



Σχολή Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίας

Διαχείριση και Τεχνολογία Ποιότητας

Διπλωματική Εργασία

«Στατιστική ανάλυση φυσικοχημικών δεδομένων παγωτού»

Μαρία Γρηγοροπούλου

Επιβλέπων καθηγητής: Πολύζος Δημοσθένης

Αθήνα, Απρίλιος 2024

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



«Στατιστική ανάλυση φυσικοχημικών δεδομένων παγωτού»

Μαρία Γρηγοροπούλου

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής:

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:

Πολύζος Δημοσθένης

Καραγρηγορίου Αλέξανδρος

Καθηγητής του Τμήματος Μηχανολόγων &
Αεροναυπηγών Μηχανικών Πανεπιστημίου
Πατρών

Καθηγητής του Τμήματος Στατιστικής &
Αναλογιστικών Μαθηματικών Πανεπιστημίου
Αιγαίου

Αθήνα, Απρίλιος 2024

Περίληψη

Η παρούσα μελέτη αφορά τη λειτουργία βιομηχανίας παγωτού και τις εργαστηριακές μεθόδους με τις οποίες εξάγονται φυσικοχημικά δεδομένα. Παρουσιάζεται ο τρόπος παραγωγής παγωτού σε βιομηχανική κλίμακα και οι διαδικασίες ελέγχων που αφορούν τα φυσικοχημικά δεδομένα, όπως η περιεκτικότητα σε λιπαρά και το ποσοστό στερεής μάζας του προϊόντος. Επίσης, παρουσιάζονται διάφορες μελέτες που υπάρχουν στη βιβλιογραφία για τα φυσικοχημικά δεδομένα στο παγωτό και κάποιες πληροφορίες για τη Διοίκηση Ολικής Ποιότητας και τα Συστήματα Διαχείρισης Ποιότητας. Αναφέρεται η σημασία του στατιστικού ελέγχου και τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η εφαρμογή του στις επιχειρήσεις. Τέλος, αναλύονται φυσικοχημικά δεδομένα βιομηχανίας παγωτού για το έτος 2023 με χρήση της εφαρμογής Minitab. Συγκεκριμένα, γίνεται μελέτη των δεδομένων μέσω περιγραφικής στατιστικής και ελέγχου υποθέσεων για διαφορά μέσων τιμών μεταξύ δύο πληθυσμών. Οι πληθυσμοί αφορούν δύο χρονικές περιόδους, τη χειμερινή και την εαρινή περίοδο. Όσον αφορά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων για την περιεκτικότητα λιπαρών στο παγωτό βρέθηκε πως δεν υπάρχει διαφορά μεταξύ των δύο περιόδων, παρ' όλο που είναι γνωστό από τη βιβλιογραφία ότι τα λιπαρά του γάλακτος διαφέρουν ανάλογα την εποχή. Το ίδιο αποτέλεσμα προκύπτει και από την ανάλυση που έγινε για το ποσοστό των στερεών σε διάφορες κατηγορίες παγωτού όπως, Παρφέ, Κρέμα, Ουδέτερο και Gourmet. Επίσης, συγκρίνεται η διαφορά στις τιμές pH της κρέμας γάλακτος που υπολογίστηκαν στο εργαστήριο της βιομηχανίας με τις μετρήσεις που έκανε ο προμηθευτής στις δικές του εγκαταστάσεις. Το αποτέλεσμα του ελέγχου έδειξε πως η μέση τιμή των δύο πληθυσμών δε διαφέρει.

Λέξεις – Κλειδιά

- Βιομηχανία παραγωγής παγωτού
- Περιγραφική στατιστική
- Περιεκτικότητα λιπαρών στο παγωτό
- Ποσοστό στερεής μάζας στο παγωτό
- Έλεγχος υπόθεσης με $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Statistical analysis of ice cream physicochemical data

Maria Grigoropoulou

Abstract

The present study concerns the operation of the ice cream industry and the laboratory methods by which data are extracted. The way of producing ice cream on an industrial scale and the control procedures concerning the physicochemical data, such as the fat content and the percentage of solidity of the product, are presented. Specifically, the data is studied through descriptive statistics and hypothesis testing for a difference between two populations. The populations are two time periods, the winter and the summer period. Regarding the interpretation of the results for the fat content in the ice cream, it was found that there is no difference between the two periods. The same result is obtained from the analysis made for the percentage of solids in various categories of ice cream such as Parfait, Cream, Neutral and Gourmet. It also compares the difference in cream pH values calculated in the industry laboratory with the measurements made by the supplier in its own facilities. The result of the control showed that the mean value of the two populations does not differ.

Keywords

- Ice cream production industry
- Descriptive statistics
- Ice cream fat content
- Percentage of solid mass in the ice cream
- Hypothesis testing with $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$

Περιεχόμενα

| | |
|--|------|
| Περίληψη..... | iv |
| Abstract | v |
| Κατάλογος Διαγραμμάτων / Σχημάτων | viii |
| Κατάλογος Πινάκων | x |
| Συντομογραφίες & Ακρωνύμια..... | xi |
| 1 Εισαγωγή..... | 1 |
| 2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση | 5 |
| 2.1 Ορισμοί | 5 |
| 2.2 Παγωτό: Γενικές πληροφορίες..... | 10 |
| 2.2.1 Βασικά χαρακτηριστικά του παγωτού | 10 |
| 2.2.2 Παράμετροι μέτρησης και μέθοδοι ελέγχου | 11 |
| <i>Μέτρηση ποσοστού ολικών στερεών</i> | 11 |
| <i>Μέτρηση λιπαρών με τη μέθοδο Gerber για παγωτό, γάλα και κρέμα γάλακτος</i> | 11 |
| <i>Μέτρηση pH</i> | 12 |
| <i>Υπολογισμός υπέρβασης</i> | 12 |
| <i>Υπολογισμός ρυθμού τήξης</i> | 12 |
| <i>Μέτρηση ιξώδους</i> | 13 |
| <i>Μικροβιολογικός έλεγχος</i> | 13 |
| 2.2.3 Παραγωγική διαδικασία | 15 |
| 2.2.4 Νομοθετικό πλαίσιο που αφορά την επεξεργασία και πώληση παγωτού | 15 |
| <i>Πρόσθετα τροφίμων</i> | 16 |
| <i>Γλυκαντικά</i> | 17 |
| <i>Χρωστικές</i> | 17 |
| <i>Επισήμανση τροφίμων</i> | 18 |
| 2.3 Σύστημα διαχείρισης ποιότητας..... | 19 |
| 2.3.1 Σημαντικά ονόματα στον τομέα της Ποιότητας | 20 |
| 2.3.2 Μεθοδολογία Lean..... | 22 |
| 2.3.3 Η μεθοδολογία Six Sigma..... | 23 |
| 2.3.4 Τα πρότυπα της σειράς ISO 9000 | 25 |
| 2.4 Η σημασία του στατιστικού ελέγχου | 27 |
| 2.4.1 Ιστορική Ανασκόπηση | 33 |
| 2.4.2 Πλεονεκτήματα υιοθέτησης της ΔΟΠ | 35 |
| 2.4.3 Δυσκολίες στην εφαρμογή της ΔΟΠ | 35 |
| 2.5 Στατιστική και Φυσικοχημικά δεδομένα | 36 |
| 2.6 Διάφορες Πρακτικές..... | 38 |
| 2.6.1 Αντικατάσταση της ζάχαρης με άλλο γλυκαντικό, τη στέβια | 39 |
| 2.6.2 Αντικατάσταση λιπαρών γάλακτος με σκόνη καλαμποκιού..... | 40 |
| 2.6.3 Λωτός- Νέα γεύση παγωτού | 43 |
| 2.6.4 Αντικατάσταση ορού γάλακτος με ορό άλλων γαλακτοκομικών προϊόντων | 45 |
| 2.6.5 Η λειτουργία των σταθεροποιητών στο παγωτό | 45 |
| 2.6.6 Αντικατάσταση λιπαρών γάλακτος με ινουλίνη | 47 |
| 2.6.7 Χρήση του ενζύμου λιπάση στην παραγωγή παγωτού με κραμβέλαιο | 48 |
| 2.6.8 Εμπλουτισμός του παγωτού με προβιοτικά βακτήρια | 49 |
| 2.6.9 Προσθήκη ελαίου καμέλιας στο παγωτό | 51 |
| 2.6.10 Προσθήκη υπολειμμάτων καρύδας στο παγωτό | 52 |
| 2.6.11 Κ-καραγενάνη ως σταθεροποιητής στο παγωτό | 54 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3 | Αποτελέσματα | 55 |
| 3.1 | Λειτουργία του Minitab | 55 |
| 3.1.1 | Περιγραφική στατιστική | 55 |
| 3.1.2 | Έλεγχος υπόθεσης | 55 |
| 3.1.3 | Ανάλυση διασποράς | 55 |
| 3.1.4 | Ανάλυση Υπολοίπων | 56 |
| | Έλεγχος Ανεξαρτησίας | 56 |
| | Έλεγχος Κανονικότητας | 56 |
| | Έλεγχος Ομοσκεδαστικότητας | 56 |
| 3.2 | Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων | 56 |
| 3.2.1 | Στατιστική Ανάλυση περιεκτικότητας λιπαρών παγωτού | 57 |
| | Συλλογή Δεδομένων | 57 |
| | Περιγραφική στατιστική | 57 |
| | Έλεγχος υπόθεσης | 61 |
| 3.2.2 | Στατιστική Ανάλυση μέτρησης pH στη κρέμα γάλακτος | 61 |
| | Συλλογή Δεδομένων | 61 |
| | Περιγραφική στατιστική | 62 |
| | Έλεγχος υπόθεσης | 66 |
| 3.2.3 | Στατιστική Ανάλυση ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό | 66 |
| | Κατηγορία Παρφέ | 68 |
| | Κατηγορία Κρέμα | 72 |
| | Κατηγορία Ουδέτερο | 75 |
| | Κατηγορία Gourmet | 79 |
| | Έλεγχος υπόθεσης | 82 |
| 3.3 | Ανάλυση υπολοίπων | 82 |
| 3.3.1 | Ανάλυση υπολοίπων – Περιεκτικότητα λιπαρών παγωτού | 82 |
| | Έλεγχος ανεξαρτησίας | 82 |
| | Έλεγχος Κανονικότητας | 84 |
| | Έλεγχος Ομοσκεδαστικότητας | 85 |
| 3.3.2 | Ανάλυση υπολοίπων - pH Κρέμας γάλακτος | 86 |
| | Έλεγχος Ανεξαρτησίας | 86 |
| | Έλεγχος Κανονικότητας | 87 |
| | Έλεγχος Ομοσκεδαστικότητας | 88 |
| 3.3.3 | Ανάλυση υπολοίπων – Ποσοστό στερεής μάζας παγωτού | 89 |
| | Έλεγχος ανεξαρτησίας | 89 |
| | Έλεγχος Κανονικότητας | 91 |
| | Έλεγχος Ομοσκεδαστικότητας | 91 |
| 4 | Συμπεράσματα | 93 |
| | Βιβλιογραφία | 96 |

Κατάλογος Διαγραμμάτων / Σχημάτων

| | |
|---|----|
| Σχήμα 2-1 Ο κύκλος του Deming στην εφαρμογή της μεθοδολογίας 6σ..... | 24 |
| Διάγραμμα 2-1 Διάγραμμα ροής της παραγωγικής διαδικασίας παγωτού σε βιομηχανική κλίμακα | 15 |
| Διάγραμμα 3-1 Ιστόγραμμα δεδομένων περιεκτικότητας λιπαρών στο παγωτό τη χειμερινή και εαρινή περίοδο για το 2022. | 59 |
| Διάγραμμα 3-2 Θηκόγραμμα δεδομένων περιεκτικότητας λιπαρών στο παγωτό τη χειμερινή και εαρινή περίοδο το 2022. | 60 |
| Διάγραμμα 3-3 Interval plot για δεδομένα περιεκτικότητας λιπαρών παγωτού τη χειμερινή και εαρινή περίοδο το 2022..... | 60 |
| Διάγραμμα 3-4 Διάγραμμα πιθανότητας σε δεδομένα περιεκτικότητας λιπαρών παγωτού τη χειμερινή και εαρινή περίοδο το 2022..... | 61 |
| Διάγραμμα 3-5 Ιστόγραμμα δεδομένων pH κρέμας γάλακτος δύο πληθυσμών, Εργαστήριο και Προμηθευτής το έτος 2022. | 64 |
| Διάγραμμα 3-6 Θηκόγραμμα δεδομένων pH κρέμας γάλακτος δύο πληθυσμών, Εργαστήριο και Προμηθευτής το έτος 2022. | 65 |
| Διάγραμμα 3-7 Interval plot για δεδομένα pH κρέμας γάλακτος δύο πληθυσμών, Εργαστήριο και Προμηθευτής το έτος 2022. | 65 |
| Διάγραμμα 3-8 Διάγραμμα πιθανότητας για δεδομένα pH κρέμας γάλακτος δύο πληθυσμών, Εργαστήριο και Προμηθευτής το έτος 2022. | 66 |
| Διάγραμμα 3-9 Ιστόγραμμα δεδομένων ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό χειμερινής και εαρινής περιόδου έτους 2022 για την κατηγορία Παρφέ..... | 70 |
| Διάγραμμα 3-10 Θηκόγραμμα δεδομένων ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό χειμερινής και εαρινής περιόδου έτους 2022 για την κατηγορία Παρφέ..... | 70 |
| Διάγραμμα 3-11 Interval plot δεδομένων ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό χειμερινής και εαρινής περιόδου έτους 2022 για την κατηγορία Παρφέ..... | 71 |
| Διάγραμμα 3-12 Διάγραμμα πιθανότητας δεδομένων ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό χειμερινής και εαρινής περιόδου έτους 2022 για την κατηγορία Παρφέ..... | 71 |
| Διάγραμμα 3-13 Ιστόγραμμα δεδομένων ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό χειμερινής και εαρινής περιόδου έτους 2022 για την κατηγορία Κρέμα..... | 73 |
| Διάγραμμα 3-14 Θηκόγραμμα δεδομένων ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό χειμερινής και εαρινής περιόδου έτους 2022 για την κατηγορία Κρέμα. | 74 |
| Διάγραμμα 3-15 Interval plot δεδομένων ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό χειμερινής και εαρινής περιόδου έτους 2022 για την κατηγορία Κρέμα..... | 74 |
| Διάγραμμα 3-16 Διάγραμμα πιθανότητας δεδομένων ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό χειμερινής και εαρινής περιόδου έτους 2022 για την κατηγορία Κρέμα..... | 75 |
| Διάγραμμα 3-17 Ιστόγραμμα δεδομένων ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό χειμερινής και εαρινής περιόδου έτους 2022 για την κατηγορία Ουδέτερο. | 77 |
| Διάγραμμα 3-18 Θηκόγραμμα δεδομένων ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό χειμερινής και εαρινής περιόδου έτους 2022 για την κατηγορία Ουδέτερο. | 77 |
| Διάγραμμα 3-19 Interval plot δεδομένων ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό χειμερινής και εαρινής περιόδου έτους 2022 για την κατηγορία Ουδέτερο. | 78 |
| Διάγραμμα 3-20 Διάγραμμα πιθανότητας δεδομένων ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό χειμερινής και εαρινής περιόδου έτους 2022 για την κατηγορία Ουδέτερο..... | 78 |

| | |
|---|----|
| Διάγραμμα 3-21 Ιστόγραμμα δεδομένων ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό χειμερινής και εαρινής περιόδου έτους 2022 για την κατηγορία Gourmet. | 80 |
| Διάγραμμα 3-22 Θηκόγραμμα δεδομένων ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό χειμερινής και εαρινής περιόδου έτους 2022 για την κατηγορία Gourmet. | 80 |
| Διάγραμμα 3-23 Interval plot δεδομένων ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό χειμερινής και εαρινής περιόδου έτους 2022 για την κατηγορία Gourmet. | 81 |
| Διάγραμμα 3-24 Διάγραμμα πιθανότητας δεδομένων ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό χειμερινής και εαρινής περιόδου έτους 2022 για την κατηγορία Gourmet. | 81 |
| Διάγραμμα 3-25 Διάγραμμα υπολοίπων ως προς τη χρονική σειρά για τιμές περιεκτικότητας λιπαρών στο παγωτό έτους 2022. | 83 |
| Διάγραμμα 3-26 Κανονικό διάγραμμα πιθανότητας υπολοίπων για τιμές περιεκτικότητας λιπαρών παγωτού έτους 2022 τη χειμερινή περίοδο. | 84 |
| Διάγραμμα 3-27 Κανονικό διάγραμμα πιθανότητας υπολοίπων για τιμές περιεκτικότητας λιπαρών παγωτού έτους 2022 την εαρινή περίοδο. | 84 |
| Διάγραμμα 3-28 Διάγραμμα υπολοίπων ως προς τις προσαρμοσμένες τιμές για τιμές περιεκτικότητας λιπαρών παγωτού έτους 2022. | 85 |
| Διάγραμμα 3-29 Διάγραμμα υπολοίπων ως προς τη χρονική σειρά για τιμές pH κρέμας γάλακτος. | 86 |
| Διάγραμμα 3-30 Κανονικό διάγραμμα πιθανότητας υπολοίπων για τιμές pH κρέμας γάλακτος – μετρήσεις εργαστηρίου. | 88 |
| Διάγραμμα 3-31 Κανονικό διάγραμμα πιθανότητας υπολοίπων για τιμές pH κρέμας γάλακτος – μετρήσεις προμηθευτή. | 88 |
| Διάγραμμα 3-32 Διάγραμμα υπολοίπων ως προς τις προσαρμοσμένες τιμές για τιμές pH κρέμας γάλακτος. | 89 |
| Διάγραμμα 3-33 Διάγραμμα υπολοίπων ως προς τη χρονική σειρά για τιμές ποσοστού στερεής μάζας παγωτού έτους 2022. | 90 |
| Διάγραμμα 3-34 Κανονικό διάγραμμα πιθανότητας υπολοίπων για τιμές ποσοστού στερεής μάζας παγωτού έτους 2022. | 91 |
| Διάγραμμα 3-35 Διάγραμμα υπολοίπων ως προς τις προσαρμοσμένες τιμές για τιμές ποσοστού στερεής μάζας παγωτού έτους 2022. | 92 |

Κατάλογος Πινάκων

| | |
|--|----|
| Πίνακας 3-1 Περιγραφική στατιστική στη μελέτη της περιεκτικότητας σε λιπαρά στο παγωτό τη χειμερινή και την εαρινή περίοδο έτους 2022..... | 59 |
| Πίνακας 3-2 Περιγραφική στατιστική στη μελέτη pH κρέμας γάλακτος για δεδομένα δύο πληθυσμών του Εργαστηρίου και του Προμηθευτή το έτος 2022..... | 64 |
| Πίνακας 3-3 Οι πρώτες ύλες που περιέχουν λιπαρά για τις τέσσερις κατηγορίες παγωτού. | 67 |
| Πίνακας 3-4 Περιγραφική στατιστική σε δεδομένα ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό την χειμερινή και εαρινή περίοδο έτους 2022..... | 68 |
| Πίνακας 3-5 Έλεγχος τυχαίας κατανομής των υπολοίπων για την περιεκτικότητα λιπαρών παγωτού έτους 2022..... | 83 |
| Πίνακας 3-6 Έλεγχος ομοσκεδαστικότητας σφαλμάτων για τιμές περιεκτικότητας λιπαρών παγωτού έτους 2022. | 85 |
| Πίνακας 3-7 Έλεγχος τυχαίας κατανομής των υπολοίπων για τιμές pH κρέμας γάλακτος. | 87 |
| Πίνακας 3-8 Έλεγχος ομοσκεδαστικότητας των σφαλμάτων για τιμές pH κρέμας γάλακτος..... | 89 |
| Πίνακας 3-9 Έλεγχος τυχαίας κατανομής των υπολοίπων για τιμές ποσοστού στερεής μάζας παγωτού έτους 2022. | 90 |
| Πίνακας 3-10 Έλεγχος ομοσκεδαστικότητας των σφαλμάτων για τιμές ποσοστού στερεής μάζας παγωτού έτους 2022. | 92 |

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

6σ 6 σίγμα

ANOVA Analysis of Variance (Ανάλυση Διακύμανσης)

CFU Colony Forming Unit

CI Confidence Interval

FAO Food and Agriculture Organization

ISO International Organization for Standardization (Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης)

MANOVA Multivariate analysis of variance (Πολυμεταβλητή Ανάλυση Διακύμανσης)

Spp Species

VRBG Violet Red Bile Glucose agar

WHO World Health Organization

ΔΟΠ Διοίκηση Ολικής Ποιότητας

Ε Εαρινή Περίοδος

ΚΠΤ Κώδικας Τροφίμων και Ποτών

ΟΜΧ Ολική Μεσόφιλη Χλωρίδα

Σ-G-E Ποσοστό Στερεών για την κατηγορία Gourmet την Εαρινή περίοδο

Σ-G-X Ποσοστό Στερεών για την κατηγορία Gourmet τη Χειμερινή περίοδο

Σ-KP-E Ποσοστό Στερεών για την κατηγορία Κρέμα την Εαρινή περίοδο

Σ-KP-X Ποσοστό Στερεών για την κατηγορία Κρέμα τη Χειμερινή περίοδο

Σ-ΟΥΔ-E Ποσοστό Στερεών για την κατηγορία Ουδέτερο την Εαρινή περίοδο

Σ-ΟΥΔ-X Ποσοστό Στερεών για την κατηγορία Ουδέτερο τη Χειμερινή περίοδο

Σ-ΠΑΡ-E Ποσοστό Στερεών για την κατηγορία Παρφέ την Εαρινή περίοδο

Σ-ΠΑΡ-X Ποσοστό Στερεών για την κατηγορία Παρφέ τη Χειμερινή περίοδο

ΦΣΧ Φυσικοχημικά Δεδομένα

Χ Χειμερινή Περίοδος

1 Εισαγωγή

Η βιομηχανία του παγωτού αναπτύσσεται όλο και περισσότερο στη χώρα μας και η αγορά παγωτού σήμερα υπολογίζεται περίπου στα 250 εκατ. ευρώ (Νικηφόρου, 2023). Γενικά, υιοθετούνται διάφορες τάσεις στον σχεδιασμό νέων προϊόντων, όπως για παράδειγμα νέες γεύσεις με φρούτα και συνδυασμοί με ήδη γνωστά προϊόντα σοκολάτας. Επίσης, η πρόοδος της τεχνολογίας έχει βοηθήσει πολύ σε παροχή νέων μηχανημάτων και ειδών εξοπλισμού. Ωστόσο, διαπιστώνεται πως παρ' όλες τις προσπάθειες για εξέλιξη και συνεχή ανταγωνισμό, δεν υπάρχει καινοτομία. Πολλά πειράματα και δοκιμές συμβαίνουν, ώστε να βρεθεί το προϊόν που θα ικανοποιήσει τους καταναλωτές. Όμως, πόσο εύκολα μπορεί να τροποποιηθεί η βασική συνταγή ενός παγωτού και τι συνέπειες θα έχουν αυτές οι αλλαγές στη γεύση και στη δομή του τελικού προϊόντος;

Η σημερινή αγορά γίνεται ολοένα και πιο ανταγωνιστική. Αυτό σημαίνει πως οι επιχειρήσεις υιοθετούν στρατηγικές βελτίωσης της ποιότητας ώστε να αποκτήσουν στρατηγικό πλεονέκτημα έναντι του ανταγωνισμού. Η επίτευξη ποιότητας των προϊόντων και υπηρεσιών είναι το κύριο πλέον μέλημα των επιχειρήσεων. Η ποιότητα ουσιαστικά προσδιορίζει τα χαρακτηριστικά των προϊόντων και υπηρεσιών και κατά πόσο αυτά ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις των πελατών. Είναι γνωστό πως όταν ένας πελάτης είναι ικανοποιημένος, η πίστη του προς το προϊόν αυξάνεται και έτσι αυξάνεται και η παραμονή του προϊόντος στην αγορά. Είναι λοιπόν απαραίτητη μία καλή στρατηγική ποιοτικού ελέγχου από την αρχή της διεργασίας με στόχο τη συμμόρφωση του τελικού προϊόντος (Τσαρούχας & Ντέλιου, 2018).

Τα κράτη θεσπίζουν νομοθεσία για τα τρόφιμα που αφορούν τεχνικές απαιτήσεις για την επεξεργασία, το χειρισμό, την παραγωγή και την ευθύνη του προϊόντος μετά την πώληση. Η νομοθεσία δίνει κίνητρο στις επιχειρήσεις να υιοθετούν κατάλληλες διαδικασίες και μεθόδους παραγωγής. Εκτός από τη νομοθεσία όμως υπάρχουν και προσωπικά κίνητρα της επιχείρησης ώστε να ακολουθήσει τεχνικές πέρα από τις εγκεκριμένες πρακτικές για τη διασφάλιση ποιότητας. Στόχος όλων αυτών των πρακτικών είναι να διασφαλίσουν στους πελάτες πως η παραγωγή των προϊόντων γίνεται με συνέπεια. Υπάρχουν πολλά πρότυπα διαφορετικής προέλευσης τα οποία εμφανίζουν δύο κοινά χαρακτηριστικά. Πρώτον, όλα τα πρότυπα απαιτούν τεκμηρίωση των διαδικασιών παραγωγής και άλλων σημαντικών πρακτικών και δεύτερον τον έλεγχο και την πιστοποίηση από τρίτους (Holleran et al, 1999).

Ο στατιστικός έλεγχος διεργασιών συμβάλει στην παρακολούθηση και τη βελτιστοποίηση του συστήματος παραγωγής. Επίσης, βελτιώνει την ποιότητα του προϊόντος, αυξάνει την παραγωγικότητα της εταιρίας και τέλος, δείχνει πόσο σταθερά εκτελούνται οι διαδικασίες (Tegegne et al, 2022). Έχει αποδειχθεί ότι μόνο με χρήση στατιστικών μεθόδων γίνεται η καλύτερη ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Όμως, παρ' ότι είναι αναγνωρισμένη η πολύτιμη βοήθεια της στατιστικής επιστήμης στη βιομηχανία παρατηρείται περιορισμένη χρήση στατιστικών εργαλείων. Δύο από τις πιο γνωστές μεθόδους είναι το T-test και η ANOVA. Η αξία αυτών των μεθόδων έχει αναγνωριστεί από πολλούς τομείς όπως η κλινική έρευνα, η γενετική ακόμα και η ψυχολογία.

Η διαφορά στην περιεκτικότητα λιπαρών στο γάλα μπορεί να επηρεάσει την περιεκτικότητα λιπαρών στο παγωτό, καθώς και το ποσοστό στερεής μάζας του παγωτού. Έτσι, συγκρίνεται η μέση περιεκτικότητα λιπαρών και το ποσοστό στερεών μεταξύ δύο περιόδων, τη χειμερινή και την εαρινή περίοδο. Η χειμερινή περίοδος περιλαμβάνει τους μήνες από Οκτώβριο έως Μάρτιο και η εαρινή από Απρίλιο έως Σεπτέμβριο. Τα αποτελέσματα της μελέτης είναι σημαντικά καθώς τα λιπαρά παίζουν κύριο ρόλο στη δομή του παγωτού και παράλληλα καθορίζουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του παγωτού. Αυτό σημαίνει πως επηρεάζεται η επιλογή του καταναλωτή να πραγματοποιήσει κάποια αγορά αποφέροντας οικονομικές επιπτώσεις στην εταιρεία. Για παράδειγμα, η κατηγορία παγωτού «παρφέ» αποτελείται από 17-20% λιπαρά. Αν τα λιπαρά μειωθούν κάτω από το κατώτερο όριο, το παγωτό θα «χάσει» την αναμενόμενη σύστασή του, επηρεάζοντας άμεσα την υφή και τη γεύση, καθώς επίσης και τη δομή. Πιθανόν μετά την κατάψυξη να λιώνει πιο γρήγορα μειώνοντας έτσι τον αναμενόμενο ρυθμό τήξης.

Πολλοί ερευνητές έχουν μελετήσει τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του παγωτού, καθώς επίσης έχουν δημοσιευθεί αρκετές μελέτες στις οποίες παρατηρούνται τα ΦΣΧ δεδομένα με αλλαγές στα συστατικά ή τις αναλογίες των συστατικών στη συνταγή. Στόχος είναι η δημιουργία νέων ειδών παγωτού πιο υγιεινά για τον καταναλωτή με υψηλότερη διατροφική αξία. Ωστόσο, μέχρι σήμερα δεν έχει μελετηθεί κατά πόσο αλλάζει η περιεκτικότητα λιπαρών στο παγωτό με αλλαγή της εποχής. Έχει γίνει έρευνα που αφορά την περιεκτικότητα σε λιπαρά στο γάλα, η οποία φαίνεται να διαφέρει με την αλλαγή της εποχής, καθώς αλλάζει η διατροφή των ζώων. Δηλαδή, μειώνεται η περιεκτικότητα σε λιπαρά στο γάλα κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (Παθιάκη, 2022).

Στην παρούσα μελέτη συγκρίνεται η περιεκτικότητα σε λιπαρά παγωτού καθώς και το ποσοστό στερεής μάζας μεταξύ χειμερινής και εαρινής περιόδου με στόχο τη διαπίστωση αν διαφέρουν οι μέσες τιμές τους. Για την ανάλυση αυτή χρησιμοποιήθηκε το Minitab, μία πλατφόρμα στατιστικών αναλύσεων. Τα δεδομένα υπόκεινται σε περιγραφική στατιστική και περιγράφεται η συμπεριφορά τους μέσω γραφικών παραστάσεων. Επιπρόσθετα, γίνεται έλεγχος υποθέσεων T-test μέσων τιμών με $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$ και $H_A: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης είναι ιδιαίτερα χρήσιμα για βιομηχανίες παγωτού καθώς στην περίπτωση απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης, δηλαδή του συμπεράσματος πως οι μέσες τιμές διαφέρουν, οι υπεύθυνοι θα μπορούν να τροποποιούν κατάλληλα τη συνταγή ανάλογα την περίοδο παραγωγής του παγωτού για να βελτιώσουν την περιεκτικότητα σε λιπαρά. Επίσης, γίνεται μελέτη σύγκρισης τιμών pH της κρέμας γάλακτος μεταξύ των μετρήσεων του εργαστηρίου βιομηχανίας παγωτού και των αντίστοιχων μετρήσεων του προμηθευτή με στόχο τη σύγκριση των μέσων τιμών.

Αρχικά, παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα του παγωτού και τα συστατικά από τα οποία αποτελείται. Στη συνέχεια, περιγράφεται η παραγωγική διαδικασία και αναφέρονται σημαντικά μέρη της εθνικής και ευρωπαϊκής νομοθεσίας. Στα επόμενα κεφάλαια αναφέρονται έννοιες όπως η Διοίκηση Ολικής Ποιότητας, το Σύστημα Διασφάλισης Ποιότητας, ο Στατιστικός έλεγχος και η σημασία που έχει η εφαρμογή τους στις επιχειρήσεις. Επίσης, αναφέρονται διάφορες πρακτικές στο παγωτό που έχουν πραγματοποιηθεί από άλλους ερευνητές καθώς και τα αποτελέσματα των μελετών αυτών. Τέλος, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης και σχολιασμός επί του θέματος.

Μέσα από αυτή την μελέτη μπορεί ο αναγνώστης να κατανοήσει τη λειτουργία και τη συμπεριφορά του παγωτού, να γνωρίσει την παραγωγική διαδικασία παγωτού βιομηχανικής κλίμακας, να μάθει μερικές από τις πρακτικές που υπάρχουν στη βιβλιογραφία και να διαπιστώσει τη σημασία υπολογισμού των φυσικοχημικών δεδομένων του παγωτού. Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελείται από δύο μέρη:

A) Παρασκευή και σύνθεση του παγωτού καθώς και ορισμένες στοιχειώδεις στατιστικές αναλύσεις για μετρήσεις που έγιναν σε βιομηχανία παγωτού για το 2022.

Β) Βελτιώσεις που μπορούν να γίνουν στην σύνθεση του παγωτού για πιο υγιεινά προϊόντα χωρίς υποχωρήσεις στη γεύση. Γίνεται ουσιαστικά βιβλιογραφική ανασκόπηση χωρίς κάποια στατιστική επεξεργασία λόγω ελλείψεως δεδομένων.

2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Ορισμοί

Αέρια συσκευασίας: τα αέρια, πλην του αέρα, τα οποία εισάγονται σε περιέκτη πριν, κατά ή μετά την τοποθέτηση τροφίμου στον εν λόγω περιέκτη.

Αντιαφριστικοί παράγοντες: ουσίες που προλαμβάνουν ή περιορίζουν το σχηματισμό αφρού.

Αντιοξειδωτικά: ουσίες οι οποίες παρατείνουν το χρόνο διατήρησης των τροφίμων προστατεύοντάς τα από τις αλλοιώσεις που προκαλούνται από την οξείδωση, όπως το τάγγισμα των λιπών και οι μεταβολές χρώματος (ΚΠΤ, 2011).

Αντισυσσωματοποιητικοί παράγοντες: ουσίες που μειώνουν την τάση μεμονωμένων σωματιδίων τροφίμου να προσκολλώνται μεταξύ τους.

Αφριστικοί παράγοντες: ουσίες που επιτρέπουν την ομοιογενή διασπορά αερίου φάσεως σε υγρό ή στερεό τρόφιμο.

Βελτιωτικά αλεύρων: ουσίες, πλην των γαλακτωματοποιητών, που προστίθενται στο αλεύρι ή τη ζύμη προκειμένου να βελτιώσουν την αρτοποιητική ικανότητά τους.

Γαλακτωματοποιητές: ουσίες που επιτρέπουν το σχηματισμό ή τη διατήρηση ομοιογενούς μείγματος δύο ή περισσότερων μη μιγνυόμενων φάσεων, όπως το λάδι και το νερό, σε τρόφιμο (ΚΠΤ, 2011).

Γαλακτωματοποιητικά άλατα: ουσίες που μετατρέπουν τις πρωτεΐνες που περιέχονται στο τυρί σε διεσπαρμένη μορφή και, κατ' αυτόν τον τρόπο, επιφέρουν ομοιογενή κατανομή των λιπών και των άλλων συστατικών.

Γλυκαντικές ύλες: οργανικές ενώσεις χαρακτηριστικής γλυκιάς γεύσης. Κατηγοριοποιούνται σε φυσικές εφόσον απαντούν σε φυτικούς ή ζωικούς ιστούς, και συνθετικές εφόσον αποτελούν προϊόντα συνθετικής παρασκευής και δεν βρίσκονται στη φύση (ΚΠΤ, 2010).

Δείγμα: ένα μέρος της ολότητας τιμών που λέγεται πληθυσμός (Κουτροβέλης, 1999).

Δειγματικά ποσοστιαία σημεία: Η δειγματική διάμεσος συμπίπτει με το 0,50-δειγματικό ποσοστιαίο σημείο. Άλλα δειγματικά ποσοστιαία σημεία που χρησιμοποιούνται συχνά είναι το 0,25-δειγματικό ποσοστιαίο σημείο (πρώτο τεταρτημόριο) και το 0,75-δειγματικό ποσοστιαίο σημείο (τρίτο τεταρτημόριο). Τα σημεία αυτά μαζί με την διάμεσο (δεύτερο τεταρτημόριο) χωρίζουν τα δεδομένα σε τέσσερις ομάδες, όπου η κάθε ομάδα περιέχει περίπου 25% των δεδομένων (Κουτρουβέλης, 1999).

Δειγματική διάμεσος: η κεντρική τιμή για περιττό μέγεθος δείγματος n και το ημιάθροισμα των κεντρικών τιμών για άρτιο n (Κουτρουβέλης, 1999).

Δειγματική διασπορά:

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

(Κουτρουβέλης, 1999).

Δειγματική έκταση: η απόσταση μεταξύ της μικρότερης και της μεγαλύτερης τιμής στα δεδομένα (Κουτρουβέλης, 1999).

Δειγματική κορυφή: η τιμή που εμφανίζεται τις περισσότερες φορές μεταξύ των δεδομένων. Μπορεί να υπάρχουν δύο ή περισσότερες κορυφές σε ένα σύνολο δεδομένων (Κουτρουβέλης, 1999).

Δειγματική μέση τιμή: ο αριθμητικός μέσος όρος των δεδομένων (Κουτρουβέλης, 1999).

Δειγματική τυπική απόκλιση: η θετική τετραγωνική ρίζα της δειγματικής διασποράς,

$$s = \sqrt{s^2} \quad (2)$$

(Κουτρουβέλης, 1999).

Διογκωτικά αρτοποιίας: ουσίες ή οι συνδυασμοί ουσιών που ελευθερώνουν αέριο και ως εκ τούτου αυξάνουν τον όγκο της ζύμης ή του παναρίσματος.

Διογκωτικοί παράγοντες: οι ουσίες που συμβάλλουν στη διόγκωση τροφίμου χωρίς να συμβάλλουν σημαντικά στη διαθέσιμη ενεργειακή αξία του.

Εδώδιμα λίπη και έλαια: όλα τα κατάλληλα για τη διατροφή του ανθρώπου γλυκερίδια των διαφόρων λιπαρών οξέων, φυτικής ή ζωικής προέλευσης, τα οποία μπορούν να περιέχουν μικρές ποσότητες άλλων λιποειδών, όπως φωσφατίδια, ασαπωνοποίητα συστατικά και φυσικώς ενυπάρχοντα ελεύθερα λιπαρά οξέα. Έλαια νοούνται τα προϊόντα των οποίων η

σύσταση είναι ελαιώδης στους 20°C, ενώ Λίπη νοούνται τα προϊόντα των οποίων η σύσταση είναι αλοιφώδης ή στερεά σε όλη τη μάζα τους, στους 20 °C (ΚΠΤ, 2014).

Ενισχυτικά γεύσεως: ουσίες που ενισχύουν την υπάρχουσα γεύση ή/και οσμή τροφίμου (ΚΠΤ, 2011).

Κυρίως μάζα παγωτού: η μάζα που προέρχεται από το αρχικό μίγμα του παγωτού μετά από ψύξη και πριν την προσθήκη άλλων εδωδίων υλικών (σιρόπια, φρούτα, ξηροί καρποί, γαρνιτούρα, σοκολάτα) (ΚΠΤ, 2012).

Μίγμα για την παρασκευή παγωτού: είναι προϊόντα (σε υγρή, πολτώδη, στερεή ή μορφή σκόνης) που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή παγωτού περιλαμβάνοντας πρώτες ύλες και πρόσθετα συστατικά (ΚΠΤ, 2012).

Οξέα: ουσίες που αυξάνουν την οξύτητα τροφίμων ή/και που τους προσδίδουν όξινη γεύση.

Παγωτό – Γενικός ορισμός: είναι το προϊόν που παράγεται σε συνθήκες κατάψυξης και στη συνέχεια αποθηκεύεται, διανέμεται και καταναλώνεται ως κατεψυγμένο προϊόν. Για την παρασκευή του μπορούν να χρησιμοποιηθούν οποιαδήποτε βρώσιμα συστατικά τα οποία επιτρέπονται από την ισχύουσα νομοθεσία (ΚΠΤ, 2012).

Παγωτό γάλακτος: είναι το παγωτό που συμφωνεί με το Γενικό ορισμό, το οποίο χαρακτηρίζεται από 2,5% λιπαρά γάλακτος και τουλάχιστον 6% στερεό υπόλειμμα γάλακτος άνευ λίπους, χωρίς την προσθήκη λιπαρών ή πρωτεϊνών άλλης προέλευσης από του γάλακτος (ΚΠΤ, 2012).

Παγωτό Γρανίτα ή Γρανίτα με άρωμα: παγωτό που συμφωνεί με το Γενικό ορισμό και περιέχει κυρίως νερό και γλυκαντικές ύλες (ΚΠΤ, 2012).

Παγωτό γρανίτα φρούτου ή Γρανίτα φρούτου: είναι Παγωτό Γρανίτα, το οποίο περιέχει τουλάχιστον 15% φρούτα (ΚΠΤ, 2012).

Παγωτό Καϊμάκι: παγωτό γάλακτος με γεύση μαστίχας ή/και κανέλας ή/και σαλέπι που περιέχει τουλάχιστον 8% λιπαρά γάλακτος, στερεό υπόλειμμα γάλακτος άνευ λίπους τουλάχιστον 7%, ολικά στερεά τουλάχιστον 34%, χωρίς την προσθήκη λιπαρών ή πρωτεϊνών άλλης προέλευσης από του γάλακτος (ΚΠΤ, 2012).

Παγωτό κρέμας: είναι το παγωτό που συμφωνεί με το Γενικό ορισμό και περιέχει τουλάχιστον 5% λιπαρά γάλακτος, χωρίς την προσθήκη λιπαρών ή πρωτεϊνών άλλης προέλευσης από του γάλακτος (ΚΠΤ, 2012).

Παγωτό Σορμπέ: είναι Παγωτό Γρανίτα, το οποίο περιέχει τουλάχιστον 25% φρούτα (ΚΠΤ, 2012).

Παγωτό στιγμιαίας παρασκευής: το παγωτό που συμφωνεί με το Γενικό ορισμό και ανήκει σε κάποια από τις παραπάνω κατηγορίες και προσφέρεται στον καταναλωτή αμέσως μετά την παρασκευή του από μηχάνημα αυτόματης ψύξης (ΚΠΤ, 2012).

Πείραμα: ένας «πιθανοκρατικός» μηχανισμός παρατήρησης, με τον οποίο κάθε στοιχείο (τιμή) του πληθυσμού έχει συγκεκριμένη πιθανότητα να περιέχεται στο δείγμα (Κουτρουβέλης, 1999).

Περιγραφική στατιστική: ο κλάδος της στατιστικής που πραγματεύεται την περιγραφή και σύντμηση δεδομένων με χρήση πινάκων, γραφικών παραστάσεων και αριθμητικών μέτρων (Κουτρουβέλης, 1999).

Πηκτωματογόνοι παράγοντες: ουσίες που προσδίδουν σ' ένα τρόφιμο υφή μέσω του σχηματισμού πηκτώματος (ΚΠΤ, 2011).

Πληθυσμός: μία ολότητα τιμών που χαρακτηρίζει το υπό μελέτη φαινόμενο. Οι τιμές του πληθυσμού αναφέρονται και ως παρατηρήσεις (Κουτρουβέλης, 1999).

Πρωωστικοί παράγοντες: τα αέρια, πλην του αέρα, τα οποία προκαλούν την αποβολή τροφίμου από περιέκτη.

Πυκνωτικά μέσα: ουσίες που αυξάνουν το ιξώδες ενός τροφίμου.

Ρυθμιστές οξύτητας: ουσίες που μεταβάλλουν ή ελέγχουν την οξύτητα ή την αλκαλικότητα τροφίμου (ΚΠΤ, 2011).

Σκληρυντικοί παράγοντες: ουσίες που καθιστούν ή διατηρούν τους ιστούς των φρούτων ή των λαχανικών σκληρούς ή τραγανούς, ή αλληλοεπιδρούν με τους πηκτωματογόνους παράγοντες για την παρασκευή ή την ενίσχυση πηκτώματος.

Σταθεροποιητές: ουσίες που επιτρέπουν τη διατήρηση της φυσικοχημικής κατάστασης ενός τροφίμου. Οι σταθεροποιητές περιλαμβάνουν ουσίες οι οποίες επιτρέπουν τη διατήρηση της ομοιογενούς διασποράς δύο ή περισσότερων μη μιγνυόμενων ουσιών σε ένα τρόφιμο, ουσίες οι οποίες σταθεροποιούν, συντηρούν ή εντείνουν το υπάρχον χρώμα ενός τροφίμου και ουσίες οι οποίες αυξάνουν τη συνδετική ικανότητα του τροφίμου, περιλαμβανομένου του σχηματισμού διασταυρούμενων δεσμών μεταξύ πρωτεϊνών που επιτρέπουν τη συνεκτικότητα τεμαχίων τροφίμου κατά την ανασύσταση τροφίμου (ΚΠΤ, 2011).

Στατιστική: η επιστήμη που ασχολείται με την συλλογή, την περιγραφή και την περιληπτική παρουσίαση δεδομένων, καθώς επίσης και με την εξαγωγή γενικότερων συμπερασμάτων με βάση έναν περιορισμένο αριθμό μετρήσεων ή παρατηρήσεων (Κουτρουβέλης, 1999).

Συμπλοκοποιητές: ουσίες που σχηματίζουν χημικά σύμπλοκα με μεταλλικά ιόντα.

Συντηρητικά: ουσίες οι οποίες παρατείνουν το χρόνο διατήρησης των τροφίμων προστατεύοντάς τα από τις αλλοιώσεις που προκαλούνται από τους μικροοργανισμούς ή/και τα προστατεύουν από την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών (ΚΠΤ, 2011).

Τροποποιημένα άμυλα: ουσίες που λαμβάνονται με μία ή περισσότερες χημικές επεξεργασίες βρώσιμων αμύλων, που μπορεί να έχουν υποστεί φυσική ή ενζυματική επεξεργασία, και μπορούν να έχουν υποστεί όξινη ή αλκαλική αραίωση ή λεύκανση.

Τυχαίο δείγμα: ένα δείγμα μεγέθους n από ένα πληθυσμό μεγέθους N λέγεται απλό τυχαίο δείγμα όταν οι $\left(\frac{N}{n}\right)$ ομάδες n στοιχείων του πληθυσμού έχουν την ίδια πιθανότητα να αποτελούν το δείγμα (Κουτρουβέλης, 1999).

