετρο-βάρος. Θα μπορούσε να γίνει έλεγχος στην λειτουργία της παραγωγικής διαδικασίας στο στάδιο της ταξινόμησης με κόσκινα για την σωστή τοποθέτηση και λειτουργία τους.

6.2.3 Ανάλυση ικανότητας διεργασίας

Για την ανάλυση ικανότητας διαδικασίας, θα βασιστούμε στα δεδομένα από τη Φάση I, η οποία έχει επαληθευτεί ότι βρίσκεται είναι στατιστικό έλεγχο. Με τα εξής όρια στραγγιστού βάρους σε συσκευασία κιλού: $LSL = 440gr$, $USL = 560gr$ με στόχο τα 480gr.



Διάγραμμα 6.16 Ανάλυση Ικανότητας Διεργασίας Στραγγιστού βάρους-Φάση I τελική

Η εξέταση των προαναφερθέντων δεδομένων του διαγράμματος 6.16 δείχνει ότι η διαδικασία αυτή τη στιγμή επιτυγχάνει να δημιουργήσει προϊόντα που πληρούν τις απαιτούμενες προδιαγραφές. Παρατηρήσαμε ότι η τιμή του δείκτη δυνατότητας διεργασίας $Cp = 1,95 > 1,33$ είναι εξαιρετικός. Όσον αφορά τους δείκτες για την τρέχουσα ικανότητα της διεργασίας η τιμή του δείκτη $Cpk = \min\{Cpl, Cpu\} = 1,60$ είναι μεγαλύτερη από την ελάχιστη αποδεκτή τιμή του 1,5, ο δείκτης $Cpu = 2,3$ είναι λίγο παραπάνω από τον δείκτη $Cpl = 1,6$. Αυτό δείχνει ότι η διαδικασία είναι εξαιρετική στην παραγωγή μονάδων που πληρούν το ανώτερο όριο προδιαγραφών αλλά και το ως προς το κατώτερο όριο. Η Επίδοση Διεργασίας (ΕΔ) θα είναι: $ED = 3Cpk + 1,5 = 3 \times 1,6 + 1,5 = 6,3$, τιμή πάνω από 6σ, επομένως έχει επιτευχθεί η απόδοση 6σ, που θεωρείται η επιθυμητή. Η πιθανότητα να παράγει προϊόντα ελαττωματικά προς τα πάνω ανά εκατομμύριο $PPM > USL$ ισούνται με 0,00 ενώ για ελαττωματικά προς τα κάτω ανά εκατομμύριο $PPM > LSL$ ισούνται με 0,77 δηλαδή η διεργασία έχει μεν ποσοστό ελαττωματικών 0,000077 % που είναι μικρότερη από την τιμή $PPM=3,4$, για την οποία έχει παρατηρηθεί ότι έχουμε απόδοση 6σ. Προκειμένου να βελτιώσει τη διαδικασία, η εταιρία θα μπορούσε να διεξάγει πειράματα αλλάζοντας τα όρια των προδιαγραφών. Αυτό θα μπορούσε να συνεπάγεται τη θέσπιση ενός στενότερου εύρους με την χρήση συγκεκριμένης διαμέτρου και αριθμού μισόκαρπων στον περιέκτη και στη συνέχεια να επανεκτιμηθούν οι δείκτες που προκύπτουν.

6.3 Στατιστική ανάλυση του ποιοτικού χαρακτηριστικού: °Brix % μισόκαρπων κομπόστας κιλού

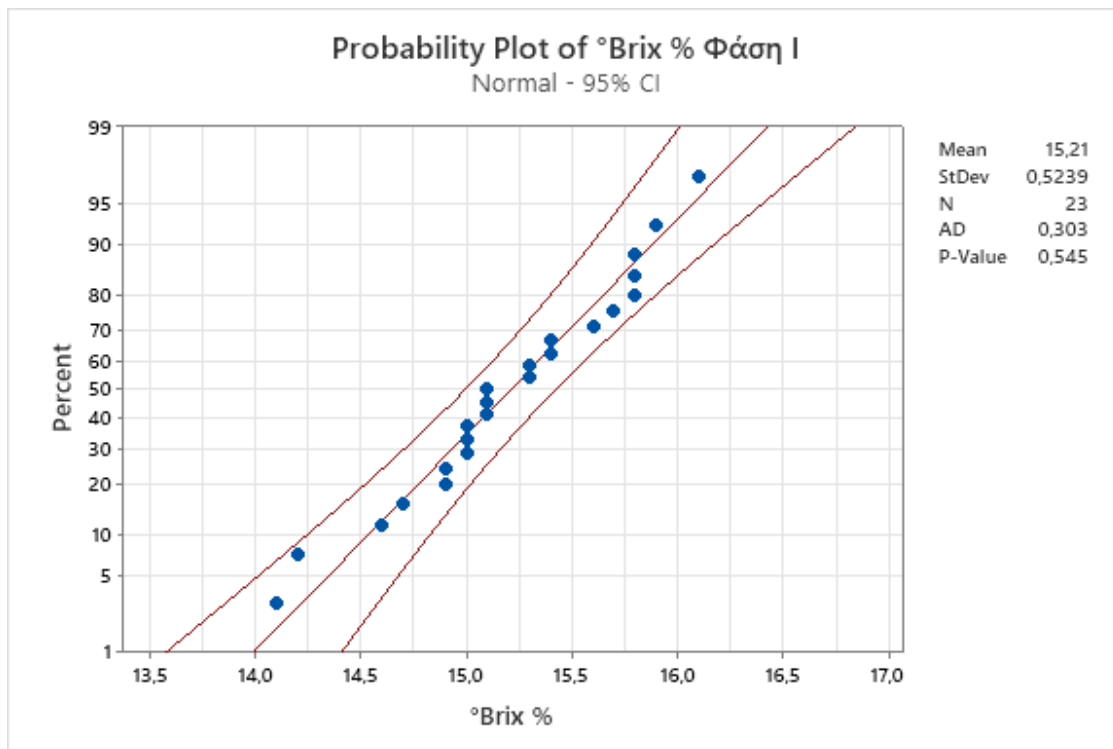
Ο Πίνακας 6.5 παρουσιάζει τις μετρήσεις °Brix % (gr σακχαρόζης / 100 gr δείγματος) από
συσσκευασίες ενός κιλού μισόκαρπων που καταγράφηκαν στον συνεταιρισμό
κομποστοποίησης ροδάκινων, οργανωμένες χρονολογικά κατά ημερομηνία και ώρα.

A/A	Ημερομηνία - ώρα	°Brix %	A/A	Ημερομηνία - ώρα	°Brix %	A/A	Ημερομηνία - ώρα	°Brix %
1	7/8/23-06:00	15,8	30	8/8/23-15:00	14,5	59	10/8/23-00:00	15,1
2	7/8/23-07:00	15,1	31	8/8/23-16:00	15,9	60	10/8/23-01:00	14,7
3	7/8/23-08:00	15,0	32	8/8/23-17:00	15,2	61	10/8/23-02:00	14,9
4	7/8/23-09:00	15,3	33	8/8/23-18:00	14,3	62	10/8/23-04:00	14,7
5	7/8/23-10:00	15,1	34	8/8/23-20:00	15,4	63	10/8/23-05:00	15,2
6	7/8/23-12:00	14,6	35	8/8/23-21:00	15,6			
7	7/8/23-13:00	15,1	36	8/8/23-22:00	16,2			
8	7/8/23-14:00	15,9	37	8/8/23-23:00	15,2			
9	7/8/23-15:00	15,0	38	9/8/23-00:00	14,8			
10	7/8/23-16:00	15,3	39	9/8/23-01:00	14,9			
11	7/8/23-17:00	15,4	40	9/8/23-02:00	14,0			
12	7/8/23-18:00	14,1	41	9/8/23-04:00	17,0			
13	7/8/23-20:00	15,8	42	9/8/23-05:00	15,5			
14	7/8/23-21:00	15,4	43	9/8/23-06:00	15,1			
15	7/8/23-22:00	14,9	44	9/8/23-07:00	15,5			
16	7/8/23-23:00	14,7	45	9/8/23-08:00	15,5			
17	8/8/23-00:00	15,8	46	9/8/23-09:00	14,7			
18	8/8/23-01:00	15,7	47	9/8/23-10:00	14,4			
19	8/8/23-02:00	16,1	48	9/8/23-12:00	14,5			
20	8/8/23-04:00	15,0	49	9/8/23-13:00	14,9			
21	8/8/23-05:00	15,6	50	9/8/23-14:00	14,4			
22	8/8/23-06:00	14,2	51	9/8/23-15:00	15,3			
23	8/8/23-07:00	14,9	52	9/8/23-16:00	15,0			
24	8/8/23-08:00	14,2	53	9/8/23-17:00	15,4			
25	8/8/23-09:00	15,5	54	9/8/23-18:00	14,7			
26	8/8/23-10:00	14,7	55	9/8/23-20:00	15,7			
27	8/8/23-12:00	15,5	56	9/8/23-21:00	15,8			
28	8/8/23-13:00	14,8	57	9/8/23-22:00	15,4			
29	8/8/23-14:00	15,9	58	9/8/23-23:00	14,4			

Πίνακας 6.5 Μετρήσεις °Brix %

6.3.1 Μελέτη φάσης I °Brix % συσκευασία κιλού

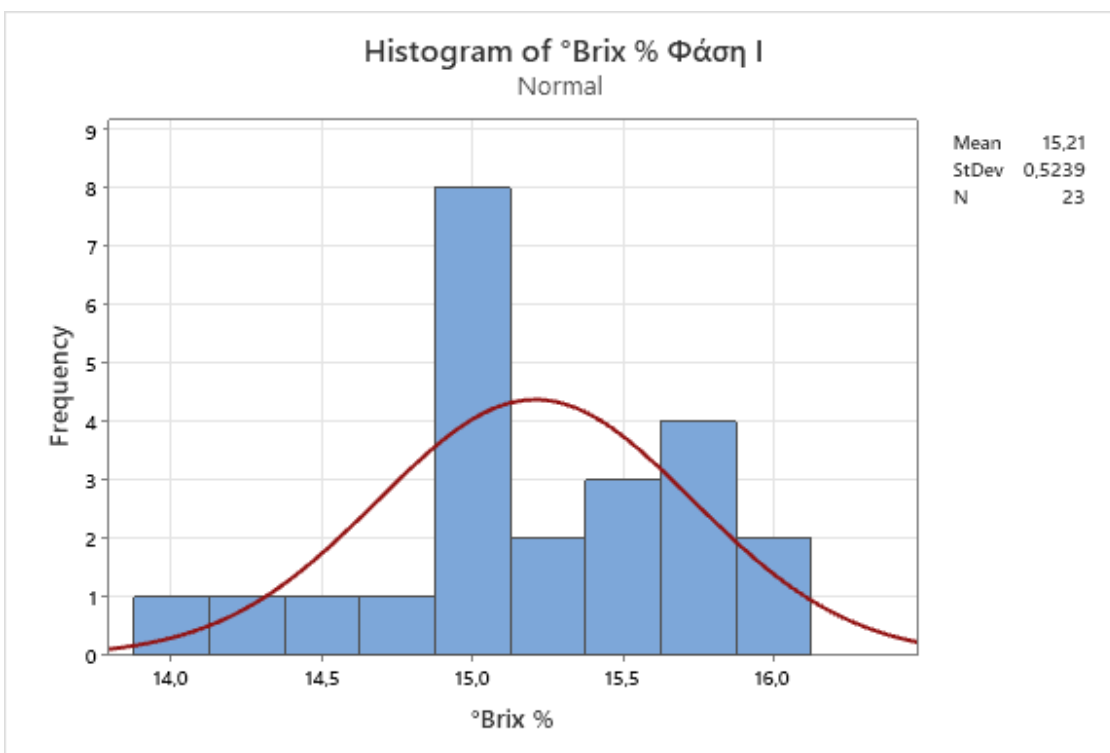
Προκειμένου να επιτευχθεί η πιο ακριβής εκτίμηση των παραμέτρων του χαρακτηριστικού που μελετάται, τα ιστορικά δεδομένα από τις πρώτες 23 μετρήσεις της αναδρομικής φάσης I εξετάζονται ως προς την κανονικότητα.



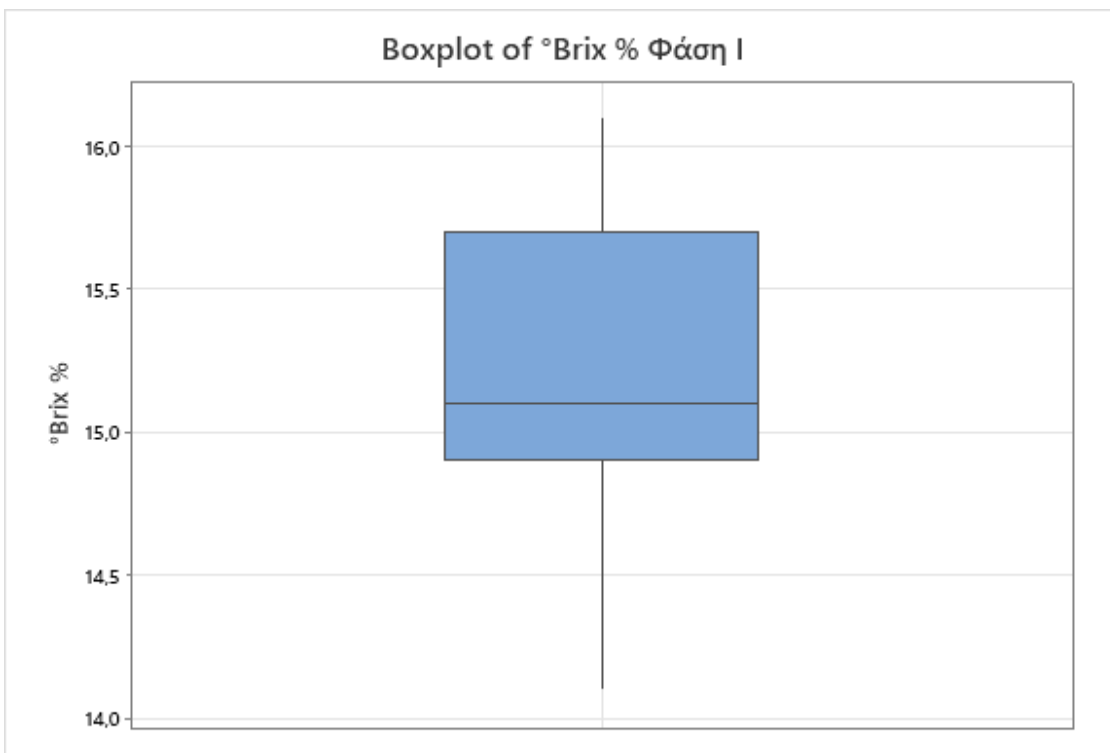
Διάγραμμα 6.17 Έλεγχος κανονικότητας °Brix % - Φάσης I

Στο διάγραμμα 6.17 η τιμή p υπερβαίνει το συμβατικό όριο του 5%, επιτρέποντάς μας έτσι να συμπεράνουμε ότι το σύνολο δεδομένων μας συμμορφώνεται με μια κανονική κατανομή. Η ανάλυση του ελέγχου Anderson-Darling μας αποδίδει μια τιμή p-value=0,545, η οποία είναι μεγαλύτερη από το προκαθορισμένο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$. Κατά συνέπεια, αποδεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση ότι η κατανομή του πληθυσμού που βασίζεται στα δεδομένα είναι πράγματι κανονική.

Θα συνεχίσουμε με την ανάπτυξη ενός ιστογράμματος και ενός θηκογράμματος:



Διάγραμμα 6.18 Ιστόγραμμα °Brix % - Φάσης I



Διάγραμμα 6.19 Θηκόγραμμα °Brix % - Φάση I

Το ιστόγραμμα 6.18 παρέχει ενδείξεις κανονικής κατανομής, ενώ στο θηκόγραμμα 6.19 δεν υπάρχει εξωκείμενη τιμή αλλά στερείται συμμετρίας.

