

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ

**ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΓΕΝΟΤΥΠΩΝ
ΣΙΚΑΛΗΣ (*Secale cereale* L.)**

Νιτσάϊ Ναούμ

Φλώρινα, 2023

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΓΕΝΟΤΥΠΩΝ
ΣΙΚΑΛΗΣ (*Secale cereale* L.)**

Του φοιτητή:

Νιτσάϊ Ναούμ

Επιβλέπων καθηγητής:

Φωκίων Παπαθανασίου

Φλώρινα, 2023

Δήλωση περί μη λογοκλοπής

Δηλώνω ότι είμαι ο/η συγγραφέας της παρούσας εργασίας με τίτλο «**Ποιοτικά χαρακτηριστικά διαφορετικών γενοτύπων σίκαλης (*Secale cereale* L.)**» που συντάχθηκε στα πλαίσια της διατριβής μου και παραδόθηκε το μήνα Μάρτιο του 2023. Η αναφερόμενη εργασία δεν αποτελεί αντιγραφή ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν αναφέρονται σαφώς στη βιβλιογραφία και στο κείμενο ενώ κάθε εξωτερική βοήθεια, αν υπήρξε, αναγνωρίζεται ρητά.

Όνομα (κεφαλαία)

ΑΜ

Υπογραφή:

ΝΙΤΣΑΪ ΝΑΟΥΜ

FG31724

.....

Ημερομηνία:

31/03/23

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που συνέβαλαν στην διεκπεραίωση της. Θα ήθελα να ευχαριστήσω βαθιά τον υπεύθυνο καθηγητή Δρ. Φωκίων Παπαθανασίου που μου προσέφερε το θέμα της συγκεκριμένης πτυχιακής καθώς και για την καθοδήγηση και τις γνώσεις που μου προσέφερε καθ' όλη την διάρκεια της συγγραφής, ενώ μου έδωσε την δυνατότητα τα αποτελέσματα των πειραμάτων της πτυχιακής να συμπεριληφθούν σε διδακτορική διατριβή. Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω βαθιά την Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Δρ. Ελένη Κασαπίδου και το μέλος Ε.Δ.Ι.Π. Τμήματος Γεωπονίας κ. Βασίλειο Παπαδόπουλο που μου παραχώρησαν τα εργαστήρια της κατεύθυνσης Ποιοτικού Ελέγχου Αγροτικών Προϊόντων του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας (Εργαστήριο Χημείας, Εργαστήριο Ποιότητας, Ερευνητικό Εργαστήριο) για την διεξαγωγή των πειραμάτων, καθώς και για την συνεχή βοήθεια και τις γνώσεις που μου μετέφεραν καθ' όλη την διάρκεια του πειραματικού σκέλους της πτυχιακής. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον υποψήφιο διδάκτορα Ιωσήφ Σιστάνη για τις γνώσεις που μου μετέφερε για την συγγραφή της πτυχιακής. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Θεόδωρο Παρίση, Ε.Τ.Ε.Π. του Τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας για την βοήθεια του στο εργαστήριο Γεωργικής Χημείας και την παραχώρηση του μηχανήματος άλεσης για την δημιουργία αλεύρου από τους σπόρους σίκαλης.

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως σκοπό να παρουσιάσει τα αποτελέσματα από την αξιολόγηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών επτά διαφορετικών γενοτύπων σίκαλης (*Secale cereale* L.). Το φυτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε για την καλλιέργεια αποτελούνταν από 6 διαφορετικούς πληθυσμούς σίκαλης Βεύης, που συλλέχθηκαν από διαφορετικούς παραγωγούς κυρίως από την Δυτική Μακεδονία (Παπατόλης, Παπαρούσης, Τσαρτσιταλίδης, Κιζιρίδης, Τανός, Γκατζόπουλος,) καθώς και από μια εισαγόμενη εμπορική ποικιλία (Ducato) που καλλιεργήθηκαν σε πλήρες τυχαιοποιημένο σχέδιο με τέσσερις επαναλήψεις στον πειραματικό αγρό του Τμήματος Γεωπονίας της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας κατά την καλλιεργητική περίοδο 2020-2021. Το θεωρητικό-βιβλιογραφικό μέρος της πτυχιακής αποτελείται από διάφορες πληροφορίες και στατιστικά στοιχεία για τη σίκαλη καθώς και για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της. Στο πειραματικό μέρος αρχικά περιγράφεται η διαδικασία καλλιέργειας και συλλογής των δειγμάτων σίκαλης ενώ ύστερα ακολουθούν οι αναλύσεις των ποιοτικών και φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του αλεύρου σίκαλης. Στις αναλύσεις του πειραματικού μέρους της συγκεκριμένης εργασίας προσδιορίστηκαν με αναλυτικές χημικές μεθόδους το ποσοστό υγρασίας, το ποσοστό της τέφρας, το ποσοστό πρωτεϊνών, το ποσοστό υγρής και ξηρής γλουτένης, το ποσοστό λίπους και υδατανθράκων, η τιμή του pH, το ποσοστό οξύτητας, η ενεργότητα νερού, η ικανότητα συγκράτησης νερού, η δοκιμή καθίζησης (Zeleny test), η αρτοποιητική ικανότητα και τέλος το χρώμα. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων έδειξαν ότι υπήρξε χαμηλή περιεκτικότητα υγρασίας στους 7 γενοτύπους καθώς και αυξημένη περιεκτικότητα υδατανθράκων. Επίσης οι τιμές της οξύτητας κυμαίνονταν στο όριο των επιτρεπτών τιμών με κάποιους γενοτύπους να ξεπερνούν αυτές τις τιμές ενώ η αρτοποιητική ικανότητα ήταν πολύ χαμηλή. Τέλος, η ικανότητα συγκράτησης του νερού ήταν και αυτή υψηλή ενώ τα υπόλοιπα ποιοτικά και φυσικοχημικά χαρακτηριστικά που αναλύθηκαν ήταν σε επιτρεπτές τιμές. Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές στο χρώμα C με τον γενότυπο Παπατόλης να διαφέρει από τους άλλους γενοτύπους. Τέλος, η στατιστική ανάλυση της απόδοσης σε σπόρο έδειξε πως η εμπορική ποικιλία Ducato είχε σημαντικά υψηλότερη απόδοση σε σύγκριση με τους υπόλοιπους πληθυσμούς.

Λέξεις-Κλειδιά: *Secale cereale* L., πληθυσμοί σίκαλης Βεύης, ποιοτικά χαρακτηριστικά.

Abstract

The subject of this thesis is to showcase the results of the qualitative control of the evaluation of seven types of rye (*Secale cereale* L.) genotypes. The substance used for the cultivation, was a combination of six domestic rye households Vevis, that were collected from different producers specifically from the region of Western Macedonia (Papatolis, Paparousis, Tsartsitalidis, Kiziridis, Tanos, and Gatzopoulos), along with an imported commercial variety (Ducato) that were cultivated in an entire randomized plan with four repetitions at the experimental field of the Department of Agriculture, of the Faculty of Agricultural Sciences, of the University of Western Macedonia during the growing season 2020-2021. The theoretical-bibliographic part of the thesis presents an assortment of general and statistical information along with the qualitative characteristics of the rye. The initial part of the experiment expresses the procedure of cultivation and assemblage of the samples, followed by the laboratory analysis of the qualitative and physicochemical characteristics of the rye flour. Throughout the experimental section, a range of chemical procedures was conducted to analyze and identify the percentage of humidity, ash, protein, wet and dry gluten, fat and carbohydrates, the pH, the acidity level, the water activity, the water retention ability, the sedimentation test (Zeleny test), the bakery ability and the color. The experiments on the seven genotypes, resulted in low moisture and baking ability, increased carbohydrate content, and acidity levels around the threshold with some genotypes exceeding these values. Lastly, the water retention level was high with remaining characteristics fluctuated below the threshold. The statistical analysis of the results showed statistically significant differences in color C characteristic of the Papatolis variety differing from the other genotypes. Finally, the statistical analysis of the seeds overall performance concluded that the Ducato population, performed significantly higher than the other populations.