Υγροσκοπικά μέσα: ουσίες που αποτρέπουν την ξήρανση των τροφίμων αντιδρώντας στην επίδραση μιας ατμόσφαιρας με χαμηλό βαθμό υγρασίας, ή που προάγουν τη διάλυση μιας σκόνης σε υδατικό μέσο.

Υλικά για γλασάρισμα (συμπεριλαμβανομένων των λιπαντικών μέσων): ουσίες που, τοποθετούμενες στην εξωτερική επιφάνεια τροφίμου, του προσδίδουν στιλπνότητα ή του παρέχουν προστατευτική επικάλυψη.

Φορείς: ουσίες που χρησιμοποιούνται για τη διάλυση, την αραίωση, τη διασπορά ή άλλη φυσική τροποποίηση προσθέτου τροφίμων ή αρωματικής ύλης τροφίμων, ενζύμου τροφίμων, θρεπτικής ύλης ή/και άλλης ουσίας που προστίθεται για θρεπτικούς ή φυσιολογικούς σκοπούς σε τρόφιμο χωρίς να μεταβάλλουν τη λειτουργία του (και χωρίς να ασκούν οι ίδιοι τεχνολογικές επιδράσεις) προκειμένου να διευκολύνουν το χειρισμό, την εφαρμογή ή τη χρήση του.

Χρωστικές: ουσίες που προσθέτουν ή αποκαθιστούν το χρώμα ενός τροφίμου και περιλαμβάνουν φυσικά συστατικά τροφίμων και φυσικές ουσίες που συνήθως δεν καταναλώνονται ως τρόφιμα και δεν χρησιμοποιούνται κανονικά ως χαρακτηριστικά συστατικά τροφίμων. Παρασκευάσματα που λαμβάνονται από τρόφιμα και άλλες βρώσιμες φυσικές ουσίες παραγόμενες με φυσική ή/και χημική εκχύλιση (ΚΠΤ, 2011).

Η ορισμοί για τα πρόσθετα τροφίμων προέρχονται και από «ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΚ) αριθ. 1333/2008».

2.2 Παγωτό: Γενικές πληροφορίες

2.2.1 Βασικά χαρακτηριστικά του παγωτού

Το παγωτό αποτελείται κυρίως από τα εξής υλικά, γάλα, ζάχαρη, σιρόπι γλυκόζης, κακάο, κρέμα γάλακτος, πάστα, σταθεροποιητές, γαλακτωματοποιητές, χρωστικές και αρώματα. Όλα τα παραπάνω συστατικά σχηματίζουν το μίγμα του παγωτού το οποίο σε βαθύτερη ανάλυση αποτελείται από τα μακροθρεπτικά συστατικά, υδατάνθρακες, πρωτεΐνες και λιπαρά και από τα μικροθρεπτικά συστατικά, βιταμίνες και μέταλλα. Η διαφορά μεταξύ τους είναι πως τα μακροθρεπτικά συστατικά προσδίδουν θερμίδες, άρα ενέργεια στον ανθρώπινο οργανισμό, σε αντίθεση με τα μικροθρεπτικά συστατικά, τα οποία δεν προσδίδουν θερμίδες (Bender, 2014). Κάθε συστατικό παίζει διαφορετικό αλλά εξίσου σημαντικό ρόλο στην σύσταση και την τελική υφή του παραγόμενου προϊόντος.

Οι πρωτεΐνες συμβάλουν στη δομή του παγωτού καθώς βοηθούν στη γαλακτωματοποίηση και τη συγκράτηση νερού. Επίσης, βοηθούν στην σταθεροποίηση του αέρα στο παγωτό, μία πολύ σημαντική λειτουργία για τη δομική σταθερότητα. Οι πρωτεΐνες επηρεάζουν το διαχωρισμό φάσεων μετά τη τήξη, και γι' αυτό τα παγωτά που έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη είναι λιγότερο σταθερά.

Τα λιπαρά παίζουν σημαντικό ρόλο καθώς σταθεροποιούν τη φάση του αέρα και ρυθμίζουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του παγωτού (Ahmed et al, 2023). Επίσης, τα λιπαρά παίζουν σημαντικό ρόλο στην αντίδραση του παγωτού όταν αυτό εκτεθεί σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Τα σφαιρίδια λίπους περιβάλουν τις φυσαλίδες αέρα και έτσι κάνουν τη δομή του παγωτού πιο σταθερή (Guinard et al, 1997).

Οι γαλακτωματοποιητές επηρεάζουν το μέγεθος των σταγονιδίων λίπους. Η ικανότητα γαλακτωματοποίησης εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του γαλακτωματοποιητή, όπως το μοριακό βάρος και η αναλογία υδρόφιλων και υδρόφοβων ομάδων (Seo & Oh, 2022).

Οι Wildmoser et al (2004) αναφέρουν πως τα παγωτά αποτελούνται κυρίως από 30% πάγο, 50% αέρα, 5% λιπαρά και 15% ζάχαρη-γλυκόζη. Η ποιότητα του παγωτού εξαρτάται από το μέγεθος των κρυστάλλων πάγου που σχηματίζονται και δίνουν την επιθυμητή υφή. Για να μην παρατηρηθεί το φαινόμενο της ανακρυστάλλωσης χρησιμοποιούνται σταθεροποιητές. Η ανακρυστάλλωση είναι ένα φαινόμενο κατά το οποίο μικροί κρύσταλλοι πάγου τήκονται και συνενώνονται με άλλους και δημιουργούν μεγάλους κρυστάλλους (Kaminska-Dworznicka et al, 2019; Kaminska-Dworznicka, 2016; Regand & Goff, 2003).

2.2.2 Παράμετροι μέτρησης και μέθοδοι ελέγχου

Μέτρηση ποσοστού ολικών στερεών

Η μέτρηση του ποσοστού ολικών στερεών γίνεται σε θερμοζυγό, στον οποίο τοποθετείται σε δίσκο αλουμινίου 9,5cm, 1g μίγματος παγωτού. Η συσκευή μέσω θερμότητας αφαιρεί την υγρασία και υπολογίζει σε ποσοστό επί τις % τα ολικά στερεά του παγωτού. Ο Κώδικας Τροφίμων και Ποτών αναφέρει πως τα παγωτά γάλακτος πρέπει να έχουν τουλάχιστον 6% στερεό υπόλειμμα γάλακτος άνευ λίπους.

Μέτρηση λιπαρών με τη μέθοδο Gerber για παγωτό, γάλα και κρέμα γάλακτος

Η διαδικασία για τη μέτρηση των λιπαρών περιλαμβάνει τους εξής διαλύτες, θειικό οξύ (90-91%), ισοαμλική αλκοόλη (>97%) και απιονισμένο νερό. Γίνεται χρήση βουτυρόμετρων με κλίμακα μέτρησης έως 25%, διαβάθμιση 0,2% και πιστοποιούμενη ακρίβεια $\pm 0,001\%$. Τα βουτυρόμετρα είναι ειδικά υάλινα σκεύη για μέτρηση λιπαρών, στα οποία προσθέτονται 10ml θειικού οξέος, 5ml μίγματος παγωτού, 5ml απιονισμένο νερό και 1ml ισοαμλική αλκοόλη. Αναδεύονται μέχρι να διαλυθούν τα υπόλοιπα συστατικά εκτός από τα λιπαρά και στη συνέχεια τοποθετούνται σε φυγόκεντρο για 5min και 1100 στροφές/λεπτό. Έπειτα, τοποθετούνται σε υδατόλουτρο στους 65°C για 15min και τέλος, υπολογίζεται το ποσοστό των λιπαρών μέσω της κλίμακας που υπάρχει στο βουτυρόμετρο. Η ισοαμλική αλκοόλη διαχωρίζει το μίγμα που έχει δημιουργηθεί σε δύο φάσεις, η πάνω φάση είναι τα λιπαρά και η κάτω τα υπόλοιπα συστατικά του παγωτού που έχουν διαλυθεί σε θειικό οξύ. Η ίδια διαδικασία, με διαφορετικές αναλογίες χρησιμοποιείται και για τον υπολογισμό της περιεκτικότητας σε λιπαρά για το γάλα και την κρέμα γάλακτος. Στις τελευταίες

περιπτώσεις χρησιμοποιούνται βουτυρόμετρο με διαφορετική κλίμακα μέτρησης από αυτή του παγωτού, 6 και 80%, αντίστοιχα.

Μέτρηση pH

Η μέτρηση του pH γίνεται με pH-μετρο μέσω του ηλεκτροδίου του. Το pH μετριέται συνήθως στους 25°C και γι' αυτό η συσκευή περιέχει και αισθητήρα θερμοκρασίας. Είναι πολύ σημαντική μεταβλητή καθώς ρυθμίζει τη σταθερότητα του παγωτού. Γενικά, δεν προτιμάται χαμηλή τιμή pH καθώς επηρεάζει αρνητικά τη γεύση και την υφή. Επίσης, σε υψηλή τιμή pH, η πρωτεΐνη διαλύεται και μπορεί να οδηγήσει σε αποσταθεροποίηση του μίγματος (Abdeldaiem et al, 2023).

Υπολογισμός υπέρβασης

Ζυγίζεται ένα ποτήρι ζέσεως των 100ml σε ζυγό ακριβείας ως *a*. Στη συνέχεια, γεμίζεται με μίγμα παγωτού, δηλαδή το παγωτό πριν την κατάψυξη, έως να γεμίσει και η συνολική μάζα είναι η *b*. Το μίγμα μπαίνει στη κατάψυξη και ζυγίζεται ξανά με μάζα *c*. Η υπέρβαση υπολογίζεται σε ποσοστό μέσω της εξίσωσης (Samakradhamrongthai et al., 2021):

$$\text{Overrun rate(\%)} = (b - c / b - a) \times 100 \quad (3) \text{ ή}$$

$$\text{Overrun rate(\%)} = \frac{\text{volume of ice cream (mL)}}{\text{Volume of ice cream mixture (mL)}} \times 100 \quad (4).$$

Υπολογισμός ρυθμού τήξης

Ζυγίζονται 30gr παγωτού μετά την σκλήρυνση ως μάζα *a*. Στη συνέχεια, αφήνεται το παγωτό να λιώσει και ύστερα ζυγίζεται το λιωμένο παγωτό σε δοχείο ως μάζα *c*. Το δοχείο έχει μάζα *b*. Η διαδικασία γίνεται σε θερμοκρασία 35°C. Ο ρυθμός τήξης υπολογίζεται με την εξίσωση (Perera & Perera, 2021).

$$\text{Melting rate(\%)} = [(b - c)a] \times 100 \quad (5) \text{ ή}$$

$$\text{Melting rate(\%)} = \frac{\text{Weight melted ice cream}}{\text{Initial weight}} \times 100 \quad (6).$$

Μέτρηση ιξώδους

Το ιξώδες του παγωτού μετριέται με ιξωδόμετρο στους 25°C στις 2,5 rpm μετά από 30 δευτερόλεπτα περιστροφής (Hanafi et al., 2022).

Μικροβιολογικός έλεγχος

Κατά την παραγωγή του παγωτού λαμβάνονται δείγματα ανά τακτά χρονικά διαστήματα ανάλογα την ποσότητα παραγωγής. Ο αριθμός των δειγμάτων καθορίζεται από την ποσότητα που θα παραχθεί ανά παρτίδα. Τα δείγματα πρόκειται να αναλυθούν μικροβιολογικά, ώστε να διαπιστωθεί η ασφάλειά των προϊόντων για κατανάλωση. Συγκεκριμένα, γίνεται έλεγχος για Εντεροβακτήρια, Ολική Μεσόφιλη Χλωρίδα (OMX) και Παθογόνα βακτήρια, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp, *Listeria monocytogenes*.

α. Ανάλυση για Εντεροβακτήρια

Το παγωτό υπόκειται σε αυτή την ανάλυση με στόχο την καταμέτρηση αποικιών σε τρυβλία petri. Με τον τρόπο αυτό περιγράφεται η ποσότητα μικροβιακής ανάπτυξης της οικογένειας Enterobacteriaceae σε μονάδες cfu/g τρόφιμου. Ανάμεσα στα βακτήρια της οικογένειας Enterobacteriaceae ανήκει και το γένος της *Salmonella*, το οποίο είναι επικίνδυνο για την υγεία του ανθρώπου. Το πρότυπο που χρησιμοποιείται είναι το ISO 21528-2:2017 και για θρεπτικό υλικό το Violet Red Bile Glucose agar (VRBG), το οποίο περιέχει γλυκόζη, ως κύρια πηγή ενέργειας για την ανάπτυξη των βακτηρίων. Έτσι, μέσω αυτών των αναλύσεων προκύπτουν κάποια αποτελέσματα από τα οποία ο Υπεύθυνος Ποιοτικού Ελέγχου καλείται να πάρει αποφάσεις. Ουσιαστικά, τα Εντεροβακτήρια είναι ένας δείκτης υγιεινής των τροφίμων (Biesta-Peters et al, 2019).

β. Ολική Μεσόφιλη Χλωρίδα (OMX)

Άλλη μία παράμετρος που λειτουργεί ως δείκτης υγιεινής είναι η Ολική Μεσόφιλη Χλωρίδα (OMX). Μέσω αυτής της παραμέτρου φαίνεται το μικροβιακό φορτίο του προϊόντος χωρίς αυτό να σημαίνει απαραίτητα την παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών. Δηλώνει πόσο «καθαρά» έχει πραγματοποιηθεί η διαδικασία παραγωγής, καθώς φαίνεται το μικροβιακό περιβάλλον του προϊόντος, το οποίο προέρχεται από τις πρώτες ύλες και τον εξοπλισμό (Leclercq et al, 2016).

γ. Παθογόνοι μικροοργανισμοί

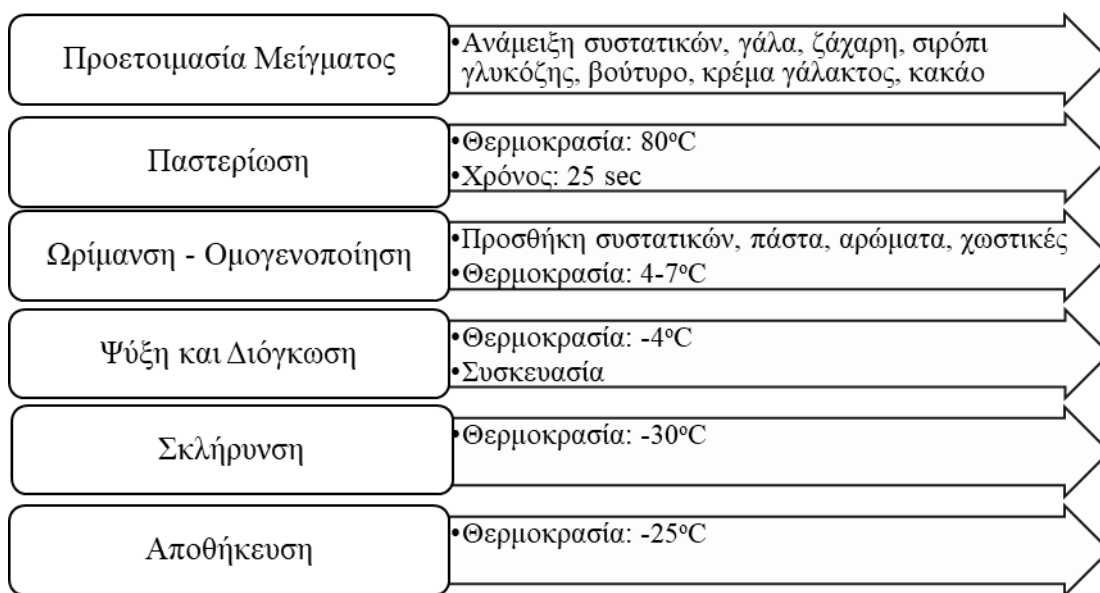
Ο πιο επικίνδυνος μικροοργανισμός που μπορεί να μολύνει το παγωτό είναι η *Salmonella* spp. Η *Salmonella* spp. είναι ένα γένος παθογόνων βακτηρίων με μορφή ράβδου, τα οποία προκαλούν ασθένειες στον άνθρωπο επηρεάζοντας το έντερο και το στομάχι. Η ασθένεια ονομάζεται σαλμονέλλωση και εμφανίζει συμπτώματα όπως, πυρετό, κοιλιακό άλγος και διάρροια. Τα συμπτώματα μπορεί να εμφανιστούν από μία έως τρεις ημέρες μετά τη μόλυνση. Το βασικότερο είδος *Salmonella* είναι το βακτήριο *Salmonella Typhi*, το οποίο απαντάται μόνο στον άνθρωπο και εμφανίζει 10% πιθανότητα θνησιμότητας σε ευπαθείς ομάδες ανθρώπων (Oladapo et al, 2022).

Επίσης, γίνονται έλεγχοι για *Staphylococcus aureus* και *Listeria monocytogenes*, τα οποία μπορούν επίσης να αναπτυχθούν στο παγωτό. Το βακτήριο *Staphylococcus aureus* είναι θετικό κατά Gram, προαιρετικά αναερόβιος μικροοργανισμός και έχει σχήμα σφαίρας. Ενώ βρίσκεται φυσικά στο δέρμα του ανθρώπου αν εισχωρήσει στον οργανισμό μπορεί να προκαλέσει λοίμωξη. Επίσης, μεταδίδεται και από τα τρόφιμα προκαλώντας τροφική δηλητηρίαση (Foster, 2002).

Η *Listeria monocytogenes* είναι επίσης θετικό κατά Gram βακτήριο, προαιρετικά αναερόβιο, το οποίο μπορεί να προκαλέσει ασθένεια στον άνθρωπο. Είναι θετικό στην καταλάση και αρνητικό στην οξειδάση. Επίσης, μπορεί να αναπτυχθεί και σε θερμοκρασίες ψύξης. Μεταδίδεται μέσω τροφών όπως μη παστεριωμένα γαλακτοκομικά και νωπά τρόφιμα. Είναι εξαιρετικά επικίνδυνο για τα έμβρυα καθώς μπορεί να προκαλέσει μηνιγγίτιδα (Orsi et al, 2011).

2.2.3 Παραγωγική διαδικασία

Η παραγωγική διαδικασία αρχίζει με την ανάμειξη των κύριων συστατικών, γάλα, κρέμα γάλακτος, βούτυρο, ζάχαρη, κακάο, γαλακτωματοποιητές και σταθεροποιητές σε ειδικό μηχάνημα. Στη συνέχεια γίνεται η παστερίωση του μίγματος στους 80°C για 25 δευτερόλεπτα. Μετά την παστερίωση το μίγμα του παγωτού αποθηκεύεται σε ειδικές δεξαμενές όπου γίνεται η ομογενοποίηση και η ωρίμανση σε θερμοκρασία ψύξης, στους 4-7°C. Σε αυτό το στάδιο, προστίθενται και άλλα συστατικά όπως η πάστα, οι χρωστικές και τα αρώματα. Στη συνέχεια, το μίγμα περνάει από τα freezer, μηχανήματα που παγώνουν το μίγμα κατάλληλα ώστε να παραχθεί το παγωτό, σε θερμοκρασία ήπιας κατάψυξης και συσκευάζεται σε ειδικούς περιέκτες. Ταυτόχρονα, διοχετεύεται αέρας υπό πίεση ώστε το παγωτό να αποκτήσει τον κατάλληλο όγκο και υφή. Άμεσα το συσκευασμένο πλέον παγωτό αποθηκεύεται σε θαλάμους κατάψυξης για σκλήρυνση όπου παραμένει για μερικές ώρες και τέλος αποθηκεύεται σε άλλους θαλάμους θερμοκρασίας -25°C μέχρι να ξεκινήσει η διανομή (Διάγραμμα 2-1).



Διάγραμμα 2-1 Διάγραμμα ροής της παραγωγικής διαδικασίας παγωτού σε βιομηχανική κλίμακα

2.2.4 Νομοθετικό πλαίσιο που αφορά την επεξεργασία και πώληση παγωτού

Η ευρωπαϊκή και εθνική νομοθεσία περιγράφουν μέσω του Κώδικα Τροφίμων και Ποτών προϋποθέσεις που πρέπει να τηρούνται από τις βιομηχανίες που διαχειρίζονται την

παραγωγή και την εμπορία παγωτού. Σύμφωνα λοιπόν με το Άρθρο 137 του Κώδικα Τροφίμων και Ποτών για τα παγωτά ισχύουν τα παρακάτω:

- Δεν μπορούν να χρησιμοποιούνται μειονεκτικές ή αλλοιωμένες πρώτες ύλες ή πρώτες ύλες ατελούς επεξεργασίας και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του παγωτού πρέπει να είναι άμεμπτα.
- Όλες οι χρησιμοποιούμενες πρώτες ύλες θα πρέπει να συμμορφώνονται ως προς τα μέγιστα επιτρεπτά επίπεδα επιμολυντών που καθαρίζονται από την ισχύουσα σχετική νομοθεσία.
- Κατά την παραγωγή πρέπει να τηρούνται οι συνθήκες και οι κανόνες υγιεινής που καθορίζονται από τη νομοθεσία για την υγιεινή των τροφίμων. Τα παγωτά θα πρέπει να πληρούν τα προβλεπόμενα από τη νομοθεσία μικροβιολογικά κριτήρια.
- Επιτρέπεται η προσθήκη τροφίμων ή συστατικών τροφίμων που προστίθενται για να δώσουν άρωμα, γεύση, υφή και βελτίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών στο παγωτό, όπως καφές, κακάο, σοκολάτα, μέλι, ξηροί καρποί, οινοπνευματώδη ποτά, σαλέπι καθώς και οποιοδήποτε βρώσιμο συστατικό τροφίμων που επιτρέπεται από την ισχύουσα νομοθεσία.
- Επιτρέπεται η χρήση προσθέτων, χρωστικών και γλυκαντικών με τους όρους που αναφέρονται στον κανονισμό (ΕΕ) 1333/2008.
- Επιτρέπεται η χρήση αρωματικών υλών που πληρούν τους όρους της ισχύουσας νομοθεσίας.
- Τα υλικά συσκευασίας των παγωτών πρέπει να πληρούν τους όρους που προβλέπονται στη νομοθεσία για τα υλικά σε επαφή με τρόφιμα.
- Η επισήμανση των παγωτών πρέπει να περιλαμβάνει όλες τις ενδείξεις που προβλέπονται από τις σχετικές διατάξεις της νομοθεσίας.

Πρόσθετα τροφίμων

Τα πρόσθετα τροφίμων χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες ανάλογα με τη χρήση τους, γλυκαντικά, χρωστικές, συντηρητικά, φορείς, οξέα, ρυθμιστές οξύτητας, αντισυσσωματοποιητικοί παράγοντες, αντιαφριστικοί παράγοντες, διογκωτικοί παράγοντες, γαλακτωματοποιητές, γαλακτωματοποιητικά άλατα, σκληρυντικοί παράγοντες, ενισχυτικά γεύσεως, αφριστικοί παράγοντες, πηκτωματογόνοι παράγοντες,

υλικά για γλασάρισμα, υγροσκοπικά μέσα, τροποποιημένα άμυλα, αέρια συσκευασίας, προωστικοί παράγοντες, διογκωτικά αρτοποιίας, συμπλοκοποιητές, σταθεροποιητές, πυκνωτικά μέσα, βελτιωτικά αλεύρων. Σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΕ) 1333/2008 για την χρήση πρόσθετων τροφίμων γενικά στα τρόφιμα ισχύουν τα παρακάτω:

- Τα πρόσθετα τροφίμων δεν πρέπει να θέτουν θέμα ασφαλείας για την υγεία των καταναλωτών, στο προτεινόμενο επίπεδο χρήσης.
- Πρέπει να υφίστανται εύλογη τεχνολογική ανάγκη που δε μπορεί να επιτευχθεί με άλλο οικονομικά και τεχνολογικά εφικτό μέσο.
- Η χρήση του δεν πρέπει να παραπλανά τον καταναλωτή.
- Τα πρόσθετα πρέπει να διατηρούν την διατροφική αξία του τροφίμου.
- Τα πρόσθετα πρέπει να συμβάλουν στην παρασκευή, τη μεταποίηση, την προετοιμασία, την επεξεργασία, τη συσκευασία, τη μεταφορά ή την αποθήκευση τροφίμων υπό την προϋπόθεση ότι το πρόσθετο δε χρησιμοποιείται για την συγκάλυψη των αποτελεσμάτων της χρήσης ελλαττωματικών πρώτων υλών ή ανεπιθύμητων πρακτικών κατά τη διάρκεια κάποιας από τις δραστηριότητες.

Γλυκαντικά

Τα γλυκαντικά που χρησιμοποιούνται ως πρόσθετα πρέπει εκτός από τα παραπάνω να εξυπηρετούν έναν ή περισσότερους από τους ακόλουθους σκοπούς:

- Αντικατάσταση σακχάρων για την παραγωγή τροφίμων με μειωμένη ενεργειακή αξία, τροφίμων που δεν προκαλούν τερηδόνα ή τροφίμων χωρίς προσθήκη σακχάρων.
- Αντικατάσταση σακχάρων όταν αυτό επιτρέπει την αύξηση του χρόνου διατήρησης του τροφίμου.
- Παραγωγή τροφίμων που προορίζονται για ειδικές διατροφικές χρήσεις.

Χρωστικές

Ένα πρόσθετο τροφίμων μπορεί να συμπεριληφθεί στον κατάλογο των πρόσθετων τροφίμων μόνο εάν εξυπηρετεί έναν ή περισσότερους από τους παρακάτω σκοπούς εκτός από τις γενικές οδηγίες για τα πρόσθετα.

- Την αποκατάσταση της αρχικής εμφάνισης τροφίμου του οποίου το χρώμα επηρεάστηκε από τη μεταποίηση, την αποθήκευση, τη συσκευασία και τη διανομή, ώστε να μην είναι πια οπτικά αποδεκτό.
- Την βελτίωση της οπτικής ελκυστικότητας του τροφίμου.
- Την πρόσδοση χρώματος σε τρόφιμα που συνήθως είναι άχρωμα.

Για όλα τα πρόσθετα τροφίμων αναφέρεται το επίπεδο χρήσης, δηλαδή το χαμηλότερο επίπεδο που απαιτείται για την επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος. Τα επίπεδα αυτά πρέπει να συνεκτιμούν την κάθε αποδεκτή ημερήσια πρόσληψη που καθορίζεται για το πρόσθετο και την πιθανή ημερήσια πρόσληψή του από όλες τις πηγές. Υπάρχουν περιπτώσεις που δεν καθορίζεται ανώτερο επίπεδο για τη χρήση ενός πρόσθετου και αυτό αναφέρεται ως quantum satis.

Επισήμανση τροφίμων

Όλα τα τρόφιμα που πρόκειται να διατεθούν προς πώληση στον τελικό καταναλωτή θα πρέπει να επισημαίνονται κατάλληλα με τα παρακάτω στοιχεία [ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) αριθ. 1169/2011]:

- Ονομασία τροφίμου
- Κατάλογος με τα συστατικά
- Συστατικά που μπορεί να προκαλέσουν αλλεργίες ή δυσανεξίες
- Ποσότητα προϊόντος
- Ποσότητα ορισμένων συστατικών
- Συνθήκες αποθήκευσης
- Ένδειξη αναγνώρισης παρτίδας
- Οδηγίες χρήσης, εάν είναι απαραίτητο
- Εμπορική επωνυμία και διεύθυνση του υπεύθυνου επιχείρησης τροφίμων
- Χώρα καταγωγής ή τόπος προέλευσης
- Διατροφική δήλωση

2.3 Σύστημα διαχείρισης ποιότητας

Η Διοίκηση Ολικής Ποιότητας (ΔΟΠ) δεν έχει συγκεκριμένο ορισμό που χρησιμοποιείται αντικειμενικά από όλες τις επιχειρήσεις. Κάθε επιχείρηση εκφράζει την έννοια της ΔΟΠ με διαφορετικό τρόπο ακολουθώντας όμως κοινές αρχές και αξίες γύρω από το κομμάτι της ποιότητας. Για παράδειγμα, οι Ιάπωνες εκφράζουν την Διοίκηση Ολικής Ποιότητας με την έννοια «Στατιστικός έλεγχος ποιότητας». Και οι δύο όροι εκφράζουν την ίδια νοοτροπία στις επιχειρήσεις και χρησιμοποιούνται εξίσου στην παρούσα μελέτη.

Η διασφάλιση ποιότητας στη βιομηχανία έχει κύριο στόχο την αξιολόγηση συμμόρφωσης των παραγόμενων προϊόντων με τις εκάστοτε προδιαγραφές που επιβάλλει το νομικό πλαίσιο, ο πελάτης ή η ίδια η εταιρία. Έτσι, δημιουργήθηκε η ανάγκη για περισσότερο έντονη κατανόηση της διαδικασίας παραγωγής και για άμεση λήψη αποτελεσμάτων. Το σύστημα διαχείρισης ποιότητας περιλαμβάνει πρακτικές για την υποστήριξη και τη βελτίωση της ποιότητας καθώς και της ασφάλειας των παραγόμενων προϊόντων. Ακολουθούνται συγκεκριμένα πρότυπα και κανονισμοί και βάση αυτών αξιολογείται η εταιρία για το βαθμό που συμμορφώνονται τα προϊόντα με τις απαιτήσεις.

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα εφαρμογής τέτοιων προτύπων είναι η εμπιστοσύνη που παρέχεται από τους πελάτες και καταναλωτές καθώς και η διαφάνεια μεταξύ της εταιρίας και των ενδιαφερόμενων μερών όπως οι προμηθευτές, οι ανταγωνιστές και οι κρατικοί φορείς. Άλλο ένα πλεονέκτημα είναι το οικονομικό όφελος της εταιρίας με την εφαρμογή του συστήματος διαχείρισης ποιότητας. Μέσω των διάφορων πρακτικών του συστήματος αυξάνεται η γνώση για διορθωτικές και προληπτικές ενέργειες. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση των ελαττωματικών προϊόντων και την μείωση της οικονομικής απώλειας (Mirtsch et al, 2023).

Δίνεται πολύ μεγάλη βάση στην πρόληψη των προβλημάτων και στη λήψη των απαραίτητων μέτρων για τη μείωση ακόμα και εξάλειψη της εμφάνισής τους. Αυτά τα μέτρα βοηθούν και στο σχεδιασμό των διεργασιών, με την ανάπτυξη σχεδίων δειγματοληψίας, κατάλληλη ανατροφοδότηση πληροφοριών μεταξύ του προσωπικού και συνεχή ενημέρωση της βάσης δεδομένων. Η ποιότητα πρέπει να εφαρμόζεται από τη φάση του σχεδιασμού.

Ένα ικανοποιητικό σύστημα ποιοτικού ελέγχου περιλαμβάνει τον εντοπισμό σφαλμάτων αλλά και την ανατροφοδότηση κατάλληλων μέτρων για μελλοντική πρόληψη. Το δεύτερο

αποτέλεσμα συμβάλει στη μείωση της επιθεώρησης για διόρθωση του συστήματος. Τέλος, η ανατροφοδότηση των πληροφοριών θα πρέπει να γίνεται σε όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη, στη παραγωγή, τη διασφάλιση ποιότητας, το σχεδιασμό, τους χειριστές, τους επόπτες.

Υπάρχουν διεργασίες που οι προδιαγραφές μπορεί να είναι εξαιρετικά απαιτητικές, ενώ άλλες λιγότερο. Για παράδειγμα, στη φαρμακοβιομηχανία η παραγωγή είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη καθώς αναμένεται να είναι ασφαλή τα προϊόντα για τον καταναλωτή. Στη περίπτωση αυτή έχουν δημιουργηθεί αξιόπιστα πρότυπα που ακολουθούνται από κατασκευαστές, εργαστήρια, επιθεωρητές και άλλα ενδιαφερόμενα μέρη. Είναι πολύ σημαντική η συμβολή των προτύπων καθώς έτσι υπάρχει κοινή αντίληψη για τα κατάλληλα ποιοτικά χαρακτηριστικά από όλα τα μέρη της εφοδιαστικής αλυσίδας. Αποτέλεσμα αυτού είναι η αμεσότερη και ευκολότερη επικοινωνία που οδηγεί σε εξοικονόμηση χρόνου και μείωση της περιττής επανάληψης δοκιμών (Sarma et al, 2021).

2.3.1 Σημαντικά ονόματα στον τομέα της Ποιότητας

Οι πιο γνωστοί πρωτοπόροι της Διοίκησης Ολικής Ποιότητας ήταν ο William Edwards Deming, ο Joseph Juran, ο Phillip B. Crosby, ο David Garvin, ο Ιάπωνας καθηγητής Ishikawa, ο Taguchi και άλλοι (Τσαρούχας & Ντέλιου, 2018).

Ο Αμερικάνος Μαθηματικός William Edwards Deming ανέπτυξε θεωρίες περί στατιστικού ελέγχου των διεργασιών, οι οποίες εφαρμόστηκαν αρχικά στις Ιαπωνικές επιχειρήσεις. Μέσω αυτών των θεωριών και τεχνικών έγινε ένα μεγάλο βήμα στη βελτίωση της ποιότητας. Η πιο γνωστή θεωρία του είναι ο «κύκλος του Deming» ή εν συντομία Plan-Do-Check-Act. Ουσιαστικά είναι μια σειρά ενεργειών που είναι απαραίτητη για την βελτίωση μίας διαδικασίας ή ενός προϊόντος. Μέσω αυτής της διαδικασίας ο υπεύθυνος κατανοεί καλύτερα το σύστημα και αυξάνει τις γνώσεις του με σκοπό να πετύχει το στόχο που έχει θεσπίσει. Πιο αναλυτικά, το πρώτο βήμα (Plan) είναι ο προσδιορισμός των στόχων, το δεύτερο βήμα (Do) είναι η εφαρμογή των νέων διαδικασιών όπως σχεδιάστηκαν στο προηγούμενο βήμα, επόμενο βήμα Check, είναι η παρατήρηση και η μέτρηση των αποτελεσμάτων συγκρινόμενα με το επιθυμητό αποτέλεσμα. Σε αυτό το σημείο παρατηρούνται και οι τυχόν αποκλίσεις. Τέλος, το βήμα Act, προσδιορισμός των αιτιών των αποκλίσεων και εύρεση των απαραίτητων λύσεων για βελτίωση της διαδικασίας.

Εννοείται πως ο κύκλος των διαδικασιών αυτών θα πρέπει να επαναλαμβάνεται διαρκώς για να φέρει μακροχρόνια αποτελέσματα στη βελτίωση των διαδικασιών.

Άλλη μία θεωρία που διατύπωσε ο Deming είναι αυτή της «αλυσίδας αντίδρασης», κατά την οποία συνδέει την ποιότητα, την παραγωγικότητα, το μερίδιο αγοράς και την εργασία. Αναφέρει ότι η βελτίωση της ποιότητας συμβάλει στη μείωση του κόστους και τη βελτίωση της παραγωγικότητας. Έτσι, αυξάνεται το μερίδιο αγοράς για την επιχείρηση με αποτέλεσμα να παραμένει στην αγορά και να προσφέρει θέσεις εργασίας. Τέλος, ο Deming ισχυρίζεται πως η κύρια ευθυνότητα για τη βελτίωση της ποιότητας ανήκει κατά 85% στη διοίκηση.

Ο Juran έγινε γνωστός με το Εγχειρίδιο του Ελέγχου Ποιότητας που εξέδωσε το 1951. Οι βασικές αρχές του είναι ο σχεδιασμός, η οργάνωση, η πρόληψη δυσμενών αλλαγών και η ευθύνη της διοίκησης. Επίσης, τρία σημεία που τονίζει είναι ο προγραμματισμός, ο έλεγχος και η βελτίωση της ποιότητας. Όσον αφορά τον προγραμματισμό της ποιότητας, ο Juran θεωρεί πως η ποιότητα δεν προκύπτει τυχαία αλλά βασίζεται σε σωστό προγραμματισμό. Ο έλεγχος της ποιότητας συμβάλει στην εύρεση αδυναμιών του συστήματος και η βελτίωση συμβάλει στην αποφυγή της μακροχρόνιας σπατάλης (Τσαρούχας & Ντέλιου, 2018).

Ο σύμβουλος διοίκησης ολικής ποιότητας Crosby διατύπωσε την έννοια των «μηδέν λαθών». Έγινε γνωστός για της αρχές που πρόσβευε οι οποίες είναι:

- Η ποιότητα είναι η συμμόρφωση στις απαιτήσεις
- Η πρόληψη είναι ο καλύτερος τρόπος να διασφαλίσεις την ποιότητα, όχι η επιθεώρηση
- Ο σκοπός για επίτευξη ποιότητας είναι ο μηδενισμός των ελλειψιακών
- Η μέτρηση της ποιότητας πρέπει να βασίζεται στο κόστος της μη-συμμόρφωσης στις απαιτήσεις του πελάτη, όχι σε δείκτες

Ο Garvin μετέδωσε την άποψη πως για να ρυθμιστεί η ποιότητα πρέπει πρώτα να γίνει κατανοητή. Έτσι, προσδιόρισε τις οκτώ διαστάσεις της ποιότητας που είναι η απόδοση, τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα, η αξιοπιστία, η προσαρμογή, η διάρκεια, η χρησιμότητα, η αισθητική και η αντιληπτή ποιότητα (Τσαρούχας & Ντέλιου, 2018).

Ο καθηγητής Ishikawa έγινε δημοφιλής για τις τεχνικές που εισήγαγε πρώτος στις βιομηχανίες. Οι τεχνικές αυτές βασίζονται στη στατιστική ανάλυση και περιλαμβάνουν τη συλλογή δεδομένων, την παρουσίαση και επίλυση προβλημάτων. Επίσης, χρησιμοποίησε

ιδιαίτερα διαγραμματικές τεχνικές, όπως το διάγραμμα Pareto και το διάγραμμα αιτίου-αποτελέσματος. Εισήγαγε την έννοια του ποιοτικού ελέγχου και τη συνέδεσε με την επιχειρησιακή συμμετοχή από τη διοίκηση μέχρι όλους τους εργαζομένους. Ο Ishikawa θεώρησε πως βασική αρχή της ποιότητας είναι η ικανοποίηση του πελάτη και οι διαδικασίες βελτίωσης πρέπει να στρέφονται προς αυτόν. Τέλος, διαπίστωσε πως τα σχόλια των πελατών εκτός από κριτική προσφέρουν και ευκαιρία για βελτίωση της ποιότητας.

Ο Taguchi επικεντρώνεται στη βελτιστοποίηση του προϊόντος και της διαδικασίας παραγωγής πριν την κατασκευή του, δηλαδή από τη φάση του σχεδιασμού. Είναι ο μόνος που αναφέρει την ποιότητα με την αρνητική σημασία της, με την έννοια της ποιοτικής απώλειας, δηλαδή την απώλεια που μεταδίδεται από το προϊόν στην κοινωνία από την στιγμή τοποθέτησης του προϊόντος στην αγορά. Ως απώλεια εννοούνται οι δαπάνες συντήρησης, οι αστοχίες του εξοπλισμού, οι δαπάνες προς τον πελάτη και άλλα. Έτσι, όταν μειώνεται η απώλεια, αυξάνεται η ποιότητα (Τσαρούχας & Ντέλιου, 2018).

2.3.2 Μεθοδολογία Lean

Η μεθοδολογία Lean αναπτύχθηκε τη δεκαετία του 1930 και εφαρμόστηκε πρώτα από την εταιρία Toyota. Η μέθοδος ασχολείται με την εξάλειψη της σπατάλης (waste), δηλαδή την ανθρώπινη δραστηριότητα που απορροφά πόρους χωρίς να δημιουργεί αξία σε έναν οργανισμό. Περιλαμβάνει ένα σύνολο πρακτικών διοίκησης μίας επιχείρησης και έτσι αποτελεί ένα σύστημα το οποίο μπορεί να εφαρμοστεί σε μία επιχείρηση από τα στελέχη. Επίσης, η Lean είναι μία μεθοδολογία η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά τόσο στην παραγωγική διαδικασία όσο και στην παροχή υπηρεσιών όπως στον τομέα της υγείας. Οι διαδικασίες απλοποιούνται ώστε να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα και η αποδοτικότητα τους, μέσω των μεθόδων Lean. Αναφορικά, είδη σπατάλης είναι χρόνοι αναμονής, περιττές διεργασίες, μετακίνηση σε μεγάλες αποστάσεις, μεγάλα αποθέματα, επιδιόρθωση ελαττωματικών, μεγάλη παραγωγή χωρίς λόγο, περιττές κινήσεις και λάθος άνθρωποι σε λάθος θέσεις. Για να υλοποιηθούν οι μέθοδοι Lean χρησιμοποιούνται διάφορα εργαλεία όπως τα Just-in-time, συμπεριφορές Lean, εξομάλυνση φορτίου, μεθοδολογία ανάπτυξης ποιότητας, διάγραμμα αιτίου-αποτελέσματος, συντήρηση συνολικής παραγωγής και οπτικοί έλεγχοι.

Κύριος σκοπός της μεθοδολογίας Lean είναι να πραγματοποιηθούν σημαντικές αλλαγές με στόχο την εισαγωγή πιο σύγχρονων λειτουργικών και επιχειρησιακών διαδικασιών διατηρώντας το ίδιο κόστος. Ως αποτέλεσμα μπορεί να έχει τη βελτίωση της ποιότητας και την αύξηση της παραγωγικότητας. Οι δύο κύριοι παράγοντες της Lean είναι η ποιότητα και το ανθρώπινο δυναμικό. Οι πρακτικές της Lean συνεισφέρουν και ανταποκρίνονται στις ανάγκες των εργαζομένων. Σαφώς είναι μία έννοια η οποία θα πρέπει να εισέλθει στον οργανισμό σταδιακά και ένας αποτελεσματικός τρόπος είναι η εκπαίδευση και η ενθάρρυνση από τη διοίκηση.

Έρευνες έχουν διαπιστώσει πως τα σημαντικότερα λάθη που γίνονται και εμποδίζουν την σωστή εφαρμογή της μεθοδολογίας Lean είναι κυρίως από διευθυντικά στελέχη. Αυτά μπορεί να είναι η λανθασμένη προσέγγιση του χρόνου, η μη αποτελεσματική διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, η μη εξειδίκευση του εργατικού δυναμικού και τέλος η υιοθέτηση μη μελετημένης στρατηγικής. Έτσι, για την αποτελεσματική εισαγωγή της μεθοδολογίας Lean σε έναν οργανισμό απαιτείται δέσμευση και προτεραιότητα από τη διοίκηση ώστε να την προωθήσει στους εργαζομένους. Επίσης, θα πρέπει να επιλεγούν οι κατάλληλοι δείκτες που να ανταποκρίνονται στις βασικές αξίες της Lean, δηλαδή την επικέντρωση στον πελάτη, την εστίαση στον εργαζόμενο και την οικονομική ανάπτυξη. Παραδείγματα τέτοιων δεικτών είναι η ικανοποίηση του πελάτη μέσω του αριθμού παραπόνων, ο δείκτης ικανοποίησης του προσωπικού και οι δείκτες SPT (Straight Through Processing) και FTR (First Time Right) που συνδέονται με την αποδοτική λειτουργία των τμημάτων της επιχείρησης (Τσαρούχας & Ντέλιου, 2018).

2.3.3 Η μεθοδολογία Six Sigma

Η μεθοδολογία Six Sigma αναπτύχθηκε με στόχο την παραγωγή προϊόντων και υπηρεσιών χωρίς ελαττώματα με στόχο την ικανοποίηση του πελάτη και την αύξηση των κερδών. Στόχος της μεθόδου είναι η αύξηση της απόδοσης σε ποσοστό 99,99997%, μέσω της ελαχιστοποίησης ελαττωματικών προϊόντων και υπηρεσιών. Ο Carl Gauss εισήγαγε την έννοια μίας καμπύλης που αντιπροσωπεύει τη διακύμανση σε μία ελεγχόμενη παραγωγική διαδικασία. Ο Shewhart, το 1920, έδειξε ότι τα τρία σίγμα είναι το σημείο όπου η διαδικασία απαιτεί διόρθωση. Η μέθοδος είναι ιδιαίτερα χρήσιμη καθώς εντοπίζει τα ελαττώματα και τις αστοχίες στην παραγωγή πριν αυτά συμβούν. Απαιτεί την χρήση στατιστικών εργαλείων

για τη βελτίωση της αποδοτικότητας και της αποτελεσματικότητας της οργάνωσης της παραγωγικής διαδικασίας. Το σίγμα είναι η τυπική απόκλιση μίας διαδικασίας και η μεθοδολογία προσφέρει ένα δείκτη της συχνότητας με την οποία τα ελαττωματικά είναι πιθανόν να εμφανιστούν. Όσο μεγαλύτερο είναι το επίπεδο σίγμα, τόσο λιγότερο πιθανή είναι η εμφάνιση ελαττωματικών στη διαδικασία. Ο στόχος 6σ είναι η επίτευξη 3,4 ελαττωμάτων στο εκατομμύριο ευκαιριών (Τσαρούχας & Ντέλιου, 2018).

Ο πιο σημαντικός λόγος για να εφαρμοστεί η μεθοδολογία 6σ είναι η μείωση του κόστους ποιότητας και η αύξηση του κέρδους της επιχείρησης. Μέσω της μεθόδου, αναβαθμίζεται η ποιότητα, αναπτύσσονται οι δεξιότητες των εργαζομένων, γίνεται ταχύτερη η εξυπηρέτηση των πελατών, λύνονται προβλήματα στην παραγωγή και τέλος εξασφαλίζεται η επίτευξη του στρατηγικού σχεδιασμού. Τέλος, τονίζεται πως η μεθοδολογία 6σ εφαρμόζεται τόσο σε νέες διαδικασίες αλλά και σε ήδη υπάρχουσες με στόχο τη βελτίωση τους.

