



<<Σχολή Θετικών Επιστημών Και Τεχνολογίας>>

<<Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών Διαχείρισης και  
Τεχνολογίας Ποιότητας>>

Διπλωματική εργασία

<<Ποιότητα ελαιόλαδου με χρήση στατιστικών  
εργαλείων >>

Εισηγητής:

Παπαβαγγέλης Άγγελος

Επιβλέπων Α΄:

Αηδόνης Δημήτριος

Επιβλέπων Β΄:

Ραχήλ Αργυροπούλου

ΠΑΤΡΑ 2004

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή (<<συγγραφέας/δημιουργός>>) που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσης τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διαδικτυακούς και ερευνητικούς σκοπούς άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δε σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, 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.

<<Ποιότητα ελαιόλαδου με χρήση στατιστικών  
εργαλείων >>

<<Παπαβαγγέλης Άγγελος>>

Επιτροπή επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας:

Επιβλέπων Α καθηγητής:  
Αηδόνης Δημήτριος

Επιβλέπουσα Β΄ καθηγήτρια  
Ραχήλ Αργυροπούλου

ΠΑΤΡΑ, 2024

<<Ευχαριστίες>>

Ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Αηδόνη Δημήτριο για την καθοδήγηση του , καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

Επιπρόσθετα, ευχαριστώ θερμά την Διεύθυνση και το προσωπικό της μονάδας επεξεργασίας και τυποποίησης ελαιόλαδου και ιδιαίτερα το τμήμα του ποιοτικού ελέγχου.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω και την διεύθυνση του τμήματος που έδειξαν κατανόηση σε όλο αυτό το υπέροχο "ταξίδι" που θα μπορούσε να χαρακτηριστεί η φοίτηση μου στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα. Και ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου που στάθηκε.

## Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά εξαιρετικού παρθένου ελαιόλαδου (EVOO) από διαφορετικές περιοχές της Ελλάδας, συγκεκριμένα την Κρήτη και την Πελοπόννησο.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στο ελαιόλαδο και στα βασικά συστατικά του, καθώς και στους παράγοντες που επηρεάζουν τη σύστασή του, στηριζόμενη σε υφιστάμενες επιστημονικές μελέτες και βιβλιογραφία.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση της παραγωγικής διαδικασίας. Η συγκεκριμένη απεικονίζεται με το κατάλληλο διάγραμμα ροής. Επίσης γίνεται αναφορά στις μεθόδους ανάλυσης που χρησιμοποιούνται στο εργαστήριο σύμφωνα με τους ευρωπαϊκούς κανονισμούς και τα πρότυπα.

Τα δεδομένα που χρησιμοποιούνται στη μελέτη αντλήθηκαν από πιστοποιημένη εταιρεία τυποποίησης ελαιόλαδου και περιλαμβάνει μετρήσεις για ελεύθερα λιπαρά οξέα (F.F.A,%), δείκτη διάθλασης, υγρασία, τιμή υπεροξειδίου και δείκτες τιμών απορρόφησης του υπεριώδους φάσματος, (K232,K268) και ΔΚ.

Στο τρίτο κεφάλαιο έχουμε την στατιστική ανάλυση των δεδομένων μας. Συγκεκριμένα η στατιστική ανάλυση μας περιλαμβάνει τα εξής: Περιγραφική στατιστική, ανάλυση παλινδρόμησης, ανάλυση διακύμανσης (ANOVA) παραμετρικούς και μη παραμετρικούς ελέγχους για τη σύγκριση των ποιοτικών χαρακτηριστικών μεταξύ των δύο περιοχών. Τα ευρήματα δείχνουν ότι και οι δυο περιοχές παράγουν ελαιόλαδο υψηλής ποιότητας, με μικρές διαφοροποιήσεις στα ποιοτικά χαρακτηριστικά.

Τέλος στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της μελέτης και προτάσεις για μελλοντική έρευνα, που έχουν στόχο την βέλτιστη απόδοση με υψηλή ποιότητα. Δίνεται η δυνατότητα μελλοντικής διερεύνησης επιπρόσθετων παραγόντων με εργαλεία ποιότητας που αποσκοπούν στην βελτίωση της περιβαλλοντικής επίδοσης.

## **Λέξεις- Κλειδιά**

Παρθένο ελαιόλαδο (VOO), Έξτρα παρθένο ελαιόλαδο (EVOO), Ελεύθερα λιπαρά οξέα (F.F.A), , Ανάλυση Διασποράς ( ANOVA), Διεθνές Συμβούλιο Ελιάς (ΔΟΕ)

# << Olive oil Quality using statistical tools>>

<<PAPAVANGELIS ANGELOS>>

## Abstract

This diploma thesis examines the quality characteristics of extra virgin olive oil (EVOO) from different regions of Greece, specifically Crete and Peloponnese. All data used in the study were drawn from a certified olive oil standardization company.

In the first chapter, a reference to olive oil is included along with its basic ingredients, as well as the factors that affect its composition. The findings are based on existing scientific studies and related literature.

In the second chapter, there is a presentation of the production process, which is illustrated with the appropriate flow diagram. A reference to the methods of analysis used in the laboratory is followed in accordance with European regulations and standards. The research includes measurements for free fatty acids (F.F.A. %), refractive index, humidity, peroxide value and ultraviolet spectrum absorption value indices (K232, K268) and DK.

The third chapter presents the statistical analysis of all data. Specifically, statistical analysis includes the following: descriptive statistics, regression analysis, variance analysis (ANOVA) and non-parametric tests to compare qualitative characteristics between the two regions. The findings show both regions produce high quality olive oil with slight variations in quality characteristics.

Finally, the fourth chapter presents the conclusions of the study, followed by suggestions for future research, aiming at optimal performance with high quality. It is possible to investigate additional factors in the future with quality tools with the prospect of improving environmental performance.

## **Keywords**

Virgin olive oil (VOO), Extra Virgin Olive Oil (EVOO), Free Fatty Acid (F.F.A), Analysis of Variance (ANOVA), International Olive Council (IOOC)



## Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη.....	V
Abstract.....	VII
Πίνακας περιεχομένων.....	IX
Κατάλογος Πινάκων.....	XII
Κατάλογος Γραφημάτων.....	XI
1 Κεφάλαιο.....	1
1 Εισαγωγή.....	1
1.1 Σκοπός -Στόχος της Εργασίας.....	2
1.2 Ελαιόλαδο.....	4
1.2.1 Θρεπτική Αξία Ελαιόλαδου.....	5
1.3 Συστατικά Ελαιόκαρπου.....	7
1.4 Χημική Σύσταση Ελαιόλαδου.....	9
1.4.1 Βασικά Ασαπωνοποίητα συστατικά του Ελαιόλαδου.....	11
1.4.2 Δευτερογενείς Μεταβολίτες.....	13
1.5 Δείγματα και παράμετροι Ποιότητας.....	15
1.5.1 Η ποικιλία ως παράμετρος.....	16
1.5.2 Επίδραση της θερμοκρασίας.....	17
1.5.3 Επίδραση του Φωτός.....	17
1.5.4 Επίδραση του χρόνου.....	18
1.5.5 Επίδραση της παρουσίας του οξυγόνου.....	19

1.5.6 Το κλίμα.....	19
1.5.7 Το έδαφος.....	19
1.5.8 Υλικά Συσκευασίας.....	20
1.5.9 Μέθοδο Συγκομιδής.....	21
2 Κεφάλαιο.....	22
2.1 Παραγωγική διαδικασία Ελαιόλαδου και Μέθοδοι Ανάλυσης των ποιοτικών χαρακτηριστικών .....	22
2.2 Διάγραμμα Ροής.....	22
2.3 Μέθοδοι ανάλυσης των ποιοτικών χαρακτηριστικών του έξτρα παρθένου Ελαιόλαδου.....	27
2.3.1 Προσδιορισμός των ελεύθερων λιπαρών οξέων,εν ψυχρή μέθοδος.....	29
2.3.2 Προσδιορισμός του αριθμού υπεροξειδίων.....	33
2.3.3 Δείκτες K232,K268.....	37
2.3.4 Οργανοληπτική εξέταση Ελαιόλαδου.....	39
2.3.5 Δείκτης Διάθλασης (Refractive Index).....	41
2.3.6 Υγρασία (Moisture).....	41
3 Κεφάλαιο.....	43
3 Ανάλυση της Ποιότητας Ελαιόλαδου με Στατιστικές τεχνικές.....	43
3.1 Πίνακες Περιγραφικής Στατιστικής.....	47
3.1.1 Απεικονιστικές τεχνικές περιγραφικής Στατιστικής- Ιδιοτήτων του δείγματος.....	52

3.2 Έλεγχοι Κανονικότητας.....	76
3.3 Ανάλυση Παλινδρόμησης.....	77
3.4 Έλεγχοι μέσων και διακυμάνσεων μεταξύ των ομάδων.....	85
3.4.1 Παραμετρικοί Έλεγχοι .....	85
3.4.2 Μη Παραμετρικοί Έλεγχοι.....	88
4 Κεφάλαιο.....	89
4 Συμπεράσματα -Προτάσεις για βελτίωση .....	89
4.1 Συμπεράσματα .....	90
4.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.....	91
Βιβλιογραφικές Αναφορές.....	93

## Κατάλογος Γραφημάτων

<b>Γράφημα 1.</b> Μεμονομένες τιμές (x) για όλες τις μεταβλητές ανά περιοχή.....	53
<b>Γράφημα 2.</b> I-MR για όλες τις μεταβλητές.....	59
<b>Γράφημα 3.</b> EWMA για όλες τις μεταβλητές.....	65
<b>Γράφημα 4.</b> CUSUM one-sided για όλες τις μεταβλητές.....	71
<b>Γράφημα 5.</b> Διερεύνηση κανονικότητας στα κατάλοιπα της παλινδρόμηση.....	82
<b>Γράφημα 6.</b> Διάγραμμα αυτοσυσχετίσεων τάξεως 10.....	83

## Κατάλογος Πινάκων

<b>Πίνακας 1.</b> Ποιοτικά χαρακτηριστικά σύμφωνα με τον εκτελεστικό κανονισμό της 1604/2019 της Ευρωπαϊκής Ένωσης.....	28
<b>Πίνακας 2.</b> Δείκτης οξύτητας ανά μάζα δείγματος δοκιμής.....	31
<b>Πίνακας 3.</b> Αριθμός υπεροξειδίων( meq O <sub>2</sub> /kgr) ανά βάρος δείγματος σε g.....	35
<b>Πίνακας 4.</b> Εργαστηριακά δεδομένα της Εταιρίας <<Ελαιώνας Α.Ε>> δειγματοληψίας από ημιορεινές περιοχές της Πελοποννήσου και Της Κρήτης.....	46
<b>Πίνακας 5.</b> Βασικά μέτρα Περιγραφικής Στατιστικής για τα ποιοτικά στοιχεία του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου.....	48
<b>Πίνακας 6.</b> Τιμές αναφοράς για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου.....	49
<b>Πίνακας 7.</b> Βασικά μέτρα Περιγραφικής Στατιστικής για τα ποιοτικά στοιχεία του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου ανά περιοχή.....	51
<b>Πίνακας 8.</b> Έλεγχος Anderson-Darling για όλες τις μεταβλητές.....	76
<b>Πίνακας 9.</b> Μήτρα συσχετίσεων των μεταβλητών.....	78
<b>Πίνακας 10.</b> Αποτελέσματα της γραμμικής παλινδρόμησης.....	79
<b>Πίνακας 11.</b> Βέλτιστο εκτιμημένο μοντέλο.....	81
<b>Πίνακας 12.</b> Έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας Breusch-Pagan.....	84
<b>Πίνακας 13.</b> Levene's Test για εύρεση διαφορών στη διακύμανση των 2 περιοχών...	86
<b>Πίνακας 14.</b> Ανάλυση ANOVA για τους μέσους των μεταβλητών των 2 περιοχών..	87
<b>Πίνακας 15.</b> Έλεγχος Kruskal-Wallis για εύρεση διαφορών στις διαμέσους των 2 περιοχών.....	89

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

### 1. Εισαγωγή

Το ελαιόλαδο είναι από τα ευρέως διαδεδομένα προϊόντα στην Ελλάδα και γενικότερα στις Μεσογειακές χώρες. Η ελιά είναι γνωστή από τα αρχαία χρόνια και αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του τρόπου ζωής των μεσογειακών χωρών. Σύμφωνα με την αρχαία ελληνική παράδοση, πατρίδα της ελιάς είναι η Αθήνα και η πρώτη ελιά φυτεύτηκε από την Αθηνά στην Ακρόπολη. Από το 4000 π.χ ήταν γνωστή η χρήση του ελαιόλαδου για θεραπευτικούς σκοπούς. Ο Αριστοτέλης μελέτησε και ανήγαγε την καλλιέργεια του σε επιστήμη. Ο Σόλων πρώτος νομοθέτησε την προστασία του. Ο Ιπποκράτης, ο πατέρας της Ιατρικής το περιγράφει σαν το τέλειο θεραπευτικό. Η ελιά αποτελεί γένος καρποφόρων δέντρων της οικογένειας των Ελαιοειδών (Oleaceae) και ευδοκیمی σε εύκρατα κλίματα χωρίς ακρότητες θερμοκρασίας (με μέση ετήσια θερμοκρασία 16° C ) και υγρασίας, για αυτό είναι ευρύτατα διαδεδομένη στην Μεσογειακή Ζώνη (όπως στην Ελλάδα, στην Ιταλία, στην Ισπανία, στην Τουρκία, την Αλγερία και αλλού). Ευδοκیمی σε πολλές περιοχές του κόσμου, αρκεί η θερμοκρασία να μη κατέρχεται πολύ και για μεγάλα χρονικά διαστήματα κάτω από το μηδέν. Γι' αυτό και ιδιαίτερα κατάλληλες περιοχές για την καλλιέργεια της είναι οι παραθαλάσσιες περιοχές. Τα δένδρα φυτεύονται σε ευθείες γραμμές ή ρομβοειδείς διατάξεις. Ανάλογα με την ποικιλία και την ποιότητα του εδάφους η απόσταση μεταξύ των σειρών κυμαίνεται από 7 έως 20 μέτρα. Ο αριθμός των ελαιόδεντρων που καλλιεργούνται στην Ελλάδα είναι αρκετά μεγάλος, όχι μόνο για τα εθνικά δεδομένα αλλά και γενικότερα στην Ευρώπη και σε τρίτες χώρες. Η Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ) με την παρούσα ανακοίνωση παρουσιάζει τα ετήσια αποτελέσματα της Ετήσιας Γεωργικής Στατιστικής Έρευνας (ΕΓΕ) των ετών 2020-2021. Παρατηρήθηκε μία αύξηση στις καλλιεργούμενες εκτάσεις με ελαιώνες, ήτοι 2,3% το 2021 σε σχέση με το 2020. Ειδικότερα, οι εκτάσεις ανήλθαν σε 7.362,0 χιλ. στρέμματα το 2020 και 7.531,6 χιλ. στρέμματα το 2021. Δεν συμβαίνει το ίδιο όμως και με την παραγωγή βασικών γεωργικών προϊόντων στην χώρα μας με το ελαιόλαδο να παρουσιάζει μείωση

---

Παπαβαγγέλης Άγγελος

“Ποιότητα ελαιόλαδου με χρήση στατιστικών εργαλείων”



κατά 7,6% το 2021 σε σχέση με το 2020. Συγκεκριμένα το 2020 και το 2021 παρήχθησαν 276,7 και 255,7 χιλ. τόνοι ελαιόλαδου αντίστοιχα (Τζήκα, 2008).

Η περιοχή στην οποία καλλιεργούνται ελαιόδεντρα ονομάζεται 'ελαιώνας'. Είναι δέντρο αειθαλές, έχει φύλλα αντίθετα, λογχοειδή, δερματώδη, σκουροπράσινα στην επάνω επιφάνεια και αργυρόχρωμα στην κάτω. Τα άνθη της είναι λευκωπά, μονοπέταλα και πολύ μικρά, σχηματίζουν ταξιανθία βότρυος και εμφανίζονται προς το τέλος Μαΐου ενώ ο καρπός ωριμάζει και συλλέγεται κατά τα τέλη του Φθινοπώρου και αρχές του χειμώνα. Ο κορμός της ελιάς είναι οξώδης και καλύπτεται από τεφρό φαιό φλοιό. Το ύψος της κυμαίνεται από 5 έως 20 μέτρα, εξαρτάται από τις κλιματικές, εδαφικές, τεχνικές καλλιέργειας και την ποικιλία. (Τζήκα, 2008).

## 1.1 Σκοπός -Στόχος της εργασίας

Η υπόθεση που τίθεται για την παρούσα έρευνα είναι ότι τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των ελαιόλαδων από την Πελοπόννησο και την Κρήτη δεν παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές. Ειδικότερα, υποθέτουμε ότι:

- Τα ελαιόλαδα από τις δύο περιοχές θα έχουν παρόμοια αποτελέσματα όσον αφορά τα ποιοτικά τους χαρακτηριστικά, όπως η οξύτητα, οι φαινόλες, και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.
- Οι διαφορές που θα παρατηρηθούν μεταξύ των δειγμάτων από τις δύο περιοχές θα είναι στατιστικά ασήμαντες.

Για την επαλήθευση των παραπάνω υποθέσεων, συλλέχθηκαν 38 δείγματα ελαιόλαδου από τις δύο περιοχές. Η επιλογή των δειγμάτων έγινε με τυχαία δειγματοληψία, διασφαλίζοντας ότι τα δείγματα είναι αντιπροσωπευτικά του γενικού πληθυσμού ελαιόλαδου των δύο περιοχών.

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων θα γίνει με τη χρήση των εργαλείων IM-R και EWMA, ώστε να ελεγχθεί η κανονικότητα και να αναλυθούν τα ποιοτικά



χαρακτηριστικά των δειγμάτων. Η ανάλυση αυτή θα βοηθήσει να επαληθευτεί αν οι διαφορές που παρατηρούνται είναι στατιστικά σημαντικές ή όχι.

Η επιλογή αυτών των υποθέσεων βασίζεται στην υπάρχουσα γνώση ότι και οι δύο περιοχές παράγουν ελαιόλαδο εξαιρετικής ποιότητας. Επομένως, αναμένεται ότι τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων από την Πελοπόννησο και την Κρήτη θα είναι παρόμοια και οι διαφορές θα είναι ελάχιστες.

Ως προς τους στόχους της στατιστικής ανάλυσης, οι δύο βασικοί είναι:

1) Αρχικά να βρούμε ένα μαθηματικό μοντέλο, δηλαδή μία γραμμική εξίσωση που να περιγράφει όσο γίνεται με ακρίβεια τις μεταβλητές που έχουμε επιλέξει. Μέσω δοκιμών και κάποιων άρθρων από τη βιβλιογραφία, διαπιστώσαμε ότι το καλύτερο μαθηματικό μοντέλο είναι αυτό που έχει ως εξαρτημένη μεταβλητή την Average Bitter (Mb) και ανεξάρτητες τον σταθερό όρο, το  $\Delta_k$ , το Average Spicy Value (Ms) και το F.F.A (%)

2) Ο δεύτερος στόχος είναι η σύγκριση των ποιοτικών στοιχείων του ελαιόλαδου ως προς τις δύο περιοχές, Πελοπόννησο και Κρήτη. Με την χρήση των παραμετρικών και μη παραμετρικών ελέγχων εξηγούμε τις διαφορές που υπάρχουν μεταξύ αυτών, με την Κρήτη να έχει καλύτερες μέσες τιμές σχεδόν σε όλες τις μεταβλητές.

Σκοπός των στατιστικών αναλύσεων είναι να διερευνηθεί η υπόθεση ότι οι μεταβλητές των στοιχείων του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου στα δείγματα που συλλέχθηκαν δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο περιοχών της Κρήτης και της Πελοποννήσου. Όλες οι στατιστικές όπως η περιγραφική στατιστική, οι έλεγχοι υποθέσεων t, ANOVA κλπ., δεν επαληθεύουν αυτή την υπόθεση καθώς πράγματι παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές για πολλές από τις μεταβλητές των δειγμάτων. Ωστόσο στην ενότητα της γραμμικής παλινδρόμησης, για όλες τις περιοχές μαζί δημιουργούμε ένα μοντέλο με σχετικά καλή ακρίβεια (62%) και με στατιστική σημαντικότητα των χρησιμοποιούμενων ανεξαρτητών μεταβλητών το οποίο επαληθεύει ότι υπάρχει γραμμική σχέση μεταξύ των μεταβλητών. Τα δείγματα



μας λαμβάνουν τιμές εντός ορίων αναφοράς της βιβλιογραφίας για το εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο. Με μία μικρή απόκλιση μόνο στην μεταβλητή Average bitter, άρα τα δείγματα είναι άριστα με ελαφρώς πιο “άριστο” το εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο της Κρήτης με καλύτερες μέσες τιμές σε όλες τις μεταβλητές.

## 1.2 Ελαιόλαδο

Το ελαιόλαδο είναι ένα ιδιαίτερα σημαντικό προϊόν λόγω των λιπαρών οξέων και τις φαινολικές ενώσεις του, που είναι κυρίως υπεύθυνες για τις ωφέλιμες πτυχές της υγείας. Η χημική σύσταση του ελαιόλαδου αποτελείται κυρίως από ένα μίγμα τριγλυκεριδίων. Τα τριγλυκερίδια που βρίσκονται σε μεγαλύτερο ποσοστό είναι το OOO(43,5%), POO (18,4%), OOL(6,8%),POL(5,9%) και το SOO(5,1%) όπου O: ελαϊκό οξύ, P : παλμιτικό οξύ, S : στεατικό οξύ και L: λινελαϊκό οξύ, (Fedeli & Jacini, 1971). Οι χημικές ενώσεις, ελαϊκό οξύ και οι δευτερεύουσες βιοενεργητικές ενώσεις έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην ποιότητα και στα οφέλη του ελαιόλαδου. Το Διεθνές Συμβούλιο Ελιάς (ΔΟΕ) έχει επίσης δηλώσει ότι τα έλαια με τα υψηλότερα επίπεδα ελαϊκού οξέος είναι από τα πολύτιμα διατροφικά προϊόντα. Το παρθένο ελαιόλαδο ορίζεται από το Διεθνές Συμβούλιο Ελαιόλαδου (IOOC) ως το λάδι από τους καρπούς της ελιάς, που λαμβάνεται αποκλειστικά με μηχανική ή άλλη φυσική διαδικασία. Το IOOC και η Νομοθεσία των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (EC) προσδιόρισαν αναλυτικά στοιχεία μεθόδους και ποιοτικούς παραμέτρους όπως τιμή υπεροξειδίου (PV),οξύτητα ,υπεριώδης ακτινοβολία (UV) τιμές απορρόφησης (K232 και K270). Η αισθητηριακή αξιολόγηση είναι ένα από τα πιο σημαντικά νομικά πρότυπα για τον προσδιορισμό της ποιότητας του ελαιόλαδου.

Οι υδρόφιλες φαινόλες είναι οι πιο άφθονες ως φυσικά αντιοξειδωτικά του παρθένου ελαιόλαδου (VOO), ωστόσο, οι τοκοφερόλες και καροτίνες υπάρχουν επίσης. Οι επικρατούσες τάξεις των υδρόφιλων φαινολών που βρίσκονται στο VOO είναι οι φαινολικές αλκοόλες, οξέα, φλαβονοειδή, λιγνάνες(είναι ομάδα πολυφαινολών





χαμηλού μοριακού βάρους) και σεκοιριδοειδή (ελευρωπαίνη). Μεταξύ αυτών των ουσιών, οι δύο τελευταίες κατηγορίες περιλαμβάνουν τις περισσότερες συμπυκνώσεις φαινολών του έξτρα παρθένου ελαιόλαδου (VOO). Σεκοιριδοειδή, όπως τα παράγωγα αγλυκόνης της ελευρωπαΐνης και η αγλυκόνη του λιγκστροσιδίου, υπάρχουν στους καρπούς της ελιάς ως τα πιο άφθονα φαινολικά αντιοξειδωτικά VOO. Οι συγκεκριμένες, περιλαμβάνουν σημαντικές βιολογικές ιδιότητες (αντιοξειδωτικές, αντιφλεγμονώδεις, χημειοπροληπτικά και αντικαρκινικά). Οι υδρόφιλες φαινόλες που απαντώνται στο παρθένο ελαιόλαδο (VOO) επηρεάζουν τις αισθητηριακές συμπεριφορές και τις ιδιότητες υγείας και διαφοροποιούν αυτό το συγκεκριμένο προϊόν από όλα τα φυτικά έλαια που χρησιμοποιούνται από τον άνθρωπο (Reboredo-Rodríguez et al., 2018).

### 1.2.1 Θρεπτική Αξία Ελαιόλαδου

Η σημασία του ελαιόλαδου στη διατροφή των ανθρώπων είναι πολύ μεγάλη. Αποτελεί ουσιώδη πηγή των απαραίτητων για τον άνθρωπο λιπιδίων, καθώς είναι πλούσιο σε λιπαρά οξέα, όπως το λινελαϊκό οξύ (18:2,ω-6) και το λινολενικό (18:3,ω-3) που είναι απαραίτητα για την σωστή ανάπτυξη των παιδιών. Τα αποτελέσματα μιας μελέτης στην οποία διεξήχθησαν πειράματα σε νεαρά πειραματόζωα τα οποία τρέφονταν με ηλιέλαιο ενώ κάποια άλλα με ελαιόλαδο, έδειξαν ότι τα πρώτα παρουσίασαν κάποια αλλοίωση των δομικών λιπιδίων του εγκεφάλου, ενώ αυτά που τρέφονταν με ελαιόλαδο παρέμειναν υγιή. Σύμφωνα με άλλες μελέτες το ελαιόλαδο βοηθά στην ανάπτυξη του κεντρικού νευρικού συστήματος και του εγκεφάλου των βρεφών. Τέλος, όπως απέδειξαν ειδικοί το ελαιόλαδο είναι σημαντικό για την σωστή ανάπτυξη του σκελετού των παιδιών (Reboredo-Rodríguez, 2018).

Θα πρέπει να αναφερθούμε και στην θεραπευτική του δράση κατά των στομαχικών παθήσεων, με θετικές επιδράσεις στις συσπάσεις της χοληδόχου κύστης, καθώς ενεργοποιεί την ορμόνη χολοκυστοκίνη.



Επίσης καθυστερεί έμμεσα την γήρανση λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε αντιοξειδωτικά, εξαιτίας αυτών των ουσιών που περιέχει, το ελαιόλαδο προστατεύει τα άτομα τρίτης ηλικίας από αλλοιώσεις του κεντρικού νευρικού συστήματος και του εγκεφάλου.

Επιπλέον τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα στη διατροφή έχουν συνδεθεί με την διατήρηση της υγείας του καρδιαγγειακού συστήματος, ενώ παράλληλα μπορεί να προληφθεί και να μειωθεί ο κίνδυνος καρδιακών παθήσεων με την κατανάλωση αντιοξειδωτικών ουσιών. Συγκεκριμένα έρευνες έχουν δείξει ότι η κατανάλωση ελαιόλαδου λόγω των πολυφαινολών παρουσιάζουν ισχυρή προστατευτική δράση. (Reboredo-Rodriguez, 2018).

Η αθηροσκλήρυνση αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές αιτίες θανάτου στις αναπτυγμένες χώρες. Οι παράγοντες που προκαλούν αθηροσκλήρυνση μπορεί να είναι γενετικοί, ο τρόπος ζωής, όπως το κάπνισμα, η έλλειψη φυσικής άσκησης, η αρτηριακή υπέρταση, η παχυσαρκία και η υπερχοληστερολαιμία. Μια δίαιτα βασισμένη σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα όπως αυτά του ελαιόλαδου, επιδρά σημαντικά στο περιεχόμενο σε ολική χοληστερόλη του αίματος που είναι ο πρόδρομος των στεροειδών ορμονών και συστατικό των κυτταρικών μεμβρανών. Η ολική χοληστερόλη, τα τριγλυκερίδια και η LDL (χαμηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνη) μειώνονται, ενώ η HDL (υψηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνη) που αποτελεί προστατευτικό παράγοντα κατά της πάθησης των στεφανιαίων αρτηριών, αυξάνεται. Το ελαιόλαδο αποτελεί σημαντική πηγή βιταμίνης E της οποίας η επαρκής πρόσληψη έχει συνδεθεί με την προστασία από εκφυλιστικές παθήσεις όπως η νόσος του Alzheimer. Ολοκληρώνοντας, πρόσφατες μελέτες επιστημόνων και γιατρών επιβεβαιώνουν τα ευεργετικά οφέλη των συστατικών του παρθένου ελαιόλαδου, όσον αφορά την αντιθρομβωτική, αντιφλεγμονώδη αλλά και αντιοξειδωτική δράση. Δεν είναι άλλωστε τυχαίο στους καταναλωτές της Μεσογείου το χαμηλό ποσοστό στεφανιαίων νοσημάτων και μακροζωίας. (Τζήκα, 2008).



### 1.3 Συστατικά Ελαιόκαρπου

Η μέση χημική σύσταση του ελαιόκαρπου είναι: νερό (55-70%), έλαιο (22%), κυτταρίνη (6%), πρωτεΐνες (1,5-3%), υδατάνθρακες. Το ελαιόλαδο, όπως και κάθε λιπαρή ύλη, είναι κυρίως μίγμα τριγλυκεριδίων, δηλαδή τριεστέρων της γλυκερόλης με ανώτερα λιπαρά οξέα, μερικά από αυτά είναι ακόρεστα και άλλα κορεσμένα.

Στους ελαιόκαρπους έχουν ανιχνευθεί και ένζυμα, όπως κυτταρινάσες, χλωροφυλλάσες, πολυγαλακτουρονάση και πηκτινестεράση, καθώς και λιπάση, λιποξυγονάση (LOX), φαινολοξειδάση (PO) και υπεροξειδάση (POD).

#### ➤ Νερό

Το νερό ως βασικό χαρακτηριστικό του ελαιόκαρπου, καθώς αντιπροσωπεύει έως και το 70%, όπως προαναφέραμε έχει ιδιαίτερη σημασία, γιατί επηρεάζει σημαντικά το σχήμα του. Όταν υπάρχει αρκετή διείσδυση εντός του χυμοτόπιου του (πλήρης διόγκωση του κυτταροπλάσματος του), ενώ συρρικνώνεται η λεγόμενη αφυδάτωση του καρπού όταν δεν υπάρχει αρκετή ποσότητα νερού στον ελαιόκαρπο.

#### ➤ Σάκχαρα

Αυτά τα οποία συναντάμε άφθονα είναι η φρουκτόζη, η γλυκόζη, η μανόζη, η γαλακτόζη, ενώ η σακχαρόζη περιέχεται σε πολύ μικρές ποσότητες. Έτσι, βρίσκουμε συνήθως, την γλυκόζη και λίγο την φρουκτόζη. Δε θα αναφερθούμε ως δείκτη ποιότητας στο ελαιόλαδο με αυτά τα χαρακτηριστικά καθώς προσμετρώνται περισσότερο στις βρώσιμες ελιές.

#### ➤ Ελευρωπαΐνη

Ως κύριο χαρακτηριστικό του καρπού στο οποίο οφείλεται και η πικρή του γεύση. Εκτός από τον καρπό το συστατικό αυτό περιέχεται στο ελαιόλαδο, στα φύλλα της ελιάς και γενικότερα σε πολλά μέρη του ελαιόδεντρου προστατεύοντας το από μικροοργανισμούς και έντομα (Κυριτσάκης, 2007)

#### ➤ Πρωτεΐνες



Ο ελαιόκαρπος περιέχει πρωτεΐνες σε ποσοστό συγκέντρωσης 1,5%- 3%. Στο πυρήνα του η συγκέντρωση σε πρωτεΐνη είναι λίγο μεγαλύτερη γύρω στο 2% με 5 %. (Αλυγιζάκης, 1982). Στις πρωτεΐνες του ελαιόκαρπου περιέχονται σχεδόν όλα τα αμινοξέα που συναντώνται και στους υπόλοιπους φυτικούς ιστούς. Μερικά από αυτά είναι το ασπαρτικό οξύ, το γλουταμικό οξύ, η αργινίνη και αντιπροσωπεύουν το 30 % των καρπών σε ποικιλίες όπως η Κορωνέϊκη, η Μεγαρίτικη και η Θρουμποελιά (Manoukas & Hassapidou, 2001).