Keywords: *Secale cereale* L., rye Vevis population, qualitative characteristics.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	v
Abstract.....	vii
Πρόλογος.....	xi
ΜΕΡΟΣ 1ο – ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο	1
1.1 Γενικά στοιχεία	1
1.2 Προέλευση του φυτού.....	2
1.3 Βοτανική περιγραφή.....	2
1.4 Εξάπλωση καλλιέργειας.....	4
1.5 Παγκόσμια και εγχώρια παραγωγή σίκαλης.....	5
1.5.1 Παγκόσμια παραγωγή	5
1.5.2 Εγχώρια παραγωγή.....	8
1.6 Οικονομική σημασία.....	14
1.7 Οικολογικές απαιτήσεις	15
1.8 Έδαφος.....	15
1.9 Κλίμα-Θερμοκρασία.....	15
1.10 Απαιτήσεις σε νερό	16
1.11 Καλλιεργητικές εργασίες.....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο	18
2.1 Χημική σύσταση – Ποιοτικά και φυσικοχημικά χαρακτηριστικά.....	18
2.2.1 Υγρασία.....	19
2.2.2 Τέφρα	19
2.2.3 Πρωτεΐνες	20
2.2.4 Υγρή και ξηρή γλουτένη.....	20
2.2.5 Λίπος	21
2.2.6 Υδατάνθρακες	21
2.2.7 Τιμή pH.....	22
2.2.8 Οξύτητα	22
2.2.9 Ενεργότητα νερού	23
2.2.10 Ικανότητα συγκράτησης νερού.....	23
2.2.11 Δοκιμή καθίζησης (Zeleny test).....	24
2.2.12 Αρτοποιητική ικανότητα.....	24

2.2.13 Χρώμα	24
2.2 Προσυλλεκτικοί και μετασυλλεκτικοί παράγοντες που επηρεάζουν το αλεύρι σίκαλης.....	25
2.2.1 Εχθροί και ασθένειες	25
2.2.2 Εργοτίαση <i>Claviceps purpurea</i> (Fr.) Tul.	26
ΜΕΡΟΣ 2° - ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3° – ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	28
3.1 Σκοπός Πειραματισμού	28
3.1.1 Υλικά, Μέθοδοι Σποράς, Γενετικό Υλικό και Επαναλήψεις	28
3.2 Προσδιορισμός ποιοτικών και φυσικοχημικών χαρακτηριστικών αλεύρου σίκαλης με αναλυτικές χημικές μεθόδους.....	33
3.2.1 Προετοιμασία δειγμάτων και άλεση	33
3.2.2 Προσδιορισμός ποσοστού υγρασίας	34
3.2.3 Προσδιορισμός τέφρας	35
3.2.4 Προσδιορισμός ποσοστού πρωτεϊνών με την μέθοδο Kjeldahl	37
3.2.5 Προσδιορισμός υγρής και ξηρής γλουτένης	42
3.2.6 Προσδιορισμός ποσοστού λίπους κατά Soxhlet	43
3.2.7 Προσδιορισμός ποσοστού υδατανθράκων	46
3.2.8 Προσδιορισμός τιμή pH	47
3.2.9 Προσδιορισμός ποσοστού οξύτητας.....	49
3.2.10 Προσδιορισμός ενεργότητας νερού	51
3.2.11 Προσδιορισμός ικανότητας συγκράτησης νερού	52
3.2.12 Προσδιορισμός δοκιμή καθίζησης (Zeleny test)	54
3.2.13 Προσδιορισμός αρτοποιητικής ικανότητας.....	55
3.2.14 Προσδιορισμός χρώματος	57
3.3 Στατιστική επεξεργασία αποτελεσμάτων	59
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4° – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ,ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	60
4.1 Στατιστική ανάλυση αποτελεσμάτων	60
4.2 Αποτελέσματα πειραμάτων για τον προσδιορισμό ποιοτικών και φυσικοχημικών χαρακτηριστικών αλεύρου σίκαλης.	71
4.3 Αξιολόγηση αποτελεσμάτων	82
4.3.1 Υγρασία.....	82
4.3.2 Τέφρα	83
4.3.3 Πρωτεΐνες	83

4.3.4 Υγρή και ξηρή γλουτένη.....	83
4.3.5 Λίπος	84
4.3.6 Υδατάνθρακες	84
4.3.7 pH	85
4.3.8 Οξύτητα	85
4.3.9 Ενεργότητα νερού (aw).....	85
4.3.10 Ικανότητα συγκράτησης νερού (WHC)	86
4.3.11 Δοκιμή καθίζησης (Zeleny test).....	86
4.3.12 Αρτοποιητική Ικανότητα	87
4.3.13 Χρώμα.....	87
4.4 Συμπεράσματα	88
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	90
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	94
Α. Ελληνική Βιβλιογραφία.....	94
Β. Αγγλική Βιβλιογραφία	94
Γ. Ιστοσελίδες.....	94

Πρόλογος

Η συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε με στόχο την αξιολόγηση των ποιοτικών και φυσικοχημικών χαρακτηριστικών διαφορετικών γενοτύπων σίκαλης (*Secale cereale* L.) που αναπτύχθηκαν στον πειραματικό αγρό του Τμήματος Γεωπονίας της Σχολής Γεωπονικών επιστημών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας κατά την περίοδο 2020-2021.

Στα παρακάτω κεφάλαια γίνεται αναφορά σε γενικά στοιχεία της σίκαλης, τη προέλευση και εξάπλωση του φυτού, καθώς και στη βοτανική περιγραφή του φυτού σίκαλης. Παρακάτω παρουσιάζονται και αναλύονται διάφορα στατιστικά στοιχεία του φυτού σίκαλης όσον αφορά την παραγωγή σίκαλης σε τόνους παγκόσμια, στην Ευρωπαϊκή Ένωση καθώς και εγχώρια αλλά και οι εκτάσεις γης που καλλιεργούνται για παραγωγή σίκαλης παγκόσμια και εγχώρια. Ακολουθούν σημαντικές πληροφορίες όσον αφορά την οικονομική σημασία της σίκαλης αλλά και διάφορες απαιτήσεις του φυτού όπως οι οικολογικές απαιτήσεις, το έδαφος, το κλίμα, οι απαιτήσεις σε νερό και οι καλλιεργητικές εργασίες. Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται μια ανάλυση της χημικής σύστασης της σίκαλης καθώς και των ποιοτικών και φυσικοχημικών χαρακτηριστικών που θα αναλυθούν στο πειραματικό μέρος ενώ στην συνέχεια αναφέρονται οι προσυλλεκτικοί και μετασυλλεκτικοί παράγοντες που επηρεάζουν το αλεύρι της σίκαλης. Στο αμέσως επόμενο κεφάλαιο ξεκινά το πειραματικό μέρος όπου αρχικά αναφέρεται η διαδικασία καλλιέργειας και συλλογής των δειγμάτων σπόρων σίκαλης. Έστερα ακολουθεί η περιγραφή των αναλύσεων των ποιοτικών και φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των αλεύρων σίκαλης με στόχο στο τελευταίο κεφάλαιο να παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων, η στατιστική επεξεργασία καθώς και ο σχολιασμός των αποτελεσμάτων αυτών.