Βασικά εργαλεία της μεθόδου 6σ είναι η μελέτη της αστοχίας και οι επιπτώσεις της και η ανάλυση της λειτουργίας ποιότητας. Επίσης, χρησιμοποιούνται διαγράμματα ροής, ιστογράμματα, διαγράμματα Pareto, διαγράμματα αιτίου-αποτελέσματος. Η φάσεις της μεθοδολογίας 6σ προσεγγίζουν πολύ τον κύκλο του Deming που επιγραμματικά είναι Καθορίζω-Μετρώ-Αναλύω-Βελτιώνω-Ελέγχω (Σχήμα 2-1).



Σχήμα 2-1 Ο κύκλος του Deming στην εφαρμογή της μεθοδολογίας 6σ .

Ο πρώτος σημαντικός παράγοντας που παίζει καθοριστικό ρόλο στην επιτυχία της μεθόδου είναι η συμμετοχή της ανώτατης διοίκησης. Είναι σημαντικό να συμμετέχει στην υλοποίηση της μεθόδου καθώς και να παρέχει την απαραίτητη εκπαίδευση στους

εργαζομένους ώστε να καταρτιστούν όσο το δυνατόν καλύτερα. Επίσης, τα στελέχη των επιχειρήσεων ορίζουν διάφορα προγράμματα τα οποία υλοποιούνται από τους εργαζομένους και πρέπει να είναι όσο πιο εύστοχα γίνεται για να πλησιάσουν το στόχο τους. Εξίσου σημαντική είναι η προσαρμογή της νοοτροπίας *δσ* στη κουλτούρα του οργανισμού και η αναπροσαρμογή της στρατηγικής του βασισμένη στη μεθοδολογία αυτή. Για να πετύχει αυτό, απαιτείται συνεχής επικοινωνία, εκπαίδευση και κίνητρα. Τέλος, βασικό στοιχείο της μεθόδου είναι η ποσοτικοποίηση των απαιτήσεων των πελατών, το οποίο βοηθάει στο να τεθούν περισσότερο ρεαλιστικοί στόχοι που να ανταποκρίνονται στην ικανοποίηση των πελατών (Τσαρούχας & Ντέλιου, 2018).

Συμπερασματικά, τα βασικά μέρη ενός προγράμματος *δσ* που δεν υπήρχαν σε άλλα προγράμματα ποιότητας είναι η σύγκριση των χαρακτηριστικών του προϊόντος με τις απαιτήσεις των πελατών, η λεπτομερής περιγραφή των διαδικασιών με στόχο τη βελτίωσή τους, η απλοποίηση των διεργασιών και η μέτρηση της ποιότητας και της παραγωγικότητας. Η μέτρηση γίνεται με τις παραμέτρους μέση τιμή και τυπική απόκλιση, με τους δείκτες C_p και C_{pk} και τέλος με τα ελαττώματα ανά εκατομμύριο. Άλλες δράσεις για βελτίωση της ποιότητας που εμφανίζονται και σε άλλα προγράμματα ποιότητας εκτός του *δσ* είναι ο σχεδιασμός του προϊόντος, η σύγκριση με το επίπεδο του ανταγωνιστή, ο στατιστικός έλεγχος διεργασίας, η επιλογή και πιστοποίηση προμηθευτών. Επίσης, σαν εργαλεία χρησιμοποιούνται διαγράμματα (Διαγράμματα Ροής, Διάγραμμα Pareto, Ιστογράμματα, Διαγράμματα Αιτίου-Αποτελέσματος) και ο σχεδιασμός πειραμάτων.

2.3.4 Τα πρότυπα της σειράς ISO 9000

Τα πρότυπα της σειράς ISO 9000 είναι διεθνώς αποδεκτοί οδηγοί προκειμένου να παραμένει σταθερή η ποιότητα σε έναν οργανισμό. Η πιστοποίηση δηλώνει παραγωγή προϊόντων με συνέπεια. Η σειρά αποτελείται από το πρότυπο ISO 9001 που περιλαμβάνει το σχεδιασμό, την ανάπτυξη, την παραγωγή, την εγκατάσταση και εξυπηρέτηση. Επίσης, η σειρά αποτελείται από το ISO 9002 το οποίο καθοδηγεί την ανάπτυξη ενός συστήματος διαχείρισης ποιότητας και τέλος το ISO 9003 το οποίο περιλαμβάνει την επιθεώρηση και τον έλεγχο. Το πιο ολοκληρωμένο πρότυπο από τα τρία είναι το ISO 9001 (Holleran et al, 1999).

Τα πρότυπα ISO δημιουργήθηκαν από τον οργανισμό ISO το 1987, με στόχο την χρήση κοινών προτύπων από επιχειρήσεις σε διεθνές επίπεδο. Το πρότυπο ISO 9001 είναι βασικό εργαλείο, με το οποίο μία επιχείρηση μπορεί να εντάξει την Διοίκηση Ολικής Ποιότητας. Μέσω του προτύπου η επιχείρηση μπορεί να καθορίσει ένα ικανοποιητικό σύστημα διοίκησης ποιότητας που να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις των πελατών αλλά και στις προσδοκίες άλλων ενδιαφερόμενων μερών. Γενικά, η πιστοποίηση ενός οργανισμού με το πρότυπο προβλέπει τον συστηματικό έλεγχο των διεργασιών του με σκοπό να διασφαλίσει ότι το προϊόν ή η υπηρεσία που παράγεται ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις του πελάτη. Επίσης, το πρότυπο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί από οποιαδήποτε επιχείρηση ανεξαρτήτως το μέγεθος και τον τομέα που δραστηριοποιείται. Οι κύριοι παράγοντες στους οποίους βασίζεται το πρότυπο είναι η εστίαση στον πελάτη, η ηγεσία, η συμμετοχή του προσωπικού, η διεργασιακή προσέγγιση, η βελτίωση, η λήψη αποφάσεων βάση τεκμηρίων και η διαχείριση των σχέσεων μεταξύ των ενδιαφερόμενων μερών. Σε αυτό το σημείο, να αναφερθεί ότι ως ενδιαφερόμενα μέρη νοούνται οι πελάτες, οι προμηθευτές, οι εργαζόμενοι της επιχείρησης, το κράτος, η κοινωνία και οποιοσδήποτε έχει άμεση ή έμμεση σχέση με τη δραστηριότητα της επιχείρησης.

Πιο αναλυτικά, ο πρωταρχικός στόχος κάθε επιχείρησης που αφορά τη διοίκηση της ποιότητας είναι η ικανοποίηση των αναγκών των πελατών. Επίσης, η ηγεσία είναι πολύ σημαντικός παράγοντας για την επιτυχία ενός οργανισμού, καθώς η ενιαία κατεύθυνση συμβάλει στη σωστή κατανόηση των στόχων από όλους. Το αποτέλεσμα που στοχεύει η επιχείρηση γίνεται πιο εύκολα και αποτελεσματικά όταν το προσωπικό είναι αφοσιωμένο και ενδυναμωμένο. Επιπλέον, είναι εξίσου σημαντική η κατανόηση των διεργασιών και διαδικασιών και η αντιμετώπισή τους ως σύστημα. Η βελτίωση είναι απαραίτητο κομμάτι για την επιτυχία του οργανισμού. Θα βοηθούσε, βέβαια, ο οργανισμός να μπορεί να προσαρμόζεται εύκολα σε αλλαγές του εξωτερικού και του εσωτερικού περιβάλλοντος. Η λήψη αποφάσεων είναι συνετό να γίνεται βασισμένη σε τεκμηριωμένες πληροφορίες οι οποίες λαμβάνονται μετά από ανάλυση δεδομένων. Έτσι, είναι πιθανότερο να ληφθούν αξιόπιστα αποτελέσματα κάτι που θα βοηθήσει να παρθεί η καταλληλότερη απόφαση σε θέματα ποιότητας. Τέλος, η συνεργασία και η διατήρηση σχέσεων για παράδειγμα με τους προμηθευτές μίας επιχείρησης έχει δείξει πως παίζει καθοριστικό ρόλο στην επιτυχία του οργανισμού. Θα πρέπει, μάλιστα, να υπάρχει και κάποιο πλάνο για τη σωστή διαχείριση. Το πρότυπο ISO 9001 αναφέρει έντονα σε πολλές παραγράφους την ανάγκη και την

απαίτηση για στατιστικό έλεγχο διεργασίας. Για παράδειγμα, ο προμηθευτής πρέπει να καθιερώσει κατάλληλες στατιστικές τεχνικές ώστε να αποδεικνύει ότι τα χαρακτηριστικά του προϊόντος είναι αποδεκτά. Επίσης, ο οργανισμός πρέπει να εφαρμόζει παρακολούθηση τέτοια ώστε να επιδεικνύει συμμόρφωση του προϊόντος. Ουσιαστικά, δύο κύρια ερωτήματα που απαντώνται με στατιστικό έλεγχο είναι αν η διεργασία είναι ικανή και αν το σύστημα μπορεί να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις (Τσαρούχας & Ντέλιου, 2018).

2.4 Η σημασία του στατιστικού ελέγχου

Ο στατιστικός έλεγχος στις βιομηχανίες έχει ως βασικό στόχο την αξιολόγηση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων. Με την πάροδο των ετών, η ανάγκη για παρακολούθηση της ποιότητας γίνεται ακόμα πιο έντονη για δύο κύριους λόγους. Ο πρώτος είναι η αύξηση του ανταγωνισμού και η προσπάθεια των εταιριών να διαμορφώσουν καλή φήμη απέναντι στους καταναλωτές και επίσης, υπάρχουν αδιαμφισβήτητα οικονομικοί λόγοι για τους οποίους η εταιρία ενδιαφέρεται να μειώσει ή και να εξαλείψει τη σπατάλη των ελλειψιακών προϊόντων. Έτσι, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι ο κύριος στόχος της εταιρίας είναι η ικανοποίηση του πελάτη.

Τα τελευταία χρόνια έχει διαπιστωθεί η ανάγκη για άμεση ανταπόκριση των αποτελεσμάτων της στατιστικής έρευνας κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας ή ακόμα και πριν την έναρξή της. Δηλαδή, η διασφάλιση ποιότητας απαιτεί πλέον να γνωρίζει ο υπεύθυνος για κάθε προϊόν που παράγεται αν είναι αποδεκτό ή όχι, σύμφωνα με τα εκάστοτε όρια ή προδιαγραφές. Ο Shewhart διαπίστωσε πως η μεγάλη διασπορά σε μία διεργασία είναι αντιοικονομικός παράγοντας και εμποδίζει τη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων ή των υπηρεσιών. Η διασπορά (σ^2) είναι μέτρο της μεταβλητότητας. Στόχος, λοιπόν, του υπεύθυνου ποιότητας είναι η μείωση της μεταβλητότητας (δηλαδή μείωση της διασποράς) σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο βαθμό.

Άλλοι εξίσου σημαντικοί στόχοι του Στατιστικού Ελέγχου Διεργασίας είναι ο έλεγχος για το εάν η διεργασία παραμένει στο στόχο της που εξακριβώνεται με τη μέση τιμή και το εύρος της διεργασίας. Τα στοιχεία αυτά καθώς επίσης και η Ικανότητα Διεργασίας βοηθούν στη λήψη αποφάσεων και την αλλαγή της διεργασίας μετά από ανασκόπηση σε περίπτωση που χρειάζεται.

Για την αξιολόγηση της παραγωγικής διαδικασίας χρησιμοποιούνται ευρύτερα τα εργαλεία ελέγχου. Αυτά μπορεί να είναι διαγράμματα, γραφικές παραστάσεις, πίνακες και άλλα με τα οποία διευκολύνεται η διαχείριση και αξιολόγηση των δεδομένων και πραγματοποιείται η γρήγορη λήψη κάποιας απόφασης. Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος και γι' αυτό ο στατιστικός έλεγχος συνδράμει στον περιορισμό των αποκλίσεων από το επιθυμητό αποτέλεσμα (Jin et al, 2022).

Ο στατιστικός έλεγχος κατά την εισαγωγή του στις βιομηχανίες τη δεκαετία του '90, εμφάνισε κάποια μειονεκτήματα τα οποία εμπόδισαν την άμεση ανταπόκριση από τις επιχειρήσεις. Αρχικά, τα μαθηματικά μοντέλα που παρουσιάζονται προκάλεσαν δισταγμό στον υπεύθυνο να τα χρησιμοποιήσει με αποτέλεσμα να θεωρεί τη διαδικασία στατιστικού ελέγχου δύσκολη και με μακροπρόθεσμα αποτελέσματα. Επίσης, οι σύμβουλοι και τα διευθυντικά στελέχη δεν ήταν ιδιαίτερα εξοικειωμένοι με τις στατιστικές μεθόδους και τέλος, δεν είχε γίνει μέρος της νοοτροπίας των εταιριών η συνεχής βελτίωση και ήταν πιο σημαντική η ικανοποίηση των απαιτήσεων του πελάτη. Έτσι, οι περισσότερες επιχειρήσεις θεωρούσαν περισσότερο χρήσιμο την πιστοποίηση των προτύπων ISO 9000 αλλά επειδή το ζητούσε ο πελάτης και όχι για την βελτίωση της ποιότητας.

Με την πάροδο των ετών, έγινε σαφές πως η χρήση της Στατιστικής στις επιχειρήσεις και βιομηχανίες απαιτεί για την εφαρμογή της έναν πειθαρχημένο οργανισμό με σαφείς υπευθυνότητες και εξασφάλιση των απαραίτητων πόρων. Η πιο απλή εφαρμογή του στατιστικού ελέγχου είναι σε παραγωγική διαδικασία κατά την οποία παράγονται πανομοιότυπα προϊόντα όπως εξαρτήματα, και στόχος είναι η παρατήρηση αποκλίσεων για κάποιο ποιοτικό χαρακτηριστικό. Αυτό μπορεί να είναι το χρώμα, το μέγεθος, το σχήμα. Η μεταβλητότητα μπορεί να προκληθεί είτε από το ίδιο το προϊόν, είτε από εξωτερικούς παράγοντες (Ketelaere et al, 2022). Το πιο κοινό εργαλείο για τον Στατιστικό Έλεγχο είναι τα Διαγράμματα Ελέγχου. Με τον καιρό, εισήχθησαν και άλλα εργαλεία, όλα με παρόμοιο σκοπό με τα διαγράμματα ελέγχου. Δηλαδή, η εξακρίβωση της Ικανότητας Διεργασίας και ο έλεγχος για το αν η διαδικασία είναι υπό στατιστικό έλεγχο ή όχι.

Η μεταβλητότητα είναι μία φυσική κατάσταση που παρουσιάζεται κατά τη διάρκεια μίας διεργασίας. Αυτή η μεταβλητότητα μπορεί να επηρεάσει σε μικρό ή μεγάλο βαθμό την τιμή απόκρισης του χαρακτηριστικού που μελετάται. Η μεταβλητότητα οφείλεται σε κοινά ή ειδικά αίτια. Τα κοινά αίτια είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν τη παραγωγή των προϊόντων αλλά δεν μπορούν να ελεγχθούν ή για να ελεγχθούν χρειάζονται μεγάλες

αλλαγές. Είναι αναπόφευκτα αίτια και δεν γίνεται να μειωθούν καθώς είναι χαρακτηριστικά της διεργασίας. Τα ειδικά αίτια είναι παράγοντες που επηρεάζουν τη παραγωγική διαδικασία και προκαλούν απόκλιση από το επιθυμητό αποτέλεσμα. Ο στατιστικός έλεγχος πραγματοποιείται με στόχο το διαχωρισμό των κοινών και ειδικών αιτιών. Η απομάκρυνση των ειδικών αιτιών από τη διεργασία, μειώνει τη διασπορά στις τιμές του εξεταζόμενου χαρακτηριστικού και κατ' επέκταση αυξάνεται η ποιότητα και μειώνεται το κόστος. Έτσι, η διεργασία επανέρχεται υπό στατιστικό έλεγχο. Παραδείγματα κοινών αιτιών είναι μικρές διαφορές στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των πρώτων υλών, η αδυναμία του εξοπλισμού να λειτουργεί με ακριβώς τον ίδιο τρόπο κάθε φορά, η αδυναμία του προσωπικού να κάνουν την ίδια εκτέλεση, οι μικρές αλλαγές στις συνθήκες του περιβάλλοντος όπως θερμοκρασία και υγρασία. Έτσι, λοιπόν, μία διεργασία κατά την οποία εντοπίζονται μόνο κοινά αίτια λέγεται ότι βρίσκεται υπό στατιστικό έλεγχο. Παραδείγματα ειδικών αιτιών μπορεί να είναι η αλλαγή κάποιας πρώτης ύλης, κάποια αλλαγή στη ρύθμιση του εξοπλισμού, βλάβη στον εξοπλισμό, ανεπαρκής εκπαίδευση του προσωπικού, πολύ διαφορετικές συνθήκες περιβάλλοντος. Μία τέτοια διεργασία, που παρουσιάζει κάποιο ή κάποια ειδικά αίτια λέγεται ότι βρίσκεται εκτός στατιστικού ελέγχου. Είναι πολύ σημαντική η εξουδετέρωση του ειδικού αιτίου και η επαναφορά της διεργασίας στην πρωταρχική κατάσταση, καθώς η μεταβλητότητα που προκαλεί μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρά προβλήματα για το προϊόν. Παρ' όλα αυτά, πρέπει να σημειωθεί ότι δεν υπάρχει βιομηχανική διαδικασία χωρίς καθόλου ειδικά αίτια παρόντα, ούτε ένας μηχανικός μπορεί να είναι βέβαιος πως έχει επιτύχει εξάλειψη όλων των ειδικών αιτιών. Έτσι, ο στόχος είναι κυρίως η εξάλειψη όσο γίνεται της επιρροής τους στη παραγωγή προϊόντων ή υπηρεσιών. Αυτό απαιτεί συχνό έλεγχο και ανασκόπηση της διεργασίας.

Υπάρχουν αρκετά εργαλεία και τεχνικές τα οποία χρησιμοποιούνται στα Συστήματα Διαχείρισης της Ποιότητας και αναφορικά είναι: διάγραμμα ροής, έντυπο συλλογής δεδομένων, καταγισμός ιδεών, διάγραμμα συνάφειας, διάγραμμα αιτίου αποτελέσματος, ιστόγραμμα, διάγραμμα ελέγχου, διάγραμμα διασποράς, διάγραμμα Pareto (Τσαρούχας & Ντέλιου, 2018).

Τα διαγράμματα ελέγχου είναι αποτελεσματικά για την παρακολούθηση των διεργασιών και τον έλεγχο της ποιότητας. Με αυτά τα μέσα ουσιαστικά καταφέρνουμε να ποσοτικοποιήσουμε την ποιότητα και να τη μετρήσουμε με πιο ευανάγνωστους και

κατανοητούς τρόπους. Επίσης, πραγματοποιείται η παρακολούθηση της ροής της διαδικασίας από ένα χρονικό σημείο σε ένα άλλο (Slyngstad, 2021).

Πολλοί ερευνητές αναφέρουν στατιστικές μεθόδους για τη βελτίωση της παραγωγικής διαδικασίας. Παρ' όλα αυτά, δεν χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό από εταιρίες σήμερα. Παρατηρούνται κάποια εμπόδια για τη χρήση τους όπως οι ανεπαρκείς οικονομικοί και τεχνολογικοί πόροι, μειωμένη δέσμευση των ανώτερων στελεχών, έλλειψη στατιστικών γνώσεων του προσωπικού και έλλειψη καθοδήγησης για πειραματισμό.

Τα τελευταία χρόνια, βέβαια, φαίνεται να αυξάνεται η υιοθέτηση στατιστικών πρακτικών περισσότερο στη παραγωγή προϊόντων και λιγότερο στις υπηρεσίες. Όμως, γίνεται όλο και πιο αποδεκτή η συμβολή των μεθόδων αυτών στην επίλυση προβλημάτων. Κύριο χαρακτηριστικό ποιότητας που απαιτείται η μέτρησή του είναι η μεταβλητότητα και αυτό μπορεί να παρουσιαστεί με διαγράμματα διασποράς, ιστογράμματα, διαγράμματα Ishikawa, διαγράμματα Pareto και διαγράμματα ελέγχου. Ο σκοπός της μέτρησης της μεταβλητότητας είναι ο έλεγχος της ικανότητας της διεργασίας να ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές.

Μελέτες προτείνουν συνδυασμό διάφορων μεθόδων για την αξιολόγηση των διεργασιών, για παράδειγμα σχεδιασμό πειραμάτων, στατιστικό έλεγχο διεργασίας (διαγράμματα ελέγχου) και ανάλυση ικανότητας διεργασίας. Το αποτέλεσμα είναι η ταχύτερη εύρεση λύσεων σε προβλήματα που προκύπτουν. Βέβαια έχει αποδειχθεί ότι βέλτιστα αποτελέσματα προκύπτουν με τη συστηματική χρήση των μεθόδων και όχι με μικρή συχνότητα όπως φαίνεται να χρησιμοποιούνται από τις εταιρίες (Lundkvist et al, 2020).

Όσον αφορά την ανάλυση της Ικανότητας Διεργασίας είναι πολύ χρήσιμη για την εξαγωγή προδιαγραφών, την ανασκόπηση διεργασίας, την επιλογή κατάλληλων χρονικών διαστημάτων παρακολούθησης και ελέγχου και τη μείωση της μεταβλητότητας. Η Ικανότητα Διεργασίας είναι ανάλογη της τυπικής απόκλισης, δηλαδή

$$\text{Ικανότητα Διεργασίας} = 6\sigma \quad (7)$$

Όμως, η Ικανότητα Διεργασίας έχει νόημα για διεργασίες που είναι υπό στατιστικό έλεγχο.

Επίσης, υπάρχουν και άλλοι δείκτες εξαιρετικά χρήσιμοι για να διαπιστωθεί αν η διεργασία παραμένει υπό στατιστικό έλεγχο. Οι δείκτες Τρέχουσας Επίδοσης Διεργασίας C_{pk} , C_{pu} , C_{pl} και C_p , όταν έχουν υψηλές τιμές υπάρχουν ισχυρές ενδείξεις ότι η διεργασία βρίσκεται υπό στατιστικό έλεγχο, παρά την μικρή μεταβολή στη μέση τιμή ή την τυπική απόκλιση. Επίσης,

οι υψηλές τιμές των παραπάνω δεικτών δείχνουν με μεγάλη βεβαιότητα ότι η διεργασία βρίσκεται μέσα στις εξωτερικές προδιαγραφές. Οι δείκτες αυτοί χαρακτηρίζουν τη διεργασία μακροχρόνια. Η μακροχρόνια μεταβλητότητα, όμως δε δίνει πληροφορίες για την παραγωγική διεργασία, αλλά μόνο για το προϊόν. Τέλος, οι δείκτες Τρέχουσας Επίδοσης Διεργασίας συνδέουν την Ικανότητα Διεργασίας με τις προδιαγραφές.

Υπάρχουν κάποιες ενδείξεις ότι η διεργασία είναι εκτός στατιστικού ελέγχου, δηλαδή πιθανόν να υπάρχουν ειδικά αίτια που φαίνονται στα διαγράμματα ελέγχου. Κάποια από αυτά τα κριτήρια είναι:

- ένα ή περισσότερα σημεία εκτός των ορίων ελέγχου
- έξι ή περισσότερα συνεχή σημεία με ανοδική ή καθοδική τάση
- επαναλαμβανόμενες μορφές
- επτά ή περισσότερα συνεχή σημεία από την ίδια πλευρά της κεντρικής γραμμής
- δέκα από έντεκα συνεχόμενα σημεία από την ίδια πλευρά της κεντρικής γραμμής
- δύο συνεχή σημεία πολύ κοντά στα όρια ελέγχου
- πολλά σημεία κοντά στα όρια ελέγχου
- όλα σχεδόν τα σημεία κοντά στη κεντρική γραμμή
- οποιοδήποτε μοτίβο που είναι δύσκολο να χαρακτηριστεί τυχαίο

Η στατιστική ανάλυση ελέγχου είναι ένα πρακτικό εργαλείο για όλα τα επίπεδα διοίκησης μιας εταιρίας ή ενός οργανισμού. Για παράδειγμα, σε οργανισμούς υγειονομικής περίθαλψης, η ποιότητα κρίνεται από το πόσο σταθερό είναι το αποτέλεσμα των διεργασιών. Ως δείκτες ποιότητας που κρίνουν τη σταθερότητα μπορεί να είναι ο χρόνος αναμονής ή ο χρόνος παραμονής, χαρακτηριστικά που μπορούν να παρουσιαστούν με χρήση διαγράμματος ελέγχου.

Οφέλη από την εφαρμογή διαγραμμάτων ελέγχου (Slyngstad, 2021).:

- Εύκολα κατανοητά
- Δείχνουν αν μια διεργασία είναι σταθερή ή ασταθής
- Χρησιμοποιούνται απλά στατιστικά μοντέλα
- Προσδιορίζεται η αιτία της αλλαγής της απόδοσης
- Βελτίωση της διεργασίας
- Το προσωπικό αναγνωρίζει τι συμβαίνει στη διεργασία
- Λαμβάνονται αποφάσεις από τη διοίκηση με βάση επιστημονικά δεδομένα

- Μπορεί να γίνει σύγκριση μεταξύ ανταγωνιστικών εταιριών
- Παρέχουν σημαντικές πληροφορίες και γίνεται παρακολούθηση διαδοχικών γεγονότων
- Έγκαιρη ανίχνευση προβλημάτων
- Εργαλείο για την πραγματοποίηση στόχων

Η μέθοδος Taguchi μπορεί επίσης να δώσει επαρκή αποτελέσματα βελτιστοποίησης της διεργασίας με λιγότερες πειραματικές εκτελέσεις και γι' αυτό θεωρείται πιο οικονομική μέθοδος. Η μέθοδος αυτή εμφανίζει αρκετά πλεονεκτήματα. Αρχικά, καθορίζονται οι βασικές λειτουργίες της διεργασίας και οι παράμετροι ελέγχου. Επίσης, χρησιμοποιείται ένας ορθογώνιος πίνακας που καθορίζει τη συμπεριφορά του πειράματος. Εκτιμώνται η επιρροή κάθε παραμέτρου και η μεταξύ τους αλληλεπίδραση στην απόδοση. Τέλος, λαμβάνεται ο καλύτερος συνδυασμός των διάφορων παραμέτρων που οδηγούν στη βελτιστοποίηση της διεργασίας.

Στόχος της μεθόδου είναι η βελτίωση της ποιότητας του παραγόμενου προϊόντος. Βασικός παράγοντας για να επιτευχθεί ο στόχος είναι η συνειδητοποίηση πως η κάθε διεργασία επηρεάζεται από εξωτερικούς παράγοντες που χαρακτηρίζονται ως θόρυβος ή μη ελεγχόμενοι παράμετροι. Έτσι, μέσω της μεθόδου Taguchi καθορίζεται η διαδικασία αναγνώρισης των θορύβων και εκτιμώνται ποιες από τις ελεγχόμενες παραμέτρους δημιουργούν το περισσότερο θόρυβο και επηρεάζουν έτσι την απόδοση της διεργασίας. Αναφορικά, η μέθοδος Taguchi έχει αρκετές προσεγγίσεις όπως ο σχεδιασμός συστήματος, ο σχεδιασμός παραμέτρων και ο σχεδιασμός ανοχής. Κάθε παράμετρος έχει ένα πλήθος επιπέδων που επηρεάζουν λιγότερο ή περισσότερο τη διεργασία. Στόχος είναι να βρεθούν και τα κατάλληλα επίπεδα κάθε παραμέτρου μέσω του πειράματος. Τρεις καταστάσεις αναλύονται με τη μέθοδο Taguchi, «η μεγαλύτερη τιμή είναι η καλύτερη», «η μικρότερη τιμή είναι η καλύτερη» και «η τιμή-στόχος είναι η καλύτερη». Κάθε μία κατάσταση καθορίζεται από μία λογαριθμική σχέση η οποία αναφέρεται στην αναλογία θορύβου της διεργασίας. Αφού συγκριθούν οι μέσες αναλογίες θορύβου των παραμέτρων, αυτή που έχει τη μεγαλύτερη διαφορά μεταξύ των επιπέδων της είναι αυτή που επηρεάζει περισσότερο τη διεργασία και θεωρείται ως βέλτιστη τιμή λειτουργίας της παραμέτρου (Chen et al, 2022).

Η στατιστική μέθοδος Ανάλυσης Διασποράς εκτιμάει τιμές όπως τα Μέσα Τετράγωνα και το Άθροισμα Τετραγώνων που είναι σημαντικές για κάθε παράμετρο. Επίσης, δίνεται η δυνατότητα σύγκρισης μεταξύ ομάδων σε μία διεργασία και τέλος υπολογίζονται οι τιμές

F δίνοντας έτσι τα συμπεράσματα του πειράματος. Η μέθοδος ANOVA βοηθάει να εκτιμηθούν οι παράμετροι που επηρεάζουν περισσότερο το αποτέλεσμα της διεργασίας. Δείχνει επίσης, αν οι παράμετροι της διεργασίας είναι σημαντικοί απορρίπτοντας τη μηδενική υπόθεση. Δίνει πληροφορίες για το πόσο σημαντική είναι η διασπορά της απόδοσης και για τη σχέση μεταξύ των παραμέτρων του πειράματος και της απόδοσης της διεργασίας. Η πρώτη προσέγγιση της ANOVA δείχνει πόσο σημαντική είναι η διακύμανση κάθε παράγοντα συγκριτικά με την ολική διακύμανση. Εδώ, υπολογίζεται η τιμή F αναγνωρίζοντας έτσι το μέγεθος της επίδρασης κάθε παραμέτρου. Η τιμή p δείχνει πόσο σημαντική είναι η παράμετρος (Chen, 2022).

2.4.1 Ιστορική Ανασκόπηση

Η διοίκηση ποιότητας πέρασε από πολλά στάδια για να καταλήξει στο επίπεδο που είναι στις επιχειρήσεις σήμερα. Αρχικά, τον 19^ο αιώνα, μετά την βιομηχανική επανάσταση δεν ενδιαφέρονταν σε μεγάλο βαθμό τα στελέχη για την ποιότητα. Κύριος στόχος τους ήταν η παραγωγή ομοιόμορφων προϊόντων και ο έλεγχος της ποιότητας γινόταν ουσιαστικά οπτικά μέσω των επιθεωρήσεων. Η νοοτροπία αυτή άρχισε να αλλάζει προς τα τέλη του 19^{ου} αιώνα αλλά χωρίς ακόμα την εισαγωγή της στατιστικής επιστήμης στον έλεγχο της ποιότητας. Στην πορεία εισήλθε στη βιομηχανία ο έλεγχος της ποιότητας μέσω δοκιμών και μετρήσεων με στόχο την διαλογή των συμμορφούμενων προϊόντων από τα μη συμμορφούμενα με τις προδιαγραφές. Στις αρχές της δεκαετίας του 1920, ο Shewhart ανέπτυξε τα διαγράμματα ελέγχου, ενώ λίγο αργότερα οι Dodge και Roming ανέπτυξαν τη δειγματοληπτική αποδοχή. Έτσι, σιγά σιγά οι βιομηχανίες ξεκίνησαν να ελέγχουν δειγματοληπτικά τα προϊόντα τους, εισάγοντας έτσι τη στατιστική στον έλεγχο της ποιότητας. Αποτέλεσμα αυτού ήταν η εξοικονόμηση χρόνου και κόστους. Στα μέσα της δεκαετίας του 1940, η Αμερικανική Εταιρία Ποιοτικού Ελέγχου συνέβαλε καθοριστικά στην έκδοση και εφαρμογή τεχνικών βελτίωσης της ποιότητας στις βιομηχανίες. Μέσω των τεχνικών αυτών, γίνεται προσπάθεια να αντιμετωπίζονται οι αποκλίσεις των προϊόντων βάση των προδιαγραφών έτσι ώστε να γίνει πιο αποδοτικός ο έλεγχος.

Η διασφάλιση ποιότητας εισήχθη σαν όρος στις επιχειρήσεις τη δεκαετία του 1950 με στόχο πλέον την ανάλυση των αιτίων που προκαλούν αστοχίες στη παραγωγική διαδικασία. Την ίδια περίοδο αναπτύσσονται τα πρότυπα ποιότητας και τα συστήματα διασφάλισης ποιότητας. Πολύ σύντομα διαπιστώνεται η αποτελεσματικότητα της συστηματικής χρήσης

τεχνικών για την επίλυση προβλημάτων από τους Ιάπωνες, οι οποίοι ήταν ιδιαίτερα ανταγωνιστικοί εκείνη την περίοδο. Το 1987, ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης εκδίδει τη σειρά προτύπων ISO 9000, η οποία έγινε πολύ δημοφιλής σε παγκόσμιο επίπεδο. Εν συντομία, βασικές αρχές της Διασφάλισης Ποιότητας είναι ο καθορισμός της πολιτικής ποιότητας, η δημιουργία αρχείου ποιότητας με την αντίστοιχη τεκμηρίωση, η διασφάλιση της επαγγελματικής επάρκειας του προσωπικού, η εσωτερική επιθεώρηση και η ανασκόπηση του συστήματος από τη διοίκηση (Τσαρούχας & Ντέλιου, 2018).

Από τη δεκαετία του 1980 και έπειτα αυξάνεται σε μεγάλο βαθμό η χρήση στατιστικών μεθόδων για τη βελτίωση της ποιότητας με θετικά αποτελέσματα. Έτσι, καταλήγει η βιομηχανία να χρησιμοποιεί την έννοια της Διοίκησης Ολικής Ποιότητας (ΔΟΠ) η οποία ως βασική αρχή έχει τη συνεχή βελτίωση της ποιότητας. Η ΔΟΠ στοχεύει στην ικανοποίηση του πελάτη και τη συνεχή συμμετοχή όλων των εργαζομένων, καθώς η επιχείρηση πλέον έχει συνεχή στρατηγική και κοινό όραμα μεταξύ του προσωπικού και της διοίκησης.

Οι σκοποί της Διοίκησης Ολικής Ποιότητας είναι:

- Εστιάζει στις ανάγκες και προσδοκίες των πελατών και των εργαζομένων
- Συνεχής συμμετοχή και υποστήριξη της διοίκησης
- Έμφαση στην συνεχή βελτίωση
- Συστηματική συμμετοχή των εργαζομένων
- Λήψη αποφάσεων με αντικειμενικά στοιχεία
- Βελτίωση του κόστους σε σχέση με την ποιότητα
- Αξιοποίηση του ανθρώπινου δυναμικού
- Δεξιότητα για καινοτομίες
- Ευελιξία στις αλλαγές του περιβάλλοντος
- Αξιοποίηση των σύγχρονων τεχνολογιών

Με εφαρμογή των παραπάνω η οργάνωση γίνεται πιο αποτελεσματική, η επιχείρηση πετυχαίνει τους στρατηγικούς της στόχους και την αποστολή της. Ένα σημείο που πρέπει να τονιστεί είναι η σημαντικότητα της συνεχής εκπαίδευσης των εργαζομένων καθώς αποτελεί αποτελεσματικό τρόπο για την ανάπτυξη συγκριτικού πλεονεκτήματος.

2.4.2 Πλεονεκτήματα υιοθέτησης της ΔΟΠ

Σήμερα, ο ανταγωνισμός μεταξύ των επιχειρήσεων είναι τεράστιος και η ποιότητα στα προϊόντα και τις υπηρεσίες είναι εξαιρετικά σημαντική, καθώς προσφέρει στην επιχείρηση δυνατό πλεονέκτημα να αυξάνει την κερδοφορία της. Η «καλή» ποιότητα προσδίδει φήμη στην εταιρία και ο πελάτης συνδέει την ποιότητα αυτή με το όνομα της επιχείρησης. Είναι σημαντικό η εταιρία να έχει καλή εικόνα στο κοινό καθώς τα προϊόντα ή οι υπηρεσίες της μπορούν να διεισδύσουν στην αγορά πιο εύκολα. Έτσι, αφού κερδίζεται η εμπιστοσύνη των πελατών, τα κόστη διαφήμισης λιγοστεύουν. Επιπλέον, η επιχείρηση με γνώμονα την ποιότητά της αποκτά νέους πελάτες και διατηρεί τους παλιότερους καταφέροντας να ικανοποιήσει τις ανάγκες και προσδοκίες τους. Ακόμα, μέσω του ποιοτικού ελέγχου και της διασφάλισης ποιότητας, η επιχείρηση καταφέρνει να μειώσει το κόστος παραγωγής καθώς ελαχιστοποιεί την παραγωγή ελαττωματικών προϊόντων και τους μη απαραίτητους ελέγχους για διόρθωση. Τέλος, οι εργαζόμενοι είναι πιο ικανοποιημένοι και αυτό τους καθιστά περισσότερο αποδοτικούς (Τσαρούχας & Ντέλιου, 2018).

2.4.3 Δυσκολίες στην εφαρμογή της ΔΟΠ

Σε πολλές περιπτώσεις η εφαρμογή της ΔΟΠ δεν έφερε τα επιθυμητά αποτελέσματα. Το γεγονός αυτό βασίζεται σε κάποια εμπόδια που εμφανίστηκαν και τα οποία δυσκόλεψαν την ομαλή εισαγωγή της στις επιχειρήσεις. Αρχικά, η ανεπάρκεια του Διευθυντή σε ηγετικά προσόντα. Ένας Διευθυντής θα πρέπει να διαθέτει προσόντα που τον καθιστούν ικανό ηγέτη. Για παράδειγμα, να έχει όραμα, να είναι πρότυπο για τους εργαζομένους, να ενθαρρύνει την ανάπτυξη καινοτομιών, να διατυπώνει στρατηγικές και άλλα. Επίσης, η περιορισμένη προσέγγιση της έννοιας της ποιότητας από τη διοίκηση και τους εργαζόμενους συντέλεσε στη μη αποτελεσματική εφαρμογή της ΔΟΠ. Είναι σημαντική η πλήρης κατανόηση των στόχων ποιότητας μέσω του προγράμματος ολικής ποιότητας. Ένας άλλος παράγοντας είναι η μη ξεκάθαρη στρατηγική της επιχείρησης. Η επιχείρηση πρέπει να έχει ξεκάθαρη στρατηγική με σαφείς προτεραιότητες, ώστε να μπορέσει να γίνει πραγματικότητα το όραμα και οι στόχοι που έχει θεσπίσει. Επιπλέον, η δυσκολία στην επικοινωνία είναι άλλο ένα εμπόδιο. Θα πρέπει να υπάρχει συστηματική επικοινωνία μεταξύ προσωπικού, πελατών και διοίκησης. Στόχος είναι η συζήτηση των εργασιακών προβλημάτων μεταξύ του προσωπικού και της διοίκησης και οι πελάτες να μπορούν να

επικοινωνούν με τη διοίκηση ώστε να μεταφέρουν αιτήματα και σχόλια. Η ανεπαρκής κινητοποίηση των εργαζομένων δεν συμβάλει στην αποτελεσματική εφαρμογή της ΔΟΠ. Ένας πολύ σημαντικός συντελεστής στην εφαρμογή της ΔΟΠ είναι ο ανθρώπινος παράγοντας. Έτσι, η διοίκηση πρέπει να αναπτύξει το ρόλο των εργαζομένων και να εκμεταλλευτεί τα οφέλη που μπορεί να της προσδίδει, σε συνδυασμό με την συνεχή εκπαίδευση. Τέλος, υπάρχει ακόμα σε πολλές επιχειρήσεις η νοοτροπία της λειτουργίας με βάση το κέρδος και όχι την ποιότητα, και κυρίως το άμεσο κέρδος. Αυτό, όμως, μπορεί μελλοντικά να μην έχει καλή εξέλιξη για την επιχείρηση. Έτσι, θα πρέπει να τίθενται μακροχρόνιοι στόχοι βασισμένοι πάντα στη συνεχή βελτίωση της ποιότητας μέσω εφαρμογής Συστήματος Ολικής Ποιότητας (Τσαρούχας & Ντέλιου, 2018).

2.5 Στατιστική και Φυσικοχημικά δεδομένα

Με στόχο την κατανόηση της συμπεριφοράς των μεταβλητών φυσικοχημικών δεδομένων χρησιμοποιούνται μέθοδοι στατιστικής ανάλυσης. Η στατιστική ανάλυση σε μελέτες με πολλές παραμέτρους βοηθάει να αναγνωριστούν οι περισσότερο σημαντικές παράμετροι, όπως για παράδειγμα η προέλευση των πρώτων υλών. Μία τεχνική είναι η πολυμεταβλητή ανάλυση διακύμανσης (MANOVA) που εφαρμόζεται για τον προσδιορισμό εκείνων των παραμέτρων που είναι σημαντικές για τη διαφοροποίηση δειγμάτων διαφορετικής προέλευσης (Vavoura et al., 2022).

Μέθοδοι όπως περιγραφική στατιστική, γραφικά και ισοτοπικές τεχνικές χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της προέλευσης θρεπτικών ουσιών ή ρύπων σε δείγματα νερού. Ισχυρό εργαλείο είναι οι πολυμεταβλητές στατιστικές τεχνικές. Παραδείγματα αυτών των τεχνικών είναι η ανάλυση κύριων συστατικών (PCA), η ιεραρχική ανάλυση συστάδων (HCA) και η διακριτική ανάλυση (DA) (Obiri et al., 2021). Η τεχνική PCA μειώνει τη διάσταση ενός συνόλου δεδομένων που περιλαμβάνει πολυάριθμες αλληλένδετες μεταβλητές διατηρώντας τη μεταβλητότητα. Για να συμβεί αυτό, το σύνολο των δεδομένων μετατρέπεται σε ένα νέο σύνολο μη συσχετισμένων μεταβλητών, το οποίο είναι οργανωμένο με αυξανόμενη σειρά σπουδαιότητας και αναφέρεται ως τα κύρια στοιχεία. Η ανάλυση παραγόντων και κύριου στοιχείου μπορεί να εφαρμοστεί με επιτυχία για την αξιολόγηση της ποιότητας δειγμάτων βάσει των συστατικών που περιέχουν. Από την ανάλυση αυτή μπορεί να εντοπιστεί η κύρια

πηγή της διακύμανσης των φυσικοχημικών παραμέτρων. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης μπορούν να φανούν πολύτιμα στη λήψη αποφάσεων για την επιλογή προληπτικών ενεργειών στη δημιουργία νέων προϊόντων (Obiri et al., 2021).

Η τεχνική PCA χρησιμοποιείται προκειμένου να εξαχθούν τα πιο σημαντικά συστατικά και να μειωθούν τα δεδομένα με τη μικρότερη απώλεια πληροφοριών (Athamena et al., 2023). Οι χημειομετρικές τεχνικές χρησιμοποιούνται για να απλοποιηθούν και να οργανωθούν μεγάλα σύνολα δεδομένων, με στόχο να παρέχεται ουσιαστικό αποτέλεσμα. Η PCA είναι μία τεχνική που μειώνει τις αρχικές εισροές μεταβλητών δεδομένων σε μικρό αριθμό κύριων στοιχείων για ευκολότερη ερμηνεία των δεδομένων. Με την ανάλυση ομάδων μπορεί κάποιος να κατηγοριοποιήσει τεράστιες ποσότητες δεδομένων σε ομάδες με βάση ένα καθορισμένο σύνολο χαρακτηριστικών. Για τον προσδιορισμό των ομάδων, η ανάλυση συνδυάζει πολλές πολυμεταβλητές προσεγγίσεις (Devkota, 2021). Ο κύριος στόχος είναι να εντοπιστούν οι ομοιότητες και οι διαφορές μεταξύ των δεδομένων, ώστε να δημιουργηθούν ομοιογενείς ομάδες (Wai et al., 2010).

Η πολυμεταβλητή στατιστική ανάλυση είναι μία μέθοδος ολοκληρωμένης ανάλυσης που μπορεί να αναλύσει πολλά αντικείμενα και δείκτες υπό την προϋπόθεση ότι είναι αλληλένδετα. Αυτά τα εργαλεία βοηθούν στην απλοποίηση και την οργάνωση μεγάλων συνόλων δεδομένων καθώς και την ερμηνεία των σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών. Χρησιμοποιούνται για την ανάλυση, η ανάλυση διακύμανσης (ANOVA), η δοκιμή Tukey και η δοκιμή Fisher. Η PCA εφαρμόζεται στα πειραματικά δεδομένα για τον εντοπισμό των διαφορών μεταξύ των παραμέτρων (Lemessa et al., 2023). Η μέθοδος PCA όταν χρησιμοποιείται σε μία μελέτη κατά την οποία επεξεργάζονται πολλοί δείκτες έχει στόχο να μειώσει τον πλήθος των δεικτών. Αυτό συμβαίνει δημιουργώντας ομάδες νέων συνολικών δεικτών που δε σχετίζονται μεταξύ τους, οι οποίοι θα αντικαταστήσουν τους αρχικούς δείκτες. Οι πληροφορίες κάθε ομάδας εκφράζονται ως διακύμανση (Braga et al., 2022).