➤ Χρωστικές

Ο πράσινος καρπός περιέχει χλωροφύλλες, ενώ ο μαύρος περιέχει μελανίνες, οι οποίες σχηματίζονται από την οξειδωση των φαινολικών ενώσεων. Εκεί οφείλεται και η αλλαγή του χρώματος στον καρπό, λόγω αλλαγής των χρωστικών του ουσιών.

➤ Ανόργανα στοιχεία

Τα συναντάμε στην σάρκα του καρπού τα οποία είναι σίδηρος, ασβέστιο, κάλιο και ορισμένα άλλα.

➤ Οργανικά στοιχεία

Μερικά από τα οξέα όπως είναι το γαλακτικό, το μηλικό, το κιτρικό, το φουμαρικό, το οξικό, το οξαλικό βρίσκονται στο καρπό της ελιάς τα οποία κατά την επεξεργασία του για την παραγωγή του ελαιόλαδου στο ελαιοτριβείο συμπαρασύρονται με τα υπόλοιπα υδατοδιαλυτά συστατικά στα απόνερα του.

➤ Ελαιόλαδο

Το ελαιόλαδο καλύπτει περίπου το 35% το βάρος της νωπής σάρκας του και επηρεάζει σημαντικά την συνοχή της. Τα συστατικά του ελαιόλαδου χωρίζονται σε δυο κατηγορίες στα σαπωνοποιήσιμα, όπως είναι τα τριγλυκερίδια, τα ελεύθερα λιπαρά οξέα και τα φωσφατίδια και στα ασαπωνοποιήτα όπως είναι οι υδρογονάνθρακες, οι λιπαρές αλκοόλες και οι πολυφαινόλες (Τζήκα, 2008).



## 1.4 Χημική σύσταση Ελαιόλαδου

Το ελαιόλαδο, επειδή προκύπτει από τον ελαιόκαρπο με φυσικές τεχνικές, δεν είναι ποτέ μια καθαρή λιπαρή ουσία όπως οι άλλες λιπαρές ουσίες, φυτικές ή ζωικές, αλλά όπως προαναφερθήκαμε και πιο πάνω είναι ένα μίγμα τριγλυκεριδίων, δηλαδή τριεστέρων της γλυκερόλης με ανώτερα λιπαρά οξέα. Τα κυριότερα εκ των οποίων είναι τα TAG (τριάκυλο-γλυκερίδια) και τα δευτερεύοντα συστατικά είναι τα ελεύθερα λιπαρά οξέα και μη γλυκερίδια συστατικά σε ποσοστό (0.5-1%).

Τα δευτερεύοντα παίζουν σημαντικό ρόλο στη σταθερότητα και το άρωμα του ελαιόλαδου και για το λόγο αυτό ο ποσοτικός τους προσδιορισμός είναι καθοριστικός για την ταυτοποίηση των διαφόρων τύπων του.

Τα δευτερεύοντα συστατικά του είναι τα ακόλουθα:

1. Ελεύθερα λιπαρά οξέα(F.F.A) τα λεγόμενα προϊόντα υδρόλυσης
2. Φωσφατίδια(ή φωσφολιπίδια)
3. Αλειφατικές αλκοόλες
4. Στερόλες
5. Τοκοφερόλες
6. Φαινόλες
7. Χρωστικές
8. Πτητικές οργανικές ενώσεις
9. Διάφορες ρητινοειδείς και ζελατινώδεις ουσίες κ.λ.π

Η σύνθεση του ελαιολάδου σε λιπαρά οξέα κυμαίνεται και εξαρτάται από την ποικιλία, τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής όπου καλλιεργούνται τα δέντρα, το υψόμετρο, το στάδιο ωρίμανσης και καθώς και η σύσταση του χώματος. Τα λιπαρά οξέα αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος του ελαίου και διακρίνονται σε κεκορεσμένα και τα ακόρεστα. Τα σημαντικότερα λιπαρά οξέα του ελαιόλαδου είναι τα ακόρεστα, μεταξύ αυτών σε μεγαλύτερη ποσότητα το μονοακόρεστο ελαϊκό (C18:1), άλλα λιπαρά οξέα είναι το λινελαϊκό οξύ (C18:2). Επίσης έχουμε το α-λινολενικό οξύ (C18:3),



αραχιδονικό (C20:4) και παλμιτολεϊκό (C16:1) συναντώνται στο ελαιόλαδο σε μικρότερες ποσότητες (Τζήκα, 2008).

Από τα κορεσμένα λιπαρά οξέα σε μεγαλύτερο ποσοστό συναντάται το πελματικό (C16:0) και ακολουθεί το στεατικό (C18:0). Η διάκριση του γίνεται ανάλογα με τον αριθμό των διπλών δεσμών που έχουν. Τα κορεσμένα λίπη δεν περιέχουν κανέναν διπλό δεσμό, τα μονοακόρεστα περιέχουν μόνο έναν και τα πολυακόρεστα περιέχουν δύο ή περισσότερους.

Άλλη μια κατηγοριοποίηση των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων είναι ανάλογα με την θέση του πρώτου διπλού δεσμού:

- Ω-6 λιπαρά οξέα που έχουν τον διπλό δεσμό στο έκτο άτομο άνθρακα στην αλυσίδα και προέρχονται κυρίως από το α-λινολενικό οξύ.
- Ω-3 Λιπαρά οξέα που έχουν τον διπλό δεσμό στο τρίτο άτομο άνθρακα στην αλυσίδα και προέρχονται κυρίως από το α-λινολενικό οξύ.

#### Οι υδατάνθρακες

Οι υδατάνθρακες αποτελούν τα 3-3,5% του ελαιόλαδου. Το σκουαλένιο φαίνεται να έχει ανασταλτικό χαρακτήρα στην ανάπτυξη του καρκίνου του στήθους. Η περιεκτικότητά του κυμαίνεται από 250-925mg/100g. Έχει ιδιαίτερη σημασία ο προσδιορισμός του, καθ' ότι χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της νοθείας του από άλλα λάδια.

#### Χρωστικές ουσίες

Οι χρωστικές ουσίες και οι στερόλες σε συνεργασία με τις φαινόλες παρουσία του φωτός, εμποδίζουν το τάγγισμα του λαδιού. Οι στερόλες (ιδιαίτερα η β-Σιτοστερόλη) εμποδίζει την απορρόφηση της χοληστερίνης και χλωροφύλλες βοηθούν τον μεταβολισμό, την κυτταρική ανάπτυξη και την επούλωση των πληγών.

Η κυριότερη χρωστική που συναντάμε στο ελαιόλαδο είναι η χλωροφύλλη. Η ουσία αυτή δίνει το χαρακτηριστικό πράσινο χρώμα στο λάδι, αλλά αποτελεί και την κύρια αιτία της οξειδωτικής αλλοίωσης, όταν αυτό έρθει σε επαφή με φως. Έχουμε δύο ειδών χλωροφύλλες, η μία είναι της μορφής α και η άλλη της μορφής β. Η α μορφή είναι κυανοπράσινη, ενώ η β κιτρινοπράσινη, και οι δύο όμως περιέχουν μαγνήσιο και μετατρέπονται σε φαιοφυτίνες.



Στα φρέσκα παρθένα ελαιόλαδα το συνολικό άθροισμα της χλωροφύλλης a και b κυμαίνεται από 1 μέχρι 10 ppm και της Φαιοφυτίνης a και b από 0,2 μέχρι 24 ppm. Καθώς προχωράει η ωρίμανση του ελαιόκαρπου μειώνεται η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη.

#### Καροτενοειδείς χρωστικές ουσίες

Στο ελαιόλαδο συναντώνται διάφορα καροτενοειδή. Η ξανθοφύλλη ( $C_{40}H_{56}O_2$ ) που είναι το υδροξυλιωμένο α- Καροτίνιο, το οποίο καλύπτει το μεγαλύτερο ποσοστό. Ακολουθούν τα καροτίνια και σε ελάχιστες ποσότητες το Λυκοπένιο. Τα καροτένια είναι τρεις ισομερής ακόρεστοι υδρογονάνθρακες (α, β και γ καροτίνη) του τύπου  $C_{40}H_{56}$ .

#### Φαινόλες, πολυφαινόλες και φαινολικά οξέα

Οι φαινόλες, οι πολυφαινόλες και τα φαινολικά οξέα έχουν ισχυρή αντιοξειδωτική δράση και προστατεύουν το λάδι από υψηλές θερμοκρασίες κατά το μαγείρεμα (Τζήκα, 2008).

### 1.4.1 Βασικά Ασαπωνοποίητα συστατικά του Ελαιόλαδου

**Υδρογονάνθρακες:** στο ασαπωνοποίητο μέρος του ελαιόλαδου έχουμε διάφορους υδρογονάνθρακες όπως -Παραφίνες (αλκάνια), το Ναφθαλίνιο και τα παράγωγα του, καθώς και διακλαδισμένης αλυσίδας υδρογονάνθρακες, επίσης συστατικά του ασαπωνοποίητου μέρους του παρθένου ελαιόλαδου. Το βασικό συστατικό του κλάσματος υδρογονανθράκων του ελαιόλαδου είναι ο τριτερπενικός υδρογονάνθρακας σκουαλένιο, που αποτελεί πρόδρομο της βιοσύνθεσης των στερολών. Είναι ένας πολυακόρεστος υδρογονάνθρακας με τριάντα άτομα άνθρακα.

**Στερόλες:** Τέσσερις κατηγορίες στερολών βρίσκονται επίσης στο ελαιόλαδο και χρησιμοποιούνται συνήθως για τον έλεγχο της γνησιότητας του, επειδή η παρουσία τους συνδέεται με την ποιότητα του ελαιόλαδου. Αυτές οι τέσσερις κατηγορίες είναι οι κοινές στερόλες (4-Δεσμεθυλστερόλες), οι 4α-Μεθυλστερόλες, οι Τριτερπενικές αλκοόλες (4-Διμεθυλστερόλες) και οι Τριτερπενικές Διαλκοόλες. Οι κοινές στερόλες



στο έξτρα παρθένο ελαιόλαδο είναι τόσο σε ελεύθερή όσο και σε μορφή εστέρων. Τα κύρια συστατικά αυτού του κλάσματος είναι η Καμπεστερόλη, η β- Σιτοστερόλη και η Δ5-Αβεναστερόλη, ενώ σε μικρότερες ποσότητες συναντώνται η Στιγμαστερόλη, Χοληστερόλη, Βρασικαστερόλη, Σιτοστανόλη, Εργοστερόλη, η Δ7-Στιγμαστερόλη, Δ7- Καμπεστανόλη, η Δ7-Καμπεστερόλη, η Δ5 24-Στιγμασταδιενόλη, Δ5 23-Στιγμασταδιενόλη, Δ7 24-Εργοσταδιενόλη, Δ7 22 -Εργοσταδιενόλη. Η συνολική περιεκτικότητα σε στερόλη του ΕVOO κυμαίνεται μεταξύ 1000 και 2000 mg/kg αποτελώντας την πρώτη κατώτερου ορίου που έχει θέσει η Επιτροπή της ΕΕ. Η β -σιτοστερόλη είναι η κύρια ένωση στο κλάσμα των στερολών με τιμές μεταξύ 75% και 90% του συνολικού κλάσματος των στερολών, ενώ η Δ5 αβεναστερόλη έχει τιμές μεταξύ 5% και 20 %. Το έτος καλλιέργειας, η ποικιλία, η ωρίμανση του καρπού, ο χρόνος αποθήκευσης των ελιών πριν την εξαγωγή του λαδιού και οι γεωγραφικές επιρροές συμβάλλουν στην σύνθεση χοληστερόλης του τελικού έξτρα παρθένου ελαιολάδου που ελήφθη. Ταυτόχρονα, ο χρόνος αποθήκευσης και οι συνθήκες αποθήκευσης του τελικού προϊόντος είναι επίσης παράγοντες που μπορούν να προκαλέσουν αρκετές σημαντικές αλλαγές, ιδιαίτερα στις συγκεντρώσεις κάθε μεμονωμένης στερόλης. Τέλος οι 4 -μονομεθυλστερόλες υπάρχουν σε μικρότερες ποσότητες και σημαίνουν μέρος της βιοσύνθεσης των στερολών ως ενδιάμεσα (Κυριτσάκης, 2007).

**Τοκοφερόλες:** Οι τοκοφερόλες είναι ετεροκυκλικές ενώσεις μεγάλου μοριακού βάρους και στο ΕVOO υπάρχουν η α, β, γ ως επί το πλείστο. Η α-Τοκοφερόλη μπορεί να βρεθεί στην ελεύθερη μορφή της και αντιπροσωπεύει περισσότερο από το 90 % του προσδιορισμένου τμήματος με εύρος 206,5 έως 270,9 mg/kg λαδιού, το οποίο κυμαίνεται με μεταβλητές όπως το έτος συγκομιδή και απόσταση μεταξύ των ελαιόδεντρων. Και οι δυο παράγοντες η απόσταση μεταξύ των δέντρων και του έτους καλλιέργειας επηρεάζουν σημαντικά την ποσότητα των τοκοφερολών. Επίσης τα υψηλά επίπεδα αυτού του τύπου τοκοφερόλης μπορεί να συνδέονται με τα υψηλά επίπεδα χρωστικών χλωροφύλλης και την ταυτόχρονη αναγκαιότητα μονηρούς οξυγόνου που μπορεί να οδηγήσει σε κυτταρικό θάνατο. Μικρότερες ποσότητες β-





Τοκοφερόλης (10mg/kg), γ- Τοκοφερόλης (20mg/kg) και δ -Τοκοφερόλης (10mg/kg), απαντώνται συνήθως στο έξτρα παρθένο ελαιόλαδο. Η ολική συγκέντρωση της Τοκοφερόλης φαίνεται να μειώνεται κατά το σχίσιμο των φρούτων και η διύλιση ή η διαδικασία υδρογόνωσης προκαλεί την αποδόμηση τους, επομένως βρίσκονται μόνο στο EVOO, VOO, ( έξτρα παρθένο και παρθένο αντίστοιχα ελαιόλαδο) (Κυριτσάκης, 2007).

#### 1.4.2 Δευτερογενείς Μεταβολίτες

##### **Φαινολικές ενώσεις.**

Σημαντικά δευτερεύοντα συστατικά στο ασαπωνοποίητο μέρος του ελαιόλαδου είναι οι φαινολικές ενώσεις. Η κύρια ομάδα των αντιοξειδωτικών στο έξτρα παρθένο ελαιόλαδο είναι οι υδρόφιλες ενώσεις οι οποίες αποτελούν εξαιρετικής σημασίας για τον προσδιορισμό της ποιότητας του ελαιολάδου ως αναφορά τα αισθητηριακά τους χαρακτηριστικά, όπως η πικρή, πικάντικη γεύση, καθώς και ο προσδιορισμός των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του που είναι το άρωμα και η γεύση του. Η οξειδωτική του συμπεριφορά εξαρτάται όχι μόνο από την ποικιλία του αλλά και από τον χρόνο συγκομιδής του, καθώς και την περιοχή της καλλιέργειας και την μέθοδο. Πολύ σημαντικό ρόλο παίζει και ο τρόπος συγκομιδής και οι συνθήκες αποθήκευσης του ελαιόκαρπου. Είναι αξιοσημείωτο να πούμε σε αυτό το σημείο ότι οι φαινολικές ενώσεις στο EVOO έχουν αντιοξειδωτική, αντιφλεγμονώδη, αντιμικροβιακή και αντικαρκινική δράση. Μπορούν επίσης να ρυθμίσουν την έκφραση γονιδίων για να προστατεύσουν πρωτεΐνες που συμμετέχουν στους κυτταρικούς μηχανισμούς που εμπλέκονται στην διαδικασία της φλεγμονής, στην καταπολέμηση του οξειδωτικού στρες και στον μεταβολισμό των λιπιδίων.

Οι πολικές φαινόλες που βρίσκονται στο EVOO είναι πολικές φαινολικές ενώσεις που μπορεί να υπάρχουν σε ελεύθερες, δεσμευμένες ή εστεροποιημένες μορφές και η συνολική τους περιεκτικότητα κυμαίνεται από 50 έως 1000 mg/kg., που είναι και η πιο συνηθισμένη σε συγκεντρώσεις μεταξύ 100 και 300 mg/kg. Αυτά διαφέρουν από ελαιόλαδο σε ελαιόλαδο λόγω των παραπάνω παραγόντων που αναφέραμε. Τα κύρια



φαινολικά οξέα που υπάρχουν στο έξτρα παρθένο ελαιόλαδο είναι το Υδροξυβενζοϊκό, π-Κουμαρικό οξύ, το Πρωτοκατεχικό,καφεϊκό, ο-Κουμαρικό, Βανιλικό .

Οι πιο σημαντικές είναι η τυροσόλη και η υδροξυ-τυροσόλη με ιδιαίτερη αντιοξειδωτική δράση της τελευταίας. Οι ιδιότητες των φύλλων της ελιάς αποδίδονται κυρίως στα ιριδοειδή των φύλλων και ιδιαίτερα στα Σεκοιριδοειδή (ελευρωπαϊνή). Ωστόσο είναι αδιάλυτες στο ελαιόλαδο και ένα μικρό ποσοστό μόνο καταλήγει στο τελικό EVOO, μετά την διαδικασία την μηχανικής εκχύλισης. Τα πιο κοινά Σεκοιριδοειδή είναι η δι-Μεθυλολευρωπεινη, Ελευρωπαϊνή, η Λιγκστροσίδη και οι Αγλυκόνες. Τόσο η τυροσόλη όσο και η υδροξυ-τυροσόλη που αποτελούν τις κύριες φαινολικές ενώσεις βρίσκονται πιο πολύ στο έξτρα παρθένο ελαιόλαδο και σε μικρότερες συγκεντρώσεις στο παρθένο ελαιόλαδο, αλλά τείνουν να μειώνονται κατά την διάρκεια της διαδικασίας (Τζήκα, 2008).

### Χρωστικές

Τα λιπόφιλα καροτενοειδή και οι χρωστικές της χλωροφύλλης που υπάρχουν στο ελαιόλαδο είναι υπεύθυνα για το χαρακτηριστικό του χρώμα. Το ανοιχτό πράσινο στο έξτρα παρθένο ελαιόλαδο οφείλεται στην υψηλή περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη, ενώ χρησιμοποιώντας ώριμες ελιές με υψηλότερη περιεκτικότητα σε καροτενοειδή παίρνουμε ένα πιο κιτρινωπό λάδι, επομένως το τελικό χρώμα είναι αποτέλεσμα των αναλογιών αυτών των χρωστικών (Lazzerini, et al., 2016) Το EVOO περιέχει μεγάλη ποικιλία καροτενοειδών και χλωροφυλλών, από β -Καροτένιο, Βιολαξανθίνη, Νεοξανθίνη, Λουτεΐνη και άλλες Ξανθοφύλλες (παλαιότερα λεγότουσαν Φυλλοξανθίνες είναι οργανικές κυκλικές χημικές ενώσεις που ανήκουν στα καροτενοειδή, συνήθως είναι κίτρινες). Αυτές οι χρωστικές μπορεί να βρεθούν σε ποσότητες έως και 100ppm ολικών καροτενοειδών., β-Καροτίνη έως 15ppm και η Λουτεΐνη έως 10ppm (Lazzerini et al.,2016), αν και αυτές οι τιμές εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες. Η τελική συγκέντρωση κάθε χρωστικής στο τελικό προϊόν του EVOO βασίζεται στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του καρπού, την γεωγραφική



προέλευση, το κλίμα, συνθήκες άρδευσης και τη διαδικασία μηχανικής εκχύλισης που χρησιμοποιείται. Οι συνθήκες αποθήκευσης και η τελική συσκευασία παίζουν επίσης ρόλο στη συγκέντρωση και τον τύπο της χρωστικής.(Gandul-Rojas et al.,2016).

Αξιοσημείωτο είναι να αναφερθεί ότι οι χρωστικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο της ταυτότητας του EVOO. Μετρώντας τις χρωστικές της χλωροφύλλης και καροτενοειδών του EVOO και συγκρίνοντας τις μέσω ενός δείκτη ποιότητας, στον οποίο η αναλογία συνολικών χλωροφυλλών προς ολικά καροτενοειδή πρέπει να είναι περίπου 1:1 και η αναλογία δευτερευόντων Καροτενοειδών προς Λουτεΐνη πρέπει να είναι γύρω στο 1:2, για να δηλωθεί ως αυθεντικό ελαιόλαδο (Gandyl-Rojas et al., 2000). Επιπλέον άλλες χρωστικές ουσίες όπως η Βιολακανθίνη, η Λουτεΐνη μπορεί να είναι χρήσιμες ως εργαλείο για την αναγνώριση ενός μονοποικιλιακού έξτρα παρθένου ελαιόλαδου (Gandyl-Rojas et al., 2000).

Τέλος οι χλωροφύλλες, τα καροτενοειδή και άλλες χρωστικές ουσίες, όπως η λουτεΐνη και η βιολαξανθίνη, μπορούν να παραμείνουν σταθερές για περισσότερο από ένα χρόνο στην αποθήκευση, ανεξάρτητα από το βαθμό ωριμότητας και την ποικιλία των ελιών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή αυτού του ελαίου.(Roca et al., 2003)

## 1.5 Δείγματα και Παράμετροι Ποιότητας

Το ελαιόλαδο διακρίνεται σε τέσσερις διαφορετικούς τύπους ανάλογα με την ποιότητα : Εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο, παρθένο, κανονικό και λαμπαντέ. Έχουν διερευνηθεί για το αισθητηριακό τους προφίλ, την αντιοξειδωτική τους δράση και ορισμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά (ελεύθερη οξύτητα, υπεροξειδία, σύνθεση λιπαρών οξέων και των δεικτών K232, K270 και ΔΚ (απορρόφηση στο υπεριώδες φάσμα). Η απορρόφηση στο υπεριώδες φάσμα αναφέρεται στην απορρόφηση του μήκους κύματος 232nm και 270 nm, ενώ ο ΔΚ ορίζεται ως μαθηματική σχέση συντελεστών απορρόφησης υπεριώδους ακτινοβολίας. Για την ακρίβεια ο προσδιορισμός της απορρόφησης στο υπεριώδες φάσμα χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της ποιοτικής του



κατάστασης , της γνησιότητας του (έλεγχος νοθείας με ραφινρισμένο ελαιόλαδο ή σπορέλαια) και για τον προσδιορισμό της οξειδωτικής του αλλοίωσης.

Όπως προαναφερθήκαμε, ο χαρακτηρισμός του ελαιόλαδου ως <<έξτρα παρθένου ελαιόλαδου>> απαιτεί διάφορες προϋποθέσεις. Από τη μια πλευρά, πρέπει να λαμβάνεται με αποκλειστικά μηχανικές διαδικασίες, που δίνει την ετικέτα <<παρθένο>>. Από την άλλη πρέπει να παρουσιάζει χαμηλή ελεύθερη οξύτητα (<0,8%), χαμηλή τιμή υπεροξειδίου, υψηλή αντιοξειδωτική δράση, αισθητή φρουτώδη γεύση και καθόλου αισθητηριακά ελαττώματα, αποκτώντας έτσι και την ετικέτα <<έξτρα>>. Ωστόσο μόλις αποκτηθούν αυτά τα σήματα, είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη ορισμένοι παράγοντες αποθήκευσης για τη διατήρηση και τη διασφάλιση αυτών των ποιοτικών χαρακτηριστικών μέχρι να χρησιμοποιηθεί το λάδι. (Aroca -Santos, et al.,2018).

### 1.5.1 Η Ποικιλία ως παράμετρος

Όπως είναι αναμενόμενο η ποικιλία διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην τελική σύνθεση του EVOO, αποτελώντας έναν εσωτερικό παράγοντα που επηρεάζει την σταθερότητα και την ποιότητα. Όχι μόνο η ποικιλία αλλά και η γεωγραφική θέση και οι συνθήκες καλλιέργειας, καθώς και η εφαρμοσμένη μηχανική διαδικασία παραγωγής επηρεάζουν την ποιότητα (Reboredo-Rodriguez et al., 2014). Έρευνα που διεξήχθη στην Ισπανία με βάση τις αναλύσεις που έγιναν με ορατή φασματοφωτομετρία , σε δύο ποικιλίες της Ισπανίας ,την ποικιλία Empeltre μεσαίου μεγέθους, μαύρη ελιά με καταγωγή από τις περιοχές της Αραγονίας και των Βαλεαρίδων Νήσων, και την ποικιλία Manzanilla με καταγωγή το Caceres μια πόλη της Ισπανίας που βρίσκεται στο στην αυτόνομη κοινότητα Extremadura. Η ποικιλία Manzanilla περιέχει μεγάλη ποσότητα χρωστικών (χλωροφύλλες και τα παράγωγα τους όπως φαιοφυτίνες, καθώς και καροτενοειδή) ενώ παρατηρείται μεγαλύτερη συγκέντρωση στο έξτρα παρθένο ελαιόλαδο που παράγεται από την ποικιλία Manzanilla Cacerena. Αυτό επηρεάζει και την πυκνότητα του ελαιόλαδου που παράγεται από ελιές με υψηλότερη συγκέντρωση χρωστικών που σημαίνει και πιο πυκνό το προϊόν μας (Aroca-Santos et al., 2018).



### 1.5.2 Επίδραση της θερμοκρασίας

Η θερμοκρασία είναι ένας από τους κύριους παράγοντες που πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη για την ποιότητα του ελαιόλαδου και την κατηγοριοποίηση του σε έξτρα παρθένο ελαιόλαδο. Συγκρίνοντας τα φάσματα απορρόφησης στο υπεριώδες, παρατηρούμε ότι σε θερμοκρασίες κοντά στους 40<sup>0</sup> C, προκαλούνται μεγαλύτερες αλλοιώσεις στην σύνθεση των χρωστικών από τις χαμηλές θερμοκρασίες όπως 3<sup>0</sup> C,. Αν και, η ιδανική θερμοκρασία για την διατήρηση του ελαιόλαδου είναι γύρω στους 25<sup>0</sup>C. (Rotich et al., 2020).

Όταν το έξτρα παρθένο ελαιόλαδο αποθηκεύεται σε χαμηλές θερμοκρασίες, μπορεί να παρατηρηθεί μια διαδικασία κρυστάλλωσης που προκαλείται από την ψύξη. Σε αυτή τη διαδικασία, οι τριακυλογλυκερόλες αρχίζουν να παγώνουν μέσω του μεθυλικού κλάσματος, το οποίο είναι ακριβώς το τμήμα που λιώνει στην αντίθετη διαδικασία. Μέσω της ανάλυσης αυτής κατάψυξης-τήξης, μπορούν να ληφθούν πληροφορίες σχετικά με την γεωγραφική προέλευση του έξτρα παρθένου ελαιόλαδου (Rotich et al., 2020).

### 1.5.3 Επίδραση του φωτός

Η έκθεση στο ηλιακό φως είναι από τους κύριους παράγοντες που προάγουν και επιταχύνουν την αποικοδόμηση χημικών ενώσεων, όπως οι χρωστικές ή φαινολικές ενώσεις. Κατατάσσεται σε έναν από τους πιο σοβαρούς παράγοντες, καθώς το EVOO είναι αρκετό χρονικό διάστημα εκτεθειμένο στο φως κατά την παραμονή του στα σημεία πώλησης (Pristouri et al., 2010).

Μία μελέτη που διεξήχθη για επίδραση του φωτός σε δεκατέσσερις εμπορικές ποικιλίες EVOO, πραγματοποιώντας συνθήκες προσομοίωσης σε διάστημα περίπου έξι μηνών, έδειξε ότι επηρεάζει σημαντικά τις φαινολικές ενώσεις που συμβάλλουν στην βελτίωση της υγείας. Αντιθέτως, επηρεάζει λιγότερο τις ενώσεις που είναι υπεύθυνες για την ποιότητα του ελαιόλαδου, όπως είναι η οξύτητα ή η περιεκτικότητα του σε ελαϊκό οξύ. Η απώλεια των τυπικών ιδιοτήτων του έξτρα παρθένου ελαιόλαδου



που προάγουν την υγεία και τις αισθητηριακές του ιδιότητες κατά το χρονικό διάστημα που εκτίθεται στο φως, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την αρχική αντιοξειδωτική τους ικανότητα που είναι άρρηκτα συνδεδεμένη από την αρχική συγκέντρωση της ελευρωπαΐνης. Όσο υψηλότερη είναι η περιεκτικότητα σε παράγωγο ελευρωπαΐνης, τόσο υψηλότερη είναι η αντοχή στην οξείδωση (Esposto et al., 2017).

#### 1.5.4 Επίδραση του χρόνου

Ο χρόνος όπως και στις περισσότερες μεταβλητές διαδραματίζει σημαντικό ρόλο και στην ποιότητα του έξτρα παρθένου ελαιόλαδου. Η μέση τιμή του χρόνου ζωής του EVOO είναι μεταξύ 9 και 18 μηνών, σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες που συνδράμουν στην ποιότητα, όπως είναι η θερμοκρασία, οι συνθήκες αποθήκευσης. Ιδανικά η αποθήκευση σε θερμοκρασία δωματίου ή χαμηλότερη ενδείκνυται στο να μην υποβαθμίσει την ποιότητα του ελαιόλαδου σε σύντομο χρονικό διάστημα που συμβαίνει με την αποθήκευση του στους 40<sup>0</sup> C. Σημαντικό ρόλο στην επίδραση του χρόνου έχουμε και με παράγοντα συσχέτισης χρόνου -ποικιλίας, καθώς στο παράδειγμα που αναφερθήκαμε πιο πάνω, όπου η ποικιλία Manzanilla Cacerena ήταν πιο ευάλωτη στη πάροδο του χρόνου με υποβάθμιση της ποιότητας σε μόλις 10-12 μέρες αποθήκευσης μετά το άνοιγμα μπουκαλιού, ανεξαρτήτως θερμοκρασίας. Εν αντιθέσει με την ποικιλία Empeltre , η οποία διατήρησε τη σταθερότητα της στην ποιότητα με μεγαλύτερη ανθεκτικότητα. (Aroca- Santos, 2018).



### 1.5.5 Επίδραση της παρουσίας του οξυγόνου

Η παρουσία οξυγόνου στο ελαιόλαδο έχει σημαντική επίδραση στα ποιοτικά του χαρακτηριστικά. Συγκεκριμένα κατά την παραγωγή του έξτρα παρθένου ελαιόλαδου, την συσκευασία και τυποποίηση του η εισροή οξυγόνου έχει ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση της ποιότητας του καθώς και της διάρκειας ζωής του κατά την αποθήκευση του (Pristouri et al., 2010). Μελέτες έχουν δείξει ότι τα δοχεία με αεροστεγές καπάκι ή ακόμα καλύτερα με αντικατάσταση οξυγόνου με άλλα αδρανή αέρια απέδειξαν μακροζωία και διατήρηση των δυνατών ευεργετικών ενώσεων, όπως οι χρωστικές και οι πολυφαινόλες (Iqdiām et al., 2020).

### 1.5.6 Το κλίμα

Μείζον σημασίας αποτελεί και ο παράγοντας κλίμα. Ελαιόδεντρα τα οποία καλλιεργούνται σε ορεινές περιοχές παράγουν ελαιόλαδο με ιδιαίτερη ευχάριστη γεύση, εν αντιθέσει με τα πεδινά μέρη που παρουσιάζουν χαμηλότερη συγκέντρωση σε λιπαρά οξέα. Τα μεν ελαιόδεντρα σε υψόμετρα περίπου 600 μέτρων πάνω από την θάλασσα, το ελαιόλαδο τους παρουσιάζει μεγάλη ρευστότητα, καθώς είναι πλούσια σε πολυακόρεστα οξέα (υγρά γλυκερίδια), ενώ το ελαιόδεντρα που βρίσκονται σε χαμηλότερο υψόμετρο, το ελαιόλαδο τους είναι πλούσιο σε στερεά γλυκερίδια. Θα πρέπει να αναφέρουμε ότι ελαιόδεντρα που καλλιεργούνται σε κοντινή απόσταση από την θάλασσα το ελαιόλαδο που παράγουν παρουσιάζει αλλοίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών και αυτό λόγω υψηλής συγκέντρωσης της υγρασίας. Στις κλιματολογικές συνθήκες περιλαμβάνεται και η ηλιοφάνεια και ο καλός αερισμός των ελαιόδεντρων που συμβάλλουν στην παραγωγή καλής ποιότητας ελαιόλαδου (Κυριτσάκης, 2007)

### 1.5.7 Το Έδαφος

Η σύσταση του εδάφους επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα του ελαιόλαδου. Το έδαφος της Ελλάδας είναι από τα πλέον καταλληλότερα για την καλλιέργεια της ελιάς.