Θα εκτιμηθεί η παρουσία αυτοσυσχέτισης στις πρώτες 23 μετρήσεις:

Descriptive Statistics

N	K	Number of Observations	
		$\leq K$	$> K$
23	15,2087	12	11

$K = \text{sample mean}$

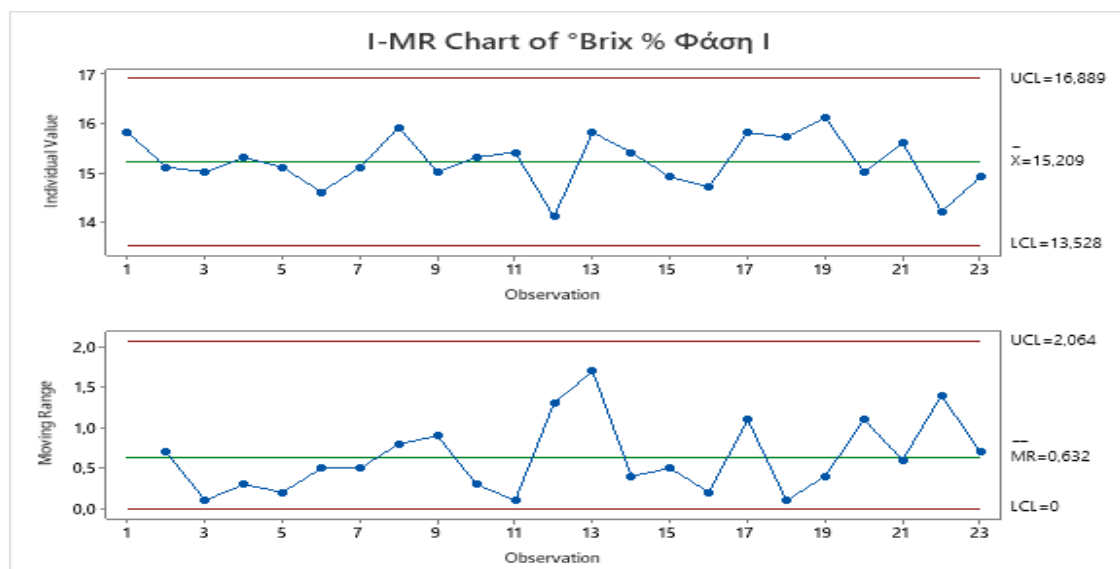
Test

Null hypothesis H_0 : The order of the data is random
Alternative hypothesis H_1 : The order of the data is not random

Number of Runs		
Observed	Expected	P-Value
14	12,48	0,515

Από το *Runs test* η τιμή $p\text{-value} >$ μεγαλύτερη από το επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=5\%$ οπότε η υπόθεση ανεξαρτησίας δεν απορρίπτεται.

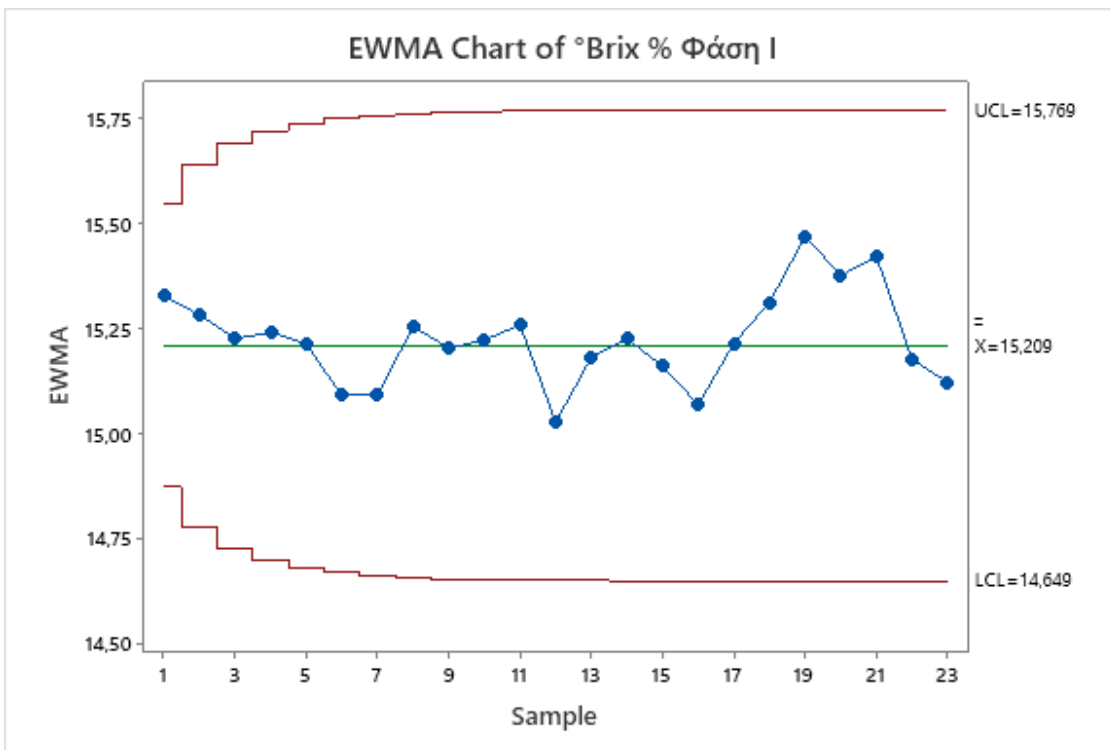
Προχωράμε στην ανάπτυξη ενός διαγράμματος ελέγχου I-MR:



Διάγραμμα 6.20 ΔΕ I-MR °Brix % – Φάσης Ι

Με βάση τις πληροφορίες που παρουσιάζονται στο διάγραμμα 6.20, όλα τα σημεία δεδομένων εμπίπτουν στα καθορισμένα όρια, υποδεικνύοντας ότι η διαδικασία είναι εντός στατιστικού ελέγχου.

Επιπλέον, θα προχωρήσουμε στην κατασκευή ΔΕ EWMA το οποίο ανιχνεύει μικρές και σταδιακές μεταβολές λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των μετρήσεων:



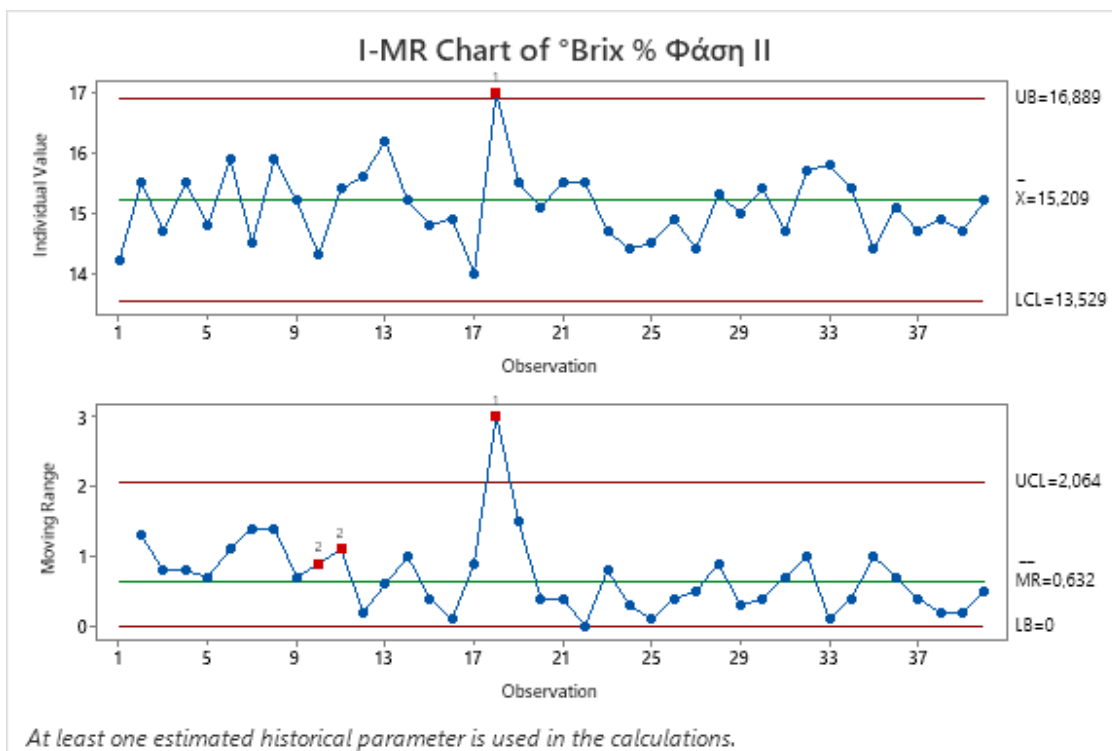
Διάγραμμα 6.21 ΔΕ EWMA °Brix % – Φάσης I

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στο διάγραμμα 6.21 παρέχουν στοιχεία που υποστηρίζουν το συμπέρασμα ότι η διαδικασία διαχειρίζεται αποτελεσματικά στο πλαίσιο στατιστικού ελέγχου. Ωστόσο, το στατιστικό πακέτο που χρησιμοποιήθηκε δεν έχει εντοπίσει κάποιο ευδιάκριτο μοτίβο που να υποδηλώνει την ύπαρξη ειδικών αιτιών.

Επομένως θα έχουμε: $\hat{\mu} = \bar{X} = 15,209$ και $\hat{\sigma} = \frac{\overline{MR}}{d_2} = \frac{0,632}{1,128} = 0,56$, $UCL = 16,889$ και $LCL = 13,528$ τα οποία και θα είναι τα όρια ελέγχου του διαγράμματος I- MR για την μελέτη Φάσης II.

6.3.2 Μελέτη Φάσης II °Brix % συσκευασία κιλού

Σε αυτή τη συγκυρία, θα αναλύσουμε το σύστημα σε όλη τη φάση λειτουργίας του. Το σύνολο δεδομένων που έχουμε στη διάθεσή μας περιλαμβάνει τις επόμενες 40 μετρήσεις που συλλέχθηκαν από το τμήμα ποιοτικού ελέγχου. Στόχος μας είναι να διερευνήσουμε εάν η διαδικασία παραμένει εντός αποδεκτών ορίων μετά την ολοκλήρωση της αναδρομικής φάσης ή εάν κάποιοι εξαιρετικοί παράγοντες έχουν επηρεάσει τη διαδικασία.



Διάγραμμα 6.22 ΔΕ I-MR °Brix % – Φάσης II

Test Results for I Chart of °Brix % Φάση II

TEST 1. One point more than 3,00 standard deviations from center line.

Test Failed at points: 18

Test Results for MR Chart of °Brix % Φάση II

TEST 1. One point more than 3,00 standard deviations from center line.

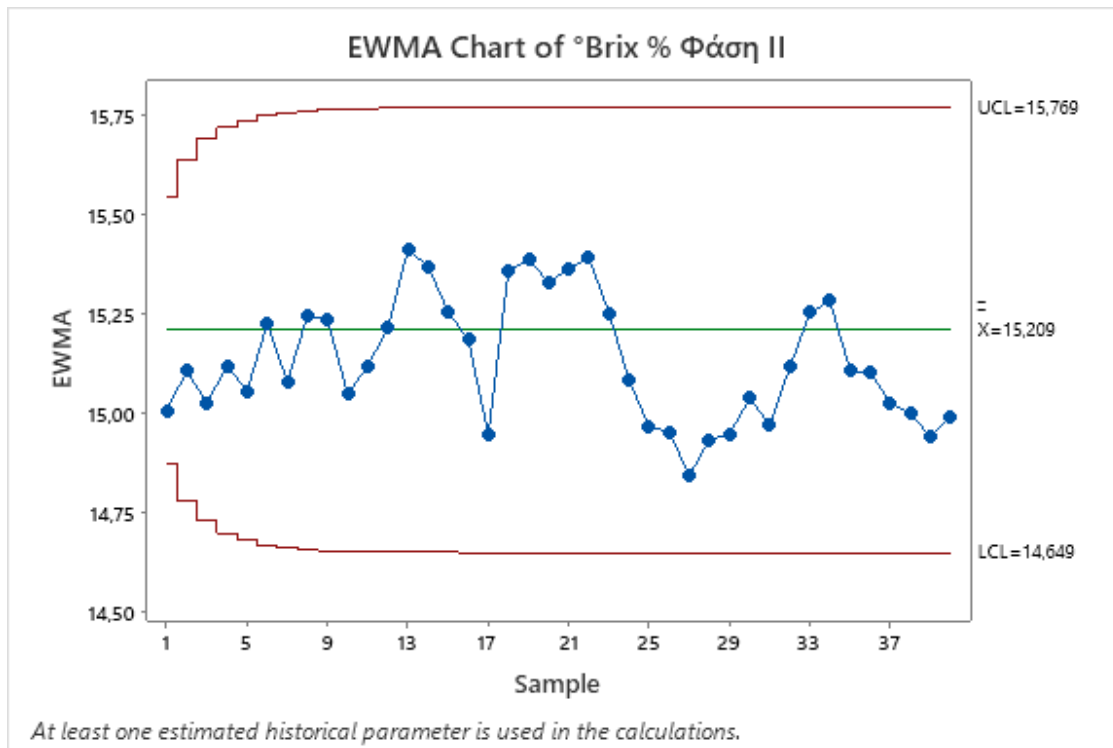
Test Failed at points: 18

TEST 2. 9 points in a row on same side of center line.

Test Failed at points: 10; 11

Παρατηρούμε ότι στο διάγραμμα 6.22 είμαστε εκτός στατιστικού ελέγχου στο σημείο 18 για το I, ενώ το σημείο 18 βρίσκεται εκτός στατιστικού ελέγχου για το MR και 9 συνεχόμενα σημεία υπάρχουν στην ίδια πλευρά της κεντρικής γραμμής.

Για αυτό το λόγο θα προχωρήσουμε στην κατασκευή διαγράμματος EMWA 6.19 για την ευαισθησία και την ανίχνευση μικρών μεταβολών.

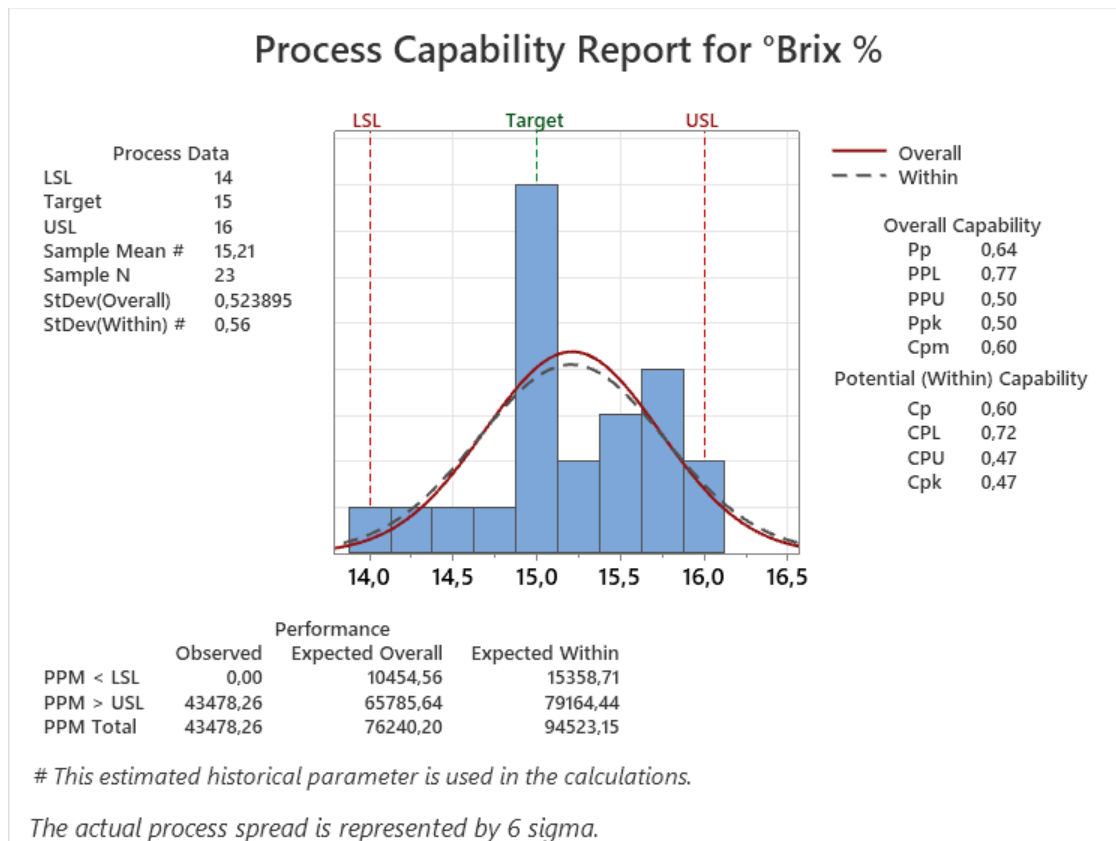


Διάγραμμα 6.23 ΔΕ EWMA °Brix % – Φάσης II

Με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία, είναι σαφές ότι η στατιστική εργασία βρίσκεται εντός στατιστικού ελέγχου και δεν υπερβαίνει τα όρια ελέγχου που καθορίστηκαν κατά την πρώτη φάση. Όμως θα ήταν απαραίτητο από το προσωπικό του ποιοτικού ελέγχου να ελέγξουν για πιθανά ειδικά αίτια τα οποία μπορεί να σχετίζονται από την εμφάνιση στατιστικών μοτίβων. Μια ελλιπής πλήρωση με μισόκαρπα στον περιέκτη η οποία δεν έγινε αντιληπτή θα οδηγούσε σε χαμηλότερο στραγγιστό βάρος με αποτέλεσμα να επηρεάσει τα brix προς τα πάνω.