ΜΕΡΟΣ 1ο – ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

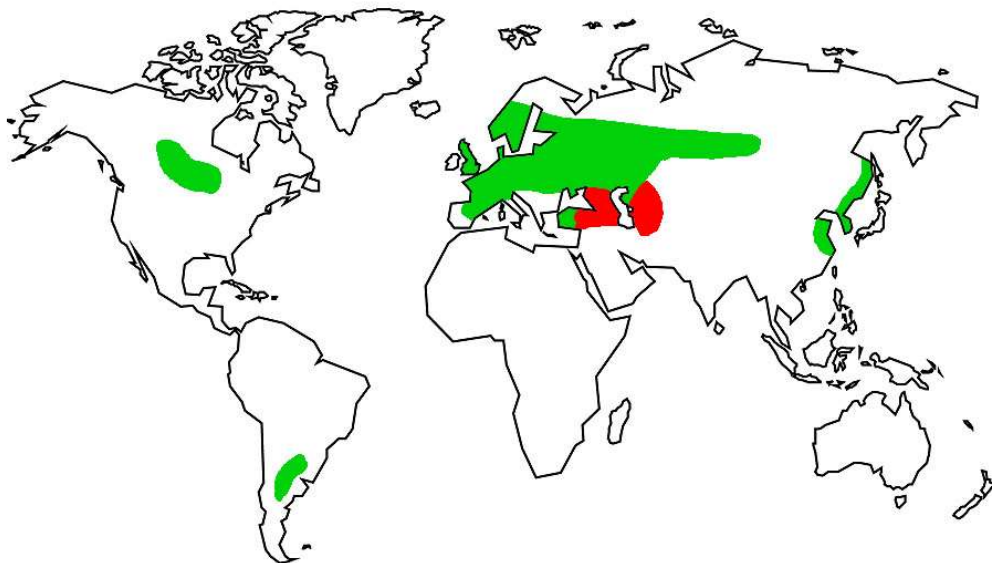
1.1 Γενικά στοιχεία

Η σίκαλη (*Secale cereale* L.) ή βρίζα ή αλλιώς σίκαλις η σιτηρά είναι αγγειόσπερμο μονοκοτυλήδονο φυτό που ανήκει στο γένος Σίκαλης (*Secale*) και στην οικογένεια των ποσειδών ή αγρωστώδη, όπου σε αυτήν την οικογένεια υπολογίζεται ότι περιέχονται 600-700 γένη που περιλαμβάνουν 7.500-10.000 είδη (ΒΙΚΙΠΑΙΔΕΙΑ,2022). Η σίκαλη είναι μονοετές ποώδες φυτό με καταγωγή από την Νοτιοδυτική Ασία και είναι το μόνο καλλιεργούμενο είδος του γένους *Secale*, ενώ οι ποικιλίες τις διακρίνονται σε χειμερινές και εαρινές (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012). Η σίκαλη σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών ορίζεται ως “Δημητριακός καρπός” όπου ως Δημητριακοί καρποί ή Δημητριακά νοούνται οι αποξηρασθέντες ώριμοι καρποί ορισμένων φυτών της οικογένειας των αγρωστοειδών οι πρακτικά απαλλαγμένοι από κάθε πρόσμιξη ανόργανης ή οργανικής ύλης (ΚΤΠ κεφ.12, αρθ.100, εκδ.1^η, 2009). Η σίκαλη θεωρείται από τα πιο σημαντικά σιτηρά, κυρίως λόγω της δυνατότητας της να καλλιεργηθεί και να επιζήσει σε περιοχές με πολύ χαμηλές θερμοκρασίες και μη ευνοϊκά περιβάλλοντα σε σχέση με το σιτάρι. Η σίκαλη είναι σταυρογονιμοποιούμενο φυτό και οι περισσότερες ποικιλίες της είναι διπλοειδής ενώ έχουν δημιουργηθεί και τετραπλοειδείς (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012). Μετά το σιτάρι η σίκαλη είναι το δεύτερο σιτηρό από το οποίο μπορεί να παραχθεί αλεύρι ενώ το φυτό της σίκαλης καλλιεργείται με σκοπό την παραγωγή καρπού και βιομάζας λόγω της μεγάλης ανάπτυξης που παρουσιάζει. Ο καρπός της μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ανθρώπινη κατανάλωση καθώς είναι καλή πηγή διαιτητικών ινών, φωσφόρου, μαγνησίου, μαγγανίου και αντιοξειδωτικών, ενώ η περιεκτικότητά της σε πρωτεΐνες είναι σχεδόν ίδια με αυτή του σιταριού, με πιο σημαντικές τις προλαμίνες και τις γλουτελίνες. Επιπλέον, η σίκαλη περιέχει υψηλό ποσοστό υδατανθράκων και χαμηλό ποσοστό λιπών, ενώ η κατανάλωση της παρουσιάζει οφέλη για την ανθρώπινη υγεία όπως για παράδειγμα στην μείωση της χοληστερόλης, την πρόληψη των καρδιαγγειακών παθήσεων και του σακχαρώδη διαβήτη (Gaiapedia, 2013). Ο καρπός της σίκαλης μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή αλκοολούχων ποτών και σε μικρή ποσότητα ως ζωοτροφή για τα ζώα, καθώς μπορεί να δημιουργήσει ορισμένα προβλήματα σε αυτά, ενώ η βιομάζα χρησιμοποιείται ως ζωοτροφή και χλωρά

λίπανση. Η σίκαλη δίνει χόρτο πολύ καλής ποιότητας όταν συγκαλλιεργείται με τριφύλλι ενώ τέλος, άλλη σημαντική χρήση της καλλιέργειας της σίκαλης είναι η προστασία του εδάφους από τη διάβρωση με φθινοπωρινές σπορές, κάνοντας την φυτό χλωράς λίπανσης (Παπακόστα-Τασοπούλου, 2012).

1.2 Προέλευση του φυτού

Η σίκαλη κατάγεται από την Νοτιοδυτική Ασία και συγκεκριμένα την περιοχή της Μεσοποταμίας (σημερινό Ιράκ) ενώ οι πρώτες καλλιέργειες άρχισαν το 6.500 π.Χ.. Η σίκαλη θεωρείται ότι κατάγεται (Oelke κ.α. 1990) είτε από το *S.strictum* (C.Presl) C. Presl subsp. *Strictum* (συν. *Secale montanum* Guss.) άγριο είδος που βρέθηκε στην Ν. Ευρώπη, είτε από το *S. strictum* (C. Presl) C. Presl subsp. *anatolicum* (Boiss.) K. Hammer, άγριο είδος που βρέθηκε στην Συρία, την Αρμενία, στο Ιράν και στο Τουρκεστάν (Παπακόστα-Τασοπούλου, 2012). Τέλος, η σίκαλη αποτελούσε ζιζάνιο του σιταριού και του κριθαριού.



Εικόνα 1.1: Χάρτης καλλιέργειας του φυτού σίκαλη (*Secale cereale* L.) όπου με κόκκινο χρώμα επισημαίνεται η περιοχή καταγωγής της σίκαλης ενώ με πράσινο οι περιοχές που καλλιεργείται σήμερα η σίκαλη. (Πηγή: Agronomija, RAZ-SECALE CEREALE L.).

1.3 Βοτανική περιγραφή

Η σίκαλη μορφολογικά μοιάζει με το σιτάρι. Τα ωτίδια της είναι πολύ μικρά ενώ σε κάποιες ποικιλίες δεν υπάρχουν καν. Το γλωσσίδιο είναι κοντό και σχεδόν