Οι τεχνικές παλινδρόμησης είναι χρήσιμες για την πρόβλεψη αποτελέσματος σε κάποια μελέτη, για τον εντοπισμό προτύπων και τη λήψη αποφάσεων με ελάχιστη ανθρώπινη παρέμβαση. Επίσης, η γραμμική ανάλυση διάκρισης είναι μία στατιστική μεθοδολογία, η οποία επιτρέπει με έναν γραμμικό συνδυασμό των μεταβλητών, να προσδιοριστεί η ομάδα που ανήκει κάθε μεταβλητή (Arciniegas-Ortega et al., 2022).

Η Ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) περιλαμβάνει μια εξαρτημένη μεταβλητή για κάθε φυσικοχημική παράμετρο και κάποιες ανεξάρτητες μεταβλητές. Η μηδενική υπόθεση καθορίζει ότι ο μέσος όρος κάθε φυσικοχημικής παραμέτρου είναι ο ίδιος σε κάθε ανεξάρτητη μεταβλητή και η εναλλακτική υπόθεση υποδεικνύει ότι τουλάχιστον ένα ζεύγος μέσων τιμών είναι διαφορετικό. Τα κριτήρια στατιστικής απόφασης βασίζονται σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ($\alpha = 0,05$). Έτσι, εάν η τιμή p είναι μικρότερη ή ίση με 0,05, η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται και συμπεραίνεται ότι η επίδραση της ανεξάρτητης μεταβλητής είναι σημαντική σε σχέση με το μέσο όρο της εξαρτημένης μεταβλητής. Διαφορετικά, εάν η τιμή p είναι μεγαλύτερη από 0,05, τότε τα διαθέσιμα δεδομένα δεν παρέχουν αρκετές πληροφορίες για να συμπεράνουμε ότι η ανεξάρτητη μεταβλητή είναι σημαντική σε σχέση με κάποια διακύμανση της εξαρτημένης μεταβλητής. Το επίπεδο μεταβλητότητας των διαφορετικών ομάδων, δηλαδή η τυπική απόκλιση καθορίζει ότι η λειτουργία τους είναι διαφορετική, παρουσιάζοντας τη φυσική συμπεριφορά αυτών των μεταβλητών.

Τα παραγοντικά πειράματα εμφανίζουν πολλά πλεονέκτημα. Κύριος λόγος είναι πως είναι δυνατή η αποτίμηση της αλληλεπίδρασης μεταξύ δύο ή περισσότερων παραγόντων. Έτσι, γίνεται περισσότερο αξιόπιστη η ερμηνεία της μέσης απόκρισης. Επιπλέον, με τη χρήση αυτών των πειραμάτων γίνεται αξιοποίηση όλων των παρατηρήσεων των μεταβλητών, δηλαδή, κάθε παρατήρηση δίνει πληροφορίες για όλους τους παράγοντες του πειράματος. Τέλος, τα συμπεράσματα που εξάγονται αντιπροσωπεύουν ένα μεγάλο εύρος πειραματικών συνθηκών (Bodyfelt et al., 1988; Booth & Mudryk, 1985).

2.6 Διάφορες Πρακτικές

Οι νέες τάσεις στο παγωτό επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες. Αρχικά, το τμήμα Marketing που μελετάει την αγορά προτείνει νέες ιδέες. Επίσης, οι προμηθευτές των εταιριών παραγωγής παγωτού ενημερώνουν για νέες πρώτες ύλες όπως πάστες, αρώματα και άλλα προϊόντα. Τέλος, οι νέες διατροφικές τάσεις επηρεάζουν τον σχεδιασμό νέων προϊόντων, όπως τα vegan τρόφιμα, προϊόντα χωρίς λακτόζη ή χωρίς γλουτένη. Έτσι, με τα νέα δεδομένα απαιτείται να αλλάξουν αλλαγές στη συνταγή ή τον τρόπο παραγωγής. Στη συνέχεια, περιγράφονται διάφορες πρακτικές που έχουν πραγματοποιηθεί από ειδικούς στο παγωτό και παρουσιάζονται οι συνέπειες που εμφανίζονται κατά την αλληλεπίδραση των συστατικών.

2.6.1 Αντικατάσταση της ζάχαρης με άλλο γλυκαντικό, τη στέβια

Ένα εξαιρετικά επικίνδυνο φαινόμενο που παρατηρείτε τα τελευταία χρόνια είναι η ραγδαία αύξηση του ποσοστού των ατόμων που πάσχουν από διαβήτη. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας το ποσοστό των ατόμων που πάσχουν από διαβήτη αυξήθηκε κατά 3% από το 2000 έως το 2019. Επίσης, περίπου 1,5 εκατ. είναι οι θάνατοι που αποδίδονται στο διαβήτη το 2019 (WHO, 2023). Είναι μεγάλη η ανάγκη για μείωση αλλά και αντικατάσταση της ζάχαρης με άλλα γλυκαντικά τα οποία προσφέρουν λιγότερες θερμίδες στον ανθρώπινο οργανισμό. Με στόχο τη μείωση των ανησυχητικά αυξανόμενων ποσοστών, οι βιομηχανίες τροφίμων αναζητούν εναλλακτικές λύσεις για τα προϊόντα τους. Έτσι, και η βιομηχανία παγωτού προσπαθεί να εξασφαλίσει την προσφορά υγιεινών προϊόντων στο καταναλωτικό κοινό.

Η ζάχαρη ή αλλιώς σακχαρόζη παίζει πολύ σημαντικό ρόλο εκτός από τη γεύση, στη δομή του παγωτού, σε συνδυασμό με τους παγοκρυστάλλους, τη διόγκωση και τα σωματίδια λίπους. Επίσης, επηρεάζει την υφή, το ιξώδες και το σημείο πήξης. Όμως, ένα από τα μειονέκτημα της ζάχαρης ως γλυκαντικό είναι πως έχει υψηλό γλυκαιμικό δείκτη. Ένα γλυκαντικό το οποίο χρησιμοποιείται ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια για αντικατάσταση της ζάχαρης είναι η στέβια. Είναι ένα φυσικό γλυκαντικό το οποίο θεωρείται περισσότερο γλυκό από τη ζάχαρη και παρέχει πολύ λιγότερες θερμίδες (Ahmed et al, 2023).

Οι Ahmed et al. (2023) έδειξαν πως το παγωτό στο οποίο έχει αντικατασταθεί η ζάχαρη με στέβια παρουσιάζει διαφορετικές φυσικοχημικές ιδιότητες. Για παράδειγμα, το παγωτό με στέβια έχει μικρότερο ποσοστό σε ολικά στερεά σε σχέση με το παγωτό με ζάχαρη. Επίσης, έχει μεγαλύτερο ποσοστό πρωτεΐνης, ενώ η περιεκτικότητα σε λιπαρά είναι μικρότερη. Πολύ μεγάλη μείωση παρατηρήθηκε στο ποσοστό τέφρας. Συμπερασματικά, το παγωτό με στέβια ως γλυκαντική ύλη εμφάνισε αύξηση στο ποσοστό πρωτεΐνης, αλλά μείωση στα ποσοστά ολικών στερεών, τέφρας και λιπαρών.

Το ιξώδες επηρεάζεται από τα λιπαρά, τις πρωτεΐνες, τους σταθεροποιητές, τους διογκωτικούς παράγοντες. Η μελέτη έδειξε πως το παγωτό με στέβια είχε το μεγαλύτερο ιξώδες. Από το συντελεστή συσχέτισης φαίνεται πως υπάρχει σημαντικά θετική συσχέτιση μεταξύ ιξώδους και περιεκτικότητας σε λιπαρά. Ίσως αυτό το αποτέλεσμα οφείλεται στις ίνες που περιέχει το εκχύλισμα από το φυτό στέβια. Επίσης, το παγωτό με στέβια φαίνεται να διατηρεί το σημείο πήξης, το οποίο σχετίζεται θετικά με τα ολικά στερεά, τα λιπαρά, τη

τέφρα και την περιεκτικότητα σε γλυκόζη, φρουκτόζη και σουκρόζη. Η αντικατάσταση των γλυκαντικών φαίνεται να επηρεάζει το σημείο πήξης. Ωστόσο, θεωρείται πως όταν αυξάνεται η πρωτεΐνη, μειώνεται το σημείο πήξης καθώς αυτή αντικαθιστά το νερό.

Θετική αλληλεπίδραση παρατηρήθηκε στα ποσοστά ολικών στερεών με τα λιπαρά, τη τέφρα, το σημείο πήξης, τη περιεκτικότητα σε γλυκόζη, φρουκτόζη, γαλακτόζη, σακχαρόζη και λακτόζη. Αρνητική αλληλεπίδραση παρατηρήθηκε μεταξύ των ολικών στερεών με τις πρωτεΐνες, το ιξώδες και τα αερόβια μεσόφιλα βακτήρια.

Όσον αφορά τη σκληρότητα του παγωτού, έχει διαπιστωθεί πως επηρεάζεται από την περιεκτικότητα σε ολικά στερεά, το σημείο τήξης, και το είδος των σταθεροποιητών. Επίσης, η ποιότητα και το είδος των συστατικών επηρεάζουν τα σημεία τήξης και πήξης του παγωτού. Οι Muse και Hartel (2004) διαπιστώνουν πως το μέγεθος των κρυστάλλων, η αποσταθεροποίηση του λίπους, ο όγκος του πάγου και οι ιδιότητες συνοχής του μείγματος είναι κάποιοι παράγοντες που επηρεάζουν το βαθμό σκληρότητας του παγωτού. Τέλος, στην παρούσα μελέτη διαπιστώθηκε πως η στέβια μείωσε τη σκληρότητα του παγωτού.

Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά καθορίζονται από τη γεύση, την υφή, το χρώμα και την εμφάνιση του παγωτού. Ο οργανοληπτικός έλεγχος στα δείγματα παγωτού έδειξε πως το παγωτό με στέβια έχει υψηλές τιμές στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και μπορεί να είναι εξίσου ανταγωνιστικό με παγωτά που περιέχουν ζάχαρη.

Συμπερασματικά, η μελέτη δείχνει πως η επιλογή και η μορφολογία των συστατικών είναι κρίσιμες για την παραγωγή του παγωτού. Έτσι, η αντικατάσταση της ζάχαρης με στέβια επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την δομή του. Βέβαια, είναι εξαιρετικά αποδεκτή λύση για παραγωγή παγωτού που μπορούν να καταναλώσουν άτομα που πάσχουν από Σακχαρώδη Διαβήτη.

2.6.2 Αντικατάσταση λιπαρών γάλακτος με σκόνη καλαμποκιού

Το καλαμπόκι είναι ένα δημητριακό, το οποίο χρησιμοποιείται σε πολλές παρασκευές ως συστατικό σε τρόφιμα, στη ζαχαροπλαστική, σε ζωοτροφές, στη φαρμακευτική βιομηχανία και σε βιομηχανικά υλικά. Επίσης, από το καλαμπόκι παράγεται αλεύρο, λάδι, αιθανόλη, άμυλο και ζάχαρη. Χρησιμοποιείται για την παραγωγή σνακ δημητριακών και στην παραγωγή κρέατος. Η δομή του αποτελείται περίπου από 72% άμυλο, 10% πρωτεΐνη και 4% λιπαρά (Ranum et al., 2014). Πλεονέκτημα της σύστασής του είναι η αντιοξειδωτική

ικανότητα, η οποία ενισχύει την ποιότητα των προϊόντων στα οποία περιλαμβάνεται και αυξάνει τη διάρκεια ζωής τους (Cammerer & Kroh, 2009). Από τη μελέτη των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των προϊόντων μπορεί να ελέγχεται ο βαθμός ψησίματος του καλαμποκιού, ώστε να επιδιώκεται καλύτερη ποιότητα. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμική επεξεργασία των προϊόντων είναι τα συστατικά και το περιβάλλον.

Η παραγωγή του παγωτού απαιτεί κατά προσέγγιση 80% γαλακτοκομικά προϊόντα και κάτω από 10% λιπαρά μη γαλακτοκομικών προϊόντων. Συγκρίνονται δύο μέθοδοι ψησίματος στο καλαμπόκι που πραγματοποιείται πριν την άλεση του. Η πρώτη μέθοδος είναι ψήσιμο των σπόρων καλαμποκιού σε θερμοκρασία 240°C, για 40 min σε φούρνο με ζεστό αέρα. Η δεύτερη μέθοδος είναι ψήσιμο σε εξωτερική σχάρα στους 240 °C για 15min. Στη συνέχεια φτιάχτηκαν δύο είδη παγωτού ακολουθώντας την ίδια συνταγή με τη διαφορά πως το ένα περιείχε σκόνη καλαμποκιού ψημένο σε φούρνο και το άλλο σκόνη καλαμποκιού ψημένο στη σχάρα. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως το πρώτο είδος παγωτού είχε χαμηλότερο ποσοστό υγρασίας. Χαρακτηριστικά όπως, τα λιπαρά, η πρωτεΐνη, η τέφρα, οι φυτικές ίνες και οι υδατάνθρακες ήταν υψηλότερα σε ποσοστό στο πρώτο είδος παγωτού. Επίσης, το πρώτο είδος παγωτού είχε μεγαλύτερο ποσοστό σε αντιοξειδωτική δράση. Τέλος, με την αύξηση της θερμοκρασίας κατά το ψήσιμο αυξήθηκε το ποσοστό σε φαινολικές ενώσεις και στα δύο είδη (Abdeldaiem et al., 2023).

Με τη μέτρηση των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών φάνηκε πως το παγωτό χωρίς σκόνη καλαμποκιού (Control) εμφάνισε χαμηλότερο ειδικό βάρος και βάρος, και υψηλότερη τιμή σημείου πήξης από τα άλλα δείγματα με τα δύο είδη επεξεργασίας της σκόνης καλαμποκιού. Αποδεικνύεται στατιστικά σημαντική η αύξηση του ειδικού βάρους και του βάρους στα δείγματα με σκόνη καλαμποκιού καθώς και η μείωση του σημείου πήξης. Αναλυτικά, τα δείγματα παγωτού δεύτερου είδους είχαν υψηλότερες τιμές ειδικού βάρους, βάρους και pH από τα δείγματα παγωτού πρώτου είδους. Όμως, το σημείο πήξης παρατηρήθηκε υψηλότερο στα δείγματα παγωτού πρώτου είδους. Όσον αφορά το pH, παρατηρήθηκε μείωση με την προσθήκη της σκόνης καλαμποκιού (Abdeldaiem et al., 2023).

Μέχρι εδώ οι μετρήσεις αφορούν το μίγμα του παγωτού και στη συνέχεια οι ίδιες μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν και μετά την παραγωγή του παγωτού. Διαπιστώθηκε πως αυξάνοντας την περιεκτικότητα σε σκόνη καλαμποκιού στα παγωτά πρώτου είδους, το ειδικό βάρος και το βάρος μειώνονται στατιστικά σημαντικά. Όμως, στα δείγματα παγωτού δεύτερου είδους,

τα ίδια χαρακτηριστικά παρουσίασαν αύξηση με την αύξηση της συγκέντρωσης σκόνης καλαμποκιού στη συνταγή. Το γεγονός αυτό εξηγείται με την μεγαλύτερη ικανότητα της ψημένης σκόνης καλαμποκιού στη σχάρα να δεσμεύει νερό και έτσι αυξάνεται το ιξώδες του μείγματος.

Τα δείγματα παγωτού πρώτου και δεύτερου είδους με μεγαλύτερο ποσοστό σκόνης καλαμποκιού συγκρίθηκαν για το χρόνο κατάψυξης. Διαπιστώθηκε πως το παγωτό πρώτου είδους είχε το μεγαλύτερο χρόνο. Τα δείγματα παγωτού δεύτερου είδους είχαν υψηλότερες τιμές ιξώδους και συντελεστή συνοχής από τα δείγματα παγωτού πρώτου είδους. Η υψηλή θερμοκρασία προκάλεσε αλλαγή στις ιδιότητες του αμύλου και έτσι συμπεραίνεται ότι το ιξώδες σχετίζεται με την αύξηση των κόκκων αμύλου (ιδιότητα διόγκωσης).

Το καλαμπόκι περιέχει σε σημαντικές ποσότητες φλαβονοειδή, καροτενοειδή, ανθοκυανίνες, καθώς επίσης έχει αυξημένη αντιοξειδωτική ικανότητα. Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει διότι το δείγμα Control που δεν περιείχε σκόνη καλαμποκιού εμφάνισε τη χαμηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα. Επίσης, όσο αυξανόταν η περιεκτικότητα σε σκόνη καλαμποκιού τόσο αυξήθηκε και η αντιοξειδωτική ικανότητα. Τα δείγματα παγωτού πρώτου είδους εμφάνισαν υψηλότερη περιεκτικότητα στα παραπάνω χαρακτηριστικά συγκριτικά με τα δείγματα παγωτού δεύτερου είδους. Το γεγονός αυτό προκύπτει από τη διαφορετική θερμική επεξεργασία που υπέστη το καλαμπόκι πριν την άλεση. Οι Youn και Chung (2012) ισχυρίστηκαν πως η αύξηση θερμοκρασίας και χρόνου ψησίματος οδηγούν σε αύξηση της περιεκτικότητας σε ουσίες όπως φλαβονοειδή, καροτενοειδή και ανθοκυανίνες. Αυτό εξηγείται από την αύξηση των παραγόμενων προϊόντων της αντίδρασης Maillard κατά τη διάρκεια του ψησίματος. Από την άλλη πλευρά, μελέτες εκτιμούν πως η αποθήκευση των προϊόντων αυτών σε διάστημα μεγαλύτερο των 30 ημερών, μειώνει την περιεκτικότητα σε φλαβονοειδή, καροτενοειδή και ανθοκυανίνες καθώς και την αντιοξειδωτική δράση (Singh et al., 2014). Τα τρόφιμα περιέχουν διάφορα βιοδραστικά συστατικά στα οποία οφείλεται η αντιοξειδωτική δράση, τα οποία με την πάροδο του χρόνου αποικοδομούνται.

Στη συνέχεια ερευνάται κατά πόσο επηρεάστηκε το σημείο τήξης του παγωτού. Γενικά, επηρεάζεται από τους κρυστάλλους πάγου, τον όγκο του αέρα και τα σφαιρίδια λίπους που σχηματίστηκαν κατά την κατάψυξη. Στη συγκεκριμένη μελέτη αποδεικνύεται ότι στα δείγματα που περιείχαν σκόνη καλαμποκιού μειώθηκε ο ρυθμός τήξης σε σχέση με το δείγμα Control, και όσο αυξανόταν η περιεκτικότητα σε σκόνη καλαμποκιού. Το

αποτέλεσμα αυτό οφείλεται στην ιδιότητα του αμύλου του καλαμποκιού να δεσμεύει νερό. Επίσης, είναι γνωστό πως τα λιπαρά γάλακτος και τα φυτικά λιπαρά μειώνουν τη μεταφορά θερμότητας με αποτέλεσμα να μειώνεται ο ρυθμός τήξης όταν αυξάνεται η περιεκτικότητα σε λιπαρά. Επίσης, σταθεροποιούν τις φυσαλίδες αέρα με αποτέλεσμα να μειώνεται το σημείο τήξης.

Τέλος, όσον αφορά τον οργανοληπτικό έλεγχο, το παγωτό πρώτου είδους σημείωσε υψηλότερη βαθμολογία από το παγωτό δεύτερου είδους, Ίσως αυτό οφείλεται πως αυτή η διαδικασία ψησίματος του καλαμποκιού οδήγησε σε πιο επιθυμητό χρώμα και γεύση. Όσον αφορά την υφή δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο ειδών. Βέβαια όλα τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά μειώνονται σε βαθμολογία με την πάροδο του χρόνου αποθήκευσης.

Συμπερασματικά, η μελέτη δείχνει πως θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σκόνη καλαμποκιού για να αντικαταστήσει τα λιπαρά γάλακτος στο παγωτό, αλλά σε συγκεκριμένες αναλογίες. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν πως η ψημένη σκόνη καλαμποκιού εμφάνισε σημαντικές αλλαγές στο τελικό προϊόν που αφορούν φυσικοχημικά και ρεολογικά χαρακτηριστικά, την αντιοξειδωτική ικανότητα και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Νέες έρευνες απαιτούνται για την χρήση ψημένης σκόνης καλαμποκιού ως υποκατάστατο λιπαρών σε άλλα γαλακτοκομικά προϊόντα.

2.6.3 Λωτός- Νέα γεύση παγωτού

Η καινοτομία είναι σημαντικό στοιχείο στη δημιουργία ενός νέου προϊόντος. Οι βιομηχανίες αναζητούν συνεχώς νέες γεύσεις παγωτού, νέες πρώτες ύλες, με στόχο την αύξηση του ανταγωνισμού και την ικανοποίηση των καταναλωτών. Τα φρούτα ως συστατικό είναι ένας τρόπος για μια νέα γεύση καθώς δίνουν γλυκιά γεύση και χαρακτηριστικό άρωμα στο παγωτό. Συγκεκριμένα, ο λωτός είναι ένα φρούτο υψηλής θρεπτικής αξίας καθώς θεωρείται καλή πηγή αντιοξειδωτικών, καροτενοειδών και πολυφαινόλων (George & Redpath, 2008). Η παραγωγή του είναι μεγάλη σε χώρες όπως η Κίνα, η Ιαπωνία, η Κορέα και η Τουρκία, με την Κίνα να κατέχει την πρώτη θέση σε παραγωγή ετησίως. Τέλος, έχει διαπιστωθεί η ευεργετική δράση του λωτού στην υγεία του ανθρώπου.

Μελέτη έδειξε πως η εισαγωγή πουρέ λωτού στο παγωτό βελτίωσε τα διατροφικά και φυσικοχημικά χαρακτηριστικά καθώς και την υφή του παγωτού. Βέβαια, με την αύξηση της περιεκτικότητας του πουρέ λωτού, παρατηρείται μείωση της περιεκτικότητας σε λίπος, πρωτεΐνη και τέφρα στο τελικό προϊόν. Αυτό αιτιολογείται καθώς ο πουρές λωτού εκτιμάται ότι περιέχει περίπου 80% νερό. Επίσης, το pH επηρεάστηκε με την προσθήκη πουρέ λωτού στο παγωτό, χωρίς όμως να χαρακτηρίζεται από αύξουσα ή φθίνουσα πορεία. Με την αύξηση της συγκέντρωσης του πουρέ λωτού, μειώθηκε στατιστικά σημαντικά η τιμή του ιξώδους στο τελικό προϊόν. Και εδώ επηρεάζει η μεγαλύτερη περιεκτικότητα νερού στα δείγματα με υψηλότερο ποσοστό σε πουρέ λωτού. Με την ανάλυση του χρώματος, φαίνεται πως μειώνεται η φωτεινότητά του με την αύξηση της συγκέντρωσης του πουρέ λωτού. Τέλος, παρατηρείται στατιστικά σημαντική μείωση στο ρυθμό τήξης με την προσθήκη πουρέ λωτού και αύξηση του χρόνου τήξης. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην αυξημένη περιεκτικότητα του λωτού σε φυτικές ίνες, οι οποίες έχουν την ικανότητα να απορροφούν νερό καθυστερώντας έτσι το λιώσιμο του παγωτού.

Ανάλυση στην περιεκτικότητα σακχάρων που έγινε στα εμπλουτισμένα με πουρέ λωτού δείγματα παγωτού, έδειξε πως καθώς αυξάνεται το ποσοστό του πουρέ λωτού, αυξάνεται και το ποσοστό γλυκόζης και φρουκτόζης στο τελικό προϊόν. Βέβαια, αυτό διαφοροποιείται ανάλογα με την ποικιλία, τις κλιματικές αλλαγές και την ωριμότητα του λωτού. Αντιθέτως, τα ποσοστά σακχαρόζης και λακτόζης μειώθηκαν με την αύξηση της περιεκτικότητας πουρέ λωτού στα δείγματα. Η συγκέντρωση του ενζύμου ιμπερτάση που υπάρχει στο λωτό αυξάνεται με την αύξηση της περιεκτικότητας πουρέ λωτού στο παγωτό. Το ένζυμο αυτό διασπάει την σακχαρόζη και έτσι παρατηρείται η μείωση του ποσοστού της με την αύξηση του ποσοστού πουρέ λωτού. Έτσι, εξηγείται και η αύξηση του ποσοστού γλυκόζης και φρουκτόζης, παράγωγα της διάσπασης. Τέλος, αναφέρεται ότι η συγκέντρωση ιμπερτάσης αυξάνεται με την ωρίμανση του καρπού (Hirai et al., 1986, Zheng & Sugiura, 1990).

Το μαγνήσιο (Mg) και το ασβέστιο (Ca) μειώθηκαν σε συγκέντρωση ενώ το κάλιο (K) αυξήθηκε με την παρουσία πουρέ λωτού στα δείγματα. Οι διαφορές αυτές που παρατηρήθηκαν ήταν στατιστικά σημαντικές ($p < 0.05$). Το φαινόμενο αυτό ίσως οφείλεται στην αρχική συγκέντρωση αυτών των μετάλλων στο φρούτο. Επίσης, στατιστικά σημαντική είναι η αύξηση των φαινολικών ουσιών στο παγωτό με την προσθήκη πουρέ λωτού σε μεγαλύτερη αναλογία. Στη συνέχεια, υπολογίστηκε η σκληρότητα του παγωτού και διαπιστώθηκε πως η συγκέντρωση του πουρέ λωτού επηρεάζει τη σκληρότητα του

παγωτού, καθώς οι διαφορές μεταξύ των δειγμάτων είναι στατιστικά σημαντικές. Η σκληρότητα μειώνεται με την αύξηση της περιεκτικότητας σε πουργέ λωτού στα δείγματα. Συμπερασματικά, η παρουσία πουργέ λωτού προσδίδει θρεπτική αξία και βελτιώνει τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του παγωτού.

2.6.4 Αντικατάσταση ορού γάλακτος με ορό άλλων γαλακτοκομικών προϊόντων

Οι Meneses et al (2020) μελέτησαν τη χρήση ορού από τυρί και βούτυρο ως υποκατάστατο του γάλακτος. Στόχος ήταν η δημιουργία νέου παγωτού με χαμηλά λιπαρά σε αντίθεση με τα λιπαρά του γάλακτος που επηρεάζουν τα επίπεδα χοληστερόλης (FAO, 2013, Agrawal, 2016). Βέβαια, η αντικατάσταση αυτή φέρνει αλλαγές στα φυσικοχημικά δεδομένα του παγωτού, στη σύνθεσή του, σε θρεπτικά συστατικά και στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, το χρώμα, την υφή, τη γεύση.

Τα αποτελέσματα έδειξαν πως ο ορός τυριού ή βουτύρου αυξάνει τη συγκέντρωση υγρασίας και έτσι μειώνεται η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, λιπαρά, υδατάνθρακες και τέφρα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της ενέργειας που προσφέρει το τελικό προϊόν. Επίσης, με αύξηση του ποσοστού ορού από τυρί ή βούτυρο μειώθηκε το pH. Δεν σημειώθηκε μεγάλη διαφορά στην αλλαγή του σημείου τήξης του παγωτού. Ίσως παρατηρήθηκε μία μικρή μείωση με την αύξηση της συγκέντρωσης του ορού από τυρί (Guinard et al., 1997). Όσον αφορά τη σκληρότητα του παγωτού, παρατηρείται μεγαλύτερη αύξηση στο παγωτό εμπλουτισμένο με ορό τυριού σε σχέση με το παγωτό εμπλουτισμένο με ορό βουτύρου. Αυτό εξηγείται γιατί στο τελευταίο δείγμα παρατηρείται μικρότερη συγκέντρωση λιπαρών. Η μείωση σε λιπαρά αυξάνει το σχηματισμό κρυστάλλων πάγου με αποτέλεσμα το παγωτό να γίνεται πιο σκληρό. Τέλος, οι τιμές σκληρότητας που έδωσαν τα δείγματα παγωτού με τους διάφορους ορούς ήταν αποδεκτές συγκριτικά με τις τιμές των παγωτών που είναι γνωστό ότι προτιμούν οι καταναλωτές (Lu et al., 2002; WHO, 2003).

2.6.5 Η λειτουργία των σταθεροποιητών στο παγωτό

Ο κύριος σταθεροποιητής που χρησιμοποιείται στην παραγωγή παγωτού είναι η καραγενάνη, ένας πολυσακχαρίτης και πρόσθετο τροφίμων. Η κάπα και γιώτα καραγενάνη χρησιμοποιούνται ευρέως στην παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων καθώς έχουν την

ικανότητα να σχηματίζουν ισχυρούς δεσμούς με τις πρωτεΐνες των τροφίμων αυτών (Necas & Bartosikova, 2013).

Η πυκνότητα είναι ένας παράγοντας που χαρακτηρίζει τη σύνθεση και την κρεμώδη υφή του παγωτού. Δεν είναι επιθυμητή η αύξηση της πυκνότητας καθώς μπορεί να επηρεάσει αρνητικά το τελικό προϊόν αυξάνοντας τη σκληρότητα. Προσθέτοντας κάπα ή γιώτα καραγενάνη σε συνδυασμό με κόμμι χαρουπιού και κόμμι γκουάρ, δυο επιπλέον σταθεροποιητές, αυξάνεται η πυκνότητα σε σχέση με το δείγμα παγωτού που δεν περιείχε πρόσθετα. Το γεγονός αυτό αναφέρεται μετά από ανάλυση ANOVA ως στατιστικά σημαντική αλλαγή στη πυκνότητα του τελικού προϊόντος.

Υπολογίστηκε το ιξώδες των μειγμάτων παγωτού, το οποίο καθορίζει και τη συνοχή του κάθε δείγματος. Ο συντελεστής συνοχής βρέθηκε μεγαλύτερος (0,9999) στο δείγμα χωρίς σταθεροποιητές και μικρότερος στο δείγμα εμπλουτισμένο με γιώτα καραγενάνη (0,9996). Επιπλέον, μέσω της ανάλυσης ANOVA αποδεικνύεται πως η διαφορά στο pH των δειγμάτων δεν είναι στατιστικά σημαντική.

Οι Muse και Hartel (2004) αναφέρουν πως οι σταθεροποιητές παράλληλα με άλλους παράγοντες, όπως η οξύτητα, το μέγεθος και ο αριθμός σφαιριδίων λίπους και κρυστάλλων πάγου, επηρεάζουν το σημείο τήξης του παγωτού. Στη διαδικασία τήξης έχουν σημαντικό ρόλο και οι πρωτεΐνες ορού γάλακτος. Το μικρότερο χρόνο τήξης είχε το δείγμα παγωτού με γιώτα καραγενάνη ως σταθεροποιητή. Το δείγμα χωρίς σταθεροποιητές είχε το μεγαλύτερο χρόνο τήξης. Έτσι, διαπιστώνεται πως η προσθήκη σταθεροποιητών επηρεάζει αρνητικά τη διαδικασία τήξης.

Η διάμετρος των κρυστάλλων πάγου βρέθηκε μεγαλύτερη στο δείγμα χωρίς σταθεροποιητές και η μικρότερη στο δείγμα με μίγμα σταθεροποιητών με γιώτα καραγενάνη. Το ίδιο αποτέλεσμα παρατηρείται και με ανάλυση των δειγμάτων μετά από αποθήκευση τριών μηνών, όπου και βρέθηκαν ακόμα μικρότερες τιμές σε μέγεθος και διάμετρο των κρυστάλλων πάγου. Να αναφερθεί ότι η αύξηση πρωτεΐνης ορού γάλακτος θα μπορούσε να επηρεάσει την δομή των κρυστάλλων, καθώς έτσι σχηματίζονται μικρότεροι κρύσταλλοι πάγου με αποτέλεσμα την καλύτερη διασπορά φυσαλίδων αέρα (El-Zeini et al., 2016; Chun et al., 2012). Συμπέρασμα της μελέτης είναι πως το σχήμα των κρυστάλλων πάγου επηρεάζεται αποκλειστικά από το είδος των σταθεροποιητών, ενώ η διάμετρός τους και από τη σύνθεση του παγωτού.

2.6.6 Αντικατάσταση λιπαρών γάλακτος με ινουλίνη

Οι Akbari et al. (2016) μελέτησαν την αντικατάσταση των λιπαρών γάλακτος με ινουλίνη στο παγωτό ως προς τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος. Η ινουλίνη είναι ένας υδατάνθρακας ο οποίος βρίσκεται κυρίως φυσικά στα φυτά και αποτελείται από μόρια φρουκτόζης και γλυκόζης. Επίσης, έχει την ικανότητα να δεσμεύει μόρια νερού και να σχηματίζει ένα δίκτυο το οποίο δίνει στο παγωτό την επιθυμητή υφή. Κατασκευάστηκαν δείγματα παγωτού με διαφορετικό ποσοστό σε ινουλίνη. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν πως το pH και η οξύτητα των δειγμάτων δεν διαφέρουν σημαντικά πολύ με το παγωτό που δεν περιείχε καθόλου ινουλίνη. Η μείωση των λιπαρών παράλληλα με την αύξηση της ινουλίνης αύξησε σημαντικά την πυκνότητα του παγωτού. Επίσης, η ινουλίνη έχει μεγαλύτερη πυκνότητα σε σχέση με το νερό. Έτσι, αιτιολογείται η μεγαλύτερη πυκνότητα στα δείγματα με ινουλίνη. Γενικά, η πυκνότητα εξαρτάται και από τα συστατικά που περιέχει το παγωτό, για παράδειγμα παγωτό με περιεκτικότητα σε λιπαρά 10% έχει πυκνότητα από 1,05 με 1,12 g ml⁻¹ (Goff & Hartel, 2013). Τέλος, όσο αυξάνεται το ποσοστό της ινουλίνης στα δείγματα μειώνεται και η σκληρότητα του παγωτού.

Ένας παράγοντας που επηρεάζει το ρυθμό τήξης του παγωτού είναι η ικανότητα της θερμότητας να διεισδύει σε αυτό. Τα λιπαρά του γάλακτος και τα φυτικά λιπαρά εμποδίζουν τη διείσδυση της θερμότητας. Έτσι, παγωτό με αυξημένη περιεκτικότητα σε λιπαρά έχει χαμηλότερο ρυθμό τήξης. Επίσης, τα συσσωματώματα λίπους σταθεροποιούν τις φυσαλίδες αέρα στο παγωτό μειώνοντας το ρυθμό τήξης. Στη μελέτη αυτή τα δείγματα παγωτού με ινουλίνη είχαν μεγαλύτερο ρυθμό τήξης από το δείγμα χωρίς ινουλίνη, γεγονός το οποίο οφείλεται στη μείωση της περιεκτικότητας λιπαρών ουσιών. Τέλος, ο οργανοληπτικός έλεγχος δεν έδειξε σημαντική διαφορά των δειγμάτων με ινουλίνη από το παγωτό χωρίς ινουλίνη, όσον αφορά την εμφάνιση και την υφή. Η γεύση είχε καλύτερα αποτελέσματα στα δείγματα με μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ινουλίνη σε σχέση με το δείγμα χωρίς ινουλίνη ή σε μικρό ποσοστό. Πιθανόν, σε αυτά τα δείγματα να αυξήθηκε ο αριθμός κρυστάλλων πάγου, γεγονός που επηρεάζει αρνητικά τη γεύση του παγωτού. Η μελέτη των Akin et al. (2007) επιβεβαιώνει πως η παρουσία ινουλίνης δεν επηρεάζει τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του παγωτού.

2.6.7 Χρήση του ενζύμου λιπάση στην παραγωγή παγωτού με κραμβέλαιο

Η λειτουργία παραγωγής παγωτού βασίζεται στις διαδικασίες διασποράς και κρυστάλλωσης σταγονιδίων λίπους και φυσαλίδων αέρα. Δηλαδή, τα σταγονίδια λίπους και αέρα διασπείρονται στην υγρή φάση του παγωτού, πριν την κατάψυξη και στη συνέχεια δημιουργούνται οι κρύσταλλοι πάγου (Goff, 1997 & 2008). Οι κρύσταλλοι λίπους ασκούν πιέσεις στα γειτονικά σταγονίδια, τα οποία γίνονται πιο άκαμπτα με αποτέλεσμα να δημιουργείται ένα ημι-στερεό δίκτυο με την κατάλληλη υφή (Fredrick et al., 2010; Petrut et al., 2016). Η παρουσία κρυστάλλων εξασφαλίζεται με την χρήση στα συστατικά λίπος βουτύρου, καρύδας, φοίνικα, τα οποία έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε κορεσμένα λιπαρά οξέα. Υπάρχουν δύο τρόποι για να προκύψει η επιθυμητή αναλογία στερεού-υγρού. Ο πρώτος είναι η ρύθμιση της σύνθεσης του λίπους των εγγενών λιπαρών οξέων και ο άλλος είναι η ανάμειξη σκληρών λιπαρών με υγρά έλαια απευθείας στο υδάτινο περιβάλλον (Goff & Hartel, 2013; Liu et al., 2021). Τέλος, για να ελεγχθεί πλήρως η τελική υφή προστίθενται γαλακτωματοποιητές. Να αναφερθεί πως τα κορεσμένα ελεύθερα λιπαρά οξέα με μακριά αλυσίδα όπως το παλμιτικό και το στεατικό οξύ προάγουν την κρυστάλλωση σε αντίθεση με τα ακόρεστα λιπαρά οξέα όπως το ελαϊκό οξύ που την εμποδίζουν.

Τα τελευταία χρόνια οι καταναλωτές επιθυμούν όλο και περισσότερο πιο υγιεινά προϊόντα με περιορισμό στη χρήση κορεσμένων λιπαρών (Osborn, 2015; Asioli et al. 2017; Roman et al., 2017). Έτσι, στη παραγωγή του παγωτού αναζητούνται λύσεις για μείωσή τους σε μεγάλο βαθμό. Μία τεχνική που προτείνεται είναι η χρήση λιπασών, δηλαδή ενζύμων που διασπούν το λίπος. Για παράδειγμα, έγινε χρήση λιπασών σε παγωτό με κραμβέλαιο, και δημιουργήθηκαν ελεύθερα λιπαρά οξέα με σημαντική ικανότητα αφρισμού και δημιουργίας δομής γαλακτώματος (Sofian-Seng et al., 2017).

Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν πως μπορεί να μειωθεί η περιεκτικότητα σε τριγλυκερίδια, δηλαδή περίπου το 98% μετατράπηκε σε ελεύθερα λιπαρά οξέα, μονό- και διγλυκερίδια λιπαρών οξέων, λόγω της λιπόλυσης. Η κρυστάλλωση στο κραμβέλαιο το οποίο περιέχει τριγλυκερίδια παρατηρήθηκε στους -55°C ενώ στο κραμβέλαιο που είχαν δράσει λιπάσες παρατηρήθηκε στους -10°C . Γενικά, όσα περισσότερα ελεύθερα λιπαρά οξέα υπάρχουν τόσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία κρυστάλλωσης. Επίσης, παρατηρήθηκε η θερμοκρασία τήξης και διαπιστώθηκε πως το κραμβέλαιο έχει θερμοκρασία τήξης στους -18°C , ενώ το επεξεργασμένο με λιπάσες κραμβέλαιο στους $0-7^{\circ}\text{C}$. Αυτό οφείλεται στην παρουσία ελεύθερων λιπαρών οξέων, μονό- και διγλυκερίδια

λιπαρών οξέων. Επίσης, παρατηρήθηκε ότι όσο περισσότερη ώρα (0-24 h) γίνεται η λιπόλυση του κραμβέλαιου, τόσο περισσότερο αυξάνεται η θερμοκρασία κρυστάλλωσης του ελαίου που παράγεται.

Μετρήθηκε η σκληρότητα του παγωτού, το οποίο φτιάχτηκε με τροποποιημένο κραμβέλαιο και συγκρίθηκε με τη σκληρότητα του παγωτού με κραμβέλαιο χωρίς επεξεργασία. Στη δεύτερη περίπτωση παρατηρήθηκε χαμηλότερη σκληρότητα. Σύμφωνα με τα παραπάνω, το έλαιο αυτό δημιουργεί κρυστάλλους λίπους νωρίτερα και λιώνει αργότερα από μη τροποποιημένα λίπη. Υπολογίστηκε πως υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ της παρουσίας ελεύθερων λιπαρών οξέων κατά την κρυστάλλωση και την τήξη του παγωτού με την σκληρότητά του. Αυτό, εξηγεί και το αποτέλεσμα όπου το παγωτό με τροποποιημένο κραμβέλαιο είχε περισσότερο χρόνο τήξης σε σχέση με το παγωτό που είχε φτιαχτεί με κραμβέλαιο. Έτσι, προκύπτει το συμπέρασμα πως η κρυστάλλωση του ελαίου επηρεάζει την συμπεριφορά του παγωτού. Συμβάλει στη διασπορά του λίπους, στη σταθερότητα του παγωτού και στην τελική υφή. Τέλος, η πρακτική αυτή μπορεί να δώσει προϊόντα υψηλότερης θρεπτικής αξίας.

2.6.8 Εμπλουτισμός του παγωτού με προβιοτικά βακτήρια

Η επόμενη πρακτική αφορά την προσθήκη προβιοτικών βακτηρίων σε τρόφιμα μέσω ζύμωσης, με σκοπό τη δημιουργία λειτουργικών τροφίμων. Ένα σύννηδες είδος βακτηρίων που χρησιμοποιείται είναι το *Lactobacillus*. Είναι σημαντική η ικανότητά του να επιβιώνει στην επεξεργασία των τροφίμων, στις συνθήκες αποθήκευσης και στις συνθήκες του ανθρώπινου πεπτικού συστήματος (Ventura & Perozzi, 2011). Επίσης, άλλη μία σημαντική ικανότητα είναι η ενσωμάτωση ιόντων μετάλλων στη δομή τους, όπως του ψευδάργυρου (Mrnčić et al., 2012).

Οι Pankiewicz et al. (2019) αναφέρουν πως το παγωτό είναι καλός φορέας προβιοτικών βακτηρίων στον ανθρώπινο οργανισμό λόγω του χαμηλού pH. Το μειονέκτημα είναι οι συνθήκες αποθήκευσης του παγωτού, οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν βλάβη στα βακτηριακά κύτταρα, λόγω της μείωσης του αερισμού και της κρυστάλλωσης της λακτόζης (Da Silva et al., 2015).

Η σκληρότητα του παγωτού μετريέται ως η μεγαλύτερη δύναμη που ασκείται σε αισθητήρα ώστε να φτάσει σε 50% βάθος του δείγματος. Το αντίθετο είναι το ιξώδες, δηλαδή η αρνητική δύναμη που ασκείται κατά την απόσυρση του αισθητήρα από το δείγμα.

Το pH του παγωτού κυμαίνεται από 4,5 με 6,3 κατά την παραγωγή. Το παγωτό με προβιοτικά βακτήρια εμπλουτισμένα με ιόντα ψευδαργύρου δεν έχει στατιστικά σημαντική διαφορά στο pH κατά την αποθήκευση, όμως φαίνεται να μειώθηκε στα δείγματα που ήταν εμπλουτισμένα με προβιοτικά βακτήρια. Έρευνα δείχνει πως παγωτό με χαμηλότερο pH (4,0-4,5) δεν προτιμάται από τους καταναλωτές στον ίδιο βαθμό (Cruz et al., 2009). Επίσης, παρατηρήθηκε αύξηση στη περιεκτικότητα ξηράς ουσίας κατά την αποθήκευση του παγωτού μετά από 90 ημέρες. Η ανεπαρκής ποσότητα ξηράς ουσίας μπορεί να οδηγήσει σε δημιουργία ανεπιθύμητων κρυστάλλων πάγου, κάτι το οποίο αντιμετωπίζεται με τη χρήση σταθεροποιητών. Οι σταθεροποιητές απορροφούν νερό και έτσι αυξάνεται το ιξώδες του μείγματος (Adapa et al., 2000). Οι Goraya και Bajwa (2018) έδειξαν επίσης αύξηση στη περιεκτικότητα ξηρής ύλης μετά από αποθήκευση παγωτού 60 ημερών.

Ο χρόνος αποθήκευσης επηρεάζει πολύ την τήξη του παγωτού, αυξάνοντας τον ολικό χρόνο τήξης. Οι συγγραφείς BahramParvar et al. (2013) παρατήρησαν καθυστέρηση στην τήξη μετά τους πρώτους τρεις μήνες αποθήκευσης, καθώς και οι Soukoulis et al. (2008) παρατήρησαν την αρχή της τήξης μετά από 1472 s σε παγωτό που περιείχε κόμμι ξανθάνης.

Η σκληρότητα του παγωτού περιγράφεται ως η αντίσταση στην παραμόρφωση (McGhee et al., 2015). Επίσης, η αποθήκευση του παγωτού επηρεάζει την υφή του. Ο συντελεστής συσχέτισης Pearson μεταξύ σκληρότητας και χρόνου αποθήκευσης ήταν 0,9797, δείχνοντας ισχυρή θετική συσχέτιση. Οι BahramParvar et al. (2013) και McGhee et al. (2015) ανέφεραν πως αυξήθηκε η σκληρότητα του παγωτού με προσθήκη κ-καραγενάνης και τον παρατεταμένο χρόνο αποθήκευσης.

Η αποθήκευση δεν έχει σημαντική επίδραση στο ιξώδες του παγωτού. Θετική συσχέτιση προέκυψε μεταξύ του pH και της σκληρότητας όπως και μεταξύ του ιξώδους και της περιεκτικότητας σε ξηρή ύλη. Γενικά, η αποθήκευση επηρεάζει τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του παγωτού. Το παγωτό που υπέστη ζύμωση με προβιοτικά βακτήρια είχε μεγαλύτερες αλλαγές στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά. Το αποτέλεσμα της μελέτης ήταν πως μπορεί να παραχθεί παγωτό εμπλουτισμένο με ιόντα ψευδαργύρου μετά από επαρκής αποθήκευση 90 ημερών.