6.3.3 Ανάλυση ικανότητας διεργασίας

Για την ανάλυση ικανότητας διαδικασίας, θα βασιστούμε στα δεδομένα από τη Φάση Ι, η οποία έχει επαληθευτεί ότι είναι υπό στατιστικό έλεγχο. Με τα εξής όρια $Brix: LSL = 14, USL = 16$ με στόχο τα 15brix.



Διάγραμμα 6.24 Ανάλυση Ικανότητας Διεργασίας °Brix % -Φάση Ι

Η εταιρεία έχει θεσπίσει εσωτερικές προδιαγραφές για την περιεκτικότητα σε ζάχαρη, η οποία αναφέρει ότι το αποδεκτό εύρος είναι 14-16 brix. Όπως παρατηρείται στο διάγραμμα 6.24 μετά τον υπολογισμό των δεικτών που εμφανίζονται στον πίνακα, είναι προφανές ότι η τρέχουσα διαδικασία δεν είναι ικανοποιητική. Αυτό υποδεικνύεται από τον κρίσιμο δείκτη $Cp = 0,60 < 1,33$, ο οποίος είναι σημαντικά χαμηλότερος από το 1,33. Όσον αφορά τους δείκτες για την τρέχουσα ικανότητα της διεργασίας η τιμή του δείκτη $Cpk = \min\{Cpl, Cpu\} = 0,47$ είναι πολύ χαμηλότερη από την ελάχιστη αποδεκτή τιμή του 1,5,

ο δείκτης $C_{pl} = 0,72$ είναι λίγο παραπάνω από τον δείκτη $C_{pu} = 0,47$. Αυτό δείχνει ότι η διαδικασία δεν είναι καθόλου καλή. Η Επίδοση Διεργασίας (ΕΔ) θα είναι: $ED = 3C_{pk} + 1.5 = 3 \times 0,47 + 1.5 = 2,91$, τιμή κάτω από 3σ, επομένως δεν έχει επιτευχθεί η απόδοση 6σ, που θεωρείται η επιθυμητή. Η πιθανότητα να παράγει προϊόντα ελαττωματικά προς τα πάνω ανά εκατομμύριο $PPM > USL$ ισούνται με 78901,4 δηλαδή η διεργασία έχει μεν ποσοστό ελαττωματικών 7,89014 % κι για ελαττωματικά προς τα κάτω ανά εκατομμύριο $PPM > LSL$ ισούνται με 15427,85 δηλαδή η διεργασία έχει μεν ποσοστό ελαττωματικών 1,542785 % που είναι πολύ μεγαλύτερη από την τιμή $PPM=3,4$, για την οποία έχει παρατηρηθεί ότι έχουμε απόδοση 6σ. Κατά συνέπεια, η διαδικασία πρέπει να επανεκτιμηθεί διεξοδικά καθώς δεν είναι σε θέση να παράγει προϊόντα εντός των επιθυμητών προδιαγραφών που οριοθετεί η εταιρεία.

Προκειμένου να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις του πελάτη, η εταιρεία πρέπει να παρακολουθεί στενά τη διαδικασία και να εφαρμόζει διορθωτικά μέτρα για την επίτευξη του προαναφερθέντος στόχου. Θα πρέπει άμεσα να ληφθούν μέτρα **μείωσης των τυπικών αποκλίσεων των διεργασιών και μετατόπισης των δειγματικών μέσων** πλησιέστερα στο κέντρο των προδιαγραφών (στη τιμή 15 brix).

6.4 Στατιστική ανάλυση του ποιοτικού χαρακτηριστικού: pH μισόκαρπων κομπόστας κιλού

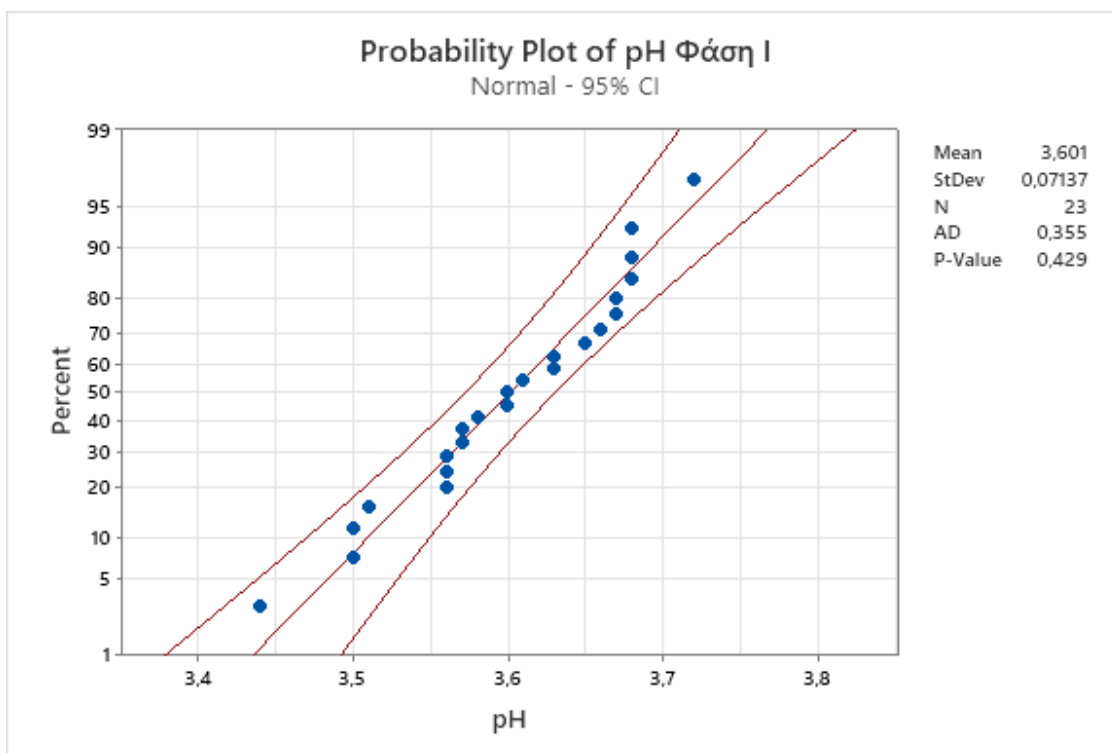
Ο Πίνακας 6.6 παρουσιάζει τις μετρήσεις του pH των συσκευασιών του κιλού μισόκαρπων που καταγράφηκαν στον συνεταιρισμό κομποστοποίησης ροδάκινων, οργανωμένες χρονολογικά κατά ημερομηνία και ώρα.

A/A	Ημερομηνία - ώρα	pH	A/A	Ημερομηνία - ώρα	pH	A/A	Ημερομηνία - ώρα	pH
1	7/8/23-06:00	3,57	22	8/8/23-06:00	3,58	43	9/8/23-06:00	3,69
2	7/8/23-07:00	3,57	23	8/8/23-07:00	3,60	44	9/8/23-07:00	3,57
3	7/8/23-08:00	3,60	24	8/8/23-08:00	3,53	45	9/8/23-08:00	3,55
4	7/8/23-09:00	3,51	25	8/8/23-09:00	3,65	46	9/8/23-09:00	3,50
5	7/8/23-10:00	3,44	26	8/8/23-10:00	3,58	47	9/8/23-10:00	3,55
6	7/8/23-12:00	3,56	27	8/8/23-12:00	3,68	48	9/8/23-12:00	3,42
7	7/8/23-13:00	3,50	28	8/8/23-13:00	3,58	49	9/8/23-13:00	3,63
8	7/8/23-14:00	3,68	29	8/8/23-14:00	3,60	50	9/8/23-14:00	3,65
9	7/8/23-15:00	3,61	30	8/8/23-15:00	3,57	51	9/8/23-15:00	3,61
10	7/8/23-16:00	3,68	31	8/8/23-16:00	3,49	52	9/8/23-16:00	3,60
11	7/8/23-17:00	3,65	32	8/8/23-17:00	3,59	53	9/8/23-17:00	3,56
12	7/8/23-18:00	3,66	33	8/8/23-18:00	3,57	54	9/8/23-18:00	3,56
13	7/8/23-20:00	3,68	34	8/8/23-20:00	3,57	55	9/8/23-20:00	3,57
14	7/8/23-21:00	3,67	35	8/8/23-21:00	3,59	56	9/8/23-21:00	3,61
15	7/8/23-22:00	3,67	36	8/8/23-22:00	3,50	57	9/8/23-22:00	3,41
16	7/8/23-23:00	3,63	37	8/8/23-23:00	3,53	58	9/8/23-23:00	3,50
17	8/8/23-00:00	3,72	38	9/8/23-00:00	3,58	59	10/8/23-00:00	3,54
18	8/8/23-01:00	3,63	39	9/8/23-01:00	3,58	60	10/8/23-01:00	3,54
19	8/8/23-02:00	3,56	40	9/8/23-02:00	3,44	61	10/8/23-02:00	3,53
20	8/8/23-04:00	3,50	41	9/8/23-04:00	3,61	62	10/8/23-04:00	3,43
21	8/8/23-05:00	3,56	42	9/8/23-05:00	3,49	63	10/8/23-05:00	3,55

Πίνακας 6.6 Μετρήσεις pH

6.4.1 Μελέτη Φάσης I pH συσκευασία κιλού

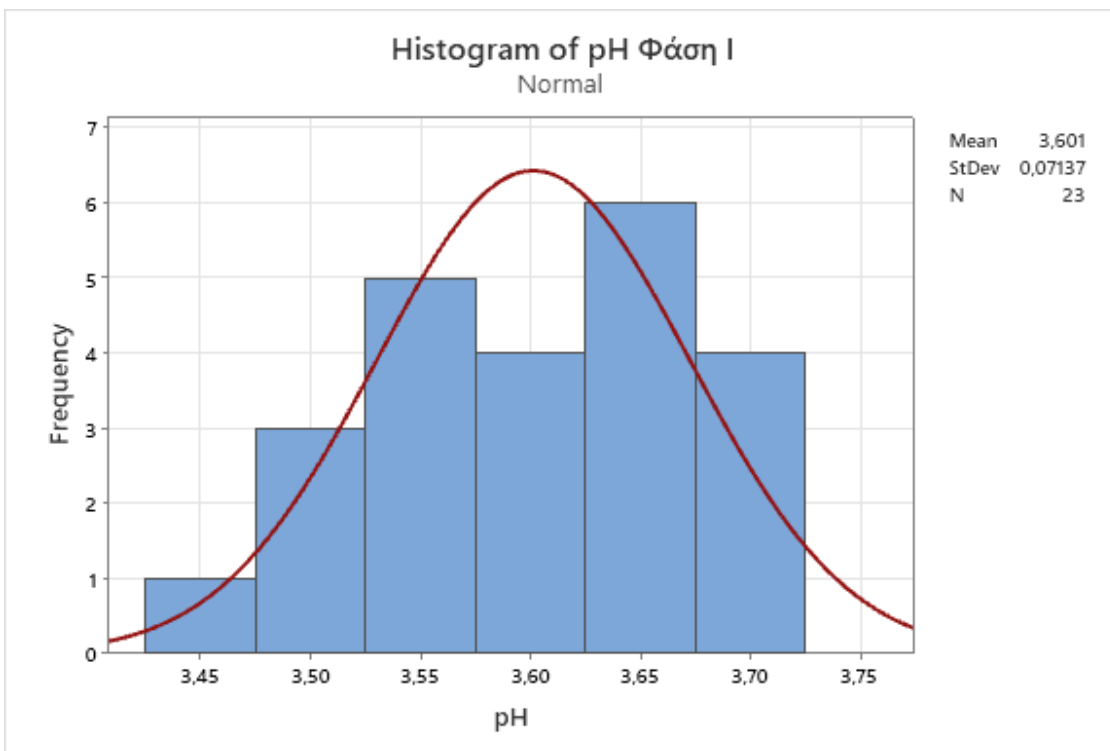
Προκειμένου να επιτευχθεί η πιο ακριβής εκτίμηση των παραμέτρων του χαρακτηριστικού που μελετάται, τα ιστορικά δεδομένα από τις πρώτες 23 μετρήσεις της αναδρομικής φάσης I εξετάζονται ως προς την κανονικότητα.



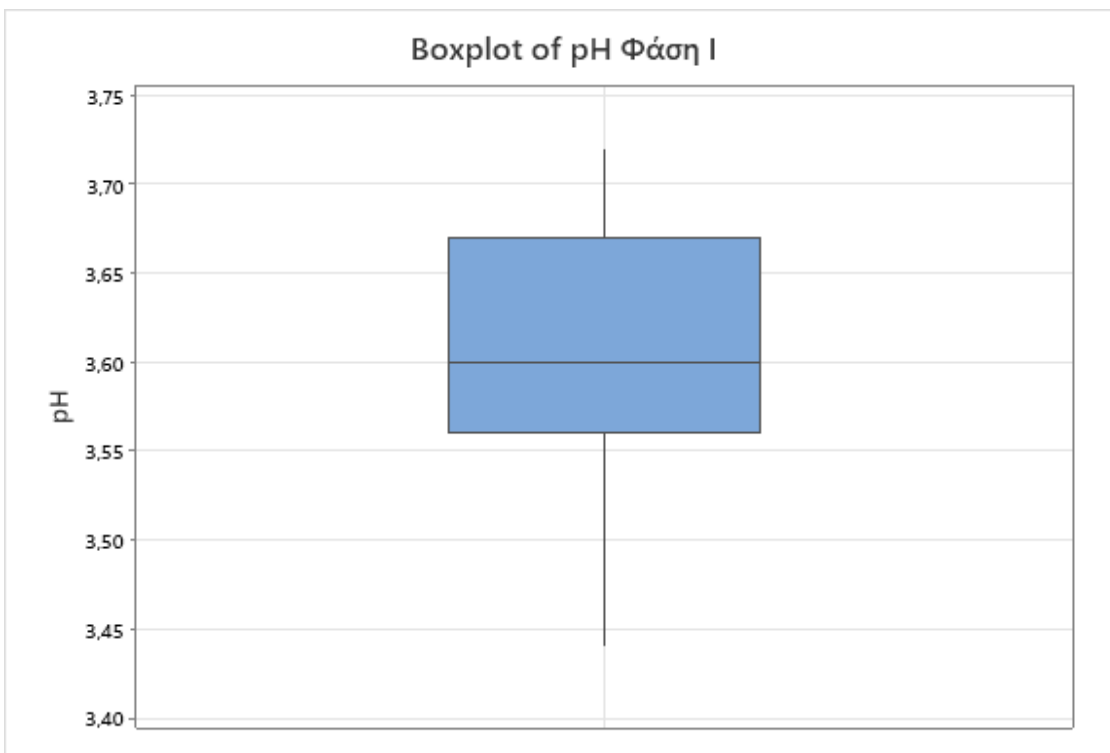
Διάγραμμα 6.25 Έλεγχος κανονικότητας pH - Φάσης I

Στο διάγραμμα 6.25 η τιμή p υπερβαίνει το συμβατικό όριο του 5%, επιτρέποντάς μας έτσι να συμπεράνουμε ότι το σύνολο δεδομένων μας συμμορφώνεται με μια κανονική κατανομή. Η ανάλυση του ελέγχου Anderson-Darling μας αποδίδει μια τιμή p-value=0,429, η οποία είναι μεγαλύτερη από το προκαθορισμένο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$. Κατά συνέπεια, αποδεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση ότι η κατανομή του πληθυσμού που βασίζεται στα δεδομένα είναι πράγματι κανονική.

