



Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής
Σχολή Επιστημών Τροφίμων
Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ, ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Τεχνικές Στατιστικού Ποιοτικού Ελέγχου σε Βιομη-
χανίες Τροφίμων με έμφαση στα σχήματα δειγματο-
ληψίας**

MSc Thesis

**Statistical Quality Control Techniques in Food Industries with
emphasis on sampling schemes**

ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ/NAME OF STUDENT

Δημήτριος Τούλης

Dimitrios Toulis

ΟΝΟΜΑ ΕΙΣΗΓΗΤΗ/NAME OF THE SUPERVISOR

Σπυρίδων Κοντελής

Spyridon Konteles

ΑΙΓΑΛΕΩ/AIGALEO 2023



Faculty of Food Sciences
Department of Food Science and Technology

Master of Science
FOOD INNOVATION, QUALITY AND SAFETY

MSc THESIS

**Statistical Quality Control Techniques in Food Industries with
emphasis on sampling schemes**

Dimitrios Toulis

21029

dimitriostoulis@yahoo.com

SUPERVISOR

Spyridon Konteles

AIGALEO 2023

Επιτροπή Αξιολόγησης Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας

Οι υπογράφωντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία με τίτλο «Τεχνικές Στατιστικού Ποιοτικού Ελέγχου σε Βιομηχανίες Τροφίμων με έμφαση στα σχήματα δειγματοληψίας» που παρουσιάστηκε από τον Δημήτριο Τούλη υποψηφίου για τον μεταπτυχιακό τίτλο σπουδών στην ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ, ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

Ημερομηνία

Κοντελής Σπύρος
Επίκουρος Καθηγητής

Επιβλέπων

.....
Ψηφιακή Υπογραφή

Μπάρτζης Βασίλειος
Επίκουρος Καθηγητής

Μέλος Επιτροπής

.....
Ψηφιακή Υπογραφή

Dr. Λαμπροπούλου Κυριακή
Ακαδημαϊκή Υπότροφος

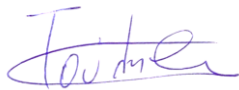
Μέλος Επιτροπής

.....
Ψηφιακή Υπογραφή

Δήλωση περί λογοκλοπής/Copyright

Έχοντας πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικής ιδιοκτησίας, δηλώνω ότι είμαι αποκλειστική συγγραφέας της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Δηλώνω, επίσης, ότι αναλαμβάνω όλες τις συνέπειες, όπως αυτές νομίμως ορίζονται, στην περίπτωση που διαπιστωθεί διαχρονικά ότι η εργασία μου αυτή ή τμήμα αυτής αποτελεί προϊόν λογοκλοπής.

Δημήτριος Τούλης



Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου και επιβλέποντα της παρούσας εργασίας κ. Κοντελέ, για όλη την βοήθεια που μου πρόσφερε, καθώς και την οικογένειά μου για την ηθική υποστήριξη.

Περίληψη

Η ποιότητα στην σύγχρονη κοινωνία αποτελεί βασικό κριτήριο για την επιλογή ενός προϊόντος ή μια υπηρεσίας από τους καταναλωτές. Η άποψη πως η ποιότητα 'κοστίζει' είναι ξεπερασμένη. Αντιθέτως, αυτό που είναι επιζήμιο για μια επιχείρηση είναι η έλλειψη ποιότητας. Για να πιστοποιήσει μια επιχείρηση πως παράγει ή παρέχει ποιοτικά προϊόντα – υπηρεσίες, θεσπίζει διάφορα συστήματα ελέγχου της ποιότητας. Ο ποιοτικός έλεγχος είναι ένας τρόπος επαλήθευσης του προτύπου ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας κατά τη διαδικασία κατασκευής του και χρησιμεύει για τη μείωση της πιθανότητας εισαγωγής ελαττωματικών προϊόντων στην αγορά. Φυσικά οι επιχειρήσεις τροφίμων και ειδικά οι μονάδες παραγωγής, δεν θα μπορούσαν να αποτελούν εξαίρεση στην εφαρμογή συστημάτων ποιοτικού ελέγχου. Τα συστήματα ποιοτικού ελέγχου που θα μπορούσε να εφαρμόσει μια μονάδα παραγωγής τροφίμων είναι πολλά και διαφοροποιούνται ανάλογα τη φύση του προϊόντος. Ένα σύστημα ποιοτικού ελέγχου που βρίσκει εφαρμογή σε όλες τις μονάδες παραγωγής τροφίμων είναι αυτό της δειγματοληψίας. Στη παρούσα εργασία, θα παρουσιαστούν ποιες είναι οι διάφορες μέθοδοι δειγματοληψίας καθώς και θα μελετηθούν πλάνα δειγματοληψίας σε μορφή ανάλυσης σεναρίων (case studies), σε επιχειρήσεις τροφίμων με διαφορετικής φύσης προϊόντα και διαφορετική παραγωγικότητα.

Abstract

Nowadays, the quality of a product and a service comprises the main criterion for the consumers. The common belief that the quality is obsolete. On the contrary, the lack of it is harmful for a business. A business, institutes various quality tests to certify the production and the service of quality products. The quality test validates the formula of a product and a service during its production. Furthermore, this test reduces the chances of inletting defective products in the markets. The food business and especially, the production sites can't be excepted from the regular quality tests. There is a huge variety of quality control systems depending on the product's nature. A quality control system that can be applied to all food production sites is sampling. In this project, various sampling methods will be presented as well as sampling plans will be studied in analyzing cases, depending on diverse products and production sizes, in food business.

Περιεχόμενα

Επιτροπή Αξιολόγησης Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας	ii
Δήλωση περί λογοκλοπής/Copyright	iii
Ευχαριστίες	iv
Περίληψη.....	v
Abstract.....	vi
Πίνακας Συμβόλων και εξισώσεων.	viii
Πίνακας Σχημάτων και πινάκων.	viii
Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή.....	1
Κεφάλαιο 2: Θεωρητικό υπόβαθρο	5
2.1 Περί Ποιότητας & Ποιοτικού Ελέγχου τροφίμων.....	5
2.2 Στατιστικός Ποιοτικός Έλεγχος	12
2.2.1 Σημαντικότητα και εφαρμογές στατιστικών μεθόδων στα τρόφιμα.....	16
2.2.2 Βασικές έννοιες της στατιστικής	19
2.2.3 Έλεγχος υποθέσεων και διαστήματα εμπιστοσύνης για τη μέση τιμή ...	20
2.2.4 Έλεγχος στατιστικής διεργασίας.....	22
2.2.5 Σχέσεις μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών	22
2.2.6 Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας.....	23
2.3 Δειγματοληψία Αποδοχής και Δειγματοληψία Τροφίμων	24
2.4 Η Ποιότητα στην Βιομηχανία	39
Κεφάλαιο 3: Δειγματοληψία Αποδοχής & Πλάνα Δειγματοληψίας	46
3.1 Δειγματοληψία αποδοχής	46
3.2 Δειγματοληψία αποδοχής ιδιοτήτων σε τρόφιμα	47
3.3 Απλή δειγματοληψία.....	48
3.4 Υπεργεωμετρική κατανομή σε απλή δειγματοληψία.....	49
3.5 Διπλά σχέδια δειγματοληψία.....	54
3.6 Πολλαπλά σχέδια δειγματοληψία	56
Κεφάλαιο 4: Μελέτη και ανάλυση σεναρίων δειγματοληψίας (Case Studies).....	58
4.1 Μελέτη και ανάλυση πλάνων δειγματοληψίας σε διάφορες επιχειρήσεις τροφίμων	58
4.1.1 Μονάδα παραγωγής νωπών πουλερικών	58
4.1.2 Μονάδα παραγωγής παστεριωμένου γάλακτος	62

4.1.3 Μονάδα παραγωγής αλεύρου σίτου.....	67
Κεφάλαιο 5: Αποτελέσματα & Συζήτηση	71
Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα και υποδείξεις για περαιτέρω έρευνα	73
Βιβλιογραφία-Αναφορές.....	77

Πίνακας Συμβόλων και εξισώσεων.

Σύμβολο / Εξίσωση	Σημασία
N	Πληθυσμός
n	Αριθμός δείγματος
σ	Τυπική απόκλιση
z	Ακέραιος αριθμός για ορισμένο δείκτη εμπιστοσύνης
e	Περιθώριο σφάλματος
κ	Αριθμός ανά κάθε μονάδες που λαμβάνεται δείγμα
$n = \frac{((z^2 \times \sigma(1-\sigma)) / e^2)}{(1 + ((z^2 \times \sigma(1-\sigma)) / (e^2 N)))}$	Εξίσωση απλής τυχαίας δειγματοληψίας
$k = N/n$	Εξίσωση συστηματικής δειγματοληψίας

Πίνακας Σχημάτων και πινάκων.

Σχήμα 3.1	Ιδανική χαρακτηριστική καμπύλη
Σχήμα 3.2	Τυπική χαρακτηριστική καμπύλη
Σχήμα 3.3	Χαρακτηριστική καμπύλη του απλού σχεδίου δειγματοληψίας (3000;89;2)
Σχήμα 3.4	Χαρακτηριστικές καμπύλες των απλών σχεδίων δειγματοληψίας (N;n;0) για n / N = 0.1 και για N = 100, 300, 900
Σχήμα 3.5	Χαρακτηριστικές καμπύλες των απλών σχεδίων δειγματοληψίας (N;90;0) για N = 300, 1800
Σχήμα 3.6	Χαρακτηριστικές καμπύλες των απλών σχεδίων δειγματοληψίας (5000;n;1) για n = 25, 50, 250
Σχήμα 3.7	Χαρακτηριστικές καμπύλες των απλών σχεδίων δειγματοληψίας (2000;50;c) για c = 0, 2, 4
Σχήμα 3.8	Λειτουργία διπλού σχεδίου δειγματοληψία (N;n1;c1;r1;n2;c2)
Πίνακας 3.1	Πιθανότητες αποδοχής για το απλό σχέδιο δειγματοληψίας (3000;89;2)

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

Ο τεχνικός στατιστικός ποιοτικός έλεγχος αποτελεί μια σημαντική διαδικασία στις βιομηχανίες τροφίμων, η οποία έχει ως στόχο τη διασφάλιση της ποιότητας και ασφάλειας των προϊόντων τροφίμων που φτάνουν στα χέρια των καταναλωτών. Η εφαρμογή αυτών των τεχνικών βοηθά τις εταιρείες να αξιολογήσουν τη συμμόρφωσή τους προς τα πρότυπα ποιότητας, να εντοπίσουν πιθανά προβλήματα και ανωμαλίες στην παραγωγική διαδικασία, καθώς και να λάβουν δραστηριότητες πρόληψης και βελτίωσης.

Ενώ η εξέταση της ποιότητας των αγαθών και των υπηρεσιών ανάγεται στην αρχαιότητα, η επίσημη έννοια του ποιοτικού ελέγχου έχει τις ρίζες της στο Μεσαίωνα. Η εξέλιξη της διαχείρισης της ποιότητας έχει περάσει από διακριτά στάδια που συχνά αποκαλούνται εποχές ποιότητας. Η ιστορική εξέλιξη του ελέγχου ποιότητας έχει κατηγοριοποιηθεί σε πέντε φάσεις: έλεγχος ποιότητας από τον χειριστή, έλεγχος ποιότητας από τον εργοδηγό, έλεγχος ποιότητας από την επιθεώρηση, στατιστικός έλεγχος ποιότητας και ολικός έλεγχος ποιότητας.

Ο ποιοτικός έλεγχος του χειριστή ξεκίνησε από τον Μεσαίωνα έως το 1900, μια περίοδο κατά την οποία η παραγωγή περιοριζόταν σε μεμονωμένους τεχνίτες ή μικρές ομάδες. Αυτά τα άτομα ή οι ομάδες αναλάμβαναν προσωπικά την ευθύνη για τη διατήρηση της ποιότητας των προϊόντων τους. Στις αρχές της δεκαετίας του 1900 έως τη δεκαετία του 1920, ο ποιοτικός έλεγχος των εργοδηγών εμφανίστηκε παράλληλα με τη μαζική παραγωγή που καθοδηγείται από τη Βιομηχανική Επανάσταση. Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, οι προϊστάμενοι επέβλεπαν ομάδες εργατών που εξασφάλιζαν την ποιότητα των προϊόντων. Καθώς τα μεγέθη των ομάδων διευρύνθηκαν μεταξύ 1920 και 1940, η διατήρηση της ποιότητας έγινε πρόκληση για τους εργοδηγούς, οδηγώντας στην καθιέρωση προτύπων προϊόντων και στην ανάγκη για επιθεωρητές που θα αξιολογούσαν τα προϊόντα με βάση αυτά τα πρότυπα. Η περίοδος αυτή αποκαλείται από τον Feigenbaum (1983) ως φάση ελέγχου ποιότητας επιθεώρησης.

Η επόμενη εποχή, που εκτείνεται από το 1940 έως το 1960, σηματοδότησε την άνοδο του στατιστικού ελέγχου ποιότητας (Statistical Quality Control, SQC), ο οποίος χρησιμοποίησε στατιστικές μεθόδους για τη διαχείριση και τη βελτίωση της

ποιότητας των προϊόντων και των υπηρεσιών. Η εργασία του Walter A. Shewhart το 1924 στα Bell Telephone Laboratories έθεσε τις βάσεις για τον SQC, ενώ στη συνέχεια συνέβαλαν προσωπικότητες όπως οι H.F. Dodge, H.G. Romig, Edwards Deming, Joseph M. Juran, Kaoru Ishikawa και Philip Crosby. Τη δεκαετία του 1970 εμφανίστηκε ο έλεγχος ολικής ποιότητας (Total Quality Control, TQC) σε επίπεδο οργανισμού, που σηματοδοτεί μια ολιστική προσέγγιση στη διαχείριση της ποιότητας.

Ο SQC έχει βρει εφαρμογές σε όλους τους κλάδους, συμπεριλαμβανομένης της υγειονομικής περίθαλψης για τη μείωση των νοσοκομειακών λοιμώξεων, της ανάλυσης δεδομένων μικροσυστοιχιών DNA για γονιδιακή έκφραση, της παραγωγής για την ελαχιστοποίηση της μεταβλητότητας της διαδικασίας, των σχέσεων αγοραστή-προμηθευτή, της παρακολούθησης της ποιότητας των προϊόντων με γεωμετρικές προδιαγραφές, της ανίχνευσης σφαλμάτων κατασκευής και των διαδικασιών κατεργασίας αυτοκινήτων. Παρά τον σημαντικό αντίκτυπό της, η βιβλιογραφία στερείται μιας ολοκληρωμένης χρονολογικής αναφοράς του SQC, γεγονός που υπογραμμίζει την ανάγκη για ένα ενημερωμένο χρονολόγιο της εξέλιξής της (Mitra, 1998- Chimka and Oden, 2008- Xiang and Tsung, 2008- Morgan and Dewhurst, 2007- Colosimo et al., 2008- Zantek et al., 2007- Zhou et al., 2003).

Ο Dooley (2000) διερεύνησε την εξέλιξη του κλάδου της ποιότητας μέσα από το πρίσμα της ανάπτυξης παραδειγμάτων, προτείνοντας τρία παραδείγματα: ένα προβιομηχανικό υπόδειγμα «caveat emptor», ένα βιομηχανικό παράδειγμα ελέγχου ποιότητας και ένα μεταβιομηχανικό παράδειγμα διαχείρισης ολικής ποιότητας (Total Quality Management TQM). Ωστόσο, η υπάρχουσα έρευνα στον τομέα της ποιότητας δεν έχει ακόμη διερευνήσει αν η εμφάνιση του στατιστικού ελέγχου ποιότητας (SQC) ακολούθησε μια εξελικτική, επαναστατική ή προοδευτική πορεία.

Η νομιμοποίηση ενός επιστημονικού κλάδου βασίζεται στην κατανόηση από τους ενδιαφερόμενους της φύσης, της σημασίας και της μοναδικής συνεισφοράς του (Benbasat and Zmud, 2003). Η καθιέρωση μιας ερευνητικής παράδοσης και ταυτότητας στο πλαίσιο ενός επιστημονικού κλάδου είναι ζωτικής σημασίας για τη μακροπρόθεσμη επιτυχία του (Benbasat and Zmud, 2003- Robey, 2003- Sidorova et al., 2008), η οποία στη συνέχεια επηρεάζει τη συνολική νομιμοποίησή του. Στον τομέα

του SQC, καμία προηγούμενη έρευνα δεν έχει προσπαθήσει να προσδιορίσει κατά πόσον ο SQC διαθέτει τη δική της ξεχωριστή ερευνητική παράδοση.

Τα υποκεφάλαια 2.2 **Στατιστικός Ποιοτικός Έλεγχος** και 2.3 **Δειγματοληψία Αποδοχής και Δειγματοληψία Τροφίμων** προσέφεραν μια ολοκληρωμένη επισκόπηση της ιστορικής εξέλιξης του SQC, εξετάζει τον SQC μέσα από το πρίσμα της επιστημονικής έρευνας και ασχολείται με το ερώτημα αν ο SQC έχει καλλιεργήσει τη δική της ερευνητική παράδοση. Η έρευνα προσπαθεί να απαντήσει στα ακόλουθα ερωτήματα:

- Πότε και με ποιον τρόπο προέκυψε η έννοια του SQC;
- Ποια είναι η χρονολογική εξέλιξη του SQC;
- Διαθέτει ο SQC μια διακριτή ερευνητική παράδοση;
- Η ανάπτυξη του SQC εκτυλίχθηκε ως ένα εξελικτικό, επαναστατικό ή προοδευτικό ερευνητικό πρόγραμμα;

Ένας σημαντικός τομέας του στατιστικού ποιοτικού ελέγχου είναι η δειγματοληψία, η οποία αποτελεί τη διαδικασία επιλογής ενός αντιπροσωπευτικού δείγματος από μια συνολική παρτίδα προϊόντων τροφίμων. Η αποτελεσματική σχεδίαση και υλοποίηση της δειγματοληψίας είναι κρίσιμη για την αξιολόγηση της ποιότητας των προϊόντων και την ανίχνευση πιθανών ατελειών ή ανωμαλιών που μπορεί να επηρεάσουν την ασφάλεια και την ποιότητα των τροφίμων.

Στην παρούσα εργασία, θα επικεντρωθούμε στην ανάλυση τεχνικών στατιστικού ποιοτικού ελέγχου με έμφαση στα σχήματα δειγματοληψίας που χρησιμοποιούνται στις βιομηχανίες τροφίμων. Θα εξετάσουμε διάφορες μεθόδους δειγματοληψίας, όπως η τυχαία δειγματοληψία και η συστηματική δειγματοληψία. Θα εξετάσουμε επίσης τους παράγοντες που επηρεάζουν το μέγεθος του δείγματος και τη συχνότητα των δειγματοληπτικών ελέγχων.

Οι τεχνικές στατιστικού ποιοτικού ελέγχου σε βιομηχανίες τροφίμων παρέχουν ένα πλαίσιο για την αποτελεσματική παρακολούθηση και διασφάλιση της ποιότητας των προϊόντων τροφίμων. Με τη χρήση κατάλληλων σχημάτων δειγματοληψίας και την αξιοποίηση των στατιστικών μεθόδων, οι βιομηχανίες τροφίμων μπορούν να εξασφαλίσουν την παραγωγή υψηλής ποιότητας προϊόντων που πληρούν τις προδιαγραφές και τις απαιτήσεις των καταναλωτών. Στη συνέχεια της εργασίας,

θα εξετάσουμε πιο αναλυτικά κάθε μέθοδο δειγματοληψίας και την εφαρμογή τους στις βιομηχανίες τροφίμων, καθώς και τα οφέλη που προσφέρουν για τον έλεγχο ποιότητας και την ασφάλεια των τροφίμων.

Κεφάλαιο 2: Θεωρητικό υπόβαθρο

2.1 Περί Ποιότητας & Ποιοτικού Ελέγχου τροφίμων

Ο Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας (SQC) περιλαμβάνει την ενσωμάτωση των αρχών ποιότητας, των πρακτικών ελέγχου ποιότητας και των στατιστικών μεθοδολογιών για την αξιολόγηση του ελέγχου ποιότητας. Οι θεμελιώδεις έννοιες της "ποιότητας" και του "ποιοτικού ελέγχου" αποτελούν τον ακρογωνιαίο λίθο αυτής της έρευνας. Ο SQC αξιοποιεί τη δύναμη των στατιστικών εργαλείων, τεχνικών, διαδικασιών και μεθόδων για την επίτευξη αποτελεσματικού ποιοτικού ελέγχου. Μεταξύ των στατιστικών τεχνικών που αξιοποιεί ο SQC είναι ο στατιστικός έλεγχος διαδικασιών (Statistical Process Control, SPC), ο σχεδιασμός πειραμάτων (Design of Experiments, DOE) και η διαμόρφωση σχεδίων δειγματοληψίας (Bisgaard, 2008-Montgomery, 2000).

Η βιβλιογραφία περιέχει πολλαπλούς ορισμούς του όρου "ποιότητα" και οι ορισμοί αυτοί αποκλίνουν κυρίως με βάση το πλαίσιο χρήσης (Beatty, 2006). Ενδεικτικά, ο Crosby (1979) προσφέρει έναν ορισμό της ποιότητας ως "συμμόρφωση προς τις απαιτήσεις ή τις προδιαγραφές". Οι Juran και Godfrey (1999) προτείνουν ότι η ποιότητα είναι "καταλληλότητα για χρήση". Επεκτείνοντας την έννοια των Juran και Godfrey (1999), ο Mitra (1998) επεκτείνει τον ορισμό της ποιότητας για να υποστηρίξει ότι σημαίνει την καταλληλότητα ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας να ανταποκρίνεται ή να υπερβαίνει τον επιδιωκόμενο σκοπό της, όπως τον απαιτεί ο πελάτης. Μια άλλη προοπτική παρέχεται από τον Deming (1986), ο οποίος ορίζει την ποιότητα με τον ακόλουθο τρόπο:

"Η ποιότητα μπορεί να οριστεί μόνο με βάση τον παραλήπτη. Ποιος είναι ο κριτής της ποιότητας; Στο μυαλό του εργαζόμενου στην παραγωγή, παράγει ποιότητα αν μπορεί να είναι υπερήφανος για την εργασία του. Κακή ποιότητα, γι' αυτόν, σημαίνει απώλεια της επιχείρησης και ίσως της θέσης εργασίας του. Η καλή ποιότητα, σκέφτεται, θα διατηρήσει την επιχείρηση σε λειτουργία. Ποιότητα, για τον διευθυντή του εργοστασίου, σημαίνει να βγαίνουν οι αριθμοί και να πληρούνται οι προδιαγραφές. Η δουλειά του είναι επίσης, είτε το γνωρίζει είτε όχι, η συνεχής βελτίωση της ηγεσίας".

Από την άλλη πλευρά, ο Garvin (1984) παρουσιάζει μια ξεχωριστή προοπτική για την έννοια της ποιότητας. Εισάγει πέντε διακριτές κατηγορίες ελέγχου της ποιότητας: υπερβατικός, βασισμένος στο προϊόν, βασισμένος στο χρήστη, βασισμένος στην παραγωγή και βασισμένος στην αξία. Κάθε μία από αυτές τις κατηγορίες συνδέεται με ένα πλαίσιο που περιλαμβάνει οκτώ χαρακτηριστικά: απόδοση, αξιοπιστία, τήρηση προτύπων, ανθεκτικότητα, δυνατότητα εξυπηρέτησης, αισθητική, χαρακτηριστικά και αντιλαμβανόμενη ποιότητα.

Η βιβλιογραφία για την ποιότητα παραμένει χωρίς συναίνεση όσον αφορά τον ακριβή ορισμό της ποιότητας. Παρόλα αυτά, όλοι οι προαναφερθέντες ορισμοί της ποιότητας μοιράζονται αρκετές θεμελιώδεις πτυχές:

- Η παρουσία ενός προϊόντος, μιας υπηρεσίας ή ενός λογισμικού.
- Η οντότητα που είναι υπεύθυνη για την παράδοση του προϊόντος, της υπηρεσίας ή του λογισμικού.
- Ο αποδέκτης του προϊόντος, της υπηρεσίας ή του λογισμικού.
- Οι προκαθορισμένες προδιαγραφές ή πρότυπα για το προϊόν, την υπηρεσία ή το λογισμικό.
- Η αξιολόγηση της απόδοσης του προϊόντος, της υπηρεσίας ή του λογισμικού, όπως γίνεται αντιληπτή από τον παραλήπτη.

Ο έλεγχος ποιότητας περιλαμβάνει το σύνολο των διαδικασιών που χρησιμοποιούνται για να διαπιστωθεί ότι τα προϊόντα και οι υπηρεσίες ευθυγραμμίζονται με το επιθυμητό πρότυπο ποιότητας ή ακόμη και το ξεπερνούν (Mitra, 1998). Η επίτευξη του επιθυμητού επιπέδου ποιότητας απαιτεί τη μέτρηση των επιδόσεων ποιότητας, τη σύγκριση των επιδόσεων αυτών με προκαθορισμένους στόχους και την έναρξη διορθωτικών μέτρων σε περιπτώσεις όπου προκύπτουν αποκλίσεις μεταξύ των επιδόσεων ποιότητας και των επιδιωκόμενων στόχων (Mitra, 1998- Yong and Wilkinson, 2002). Ο πρωταρχικός στόχος του ελέγχου ποιότητας είναι η διατήρηση ή η επίτευξη υψηλών επιπέδων ποιότητας με τη χρήση μεθόδων ανίχνευσης και πρόληψης ελαττωμάτων (Montgomery, 2000). Η στρατηγική για την ανίχνευση

ελαττωμάτων συνεπάγεται τον εντοπισμό ελαττωματικών στοιχείων μέσω επιθεώρησης και στη συνέχεια την ανάληψη μιας από τις δύο κατευθύνσεις δράσης:

- Διόρθωση της διαδικασίας για τη διατήρηση της ποιότητας.
- Επισκευή ή απόρριψη των στοιχείων που έχουν εντοπιστεί ως ελαττωματικά.

Αντίθετα, η στρατηγική πρόληψης ελαττωμάτων αποσκοπεί στην εξάλειψη των επερχόμενων ελαττωμάτων. Η προσέγγιση αυτή συνεπάγεται συνεχή παρακολούθηση της διαδικασίας, μαζί με τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων σχετικά με τα ελαττώματα παραγωγής. Λαμβάνονται άμεσα διορθωτικά μέτρα για τη διόρθωση του προβλήματος και την αποτροπή της εμφάνισης μελλοντικών ελαττωμάτων. Η μέτρηση και η επιθεώρηση πραγματοποιούνται σε κάθε στάδιο της διαδικασίας χωρίς να περιμένουν μέχρι να ολοκληρωθεί το τελικό προϊόν. Και οι δύο στρατηγικές εφαρμόζονται αποτελεσματικά μέσω της αξιοποίησης στατιστικών εργαλείων και μεθόδων.

Οι πρόσφατες συζητήσεις για την ποιότητα των τροφίμων ρίχνουν φως στην εξελισσόμενη δυναμική των ευρύτερων κοινωνικών, πολιτικών και οικονομικών σχέσεων. Αυτό έχει οδηγήσει σε αυξημένη εστίαση στην κατανόηση των διαδικασιών κατανάλωσης τροφίμων, περιλαμβάνοντας μια βαθύτερη διερεύνηση των κοινωνικών και φυσικών παραγόντων στο πλαίσιο ευρύτερων καταναλωτικών τάσεων και πρακτικών. Οι παράγοντες αυτοί αμφισβητούνται έντονα με βάση διακριτές συμβάσεις και ορισμούς κοινωνικής και τεχνικής ποιότητας, με αποτέλεσμα την ενδυνάμωση ή την αποδυνάμωση διαφορετικών φορέων της αλυσίδας εφοδιασμού.

Στις συμβατικές αλυσίδες εφοδιασμού, οι αυστηροί και υγιεινοί ορισμοί ποιότητας τείνουν να ενισχύουν τους εταιρικούς λιανοπωλητές εις βάρος των πρωτογενών παραγωγών. Αντίθετα, η ανάπτυξη οικολογικών και περιφερειακών συμβάσεων ποιότητας επιδιώκει να ενισχύσει εκ νέου τους τελευταίους έναντι των πρώτων. Κατά συνέπεια, ο ορισμός της ποιότητας των τροφίμων γίνεται ένα ανταγωνιστικό πεδίο μάχης όπου διάφοροι φορείς της αλυσίδας εφοδιασμού ανταγωνίζονται για την εξουσία και τη νομιμοποίηση να καθορίσουν τα χαρακτηριστικά της.

Η διαδικασία αυτή είναι άκρως ανταγωνιστική και έχει βαθιές επιπτώσεις όχι μόνο στις αποφάσεις των καταναλωτών αλλά και στο ανταγωνιστικό τοπίο, τα όρια και τις αγορές εντός των οποίων δραστηριοποιούνται οι καθιερωμένοι συμβατικοί φορείς και οι "εναλλακτικοί" φορείς των τροφίμων. Καθίσταται, επομένως, απαραίτητο να εξεταστεί πώς οι διάφοροι φορείς στις αλυσίδες εφοδιασμού κατασκευάζουν και χρησιμοποιούν τις έννοιες της ποιότητας και πώς αυτές οι έννοιες επηρεάζουν τόσο την αγροτική ανάπτυξη όσο και τα αποτελέσματα της κατανάλωσης τροφίμων.

Η ανάλυση αποκαλύπτει τους περίπλοκους τρόπους με τους οποίους οι κυβερνητικές αρχές, οι εταιρείες λιανικής πώλησης και οι παραγωγοί εμπλέκονται σήμερα σε αντιπαραθέσεις στην αλυσίδα εφοδιασμού σχετικά με την παραγωγή "ποιοτικών" τροφίμων. Πρόσφατες επίσημες εκθέσεις υποστηρίζουν την ανάπτυξη μικρών τοπικών-περιφερειακών προϊόντων και γίνονται περισσότερες επενδύσεις σε ποιοτικές και βιολογικές αλυσίδες εφοδιασμού. Οι παραγωγοί και οι μεταποιητές εμπλέκονται όλο και περισσότερο σε συντονισμένες και συνεργατικές δραστηριότητες για την απόκτηση αυξημένης οικονομικής αξίας στα ανάντη τμήματα των αλυσίδων, οδηγώντας σε περαιτέρω πολυπλοκότητα και ποικιλομορφία στον τομέα των αλυσίδων εφοδιασμού τροφίμων SFSC (Sustainable Food Supply Chains).

Ωστόσο, οι μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί στο Ηνωμένο Βασίλειο καταδεικνύουν ότι οι εταιρικοί λιανοπωλητές δεν είναι παθητικοί συμμετέχοντες σε αυτή τη διαδικασία. Αντιθέτως, ως ηγέτες, επικοινωνούν αποτελεσματικά με τις κυβερνητικές αρχές για να διατηρήσουν ένα ανταγωνιστικό και ασφαλές από πλευράς πληθωρισμού περιβάλλον για τους καταναλωτές, παρέχοντας παράλληλα ένα ορισμένο επίπεδο διασφάλισης ποιότητας. Οι πρόσφατες εμπειρίες δείχνουν ότι, με τη βοήθεια της κυβέρνησης, έχουν επεκτείνει την κυριαρχία τους στην αλυσίδα εφοδιασμού σε περιόδους κλαδικής κρίσης και έχουν καταφέρει να διατηρήσουν την εμπιστοσύνη των καταναλωτών και την κυβερνητική νομιμότητα (Marsden, 2018).