Δε θα παραβλέψουμε το γεγονός ότι το ελαιόλαδο μας αποτελεί φάρμακο στις περισσότερες χώρες που εξάγεται. Το καταλληλότερο έδαφος για την καλλιέργεια της ελιάς είναι το έδαφος με pH από 6 - 8 και με μέση σύσταση (αμμοαργιλώδη), όπου τα δέντρα στα εδάφη αυτά, δίνουν πιο παχύρευστο ελαιόλαδο. Σπουδαίο ρόλο παίζει και η περιεκτικότητα του σε ανθρακικό ασβέστιο, σε ποσοστό μεγαλύτερο του 12%, είναι προφανές ότι θα εμφανιστούν φαινόμενα χλώρωσης (κιτρίνισμα φύλλου). Εδάφη πλούσια σε φώσφορο, κάλιο, άζωτο και βόριο επιταχύνουν την ωρίμανση του ελαιόκαρπου και βελτιώνουν αισθητά την ποιότητα του ελαιόλαδου.

### 1.5.8 Υλικά Συσκευασίας

Ένας εξίσου σημαντικός παράγοντας είναι το υλικό συσκευασίας που χρησιμοποιούμε κατά την συγκομιδή των ελαιόκαρπων για την μεταφοράς τους προς το ελαιουργείο και το υλικό συσκευασίας στην αποθήκευση του έξτρα παρθένου ελαιόλαδου. Οι υφιστάμενοι σάκοι μεταφοράς ελαιόκαρπου θα πρέπει να διατηρούνται καθαροί και απαλλαγμένοι από μύκητες και έντομα. Επίσης, θα πρέπει να πλένονται ή όποτε κρίνεται σκόπιμο με ειδικά καθαριστικά (χωρίς επιπλέον χημική επιμόλυνση από την χρήση αυτών), προκειμένου να απομακρύνονται οι οσμές ταγγισμένου λαδιού και να απορρίπτονται εάν έχουν μεγάλες σχισμές.

Τα δοχεία αποθήκευσης ελαιόλαδου θα πρέπει να διατηρούνται καθαρά και να είναι απαλλαγμένα από δυσάρεστες οσμές. Μερικά από τα υλικά που προτείνονται να χρησιμοποιήσουμε για την αποθήκευση του είναι το φιμέ γυαλί, το πολυαιθυλένιο τερεφθαλικό (PET), λευκοσίδηρο, αλουμίνιο (Kontominas, 2017).

Μελέτες έχουν αποδείξει ότι το γυαλί ως συσκευασία θεωρείται από τις πιο αποδοτικές στην διατήρηση της ποιότητας του ελαιόλαδου καθώς είναι ένας αδρανές υλικό και ειδικότερα όταν έχει υδατογραφίες πάνω στην συσκευασία του εμποδίζει την αλληλεπίδραση του περιεχομένου με το φως. Από την άλλη πλευρά το πολυπροπυλένιο και πολυαιθυλένιο είναι υλικά που παρουσιάζουν υψηλή διαπερατότητα του οξυγόνου, επομένως δεν είναι κατάλληλα υλικά αποθήκευσης ελαιόλαδου για μεγάλα χρονικά διαστήματα (Abbadì et al., 2014).





### 1.5.9 Μέθοδος Συγκομιδής

Όπως θα δούμε και στο δεύτερο κεφάλαιο με την γραφική απεικόνιση της παραγωγικής διαδικασίας μέσω ενός διαγράμματος ροής το στάδιο πριν την παραλαβή της α' ύλης που θα ξεκινήσουμε την παραγωγή του ελαιόλαδου μας, προηγείται ένα πολύ καθοριστικό βήμα που είναι η συγκομιδή του ελαιόκαρπου. Η μέθοδος που χρησιμοποιεί ο καθένας καλλιεργητής έχει αποδειχθεί ως καθοριστικός παράγοντας στην ποιότητα του ελαιόλαδου και συγκεκριμένα στο έξτρα παρθένο ελαιόλαδο. Πείραμα που διεξήχθη στην Γαλλία σε τέσσερις ελαιώνες εκ των έντεκα, σε μια συγκεκριμένη περιοχή, όπου όλοι οι υπόλοιποι παράγοντες σταθεροί, επιλέχθηκαν τρεις διαφορετικοί μέθοδοι συγκομιδής σε πανομοιότυπα δέντρα. Η πρώτη μέθοδος είναι η κλασική χειροκίνητη συλλογή ελαιόκαρπων, η δεύτερη ήταν με την παλιά μέθοδο που συνηθίζεται σε μερικούς οικισμούς, όπως και στην Ελλάδα που είναι η μέθοδος με το χτύπημα (τίναγμα) με ένα μακρύ κοντάρι για την συλλογή καρπών σε απλωμένα δίκτυα αφότου γίνει η αποκόλληση τους. Τρίτον με την μέθοδο με τις φερόμενες ηλεκτρικές χτένες που έχουμε μία πιο ομαλή αποκόλληση των καρπών και πτώση τους στα απλωμένα δίκτυα με σκοπό την συλλογή τους. Η επιλογή των δέντρων έγινε με τυχαία δειγματοληψία και το δείγμα μας περιέχει περίπου δύο κιλά καρπούς.

Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν τα εξής :Οι καρποί που συλλέχθηκαν με το "χτύπημα" ήταν τραυματισμένοι στο 74,5% στο σύνολο τους, έναντι 39% περίπου από την συλλογή με τα χέρια. Η τρίτη και πιο σύγχρονη μέθοδος έδειξε γύρω στο 58,5 % του συνόλου. Επίσης παρατηρήθηκε διπλάσιο ποσοστό μούχλας με τις δύο πρώτες μεθόδους συλλογής καρπών. Επιπλέον, είχαμε σημαντική αύξηση περιεκτικότητας σε FFA (ελεύθερα λιπαρά οξέα): 0,49 % με μέθοδος τινάγματος, 0,38% στη χειροκίνητη συλλογή και περίπου, 0,43 % με ηλεκτρική χτένα. Τέλος να προσθέσουμε και ότι παρατηρήθηκε μείωση των πολυφαινολών στο ελαιόλαδο (Dag et al., 2023).



## 2<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ

### 2.1 Παραγωγική διαδικασία ελαιόλαδου και μέθοδοι ανάλυσης των ποιοτικών χαρακτηριστικών.

Ένα πολύ σημαντικό και κρίσιμο στάδιο στην παραγωγή ελαιόλαδου και ειδικότερα του έξτρα παρθένου ελαιόλαδου είναι η παραγωγική διαδικασία και οι μέθοδοι ανάλυσης των ποιοτικών του χαρακτηριστικών σύμφωνα πάντα με τα πρότυπα του Διεθνές Συμβουλίου Ελαιόλαδου. Στον παρόν κεφάλαιο θα μιλήσουμε και για την μονάδα τυποποίησης του προϊόντος μας και για τα πρότυπα που εφαρμόζει και η ίδια. Η μονάδα τυποποίησης ελαιόλαδου βρίσκεται στον νομό Αττικής έχει όλες τις απαιτούμενες αδειοδοτήσεις που προβλέπεται από την Εθνική και κοινοτική νομοθεσία και για λόγους διασφάλισης ποιότητας προσωπικών δεδομένων ονομάζεται <<Ελαιώνας Α.Ε>>.

Το τελικό προϊόν είναι το έξτρα παρθένο ελαιόλαδο από διάφορους παραγωγούς της Κρήτης και Πελοποννήσου. Η μονάδα επισκέπτεται σε τακτά χρονικά διαστήματα τους παραγωγούς τόσο για τον έλεγχο της παραγωγικής διαδικασίας του ελαιόλαδου , όσο και για τα γεωγραφικά διαμερίσματα που παραλαμβάνεται η πρώτη ύλη. Το έξτρα παρθένο ελαιόλαδο Κρήτης και Πελοποννήσου τηρεί ορθά και πιστά τον εκτελεστικό κανονισμό (ΕΕ) 2019/1604 της επιτροπής της 27<sup>ης</sup> Σεπτεμβρίου.

### 2.2 Διάγραμμα ροής

Το διάγραμμα ροής είναι ένα κοινού τύπου διάγραμμα, που απεικονίζει τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας με χρήση κατάλληλων συμβόλων. Αυτή η διαγραμματική απεικόνιση μπορεί να δώσει λύση βήμα προς βήμα σε ένα γνωστό πρόβλημα. Τα διαγράμματα ροής χρησιμοποιούνται στην ανάλυση ,τον σχεδιασμό ,την τεκμηρίωση ενός προγράμματος σε διάφορα πεδία.

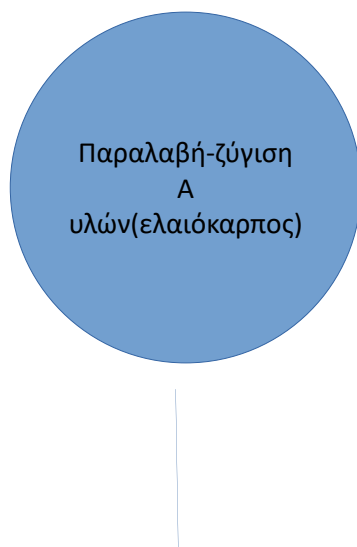


Οι τρεις κύριοι τρόποι παραλαβής του παρθένου και έξτρα παρθένου ελαιόλαδου είναι:

- 1) Ο τύπος ασυνεχούς παραλαβής (κλασικό πιεστικό ελαιοτριβείο)
- 2) Ο συνεχής τύπος(φυγοκεντρικό ελαιοτριβείο)
- 3) Η ψυχρή έκθλιψη. (Η οποία μέθοδος είναι υψηλού κόστους) και χρησιμοποιείται κυρίως από μικρούς παραγωγούς που παράγουν το ελαιόλαδο για προσωπική κυρίως χρήση.

Στην προκειμένη περίπτωση θα δούμε την παραγωγική διαδικασία του ελαιόλαδου σε ελαιοτριβείο τριών φάσεων:

### **Διάγραμμα ροής σε φυγοκεντρικό ελαιοτριβείο τριών φάσεων**



---

Παπαβαγγέλης Άγγελος

“Ποιότητα ελαιόλαδου με χρήση στατιστικών εργαλείων”



Μεταφορά Ελαιοκάρπου σε χοάνη

Αποφυλλωτήριο  
(Μεταφορά με αναβατόριο)

Πλυντήριο (ειδική δεξαμενή)

Άλεση σε Σπαστήρα  
(Μεταφορά με αναβατόριο)

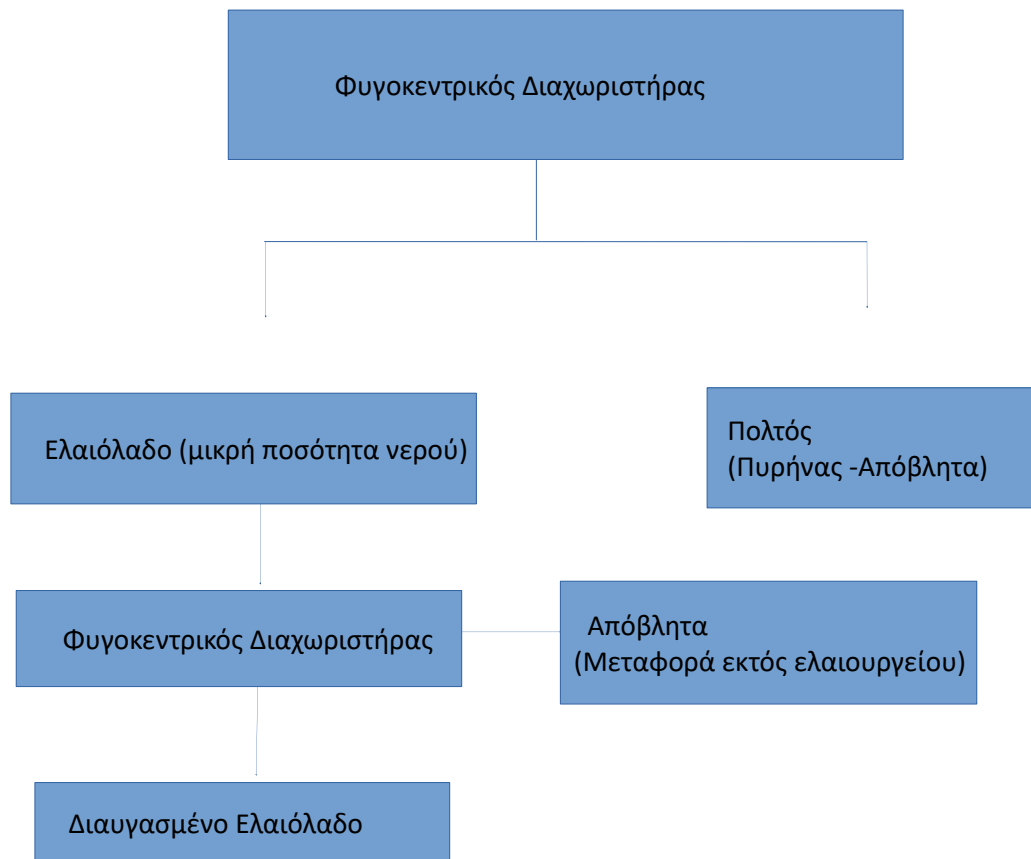
Μαλακτήρας

---

Παπαβαγγέλης Άγγελος

“Ποιότητα ελαιόλαδου με χρήση στατιστικών εργαλείων”





Τα Προϊόντα ελαιοποίησης :

- ◆ Φιλτραρισμένο ελαιόλαδο : κύριο προϊόν το οποίο προορίζεται για εμπορία, μεταφέρεται σε δεξαμενές από ανοξείδωτο χάλυβα μέχρι ως ότου γίνει η παραλαβή ή η μεταφορά προς τους καταναλωτές ή τις μονάδες τυποποίησης ελαιόλαδου.
- ◆ Πολτός (πυρήνας +υγρή φάση): ανήκει στα απόβλητα γίνεται άμεση μεταφορά εκτός ελαιουργείου με ειδική δεξαμενή. Μεταφέρεται σε πυρηνελαιουργεία για παραγωγή ελαιόλαδου από τον ελαιοπυρήνα με διαλύτη.
- ◆ Τα απόβλητα 2ου Φυγοκεντρικού διαχωριστήρα έχουν μηδαμινή ρυπογόνο δράση μεταφέρονται εκτός ελαιουργείου συνήθως σε χώρους αποβλήτων.

---

Παπαβαγγέλης Άγγελος

“Ποιότητα ελαιόλαδου με χρήση στατιστικών εργαλείων”

Σελίδα | 25



Το συγκεκριμένο διάγραμμα ροής αναφέρεται σε ένα “τριφασικό” φυγοκεντρικό όπου η προσθήκη νερού είναι απαραίτητη. Ο χαρακτηρισμός <<τρι- ή δι-φασικό >> προκύπτει ότι στο μεν πρώτο χαρακτηρισμό έχουμε τρεις φάσεις, έλαιο, νερό (κατσίγαρος), και στερεή πυρήνα, ενώ στο διφασικό έχουμε έλαιο και λάσπη (νερό και στερεά απόβλητα μαζί). Όπως σε κάθε παραγωγική διαδικασία έτσι και εδώ έχουμε ένα καταλυτικό παράγοντα για το ποια μέθοδο θα ακολουθήσει ένα ελαιοτριβείο που είναι το κόστος. Το πρώτο σύστημα θεωρείται πιο οικονομικό για τα ελαιοτριβεία καθώς τα απόβλητα είναι διαχωρισμένα και η πυρήνα μπορεί να επεξεργαστεί περαιτέρω, σε αντίθεση με το διφασικό που το κόστος είναι μεγαλύτερο αφού δεν υπάρχει διαχωρισμός των αποβλήτων και για να υποστούν περαιτέρω επεξεργασία θα πρέπει να υπάρχουν χώροι αποθήκευσης και τα απαραίτητα μεταφορικά μέσα που όλα μαζί αυξάνουν το κόστος. Τα πλεονεκτήματα του διφασικού σε σύγκριση με το τριφασικό είναι ότι έχουμε παραγωγή υψηλότερης ποιότητας καθώς η προσθήκη νερού τροποποιεί τη σύσταση του γαλακτώματος. Σε αρκετές χώρες της Ευρώπης όπως στην Ιταλία και Ισπανία έχουν καταργήσει το τριφασικό σύστημα ελαιοπαραγωγής (Tsimidou et al., 2005).

Και στις δύο περιπτώσεις όμως το στάδιο της μάλαξης έχει ως στόχο την διάσπαση των ελαιωσωμάτων και την απελευθέρωση του τελικού μας προϊόντος (το ελαιόλαδο). Κατά την μάλαξη η οποία θα πρέπει να πραγματοποιείται σε όχι μεγαλύτερες θερμοκρασίες από τους 28<sup>0</sup>C με 30<sup>0</sup>C, σχηματίζεται ένα γαλάκτωμα ελαιόλαδου με το ενδογενές νερό του ελαιόκαρπου. Το γαλάκτωμα αυτό επιτρέπει την εξαγωγή από τις ελιές, όχι μόνο του ελαίου αλλά και άλλων μη προσδιορισμένων συστατικών που η ποσότητα τους διαφέρει ανάλογα με τον θάλαμο μάλαξης (Lercker et al., 1994).

Το μεγαλύτερο ποσοστό των παραγωγών προσπαθούν να επιτύχουν αποσταθεροποίηση του γαλακτώματος μέσω του δεύτερου σταδίου της φυγοκέντρισης με σκοπό να έχουν ένα πιο διαυγές ελαιόλαδο. Από την άλλη η διαδικασία διαύγασης επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό την οξείδωση των ακόρεστων λιπαρών οξέων καθώς συναντά λιγότερους παρεμποδιστές, λόγω της διαδικασίας διαχωρισμού φάσεων, των υδρόφοβων τριγλυκεριδίων από την υδατική φάση. Το αφιλτράριστο ελαιόλαδο που



δεν υπόκεινται σε διαδικασία καθίζηση, διήθηση και εμφιάλωση θεωρείται από πολλούς ειδήμων της γαστρονομίας ως ένα εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο που σερβίρεται σε <<gourmet>> εστιατόρια. . Το προϊόν αυτό είναι αποτέλεσμα της <<Ψυχρής Πίεσης >>, που σημαίνει ότι κατά την επεξεργασία του ελαιόκαρπου (μάλαξη), όταν η θερμοκρασία δεν υπερβαίνει τους 270 C. Συνέπως, είναι πιο πλούσιο στα κύρια συστατικά του, αυξάνοντας έτσι τις οργανοληπτικές του ιδιότητες. Συνήθως την διαδικασία αυτή, ακολουθούν μικροί παραγωγοί με μικρές ποσότητες παραγόμενου ελαιόλαδου. (Lercker et al., 1994)

### 2.3 Μέθοδοι ανάλυσης των ποιοτικών χαρακτηριστικών του έξτρα παρθένου ελαιόλαδου

Τα βασικά ποιοτικά χαρακτηριστικά για να κατηγοριοποιηθεί το ελαιόλαδο πρέπει οι αναλύσεις τους να εκτελούνται σύμφωνα με τους ευρωπαϊκούς κανονισμούς και τα πρότυπα όπως ισχύουν σήμερα. Τα βασικά ποιοτικά χαρακτηριστικά για να εξετάσουμε την ποιότητα του ελαιόλαδου και να του δώσουμε την ονομασία έξτρα παρθένο ελαιόλαδο είναι : η οξύτητα, ο αριθμός υπεροξειδίων, η απορρόφηση στο υπεριώδες φάσμα (η ανάλυση προσδιορισμού ειδικών συντελεστών απορρόφησης), K<sub>232</sub>, K<sub>268</sub> ή K<sub>270</sub>, και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά όπως είναι το άρωμα και η γεύση. Σύμφωνα με τον εκτελεστικό κανονισμό 1604/2019 της Ευρωπαϊκής Ένωσης ,το Εμπορικό Πρότυπο του Διεθνές Συμβουλίου Ελαιόλαδου (ΙΟΟC), διακρίνουν το ελαιόλαδο στις εξής κατηγορίες με βάση τα κύρια ποιοτικά χαρακτηριστικά του :

---

Παπαβαγγέλης Άγγελος

“Ποιότητα ελαιόλαδου με χρήση στατιστικών εργαλείων”



## ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟΥ

### ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

**Πίνακας 1.** Ποιοτικά χαρακτηριστικά σύμφωνα με τον εκτελεστικό κανονισμό της 1604/2019 της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Αιθυλεστέρες λιπαρών οξέων(mg/kg)	<=35	-	-	-	-
Οργανοληπτική αξιολόγηση	Διάμεση τιμή (Md) Ελλατωμάτων	Mf>0,0	Mf>0,0	-	
	Ενδιάμεση τιμή (Mf) Φρουτώδους	Md=0,0	Md<=3,5	Md>3,5 (1*)	
δ-K	<=0,1	<=0,1	-	<=0,16	<=0,15
K <sub>268</sub> ή K <sub>270</sub>	<=0,22	<=0,25	-	<=1,25	<=1,15
K <sub>232</sub>	<=2,50	<=2,60	-	-	-
Αριθμός υπεροξειδίων (mEq O <sub>2</sub> /kg)	<=20	<=20	-	<=5,0	<=15,0
Οξύτητα (%) (*)	<=0,80	<=2,0	>2,0	<=0,30	<=1,00
Κατηγορία	1.Εξαιρετικό Παρθένο Ελαιόλαδο	2.Παρθένο Ελαιόλαδο	3.Μειονεκτικό Ελαιόλαδο	4.Εξευγε- -νισμένο ελαιόλα- δο	5.Ραφινάρισμ- ένο ( από εξευγενισμένο και παρθένο ελαιόλαδο

Παπαβαγγέλης Άγγελος

“Ποιότητα ελαιόλαδου με χρήση στατιστικών εργαλείων”

Σελίδα | 28





1\* Η διάμεση τιμή των ελαττωμάτων μπορεί να είναι μικρότερη ή ίση του 3,5 όταν η διάμεσος του φρουκτώδους ισούται με 0,0.

Τα κριτήρια ποιότητας ελαιόλαδου θα πρέπει να τηρούνται αυστηρά και όπως θα δούμε αργότερα να πληρούνται όλα εντός των ορίων που θέτει ο εκτελεστικός κανονισμός (ΕΕ) 2019/1604 της επιτροπής της 27ης Σεπτεμβρίου 2019. Καθώς είναι απαραίτητα για την ποσοτικοποίηση της υδρολυτικής και οξειδωτικής αποικοδόμησης που λαμβάνει χώρα στους ελαιόκαρπους και το ελαιόλαδο, Όπως αναφέραμε και στο πρώτο κεφάλαιο, η χαμηλή οξύτητα δεν σημαίνει ότι το ελαιόλαδο μας είναι ποιοτικά άριστο, είναι δυνατόν να έχουμε χαμηλή οξείδωση με ταυτόχρονη υποβάθμιση των υπόλοιπων χαρακτηριστικών. Έτσι, στο τρίτο κεφάλαιο θα δούμε με στατιστική ανάλυση την αλληλεπίδραση όλων των μεταβλητών (ποιοτικών χαρακτηριστικών) του ελαιόλαδου για να τοποθετηθούμε σωστά - ως προς τον όρο ποιότητας.

### 2.3.1 Προσδιορισμός των ελεύθερων λιπαρών οξέων, εν ψυχρή μέθοδος

#### 1.Αντικείμενο

Τα ελεύθερα λιπαρά οξέα (FFA) εκφράζονται συνήθως ως ποσοστό του ελαϊκού οξέος. Η μέθοδος ανάλυσης που χρησιμοποιείται είναι η τιτλοδότηση.

#### 2.Αρχή

Διαλύεται το δείγμα σε μείγμα διαλυτών και τα ελεύθερα λιπαρά οξέα (FFA) τιτλοδοτούνται χρησιμοποιώντας διάλυμα υδροξειδίου του καλίου σε αιθανόλη.

#### 3.Αντιδραστήρια

Όλα τα αντιδραστήρια θα πρέπει να είναι αναγνωρισμένης αναλυτικής καθαρότητας και το χρησιμοποιούμενο νερό να είναι ισοδύναμης καθαρότητας ή αποσταγμένο.



3.1 Διαιθυλαιθέρας : αιθανόλη 95% [με αναλογία (1:1) (v/v)],σε μείγμα ίσων όγκων. Θα πρέπει να δοθεί μεγάλη προσοχή στον διαιθυλαιθέρα καθώς είναι εξαιρετικά εύφλεκτος. Εξουδετερώνεται ακριβώς κατά τη στιγμή χρησιμοποίησης του με το διάλυμα υδροξειδίου του καλίου., με την προσθήκη 0,3 ml διαλύματος φαινολοφθαλεΐνης.

Σημείωση :

Εάν δεν είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί διαιθυλαιθέρας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μείγμα διαλυτών που περιέχει αιθανόλη και τολουόλιο. Εάν χρειαστεί η αιθανόλη μπορεί να αντικατασταθεί από 2-προπανόλη. Η ακριβής συγκέντρωση του διαλύματος υδροξειδίου του καλίου πρέπει να είναι γνωστή και να έχει ελεγχθεί πριν χρησιμοποιηθεί. Το διάλυμα πρέπει να είναι άχρωμο ή χρώματος αμυδρώς κίτρινου.

#### 4.Όργανα

Συνήθης εργαστηριακός εξοπλισμός περιλαμβάνει τα εξής:

1. Αναλυτικό ζυγό
2. Κωνική φιάλη των 250ml
3. Προχοΐδα των 10ml ,κατηγορίας A, βαθμονομημένη ανά 0,05ml.

#### 5.Διαδικασία

##### 5.1 Παρασκευή δείγματος προς ανάλυση

Ο προσδιορισμός πραγματοποιείται επί του διηθημένου δείγματος.

##### 5.2 Ποσότητα του δείγματος

Η ποσότητα του δείγματος δοκιμής πρέπει να είναι ανάλογη με την αναμενόμενη οξύτητα.



Έτσι έχουμε τις εξής αναλογίες:

**Πίνακας 2.** Δείκτης οξύτητας ανά μάζα δείγματος δοκιμής.

Αναμενόμενος δείκτης Οξύτητας	Μάζα δείγματος δοκιμής	Ακρίβεια ζύγισης δείγματος δοκιμής
<1	20	0,05
1 μέχρι 4	10	0,02
4 μέχρι 15	2,5	0,01
15 μέχρι 75	0,5	0,001
>75	0,1	0,0002

Το δείγμα δοκιμής ζυγίζεται στην κωνική φιάλη.

## 6. Προσδιορισμός

Το δείγμα δοκιμής διαλύεται σε 50 έως 100 ml του προηγούμενα εξουδετερωμένου μείγματος διαιθυλαιθέρος και αιθανόλης. Τитлоδότση με ταυτόχρονη ανάδευση με το διάλυμα 0,1mol υδροξειδίου του καλίου έως ότου να αλλάξει χρώμα ο δείκτης (το χρώμα του έγχρωμου δείκτη επικρατεί επί τουλάχιστον δέκα (10) δευτερόλεπτα.

### Παρατηρήσεις

- Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι το τιτλοδοτούμενο αιθανολικό διάλυμα υδροξειδίου του καλίου ,δύναται να αντικατασταθεί από ένα υδατικό διάλυμα υδροξειδίου του καλίου ή του νατρίου, εφόσον ο όγκος του εισαχθέντος ύδατος δεν επιφέρει διαχωρισμό των φάσεων.
- Εάν η απαραίτητη ποσότητα διαλύματος του υδροξειδίου του καλίου 0,1 mol/l υπερβαίνει τα 10 ml χρησιμοποιείται ένα διάλυμα 0,5 mol/l.

---

Παπαβαγγέλης Άγγελος

“Ποιότητα ελαιόλαδου με χρήση στατιστικών εργαλείων”



- Εάν το διάλυμα θολώνει κατά την τιτλοδότηση, προστίθεται μια ικανοποιητική ποσότητα μείγματος διαλυτών προκειμένου να επιτευχθεί ένα διαυγές διάλυμα.

## 7. Έκφραση της οξύτητας επί τοις % συγκέντρωσης ελαϊκού οξέος

Η οξύτητα εκφρασμένη σε κατά βάρος εκατοστιαία αναλογία ,ισούται με :

$$V \cdot C \cdot M / 1000 \cdot 100 / m = V \cdot C \cdot M / 10 \cdot M$$

Όπου:

**V** είναι ο όγκος σε χιλιοστόλιτρα, του τιτλοδοτημένου διαλύματος υδροξειδίου του καλίου που έχει χρησιμοποιηθεί

**c** είναι η ακριβής συγκέντρωση σε moles ανά λίτρο του τιτλοδοτημένου διαλύματος που έχει χρησιμοποιηθεί

**M (=282)** είναι το γραμμομοριακό βάρος ,σε γραμμάρια ανά mole, του ελαϊκού οξέος

**m** είναι το βάρος, σε γραμμάρια του δείγματος

Η ελαϊκή οξύτητα εκφράζεται με :

1. Με ακρίβεια δύο δεκαδικών ψηφίων για τιμές από 0 έως 1
2. Με ακρίβεια ενός δεκαδικού ψηφίου για τιμές από 1 έως 100



## 2.3.2 Προσδιορισμός του αριθμού υπεροξειδίων

### 1. Αντικείμενο

Το παράρτημα ΙΙΙ του ευρωπαϊκού κανονισμού ,περιγράφει μία μέθοδο προσδιορισμού του αριθμού των υπεροξειδίων ελαίων και λιπών.

### 2. Ορισμός

Ο αριθμός υπεροξειδίων εκφράζει την ποσότητα αυτών των συστατικών του δείγματος, εκφραζόμενη σε χιλιοστοϊσοδύναμα ενεργού οξυγόνου ανά χιλιόγραμμα, που οξειδώνουν το ιωδιούχο κάλιο υπό τις συνθήκες λειτουργίας που περιγράφονται .

### 3. Αρχή

Το ληφθέν δείγμα διαλύεται σε μείγμα οξικού οξέος και χλωροφόρμιου και προστίθεται διάλυμα ιωδιούχου καλίου. Τίτλοδότηση του απελευθερωμένου ιωδίου με τυποποιημένο διάλυμα θειοθειικού νατρίου.

### 4. Όργανα

Ο χρησιμοποιημένος εξοπλισμός θα πρέπει να είναι απαλλαγμένος από αναγωγικές ή οξειδωτικές ουσίες.

Σημείωση :

Να μην λιπαίνονται οι εσφυρισμένες επιφάνειες.

#### 4.1 Γυάλινο κουτάλι των 3ml

4.2 Εσφυρισμένες φιάλες με πώματα, χωρητικότητας περίπου 250 ml, οι οποίες προηγουμένως έχουν ξηρανθεί και έχουμε διοχετεύσει αδρανές αέριο (άζωτο, ή προτιμότερα, διοξείδιο του άνθρακα),

#### 4.3 Προχοΐδα των 25 ή 50 ml ,βαθμονομημένη ανά 0,1 ml



## 5.Αντιδραστήρια

- Χλωροφόρμιο αναλυτικής καθαρότητας και απαλλαγμένο από οξυγόνο με διοχέτευση υπό πίεση μέσα από αυτό ξηρού αδρανούς αερίου.
- Κρυσταλλικό οξεικό οξύ, αναλυτικής καθαρότητας και απαλλαγμένο οξυγόνου.
- Κεκορεσμένο υδατικό διάλυμα ,ιωδιούχο κάλιο KI,διαλύουμε 14g ιωδιούχου καλίου σε 10 ml νερού θερμοκρασίας δωματίου.
- Θειοθειικό νάτριο, τιτλοδοτημένο μόλις πριν χρησιμοποιηθεί.
- Υδατικό διάλυμα αμύλου 10g/l,πρόσφατα παρασκευασμένο από φυσικό διαλυτό άμυλο

## 6.Δείγμα

Το δείγμα θα πρέπει να διατηρείται μακριά από φως, θερμότητα και σε εντελώς γεμάτα γυάλινα δοχεία ,ερμητικά σφραγισμένα με πώματα ,από αδιαφανές γυαλί ή φελλό.