Θα συνεχίσουμε με την ανάπτυξη ενός ιστογράμματος και ενός θηκογράμματος:



Διάγραμμα 6.26 Ιστόγραμμα pH - Φάσης I



Διάγραμμα 6.27 Θηκόγραμμα pH - Φάση I

Το ιστόγραμμα 6.26 παρέχει ενδείξεις κανονικής κατανομής, ενώ στο θηκόγραμμα 6.27 δεν υπάρχει εξωκείμενη τιμή. Θα εκτιμηθεί η παρουσία αυτοσυσχέτισης στις πρώτες 23 μετρήσεις :

Descriptive Statistics

N	K	Number of Observations	
		$\leq K$	$> K$
23	3,60130	12	11

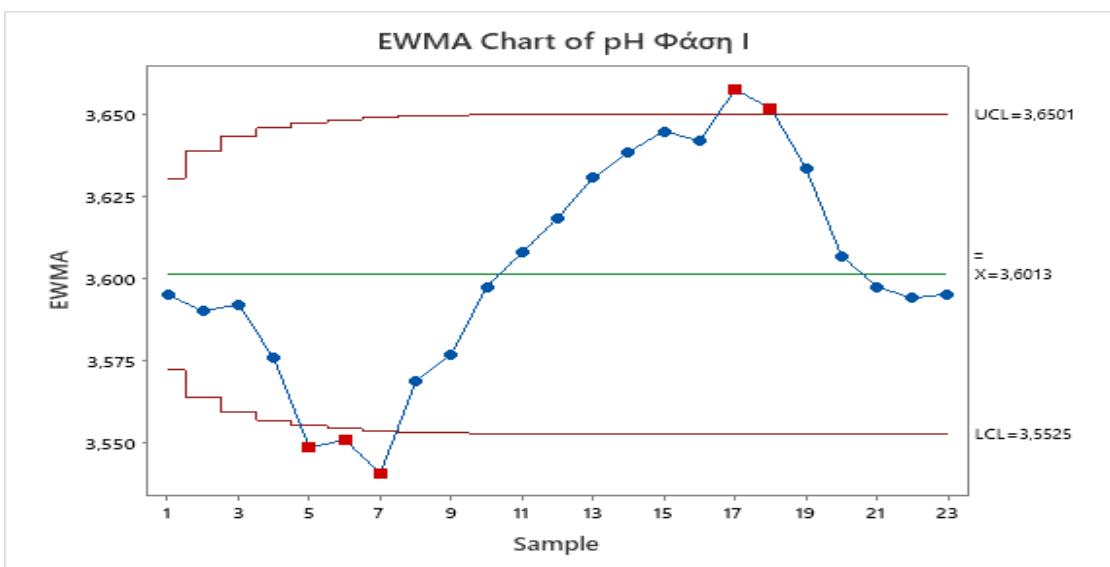
$K = \text{sample mean}$

Test

Null hypothesis	H_0 : The order of the data is random
Alternative hypothesis	H_1 : The order of the data is not random

Number of Runs		
Observed	Expected	P-Value
3	12,48	0,000

Με βάση τη σημασία της τιμής $p - \text{value} = 0 < 0,05$, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται, υποδηλώνοντας την παρουσία αυτοσυσχέτισης στα δεδομένα. Συνεπώς, για να εκτιμηθεί η κατάσταση ελέγχου διεργασίας, συνιστάται η χρήση ενός γραφήματος εκθετικά σταθμισμένου κινητού μέσου όρου (EWMA), το οποίο είναι πιο κατάλληλο για καταστάσεις που περιλαμβάνουν μη κανονικότητα ή αυτοσυσχέτιση των δεδομένων.



Διάγραμμα 6.28 ΔΕ EWMA pH – Φάσης I

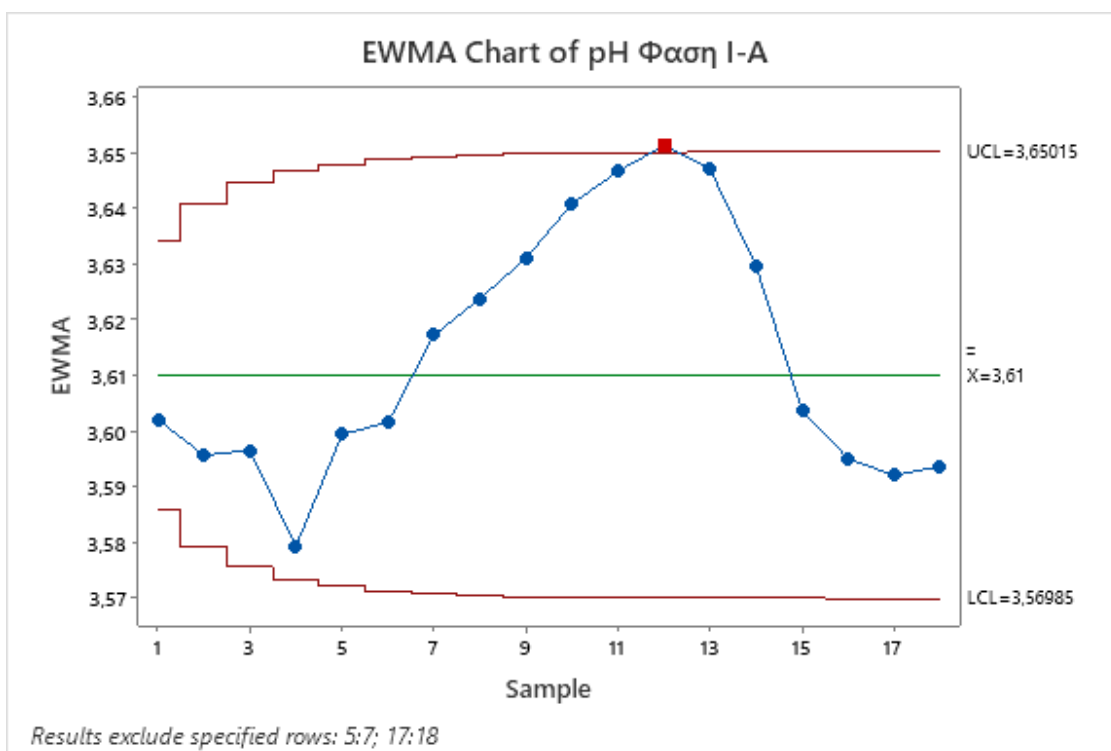
Test Results for EWMA Chart of pH Φάση I

TEST 1. One point more than 3,00 standard deviations from center line.

Test Failed at points: 5; 6; 7; 17; 18

Η γραφική αναπαράσταση 6.28 απεικονίζει ξεκάθαρα την παρουσία μιας ακολουθίας σημείων δεδομένων που βρίσκονται εκτός των καθορισμένων ορίων ελέγχου. Συγκεκριμένα, η στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε δείχνει ότι η 5, 6, 7, 17, 18 τα σημεία πέφτουν πάνω και κάτω από τα όρια ελέγχου που σημαίνει ότι η διαδικασία θεωρείται ότι είναι εκτός στατιστικού ελέγχου.

Αφαιρώντας αυτά τα σημεία θα έχουμε το παρακάτω διάγραμμα:



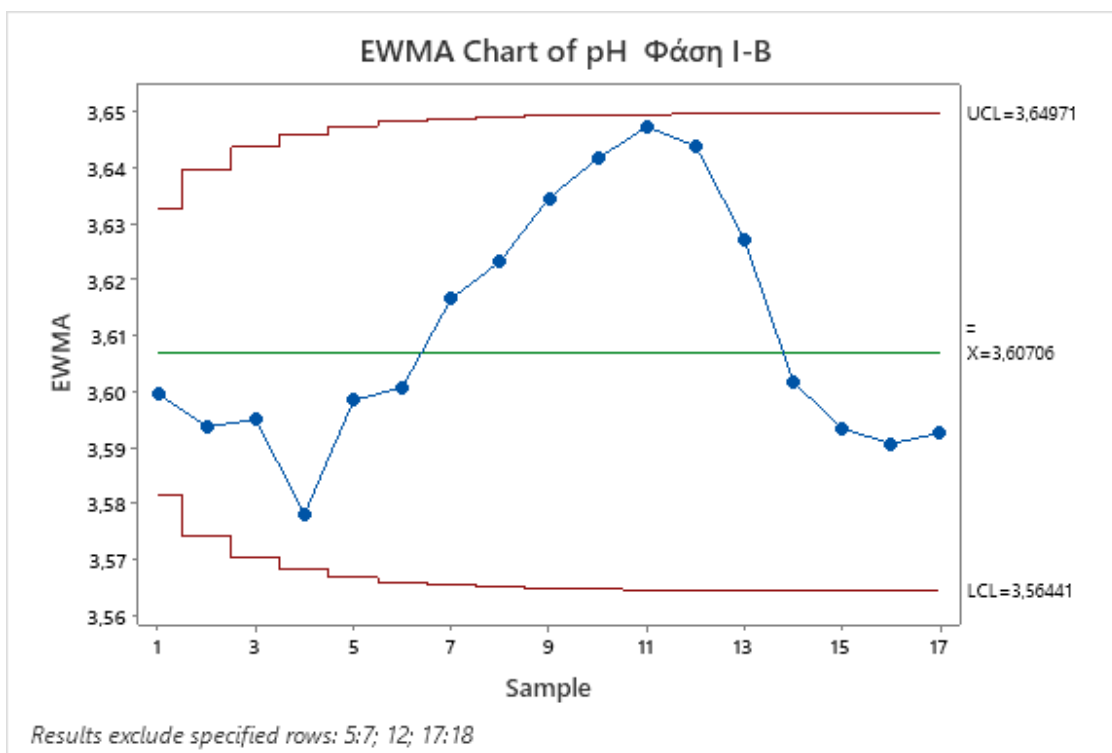
Διάγραμμα 6.29 ΔΕ EWMA pH – Φάσης I-A

Test Results for EWMA Chart of pH Φάση I-A

TEST 1. One point more than 3,00 standard deviations from center line.

Test Failed at points: 12

Παρατηρούμε στο διάγραμμα 6.29 ότι ακόμη υπάρχει το σημείο 12 που είναι εκτός των άνω ορίων ,θα το αφαιρέσουμε και τελικά θα έχουμε το παρακάτω διάγραμμά:

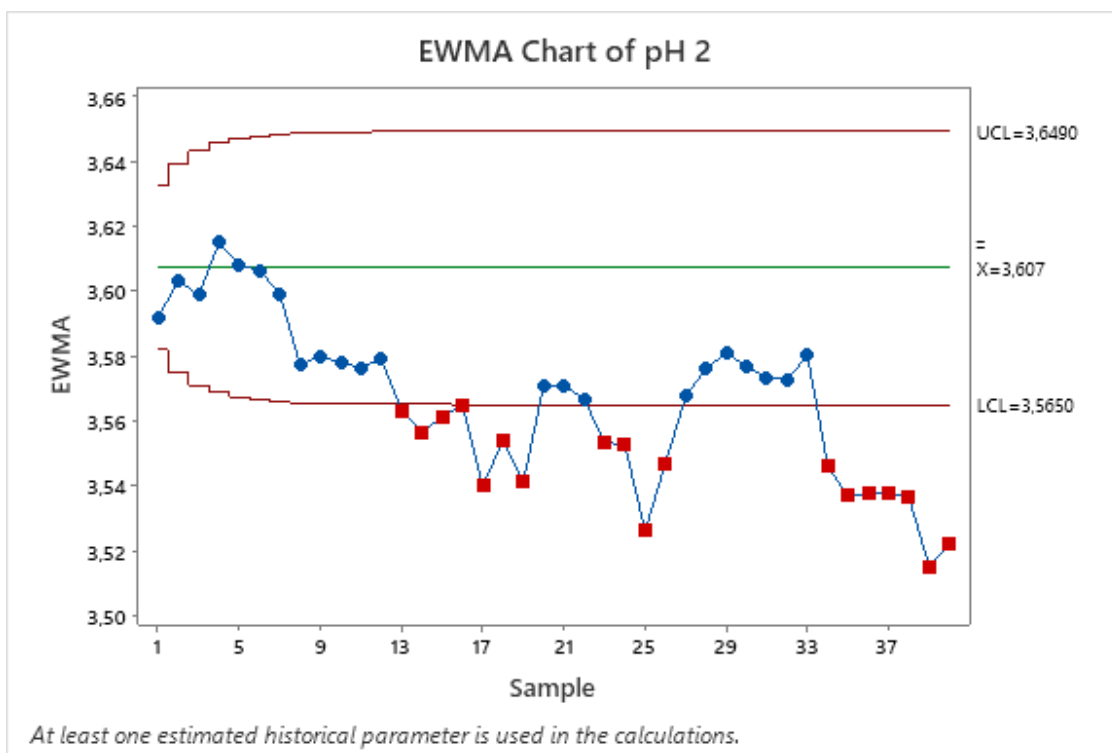


Διάγραμμα 6.30 ΔΕ EWMA pH – Φάσης I-B

Με βάση το διάγραμμα ελέγχου 6.30 που απεικονίζεται παραπάνω, η απουσία σημείων δεδομένων που υπερβαίνουν τα όρια ελέγχου υποδηλώνει ότι η αρχική φάση έχει ολοκληρωθεί και η διαδικασία εργασίας μπορεί να θεωρηθεί ότι βρίσκεται υπό στατιστικό έλεγχο. Επομένως θα έχουμε: $\hat{\mu} = \bar{X} = 3,607$ και $\hat{\sigma} = 0,042$, $UCL = 3,65$ και $LCL = 3,56$ τα οποία και θα είναι τα όρια ελέγχου του διαγράμματος EWMA για την μελέτη Φάσης II.

6.4.2 Μελέτη φάσης II pH συσκευασία κιλού

Στη συνέχεια, κατά τη φάση II της διαδικασίας επαλήθευσης, επαναλαμβάνουμε την κατασκευή ενός διαγράμματος ελέγχου χρησιμοποιώντας τον εκθετικά σταθμισμένο κινητό μέσο όρο (EWMA) μεμονωμένων τιμών. Αυτό γίνεται για να επιβεβαιωθεί εάν η διαδικασία που πιστοποιήθηκε κατά τη Φάση I συνεχίζει να πληροί τα απαιτούμενα πρότυπα.