Οι ερευνητές συμφωνούν γενικά ότι η ενίσχυση των δεσμών και η ενοποίηση των οργανωτικών ορίων είναι απαραίτητες για τη βελτίωση της ποιότητας του τελικού προϊόντος και την ενίσχυση της απόδοσης του κεντρικού οργανισμού και του δικτύου εφοδιασμού του. Οι ακαδημαϊκές μελέτες σχετικά με τη βελτίωση της ποιότητας της αλυσίδας εφοδιασμού έχουν διερευνήσει τόσο τη θεωρία παιγνίων μη

συνεργασίας όσο και την παραδοσιακή θεωρία παιγνίων συνεργασίας. Διάφοροι μηχανισμοί ελέγχου της ποιότητας, όπως συμβάσεις χονδρικής τιμής, συμβάσεις κατανομής εσόδων και συμβάσεις κατανομής του κόστους ποιότητας, έχουν καθιερωθεί για να επηρεάσουν τη συμπεριφορά των προμηθευτών και των κατασκευαστών και να διασφαλίσουν τη μακροπρόθεσμη συμμόρφωση της ποιότητας του τελικού προϊόντος. Οι συμβάσεις αυτές έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικές τόσο στην ακαδημαϊκή έρευνα όσο και στην πρακτική εφαρμογή. Ωστόσο, πρόσφατες ανακλήσεις προϊόντων και διαταραχές στις αλυσίδες εφοδιασμού αποκάλυψαν ελλείψεις στη διαχείριση της ποιότητας της αλυσίδας εφοδιασμού (Hu et al., 2019).

Η αντίληψη κάθε ατόμου για την έννοια της ποιότητας είναι διαφορετική και συνδέεται με απροσδιόριστες έννοιες όπως η ομορφιά, η τελειότητα κλπ. Ο όρος χρησιμοποιείται πολύ συχνά και έχει πολλές έννοιες και επεξηγήσεις. Κατά καιρούς έχει δοθεί πληθώρα από επίσημους ορισμούς. Μερικοί από τους πιο δημοφιλείς ορισμούς για την ποιότητα παρατίθενται παρακάτω.

- Συμμόρφωση προς τις απαιτήσεις
- Το σύνολο των γνωρισμάτων και χαρακτηριστικών ενός προϊόντος ή υπηρεσίας που ενεργούν για να ικανοποιήσουν μια ανάγκη
- Καταλληλότητα του προϊόντος ή της υπηρεσίας για χρήση
- Ικανότητα του προϊόντος να ικανοποιεί τις προσδοκίες του χρήστη
- Απαλλαγή από ελαττώματα
- Το να κάνεις κάτι σωστά όταν δεν κοιτάει κανείς
- Να τηρείς τις υποσχέσεις σου
- Το αποτέλεσμα του ενδιαφέροντος για τους πελάτες

Όλοι οι παραπάνω ορισμοί είναι χρήσιμοι, καθώς ο καθένας περιέχει στοιχεία σχετικά με το τι σημαίνει ποιότητα για τους χρήστες προϊόντων και υπηρεσιών, από διαφορετική οπτική γωνία.

Είναι κατανοητό πως η έννοια της Ποιότητας χρησιμοποιείται και στα τρόφιμα. Ο καταναλωτής έχει απαίτηση από ποιοτικά τρόφιμα, δηλαδή τρόφιμα που θα πληρούν τις ανάγκες του σε θέματα ασφάλειας τροφίμου καθώς και οργανοληπτικά. Οι επιχειρήσεις τροφίμων θα πρέπει να προωθούν στην αγορά τρόφιμα ποιοτικά,

καθώς και να προσφέρουν την ποιότητα αυτή με συνέχεις ρυθμούς. Ένα μέσο όπου βοηθάει στην επίτευξη της συνεχούς ποιότητας είναι η εφαρμογή των σωστών πλάτων δειγματοληψίας σε μία γραμμή παραγωγής.

Ποιοτικός έλεγχος τροφίμων είναι κάθε ενέργεια η οποία αποσκοπεί στην παραγωγή τροφίμων τα οποία να ανταποκρίνονται σε ένα προκαθορισμένο και σταθερό επίπεδο ποιότητας και επιπλέον να είναι ανταγωνιστικά στην αγορά για την οποία προορίζονται. Βασικοί στόχοι του ποιοτικού ελέγχου σε μια μονάδα παραγωγής τροφίμων είναι:

- Να διασφαλιστεί η παραγωγή υγιεινών προϊόντων τα οποία να ανταποκρίνονται στις προδιαγραφές που θέτει η πολιτεία ή ο αγοραστής.
- Να διατηρηθεί ή να βελτιωθεί το ποιοτικό επίπεδο των προϊόντων
- Να ελαχιστοποιηθούν οι κίνδυνοι μόλυνσεων ή επιμολύνσεων που έχουν σαν τελικό αποτέλεσμα την απόρριψη μεγάλων ποσοτήτων προϊόντος με ανάλογες οικονομικές συνέπειες.

Γίνεται αντιληπτό ότι στο σύγχρονο επιχειρηματικό και οικονομικό περιβάλλον ο ποιοτικός έλεγχος λαμβάνει καθοριστικό ρόλο σε μια βιομηχανία τροφίμων, καθώς αφενός μπορεί να προσδώσει προστιθέμενη αξία στο προϊόν, αφετέρου προφυλάσσει την επιχείρηση από οικονομικές ζημίες.

Η δημιουργία και η τήρηση ενός συστήματος ποιοτικού ελέγχου σε μια βιομηχανία τροφίμων προαπαιτεί 4 βασικές λειτουργίες οι οποίες είναι:

- Η καθιέρωση προτύπου, ώστε να υπάρχει σημείο αναφοράς και σύγκρισης για το προϊόν
- Την εκτίμηση της συμμόρφωσης των προϊόντων προς τα πρότυπα αυτά.
- Τη λήψη μέτρων για την διόρθωση των αποκλίσεων από τα πρότυπα
- Τον σχεδιασμό για τη συνεχή βελτίωση της ποιότητας (continuous improvement)

Η ανάλυση του συστήματος οδηγεί σε τρία αποτελέσματα:

1. Η βέλτιστη τιμή αγοράς του διανομέα για τα τρόφιμα αλλάζει σύμφωνα με τη δέσμευση της επιχείρησης μεταποίησης για ποιότητα για τους καταναλωτές.

Ωστόσο, η τιμή αγοράς δεν επηρεάζεται από την αναλογία των μεριδίων της επιχείρησης μεταποίησης προς το κέρδος του διανομέα ή την ευθύνη του για τις αξιώσεις των καταναλωτών. Η αύξηση του συντελεστή δέσμευσης για την ποιότητα ενισχύει την εμπιστοσύνη των καταναλωτών και τη ζήτηση στην αγορά, οδηγώντας σε υψηλότερη τιμή αγοράς για τα τρόφιμα, αλλά μειωμένη ζήτηση.

2. Για να μειώσει το κόστος επεξεργασίας και να αυξήσει το κέρδος, η επιχείρηση επεξεργασίας θα μειώσει το επίπεδο ελέγχου της ποιότητας του προϊόντος διατροφής, γεγονός που υπονομεύει την εμπιστοσύνη των καταναλωτών. Ο αντίκτυπος της αύξησης του συντελεστή δέσμευσης ποιότητας στο επίπεδο ποιοτικού ελέγχου της επιχείρησης μεταποίησης είναι μικρότερος όταν το ποσοστό ευθύνης της επιχείρησης μεταποίησης για τους ισχυρισμούς των καταναλωτών είναι μικρότερο.
3. Το επίπεδο ποιοτικού ελέγχου για τα πρωτογενή γεωργικά προϊόντα ενός γεωργικού παραγωγού επηρεάζεται τόσο από το ποσοστό ευθύνης του για τις αξιώσεις των καταναλωτών όσο και από την έμμεση δέσμευση ποιότητας της επιχείρησης μεταποίησης έναντι των καταναλωτών. Ωστόσο, το επίπεδο ποιοτικού ελέγχου για τα πρωτογενή γεωργικά προϊόντα δεν σχετίζεται με τη σύμβαση επιμερισμού των κερδών μεταξύ της επιχείρησης μεταποίησης και του διανομέα (Hu et al., 2019).

Στις βιομηχανίες τροφίμων ο έλεγχος ποιότητας, κατά κύριο λόγο, λαμβάνει χώρα σε 3 επίπεδα – στάδια.

- Πρώτες ύλες: πρώτες ύλες ενός τροφίμου ορίζονται όλες οι ύλες που χρησιμοποιεί η παραγωγική διαδικασία για την παραγωγή του τελικού προϊόντος, ανεξαρτήτως ποσοστού συμμετοχής σε αυτό. Ειδική σημασία θα πρέπει να έχουν πρώτες ύλες οι οποίες, έστω και σε μικρό ποσοστό, προσδίδουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά στο προϊόν.
- Κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας: παραγωγική διαδικασία ενός τροφίμου είναι όλα τα στάδια που περνά το προϊόν, ώστε από πρώτες ύλες να μεταποιηθεί σε τελικό προϊόν έτοιμο προς διάθεση. Ανάλογα την φύση του προϊόντος κάποια στάδια είναι πιο κρίσιμα από κάποια άλλα και θα

πρέπει να δίνεται η ανάλογη προσοχή κατά τον ποιοτικό έλεγχο των σταδίων αυτών. Για παράδειγμα σε μια παστερίωση, η σωστή λειτουργία του παστεριωτή είναι κρίσιμη για το προϊόν, ή αντίστοιχα σε ένα προϊόν που χρησιμοποιεί συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας, ο συσκευαστικός εξοπλισμός είναι κρίσιμο να λειτουργεί σωστά.

- Στο τελικό προϊόν: στο στάδιο αυτό ο έλεγχος γίνεται κυρίως για λόγους πληροφόρησης και γνώσης είτε από την παραγωγή είτε από τις αρμόδιες αρχές, ώστε να ελεγχθεί αν το προϊόν ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές που έχουν καθοριστεί για αυτό. Γίνεται αντιληπτό, πως στο στάδιο αυτό οι ενέργειες που μπορούν να γίνουν αν το προϊόν παρεκκλίνει των προδιαγραφών του είναι λίγες έως μηδαμινές. Ο ποιοτικός έλεγχος ωστόσο του τελικού προϊόντος είναι αναγκαίος για τη διαπίστωση τυχόν αποκλίσεων των ελέγχων των προηγούμενων σταδίων καθώς και την βελτίωσή τους.

2.2 Στατιστικός Ποιοτικός Έλεγχος

Ο Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας (SQC) αξιοποιεί στατιστικές μεθοδολογίες όπως το SPC, το DOE και τα σχέδια δειγματοληψίας για την αξιολόγηση και τη βελτίωση των διαδικασιών ποιότητας, επιτυγχάνοντας έτσι τους στόχους ποιότητας. Για παράδειγμα, το SPC χρησιμοποιείται τόσο στον βιομηχανικό τομέα όσο και στον τομέα των υπηρεσιών για την παρακολούθηση της συνέπειας των διαδικασιών (Xiang and Tsung, 2008). Οι συμβατικές μέθοδοι SPC έχουν σχεδιαστεί για διεργασίες ενός σταδίου, αλλά οι Xiang και Tsung (2008) προτείνουν μια προσέγγιση SPC για διεργασίες πολλαπλών σταδίων. Πολυάριθμες πρακτικές εφαρμογές του SPC έχουν καταγραφεί, συμπεριλαμβανομένων εκείνων στη βιομηχανία τυπωμένων κυκλωμάτων (Xiang and Tsung, 2008), στις διεργασίες κατεργασίας αυτοκινήτων (Zhou et al., 2003) και στην κατεργασία κεφαλής κινητήρα (Djurđjanovic and Ni, 2001).

Η DOE, ένα άλλο πολύτιμο στατιστικό εργαλείο, βοηθά στον εντοπισμό των παραγόντων που επηρεάζουν τα επίπεδα ελαττωμάτων σε ένα προϊόν (Nucci and Mancuso, 2004). Προσφέρει ένα ισχυρό μέσο για την επίτευξη βέλτιστης απόδοσης με ελαχιστοποιημένη μεταβλητότητα, ευθυγραμμιζόμενο με τους στόχους των

προγραμμάτων έξι σίγμα (Anderson and Whitcomb, 2002). Το σχέδιο δειγματοληψίας αποδοχής είναι μια ακόμη κομβική πτυχή του SQC, διαθέτοντας πληθώρα εφαρμογών. Μπορεί να διασφαλίσει την ποιότητα των ημιτελών προϊόντων πριν από τη μετάβαση στο επόμενο στάδιο παραγωγής ή να εγγυηθεί την ποιότητα των τελικών προϊόντων πριν από την αποστολή στον πελάτη. Στην πραγματικότητα, ο SQC έχει ανοίξει το δρόμο για διάφορες πρωτοβουλίες που επικεντρώνονται στην ποιότητα, όπως τα μηδενικά ελαττώματα, τα μηδενικά αποθέματα, τα συστήματα διαχείρισης ποιότητας, η παραγωγή παγκόσμιας κλάσης, η συνεχής βελτίωση της ποιότητας, η TQM και η αναδιοργάνωση (Stuart et al., 1996).

Ο Feigenbaum (1983) κατέταξε την περίοδο μεταξύ 1940 και 1960 ως τη φάση του Στατιστικού Ελέγχου Ποιότητας (SQC). Ωστόσο, οι ρίζες του σύγχρονου SQC μπορούν να εντοπιστούν στη δεκαετία του 1920. Τα απομνημονεύματα του Juran (1997) ρίχνουν φως στην προέλευση του SQC κατά τη διάρκεια εκείνης της εποχής. Αφηγείται τη συμμετοχή του ως νεαρού μηχανικού στο Hawthorne Works της Western Electric σε μια πρωτοβουλία των Bell Telephone Laboratories που είχε ως στόχο την εφαρμογή της στατιστικής επιστήμης για την επίλυση προβλημάτων που αντιμετώπιζε ο κλάδος επιθεώρησης του Hawthorne Works. Η πρωτοβουλία αυτή οδήγησε τελικά σε αυτό που σήμερα γνωρίζουμε ως στατιστικό έλεγχο ποιότητας ή SQC.

Η Bell Telephone Company, η οποία βρισκόταν σε ταχεία ανάπτυξη κατά την περίοδο αυτή, αντιμετώπιζε προβλήματα ποιότητας λόγω της παραγωγής μεγάλου όγκου τηλεφωνικού εξοπλισμού. Ως απάντηση, η εταιρεία σχημάτισε μια ομάδα για να χρησιμοποιήσει στατιστικές μεθόδους για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων της παραγωγής. Ο Juran αποδίδει στην προσπάθεια αυτή τη γένεση της SQC. Ο Walter A. Shewhart ήταν ο πρωτοπόρος που εφάρμοσε για πρώτη φορά στατιστικές τεχνικές σε προβλήματα ποιοτικού ελέγχου. Το 1924, ο Shewhart συνέταξε ένα υπόμνημα στην Bell Telephone Company με ένα διάγραμμα που μοιάζει πολύ με το σύγχρονο διάγραμμα ελέγχου. Ο όρος "στατιστικός ποιοτικός έλεγχος" επινοήθηκε αργότερα από τον Shewhart στο βιβλίο του "Economic Control of Quality of Manufactured Products" (Goetsch and Davis, 1997) το 1931.

Από την ίδρυσή της, η έννοια του SQC έχει υποστεί σημαντικές εξελίξεις. Οι εφαρμογές της καλύπτουν διάφορους τομείς [π.χ. Bayo-Moriones and Lera-Lopez (2007), Chimka and Oden (2008)]. Για παράδειγμα, οι Chimka και Oden (2008) χρησιμοποίησαν διαγράμματα ελέγχου για την ανάλυση της γονιδιακής έκφρασης σε δεδομένα μικροσυστοιχιών DNA. Οι Staudhammer et al. (2007) εισήγαγαν ένα νέο σύστημα διαγραμμάτων ελέγχου για την ταυτόχρονη παρακολούθηση πολλαπλών επιφανειών ξυλείας και την ανίχνευση κοινών ελαττωμάτων πριονίσματος. Οι Matthes κ.ά. (2007) τόνισαν την υιοθέτηση του SQC από τον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης για την παρακολούθηση και την κατανόηση των πηγών διακύμανσης στις διαδικασίες υγειονομικής περίθαλψης. Η ευρεία χρήση του SQC υπογραμμίζει τον κομβικό της ρόλο στη διαχείριση της ποιότητας, καθιστώντας αναγκαία την επανεκτίμηση των διακριτών συνεισφορών της. Η παρούσα μελέτη επανεξετάζει την ιστορία του ελέγχου ποιότητας, προσφέροντας μια χρονολογική περιγραφή της εξέλιξης και της ενσωμάτωσης των στατιστικών μεθόδων και της στατιστικής σκέψης στον έλεγχο ποιότητας.

Η εφεύρεση του διαγράμματος ελέγχου αποδίδεται στον Walter Shewhart της Bell Labs, ο οποίος το εισήγαγε στις 24 Μαΐου 1924 (Juran, 1997). Αυτή η γραφική αναπαράσταση περιλαμβάνει την απεικόνιση μιας παραμέτρου της διαδικασίας σε σχέση με το χρόνο και ο πρωταρχικός της σκοπός είναι η εποπτεία της σταθερότητας και της μεταβλητότητας της διαδικασίας (Jennings and Drake, 1997). Το διάγραμμα ελέγχου αποτελείται συνήθως από μια κεντρική γραμμή, ένα ανώτερο όριο ελέγχου και ένα κατώτερο όριο ελέγχου. Ευρέως αναγνωρισμένο ως μία από τις πιο κρίσιμες και εκτενώς χρησιμοποιούμενες μεθόδους στον Στατιστικό Έλεγχο Ποιότητας (SQC), το διάγραμμα ελέγχου χρησιμεύει ως προληπτικό στατιστικό εργαλείο με στόχο την παρακολούθηση των διαδικασιών και την άμεση ανίχνευση τυχόν αποκλίσεων από τον έλεγχο.

Το διάγραμμα ελέγχου διαδραματίζει ζωτικό ρόλο όχι μόνο στον έλεγχο ποιότητας αλλά και στις προσπάθειες βελτίωσης της ποιότητας. Η αποτελεσματικότητά του έγκειται στην ικανότητά του να σηματοδοτεί περιπτώσεις κατά τις οποίες μια διαδικασία βγαίνει εκτός ελέγχου, επιτρέποντας την έγκαιρη λήψη διορθωτικών

μέτρων. Πολυάριθμες ερευνητικές μελέτες έχουν αξιοποιήσει τα διαγράμματα ελέγχου για την παρακολούθηση των διαδικασιών ποιότητας και τον μετριασμό της μεταβλητότητας της διαδικασίας. Για παράδειγμα, ορισμένες παραλλαγές των διαγραμμάτων ελέγχου, όπως τα διαγράμματα ελέγχου εκθετικά σταθμισμένου κινητού μέσου όρου (EWMA) (Yeh et al., 2008) και τα διαγράμματα ελέγχου αθροιστικού αθροίσματος (CUSUM) (Chang and Gan, 2001) βρίσκουν εφαρμογή στην παρακολούθηση διεργασιών υψηλής απόδοσης. Αυτές οι παραλλαγές ενισχύουν την προσαρμοστικότητα των διαγραμμάτων ελέγχου σε διαφορετικά σενάρια και βιομηχανίες, τονίζοντας περαιτέρω τη σημασία τους στη διατήρηση της ποιότητας της διαδικασίας.

Σε μια οικονομία της αγοράς, η ανταγωνιστικότητα μιας επιχείρησης και των συγκεκριμένων προϊόντων και υπηρεσιών της εξαρτάται σημαντικά από την ποιότητα που προσφέρουν. Ως εκ τούτου, σήμερα δίνεται μεγάλη έμφαση στην ποιότητα των προϊόντων και των υπηρεσιών, γεγονός που οδηγεί στην ανάπτυξη προγραμμάτων με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας και την τελειοποίηση των συστημάτων διαχείρισης. Το γεγονός αυτό καθιστά την έρευνα που επικεντρώνεται στην ενίσχυση των συστημάτων διαχείρισης στη βιομηχανία τροφίμων εξαιρετικά σημαντική.

Είναι ζωτικής σημασίας να αναγνωρίσουμε ότι η ποιότητα των προϊόντων και των υπηρεσιών εξαρτάται άμεσα από την ποιότητα της διαχείρισης, πράγμα που σημαίνει ότι η μελέτη και η εφαρμογή προγραμμάτων βελτίωσης της ποιότητας έχουν αντίκτυπο όχι μόνο στα προϊόντα και τις υπηρεσίες αλλά και στη συνολική ποιότητα της διαχείρισης.

Η ανταγωνιστικότητα καθοδηγείται κυρίως από την ποιότητα, καθιερώνοντας μια άμεση συσχέτιση μεταξύ ποιότητας και αποδοτικότητας της παραγωγής. Η βελτίωση της ποιότητας συμβάλλει πάντα στη βελτίωση της αποδοτικότητας της παραγωγής, οδηγώντας σε μείωση του κόστους και σε μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς. Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις παραγωγής προϊόντων, μπορεί να υπάρξουν περιπτώσεις όπου η ποιότητα δεν ανταποκρίνεται στα απαιτούμενα πρότυπα, καθώς είναι βέβαιο ότι υπάρχουν κάποιες ασυνέπειες (Temasova et al., 2021).

2.2.1 Σημαντικότητα και εφαρμογές στατιστικών μεθόδων στα τρόφιμα

Τα θέματα που σχετίζονται με τα τρόφιμα αποκτούν ολοένα και μεγαλύτερη σημασία μεταξύ των καταναλωτών, πολλοί από τους οποίους βασίζονται στη βιομηχανία τροφίμων και σε άλλους εργαζόμενους στον τομέα των τροφίμων για την παροχή ασφαλών, θρεπτικών και ελκυστικών προϊόντων (Keenan et al., 2012). Η συλλογή δεδομένων περιλαμβάνει όχι μόνο εργαστηριακά πειράματα αλλά και έρευνες που διεξάγονται στους καταναλωτές, καθώς αυτοί είναι οι τελικοί χρήστες και αποδέκτες των τελικών προϊόντων. Για την κατανόηση αυτών των ποικίλων πληροφοριών, είναι απαραίτητο να διαθέτει κανείς την ικανότητα ανάλυσης και ερμηνείας των δεδομένων, διασφαλίζοντας την ακριβή επικοινωνία. Στον όλο και πιο αριθμητικό κόσμο της τεχνολογίας τροφίμων, η κατοχή αυτής της γνώσης και δεξιότητας προσφέρει αναμφισβήτητα πλεονεκτήματα, αλλά απαιτεί από τους επαγγελματίες να είναι εξοικειωμένοι με τις στατιστικές μεθόδους (Granato et al., 2012).

Οι θεμελιώδεις στατιστικές έννοιες, όπως το μέγεθος του πληθυσμού, το μέγεθος του δείγματος, ο δειγματικός χώρος, η διακύμανση, η κατανομή, η τυπική απόκλιση, οι δοκιμές T, ο έλεγχος υποθέσεων και άλλα, είναι άκρως απαραίτητες στην τεχνολογία τροφίμων για την παροχή ασφαλών και ποιοτικών τροφίμων για τους καταναλωτές και το ευρύ κοινό. Η εφαρμογή των στατιστικών μεθόδων στην τεχνολογία τροφίμων εξελίσσεται και προοδεύει συνεχώς. Πριν από δύο δεκαετίες, η στατιστική ανάλυση αναγνωρίστηκε ως ένα από τα "ελάχιστα πρότυπα" για την εκπαίδευση των τεχνολόγων τροφίμων σε προπτυχιακό επίπεδο. Οι Kravchuk et al. (2005) τόνισαν τη σημασία της ενσωμάτωσης της στατιστικής γνώσης στη διδασκαλία των κλάδων της τεχνολογίας τροφίμων, ώστε να διασφαλίζεται η συνεχής εξοικείωση μέσω της συνεχούς χρήσης (Kravchuk et al., 2005).

Τα οφέλη της καλής κατανόησης της στατιστικής είναι προφανή. Η γνώση των βασικών αρχών των στατιστικών μεθόδων μπορεί να βοηθήσει στην εξαγωγή συμπερασμάτων και στη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων για μελλοντικές εργασίες. Επιπλέον, η υιοθέτηση μιας στατιστικής προσέγγισης στον πειραματισμό οδηγεί σε αυξημένη αποτελεσματικότητα (Granato et al., 2012).

Είναι εφικτή η αξιολόγηση επιστημονικών δεδομένων χωρίς στατιστική ανάλυση. Ωστόσο, όταν τα δεδομένα συσσωρεύονται και ο χρόνος είναι περιορισμένος, οι κρίσεις αυτές μπορεί να είναι επιρρεπείς σε σφάλματα. Σε τέτοιες περιπτώσεις, οι απλές στατιστικές περιλήψεις μπορούν να συμπυκνώσουν μεγάλα σύνολα δεδομένων σε μία μόνο τιμή. Τόσο οι αρχάριοι όσο και οι έμπειροι αναλυτές μπορούν στη συνέχεια να αξιολογήσουν τι αποκαλύπτουν τα στατιστικά στοιχεία, οδηγώντας στη λήψη αποφάσεων και δράσεων με μεγαλύτερη εμπιστοσύνη και δέσμευση (Keenan et al., 2012). Επιπλέον, η προσέγγιση αυτή μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική εξοκονόμηση χρόνου και οικονομικών πόρων.

Σε καταστάσεις όπου η λήψη αποφάσεων με βάση τα αποτελέσματα μιας στατιστικής ανάλυσης μπορεί να έχει σοβαρές συνέπειες, οι στατιστικές τεχνικές καθίστανται ζωτικής σημασίας. Για παράδειγμα, ο ποσοτικός προσδιορισμός των τοξινών στα τρόφιμα και ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας σε θρεπτικά συστατικά βασίζονται σε αξιόπιστες μεθόδους χημικής ανάλυσης, όπου οι στατιστικές τεχνικές διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο στην παρακολούθηση και την αναφορά των αποτελεσμάτων. Αυτό εμπνέει εμπιστοσύνη στην εγκυρότητα των ευρημάτων, διαβεβαιώνοντας τους καταναλωτές ότι ορισμένα τρόφιμα είναι ασφαλή και δίνοντάς τους τη δυνατότητα να σχεδιάζουν με βεβαιότητα τα διατροφικά τους σχήματα (Granato et al., 2012).

Ο τομέας της τεχνολογίας τροφίμων προσφέρει πολυάριθμες εφαρμογές της στατιστικής. Μία από τις πρώτες περιπτώσεις ήταν στη γεωργία, όπου ο Fisher (1966) χρησιμοποίησε τον πειραματικό σχεδιασμό για να κατανέμει τη διακύμανση και να επιτύχει ακριβέστερη εκτίμηση των επιδράσεων σε πειράματα σε αγροτεμάχια καλλιέργειας. Στη συνέχεια, καθώς η τεχνολογία τροφίμων εμφανίστηκε ως ξεχωριστό αντικείμενο εφαρμοσμένης επιστήμης, οι στατιστικές εφαρμογές πολλαπλασιάστηκαν, συμπεριλαμβανομένων των αισθητηριακών πειραμάτων όπως η γευσιγνωσία τσαγιού (Fisher, 1966).

Η προετοιμασία της σύνοψης των δεδομένων είναι μια θεμελιώδης στατιστική εφαρμογή που εφαρμόζεται σε όλους τους τομείς. Πρόκειται για μια απλή διαδικασία που μπορεί να γίνει χειροκίνητα, εάν απαιτείται, καλύπτοντας συγκεκριμένες

ανάγκες. Διάφορες απλές γραφικές και πινακοποιημένες μέθοδοι επιτρέπουν την ταχεία απεικόνιση των αποτελεσμάτων. Στον στατιστικό ποιοτικό έλεγχο, αυτές οι περιλήψεις προχωρούν παραπέρα και μέτρα όπως η μέση τιμή σχεδιάζονται "ζωντανά" κατά τη διάρκεια μιας τρέχουσας διαδικασίας (de Souza Neves Ellendersen et al., 2012). Τα διαγράμματα ελέγχου, που περιλαμβάνουν οριακές γραμμές που καθορίζονται με άλλες στατιστικές μεθόδους, διευκολύνουν τον εντοπισμό υλικού εκτός ορίων, όπως συσκευασίες τροφίμων που υπολείπονται του νόμιμου ελάχιστου καθαρού βάρους.

Επιπλέον, οι στατιστικές μέθοδοι διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην αξιολόγηση της αξιοπιστίας των δεδομένων που λαμβάνονται μέσω διαφορετικών μεθόδων μέτρησης (Blumberg et al., 2005). Στις εφαρμογές της έρευνας τροφίμων, η στατιστική ανάλυση περιλαμβάνει την εξέταση των διαφορών και των σχέσεων, τη διατύπωση υποθέσεων με βάση προηγούμενες εργασίες ή νέες ιδέες και την αξιολόγηση των μεγεθών των επιδράσεων σε στατιστικές δειγμάτων για τη σημαντικότητά τους.

Οι στατιστικές μέθοδοι χρησιμεύουν επίσης για την αξιολόγηση της αξιοπιστίας των δεδομένων που λαμβάνονται μέσω διάφορων τεχνικών μέτρησης (Blumberg et al., 2005). Στην έρευνα για τα τρόφιμα, η στατιστική ανάλυση περιλαμβάνει την εξέταση των διαφορών και των σχέσεων, συχνά μέσω της διατύπωσης υποθέσεων με βάση προηγούμενες εργασίες ή νέες ιδέες. Στη συνέχεια, τα μεγέθη των επιδράσεων στα στατιστικά στοιχεία του δείγματος αξιολογούνται ως προς τη σημαντικότητά τους, όπως φαίνεται σε μελέτες όπως η εξέταση των μεταβολών στην περιεκτικότητα των χρωστικών ουσιών του χρώματος κατά την αποθήκευση λαχανικών σε κατάψυξη (Collis & Hussey, n.d.).

Επιπλέον, η εξέταση των σχέσεων απαιτεί την εφαρμογή και τη σύγκριση διαφορετικών συστημάτων μέτρησης. Αυτό μπορεί να παρατηρηθεί σε διάφορες μελέτες τροφίμων, όπου δεδομένα από πηγές οργάνων, συσκευασίας, αισθητήρων και καταναλωτών αναλύονται για συσχετίσεις (Kirk & Sawyer, 1991).

Σε κάθε τομέα, ο σκοπός της στατιστικής είναι η κατανόηση των δεδομένων. Η ανάλυση των δεδομένων πρέπει να ακολουθεί ορισμένα βήματα για την

αποτελεσματική επίτευξη του ερευνητικού στόχου (Freund, 2001). Ο Weiss (1999) υπογράμμισε ότι κατά την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την ποιότητα και την ασφάλεια των επεξεργασμένων τροφίμων ή οποιουδήποτε άλλου σχετικού τμήματος, είναι σημαντικό να αναγνωρίσουμε ότι ο πρωταρχικός στόχος της στατιστικής είναι η εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τα επεξεργασμένα τρόφιμα ή τον πληθυσμό με βάση την ανάλυση πληροφοριών από δειγματικά δεδομένα. Αυτό συνεπάγεται την αξιολόγηση του επιπέδου αβεβαιότητας που συνδέεται με αυτά τα συμπεράσματα (Weiss, 1999).

2.2.2 Βασικές έννοιες της στατιστικής

Η στατιστική είναι ένα πολύ ευρύ αντικείμενο, με εφαρμογές σε έναν τεράστιο αριθμό διαφορετικών τομέων, όπως στην τεχνολογία τροφίμων. Σε γενικές γραμμές, μπορούμε να πούμε ότι η στατιστική είναι η μεθοδολογία συλλογής, ανάλυσης, ερμηνείας και εξαγωγής συμπερασμάτων από πληροφορίες. Με άλλα λόγια, η στατιστική είναι η μεθοδολογία που έχουν αναπτύξει οι επιστήμονες και οι μαθηματικοί για την ερμηνεία και την εξαγωγή συμπερασμάτων από τα συλλεχθέντα δεδομένα διαφόρων τομέων. Οτιδήποτε ασχολείται έστω και εξ αποστάσεως με τη συλλογή, την επεξεργασία, την ερμηνεία και την παρουσίαση δεδομένων ανήκει στον τομέα της στατιστικής, όπως και ο λεπτομερής σχεδιασμός της που προηγείται όλων αυτών των δραστηριοτήτων (Lepš & Šmilauer, 2020).