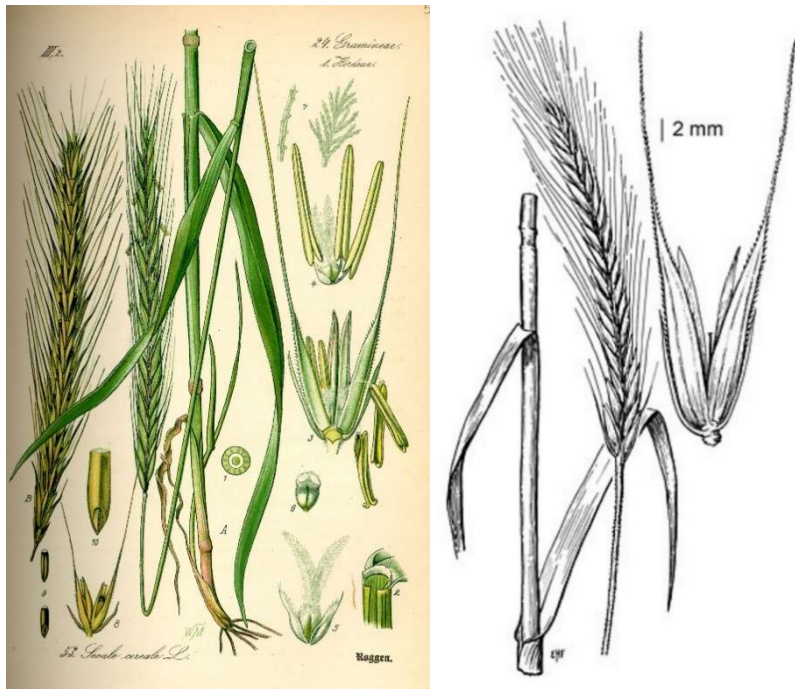
στρογγυλό. Τα φύλλα της έχουν ίδιο σχήμα με αυτά του σιταριού ενώ το φύλλο σημαία είναι πολύ μικρότερο διότι έχει λιγότερη σημασία από φωτοσυνθετικής άποψης ως πηγή προϊόντων για τον αναπτυσσόμενο κόκκο (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012). Το χρώμα των φύλλων της σίκαλης είναι γκριζο-πράσινο ή λαδοπράσινο. Σε σχέση με το σιτάρι η σίκαλη είναι ψηλότερη όπως και σε σχέση με τα υπόλοιπα σιτηρά, ενώ το αδελφωμα είναι μεγαλύτερο. Όσον αφορά το ριζικό σύστημα της σίκαλης αυτό είναι πολύ αναπτυγμένο με πολλές διακλαδώσεις που εισχωρούν στο έδαφος σε βάθος 1,5 - 1,7 μέτρα, για αυτό και η σίκαλη έχει την ιδιότητα να αντέχει στην ξηρασία. Η ταξιανθία της σίκαλης είναι λεπτός στάχυς με μήκος 10 - 15 εκατοστών, ενώ σε κάθε κόμβο του στάχου υπάρχει ένα σταχύδιο με συνήθως τρία ανθίδια από τα οποία τα δύο εξωτερικά ανθίδια είναι γόνιμα, ενώ το κεντρικό άγονο και πολύ μικρό που σχεδόν δεν φαίνεται. Ο χιτώνας φέρει αύλακα και τρίχες στο μεσαίο νεύρο και συχνά καταλήγει σε ένα μεσαίου μεγέθους άγανο. Ο χιτώνας και η λεπίδα αποχωρίζονται στο ανώτερο άκρο και κατά την ωρίμανση ανάμεσα τους διακρίνεται ο σπόρος. Ο σπόρος της σίκαλης σε σχέση με αυτό το σιταριού έχει μεγαλύτερο μήκος, είναι λεπτότερος, πιο μυτερός και έχει σχήμα ωοειδείς ή επιμήκεις, ενώ τέλος το χρώμα του κόκκου συνδέεται με τις ανθοκυάνες που βρίσκονται στο στρώμα αλευρόνης ή στο περικάρπιο. Έτσι το χρώμα του κόκκου σίκαλης μπορεί να είναι κιτρινοπράσινο, κιτρινοκαφέ ή ελαιώδες ενώ οι σπόροι που είναι σκέτο κίτρινοι είναι απαλλαγμένοι από ανθοκυάνες (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012).



Εικόνες 1.2 και 1.3: Φυτό σίκαλης. (Πηγή: Προσωπικό αρχείο-Νιτσάϊ Ναούμ).



Εικόνες 1.4 και 1.5: Σπόρος σίκαλης. (Πηγή: Προσωπικό αρχείο-Νιτσάι Ναούμ).



Εικόνες 1.6 και 1.7: Μορφολογικά χαρακτηριστικά του άνθους της σίκαλης. (Πηγή: Wikipedia, wikipedia.org/wiki/Secale (αριστερά), gobotany.nativeplanttrust.org/ (δεξιά).

1.4 Εξάπλωση καλλιέργειας

Η εξάπλωση της καλλιέργειας της σίκαλης από το κέντρο καταγωγής της, τη Νοτιοδυτική Ασία στις άλλες περιοχές όπως η Βόρεια Ευρώπη, έγινε όταν η καλλιέργεια έγινε αποδεκτή από αυτές τις περιοχές ως αποτέλεσμα της μη δυνατότητας του σιταριού και του κριθαριού να προσαρμοστούν στα αντίξοα περιβάλλοντα των περιοχών αυτών. Το ίδιο ισχύει και για τις άλλες περιοχές του πλανήτη που ξεκίνησε

να καλλιεργείται η σίκαλη όπως φαίνεται και στον χάρτη της Εικόνας 1.2, για παράδειγμα στη Βόρεια Αμερική. Έτσι η καλλιέργεια της σίκαλης θεωρείται μια νέα καλλιέργεια. Μέχρι και τον 19^ο αιώνα η σίκαλη καλλιεργούνταν σε μεγάλο βαθμό σε σχέση με τα άλλα σιτηρά καθώς και μεγάλο μέρος του πληθυσμού της Ευρώπης τρεφόταν με σίκαλη. Στην συνέχεια η καλλιέργεια της σίκαλης άρχισε να υποχωρεί και την θέση της να καταλαμβάνει το σιτάρι, αφήνοντας σήμερα την σίκαλη περιορισμένη σε περιοχές που το σιτάρι δεν είναι αποδοτικό, δηλαδή σε περιοχές με φτωχά εδάφη και αντίξοες περιβαλλοντικές συνθήκες όπως οι χαμηλές θερμοκρασίες (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012). Σήμερα η σίκαλη καταναλώνεται σε μεγάλες ποσότητες σε χώρες όπως η Γερμανία, η Πολωνία και η Ρωσία με στόχο την παραγωγή ψωμιού και την διατροφή των ζώων.

1.5 Παγκόσμια και εγχώρια παραγωγή σίκαλης

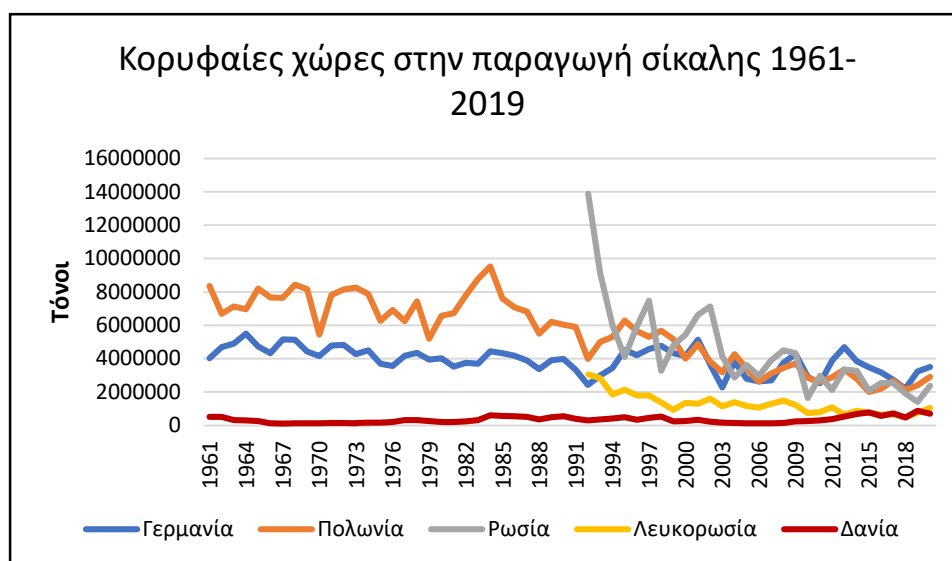
1.5.1 Παγκόσμια παραγωγή

Η σίκαλη σήμερα καλλιεργείται σε πολλές χώρες σε διάφορες ηπείρους, σε κάποιες σε μεγάλο βαθμό ενώ σε άλλες σε μικρότερο. Η κυριότερη χώρα παραγωγής σίκαλης παγκοσμίως για το 2020 ήταν η Γερμανία με μέσο όρο ετήσια παραγωγής από το 2000 μέχρι το 2020 περίπου 3.400.000 τόνους, ενώ άλλες χώρες που καταλαμβάνουν σημαντική θέση στην παγκόσμια παραγωγή σίκαλης είναι η Πολωνία, με μέσο όρο ετήσια παραγωγής από το 2000 μέχρι το 2020 περίπου 3.100.000 τόνους, η Ρωσία με μέσο όρο ετήσια παραγωγής από το 2000 μέχρι το 2020 περίπου 3.420.000 τόνους, η Λευκορωσία με μέσο όρο ετήσια παραγωγής από το 2000 μέχρι το 2020 περίπου 1.027.000 τόνους και η Δανία με μέσο όρο ετήσια παραγωγής από το 2000 μέχρι το 2020 περίπου 390.000 τόνους. Αυτό που πρέπει να επισημανθεί είναι ότι σαν οντότητα η Ευρωπαϊκή Ένωση για το 2020 παρήγαγε συνολικά περίπου 8.900.000 τόνους σίκαλης ενώ η παγκόσμια παραγωγή της σίκαλης ανήλθε στους 15.022.273 τόνους (Πηγή:FAO).