## 7.Εκτέλεση

Η δοκιμή πρέπει να γίνεται με φως ημέρας ή τεχνητό φωτισμό. Γίνεται ζύγιση σε γυάλινο κουτάλι (4.1) ή αν αυτό δεν είναι δυνατόν, σε φιαλή (4.2) με ακρίβεια 0,001g,υπάρχει αναλογία μάζας δείγματος με τον αναμενόμενο αριθμό υπεροξειδίων

Έτσι έχουμε τα εξής :



**Πίνακας 3.** Αριθμός υπεροξειδίων( meq O<sub>2</sub>/kgr) ανά βάρος δείγματος σε g.

Αναμενόμενος αριθμός υπεροξειδίων(meq O <sub>2</sub> /kgr)	Βάρος δείγματος σε g
0-12	5,0-2,0
12-20	2,-1,2
20-30	1,2-0,8
30-50	0,8-0,5
50-90	0,5-0,3

Αποπωματίζεται μία φιάλη (4.2) εισάγουμε το γυάλινο κουταλάκι που περιέχει το δείγμα, έπειτα προστίθεται 10ml χλωροφορμίου και διαλύεται το δείγμα γρήγορα με ανάδευση. Προστίθενται 15ml οξικού οξέος και στην συνέχεια 1ml διαλύματος ιωδιούχου καλίου. Πωματίζεται γρήγορα ,γίνεται ανάδευση επί ένα λεπτό ,και αφήνεται για 5 λεπτά ακριβώς ,μακριά από το φως σε θερμοκρασία δωματίου.

Στην συνέχεια προσθέτουμε 75 ml αποταγμένου νερού. Το ιώδιο που απελευθερώνεται τιτλοδοτείται με το διάλυμα θειοθειικού νατρίου με ζωηρή ανάδευση ,χρησιμοποιώντας διάλυμα αμύλου σαν δείκτη μέχρι το διάλυμα να γίνει κίτρινο. Προσθέτουμε 0,5ml διαλύματος αμύλου ως δείκτη και συνεχίζουμε την τιτλοδότηση μέχρι να εξαφανιστεί το μπλε χρώμα.



## 8. Έκφραση των αποτελεσμάτων

$$PV = \frac{V \times T \times 1\,000}{m}$$

Όπου

V=αριθμός των ml του τυποποιημένου διαλύματος θειοθειικού νατρίου που χρησιμοποιείται για την δοκιμή

T=η ακριβής μοριακότητα του διαλύματος θειοθειικού νατρίου σε mol/l.

m =το βάρος της παρτίδας δοκιμής ,σε g

Αυτές οι δύο αναλυτικές μέθοδοι ανάλυσης των δύο βασικότερων ποιοτικών συστατικών του ελαιόλαδου.

Στην συνέχεια θα κάνουμε μία σύντομη περιγραφή των μεθόδων ανάλυσης των υπολοίπων βασικών ποιοτικών χαρακτηριστικών.





### 2.3.3 Δείκτες $K_{232}$ , $K_{268}$

Οι δείκτες αυτοί μετρούν την απορρόφηση στο υπεριώδες φάσμα και χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της οξείδωσης του ελαιόλαδου. Με τη φασματοφωτομετρική εξέταση υπεριώδους είναι δυνατόν να ληφθούν πληροφορίες σχετικά με την ποιότητα μια λιπαρής ύλης, την κατάσταση διατήρησής της και τις μεταβολές που προκλήθηκαν με τεχνολογικές διεργασίες. Η απορρόφηση στα μήκη κύματός που καθορίζονται στη μέθοδο οφείλεται στην παρουσία συζυγιακών διενίων και τριενίων που προέρχονται από διαδικασίες οξείδωσης και /ή πρακτικές εξευγενισμού. Η εν λόγω απορρόφηση εκφράζεται ως ειδική απόσβεση

$$E_{1CM}^{1\%}$$

(η απόσβεση διαλύματος 1 % της λιπαρής ύλης στον καθοριζόμενο διαλύτη ,με κυψελίδα των 10 mm), η οποία δηλώνεται κατά σύμβαση με το σύμβολο  $K$  (αναφέρεται επίσης ως <<συντελεστής απόσβεσης>>).

#### 1. Μέθοδος εκτέλεσης

Το δείγμα πρέπει να είναι απολύτως ομοιογενές και απαλλαγμένο από διάφορες αιωρούμενες προσμίξεις, διηθείται με χάρτινο ηθμό. Διαλύουμε 0,25gr ελαιόλαδο σε 25 ml κυκλοεξανίου. Το διάλυμα που προκύπτει πρέπει να είναι τελείως διαυγές

.Έχει παρατηρηθεί ότι το διάλυμα είναι θολό, διηθείται γρήγορα με χάρτινο ηθμό. Θα πρέπει να επισημάνουμε ότι για μετρήσεις σε μήκος 232nm, απαιτούνται συνήθως 0,05gr δείγματος και για το λόγο αυτό γίνεται παρασκευή δύο διαφορετικών διαλυμάτων. Επίσης εάν κριθεί απαραίτητο διορθώνεται η γραμμή βάσεως (220-290nm) με διαλύτη και στις δύο κυψελίδες από χαλαζία και μετρούνται οι αποσβέσεις σε 232, 268 και 270 nm έναντι του διαλύτη που χρησιμοποιήθηκε. Οι τιμές απόσβεσης κυμαίνονται από 0,1 έως 0,8.



## 2.Υπολογισμός

Ο δείκτης  $K_{232}$ ,  $K_{268}$  υπολογίζεται από την απορρόφηση που καταγράφεται στο φασματοφωτόμετρο.

$$K\lambda = \frac{E\lambda}{c \times s}$$

Όπου  $k\lambda$ = ειδική απόσβεση σε μήκος κύματος  $\lambda$ ,

$E\lambda$ =μετρούμενη απόσβεση σε μήκος κύματος  $\lambda$ ,

$C$ = συγκέντρωση του διαλύματος, σε g/100ml

$S$ =μήκος διαδρομής της κυψελίδας από χαλαζία, σε cm

Εκφράζεται με ακρίβεια δύο δεκαδικών ψηφίων

Δε θα πρέπει να παραβλέψουμε την μεταβλητότητα της ειδικής απόσβεσης ( $\Delta K$ )

Η μεταβλητότητα της απόλυτης τιμής απόσβεσης ( $\Delta K$ ) υπολογίζεται με τον τύπο :

$$\Delta K = \left| K_m - \left( \frac{K\lambda_m - 4 + K\lambda_m + 4}{2} \right) \right|$$



Όπου  $K_m$  είναι η ειδική απόσβεση σε μήκος κύματος που αντιστοιχεί στη μέγιστη απορρόφηση στα 268 nm.

Ο προσδιορισμός των σταθερών  $K_{232}$  και  $K_{268}$  είναι πολύ σημαντικός ως προς τον έλεγχο της νοθείας του ελαιόλαδου με ραφινάρισμα ελαιόλαδα ή σπορέλαια τα οποία υπόκεινται υποχρεωτικά στη διαδικασία του ραφινάρισματος και αυτό γιατί στα 232 nm αλλά και κυρίως στα 270 nm απορροφούν και τα συζυγή διένια και τριένια, τα οποία προκύπτουν κατά το ραφινάρισμα του ελαιόλαδου και των άλλων ελαίων. Στην περίπτωση λοιπόν που οι τιμές των σταθερών  $K_{232}$  και  $K_{268}$  ή  $K_{270}$  είναι υψηλές υπάρχει μεγάλο ποσοστό το ελαιόλαδο μας να προέρχεται από εξευγενισμό με άλλα ελαιόλαδα. Συνεπώς είναι σημαντική η εξέταση των προσδιορισμών των συντελεστών απορρόφησης στο υπεριώδες φάσμα και εάν γίνει παράλληλα με την μέθοδο των υπεροξειδίων, μπορούμε να αποφανθούμε με μεγαλύτερο ακρίβεια ως προς την οξείδωση ή νοθεία που πιθανόν να έχει υποβληθεί το δείγμα μας.

Τα όρια των συντελεστών απορρόφησης στο υπεριώδες φάσμα δίνονται στον παρακάτω πίνακα σύμφωνα με τον Εκτελεστικό Κανονισμό (ΕΕ) 2019/1604 της επιτροπής, της 27ης Σεπτεμβρίου 2019.

#### 2.3.4 Οργανοληπτική εξέταση ελαιόλαδου

Η πικρότητα του ελαιόλαδου μπορεί να εκτιμηθεί με την βοήθεια γευσιγνωστών που ακολουθούν συγκεκριμένες οδηγίες δοκιμής. Έτσι στα ποιοτικά μας χαρακτηριστικά μέσος της παρούσας εργασίας μας που είναι ο μέσος όρος πικρότητας (Average Bitter Value), Μέσος όρος φρουτώδους (Average Fruit Value) και μέσος όρος πικάντικης γεύσης (Average Fruit Value), η εκτίμηση του γίνεται με την βοήθεια γευσιγνωστών.



Σύμφωνα με την μέθοδο του Διεθνές Συμβουλίου Ελαιοκομίας οι γευσιγνώστες θα πρέπει να τηρούν κάποιους κανόνες:

- Να μην καπνίζουν ούτε να πιούν καφέ τουλάχιστον 30 λεπτά πριν την εξέταση
- Να μην φέρουν στο σώμα τους οποιαδήποτε οσμή με άρωμα και να έχουν πλύνει τα χέρια τους με σαπούνι άοσμο.
- Να μην έχουν φάει για περίπου μία ώρα πριν την διεξαγωγή της γευσιγνωστικής δοκιμασίας.
- Εάν για οποιοδήποτε λόγο δεν νιώθουν καλά ή είναι κουρασμένοι με αποτέλεσμα να επηρεάσει αρνητικά την όσφρηση και την γεύση τους δε θα πρέπει να συμμετέχουν στην γευσιγνωστική δοκιμασία και οφείλουν να ενημερώσουν τον επικεφαλής της ομάδας.
- Θα πρέπει να έχουν απενεργοποιήσει το κινητό τους.

Και ακολουθώντας τα παραπάνω και διαβάζοντας προσεκτικά τις οδηγίες εκτέλεσης των καθηκόντων τους καλούνται να εκτελέσουν ήρεμα και χωρίς βιασύνη την εργασία τους .Συνιστάται να πραγματοποιούνται οι συνεδρίες γευσιγνωστικής δοκιμασίας το πρωί, μεταξύ των ωρών 10.00 και 1200.Η θερμοκρασία της αίθουσας πρέπει να είναι από 20<sup>0</sup> έως 25<sup>0</sup>C.

### Μέθοδος υπολογισμού της διάμεσης τιμής

$$Me=[p(X<x_m)\leq \hat{A} ; p(x\leq x_m)\geq \hat{A}]$$

Η διάμεση τιμή ορίζεται ως ο πραγματικός αριθμός  $X_m$  που χαρακτηρίζεται από το γεγονός η πιθανότητα (p) να είναι οι τιμές της κατανομής μικρότερες από τον αριθμό αυτόν ( $X_m$ ) είναι μικρότερη ή ίση με 0,5 και ότι ταυτόχρονα η πιθανότητα (p) να είναι οι τιμές (X) της κατανομής μικρότερες ή ίσες με  $X_m$  είναι μεγαλύτερη ή ίση με 0,5.Στην ουσία η διάμεση τιμή είναι το 50<sup>ο</sup> εκατοστημόριο μια κατανομής αριθμών διατεταγμένων κατ' αύξουσα σειρά. Εν ολίγοις όταν το πλήθος των αριθμών είναι περιττός αριθμός η διάμεσος είναι ο κεντρικός αριθμός ,ενώ όταν το πλήθος του συνόλου των διατεταγμένων αριθμών είναι άρτιος αριθμός ορίζουμε ως διάμεσος τον μέσο όρο των δύο κεντρικών αριθμών του συνόλου αυτού.



### 2.3.5 Δείκτης Διάθλασης (Refractive Index)

Περιγραφή: Ο δείκτης διάθλασης μετράται με διαθλασίμετρο και χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της καθαρότητας και της ποιότητας του ελαιόλαδου.

Διαδικασία:

1. Δείγμα: Τοποθετούμε μία σταγόνα ελαιόλαδου στο πρίσμα διαθλασίμετρου.
2. Μέτρηση /Δοκιμή: Ρυθμίζουμε το διαθλασίμετρο και καταγράφουμε την τιμή του δείκτη διάθλασης στους 20<sup>0</sup> C.
3. Θερμοκρασία: Θα πρέπει να εξασφαλίσουμε ότι η μέτρηση γίνεται σε θερμοκρασία δωματίου, γύρω στους 20° C και εάν κρίνουμε απαραίτητο την διορθώνουμε για να είμαστε στα επιτρεπτά όρια θερμοκρασίας.

### 2.3.6 Υγρασία (Moisture)

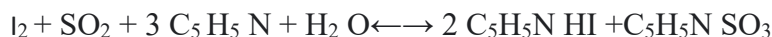
Το ελαιόλαδο εκτός από τα συστατικά που έχουμε προαναφέρει σε προηγούμενο κεφάλαιο περιέχει και υγρασία παρόλο τις φυγοκεντρικές μεθόδους που χρησιμοποιούμε στην παραγωγική του διαδικασία.

Περιγραφή: Η μέθοδος Karl Fisher χρησιμοποιείται για την ακριβή μέτρηση της υγρασίας στο ελαιόλαδο. Η μέθοδος αυτή είναι μία μέθοδος προσδιορισμού της ποσότητας νερού μέσω οξειδοαναγωγικής ογκομέτρησης, δημιουργός της ήταν ο χημικός Karl Fisher το 1935. Η μέθοδος αυτή είναι ευρεία γνωστή στο προσδιορισμό της υγρασίας σε οργανικούς διαλύτες, στερεές ουσίες, και τρόφιμα με μικρές ποσότητες νερού. Το αντιδραστήριο του Karl Fisher, είναι ένα διάλυμα ιωδίου ,



διοξειδίου του θείου σε μίγμα πυριδίνης και αιθανόλης, με αναλογία ιωδίου, διοξειδίου του θείου και πυριδίνης 1: 3 : 10( I<sub>2</sub>:SO<sub>2</sub>:C<sub>5</sub>H<sub>5</sub>N).

Η οξειδοαναγωγική αντίδραση που πραγματοποιείται είναι η εξής:



**Διαδικασία:** Προσθέτουμε το δείγμα ελαιόλαδου στον αναλυτή Karl Fisher, το τελικό σημείο της τιτλοδότησης αναγνωρίζεται από την αλλαγή του χρώματος του τιτλοδοτημένου διαλύματος ή μίγματος. Η μέθοδος Karl Fisher χαρακτηρίζεται για την μεγάλη ακρίβεια του ,καθώς και μία σταγόνα αντιδραστηρίου Karl Fisher που μπορεί να πέσει παραπάνω θα βάψει το διάλυμα καστανό λόγω του I<sub>2</sub>.

**Υπολογισμός:**

Η περιεκτικότητα σε υγρασία στο τρόφιμο εκφράζεται συνήθως με τον τύπο :

$$M_w = w-d/w * 100$$

όπου M<sub>w</sub>= περιεκτικότητα σε υγρασία σε υγρή βάση

w= υγρό βάρος

d= ξηρός βάρος.

Ο προσδιορισμός αυτό γίνεται αυτόματα μέσω του οργάνου (coulometer)



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

### 3 . Ανάλυση της Ποιότητας Ελαιόλαδου με Στατιστικές τεχνικές

Στο παρόν κεφάλαιο έχουμε φτάσει στο σημείο του τελικού προϊόντος που είναι τα αποτελέσματα των ποιοτικών χαρακτηριστικών του Ελαιόλαδου. Όπως έχουμε προαναφέρει η δειγματοληψία μας διενεργήθηκε σε ελαιώνες της Πελοποννήσου και από παραγωγούς του νομού Μεσσηνίας και συγκεκριμένα της κοινότητας φιλιατρών και φαρακλάδας, η ευρέως γνωστή ποικιλία Κορωνεική. Αντίστοιχα στην Κρήτη η δειγματοληψία μας έλαβε μέρος από το γεωγραφικό διαμέρισμα του νομού Χανίων με την γνωστή ποικιλία Τσουνάτη που ευδοκimeί κυρίως στην Κρήτη.

Θα ακολουθήσουν μια σειρά από στατιστικές τεχνικές των ποιοτικών μας χαρακτηριστικών που διεξήχθησαν τηρώντας όλες τις απαιτήσεις των πρότυπων ISO των εργαστηριακών δοκιμών και σύμφωνα πάντα υπό τις οδηγίες του εκτελεστικού κανονισμού (ΕΕ) 1604/2019 της επιτροπής της 27<sup>ης</sup> Σεπτεμβρίου 2019.

Παρακάτω έχουμε τα δείγματα από τις δύο ευρύτερες περιοχές της Ελλάδος, η δειγματοληψία διενεργήθηκε κατά την ωρίμανση του καρπού στα μέσα Νοεμβρίου και συγκεκριμένα από Ελαιώνες σε υψόμετρο 450 μέτρων.

Για την διερεύνηση των σχέσεων μεταξύ των ποιοτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων λάβαμε 38 δείγματα τα οποία 14 είναι από ελαιώνες της Κρήτης και 28 από Ελαιώνες της Πελοποννήσου:



ΠΕΡΙΟΧΗ	Average fruity value (Mf)	Average spicy value (Ms)	Average Bitter (Mb)	F.F.A, (%)	Refractive index (butyro scale)	Moisture (%) (ΚΤΠ)	Peroxide value, (meq O2/kg)	K268	K232	ΔΚ
ΚΡΗΤΗ	4,50	3,30	2,00	0,52	1,47	0,11	7,20	0,14	1,74	0,00
ΚΡΗΤΗ	5,00	3,40	2,40	0,35	1,46	0,11	5,00	0,15	1,77	0,00
ΚΡΗΤΗ	4,60	3,40	2,00	0,46	1,46	0,19	4,80	0,12	1,52	0,00
ΚΡΗΤΗ	4,60	3,40	2,00	0,32	1,46	0,10	4,20	0,15	1,75	0,00
ΚΡΗΤΗ	4,60	3,00	1,70	0,45	1,47	0,14	5,80	0,14	1,57	0,00
ΚΡΗΤΗ	4,40	3,20	1,90	0,47	1,46	0,14	6,90	0,14	1,73	0,00
ΚΡΗΤΗ	4,50	3,20	1,80	0,43	1,46	0,11	7,40	0,14	1,79	0,00
ΚΡΗΤΗ	5,00	3,30	2,10	0,45	1,46	0,11	7,10	0,15	1,82	0,00
ΚΡΗΤΗ	4,00	3,00	1,70	0,70	1,46	0,09	8,80	0,13	1,55	0,00
ΚΡΗΤΗ	3,10	3,40	2,30	0,38	1,46	0,10	8,40	0,14	1,84	0,00
ΚΡΗΤΗ	3,10	3,40	2,00	0,44	1,45	0,09	6,04	0,15	1,82	0,00
ΚΡΗΤΗ	2,90	3,30	2,20	0,41	1,46	0,11	7,50	0,14	1,81	0,00
ΚΡΗΤΗ	2,80	3,20	2,00	0,38	1,46	0,10	7,00	0,14	1,87	0,00
ΚΡΗΤΗ	2,70	3,30	1,90	0,39	1,45	0,10	7,40	0,15	1,91	0,00
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	4,50	2,90	1,80	0,50	1,45	0,16	6,44	0,13	1,56	0,00
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	5,00	3,40	2,10	0,46	1,46	0,13	9,20	0,16	1,94	0,00

Παπαβαγγέλης Άγγελος

“Ποιότητα ελαιόλαδου με χρήση στατιστικών εργαλείων”





ΠΕΡΙΟΧΗ	Average fruity value (Mf)	Average spicy value (Ms)	Average Bitter (Mb)	F.F.A, (%)	Refractive index (butyro scale)	Moisture (%) (ΚΤΠ)	Peroxide value, (meq O2/kg)	K268	K232	ΔΚ
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	4,60	2,80	1,70	0,55	1,45	0,10	6,50	0,13	1,59	0,00
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	4,60	2,80	1,70	0,52	1,47	0,09	5,70	0,13	1,59	0,00
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	4,80	3,10	1,80	0,49	1,46	0,19	6,00	0,13	1,71	0,00
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	4,20	2,70	1,60	0,52	1,46	0,09	6,80	0,14	1,53	0,00
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	4,10	3,00	1,80	0,53	1,45	0,11	7,00	0,14	1,73	0,00
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	4,50	3,10	1,80	0,48	1,45	0,10	6,90	0,13	1,72	0,00
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	3,40	2,80	1,60	0,51	1,46	0,18	7,80	0,13	1,79	0,00
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	3,50	3,20	1,90	0,40	1,44	0,09	7,00	0,12	1,76	0,00
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	3,40	3,10	1,70	0,48	1,45	0,15	6,00	0,13	1,69	0,00
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	3,20	2,70	1,60	0,52	1,45	0,12	7,90	0,14	1,73	0,00
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	3,20	1,90	1,70	0,51	1,45	0,12	9,20	0,14	1,79	0,00
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	3,00	2,80	1,70	0,47	1,45	0,09	9,00	0,13	1,82	0,00
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	3,00	2,80	1,80	0,47	1,45	0,13	9,80	0,14	1,93	0,00
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	3,00	2,90	1,80	0,51	1,45	0,15	9,30	0,15	1,95	0,00
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	3,20	3,30	1,90	0,51	1,45	0,10	10,50	0,15	2,07	0,00
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	3,20	3,30	1,70	0,52	1,45	0,10	8,36	0,14	1,78	0,00

Παπαβαγγέλης Άγγελος

“Ποιότητα ελαιόλαδου με χρήση στατιστικών εργαλείων”



ΠΕΡΙΟΧΗ	Average fruity value (Mf)	Average spicy value (Ms)	Average Bitter (Mb)	F.F.A, (%)	Refractive index (butyro scale)	Moisture (%) (ΚΤΠ)	Peroxide value, (meq O2/kg)	K268	K232	ΔΚ
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	3,00	2,80	1,70	0,51	1,45	0,15	10,30	0,15	2,10	0,00
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	3,00	3,10	1,70	0,51	1,45	0,11	6,90	0,14	1,70	0,00
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	3,00	3,00	1,80	0,45	1,44	0,09	9,10	0,14	1,86	0,00
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	3,00	3,10	1,60	0,52	1,45	0,15	10,04	0,16	2,13	0,00
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	3,00	2,80	1,80	0,48	1,46	0,15	7,90	0,15	1,76	0,00
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	2,80	3,00	1,80	0,55	1,45	0,19	6,50	0,13	1,72	0,00

**Πίνακας 4.** Εργαστηριακά Δεδομένα της Εταιρείας <<Ελαιώνας Α.Ε>> δειγματοληψίας από ημιορεινές περιοχές της Πελοποννήσου και Της Κρήτης.

Παπαβαγγέλης Άγγελος

“Ποιότητα ελαιόλαδου με χρήση στατιστικών εργαλείων”



Στο παραπάνω φύλλο υπολογισμού Excel έχουμε τα εργαστηριακά αποτελέσματα από το πιστοποιημένο εργαστήριο του Ποιοτικού Ελέγχου της Εταιρείας Έλαιώνας Α.Ε΄που έχει ως κύριο αντικείμενο δραστηριότητας την επεξεργασία και την τυποποίηση Ελληνικού Ελαιόλαδου.

### 3.1 Πίνακες Περιγραφικής Στατιστικής

Στο σημείο αυτό της εργασίας, παραθέτουμε τα βασικά μέτρα περιγραφικής στατιστικής ώστε να λάβουμε τις απαραίτητες εισαγωγικές πληροφορίες για τα δεδομένα μας και να ανιχνεύσουμε τις ιδιότητες τους. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται συνολικά για όλο το δείγμα αλλά και ανά περιοχή. Όλοι οι υπολογισμοί μας για την τις ενότητες της στατιστικής ανάλυσης των δεδομένων γίναν με το πρόγραμμα minitab, έπειτα από κατάλληλη μορφοποίηση του αρχείου δεδομένων μορφής xlsx. Στο minitab μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε είτε εντολές του command window είτε το menu interface. Καθώς η δεύτερη περίπτωση είναι πιο απλή και εύχρηστη, χρησιμοποιούμε αυτή τη προσέγγιση στη διενέργεια όλης της στατιστικής μελέτης.



Στο παρακάτω πίνακα εμφανίζονται τα αποτελέσματα για όλα τα δείγματα.

**Πίνακας 5.** Βασικά μέτρα Περιγραφικής Στατιστικής για τα ποιοτικά στοιχεία του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου

### Statistics

Variable	Total Count	Mean	StDev	Minimum	Median	Maximum
Average fruity value (Mf)	38	3,737	0,788	2,700	3,400	5,000
Average spicy value (Ms)	38	3,0579	0,2974	1,9000	3,1000	3,4000
Average Bitter (Mb)	38	1,8447	0,1927	1,6000	1,8000	2,4000
F.F.A, (%)	38	0,4765	0,0672	0,3200	0,4775	0,7000
Refractive index (butyro scale	38	1,4525	0,00724	1,4400	1,4500	1,4700
Moisture (%) (ΚΤΠ)	38	0,12211	0,03095	0,09000	0,11000	0,19000
Peroxide value, (meq O <sub>2</sub> /kg)	38	7,465	1,550	4,200	7,150	10,500
K268	38	0,13903	0,00938	0,12000	0,14000	0,16000
K232	38	1,7747	0,1481	1,5200	1,7650	2,1300
ΔK	38	-0,002921	0,000882	-0,004000	-0,003000	-0,001000

Variable	Range	Mode N for Mode	Skewness	Kurtosis
Average fruity value (Mf)	2,300	3	8	0,29
Average spicy value (Ms)	1,5000	2,8	7	-1,56
Average Bitter (Mb)	0,8000	1,7; 1,8	10	1,09
F.F.A, (%)	0,3800	0,51	6	0,32
Refractive index (butyro scale	0,0300	1,45; 1,455	10	0,56
Moisture (%) (ΚΤΠ)	0,10000	0,1	8	0,94
Peroxide value, (meq O <sub>2</sub> /kg)	6,300	6,9; 7	3	0,13
K268	0,04000	0,14	12	0,08
K232	0,6100	1,73; 1,79; 1,82	3	0,42
ΔK	0,003000	-0,003	15	0,34

Παπαβαγγέλης Άγγελος

“Ποιότητα ελαιόλαδου με χρήση στατιστικών εργαλείων”



Γνωρίζουμε από τη βιβλιογραφία ότι οι τιμές κατά μέσο όρο για τις μεταβλητές του δείγματος πρέπει να κυμαίνονται στα ακόλουθα εύρη:

**Πίνακας 6.** Τιμές αναφοράς για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου

Variables	Reference Values
<b>Average fruity value (Mf)</b>	above 4, on a scale 0-10
<b>Average spicy value (Ms)</b>	3-5, on a scale 0-10
<b>Average Bitter (Mb)</b>	3-5, on a scale 0-10
<b>Refractive index (butyro scale)</b>	1.45-1.47
<b>F.F.A, (%)</b>	<=0.8%
<b>Moisture (%)</b>	
<b>(KTI)</b>	<=0.2%
<b>Peroxide value, (meq O<sub>2</sub>/kg)</b>	<=20
<b>K268</b>	<=0.22%
<b>K232</b>	<=2.5
<b>ΔK</b>	<=0.01

Οι πρώτες 3 μεταβλητές είναι επιθυμητό να έχουν υψηλότερες τιμές στο μείγμα, αν και αποτελούν και θέμα προσωπικής προτίμησης της γεύσης. Οι υπόλοιπες τιμές είναι καθαρά ποιοτικές και είναι επιθυμητό να λαμβάνουν κατά το δυνατό χαμηλότερες τιμές στο δείγμα.



Παρατηρούμε από τον πίνακα ότι στο δείγμα που συλλέξαμε για Πελοπόννησο και Κρήτη, όλες οι μεταβλητές έχουν τιμές των οποίων οι μέσοι όροι είναι σε αποδεκτά εύρη βάση των τιμών αναφοράς και συγκεκριμένα είναι σε πολλές περιπτώσεις ικανοποιητικά κάτω από τα όρια, που υποδεικνύουν ότι η σύσταση του ελαιόλαδου στο δείγμα έχει καλά ποιοτικά χαρακτηριστικά. Μόνο η τιμή Average Bitter (Mb) έχει τιμή εκτός των ορίων όμως καθώς αυτή αποτελεί και θέμα προτίμησης, μπορεί για τις συγκεκριμένες περιοχές να θεωρείται αποδεκτή. Σχετικά με τα μέτρα κύρτωσης-ασυμμετρίας, για τη διερεύνηση κανονικότητας των μεταβλητών του δείγματος, παρατηρούμε ότι αποκλίνουν από τις τιμές 0 και 3 αντίστοιχα που είναι οι τιμές αναφοράς της κανονικής κατανομής. Αυτό μπορεί να δικαιολογηθεί από το σχετικά μικρό δείγμα. Στο αμέσως επόμενο βήμα θα διενεργήσουμε ελέγχους κανονικότητας για να είμαστε βέβαιοι για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.

Για τον υπολογισμό των στατιστικών μέτρων ανά περιοχή, ακολουθούμε ακριβώς τα ίδια μενού (βήματα) με πριν απλώς τοποθετούμε με το select, στο πεδίο «By variable», την μεταβλητή «ΠΕΡΙΟΧΗ».



**Πίνακας 7.** Βασικά μέτρα Περιγραφικής Στατιστικής για τα ποιοτικά στοιχεία του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου ανά περιοχή

### Statistics

Variable	ΠΕΡΙΟΧΗ	Total Count	Mean	StDev	Range
Average fruity value (Mf)	ΚΡΗΤΗ	14	3,986	0,864	2,300
	ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	24	3,592	0,719	2,200
Average spicy value (Ms)	ΚΡΗΤΗ	14	3,2714	0,1383	0,4000
	ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	24	2,9333	0,2959	1,5000
Average Bitter (Mb)	ΚΡΗΤΗ	14	2,0000	0,2038	0,7000
	ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	24	1,7542	0,1141	0,5000
F.F.A, (%)	ΚΡΗΤΗ	14	0,4386	0,0917	0,3800
	ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	24	0,49867	0,03361	0,15000
Refractive index (butyro scale	ΚΡΗΤΗ	14	1,4579	0,00611	0,0200
	ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	24	1,4494	0,00595	0,0250
Moisture (%) (ΚΤΠ)	ΚΡΗΤΗ	14	0,11429	0,02652	0,10000
	ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	24	0,12667	0,03293	0,10000
Peroxide value, (meq O2/kg)	ΚΡΗΤΗ	14	6,681	1,343	4,600
	ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	24	7,923	1,501	4,800
K268	ΚΡΗΤΗ	14	0,14143	0,00864	0,03000
	ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	24	0,13763	0,00968	0,04000
K232	ΚΡΗΤΗ	14	1,7493	0,1207	0,3900
	ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	24	1,7896	0,1625	0,6000
ΔΚ	ΚΡΗΤΗ	14	-0,003500	0,000760	0,002000
	ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	24	-0,002583	0,000776	0,003000

Παπαβαγγέλης Άγγελος

“Ποιότητα ελαιόλαδου με χρήση στατιστικών εργαλείων”



Παρατηρούμε ότι και ανά επιμέρους τοποθεσίες οι μέσες τιμές των μεταβλητών είναι εντός των τιμών αναφοράς. Στους δείκτες γεύσης οι μέσες τιμές της Κρήτης είναι υψηλότερες ενώ στις ποιοτικές μεταβλητές είναι χαμηλότερες. Αυτό εν γένει υποδεικνύει ότι είναι πιθανόν το εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο της Κρήτης να είναι συγκριτικά καλύτερο με αυτό της Πελοποννήσου. Αυτή η υπόθεση θα ελεγχθεί αργότερα και με τους αντίστοιχους στατιστικούς ελέγχους.