Η κατανόηση των θεμελιωδών εννοιών και αρχών στον τομέα της τεχνολογίας τροφίμων είναι υψίστης σημασίας. Ορισμένες βασικές αρχές και έννοιες της στατιστικής σε αυτόν τον τομέα περιλαμβάνουν την τυχαιότητα, τον πληθυσμό, τα δεδομένα, τις μεταβλητές, τον δειγματικό χώρο και την κατανομή (Blumberg et al., 2005).

Τυχαιότητα: Πρόκειται για μια σύνθετη φιλοσοφική έννοια, αλλά σε πρακτικό επίπεδο αναφέρεται στην έλλειψη προβλεψιμότητας σε πειράματα επεξεργασίας τροφίμων με πολλαπλά πιθανά αποτελέσματα. Ένα πείραμα που περιλαμβάνει τυχαιότητα συχνά ονομάζεται στοχαστικό πείραμα (Ellison et al., 2009).

Πληθυσμός έναντι δεδομένων: Η ορθή εφαρμογή της στατιστικής στις πτυχές των τροφίμων απαιτεί τη διάκριση μεταξύ του πληθυσμού, ο οποίος αντιπροσωπεύει την υποκείμενη "πραγματικότητα" της ποσότητας των επεξεργασμένων τροφίμων, και των δεδομένων (που συχνά αναφέρονται ως δείγμα) που συλλέγονται για να αποκτήσουν γνώσεις σχετικά με αυτή την πραγματικότητα (Mann & Whitney, 1947). Ακριβείς πληροφορίες για ολόκληρο τον πληθυσμό είναι σπάνια εφικτές, αλλά τα κατάλληλα συλλεχθέντα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτίμηση ή την προσέγγιση κρίσιμων χαρακτηριστικών του. Μεγαλύτερα δείγματα παρέχουν ακριβέστερες πληροφορίες για τον πληθυσμό και η δειγματοληψία μπορεί να γίνει τυχαία ή συστηματικά ανάλογα με την κατάσταση.

Στοχαστική μεταβλητή: Μια στοχαστική μεταβλητή, ή απλώς μια μεταβλητή, αναφέρεται σε μια ποσότητα τροφίμων που συλλέγονται, επεξεργάζονται κ.λπ. και μετρώνται σε ένα στοχαστικό πείραμα. Η τιμή μιας στοχαστικής μεταβλητής δεν είναι προβλέψιμη με ακρίβεια, καθώς περιέχει πάντα ένα στοιχείο τυχαιότητας.

Χώρος δειγματοληψίας: Αναφέρεται στο σύνολο των πιθανών τιμών ή αποτελεσμάτων μιας στοχαστικής μεταβλητής. Στην παρασκευή τροφίμων, πρέπει να αξιολογούνται διάφοροι τύποι τροφίμων ως προς την ποιότητα και την ασφάλεια και οι επιθεωρητές πρέπει να κατανοούν τον δειγματικό χώρο πριν από τη διενέργεια αξιολογήσεων. Η κατανομή μιας στοχαστικής μεταβλητής περιγράφει την πιθανότητα διαφορετικών αποτελεσμάτων (Ellison et al., 2009).

Πρέπει να σημειωθεί ότι ο όρος "δείγμα" μπορεί να είναι κάπως προβληματικός στην τεχνολογία τροφίμων, επειδή χρησιμοποιείται διαφορετικά στη στατιστική και σε άλλες εφαρμοσμένες επιστήμες. Στη στατιστική, δηλώνει ένα σύνολο παρατηρήσεων που λαμβάνονται από έναν συγκεκριμένο πληθυσμό, ενώ σε άλλες επιστήμες, όπως η χημεία, αναφέρεται σε ένα φυσικό αντικείμενο για το οποίο μετράται η στοχαστική μεταβλητή (Mann and Whitney, 1947).

2.2.3 Έλεγχος υποθέσεων και διαστήματα εμπιστοσύνης για τη μέση τιμή
Ένας κοινός στόχος σε πολλές μελέτες είναι να αξιολογηθεί κατά πόσον τα συλλεχθέντα δεδομένα ευθυγραμμίζονται με συγκεκριμένες προβλέψεις. Οι προβλέψεις

αυτές έχουν συνήθως τη μορφή υποθέσεων σχετικά με τις υπό διερεύνηση μεταβλητές. Οι υποθέσεις αυτές προκύπτουν από το υποκείμενο θεωρητικό πλαίσιο που διέπει την έρευνα. Όταν μια υπόθεση αφορά χαρακτηριστικά ενός πληθυσμού, όπως οι παράμετροι του πληθυσμού, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στατιστικές μέθοδοι με δειγματικά δεδομένα για να ελεγχθεί η εγκυρότητά της. Μια τέτοια μέθοδος είναι ο έλεγχος σημαντικότητας, ο οποίος περιλαμβάνει τη σύγκριση των δεδομένων με τις τιμές που προβλέπει η υπόθεση. Τα δεδομένα που αποκλίνουν σημαντικά από τις προβλεπόμενες τιμές παρέχουν στοιχεία κατά της υπόθεσης. Όλοι οι έλεγχοι σημαντικότητας αποτελούνται από πέντε βασικά στοιχεία: υποθέσεις, υποθέσεις, ένα στατιστικό ελέγχου, μια τιμή p και ένα συμπέρασμα. Για να έχουν εγκυρότητα αυτές οι δοκιμές, πρέπει να πληρούνται ορισμένες υποθέσεις. Οι υποθέσεις αυτές περιλαμβάνουν παράγοντες όπως ο τύπος των δεδομένων, το σχήμα της κατανομής του πληθυσμού, η μέθοδος δειγματοληψίας και το μέγεθος του δείγματος (Johnson and Bhattacharyya, 1992).

Η προηγούμενη υποενότητα κάλυψε την εκτίμηση του μέσου όρου και της διακύμανσης. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου ο έλεγχος υποθέσεων σχετικά με τον μέσο όρο παρουσιάζει επίσης ενδιαφέρον. Ένα συνηθισμένο σενάριο περιλαμβάνει ένα πρότυπο προϊόντος με μέσο όρο που έχει προκαθοριστεί και ο στόχος είναι να εκτιμηθεί κατά πόσον ο μέσος όρος της πραγματικής κατανομής είναι συγκρίσιμος με αυτή την καθορισμένη τιμή του προτύπου. Η εκτιμώμενη τιμή, στην πράξη, διαφέρει πάντοτε από την τυπική τιμή λόγω της φύσης της ως τυχαίας μεταβλητής. Ωστόσο, το βασικό ερώτημα είναι κατά πόσον η διαφορά είναι αρκετά σημαντική ώστε να αναγνωρίζεται ως «στατιστικώς σημαντικά διαφορετική».

Αυτό σημαίνει ότι είναι επαρκώς διακριτή ώστε να δηλώνεται με βεβαιότητα ότι η πιθανότητα παρατήρησης μιας τέτοιας διαφοράς, εφόσον η υπόθεση είναι αληθής, είναι πολύ χαμηλή (Keenan et al., 2012). Μια συνήθης προσέγγιση για τη διερεύνηση αυτού του ζητήματος περιλαμβάνει πρώτα τον καθορισμό μιας υπόθεσης, που αναφέρεται ως «μηδενική υπόθεση» (H_0), η οποία τίθεται ως $H_0: \mu = \mu_0$, όπου το μ_0 αντιπροσωπεύει τη σταθερή τιμή αναφοράς. Στη συνέχεια, τα δεδομένα χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της αληθοφάνειας αυτής της υπόθεσης. Μια

απλή μέθοδος είναι ο υπολογισμός του εμπειρικού μέσου όρου και η σύγκρισή του με τη σταθερή τιμή μ_0 . Εάν υπάρχει σημαντική διαφορά, αυτό υποδηλώνει ότι η υπόθεση είναι πιθανότατα ψευδής.

Η πρόκληση έγκειται στον προσδιορισμό της οριακής απόστασης μεταξύ ενός εκτιμώμενου μέσου και της σταθερής τιμής της υπόθεσης που θα δικαιολογούσε την απόρριψη της υπόθεσης. Στην πράξη, αυτό επιλύεται με την αντιπαράθεση της διαφοράς μεταξύ της μετρούμενης τιμής και της τιμής της υπόθεσης με μια εκτίμηση της εγγενούς μεταβλητότητας του εκτιμητή. Μπορεί να αποδειχθεί ότι αυτή η προσέγγιση ισχύει εάν η υποκείμενη κατανομή για το y ακολουθεί την κανονική κατανομή και εάν η υπόθεση H_0 είναι έγκυρη (MacFarland, 2012).

2.2.4 Έλεγχος στατιστικής διεργασίας

Ο Montgomery (1997) όρισε συνοπτικά τον έλεγχο των στατιστικών διεργασιών (Statistical Process Control, SPC) ως μια μεθοδολογία που χρησιμοποιείται για να προσδιοριστεί εάν μια πραγματική μέτρηση εμπίπτει στο αναμενόμενο εύρος μεταβλητότητας. Η μεθοδολογία αυτή βασίζεται σε διαγράμματα ελέγχου, τα οποία είναι γραφήματα που απεικονίζουν δεδομένα με την πάροδο του χρόνου, με σημειωμένα τα όρια ελέγχου. Ενώ η πτυχή της γραφικής παράστασης είναι υψίστης σημασίας, τα όρια αυτά βοηθούν επίσης στον εντοπισμό αποκλίσεων και ακραίων τιμών. Η θεμελιώδης παραδοχή που διέπει το πιο θεμελιώδες διάγραμμα ελέγχου SPC, το διάγραμμα ελέγχου Shewhart, είναι ότι όταν η διαδικασία βρίσκεται υπό έλεγχο (εντός του κανονικού εύρους διακύμανσης), όλες οι παρατηρήσεις είναι ανεξάρτητες και πανομοιότυπα κατανεμημένες. Τυπικά, υποτίθεται ότι ακολουθούν μια κανονική κατανομή.

2.2.5 Σχέσεις μεταξύ δύο ή περισσότερων μεταβλητών

Παρόμοια με την περίπτωση μιας μεμονωμένης μεταβλητής, είναι δυνατόν να ορίσετε μια κοινή κατανομή για δύο ή περισσότερες μεταβλητές. Αυτή η κατανομή, όπως και η περίπτωση της μονομεταβλητής, μπορεί να προσεγγιστεί με τη χρήση μιας γενικευμένης μορφής του μονομεταβλητού ιστογράμματος (Kleinbaum et al.,

2007). Μια απλή προσέγγιση για την εξέταση της εμπειρικής σχέσης μεταξύ δύο μεταβλητών είναι μέσω διαγραμμάτων διασποράς που περιλαμβάνουν ζεύγη μεταβλητών. Το Σχήμα 3 παρέχει διάφορα ενδεικτικά παραδείγματα αυτού του είδους.

Ο βαθμός γραμμικής σχέσης μεταξύ των x και y είναι ένα κρίσιμο μέτρο γνωστό ως συσχέτιση. Παρόμοια με τη μέση τιμή και την τυπική απόκλιση, υπάρχει μια συσχέτιση για τον υποκείμενο πληθυσμό και μια άλλη για το δείγμα. Ως συνήθως, ο εκτιμώμενος συντελεστής συσχέτισης γίνεται ακριβέστερος όσο αυξάνεται το N , το μέγεθος του δείγματος. Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ο εκτιμώμενος συντελεστής συσχέτισης είναι μεροληπτικός σε αυτό το πλαίσιο - η αναμενόμενη τιμή του είναι μεγαλύτερη από την πραγματική συσχέτιση. Κατά συνέπεια, αυτή η μεροληψία μπορεί ενδεχομένως να οδηγήσει σε υπερβολικά αισιόδοξες εκτιμήσεις του πραγματικού συντελεστή συσχέτισης (MacFarland, 2012).

2.2.6 Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας

Ο Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας αποτελεί την παλαιότερη και γνωστότερη μέθοδο ελέγχου παραγωγικών διεργασιών για τη βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων. Ένας από τους βασικούς στόχους του είναι η έγκαιρη ανακάλυψη μη συμμορφωμένων με τις προδιαγραφές παραγόμενων προϊόντων η οποία σηματοδοτεί τη λήψη διορθωτικών ενεργειών για την απομάκρυνση των αιτιών που είναι υπεύθυνες για τις αποκλίσεις, συμβάλλοντας έτσι στη διατήρηση της ποιότητας των προϊόντων. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι ο Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας επηρεάζει σημαντικά αποφάσεις σχετικές με τις προδιαγραφές, την παραγωγή και τον έλεγχο των παραγόμενων προϊόντων μιας επιχείρησης. Για να λειτουργήσει σωστά ένα τέτοιο εργαλείο θα πρέπει η βιομηχανία – επιχείρηση που το αξιοποιεί να έχει ως στόχο τη συνεχή βελτίωση της ποιότητας σε όλα τα στάδια παραγωγής του προϊόντος και να μην παρεκκλίνει από αυτόν .

Ο στατιστικός ποιοτικός έλεγχος βασίζεται σε στατιστική ανάλυση δεδομένων και διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες, όπου κάθε κατηγορία αφορά διαφορετικές φάσεις της παραγωγικής διαδικασίας. Οι κατηγορίες αυτές είναι:

- Η περιγραφική στατιστική όπου χρησιμοποιείται για την περιγραφή χαρακτηριστικών και σχέσεων ποιότητας. Περιλαμβάνει στατιστικά στοιχεία όπως ο μέσος, η διάμεσος, η τυπική απόκλιση και η κατανομή δεδομένων.
- Ο Στατιστικός Έλεγχος Διεργασιών όπου περιλαμβάνει την επιθεώρηση τυχαίου δείγματος προϊόντος από μια διαδικασία και την απόφαση περί του εάν η διαδικασία παράγει προϊόντα με χαρακτηριστικά τα οποία εμπίπτουν σε ένα προκαθορισμένο και αποδεκτό εύρος. Ο Στατιστικός Έλεγχος Διεργασιών απαντά στο ερώτημα του εάν η διαδικασία λειτουργεί κανονικά
- Η Δειγματοληψία Αποδοχής. Είναι η διαδικασία τυχαίου ελέγχου δείγματος προϊόντων και η απόφαση για το εάν θα γίνει αποδεκτή η συνολική παρτίδα βάσει αποτελεσμάτων. Η δειγματοληψία αποδοχής καθορίζει εάν η παρτίδα προϊόντων θα πρέπει να γίνει αποδεκτή ή να απορριφθεί.

Στην παρούσα εργασία, θα μελετηθεί η μέθοδος της δειγματοληψίας αποδοχής σε διάφορες κατηγορίες – επιχειρήσεις τροφίμων, ώστε να σχεδιαστούν κατάλληλα πλάνα δειγματοληψίας, σε συνάρτηση με την φύση του προϊόντος καθώς και τον όγκο της παραγωγής του.

2.3 Δειγματοληψία Αποδοχής και Δειγματοληψία Τροφίμων

Η δειγματοληψία αποδοχής, στοιχείο του στατιστικού ελέγχου διεργασιών (SPC), συνεπάγεται τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τη διάθεση μιας παρτίδας με βάση πληροφορίες που λαμβάνονται από ένα τυχαία επιλεγμένο δείγμα από την εν λόγω παρτίδα (Wengert, 2008). Η έννοια των σχεδίων δειγματοληψίας αποδοχής διατυπώθηκε από τον Harold Dodge στο πλαίσιο της Bell Telephone Company το 1925. Τα σχέδια αυτά είναι αντιδραστικά εργαλεία στο πεδίο της SQC, που χρησιμοποιούνται κυρίως για τη διασφάλιση της ποιότητας των τελικών προϊόντων. Η πρακτική υιοθέτηση των σχεδίων δειγματοληψίας αποδοχής κέρδισε έδαφος κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, όταν τόσο ο βρετανικός όσο και ο αμερικανικός στρατός υιοθέτησαν τυποποιημένα σχέδια δειγματοληπτικής επιθεώρησης. Τα συστήματα αυτά επιβλήθηκαν και στους προμηθευτές τους.

Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, ο W. Edwards Deming συνεργάστηκε με το Γραφείο Απογραφής των ΗΠΑ το 1940 για τη χρήση τεχνικών στατιστικής δειγματοληψίας. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο Edwards Deming, ειδικός στον έλεγχο ποιότητας, συνέβαλε σημαντικά στην ανάπτυξη και διάδοση των σχεδίων δειγματοληψίας αποδοχής. Επιπλέον, το 1941, ο Έντουαρντς Ντέμινγκ εντάχθηκε στον αμερικανικό στρατό για να εκπαιδεύσει το προσωπικό σχετικά με τις τεχνικές ελέγχου ποιότητας. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου η Bell Labs ανέπτυξε τις διαδικασίες και τους πίνακες δειγματοληψίας για τον έλεγχο βάσει χαρακτηριστικών, ειδικά προσαρμοσμένους στις ανάγκες του στρατού των ΗΠΑ. Αυτό το ολοκληρωμένο έγγραφο, που δημοσιεύθηκε για γενική χρήση το 1944, είναι γνωστό ως US Military Standard 105A (MIL-STD-105A). Η υιοθέτηση τέτοιων τυποποιημένων διαδικασιών σηματοδότησε ένα σημαντικό βήμα προς τα εμπρός στον τομέα του ποιοτικού ελέγχου κατά τη διάρκεια μιας κρίσιμης ιστορικής περιόδου.

Συνήθως, τα δείγματα τροφίμων υποβάλλονται σε μικροβιολογική ή χημική ανάλυση για να αξιολογηθεί η ποιότητα ή η τήρηση των προτύπων της παρτίδας των τροφίμων. Τα αποτελέσματα αυτών των αναλύσεων επιβεβαιώνουν την ύπαρξη επιμολύνσεων τροφίμων, είτε αυτές είναι φυσικής, χημικής ή μικροβιολογικής φύσης, είτε παραβιάσεις των κανονισμών επισήμανσης και σύνθεσης των τροφίμων. Η επιλογή συγκεκριμένων τύπων τροφίμων στο πλαίσιο των προγραμμάτων δειγματοληψίας καθορίζεται από τα κριτήρια που σχετίζονται με το συγκεκριμένο τρόφιμο ή τυχόν ειδικά ζητήματα που εξετάζονται.

Κάθε χρόνο, διατίθεται σημαντικό ποσό πόρων για τη δειγματοληψία από τις τοπικές αρχές και την επακόλουθη ανάλυση. Η σημασία της χρησιμότητας των αποτελεσμάτων της ανάλυσης σε όλα τα επίπεδα δεν πρέπει να υποτιμάται- διαφορετικά, ο σκοπός της δειγματοληψίας θα υπονομευόταν. Γενικά, η άποψη των Τμημάτων Περιβαλλοντικής Υγείας (ΤΠΥ) σχετικά με τη χρησιμότητα των αποτελεσμάτων των αναλύσεων σε τοπικό επίπεδο ήταν διαφορετική. Ωστόσο, σχεδόν το ένα πέμπτο των ερωτηθέντων ανέφερε ότι τα αποτελέσματα αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως για εκπαιδευτικούς και συμβουλευτικούς σκοπούς. Δεδομένου ότι η ποινική δίωξη αποτελεί συνήθως την τελευταία λύση στις πρακτικές επιβολές της Περιβαλλοντικής Υγείας κατά την αντιμετώπιση προβληματικών επιχειρήσεων τροφίμων, θα

ήταν συνετό αν η δειγματοληψία μπορούσε να χρησιμεύσει ως εκπαιδευτικό εργαλείο. Ωστόσο, η αποτελεσματικότητα των αποτελεσμάτων της ανάλυσης ως εκπαιδευτικού εργαλείου εξαρτάται από την ποσότητα και τη συχνότητα της δειγματοληψίας για τον εντοπισμό υποβαθμισμένων τροφίμων. Εάν ο αριθμός των δειγμάτων δεν αντιπροσωπεύει σημαντικό μέρος του συνολικού πληθυσμού, η πιθανότητα εντοπισμού μολυσμένων ειδών διατροφής θα ήταν τόσο χαμηλή ώστε η διαδικασία θα μπορούσε να μοιάζει με μια μορφή δειγματοληψίας που δεν έχει αποτέλεσμα.

Όσον αφορά τη χρησιμότητα σε εθνικό επίπεδο, πάνω από τις μισές απαντήσεις πρότειναν ότι τα αποτελέσματα των αναλύσεων θα συνέβαλαν σε εθνικές έρευνες ή συντονισμένα προγράμματα. Αυτές οι έρευνες συχνά ξεκινούσαν από φορείς όπως οι LACORS, PHLS και FSA. Ωστόσο, ορισμένες τοπικές αρχές εξέφρασαν ανησυχίες ότι, ενώ τα αποτελέσματα των ερευνών μοιράστηκαν με τις ΕΥΔ, δόθηκαν περιορισμένες πληροφορίες σχετικά με μελλοντικές εθνικές στρατηγικές για την ασφάλεια των τροφίμων με βάση τα αποτελέσματα αυτά. Κατά συνέπεια, παρά το γεγονός ότι η πλειονότητα των τοπικών αρχών αναγνώρισε ότι τα αποτελέσματα των αναλύσεων θα διαβιβάζονταν μέσω αυτών των εθνικών οργανισμών για συσχέτισμό, η πραγματική αξιοποίηση αυτών των ευρημάτων δεν ήταν πάντοτε σαφής γι' αυτές.

Ένας από τους πρωταρχικούς στόχους της τακτικής δειγματοληψίας τροφίμων είναι ο εντοπισμός της παρουσίας μόλυνσης πριν από την πώληση των τροφίμων στους καταναλωτές. Η επιτυχής επίτευξη αυτού του στόχου μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην πρόληψη των κρουσμάτων τροφιμογενών ασθενειών. Για την εκπλήρωση αυτού του στόχου, αναπτύσσεται συνήθως ένα πρόγραμμα δειγματοληψίας τροφίμων, το οποίο χρησιμοποιείται ως εργαλείο για να βοηθήσει τις τοπικές αρχές να σχεδιάσουν αποτελεσματικά και αποδοτικά τις προσπάθειες δειγματοληψίας τους. Ωστόσο, στην πράξη, τα προγράμματα αυτά ενδέχεται να μην αποδίδουν πάντα τα αναμενόμενα αποτελέσματα λόγω διαφόρων συγχυτικών παραγόντων, συμπεριλαμβανομένων των οικονομικών περιορισμών. Επιπλέον, η αποτελεσματικότητα κάθε προγράμματος μπορεί να διαφέρει μεταξύ διαφορετικών τοπικών αρχών και πρέπει να αξιολογείται ξεχωριστά.

Εν μέσω αυτών των διαφορετικών απόψεων, αναφέρθηκε συχνά ότι εντοπίστηκαν υποβαθμισμένα τρόφιμα και ότι αποτράπηκαν πιθανά περιστατικά

τροφιμογενών ασθενειών μέσω της δειγματοληψίας ρουτίνας. Ωστόσο, ορισμένες τοπικές αρχές υποστηρίζουν ότι ο συνολικός αριθμός των δειγμάτων που ελήφθησαν ήταν πολύ μικρός για να είναι στατιστικά αντιπροσωπευτικός για το σύνολο του πληθυσμού των τροφίμων. Σύμφωνα με την άποψη αυτή, τυχόν εντοπισμός υποβαθμισμένων προϊόντων θα μπορούσε να έχει συμβεί τυχαία και τα προγράμματα δειγματοληψίας δεν θα μπορούσαν να συμβάλουν σημαντικά στην πρόληψη τροφιμογενών ασθενειών. Αυτή η προοπτική μπορεί επίσης να εξηγήσει γιατί ορισμένες τοπικές αρχές δεν αποκάλυψαν προβλήματα μέσω της δειγματοληψίας ρουτίνας.

Οι επιθεωρήσεις υγιεινής τροφίμων που διενεργούνται από τα τμήματα περιβαλλοντικής υγείας παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τα πρότυπα των τοπικών επιχειρήσεων τροφίμων. Η πλειονότητα των προσπαθειών δειγματοληψίας τείνει να επικεντρώνεται σε εγκαταστάσεις με γνωστά προβλήματα, αυξάνοντας τις πιθανότητες εντοπισμού μολυσμένων τροφίμων. Αντίθετα, οι πρακτικές επιλεκτικής δειγματοληψίας μπορεί να οδηγήσουν στην εποπτεία άλλων εγκαταστάσεων, αποκλίνοντας ενδεχομένως από την αρχική έννοια της τυχαίας δειγματοληψίας (Wong et al., 2004).

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τη δειγματοληψία τροφίμων παίζουν καθοριστικό ρόλο στη δημιουργία αξιόπιστων δεδομένων που αντικατοπτρίζουν με ακρίβεια τη σύνθεση του συγκεκριμένου τροφίμου που μελετάται. Ένα καλά καθορισμένο σχέδιο δειγματοληψίας περιγράφει τις ακριβείς διαδικασίες για την επιλογή, την εξαγωγή, τη συντήρηση, τη μεταφορά και την προετοιμασία των συστατικών που πρέπει να ληφθούν από έναν πληθυσμό για να χρησιμεύσουν ως δείγματα (Horwitz et al., 1990). Το αρχικό στάδιο περιλαμβάνει τον εντοπισμό όλων των διαφόρων μονάδων του συγκεκριμένου τροφίμου που αποτελούν τον πληθυσμό ενδιαφέροντος. Στη συνέχεια, ένα τμήμα που εξάγεται από μια μεγαλύτερη ποσότητα του υλικού αναφέρεται ως δείγμα (Greenfield et al., 2009).

Η αξιολόγηση της θρεπτικής σύνθεσης ενός τροφίμου περιλαμβάνει την πραγματοποίηση διαφόρων διακριτών σταδίων. Η ολοκληρωμένη έκθεση της τρίτης διεθνούς διάσκεψης για τα δεδομένα τροφίμων (1999) παρουσίασε μια συλλογή των βασικών φάσεων της διαδικασίας δειγματοληψίας τροφίμων. Η συλλογή αυτή περιελάμβανε τις ακόλουθες πτυχές:

- καθορισμός στόχων,
- προσδιορισμός των τροφίμων-στόχων,
- προσδιορισμός των συστατικών των τροφίμων προς ανάλυση,
- καθορισμός της αναγκαίας ποσότητας δείγματος,
- επιλογή,
- προετοιμασία και μεταφορά δειγμάτων,
- εκτέλεση αναλυτικών διαδικασιών,
- διεξαγωγή στατιστικής ανάλυσης και
- υποβολή εκθέσεων δεδομένων.

Επιπλέον, το σχέδιο δειγματοληψίας αποσκοπεί στην εξακρίβωση μιας μέσης τιμής που αντιπροσωπεύει κατάλληλα κάθε σχετικό αναλύτη και στη μέτρηση της μεταβλητότητας των θρεπτικών συστατικών και των τροφίμων.

Αφού προσδιοριστεί ο κατάλογος των τροφίμων προς δειγματοληψία (που αναφέρονται ως βασικά τρόφιμα) και τα υπόλοιπα δεδομένα ενδιαφέροντος, το επόμενο κρίσιμο βήμα περιλαμβάνει τον καθορισμό των θέσεων από τις οποίες θα ληφθούν τα δείγματα τροφίμων. Αυτή η μεθοδική προσέγγιση για την επιλογή των θέσεων δειγματοληψίας ονομάζεται «πλαίσιο δειγματοληψίας» (όπως ορίστηκε από τον Cochran το 1977). Αυτό το πλαίσιο πρέπει να παρέχει πληροφορίες σχετικά με το τι, πού, πόσο και πότε θα γίνει η δειγματοληψία. Το πλαίσιο δειγματοληψίας πρέπει να είναι σχολαστικά κατασκευασμένο ώστε να διασφαλίζονται ακριβείς εκτιμήσεις με αναγνωρισμένη μεταβλητότητα για την περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά που υπάρχει στα τρόφιμα και τα ποτά που καταναλώνει ο πληθυσμός (Cochran, 1977). Αυτή η διαδικασία διαμόρφωσης του πλαισίου της δειγματοληπτικής προσέγγισης είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της αξιοπιστίας των εκτιμήσεων, όπως περιγράφεται από τους Pehrsson et al. το 2013 και τους Haytowitz et al. το 2008 (Haytowitz et al., 2008; Pehrsson et al., 2013).

Για τον προσδιορισμό του απαιτούμενου αριθμού μονάδων (n), πρέπει να καθοριστούν στατιστικά επίπεδα εμπιστοσύνης ώστε να αντικατοπτρίζεται η μεταβλητότητα στη σύνθεση των θρεπτικών τροφίμων.

Η ανάπτυξη ενός πρωτοκόλλου δειγματοληψίας τροφίμων απαιτεί θεμελιώδη κατανόηση του γενικού τύπου ή της κατηγορίας τροφίμων και συγκεκριμένες λεπτομέρειες σχετικά με τα μεμονωμένα τρόφιμα ή προϊόντα που εμπίπτουν στην εν λόγω

κατηγορία. Για παράδειγμα, στην περίπτωση των προϊόντων πουλερικών, πρέπει να ληφθούν υπόψη παράγοντες όπως τα διάφορα μέρη, η παρουσία δέρματος και οι μέθοδοι παρασκευής, όπως το τηγάνισμα, το ψήσιμο ή το μαγείρεμα. Είναι ζωτικής σημασίας να αντιληφθεί κανείς τον τρόπο με τον οποίο τα τρόφιμα αυτά παρουσιάζονται (ωμά, διατηρημένα στο ψυγείο, κατεψυγμένα), προετοιμάζονται, διανέμονται και τελικά καταναλώνονται.

Οι επιλογές όσον αφορά τα τρόφιμα, τις μορφές τους, τα θρεπτικά συστατικά που ενδιαφέρουν και τις τεχνικές δειγματοληψίας που θα χρησιμοποιηθούν θα πρέπει να ευθυγραμμίζονται με τους επιδιωκόμενους στόχους της διαδικασίας δειγματοληψίας. Οι στόχοι αυτοί θα πρέπει να καθοδηγούνται τόσο από τους διαθέσιμους πόρους όσο και από τα επιθυμητά αποτελέσματα του έργου. Το σχέδιο δειγματοληψίας που καταρτίζεται για τη συλλογή δεδομένων σχετικά με τη σύνθεση των τροφίμων μπορεί να έχει διαφορετικούς στόχους. Ορισμένα παραδείγματα περιλαμβάνουν τη δημιουργία εθνικά αντιπροσωπευτικών εκτιμήσεων για τη θρεπτική σύνθεση των τροφίμων, τη διεξαγωγή πιλοτικών μελετών για την αξιολόγηση των αποκλίσεων που σχετίζονται με συγκεκριμένους παράγοντες όπως η ποικιλία, η τροφή ή η φυλή ή τη συλλογή ολοκληρωμένων και αντιπροσωπευτικών δεδομένων για ένα συγκεκριμένο θρεπτικό συστατικό. Η διατύπωση αυτών των στόχων εξαρτάται από τους διαθέσιμους πόρους και τους στόχους που τίθενται για το έργο, όπως συζητείται στις μελέτες των Holden το 2005 και Pehrsson το 2013 (Haytowitz et al., 2008; Holden et al., 2005).