Διάγραμμα 6.31 ΔΕ EWMA pH – Φάσης II

Test Results for EWMA Chart of pH 2

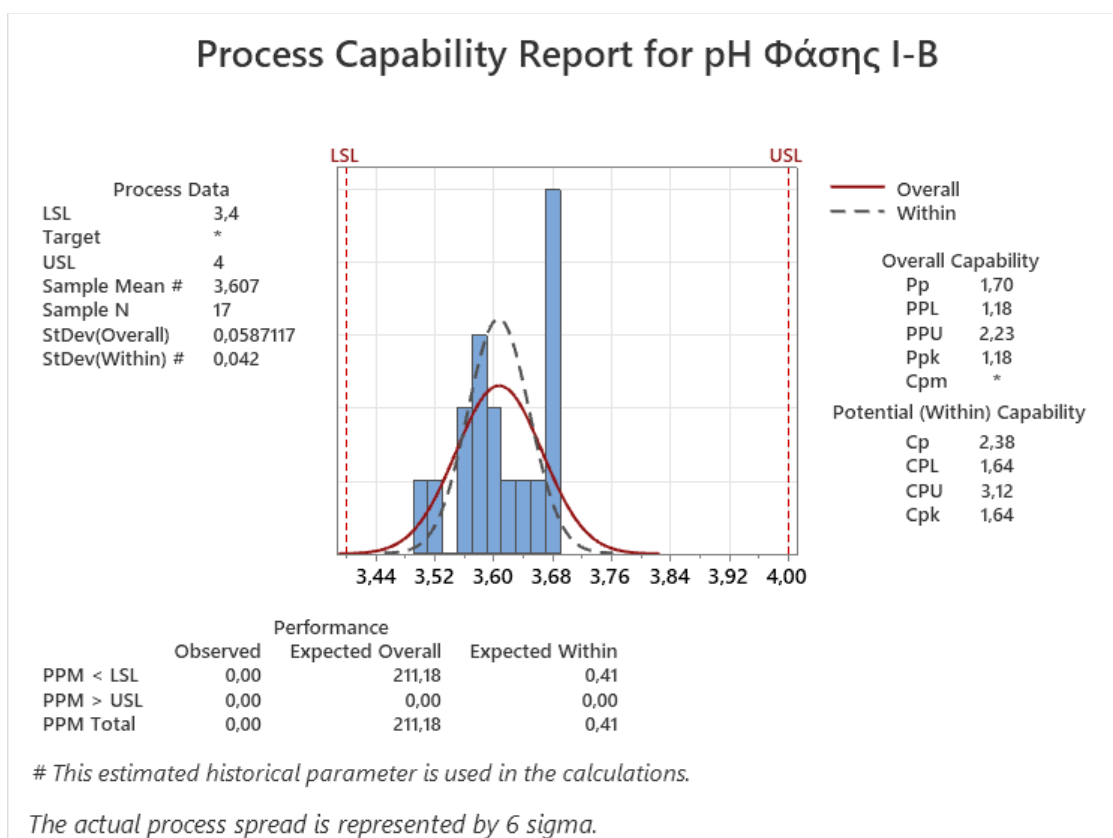
TEST 1. One point more than 3,00 standard deviations from center line.

Test Failed at points: 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 23; 24; 25; 26; 34; 35; 36; 37; 38; 39; 40

Η γραφική αναπαράσταση 6.31 απεικονίζει ξεκάθαρα την παρουσία μιας ακολουθίας σημείων δεδομένων που βρίσκονται εκτός των καθορισμένων ορίων ελέγχου. Συγκεκριμένα, η στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε δείχνει ότι 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 23, 24, 25, 26, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40 τα σημεία πέφτουν κάτω από το κατώτερο όριο ελέγχου που σημαίνει ότι η διαδικασία θεωρείται ότι είναι εκτός στατιστικού ελέγχου. Το χαμηλό pH που λαμβάνουμε από τις μετρήσεις του τελικού προϊόντος είναι ένδειξη ότι κάποια παρτίδα πρώτης ύλης ροδάκινων είχε χαμηλότερα pH και σε συνδυασμό με το κιτρικό οξύ μειώθηκε το συνολικό pH του τελικού προϊόντος.

6.4.3 Ανάλυση ικανότητας διεργασίας

Για τον υπολογισμό των δεικτών ικανότητας διεργασίας, είναι απαραίτητο να επαληθευτεί ότι η διαδικασία λειτουργεί εντός αποδεκτών ορίων. Αυτή η συνθήκη ικανοποιείται αποκλειστικά κατά τη φάση I-B, και ως εκ τούτου, θα χρησιμοποιήσουμε τα δεδομένα αυτής της φάσης για τον προσδιορισμό των δεικτών. Με τα εξής όρια pH: $LSL = 3,4$, $USL = 4$



Διάγραμμα 6.32 Ανάλυση Ικανότητας Διεργασίας pH -Φάση I

Η εταιρεία αναφέρει ότι το αποδεκτό εύρος πρέπει να είναι 3,4-4 pH. Συγκεκριμένα το κάτω είναι ορισμένο από την ίδια και το πάνω από την νομοθεσία (ορίζει μόνο το άνω). Η εξέταση των προαναφερθέντων δεδομένων, το διάγραμμα 6.32 δείχνει ότι η διαδικασία αυτή τη στιγμή επιτυγχάνει να δημιουργήσει προϊόντα που πληρούν τις απαιτούμενες προδιαγραφές. Παρατηρήσαμε ότι η τιμή του δείκτη δυνατότητας διεργασίας $Cp = 2,38 > 1,33$ είναι σούπερ εξαιρετική. Όσον αφορά τους δείκτες για την τρέχουσα ικανότητα της διεργασίας η τιμή του δείκτη $Cpk = \min\{Cpl, Cpu\} = 1,64$ είναι

μεγαλύτερος από την ελάχιστη αποδεκτή τιμή του 1,5, ο δείκτης $C_{pu} = 3,12$ είναι εξαιρετικός και ο δείκτης $C_{pl} = 1,64$ είναι μεγαλύτερος 1,5. Αυτό δείχνει ότι η διαδικασία είναι εξαιρετικά καλή στην παραγωγή μονάδων που πληρούν το ανώτερο και κατώτερο όριο προδιαγραφών. Η Επίδοση Διεργασίας (ΕΔ) θα είναι: $ED = 3C_{pk} + 1.5 = 3 \times 1,64 + 1.5 = 6,42$, τιμή πάνω από 6σ, επομένως έχει επιτευχθεί η απόδοση 6σ, που θεωρείται η επιθυμητή. Η πιθανότητα να παράγει προϊόντα ελαττωματικά προς τα κάτω ανά εκατομμύριο $PPM < LSL$ ισούνται με 0,41 δηλαδή η διεργασία έχει μεν ποσοστό ελαττωματικών 0,000041 % που είναι μικρότερη από την τιμή $PPM=3,4$, για την οποία έχει παρατηρηθεί ότι έχουμε απόδοση 6σ. Έχουμε την ένδειξη μιας πετυχημένης παστερίωσης.

6.5 Στατιστική ανάλυση του ποιοτικού χαρακτηριστικού:

Σκληρότητας μισόκαρπων κομπόστας κιλού

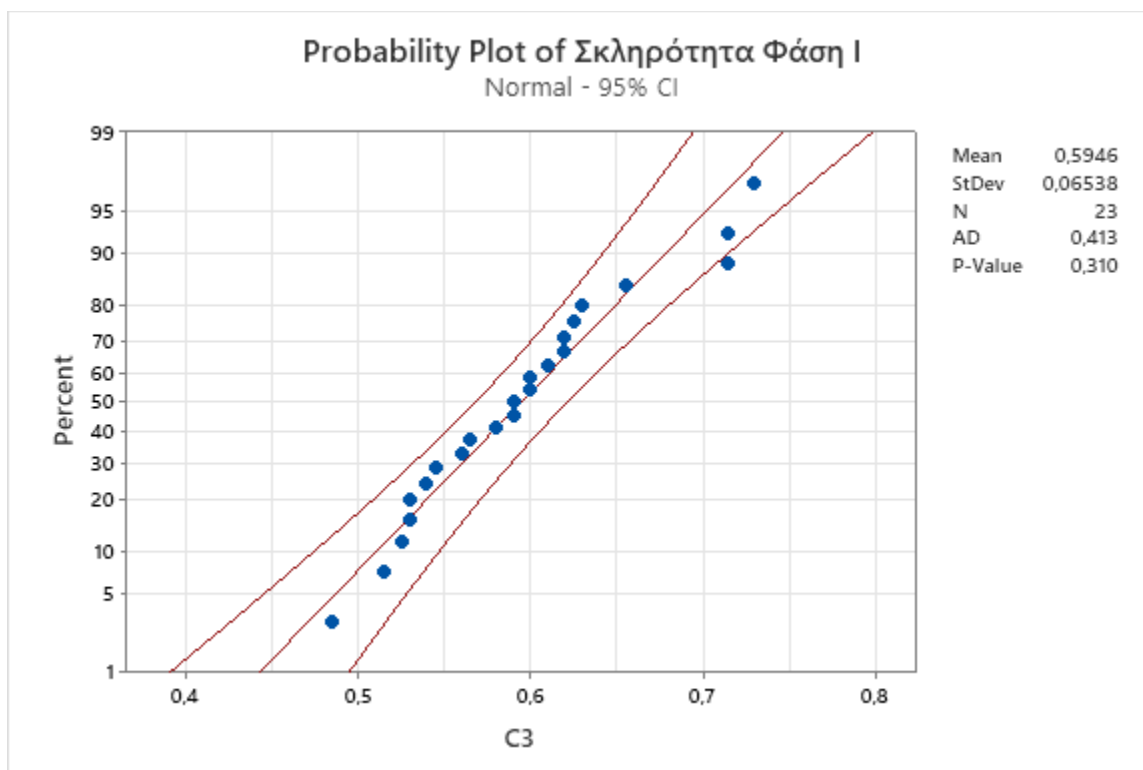
Ο Πίνακας 6.7 παρουσιάζει τις μετρήσεις σκληρότητας (kg/cm^2) σε δυο σημεία του μεσοκαρπίου από συσκευασίες του κιλού που καταγράφηκαν στον συνεταιρισμό κομποστοποίησης ροδάκινων, οργανωμένες χρονολογικά κατά ημερομηνία και ώρα.

A/A	Ημερομηνία - ώρα	M.T	A/A	Ημερομηνία - ώρα	M.T
1	7/8/23-06:00	0,715	33	8/8/23-18:00	0,565
2	7/8/23-07:00	0,655	34	8/8/23-20:00	0,445
3	7/8/23-08:00	0,715	35	8/8/23-21:00	0,5
4	7/8/23-09:00	0,73	36	8/8/23-22:00	0,45
5	7/8/23-10:00	0,63	37	8/8/23-23:00	0,505
6	7/8/23-12:00	0,61	38	9/8/23-00:00	0,45
7	7/8/23-13:00	0,62	39	9/8/23-01:00	0,42
8	7/8/23-14:00	0,59	40	9/8/23-02:00	0,52
9	7/8/23-15:00	0,62	41	9/8/23-04:00	0,5
10	7/8/23-16:00	0,6	42	9/8/23-05:00	0,51
11	7/8/23-17:00	0,56	43	9/8/23-06:00	0,57
12	7/8/23-18:00	0,53	44	9/8/23-07:00	0,655
13	7/8/23-20:00	0,58	45	9/8/23-08:00	0,545
14	7/8/23-21:00	0,54	46	9/8/23-09:00	0,525
15	7/8/23-22:00	0,59	47	9/8/23-10:00	0,5
16	7/8/23-23:00	0,53	48	9/8/23-12:00	0,45
17	8/8/23-00:00	0,565	49	9/8/23-13:00	0,55
18	8/8/23-01:00	0,545	50	9/8/23-14:00	0,51
19	8/8/23-02:00	0,515	51	9/8/23-15:00	0,61
20	8/8/23-04:00	0,525	52	9/8/23-16:00	0,56
21	8/8/23-05:00	0,485	53	9/8/23-17:00	0,53
22	8/8/23-06:00	0,6	54	9/8/23-18:00	0,555
23	8/8/23-07:00	0,625	55	9/8/23-20:00	0,53
24	8/8/23-08:00	0,58	56	9/8/23-21:00	0,53
25	8/8/23-09:00	0,585	57	9/8/23-22:00	0,3
26	8/8/23-10:00	0,615	58	9/8/23-23:00	0,39
27	8/8/23-12:00	0,66	59	10/8/23-00:00	0,45
28	8/8/23-13:00	0,625	60	10/8/23-01:00	0,42
29	8/8/23-14:00	0,57	61	10/8/23-02:00	0,405
30	8/8/23-15:00	0,6	62	10/8/23-04:00	0,43
31	8/8/23-16:00	0,55	63	10/8/23-05:00	0,48
32	8/8/23-17:00	0,565			

Πίνακας 6.7 Μετρήσεις σκληρότητας (kg/cm^2)

6.5.1 Μελέτη Φάσης I σκληρότητας

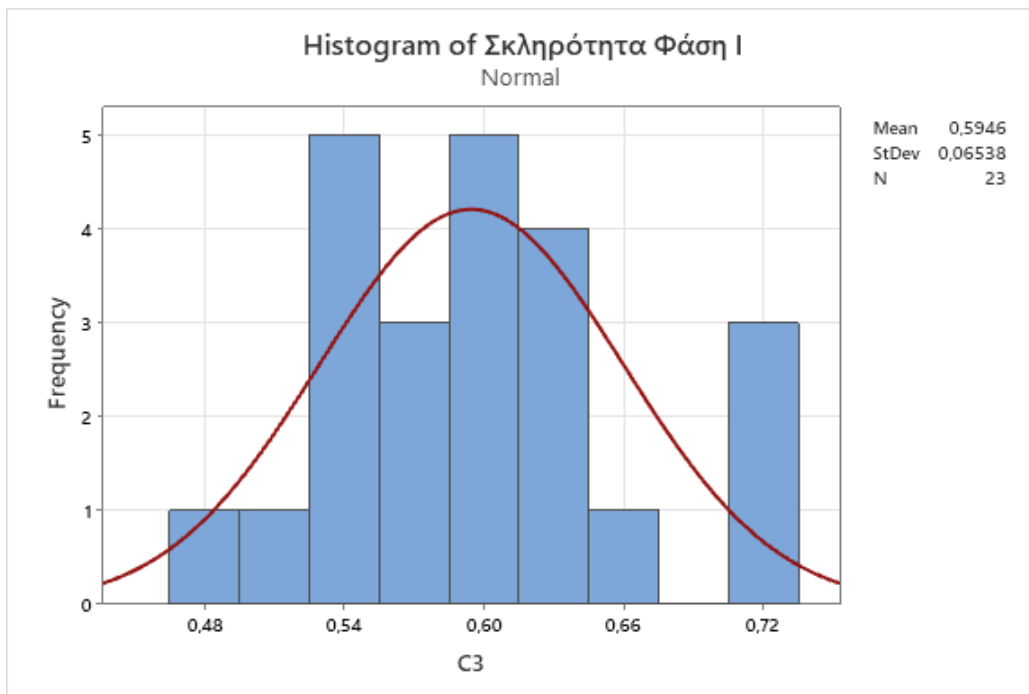
Προκειμένου να επιτευχθεί η πιο ακριβής εκτίμηση των παραμέτρων του χαρακτηριστικού που μελετάται, τα ιστορικά δεδομένα από τις πρώτες 23 μετρήσεις της αναδρομικής φάσης I εξετάζονται ως προς την κανονικότητα.



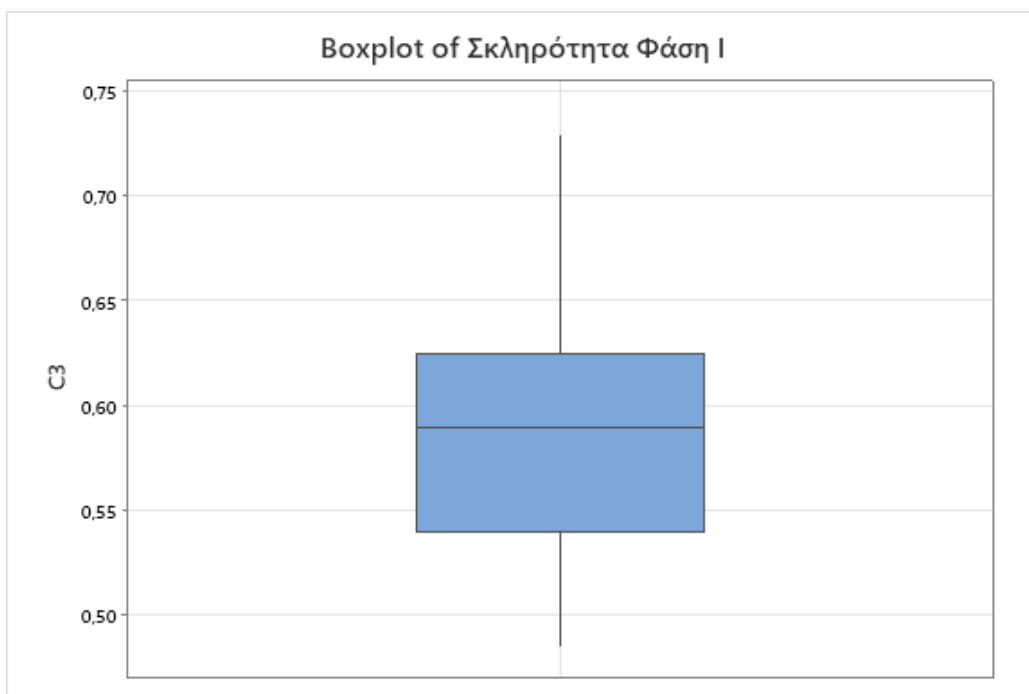
Διάγραμμα 6.33 Έλεγχος κανονικότητας Σκληρότητας - Φάσης I

Στο διάγραμμα 6.33 η τιμή p υπερβαίνει το συμβατικό όριο του 5%, επιτρέποντάς μας έτσι να συμπεράνουμε ότι το σύνολο δεδομένων μας συμμορφώνεται με μια κανονική κατανομή. Η ανάλυση του ελέγχου Anderson-Darling μας αποδίδει μια τιμή p-value=0,413, η οποία είναι μεγαλύτερη από το προκαθορισμένο επίπεδο σημαντικότητας $\alpha=0,05$. Κατά συνέπεια, αποδεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση ότι η κατανομή του πληθυσμού που βασίζεται στα δεδομένα είναι πράγματι κανονική.