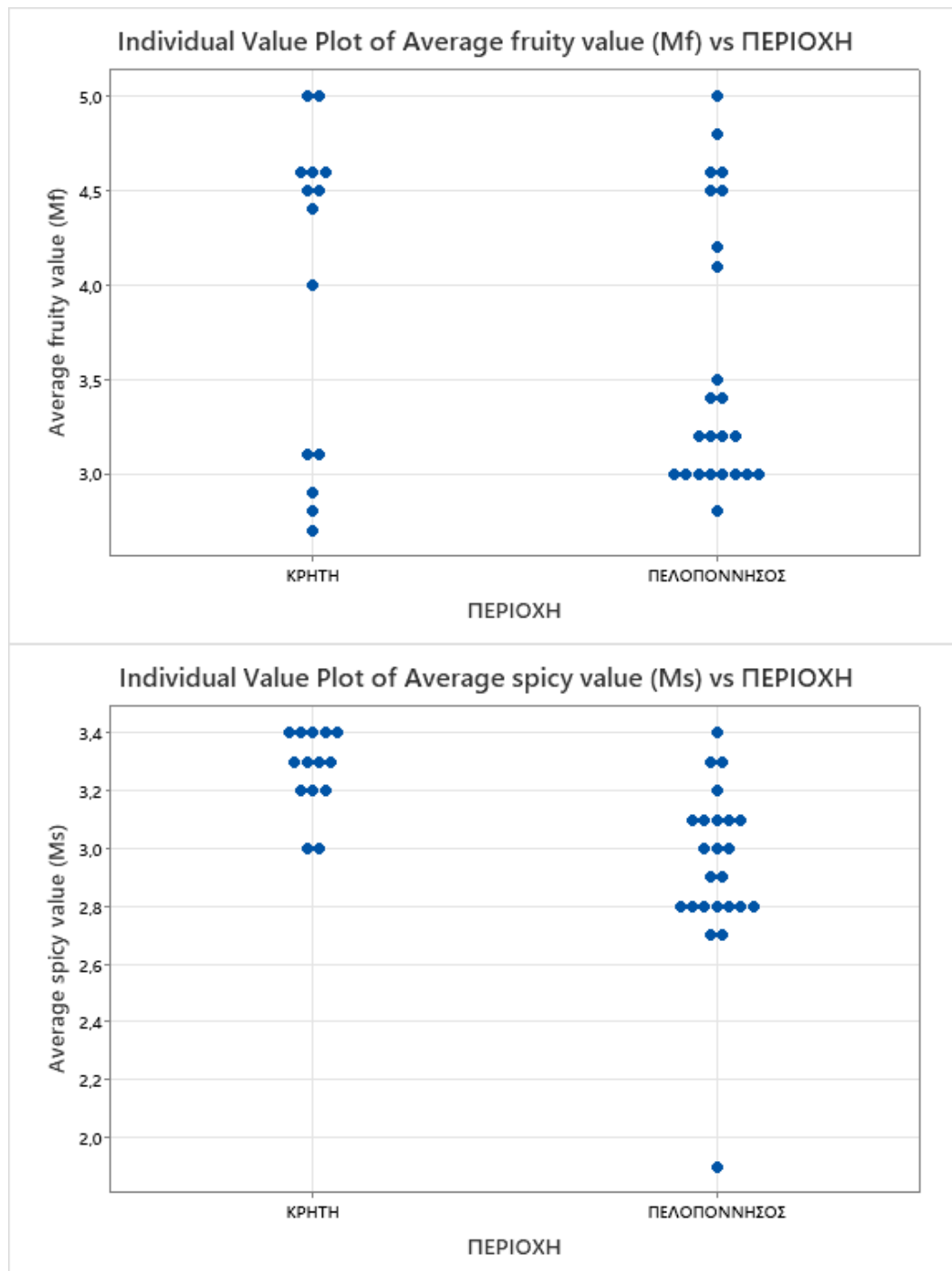
### 3.1.1 Απεικονιστικές τεχνικές περιγραφικής στατιστικής-Ιδιοτήτων του δείγματος

Στα ακόλουθα γραφήματα αποτυπώνονται διαγραμματικά οι στατιστικές ιδιότητες των δεδομένων. Για τη σύγκριση των περιοχών χρησιμοποιούνται τα διαγράμματα μεμονωμένων τιμών (individual plots) ενώ για το συνολικό δείγμα χρησιμοποιούμε τις τεχνικές I-MR, EWMA και CUSUM.





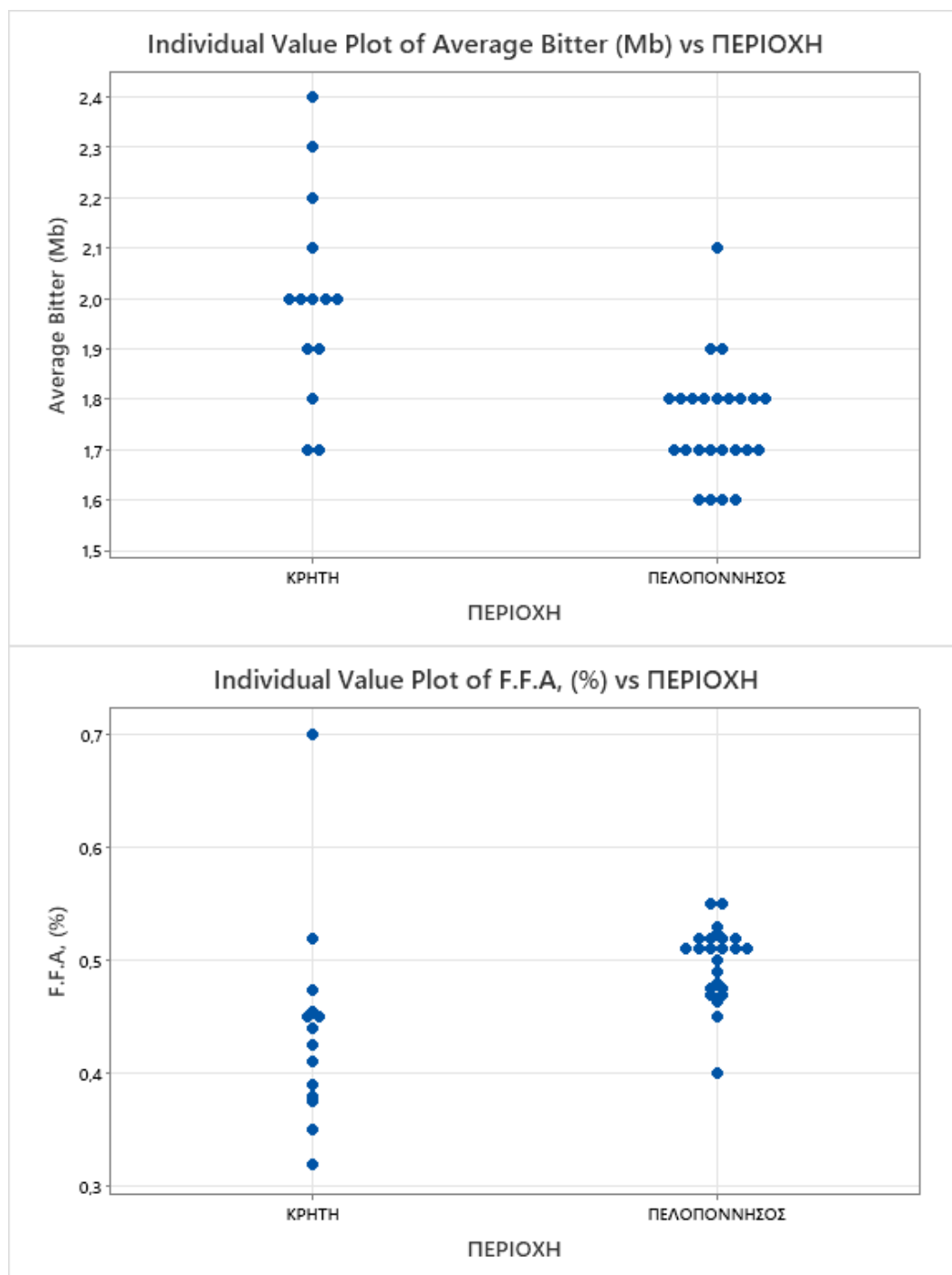
**Γράφημα 1.**Μεμονομένες τιμές (x) για όλες τις μεταβλητές ανά περιοχή



Παπαβαγγέλης Άγγελος

“Ποιότητα ελαιόλαδου με χρήση στατιστικών εργαλείων”

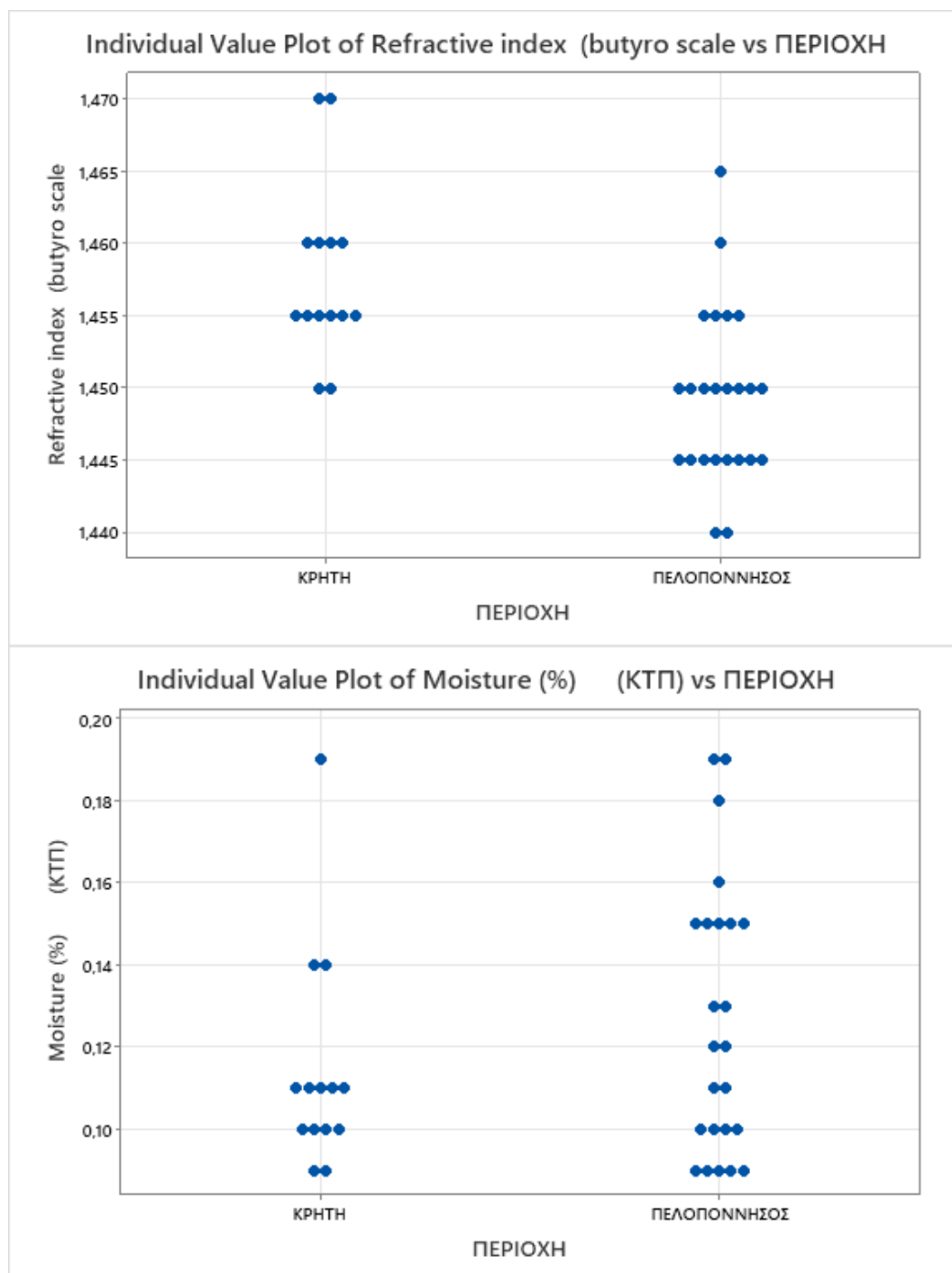




Παπαβαγγέλης Άγγελος

“Ποιότητα ελαιόλαδου με χρήση στατιστικών εργαλείων”





Παπαβαγγέλης Άγγελος

“Ποιότητα ελαιόλαδου με χρήση στατιστικών εργαλείων”





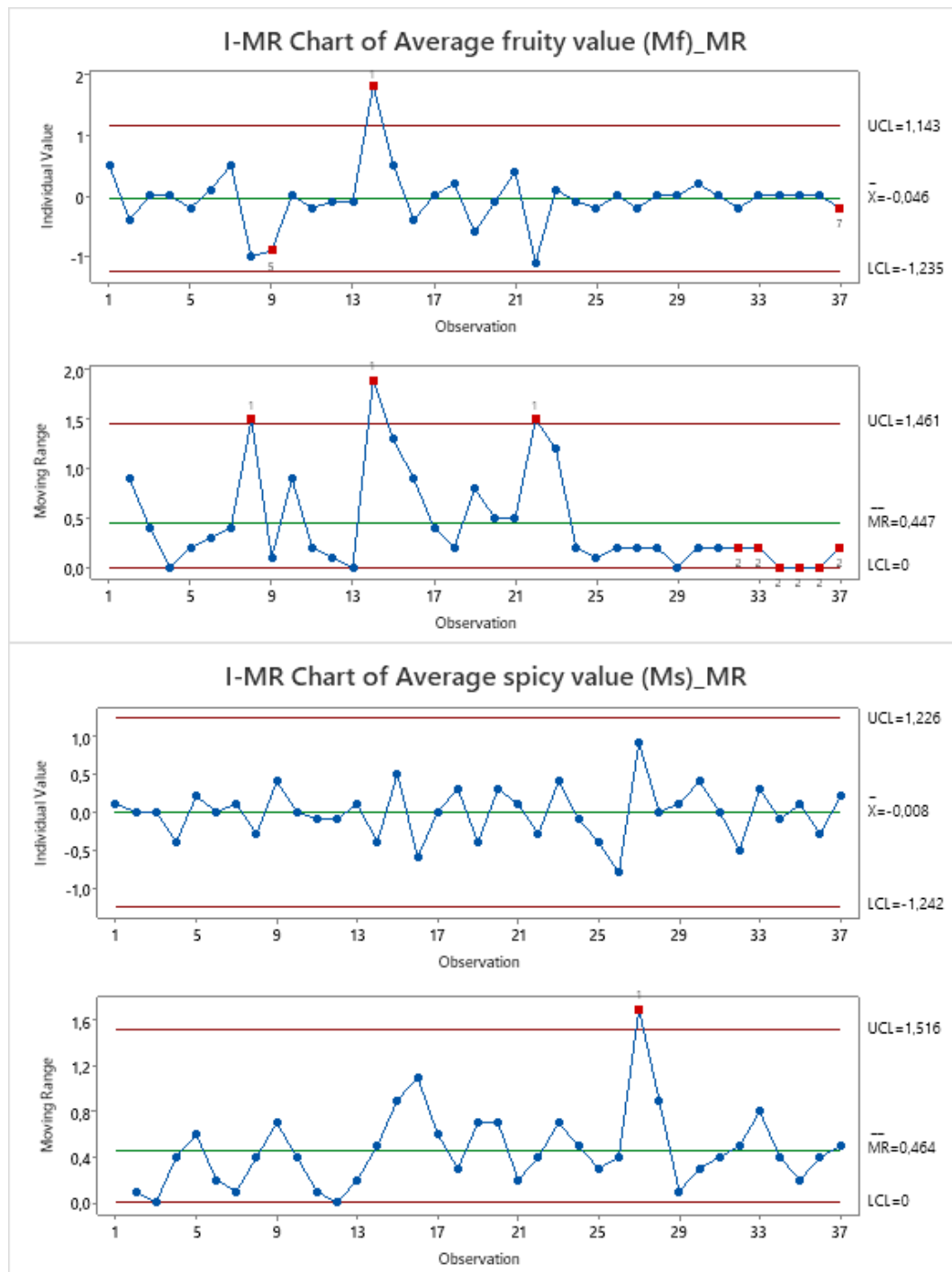


Στα σημεία όπου συγκεντρώνονται οι περισσότερες βούλες, έχουμε και την «τάση» που εμφανίζει κάθε μεταβλητή ανά περιοχή. Για παράδειγμα, η μεταβλητή F.F.A της Κρήτης έχει μία τάση προς την τιμή 0.43 (γι' αυτό κι ο μέσος όρος είναι περίπου ίδιος με αυτή τη τιμή) ενώ η Πελοπόννησος έχει μία τάση προς την τιμή 0.52. Αντίστοιχη είναι η ερμηνεία για όλα τα υπόλοιπα γραφήματα αυτής της κατηγορίας.

Παρακάτω παρατίθενται και όλα τα γραφήματα I-MR των μεταβλητών μαζί με τα αντίστοιχα test. Σε κάθε εικόνα εμφανίζονται 2 επιμέρους γραφήματα, ένα για το Moving Range, MR που είναι οι διαφορές των τιμών της μεταβλητής μεταξύ 2 περιόδων και ένα για τη μεταβλητότητα της μεταβλητής MR. Όταν αποτυγχάνουν κάποια test, σημαίνει ότι η τιμή MR ή η μεταβλητότητα σε κάποιο σημείο του δείγματος είναι προβληματική και απαιτεί πιθανή διερεύνηση (πχ διακύμανση εκτός ορίων μπορεί να υποδεικνύει κάποια απότομη μεταβολή του διαχρονικού μέσου σε όλο το δείγμα κλπ).



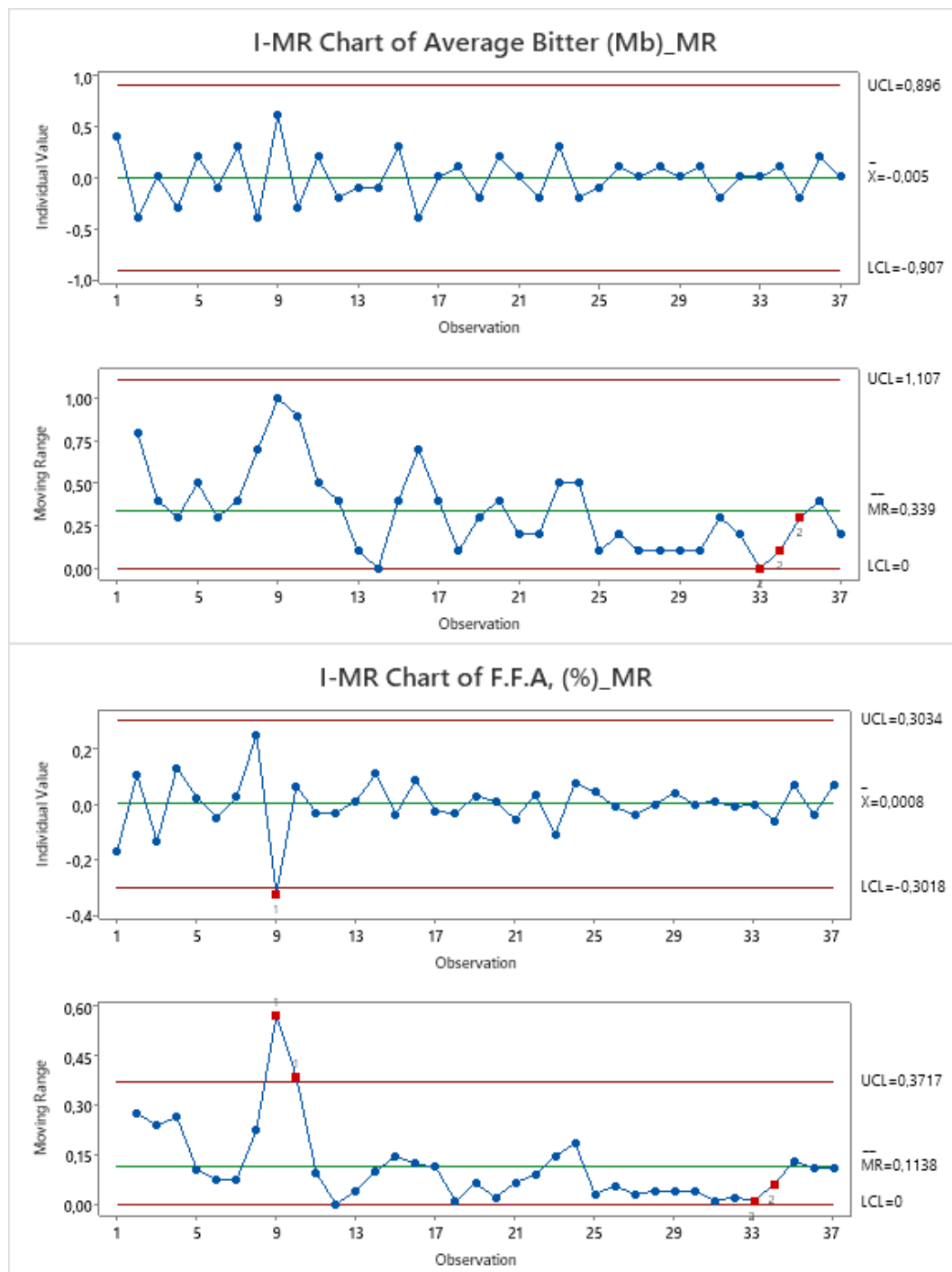
**Γράφημα 2.** I-MR για όλες τις μεταβλητές



Παπαβαγγέλης Άγγελος

“Ποιότητα ελαιόλαδου με χρήση στατιστικών εργαλείων”



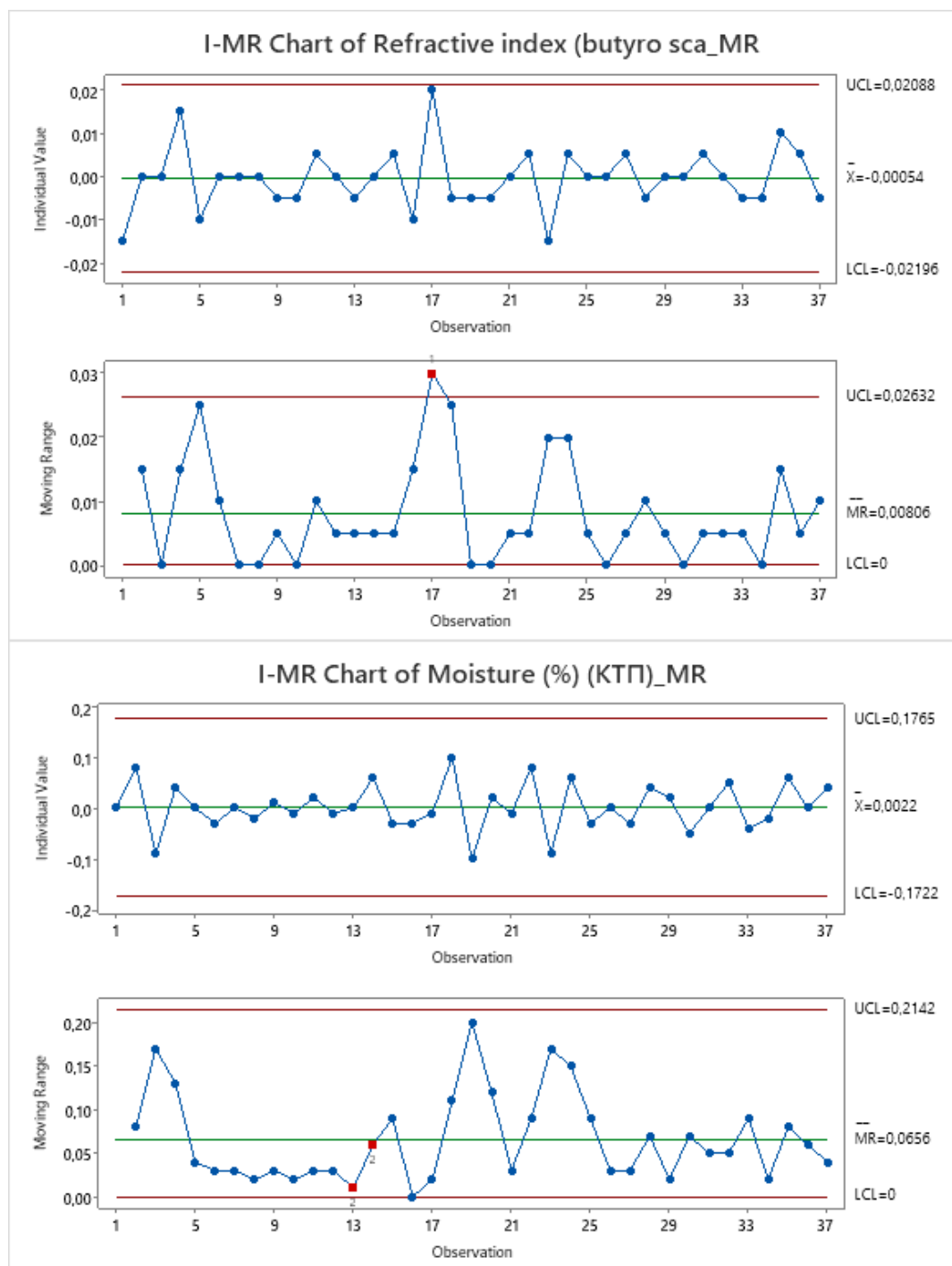


Παπαβαγγέλης Άγγελος

“Ποιότητα ελαιόλαδου με χρήση στατιστικών εργαλείων”



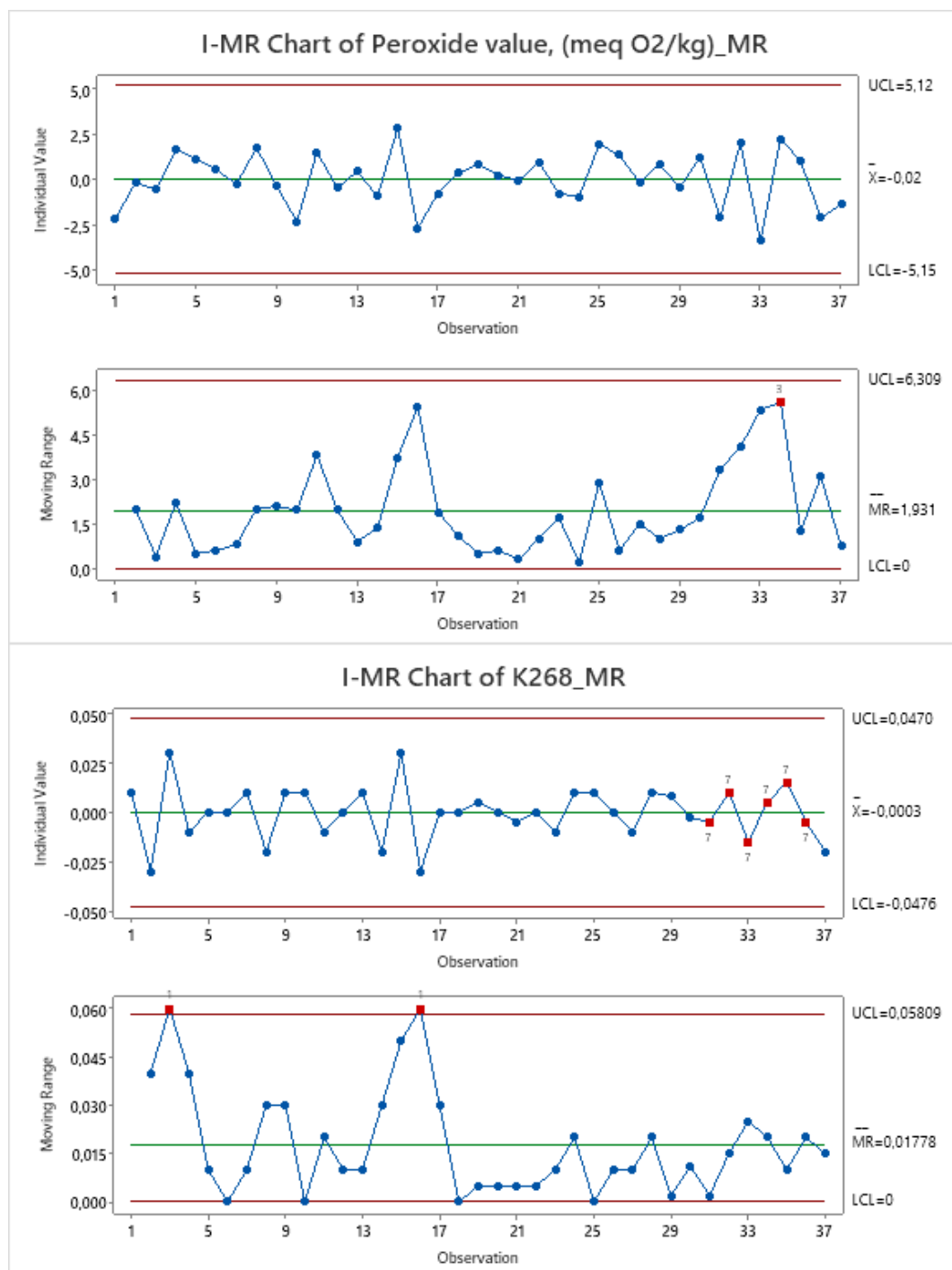




Παπαβαγγέλης Άγγελος

“Ποιότητα ελαιόλαδου με χρήση στατιστικών εργαλείων”

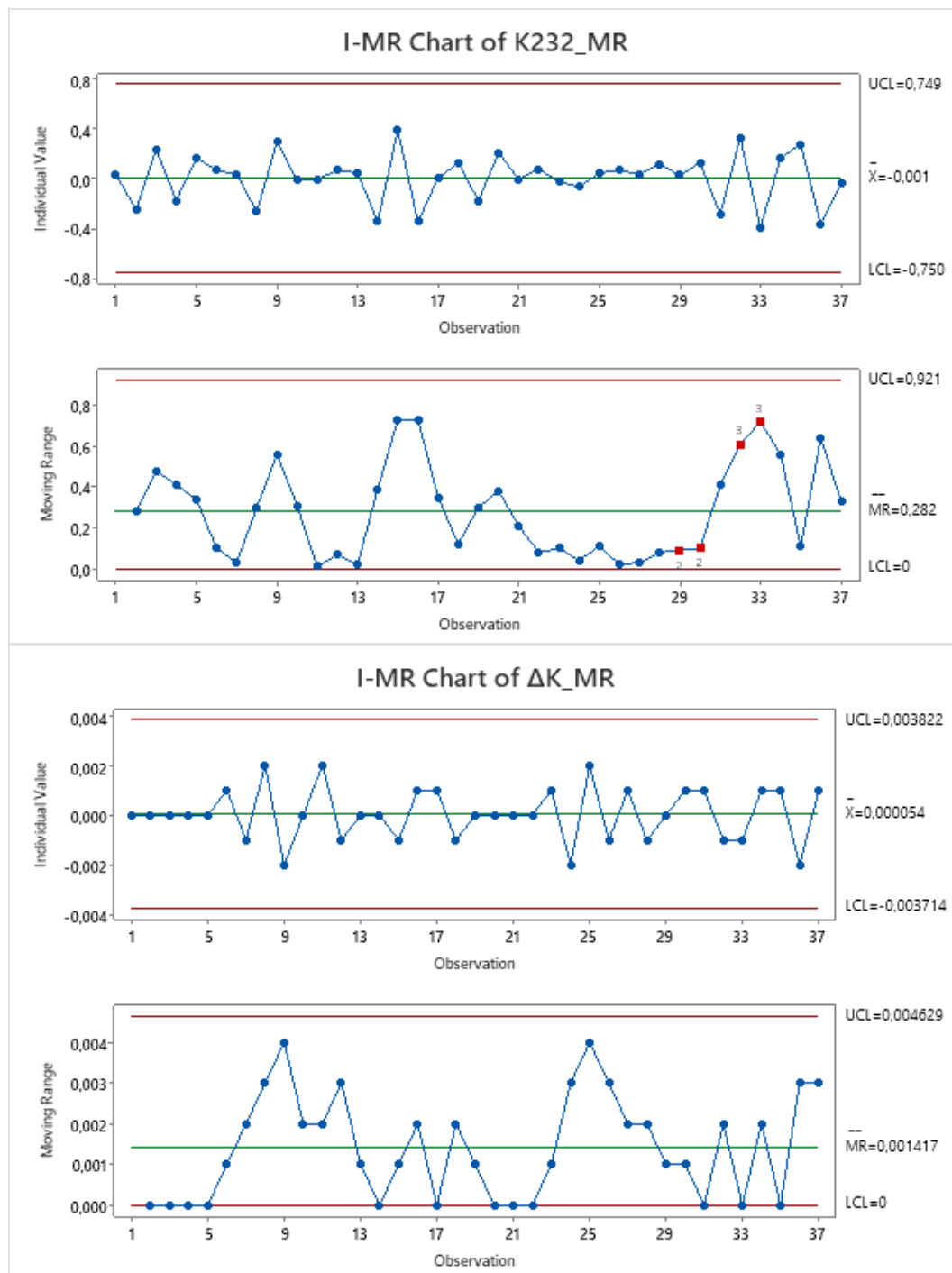




Παπαβαγγέλης Άγγελος

“Ποιότητα ελαιόλαδου με χρήση στατιστικών εργαλείων”





Στα γραφήματα που έχουμε σημεία χρωματισμένα με κόκκινη βούλα, σημαίνει πως κάποιο test έχει αποτύχει. Από τις 10 μεταβλητές, οι 9 εμφανίζουν κάποια αποτυχία σε ένα ή περισσότερα test για 1-5 παρατηρήσεις στο δείγμα. Η αποτυχία των test αυτών

Παπαβαγγέλης Άγγελος

“Ποιότητα ελαιόλαδου με χρήση στατιστικών εργαλείων”



δε σημαίνει απαραίτητα ότι υπάρχει σοβαρό πρόβλημα στα δεδομένα, αλλά σε κάθε περίπτωση μπορεί να γίνει ένας πιο προσεκτικός έλεγχος για τη συλλογή τιμών αυτών των μεταβλητών στις περιόδους (παρατηρήσεις) που εμφανίστηκε πρόβλημα ώστε να βρεθεί τυχόν σφάλμα στη δειγματοληψία ή σε κάποια διαδικασία κλπ

Κάνουμε αυτή την ανάλυση για όλο το δείγμα μαζί για λόγους χώρου αλλά και επειδή τα επιμέρους δείγματα των περιοχών έχουν λίγες μόνο τιμές.