Σε πολλές περιπτώσεις, πρέπει να αναλυθεί σημαντικός αριθμός δειγμάτων για να διασφαλιστεί ότι τα συλλεγόμενα δεδομένα αντιπροσωπεύουν με ακρίβεια τον τύπο του τροφίμου και τους διάφορους παράγοντες που επηρεάζουν τη σύνθεσή του. Η απαίτηση αυτή εξαρτάται από τα ειδικά χαρακτηριστικά του τροφίμου και τις μεταβλητές που επηρεάζουν τη σύνθεσή του. Μελέτες που διεξήχθησαν από τους Galeazzi et al. το 2002, τους Greenfield et al. το 2009 και άλλους έχουν τονίσει τη σημασία ενός ισχυρού μεγέθους δείγματος (Galeazzi et al., 2002; Greenfield et al., 2009).

Η μεθοδολογία αποσκοπεί στον εντοπισμό των πρωταρχικών μεταβλητών που έχουν ουσιαστικό αντίκτυπο στη σύνθεση κάθε τροφίμου. Εστιάζοντας στις

μεταβλητές με τη μεγαλύτερη επιρροή και αποκλείοντας εκείνες με μικρότερη σημασία, η μεθοδολογία επιδιώκει να μετριάσει τη συνολική μεταβλητότητα που υπάρχει στα δεδομένα. Αυτή η μείωση της μεταβλητότητας μεταφράζεται στη συνέχεια σε μείωση του αριθμού των δειγμάτων που πρέπει να αναλυθούν, διατηρώντας παράλληλα τη στατιστική σημαντικότητα των δεδομένων. Η προσέγγιση αυτή είναι απαραίτητη για τη βελτιστοποίηση της διαδικασίας δειγματοληψίας και της χρήσης των πόρων, ενώ παράλληλα διασφαλίζει ότι τα δεδομένα που συλλέγονται παραμένουν έγκυρα και κατατοπιστικά.

Όταν η παραγωγή είναι συγκεντρωμένη σε μια οριοθετημένη γεωγραφική περιοχή ή περιορίζεται σε λίγες εγκαταστάσεις παραγωγής, μια ρεαλιστική προσέγγιση περιλαμβάνει την προμήθεια δειγμάτων απευθείας από αυτές τις εγκαταστάσεις παραγωγής. Σε αυτό το σενάριο, η κατανομή του μεγέθους του δείγματος, που αντιπροσωπεύεται ως «n», θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί αναλογικά σύμφωνα με τον όγκο παραγωγής κάθε μεμονωμένης εταιρείας. Από την άλλη πλευρά, εάν η παραγωγή είναι ευρέως διασκορπισμένη σε διάφορες περιοχές της χώρας, μια συνετή στρατηγική συνεπάγεται την απόκτηση δειγμάτων από τα σημεία κατανάλωσης, ευθυγραμμιζόμενη έτσι με το επικρατούν πρότυπο διανομής.

Ο Cochran χρησιμοποιεί τον ανθρώπινο πληθυσμό ως παραδειγματικό μοντέλο. Διευκρινίζοντας τη διαμόρφωση του πλαισίου δειγματοληψίας, ο Cochran υποστηρίζει ότι ο «πληθυσμός» απαιτεί τη διαίρεση σε διακριτά συστατικά που ονομάζονται «μονάδες δειγματοληψίας» ή πιο απλά «μονάδες». Οι μονάδες αυτές θα πρέπει να καλύπτουν πλήρως ολόκληρο τον πληθυσμό, παραμένοντας παράλληλα αμοιβαία αποκλειστικές, διασφαλίζοντας ότι κάθε στοιχείο του πληθυσμού κατανέμεται σε μία και μόνο μία μονάδα (Cochran, 1977). Κατά συνέπεια, πρέπει να υιοθετηθεί μια συστηματική μεθοδολογία για τη σύνταξη ενός εξαντλητικού καταλόγου όλων των πιθανών θέσεων. Από αυτό το μητρώο, επιλέγεται στη συνέχεια ένα υποσύνολο θέσεων για να διευκολυνθεί η πραγματική επιλογή των μονάδων δειγματοληψίας τροφίμων. Η ποσότητα των τοποθεσιών μπορεί να επηρεαστεί από τους στόχους της έρευνας, το πεδίο εφαρμογής και τους διαθέσιμους πόρους, συμπεριλαμβανομένης της διαθέσιμης χρηματοδότησης. Σε αυτό το πλαίσιο, το σύμβολο «n» κατανέμεται στοχαστικά σε επιλεγμένα αστικά κέντρα με πιθανότητες ανάλογες με τους αντίστοιχους πληθυσμούς τους. Ενδεικτικά, οι Perry, Pehrsson και Holden

(2003) αξιοποίησαν τα δεδομένα της εθνικής απογραφής των ΗΠΑ για να ορίσουν την κομητεία των ΗΠΑ ως τη θεμελιώδη μονάδα στο πλαίσιο δειγματοληψίας του Εθνικού Προγράμματος Ανάλυσης Τροφίμων και Θρεπτικών Ουσιών (NFNAP). Στη συνέχεια, το Εργαστήριο Δεδομένων Θρεπτικών Ουσιών του Υπουργείου Γεωργίας των ΗΠΑ (USDA) αναθεώρησε το σχέδιο δειγματοληψίας του NFNAP το 2012 για την πανεθνική συλλογή δειγμάτων τροφίμων από καταστήματα λιανικής πώλησης για ανάλυση θρεπτικών συστατικών. Στην περίπτωση αυτή, εφαρμόστηκε η διαδικασία «Chromy», η οποία χρησιμοποιεί ένα σχέδιο δειγματοληψίας με πιθανότητα ανάλογη του μεγέθους με ελάχιστη αντικατάσταση (Pehrsson et al., 2013).

Η συνετή διαχείριση των δειγμάτων τροφίμων, ξεκινώντας από την προμήθειά τους και φτάνοντας μέχρι τη φάση της ανάλυσης, είναι επιβεβλημένη για τη διασφάλιση της ακεραιότητας των δειγμάτων και τη διευκόλυνση της επακόλουθης εξαγωγής ακριβών τιμών θρεπτικών συστατικών (Westenbrink et al., 2009).

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο υποκεφάλαιο, ο στατιστικός έλεγχος διεργασιών (SPC) χρησιμοποιείται ευρέως στις βιομηχανίες μεταποίησης και παραγωγής για την αξιολόγηση της ποιότητας των προϊόντων, η οποία έχει αναδειχθεί σε παράγοντα διάκρισης μεταξύ των ανταγωνιστικών επιχειρήσεων. Η επίτευξη υψηλής ποιότητας δεν είναι αποτέλεσμα της τύχης. Ο στατιστικός έλεγχος ποιότητας και η δειγματοληψία αποδοχής είναι δύο κεντρικές μέθοδοι για την εποπτεία της ποιότητας των προϊόντων. Δεδομένου ότι τα προϊόντα αποτελούνται από διακριτά συστατικά με διαφορετικά όρια προδιαγραφών, η δειγματοληψία αποδοχής παίζει καθοριστικό ρόλο στον καθορισμό της αποδοχής ή της απόρριψης μιας ολόκληρης παρτίδας προϊόντων από έναν παραγωγό. Ο προσδιορισμός αυτός βασίζεται σε ένα ή περισσότερα τυχαία δείγματα που λαμβάνονται από την παρτίδα, και αυτή η διαδικασία επιθεώρησης αναφέρεται ως σχέδιο δειγματοληψίας αποδοχής (ASP). Ωστόσο, υπάρχει πιθανότητα σφαλμάτων λόγω της διαδικασίας λήψης αποφάσεων βάσει δείγματος σχετικά με την παρτίδα. Η πιθανότητα αποδοχής μιας ελαττωματικής παρτίδας ονομάζεται σφάλμα τύπου I ή κίνδυνος του καταναλωτή (α), ενώ η απόρριψη μιας παρτίδας που πληροί τις δεδομένες προδιαγραφές είναι γνωστή ως σφάλμα τύπου II ή κίνδυνος του παραγωγού (β). Ως εκ τούτου, ένα σχέδιο δειγματοληψίας αποδοχής που συμβολίζεται ως ASP (n, c) σχεδιάζεται για να διασφαλίσει ότι ο αριθμός των ελαττωματικών δεν υπερβαίνει την καθορισμένη τιμή «c», γνωστή

ως αριθμός αποδοχής. Εδώ, το «n» υποδηλώνει το μέγεθος των μονάδων επιθεώρησης (Gui & Aslam, 2017).

Η ποιότητα του προϊόντος αξιολογείται λαμβάνοντας υπόψη τη διάρκεια ζωής του και την παράμετρο μεταβλητότητας, με τη διάρκεια ζωής να χρησιμεύει συχνά ως δείκτης ποιότητας. Σε αυτό το πλαίσιο, η εστίαση έγκειται στον υπολογισμό της πιθανότητας μια μονάδα να είναι είτε ελαττωματική είτε μη ελαττωματική, ενώ υφίσταται ικανοποιητική λειτουργία κατά τη διάρκεια πειραματικών διαδικασιών. Για τέτοια σενάρια, οι μέθοδοι δειγματοληψίας αποδοχής μπορούν να προσαρμοστούν σε δοκιμές διάρκειας ζωής, όπως συζητήθηκε από τον Balakrishna (Balakrishnan et al., 2007). Τα επιμέρους δεδομένα σε τέτοιες περιπτώσεις παρουσιάζουν συχνά στρεβλά χαρακτηριστικά (Aslam & Ali, 2019). Είναι σύνηθες να υποθέτουμε εκθετική κατανομή για τα δεδομένα διάρκειας ζωής (Epstein, 1954).

Η εκθετική κατανομή βρίσκει εκτεταμένες εφαρμογές σε διάφορα στατιστικά πλαίσια, ιδίως στον έλεγχο ζωής, όπως συζητήθηκε από τον Nelson (Nelson, 1994), και για τη μοντελοποίηση του χρόνου μεταξύ γεγονότων, όπως διερευνήθηκε από τους Aslam et al. Στη βιβλιογραφία, έχουν επινοηθεί πολυάριθμα σχέδια δειγματοληψίας, ιδίως όταν ο χρόνος των μονάδων μέχρι τη βλάβη ή την εμφάνιση ακολουθεί εκθετική κατανομή. Για παράδειγμα, οι Mughal και Abdul Razzaque (Mughal, 2011) εισήγαγαν ένα σχέδιο δειγματοληψίας αποδοχής μείγματος, μια οικονομικά συμφέρουσα προσέγγιση για την εκθετική κατανομή χρόνου ζωής. Οι Hussain et al. (2011) διατύπωσαν σχέδια δειγματοληψίας αποδοχής για οικονομική αξιοπιστία σε ομαδική μορφή για χρόνους ζωής που χαρακτηρίζονται από γενικευμένη εκθετική κατανομή (Hussain et al., 2011). Οι Aslam et al. (2019) επεξεργάστηκαν ομαδικά σχέδια δειγματοληψίας αποδοχής με οικονομική αξιοπιστία για χρόνους ζωής υπό τη γενικευμένη εκθετική κατανομή (Aslam & Ali, 2019). Ο Rao (2011) εξέτασε τη γενικευμένη εκθετική κατανομή και πρότεινε υβριδικά ομαδικά σχέδια δειγματοληψίας αποδοχής για δεδομένα διάρκειας ζωής (Rao, 2011). Οι Ramasamy et al. (2012) εξέτασαν τη γενικευμένη εκθετική κατανομή για να δημιουργήσουν μεθόδους δειγματοληψίας διπλής αποδοχής που βασίζονται σε δοκιμές μειωμένης διάρκειας ζωής (Ramaswamy & Anburajan, 2012). Οι Aslam et al. (2019) εμβάθυναν τόσο στην κατανομή Weibull όσο και στη γενικευμένη εκθετική κατανομή για να επινοήσουν

βέλτιστους σχεδιασμούς για σχέδια δειγματοληψίας ομαδικής αποδοχής «skip-lot». Επιπλέον, οι Aslam et al. εισήγαγαν ένα νέο σχέδιο δειγματοληψίας για την εκθετική κατανομή, ακολουθώντας μια προσέγγιση που προτάθηκε από τον Nelson.

Οι Al-Omari & Al-Hadhrami (2018) εισήγαγαν σχέδια για την εκτεταμένη εκθετική κατανομή, τα οποία προέρχονται από δοκιμές αποκομμένης διάρκειας ζωής (Al-Omari & Al-Hadhrami, 2018). Οι Jyoti et al. (2019) επινόησαν οικονομικά αποδοτικά σχέδια δειγματοληψίας αποδοχής δοκιμών ζωής για τη γενικευμένη εκθετική κατανομή (Divecha & Raykundaliya, 2019). Οι Singh et al. (2018) διατύπωσαν ένα σχέδιο δειγματοληψίας αποδοχής με βάση δοκιμές αποκομμένης διάρκειας ζωής για τη γενικευμένη ανεστραμμένη εκθετική κατανομή (Singh et al., 2018). Οι Rao et al. (2011) κατασκεύασαν ένα σχέδιο δειγματοληψίας αποδοχής ομάδας δύο σταδίων με περικοπή χρόνου για την εκθετική λογαριθμολογική κατανομή αποδόσεων. Επιπλέον, οι Rao et al. ανέπτυξαν ένα σχέδιο δειγματοληψίας αποδοχής ομάδας δύο σταδίων για την ίδια κατανομή (Rao, 2011). Περαιτέρω πληροφορίες για πολυάριθμες εξελίξεις στα σχέδια δειγματοληψίας αποδοχής μπορούν να βρεθούν σε βιβλία, όπως οι Aslam et al. Οι Kumar et al. (2019) παρουσίασαν ένα σχέδιο δειγματοληψίας αποδοχής αξιοπιστίας που βασίζεται σε δεδομένα σταθερής καταπόνησης με μεγαλύτερη ταχύτητα για τη σταθμισμένη εκθετική κατανομή (Kumar & Ramyamol, 2019). Οι Teh et al. (2019) διατύπωσαν σχέδια δειγματοληψίας με χρονικά περιορισμένη αμφίπλευρη αλυσίδα (two-sided chain sampling plans, tschsp-1) για την εκθετική κατανομή (Teh et al., 2019). Οι Tripathi et al. (2020) εισήγαγαν ένα σχέδιο δειγματοληπτικής επιθεώρησης για εκθετικά κατανομημένα χαρακτηριστικά ποιότητας και όχι μόνο (Tripathi et al., 2020). Οι Al-Nasser et al. (2020) ανέπτυξαν σχέδια δειγματοληψίας αποδοχής που προέρχονται από τεμαχισμένες δοκιμές ζωής με βάση την εκθετική κατανομή «Tsallis q ».

Αυτά τα σχέδια δειγματοληψίας αναπτύσσονται συνήθως με τη χρήση μονάδων από μια παρτίδα που επιλέγονται μέσω απλής τυχαίας δειγματοληψίας (SRS). Ωστόσο, η SRS μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερο κίνδυνο του παραγωγού για ελάχιστο μέγεθος δείγματος (n) και προκαθορισμένο αριθμό αποδοχής (c). Εναλλακτικά, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ένα εναλλακτικό σχήμα δειγματοληψίας, όπως η δειγματοληψία με σειρά κατάταξης (RSS) που προτάθηκε από τον McIntyre

(McIntyre, 1952). Ενώ ένα μεγάλο μέρος της έρευνας στο RSS έχει επικεντρωθεί στην εκτίμηση του μέσου όρου, οι Al-Nasser et al. (2020) εισήγαγαν τη δειγματοληψία διάμεσου καταταγμένου συνόλου για την ανάπτυξη σχεδίων δοκιμών αξιοπιστίας υπό τη γενικευμένη εκθετική κατανομή. Οι Al-Nassar et al. (2020) το επέκτειναν περαιτέρω σε σχέδια δειγματοληψίας αποδοχής με διάμεση κατάταξη (MRSS) για την εκθετική κατανομή. Τα ευρήματά τους έδειξαν ότι το ελάχιστο μέγεθος δείγματος με βάση την MRSS είναι μεγαλύτερο από εκείνο της SRS, ωστόσο ελαχιστοποιεί αποτελεσματικά τους κινδύνους του παραγωγού.

Στη βιβλιογραφία υπάρχουν πρόσθετες έρευνες σχετικά με τις επιπτώσεις των πολυαντικειμενικών και μη γραμμικών μεθόδων βελτιστοποίησης. Για παράδειγμα, οι Hosseini-Ardali et al. (2020) διεξήγαγαν βελτιστοποίηση παραμέτρων της διαδικασίας μέσω εξελικτικών αλγορίθμων και βελτιστοποίησης πολλαπλών στόχων για την ενίσχυση της αποδοτικότητας (Hosseini-Ardali et al., 2020). Οι Darvishi et al. (2016) επικεντρώθηκαν στη βελτιστοποίηση βάσει μοντελοποίησης ενός βιομηχανικού αντιδραστήρα σταθερής κλίνης για την οξειδωτική αφυδρογόνωση προπανίου (Darvishi et al., 2016). Οι Vafajoo et al. (2014) ασχολήθηκαν με τη βελτιστοποίηση κινητικών παραμέτρων και τη μοντελοποίηση στην καταλυτική αφυδρογόνωση βαρέων παραφινών σε ολεφίνες (Vafajoo et al., 2014).

Κατά τη διεξαγωγή πειραμάτων για τα τρόφιμα, τα δεδομένα λαμβάνονται από διάφορες πηγές, όπως ενδείξεις οργάνων ή φύλλα έρευνας καταναλωτών. Αυτές οι μετρήσεις ή οι καταγραφές αποτελούν τη βάση των δεδομένων που συλλέγονται. Για τη συλλογή αυτών των δεδομένων, λαμβάνεται δείγμα από έναν καθορισμένο πληθυσμό παραγόμενων τροφίμων.

Δειγματοληψία αποδοχής είναι η διαδικασία αξιολόγησης ενός ποσοστού της παρτίδας ενός προϊόντος προκειμένου να κριθεί αποδεκτή ή απορριπτέα ολόκληρη η παρτίδα σε σχέση με το αν ανταποκρίνεται σε κάποιο χαρακτηριστικό (Juran & Gryna, 1993). Η μερική αυτή αξιολόγηση είναι δυνατή καθώς η μεταβλητότητα της παραγωγικής διαδικασίας ακολουθεί τους ίδιους κανόνες για όλες τις μονάδες που έχουν προκύψει από την ίδια πηγή. Άρα ότι ποιοτικά χαρακτηριστικά σε γενικές γραμμές, ισχύουν για την παρτίδα τα ίδια θα ισχύουν και για ένα μέρος αυτής (Feigenbaum, 1952). Κατά έναν άλλον ορισμό η δειγματοληψία αποδοχής είναι η

επιθεώρηση του δείγματος κατά την οποία η απόφαση έχει να κάνει με το αν το προϊόν ή η υπηρεσία θα γίνει αποδεκτό ή θα απορριφθεί καθώς και η μεθοδολογία που ασχολείται με διαδικασίες κατά τις οποίες η απόφαση για την αποδοχή ή όχι της βασίζονται στα αποτελέσματα του ελέγχου των δειγμάτων.

Η δειγματοληψία είναι μια κρίσιμη διαδικασία στις περισσότερες έρευνες και έρευνες για τα τρόφιμα, αλλά απαιτεί αιτιολόγηση και πλαίσιο (Ellison et al., 2009). Οι Greenfield και Southgate (2003) ορίζουν τη δειγματοληψία ως τη διαδικασία επιλογής ενός κλάσματος από μια "μητρική παρτίδα τροφίμων", μια πηγή ή έναν πληθυσμό. Σε ένα ιδανικό σενάριο, θα λαμβανόταν ένα δείγμα 100% ολόκληρου του πληθυσμού, εξασφαλίζοντας πλήρη εμπιστοσύνη στο λαμβανόμενο αποτέλεσμα (Greenfield & Southgate, 2003). Αυτή η προσέγγιση θα προσδιόριζε άμεσα την ίδια την πραγματική παράμετρο του πληθυσμού, αντί να βασίζεται σε μια εκτίμηση με τη μορφή στατιστικής. Ωστόσο, λόγω του μεγάλου μεγέθους των πληθυσμών τροφίμων και των περιορισμένων πόρων, η λήψη δείγματος 100% δεν είναι πρακτική - θα ήταν πολύ δαπανηρή, χρονοβόρα και θα παρουσίαζε άλλα μειονεκτήματα (Tressou et al., 2004).

Ως εκ τούτου, οι ερευνητές και οι επαγγελματίες πρέπει να βασίζονται σε μια εκτίμηση που προέρχεται από ένα μικρότερο δείγμα, το οποίο εισάγει την πιθανότητα δειγματοληπτικού σφάλματος. Η φύση του δείγματος συνεπάγεται τον ορισμό των όρων και την παροχή λεπτομερέστερων εξηγήσεων. Για παράδειγμα, ένα δείγμα τροφίμων ή εργαζομένων μπορεί να αποτελείται από διαφορετικές μονάδες, όπως παρτίδες και παρτίδες, που περιλαμβάνουν μεμονωμένα αντικείμενα, αντικείμενα ή άτομα που αναφέρονται ως μονάδες δειγματοληψίας (Keenan et al., 2012). Στις μελέτες τροφίμων, οι μονάδες αυτές μπορεί να είναι, μεταξύ άλλων, ζυγισμένες ποσότητες τροφίμων ή μεμονωμένοι ερωτηθέντες καταναλωτές σε μια έρευνα. Σε κάθε περίπτωση, δεν θα μετρηθεί ολόκληρη η ποσότητα του υλικού των τροφίμων ή ολόκληρος ο πληθυσμός των καταναλωτών και λαμβάνεται δείγμα ως ένα μικρό κλάσμα για ανάλυση.

Τα πλάνα δειγματοληψίας σε εταιρείες τροφίμων αποτελούν αναπόσπαστο μέρος των διαδικασιών ποιοτικού ελέγχου και διασφάλισης. Περιλαμβάνουν τη συστηματική επιλογή αντιπροσωπευτικών δειγμάτων από παρτίδες ή παρτίδες προϊόντων τροφίμων για την αξιολόγηση της ποιότητας, της ασφάλειας και της

συμμόρφωσής τους με τα ρυθμιστικά πρότυπα. Ακολουθούν ορισμένα βασικά σημεία σχετικά με τα πλάνα δειγματοληψίας σε εταιρείες τροφίμων:

- Σκοπός: Τα πλάνα δειγματοληψίας στοχεύουν να διασφαλίσουν ότι τα προϊόντα διατροφής που παράγονται και παραδίδονται πληρούν τα απαιτούμενα πρότυπα ποιότητας, συμπεριλαμβανομένων των αισθητηριακών χαρακτηριστικών, της χημικής σύνθεσης, της μικροβιολογικής ασφάλειας και των φυσικών χαρακτηριστικών.
- Συμμόρφωση με τους κανονισμούς : Τα πλάνα δειγματοληψίας σε εταιρείες τροφίμων έχουν σχεδιαστεί για να συμμορφώνονται με τους τοπικούς, περιφερειακούς και διεθνείς κανονισμούς που διέπουν την ασφάλεια και την ποιότητα των τροφίμων. Αυτοί οι κανονισμοί μπορεί να περιλαμβάνουν ειδικές απαιτήσεις για μεθόδους δειγματοληψίας, μεγέθη δειγμάτων, διαδικασίες δοκιμών και αποδεκτά όρια.
- Στατιστικές αρχές: Τα πλάνα δειγματοληψίας συχνά χρησιμοποιούν στατιστικές αρχές για τον προσδιορισμό του μεγέθους του δείγματος και της συχνότητας δειγματοληψίας. Διάφορες στατιστικές τεχνικές, όπως η τυχαία δειγματοληψία και η δειγματοληψία αποδοχής, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξασφάλιση αντιπροσωπευτικής δειγματοληψίας και αξιόπιστων αποτελεσμάτων.
- Τύποι πλάνων δειγματοληψίας: Διαφορετικοί τύποι πλάνων δειγματοληψίας χρησιμοποιούνται σε εταιρείες τροφίμων με βάση τους συγκεκριμένους στόχους και απαιτήσεις. Μερικοί συνήθεις τύποι περιλαμβάνουν τη δειγματοληψία χαρακτηριστικών (με βάση την παρουσία ή την απουσία ορισμένων χαρακτηριστικών), τη μεταβλητή δειγματοληψία (με βάση ποσοτικές μετρήσεις) και τη διαδοχική δειγματοληψία (δείγματα που λαμβάνονται με προκαθορισμένη ακολουθία).
- Κρίσιμα σημεία ελέγχου: Τα σχέδια δειγματοληψίας μπορεί να επικεντρωθούν σε κρίσιμα σημεία ελέγχου (CCP) στη διαδικασία παραγωγής τροφίμων, όπου είναι πιο πιθανό να προκύψουν πιθανοί κίνδυνοι ή ποιοτικές αποκλίσεις. Η δειγματοληψία σε αυτά τα σημεία βοηθά στον εντοπισμό και τη διόρθωση προβλημάτων νωρίς στον κύκλο παραγωγής.

- Συλλογή και χειρισμός δειγμάτων: Τα κατάλληλα πρωτόκολλα για τη συλλογή, το χειρισμό και τη διατήρηση δειγμάτων είναι απαραίτητα για τη διατήρηση της ακεραιότητας του δείγματος. Η τήρηση των τυποποιημένων διαδικασιών διασφαλίζει ότι τα δείγματα δεν είναι μολυσμένα, νοθευμένα ή σε κίνδυνο κατά τη διαδικασία συλλογής και μεταφοράς.
- Εργαστηριακή ανάλυση: Μόλις συλλεχθούν, τα δείγματα αποστέλλονται σε εργαστήριο για ανάλυση. Η επιλογή των κατάλληλων μεθόδων δοκιμών και των διαπιστευμένων εργαστηρίων είναι ζωτικής σημασίας για την απόκτηση ακριβών και αξιόπιστων αποτελεσμάτων. Οι δοκιμές μπορεί να περιλαμβάνουν φυσικές, χημικές, αισθητηριακές και μικροβιολογικές αναλύσεις, ανάλογα με το προϊόν και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που ενδιαφέρουν.
- Τεκμηρίωση και τήρηση αρχείων: Η πλήρης τεκμηρίωση του σχεδίου δειγματοληψίας, συμπεριλαμβανομένων των λεπτομερειών επιλογής δειγμάτων, των μεθόδων δοκιμής, των αποτελεσμάτων και τυχόν διορθωτικών ενεργειών που λαμβάνονται, είναι απαραίτητη για σκοπούς ιχνηλασιμότητας, ελέγχων και συμμόρφωσης. Η ακριβής τήρηση αρχείων επιτρέπει την παρακολούθηση της ποιότητας των προϊόντων και βοηθά στον εντοπισμό τάσεων και περιοχών προς βελτίωση.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι συγκεκριμένες λεπτομέρειες των πλάνων δειγματοληψίας σε εταιρείες τροφίμων μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τη φύση των προϊόντων διατροφής, τους τοπικούς κανονισμούς, τα βιομηχανικά πρότυπα και τις πολιτικές της εταιρείας. Οι εταιρείες μπορούν επίσης να αναπτύξουν τα δικά τους προσαρμοσμένα σχέδια δειγματοληψίας με βάση τις μοναδικές απαιτήσεις και τις εκτιμήσεις κινδύνου τους.

Ειδικότερα για την δειγματοληψία τροφίμων, το δείγμα τρόφιμου λαμβάνεται από το προϊόν με φυσική ανάλυση Σπάνια ένα προϊόν μπορεί να ελεγχθεί αυτούσιο και ολόκληρο, εκτός αν πρόκειται για εξαιρετικά μικρή ποσότητα. Έτσι επιλέγονται διάφορα σημεία, ανάλογα και την φύση του προϊόντος, ώστε να γίνει ο απαραίτητος έλεγχος, καθώς και η ποσότητα των προς έλεγχο δειγμάτων σε σχέση με την ποσότητα του τελικού προϊόντος. Η διαδικασία αυτή ορίζεται ως δειγματοληψία.

Στις περισσότερες βιομηχανίες τροφίμων η δειγματοληψία τροφίμων και η ανάλυση αυτών, πραγματοποιείται σε καθορισμένο παραγωγικό κύκλο. Ένας τέτοιος κύκλος μπορεί να είναι από μια ολόκληρη παραγωγική μέρα έως καθορισμό χρονικού πλαισίου (για παράδειγμα δειγματοληψία ανά μια ώρα παραγωγής) ή πλαισίου παραγόμενου προϊόντος (για παράδειγμα ανά 100 τελικά προϊόντα). Τα αποτελέσματα των αναλύσεων της δειγματοληψίας εξαρτώνται άμεσα από τις μεθόδους δειγματοληψίας που ακολουθεί η κάθε επιχείρηση. Μια μέθοδος δειγματοληψίας που δεν ανταποκρίνεται στον πληθυσμό των παραγόμενων προϊόντων μπορεί να προσφέρει ελλιπή ή εσφαλμένα αποτελέσματα, και κατ' επέκταση, ζημιά στην επιχείρηση. Γενικά η δειγματοληψία χωρίζεται σε δυο κατηγορίες. Τη δειγματοληψία πιθανοτήτων και τη δειγματοληψία μη πιθανοτήτων.

Στη δειγματοληψία πιθανοτήτων κάθε δείγμα έχει ίδιες πιθανότητες να επιλεγεί ενώ αντίθετα στη δειγματοληψία μη πιθανοτήτων ο ισχυρισμός αυτός δεν ισχύει. Μπορεί μια δειγματοληψία μη πιθανοτήτων να δίνει γρήγορα και εύκολα αποτελέσματα, ωστόσο η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων είναι αμφισβητούμενη. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό, πως η δειγματοληψία μη πιθανοτήτων σε μια επιχείρηση τροφίμων όπου η σωστή δειγματοληψία αποτελεί κλειδί για τον σωστό ποιοτικό έλεγχο, δεν μπορεί να έχει εφαρμογή. Έτσι λοιπόν αναπτύσσονται τεχνικές δειγματοληψίας πιθανοτήτων, σε συνάρτηση πάντα με τη φύση του προϊόντος, για μια δειγματοληψία όσο το δυνατό πιο αξιόπιστη και αντιπροσωπευτική.

Οι κυριότερες τεχνικές δειγματοληψίας πιθανοτήτων είναι οι εξής:

- Απλή τυχαία δειγματοληψία: Απαιτείται κάθε δείγμα από το σύνολο να έχει ίσες πιθανότητες επιλογής. Ο δειγματολήπτης θα πρέπει να ορίζει τον πληθυσμό και στη συνέχεια να επιλέγει τυχαία δείγματα από αυτόν. Υπάρχει ποσοστό αβεβαιότητας ή μεταβλητότητας σχετιζόμενο με την εκτίμηση του δείγματος σε σχέση με τον συνολικό πληθυσμό. Έχει απλή εφαρμογή και ανάλυση δεδομένων, ωστόσο υπάρχει το ρίσκο μη αντιπροσωπευτικού δείγματος ως προς το σύνολο.
- Σωματοποιημένη τυχαία δειγματοληψία: Σε αυτή τη τεχνική το σύνολο του πληθυσμού χωρίζεται σε υπο-πληθυσμούς. Για παράδειγμα ο χωρισμός του

συνόλου της παραγωγής σε μικρότερες ποσότητες. Στη συνέχεια ακολουθείται η τεχνική απλής τυχαίας δειγματοληψίας για το σύνολο. Μπορεί να μειώσει αισθητά τη πιθανότητα σφάλματος της απλής τυχαίας δειγματοληψίας.