Θα συνεχίσουμε με την ανάπτυξη ενός ιστογράμματος και ενός θηκογράμματος:



Διάγραμμα 6.34 Ιστόγραμμα Σκληρότητας - Φάσης I



Διάγραμμα 6.35 Θηκόγραμμα Σκληρότητας - Φάσης I

Το ιστόγραμμα 6.34 παρέχει ενδείξεις κανονικής κατανομής, ενώ στο θηκόγραμμα 6.35 δεν υπάρχει εξωκείμενη τιμή. Θα εκτιμηθεί η παρουσία αυτοσυσχέτισης στις πρώτες 23 μετρήσεις :

Descriptive Statistics

N	K	Number of Observations	
		$\leq K$	$> K$
23	0,594565	12	11

$K = \text{sample mean}$

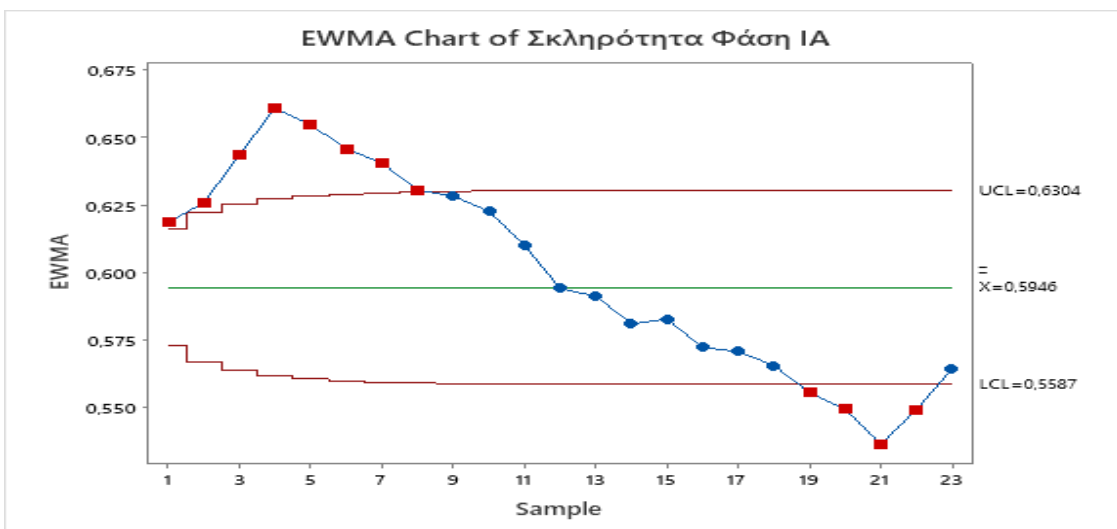
Test

Null hypothesis H_0 : The order of the data is random
Alternative hypothesis H_1 : The order of the data is not random

Number of Runs

Observed	Expected	P-Value
5	12,48	0,001

Με βάση τη σημασία της τιμής $p - value = 0 < 0,05$, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται, υποδηλώνοντας την παρουσία αυτοσυσχέτισης στα δεδομένα. Συνεπώς, για να εκτιμηθεί η κατάσταση ελέγχου διεργασίας, συνιστάται η χρήση ενός γραφήματος εκθετικά σταθμισμένου κινητού μέσου όρου (EWMA), το οποίο είναι πιο κατάλληλο για καταστάσεις που περιλαμβάνουν μη κανονικότητα ή αυτοσυσχέτιση των δεδομένων.



Διάγραμμα 6.36 ΔΕ EWMA Σκληρότητας- Φάση ΙΑ

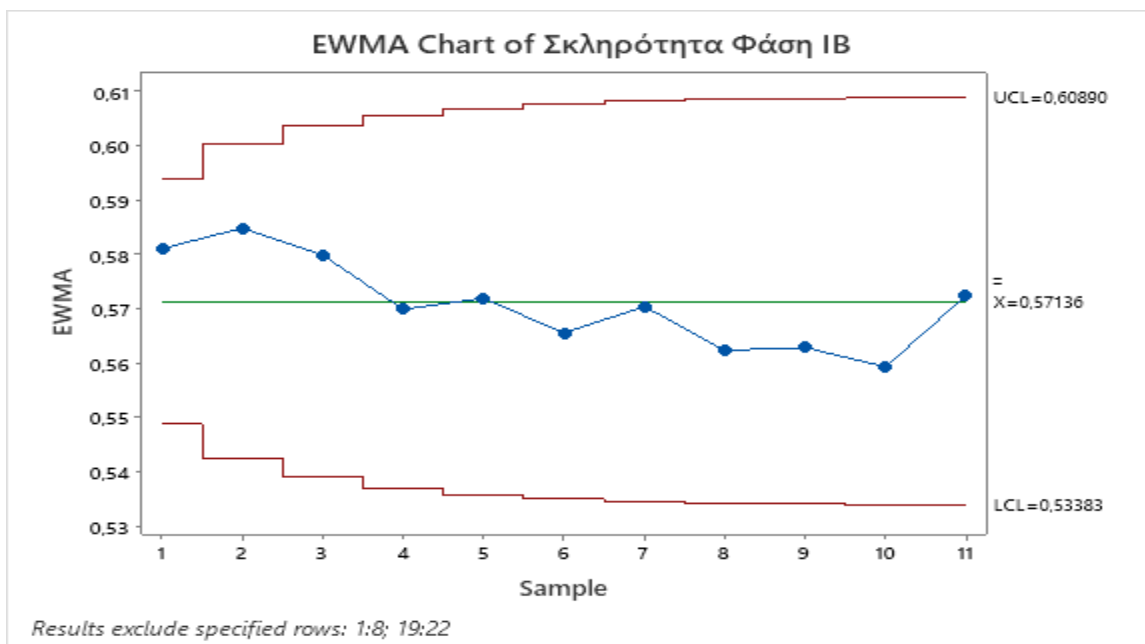
Test Results for EWMA Chart of C3

TEST 1. One point more than 3,00 standard deviations from center line.

Test Failed at points: 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 19; 20; 21; 22

Η γραφική αναπαράσταση 6.36 απεικονίζει ξεκάθαρα την παρουσία μιας ακολουθίας σημείων δεδομένων που βρίσκονται εκτός των καθορισμένων ορίων ελέγχου. Συγκεκριμένα, η στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε δείχνει ότι η 1-8, 19, 20, 21, 22 τα σημεία πέφτουν πάνω και κάτω από τα όρια ελέγχου που σημαίνει ότι η διαδικασία θεωρείται ότι είναι εκτός στατιστικού ελέγχου.

Αφαιρώντας αυτά τα σημεία θα έχουμε το παρακάτω διάγραμμα:

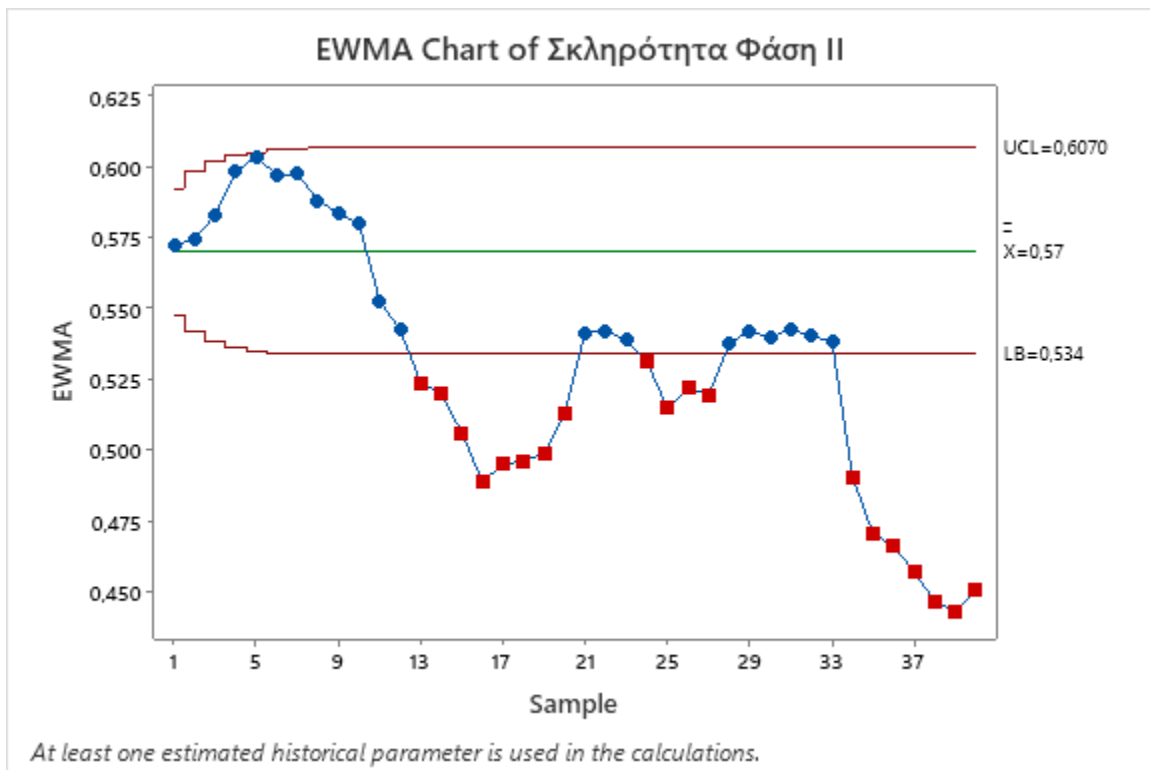


Διάγραμμα 6.37 ΔΕ EWMA Σκληρότητας– Φάση IB

Με βάση το διάγραμμα ελέγχου 6.37 που απεικονίζεται παραπάνω, η απουσία σημείων δεδομένων που υπερβαίνουν τα όρια ελέγχου υποδηλώνει ότι η αρχική φάση έχει ολοκληρωθεί και η διαδικασία εργασίας μπορεί να θεωρηθεί ότι βρίσκεται υπό στατιστικό έλεγχο. Επομένως θα έχουμε: $\hat{\mu} = \bar{X} = 0,57$ και $\hat{\sigma} = 0,037$, $UCL = 0,609$ και $LCL = 0,534$ τα οποία και θα είναι τα όρια ελέγχου του διαγράμματος EWMA για την μελέτη Φάσης II.

6.5.2 Μελέτη Φάσης II σκληρότητας

Στη συνέχεια, κατά τη φάση II της διαδικασίας επαλήθευσης, επαναλαμβάνουμε την κατασκευή ενός διαγράμματος ελέγχου χρησιμοποιώντας τον εκθετικά σταθμισμένο κινητό μέσο όρο (EWMA) μεμονωμένων τιμών. Αυτό γίνεται για να επιβεβαιωθεί εάν η διαδικασία που πιστοποιήθηκε κατά τη Φάση I συνεχίζει να πληροί τα απαιτούμενα πρότυπα.



Διάγραμμα 6.38 ΔΕ EWMA Σκληρότητας– Φάση II

Test Results for EWMA Chart of C4

TEST 1. One point more than 3,00 standard deviations from center line.

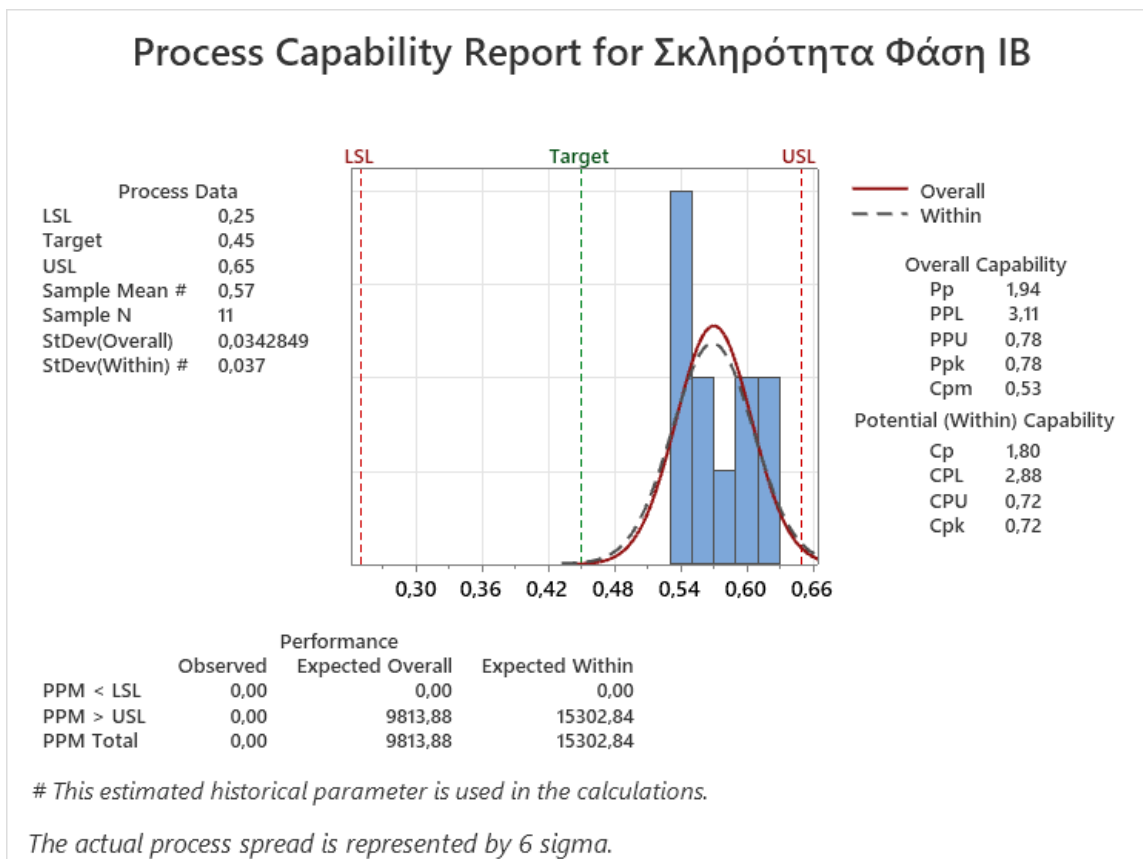
Test Failed at points: 13; 14; 15; 16; 17; 18; 19; 20; 24; 25; 26; 27; 34; 35; 36; 37; 38; 39; 40

Η γραφική αναπαράσταση 6.38 απεικονίζει ξεκάθαρα την παρουσία μιας ακολουθίας σημείων δεδομένων που βρίσκονται εκτός των καθορισμένων ορίων ελέγχου. Συγκεκριμένα, η στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε δείχνει ότι 13-20, 24-27, 34-40, τα σημεία πέφτουν κάτω από το κατώτερο όριο ελέγχου που σημαίνει ότι η διαδικασία θεωρείται ότι είναι εκτός στατιστικού ελέγχου. Η κίνηση του διαγράμματος προς το κάτω

όριο είναι ένδειξη ότι υπάρχει παρτίδα-ποικιλία ροδάκινων που είναι πιο ώριμη από την προηγούμενη.