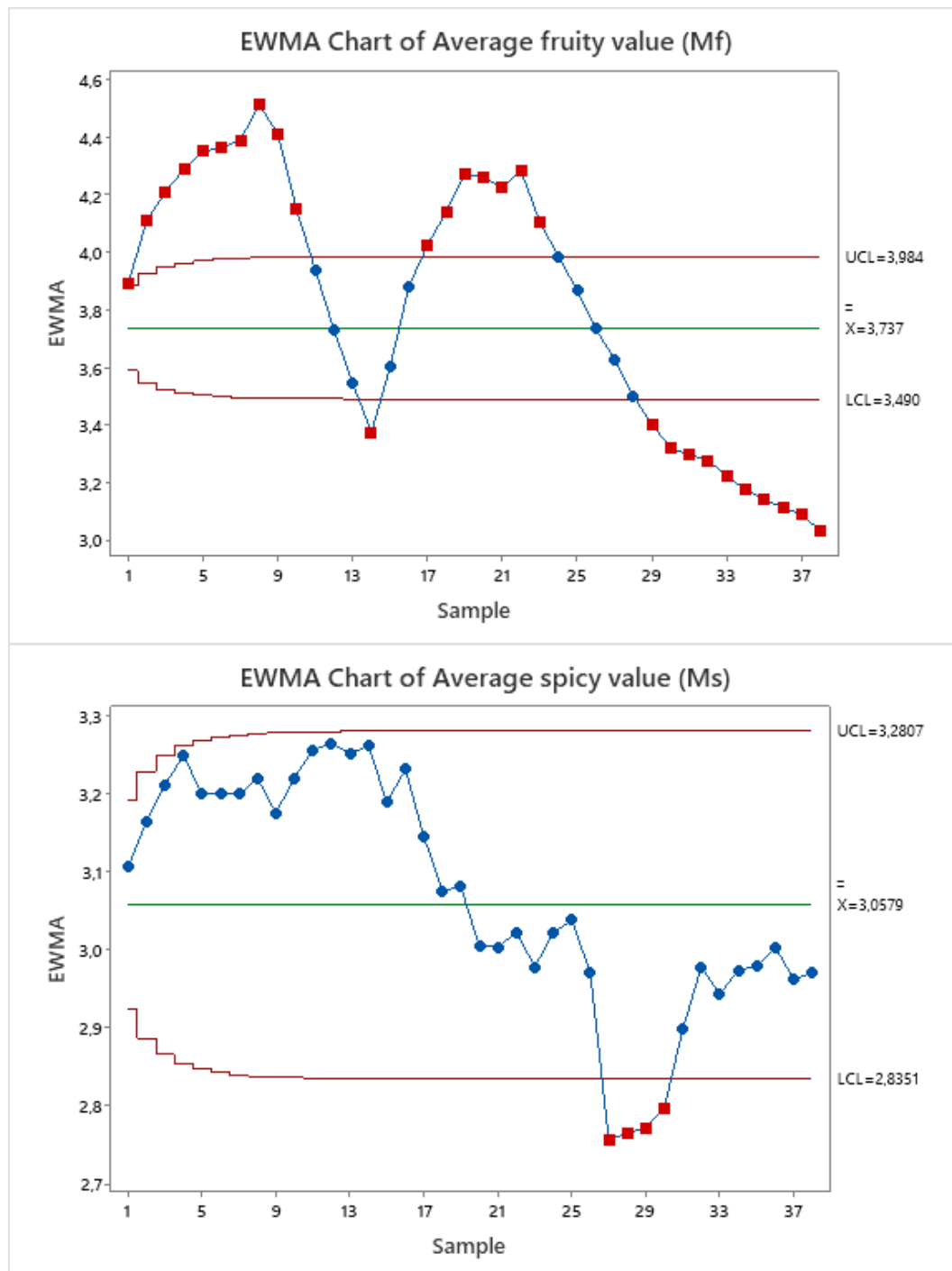
Επιπλέον έλεγχοι που μπορούμε να διεξάγουμε στις αρχικές μας μεταβλητές είναι οι έλεγχοι EWMA (εκθετικός σταθμικός μέσος όρος) και έλεγχος CUSUM. Για να τους

εξάγουμε πηγαίνουμε στο Stats □ Control Charts □ Time-Weighted Charts □ EWMA ή CUSUM. Ως στάθμιση αφήνουμε την προκαθορισμένη τιμή, 0.2.

Όπως και στα γραφήματα I-MR έχουμε για το EWMA ένα στατιστικό τεστ το οποίο αναφέρεται σε παρατηρήσεις οι οποίες έχουν μεγάλη τυπική απόκλιση από τον μέσο όρο. Όπως και πριν, δίνουμε όλα τα γραφήματα συνολικά, για όλο το δείγμα.



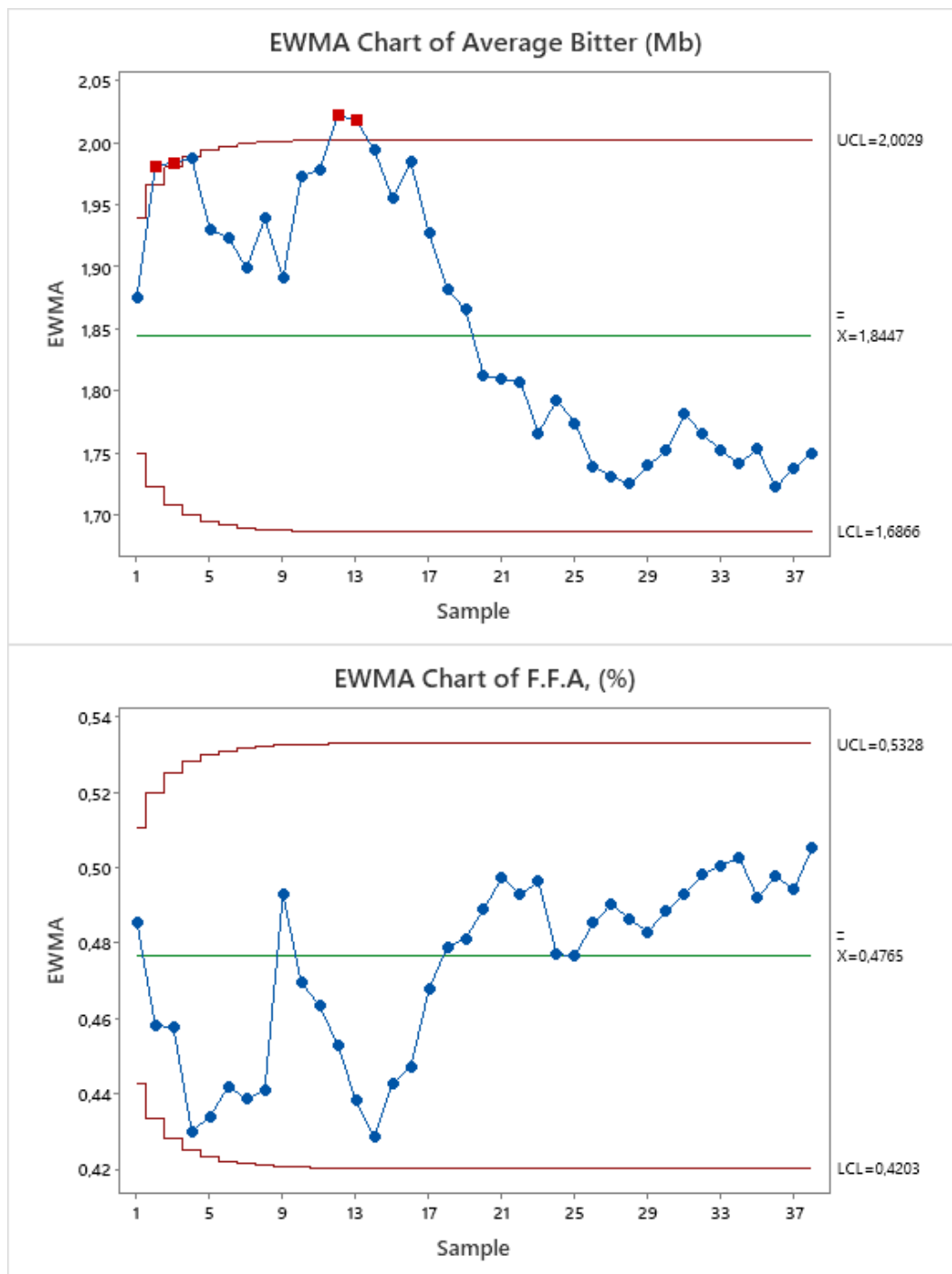
**Γράφημα 3.** EWMA για όλες τις μεταβλητές



Παπαβαγγέλης Άγγελος

“Ποιότητα ελαιόλαδου με χρήση στατιστικών εργαλείων”

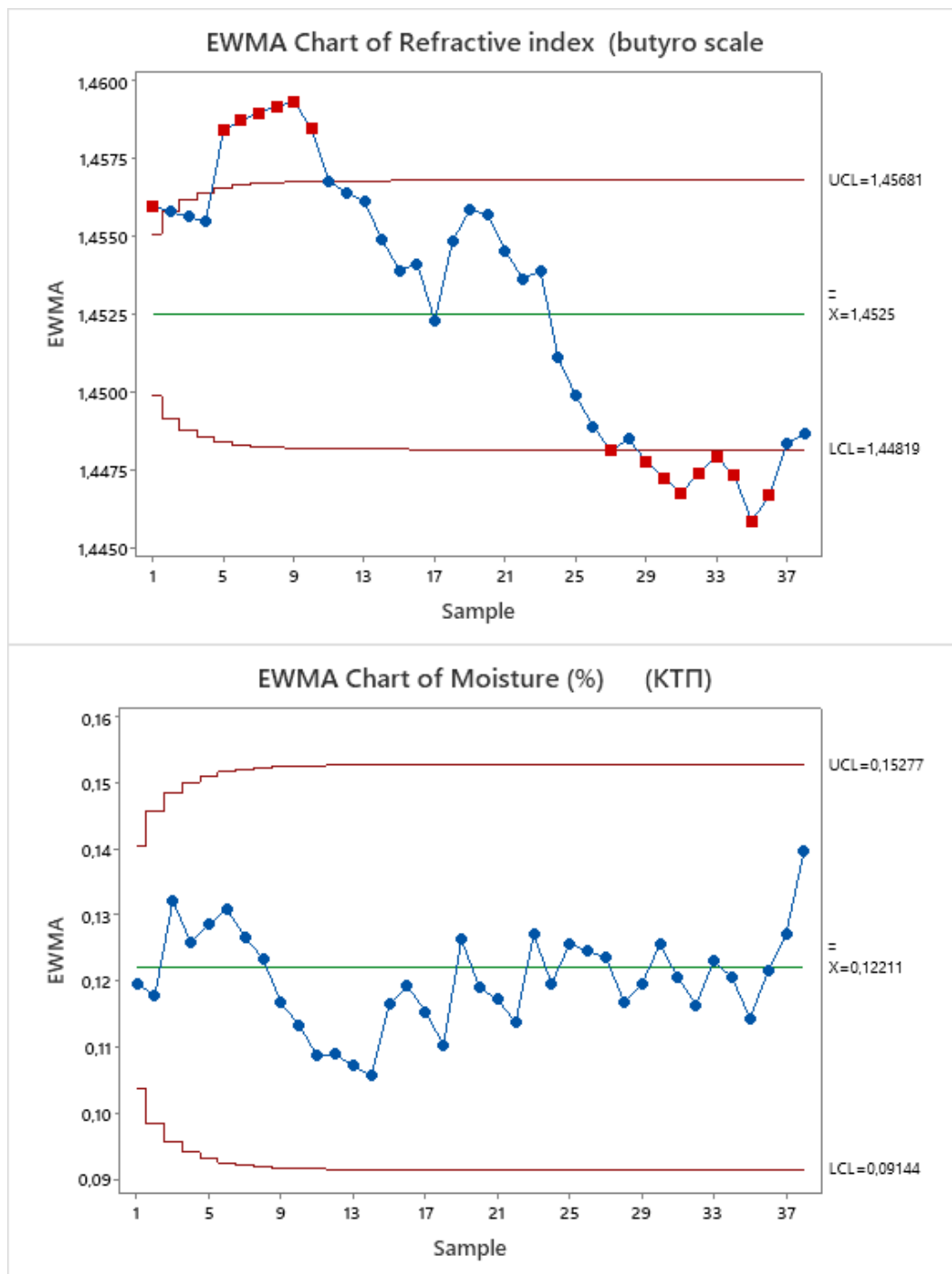




Παπαβαγγέλης Άγγελος

“Ποιότητα ελαιόλαδου με χρήση στατιστικών εργαλείων”

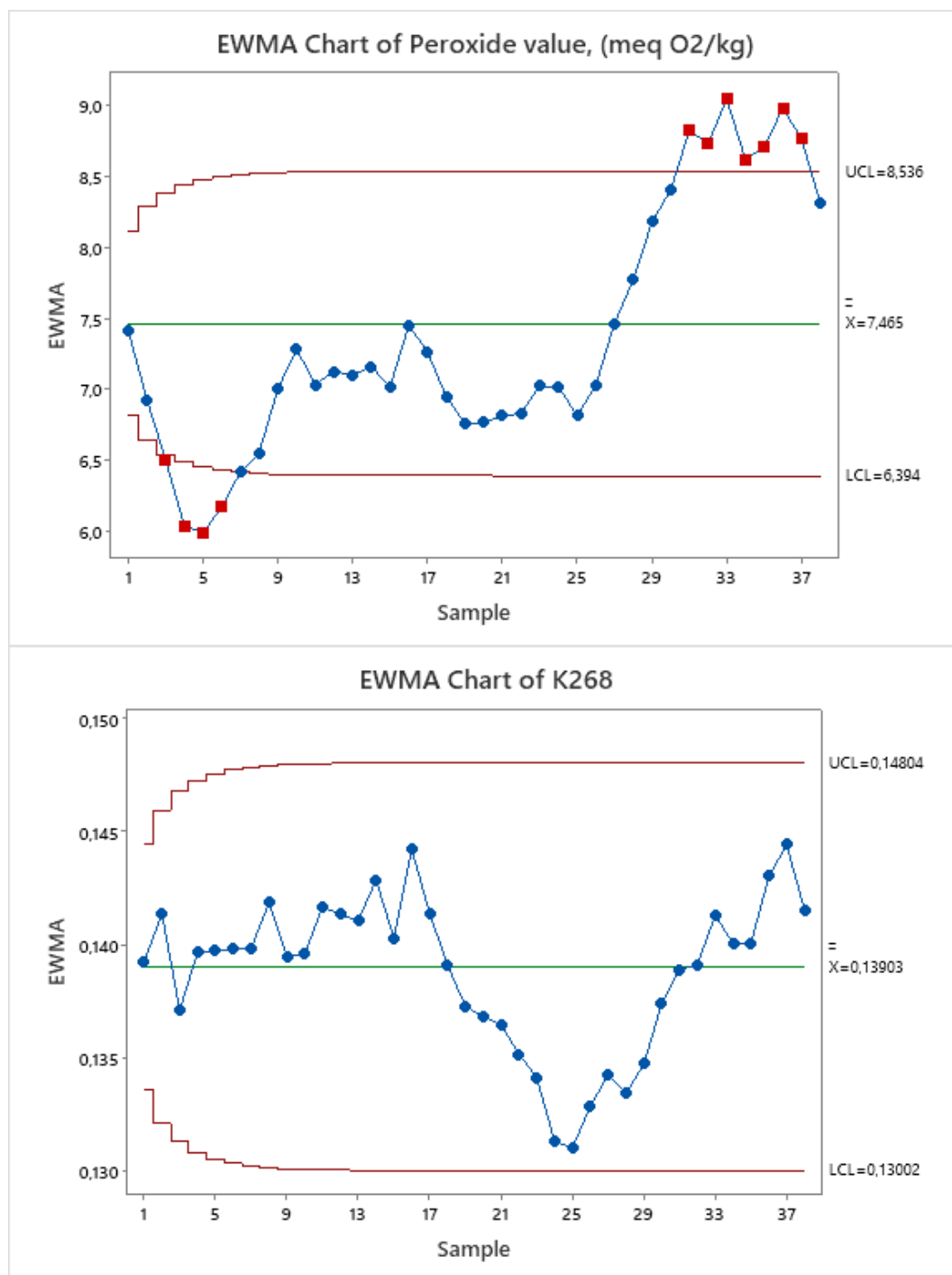




Παπαβαγγέλης Άγγελος

“Ποιότητα ελαιόλαδου με χρήση στατιστικών εργαλείων”



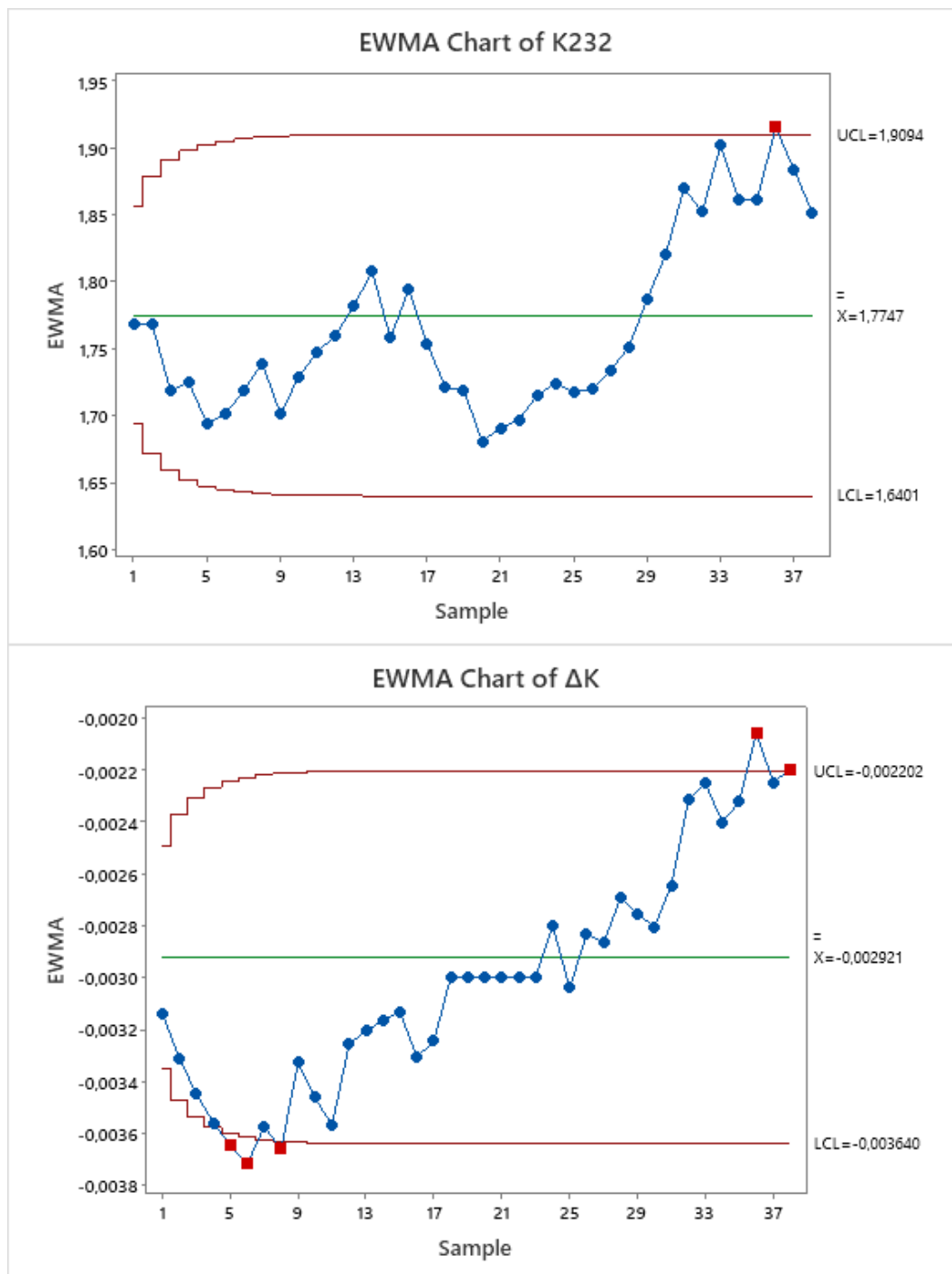


Παπαβαγγέλης Άγγελος

“Ποιότητα ελαιόλαδου με χρήση στατιστικών εργαλείων”







Παρατηρούμε ότι 7 από τις 10 μεταβλητές έχουν παρατηρήσεις που απέχουν σημαντικά από το μέσο όρο με αυτές των Average fruity value και Refractive Index να εμφανίζουν αρκετές παρατηρήσεις με υψηλή μεταβλητότητα. Σημειώνεται και πάλι πως αυτό δεν

Παπαβαγγέλης Άγγελος

“Ποιότητα ελαιόλαδου με χρήση στατιστικών εργαλείων”

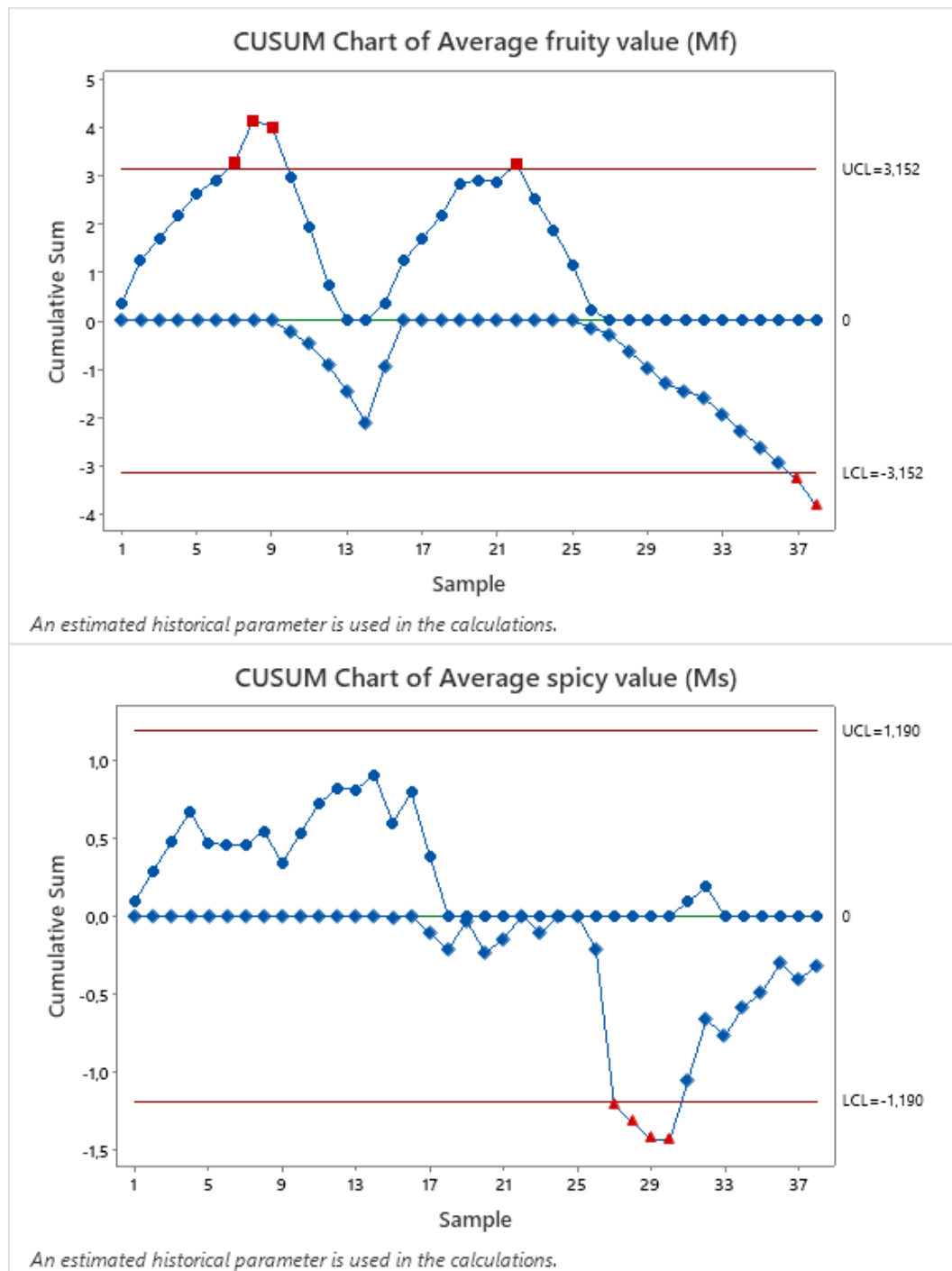


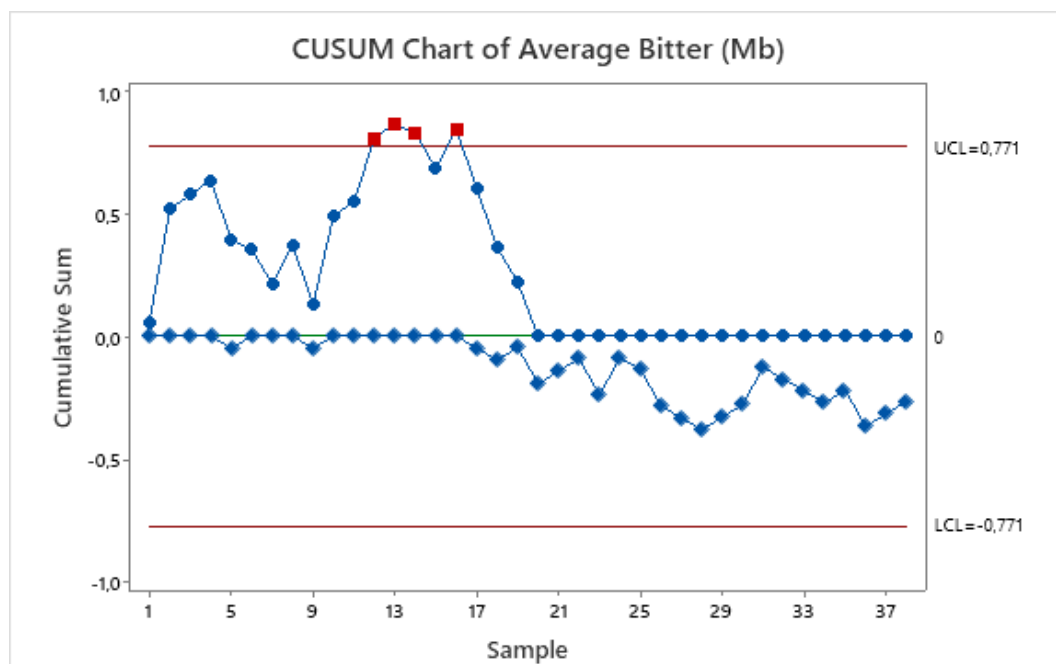
είναι απαραίτητως αποτρεπτικό για τη περαιτέρω χρήση των δεδομένων σε στατιστικές αναλύσεις, ωστόσο είναι καλό να γίνει κάποιος ποιοτικός έλεγχος για το τρόπο συλλογής των συγκεκριμένων παρατηρήσεων.

Τέλος, παραθέτουμε και τα γραφήματα CUSUM για όλες τις μεταβλητές.