- **Δειγματοληψία σε ομάδες:** Με την τεχνική αυτή τα δείγματα διαλέγονται σε ομάδες και όχι μεμονωμένα και θεωρούνται ως τυπικά του συνόλου. Μπορεί να μειώσει το κόστος και το χρόνο δειγματοληψίας, ωστόσο πάλι υπάρχει το ρίσκο μη αντιπροσωπευτικού δείγματος.
- **Συστηματική Δειγματοληψία:** Στην τεχνική αυτή επιλέγεται ένα σημείο εκκίνησης εντός ενός χρονικού πλαισίου δειγματοληψίας και λαμβάνονται δείγματα σε τακτά χρονικά διαστήματα (για παράδειγμα στην έναρξη της παραγωγής και έπειτα ανά μια ώρα), ή ανά καθορισμένο αριθμό πληθυσμού (για παράδειγμα ένα δείγμα ανά 50 τελικά προϊόντα). Περιέχει μεγαλύτερη ακρίβεια καθώς γίνεται ομοιόμορφη κατανομή των δειγμάτων στο σύνολο της παραγωγής. Τα χρονικά πλαίσια θα πρέπει να τηρούνται καθώς διαφορετικά υπάρχει ρίσκο παραπλανητικών αποτελεσμάτων.
- **Μικτή Δειγματοληψία:** Χρησιμοποιείται κυρίως για λήψη δειγμάτων από προϊόντα σε χύμα μορφή (για παράδειγμα πρώτη ύλη σε σιλό ή τελικό προϊόν σε μεγάλα σακιά (big bags)). Λαμβάνεται δείγμα από διάφορα σημεία και στη συνέχεια ομογενοποιείται για την ανάλυση του, ώστε να ληφθεί ένα γενικά αντιπροσωπευτικό αποτέλεσμα για το σύνολο.

2.4 Η Ποιότητα στην Βιομηχανία

Η παραγωγή υψηλής ποιότητας προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα, όπως μειωμένες σπατάλες, επανεπεξεργασία και διευρυμένο μερίδιο αγοράς. Για να επιτευχθούν αυτά τα οφέλη, πρέπει να πληρούνται ορισμένες προϋποθέσεις. Πρωτίστως, ένας οργανισμός πρέπει να καλλιεργήσει μια συνεργατική κουλτούρα με μεγάλη έμφαση στην προτεραιότητα της ποιότητας. Επιπλέον, η διασφάλιση της ποιότητας του τελικού προϊόντος απαιτεί την ενσωμάτωση μέτρων ποιότητας σε κάθε φάση της παραγωγής.

Μια αποτελεσματική στρατηγική για τη διατήρηση της υψηλής ποιότητας κατά τη διάρκεια της παραγωγής περιλαμβάνει τη συνεπή χρήση στατιστικών τεχνικών. Όταν οι διαδικασίες παραγωγής βρίσκονται υπό στατιστικό έλεγχο, μπορούν να προχωρήσουν χωρίς αλλαγές. Αντίθετα, εάν μια διαδικασία δεν έχει στατιστικό έλεγχο, πρέπει να εντοπιστούν και να διορθωθούν οι αιτίες των τυχόν αποκλίσεων. Οι μέθοδοι στατιστικού ελέγχου ποιότητας (SQC) αξιοποιούν τις στατιστικές αρχές και τεχνικές σε όλα τα στάδια σχεδιασμού, κατασκευής και συντήρησης. Οι μέθοδοι αυτές διαφέρουν σημαντικά από τις παραδοσιακές προσεγγίσεις και έχουν συμβάλει σημαντικά στην ενίσχυση των επιχειρήσεων που ασχολούνται με τη μαζική παραγωγή.

Στις παραδοσιακές μεθόδους, η διαδικασία παραγωγής ακολουθείται από έναν έλεγχο ποιότητας μετά την παραγωγή, κατά τον οποίο τα προϊόντα αξιολογούνται με βάση προκαθορισμένα πρότυπα. Τα προϊόντα που δεν ανταποκρίνονται στα πρότυπα αυτά είτε απορρίπτονται και αποστέλλονται πίσω για επανεπεξεργασία είτε απορρίπτονται ως απορρίμματα. Εάν τα ελαττώματα γίνουν υπερβολικά, λαμβάνονται διορθωτικά μέτρα κατά τη διάρκεια του κύκλου παραγωγής για την αντιμετώπιση των υποκείμενων προβλημάτων. Ωστόσο, η ουσία του στατιστικού ελέγχου ποιότητας έγκειται στην ενσωμάτωσή του σε όλη τη διαδικασία παραγωγής. Αντί να επιθεωρείται αποκλειστικά το τελικό προϊόν μετά την παραγωγή, ο στατιστικός έλεγχος ποιότητας εφαρμόζεται συστηματικά σε κάθε στάδιο παραγωγής. Εάν ένα συγκεκριμένο στάδιο διαπιστωθεί ότι βρίσκεται εντός του στατιστικού ελέγχου, τα επόμενα στάδια αξιολογούνται, αλλά εάν υπάρχουν αποκλίσεις, οι αιτίες εντοπίζονται και διορθώνονται αμέσως.

Στις σύγχρονες επιχειρηματικές πρακτικές, οι επιχειρήσεις εμπλέκονται σε μια προσέγγιση τριών φάσεων για τη διατήρηση και την ενίσχυση της ποιότητας: τη φάση της οργάνωσης της επιχείρησης, τη φάση της διαδικασίας και τη φάση της εφαρμογής/απόδοσης. Στο πλαίσιο αυτών των φάσεων, η ιεράρχηση των πληροφοριών και των δεδομένων διαρθρώνεται ως έλεγχος, διάγνωση και προγραμματισμός, αντίστοιχα. Η αποτελεσματική διανομή και ευθυγράμμιση αυτών των πληροφοριών σε όλο το οργανωτικό επίπεδο είναι καθοριστικής σημασίας για την επιτυχία μιας επιχείρησης.

Οι διαδικασίες και οι αξιολογήσεις βελτίωσης της ποιότητας διεξάγονται συνήθως κατά τη διάρκεια των σταδίων σχεδιασμού και εργασίας. Αυτά τα στάδια ενσωματώνουν πρότυπα με επίκεντρο την ποιότητα και εκτιμήσεις των απαιτήσεων των πελατών. Ωστόσο, είναι εξίσου σημαντικό να ευθυγραμμιστούν τα καθήκοντα και οι διαδικασίες σε οργανωτικό επίπεδο με εκείνα σε επίπεδο διεργασιών. Τα πρότυπα προϊόντων μπορεί να περιλαμβάνουν παράγοντες όπως ακριβείς διαστάσεις, σύνθεση υλικών και χρονοδιαγράμματα παραγωγής. Η διασφάλιση ότι όλοι οι εργαζόμενοι κατανοούν τη σημασία της ποιότητας και χρησιμοποιούν τις απαραίτητες τεχνικές στα καθημερινά τους καθήκοντα είναι ζωτικής σημασίας.

Παρά τον ουσιαστικό χαρακτήρα της ποιότητας στις επιχειρηματικές λειτουργίες, συχνά δεν λαμβάνει επαρκή προσοχή από τη διοίκηση. Διάφορες επιχειρήσεις υιοθετούν είτε παραδοσιακές μεθόδους είτε μεθόδους στατιστικού ελέγχου ποιότητας. Έχουν διεξαχθεί εκτεταμένες έρευνες για τη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων και των διαδικασιών με τη χρήση στατιστικών τεχνικών. Για παράδειγμα, τα διαγράμματα ελέγχου, οι ορισμοί ικανοτήτων διεργασιών και ο σχεδιασμός πειραμάτων χρησιμοποιούνται εκτενώς για τη λήψη αμερόληπτων αποφάσεων με βάση αμερόληπτες πληροφορίες που λαμβάνονται από προϊόντα ή διεργασίες.

Σημαντικό μέρος της θεωρητικής και εμπειρικής έρευνας είναι αφιερωμένο στη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων και των διεργασιών μέσω στατιστικών τεχνικών. Οι Xie και Goh (2004) εμβάθυναν στους ρόλους των στατιστικών τεχνικών στην ανάπτυξη διαδικασιών και παρουσίασαν τεχνικές σχεδιασμού χρησιμοποιώντας ενδεικτικά παραδείγματα. Έδωσαν ιδιαίτερη έμφαση στην πτυχή της συνεχούς βελτίωσης της ποιότητας των στατιστικών τεχνικών. Μια άλλη μελέτη συζήτησε την εφαρμογή του στατιστικού ελέγχου διεργασιών σε μια επιχείρηση που ασχολείται με την κατασκευή χημικών και πλαστικών προϊόντων. Η εφαρμογή αυτή επικεντρώθηκε σε ουσιαστικούς εξωτερικούς παράγοντες και περιελάμβανε τη βελτιστοποίηση των διεργασιών, ένα κρίσιμο στοιχείο του στατιστικού ελέγχου διεργασιών.

Αυτές οι ερευνητικές προσπάθειες υπογραμμίζουν τον ουσιαστικό αντίκτυπο των στατιστικών τεχνικών στη βελτίωση της ποιότητας σε διάφορους κλάδους και

υπογραμμίζουν τη σημασία της ενσωμάτωσης των στατιστικών μεθόδων στις πρακτικές διαχείρισης της ποιότητας.

Η αλυσίδα εφοδιασμού αγροδιατροφικών προϊόντων είναι ένα πολύπλοκο σύστημα που περιλαμβάνει διάφορους φορείς, συμπεριλαμβανομένων των παραγωγών πρώτων υλών, των μεταποιητών, των διανομέων και των καταναλωτών. Με την αυξανόμενη ευαισθητοποίηση των καταναλωτών, η ασφάλεια των τροφίμων έχει καταστεί σημαντικό μέλημα τόσο για τους καταναλωτές όσο και για τους παραγωγούς. Ο ποιοτικός έλεγχος στην αλυσίδα εφοδιασμού γεωργικών προϊόντων διατροφής είναι ζωτικής σημασίας για τη βιώσιμη κερδοφορία και την εμπιστοσύνη των καταναλωτών. Ωστόσο, λόγω της αυτόνομης φύσης των παραγόντων της αλυσίδας εφοδιασμού, οι ατομικές αποφάσεις τους ενδέχεται να μην ευθυγραμμίζονται με τη συλλογική απόδοση ολόκληρης της αλυσίδας.

Ο ποιοτικός έλεγχος στην αλυσίδα εφοδιασμού αγροδιατροφικών προϊόντων δεν αφορά μόνο τη διαδικασία παραγωγής, αλλά περιλαμβάνει και την ποιότητα των πρώτων υλών από τους προμηθευτές. Αυτό καθιστά αναγκαία την επέκταση των προσπαθειών ποιοτικού ελέγχου από τους προμηθευτές στο τελικό προϊόν. Για να βελτιωθεί η ποιότητα του τελικού προϊόντος, συνιστάται μεγαλύτερη συνεργασία και ολοκλήρωση πέρα από τα οργανωτικά όρια, τόσο θεωρητικά όσο και πρακτικά. Οι στρατηγικές βελτίωσης της ποιότητας στην αλυσίδα εφοδιασμού έχουν διερευνηθεί μέσω διαφόρων μηχανισμών, όπως οι συμβάσεις που επηρεάζουν τη συμπεριφορά των προμηθευτών και των κατασκευαστών.

Παρά τις προσπάθειες αυτές, τα πρόσφατα περιστατικά ανάκλησης προϊόντων και διαταραχών της αλυσίδας εφοδιασμού δείχνουν ότι η διαχείριση της ποιότητας της αλυσίδας εφοδιασμού παραμένει ανεπαρκής. Οι επιχειρήσεις συχνά διορίζουν μοναδικούς διανομείς για συγκεκριμένες περιοχές για την ενίσχυση του ποιοτικού ελέγχου. Ακόμη και στις άμεσες πωλήσεις, οι επιλογές των καταναλωτών επηρεάζουν τις εκτιμήσεις για τον έλεγχο της ποιότητας. Ως αποτέλεσμα, μια αλυσίδα εφοδιασμού αγροδιατροφικών προϊόντων τεσσάρων κλιμακίων περιλαμβάνει πρωτογενείς γεωργικούς παραγωγούς, επιχειρήσεις μεταποίησης, διανομείς και καταναλωτές.

Το παρόν έγγραφο αποσκοπεί στην εξέταση βασικών ερωτημάτων που σχετίζονται με τον έλεγχο της ποιότητας και τον συντονισμό στην αλυσίδα εφοδιασμού αγροδιατροφικών προϊόντων τεσσάρων κλιμακίων χρησιμοποιώντας τη θεωρία παιγνίων και μοντέλα λήψης αποφάσεων. Η μελέτη προτείνει ένα πιο σύνθετο και ρεαλιστικό μοντέλο εφοδιαστικής αλυσίδας που λαμβάνει υπόψη την αβέβαιη ζήτηση και χρησιμοποιεί έναν υβριδικό μηχανισμό συντονισμού. Η εστίαση δεν είναι μόνο στην ποιότητα των προϊόντων αλλά και στα αναμενόμενα κέρδη για κάθε μέλος της αλυσίδας εφοδιασμού. Η εργασία αναλύει την αλληλεπίδραση μεταξύ των στρατηγικών των διαφόρων φορέων και την επίδρασή τους στον έλεγχο της ποιότητας σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού.

Η ανάλυση ισορροπίας του συστήματος δίνει διάφορα αποτελέσματα:

- Η βέλτιστη αγοραία τιμή του διανομέα για τα τρόφιμα αλλάζει με βάση τη δέσμευση της επιχείρησης μεταποίησης για την ποιότητα προς τους καταναλωτές. Η εμπιστοσύνη των καταναλωτών και η ζήτηση στην αγορά βελτιώνονται με υψηλότερους συντελεστές δέσμευσης ποιότητας, οδηγώντας σε υψηλότερες τιμές τροφίμων και χαμηλότερη ζήτηση.
- Για να μειώσει το κόστος και να αυξήσει το κέρδος, η επιχείρηση μεταποίησης μπορεί να μειώσει το επίπεδο ελέγχου της ποιότητας της μεταποίησης, αποδυναμώνοντας την εμπιστοσύνη των καταναλωτών. Ο αντίκτυπος των συντελεστών δέσμευσης ποιότητας στο επίπεδο ελέγχου ποιότητας της επιχείρησης μεταποίησης επηρεάζεται από το ποσοστό ευθύνης για τους ισχυρισμούς των καταναλωτών.
- Το επίπεδο ποιοτικού ελέγχου για τα πρωτογενή γεωργικά προϊόντα επηρεάζεται από το ποσοστό ευθύνης για τους ισχυρισμούς των καταναλωτών και την έμμεση δέσμευση ποιότητας της μεταποιητικής επιχείρησης. Ωστόσο, δεν σχετίζεται με τις συμβάσεις επιμερισμού των κερδών μεταξύ της επιχείρησης μεταποίησης και του διανομέα.

Η διασφάλιση της ποιότητας και της ασφάλειας των τροφίμων επηρεάζεται από ένα πλήθος παραγόντων, που περιλαμβάνουν τις ικανότητες των επιχειρήσεων τροφίμων, το αίσθημα της εταιρικής κοινωνικής ευθύνης τους και τις περίπλοκες

σχέσεις που αναπτύσσουν εντός των αλυσίδων εφοδιασμού τους. Οι σχέσεις αυτές εκδηλώνονται σε περίοπτη θέση μέσω της συνεργασίας και της ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ διακριτών οντοτήτων εντός της αλυσίδας εφοδιασμού (Kireziena et al., 2015). Κατά συνέπεια, η ανύψωση της Ολοκληρωμένης Μονάδας Ποιότητας Αλυσίδας (Integrated Chain Quality Unit, ICQU) των επιχειρήσεων τροφίμων απαιτεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση που να λαμβάνει υπόψη τα χαρακτηριστικά των επιχειρήσεων καθώς και τις δυναμικές αλληλεπιδράσεις των αλυσίδων εφοδιασμού τροφίμων στις οποίες δραστηριοποιούνται.

Τα χαρακτηριστικά των επιχειρήσεων τροφίμων, συμπεριλαμβανομένης της τεχνικής τους επάρκειας στην τήρηση της ποιοτικής ασφάλειας και της αφοσίωσής τους στις αρχές της εταιρικής κοινωνικής ευθύνης (ΕΚΕ), επηρεάζουν ουσιαστικά την ικανότητά τους να δημιουργήσουν και να διατηρήσουν την ICQU. Οι επιχειρήσεις που επενδύουν σε προηγμένες δυνατότητες ελέγχου της ποιότητας και δίνουν προτεραιότητα στην ασφάλεια των προϊόντων τους είναι πιθανότερο να καλλιεργήσουν ένα ισχυρό ICQU.

Ωστόσο, η έννοια του ICQU εκτείνεται πέρα από τα όρια των μεμονωμένων επιχειρήσεων. Περιλαμβάνει τις συνεργατικές προσπάθειες και τις πρακτικές ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ διαφόρων οντοτήτων στην αλυσίδα εφοδιασμού τροφίμων. Η συνεργασία υποδηλώνει το βαθμό στον οποίο οι επιχειρήσεις συνεργάζονται, συγκεντρώνουν πόρους και αντιμετωπίζουν από κοινού τις προκλήσεις που αφορούν την ποιότητα και την ασφάλεια των τροφίμων. Η ανταλλαγή πληροφοριών περιλαμβάνει την απρόσκοπτη ροή δεδομένων και γνώσεων μεταξύ των διαφόρων φορέων της αλυσίδας εφοδιασμού, διευκολύνοντας τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων και τη συντονισμένη δράση.

Η ενίσχυση της Ολοκληρωμένης Μονάδας Ποιότητας Αλυσίδας (ICQU) των επιχειρήσεων τροφίμων συνεπάγεται προσεκτική εξέταση της περίπλοκης αλληλεπίδρασης μεταξύ των εσωτερικών χαρακτηριστικών τους και των σχέσεων που καλλιεργούν εντός της αλυσίδας εφοδιασμού. Η συνεργασία και η ανταλλαγή πληροφοριών αποτελούν καίρια στοιχεία που επιτρέπουν στις επιχειρήσεις να επιβλέπουν και να βελτιώνουν συλλογικά την ποιότητα και την ασφάλεια των τροφίμων σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού. Κατά συνέπεια, οι στρατηγικές που έχουν

σχεδιαστεί για την ενίσχυση της ICQU θα πρέπει να περιλαμβάνουν τόσο τις εσωτερικές ικανότητες για τη διατήρηση της ποιότητας όσο και την εξωτερική δυναμική της αλυσίδας εφοδιασμού.

Η επιδίωξη αυστηρών μέτρων ποιοτικής ασφάλειας στη βιομηχανία τροφίμων δημιουργεί συχνά ένταση με την επιθυμία για επίτευξη οικονομιών κλίμακας. Ενώ η εφαρμογή αυστηρών ελέγχων ποιότητας είναι απαραίτητη για τη διασφάλιση της ασφάλειας των τροφίμων, μπορεί ενδεχομένως να οδηγήσει σε επιβράδυνση των διαδικασιών παραγωγής και μείωση της συνολικής κερδοφορίας. Το δίλημμα αυτό αναδεικνύει την ανάγκη για μια ισορροπημένη προσέγγιση που λαμβάνει υπόψη τόσο την ασφάλεια της ποιότητας όσο και τη λειτουργική αποδοτικότητα.

Για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων, θα πρέπει να επινοηθούν λύσεις μέσω μιας συλλογικής προσπάθειας μεταξύ των επιχειρήσεων τροφίμων και των κυβερνητικών ρυθμιστικών φορέων. Οι κυβερνητικοί κανονισμοί (Government Regulations, GR) διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην επιβολή των προτύπων ποιοτικής ασφάλειας στον κλάδο. Η ανάλυση του αντίκτυπου των κυβερνητικών κανονισμών στο σχηματισμό ολοκληρωμένης μονάδας ποιότητας αλυσίδας (ICQU) είναι απαραίτητη. Ενώ η υπάρχουσα έρευνα έχει επικεντρωθεί κυρίως σε παράγοντες που σχετίζονται με την ηθική ή τα κίνητρα κέρδους, η ολοκληρωμένη κατανόηση της ICQU απαιτεί την εξέταση ενός ευρύτερου φάσματος επιρροών.

Με τη διερεύνηση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των χαρακτηριστικών των επιχειρήσεων τροφίμων, των αλυσίδων εφοδιασμού τους και του ρυθμιστικού περιβάλλοντος, η μελέτη επιδιώκει να ρίξει φως στον τρόπο με τον οποίο δημιουργείται και καλλιεργείται η Ολοκληρωμένη Μονάδα Ποιότητας Αλυσίδας (ICQU). Η κατανόηση αυτή μπορεί να προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες για την ανάπτυξη στρατηγικών που εναρμονίζουν τα μέτρα ποιοτικής ασφάλειας, τη λειτουργική αποτελεσματικότητα και τη συμμόρφωση με τις κανονιστικές απαιτήσεις.

Συνοψίζοντας, η παρούσα έρευνα προσφέρει πληροφορίες σχετικά με τις στρατηγικές για την ενίσχυση του ποιοτικού ελέγχου στην αλυσίδα εφοδιασμού 3 βιομηχανιών, λαμβάνοντας υπόψη τις αλληλεπιδράσεις και τις επιρροές μεταξύ των διαφόρων φορέων σε κάθε στάδιο της αλυσίδας.

Κεφάλαιο 3: Δειγματοληψία Αποδοχής & Πλάνα Δειγματοληψίας

Σε αυτό το κεφάλαιο θα εξετάσουμε πιο αναλυτικά το πού αποσκοπεί και τι προσφέρει η δειγματοληψία αποδοχής, καθώς και τα πιο διαδεδομένα πλάνα δειγματοληψίας που εφαρμόζονται στη βιομηχανία τροφίμων.

3.1 Δειγματοληψία αποδοχής

Η δειγματοληψία αποδοχής είναι ένα στατιστικό μέτρο που χρησιμοποιείται στον ποιοτικό έλεγχο. Επιτρέπει σε μια εταιρεία να προσδιορίσει την ποιότητα μιας παρτίδας προϊόντων επιλέγοντας έναν καθορισμένο αριθμό για έλεγχο. Η ποιότητα αυτού του καθορισμένου δείγματος θα θεωρείται ως το επίπεδο ποιότητας για ολόκληρη την παρτίδα προϊόντων. Μια εταιρεία δεν μπορεί να δοκιμάζει κάθε ένα από τα προϊόντα της ανά πάσα στιγμή. Μπορεί να υπάρχουν πάρα πολλά για επιθεώρηση, γεγονός που ανεβάζει το κόστος σε δυσανάλογα πλαίσια. Επίσης αυξάνει σημαντικά και τον χρόνο που θα απαιτείται για τους ελέγχους αυτούς. Επιπλέον, οι εκτενείς δοκιμές ενδέχεται να βλάψουν το προϊόν ή να το καταστήσουν ακατάλληλο προς πώληση με κάποιο τρόπο. Η δοκιμή ενός μικρού δείγματος θα ήταν ενδεικτική χωρίς να καταστρέψει το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής του προϊόντος. Ονομάζεται δειγματοληψία αποδοχής, ακριβώς για τον λόγο πως εάν οι μονάδες του δείγματος είναι αποδεκτές, τότε γίνεται αποδεκτή ολόκληρη η παρτίδα.

Ιστορικά, η δειγματοληψία αποδοχής, εφαρμόστηκε από τον στρατό των ΗΠΑ στη δοκιμή σφαιρών κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου. Η ιδέα και η μεθοδολογία αναπτύχθηκαν από τον Harold Dodge, βετεράνο του τμήματος διασφάλισης ποιότητας των εργαστηρίων Bell, ο οποίος ενεργούσε ως σύμβουλος του Υπουργού Πολέμου. Ξεκίνησε με την ανάγκη ελέγχου σε παραγωγή σφαιρών. Ενώ οι σφαίρες έπρεπε να δοκιμαστούν, η ανάγκη για ταχύτητα ήταν ζωτικής σημασίας και ο Dodge σκέφτηκε ότι οι αποφάσεις για ολόκληρες παρτίδες θα μπορούσαν να ληφθούν από δείγματα που επιλέγονταν τυχαία. Μαζί με τον Harry Romig και άλλους συναδέλφους του Bell, κατέληξε σε ένα ακριβές σχέδιο δειγματοληψίας που θα χρησιμοποιηθεί ως πρότυπο, ορίζοντας το μέγεθος του δείγματος, τον αριθμό των αποδεκτών ελαττωμάτων και άλλα κριτήρια.

Εφόσον η δειγματοληψία αποδοχής γίνεται σωστά, μπορεί να είναι αποτελεσματική για τον ποιοτικό έλεγχο. Η πιθανότητα είναι βασικός παράγοντας στη δειγματοληψία αποδοχής, αλλά δεν είναι ο μόνος παράγοντας. Εάν μια εταιρεία παράγει ένα εκατομμύριο προϊόντα και εξετάσει μόνο 10 δείγματα με μία προεπιλογή, θα γινόταν μια υπόθεση σχετικά με την πιθανότητα ότι 100.000 από τα 1.000.000 είναι ελαττωματικά. Ωστόσο, αυτό μπορεί να είναι απόλυτα ανακριβές.

Πιο αξιόπιστα συμπεράσματα μπορούν να εξαχθούν αυξάνοντας το μέγεθος της παρτίδας (batch) σε μεγαλύτερο από 10 και αυξάνοντας το μέγεθος του δείγματος κάνοντας περισσότερες από μία δοκιμές και λαμβάνοντας τον μέσο όρο των αποτελεσμάτων.

Η δειγματοληψία αποδοχής, χωρίζεται σε 2 μεγάλες κατηγορίες. Την δειγματοληψία αποδοχής ιδιοτήτων (ή χαρακτηριστικών) και την δειγματοληψία αποδοχής μεταβλητών. Ο πλέον κοινός τύπος δειγματοληψίας, όπου θα μελετηθεί στην παρούσα εργασία και εφαρμόζεται στην πλειοψηφία των βιομηχανιών και ειδικά στις βιομηχανίες τροφίμων, είναι η δειγματοληψία αποδοχής ιδιοτήτων.

3.2 Δειγματοληψία αποδοχής ιδιοτήτων σε τρόφιμα

Η δειγματοληψία αποδοχής ιδιοτήτων τροφίμων αναφέρεται σε μια διαδικασία όπου επιλέγονται και αξιολογούνται δείγματα τροφίμων για να εξακριβωθεί η ποιότητά τους και η συμμόρφωσή τους προς τα πρότυπα, τους κανονισμούς και τις προδιαγραφές που έχουν οριστεί για το εκάστοτε τρόφιμο. Η συγκεκριμένη διαδικασία είναι σημαντική στην βιομηχανία τροφίμων και τον τομέα της διατροφής για να διασφαλίσει την ασφάλεια και την ποιότητα των τροφίμων που προσφέρονται στο κοινό.

Η δειγματοληψία αποδοχής ιδιοτήτων τροφίμων περιλαμβάνει την επιλογή τυχαίων δειγμάτων από παρτίδες τροφίμων ή προϊόντων τροφοδοσίας και την εφαρμογή διαφόρων δοκιμασιών και ελέγχων για να εξεταστούν χαρακτηριστικά όπως η γεύση, η υφή, το άρωμα, η ασφάλεια (микροβιολογική ή χημική), η διατροφική αξία και η συμμόρφωση προς τους κανονισμούς όσον αφορά τη σήμανση και τη συσκευασία. Αν τα δείγματα πληρούν τις απαιτήσεις, τα τρόφιμα αποδίδονται και καταναλώνονται ή διατίθενται για πώληση. Εάν διαπιστωθούν προβλήματα, μπορεί να απορρίπτονται ή να υπόκεινται σε περαιτέρω επεξεργασία για την συμμόρφωσή τους. Η δειγματοληψία αποδοχής ιδιοτήτων τροφίμων είναι σημαντική για τη διασφάλιση ότι τα τρόφιμα που καταναλώνουμε είναι ασφαλή, υψηλής ποιότητας και συμμορφώνονται με τους κανονισμούς και τις προδιαγραφές που ισχύουν σε κάθε χώρα ή περιοχή.

Τα πλάνα κυριότερα πλάνα δειγματοληψίας αποδοχής ιδιοτήτων που ακολουθούνται στη βιομηχανία τροφίμων είναι η απλή δειγματοληψία αποδοχής και η διπλή δειγματοληψία αποδοχής. Σπανιότερα χρησιμοποιείται πολλαπλή δειγματοληψία αποδοχής. Όποια από τα παραπάνω πλάνα δειγματοληψίας ακολουθήσει μια βιομηχανία τροφίμων, τα οποία θα αναλύσουμε στη συνέχεια, είναι βασικό για να είναι αποτελεσματικά τα πλάνα αυτά, να ακολουθούνται τα εξής για τις παρτίδες που ελέγχονται:

(α) να είναι ομογενείς (δηλαδή να προέρχονται από την ίδια μηχανή, τους ίδιους χειριστές, να χρησιμοποιούνται τα ίδια υλικά για την παρασκευή των μονάδων, κτλ.), (β) να έχουν μεγάλο μέγεθος (οι μεγάλες παρτίδες συμφέρουν από άποψη χρόνου ελέγχου και κόστους αφού συνήθως το μέγεθος του δείγματος ως ποσοστού του μεγέθους της παρτίδας μειώνεται καθώς το μέγεθος της παρτίδας αυξάνεται), (γ) να συσκευάζονται και να μεταφέρονται με ασφαλή τρόπο.

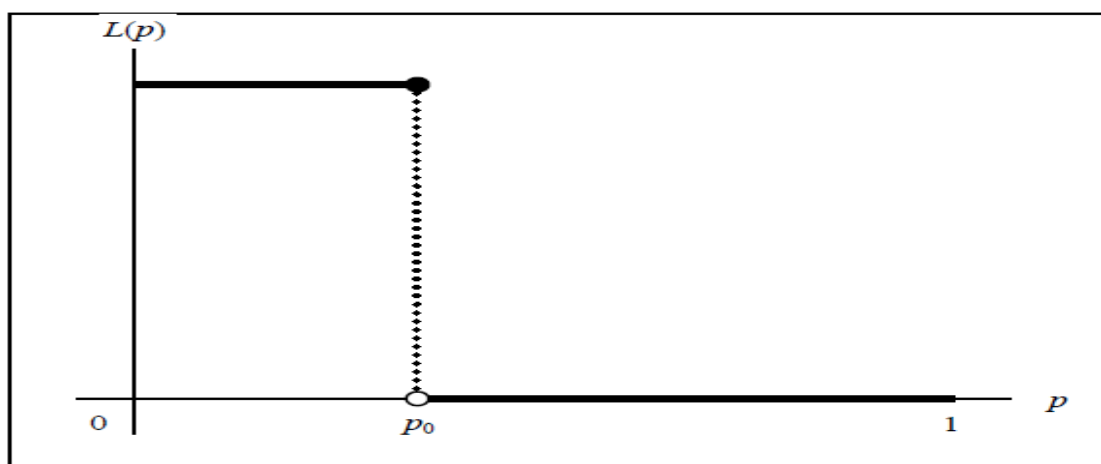
3.3 Απλή δειγματοληψία

Τα σχέδια δειγματοληψίας που χρησιμοποιούν πληροφορίες από ένα τυχαίο δείγμα μεγέθους n μονάδων επιλεγμένων από μια παρτίδα μεγέθους N μονάδων ($n \leq N$) για τη λήψη απόφασης περί την αποδοχή ή την απόρριψη της παρτίδας ονομάζονται απλά σχέδια δειγματοληψίας (single sampling plans). Ο κανόνας βάσει του οποίου αποφασίζουμε αν η παρτίδα γίνει αποδεκτή βασίζεται στο πλήθος D των ελαττωματικών μονάδων (προϊόντων) που βρίσκονται στο τυχαίο δείγμα. Αν ο αριθμός D δεν ξεπερνά ένα αριθμό c ($D \leq c$), ο οποίος ονομάζεται αριθμός αποδοχής (acceptance number), τότε η παρτίδα γίνεται αποδεκτή. Στην αντίθετη περίπτωση η παρτίδα απορρίπτεται. Ένα απλό σχέδιο δειγματοληψίας με δεδομένες τιμές για τις ποσότητες N, n, c θα καλείται (απλό) σχέδιο δειγματοληψίας $(N;n;c)$. Οι ποσότητες N, n, c ικανοποιούν τη σχέση $0 \leq c < n \leq N$.