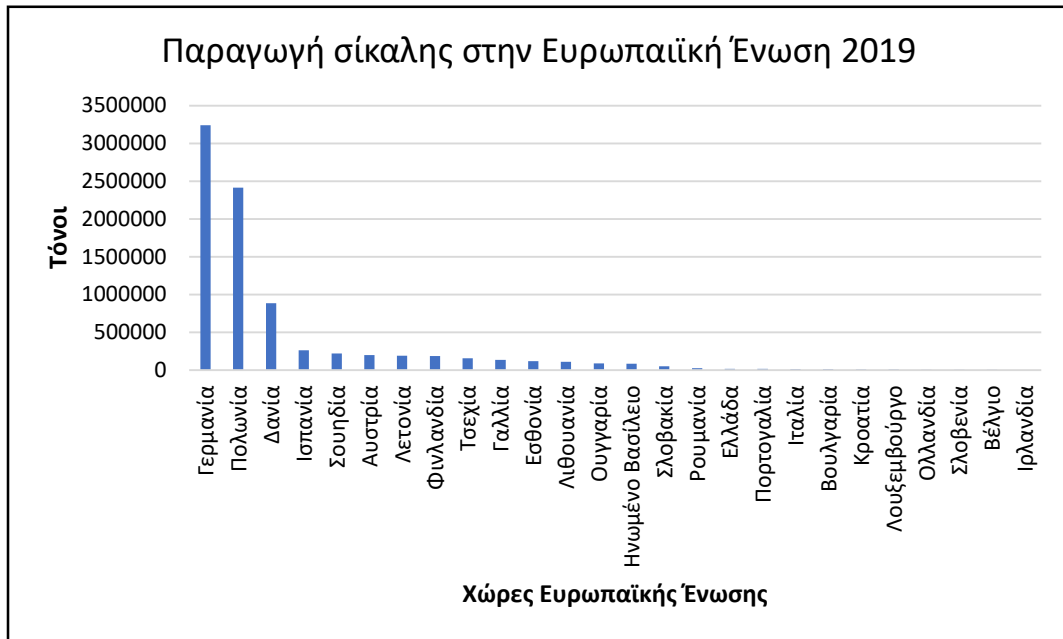
Γράφημα 1.1: Οι κυριότερες χώρες παραγωγής σίκαλης για το 2020 σε τόνους. (Πηγή: FAO).

Η παραγωγή της σίκαλης παρουσιάζει διακυμάνσεις ανά χρονικές περιόδους, άλλες χρονιές αυξάνεται και άλλες μειώνεται, αυτό φαίνεται και στο παρακάτω Γράφημα 1.2. Πιο συγκεκριμένα η Γερμανία ως πρώτη χώρα παραγωγής σίκαλης παγκοσμίως το 2020, το 1961 όπου και έχουμε τα πρώτα στατιστικά στοιχεία, είχε παραγωγή 4.019.138 τόνους ενώ η Ρωσία ως τρίτη χώρα παραγωγής σίκαλης το 2020, το 1992 από όπου και έχουμε τα πρώτα στατιστικά της στοιχεία είχε 13.887.220 τόνους (Πηγή:FAO).



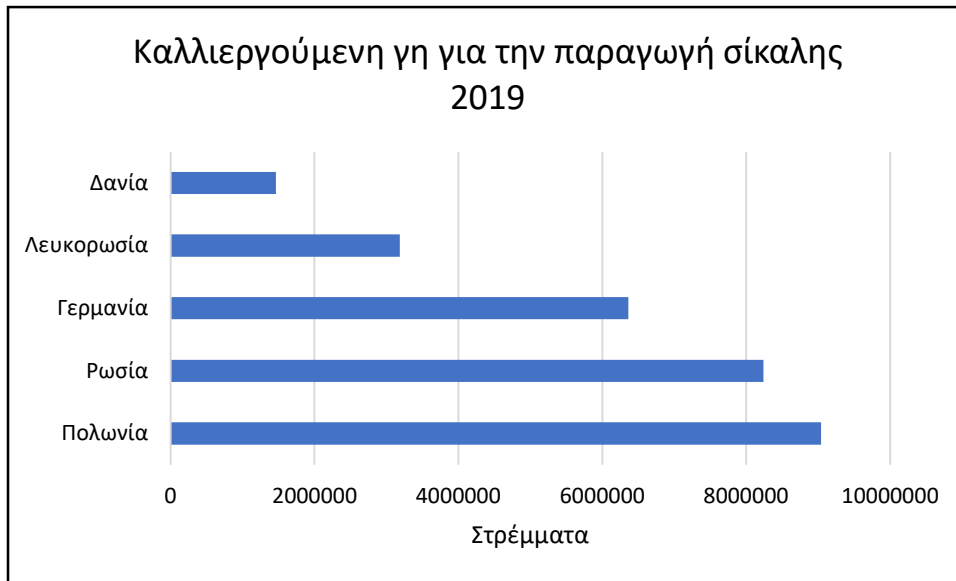
Γράφημα 1.2: Παραγωγή σίκαλης σε τόνους των χωρών με την μεγαλύτερη παραγωγή σίκαλης παγκοσμίως από το 1961 μέχρι το 2020. (Πηγή: FAO).

Όπως προαναφέρθηκε η Ευρωπαϊκή Ένωση ως σύνολο παράγει την μεγαλύτερη ποσότητα σίκαλης παγκοσμίως. Το 2019 η παραγωγή σίκαλης στην Ευρωπαϊκή Ένωση ήταν 8.454.524 τόνους. Στο Γράφημα 1.3 απεικονίζεται η παραγωγή σίκαλης των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (εκτός της Μάλτας και Κύπρου) για το 2019, όταν το Ηνωμένο Βασίλειο ήταν ακόμα μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης.



Γράφημα 1.3: Παραγωγή σίκαλης στην Ευρωπαϊκή Ένωση σε τόνους για το 2019. (Πηγή:FAO).

Όσον αφορά την καλλιεργούμενη έκταση για την παραγωγή της σίκαλης από το 1961 μέχρι το 2020 υπάρχει τάση μείωσης της. Αυτό φαίνεται καθώς για παράδειγμα το 1961 η Πολωνία που είναι η πρώτη χώρα παγκοσμίως όσον αφορά την καλλιεργούμενη έκταση για παραγωγή σίκαλης, καλλιεργούσε 47.000.000 στρέμματα ενώ το 2020 καλλιέργησε 9.038.000 στρέμματα. Επίσης αυτό φαίνεται και με την μείωση της παραγωγής της σίκαλης στο Γράφημα 1.2. Αυτό όμως που είναι άξιο επισημάνσης είναι πως αν και η Πολωνία καλλιεργεί τα περισσότερα στρέμματα για την παραγωγή σίκαλης, δεν είναι πρώτη στην παραγωγή σίκαλης καθώς πρώτη είναι η Γερμανία που καλλιεργεί 6.363.000 στρέμματα γης, αντιθέτως η Πολωνία είναι τρίτη παγκοσμίως μετά την Ρωσία (8.239.310 στρέμματα). Αυτό σημαίνει ότι η απόδοση της καλλιέργειας της σίκαλης από χώρα σε χώρα διαφέρει (Πηγή: FAO).



Γράφημα 1.4: Καλλιεργούμενη έκταση γης για την παραγωγή σίκαλης παγκοσμίως το 2019. (Πηγή: FAO).