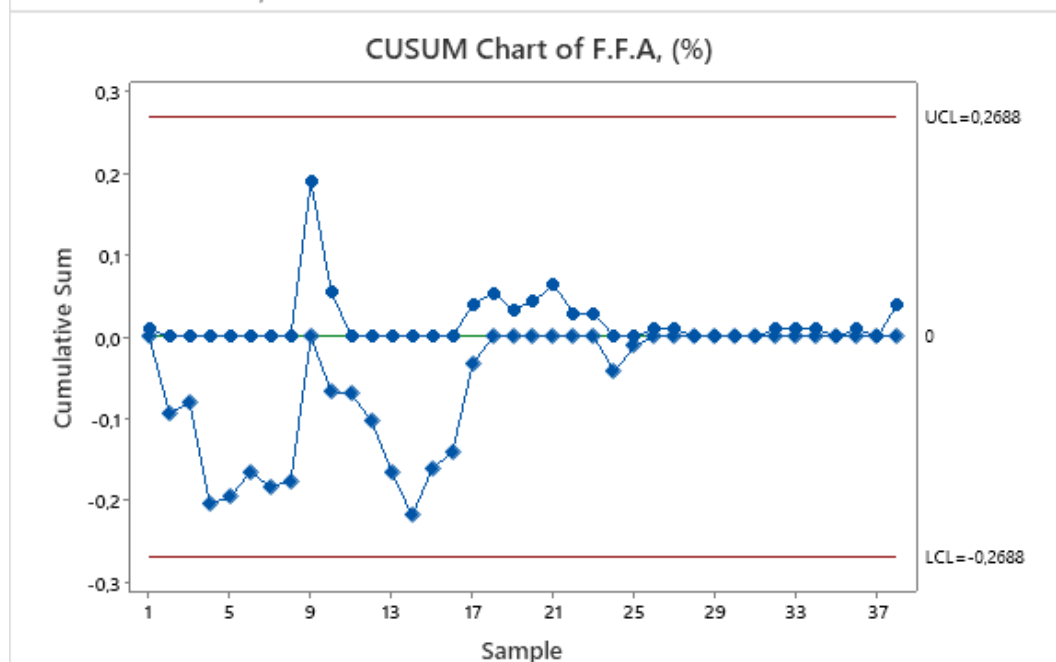


**Γράφημα 4.** CUSUM one-sided για όλες τις μεταβλητές



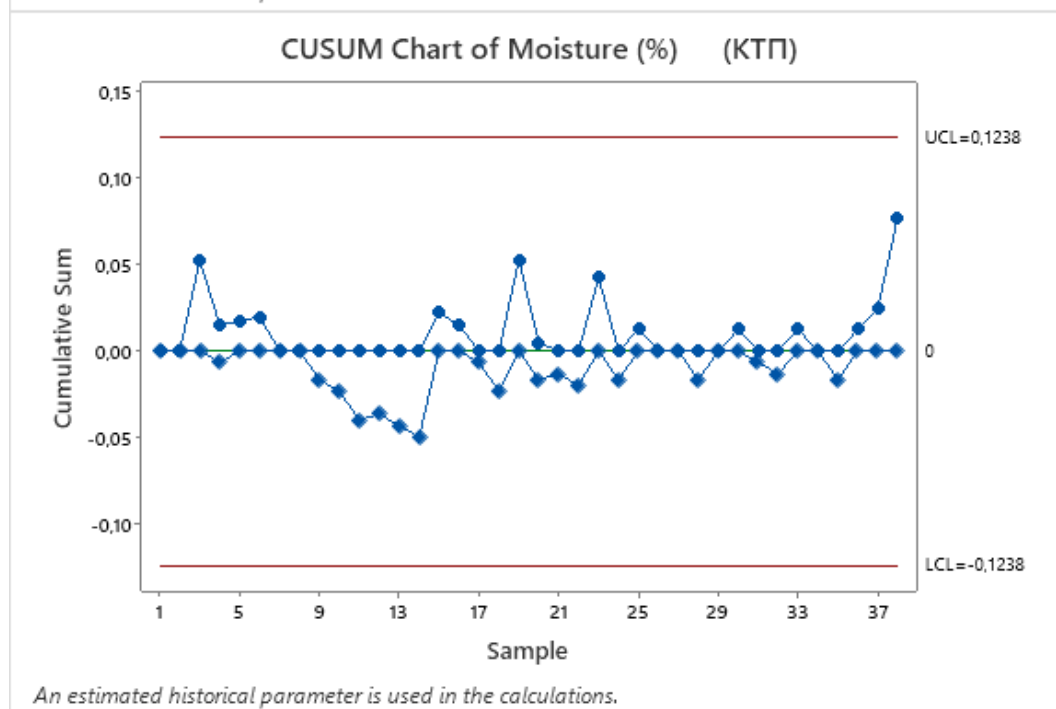
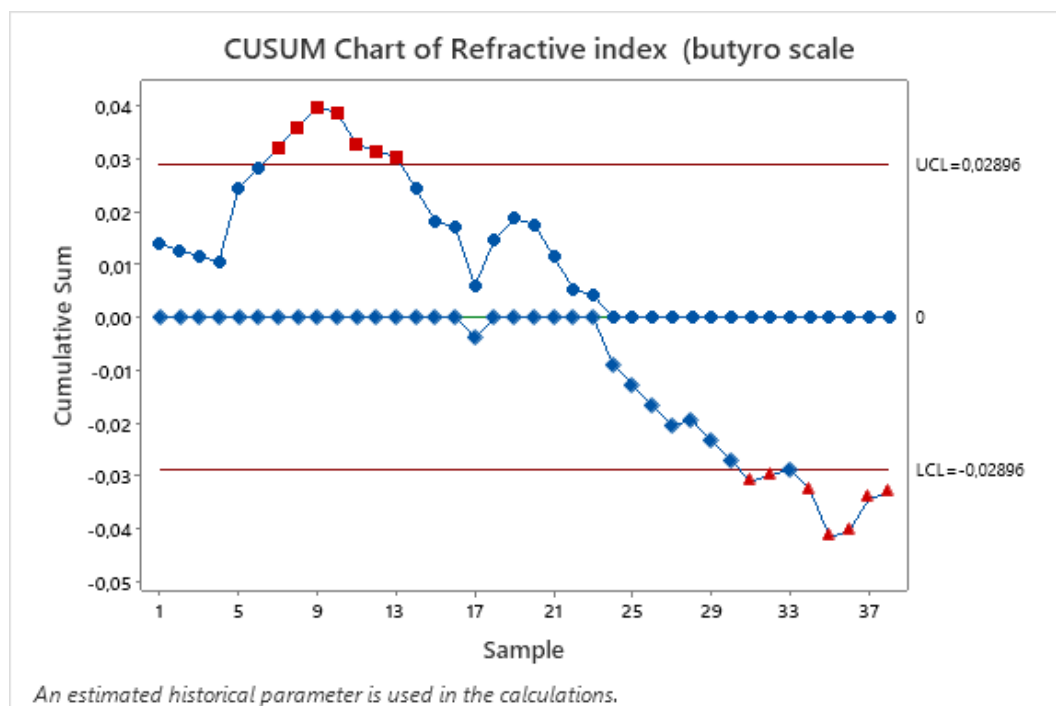


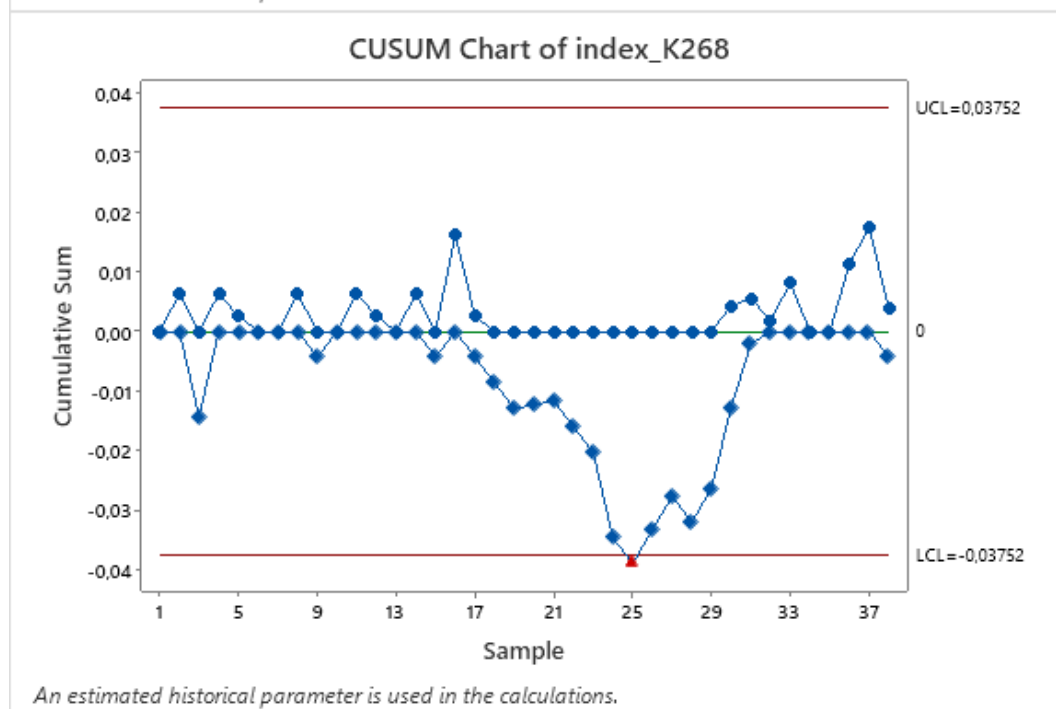
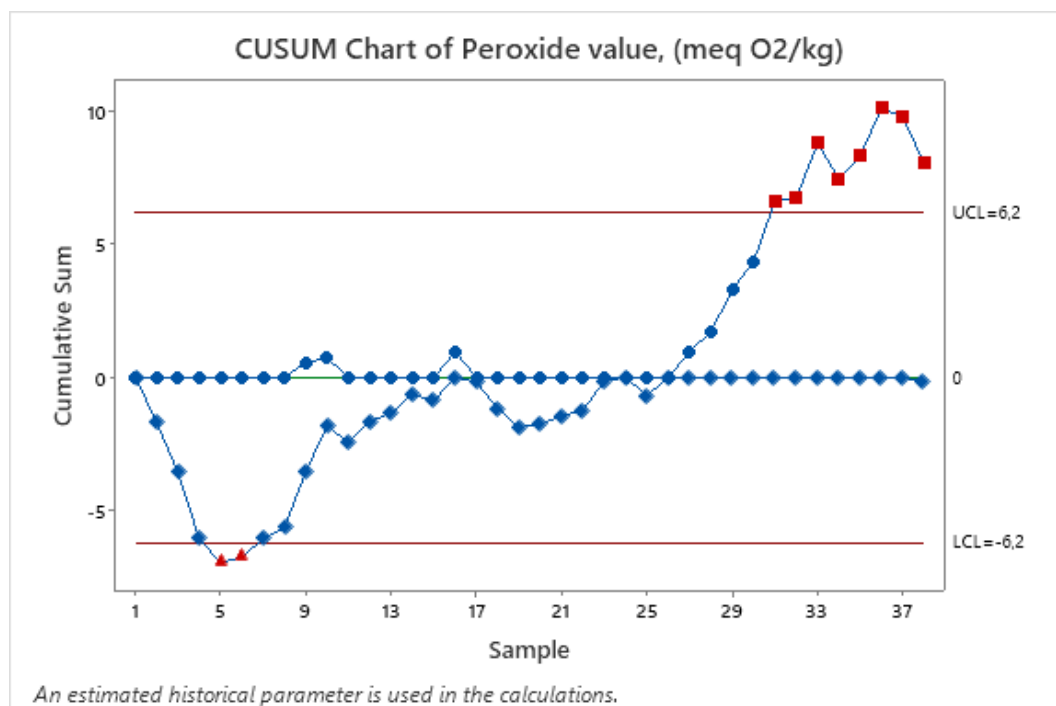
*An estimated historical parameter is used in the calculations.*



*An estimated historical parameter is used in the calculations.*



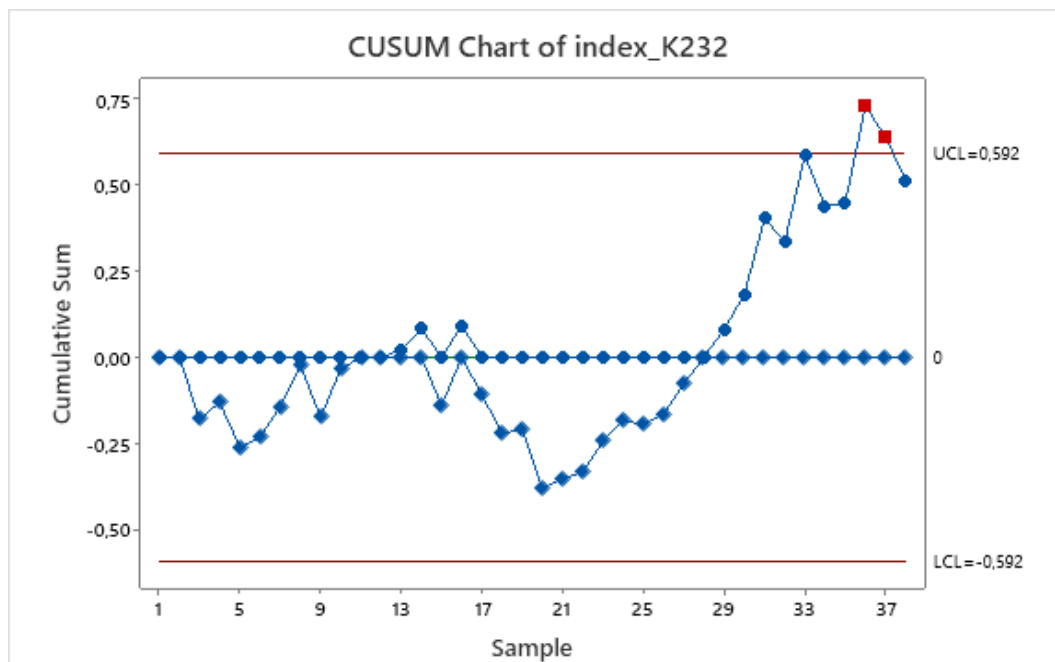




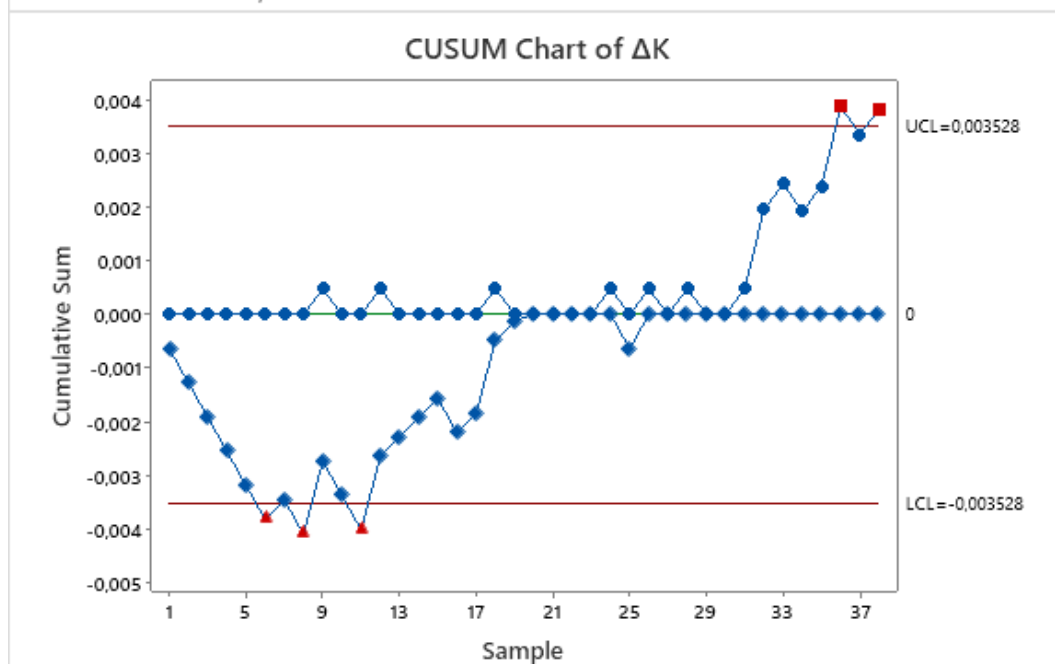
Παπαβαγγέλης Άγγελος

“Ποιότητα ελαιόλαδου με χρήση στατιστικών εργαλείων”





*An estimated historical parameter is used in the calculations.*



*An estimated historical parameter is used in the calculations.*

Με αυτό τον έλεγχο παρατηρούνται ύποπτες τιμές για 8 από τις 10 μεταβλητές αν και είναι για μικρό αριθμό παρατηρήσεων.



### 3.2. Έλεγχοι Κανονικότητας

Λόγω της μεγάλης αξίας της κανονικότητας των τιμών των μεταβλητών για τη κατασκευή στατιστικών μοντέλων αλλά και τη διεξαγωγή στατιστικών ελέγχων, σε αυτό το σημείο της εργασίας διεξάγουμε διάφορα τεστ για να ελέγξουμε αν τα δεδομένα του δείγματος προέρχονται από έναν πληθυσμό που ακολουθεί την κανονική κατανομή. Στο minitab μπορούμε εύκολα να τρέξουμε αυτούς τους ελέγχους από το μενού **Stas** □ **Basic Statistics** □ **Normality Tests** □ διαλέγουμε ποιο από τα 3 test μας ενδιαφέρει, που στη περίπτωση μας είναι το **Anderson-Darling** □ **ok**.

Στον παρακάτω πίνακα συνοψίζουμε τη πληροφορία για τις p-τιμές που παίρνουμε για όλες τις μεταβλητές από αυτό τον έλεγχο. Σημειώνεται ότι η μηδενική υπόθεση ορίζει πως τα δεδομένα προέρχονται από κανονική τιμή ενώ η εναλλακτική ότι τα δεδομένα αποκλίνουν από την κανονική κατανομή. Για p-values μικρότερα του επιπέδου σημαντικότητας 0.05 απορρίπτουμε τη μηδενική υπόθεση και δεχόμαστε την εναλλακτική. Το θεμιτό ωστόσο είναι να μπορέσουμε να αποδεχθούμε τη μηδενική υπόθεση.

**Πίνακας 8.** Έλεγχος Anderson-Darling για όλες τις μεταβλητές

<b>Variables</b>	<b>p-values</b>	<b>Normality (a=1%)</b>
<b>Average fruity value (Mf)</b>	<0.002,5	FALSE
<b>Average spicy value (Ms)</b>	0.01	TRUE
<b>Average Bitter (Mb)</b>	<0.005	FALSE
<b>Refractive index (butyro scale)</b>	0.018	TRUE
<b>F.F.A, (%)</b>	0.012	TRUE
<b>Moisture (%) (KTII)</b>	<0.005	FALSE
<b>Peroxide value, (meq O2/kg)</b>	0.427	TRUE
<b>K268</b>	0.005	FALSE
<b>K232</b>	0.112	TRUE
<b>ΔK</b>	<0.005	FALSE

---

Παπαβαγγέλης Άγγελος

“Ποιότητα ελαιόλαδου με χρήση στατιστικών εργαλείων”

Σελίδα | 76





Θέτοντας  $\alpha=5\%$  αποδεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση μόνο για τη μεταβλητή **Peroxide** ωστόσο, μπορούμε να θέσουμε και  $\alpha=1\%$  και άρα αποδεχόμαστε τη κανονική κατανομή για 5 μεταβλητές από τις 10 συνολικά (**Average spicy value, Refractive index (butyro scale), F.F.A, (%)**, **Peroxide value, (meq O2/kg)** και **K232**).

### 3.3 Ανάλυση Παλινδρόμησης

Έπειτα από τη διερεύνηση των βασικών ιδιοτήτων των μεταβλητών μας, μπορούμε να προχωρήσουμε στη κατασκευή συγκεκριμένων στατιστικών μοντέλων με σκοπό τη πρόβλεψη κάποιας εξαρτημένης μεταβλητής, δοθέντων των ανεξάρτητων μεταβλητών, να βρούμε τις συσχετίσεις που μπορεί να έχουν οι μεταβλητές μεταξύ τους κ.α. Για το δικό μας σύνολο δεδομένων, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε απλά μοντέλα γραμμικής παλινδρόμησης πολλών μεταβλητών, δοκιμάζοντας διαφορετικούς συνδυασμούς εξαρτημένης και ανεξάρτητων μεταβλητών ώστε να βρούμε το μοντέλο με την καλύτερη προβλεπτική ικανότητα. Ωστόσο, πριν προβούμε στην εκτίμηση του μοντέλου, μπορούμε να υπολογίσουμε και τη μήτρα συσχετίσεων για την εύρεση γραμμικών σχέσεων ανά ζεύγη, μεταξύ των μεταβλητών του δείγματος. Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζεται ο πίνακας συσχετίσεων μετά από αυτό το βήμα.



## Πίνακας 9. Μήτρα συσχετίσεων των μεταβλητών

### Correlations

	Average fruity value (Mf)	Average spicy value (Ms)	Average Bitter (Mb)	F.F.A, (%)	Refractive index (butyro scale)	Moisture (%) (ΚΤΠ)
Average spicy value (Ms)	0,218					
Average Bitter (Mb)	0,220	0,656				
F.F.A, (%)	-0,031	-0,460	-0,645			
Refractive index (butyro scale)	0,560	0,245	0,208	-0,004		
Moisture (%) (ΚΤΠ)	0,039	-0,111	-0,166	0,160	0,091	
Peroxide value, (meq O <sub>2</sub> /kg)	-0,536	-0,305	-0,248	0,347	-0,362	-0,084
index_K268	-0,100	0,207	0,309	-0,283	0,071	-0,129
index_K232	-0,500	0,124	0,142	-0,218	-0,330	-0,025
ΔK	-0,503	-0,286	-0,499	0,420	-0,371	-0,115
	<div>Peroxide value, (meq O<sub>2</sub>/kg)</div> <div>index_K268 index_K232</div>					
Average spicy value (Ms)						
Average Bitter (Mb)						
F.F.A, (%)						
Refractive index (butyro scale)						
Moisture (%) (ΚΤΠ)						
Peroxide value, (meq O <sub>2</sub> /kg)						
index_K268	0,337					
index_K232	0,701	0,659				
ΔK	0,515	-0,138	0,272			

Βλέπουμε ότι πράγματι υπάρχουν και αρνητικές και θετικές γραμμικές συσχετίσεις σε ικανοποιητικό βαθμό (σε εύρος μεταξύ του -0.3 έως +0.645) οπότε όντως έχει νόημα να σχηματίσουμε ένα γραμμικό μοντέλο παλινδρόμησης μεταξύ αυτών των μεταβλητών.



Μία εύλογη επιλογή για την εξαρτημένη μεταβλητή θα μπορούσε να είναι κάποιο χαρακτηριστικό γεύσεως από τα 3 διαθέσιμα (fruity, spicy, bitter). Αυτό στηρίζεται και από βιβλιογραφικές πηγές (Kottaridi et al., 2023) όπως και το ότι για να κατηγοριοποιηθεί το ελαιόλαδο ως εξαιρετικά παρθένο, χρησιμοποιούνται οι μεταβλητές της γεύσης (sensory attributes, (Fernandes et al., 2018). Ως ανεξάρτητες μεταβλητές χρησιμοποιούνται όλες όσες αναφέρονται σε ποιοτικά χαρακτηριστικά (F.F.A, Refractive Index, Moisture, Peroxide Value, ΔK) αλλά και οι 2 εναπομένουσες μεταβλητές γεύσης. Οι μεταβλητές κ232 και κ268 εξαιρέθηκαν καθώς ο ΔK υπολογίζεται μέσω αυτών. Παράλληλα δοκιμάστηκαν να τεθούν και άλλες μεταβλητές ως εξαρτημένες όπως ο δείκτης οξύτητας (F.F.A) ή μεταβλητή Peroxide για τις οποίες επίσης υπάρχει βιβλιογραφία (Balesteros et al., 2007). Έχοντας εξαρτημένη μεταβλητή την F.F.A και όλες τις άλλες ανεξάρτητες, λαμβάνουμε ένα  $R^2 = 54.86\%$ . Ωστόσο, το μοντέλο που έχει ως εξαρτημένη μεταβλητή την Bitter, πετυχαίνει ένα  $R^2 = 65.55\%$  και συνεπώς επιλέγεται ως το βέλτιστο μοντέλο. Παρακάτω παραθέτουμε αναλυτικά τα αποτελέσματα του εκτιμημένου μοντέλου.

#### Πίνακας 10. Αποτελέσματα της γραμμικής παλινδρόμησης

##### Regression Equation

$$\begin{aligned} \text{Average Bitter (Mb)} = & -0,56 + 1,19 \text{ Refractive index (butyro scale)} \\ & - 0,487 \text{ Moisture (\%)} \quad (\text{ΚΤΠ}) - 61,3 \text{ ΔK} \\ & + 0,2768 \text{ Average spicy value (Ms)} - 1,110 \text{ F.F.A, (\%)} \\ & + 0,0254 \text{ Peroxide value, (meq O}_2\text{/kg)} + 0,0152 \text{ Average fruity value (Mf)} \end{aligned}$$



## Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-0,56	5,05	-0,11	0,912	
Refractive index (butyro scale	1,19	3,56	0,33	0,741	1,55
Moisture (%) (ΚΤΠ)	-0,487	0,700	-0,70	0,492	1,10
ΔK	-61,3	32,1	-1,91	0,065	1,87
Average spicy value (Ms)	0,2768	0,0820	3,37	0,002	1,40
F.F.A, (%)	-1,110	0,410	-2,71	0,011	1,78
Peroxide value, (meq O <sub>2</sub> /kg)	0,0254	0,0177	1,44	0,160	1,76
Average fruity value (Mf)	0,0152	0,0377	0,40	0,690	2,07

## Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,125600	65,55%	57,52%	36,03%

Στον πίνακα 10 έχουμε τη μαθηματική εξίσωση του εκτιμημένου μοντέλου μαζί με όλους τους εκτιμημένους συντελεστές β και επιπλέον πληροφορίες για τη διεξαγωγή ελέγχων σημαντικότητας. Χρησιμοποιώντας την p-τιμή του ελέγχου, έχουμε ότι οι μεταβλητές Refractive Index, Moisture Peroxide value και Average fruity value δεν είναι στατιστικά σημαντικές επειδή έχουν υψηλή p-τιμή και άρα δεχόμαστε την μηδενική υπόθεση του ελέγχου σημαντικότητας, ότι δηλαδή οι τιμές των συντελεστών βήτα αυτών των μεταβλητών είναι στατιστικά ίσοι με μηδέν και οι μεταβλητές αυτές δεν προσθέτουν ερμηνευτική ικανότητα στο μοντέλο. Στον επόμενο πίνακα, παρατηρούμε τη τιμή του συντελεστή προσδιορισμού που δείχνει την ικανότητα των ανεξάρτητων μεταβλητών να εξηγούν τις διακυμάνσεις της εξαρτημένης μεταβλητής. Τιμές στο εύρος 50-70% θεωρούνται ικανοποιητικές για την διαπίστωση ύπαρξης γραμμικής σχέσης μεταξύ των μεταβλητών.

Στον επόμενο πίνακα εμφανίζουμε ξανά τα αποτελέσματα της παλινδρόμησης, συμπεριλαμβάνοντας όμως μόνο τις στατιστικά σημαντικές μεταβλητές (με  $\alpha=10\%$ ).



## Πίνακας 11. Βέλτιστο εκτιμημένο μοντέλο

### Regression Equation

Average Bitter (Mb) = 1,330 - 49,9 ΔK + 0,2780 Average spicy value (Ms) - 1,010 F.F.A, (%)

### Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	1,330	0,358	3,72	0,001	
ΔK	-49,9	25,5	-1,95	0,059	1,23
Average spicy value (Ms)	0,2780	0,0774	3,59	0,001	1,29
F.F.A, (%)	-1,010	0,361	-2,79	0,008	1,43

### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,123492	62,26%	58,93%	41,56%

### Durbin-Watson Statistic

Durbin-Watson Statistic = 1,63226

Ενώ στο βέλτιστο υπόδειγμα αφαιρέθηκαν 4 μεταβλητές (5 μαζί με το σταθερό όρο), η ερμηνευτική του ικανότητα μειώθηκε μόνο κατά 3.2%. Επιπλέον, αυτό το μοντέλο είναι πιο απλό και με βάση την λεπίδα του Ocum (μεταξύ 2 μεθόδων κρατάμε αυτή που δίνει τα πιο απλά αποτελέσματα ή έχει τα λιγότερα βήματα), προτείνεται ως το τελικό μοντέλο. Επισημαίνεται ότι μπορούμε επίσης να προσθέσουμε και την

---

Παπαβαγγέλης Άγγελος

“Ποιότητα ελαιόλαδου με χρήση στατιστικών εργαλείων”

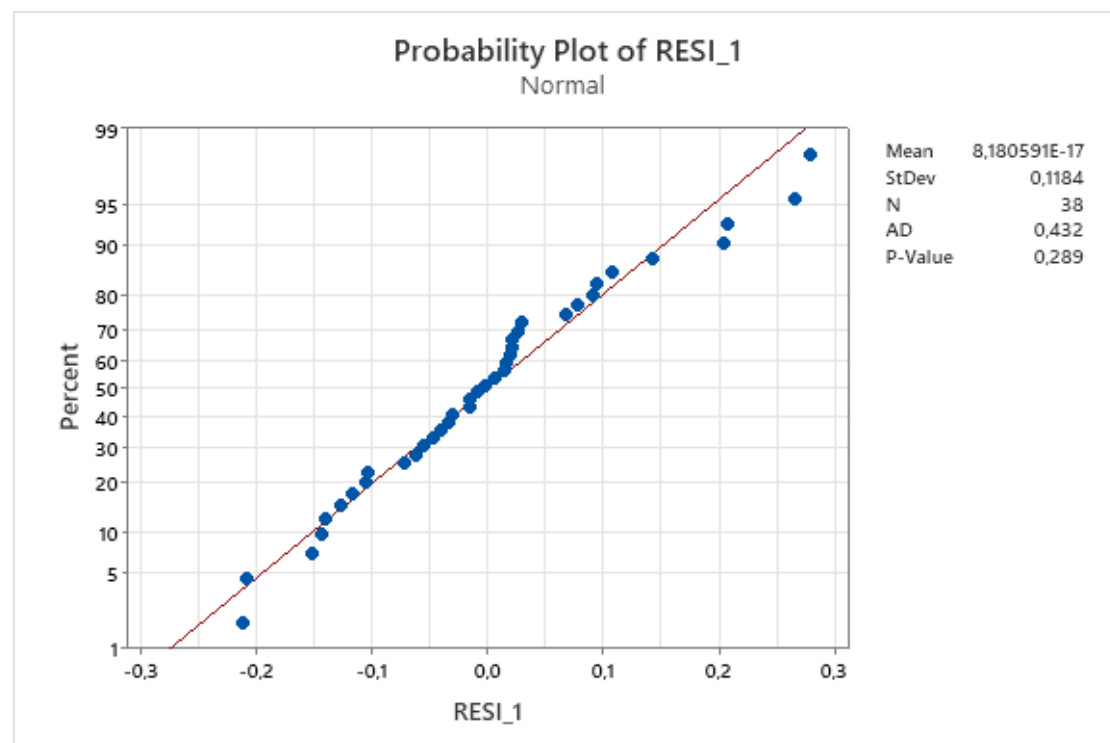


κατηγορηματική μεταβλητή «ΠΕΡΙΟΧΗ» στο μοντέλο και να εκτιμήσουμε ξεχωριστά μοντέλα ανά περιοχή αλλά καθώς έχουμε μόλις 2 περιοχές και λίγες μεμονωμένες παρατηρήσεις, δεν προσφέρει αυτή η επιλογή κάποια επιπλέον ερμηνευτική ικανότητα (με δοκιμές, βρήκαμε  $R^2 = 64.68\% < 65.55\%$ )

Στη συνέχεια, θα πρέπει να αξιολογήσουμε την αξιοπιστία αυτού του μοντέλου διενεργώντας ελέγχους κανονικότητας στα κατάλοιπα, ελέγχους αυτοσυσχέτισης και ετεροσκεδαστικότητας, ελέγχους πολυσυγγραμικότητας κ.α. Δεν θα πρέπει να εμφανίζεται κανένα τέτοιο πρόβλημα ώστε το μοντέλο τελικά να προταθεί ως ένα καλά εξειδικευμένο υπόδειγμα για προβλέψεις της μεταβλητής Average Bitter.

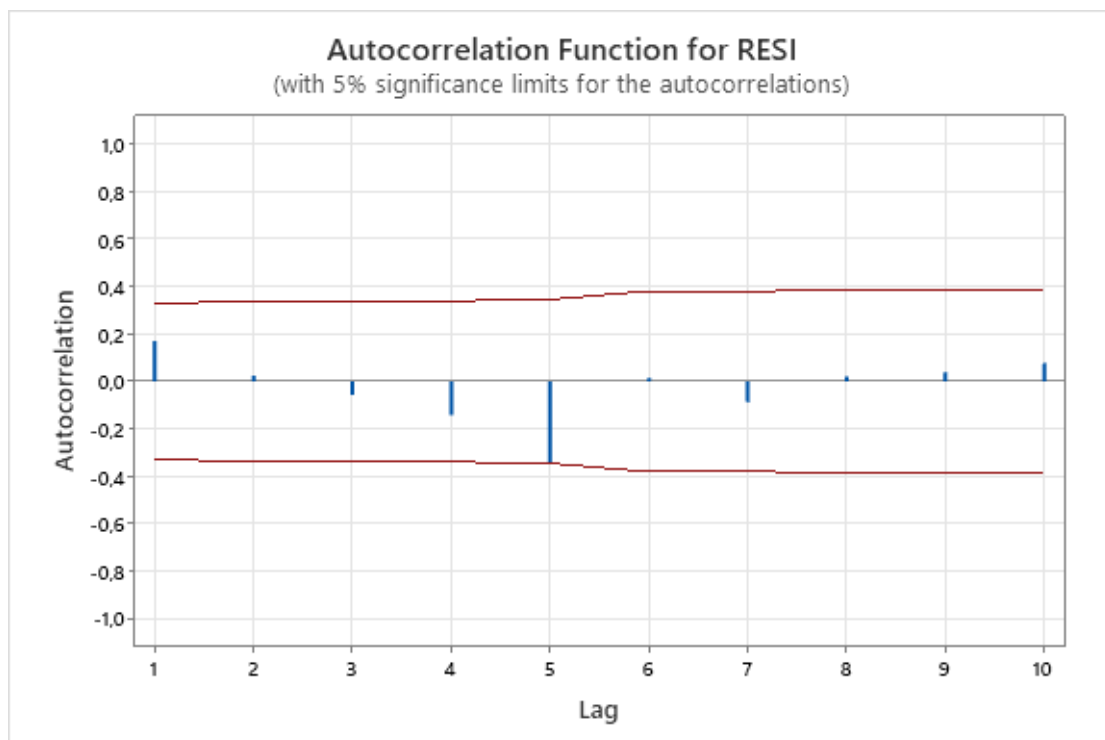
Καθώς εκτελούμε την παλινδρόμηση επί του βέλτιστου μοντέλου, μπορούμε επίσης να αποθηκεύσουμε τα κατάλοιπα (residuals) από το μενού storage (αφού είμαστε στο παράθυρο του regression) □ τσεκάρουμε το κουτί residuals. Επίσης, στο μενού results επιλέγουμε και το στατιστικό αυτοσυσχέτισης 1<sup>ου</sup> βαθμού durbin-watson.

**Γράφημα 5.** Διερεύνηση κανονικότητας στα κατάλοιπα της παλινδρόμησης



Στο γράφημα 5 παρατηρούμε ότι τα κατάλοιπα έχουν μηδενική μέση τιμή και χαμηλή μεταβλητότητα, καθώς επίσης και  $p\text{-value}=0,289$  (έλεγχος Anderson-Darling). Συνεπώς, συμπεραίνουμε ότι τα κατάλοιπα της παλινδρόμησης είναι κανονικά καταναμεμημένα ( $H_0$ ) (Pettitt, 1977).