Η πιθανότητα αποδοχής μιας παρτίδας ($P(Dn \leq c)$) εξαρτάται από τον (άγνωστο) αριθμό M ($0 \leq M \leq N$) των ελαττωματικών μονάδων που περιέχονται στη συγκεκριμένη παρτίδα ή ισοδύναμα από το ποσοστό (ή αναλογία, ή κλάσμα) $p = M/N$ των ελαττωματικών μονάδων που περιέχει η παρτίδα. Μια μεγάλη τιμή του p , η οποία δηλώνει παρτίδα χαμηλής ποιότητας, θα πρέπει λογικά να συνδέεται με μικρή πιθανότητα αποδοχής της παρτίδας. Συνεπώς, αν συμβολίσουμε με $L(p)$, την πιθανότητα αποδοχής μιας παρτίδας, δηλαδή

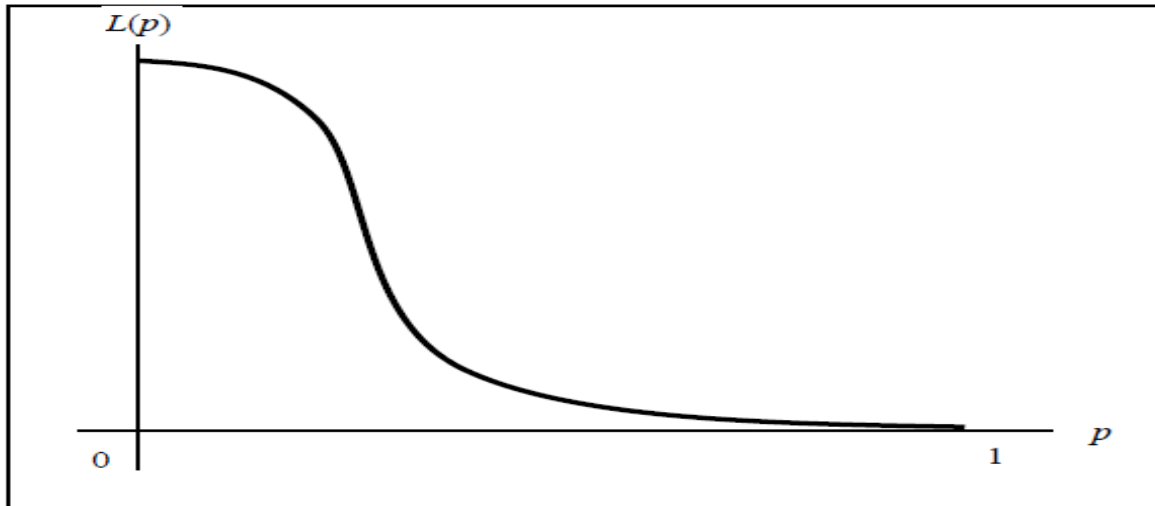
$$L(p) = P(D_n \leq c | p) = \sum_{d=0}^c P(D_n = d | p), \quad p = 0, \frac{1}{N}, \frac{2}{N}, \dots, 1$$

αναμένουμε ότι η συνάρτηση $L(p)$ θα πρέπει να είναι φθίνουσα συνάρτηση ως προς p και η ακριβής μορφή της να εξαρτάται από την κατανομή της τ.μ. D_n . Η γραφική παράσταση της συνάρτησης $L(p)$ ονομάζεται λειτουργική χαρακτηριστική καμπύλη (operating-characteristic curve) και περιέχει όλες τις πληροφορίες που χρειαζόμαστε για την ανάλυση ενός απλού σχεδίου δειγματοληψίας. Η ιδανική χαρακτηριστική καμπύλη έχει την ακόλουθη γραφική παράσταση:



Σχήμα 3.1. Ιδανική χαρακτηριστική καμπύλη

Σύμφωνα με την παραπάνω χαρακτηριστική καμπύλη, παρτίδες με ποιότητα μικρότερη ή ίση του p_0 (παρτίδες υψηλής ποιότητας) έχουν πιθανότητα αποδοχής 1, ενώ παρτίδες με ποιότητα μεγαλύτερη του p_0 (παρτίδες χαμηλής ποιότητας) έχουν πιθανότητα αποδοχής 0. Βέβαια την ιδανική χαρακτηριστική καμπύλη δεν τη συναντούμε στην πράξη. Αντί αυτής συναντούμε μια ομαλή φθίνουσα καμπύλη με την ακόλουθη μορφή (θεωρούμε ότι το p μπορεί να πάρει οποιαδήποτε τιμή στο διάστημα $[0, 1]$)



Σχήμα 3.2. Τυπική χαρακτηριστική καμπύλη

Για την καμπύλη αυτή επιθυμούμε να έχει απότομη κλίση (steepness) έτσι ώστε να προσεγγίζει όσο το δυνατό σε μεγαλύτερο βαθμό την ιδανική χαρακτηριστική καμπύλη. Όσο πιο απότομη είναι η κλίση τόσο πιο πολύ κερδίζει σε διαχωριστική ισχύ η χαρακτηριστική καμπύλη, δηλαδή αυξάνεται η ικανότητά της να διαχωρίζει παρτίδες υψηλής από παρτίδες χαμηλής ποιότητας. Για το σχεδιασμό της χαρακτηριστικής καμπύλης (πιθανότητας αποδοχής) $L(p)$ απαιτείται η γνώση της κατανομής της τυχαίας μεταβλητής D_n . Οι κατανομές που δύνανται να χρησιμοποιηθούν είναι η υπεργεωμετρική, η διωνυμική και η κατανομή Poisson. Η υπεργεωμετρική κατανομή χρησιμοποιείται όταν η επιλογή του τυχαίου δείγματος γίνεται χωρίς επανάθεση αυτού. Η διωνυμική όταν γίνεται επανάθεση του τυχαίου δείγματος και η κατανομή Poisson όταν κυρίως ενδιαφερόμαστε για τον αριθμό των ελαττωμάτων ανά δείγμα και όχι για τον αριθμό ελαττωματικών δειγμάτων. Στη βιομηχανία τροφίμων, όπου η πλειοψηφία των αναλύσεων – ελέγχων στο δείγμα είναι καταστρεπτικές, χρησιμοποιείται η υπεργεωμετρική κατανομή, η οποία και θα μελετηθεί στη συνέχεια.

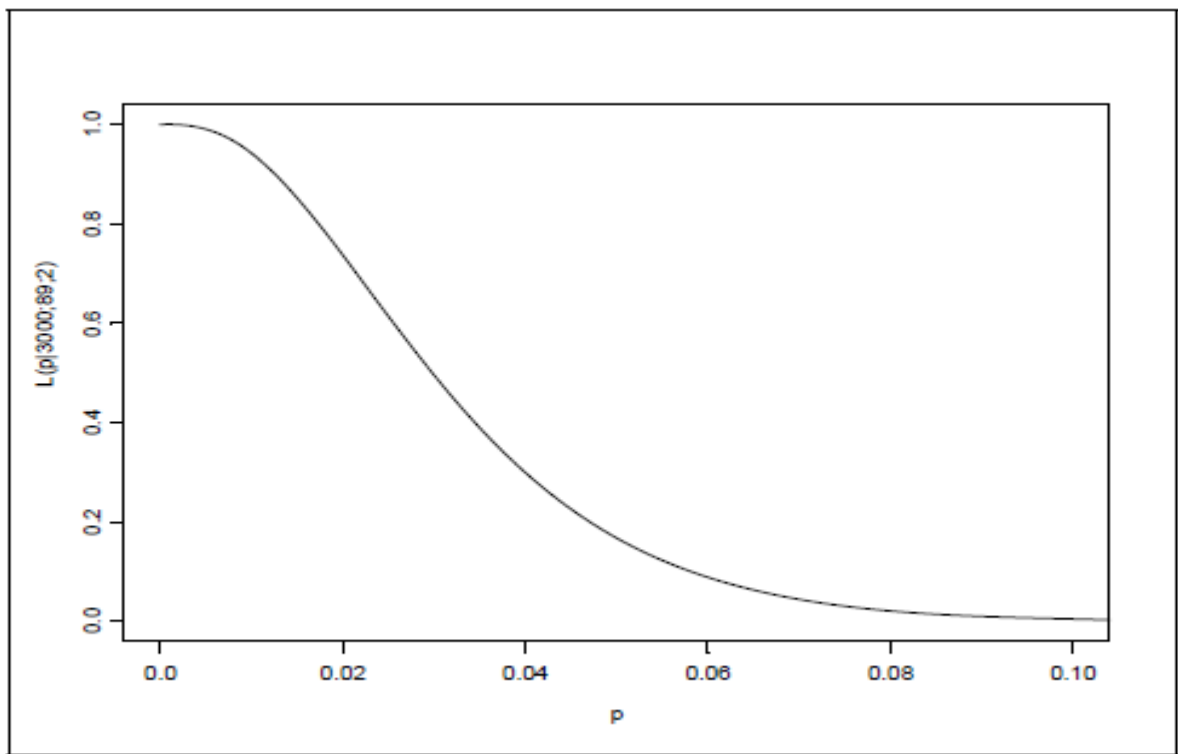
3.4 Υπεργεωμετρική κατανομή σε απλή δειγματοληψία

Στην περίπτωση που η επιλογή του τυχαίου δείγματος μεγέθους n , από μια παρτίδα μεγέθους N , γίνει χωρίς επανάθεση, τότε η τυχαία μεταβλητή n ακολουθεί την υπεργεωμετρική κατανομή $h(n, a, \beta)$ όπου $v = n$, $a = M$ και $\beta = N - M$. Αν

συμβολίσουμε με $L(p|N; n; c)$, ή πιο απλά με P_a , την πιθανότητα αποδοχής της παρτίδας, έχουμε ότι

$$P_a = L(p|N; n; c) = P(D_n \leq c) = \sum_{d=0}^c \frac{\binom{M}{d} \binom{N-M}{n-d}}{\binom{N}{n}} = \sum_{d=0}^c \frac{\binom{Np}{d} \binom{N(1-p)}{n-d}}{\binom{N}{n}}, \quad p = M/N.$$

Στη συνέχεια, δίνεται η γραφική παράσταση της χαρακτηριστικής καμπύλης ενός ενδεικτικού απλού σχεδίου δειγματοληψίας (3000;89;2), δηλαδή γραφική παράσταση του $L(p|3000;89;2)$ προς του ποσοστού p καθώς και τον πίνακα για τις πιθανότητες αποδοχής για το συγκεκριμένο σχέδιο δειγματοληψίας.



Σχήμα 3.3. Χαρακτηριστική καμπύλη του απλού σχεδίου δειγματοληψίας (3000;89;2)

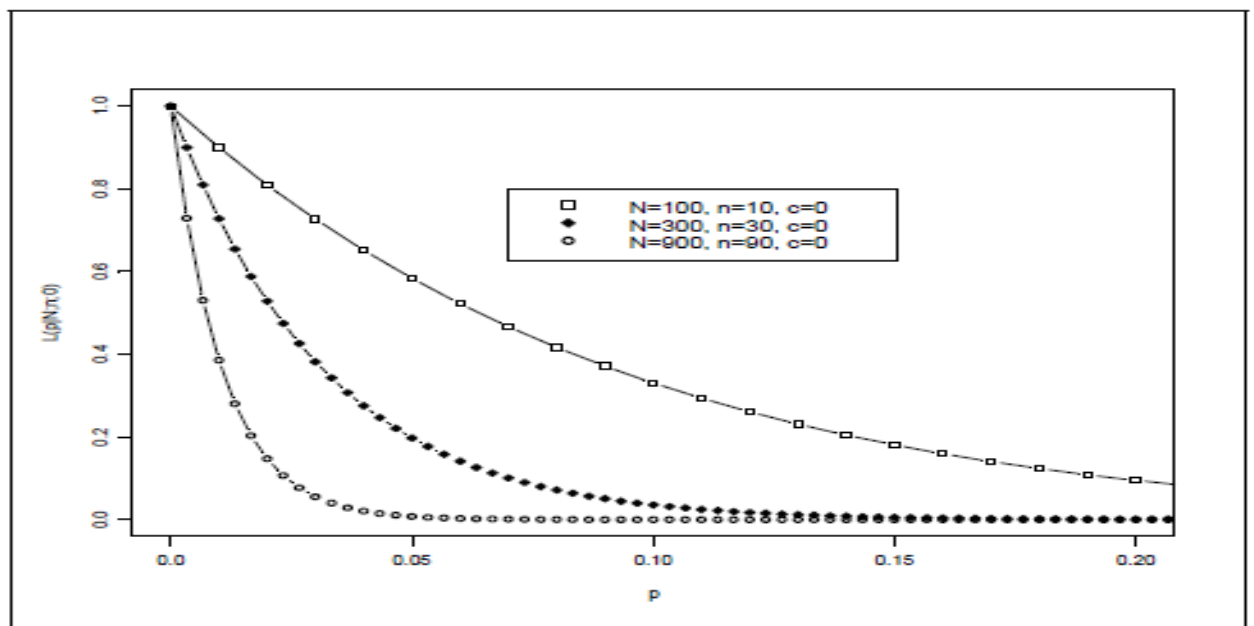
Πίνακας 3.1. Πιθανότητες αποδοχής για το απλό σχέδιο δειγματοληψίας (3000;89;2)

p	$L(p 3000;89;2)$
0.01	0.9424
0.02	0.7376
0.03	0.4961
0.04	0.3000
0.05	0.1679
0.06	0.0889
0.07	0.0446
0.08	0.0216
0.09	0.0101
0.10	0.0046

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι μικρές τιμές του ποσοστού p συνδέονται με μεγάλες πιθανότητες αποδοχής της παρτίδας.

Στη συνέχεια θα δούμε μια σειρά από χαρακτηριστικές καμπύλες όπου θα μεταβάλλονται οι τιμές N , n & c , ώστε να δούμε πως επηρεάζουν οι μεταβολές τους το πλάνο δειγματοληψίας.

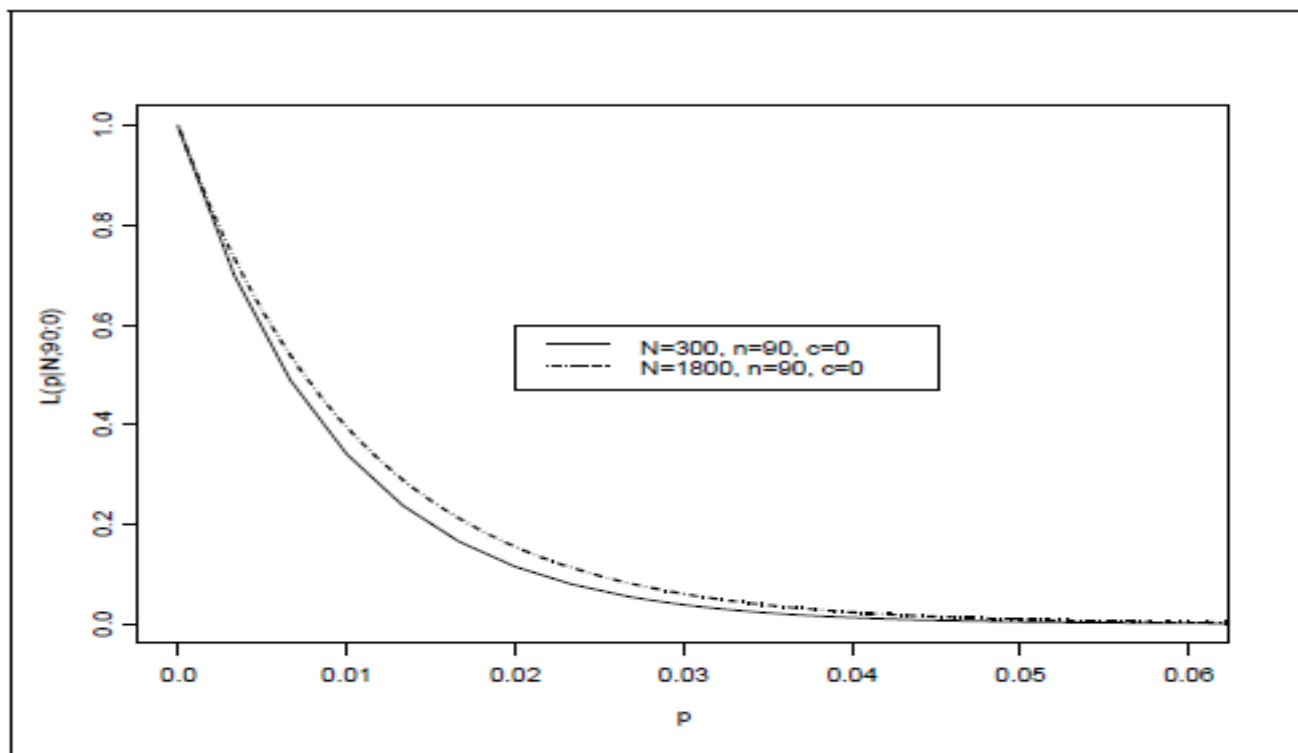
Στη πρώτη γραφική παράσταση, θα παραμένει σταθερή η τιμή c , ενώ θα μεταβάλλεται η τιμή του N και του n , παραμένοντας ωστόσο σταθερός ο λόγος n/N στο 0.1. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι ελέγχονται 1 δείγμα αν 10 τελικά προϊόντα, ή 10 ανά 100 και ούτω καθεξής.



Σχήμα 3.4. Χαρακτηριστικές καμπύλες των απλών σχεδίων δειγματοληψίας ($N;n;0$) για $n / N = 0.1$ και για $N = 100, 300, 900$

Από το παραπάνω σχήμα προκύπτει ότι η κλίση της χαρακτηριστικής καμπύλης αυξάνεται καθώς το N (και συνεπώς και το n) αυξάνει.

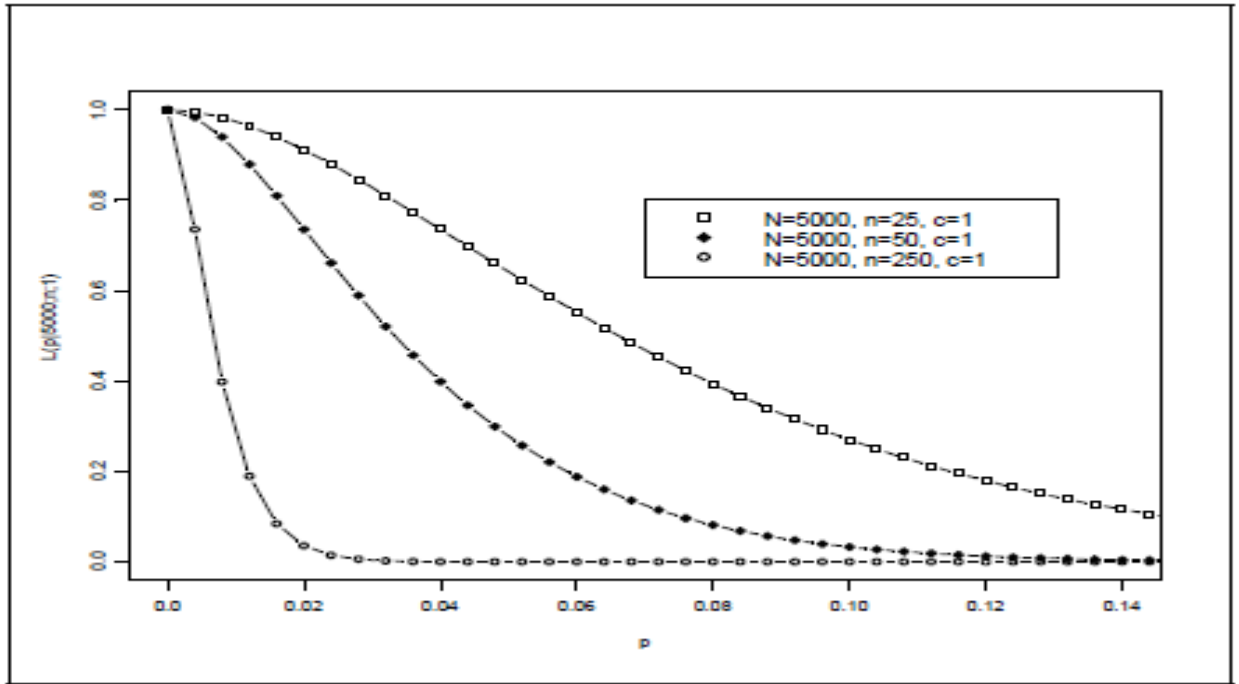
Ακολούθως έχουμε την γραφική παράσταση μεταβάλλοντας την τιμή N και κρατώντας σταθερές τις τιμές n & c .



Σχήμα 3.5. Χαρακτηριστικές καμπύλες των απλών σχεδίων δειγματοληψίας $(N; 90; 0)$ για $N = 300, 1800$

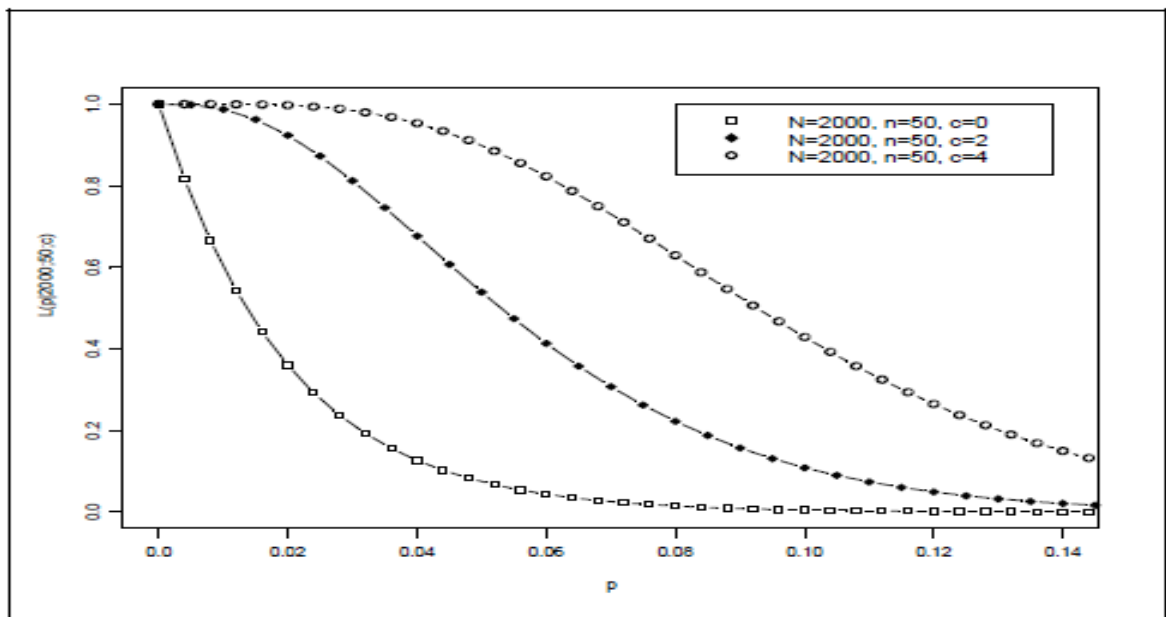
Παρατηρούμε πως κλίση της χαρακτηριστικής καμπύλης μειώνεται πολύ αργά καθώς αυξάνεται το N .

Αυξάνοντας την τιμή n και κρατώντας σταθερές τις N & c , παρατηρούμε ότι η τιμή n , επηρεάζει σημαντικά την κλίση της χαρακτηριστικής καμπύλης. Όπως φαίνεται και παρακάτω, όσο αυξάνει η τιμή του n τόσο η διαχωριστική ισχύς της χαρακτηριστικής καμπύλης αυξάνεται.



Σχήμα 3.6. Χαρακτηριστικές καμπύλες των απλών σχεδίων δειγματοληψίας (5000; n; 1) για n = 25, 50, 250

Τέλος, παρατηρούμε πως την μεγαλύτερη επίδραση στην κλίση της χαρακτηριστικής καμπύλης, παρουσιάζει η μεταβολή της τιμής c. Το γεγονός αυτό παρουσιάζει λογική καθώς ουσιαστικά, επηρεάζει την 'αυστηρότητα' του σχήματος δειγματοληψίας.



Σχήμα 3.7. Χαρακτηριστικές καμπύλες των απλών σχεδίων δειγματοληψίας (2000; 50; c) για c = 0, 2, 4

Από το παραπάνω σχήμα προκύπτει ότι η διαχωριστική ισχύς της χαρακτηριστικής καμπύλης αυξάνεται όσο το c μειώνεται. Ωστόσο θα πρέπει να σημειώσουμε ότι η “αυστηρή” περίπτωση $c = 0$ δεν χρησιμοποιείται συνήθως στην πράξη αφού είναι οδυνηρή για τον παραγωγό μιας και αναμένεται να απορριφθεί ένας μεγάλος αριθμός παρτίδων (η ύπαρξη έστω και μιας ελαττωματικής μονάδας στο δείγμα οδηγεί στην απόρριψη της παρτίδας). Άλλωστε ένα σχέδιο $(N;n;0)$ δεν μας εξασφαλίζει ότι δεν περιέχει ελαττωματικές μονάδες μια παρτίδα που γίνεται αποδεκτή.

Συνοψίζοντας, παρατηρούμε πως η κλίση της χαρακτηριστικής καμπύλης αυξάνεται κυρίως όταν:

- το μέγεθος της παρτίδας N αυξάνεται με την ποσότητα n / N να παραμένει σταθερή
- το μέγεθος του δείγματος n αυξάνεται
- ο αριθμός αποδοχής c μειώνεται

3.5 Διπλά σχέδια δειγματοληψία

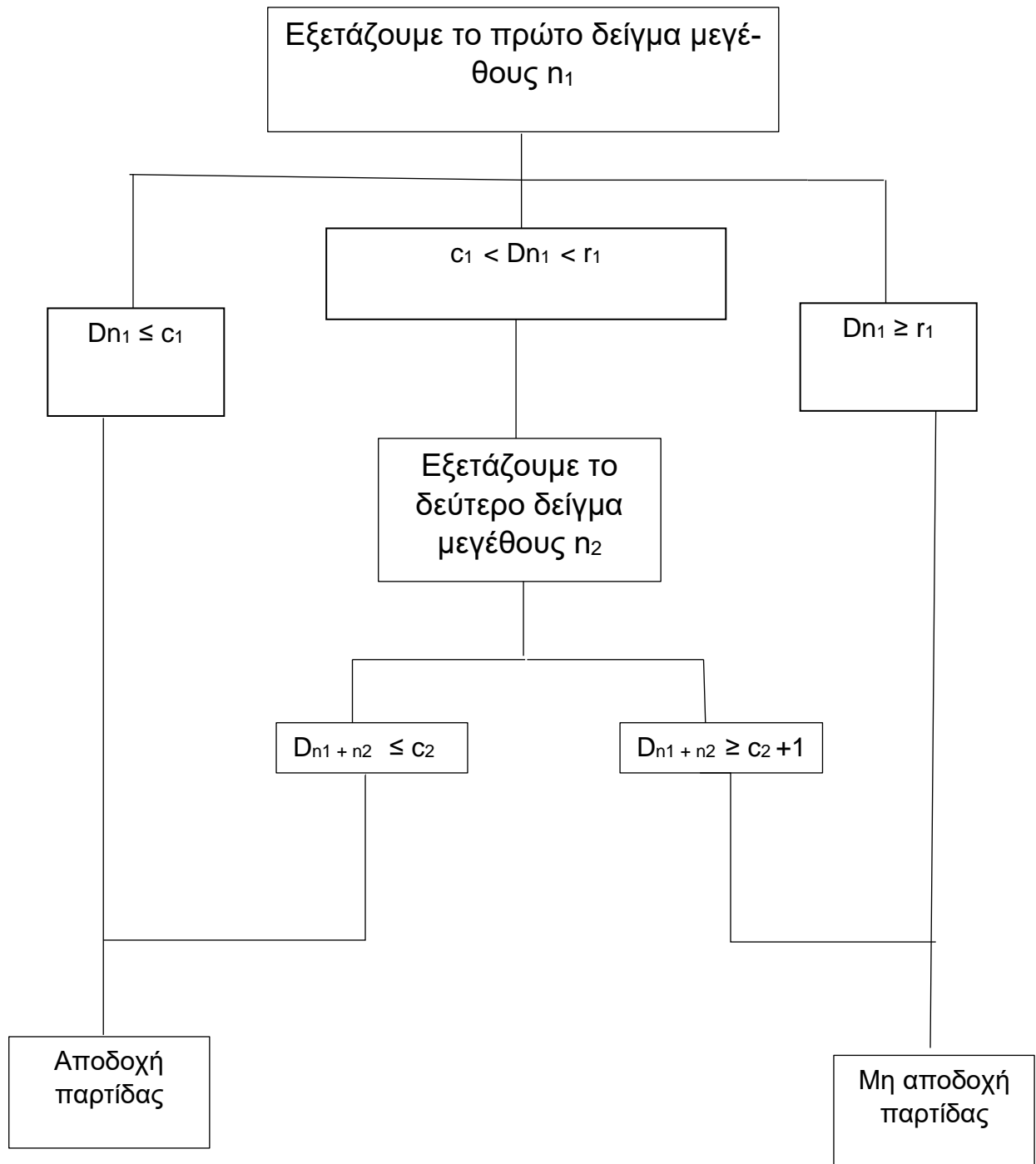
Στα διπλά σχέδια δειγματοληψίας (double sampling plans) υπάρχει η δυνατότητα χρησιμοποίησης δύο δειγμάτων από την ίδια παρτίδα για να ληφθεί απόφαση για την αποδοχή ή τη μη αποδοχή της. Η εφαρμογή ενός διπλού σχεδίου δειγματοληψίας βασίζεται σε πέντε ποσότητες:

- n_1 : μέγεθος πρώτου δείγματος
- c_1 : αριθμός αποδοχής πρώτου δείγματος ($c_1 < n_1$)
- r_1 : αριθμός απόρριψης πρώτου δείγματος ($r_1 > c_1 + 1$)
- n_2 : μέγεθος δεύτερου δείγματος
- c_2 : αριθμός αποδοχής συνολικού δείγματος ($c_1 < c_2 < n_1 + n_2$)

Ένα διπλό σχέδιο δειγματοληψίας λειτουργεί με τον ακόλουθο τρόπο:

1. λαμβάνουμε ένα δείγμα μεγέθους n_1 από την παρτίδα μεγέθους N
2. αν $Dn_1 \leq c_1$ η παρτίδα γίνεται αποδεκτή και ολοκληρώνεται η εφαρμογή του σχεδίου
3. αν $Dn_1 \geq r_1$ η παρτίδα γίνεται αποδεκτή και ολοκληρώνεται η εφαρμογή του σχεδίου
4. αν $c_1 < Dn_1 < r_1$ δεν ολοκληρώνεται η εφαρμογή του σχεδίου, αφού τότε λαμβάνουμε ένα δεύτερο δείγμα μεγέθους n_2 από τις υπόλοιπες $N - n_1$ της παρτίδας
5. η παρτίδα γίνεται αποδεκτή αν $D_{n_1 + n_2} \leq c_2$, ειδάλλως δεν γίνεται αποδεκτή

Το παραπάνω διπλό σχέδιο δειγματοληψίας συμβολίζεται με $(N;n_1;c_1;r_1;n_2;c_2)$ και η προαναφερθείσα διαδικασία αποδίδεται γραφικά στο ακόλουθο σχήμα:



Σχήμα 3.8. Λειτουργία διπλού σχεδίου δειγματοληψία $(N;n_1;c_1;r_1;n_2;c_2)$

Το κύριο πλεονέκτημα ενός διπλού σχεδίου δειγματοληψίας έναντι ενός απλού σχεδίου δειγματοληψία, είναι ότι μπορεί να έχει μικρότερο συνολικό αριθμό επιθεωρημένων μονάδων και συνεπώς μικρότερο κόστος, ιδιαίτερα στην περίπτωση όπου το μέγεθος του πρώτου δείγματος n_1 είναι αρκετά μικρότερο σε σχέση με το αντίστοιχο μέγεθος του δείγματος n που χρησιμοποιείται στο απλό σχέδιο δειγματοληψίας. Επιπλέον, δίνεται στον παραγωγό το ψυχολογικό πλεονέκτημα της “δεύτερης ευκαιρίας”, ο οποίος βλέπει ότι η παρτίδα που παραδίδει δεν απορρίπτεται με βάση τα ευρήματα ενός μόνο δείγματος.