6.5.3 Ανάλυση ικανότητας διεργασίας

Για τον υπολογισμό των δεικτών ικανότητας διεργασίας, είναι απαραίτητο να επαληθευτεί ότι η διαδικασία λειτουργεί εντός αποδεκτών ορίων. Αυτή η συνθήκη ικανοποιείται αποκλειστικά κατά τη φάση IB, και ως εκ τούτου, θα χρησιμοποιήσουμε τα δεδομένα αυτής της φάσης για τον προσδιορισμό των δεικτών. Με τα εξής όρια σκληρότητας: $LSL = 0,25\text{kg/cm}^2$, $USL = 0,65\text{kg/cm}^2$ με στόχο τα $0,45\text{ kg/cm}^2$



Διάγραμμα 6.39 Ανάλυση Ικανότητας Διεργασίας Σκληρότητας -Φάση IB

Η εταιρεία έχει θεσπίσει εσωτερικές προδιαγραφές για την σκληρότητα, με βάση μια συγκεκριμένη απαίτηση του πελάτη, η οποία αναφέρει ότι το αποδεκτό εύρος είναι 0,25-0,65 kg/cm². Η εξέταση των προαναφερθέντων δεδομένων, το διάγραμμα 6.39 δείχνει ότι η διαδικασία αυτή τη στιγμή επιτυγχάνει να δημιουργήσει προϊόντα που πληρούν τις απαιτούμενες προδιαγραφές. Παρατηρήσαμε ότι η τιμή του δείκτη δυνατότητας διεργασίας $Cp = 1,8 > 1,33$ είναι εξαιρετικός. Όσον αφορά τους δείκτες για την τρέχουσα ικανότητα της διεργασίας η τιμή του δείκτη $Cpk = \min\{Cpl, Cpu\} = 0,72$ είναι μικρότερος από την ελάχιστη αποδεκτή τιμή του 1,5, ο δείκτης $Cpu = 0,72$ είναι κακός και ο δείκτης $Cpl = 2,88$ είναι πολύ μεγαλύτερος από 1,5. Αυτό δείχνει ότι η διαδικασία είναι πολύ καλή στην παραγωγή μονάδων που πληρούν το κατώτερο και κακή για το ανώτερο όριο προδιαγραφών. Η Επίδοση Διεργασίας (ΕΔ) θα είναι: $ED = 3Cpk + 1.5 = 3 \times 0,72 + 1.5 = 3,66$, τιμή είναι πολύ κάτω από 6σ, επομένως δεν έχει επιτευχθεί η απόδοση 6σ, που θεωρείται η επιθυμητή. Η πιθανότητα να παράγει προϊόντα ελαττωματικά προς τα κάτω ανά εκατομμύριο $PPM < LSL$ ισούνται με μηδέν ενώ για $PPM > USL$ ισούνται με 15302,84 δηλαδή η διεργασία έχει μεν ποσοστό ελαττωματικών 1,530284% που είναι ανησυχητικά μεγάλη από την τιμή $PPM=3,4$ για την οποία έχει παρατηρηθεί ότι έχουμε απόδοση 6σ.

Κατά συνέπεια, η διαδικασία πρέπει να επανεκτιμηθεί διεξοδικά καθώς υπάρχει η πιθανότητα να παραχθούν προϊόντα που να υπερβαίνουν τα άνω όρια προδιαγραφών που όρισε η εταιρία. Προκειμένου να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις του πελάτη, η εταιρεία πρέπει να παρακολουθεί στενά τη διαδικασία και να εφαρμόζει διορθωτικά μέτρα για την επίτευξη του προαναφερθέντος στόχου. Θα πρέπει άμεσα να ληφθούν μέτρα **μείωσης των τυπικών αποκλίσεων των διεργασιών και μετατόπισης των δειγματικών μέσων** πλησιέστερα στο κέντρο των προδιαγραφών (στη τιμή 0,45kg/cm²). Αυτό μπορεί να διορθωθεί με το να αυξήσουμε τον χρόνο παραμονής στην διαδικασία παστερίωσης των τελικών συσκευασιών με αποτέλεσμα να μειώσουμε την σκληρότητα και να πετύχουμε τον επιθυμητό στόχο.

7 Συμπεράσματα - Προτάσεις

Η αξιοποίηση των ΔΕ πραγματοποιήθηκε σε δύο στάδια, δηλαδή την αναδρομική φάση και την πλήρη λειτουργική φάση, για καθεμία από τις πέντε παραμέτρους που διερευνήθηκαν. Προκειμένου να παρακολουθήσουμε και να ελέγξουμε τα πέντε χαρακτηριστικά, δηλαδή το καθαρό και στραγγισμένο βάρος με $n=7$ σε $m=100$ δείγματα ανά μισάωρο μισόκαρπων συσκευασιών με την κατασκευή ΔΕ \bar{x} -R που θεωρείται κατάλληλο για τέτοιες περιπτώσεις και για τα μεμονωμένα $n=1$ δείγματα σε σύνολο $m=63$ δειγμάτων ανά ώρα brix, pH και σκληρότητας των μεσοκαρπίων, αναπτύξαμε διαγράμματα ΔΕ I-MR και εκθετικά σταθμισμένο κινητό μέσο όρο (EWMA).

Καθαρό Βάρος

Η αναδρομική μελέτη Φάσης I περιλάμβανε μετρήσεις που αφορούν $n = 7$ δείγματα από διαφορετικές συσκευασίες μισόκαρπων ανά μισή ώρα σε ένα σύνολο δειγμάτων $m = 43$. Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, δεν είχαμε κανονική κατανομή, είχαμε οχτώ εξωκείμενες τιμές και με την χρήση \bar{x} -R βρισκόμαστε εκτός ορίων σε τέσσερις τιμές που κινούνται πάνω από τρεις τυπικές αποκλίσεις από την κεντρική γραμμή. Προχωρήσαμε στην αφαίρεση αυτών και στην Φάση I τελικό καταλήγουμε να είμαστε εντός στατιστικού ελέγχου.

Προχωράμε στην Φάση II της πλήρους λειτουργίας των επομένων $m = 57$ δειγμάτων με $n = 7$ διαφορετικών δειγματικών μετρήσεων. Σε αυτήν την φάση, προσδιορίζεται ότι το σύστημα έχει επιτύχει σταθερότητα και παραμένει εντός στατιστικού ελέγχου. Δεν παρατηρούνται αποκλίσεις από τις αναμενόμενες τιμές και δεν υπάρχει ένδειξη οποιουδήποτε ευδιάκριτου μοτίβου.

Ο δείκτης ικανότητας διεργασίας βρέθηκε να είναι $Cp = 3,91$ μεγαλύτερος από 1,33, υποδεικνύοντας ότι η διαδικασία έχει ισχυρή ικανότητα να παράγει προϊόντα εντός των καθορισμένων απαιτήσεων και προδιαγραφών. Το $Cpk = 1,54$, με δείκτες $Cpu = 1,54$ και $Cpl = 6,29$, να δείχνει ότι η διαδικασία είναι εξαιρετική στην παραγωγή μονάδων που πληρούν το κατώτερο και ανώτερο όριο προδιαγραφών.

Στραγγιστό Βάρος

Η αναδρομική μελέτη Φάσης I περιλάμβανε μετρήσεις που αφορούν $n = 7$ δείγματα από διαφορετικές συσκευασίες μισόκαρπων ανά μισή ώρα σε ένα σύνολο δειγμάτων $m = 43$. Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, δεν είχαμε κανονική κατανομή, είχαμε δυο εξωκείμενες τιμές, η στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με την χρήση xbar-R όπου τα σημεία 20 και 27 στο διάγραμμα μέσου ορού κινούνται πάνω από τρεις τυπικές αποκλίσεις από την κεντρική γραμμή. Προχωρήσαμε στην αφαίρεση των τιμών αυτών στην Φάσης I καταλήγοντας να είμαστε πάλι εκτός στατιστικού ελέγχου στο 15 δείγμα του διαγράμματος μέσων, το οποίο αποκλίνει κατά τρεις τυπικές αποκλίσεις από τα υπόλοιπα σημεία των δεδομένων. Αφαιρώντας την τιμή αυτή καταλήξαμε να είμαστε εντός στατιστικού ελέγχου στην Φάση I τελική.

Προχωράμε στην Φάση II της πλήρους λειτουργίας των επομένων $m = 57$ δειγμάτων με $n = 7$ διαφορετικών δειγματικών μετρήσεων. Σε αυτήν την φάση παρατηρούμε τέσσερα δείγματα στο διάγραμμα μέσων να κινούνται πάνω από το άνω όριο αλλά και έχουμε εννέα συνεχόμενα σημεία από την κάτω πλευρά της κεντρικής γραμμής απεικονίζοντας ξεκάθαρα την παρουσία μιας ακολουθίας σημείων δεδομένων που βρίσκονται εκτός των καθορισμένων ορίων ελέγχου. Η μεταβολή προς τα πάνω οφείλεται στην τοποθέτηση περισσοτέρων ή μεγαλύτερων σε βάρος μεσοκάρπων στην συσκευασία, διότι όπως αναφέραμε δεν έχουν όλα την ίδια διάμετρο-βάρος. Θα μπορούσε να γίνει επανέλεγχος της παραγωγικής διαδικασίας στο στάδιο της ταξινόμησης μεγεθών με κόσκινα για την σωστή τοποθέτηση και την εύρυθμη λειτουργία τους.

Ο δείκτης ικανότητας διεργασίας βρέθηκε να είναι $Cp = 1,95$ μεγαλύτερος από 1,33, υποδεικνύοντας ότι η διαδικασία έχει πολύ καλή ικανότητα να παράγει προϊόντα εντός των καθορισμένων απαιτήσεων. Το $Cpk = 1,6$, με δείκτες $Cpu = 2,3$ και $Cpl = 1,60$, να έχουμε εξαιρετική παραγωγή μονάδων που πληρούν το κατώτερο και ανώτερο όριο προδιαγραφών.

Προκειμένου να βελτιώσει τη διαδικασία, η εταιρία θα μπορούσε να διεξάγει πειράματα αλλάζοντας τα όρια των προδιαγραφών τόσο στο στραγγιστό όσο και στο καθαρό βάρος. Αυτό θα μπορούσε να συνεπάγεται τη θέσπιση ενός στενότερου εύρους με την χρήση

συγκεκριμένης διαμέτρου και αριθμού μισόκαρπων στον περιέκτη και εν συνέχεια να γίνει επανεκτίμηση των δεικτών που προκύπτουν.

°Brix %

Η αναδρομική μελέτη φάσης I περιλάμβανε ανάλυση δεδομένων από 23 μεμονωμένες μετρήσεις. Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, είχαμε κανονική κατανομή, χωρίς εξωκείμενες τιμές, με ανεξαρτησία και δεν βρισκόμαστε εκτός ορίων ή να εντοπιστούν μη φυσιολογικά μοτίβα με την χρήση ΔΕ I-MR και EWMA αντίστοιχα, με αποτέλεσμα να προχωρήσουμε στη μελέτη της φάσης II πλήρους λειτουργίας των 40 μεμονωμένων μετρήσεων. Σε αυτήν την φάση, τα διαγράμματα ελέγχου ΔΕ I-MR εμφάνισε σημεία δεδομένων που δεν τηρούσαν τα άνω όρια ελέγχου και στατιστικού μοτίβου. Μια μεταβολή στο στραγγιστό βάρος προς τα κάτω όπου δεν έγινε αντιληπτή θα επηρέαζε τα brix προς τα πάνω. Προχωρήσαμε στην χρήση ΔΕ EWMA και βεβαιωθήκαμε ότι βρίσκεται σε κατάσταση στατιστικού ελέγχου.

Ο δείκτης ικανότητας διεργασίας βρέθηκε να είναι $Cp = 0,6$ κατά πολύ μικρότερος από 1,33, υποδεικνύοντας ότι η διαδικασία έχει κακή ικανότητα να παράγει προϊόντα εντός των καθορισμένων απαιτήσεων. Το $Cpk = 0,47$, με δείκτες $Cpu = 0,47$ και $Cpl = 0,72$, είναι προφανές ότι η τρέχουσα διαδικασία είναι εξαιρετικά ανεπαρκής. Η διαδικασία παρουσιάζει χαμηλή ακρίβεια όπως φαίνεται από την ευρεία κατανομή των μετρήσεων που εκτείνονται προς το ανώτερο όριο της προδιαγραφής. Αυτό υποδηλώνει ότι η διαδικασία είναι επιρρεπής στην παραγωγή προϊόντων που θα υπερβαίνουν τα καθορισμένα όρια, ειδικότερα το άνω όριο. Η εταιρεία πρέπει να εφαρμόσει μέτρα για τη μείωση της μεταβλητότητας της διαδικασίας και τη μετατόπιση της κατανομής προς το κέντρο των προδιαγραφών. Εντατικοποίηση των ελέγχων στο στραγγιστό βάρος και συστηματική παρακολούθηση της διαδικασίας πλήρωσης των περιεκτικών με σιρόπι κρίνεται απαραίτητη.

pH

Η αναδρομική μελέτη Φάσης I περιλάμβανε ανάλυση δεδομένων από 23 μεμονωμένες μετρήσεις. Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, είχαμε κανονική κατανομή, χωρίς

εξωκείμενες τιμές, παρουσία αυτοσυσχέτισης στα δεδομένα. Με την χρήση ΔΕ EWMA βρισκόμαστε εκτός ορίων σε 5 σημεία τα οποία και θα αφαιρέσουμε, επαναλαμβάνοντας την διαδικασία. Την νέα φάση θα την ονομάσουμε Φάση I-A όπου παρατηρούμε ότι σε ένα σημείο βρισκόμαστε εκτός ορίων. Η τιμή θα αφαιρεθεί και στην Φάση I-B καταλήγουμε να είμαστε εντός στατιστικού ελέγχου. Προχωρώντας στην μελέτη της φάσης II της πλήρους λειτουργίας των 40 μεμονωμένων μετρήσεων το διαγράμματα ελέγχου ΔΕ EWMA εμφάνισε σημεία δεδομένων που δεν τηρούσαν τα όρια στατιστικού ελέγχου, με τις τιμές να κινούνται κάτω από την μέση τιμή και κάποιες εκτός του κάτω ορίου. Το χαμηλό pH που λαμβάνουμε από τις μετρήσεις του τελικού προϊόντος της Φάσης II είναι ένδειξη ότι κάποια παρτίδα πρώτης ύλης ροδάκινων είχε χαμηλότερα pH και σε συνδυασμό με το κιτρικό οξύ μειώθηκε το συνολικό pH του τελικού προϊόντος.

Ο δείκτης ικανότητας διεργασίας βρέθηκε να είναι $Cp = 2,38$ κατά πολύ μεγαλύτερος από 1,33, υποδεικνύοντας ότι η διαδικασία έχει αρίστη ικανότητα να παράγει προϊόντα εντός των καθορισμένων απαιτήσεων. Το ίδιο και ο $Cpk = 1,64$, με δείκτες $Cpu = 3,12$ και $Cpl = 1,64$, είναι προφανές ότι η τρέχουσα διαδικασία είναι εξαιρετικά επαρκής.

ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ

Η αναδρομική μελέτη Φάσης IA περιλάμβανε ανάλυση δεδομένων από 23 μεμονωμένες μετρήσεις. Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, είχαμε κανονική κατανομή, χωρίς εξωκείμενες τιμές, παρουσία αυτοσυσχέτισης στα δεδομένα. Με την χρήση ΔΕ EWMA βρισκόμαστε εκτός ορίων σε 12 σημεία τα οποία θα αφαιρέσουμε επαναλαμβάνοντας την διαδικασία. Η τιμές θα αφαιρεθούν και στην Φάση IB καταλήγουμε να είμαστε εντός στατιστικού ελέγχου. Προχωρώντας στην μελέτη της φάσης II της πλήρους λειτουργίας των 40 μεμονωμένων μετρήσεων το διαγράμματα ελέγχου ΔΕ EWMA εμφάνισε σημεία δεδομένων που δεν τηρούσαν τα όρια στατιστικού ελέγχου, με τις τιμές να κινούνται κάτω από την μέση τιμή και κάποιες εκτός του κάτω ορίου. Η κίνηση του διαγράμματος προς το κάτω όριο είναι ένδειξη ότι υπάρχει παρτίδα ροδάκινων που είναι πιο ώριμη από την προηγούμενη.