2.6.9 Προσθήκη ελαίου καμέλιας στο παγωτό

Μετά τη γεύση και την ποιότητα του παγωτού, η ανάπτυξη διατροφικών παγωτών θα γίνει η τάση του παγωτού στο μέλλον (Cruz et al, 2009). Εκτός από τα γνωστά έλαια που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή τροφίμων, όπως το φοινικέλαιο, το ελαιόλαδο, το καρυδέλαιο, υπάρχει το λάδι καμέλιας, το οποίο θεωρείται υψηλής θρεπτικής αξίας καθώς περιέχει ακόρεστα λιπαρά οξέα και φυσικά αντιοξειδωτικά όπως σκουαλένιο, φυτοστερόλες, πολυφαινόλες και λιποδιαλυτές βιταμίνες. Αυτά τα συστατικά μειώνουν τα τριγλυκερίδια και την χοληστερόλη και ρυθμίζουν τη γλυκόζη στο αίμα κάνοντας το τρόφιμο ιδιαίτερα θρεπτικό για τον ανθρώπινο οργανισμό. Το έλαιο αυτό χρησιμοποιείται στην βιομηχανία τροφίμων με στόχο την αντικατάσταση λιπαρών ζωικής προέλευσης.

Η ωρίμανση του παγωτού αποτρέπει την καθίζηση λίπους και νερού στο μείγμα. Επίσης, με την αύξηση του χρόνου ωρίμανσης έχει παρατηρηθεί πως αυξάνεται και το ιξώδες. Παρ' όλα αυτά, όταν το ιξώδες είναι πολύ μεγάλο, το παγωτό θα συσσωματωθεί κατά τη διάρκεια της διαδικασίας κατάψυξης, με αποτέλεσμα τη μείωση του ρυθμού υπέρβασης του παγωτού. Έχει διαπιστωθεί ότι με την αύξηση του χρόνου ωρίμανσης, το ελεύθερο νερό που υπάρχει δεσμεύεται από τις πρώτες ύλες, με αποτέλεσμα οι κρύσταλλοι πάγου που δημιουργούνται αργότερα να είναι πιο ελαφριοί κάνοντας την υφή του παγωτού περισσότερο απαλή και αφράτη. Επίσης, ο ρυθμός τήξης αυξήθηκε με την αύξηση του χρόνου ωρίμανσης.

Κατά τη διάρκεια της παραγωγής του παγωτού, το γαλάκτωμα που έχει δημιουργηθεί αναδεύεται με δύναμη και έρχεται σε επαφή με αέρα υπό πίεση δημιουργώντας φυσαλίδες ώστε να γίνει αφρός. Η διαδικασία αυτή έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση του όγκου του μίγματος για να δημιουργηθεί το τελικό προϊόν. Επίσης, όσο αυξάνεται ο χρόνος κατάψυξης, αυξάνεται και η υπέρβαση. Τα λιπαρά στο παγωτό δημιουργούν πυκνή δομή στο σύστημα αυξάνοντας το ιξώδες του γαλακτώματος και την υπέρβαση, κάνουν πιο κρεμώδη την υφή και βελτιώνουν τη γεύση. Η προσθήκη του ελαίου καμέλιας όμως είχε αντίθετο αποτέλεσμα. Καθώς αυξάνεται σε ποσοστό το έλαιο στο παγωτό, το ιξώδες αυξάνεται, δεν κυκλοφορεί ο αέρας ομοιόμορφα στο προϊόν και έτσι ο ρυθμός υπέρβασης μειώνεται. Με την προσθήκη λιπαρών αυξάνεται η αντοχή του παγωτού στο λιώσιμο, καθώς τα λιπαρά έχουν υψηλότερο σημείο τήξης από άλλα συστατικά. Η σκληρότητα του παγωτού φαίνεται πως επηρεάζεται από το ρυθμό υπέρβασης, το μέγεθος των κρυστάλλων και το βαθμό αστάθειας του λίπους (Muse & Hartel, 2004).

Κατά τη διαδικασία ωρίμανσης, το γαλάκτωμα του παγωτού πρέπει να έχει σχετική σταθερότητα. Όμως, η θερμοδυναμική ασυμβατότητα μεταξύ πρωτεϊνών και πολυσακχαριτών επηρεάζει την αποθήκευση του γαλακτώματος υπό σταθερές συνθήκες (Daw & Hartel, 2015). Οι Amador et al (2017) ανέφεραν πως ένας ορισμένος βαθμός αστάθειας των σφαιριδίων του λίπους ευνοεί το σχηματισμό της επιθυμητής υφής του τελικού προϊόντος. Η μελέτη αυτή έδειξε πως το παγωτό με έλαιο καμέλιας έχει χαμηλότερη αστάθεια από παγωτό με βούτυρο.

2.6.10 Προσθήκη υπολειμμάτων καρύδας στο παγωτό

Έχει διαπιστωθεί πως η παραγωγή προϊόντων καρύδας σε πολλές βιομηχανικές μονάδες παράγει μεγάλες ποσότητες υπολειμμάτων. Αυτά τα υπολείμματα δεν χρησιμοποιούνται από τις βιομηχανίες και έτσι απορρίπτονται στο περιβάλλον. Παρ' όλα αυτά τα υπολείμματα καρύδας περιέχουν σε μεγάλο ποσοστό κυτταρίνη και υδατάνθρακες. Έτσι, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως ενισχυτικά διατροφής.

Τα προβιοτικά βακτήρια βελτιώνουν την υγεία του ανθρώπου και προλαμβάνουν ορισμένες ασθένειες, όπως τα καρδιαγγειακά νοσήματα και ο καρκίνος (Song et al., 2015). Τα προβιοτικά βακτήρια χρησιμοποιούνται ευρέως στην παραγωγή τροφίμων και κυρίως στο γιαούρτι, το τυρί, το παγωτό και τα ποτά. Όσον αφορά την παραγωγή παγωτού, τα προβιοτικά βακτήρια ενισχύουν τις διατροφικές ιδιότητες του παγωτού εξασφαλίζοντας βέβαια την επιθυμητή γεύση (Guler-Akin et al., 2016). Επίσης, η παραγωγή του παγωτού είναι μία διαδικασία που μπορεί να υποστηρίξει την βιωσιμότητα των προβιοτικών βακτηρίων καθ' όλη τη διάρκεια της παραγωγής και αποθήκευσης καλύτερα σε σχέση με άλλα τρόφιμα. Οι συγγραφείς Hanafi et al (2022) παρουσιάζουν στη μελέτη αυτή πως οι ευεργετικές ιδιότητες των προβιοτικών βακτηρίων μπορούν να ενισχυθούν με τη χρήση υπολειμμάτων καρύδας.

Οι Salem et al. (2005) ανέφεραν ότι όσο μειώνεται το ποσοστό υπέρβασης, αυξάνεται η διάρκεια ζωής του προβιοτικού παγωτού. Επίσης, με την προσθήκη υπολειμμάτων καρύδας μειώνεται ο ρυθμός τήξης του παγωτού. Ο ρυθμός τήξης επηρεάζεται από την ποσότητα του αέρα που υπάρχει στο παγωτό, τη δομή των παγοκρυστάλλων και το δίκτυο των σφαιριδίων λίπους που σχηματίζονται κατά την κατάψυξη (Muse & Hartel, 2004).

Όσο αυξάνεται η συγκέντρωση υπολειμμάτων καρύδας, τόσο αυξάνεται το ποσοστό ολικών στερεών. Γενικά, στο παγωτό είναι επιθυμητό το ποσοστό των ολικών στερεών να είναι όσο γίνεται υψηλότερο. Αν είναι χαμηλό σημαίνει πως υπάρχει αρκετή ποσότητα νερού, το οποίο όταν παγώσει θα σχηματιστούν περισσότεροι κρύσταλλοι. Αυτό το γεγονός έχει αντίκτυπο στην υφή του τελικού προϊόντος (Pintor et al., 2017). Έτσι, είναι σημαντικός ο έλεγχος του ποσοστού ολικών στερεών με στόχο τη διατήρηση της ισορροπίας μεταξύ των συστατικών. Το ιξώδες του παγωτού επηρεάζεται από τις διαλυτές και αδιάλυτες ίνες των υπολειμμάτων καρύδας (Soukoulis et al. 2009). Συμπεραίνεται πως οι φυτικές ίνες εκτός από το ότι ενισχύουν θρεπτικά το παγωτό, βελτιώνουν και το ιξώδες του. Επίσης, όσο αυξάνεται η συγκέντρωση σε υπολείμματα καρύδας, το ποσοστό λιπαρών μειώνεται.

Τα λιπαρά στο παγωτό δημιουργούν γαλάκτωμα με τις πρωτεΐνες. Οι πρωτεΐνες επίσης συμβάλουν στη σταθεροποίηση των φυσαλίδων αέρα. Όταν η περιεκτικότητα σε λιπαρά είναι υψηλή, δεσμεύονται με τις πρωτεΐνες με αποτέλεσμα να μην είναι αρκετό το ποσοστό των πρωτεϊνών για τη σταθεροποίηση του αέρα. Έτσι, οι Pintor et al. (2014) προτείνουν πως μπορούν να μειωθούν τα λιπαρά ως και 25%, με την προσθήκη 0,03 g/ml φυτικών ινών.

Επίσης, από την μελέτη συμπεραίνεται ότι με την προσθήκη υπολειμμάτων καρύδας, αυξήθηκε το ιξώδες και μειώθηκε ο ρυθμός τήξης του παγωτού. Η αυξημένη περιεκτικότητα σε λιπαρά μπορεί να βελτιώσει την υπέρβαση προάγοντας τον ελάχιστο σχηματισμό κρυστάλλων πάγου και να αυξήσει τη διάρκεια ζωής του παγωτού (Balthazar et al., 2017, Park et al., 2015).

Οι φυτικές ίνες επηρεάζουν τη συνοχή του παγωτού και αυτό εξαρτάται από το μέγεθος και τη δομή των μορίων καθώς και από την αλληλεπίδραση με τις πρωτεΐνες (Chen et al., 2019). Επιπλέον, έχει παρατηρηθεί πως τα ένζυμα του γάλακτος ενισχύουν τη δομή του παγωτού σταθεροποιώντας τα κενά αέρα.

Όσον αφορά τη σκληρότητα του παγωτού, οι συγγραφείς περιγράφουν πως όσο παρατείνεται η αποθήκευση αυξάνεται η σκληρότητα του παγωτού. Η σκληρότητα επηρεάζεται από το κολλοειδές, τα δομικά συστατικά, το ιξώδες, το επίπεδο αερισμού και τα σφαιρίδια λίπους. Ένα κολλοειδές αποτελείται από φυσαλίδες αέρα, σφαιρίδια λίπους, κρυστάλλους πάγου και τη μη παγωμένη φάση ορού. Ο ορός αποτελείται από σάκχαρα και πολυσακχαρίτες υψηλού μοριακού βάρους. Όσο αυξάνεται η περιεκτικότητα σε υπολείμματα καρύδας, τόσο αυξάνεται και η σκληρότητα. Κατά την αποθήκευση συμβαίνει

η ανακρυστάλλωση του πάγου, γεγονός που αυξάνει την σκληρότητα του παγωτού. Επίσης, κατά την παράταση της αποθήκευσης, μειώνεται το pH. Αυτό συμβαίνει λόγω της παραγωγής γαλακτικού οξέος κατά την πήξη του γάλακτος.

Στη παρούσα μελέτη ελέγχθηκε και η βιωσιμότητα των προβιοτικών βακτηρίων κατά την αποθήκευση του παγωτού. Βρέθηκε πως το παγωτό με την μεγαλύτερη συγκέντρωση υπολειμμάτων καρύδας είχε και τη μεγαλύτερη ύπαρξη προβιοτικών βακτηρίων κατά την αποθήκευση και αυτό λόγω της υψηλότερης περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη σε σχέση με τα δείγματα παγωτού που περιείχαν χαμηλότερο ποσοστό υπολειμμάτων καρύδας. Επίσης, οι φυτικές ίνες φαίνεται ότι προστατεύουν τα προβιοτικά βακτήρια από μηχανική καταπόνηση και τραυματισμό στις αντίξοες συνθήκες της κατάψυξης. Επίσης, οι υδατάνθρακες των υπολειμμάτων καρύδας λειτουργούν ως πηγή άνθρακα ενισχύοντας την ανάπτυξη των προβιοτικών βακτηρίων. Συμπερασματικά, η προσθήκη υπολειμμάτων καρύδας εμφάνισε υψηλή επίδραση στα φυσικοχημικά δεδομένα του παγωτού με προβιοτικά βακτήρια.

2.6.11 Κ-καραγενάνη ως σταθεροποιητής στο παγωτό

Η κ-καραγενάνη είναι ένας σταθεροποιητής που χρησιμοποιείται στα γαλακτοκομικά προϊόντα, για την αποφυγή του σχηματισμού φάσεων, σχηματίζοντας ένα ισχυρό δίκτυο μεταξύ των μικκυλίων καζεΐνης. Όσο αυξάνεται η συγκέντρωση κ-καραγενάνης, αυξάνεται το ιξώδες στα μίγματα παγωτού (Seo & Oh, 2022).

Επίσης, η προσθήκη κ-καραγενάνης μείωσε το ποσοστό υπέρβασης σε σχέση με το παγωτό χωρίς κ-καραγενάνη καθώς και τη σκληρότητα του παγωτού. Η προσθήκη κ-καραγενάνης καθυστέρησε την τήξη του παγωτού. Ο ρυθμός τήξης του παγωτού εξαρτάται από το ποσοστό ολικών στερεών, την περιεκτικότητα σε λίπος, την υπέρβαση, το ιξώδες του παγωτού και τα χαρακτηριστικά του σταθεροποιητή. Γενικά, έχει διαπιστωθεί ότι μεγαλύτερη τιμή υπέρβασης, περιεκτικότητας σε λιπαρά και ιξώδους, μπορεί να μειώσει το ρυθμό τήξης στο παγωτό. (Javidi et al., 2016; Kurt & Atalar, 2018; Wu et al, 2019).

3 Αποτελέσματα

3.1 Λειτουργία του Minitab

3.1.1 Περιγραφική στατιστική

Η σειρά των εντολών που ακολουθείται για περιγραφική στατιστική μέσω Minitab είναι η εξής: *Stat > Basic Statistics > Display Descriptive Statistics*. Στο πλαίσιο με τίτλο *Variables* τοποθετούνται οι μεταβλητές που πρόκειται να μελετηθούν. Στην εντολή *Statistics* επιλέγονται όλες οι παράμετροι που χρειάζεται για την ανάλυση. Σε αυτή την περίπτωση επιλέχθηκαν ο αριθμός των δεδομένων, το εύρος, η μέση τιμή, η διασπορά, η τυπική απόκλιση, η διάμεσος, η ελάχιστη και η μέγιστη τιμή, το πρώτο και τρίτο τεταρτημόριο και οι συντελεστές λοξότητας και κύρτωσης. Σε αυτή την εντολή δεν επιλέγονται γραφήματα γιατί μπορούν να δημιουργηθούν συγκεντρωτικά από την εντολή *Graphs*. Τα δεδομένα μελετήθηκαν και μέσω διαγραμμάτων, όπως ιστόγραμμα, θηκόγραμμα, Interval plot, και διάγραμμα πιθανότητας.

3.1.2 Έλεγχος υπόθεσης

Σε επόμενο στάδιο γίνεται έλεγχος T-test ώστε να παρατηρηθεί αν υπάρχει διαφορά μεταξύ των δεδομένων ως προς τις μέσες τιμές. Έτσι, το Minitab κάνει έλεγχο υπόθεσης μέσω της διαδικασίας *Stat > Basic Statistics > Two Sample t for the Mean*. Στο πλαίσιο που εμφανίζεται τοποθετούνται οι στήλες με τις τιμές των δεδομένων για τους δύο πληθυσμούς στα αντίστοιχα πεδία. Όταν δύο πληθυσμοί έχουν άγνωστες αλλά ίσες διασπορές επιλέγεται η ένδειξη *Assume equal variances* στο μενού *Options*. Επίσης, καθορίζεται επίπεδο σημαντικότητας 5%, η διαφορά μεταξύ των μέσων τιμών 0,0 και η εναλλακτική υπόθεση: *Difference \neq hypothesized difference*.

3.1.3 Ανάλυση διασποράς

Ο πίνακας ανάλυσης διασποράς περιλαμβάνει την τιμή p , η οποία ερμηνεύει το αποτέλεσμα της ανάλυσης. Όταν η τιμή p είναι μικρότερη ή ίση από το επίπεδο σημαντικότητας, απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση. Όταν η τιμή p είναι μεγαλύτερη από το επίπεδο

σημαντικότητας απορρίπτεται η εναλλακτική υπόθεση. Η εξέταση γίνεται σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, δηλαδή υπάρχει 5% πιθανότητα εσφαλμένου συμπεράσματος ότι οι μέσες τιμές είναι ίσες, ενώ στην πραγματικότητα δεν ισχύει ή αλλιώς να γίνει αποδεκτή η μηδενική υπόθεση ενώ στην πραγματικότητα αληθεύει η εναλλακτική.

3.1.4 Ανάλυση Υπολοίπων

Έλεγχος Ανεξαρτησίας

Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται μέσω Minitab ως εξής: *Stat – ANOVA – General Linear Model – Fit General Linear Model* και επιλογή στα διαγράμματα *Residuals versus order*. Το διάγραμμα αυτό δείχνει τα υπόλοιπα ως προς τη χρονική σειρά και είναι χρήσιμο στη διερεύνηση της υπόθεσης της ανεξαρτησίας των σφαλμάτων.

Έλεγχος Κανονικότητας

Το κανονικό διάγραμμα πιθανότητας των υπολοίπων, δηλαδή το διάγραμμα ποσοστιαίας-ποσοστιαίας ή διάγραμμα Q-Q. Το διάγραμμα αυτό δείχνει αν τα σφάλματα ακολουθούν το πρότυπο της κανονικής κατανομής. Η διαδικασία μέσω Minitab είναι η εξής: *Stat – Basic Statistics – Normality Test*.

Έλεγχος Ομοσκεδαστικότητας

Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής: *Stat – ANOVA – Test for equal variances*. Το διάγραμμα κουκκίδων ως προς τις προσαρμοσμένες τιμές δείχνει αν υπάρχει εξάρτηση της μεταβλητότητας των υπολοίπων που αντιστοιχούν σε μία θεραπεία j από την προσαρμοσμένη τιμή \bar{y}_j της απόκρισης για τη θεραπεία αυτή.

3.2 Στατιστική Ανάλυση Δεδομένων

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η σύγκριση γίνεται σε συγκεκριμένο επίπεδο σημαντικότητας. Το πιο χρησιμοποιούμενο επίπεδο σημαντικότητας είναι 5% που εξηγείται

ως η πιθανότητα να γίνει σφάλμα τύπου I , να απορριφθεί η μηδενική υπόθεση ενώ στην πραγματικότητα ισχύει.

3.2.1 Στατιστική Ανάλυση περιεκτικότητας λιπαρών παγωτού

Συλλογή Δεδομένων

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη υπολογίστηκαν σε εργαστήριο βιομηχανίας παγωτού στα πλαίσια του ποιοτικού ελέγχου και της διασφάλισης ποιότητας.

Στόχος της μέτρησης είναι η καταγραφή των αποτελεσμάτων και η σύγκριση με τη μέση τιμή γύρω από την οποία πρέπει να κυμαίνονται τα παραγόμενα προϊόντα. Η απόκριση είναι η % περιεκτικότητα σε λιπαρά. Για τον υπολογισμό της περιεκτικότητας σε λιπαρά χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Gerber χρησιμοποιώντας βουτυρόμετρα 25%. Αναλυτικά η μέθοδος περιγράφεται στην ενότητα 2.2.2. Έτσι, ο πληθυσμός στη μελέτη αυτή είναι ποσοστά περιεκτικότητας λιπαρών σε παγωτά διαφορετικών γεύσεων από τα οποία επιλέγονται κάποια δείγματα για ανάλυση. Συνήθως, σε φυσικοχημικό έλεγχο υπόκεινται το 50% των παγωτών ημερησίως και η επιλογή γίνεται τυχαία. Οι παρατηρήσεις θεωρούνται ανεξάρτητες τυχαίες μεταβλητές, γιατί το αποτέλεσμα μίας παρατήρησης είναι λογικό να μην επηρεάζει το αποτέλεσμα μίας άλλης και έχουν κοινή κατανομή.

Περιγραφική στατιστική

Με την περιγραφική στατιστική υπολογίζονται αριθμητικά μέτρα με στόχο την περιγραφή ποσοτικών δεδομένων. Τα αριθμητικά μέτρα μπορεί να είναι μέτρα θέσεως όπως, η μέση τιμή και η διάμεσος ή μέτρα μεταβλητότητας όπως η διασπορά και η τυπική απόκλιση. Επίσης, άλλα αριθμητικά μέτρα που δίνουν πρόσθετες πληροφορίες για την κατανομή ενός συνόλου δεδομένων είναι οι συντελεστές λοξότητας και κύρτωσης και τα ποσοστιαία σημεία. Στη παρούσα μελέτη για τις μετρήσεις περιεκτικότητας σε λιπαρά υπολογίζονται τα αριθμητικά μέτρα για την περιγραφή των δεδομένων σε δύο περιόδους, χειμερινή και εαρινή περίοδος (Πίνακας 3-1). Για τη χειμερινή περίοδο, ο αριθμός των δειγμάτων είναι 52 με μέση τιμή 10,225% και τυπική απόκλιση 5,035%. Η διάμεσος είναι 8,5, η ελάχιστη τιμή 3,6 και η μέγιστη 19,6%. Για την εαρινή περίοδο, ο αριθμός των δειγμάτων είναι 76 με μέση τιμή 10,015% και τυπική απόκλιση 4,574%. Η διάμεσος είναι 8,8, η ελάχιστη τιμή

3,9 και η μέγιστη 19,6%. Οι συντελεστές λοξότητας είναι θετικοί που σημαίνει ότι οι κατανομές εμφανίζουν θετική λοξότητα. Όμως, οι συντελεστές κύρτωσης είναι αρνητικοί, έτσι η κατανομές είναι λιγότερο αιχμηρές στο κέντρο από την κανονική και χαρακτηρίζονται ως πλατύκυρτες.

Το εύρος δεν είναι αποτελεσματικό αριθμητικό μέτρο σε αυτή την περίπτωση καθώς τα μεγέθη των δειγμάτων είναι μεγάλα ($N > 10$) κι έτσι επηρεάζεται από τη μεταβλητότητα των ενδιάμεσων τιμών του δείγματος. Τέλος, τη χειμερινή και εαρινή περίοδο, το 25% των τιμών είναι κάτω από 6,2%. Τη χειμερινή περίοδο, το 75% των τιμών είναι κάτω από 16,6%, ενώ την εαρινή περίοδο είναι κάτω από 10,8%.

Από το ιστόγραμμα (Διάγραμμα 3-1) φαίνεται πως οι κατανομές δεν ακολουθούν πρότυπο κανονικής κατανομής. Επίσης, είναι λοξές προς τα δεξιά, γεγονός το οποίο επιβεβαιώνεται από το Πίνακα 3-1, καθώς η μέση τιμή είναι μεγαλύτερη από τη διάμεσο και στις δύο κατανομές. Οι μέσες τιμές δεν διαφέρουν πολύ αλλά υπάρχει μεγάλη διαφορά στη διασπορά.

Επίσης, από τα χαρακτηριστικά του θηκογράμματος (Διάγραμμα 3-2) φαίνεται ξανά πως η κατανομή της χειμερινής περιόδου είναι λοξή προς τα δεξιά, καθώς η γραμμή της διαμέσου είναι κάτω από το κέντρο του παραλληλόγραμμου. Στο θηκόγραμμα της εαρινής περιόδου παρατηρούνται εξωκείμενες τιμές πάνω από το θηκόγραμμα, στοιχείο που χαρακτηρίζει την κατανομή λοξή προς τα δεξιά. Οι διάμεσοι δεν διαφέρουν, όπως φαίνεται στο θηκόγραμμα αλλά το θηκόγραμμα της χειμερινής περιόδου είναι πιο «απλωμένο» από της εαρινής. Αυτό σημαίνει πως οι δύο κατανομές δε διαφέρουν ως προς τη θέση, αλλά διαφέρουν ως προς τη μεταβλητότητα.

Το Interval plot (Διάγραμμα 3-3) δίνει πληροφορίες για το εύρος των μετρήσεων και συγκρίνει την διαφορά των μέσων τιμών των δύο πληθυσμών. Παρατηρείται πως δεν υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ των μέσων τιμών.

Για την κανονικότητα των δύο κατανομών παρατηρούνται τα διαγράμματα πιθανότητας (Διάγραμμα 3-4) στα οποία η τιμή p είναι $< 0,005$. Συγκρίνονται με το επίπεδο σημαντικότητας 5%. Έτσι, καθώς $p < 0,005 < 0,05$ οι κατανομές δεν είναι κανονικές. Η κεντρική γραμμή είναι η προσαρμοσμένη ευθεία γραμμή στα σημεία του διαγράμματος. Οι δύο εξωτερικές καμπύλες δίνουν τη ζώνη εντός της οποίας υπάρχει μεγάλη εμπιστοσύνη ότι θα πέσουν τα σημεία του διαγράμματος αν το πρότυπο της κανονικής κατανομής είναι

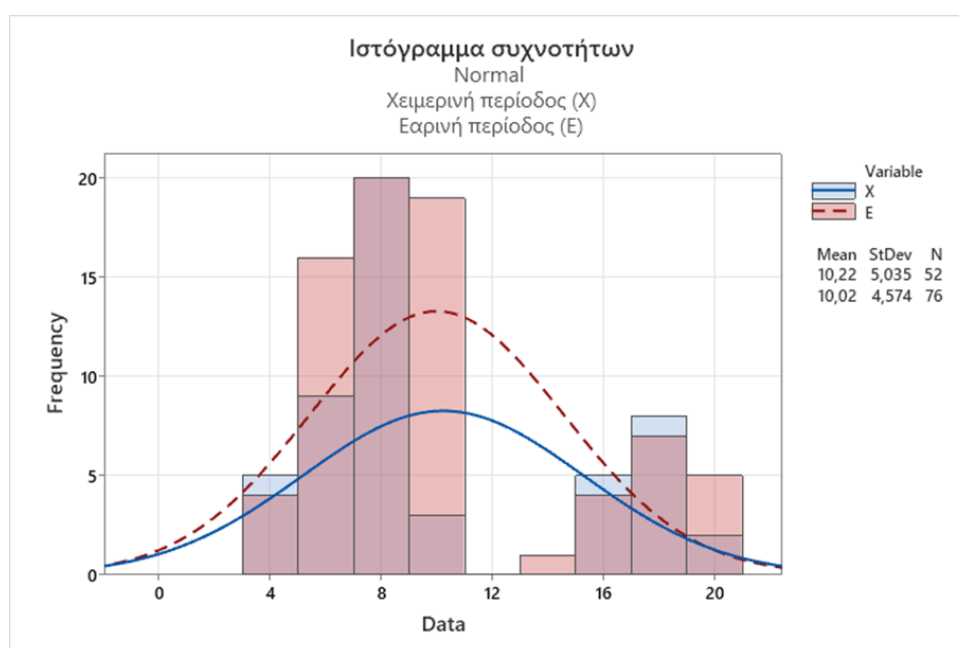
κατάλληλο για την περιγραφή των δεδομένων (Κουτρουβέλης, 2008). Η ύπαρξη σημείων εκτός της ζώνης εμπιστοσύνης, όπως στο Διάγραμμα 3-4, υποδηλώνει ότι η κανονική κατανομή δεν περιγράφει ικανοποιητικά τα δεδομένα.

Statistics

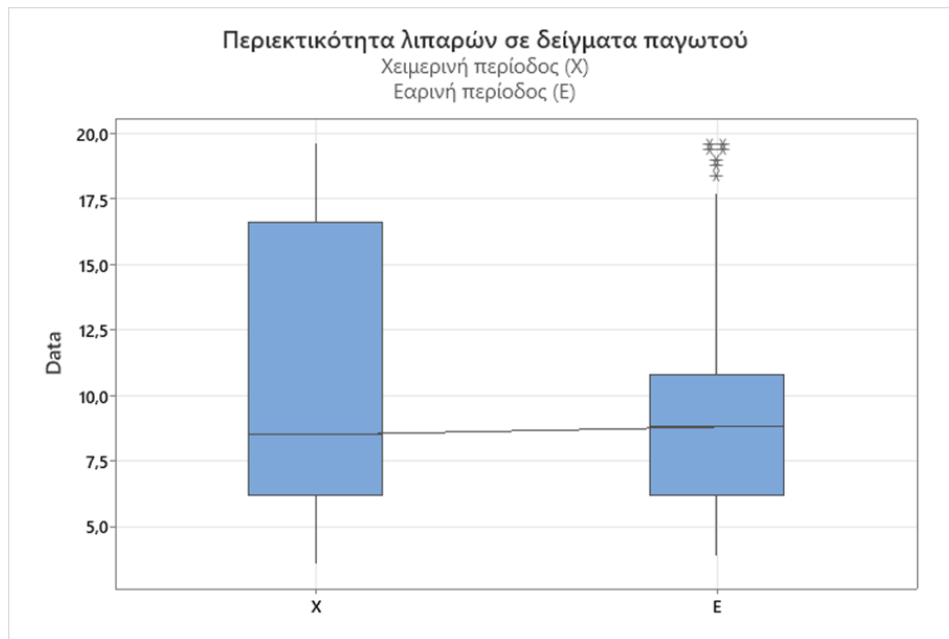
| Variable | N | N* | Mean | SE Mean | StDev | Variance | Minimum | Q1 | Median | Q3 | Maximum |
|----------|----|----|--------|---------|-------|----------|---------|-------|--------|--------|---------|
| X | 52 | 0 | 10,225 | 0,698 | 5,035 | 25,353 | 3,600 | 6,200 | 8,500 | 16,600 | 19,600 |
| E | 76 | 0 | 10,015 | 0,525 | 4,574 | 20,924 | 3,900 | 6,200 | 8,800 | 10,800 | 19,600 |

| Variable | Range | Skewness | Kurtosis |
|----------|--------|----------|----------|
| X | 16,000 | 0,68 | -1,04 |
| E | 15,700 | 0,94 | -0,29 |

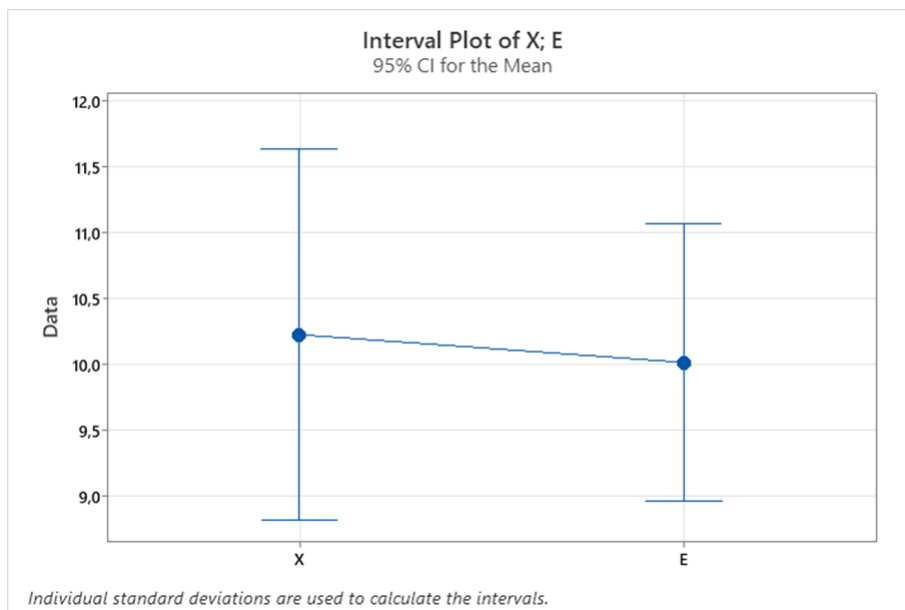
Πίνακας 3-1 Περιγραφική στατιστική στη μελέτη της περιεκτικότητας σε λιπαρά στο παγωτό τη χειμερινή και την εαρινή περίοδο έτους 2022



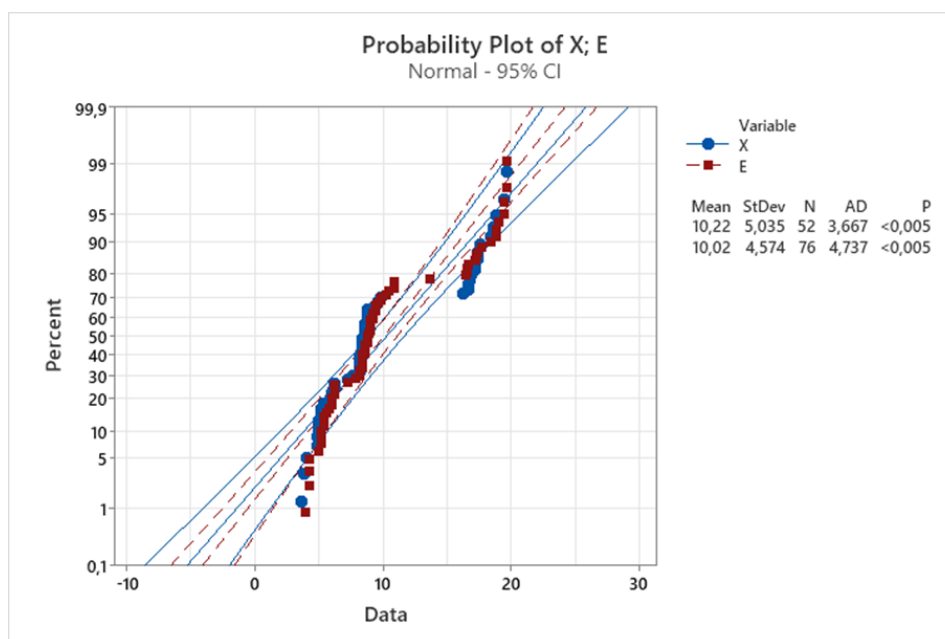
Διάγραμμα 3-1 Ιστόγραμμα δεδομένων περιεκτικότητας λιπαρών στο παγωτό τη χειμερινή και εαρινή περίοδο για το 2022.



Διάγραμμα 3-2 Θηκόγραμμα δεδομένων περιεκτικότητας λιπαρών στο παγωτό τη χειμερινή και εαρινή περίοδο το 2022.



Διάγραμμα 3-3 Interval plot για δεδομένα περιεκτικότητας λιπαρών παγωτού τη χειμερινή και εαρινή περίοδο το 2022.



Διάγραμμα 3-4 Διάγραμμα πιθανότητας σε δεδομένα περιεκτικότητας λιπαρών παγωτού τη χειμερινή και εαρινή περίοδο το 2022.

Έλεγχος υπόθεσης

Στη συνέχεια ακολουθείται η διαδικασία 2-sample T-test ώστε να συγκριθούν οι δύο πληθυσμοί ως προς τις μέσες τιμές. Γίνεται έλεγχος υπόθεσης με $H_0: \mu_X - \mu_E = 0$ έναντι της εναλλακτικής δίπλευρης υπόθεσης $H_A: \mu_X - \mu_E \neq 0$, όπου μ_X η μέση τιμή για τη χειμερινή περίοδο και μ_E η μέση τιμή για την εαρινή περίοδο. Τα αποτελέσματα προκύπτουν μέσω της εφαρμογής Minitab. Η τιμή p για τον έλεγχο είναι 0,807 που σημαίνει ότι σε επίπεδο σημαντικότητας 5% είναι δεκτή η μηδενική υπόθεση και έτσι οι μέσες τιμές δε διαφέρουν. Συμπερασματικά, η περιεκτικότητα σε λιπαρά στο παγωτό δεν εμφανίζει διαφορά μεταξύ χειμερινής και εαρινής περιόδου.

3.2.2 Στατιστική Ανάλυση μέτρησης pH στη κρέμα γάλακτος

Συλλογή Δεδομένων

Τα δεδομένα για την ανάλυση είναι μετρήσεις του εργαστηρίου βιομηχανίας παγωτού και μετρήσεις που έχει πραγματοποιήσει ο προμηθευτής για την ίδια παρτίδα κρέμας γάλακτος. Το εργαστήριο χρησιμοποιεί πεχάμετρο με θερμομέτρο ώστε οι μετρήσεις να γίνονται στους 25°C. Στόχος της μέτρησης είναι να διαπιστωθεί αν η κρέμα γάλακτος έχει pH εντός

των ορίων, τα οποία είναι 6,60-6,80. Οι μετρήσεις είναι ανεξάρτητες τυχαίες μεταβλητές με κοινή κατανομή.

Περιγραφική στατιστική

Αρχικά, υπολογίζονται τα αριθμητικά μέτρα για τις τιμές των μετρήσεων του εργαστηρίου και του προμηθευτή (Πίνακας 3-2). Ο αριθμός των δειγμάτων είναι 28 για το έτος 2022. Οι τιμές pH της κρέμας γάλακτος από το εργαστήριο έχουν μέση τιμή 6,674 και τυπική απόκλιση 0,076. Η διάμεσος είναι 6,68. Οι τιμές pH από τον προμηθευτή έχουν μέση τιμή 6,687 και τυπική απόκλιση 0,02. Η διάμεσος είναι και πάλι 6,68. Οι μετρήσεις του εργαστηρίου εμφανίζουν μέγιστη τιμή pH 6,8 και ελάχιστη τιμή 6,51. Επίσης, ο συντελεστής λοξότητας είναι 0,12 που σημαίνει πως η κατανομή εμφανίζει μικρή θετική λοξότητα. Ο συντελεστής κύρτωσης είναι αρνητικός (-0,57) δείχνοντας πως η κατανομή είναι πλατύκυρτη, δηλαδή λιγότερο αιχμηρή στο κέντρο από την κανονική. Τέλος, το πρώτο τεταρτημόριο είναι 6,6, δηλαδή το 25% των τιμών είναι χαμηλότερες από αυτή την τιμή και το τρίτο τεταρτημόριο είναι 6,715, δηλαδή το 75% των τιμών είναι χαμηλότερες από 6,715. Για τις τιμές pH του προμηθευτή, η διάμεσος είναι 6,68, η μέγιστη τιμή είναι 6,74 και η ελάχιστη 6,65. Ο συντελεστής λοξότητας είναι 0,53, δηλαδή η κατανομή για τις τιμές pH του προμηθευτή εμφανίζει θετική λοξότητα και ο συντελεστής κύρτωσης είναι 0,28, δηλαδή η κατανομή είναι λίγο περισσότερο αιχμηρή από την κανονική και έτσι θεωρείται λεπτόκυρτη. Το 25% των μετρήσεων είναι κάτω από 6,67 και το 75% των μετρήσεων είναι κάτω από 6,7.

Από τις παραπάνω μετρήσεις φαίνεται πως ενώ οι τιμές pH του προμηθευτή για την κρέμα γάλακτος είναι εντός των ορίων pH που ορίζονται από την νομοθεσία (6,6-6,8), δεν ισχύει το ίδιο για τις τιμές του εργαστηρίου, καθώς εμφανίζεται ελάχιστη τιμή 6,51. Αυτό ίσως οφείλεται στους παρακάτω λόγους-σφάλματα:

- Αδυναμία του πεχάμετρου να δίνει σωστή ένδειξη απαιτώντας αντικατάσταση του ηλεκτροδίου πιο άμεσα.
- Βαθμονόμηση με τα πρότυπα διαλύματα του πεχάμετρου σε όχι τακτά χρονικά διαστήματα.

Από το ιστόγραμμα (Διάγραμμα 3-5) παρατηρείται πως καμία κατανομή δεν εμφανίζει λοξότητα, καθώς οι μέσες τιμές και οι διάμεσοι των δύο κατανομών δεν διαφέρουν πολύ.

Οι μέσες τιμές των δύο κατανομών εμφανίζουν μικρή διαφορά κατά 0,0136 μονάδες, σε αντίθεση με την τυπική απόκλιση που η διαφορά είναι μεγάλη.

Τα θηκογράμματα (Διάγραμμα 3-6) δείχνουν πως οι διάμεσοι δεν διαφέρουν αλλά το θηκόγραμμα των τιμών του εργαστηρίου είναι περισσότερο «απλωμένο» από το θηκόγραμμα των τιμών του προμηθευτή. Αυτό δείχνει πως οι κατανομές δε διαφέρουν ως προς τη θέση αλλά διαφέρουν ως προς τη μεταβλητότητα. Παρατηρείται μικρή λοξότητα και στις δύο κατανομές. Οι μετρήσεις του εργαστηρίου εμφανίζουν λοξότητα προς τα αριστερά, καθώς η γραμμή της διαμέσου βρίσκεται πάνω από το κέντρο του παραλληλόγραμμου, ενώ οι μετρήσεις του προμηθευτή εμφανίζουν λοξότητα προς τα δεξιά, γιατί η γραμμή της διαμέσου είναι κάτω από το κέντρο του παραλληλόγραμμου. Το ίδιο συμπέρασμα επιβεβαιώνεται και από τον Πίνακα 3-2, αφού στις μετρήσεις του εργαστηρίου η μέση τιμή είναι μικρότερη της διαμέσου ($6,6739 < 6,68$), ενώ στις μετρήσεις του προμηθευτή η μέση τιμή είναι μεγαλύτερη από τη διάμεσο ($6,6875 > 6,68$). Τέλος, δεν υπάρχουν εξωκείμενες τιμές.

Το Interval plot (Διάγραμμα 3-7) δείχνει ότι υπάρχει μια μικρή διαφορά στις μέσες τιμές των δύο πληθυσμών. Επίσης, ενώ οι μέγιστες τιμές των δύο πληθυσμών είναι σχεδόν ίσες, υπάρχει μεγάλη διαφορά στις ελάχιστες τιμές, άρα στο εύρος των δύο κατανομών.

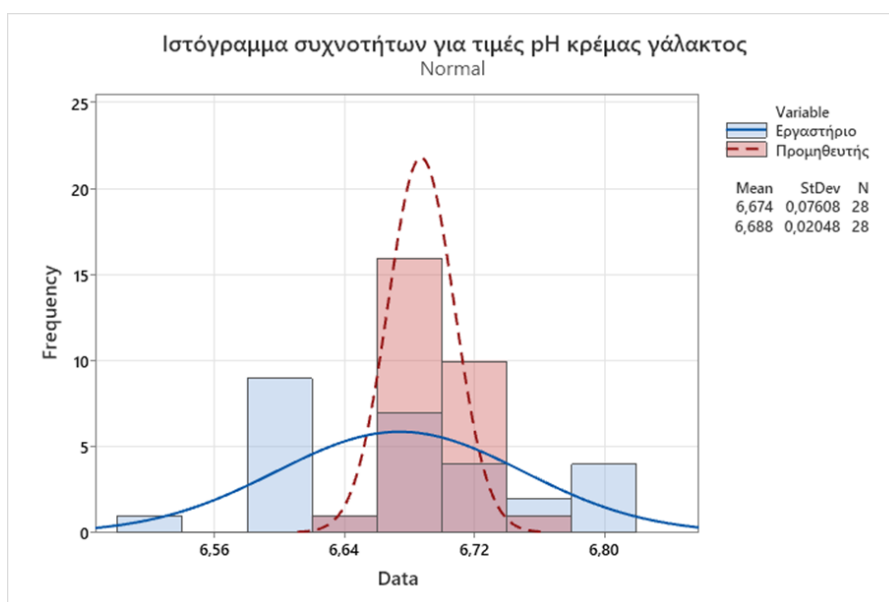
Τέλος, το διάγραμμα πιθανότητας δείχνει εάν οι κατανομές ακολουθούν κανονική κατανομή. Συγκρίνοντας τις τιμές p του διαγράμματος με το επίπεδο σημαντικότητας 5% διαπιστώνεται ότι οι τιμές του εργαστηρίου με $p=0,042 < 0,05$ δεν ακολουθούν κανονική κατανομή, ενώ οι τιμές του προμηθευτή με $p=0,103 > 0,05$ ακολουθούν κανονική κατανομή. Επίσης, φαίνεται στο διάγραμμα πιθανότητας (Διάγραμμα 3-8) πως στην κατανομή των τιμών του εργαστηρίου υπάρχουν τιμές εκτός της ζώνης των εξωτερικών καμπυλών, γεγονός που επισημαίνει ότι τα δεδομένα δεν περιγράφονται ικανοποιητικά από την κανονική κατανομή. Αντίθετα, στο διάγραμμα της κατανομής των τιμών του προμηθευτή σχεδόν όλα τα σημεία βρίσκονται εντός της ζώνης των εξωτερικών καμπυλών.