Όσον αφορά την απόδοση της καλλιέργειας σίκαλης, όπως προαναφέρθηκε η Πολωνία αν και καλλιεργεί περισσότερο από την Γερμανία δεν παράγει περισσότερο από αυτήν. Πιο συγκεκριμένα η Πολωνία είχε το 2019 παραγωγή σίκαλης 267.28 κιλά ανά στρέμμα, ενώ η Γερμανία 508.82 κιλά ανά στρέμμα. Τέλος, η χώρα με την μεγαλύτερη απόδοση ανά στρέμμα είναι το Ουζμπεκιστάν με 893.56 κιλά ανά στρέμμα, όπου το Ουζμπεκιστάν αξίζει να σημειωθεί είναι χώρα η οποία βρίσκεται στο κέντρο καταγωγής της σίκαλης (Εικόνα 1.1) (Πηγή: FAO).

1.5.2 Εγχώρια παραγωγή

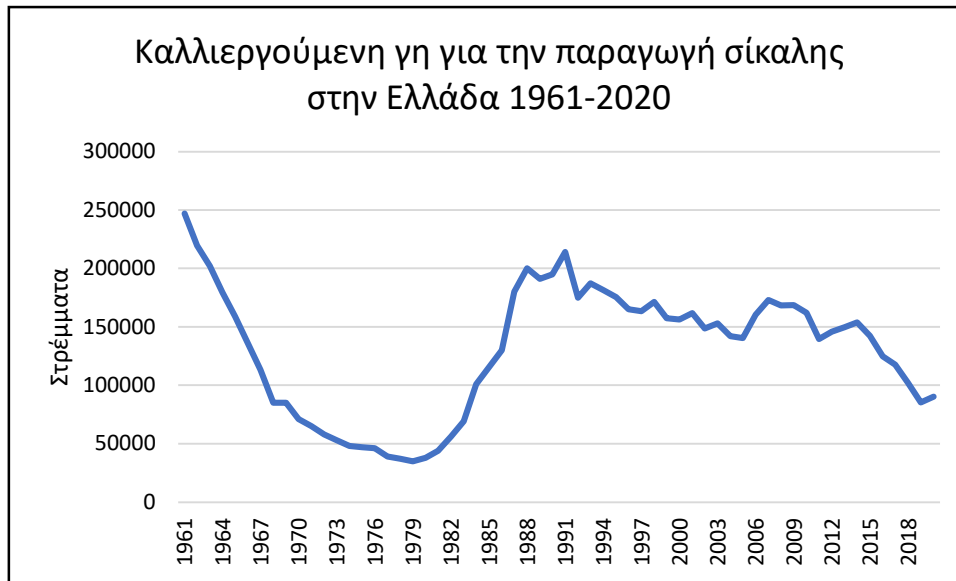
Στην Ελλάδα πιο συγκεκριμένα, η καλλιεργούμενη έκταση για την καλλιέργεια της σίκαλης καθώς και η παραγωγή της σίκαλης είναι μικρότερη σε σχέση με τις υπόλοιπες χώρες του κόσμου καθώς και της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Ο λόγος πιθανότατα είναι η δυνατότητα της Ελλάδας να καλλιεργεί ποικίλα είδη σιτηρών και φυτών τα οποία είναι πιο κερδοφόρα σε σχέση με την καλλιέργεια της σίκαλης, γιατί όπως προαναφέρθηκε η σίκαλη καλλιεργείται κυρίως σε περιοχές με αντίξοες περιβαλλοντικές συνθήκες όπως για παράδειγμα χώρες της Βόρειας Ευρώπης. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τα Γραφήματα 1.1 και 1.3 όπου χώρες που καλλιεργούν περισσότερη σίκαλη είναι χώρες από την περιοχή της Βόρειας Ευρώπης και από περιοχές με ακραία καιρικά φαινόμενα. Η Ελλάδα αρχικά όσον αφορά την παραγωγή

σίκαλης σε τόνους παρουσιάζει διακυμάνσεις από το 1961 την χρονιά που έχουμε τα πρώτα δεδομένα. Πιο συγκεκριμένα φαίνεται ότι ξεκίνησε δειλά δειλά η παραγωγή της σίκαλης από το 1961 μέχρι το 1980, ενώ από το 1980 και μετά φαίνεται να υπήρξε μια ραγδαία αύξηση της παραγωγής, με αποκορύφωση το 1991 που είναι και η χρονιά με την μεγαλύτερη παραγωγή σίκαλης, κοντά στους 49.000 τόνους. Από εκείνη την χρονιά μέχρι σήμερα, η παραγωγή της σίκαλης παρουσιάζει διακυμάνσεις ενώ από το 2015 μέχρι το 2019 φαίνεται να μειώνεται (Πηγή:FAO).



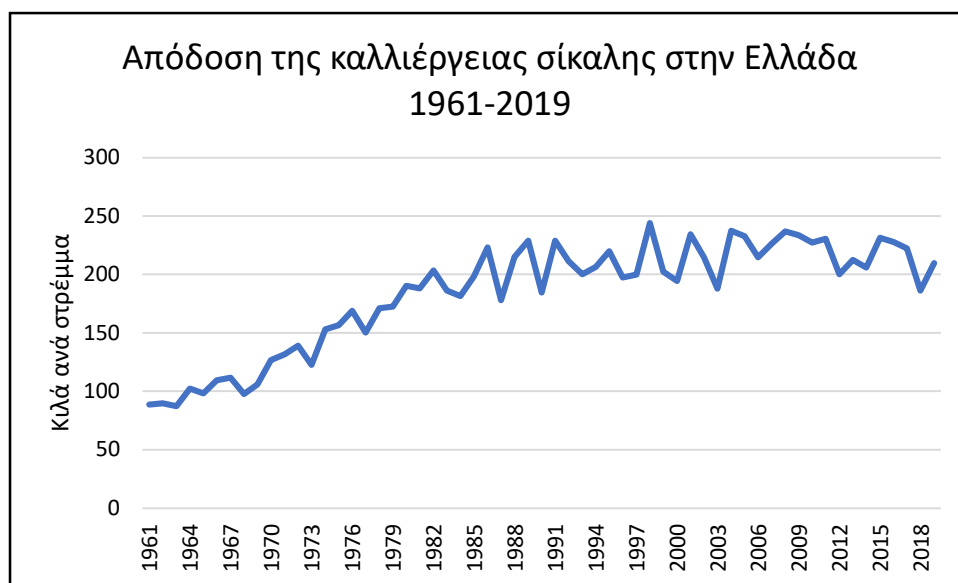
Γράφημα 1.5: Παραγωγή σίκαλης στην Ελλάδα σε τόνους 1961-2019. (Πηγή:FAO).

Επίσης αυτό που πρέπει να επισημανθεί είναι και η καλλιεργούμενη έκταση με σίκαλη και συγκεκριμένα σε ποιες περιοχές της χώρας καλλιεργείται καθώς και οι αποδόσεις της (Πηγή:FAO).



Γράφημα 1.6: Καλλιιεργούμενη έκταση γης για την παραγωγή σίκαλης στην Ελλάδα 1961-2019. (Πηγή: FAO).

Στο Γράφημα 1.6 φαίνεται η καλλιιεργούμενη έκταση για την παραγωγή σίκαλης στην Ελλάδα από το 1961-2019. Το συγκεκριμένο γράφημα βλέποντας και το Γράφημα 1.5 που είναι η παραγωγή σίκαλης στην Ελλάδα την ίδια περίοδο είναι εμφανές ότι τα γραφήματα είναι σχεδόν όμοια και έχουν τις ίδιες διακυμάνσεις. Αυτό που συμπεραίνεται είναι ότι η παραγωγή είναι ανάλογη της καλλιιεργούμενης γης. Οι λόγοι που οδήγησαν σε αυτές τις διακυμάνσεις μπορεί να είναι πολλοί, όπως η επιλογή άλλων καλλιιεργειών αντί της σίκαλης ειδικά τις περιόδους 1963-1981, ενώ τα τελευταία χρόνια λόγω των πολλών χρήσεων της σίκαλης ως τροφή, ζωοτροφή, τα διατροφικά της πλεονεκτήματα κ.α. βλέπουμε μια σταθερή παραγωγή και καλλιιεργεια της. Επίσης, βλέπουμε και μια μείωση της καλλιιεργεια και της παραγωγής την περίοδο της οικονομικής κρίσης της Ελλάδας, από το 2008 μέχρι και το 2019 που είναι και τα συγκεκριμένα στατιστικά δεδομένα. Τέλος, η απόδοση της καλλιιεργειας σε σχέση με την καλλιιεργούμενη γη είναι μια σημαντική παράμετρος. Βλέπουμε ότι στην Ελλάδα υπάρχει μια διακύμανση όσον αφορά την απόδοση της καλλιιεργεια αλλά σε σχέση με το 1961 λόγω των διάφορων καλλιιεργητικών τεχνικών και μεθόδων βλέπουμε μια αύξηση της απόδοσης με αποκορύφωμα το 1998 με 244 κιλά ανά στρέμμα.