**Γράφημα 6.** Διάγραμμα αυτοσυσχετίσεων τάξεως 10



Ως προς την αυτοσυσχέτιση 1<sup>ου</sup> βαθμού, η στατιστική durbin-watson λαμβάνει την τιμή 1.632 (βλ. πίνακα 11) η οποία είναι  $<2$  και άρα δεν υπάρχει αυτοσυσχέτιση στα



κατάλοιπα. Για μεγαλύτερου βαθμού αυτοσυσχέτιση, εφαρμόζουμε τον έλεγχο Ljung-Box (Stokes & Neuburger, 1979) και παρατηρούμε πάλι ότι δεν υπάρχει αυτοσυσχέτιση στα κατάλοιπα, από το αντίστοιχο κορελόγραμμα (γράφημα 6) (Watson, 1955).

Ως προς την ετεροσκεδαστικότητα των καταλοίπων, διεξάγουμε τον έλεγχο Breusch-Pagan (Verbon, 1980). Θα πρέπει να ξανατρέξουμε την παλινδρόμηση από πριν ώστε να αποθηκεύσουμε επίσης και τις εκτιμημένες (fitted) τιμές που είναι προαπαιτούμενο του ελέγχου. Στο παράθυρο του regression, στην επιλογή storage, επιλέγουμε και το fits. Στο worksheet του minitab, στην τελευταία στήλη θα έχουν προστεθεί τώρα και οι εκτιμημένες τιμές. Έπειτα πηγαίνουμε στο Calc □ Calculator □ στο πεδίο store result in variable βάζουμε ένα όνομα μεταβλητής, πχ  $resi^2$  και στον τύπο πληκτρολογούμε τη στήλη των καταλοίπων επί τον εαυτό της ( $resi*resi$ ). Προστίθεται στο worksheet και αυτή η στήλη. Έπειτα εκτελούμε τη βοηθητική παλινδρόμηση με εξαρτημένη μεταβλητή τα  $resi^2$  και ανεξάρτητη τα fitted values με τα μενού που εξηγήσαμε νωρίτερα. Στον παρακάτω πίνακα, κοιτάμε την τιμή p-value του ελέγχου και αφού είναι μεγαλύτερη και από  $\alpha=10\%$ , συμπεραίνουμε ότι τα κατάλοιπα είναι ομοσκεδαστικά ( $H_0$ ), δηλαδή ότι δεν υπάρχει πρόβλημα ετεροσκεδαστικότητας.

**Πίνακας 12.** Έλεγχος ετεροσκεδαστικότητας Breusch-Pagan

#### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	1	0,001029	0,001029	2,78	0,104
FITS	1	0,001029	0,001029	2,78	0,104
Error	36	0,013342	0,000371		
Total	37	0,014371			





Τέλος, για το πρόβλημα της πολυσυγγραμικότητας, δηλαδή της ύπαρξης γραμμικών σχέσεων μεταξύ των ανεξάρτητων μεταβλητών, έχουμε κάποιες μετρικές, όπως το συντελεστή διόγκωσης της διακύμανσης (VIF). Οι τιμές αυτού του δείκτη θα πρέπει να είναι κάτω από 5 ώστε σε μία μεταβλητή να μην εμφανίζεται πρόβλημα πολυσυγγραμικότητας. Στα αποτελέσματα του εκτιμημένου μοντέλου στον πίνακα 11, έχουμε ήδη υπολογίσει και αυτόν τον δείκτη, ο οποίος για όλες τις μεταβλητές είναι  $< 2$ . Άρα συμπεραίνουμε πως δεν υφίσταται πρόβλημα πολυσυγγραμικότητας.

Συμπερασματικά, με όλους τους παραπάνω ελέγχους επικυρώνουμε ότι το εκτιμημένο μοντέλο είναι ικανοποιητικό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προβλέψουμε την μεταβλητή Bitter του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου ως προς τον ΔΚ, F.F.A. και Average Spicy Value.

### 3.4. Έλεγχοι μέσων και διακυμάνσεων μεταξύ των ομάδων

#### 3.4.1 Παραμετρικοί Έλεγχοι

Αφού ολοκληρώσαμε και την εκτίμηση και προσαρμογή του οικονομετρικού μοντέλου για τα δεδομένα του δείγματός μας, σε αυτή την ενότητα διεξάγουμε ελέγχους για να βρούμε αν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου μεταξύ των 2 ομάδων/περιοχών του δείγματος (Πελοπόννησος-Κρήτη). Αρχικά θα διεξάγουμε παραμετρικούς ελέγχους, δηλαδή ελέγχους που απαιτούν οι μεταβλητές να ακολουθούν την κανονική κατανομή. Τέτοιοι έλεγχοι είναι ο έλεγχος ANOVA, t-test κ.α (που δεν εφαρμόζονται στα δικά μας δεδομένα, πχ  $\chi^2$  για κατηγορηματικές μεταβλητές). Επειδή οι έλεγχοι ANOVA και t (Witt & McGrain, 1985) υποθέτουν ότι οι διακυμάνσεις των 2 ομάδων είναι στατιστικά ίσες, θα διεξάγουμε πρώτα τον έλεγχο Levene για να αποφανθούμε σχετικά (Shine & Bower, 1971). Αρχικά, ως προαπαιτούμενο στο minitab, είναι να



φτιάξουμε την μεταβλητή factor η οποία αποτυπώνει με αριθμητικές τιμές τις 2 ομάδες. Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζεται η πληροφορία σχετικά με το αποτέλεσμα του ελέγχου Levene ως προς την ομοιογένεια των διακυμάνσεων των μεταβλητών των 2 γκρουπ. Η p-τιμή του ελέγχου είναι σε όλες τις περιπτώσεις >5% πλην της μεταβλητής F.F.A. και συνεπώς αποδεχόμαστε την μηδενική υπόθεση η οποία ορίζει πως οι διακυμάνσεις των 2 ομάδων είναι στατιστικά ίσες για τις μεταβλητές στα 2 γκρουπ, εκτός της F.F.A.

**Πίνακας 13.** Levene's Test για εύρεση διαφορών στη διακύμανση των 2 περιοχών

<b>Variables</b>	<b>p-values</b>	<b>Levene Equality of Variances</b>
<b>Average spicy value (Ms)</b>	0.073	TRUE
<b>Refractive index (butyro scale)</b>	0.953	TRUE
<b>F.F.A, (%)</b>	0.026	FALSE
<b>Peroxide value, (meq O2/kg)</b>	0.288	TRUE
<b>ΔK</b>	0.723	TRUE

Για τις 4 εκ των 5 μεταβλητών που ισχύει η μηδενική υπόθεση των διακυμάνσεων, θα εφαρμόσουμε την κανονική ANOVA ενώ για την F.F.A θα εφαρμόσουμε μία τροποποιημένη εκδοχή (Welch's ANOVA) που δεν υποθέτει ίσες διακυμάνσεις (αρκεί στα παράθυρο της μεθόδου ANOVA, να πάμε στο options και να αποεπιλέξουμε το «assume equal variances») (Levy, 1978). Επισημαίνεται ότι η ανάλυση ANOVA ενώ μπορεί να εφαρμοστεί και για 2 ομάδες, είναι ιδανικότερη σε περιπτώσεις που έχουμε πάνω από 3 ομάδες ενώ ο έλεγχος t είναι καλύτερος όταν υπάρχουν 2 ανεξάρτητες ομάδες.

Στον πίνακα 14 παραθέτουμε τα αποτελέσματα του ελέγχου F της ANOVA μέσω του οποίου ελέγχουμε τη μηδενική υπόθεση ότι οι μέσοι όροι των τιμών της μεταβλητής που μελετάμε κάθε φορά δε διαφέρουν για τις 2 περιοχές. Για τον έλεγχο ANOVA



πηγαίνουμε στο μενού Stat□ANOVA□One-Way και όπως και πριν, βάζουμε σαν Response τη μεταβλητή που μελετάμε και σαν factor την recoded μεταβλητή της περιοχής. Η Κρήτη έχει τη τιμή 1 και η Πελοπόννησος την τιμή 2.

**Πίνακας 14.** Ανάλυση ANOVA για τους μέσους των μεταβλητών των 2 περιοχών

Variables	mean value Κρήτη (N=14)	mean value Πελοπόννησος (N=24)	p- values	F-test of equality of means
Average spicy value (Ms)	3.2714	2.933	0.000	FALSE
Refractive index (butyro scale)	1.4578	1.4493	0.000	FALSE
F.F.A, (%)-- >Welch's Test	0.4386	0.4986	0.032	FALSE
Peroxide value, (meq O2/kg)	6.681	7.923	0.015	FALSE
ΔK	-0.0035	-0.0025	0.001	FALSE

Από τον πίνακα 14, συμπεραίνουμε ότι σε όλες τις μεταβλητές που ακολουθούν κανονική κατανομή και άρα εφαρμόζεται ο παραμετρικός έλεγχος ANOVA, εμφανίζονται διαφορές μεταξύ των μέσων τιμών όλων των μεταβλητών για την Πελοπόννησο και τη Κρήτη. Στα ίδια αποτελέσματα καταλήγουμε και με τον έλεγχο t. Τα p-values βγαίνουν ακριβώς τα ίδια με αυτά του F ελέγχου οπότε παραλείπεται η παράθεση τους.

Συνεπώς, για τις μεταβλητές που είναι κανονικές, συμπεραίνουμε ότι σε όλες εμφανίζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές στους μέσους όρους Πελοποννήσου-Κρήτης, με την Κρήτη να εμφανίζει καλύτερες τιμές σε όλα τα χαρακτηριστικά του εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου.



### 3.4.2. Μη Παραμετρικοί Έλεγχοι

Για τις μεταβλητές που δεν ακολουθούν την κανονική κατανομή, μπορούμε να κάνουμε χρήση των μη-παραμετρικών ελέγχων για την εύρεση διαφορών στους μέσους όρους των 2 περιοχών. Ωστόσο, επισημαίνουμε ότι σε τέτοιες περιπτώσεις ο έλεγχος γίνεται για διαφορές στις διάμεσες τιμές, οι οποίες δεν επηρεάζονται από το σχήμα της κατανομής σε σχέση με το μέσο όρο και άρα θα δώσουν πιο αξιόπιστα αποτελέσματα (στην κανονική κατανομή εξάλλου, μέσος=διακύμανση γι' αυτό και δε παίζει ρόλο). Ένας από τους πιο γνωστούς μη-παραμετρικούς ελέγχους είναι αυτός των Mann-Whitney Test και Kruskal-Wallis Test (Savage, 1957). Στο minitab αυτή οι έλεγχοι διεξάγονται εύκολα από το μενού Stat□Nonparametrics□Mann-Whitney ή Kruskal-Wallis (Kruskal, 1952). Στον πίνακα που ακολουθεί εμφανίζονται τα αποτελέσματα του ελέγχου Kruskal-Wallis. Παρατηρούμε ότι στη συγκεκριμένη περίπτωση 4 στις 5 μεταβλητές έχουν τις ίδιες διαμέσους, άρα και πιθανόν τους ίδιους μέσους αν οι κατανομές σε κάθε ομάδα είναι παρόμοιες. Μόνο η μεταβλητή Average Bitter εμφανίζει στατιστικά σημαντικές διαφορές στις διαμέσους των 2 περιοχών. Στα ίδια συμπεράσματα καταλήγουμε και με τον έλεγχο Mann-Whitney.



**Πίνακας 15.** Έλεγχος Kruskal-Wallis για εύρεση διαφορών στις διαμέσους των 2 Περιοχών

Variables	mean value Κρήτη (N=14)	mean value Πελοπόννησος (N=24)	p-values	Kruskal-Wallis of medians equality
Average fruity value (Mf)	4.45	3.200	0.307	TRUE
Average Bitter (Mb)	2	1.75	0.000	FALSE
Moisture (%) (KTΠ)	0.11	0.12	0.327	TRUE
K268	0.14	0.135	0.109	TRUE
K232	1.78	1.76	0.928	TRUE

Συμπερασματικά από όλες τις πιο πάνω αναλύσεις, το μοντέλο παλινδρόμησης που εκτιμήσαμε, χρησιμοποιεί τις μεταβλητές ΔΚ, Average spicy value και F.F.A. για τις οποίες βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων όρων για κάθε περιοχή. Επομένως, θα ήταν τελικά ίσως σκόπιμο, όπως αναφέραμε στη προηγούμενη ενότητα, να έχουμε και 2 χωριστά μοντέλα παλινδρόμησης ανά περιοχή, η πολύ απλά να εισάγουμε και μία δυαδική μεταβλητή για την περιοχή (όπως κάναμε στην ενότητα 3) ως το τελικό βέλτιστο μοντέλο.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

### 4 Συμπεράσματα- Προτάσεις για βελτίωση

Με την ολοκλήρωση της εργασίας καταλήγουμε σε μια σειρά από συμπεράσματα ως προς τους παράγοντες που επηρεάζουν τα ποιοτικά μας χαρακτηριστικά και κατ’



επέκταση τα στατιστικά μας αποτελέσματα από την ανάλυση των δειγμάτων μας σε πιστοποιημένα εργαστήρια.

#### 4.1 Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα εξής: Η παράμετρος ποικιλία και ειδικότερα το γεωγραφικό διαμέρισμα που βρίσκονται οι ελαιώνες έχουν ως αποτέλεσμα τα στατιστικά μας μοντέλα να βρίσκονται εντός ορίων προδιαγραφών για να κατηγοριοποιήσουν το ελαιόλαδο μας ως εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι από την αρχή της συγκομιδής μέχρι και την ανάλυση στα πιστοποιημένα εργαστήρια, με τα διακριβωμένα όργανα που διεξήχθησαν οι δοκιμές μας, τηρούνται τα κριτήρια που θέτει ο εκτελεστικός κανονισμός μας (ΕΕ) της επιτροπής της 27<sup>ης</sup> Σεπτεμβρίου του 2019. Παρατηρούμε ότι η αλληλεπίδραση των ποιοτικών μας χαρακτηριστικών δεν αποκλίνει από τις μέσες τιμές οι οποίες είναι και οι τιμές που προσδιορίζουν το ελαιόλαδο ως έξτρα παρθένο. Μερικές αποκλίσεις είδαμε στα διαγράμματα EWMA, όχι κάτι το ιδιαίτερο, ίσως χρήζει μεγαλύτερης προσοχής η δειγματοληψία στα οργανοληπτικά μας χαρακτηριστικά στα οποία είδαμε παραπάνω παρατηρήσεις με μεγαλύτερη μεταβλητότητα. Αυτό ίσως και να είναι και θέμα προτίμησης όπως είδαμε και στο κεφάλαιο 3, στον Πίνακα 5 στην περιγραφική στατιστική που είχαμε τιμές εκτός ορίων για την μεταβλητή Average Bitter.

Για επίπεδα σημαντικότητας  $\alpha=1\%$  είδαμε στον έλεγχο κανονικότητας για το test Anderson -Darling ότι αποδεχόμαστε τη κανονική κατανομή για 5 μεταβλητές από τις 10 συνολικά. Επίσης παρατηρούμε στην ανάλυση παλινδρόμησης ότι η τιμή του R-SQ με εξαρτημένη μεταβλητή την F.F.A και όλες τις υπόλοιπες ανεξάρτητες είναι στο 54,86% με την οποία συμπεραίνουμε ότι με την προσαρμογή του προτύπου έχει ερμηνευτεί το 54,86% της ολικής μεταβλητότητας των δεδομένων  $y_i$  (γύρω από το μέσο  $y$ ). Ωστόσο το μοντέλο που έχει ως εξαρτημένη μεταβλητή την Bitter πετυχαίνει τιμή R-SQ 65,55% και συνεπώς επιλέγεται ως το βέλτιστο μοντέλο.



Σε γενικές γραμμές, τα δείγματα μας πληρούν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά ενός εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου αποδεικνύοντας, σύμφωνα με την διεθνή και ελληνική βιβλιογραφία, οι δύο περιοχές είναι ευρέως γνωστές για την ποικιλία ελαιόλαδου και εκτός του ότι πληρούν όλες τις προδιαγραφές που θέτει ο Εκτελεστικός Κανονισμός 2019/1604, τηρούν όλους του μηχανισμούς της παραγωγικής διαδικασίας για την εξαγωγή ενός ποιοτικού προϊόντος.

Επιπλέον Συμπεράσματα:

- **Επιρροή Περιβαλλοντικών Παραγόντων:** Η ανάλυση έδειξε ότι οι περιβαλλοντικοί παράγοντες, όπως το κλίμα και το έδαφος, παίζουν σημαντικό ρόλο στην ποιότητα του ελαιόλαδου. Παρά τις μικρές διαφοροποιήσεις, η ποιότητα παρέμεινε υψηλή και στις δύο περιοχές.
- **Τεχνολογικές Μέθοδοι Παραγωγής:** Οι σύγχρονες τεχνολογικές μέθοδοι παραγωγής και επεξεργασίας του ελαιόλαδου στις περιοχές της Πελοποννήσου και της Κρήτης φαίνεται να συμβάλλουν στην υψηλή ποιότητα των τελικών προϊόντων.
- **Οικονομικές και Κοινωνικές Επιπτώσεις:** Η διατήρηση και βελτίωση της ποιότητας του ελαιόλαδου μπορεί να έχει σημαντικές θετικές επιπτώσεις στην τοπική οικονομία και στις κοινότητες των παραγωγών. Η υψηλή ποιότητα μπορεί να οδηγήσει σε καλύτερες τιμές και αυξημένη ζήτηση στις διεθνείς αγορές.

## 4.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Η παρούσα έρευνα επικεντρώθηκε στην μελέτη συγκεκριμένων ποιοτικών χαρακτηριστικών ελαιόλαδου και συγκεκριμένα από Κρήτη και Πελοπόννησο με ελαιώνες που είχαν ευνοϊκή γεωγραφική θέση. Για το λόγο αυτό με βάση την ανάλυση



των εργαστηρίων καθώς και την στατιστική μας ανάλυση προτείνεται περαιτέρω έρευνα με σκοπό τη συνεχή βελτίωση της ποιότητας μας.

Οι προτάσεις βελτίωσης θα μπορούσαν να είναι οι εξής:

- ◆ **Επέκταση Δειγματοληψίας:** Προτείνεται η συλλογή περισσότερων δειγμάτων από διαφορετικές περιοχές της Ελλάδας για μια πιο ολοκληρωμένη ανάλυση της ποιότητας του ελαιόλαδου σε εθνικό επίπεδο. Αυτό θα βοηθήσει στην κατανόηση των παραγόντων που επηρεάζουν την ποιότητα του ελαιόλαδου σε διαφορετικά γεωγραφικά σημεία.
- ◆ **Μακροχρόνια Μελέτη:** Διεξαγωγή μακροχρόνιων μελετών για την παρακολούθηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του ελαιόλαδου σε διάφορες χρονικές περιόδους. Αυτό θα βοηθήσει στην κατανόηση των μεταβολών στην ποιότητα λόγω κλιματικών αλλαγών ή αλλαγών στις καλλιεργητικές πρακτικές.
- ◆ **Εμβάθυνση στην Χημική Ανάλυση:** Προτείνεται η χρήση πιο εξειδικευμένων χημικών αναλύσεων για την ανίχνευση μικροθρεπτικών συστατικών και άλλων σημαντικών ενώσεων στο ελαιόλαδο. Αυτό θα βοηθήσει στην καλύτερη κατανόηση της θρεπτικής αξίας και των ωφελειών του ελαιόλαδου.
- ◆ **Καινοτομίες στην Καλλιέργεια και Επεξεργασία:** Διερεύνηση νέων τεχνολογιών και καλλιεργητικών πρακτικών που μπορούν να βελτιώσουν περαιτέρω την ποιότητα του ελαιόλαδου. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει την εισαγωγή βιολογικών μεθόδων καλλιέργειας ή την εφαρμογή καινοτόμων τεχνικών επεξεργασίας.
- ◆ **Εκπαίδευση και Κατάρτιση Παραγωγών:** Προτείνεται η εκπαίδευση και κατάρτιση των παραγωγών ελαιόλαδου σε βέλτιστες πρακτικές καλλιέργειας και επεξεργασίας. Αυτό θα συμβάλει στη διατήρηση και βελτίωση της ποιότητας του ελαιόλαδου σε όλες τις περιοχές παραγωγής.
- ◆ Περαιτέρω διερεύνηση παραγόντων που επηρεάζουν την παραγωγική διαδικασία του ελαιόλαδου.





- ◆ Εφαρμογή στατιστικών ελέγχων διεργασίας και για άλλους παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα ελαιόκαρπου άρα και του ελαιόλαδου, όπως είναι οι παθογόνοι μικροοργανισμοί ή γειτνίαση φυτοφαρμάκων από κτηνοτροφικές ή άλλες αγροτικές μονάδες .
- ◆ Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και μελλοντικές προβλέψεις για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του ελαιόλαδου, ίσως προκύψουν νέες γεωγραφικές μετατοπίσεις που θα πάρουν την αριστεία στην ποιότητα ελαιόλαδου.
- ◆ Και τέλος θα πρέπει να υπάρξει περιβαλλοντική ενσυνείδησή με εφαρμογή περιβαλλοντικής πολιτικής για να επιτευχθούν οι περιβαλλοντικοί σκοποί προς όφελος του πρωτογενούς τομέα και ειδικότερα του ελαιόλαδου. Που τα οφέλη του δεν το κατηγοριοποιούν ως ένα απλό τρόφιμο αλλά ως ένα φάρμακο.

## Βιβλιογραφικές Αναφορές

Abbadi, J., Afaneh, I., Ayyad, Z., Al-Rimawi, F., Sultan, W., & Kanaan, K. (2014). Evaluation of the effect of packaging materials and storage temperatures on quality degradation of extra virgin olive oil from olives grown in Palestine. *American Journal of Food Science and Technology Science and Education Publishing* (2), 162-174. [https://www.researchgate.net/publication/267620545\\_Evaluation\\_of\\_the\\_Effect\\_of\\_Packaging\\_Materials\\_and\\_Storage\\_Temperatures\\_on\\_Quality\\_Degradation\\_of\\_Extra\\_Virgin\\_Olive\\_Oil\\_from\\_Olives\\_Grown\\_in\\_Palestine](https://www.researchgate.net/publication/267620545_Evaluation_of_the_Effect_of_Packaging_Materials_and_Storage_Temperatures_on_Quality_Degradation_of_Extra_Virgin_Olive_Oil_from_Olives_Grown_in_Palestine)

Aroca- Santos, R., Lastra-Mejias, M., Cancilla, J.C., & Torrecilla, J.S., (2018). Intelligent modelling to monitor the evolution of quality of extra virgin olive



oil in simulated distribution conditions. *Biosystems Engineering*, 172, 49-56.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1537511018303325>

Balesteros, M., Tavares, M., Ribeiro, S., Polachini, F., Messaddeq, Y., & Leal De Oliveira, M.A. (2007). Determination of olive oil acidity by CE. *Electrophoresis*, 28(20), 3731-6.  
[https://www.researchgate.net/publication/5904699\\_Determination\\_of\\_olive\\_oil\\_acidity\\_by\\_CE](https://www.researchgate.net/publication/5904699_Determination_of_olive_oil_acidity_by_CE)

Dag, A., Tietel, Z., & Zipori, I. (2023). Factors Affecting Olive Oil Quality in Traditional Olive Orchards in the Middle East. *Preprint Article*.  
<https://doi.org/10.20944/preprints202312.0182.v1>

Esposito, S., Taticchi, A., Urbani, S., Selvaggini, R., Veneziani, G., Di Maio, I., Sordini, B., & Servili M. (2017). Effect of light exposure on the quality of extra virgin olive oil according to their chemical composition. *Food Chem*, 229, 726-733.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814617303448>

European Union (2019). *Εκτελεστικός κανονισμός (ΕΕ) 2019/1604 της Επιτροπής, της 27<sup>ης</sup> Σεπτεμβρίου 2019, για την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΟΚ) αριθ. 2568/91 σχετικά με τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών των ελαιολάδων και των πυρηνελαίων καθώς και με τις μεθόδους προσδιορισμού*.  
[https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L\\_.2019.250.01.0014.01.ELL&toc=OJ%3AL%3A2019%3A250%3ATOC](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2019.250.01.0014.01.ELL&toc=OJ%3AL%3A2019%3A250%3ATOC)

---

Παπαβαγγέλης Άγγελος

“Ποιότητα ελαιόλαδου με χρήση στατιστικών εργαλείων”

Σελίδα | 94



Favati, F., Condelli, N., Galgano, F., & Caruso, M.C. (2013). Extra virgin olive oil bitterness evaluation by sensory and chemical analyses. *Food Chemistry*, 139(1-4), 949-954. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.01.098>

Fedeli, E., & Jacini, G. (1971). Lipid composition of vegetable oils. *Advances in Lipid Research*, 9, 335-382. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-024909-1.50014-4>

Fernandes, G., Elis, A. C., Gambaro, A., & Barrera-Arellano, D. (2018). Sensory evaluation of high-quality virgin olive oil: panel analysis versus consumer perception. *Current Opinion in Food Science*, 21, 66-71. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.06.001>

Gandul-Rojas, B., Cepero, M.R.L., & Minguez-Mosquera, M.I. (2000). Use of chlorophyll and carotenoid pigment composition to determine authenticity of virgin olive oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 77, 853-858. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11746-000-0136-z>

Gandul-Rojas, B., Roca, M., & Gallardo-Guerrero, L., (2016). Chlorophylls and carotenoids in food products from olive tree. In D. Boskou, & M. L. Clodoveo (Eds.), *Products From Olive Tree* (pp. 67-97). InTech.

Iqdiam, B.M., Welt, B.A., Goodrich-Schneider, R., Sims, C.A., Baker IV, G.L., & Marshall, M.R. (2020). Influence of headspace oxygen on quality and shelf life of extra virgin olive oil during storage. *Food packaging and Shelf life*, 23. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214289418305350>



Kontominas, M.G. (2017). Olive oil packaging: Recent developments. In F. Shahidi, & A. Kiritsakis (Eds.), *Olives and Olive Oil as Functional Foods: Bioactivity, Chemistry and Processing*. John Wiley & Sons.  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781119135340.ch14>

Kruskal, W.H. (1952). A Nonparametric test for the Several Sample Problem. *The Annals of Mathematical Statistics*, 23(4), 525-540.  
<https://www.jstor.org/stable/2236578>

Kottaridi, K., Milionis, A., Demopoulos, V., Rigakou, A., & Nikolaidis V. (2023). A regression analysis method for the prediction of olive oil sensory attributes. *Journal of Agriculture and Food Research*, 12, 100555.  
<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100555>

Lazzerini, C., Cifelli, M., & Domenici, V. (2016). Pigments in Extra-Virgin Olive Oil: Authenticity and Quality. In D. Boskou, & M. L. Clodoveo (Eds.), *Products From Olive Tree* (pp. 95-114). InTech.

Lercker, G., Frega, N., Bocci, F., & Servidio, G. (1994). “Veiled” Extra-Virgin Olive Oils: Dispersion Response Related to Oil Quality. *Journal of the American Oil Chemists’ Society*, 71, 657-658.

Levy, K. (1978). An empirical comparison of the ANOVA F-test with alternatives which are more robust against heterogeneity of variance. *Journal of Statistical Computation and Simulation*, 8(1), 49-57.  
<https://doi.org/10.1080/00949657808810247>

Mallamace, D., Longo, S., & Corsaro, C. (2018). Proton NMR study of extra Virgin Olive Oil with temperature: Freezing and melting kinetics. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 499, 20-27.



<https://www.sciencedirect.com/journal/physica-a-statistical-mechanics-and-its-applications/vol/499/suppl/C>

Manoukas A.G., Hassapidou M.N. (2001). Chemical Content and Biological Value of olive fruit with emphasis on tocopherols. *Biologica Gallo Hellenica*, 27, 47-62.

Pettitt, A. (1977). Testing the Normality of Several Independent Samples Using the Anderson-Darling Statistic. *Journal of the Royal Statistical Society Series C: Applied Statistics*, 26(2), 156-161.

<https://www.jstor.org/stable/2347023>

Pristouri, G., Badeka, A., & Kontominas, M.G. (2010). Effect of packaging material headspace, oxygen and light transmission temperature and storage time on quality characteristics of extra virgin olive oil. *Food control*, 21(4), 412-418.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956713509001959>

Reboredo-Rodriguez, P., Gonzalez-Barreiro, B., Cancho-Grande, C., & Simal-Gandara, J. (2014). Quality of extra virgin olive oils produced in an emerging olive growing area in north-western Spain. *Food Chemistry*, 164(1), 418-426.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.043>

Reboredo-Rodríguez, P., Varela-López, A., Forbes-Hernández, T.Y., Gasparrini, M., Afrin, S., Cinciosi, D., Zhang, J., Manna, P.P., Bompadre, S., Quiles, J.L., Battino, M., & Giampieri, F. (2018). Phenolic compounds isolated from olive oil as nutraceutical tools for the prevention and management of cancer and cardiovascular diseases. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(8), 37-48. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30082650/>



Roca, M., Gandul -Rojas, B., Gallardo-Guerrero, L., & Minguez- Mosquera, M.I. (2003). Pigment parameters determining Spanish virgin olive oil authenticity: Stability during storages. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 80(12), 1237-1240.

[https://www.researchgate.net/publication/226119396\\_Pigment\\_Parameters\\_Determining\\_Spanish\\_Virgin\\_Olive\\_Oil\\_Authenticity\\_Stability\\_during\\_Storage](https://www.researchgate.net/publication/226119396_Pigment_Parameters_Determining_Spanish_Virgin_Olive_Oil_Authenticity_Stability_during_Storage)

Rotich, V., Al Riza, D.F., Giametta, F., Suzuki, T., Ogawa, Y., & Kondo, N. (2020). Thermal oxidation assessment of Italian extra virgin olive oil using an Ultra Violent (UV) induced fluorescence imaging system. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 237, 1386-1425.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1386142520303516>

Savage, R.I. (1957). Nonparametric Statistics. *Journal of the American Statistical Association*, 52(279), 331-344. <https://doi.org/10.2307/2280903>

Shine, L., & Bower S.M. (1971). A One-Way Analysis of Variance for Single-Subject Designs. *Educational and Psychological Measurement*, 31(1), 105-115. <https://psycnet.apa.org/record/1971-29943-001>

Stokes, H., & Neuburger, H. (1979). The Effect of Monetary Changes on Interest Rates: Box-Jenkins Approach. *The Review of Economics and Statistics*, 61(4), 534-548. <https://www.jstor.org/stable/1935785>

Tsimidou, M., Georgiou, A., Koidis, A., & Boskou D. (2005). Loss of stability of “veiled”(cloudy) virgin olive oils in storage. *Food Chemistry*, 93(3), 377-383. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.09.033>

Verbon, H.A.A. (1980). Testing for Heteroscedasticity in a model of seemingly unrelated regression equations with variance components (SUREVC).



*Economics Letters*, 5(2), 149-153.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0165176580900907>

Watson, G. (1955). Serial Correlation in Regression Analysis. I. *Biometrika*, 42(3/4), 327-341. <https://www.jstor.org/stable/2333382>

Witt, P.L., & McGrain, P. (1985). Comparing Two Sample Means t tests. *Physical Therapy*, 65(11), 1730-1733.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/4059334/>

Zanoni, B., Bertuccioli, M., Rovellini, P., Marotta, F., & Alissa, M. (2005). A preliminary approach to predictive modelling of extra virgin olive oil stability. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 85(9), 1492-1498.

[https://www.researchgate.net/publication/227533014\\_A\\_preliminary\\_approach\\_to\\_predictive\\_modelling\\_of\\_extra\\_virgin\\_olive\\_oil\\_stability](https://www.researchgate.net/publication/227533014_A_preliminary_approach_to_predictive_modelling_of_extra_virgin_olive_oil_stability)

Αλυσζιάκης, Μ. (1982). *Επεξεργασία και Κονσερβοποίηση της επιτραπέζιας ελιάς*. Εκδόσεις Ν. Μαυρομάτης & ΣΙΑ ΕΠΕ.

Γεωργακάκος, Σ. Γ. (2002). *Στατιστικός Έλεγχος Διεργασίας*. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Κουτροβέλης, Ι. (2000). *Πιθανότητες και Στατιστική ΙΙ*. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Κυριτσάκης, Α. (2007). *Ελαιόλαδο*. Ιδιωτική Έκδοση.



Τζήκα, Ε. (2008). Οξειδωτικά ένζυμα ελιάς και ελαιόλαδου: αλληλεπίδραση με αντιοξειδωτικά. [Διδακτορική διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών]. Εθνικό Αρχείο Διδακτορικών Διατριβών. <https://www.didaktorika.gr/eadd/handle/10442/20640>

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 η ολικής αντιγραφής , οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται σε βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.

---

Παπαβαγγέλης Άγγελος

“Ποιότητα ελαιόλαδου με χρήση στατιστικών εργαλείων”

Σελίδα | 100