Statistics

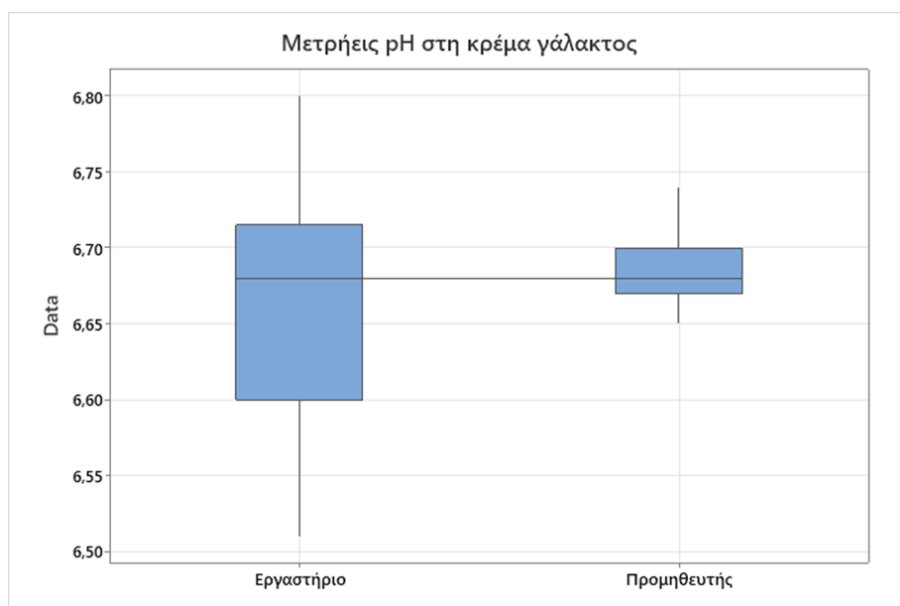
| Variable | N | N* | Mean | SE Mean | StDev | Variance | Minimum | Q1 | Median | Q3 |
|-------------|----|----|--------|---------|--------|----------|---------|--------|--------|--------|
| Εργαστήριο | 28 | 0 | 6,6739 | 0,0144 | 0,0761 | 0,0058 | 6,5100 | 6,6000 | 6,6800 | 6,7150 |
| Προμηθευτής | 28 | 0 | 6,6875 | 0,00387 | 0,0205 | 0,00042 | 6,6500 | 6,6700 | 6,6800 | 6,7000 |

| Variable | Maximum | Skewness | Kurtosis |
|-------------|---------|----------|----------|
| Εργαστήριο | 6,8000 | 0,12 | -0,57 |
| Προμηθευτής | 6,7400 | 0,53 | 0,28 |

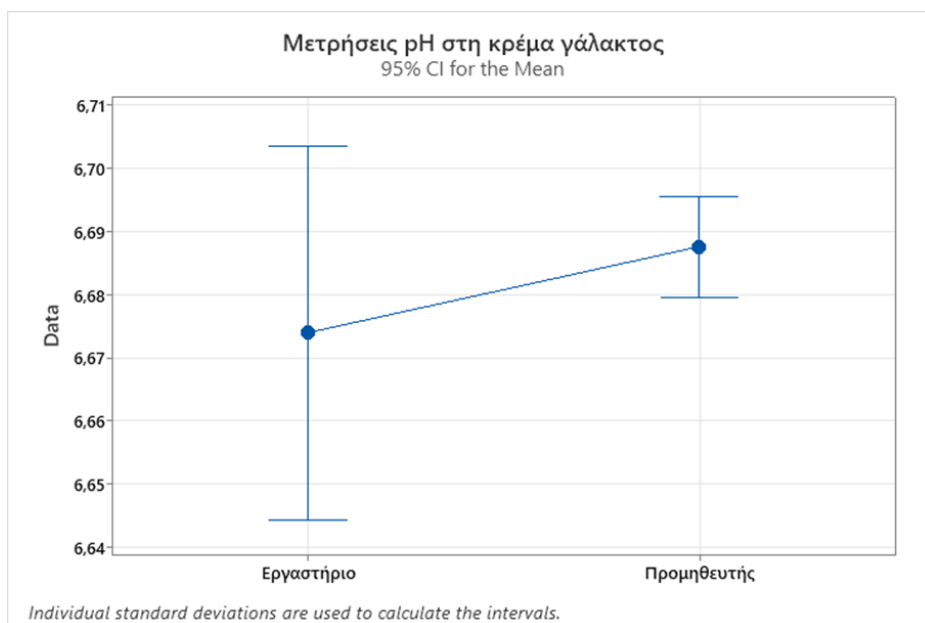
Πίνακας 3-2 Περιγραφική στατιστική στη μελέτη pH κρέμας γάλακτος για δεδομένα δύο πληθυσμών του Εργαστηρίου και του Προμηθευτή το έτος 2022.



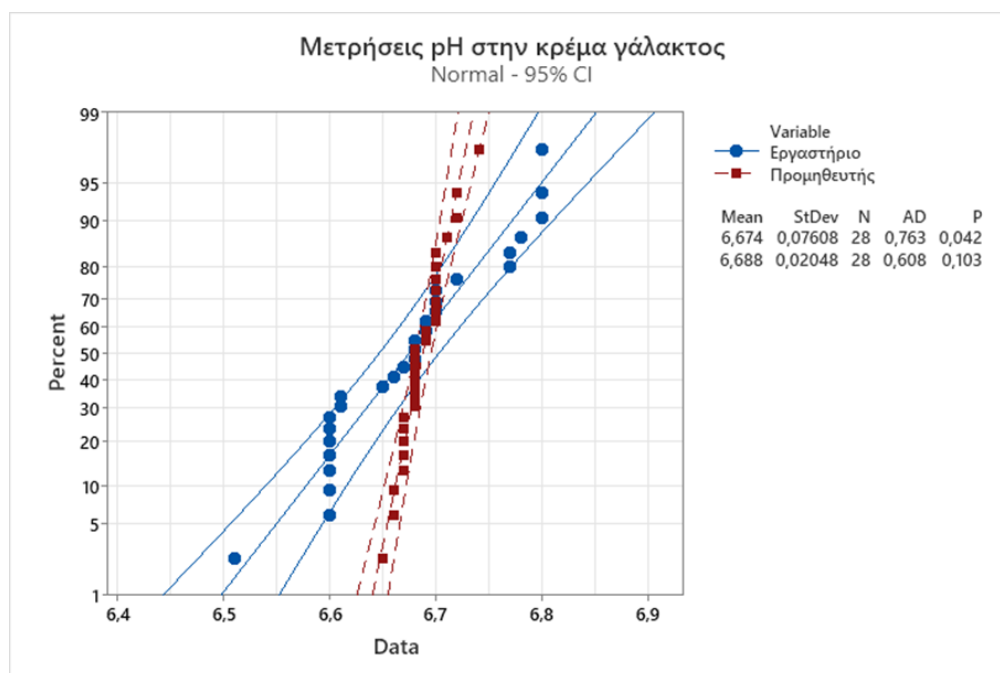
Διάγραμμα 3-5 Ιστόγραμμα δεδομένων pH κρέμας γάλακτος δύο πληθυσμών, Εργαστήριο και Προμηθευτής το έτος 2022.



Διάγραμμα 3-6 Θηκόγραμμα δεδομένων pH κρέμας γάλακτος δύο πληθυσμών, Εργαστήριο και Προμηθευτής το έτος 2022.



Διάγραμμα 3-7 Interval plot για δεδομένα pH κρέμας γάλακτος δύο πληθυσμών, Εργαστήριο και Προμηθευτής το έτος 2022.



Διάγραμμα 3-8 Διάγραμμα πιθανότητας για δεδομένα pH κρέμας γάλακτος δύο πληθυσμών, Εργαστήριο και Προμηθευτής το έτος 2022.

Έλεγχος υπόθεσης

Στη συνέχεια, γίνεται έλεγχος 2-sample T-test με στόχο να διαπιστωθεί αν οι μέσες τιμές των μετρήσεων των δύο πληθυσμών διαφέρουν. Η μηδενική υπόθεση είναι $H_0: \mu_E - \mu_{Π} = 0$ έναντι της εναλλακτικής υπόθεσης $H_A: \mu_E - \mu_{Π} \neq 0$, όπου μ_E η μέση τιμή για τις μετρήσεις του εργαστηρίου και $\mu_{Π}$ η μέση τιμή για τις μετρήσεις του προμηθευτή. Το Minitab δίνει την τιμή $p=0,366$. Αφού η τιμή p είναι μεγαλύτερη από το επίπεδο σημαντικότητας 5%, $p=0,366 > 0,05$, η μηδενική υπόθεση είναι δεκτή και οι μέσες τιμές είναι ίσες. Έτσι, διαπιστώνεται πως οι μετρήσεις που πραγματοποιεί το εργαστήριο συμπίπτουν με αυτές που αναφέρει ο προμηθευτής για την κρέμα γάλακτος.

3.2.3 Στατιστική Ανάλυση ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό

Τα δείγματα αναλύθηκαν στο εργαστήριο βιομηχανίας παγωτού σε θερμοζυγό, ο οποίος δίνει άμεσα αποτέλεσμα σε ποσοστό %. Στόχος της μέτρησης είναι η διαπίστωση πως το ποσοστό στερεής μάζας αιτιολογείται βάση της μέσης απόκρισης για την κάθε κατηγορία παγωτού. Τα παγωτά χωρίζονται σε κατηγορίες με βάση τα υλικά που περιέχουν. Οι κύριες κατηγορίες είναι τα ουδέτερα, τα παρφέ, τα gourmet και η κρέμα. Στον Πίνακα 3-3 παρουσιάζονται συνοπτικά τα υλικά που περιέχει η κάθε κατηγορία και επηρεάζουν την

περιεκτικότητα σε λιπαρά. Τα υπόλοιπα υλικά όπως γάλα, ζάχαρη, σιρόπι γλυκόζης, σταθεροποιητές, γαλακτωματοποιητές είναι κοινά.

| | |
|-----------------|---|
| Παρφέ & Gourmet | <ul style="list-style-type: none"> • Κρέμα γάλακτος • Κρόκος αυγού • Βούτυρο |
| Ουδέτερο | <ul style="list-style-type: none"> • Κρέμα γάλακτος |
| Κρέμα | <ul style="list-style-type: none"> • Κρέμα γάλακτος • Κρόκος αυγού |

Πίνακας 3-3 Οι πρώτες ύλες που περιέχουν λιπαρά για τις τέσσερις κατηγορίες παγωτού.

Αρχικά, γίνεται περιγραφική στατιστική στις κατηγορίες των παγωτών όσον αφορά την περιεκτικότητα σε στερεά σε δύο περιόδους, χειμερινή και εαρινή. Η χειμερινή περίοδος περιλαμβάνει τους μήνες από Οκτώβριο έως Απρίλιο και η εαρινή από Μάιο έως Σεπτέμβριο.

Statistics

| Variable | N | N* | Mean | SE Mean | StDev | Variance | Minimum | Q1 | Median | Q3 | Maximum |
|----------|----|----|--------|---------|-------|----------|---------|--------|--------|--------|---------|
| Σ-ΠΑΡ-X | 21 | 0 | 50,310 | 0,343 | 1,571 | 2,467 | 47,100 | 49,065 | 50,170 | 51,640 | 52,940 |
| Σ-ΠΑΡ-E | 21 | 0 | 50,387 | 0,348 | 1,596 | 2,547 | 48,130 | 48,870 | 50,550 | 51,345 | 53,820 |
| Σ-KP-X | 12 | 0 | 32,779 | 0,363 | 1,258 | 1,582 | 30,300 | 32,438 | 32,890 | 33,215 | 35,250 |
| Σ-KP-E | 10 | 0 | 31,38 | 1,26 | 3,97 | 15,77 | 23,22 | 30,26 | 32,20 | 33,05 | 37,21 |
| Σ-ΟΥΔ-X | 28 | 0 | 34,534 | 0,391 | 2,068 | 4,275 | 30,570 | 33,382 | 34,090 | 36,360 | 38,100 |
| Σ-ΟΥΔ-E | 47 | 0 | 33,798 | 0,280 | 1,917 | 3,673 | 30,300 | 32,620 | 33,470 | 34,880 | 38,040 |
| Σ-G-X | 11 | 0 | 38,130 | 0,588 | 1,949 | 3,798 | 35,870 | 36,720 | 37,750 | 38,970 | 42,210 |
| Σ-G-E | 14 | 0 | 37,490 | 0,427 | 1,599 | 2,556 | 35,560 | 36,465 | 37,205 | 37,840 | 41,200 |

| Variable | Range | Skewness | Kurtosis |
|----------|-------|----------|----------|
| Σ-ΠΑΡ-X | 5,840 | -0,16 | -0,90 |
| Σ-ΠΑΡ-E | 5,690 | 0,33 | -0,52 |
| Σ-KP-X | 4,950 | -0,19 | 1,39 |
| Σ-KP-E | 13,99 | -1,07 | 1,37 |
| Σ-ΟΥΔ-X | 7,530 | 0,06 | -0,53 |
| Σ-ΟΥΔ-E | 7,740 | 0,64 | -0,30 |
| Σ-G-X | 6,340 | 1,23 | 0,83 |
| Σ-G-E | 5,640 | 1,39 | 1,70 |

Πίνακας 3-4 Περιγραφική στατιστική σε δεδομένα ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό την χειμερινή και εαρινή περίοδο έτους 2022.

Κατηγορία Παρφέ

Αναλύεται ίσος αριθμός 21 δειγμάτων και οι μέσες τιμές στους δύο πληθυσμούς είναι 50,31 για τη χειμερινή περίοδο και 50,387 για την εαρινή. Οι τυπικές αποκλίσεις είναι αντίστοιχα, 1,571 και 1,596. Επίσης, η διάμεσος για τις τιμές της χειμερινής περιόδου είναι 50,17 και της εαρινής 50,55. Η μέγιστη τιμή για τη χειμερινή περίοδο είναι 52,94 και η ελάχιστη 47,10 και για την εαρινή περίοδο η μέγιστη τιμή είναι 53,82 και η ελάχιστη 48,13. Οι συντελεστές λοξότητας και κύρτωσης για τη χειμερινή περίοδο είναι αρνητικοί, -0,16 και -0,90, αντίστοιχα. Οι τιμές αυτές δείχνουν πως η κατανομή εμφανίζει αρνητική λοξότητα και είναι πλατύκυρτη, δηλαδή λιγότερο αιχμηρή από την κανονική κατανομή. Το 25% των μετρήσεων για τη χειμερινή περίοδο είναι κάτω από 49,065 και το 75% των τιμών είναι κάτω από 52,94. Για την εαρινή περίοδο, ο συντελεστής λοξότητας είναι 0,33 δείχνοντας θετική λοξότητα για την κατανομή. Ο συντελεστής κύρτωσης είναι -0,52 θεωρώντας την κατανομή πλατύκυρτη. Το 25% των τιμών για την εαρινή περίοδο είναι κάτω από 48,87 και το 75% των τιμών κάτω από 53,82. Το εύρος των τιμών μεταξύ των δύο περιόδων δε

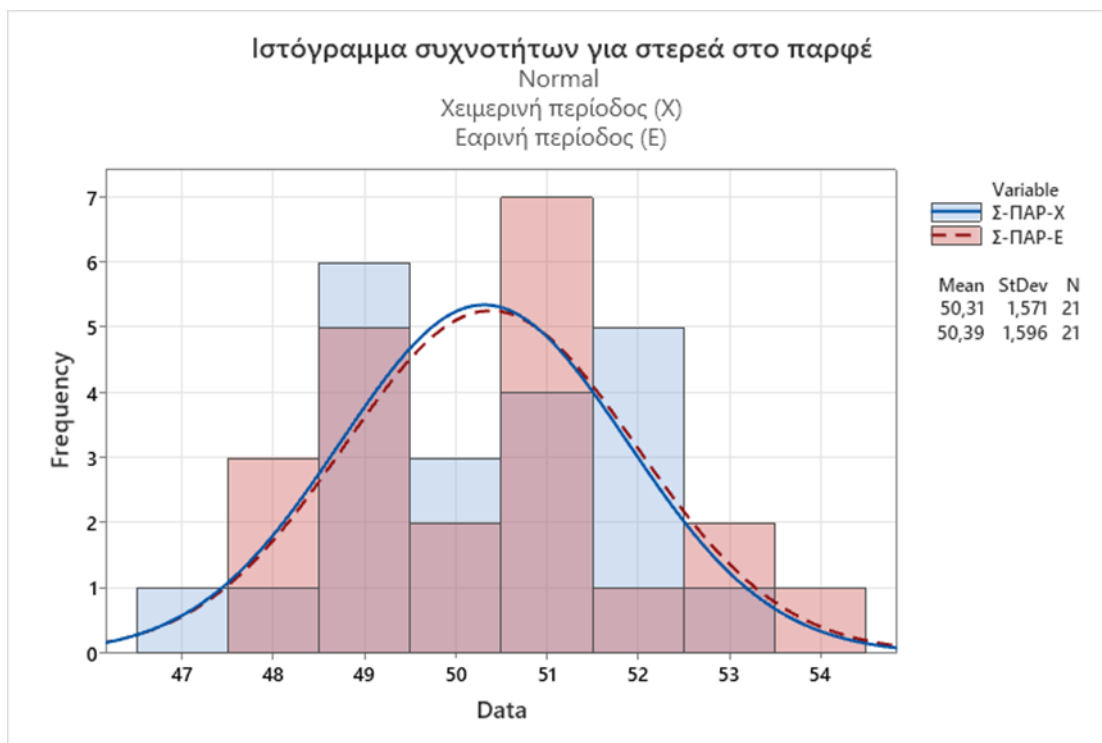
διαφέρει πολύ αλλά δεν δίνεται ιδιαίτερη βάση σε αυτό το μέτρο όταν τα δείγματα είναι μεγάλα σε μέγεθος. Τα παραπάνω στοιχεία φαίνονται συνοπτικά στον Πίνακα 3-4.

Από το ιστόγραμμα (Διάγραμμα 3-9) φαίνεται πως οι κατανομές για τις δύο περιόδους είναι ίδιες, παρουσιάζουν σχεδόν ίδια μέση τιμή και τυπική απόκλιση. Παρατηρείται μικρή διαφορά μεταξύ μέσης τιμής και διαμέσου και στις δύο περιόδους. Από τα στοιχεία του Πίνακα 3-3, φαίνεται πως τη χειμερινή περίοδο η μέση τιμή είναι μεγαλύτερη από τη διάμεσο ($50,31 > 50,17$), ενώ την εαρινή περίοδο η μέση τιμή είναι μικρότερη από την διάμεσο ($50,387 < 50,55$). Έτσι, η πρώτη κατανομή είναι ελαφρώς λοξή προς τα δεξιά, ενώ η δεύτερη λοξή προς τα αριστερά.

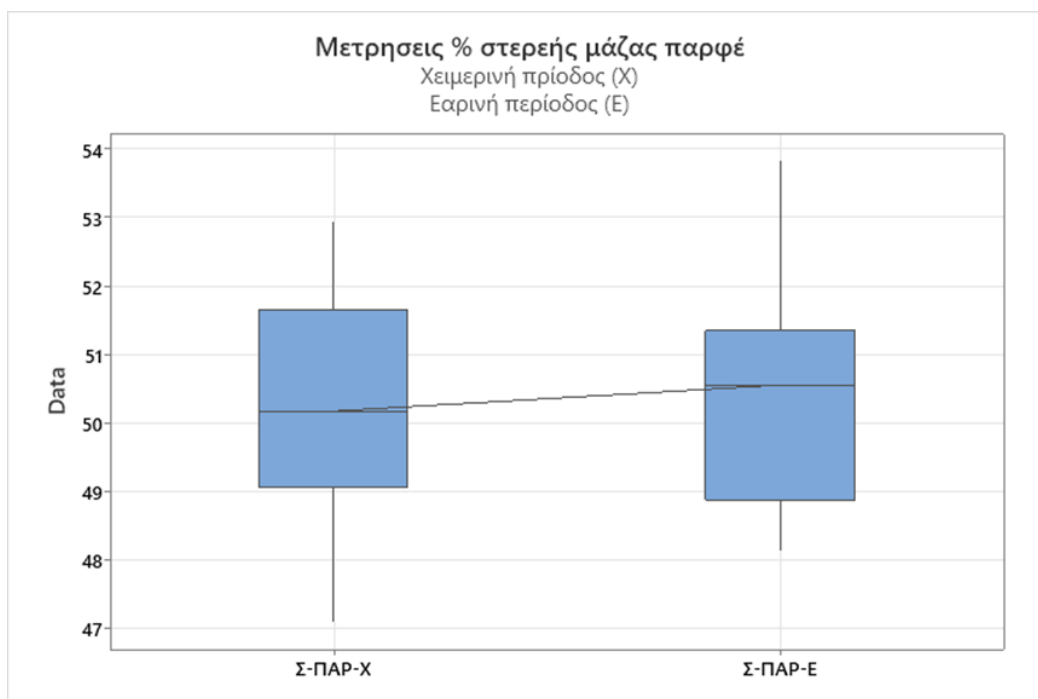
Το θηκόγραμμα (Διάγραμμα 3-10) για την κατηγορία παρφέ δείχνει μικρή διαφορά μεταξύ των διαμέσων. Παρατηρείται πως η κατανομή για τα δεδομένα της χειμερινής περιόδου είναι λοξή προς τα δεξιά, καθώς η γραμμή της διαμέσου είναι κάτω από το κέντρο του παραλληλόγραμμου, ενώ της εαρινής περιόδου είναι λοξή προς τα αριστερά, καθώς η γραμμή της διαμέσου είναι πάνω από το κέντρο του παραλληλόγραμμου. Δεν υπάρχουν εξωκείμενες τιμές.

Το Interval plot (Διάγραμμα 3-11) για την κατηγορία παρφέ παρουσιάζει ομοιότητες μεταξύ των δύο κατανομών. Οι πληθυσμοί έχουν σχεδόν ίδιο εύρος τιμών, μέσες τιμές και συμπίπτουν με ελάχιστη διαφορά οι ακραίες τιμές τους.

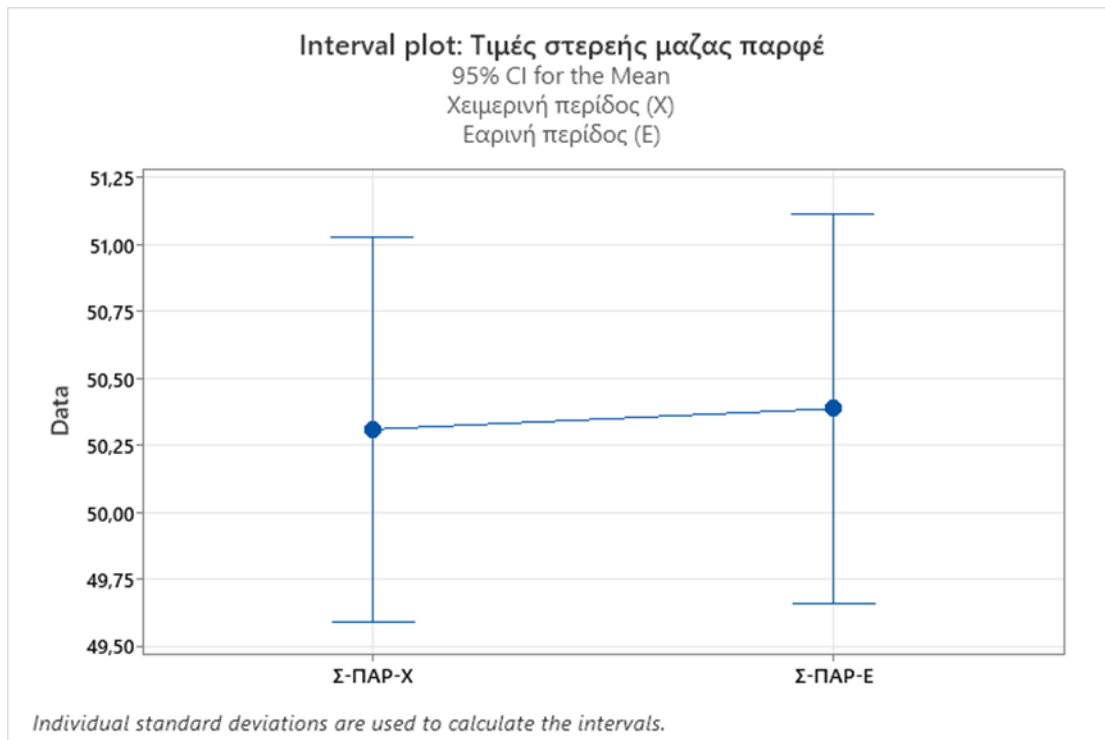
Τέλος, από το διάγραμμα πιθανότητας (Διάγραμμα 3-12) συμπεραίνεται ότι οι κατανομές είναι κανονικές καθώς $p > 0,05$ και στις κατανομές. Επίσης, όλα τα σημεία βρίσκονται εντός της ζώνης των εξωτερικών καμπυλών του διαγράμματος.



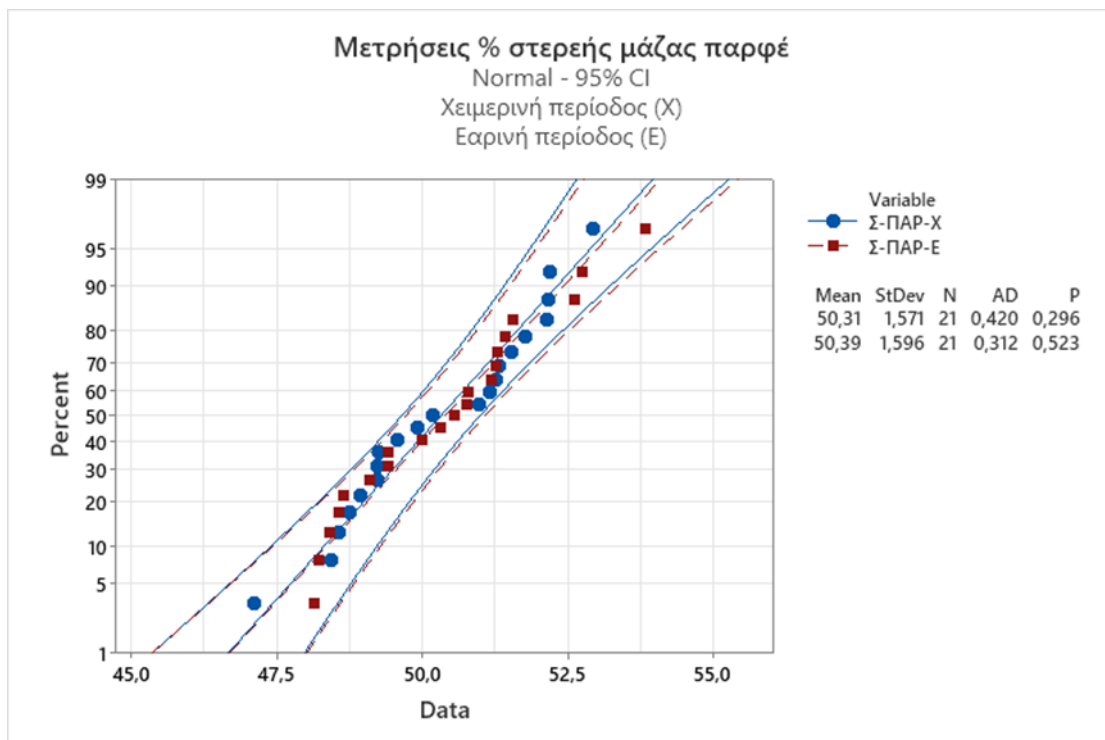
Διάγραμμα 3-9 Ιστόγραμμα δεδομένων ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό χειμερινής και εαρινής περιόδου έτους 2022 για την κατηγορία Παρφέ.



Διάγραμμα 3-10 Θηκόγραμμα δεδομένων ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό χειμερινής και εαρινής περιόδου έτους 2022 για την κατηγορία Παρφέ.



Διάγραμμα 3-11 Interval plot δεδομένων ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό χειμερινής και εαρινής περιόδου έτους 2022 για την κατηγορία Παρφέ.



Διάγραμμα 3-12 Διάγραμμα πιθανότητας δεδομένων ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό χειμερινής και εαρινής περιόδου έτους 2022 για την κατηγορία Παρφέ.

Κατηγορία Κρέμα

Σε αυτή την κατηγορία δεν είναι ίδιος ο αριθμός των δειγμάτων μεταξύ των δύο περιόδων (Πίνακας 3-4). Στη χειμερινή περίοδο για το έτος 2022 αναλύθηκαν 12 δείγματα ενώ στην εαρινή 10 δείγματα. Οι μέσες τιμές για τη χειμερινή και την εαρινή περίοδο αντίστοιχα είναι 32,779 και 31,38. Οι τυπικές αποκλίσεις είναι αντίστοιχα 1,258 και 3,97. Τα δεδομένα στη χειμερινή περίοδο έχουν διάμεσο 32,89, ελάχιστη τιμή 30,30 και μέγιστη 35,25. Παρομοίως, για την εαρινή περίοδο η διάμεσος είναι 32,20, η ελάχιστη τιμή 23,22 και η μέγιστη 37,21. Για τη χειμερινή περίοδο, ο συντελεστής λοξότητας είναι -0,19 εμφανίζοντας αρνητική λοξότητα και ο συντελεστής κύρτωσης είναι 1,39 και αφού είναι θετικός η κατανομή θεωρείται λεπτόκυρτη, δηλαδή περισσότερο αιχμηρή από την κανονική. Το 25% των μετρήσεων είναι κάτω από 32,438 και το 75% των μετρήσεων είναι κάτω από 33,215. Για την εαρινή περίοδο, ο συντελεστής λοξότητας είναι -1,07 εμφανίζοντας αρνητική λοξότητα και ο συντελεστής κύρτωσης είναι 1,37 καθιστώντας την κατανομή λεπτόκυρτη. Το 25% των τιμών είναι κάτω από 30,26 και το 75% των τιμών είναι κάτω από 33,05. Το εύρος των τιμών για της δύο περιόδους εμφανίζει μεγάλη διαφορά.

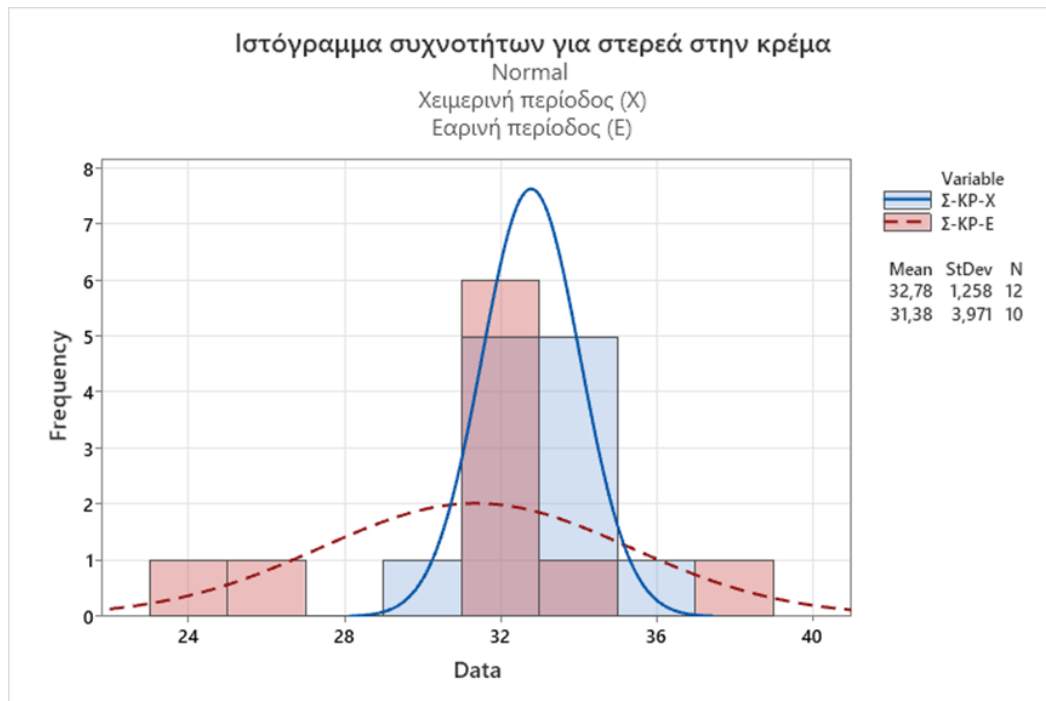
Το ιστόγραμμα (Διάγραμμα 3-13) δείχνει πως οι μέσες τιμές διαφέρουν αρκετά και παρατηρείται εμφανής διαφορά στη διασπορά. Για τη χειμερινή περίοδο, η μέση τιμή είναι μικρότερη από τη διάμεσο γι' αυτό η κατανομή είναι λοξή προς τα αριστερά. Όμως, την εαρινή περίοδο η μέση τιμή είναι μεγαλύτερη από τη διάμεσο κι έτσι η κατανομή είναι λοξή προς τα δεξιά.

Το θηκόγραμμα (Διάγραμμα 3-14) δείχνει μικρή διαφορά μεταξύ των διαμέσων των δύο περιόδων. Το θηκόγραμμα της εαρινής περιόδου είναι περισσότερο «απλωμένο» από της χειμερινής. Τα στοιχεία αυτά δείχνουν πως οι δύο κατανομές δε διαφέρουν ως προς τη θέση, αλλά διαφέρουν ως προς τη μεταβλητότητα. Η κατανομή της εαρινής περιόδου είναι λοξή προς τα δεξιά, καθώς η γραμμή της διαμέσου είναι πάνω από το κέντρο του παραλληλογράμμου. Τέλος, υπάρχουν εξωκείμενες τιμές που παρουσιάζουν λοξότητα και στις δύο κατανομές.

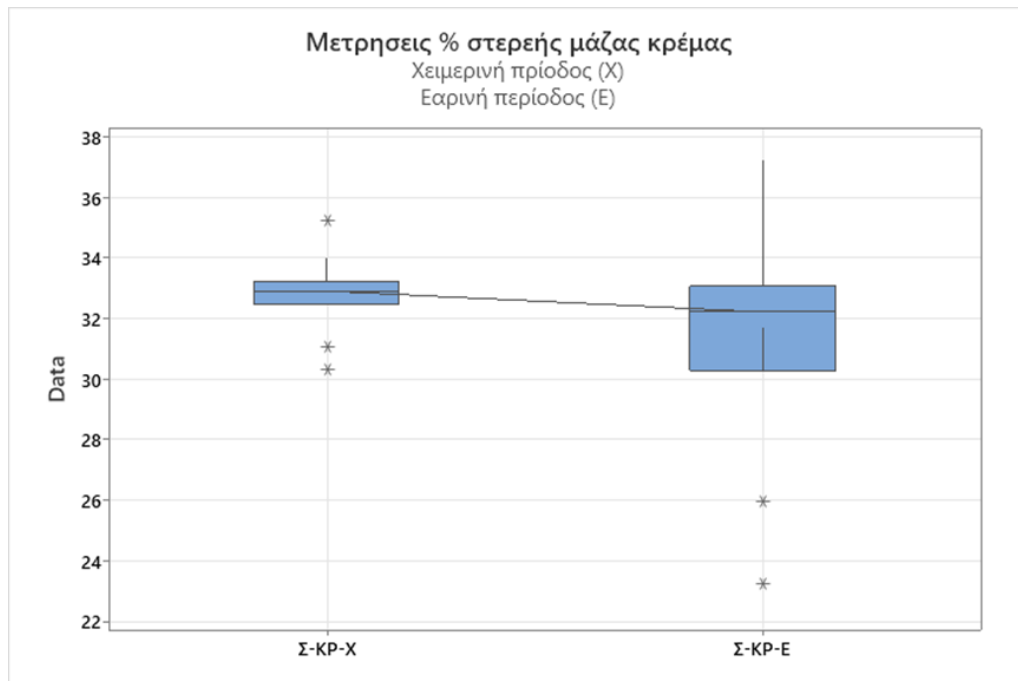
Το Interval plot (Διάγραμμα 3-15) δείχνει μεγάλη διαφορά στα εύρη τιμών των δύο πληθυσμών και αρκετά μεγάλη διαφορά στις μέσες τιμές.

Το διάγραμμα πιθανότητας (Διάγραμμα 3-16) δείχνει πως μόνο η κατανομή της χειμερινής περιόδου με $p=0,155>0,05$ μπορεί να ακολουθεί το πρότυπο της κανονικής κατανομής.

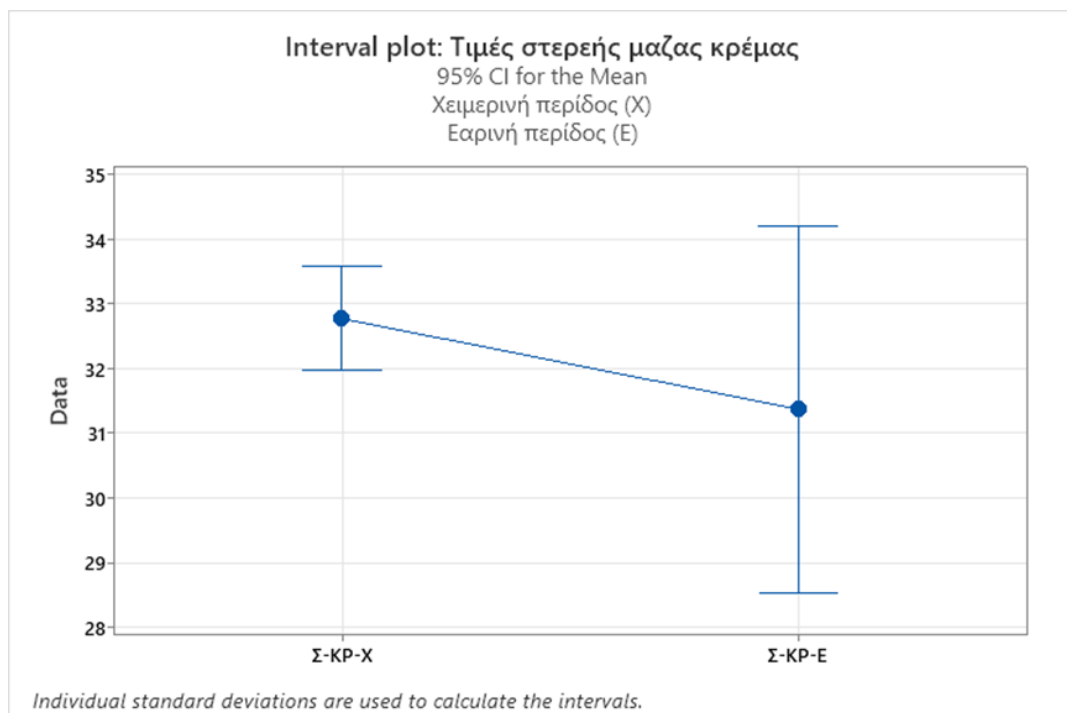
Αντίθετα, για την εαρινή περίοδο $p=0,015<0,05$, άρα η κανονική κατανομή δεν αποτυπώνει ικανοποιητικά τη συμπεριφορά των δεδομένων. Επίσης, φαίνεται πως τα σημεία στην κατανομή της χειμερινής περιόδου βρίσκονται εντός της ζώνης των εξωτερικών καμπυλών του διαγράμματος, κάτι που δεν ισχύει για τα σημεία της κατανομής της εαρινής περιόδου.



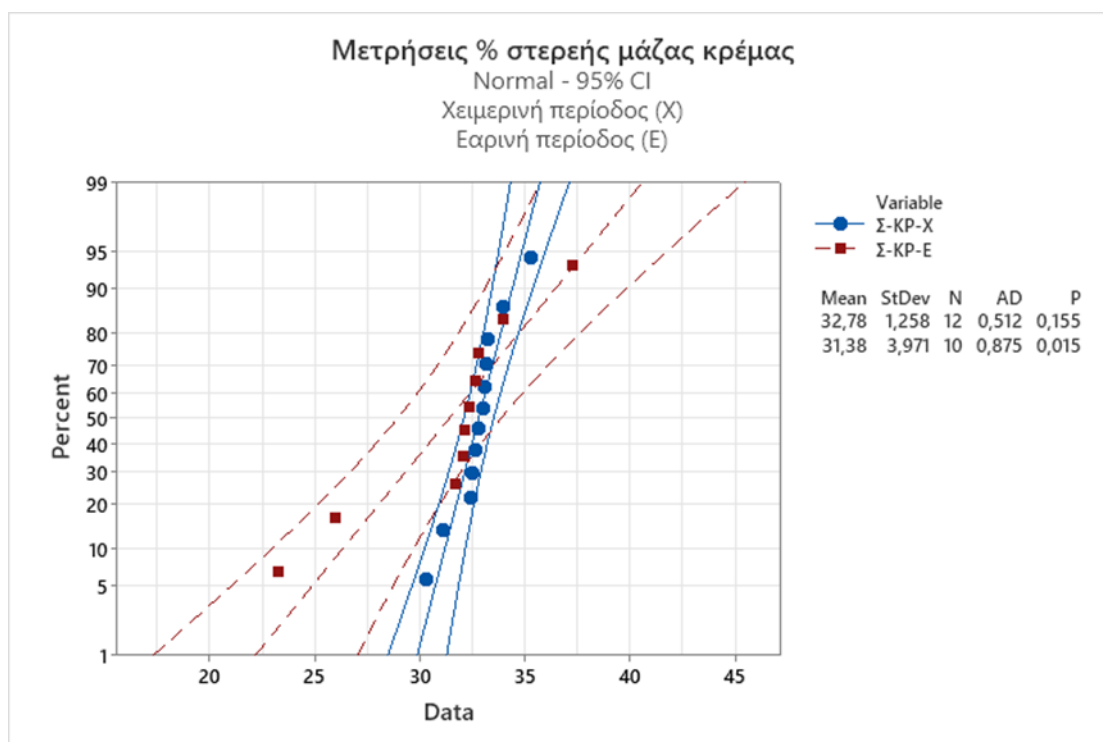
Διάγραμμα 3-13 Ιστόγραμμα δεδομένων ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό χειμερινής και εαρινής περιόδου έτους 2022 για την κατηγορία Κρέμα.



Διάγραμμα 3-14 Θηκόγραμμα δεδομένων ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό χειμερινής και εαρινής περιόδου έτους 2022 για την κατηγορία Κρέμα.



Διάγραμμα 3-15 Interval plot δεδομένων ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό χειμερινής και εαρινής περιόδου έτους 2022 για την κατηγορία Κρέμα.



Διάγραμμα 3-16 Διάγραμμα πιθανότητας δεδομένων ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό χειμερινής και εαρινής περιόδου έτους 2022 για την κατηγορία Κρέμα.

Κατηγορία Ουδέτερο

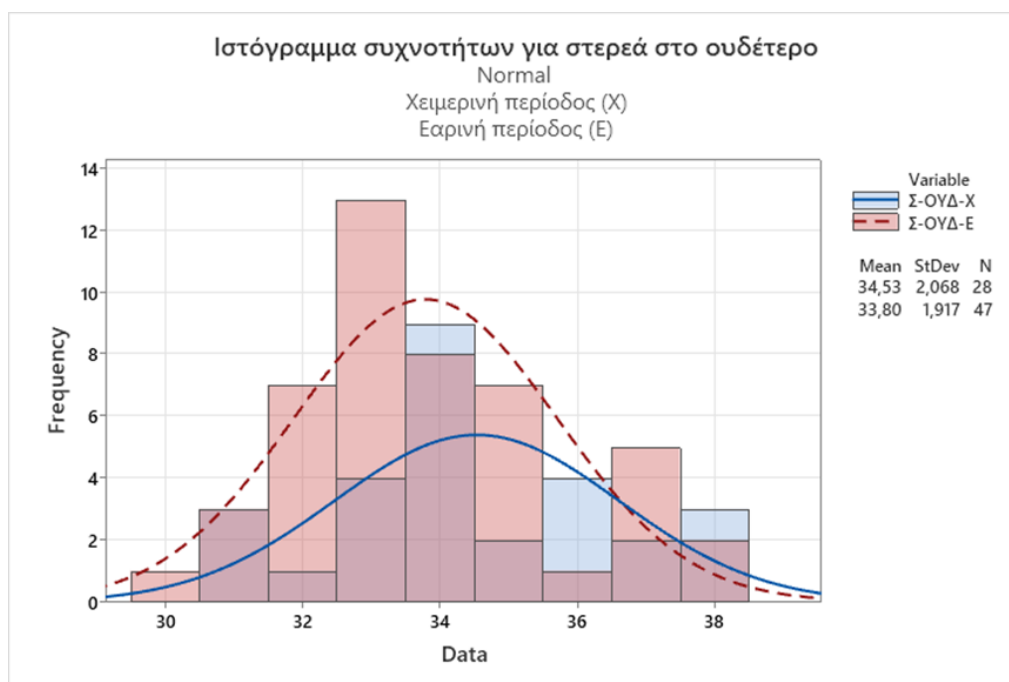
Ο αριθμός των δειγμάτων για τη χειμερινή περίοδο είναι 28 ενώ για την εαρινή είναι 47. Οι τιμές της χειμερινής περιόδου έχουν μέση τιμή 34,534 και τυπική απόκλιση 2,068. Οι τιμές της εαρινής περιόδου έχουν μέση τιμή 33,798 και τυπική απόκλιση 1,917. Επίσης, η διάμεσος των δεδομένων για την χειμερινή περίοδο είναι 34,09, η ελάχιστη τιμή είναι 30,57 και η μέγιστη 38,10. Για τα δεδομένα της εαρινής περιόδου η διάμεσος είναι 33,47, η ελάχιστη τιμή είναι 30,30 και η μέγιστη 38,04. Για τη χειμερινή περίοδο, ο συντελεστής λοξότητας είναι 0,06, δηλώνοντας ουσιαστικά πως δεν υπάρχει λοξότητα αφού ο συντελεστής είναι πολύ κοντά στο 0. Ο συντελεστής κύρτωσης είναι -0,53 θεωρώντας την κατανομή πλατύκυρτη. Το 25% των τιμών είναι κάτω από 33,382 και το 75% είναι κάτω από 36,36. Για την εαρινή περίοδο, ο συντελεστής λοξότητας είναι 0,64 εμφανίζοντας θετική λοξότητα και ο συντελεστής κύρτωσης είναι -0,30 χαρακτηρίζοντας την κατανομή πλατύκυρτη. Το 25% των τιμών είναι κάτω από 32,62 και το 75% των τιμών είναι κάτω από 34,88, πρώτο και τρίτο τεταρτημόριο, αντίστοιχα. Το εύρος των τιμών μεταξύ των δύο περιόδων διαφέρει κατά 0,21 μονάδες. Όλα τα παραπάνω φαίνονται συνοπτικά στον Πίνακα 3-4.