Ο δείκτης ικανότητας διεργασίας βρέθηκε να είναι $Cp = 1,8$ μεγαλύτερος από 1,33, υποδεικνύοντας ότι η διαδικασία έχει καλή ικανότητα να παράγει προϊόντα εντός των καθορισμένων απαιτήσεων. Το $Cpk = 0,72$, με δείκτες $Cpu = 0,72$ και $Cpl = 2,88$, να έχουμε πολύ καλή στην παραγωγή μονάδων που πληρούν το κατώτερο και κακή για το ανώτερο όριο προδιαγραφών. Αυτό μπορεί να διορθωθεί με το να αυξήσουμε τον χρόνο παραμονής στην φάση της παραγωγικής διαδικασίας παστερίωσης των τελικών συσκευασιών με αποτέλεσμα να ελαττώσουμε την σκληρότητα και να πετύχουμε τον επιθυμητό στόχο.

Σύμφωνα με τα παραπάνω συμπεράσματα παρατηρούμε ότι είναι δυνατόν να έχουμε ικανοποιητική ικανότητα διεργασίας και να είμαστε εκτός στατιστικού ελέγχου σε διαγράμματα ελέγχου. Αν μια διαδικασία έχει ικανοποιητική ικανότητα διεργασίας, αυτό σημαίνει ότι η διαδικασία έχει τη δυνατότητα να παράγει προϊόντα που πληρούν τις προδιαγραφές. Αυτό δεν σημαίνει απαραίτητα ότι η διαδικασία είναι εκτός στατιστικού ελέγχου. Ο στατιστικός έλεγχος αφορά την παρακολούθηση της διαδικασίας με στόχο τον εντοπισμό τυχόν ειδικών αιτίων που μπορεί να επηρεάζουν την ποιότητα του προϊόντος.

Επομένως, είναι δυνατόν να έχουμε μια διαδικασία με ικανοποιητική ικανότητα διεργασίας αλλά να βρισκόμαστε εκτός στατιστικού ελέγχου λόγω της παρουσίας ειδικών αιτίων που δεν έχουν ανιχνευθεί ακόμα όπως συνέβη στις παραμέτρους pH, σκληρότητας και στραγγιστού βάρους. Αυτό σημαίνει ότι, αν και η διαδικασία μπορεί να παράγει προϊόντα που πληρούν τις προδιαγραφές, η διακύμανση της διαδικασίας είναι αρκετά μεγάλη ώστε να παρατηρούνται εκτεθειμένα σημεία εκτός των ορίων που θα έπρεπε να είναι για μια σταθερή διαδικασία. Αυτό το σενάριο υποδεικνύει την ανάγκη για στατιστικό έλεγχο παρακολουθώντας την διαδικασία και διασφαλίζοντας ότι παραμένει σταθερή και προβλέψιμη, ακόμα και αν η ικανότητα διεργασίας είναι ικανοποιητική.

Αντίστοιχα να βρισκόμαστε εντός στατιστικού ελέγχου σε διαγράμματα ελέγχου και να μην έχουμε ικανοποιητική ικανότητα διεργασίας. Έτσι, αν μια διαδικασία βρίσκεται εντός στατιστικού ελέγχου, αυτό μπορεί να είναι αποτέλεσμα της σταθερότητάς της στο χρόνο, όμως αυτό δεν σημαίνει απαραίτητα ότι η διαδικασία έχει ικανοποιητική ικανότητα διεργασίας. Για παράδειγμα, μια διαδικασία μπορεί να έχει μικρή διακύμανση και να

παραμένει εντός στατιστικού ελέγχου, αλλά αυτό ενδέχεται να μην είναι αρκετό για να εξασφαλίσει ότι τα παραγόμενα προϊόντα πληρούν τις προδιαγραφές ή να εξασφαλίσει σταθερή ποιότητα στο μέλλον όπως συνέβη στην περίπτωση του brix. Μια διαδικασία μπορεί να έχει υψηλή διακύμανση ή να μην είναι κεντραρισμένη στον στόχο, με αποτέλεσμα να μην έχει ικανοποιητική ικανότητα διεργασίας. Ταυτόχρονα, η μεγάλη διακύμανση μπορεί να οδηγήσει σε παρατηρήσεις εκτός των συνηθισμένων στατιστικών ορίων ελέγχου, καθιστώντας έτσι και τη διαδικασία εκτός στατιστικού ελέγχου. Η ικανότητα διεργασίας πρέπει να εξετάζεται ξεχωριστά από τον στατιστικό έλεγχο για να είμαστε βέβαιοι για την ποιότητα της διαδικασίας και των παραγόμενων προϊόντων. Συνεπώς, είναι σημαντικό να διατηρούμε τόσο την ικανότητα διεργασίας όσο και τον στατιστικό έλεγχο για να διασφαλίσουμε την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων.

Προτάσεις βελτίωσης: Σύμφωνα με όλες τις παραπάνω διαπιστώσεις έχουμε πολλούς παράγοντες να διαχειριστούμε και να ελέγξουμε που επηρεάζουν τις μεταβλητές μας, κάνοντας πολύπλοκο το έργο της επίτευξης των στόχων και ορίων ποιότητας που θέτει η εταιρία για να μπορέσει να πέτυχει το αναμενόμενο αποτέλεσμα που θέτει.

Το κύριο θέμα ποιοτικών προδιαγραφών που αντιμετωπίζουμε επικεντρώνεται στα brix και την σκληρότητα των μεσοκαρπίων. Επομένως θα μπορούσαμε να προτείνουμε μια μικρή αύξηση των παραμέτρων παστερίωσης (χρόνος και θερμοκρασία) η οποία θα αποσκοπούσε σε μια μείωση της περιεκτικότητας των σακχάρων (brix) και της σκληρότητας/υφής, χωρίς να επηρεάζεται ιδιαίτερα το pH ως προς την αύξηση του, ώστε η εταιρεία να βρίσκεται εντός των ορίων και στόχων που έχει ορίσει για την ποιοτική παραγωγή προϊόντων ανάλογα βέβαια με τις προτιμήσεις του εκάστοτε πελάτη της.

Επίσης μπορούν να εγκατασταθούν κατάλληλες γραμμές παραγωγής οι οποίες θα χρησιμοποιούν συγκεκριμένο μέγεθος μισόκαρπα ροδάκινα, με αποτέλεσμα την μείωση των μεγάλων αποκλίσεων κατά την μέτρηση του στραγγιστού και καθαρού βάρους στις τελικές συσκευασίες και πετυχαίνοντας ιδανικότερα αποτελέσματα στις μετρήσεις των brix. Βέβαια αυτό προϋποθέτει οι συμφωνίες και ο προγραμματισμός των συμβολαίων να γίνεται νωρίτερα από την έναρξη της παραγωγικής διαδικασίας.

Σε οποιοδήποτε σενάριο, η εφαρμογή μιας συστηματικής ενίσχυσης του ποιοτικού ελέγχου μέσω της ενσωμάτωσης ΔΕ που θα διεξάγονται συχνότερα θα βοηθούσε στην αναγνώριση των περιπτώσεων αποτυχίας, πιθανών σφαλμάτων και τελικά στην ενίσχυση της αποτελεσματικότητας της παραγωγικής διαδικασίας.

Βιβλιογραφικές αναφορές

Barrett, D.M. (1995). Product preparation and special treatments. *Perishables Handling Newsletter*,. Vol 81, pp.10-12.

Borucka, A., Kozłowski, E., Antosz, K., Parczewski, R. (2023). A new approach to production process capability assessment for Non-Normal Data, *MDPI. Applied Sciences* Vol. 13, p. 6721. <https://doi.org/10.3390/app13116721>

Cirilli, M., Bassi, D., Ciacciulli, A. (2016). Sugars in peach fruit: a breeding perspective. *Horticulture Research* Vol. 3, pp. 15067. <https://doi.org/10.1038/hortres.2015.67>

Durana, P., Kral, P., Stehel, V., LazaroIU, G., Sroka, W. (2019). Quality culture of manufacturing enterprises: A possible way to adaptation to industry 4.0. *MDPI. Social Sciences* Vol. 8, pp. 124-149. <https://doi.org/10.3390/socsci8040124>

Frank, A.G., Mendes, G.H.S., Ayala, N.F., Ghezzi, A. (2019). Servitization and Industry 4.0 convergence in the digital transformation of product firms: A business model innovation perspective. *Technological Forecasting and Social Change* Vol. 141, pp. 341-351. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.01.014>

Hamid N. A. , Hamzah F. H. A. , Noor R. M. , Azali N. M. (2018). Determinants of reinvestment allowance (ra) tax incentive utilization in embracing industry 4.0. *Polish Journal of Management Studies* Vol. 18, pp. 94-104. <http://dx.doi.org/10.17512/pjms.2018.18.2.08>

Hassoun, A., Jagtap, S., Garcia-Garcia, G., Trollman, H., Pteiro, M., Lorenzo, J.M., Trif, M., Rusu, A.V., Aadil, R.M., Simat, V., Cropotova, J., Camara, J.S. (2022). Food quality 4.0: From traditional approaches to digitalized automated analysis. *Journal of Food Engineering* Vol. 337, p. 111216. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.111216>

Kato-Noguchi, H., Watada, A.E. (1997). Citric acid reduces the respiration rate of fresh-cut carrots. *HortScience Vol 32*, p.136. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.32.1.137>.

McGlynn, W. (2016). The importance of food pH in commercial canning operations. *Oklahoma Cooperative Extension Service, Division of Agricultural Sciences and Natural Resources, Oklahoma State University*. <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/the-importance-of-food-ph-in-commercial-canning-operations.html>.

Lavelli, V., Pompei, C. and Casadei, M.A. (2009). Quality of nectarine and peach nectars as affected by lye-peeling and storage. *Food Chemistry Vol 115*, pp. 1291-1298. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.01.047>.

Lopez, A. (1981). *A Complete Course in Canning*, Baltimore, Maryland USA: Baltimore, Maryland USA.

McBean, D. (1953). Food preservation quarterly/Further Aspects of the preparation and storage of sugared fruit, Australia: the division food preservation and transport, commonwealth scientific and industrial research organization homebush new south wales Australia.

Nielsen, S.S. (2017). Food Analysis. *Springer international Publishing*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45776-5_10.

Minas, I., Tanou, G. and Molassiotis, A. (2018). Environmental and orchard bases of peach fruit quality, *Scientia Horticulturae, Vol 235*, pp. 307-322. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.01.028>

Mohelska, H. and Sokolova, M. (2018). Management approaches for industry 4.0 – the organizational culture perspective, *Technological and Economic Development of Economy. Vol 24*, pp. 2225-2240. <https://doi.org/10.3846/tede.2018.6397>.

Montgomery, D.C. (2009). Introduction to Statistical Quality Control, Wiley.

Pambrenia, Y., Khatibi, A., Azam, S.M., Tham, J. (2019). The influence of total quality management toward organization performance, *Management Science Letters* Vol. 9, pp. 1397 – 1406. <http://dx.doi.org/10.5267/j.msl.2019.5.011>.

Siddiq, M., Liavoga, A. and Greiby, I. (2012). Peaches and Nectarines: Handbook of Fruits and Fruit Processing, *wiley online library, chapter 30*, pp. 535-549. <https://doi-org.proxy.eap.gr/10.1002/9781118352533.ch30>.

Yadav, N., Shankar, R. and Singh, S.P. (2020). Impact of industry4.0/icts, lean six sigma and quality management systems on organisational performance, *The TQM Journal*, Vol. 32 No. 4, pp. 815-835. <https://doi.org/10.1108/TQM-10-2019-0251>.

Αθανασιάδης, Α., Σταυράκη, Σ. (2022). Βιομηχανία τροφίμων και ποτών, *ΣΕΒΤ*. http://iobe.gr/docs/research/RES_05_B_09062022_REP_GR.pdf.

Γεωργακάκος, Γ. (2002). Προηγμένα Εργαλεία και Μέθοδοι για τον Έλεγχο της Ποιότητας: Στατιστικός Έλεγχος Διεργασίας Τόμος Α΄. Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Γερασιμίδου, Θ. (2009). Η επίδραση του ασκορβικού οξέος και των συνθηκών συντήρησης στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του μεταποιημένου ροδάκινου, Θεσσαλονίκη: Μεταπτυχιακή διατριβή Α.Π.Θ.. <https://ikee.lib.auth.gr/record/114256/files/gerasimidou.pdf>.

Γραφανάκης, Δ. (2008). Βασικά Εργαλεία και Μέθοδοι για τον Έλεγχο της Ποιότητας: Εργαλεία Στατιστικού Ελέγχου Ποιότητας. Τευχίδιο Δ. Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΚ) αριθ. 1861/2004 .(2004). ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΚ) αριθ. 1861/2004, L_2004325EL.01001001.XML. https://publications.europa.eu/resource/cellar/42d62a2b-5d8f-41e6-afe6-de40fa822f7e.0004.03/DOC_1.

Καραουλάνης, Γ. (2005). Εργαστηριακές Αναλύσεις και Ποιοτικός Έλεγχος στις Βιομηχανίες Τροφίμων, Αθήνα: ΣΤΑΜΟΥΛΗ.

Καραουλάνης, Γ. (2008). Τεχνολογία Επεξεργασίας Οπωροκηπευτικών. Αθήνα: ΣΤΑΜΟΥΛΗΣ.

Καρσιώτη, Κ.Β. (2007). Επίδραση του φωτός και της θερμοκρασίας στο χρώμα και στην αντιοξειδωτική ικανότητα κομπόστας ροδακίνου σε διαφανή πλαστική συσκευασία
Θεσσαλονίκη: Μεταπτυχιακή διατριβή Α.Π.Θ
<https://ikee.lib.auth.gr/record/76051/files/gri-2007-590.pdf>.

Κούτρας, Μ. (2008). Προηγμένα Εργαλεία και Μέθοδοι για τον Έλεγχο της Ποιότητας: Θέματα Στατιστικού Ελέγχου Διεργασίας. τευχίδιο Α' (2008). Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της 3ης Νοεμβρίου 1998, ποιότητα νερού για ανθρώπινη κατανάλωση. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/ALL/?uri=CELEX%3A31998L0083>.

Πετρούλια, Μ. (2014). Δείκτες ικανότητας στο Στατιστικό Έλεγχο Διεργασιών, Αθήνα: Διπλωματική εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
[.https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/39797/petrouliam_indices.pdf?sequence=1](https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/39797/petrouliam_indices.pdf?sequence=1).

Μπερσίμης, Σ., Ρακιτζής, Α., Σαχλάς, Α. (2021). Στατιστικός έλεγχος ποιότητας : με χρήση του MINITAB και με ενδεικτικές εφαρμογές στο IBM SPSS STATISTICS, στην Python και στην R. Θεσσαλονίκη : Εκδόσεις Τζιόλα

Τσαρούχας, Π. και Ντέλιου Κ. (2018). Σύγχρονες Μέθοδοι στη Διοίκηση και Τεχνολογία Ποιότητας. ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ: ΔΙΣΙΓΜΑ.

Τσεκούρας, Γ. (2017). Διαγράμματα ελέγχου Shewhart και κανόνας ροών r/m, Πειραιάς: Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Πειραιώς

https://dione.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/unipi/10788/Tsekouras_Georgios.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Τσιώτρας, Γ. (2016). Διοίκηση Ολικής Ποιότητας Nicosia, Cyprus: Π.Χ. Πασχαλίδης/Broken Hill.

Χατζηλιάδου, Ν. (1989). Μεταλλική συσκευασία τροφίμων και ποτών, Αθήνα : Ινστιτούτο Εξαγωγικών Σπουδών.

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.