Αν θέλαμε να δώσουμε αν πρακτικό παράδειγμα για το πως πραγματοποιείται ένα διπλό πλάνο δειγματοληψίας θα μπορούσαμε να πω για ένα πλάνο δειγματοληψίας το οποίο είναι ($N; n_1 = 30; c_1 = 1; r_1 = 3; n_2 = 30; c_2 = 4$) αυτό πρακτικά θα σήμαινε πως λαμβάνουμε αρχικά 30 δείγματα. Ένα μέχρι 1 δείγμα βρεθεί εκτός προδιαγραφών οι παρτίδα γίνεται αποδεκτή. Αν βρεθούν 3 ή παραπάνω δείγματα εκτός προδιαγραφών, η παρτίδα απορρίπτεται. Αν βρούμε ακριβώς 2 δείγματα εκτός προδιαγραφών, θα λάβουμε άλλα 30 δείγματα προς έλεγχο. Εάν σε σύνολο 60 δειγμάτων, μέχρι 4 βρεθούν εκτός προδιαγραφών η παρτίδα γίνεται αποδεκτή. Ένα βρεθούν παραπάνω, η παρτίδα απορρίπτεται. Σημειώνεται ότι οι αριθμοί αποδοχής και απόρριψης αναφέρονται σε όλα τα στοιχεία που έχουν ελεγχθεί, όχι μόνο στο πιο πρόσφατο δείγμα. Δεν υπάρχει κανένας κανόνας όπου λέει πως το πρώτο και το δεύτερο δείγμα πρέπει να έχουν το ίδιο μέγεθος, αλλά στην πράξη αυτό συμβαίνει σχεδόν πάντα.

Για τον σχεδιασμό της χαρακτηριστικής καμπύλης σε ένα διπλό σχέδιο δειγματοληψίας, χρησιμοποιούνται οι πίνακες Poisson, με την λογική όπως και στο απλό σχέδιο δειγματοληψίας, με την διαφορά ότι σχεδιάζονται δύο καμπύλες.

3.6 Πολλαπλά σχέδια δειγματοληψία

Η πολλαπλή δειγματοληψία είναι μια στατιστική, όπου λαμβάνονται πολλά δείγματα από ένα πληθυσμιακό σύνολο για να προσεγγιστούν, αναλυθούν και εξαχθούν συμπεράσματα για τα χαρακτηριστικά του συνόλου. Η πολλαπλή δειγματοληψία χρησιμοποιείται συχνά στην έρευνα, τη στατιστική ανάλυση, το marketing, την ψηφιακή ανάλυση δεδομένων και πολλούς άλλους τομείς. Κάθε δείγμα που λαμβάνεται από το σύνολο αποτελεί ένα υποσύνολο των στοιχείων του πληθυσμού. Ο τρόπος με τον οποίο επιλέγονται τα δείγματα επηρεάζει την ακρίβεια των συμπερασμάτων που μπορούν να συναχθούν από αυτά. Οι διάφορες μέθοδοι δειγματοληψίας περιλαμβάνουν την τυχαία επιλογή, τη συστηματική επιλογή, την επιλογή με βάση προκαθορισμένα κριτήρια και άλλες. Η πολλαπλή δειγματοληψία επιτρέπει την εξαγωγή στατιστικών συμπερασμάτων για την πληθυσμό με βάση τα δείγματα που έχουν συλλεχθεί, με την προϋπόθεση ότι η δειγματοληψία έχει γίνει σωστά και ότι τα δείγματα είναι αντιπροσωπευτικά του συνόλου που επιθυμούμε να μελετήσουμε.

Τα σχέδια πολλαπλής δειγματοληψίας (multiple sampling) αποτελούν μια επέκταση της διπλής δειγματοληψίας, κατά το γεγονός ότι χρησιμοποιούνται περισσότερα από δυο δείγματα. Η παρτίδα γίνεται αποδεκτή μόνο αν σε κάθε στάδιο

δειγματοληψίας ο αριθμός ασυμφωνιών είναι μικρότερος από τον αριθμό απόρριψης. Αν σε οποιοδήποτε στάδιο ελέγχου τα μη συμφωνούντα προϊόντα είναι ίσα ή περισσότερα από τον αριθμό απόρριψης, η παρτίδα απορρίπτεται στο σύνολό της. Συνήθως το πρώτο δείγμα ελέγχεται κατά 100%, ενώ τα επόμενα δείγματα λιγότερο. Η τεχνική της κατασκευής των χαρακτηριστικών καμπυλών δειγματοληψίας κατά την πολλαπλή δειγματοληψία είναι ακριβώς ίδια με εκείνη της διπλής δειγματοληψίας.

Το κύριο πλεονέκτημα της πολλαπλής δειγματοληψίας είναι κυρίως οικονομικό, καθώς ελέγχονται τελικά λιγότερα δείγματα από εκείνα που ελέγχονται στην απλή και διπλή δειγματοληψία. Αξίζει πάντως να αναφερθεί και να μην παραβλέπεται το γεγονός πως η πολλαπλή δειγματοληψία είναι περισσότερο σύνθετη και γραφειοκρατική και σπάνια επιλέγεται από τις βιομηχανίες τροφίμων.

Κεφάλαιο 4: Μελέτη και ανάλυση σεναρίων δειγματοληψίας (Case Studies)

4.1 Μελέτη και ανάλυση πλάνων δειγματοληψίας σε διάφορες επιχειρήσεις τροφίμων

Στην παρούσα εργασία θα εξεταστούν πλανά δειγματοληψίας από τρεις, διαφορετικής φύσης, βιομηχανίες τροφίμων. Αυτές θα αποτελούνται από μονάδα παραγωγής νωπών πουλερικών, μονάδα παραγωγής παστεριωμένου γαλακτος και μονάδα παραγωγής αλεύρου σίτου. Επίσης σε κάθε μια μονάδα θα εξεταστούν τρία διαφορετικά μεγέθη παραγωγής. Το πρώτο θα έχει δυναμική παραγωγής έως 1.000 τελικά προϊόντα ημερήσια παραγωγή, το δεύτερο έως 10.000 τελικά προϊόντα ημερήσια παραγωγή και το τρίτο έως 100.000 τελικά προϊόντα ημερήσια παραγωγή. Προς χάριν της εργασίας θα θεωρηθεί πως κάθε μονάδα παραγωγής εφαρμόζει τριβαρδικό σύστημα παραγωγής (24ωρη παραγωγή), και πως έχει δυναμική παραγωγής 1 παρτίδα (batch) ανά μία ώρα.

4.1.1 Μονάδα παραγωγής νωπών πουλερικών

Η παγκόσμια διακίνηση πουλερικών τα τελευταία χρόνια αυξάνεται συνεχώς. Τα περισσότερα διακινούνται ως καταψυγμένα, ωστόσο μεταξύ γειτονικών χωρών πραγματοποιείται και διακίνηση μέσω ψύξης.

Οι κυριότεροι μικροοργανισμοί που ανιχνεύονται σε νωπά πουλερικά είναι οι: *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens*, *Campylobacter fetus* και *Yersinia enterocolitica*. Οι παραπάνω μικροοργανισμοί, και κυρίως η *Salmonella*, ευθύνονται για τις περισσότερες περιπτώσεις ασθενειών σε ανθρώπους, είτε από κατανάλωση μη επαρκώς θερμικά επεξεργασμένου πουλερικού, είτε από επιμόλυνση άλλων τροφίμων από τους μικροοργανισμούς που υπάρχουν σε νωπά πουλερικά. Για μια μονάδα παραγωγής νωπών πουλερικών, η παραγωγή και τυποποίηση τελικών προϊόντων, απαλλαγμένα από τους μικροοργανισμούς που αναφέρθηκαν είναι ζωτικής σημασίας.

Σύμφωνα με τον Κανονισμό (ΕΚ) αριθμ. 2073/2005 η οδηγία για δειγματοληψία σε μονάδα παραγωγής νωπών πουλερικών ορίζει να λαμβάνεται δείγματα για μικροβιολογική ανάλυση τουλάχιστον μία φορά την εβδομάδα. Η ημέρα της δειγματοληψίας πρέπει να αλλάζει κάθε εβδομάδα, προκειμένου να εξασφαλίζεται η κάλυψη κάθε ημέρας της εβδομάδας. Όπως γίνεται αντιληπτό ειδικά για μεγάλες μονάδες παραγωγής ο αριθμός αυτός, είναι μεν νόμιμος αλλά σε περίπτωση παρουσίας ανεπιθύμητου μικροοργανισμού, η ζημιά μπορεί να είναι τεράστια. Για αυτό είναι σημαντικό να ορίζονται πλάνα δειγματοληψίας από την κάθε μονάδα, έστω και αν αυξάνουν το κόστος παραγωγής, που θα διασφαλίζουν το χαμηλότερο δυνατό ρίσκο για τα τελικά προϊόντα. Ακολουθούν τρεις διαφορετικές αναλύσεις σεναρίων (case studies), με τα κριτήρια που αναφέρθηκαν παραπάνω

- Μονάδα παραγωγής νωπών πουλερικών με δυναμική 1.000 τελικά προϊόντα ημερησίως.

Μονάδα παραγωγής νωπών πουλερικών παράγει 1.000 τελικά προϊόντα (ολόκληρα κοτόπουλα συσκευασμένα) ημερησίως, σε 24 ώρες παραγωγή. Η δυναμική της μονάδας είναι 1 παρτίδα ανά ώρα. Επομένως έχουμε 24 παρτίδες ημερησίως με κάθε παρτίδα να αποτελείται από $1.000/24 = 41,66 \approx 42$ τελικά προϊόντα ανά ώρα. Εφαρμόζοντας απλή τυχαία δειγματοληψία για το σύνολο της παραγωγής, ισχύει η προ-

καθορισμένη εξίσωση $n = \frac{\frac{z^2 \times \sigma(1-\sigma)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 \times \sigma(1-\sigma)}{e^2 N} \right)}$

όπου $N=1.000$. Ως Δείκτη Εμπιστοσύνης θα πάρουμε το 95%, το οποίο είναι το πιο κοινό για βιομηχανική χρήση. Το z για δείκτη εμπιστοσύνης 95% βρίσκεται από πίνακες για την απλή τυχαία δειγματοληψία, είναι ο ακέραιος αριθμός 1.96. Ως σ θα έχουμε το 0,5 το οποίο χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον σε στατιστικά μοντέλα και ως e θα χρησιμοποιηθεί το 0.05 (5%). Λύνοντας την εξίσωση υπολογίζουμε πως $n = 277,53 \approx 278$. Αν θέλαμε να μεταφράσουμε το αποτέλεσμα αυτό σε συνάρτηση με το χρόνο, αυτό πρακτικά θα σήμαινε $278/24 = 11,58 \approx 12$ δείγματα ανά ώρα. Γίνεται αντιληπτό ότι ένα τέτοιο πλάνο δειγματοληψίας, αν και θα παρείχε τρομερά

υψηλό δείκτη προστασίας για την παραγωγή, δεν μπορεί να ακολουθεί, καθώς δεν γίνεται να χρησιμοποιούμε περίπου το 30% της παραγωγής για αναλύσεις. Σε μια τέτοια περίπτωση, θα μπορούσε να εφαρμοστεί συστηματική δειγματοληψία.

Στη συστηματική δειγματοληψία, ο παράγωγος ορίζει ένα αριθμό τελικών προϊόντων, και λαμβάνει ένα δείγμα ανά τον αριθμό που έχει ορίσει. Εννοείται πως ο αριθμός αυτός επηρεάζεται από το μέγεθος παραγωγής. Αποτελεί μια γρήγορη και εύκολη μέθοδο δειγματοληψίας, και μπορεί να δώσει ασφαλή συμπεράσματα, ειδικά σε μονάδες παραγωγής που έχουν σχετικά μικρή δυναμική. Έστω στην περίπτωση που εξετάζεται, πως έχει οριστεί από τη διοίκηση, πως θα λαμβάνεται ένα δείγμα ανά 50 τελικά προϊόντα. Έτσι έχουμε $k=50$. Για την συστηματική δειγματοληψία ισχύει ο τύπος: $k = \frac{N}{n}$

$$k = \frac{N}{n}$$

Λύνοντας ως προς n θα έχουμε: $n = \frac{N}{k}$

Άρα για παραγωγή 1.000 τελικών προϊόντων θα πρέπει να λάβουμε: $1000/50= 20$ δείγματα.

- Μονάδα παραγωγής νωπών πουλερικών με δυναμική 10.000 τελικά προϊόντα ημερησίως.

Μονάδα παραγωγής νωπών πουλερικών παράγει 10.000 τελικά προϊόντα (ολόκληρα κοτόπουλα συσκευασμένα) ημερησίως, σε 24 ώρες παραγωγή. Η δυναμική της μονάδας είναι 1 παρτίδα ανά ώρα. Επομένως έχουμε 24 παρτίδες ημερησίως με κάθε παρτίδα να αποτελείται από $10.000/24 = 416,6 = 417$ τελικά προϊόντα ανα ώρα. Εφαρμόζοντας απλή τυχαία δειγματοληψία για το σύνολο της παραγωγής, ι-

ισχύει η προκαθορισμένη εξίσωση $n = \frac{\frac{z^2 \times \sigma(1-\sigma)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 \times \sigma(1-\sigma)}{e^2 N} \right)}$

όπου $N=10.000$. Ως Δείκτη Εμπιστοσύνης θα πάρουμε το 95%, το οποίο είναι το πιο κοινό για βιομηχανική χρήση. Το z για δείκτη εμπιστοσύνης 95% βρίσκεται από πίνακες για την απλή τυχαία δειγματοληψία, είναι ο ακέραιος αριθμός 1.96. Ως σ θα έχουμε το 0,5 το οποίο χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον σε στατιστικά μοντέλα και ως e θα χρησιμοποιηθεί το 0.05 (5%). Λύνοντας την εξίσωση υπολογίζουμε πως $n = 369.9 = 370$. Αν θέλαμε να μεταφράσουμε το αποτέλεσμα αυτό σε συνάρτηση με το χρόνο, αυτό πρακτικά θα σήμαινε $370/24 = 15.42 = 16$ δείγματα ανά ώρα.

Εάν εφαρμόσουμε συστηματική δειγματοληψία και έχει οριστεί από τη διοίκηση, πως θα λαμβάνεται ένα δείγμα ανά 50 τελικά προϊόντα τότε έχουμε $k=50$. Για την συστηματική δειγματοληψία ισχύει ο τύπος: $k = \frac{N}{n}$

Λύνοντας ως προς n θα έχουμε: $n = \frac{N}{k}$

Άρα για παραγωγή 10.000 τελικών προϊόντων θα πρέπει να λάβουμε: $10.000/50=200$ δείγματα.

- Μονάδα παραγωγής νωπών πουλερικών με δυναμική 100.000 τελικά προϊόντα ημερησίως.

Μονάδα παραγωγής νωπών πουλερικών παράγει 100.000 τελικά προϊόντα (ολόκληρα κοτόπουλα συσκευασμένα) ημερησίως, σε 24 ώρες παραγωγή. Η δυναμική της μονάδας είναι 1 παρτίδα ανά ώρα. Επομένως έχουμε 24 παρτίδες ημερησίως με κάθε παρτίδα να αποτελείται από $100.000/24 = 4166,6 \cong 4167$ τελικά προϊόντα ανά ώρα. Εφαρμόζοντας απλή τυχαία δειγματοληψία για το σύνολο της παραγωγής,

ισχύει η προκαθορισμένη εξίσωση $n = \frac{\frac{z^2 \times \sigma(1-\sigma)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 \times \sigma(1-\sigma)}{e^2 N}\right)}$

όπου $N=100.000$. Ως Δείκτη Εμπιστοσύνης θα πάρουμε το 95%, το οποίο είναι το πιο κοινό για βιομηχανική χρήση. Το z για δείκτη εμπιστοσύνης 95% βρίσκεται από

πίνακες για την απλή τυχαία δειγματοληψία, είναι ο ακέραιος αριθμός 1.96. Ως σ θα έχουμε το 0,5 το οποίο χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον σε στατιστικά μοντέλα και ως e θα χρησιμοποιηθεί το 0.05 (5%). Λύνοντας την εξίσωση υπολογίζουμε πως $n = 382.68 = 383$. Αν θέλαμε να μεταφράσουμε το αποτέλεσμα αυτό σε συνάρτηση με το χρόνο, αυτό πρακτικά θα σήμεναι $383/24 = 15.95 = 16$ δείγματα ανά ώρα.

Εάν εφαρμόσουμε συστηματική δειγματοληψία και έχει οριστεί από τη διοίκηση, πως θα λαμβάνεται ένα δείγμα ανά 50 τελικά προϊόντα τότε έχουμε $k=50$. Για

την συστηματική δειγματοληψία ισχύει ο τύπος: $k = \frac{N}{n}$

Λύνοντας ως προς n θα έχουμε: $n = \frac{N}{k}$

Άρα για παραγωγή 100.000 τελικών προϊόντων θα πρέπει να λάβουμε: $100.000/50 = 2.000$ δείγματα.

4.1.2 Μονάδα παραγωγής παστεριωμένου γάλακτος

Το παστεριωμένο γάλα λαμβάνεται από νωπό γάλα που έχει υποστεί θερμική επεξεργασία με σκοπό την μείωση του μικροβιακού φορτίου και την αύξηση της διάρκειας ζωής του. Η μέθοδος της παστερίωσης πήρε το όνομά της i από τον Γάλλο βιολόγο Λουί Παστέρ, ο οποίος ανέπτυξε την τεχνική αυτή. Η διαδικασία της παστερίωσης περιλαμβάνει τη θέρμανση του γάλακτος σε υψηλές θερμοκρασίες για σύντομα χρονικά διαστήματα, συνήθως γύρω στους 72°C έως 75°C , και στη συνέχεια τη γρήγορη ψύξη του. Αυτή η διαδικασία ελαττώνει το μικροβιακό φορτίο του γάλακτος, ωστόσο είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι δεν το απαλλάσσει απολύτως από βακτήρια. Για αυτό το λόγο είναι σημαντικό να πραγματοποιούνται οι κατάλληλες αναλύσεις στο παστεριωμένο γάλα ώστε να εξασφαλίζεται η ποιότητά του.

Οι αναλύσεις που πραγματοποιούνται στο παστεριωμένο γάλα είναι αρκετές και περιλαμβάνουν:

1. Περιεκτικότητα σε λιπαρά: Αναλύσεις μπορούν να διενεργηθούν για να προσδιοριστεί το ποσοστό των λιπαρών ουσιών στο παστεριωμένο γάλα, όπως το ποσοστό των λιπαρών οξέων και των κορεσμένων λιπαρών οξέων.
2. Περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες: Οι αναλύσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν για να μετρηθεί το ποσοστό των πρωτεϊνών στο παστεριωμένο γάλα. Αυτό είναι σημαντικό για να ελέγξετε την ποιότητα του γάλακτος και να διασφαλίσετε ότι πληροί τις διατροφικές απαιτήσεις.
3. Περιεκτικότητα σε λακτόζη: Ορισμένοι άνθρωποι μπορεί να έχουν δυσανεξία στη λακτόζη, που είναι ο φυσικός σάκχαρο που βρίσκεται στο γάλα. Αναλύσεις μπορούν να διενεργηθούν για να μετρήσουν το ποσοστό της λακτόζης στο παστεριωμένο γάλα.
4. Μικροβιολογικές αναλύσεις: Αυτές οι αναλύσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν για να ελεγχθεί η παρουσία μικροοργανισμών, όπως βακτήρια και μύκητες, στο παστεριωμένο γάλα. Αυτό βοηθά στην αξιολόγηση της ασφάλειας και της υγιεινής του γάλακτος.
5. Ανάλυση των βιταμινών και των μετάλλων: Μπορούν να διενεργηθούν αναλύσεις για να προσδιοριστεί η περιεκτικότητα σε βιταμίνες (όπως η βιταμίνη D) και μέταλλα (όπως ασβέστιο, μαγνήσιο) στο παστεριωμένο γάλα.

Πιο ειδικά για μικροβιολογικές αναλύσεις σε παστεριωμένο γάλα, σύμφωνα με τον Κανονισμό (ΕΚ) αριθμ. 2073/2005 η οδηγία είναι να γίνεται έλεγχος για τον μικροοργανισμό *Enterobacteriaceae* στο τέλος της παραγωγικής διαδικασίας. Το ελάχιστο απαραίτητο δείγμα είναι τα 5 δείγματα, και τα μικροβιολογικά όρια για τον μικροοργανισμό ανέρχονται στα 10 cfu/ml και κανένα δείγμα δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το όριο αυτό.

Στη συνέχεια θα μελετηθούν τρεις διαφορετικές περιπτώσεις από μονάδες παραγωγής παστεριωμένου γάλακτος διαφορετικής δυναμικής.

- Μονάδα παραγωγής παστεριωμένου γάλακτος με ημερήσια δυναμική παραγωγής 1.000 λίτρα ημερησίως

Μονάδα παραγωγής παστεριωμένου γάλακτος παράγει 1.000 λίτρα παστεριωμένο γάλα την ημέρα σε 24ωρη παραγωγή. Η ποσότητα αυτή συσκευάζεται σε συσκευασίες του ενός λίτρου. Άρα η μονάδα παράγει ημερησίως 1.000 τελικά προϊόντα και κατ' επέκταση $1.000/24 = 41,66 = 42$ τελικά προϊόντα ανά ώρα.

Εφαρμόζοντας απλή τυχαία δειγματοληψία για το σύνολο της παραγωγής, ισχύει η

$$\text{προκαθορισμένη εξίσωση } n = \frac{\frac{z^2 \times \sigma(1-\sigma)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 \times \sigma(1-\sigma)}{e^2 N} \right)}$$

όπου $N=1.000$. Ως Δείκτη Εμπιστοσύνης θα πάρουμε το 95%, το οποίο είναι το πιο κοινό για βιομηχανική χρήση. Το z για δείκτη εμπιστοσύνης 95% βρίσκεται από πίνακες για την απλή τυχαία δειγματοληψία, είναι ο ακέραιος αριθμός 1.96. Ως σ θα έχουμε το 0,5 το οποίο χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον σε στατιστικά μοντέλα και ως e θα χρησιμοποιηθεί το 0.05 (5%). Λύνοντας την εξίσωση υπολογίζουμε πως $n = 277,53 = 278$. Αν θέλαμε να μεταφράσουμε το αποτέλεσμα αυτό σε συναρτηση με το χρόνο, αυτό πρακτικά θα σήμεναι $278/24 = 11,58 = 12$ δείγματα ανά ώρα. Γίνεται αντιληπτό ότι ένα τέτοιο πλάνο δειγματοληψίας, αν και θα παρείχε τρομερά υψηλό δείκτη προστασίας για την παραγωγή, δεν μπορεί να ακολουθηθεί, καθώς δεν γίνεται να χρησιμοποιούμε περίπου το 30% της παραγωγής για αναλύσεις. Σε μια τέτοια περίπτωση, θα μπορούσε να εφαρμοστεί συστηματική δειγματοληψία.

Στη συστηματική δειγματοληψία, ο παράγωγος ορίζει ένα αριθμό τελικών προϊόντων, και λαμβάνει ένα δείγμα ανά τον αριθμό που έχει ορίσει. Εννοείται πως ο αριθμός αυτός επηρεάζεται από το μέγεθος παραγωγής. Αποτελεί μια γρήγορη και εύκολη μέθοδο δειγματοληψίας, και μπορεί να δώσει ασφαλή συμπεράσματα, ειδικά σε μονάδες παραγωγής που έχουν σχετικά μικρή δυναμική. Σε αντίθεση με την προηγούμενη περίπτωση που εξετάσαμε και ορίσαμε την δειγματοληψία ανά 50 τελικά προϊόντα, σε μια μονάδα παραγωγής παστεριωμένου γάλακτος η διοίκηση πολύ πιθανό να ορίσει πιο υψηλό αριθμό λόγο και της φύσης του προϊόντος το οποίο έχει χαμηλότερο ρίσκο. Έστω ότι ο αριθμός αυτός έχει οριστεί ανά 100

δείγματα. Έτσι έχουμε $k=100$. Για την συστηματική δειγματοληψία ισχύει ο τύπος:

$$k = \frac{N}{n}$$

Λύνοντας ως προς n θα έχουμε: $n = \frac{N}{k}$

Άρα για παραγωγή 1.000 τελικών προϊόντων θα πρέπει να λάβουμε: $1000/100= 10$ δείγματα.

- Μονάδα παραγωγής παστεριωμένου γάλακτος με ημερήσια δυναμική παραγωγής 10.000 λίτρα ημερησίως

Μονάδα παραγωγής παστεριωμένου γάλακτος παράγει 10.000 λίτρα παστεριωμένο γάλα την ημέρα σε 24ωρη παραγωγή. Η ποσότητα αυτή συσκευάζεται σε συσκευασίες του ενός λίτρου. Άρα η μονάδα παράγει ημερησίως 10.000 τελικά προϊόντα και κατ' επέκταση $10.000/24= 416,6 = 417$ τελικά προϊόντα ανά ώρα.

Εφαρμόζοντας απλή τυχαία δειγματοληψία για το σύνολο της παραγωγής, ισχύει η

προκαθορισμένη εξίσωση $n = \frac{\frac{z^2 \times \sigma(1-\sigma)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 \times \sigma(1-\sigma)}{e^2 N} \right)}$

όπου $N=10.000$. Ως Δείκτη Εμπιστοσύνης θα πάρουμε το 95%, το οποίο είναι το πιο κοινό για βιομηχανική χρήση. Το z για δείκτη εμπιστοσύνης 95% βρίσκεται από πίνακες για την απλή τυχαία δειγματοληψία, είναι ο ακέραιος αριθμός 1.96. Ως σ θα έχουμε το 0,5 το οποίο χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον σε στατιστικά μοντέλα και ως e θα χρησιμοποιηθεί το 0.05 (5%). Λύνοντας την εξίσωση υπολογίζουμε πως $n = 369.9 \cong 370$. Αν θέλαμε να μεταφράσουμε το αποτέλεσμα αυτό σε συνάρτηση με το χρόνο, αυτό πρακτικά θα σήμαινε $370/24 = 15.42 = 16$ δείγματα ανά ώρα.

Εάν εφαρμόσουμε συστηματική δειγματοληψία και έχει οριστεί από τη διοίκηση, πως θα λαμβάνεται ένα δείγμα ανά 100 τελικά προϊόντα τότε έχουμε $k=100$.

Για την συστηματική δειγματοληψία ισχύει ο τύπος: $k = \frac{N}{n}$

Λύνοντας ως προς n θα έχουμε: $n = \frac{N}{k}$

Άρα για παραγωγή 10.000 τελικών προϊόντων θα πρέπει να λάβουμε: $10.000/100=100$ δείγματα.

- Μονάδα παραγωγής παστεριωμένου γάλακτος με ημερήσια δυναμική παραγωγής 100.000 λίτρα ημερησίως

Μονάδα παραγωγής παστεριωμένου γάλακτος παράγει 100.000 λίτρα παστεριωμένο γάλα την ημέρα σε 24ωρη παραγωγή. Η ποσότητα αυτή συσκευάζεται σε συσκευασίες του ενός λίτρου. Άρα η μονάδα παράγει ημερησίως 100.000 τελικά προϊόντα και κατ' επέκταση $100.000/24=4.166,6=4.167$ τελικά προϊόντα ανά ώρα.

Εφαρμόζοντας απλή τυχαία δειγματοληψία για το σύνολο της παραγωγής, ισχύει η

προκαθορισμένη εξίσωση $n = \frac{\frac{z^2 \times \sigma(1-\sigma)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 \times \sigma(1-\sigma)}{e^2 N}\right)}$

όπου $N=100.000$. Ως Δείκτη Εμπιστοσύνης θα πάρουμε το 95%, το οποίο είναι το πιο κοινό για βιομηχανική χρήση. Το z για δείκτη εμπιστοσύνης 95% βρίσκεται από πίνακες για την απλή τυχαία δειγματοληψία, είναι ο ακέραιος αριθμός 1.96. Ως σ θα έχουμε το 0,5 το οποίο χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον σε στατιστικά μοντέλα και ως e θα χρησιμοποιηθεί το 0.05 (5%). Λύνοντας την εξίσωση υπολογίζουμε πως $n = 382.68=383$. Αν θέλαμε να μεταφράσουμε το αποτέλεσμα αυτό σε συνάρτηση με το χρόνο, αυτό πρακτικά θα σήμαινε $383/24 = 15.95 = 16$ δείγματα ανά ώρα.

Εάν εφαρμόσουμε συστηματική δειγματοληψία και έχει οριστεί από τη διοίκηση, πως θα λαμβάνεται ένα δείγμα ανά 100 τελικά προϊόντα τότε έχουμε $k=100$.

Για την συστηματική δειγματοληψία ισχύει ο τύπος: $k = \frac{N}{n}$

Λύνοντας ως προς n θα έχουμε: $n = \frac{N}{k}$

Άρα για παραγωγή 100.000 τελικών προϊόντων θα πρέπει να λάβουμε: $100.000/100= 1.000$ δείγματα.

4.1.3 Μονάδα παραγωγής αλεύρου σίτου.

Το αλεύρι σίτου είναι ένα από τα πιο κοινά και διαδεδομένα τρόφιμα παγκοσμίως. Παράγεται από το άλεσμα του σιταριού και χρησιμοποιείται κυρίως για την παρασκευή ψωμιού, ζυμαρικών, γλυκών, και πολλών άλλων τροφίμων. Υπάρχουν διάφορα είδη αλεύρου σίτου, τα οποία διαφοροποιούνται με βάση τον τρόπο άλεσης του σιταριού και την ποικιλία του.

Οι αναλύσεις που διενεργούνται στο αλεύρι σίτου παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες για την ποιότητα και τις ιδιότητές του. Οι κυριότερες αναλύσεις περιλαμβάνουν:

1. Περιεκτικότητα πρωτεϊνών: Η ποσότητα των πρωτεϊνών που περιέχονται στο αλεύρι σίτου είναι σημαντική γιατί η περιεκτικότητά τους επηρεάζει τη δύναμη του αλεύρου. Τα αλεύρια με υψηλό ποσοστό πρωτεϊνών είναι κατάλληλα για ψωμί, ενώ αυτά με χαμηλότερη περιεκτικότητα πρωτεϊνών είναι πιο κατάλληλα για ζυμαρικά και γλυκά.
2. Περιεκτικότητα γλουτένης: Η γλουτένη είναι ένα πρωτεΐνη που δίνει την ελαστικότητα και τη δύναμη στο ζυμάρι. Η μέτρηση της ποσότητας γλουτένης βοηθά να καθοριστεί η καταλληλότητα του αλευριού για διάφορες χρήσεις.
3. Περιεκτικότητα υγρασίας: Η μέτρηση της περιεκτικότητας υγρασίας στο αλεύρι είναι σημαντική για τη σωστή διατήρηση και αποθήκευση του.