Γράφημα 1.7: Απόδοση της καλλιέργειας σίκαλης στην Ελλάδα 1961-2019. (Πηγή: FAO).

Επιπλέον, ένα άλλο στατιστικό στοιχείο που πρέπει να αναλυθεί για να μας δώσει μια καλύτερη εικόνα, όσον αφορά την καλλιέργεια και την παραγωγή της σίκαλης στην Ελλάδα είναι, σε ποιες Περιφέρειες και περιοχές της χώρας υπάρχει μεγαλύτερη καλλιέργεια και παραγωγή της σίκαλης.

Πίνακας 1.1: Παραγωγή σίκαλης και καλλιεργούμενης γη ανά Περιφέρεια της Ελλάδας για το 2019. (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ).

Περιφέρεια	Καλλιεργούμενη γη (στρέμματα)	Παραγωγή σίκαλης (τόνους)
Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας	51.697	12.280
Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας	14.490	3.213
Περιφέρεια Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης	5.609	1.576
Περιφέρεια Θεσσαλίας	4.237	1.138
Περιφέρεια Κρήτης	2.977	354
Περιφέρεια Ηπείρου	2.750	738
Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας	493	214

Περιφέρεια Πελοποννήσου	203	63
Περιφέρεια Βορείου Αιγαίου	193	47
Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου	117	27
Περιφέρεια Ιονίων Νήσων	68	13
Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας	19	5
Περιφέρεια Αττικής	0	0

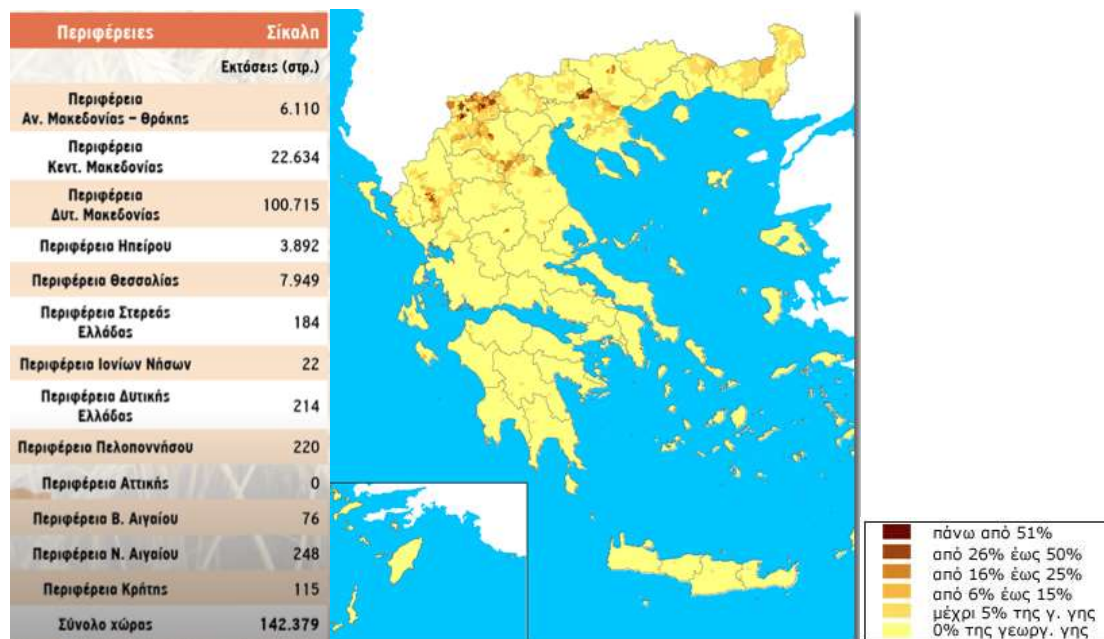
Σύμφωνα με τον Πίνακα 1.1 και την ΕΛΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική Αρχή) αυτό που συμπεραίνουμε είναι ότι η περιοχή με την μεγαλύτερη παραγωγή σίκαλης καθώς και την μεγαλύτερη καλλιεργούμενη γη για τη καλλιέργεια σίκαλης είναι η Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας. Επίσης βλέπουμε ότι μετά τη Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας οι επόμενες Περιφέρειες που ακολουθούν είναι οι περιφέρειες της Βόρειας Ελλάδας όπως αυτή της Κεντρικής Μακεδονίας, της Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, της Θεσσαλίας και της Ηπείρου. Ο λόγος είναι οι ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες που υπάρχουν σε αυτές τις περιοχές σε σχέση με τις πιο νότιες. Πιο συγκεκριμένα σε αυτές τις περιοχές κατά την περίοδο του χειμώνα υπάρχουν περισσότερες βροχοπτώσεις, χιόνια και πιο πολύ κρύο. Ειδικά στη Περιφέρεια της Δυτικής Μακεδονίας που είναι περιφέρεια που απαρτίζεται από περιοχές με πολλά βουνά, μεγάλο υψόμετρο και τον χειμώνα ειδικά, από μεγάλη περίοδο χιονιά και κρύου με θερμοκρασίες πολύ κάτω του μηδενός. Αυτό έρχεται να επιβεβαιώσει αυτό που αναφέρθηκε παραπάνω ότι η σίκαλη είναι καλλιέργεια που είναι ανθεκτική σε αντίξοες περιβαλλοντικές συνθήκες σε σχέση με άλλα σιτηρά. Τέλος, στην Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας πιο συγκεκριμένα, οι 3 από τους 4 νομούς έχουν την μεγαλύτερη παραγωγή και καλλιεργούμενη γη σίκαλης σε όλη την Ελλάδα, αυτό φαίνεται και στον Πίνακα 1.2, ενώ επίσης άλλοι νομοί με μεγάλη καλλιεργούμενη γη αλλά μικρή παραγωγή είναι οι νομοί Λάρισας, Ιωαννίνων, Σερρών, Πέλλας, Κιλκίς, Θεσσαλονίκης, Ηράκλειου και Έβρου.

Πίνακας 1.2: Η καλλιεργούμενη γη και η παραγωγή σίκαλης των νομών της Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας το 2019. (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ).

Νομός	Καλλιεργούμενη γη (στρέμματα)	Παραγωγή σίκαλης (τόνους)
Φλώρινας	28.420	6.665
Κοζάνης	14.176	3.195
Καστοριάς	7.714	2.108
Γρεβενών	1.387	313



Γράφημα 1.8: Οι νομοί της Ελλάδας με πάνω από 2.000 στρέμματα καλλιεργούμενης γης (μπλε) για την σίκαλη και αντίστοιχα η παραγωγή σίκαλης σε τόνους στους συγκεκριμένους νομούς (πορτοκαλί) για το 2019. (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ).



Εικόνες 1.8 και 1.9: Οι εκτάσεις καλλιεργούμενης γης για την καλλιέργεια σίκαλης στην Ελλάδα το 2015 (αριστερά). (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ- <https://www.ypaithros.gr/kairos-eplize-vromi-mikrotres-apoleies-sikali/>). Χάρτης της Ελλάδας όσον αφορά τη καλλιεργούμενη γη για την καλλιέργεια της σίκαλης το 2007. (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ-ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ&ΤΡΟΦΙΜΩΝ http://www.minagric.gr/greek/agro_pol/Maps/sikali1.htm).