Από το ιστόγραμμα (Διάγραμμα 3-17) φαίνεται η διαφορά στις μέσες τιμές και τις διασπορές των κατανομών. Και στις δύο κατανομές, η μέση τιμή είναι μεγαλύτερη από τη διάμεσο, έτσι οι κατανομές εμφανίζουν λοξότητα προς τα δεξιά.

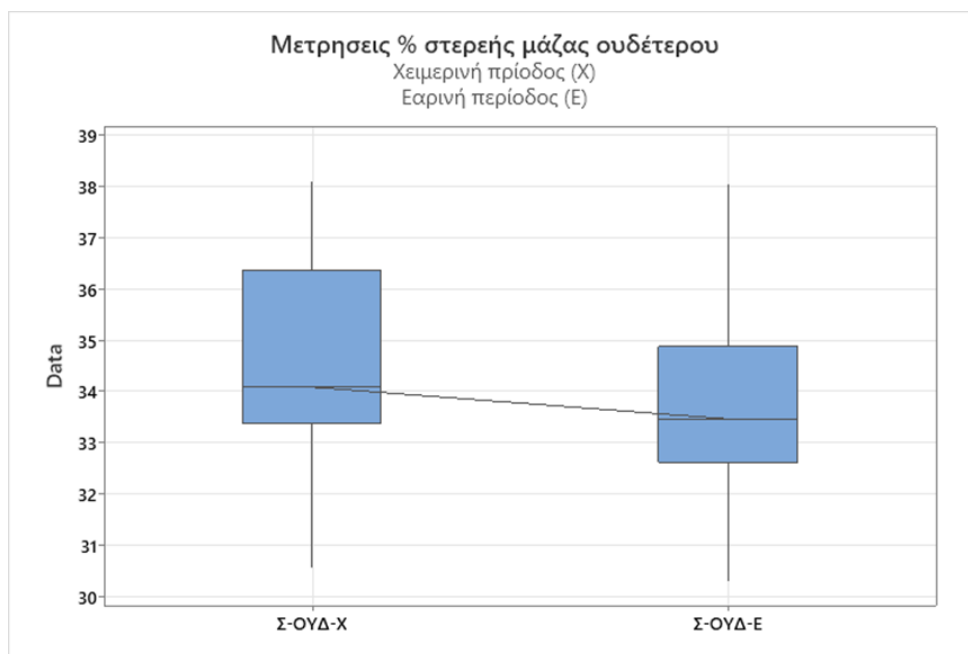
Το θηκόγραμμα (Διάγραμμα 3-18) παρουσιάζει διαφορά στις διαμέσους των δύο κατανομών και φαίνεται πως και οι δύο κατανομές είναι λοξές προς τα δεξιά, καθώς η γραμμή της διαμέσου είναι κάτω από το κέντρο του παραλληλόγραμμου και στις δύο κατανομές. Επιπλέον, το θηκόγραμμα της χειμερινής περιόδου είναι περισσότερο «απλωμένο» από της εαρινής. Από τα παραπάνω, φαίνεται να υπάρχει διαφορά και στη θέση και στη μεταβλητότητα μεταξύ των δύο κατανομών. Τέλος, δεν υπάρχουν εξωκείμενες τιμές.

Το Interval plot (Διάγραμμα 3-19) δείχνει διαφορά στις μέσες τιμές όπως και στα εύρη τιμών των δύο πληθυσμών.

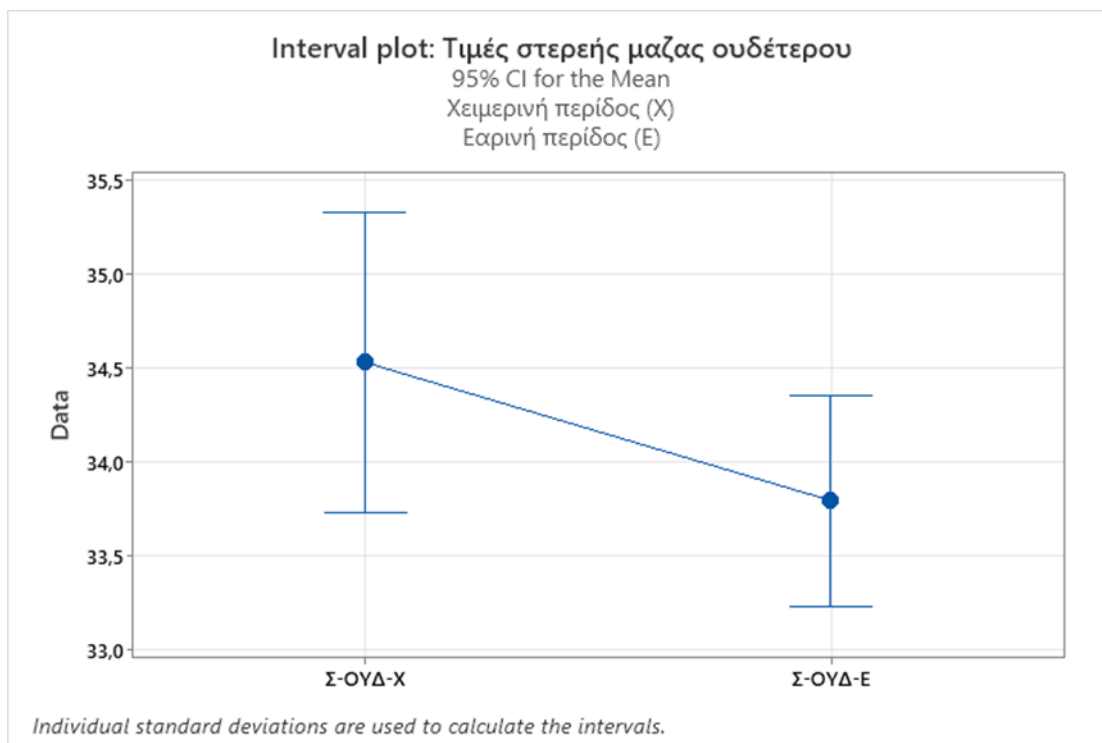
Τέλος, από το διάγραμμα πιθανότητας (Διάγραμμα 3-20), συμπεραίνεται ότι η κατανομή της χειμερινής περιόδου ακολουθεί το πρότυπο της κανονικής κατανομής με τιμή $p=0,308>0,05$. Ωστόσο, δεν ισχύει το ίδιο για την κατανομή της εαρινής περιόδου καθώς $p=0,013<0,05$. Επίσης, παρατηρείται πως όλα τα σημεία της χειμερινής περιόδου βρίσκονται εντός της ζώνης των εξωτερικών καμπυλών του διαγράμματος, ενώ πολλά σημεία της εαρινής περιόδου βρίσκονται πάνω στις εξωτερικές καμπύλες του αντίστοιχου διαγράμματος και γι' αυτό το πρότυπο της κανονικής κατανομής δεν περιγράφει ικανοποιητικά τα δεδομένα αυτής της περιόδου.



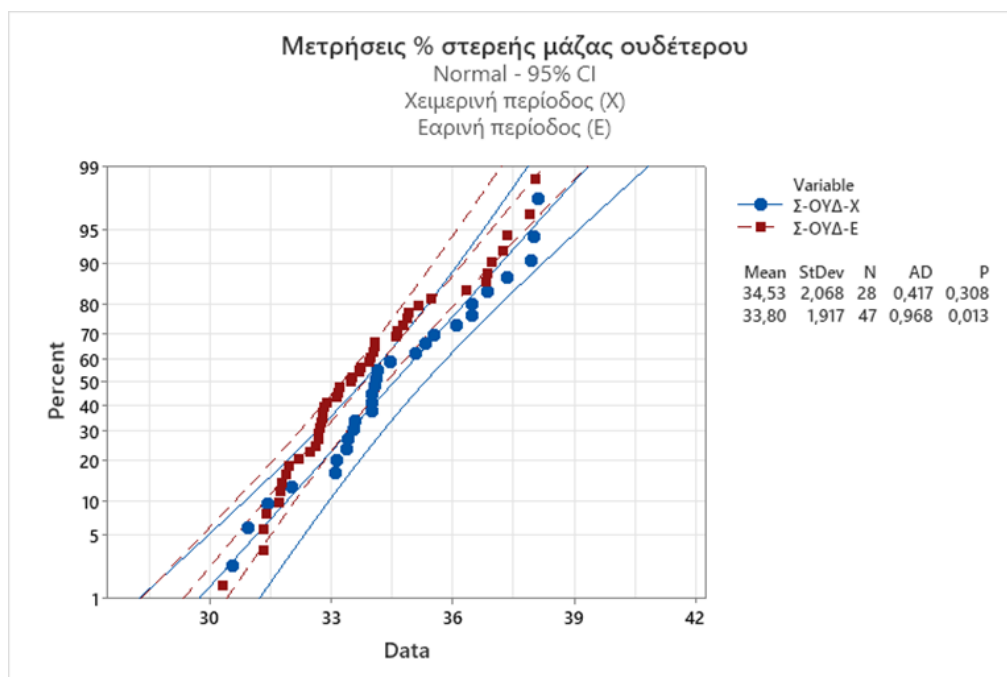
Διάγραμμα 3-17 Ιστόγραμμα δεδομένων ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό χειμερινής και εαρινής περιόδου έτους 2022 για την κατηγορία Ουδέτερο.



Διάγραμμα 3-18 Θηκόγραμμα δεδομένων ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό χειμερινής και εαρινής περιόδου έτους 2022 για την κατηγορία Ουδέτερο.



Διάγραμμα 3-19 Interval plot δεδομένων ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό χειμερινής και εαρινής περιόδου έτους 2022 για την κατηγορία Ουδέτερο.



Διάγραμμα 3-20 Διάγραμμα πιθανότητας δεδομένων ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό χειμερινής και εαρινής περιόδου έτους 2022 για την κατηγορία Ουδέτερο.

Κατηγορία Gourmet

Το πλήθος των δύο πληθυσμών είναι 11 και 14 δείγματα για τη χειμερινή και την εαρινή περίοδο, αντίστοιχα. Τα δεδομένα της χειμερινής περιόδου έχουν μέση τιμή 38,13, τυπική απόκλιση 1,949, διάμεσο 37,75, ελάχιστη τιμή 35,87 και μέγιστη τιμή 42,21. Τα δεδομένα της εαρινής περιόδου έχουν μέση τιμή 37,49, τυπική απόκλιση 1,599, διάμεσο 37,205, ελάχιστη τιμή 35,56 και μέγιστη τιμή 41,20. Στην κατανομή της χειμερινής περιόδου, ο συντελεστής λοξότητας είναι 1,23 εμφανίζοντας θετική λοξότητα και ο συντελεστής κύρτωσης είναι 0,83, χαρακτηρίζοντας την κατανομή λεπτόκυρτη, δηλαδή περισσότερο αιχμηρή από την κανονική. Το 25% των τιμών είναι κάτω από 36,72 και το 75% των τιμών είναι κάτω από 38,97. Στην κατανομή της εαρινής περιόδου, ο συντελεστής λοξότητας είναι 1,39 εμφανίζοντας θετική λοξότητα και ο συντελεστής κύρτωσης είναι 1,70, χαρακτηρίζοντας την κατανομή λεπτόκυρτη. Το 25% των τιμών είναι κάτω από 36,465, δηλαδή το πρώτο τεταρτημόριο και το 75% είναι κάτω από 37,84, δηλαδή το τρίτο τεταρτημόριο. Το εύρος τιμών των δύο πληθυσμών διαφέρει κατά 0,7 μονάδες (Πίνακας 3-4).

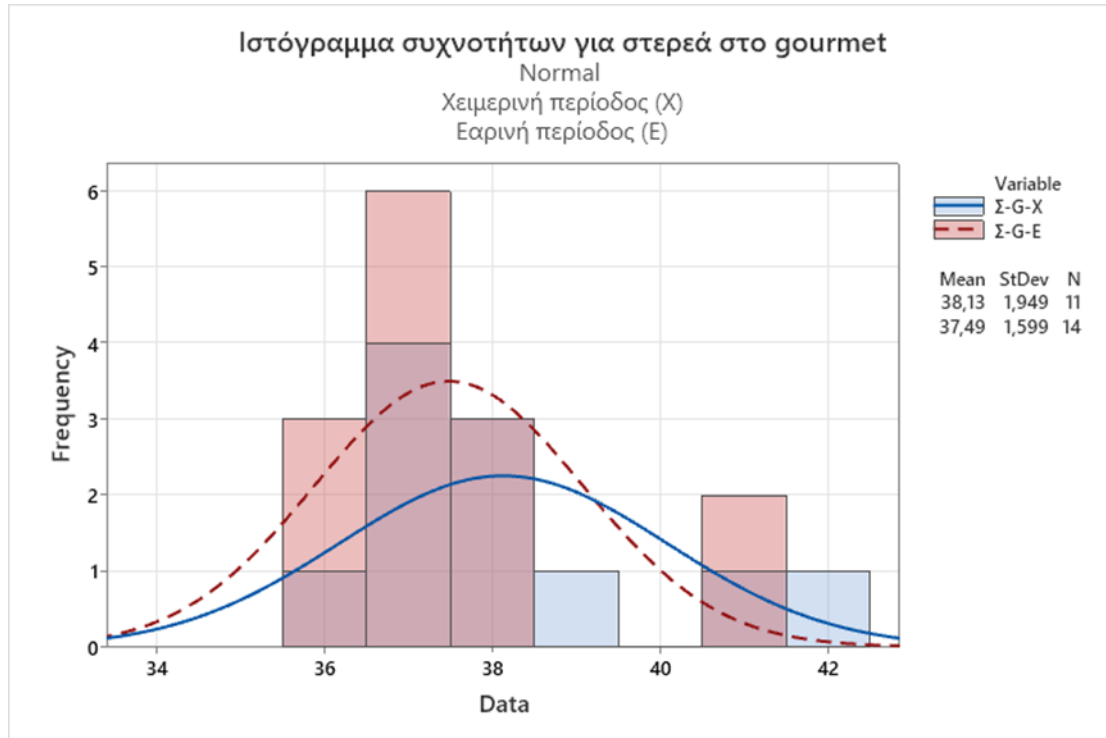
Το ιστόγραμμα (Διάγραμμα 3-21) δείχνει μικρή διαφορά στις μέσες τιμές και στη διασπορά και παρατηρείται λοξότητα προς τα δεξιά και στις δύο κατανομές, καθώς οι μέσες τιμές των κατανομών είναι μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες διαμέσους.

Το θηκόγραμμα (Διάγραμμα 3-22) δείχνει μικρή διαφορά στις διαμέσους. Το θηκόγραμμα της χειμερινής περιόδου είναι περισσότερο «απλωμένο» από το θηκόγραμμα της εαρινής περιόδου. Τα παραπάνω στοιχεία δείχνουν πως οι κατανομές διαφέρουν και ως προς τη θέση και ως προς τη μεταβλητότητα. Από τις γραμμές των διαμέσων δε φαίνεται καθαρά η μικρή θετική λοξότητα που υπάρχει γιατί βρίσκονται στο κέντρο του παραλληλόγραμμου. Επίσης, υπάρχουν εξωκείμενες τιμές στο θηκόγραμμα της εαρινής περιόδου και γι' αυτό η κατανομή θεωρείται λοξή προς τα δεξιά.

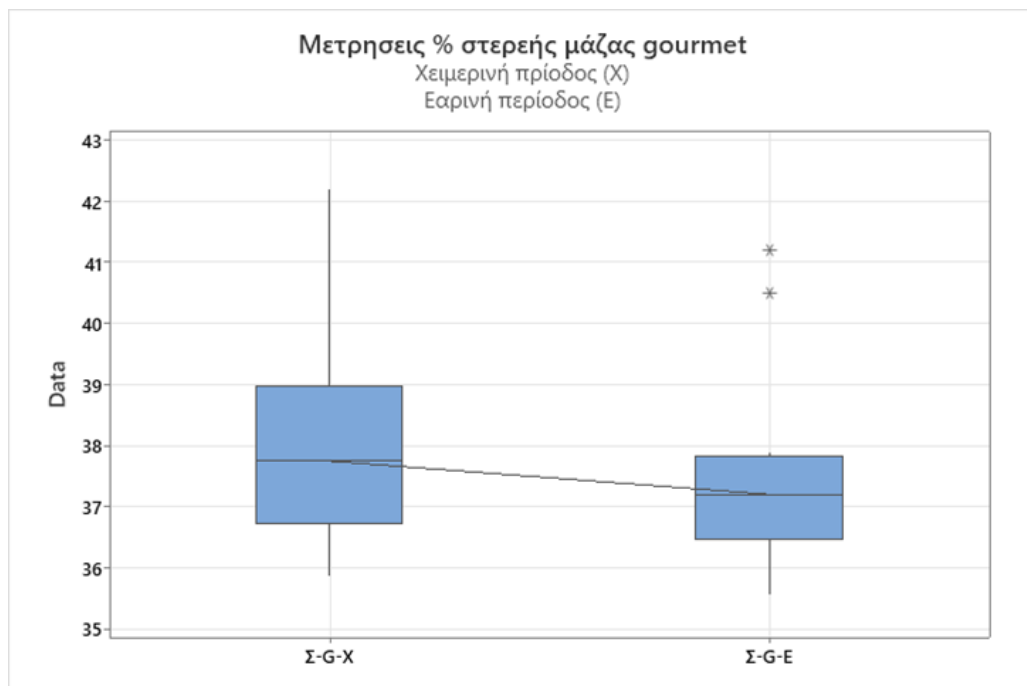
Στη κατηγορία αυτή το Interval plot (Διάγραμμα 3-23) δείχνει διαφορά και στα εύρη τιμών και στις μέσες τιμές των δύο πληθυσμών.

Το διάγραμμα πιθανότητας (Διάγραμμα 3-24) δίνει τιμή p για την χειμερινή περίοδο 0,079 και για την εαρινή 0,022. Καμία από τις δύο κατανομές δεν ακολουθούν το πρότυπο της κανονικής καθώς η τιμή p της εαρινής περιόδου είναι μικρότερη από το επίπεδο σημαντικότητας 5% και της χειμερινής περιόδου πλησιάζει πολύ το όριο αυτό. Επίσης, τα

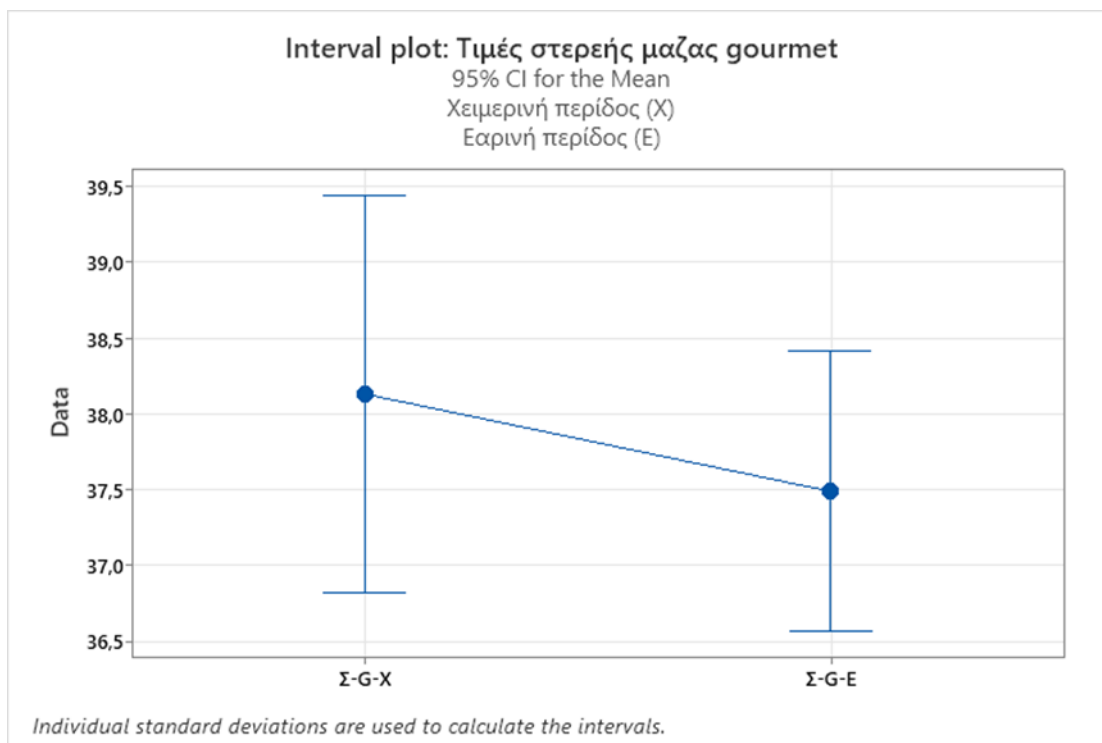
σημεία των κατανομών ενώ βρίσκονται εντός της ζώνης των εξωτερικών καμπυλών δεν ακολουθούν τη κεντρική γραμμή αντίστοιχα για κάθε κατανομή.



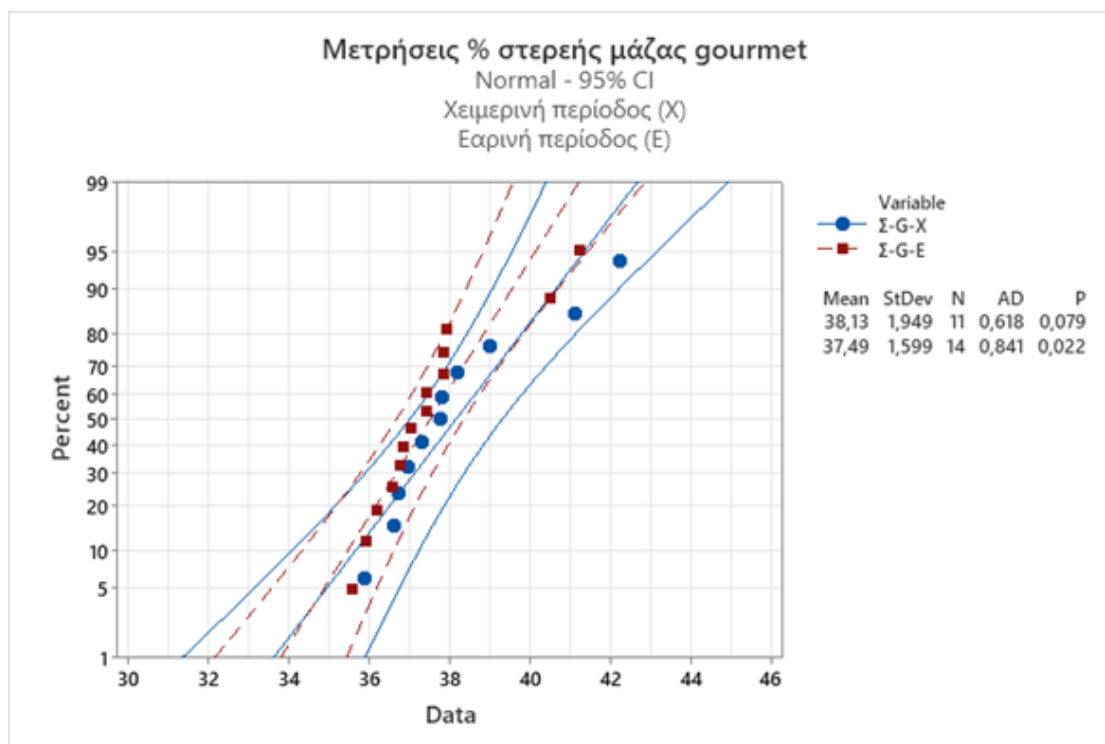
Διάγραμμα 3-21 Ιστόγραμμα δεδομένων ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό χειμερινής και εαρινής περιόδου έτους 2022 για την κατηγορία **Gourmet**.



Διάγραμμα 3-22 Θηκόγραμμα δεδομένων ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό χειμερινής και εαρινής περιόδου έτους 2022 για την κατηγορία **Gourmet**.



Διάγραμμα 3-23 Interval plot δεδομένων ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό χειμερινής και εαρινής περιόδου έτους 2022 για την κατηγορία Gourmet.



Διάγραμμα 3-24 Διάγραμμα πιθανότητας δεδομένων ποσοστού στερεής μάζας στο παγωτό χειμερινής και εαρινής περιόδου έτους 2022 για την κατηγορία Gourmet.

Έλεγχος υπόθεσης

Στη συνέχεια πραγματοποιείται έλεγχος two-sample T-test μεταξύ των δεδομένων της χειμερινής και εαρινής περιόδου για κάθε κατηγορία ώστε να ελεγχθεί εάν διαφέρουν ως προς τις μέσες τιμές. Έτσι, γίνεται έλεγχος με μηδενική υπόθεση $H_0: \mu_X - \mu_E = 0$ έναντι της εναλλακτικής υπόθεσης $H_A: \mu_X - \mu_E \neq 0$ και επίπεδο σημαντικότητας 5%. Για το παρφέ η τιμή p που προκύπτει είναι 0,875, για την κρέμα είναι 0,26, για το ουδέτερο 0,122 και για το gourmet 0,376. Με τα παραπάνω αποτελέσματα που δίνει το Minitab καμία κατηγορία δεν παρουσιάζει διαφορά στο ποσοστό στερεής μάζας μεταξύ χειμερινής και εαρινής περιόδου. Το αποτέλεσμα αυτό ταιριάζει με το αποτέλεσμα του ελέγχου για την περιεκτικότητα σε λιπαρά, ο οποίος έδειξε πως δεν διαφέρει το ποσοστό λιπαρών στο παγωτό μεταξύ χειμερινής και εαρινής περιόδου. Έτσι, το ποσοστό στερεών δεν αλλάζει ανάλογα την περίοδο, αφού επηρεάζεται από την περιεκτικότητα σε λιπαρά του παγωτού.

3.3 Ανάλυση υπολοίπων

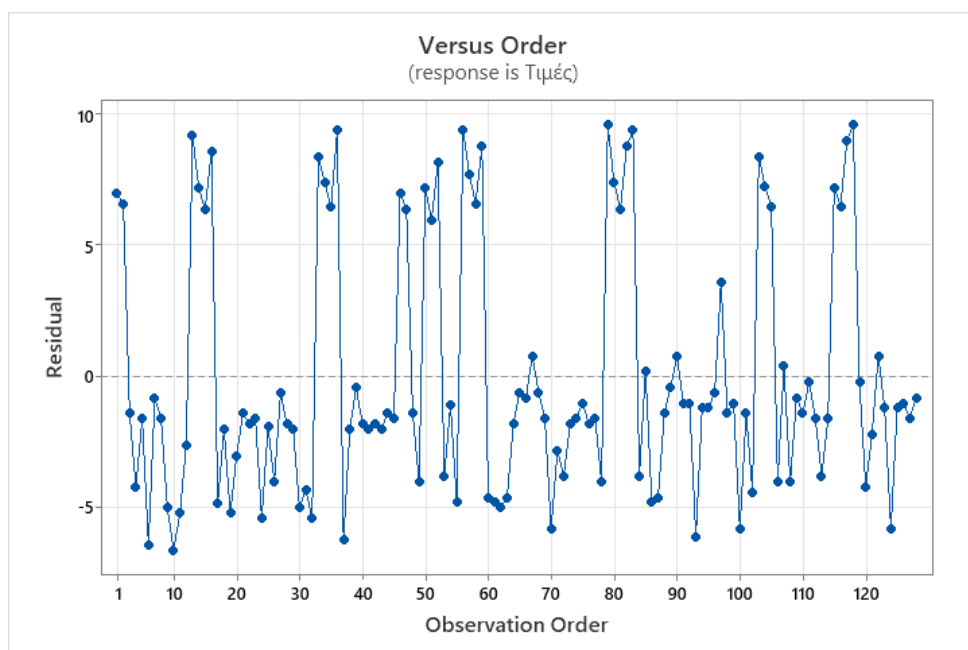
Οι μέθοδοι στατιστικής συμπερασματολογίας που παρουσιάζονται παραπάνω έχουν αναπτυχθεί με βάση υποθέσεις για συγκεκριμένα πρότυπα και για τις τυχαίες μεταβλητές που περιλαμβάνονται στα πρότυπα αυτά. Για να διερευνηθεί κατά πόσο οι βασικές υποθέσεις ενός προτύπου είναι λογικές ή όχι, χρησιμοποιούνται τα υπόλοιπα μετά την προσαρμογή του προτύπου. Επειδή οι τιμές των υπολοίπων είναι εκτιμητές των τυχαίων σφαλμάτων του προτύπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για διερευνητικό έλεγχο των υποθέσεων της ανεξαρτησίας, της κανονικής κατανομής και της ομοσκεδαστικότητας (ίσης διασποράς) των σφαλμάτων. Παρακάτω χρησιμοποιούνται γραφικές παραστάσεις για το σκοπό αυτό (Κουτρουβέλης, 2002).

3.3.1 Ανάλυση υπολοίπων – Περιεκτικότητα λιπαρών παγωτού

Έλεγχος ανεξαρτησίας

Στο διάγραμμα υπολοίπων ως προς τη χρονική σειρά (Διάγραμμα 3-25) παρατηρείται πως το μοτίβο που ακολουθούν τα σημεία γύρω από την ευθεία $e=0$ δεν είναι τυχαίο. Επίσης,

από τον στατιστικό έλεγχο (Πίνακας 3-5) φαίνεται πως και για τις δύο περιόδους, $p\text{-value} < 0,05$ κι έτσι απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση της ανεξαρτησίας των σφαλμάτων.



Διάγραμμα 3-25 Διάγραμμα υπολοίπων ως προς τη χρονική σειρά για τιμές περιεκτικότητας λιπαρών στο παγωτό έτους 2022.

ΛΙΠΑΡΑ

Runs Test: X; E

Descriptive Statistics

| Variable | N | Number of Observations | | |
|----------|----|------------------------|-----|-----|
| | | K | ≤ K | > K |
| X | 52 | 10,2250 | 37 | 15 |
| E | 76 | 10,0151 | 54 | 22 |

$K = \text{sample mean}$

Test

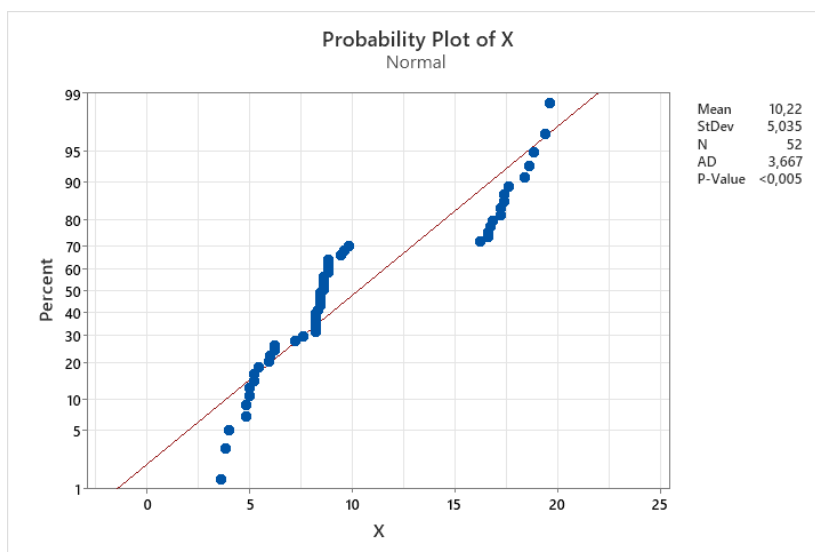
Null hypothesis H_0 : The order of the data is random
Alternative hypothesis H_1 : The order of the data is not random

| Variable | Number of Runs | | |
|----------|----------------|----------|---------|
| | Observed | Expected | P-Value |
| X | 9 | 22,35 | 0,000 |
| E | 21 | 32,26 | 0,002 |

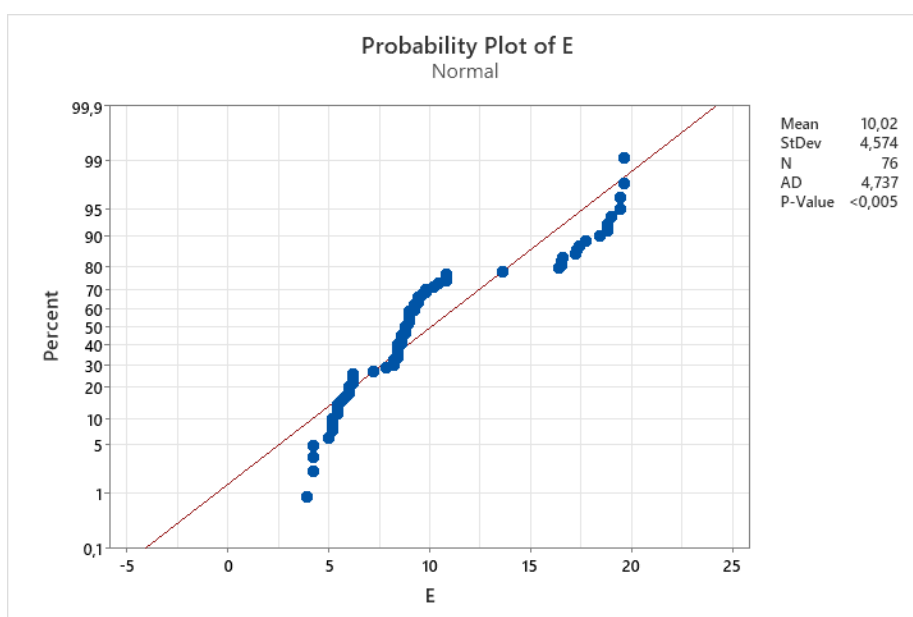
Πίνακας 3-5 Έλεγχος τυχαίας κατανομής των υπολοίπων για την περιεκτικότητα λιπαρών παγωτού έτους 2022.

Έλεγχος Κανονικότητας

Από τα διαγράμματα πιθανότητας χειμερινής και εαρινής περιόδου (Διαγράμματα 3-26 και 3-27) φαίνεται ότι τα σημεία δεν βρίσκονται κοντά στη ευθεία γραμμή και από τον στατιστικό έλεγχο προκύπτει $p\text{-value} < 0,005$, άρα μικρότερο από το επίπεδο σημαντικότητας 5% και έτσι η μηδενική υπόθεση για την κανονική κατανομή των υπολοίπων απορρίπτεται.



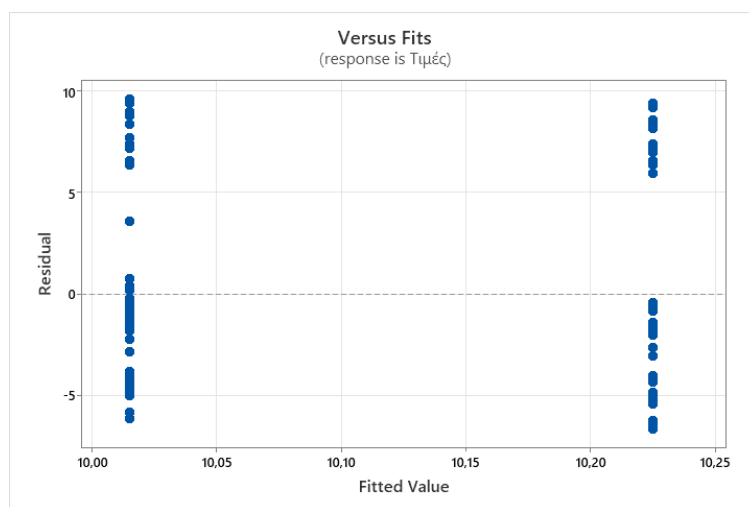
Διάγραμμα 3-26 Κανονικό διάγραμμα πιθανότητας υπολοίπων για τιμές περιεκτικότητας λιπαρών παγωτού έτους 2022 τη χειμερινή περίοδο.



Διάγραμμα 3-27 Κανονικό διάγραμμα πιθανότητας υπολοίπων για τιμές περιεκτικότητας λιπαρών παγωτού έτους 2022 την εαρινή περίοδο.

Έλεγχος Ομοσκεδαστικότητας

Από το διάγραμμα των υπολοίπων (Διάγραμμα 3-28) ως προς τις προσαρμοσμένες τιμές για τις δύο περιόδους, δε φαίνεται να υπάρχει εξάρτηση της μεταβλητότητας των υπολοίπων που αντιστοιχούν σε κάθε περίοδο. Επομένως, δεν υπάρχει λόγος ανησυχίας ως προς την υπόθεση της ομοσκεδαστικότητας των σφαλμάτων. Επίσης, ο στατιστικός έλεγχος Levene (Πίνακας 3-6) δίνει $p\text{-value}=0,426>0,05$ και έτσι η μηδενική υπόθεση για τις ίσες διασπορές γίνεται δεκτή.



Διάγραμμα 3-28 Διάγραμμα υπολοίπων ως προς τις προσαρμοσμένες τιμές για τιμές περιεκτικότητας λιπαρών παγωτού έτους 2022.

Tests

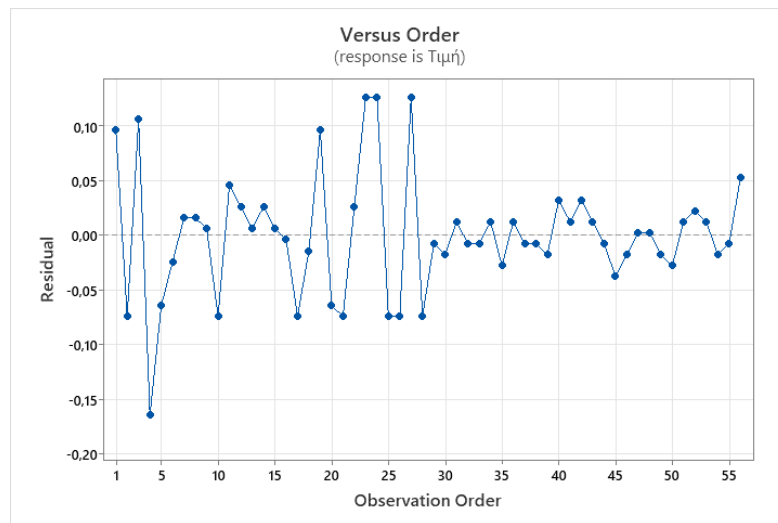
| Method | Test | |
|----------------------|-----------|---------|
| | Statistic | P-Value |
| Multiple comparisons | — | 0,381 |
| Levene | 0,64 | 0,426 |

Πίνακας 3-6 Έλεγχος ομοσκεδαστικότητας σφαλμάτων για τιμές περιεκτικότητας λιπαρών παγωτού έτους 2022.

3.3.2 Ανάλυση υπολοίπων - pH Κρέμας γάλακτος

Έλεγχος Ανεξαρτησίας

Στο διάγραμμα υπολοίπων ως προς τη χρονική σειρά (Διάγραμμα 3-29) φαίνεται πως η διάταξη των σημείων ως προς την ευθεία $e=0$ είναι ακανόνιστη και από τον στατιστικό έλεγχο (Πίνακας 3-7) που έγινε μέσω Minitab, προκύπτει ότι $p\text{-value}=0.719>0.05$. Από τα παραπάνω, η μηδενική υπόθεση για την ανεξαρτησία των υπολοίπων γίνεται δεκτή.



Διάγραμμα 3-29 Διάγραμμα υπολοίπων ως προς τη χρονική σειρά για τιμές pH κρέμας γάλακτος.

ΚΡΕΜΑ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

Runs Test: Εργαστήριο; Προμηθευτής

Descriptive Statistics

| Variable | N | Number of Observations | | |
|-------------|----|------------------------|-----|-----|
| | | K | ≤ K | > K |
| Εργαστήριο | 28 | 6,67393 | 13 | 15 |
| Προμηθευτής | 28 | 6,68750 | 15 | 13 |

$K = \text{sample mean}$

Test

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

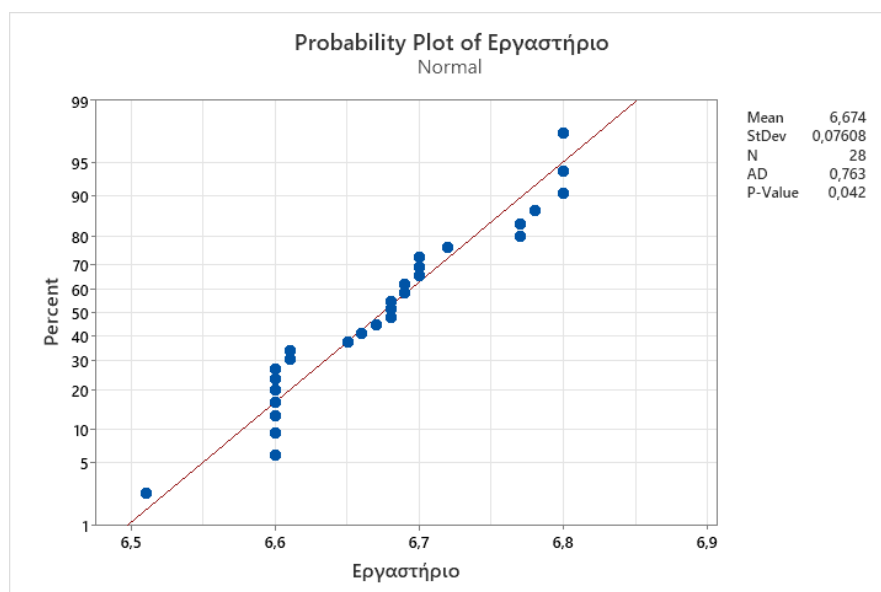
| Variable | Number of Runs | | |
|-------------|----------------|----------|---------|
| | Observed | Expected | P-Value |
| Εργαστήριο | 14 | 14,93 | 0,719 |
| Προμηθευτής | 14 | 14,93 | 0,719 |

Πίνακας 3-7 Έλεγχος τυχαίας κατανομής των υπολοίπων για τιμές pH κρέμας γάλακτος.

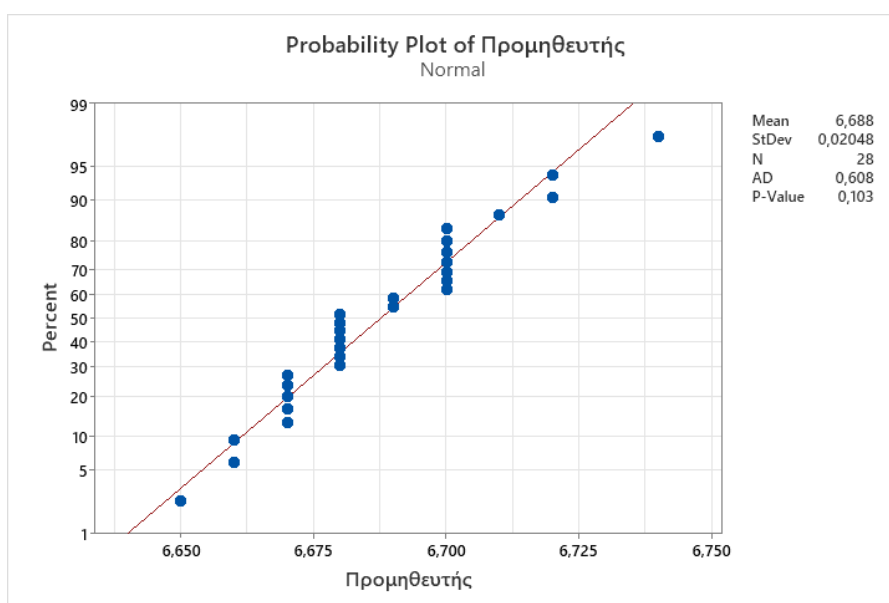
Έλεγχος Κανονικότητας

Αρχικά, στο διάγραμμα κανονικότητας των υπολοίπων (Διάγραμμα 3-30) για τις τιμές pH κρέμας γάλακτος από μετρήσεις του εργαστηρίου φαίνεται πως πολλά σημεία απέχουν από την ευθεία γραμμή. Επίσης, η τιμή $p\text{-value}$ του στατιστικού ελέγχου είναι $0,042 < 0,05$ και έτσι απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση της κανονικότητας των υπολοίπων.

Στο διάγραμμα κανονικότητας των υπολοίπων (Διάγραμμα 3-31) για τις μετρήσεις pH κρέμας γάλακτος του προμηθευτή, τα σημεία είναι κατανομημένα κοντά στην ευθεία και ο στατιστικός έλεγχος δίνει $p\text{-value}=0,103$ και έτσι σε αυτή την περίπτωση γίνεται δεκτή η μηδενική υπόθεση της κανονικότητας των υπολοίπων.