4. Περιεκτικότητα ακάθαρτων: Τα ακάθαρτα είναι μικρά σωματίδια, όπως χώμα, άμμος, και πέτρες, που μπορεί να βρίσκονται στο αλεύρι. Η μέτρηση της περιεκτικότητας αυτών των ακάθαρτων βοηθά στην αξιολόγηση της καθαρότητας του προϊόντος.
5. Περιεκτικότητα απορριμμάτων: Αφορά το ποσοστό απορριμμάτων που προκύπτει από το άλεσμα των σιτηρών και τον καθαρισμό τους.
6. Μικροβιολογικές αναλύσεις.

Σύμφωνα με το άρθρο 107 του Κώδικα Τροφίμων και Ποτών, για δειγματοληψία αλεύρου σίτου από σακιά, πρέπει να λαμβάνεται δείγμα τουλάχιστον 250 γραμμαρίων από 3 σημεία του σακιοῦ, το πάνω μέρος, το μέσο και το κάτω μέρος αυτού. Για τον αριθμό σακίων που θα πρέπει να εξετάζονται ισχύει το εξής: Μέχρι 5 σάκοι, δειγματίζονται όλοι. Μέχρι 20 σάκοι δειγματίζονται 7. Μέχρι 50 σάκοι δειγματίζονται 8. Μέχρι 100 σάκοι δειγματίζονται 10. Μέχρι 500 σάκοι δειγματίζονται 20. Για παραγωγή μεγαλύτερη των 500 σάκων δειγματίζεται το 5% αυτών.

- Μονάδα παραγωγής αλεύρου σίτου 1.000 κιλών.

Μονάδα παραγωγής αλεύρου σίτου παράγει ημερησίως 1.000 κιλά αλεύρι. Το αλεύρι αυτό συσκευάζεται σε σακιά των 25 κιλών. Άρα η μονάδα παράγει ημερησίως $1.000 / 25 = 40$ σακιά αλεύρι. Σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών θα πρέπει να γίνει έλεγχος σε 8 σακιά τουλάχιστον. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι ελέγχεται ένα στα 5 σακιά. Εάν η διοίκηση της μονάδας επιθυμεί να αυξήσει το επίπεδο εμπιστοσύνης της ασφάλειας μπορεί να αυξήσει τη δειγματοληψία. Γίνεται αντιληπτό ότι μια μέθοδος απλής τυχαιάς δειγματοληψίας δεν μπορεί να έχει εφαρμογή για τόσο μικρό αριθμό πληθυσμού. Έτσι μπορεί να πραγματοποιηθεί συστηματική δειγματοληψία και να οριστεί από την διοίκηση κάθε πόσα σακιά θα λαμβάνεται δείγμα. Προφανώς ο αριθμός αυτός θα είναι μικρότερος από 5. Έστω ότι η διοίκηση ορίζει να λαμβάνεται δείγμα ανά 3 σακιά. Θα έχουμε $k=3$. Για την συστηματική δειγ-

ματοληψία ισχύει ο τύπος: $k = \frac{N}{n}$

Λύνοντας ως προς n θα έχουμε: $n = \frac{N}{k}$

Άρα για παραγωγή 40 σακίων θα πρέπει να λάβουμε δείγμα από: $40/3 = 13,33 = 13$ σακιά.

- Μονάδα παραγωγής αλεύρου σίτου 10.000 κιλών.

Μονάδα παραγωγής αλεύρου σίτου παράγει ημερησίως 10.000 κιλά αλεύρι. Το αλεύρι αυτό συσκευάζεται σε σακιά των 25 κιλών. Άρα η μονάδα παράγει ημερησίως $10.000 / 25 = 400$ σακιά αλεύρι. Σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών θα πρέπει να γίνει έλεγχος σε 20 σακιά τουλάχιστον. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι ελέγχεται ένα στα 20 σακιά. Εάν η διοίκηση της μονάδας επιθυμεί να αύξησει το επίπεδο εμπιστοσύνης της ασφάλειας μπορεί να αυξήσει τη δειγματοληψία. Όπως και προηγουμένως θα πρέπει να πραγματοποιηθεί συστηματική δειγματοληψία και να οριστεί από την διοίκηση κάθε πόσα σακιά θα λαμβάνεται δείγμα. Προφανώς ο αριθμός αυτός θα είναι μικρότερος από 20. Έστω ότι η διοίκηση ορίζει να λαμβάνεται δείγμα ανά 10 σακιά. Θα έχουμε $k=10$. Για την συστηματική δειγματοληψία ισχύει ο τύπος:

$$k = \frac{N}{n}$$

Λύνοντας ως προς n θα έχουμε: $n = \frac{N}{k}$

Άρα για παραγωγή 400 σακίων θα πρέπει να λάβουμε δείγμα από: $400/10 = 40$ σακιά.

- Μονάδα παραγωγής αλεύρου σίτου 100.000 κιλών.

Μονάδα παραγωγής αλεύρου σίτου παράγει ημερησίως 100.000 κιλά αλεύρι. Το αλεύρι αυτό συσκευάζεται σε σακιά των 25 κιλών. Άρα η μονάδα παράγει ημερησίως $100.000 / 25 = 4.000$ σακιά αλεύρι. Σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών θα πρέπει να γίνει έλεγχος στο 5% των τελικών προϊόντων αρά σε $4.000 * 0,05 = 200$ σακιά δηλαδή σε ένα σακί ανά 20 που παράγονται. Εάν η διοίκηση της

μονάδας επιθυμεί να αυξήσει το επίπεδο εμπιστοσύνης της ασφάλειας μπορεί να αυξήσει τη δειγματοληψία. Όπως και προηγουμένως θα πρέπει να πραγματοποιηθεί συστηματική δειγματοληψία και να οριστεί από την διοίκηση κάθε πόσα σακιά θα λαμβάνεται δείγμα. Προφανώς ο αριθμός αυτός θα είναι μικρότερος από 20. Έστω ότι η διοίκηση ορίζει να λαμβάνεται δείγμα ανά 10 σακιά. Θα έχουμε $k=10$. Για

την συστηματική δειγματοληψία ισχύει ο τύπος: $k = \frac{N}{n}$

Λύνοντας ως προς n θα έχουμε: $n = \frac{N}{k}$

Άρα για παραγωγή 4.000 σακιών θα πρέπει να λάβουμε δείγμα από: $4.000/10= 400$ σακιά.

Κεφάλαιο 5: Αποτελέσματα & Συζήτηση

Αρχικά θα πρέπει να αναφερθεί πως κάθε επιχείρηση τροφίμων οφείλει να ακολουθεί την ισχύουσα Νομοθεσία και να εφαρμόζει τα πλάνα δειγματοληψίας που ορίζονται. Είναι στην ευχέρεια της κάθε εταιρίας να λαμβάνει και να αναλύει περισσότερα δείγματα από αυτά που ορίζει η Νομοθεσία, ποτέ όμως λιγότερα.

Οι λόγοι που μία εταιρία αποφασίζει να αυξήσει των αριθμό δειγμάτων που δειγματοληπτεί είναι διάφοροι. Ο κυριότερος είναι ότι πιθανό η εταιρία να θέλει να αισθάνεται μεγαλύτερη ασφάλεια ότι δεν θα προκύψει τελικό προϊόν εκτός προδιαγραφών. Αυτό συμβαίνει κυρίως με τις μεγάλες εταιρίες τροφίμων που σε καμία περίπτωση δεν θα ήθελαν να έχουν μια κατάσταση απόσυρσης προϊόντων τους από την αγορά καθώς η ζημία τόσο στο οικονομικό κομμάτι, αλλά όσο και στη φήμη της εταιρίας μπορεί να είναι τεράστια. Μία άλλη περίπτωση που οι εταιρίες επιλέγουν δειγματοληψίες μεγαλύτερες από την ελάχιστη της Νομοθεσίας είναι όταν αλλάζουν προμηθευτές πρώτων υλών. Το να έχει μια εταιρία τους ίδιους προμηθευτές για μεγάλο χρονικό διάστημα και να μην έχει τότε κάποιο πρόβλημα, συμβάλει στο να αναπτυχθεί ένα αίσθημα εμπιστοσύνης, και να αποφασίσει η εταιρία να διεξάγει μόνον τις απαιτούμενες νομοθετικά δειγματοληψίες. Όταν όμως ένας προμηθευτής είναι καινούργιος, συνηθίζεται να διεξάγονται περισσότεροι έλεγχοι τελικών προϊόντων, μέχρι να αναπτυχθεί το απαραίτητο αίσθημα εμπιστοσύνης. Τέλος, πολλές εταιρίες συνηθίζουν να διεξάγουν περισσότερους ελέγχους τελικών προϊόντων από τους απαραίτητους, όταν χρησιμοποιούν νέες εγκαταστάσεις παραγωγής, ώστε και εδώ να δημιουργηθεί το απαραίτητο επίπεδο εμπιστοσύνης.

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα που βρέθηκαν από τα διάφορα σενάρια που εξετάστηκαν, βλέπουμε ότι οι κυριότερες μέθοδοι δειγματοληψίας που χρησιμοποιούνται σε μονάδες παραγωγής τροφίμων είναι η απλή τυχαία δειγματοληψία και η συστηματική δειγματοληψία. Η απλή τυχαία δειγματοληψία μπορεί να έχει πολύ αξιόπιστα αποτελέσματα, αλλά χρειάζεται αρκετές γνώσεις στατιστικής. Επίσης δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε μονάδες μικρής παραγωγής λόγω του μικρού αριθμού τελικών προϊόντων, ενώ όσο αυξάνεται ο πληθυσμός, αυξάνεται και η πιθανότητα στατιστικού σφάλματος. Η συστηματική δειγματοληψία, είναι μια αξιόπιστη

και ταυτόχρονα εύκολα εφαρμόσιμη μέθοδος δειγματοληψίας. Δεν χρειάζεται ειδικές γνώσεις στατιστικής και για αυτό εφαρμόζεται με ευκολία σε μονάδες παραγωγής τροφίμων. Η διοίκηση θα πρέπει να ορίζει το πλάνο δειγματοληψίας σύμφωνα με τις ανάγκες της και το επίπεδο εμπιστοσύνης που θα θέλει να έχει. Το πλάνο θα πρέπει να τηρείται αυστηρά, καθώς διαφορετικά αυξάνεται σημαντικά η πιθανότητα στατιστικού σφάλματος.

Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα και υποδείξεις για περαιτέρω έρευνα

Τα τρόφιμα αποτελούν θεμελιώδη ανθρώπινη ανάγκη και η διασφάλιση της ποιότητας και της ασφάλειάς τους είναι υψίστης σημασίας πριν από την αποστολή τους στην αγορά. Η στατιστική διαδραματίζει ζωτικό ρόλο στην πιστοποίηση των συνθηκών των τροφίμων από το αγρόκτημα μέχρι το πιρούνι. Μέσω της συλλογής, της αξιολόγησης, της ανάλυσης, της ερμηνείας των δεδομένων και της σύγκρισης με τα πρότυπα, η στατιστική ανάλυση συμβάλλει στον προσδιορισμό της αποδοχής των προϊόντων διατροφής. Ως αποτέλεσμα, η στατιστική κατέχει σημαντική σημασία στην τεχνολογία τροφίμων και, κατ' επέκταση, συμβάλλει σημαντικά στην υγεία των ανθρώπων παγκοσμίως. Χωρίς την εφαρμογή της στατιστικής σε διάφορους τομείς, ιδίως στην τεχνολογία τροφίμων, η πτυχή της υγείας του παγκόσμιου πληθυσμού δεν θα ήταν εξασφαλισμένη.

Ο SQC, ως αναπόσπαστο στοιχείο του υποδείγματος της ποιότητας (paradigm of quality), απαιτεί την κατανόηση των διακριτών υποδειγμάτων που έχουν διαμορφώσει την επιστήμη της ποιότητας με την πάροδο του χρόνου. Ο Dooley (2000) προσδιορίζει τρία σημαντικά παραδείγματα: το προβιομηχανικό υπόδειγμα του «caveat emptor», το βιομηχανικό υπόδειγμα του ελέγχου ποιότητας και το μεταβιομηχανικό παράδειγμα της Διοίκησης Ολικής Ποιότητας (TQC). Δεδομένου ότι τόσο το βιομηχανικό όσο και το μεταβιομηχανικό υπόδειγμα περιλαμβάνουν την εφαρμογή στατιστικών μεθόδων για τον έλεγχο της ποιότητας, αναφέρονται επομένως, συλλογικά ως «υπόδειγμα του SQC».

Στην προβιομηχανική εποχή που χαρακτηριζόταν από το «caveat emptor», η ποιότητα των αγαθών και των υπηρεσιών καθοριζόταν από μεμονωμένους παραγωγούς και οι καταναλωτές ήταν υπεύθυνοι για την αξιολόγηση της ποιότητας με βάση τις δικές τους εκτιμήσεις. Ο Feigenbaum (1983) το περιγράφει αυτό ως "έλεγχο ποιότητας από τους φορείς", όπου οι μεμονωμένοι παραγωγοί εξασφάλιζαν την ποιότητα σύμφωνα με τα δικά τους πρότυπα. Καθώς οι κοινωνίες μεταπήδησαν στην εκβιομηχάνιση, η μαζική παραγωγή από τους κατασκευαστές έγινε ο κανόνας, οδηγώντας σε πιο σύνθετα προϊόντα και υπηρεσίες. Η έννοια της ποιότητας έπρεπε να εξελιχθεί για να προσαρμοστεί σε αυτή την αλλαγή. Ο έλεγχος της ποιότητας από

τον χειριστή δεν ήταν πλέον εφικτός, γεγονός που οδήγησε στην ανάγκη για πιο εξελιγμένα μέτρα ελέγχου της ποιότητας.

Ως απάντηση στις προκλήσεις που έθετε η μαζική παραγωγή, φιλόσοφοι της ποιότητας όπως οι Shewhart, Deming και Juran εισήγαγαν στατιστικές μεθόδους ως λύσεις στα ζητήματα ποιότητας που προέκυπταν από την αυξημένη πολυπλοκότητα και τον όγκο. Η εμφάνιση των στατιστικών μεθόδων σηματοδότησε την απομάκρυνση από τις παραδοσιακές πρακτικές ελέγχου ποιότητας και οδήγησε σε μια επιστημονική προσέγγιση γνωστή ως Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας (SQC). Αυτή η αλλαγή επέτρεψε την πρόβλεψη και την κατανόηση της ποιότητας με βάση τα δεδομένα, μια δυνατότητα που δεν είχε προηγουμένως στο παρελθόν.

Αυτή η μετάβαση από τον έλεγχο ποιότητας από τον χειριστή στον SQC αντιπροσωπεύει μια σημαντική αναπτυξιακή αλλαγή στην ιστορία του ελέγχου ποιότητας. Καθώς η μαζική παραγωγή κατέστησε τις παραδοσιακές μεθόδους παρωχημένες, το παράδειγμα του SQC προέκυψε ως επιστημονική επανάσταση, προσφέροντας νέους τρόπους πρόβλεψης και διαχείρισης της ποιότητας. Η υιοθέτηση στατιστικών μεθοδολογιών έφερε επανάσταση στον τομέα και έθεσε τα θεμέλια για τις σύγχρονες πρακτικές ελέγχου ποιότητας.

Η παρούσα εργασία παρουσίασε μια ολοκληρωμένη χρονολογική επισκόπηση της εξέλιξης του Στατιστικού Ελέγχου Ποιότητας (SQC) και εξέτασε τον SQC μέσα από το πρίσμα της επιστημονικής έρευνας – μελέτης περίπτωσης. Η ανάπτυξη του SQC προήλθε από τις συνεισφορές πολλών φιλοσόφων, στατιστικολόγων και ερευνητών που ασχολούνται με την ποιότητα. Ειδικότερα, η εξέλιξη της θεωρίας της δειγματοληψίας έπαιξε καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση της εφαρμογής των στατιστικών μεθόδων στον έλεγχο ποιότητας. Η παρούσα μελέτη συμβάλλει σημαντικά στον τομέα του SQC προσφέροντας μια επικαιροποιημένη και λεπτομερή περιγραφή της ανάπτυξής του και αναδεικνύοντας την ύπαρξη της δικής του ερευνητικής παράδοσης. Η εμφάνιση του SQC σηματοδότησε μια μετασχηματιστική στιγμή στο πεδίο του ποιοτικού ελέγχου, εκτοπίζοντας το παραδοσιακό παράδειγμα της ποιότητας «caveat emptor» και πυροδοτώντας μια παγκόσμια επανάσταση στην ποιότητα.

Οι πρακτικές και ακαδημαϊκές επιπτώσεις αυτής της μελέτης είναι ουσιαστικές. Προσφέρει τόσο στους επαγγελματίες όσο και στους μελετητές μια βαθύτερη

κατανόηση του ιστορικού πλαισίου του SQC. Παρακολουθώντας το χρονοδιάγραμμα της εξέλιξης του SQC, η μελέτη ενισχύει την κατανόηση του σταδιακού ανάπτυκτου που είχε ο SQC στον κλάδο της διαχείρισης της ποιότητας. Ο SQC εισάγει μια συστημική προοπτική στον έλεγχο ποιότητας, διαπλέκοντας τους στόχους ποιότητας με τα συστήματα εργασίας και τις βασικές διαδικασίες για την επίτευξη και την ενίσχυση της διαχείρισης ποιότητας. Αυτή η θεμελίωση άνοιξε το δρόμο για γενικότερες φιλοσοφίες ποιότητας όπως ο έλεγχος ολικής ποιότητας (TQC), η διοίκηση ολικής ποιότητας (Total Quality Management, TQM), τα μηδενικά ελαττώματα, το Six Sigma και τα πρότυπα ISO. Η ευελιξία του SQC είναι εμφανής μέσω των ποικίλων εφαρμογών του και συνεχίζει να βρίσκει νέους δρόμους εφαρμογής στο πλαίσιο των πρακτικών ελέγχου ποιότητας.

Ωστόσο, είναι σημαντικό να αναγνωρισθεί ένας περιορισμός της παρούσας μελέτης. Η ερευνητική προσέγγιση που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη περιλάμβανε επαγωγική συλλογιστική και ποιοτική συγκριτική ανάλυση. Οι μελλοντικές ερευνητικές προσπάθειες θα μπορούσαν να ενσωματώσουν πιο αυστηρές μεθοδολογίες, όπως η μετα-ανάλυση ή η λανθάνουσα σημασιολογική ανάλυση, για την περαιτέρω διερεύνηση και εξερεύνηση των αποχρώσεων του θέματος.

Εξετάστηκαν διάφορες μονάδες παραγωγής τροφίμων, διαφορετικής φύσης και παραγωγικής δυναμικής. Καταλαβαίνουμε από τα αποτελέσματα των σεναρίων που μελετήθηκαν, πως πέρα από την Νομοθεσία περί δειγματοληψίας που ισχύει για κάθε κατηγορία προϊόντος, δεν υπάρχει κάποιο συγκεκριμένο πλάνο δειγματοληψίας που να εφαρμόζεται γενικά. Κάθε εταιρία μπορεί να εφαρμόζει το δικό της πλάνο δειγματοληψίας ανάλογα το μέγεθός της, τις ανάγκες της και το δείκτη εμπιστοσύνης που θέλει να πετύχει στα αποτελέσματά της. Στην εργασία είδαμε πως θα ήταν ένα ιδανικό πλάνο δειγματοληψίας στηριζόμενο στις αρχές της Στατιστικής, ακολουθώντας απλή τυχαία δειγματοληψία, το οποίο όπως πρακτικά είναι πολύ δύσκολο να πραγματοποιηθεί, ειδικά από μικρές μονάδες παραγωγής, καθώς και πως είναι ένα πιο ρεαλιστικό πλάνο δειγματοληψίας, όπως αυτό της συστηματικής δειγματοληψίας, το οποίο όμως εξαρτάται απόλυτα από τη διοίκηση της εκάστοτε εταιρίας. Ιδέες για περαιτέρω ερευνά υπάρχουν ατελείωτες, καθώς κάθε προϊόν διαφέρει ως προς την ευαίσθητά του και τις απαιτήσεις αναλύσεων. Μία έρευνα που θα

είχε ενδιαφέρον και θα μπορούσε να είναι πολύ χρήσιμη στη ευρύτερη βιομηχανία τροφίμων θα ήταν σε συνεργασία των επιστημών της Τεχνολογίας Τροφίμων, της Στατιστικής και του Προγραμματισμού, θα μπορούσε να είναι η ανάπτυξη ενός λογισμικού, το οποίο θα μπορούσε να χειριστεί η εκάστοτε εταιρία, και συμπληρώνοντας στοιχεία όπως το μέγεθος παραγωγής και η φύση του τελικού προϊόντος, να λαμβάνεται ένα βέλτιστο πλάνο δειγματοληψίας.

Βιβλιογραφία-Αναφορές

1. Montgomery, D.C., Introduction to Statistical Quality Control. Wiley, 2009.
2. Grant, E.L., Leavenworth, R.S., Statistical Quality Control. McGraw-Hill, 1996.
3. Duncan, A.J., Quality Control and Industrial Statistics. Irwin, 1986.
4. Ryan, T.P., Statistical Methods for Quality Improvement. Wiley, 2011.
5. Oakland, J.S., Statistical Process Control. Butterworth-Heinemann, 2007.
6. Choung, J.-Y., Park, K.-Y., "Design and application of sampling plans for quality control in food industry." Food Control, vol. 19, no. 5, pp. 461-465, 2008.
7. Kourkoutas, Y., Bosnea, L., Panas, P., et al., "Microbiological quality control of pasteurized milk in small dairies." Food Control, vol. 16, no. 6, pp. 599-604, 2005.
8. ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods), Microorganisms in Foods 7: Microbiological Testing in Food Safety Management. Springer, 2012.
9. Codex Alimentarius Commission, Recommended Methods of Sampling for Microbiological Analysis. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2009.
10. ISO 22000:2018, Food safety management systems - Requirements for any organization in the food chain. International Organization for Standardization.
11. Freigenbaum, A.V., Quality control, principles, practice and administration. Industrial Organization and Management Series, Mc Graw-Hill Book Company, Inc, pp. 181-183, 1951.
12. Freigenbaum, A.V., Total quality control 3rd edition revised. McGraw-Hill International editions, pp. 456-529, 1991.
13. Juran, J.M., Gryna, F.M.Jr., Quality planning and analysis 3rd edition. Mc Graw-Hill International editions, pp.456-459, 1993.
14. Κανονισμός (ΕΚ) αριθμ. 2073/2005
15. Κώδικας Τροφίμων και Ποτών, άρθρο 107

16. Al-Omari, A., & Al-Hadhrami, S. (2018). Acceptance sampling plans based on truncated life tests for Extended Exponential distribution. *Kuwait Journal of Science*, 45(2).
17. Aslam, M., & Ali, M. M. (2019). *Testing and Inspection using acceptance sampling plans*. Springer.
18. Balakrishnan, N., Leiva, V., & Lopez, J. (2007). Acceptance sampling plans from truncated life tests based on the generalized Birnbaum--Saunders distribution. *Communications in Statistics—Simulation and Computation*[®], 36(3), 643–656.
19. Blumberg, B. C., Donald, R., & Schindler, P. S. (2005). *Business Research Methods 2 nd Edition*: Boston. *McGrawHill Higher Education*.
20. Cochran, W. G. (1977). *Sampling techniques*. John Wiley & Sons.
21. Collis, J. H., & Hussey, R. (n.d.). R.(2003). *Business Research-A practical guide for undergraduate and postgraduate students*. Hampshire: *Palgrave Macmillan*.
22. Darvishi, A., Davand, R., Khorasheh, F., & Fattahi, M. (2016). Modeling-based optimization of a fixed-bed industrial reactor for oxidative dehydrogenation of propane. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 24(5), 612–622.
23. de Souza Neves Ellendersen, L., Granato, D., Bigetti Guergoletto, K., & Wosiacki, G. (2012). Development and sensory profile of a probiotic beverage from apple fermented with *Lactobacillus casei*. *Engineering in Life Sciences*, 12(4), 475–485.
24. Divecha, J., & Raykundaliya, D. P. (2019). Cost-effective life test acceptance sampling plans for generalized exponential distribution. *International Journal of Statistics and Reliability Engineering*, 5(2), 77–83.
25. Ellison, S. L. R., Barwick, V. J., & Farrant, T. J. D. (2009). *Practical statistics for the analytical scientist: a bench guide*. Royal Society of Chemistry.
26. Epstein, B. (1954). Truncated life tests in the exponential case. *The Annals of Mathematical Statistics*, 555–564.
27. Feigenbaum, A. (1952). The significance of quality control to present day management. *Industrial Quality Control*, 8(6), 29–34.
28. Fisher, R. A. (1966). *Design of Experiments, 8th edn*, New York: *Hafner Macmillan*.

29. Freund, J. E. (2001). *Modern Elementary Statistics: Test Bank*. Prentice Hall.
30. Galeazzi, M. A. M., Lima, D. M., Colugnati, F. A. B., Padovani, R. M., & Rodriguez-Amaya, D. B. (2002). Sampling plan for the Brazilian TACO project. *Journal of Food Composition and Analysis*, *15*(4), 499–505.
31. Granato, D., Masson, M. L., & Ribeiro, J. C. B. (2012). Sensory acceptability and physical stability evaluation of a prebiotic soy-based dessert developed with passion fruit juice. *Food Science and Technology*, *32*, 119–126.
32. Greenfield, H., Arcot, J., Barnes, J. A., Cunningham, J., Adorno, P., Stobauss, T., Tume, R. K., Beilken, S. L., & Muller, W. J. (2009). Nutrient composition of Australian retail pork cuts 2005/2006. *Food Chemistry*, *117*(4), 721–730.
33. Greenfield, H., & Southgate, D. A. T. (2003). *Food composition data: production, management, and use*. Food & Agriculture Org.
34. Gui, W., & Aslam, M. (2017). Acceptance sampling plans based on truncated life tests for weighted exponential distribution. *Communications in Statistics-Simulation and Computation*, *46*(3), 2138–2151.
35. Haytowitz, D. B., Pehrsson, P. R., & Holden, J. M. (2008). The national food and nutrient analysis program: a decade of progress. *Journal of Food Composition and Analysis*, *21*, S94--S102.
36. Holden, J. M., Bhagwat, S. A., Haytowitz, D. B., Gebhardt, S. E., Dwyer, J. T., Peterson, J., Beecher, G. R., Eldridge, A. L., & Balentine, D. (2005). Development of a database of critically evaluated flavonoids data: application of USDA's data quality evaluation system. *Journal of Food Composition and Analysis*, *18*(8), 829–844.
37. Horwitz, W., Albert, R., Deutsch, M. J., & Thompson, N. J. (1990). Precision parameters of methods of analysis required for nutrition labeling. Part I. Major nutrients. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, *73*(5), 661–680.
38. Hosseini-Ardali, S. M., Hazrati-Kalbibaki, M., Fattahi, M., & Lezsovits, F. (2020). Multi-objective optimization of post combustion CO₂ capture using methyldiethanolamine (MDEA) and piperazine (PZ) bi-solvent. *Energy*, *211*, 119035.
39. Hu, J., Zhang, J., Mei, M., min Yang, W., & Shen, Q. (2019). Quality control of a four-echelon agri-food supply chain with multiple strategies. *Information Processing in Agriculture*, *6*(4), 425–437.

40. Hussain, J., Razzaque Mughal, A., Pervaiz, M. K., Aslam, M., & Rehman, A. (2011). Economic reliability group acceptance sampling plans for lifetimes following a generalized exponential distribution. *Electronic Journal of Applied Statistical Analysis*, 4(2), 124–130.
41. Juran, J. M., & Gryna, F. (1993). Quality analysis and planning. *Quality Analysis and Planning*.
42. Keenan, D. F., Brunton, N. P., Mitchell, M., Gormley, R., & Butler, F. (2012). Flavour profiling of fresh and processed fruit smoothies by instrumental and sensory analysis. *Food Research International*, 45(1), 17–25.
43. Kirk, R. S., & Sawyer, R. (1991). *Pearson's composition and chemical analysis of foods*. Longman Scientific & Technical. Essex. England.
44. Kravchuk, O., Elliott, A., & Bhandari, B. (2005). A laboratory experiment, based on the maillard reaction, conducted as a project in introductory statistics. *Journal of Food Science Education*, 4(4), 70–75.
45. Kumar, M., & Ramyamol, P. (2019). Reliability acceptance sampling plan for weighted exponential distribution based on constant stress accelerated data. *Proceedings of the 29th European Safety and Reliability Conference (ESREL)*, 976–982.
46. Lepš, J., & Šmilauer, P. (2020). *Biostatistics with R: an introductory guide for field biologists*. Cambridge University Press.
47. Mann, H. B., & Whitney, D. R. (1947). On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *The Annals of Mathematical Statistics*, 50–60.
48. Marsden, T. (2018). Theorising food quality: some key issues in understanding its competitive production and regulation. In *Qualities of food* (pp. 129–155). Manchester University Press.
49. McIntyre, G. A. (1952). A method for unbiased selective sampling, using ranked sets. *Australian Journal of Agricultural Research*, 3(4), 385–390.
50. Mughal, A. R. (2011). *A hybrid economic group acceptance sampling plan for exponential lifetime distribution*.
51. Nelson, L. S. (1994). A control chart for parts-per-million nonconforming items. *Journal of Quality Technology*, 26(3), 239–240.

52. Pehrsson, P., Perry, C., & Daniel, M. (2013). ARS, USDA updates food sampling strategies to keep pace with demographic shifts. *Procedia Food Science*, 2, 52–59.
53. Ramaswamy, A. S., & Anburajan, P. (2012). Double acceptance sampling based on truncated life tests in generalized exponential distribution. *Applied Mathematical Sciences*, 6(64), 3199–3207.
54. Rao, G. S. (2011). Double acceptance sampling plans based on truncated life tests for the Marshall-Olkin extended exponential distribution. *Austrian Journal of Statistics*, 40(3), 169–176.
55. Singh, N., Singh, N., & Kaur, H. (2018). A repetitive acceptance sampling plan for generalized inverted exponential distribution based on truncated life test. *Int J Sci Res Math Stat Sci*, 5(3), 58–64.
56. Teh, M. A. P., Aziz, N., & Razali, A. A. (2019). Time truncated two-sided chain sampling plans (TShSP-1) for exponential distribution. *AIP Conference Proceedings*, 2138(1).
57. Temasova, G. N., Leonov, O. A., Shkaruba, N. Z., Vergazova, Y. G., & Petrovskiy, D. I. (2021). Application of statistical methods for quality control of agro-industrial production processes. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 839(2), 22026
58. Tripathi, H., Maiti, S. S., Biswas, S., & Saha, M. (2020). Sampling inspection plan for exponentially distributed quality characteristic and beyond. *IAPQR Trans*, 44(2), 157–173.
59. Vafajoo, L., Khorasheh, F., Nakhjavani, M. H., & Fattahi, M. (2014). Kinetic parameters optimization and modeling of catalytic dehydrogenation of heavy paraffins to olefins. *Petroleum Science and Technology*, 32(7), 813–820.
60. Weiss, N. A. (1999). *Introductory Statistics: Alternate Version*. Addison-Wesley.
61. Westenbrink, S., Oseredczuk, M., Castanheira, I., & Roe, M. (2009). Food composition databases: the EuroFIR approach to develop tools to assure the quality of the data compilation process. *Food Chemistry*, 113(3), 759–767.
62. Wong, R. Y., Clark, C. F., & Ferguson, N. S. (2004). Food sampling practice in the United Kingdom. *International Journal of Environmental Health Research*, 14(3), 201–213.

63. Σπ. Α. Γεωργάκης, Ποιοτικός Έλεγχος Τροφίμων, University Studio Press 1986
64. Αθανάσιος Παπαργύρης, Βασικά Εργαλεία και Μέθοδοι για τον Έλεγχο της Ποιότητας, Τόμος Ε' Δειγματοληψία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο 2000
65. Δημήτριος Αντζουλάκος, Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας, Β' Έκδοση, Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Πειραιάς 2008