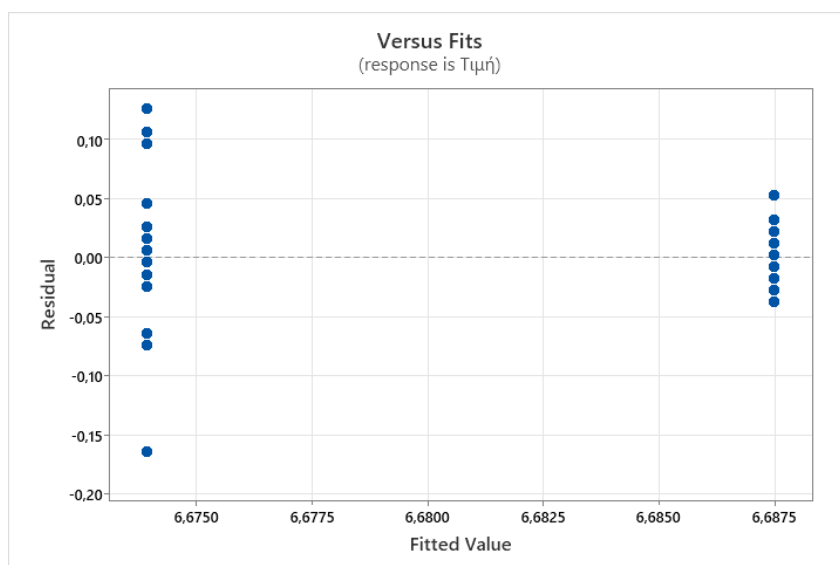
Διάγραμμα 3-30 Κανονικό διάγραμμα πιθανότητας υπολοίπων για τιμές pH κρέμας γάλακτος – μετρήσεις εργαστηρίου.



Διάγραμμα 3-31 Κανονικό διάγραμμα πιθανότητας υπολοίπων για τιμές pH κρέμας γάλακτος – μετρήσεις προμηθευτή.

Έλεγχος Ομοσκεδαστικότητας

Από το διάγραμμα των υπολοίπων (Διάγραμμα 3-32) ως προς τις προσαρμοσμένες τιμές για τις μετρήσεις του εργαστηρίου και του προμηθευτή, φαίνεται να υπάρχει εξάρτηση της μεταβλητότητας των υπολοίπων. Επίσης, ο στατιστικός έλεγχος Levene (Πίνακας 3-8) δίνει $p\text{-value}=0,000<0,05$ και έτσι απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση για τις ίσες διασπορές.



Διάγραμμα 3-32 Διάγραμμα υπολοίπων ως προς τις προσαρμοσμένες τιμές για τιμές pH κρέμας γάλακτος.

Tests

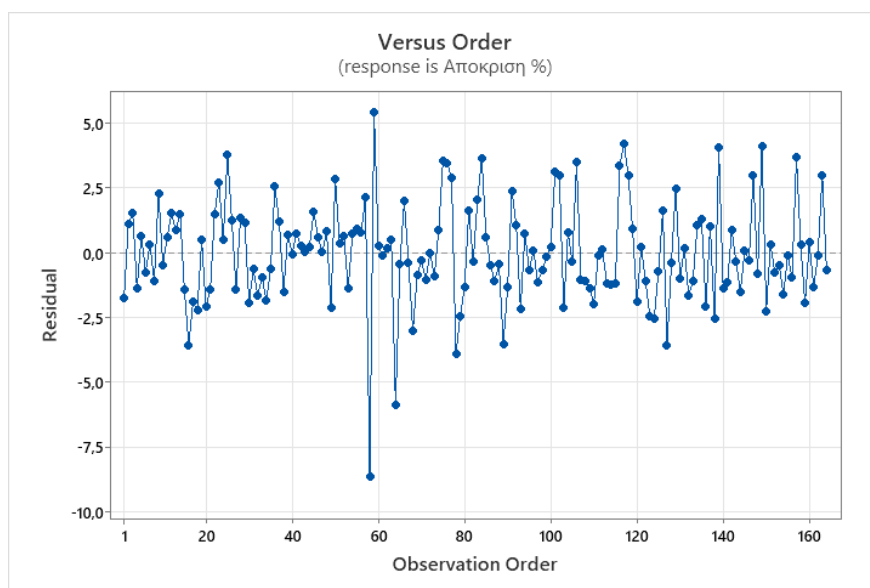
| Method | Test | |
|----------------------|-----------|---------|
| | Statistic | P-Value |
| Multiple comparisons | 28,91 | 0,000 |
| Levene | 24,32 | 0,000 |

Πίνακας 3-8 Έλεγχος ομοσκεδαστικότητας των σφαλμάτων για τιμές pH κρέμας γάλακτος.

3.3.3 Ανάλυση υπολοίπων – Ποσοστό στερεής μάζας παγωτού

Έλεγχος ανεξαρτησίας

Στο διάγραμμα υπολοίπων ως προς τη χρονική σειρά (Διάγραμμα 3-33) φαίνεται πως η διάταξη των σημείων είναι ακανόνιστη και από τον στατιστικό έλεγχο (Πίνακας 3-9) για την ανεξαρτησία των σφαλμάτων προκύπτει ότι $p\text{-value} > 0,05$ για όλες τις κατηγορίες τη χειμερινή και εαρινή περίοδο, εκτός από την κατηγορία παγωτού Gourmet τη χειμερινή περίοδο, όπου $p\text{-value} = 0.044$. Έτσι, συμπεραίνεται πως η μηδενική υπόθεση για την ανεξαρτησία των σφαλμάτων γίνεται δεκτή εκτός από την κατηγορία Gourmet τη χειμερινή περίοδο (Σ-G-X).



Διάγραμμα 3-33 Διάγραμμα υπολοίπων ως προς τη χρονική σειρά για τιμές ποσοστού στερεής μάζας παγωτού έτους 2022.

ΣΤΕΡΕΑ

Runs Test: Σ-ΠΑΡ-Χ; Σ-ΠΑΡ-Ε; Σ-ΚΡ-Χ; Σ-ΚΡ-Ε; Σ-ΟΥΔ-Χ; Σ-ΟΥΔ-Ε; Σ-Γ-Χ; Σ-Γ-Ε

Descriptive Statistics

| Variable | N | Number of Observations | | |
|----------|----|------------------------|-----|-----|
| | | K | ≤ K | > K |
| Σ-ΠΑΡ-Χ | 21 | 50,3100 | 11 | 10 |
| Σ-ΠΑΡ-Ε | 21 | 50,3871 | 10 | 11 |
| Σ-ΚΡ-Χ | 12 | 32,7792 | 6 | 6 |
| Σ-ΚΡ-Ε | 10 | 31,3780 | 2 | 8 |
| Σ-ΟΥΔ-Χ | 28 | 34,5343 | 17 | 11 |
| Σ-ΟΥΔ-Ε | 47 | 33,7979 | 27 | 20 |
| Σ-Γ-Χ | 11 | 38,1300 | 7 | 4 |
| Σ-Γ-Ε | 14 | 37,4900 | 9 | 5 |

K = sample mean

Test

Null hypothesis H₀: The order of the data is random
Alternative hypothesis H₁: The order of the data is not random

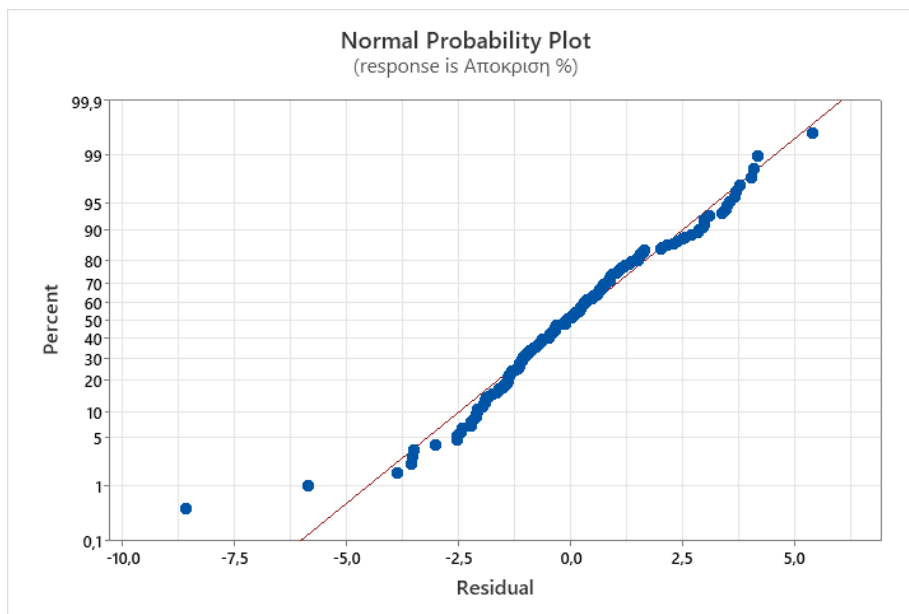
| Variable | Number of Runs | | |
|----------|----------------|----------|---------|
| | Observed | Expected | P-Value |
| Σ-ΠΑΡ-Χ | 13 | 11,48 | 0,494 |
| Σ-ΠΑΡ-Ε | 10 | 11,48 | 0,508 |
| Σ-ΚΡ-Χ | 10 | 7,00 | 0,069 |
| Σ-ΚΡ-Ε | 4 | 4,20 | 0,821 |
| Σ-ΟΥΔ-Χ | 10 | 14,36 | 0,078 |
| Σ-ΟΥΔ-Ε | 28 | 23,98 | 0,225 |
| Σ-Γ-Χ | 9 | 6,09 | 0,044 |
| Σ-Γ-Ε | 8 | 7,43 | 0,727 |

The p-value may not be accurate for samples with fewer than 11 observations above K or fewer than 11 below.

Πίνακας 3-9 Έλεγχος τυχαίας κατανομής των υπολοίπων για τιμές ποσοστού στερεής μάζας παγωτού έτους 2022.

Έλεγχος Κανονικότητας

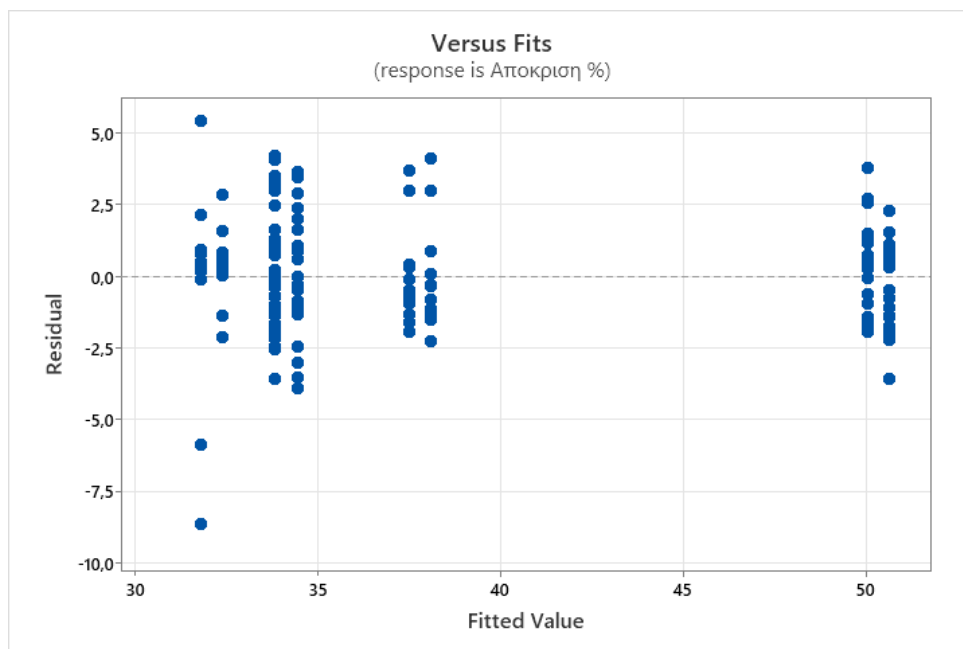
Στο Διάγραμμα 3-34 φαίνεται το διάγραμμα πιθανότητας των υπολοίπων για τιμές ποσοστού στερεής μάζας παγωτού. Περιλαμβάνονται όλες οι κατηγορίες παγωτού και τις δύο περιόδους. Τα σημεία είναι κοντά στην ευθεία γραμμή και έτσι συμπεραίνεται η κανονικότητα των υπολοίπων.



Διάγραμμα 3-34 Κανονικό διάγραμμα πιθανότητας υπολοίπων για τιμές ποσοστού στερεής μάζας παγωτού έτους 2022.

Έλεγχος Ομοσκεδαστικότητας

Από το διάγραμμα των υπολοίπων (Διάγραμμα 3-35) ως προς τις προσαρμοσμένες τιμές για τις κατηγορίες παγωτού σε χειμερινή και εαρινή περίοδο, δε φαίνεται να υπάρχει εξάρτηση της μεταβλητότητας των υπολοίπων. Επομένως, δεν υπάρχει λόγος ανησυχίας ως προς την υπόθεση της ομοσκεδαστικότητας των σφαλμάτων. Επίσης, ο στατιστικός έλεγχος Levene (Πίνακας 3-10) δίνει $p\text{-value}=0,258>0,05$ και έτσι η μηδενική υπόθεση για τις ίσες διασπορές γίνεται δεκτή.



Διάγραμμα 3-35 Διάγραμμα υπολοίπων ως προς τις προσαρμοσμένες τιμές για τιμές ποσοστού στερεής μάζας παγωτού έτους 2022.

Tests

| Method | Test | |
|----------------------|-----------|---------|
| | Statistic | P-Value |
| Multiple comparisons | — | 0,436 |
| Levene | 1,29 | 0,258 |

Πίνακας 3-10 Έλεγχος ομοσκεδαστικότητας των σφαλμάτων για τιμές ποσοστού στερεής μάζας παγωτού έτους 2022.

4 Συμπεράσματα

Είναι ήδη γνωστό πως τα λιπαρά του γάλακτος διαφοροποιούνται ανάλογα την εποχή. Το φαινόμενο αυτό μπορεί να επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό την περιεκτικότητα σε λιπαρά του παγωτού, καθώς αποτελείται περίπου από 70% γάλα. Το πρόβλημα που ίσως προκύπτει είναι η αστάθεια στη δομή του παγωτού και αλλαγές στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Επίσης, η μεταβλητότητα στη διαδικασία παραγωγής είναι μία φυσική συνέπεια που δύσκολα ελέγχεται. Μέσω της στατιστικής επιστήμης γίνεται πιο εύκολη η διαχείριση αλλαγών στη διαδικασία και κατά συνέπεια η επίτευξη σταθερότητας στα χαρακτηριστικά των παραγόμενων προϊόντων. Η παρούσα μελέτη παρουσιάζει τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης που έγινε μέσω της εφαρμογής Minitab σε δεδομένα περιεκτικότητας λιπαρών και ποσοστού στερεής μάζας παγωτού που μετρήθηκαν σε βιομηχανία παγωτού το 2022 με στόχο τη διαπίστωση πως οι διαδικασίες πραγματοποιούνται με συνέπεια. Στη μελέτη περιγράφονται επιπλέον διάφορες πρακτικές που έχουν δοκιμαστεί στο παγωτό για τη δημιουργία νέων τροφίμων και την αύξηση της διατροφικής αξίας του παγωτού με στόχο την κατανόηση της συμπεριφοράς των συστατικών ανάλογα τις αλλαγές που συμβαίνουν.

Στη βιβλιογραφία έχει παρουσιαστεί η στατιστική ανάλυση παγωτού διάφορων πρακτικών. Μέσω των ερευνών αυτών φαίνεται πόσο επηρεάζονται τα φυσικοχημικά δεδομένα του παγωτού με αλλαγές που συμβαίνουν στα υλικά αλλά και στις αναλογίες τους. Μέχρι τη δεδομένη στιγμή δεν έχει παρουσιαστεί στη βιβλιογραφία η επίδραση της εποχής στα φυσικοχημικά δεδομένα του παγωτού, ενώ παρόμοια μελέτη έχει συμβεί σε γάλα. Στο γάλα παρατηρείται μείωση της περιεκτικότητας σε λιπαρά κατά τους καλοκαιρινούς μήνες σε σχέση με τη χειμερινή περίοδο, λόγω αλλαγών στη διατροφή των ζώων. Επίσης, οι μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στο παγωτό για τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά δείχνουν πως επηρεάζεται σε πολύ μεγάλο βαθμό η σύσταση του τελικού προϊόντος με μικρές αλλαγές που συμβαίνουν στη συνταγή. Έτσι, η απόφαση για οποιαδήποτε αλλαγή στα συστατικά και τις αναλογίες ενός σύνθετου τρόφιμου απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή με στόχο την καλύτερη εμφάνιση και δομή αλλά και τις κατάλληλες ιδιότητες, όπως η ικανότητα αντίστασης στην τήξη, στο τελικό προϊόν.

Τα δεδομένα συλλέχθηκαν το έτος 2022 από βιομηχανία παραγωγής παγωτού στα πλαίσια του Ποιοτικού Ελέγχου της εταιρίας. Μέσω του Minitab επεξεργάστηκαν περαιτέρω για

στατιστική ανάλυση. Πρόκειται για δεδομένα περιεκτικότητας λιπαρών, ποσοστού στερεής μάζας παγωτού και pH κρέμας γάλακτος. Τα δεδομένα αναλύονται με περιγραφική στατιστική και έλεγχο υπόθεσης για τη διαφορά μέσων τιμών δύο πληθυσμών με μηδενική υπόθεση $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$. Η συμπεριφορά των δεδομένων παρουσιάζεται μέσω γραφημάτων, όπως ιστόγραμμα, θηκόγραμμα και Interval plot. Στους ελέγχους υποθέσεων συγκρίνεται η τιμή p -value του πίνακα Ανάλυσης Διασποράς με το επίπεδο σημαντικότητας (0,05) για την απόφαση αποδοχής ή απόρριψης της μηδενικής υπόθεσης. Τέλος, παρουσιάζεται η ανάλυση υπολοίπων για έλεγχο της ανεξαρτησίας, της κανονικότητας και της ομοσκεδαστικότητας.

Γενικά, παρατηρείται πως την εαρινή περίοδο υπάρχουν περισσότερα δείγματα και αυτό εξηγείται λόγω της αυξημένης παραγωγής τους καλοκαιρινούς μήνες. Η στατιστική ανάλυση για την περιεκτικότητα λιπαρών στο παγωτό σε επίπεδο σημαντικότητας 5% έδειξε πως οι μέσες τιμές των δεδομένων των δύο περιόδων δε διαφέρουν με p -value=0,807. Επίσης, οι έλεγχοι για την ανεξαρτησία και την κανονικότητα των υπολοίπων δεν γίνονται δεκτοί, οπότε δε θεωρείται αξιόπιστη η χρήση μεθόδων όπως η ανάλυση διασποράς.

Στην ανάλυση για τις μέσες τιμές των τιμών pH του εργαστηρίου και του προμηθευτή, προκύπτει ότι η μηδενική υπόθεση γίνεται δεκτή με p -value=0,366 σε επίπεδο σημαντικότητας 5%, άρα οι μέσες τιμές δε διαφέρουν. Αυτό σημαίνει πως οι μετρήσεις που πραγματοποιούνται στο εργαστήριο συμπίπτουν με τις μετρήσεις του προμηθευτή. Επίσης, να σημειωθεί πως από τις μετρήσεις του εργαστηρίου προκύπτει ότι οι τιμές pH της κρέμας γάλακτος δεν εναρμονίζονται με τα όρια της νομοθεσίας, όπως φαίνεται από το πρώτο τεταρτημόριο ($Q1$) στον Πίνακα 3-2, δηλαδή το 25% των μετρήσεων βρίσκεται κάτω από την τιμή 6,60 που είναι το κατώτερο όριο βάσει της νομοθεσίας. Επιπλέον, γίνονται δεκτές η υπόθεση ανεξαρτησίας και κανονικότητας των υπολοίπων για τις μετρήσεις του προμηθευτή, ενώ για τις μετρήσεις του εργαστηρίου απορρίπτονται.

Για το ποσοστό στερεής μάζας παγωτού, η ανάλυση έδειξε πως σε κάθε κατηγορία οι μέσες τιμές μεταξύ χειμερινής και εαρινής περιόδου δε διαφέρουν. Ο έλεγχος υπόθεσης για την ισότητα των μέσων τιμών σε επίπεδο σημαντικότητας 5% είχε αποτελέσματα για την κατηγορία παρφέ p -value=0,875, για την κατηγορία κρέμα p -value=0,26, για την κατηγορία ουδέτερο p -value=0,122 και για την κατηγορία gourmet p -value=0,376. Επίσης, οι έλεγχοι της ανεξαρτησίας, της κανονικότητας και της ομοσκεδαστικότητας των υπολοίπων γίνονται δεκτοί. Έτσι, για την τελευταία ανάλυση η χρήση μεθόδων στατιστικής συμπερασματολογίας είναι πιο αξιόπιστη αφού ισχύουν οι παραπάνω υποθέσεις. Αφού

προηγουμένως αποδείχτηκε ότι η περιεκτικότητα λιπαρών δε διαφέρει μεταξύ των δύο περιόδων στο παγωτό, είναι λογικό συμπέρασμα πως δε διαφέρει ούτε το ποσοστό στερεής μάζας, καθώς τα λιπαρά περιλαμβάνονται σε αυτό το ποσοστό.

Η παρούσα μελέτη περιορίζεται στην παρατήρηση της συμπεριφοράς του παγωτού χρησιμοποιώντας φυσικοχημικές παραμέτρους. Ως μελλοντικές ενέργειες προτείνεται η σύγκριση των διάφορων πρακτικών παγωτού με βάση τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, γεύση, οσμή και χρώμα λαμβάνοντας υπόψιν ποσοτικές παραμέτρους. Δηλαδή, πόσο επηρεάζονται τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά από αλλαγές που συμβαίνουν στη σύσταση και τις αναλογίες των υλικών; Τέλος, οι παρατηρήσεις αυτές μπορούν να παρουσιαστούν μέσω στατιστικής συμπερασματολογίας και γραφικών απεικονίσεων.

Βιβλιογραφία

Ακολουθούν οι βιβλιογραφικές αναφορές (πηγές) της Εργασίας.

Abdeldaiem, A. M.; Ali, A. H.; Mousa, A. H.; Elkot, W. F. & Simal-Gandara, J. (2023), 'Ice cream supplemented with roasted and grilled corn powders: Physical properties, rheology, antioxidant activity, color, sensory evaluation, and production cost', *International Journal of Gastronomy and Food Science* 32, 100692.

Adapa, S.; Schmidt, K. A.; Jeon, I. J.; Herald, T. J. & Flores, R. A. (2000), 'Mechanisms of ice crystallization and recrystallization in ice cream: A review', *Food Reviews International* 16(3), 259-271.

Agrawal, A. K. (2016), 'Effect of variation of ginger juice on some physical and sensory properties of ice cream', *Indian J. Dairy Sci.*, 69, 17–23.

Ahmed, K. S.; Hasan, G. A.; Satter, M. A. & Sikdar, K. (2023), 'Making ice cream with natural sweetener stevia: Formulation and characteristics', *Applied Food Research* 3(2), 100309.

Akbari, M.; Eskandari, M. H.; Niakosari, M. & Bedeltavana, A. (2016), 'The effect of inulin on the physicochemical properties and sensory attributes of low-fat ice cream', *International Dairy Journal* 57, 52-55.

Akın, M. B.; Akın, M. S. & Kırmacı, Z. (2007), 'Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice-cream', *Food Chemistry* 104(1), 93-99.

Amador, J.; Hartel, R. & Rankin, S. (2017), 'The Effects of Fat Structures and Ice Cream Mix Viscosity on Physical and Sensory Properties of Ice Cream', *Journal of Food Science* 82(8), 1851-1860.

Arciniegas-Ortega, S.; Molina, I. & Garcia-Aranda, C. (2022), 'Soil Order-Land Use Index Using Field-Satellite Spectroradiometry in the Ecuadorian Andean Territory for Modeling Soil Quality', *Sustainability (Switzerland)* 14(12).

Asioli, D.; Aschemann-Witzel, J.; Caputo, V.; Vecchio, R.; Annunziata, A.; Næes, T. & Varela, P. (2017), 'Making sense of the “clean label” trends: A review of consumer food

choice behavior and discussion of industry implications', *Food Research International* 99, 58-71.

Athamena, A.; Gaagai, A.; Aouissi, H. A.; Burlakovs, J.; Bencedira, S.; Zekker, I. & Krauklis, A. E. (2023), 'Chemometrics of the Environment: Hydrochemical Characterization of Groundwater in Lioua Plain (North Africa) Using Time Series and Multivariate Statistical Analysis', *Sustainability (Switzerland)* 15(1).

BahramParvar, M.; Tehrani, M. M. & Razavi, S. M. A. (2013), 'Effects of a novel stabilizer blend and presence of κ-carrageenan on some properties of vanilla ice cream during storage', *Food Bioscience* 3, 10-18.

Balthazar, C. F.; Pimentel, T. C.; Ferrão, L. L.; Almada, C. N.; Santillo, A.; Albenzio, M.; Mollakhalili, N.; Mortazavian, A. M.; Nascimento, J. S.; Silva, M. C.; Freitas, M. Q.; Sant'Ana, A. S.; Granato, D. & Cruz, A. G. (2017), 'Sheep Milk: Physicochemical Characteristics and Relevance for Functional Food Development', *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 16(2), 247-262.

Bender A. D. (2014) *Introduction to Nutrition and Metabolism*, CRC Press, Taylor & Francis Group.

Biesta-Peters, E. G.; Kinders, S. M. & de Boer, E. (2019), 'Validation by an interlaboratory collaborative trial of EN ISO 21528 - microbiology of the food chain - horizontal methods for the detection and enumeration of Enterobacteriaceae', *International Journal of Food Microbiology* 288, 75-81.

Bodyfelt, F. W., J. Tobias, and G. M. Trout. (1988), *The Sensory Evaluation of Dairy Products*. Van Nostrand Reinhold, New York.

Booth, J. & Mudryk, W. (1985), 'Statistical quality control at statistics Canada', *Communications in Statistics - Theory and Methods* 14(11), 2589-2603.

Braga, F. H. R.; Dutra, M. L. S.; Lima, N. S.; da Silva, G. M.; de Miranda, R. d. C. M.; Firmo, W. d. C. A.; de Moura, A. R. L.; Monteiro, A. d. S.; da Silva, L. C. N.; da Silva, D. F. & Silva, M. R. C. (2022), 'Study of the Influence of Physicochemical Parameters on the Water Quality Index (WQI) in the Maranhão Amazon, Brazil', *Water (Switzerland)* 14(10).

Cammerer, B., Kroh, L.W. (2009) Shelf life of linseeds and peanuts in relation to roasting, *LWT–Food Sci. Technol*, 42 (2), 545–549.

- Chen, W. H.; Uribe, M. C.; Kwon, E. E.; Lin, K. Y. A.; Park, Y. K.; Ding, L. & Saw, L. H. (2022), 'A comprehensive review of thermoelectric generation optimization by statistical approach: Taguchi method, analysis of variance (ANOVA), and response surface methodology (RSM)', Renewable and Sustainable Energy Reviews 169, Elsevier Ltd.
- Chen, W.; Liang, G.; Li, X.; He, Z.; Zeng, M.; Gao, D.; Qin, F.; Goff, H. D. & Chen, J. (2019), 'Effects of soy proteins and hydrolysates on fat globule coalescence and meltdown properties of ice cream', Food Hydrocolloids 94, 279-286.
- Chun, J. Y., Kim, J. M., & Min, S. G. (2012), 'Effect of whey protein isolate on ice recrystallization characteristics in whey protein isolate/κ-carrageenan matrix', Food Science of Animal Resources, 32(5), 627–634.
- Cruz, A. G.; Antunes, A. E. C.; Sousa, A. L. O. P.; Faria, J. A. F. & Saad, S. M. I. (2009), 'Ice-cream as a probiotic food carrier', Food Research International 42(9), 1233-1239.
- Da Silva, P. D. L.; de Fátima Bezerra, M.; dos Santos, K. M. O. & Correia, R. T. P. (2015), 'Potentially probiotic ice cream from goat's milk: Characterization and cell viability during processing, storage and simulated gastrointestinal conditions', LWT - Food Science and Technology 62(1, Part 2), 452-457.
- Daw, E. & Hartel, R. W. (2015), 'Fat destabilization and melt-down of ice creams with increased protein content', International Dairy Journal 43, 33-41.
- Devkota, J. U. (2021), 'Multivariate Analysis of COVID-19 for Countries with Limited and Scarce Data: Examples from Nepal', Journal of Environmental and Public Health 2021.
- El-Zeini, H., El-Abd, M., Mostafa, A., & El-Ghany, F. (2016), 'Effect of incorporating whey protein concentrate on chemical, rheological and textural properties of ice cream', Journal of Food Processing & Technology, 7(2).
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2013) Milk and Dairy Products in Human Nutrition, FAO, Rome, Italy.
- Foster, T. J. (2002), 39 - Staphylococcus aureus, in Max Sussman, ed., 'Molecular Medical Microbiology', Academic Press, London, pp. 839-888.
- Fredrick, E., Walstra, P., & Dewettnick, K. (2010), 'Factors governing partial coalescence in oil-in-water emulsions', Advances in colloid and interface science, 153, 30–42.

- George, A. P., and Redpath S. (2008), 'Health and medicinal benefits of persimmon fruit: A review', *Adv. Hortic. Sci.*, 22, 244–249.
- Goff, H. D. & Hartel, R. W. (2013), *Mix Processing and Properties*, Springer US, Boston, MA, pp. 121-154.
- Goff, H. D. (1997), 'Colloidal aspects of ice cream-A review', *International Dairy Journal*, 7, 363–373.
- Goff, H. D. (2008), '65 years of ice cream science', *International Dairy Journal*, 18, 475–758.
- Goraya, R.K. & Bajwa, U. (2018), 'Intransience of functional components and distinctive properties of amla (Indian gooseberry) ice cream during short-term storage', *Journal of Food Science & Technology*, 55, 1746–1755.
- Guinard, J. X., C. Zoumas-Morse, L. Mori, B. Uatoni, D. Panyam, and A. Kilara. (1997), 'Sugar and fat effects on sensory properties of ice cream', *J. Food Sci.*, 62, 1087–1094.
- Guler-Akin, M. B., Goncu, B., & Akin, M. S. (2016). Some properties of probiotic yoghurt ice cream supplemented with carob extract and whey powder. *Advances in Microbiology*, 6(14), 1010.
- Hanafi, F. N. A.; Kamaruding, N. A. & Shaharuddin, S. (2022), 'Influence of coconut residue dietary fiber on physicochemical, probiotic (*Lactobacillus plantarum* ATCC 8014) survivability and sensory attributes of probiotic ice cream', *LWT* 154, 112725.
- Hirai, S., S. Rokuhara, and S. Shimizu. (1986), 'Changes of invertase activity of Japanese persimmon fruit during maturation, storage and processing', *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 33, 369–374.
- Holleran, E.; Bredahl, M. E. & Zaibet, L. (1999), 'Private incentives for adopting food safety and quality assurance', *Food Policy* 24, 669-683.
- Javidi, F.; Razavi, S. M. A.; Behrouzian, F. & Alghooneh, A. (2016), 'The influence of basil seed gum, guar gum and their blend on the rheological, physical and sensory properties of low fat ice cream', *Food Hydrocolloids* 52, 625-633.
- Jin, Y.; Du, W.; Liu, X. & Wu, Y. (2022), 'Application of near infrared spectroscopy and real time release testing combined with statistical process control charts for on-line quality

control of industrial concentrating process of traditional Chinese medicine “Jinyinhua”, *Infrared Physics & Technology* 123, 104135.

Kaminska-Dworznicka, A., Gondek, E., Laba, S., Jakubczyk, E., & Samborska, K. (2019), ‘Characteristics of instrumental methods to describe and assess the recrystallization process in ice cream systems’, *Foods*, 8(4).

Kaminska-Dworznicka, A., Skrzypczak, P., & Gondek, E. (2016), ‘Modification of kappa carrageenan by β -galactosidase as a new method to inhibit recrystallization of ice’, *Food Hydrocolloids*, 61, 31–35.

Ketelaere, B. D.; Wouters, N.; Kalfas, I.; Belleghem, R. V. & Saeys, W. (2022), 'A fresh look at computer vision for industrial quality control', *Quality Engineering* 34, 152-158.

Kurt, A. & Atalar, I. (2018), 'Effects of quince seed on the rheological, structural and sensory characteristics of ice cream', *Food Hydrocolloids* 82, 186-195.

Leclercq, A.; Hardouin, G. & Lombard, B. (2016), Chapter 5 - CEN/ISO standards for both culture and molecular methods, in Nigel Cook; Martin D'Agostino & K. Clive Thompson, ed., 'Molecular Microbial Diagnostic Methods', Academic Press, San Diego, pp. 79-106.

Lemessa, F.; Simane, B.; Seyoum, A. & Gebresenbet, G. (2023), 'Assessment of the Impact of Industrial Wastewater on the Water Quality of Rivers around the Bole Lemi Industrial Park (BLIP), Ethiopia', *Sustainability (Switzerland)* 15(5).

Liu, P.; Huang, L.; Liu, T.; Cai, Y.; Zeng, D.; Zhou, F.; Zhao, M.; Deng, X. & Zhao, Q. (2021), 'Whipping properties and stability of whipping cream: The impact of fatty acid composition and crystallization properties', *Food Chemistry* 347, 128997.

Lu, T. J., C. W. Chuang, and Y. H. Chang. (2002), ‘Sensory and physicochemical analyses on commercial taro ice products’, *J. Food Drug Anal.*, 10, 55–63.

Lundkvist, P.; Bergquist, B. & Vanhatalo, E. (2020), 'Statistical methods—still ignored? The testimony of Swedish alumni', *Total Quality Management and Business Excellence* 31, 245-262.

McGhee, C. E.; Jones, J. O. & Park, Y. W. (2015), 'Evaluation of textural and sensory characteristics of three types of low-fat goat milk ice cream', *Small Ruminant Research* 123(2), 293-300.

Meneses, R. B.; Silva, M. S.; Monteiro, M. L. G.; Rocha-Leão, M. H. M. & Conte-Junior, C. A. (2020), 'Effect of dairy by-products as milk replacers on quality attributes of ice cream', *Journal of Dairy Science* 103(11), 10022-10035.

Mirtsch, M.; Koch, C.; Ashari, P. A.; Blind, K. & Castka, P. (2023), 'Quality assurance in supply chains during the COVID-19 pandemic: empirical evidence on organizational resilience of conformity assessment bodies', *Total Quality Management and Business Excellence* 34, 615-636.

Mrvčić, J., Stanzer, D., Šolić, E. & Stehlik-Tomas, V. (2012), 'Interaction of lactic acid bacteria with metal ions: Opportunities for improving food safety and quality', *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28, 2771–2782.

Muse, M. R. & Hartel, R. W. (2004), 'Ice Cream Structural Elements that Affect Melting Rate and Hardness', *Journal of Dairy Science* 87(1), 1-10.

Necas, J., & Bartosikova, L. (2013), 'Carrageenan: A review', *Veterinari Medicina*, 58(4).

Obiri, S.; Addico, G.; Mohammed, S.; Anku, W. W.; Darko, H. & Collins, O. (2021), 'Water quality assessment of the Tano Basin in Ghana: a multivariate statistical approach', *Applied Water Science* 11(2).

Oladapo O. Oludairo; Jacob K. P. Kwaga; Junaid Kabir; Paul A. Abdu; Arya Gitanjali; Ann Perrets; Veronica Cibirin; Antonia Lettini; Julius Aiyedun (2022) A Review on Salmonella Characteristics, Taxonomy, Nomenclature with Special Reference to Non-Typhoidal and Typhoidal Salmonellosis, *Zagazig Veterinary Journal*, 2, 161-176.

Orsi, R. H.; den Bakker, H. C. & Wiedmann, M. (2011), 'Listeria monocytogenes lineages: Genomics, evolution, ecology, and phenotypic characteristics', *International Journal of Medical Microbiology* 301(2), 79-96.

Osborn, S. (2015), 12 - Labelling relating to natural ingredients and additives, in Paul Berryman, ed., 'Advances in Food and Beverage Labelling', Woodhead Publishing, Oxford, pp. 207-221.

Pankiewicz, U.; Góral, M.; Kozłowicz, K. & Góral, D. (2019), 'Novel method of zinc ions supplementing with fermented and unfermented ice cream with using PEF', *International Journal of Food Science and Technology* 54(6), 2035-2044.

- Park, S. H.; Jo, Y.-J.; Chun, J.-Y.; Hong, G.-P.; Davaatseren, M. & Choi, M.-J. (2015), 'Effect of Frozen Storage Temperature on the Quality of Premium Ice Cream', Korean Journal for Food Science of Animal Resources 35(6), 793-799.
- Perera, K. D. S. S. & Perera, O. D. A. N. (2021), 'Development of Coconut Milk-Based Spicy Ice Cream as a Nondairy Alternative with Desired Physicochemical and Sensory Attributes', International Journal of Food Science 2021.
- Petrut, R. F.; Danthine, S. & Blecker, C. (2016), 'Assessment of partial coalescence in whippable oil-in-water food emulsions', Advances in Colloid and Interface Science 229, 25-33.
- Pintor, A.; Escalona-Buendía, H. B. & Totosaus, A. (2017), 'Effect of inulin on melting and textural properties of low-fat and sugar reduced ice cream: Optimization via a response surface methodology', International Food Research Journal 24(4), 1728-1734.
- Pintor, A.; Severiano-Pérez, P. & Totosaus, A. (2014), 'Optimization of fat-reduced ice cream formulation employing inulin as fat replacer via response surface methodology', Food Science and Technology International 20(7), 489-500.
- Ranum, P., Pena-Rosas, J.P., Garcia-Casal, M.N. (2014), 'Global maize production, utilization, and consumption', Ann. N. Y. Acad. Sci. 1312 (1), 105–112.
- Regand, A., & Goff, H. D. (2003), 'Structure and ice recrystallization in frozen stabilized ice cream model systems', Food Hydrocolloids, 17(1), 95–102.
- Román, S.; Sánchez-Siles, L. M. & Siegrist, M. (2017), 'The importance of food naturalness for consumers: Results of a systematic review', Trends in Food Science & Technology 67, 44-57.
- Salem, M. M., Fathi, F. A., & Awad, R. A. (2005). Production of probiotic ice cream. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 14(3), 267.
- Samakradhamrongthai, R. S.; Jannu, T.; Supawan, T.; Khawsud, A.; Aumpa, P. & Renaldi, G. (2021), 'Inulin application on the optimization of reduced-fat ice cream using response surface methodology', Food Hydrocolloids 119.
- Sarma, N.; Upton, R.; Rose, U.; and Guo, D.; Marles, R.; Khan, I. & Giancaspro, G. (2021), 'Pharmacopeial Standards for the Quality Control of Botanical Dietary Supplements in the United States', Journal of Dietary Supplements , Taylor and Francis Ltd..

- Seo, C. W. & Oh, N. S. (2022), 'Functional application of Maillard conjugate derived from a κ-carrageenan/milk protein isolate mixture as a stabilizer in ice cream', LWT 161.
- Singh, A., Bajwa, U., Goraya, R.K. (2014), 'Effect of storage period on the physicochemical, sensory and microbiological quality of bakery flavoured ice cream', Int. J. Eng. Res. Afr. 4, 80–90.
- Slyngstad, L. (2021), 'The contribution of variable control charts to quality improvement in healthcare: A literature review', Journal of Healthcare Leadership 13, Dove Medical Press Ltd, 221-230.
- Sofian-Seng, N. S., Golding, M., Goh, K., Janssen, P., & Lee, S. J. (2017), 'In situ enzymatic synthesis of polar lipid emulsifiers in the preparation and stabilization of aerated food emulsions', Food Biophysics, 12, 323–338.
- Song, M.; Park, S.; Lee, H.; Min, B.; Jung, S.; Park, S.; Kim, E. & Oh, S. (2015), 'Effect of Lactobacillus acidophilus NS1 on plasma cholesterol levels in diet-induced obese mice', Journal of Dairy Science 98(3), 1492-1501.
- Soukoulis, C.; Chandrinos, I. & Tzia, C. (2008), 'Study of the functionality of selected hydrocolloids and their blends with κ-carrageenan on storage quality of vanilla ice cream', LWT - Food Science and Technology 41(10), 1816-1827.
- Soukoulis, C.; Lebesi, D. & Tzia, C. (2009), 'Enrichment of ice cream with dietary fibre: Effects on rheological properties, ice crystallization and glass transition phenomena', Food Chemistry 115(2), 665-671.
- Tegegne, D. A.; Kitaw, D. & Berhan, E. (2022), 'Advances in statistical quality control chart techniques and their limitations to cement industry', Cogent Engineering 9, Cogent OA.
- Vavoura, M. V.; Karabagias, I. K.; Kosma, I. S.; Badeka, A. V. & Kontominas, M. G. (2022), 'Characterization and Differentiation of Fresh Orange Juice Variety Based on Conventional Physicochemical Parameters, Flavonoids, and Volatile Compounds Using Chemometrics', Molecules 27(19).
- Ventura, M. & Perozzi, G. (2011), 'Introduction to the special issue Probiotic bacteria and human gut microbiota', Genes and Nutrition 6(3), 203-204.
- Wai, W. W.; AlKarkhi, A. F. M. & Easa, A. M. (2010), 'Comparing biosorbent ability of modified citrus and durian rind pectin', Carbohydrate Polymers 79(3), 584-589.

WHO (World Health Organization) (2003) Assuring Food Safety and Quality: Guidelines for Strengthening National Food Control Systems. WHO, Geneva, Switzerland.

WHO (World Health Organization) (2023) Report of the WHO discussion group for people living with diabetes: virtual meeting, WHO, 30–31.

Wildmoser, H., Scheiwiller, J., & Windhab, E. J. (2004), 'Impact of disperse microstructure on rheology and quality aspects of ice cream', LWT-Food Science and Technology, 37(8), 881–891.

Wu, B.; Freire, D. O. & Hartel, R. W. (2019), 'The Effect of Overrun, Fat Destabilization, and Ice Cream Mix Viscosity on Entire Meltdown Behavior', Journal of Food Science 84(9), 2562-2571.

Youn, K. S., Chung, H. S. (2012), 'Optimization of the roasting temperature and time for preparation of coffee-like maize beverage using the response surface methodology' LWT–Food Sci. Technol, 46 (1), 305–310.

Zheng, G. H., and Sugiura A. (1990), 'Changes in sugar composition in relation to invertase activity in the growth and ripening of persimmon (*Diospyros kaki*) fruits', J. Jpn. Soc. Hortic. Sci., 59, 281–287.

Ελληνική Βιβλιογραφία

Γενικό Χημείου του Κράτους (2010), VII. Γλυκαντικές ύλες, Άρθρο 63: Χαρακτηρισμός, Διάκριση και Γενικοί Όροι Διάθεσης Γλυκαντικών Υλών στην Κατανάλωση, Κώδικας Τροφίμων και Ποτών, (σελ. 1).

Γενικό Χημείου του Κράτους (2011), III. Πρόσθετες ύλες τροφίμων – Τεχνολογικά βοηθήματα –Ακτινοβολήση τροφίμων, Άρθρο 33: Πρόσθετα τροφίμων, Κώδικας Τροφίμων και Ποτών, (σελ. 1-2).

Γενικό Χημείου του Κράτους (2012), XIV. Προϊόντα με γλυκαντικές ύλες, Άρθρο 137: Παγωτά, Κώδικας Τροφίμων και Ποτών, Παράρτημα I, (σελ. 2-3).

Γενικό Χημείου του Κράτους (2014), VIII. Εδώδιμα λίπη και έλαια, Άρθρο 70: Χαρακτηρισμός και Γενικοί όροι Επεξεργασίας και Διάθεσης στην Κατανάλωση, Κώδικας Τροφίμων και Ποτών, (σελ. 1).

ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) αριθ. 1169/2011 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 25ης Οκτωβρίου 2011 σχετικά με την παροχή πληροφοριών για τα τρόφιμα στους καταναλωτές, την τροποποίηση των κανονισμών του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου (ΕΚ) αριθ. 1924/2006 και (ΕΚ) αριθ. 1925/2006 και την κατάργηση της οδηγίας 87/250/ΕΟΚ της Επιτροπής, της οδηγίας 90/496/ΕΟΚ του Συμβουλίου, της οδηγίας 1999/10/ΕΚ της Επιτροπής, της οδηγίας 2000/13/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, των οδηγιών της Επιτροπής 2002/67/ΕΚ και 2008/5/ΕΚ και του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 608/2004 της Επιτροπής.

ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΚ) αριθ. 1333/2008 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 16ης Δεκεμβρίου 2008 που αφορά τα πρόσθετα τροφίμων.

Κουτρουβέλης Ι. (1999) Βασικά Εργαλεία και Μέθοδοι για τον Έλεγχο της Ποιότητας: Πιθανότητες και Στατιστική Ι, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Κουτρουβέλης Ι. (2002) Προηγμένα Εργαλεία και Μέθοδοι για τον Έλεγχο της Ποιότητας: Σχεδιασμός και Ανάλυση Πειραμάτων, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Νικηφόρου Ρ. (2023) Η «μάχη» του παγωτού: Αλλάζει ο «χάρτης» στην αγορά, CNN Greece.

Παθιάκη Ε. (2022) Εφαρμογή στατιστικού ελέγχου ποιότητας στο νωπό γάλα, Διπλωματική Εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Τσαρούχας Π. και Ντέλιου Κ. (2018) Σύγχρονες μέθοδοι στη διοίκηση και τεχνολογία ποιότητας, ΔΙΣΙΓΜΑ.

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

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