1.6 Οικονομική σημασία

Η οικονομική σημασία της καλλιέργειας της σίκαλης είναι σημαντική σε πολλούς τομείς. Πιο συγκεκριμένα η καλλιέργεια της σίκαλης έχει μεγάλη ανθεκτικότητα σε αντίξοες συνθήκες και περιβάλλοντα που άλλες καλλιέργειες δεν θα μπορούσαν να σταθούν. Αυτό από μόνο του κάνει την καλλιέργεια της σίκαλης να έχει μεγάλη οικονομική σημασία σε χώρες και περιοχές όπου λαμβάνουν χώρα αυτές οι συνθήκες (όπως χώρες της Βόρειας Ευρώπης). Επίσης η καλλιέργεια της σίκαλης δεν έχει ανάγκη από νερό σε ποσότητες που χρειάζονται άλλα σιτηρά, ενώ οι αλληλοχημικές ενώσεις που εκκρίνει αναστέλλουν το φύτρωμα ζιζανίων που θα είχε ως αποτέλεσμα την μη χρήση ζιζανιοκτόνων και έτσι την μείωση των εξόδων του αγρότη και ταυτόχρονα της αύξηση των εσόδων του (Τσουβέλας, 2020). Η σίκαλη σε χώρες ειδικά που παράγεται σε μεγάλες ποσότητες είναι ένα μέσο αύξησης των εσόδων του κράτους και αυτό γίνεται με την εξαγωγή της σίκαλης και των προϊόντων της, ενώ ταυτόχρονα μεγάλη παραγωγή σίκαλης θα έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της εισαγόμενης σίκαλης. Η σίκαλη μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλούς τομείς όπως ανθρώπινη κατανάλωση, ζωοτροφές κ.α. ενώ με την καλλιέργεια σίκαλης απασχολούνται πολλοί τομείς καθώς

και εργατικό δυναμικό μειώνοντας έτσι την ανεργία. Σήμερα πλέον η σίκαλη υπάρχει διαθέσιμη σε πολλές μορφές ως αλεύρι, σε τρόφιμα κτλ. ενώ τα διατροφικά της πλεονεκτήματα την κάνουν διαδεδομένη στην κοινωνία αυξάνοντας την ζήτηση της. Τέλος, η σίκαλη μετά το σιτάρι είναι το δεύτερο σιτηρό από το οποίο μπορεί να παραχθεί αλεύρι και ως αποτέλεσμα αυτού ψωμί. Το ψωμί από σίκαλη είναι σκουρόχρωμο και βαρύ με αποτέλεσμα να μην είναι ελκυστικό προς τους καταναλωτές. Αυτή η τάση εξαφανίζεται τα τελευταία χρόνια διότι η εικόνα του σκουρόχρωμου ψωμιού ταυτίζεται στα μάτια των καταναλωτών με το να είναι το ψωμί υγιεινό.

1.7 Οικολογικές απαιτήσεις

Το φυτό της σίκαλης παρουσιάζει μεγάλη προσαρμοστικότητα καθώς μπορεί και καλλιεργείται με ικανοποιητικές αποδόσεις σε διάφορες περιοχές και χώρες, και σε μεγάλο εύρος κλιματικών συνθηκών που άλλα χειμερινά σιτηρά δεν μπορούν λόγω των μη ευνοϊκών συνθηκών που μπορούν να επικρατούν στα περιβάλλοντα των συγκεκριμένων περιοχών. Πιο συγκεκριμένα η σίκαλη έχει μεγάλη αντοχή στο κρύο καθώς μπορεί και προσαρμόζεται σε πολλές εδαφικές συνθήκες.

1.8 Έδαφος

Η καλλιέργεια της σίκαλης χρειάζεται για να επιτευχθεί υψηλή απόδοση στη καλλιέργεια, γόνιμα και καλώς στραγγισμένα πηλώδη εδάφη. Πρέπει να επισημανθεί όμως ότι σε σχέση με τα άλλα σιτηρά η σίκαλη είναι περισσότερο παραγωγική ακόμα και σε άγονα, αμμώδη και ξεπλυμένα εδάφη (δηλαδή εδάφη από τα οποία έχουν απομακρυνθεί τα θρεπτικά συστατικά, τα άλατα, το λίπασμα κτλ.). Η άριστη τιμή pH του εδάφους για την καλλιέργεια της σίκαλης ορίζεται το 6 έως 6,5 αλλά μπορεί να αποδώσει και σε pH 4 έως και 8. Τέλος, οι αγροί σποροπαραγωγής θα πρέπει να απέχουν τουλάχιστον 250 μέτρα από άλλες καλλιέργειες σιτηρών για να αποφευχθούν ανεπιθύμητες διασταυρώσεις.

1.9 Κλίμα-Θερμοκρασία

Η σίκαλη έχει την ικανότητα να φυτρώνει σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Η κατώτερη θερμοκρασία φυτρώματος θεωρείται από 1 έως 5°C (Stoskopf 1985), ενώ η άριστη θερμοκρασία φυτρώματος θεωρείται από 18 έως 25°C. Όσον αφορά το υπέργειο τμήμα του φυτού, αυτό μπορεί να αναπτυχθεί σε αρκετά χαμηλές θερμοκρασίες. Στην Ευρώπη η ανάπτυξη του φυτού ξεκινά όταν η θερμοκρασία φτάσει τους 4°C ενώ λόγω

των μηχανικών ιδιοτήτων του στελέχους του φυτού η σίκαλη δεν πλαγιάζει εύκολα αν και φτάνει σε αρκετά μεγάλο ύψος, κάνοντας την ανθεκτική σε διάφορες μηχανικές βλάβες που μπορούν να προκληθούν στο φυτό. Για την άνθιση του φυτού της σίκαλης είναι απαραίτητος ο συνδυασμός εαρινοποίησης και μακράς φωτοπεριόδου. Το χρονικό διάστημα που απαιτείται για την εαρινοποίηση εξαρτάται από την ποικιλία κυρίως αλλά και από την θερμοκρασία, με θερμοκρασίες από 0 έως 10°C να εξασφαλίζουν την εαρινοποίηση. Στην εαρινοποίηση γίνεται ταυτόχρονα και σκληραγώγηση του φυτού σε χαμηλές θερμοκρασίες ενώ αν και οι ποικιλίες του φυτού της σίκαλης είναι φυτά μακράς φωτοπεριόδου, αυτά δεν απαιτούν ορισμένο μήκος ημέρας. Σε συνθήκες όμως βραχείας φωτοπεριόδου το φυτό της σίκαλης μπορεί και παραμένει στο βλαστικό στάδιο για πάνω από πέντε χρόνια (Stoskopf 1985) ενώ αξίζει να τονιστεί ότι οι ανοιξιάτικες ποικιλίες δεν απαιτούν εαρινοποίηση. Η σίκαλη σε αντίθεση με τα υπόλοιπα χειμερινά σιτηρά είναι σταυρογονιμοποιούμενο φυτό. Στην σίκαλη οι ανθήρες βγαίνουν από τα ανθίδια πριν την πτώση της γύρης ενώ όταν οι ανθήρες ελευθερώσουν την γύρη, αυτή με την σειρά της μεταφέρεται με τον αέρα. Τα άνθη παραμένουν ανοιχτά για κάποιο χρονικό διάστημα, ωστόσο εάν δεν επικρατούν ευνοϊκές συνθήκες για την σταυροεπικονίαση, ο στάχυς μπορεί να έχει πολλά ανθίδια κενά. Οι χειμερινές ποικιλίες της σίκαλης αντέχουν περισσότερο στο κρύο από όλα τα άλλα σιτηρά. Ακάλυπτη από χιόνι η καλλιέργεια της σίκαλης μπορεί να αντέξει θερμοκρασίες έως και -37°C ενώ καλυμμένη από χιόνι μπορεί να αντέξει μέχρι και τους -60°C (Φασούλας και Σενλόγλου 1966, Stoskopf 1985). Τέλος, ένα βασικό πλεονέκτημα της σίκαλης είναι πως μπορεί και αναπτύσσεται ικανοποιητικά στις χαμηλές θερμοκρασίες που υπάρχουν τέλος του χειμώνα και αρχές της άνοιξης.

1.10 Απαιτήσεις σε νερό

Η καλλιέργεια της σίκαλης λόγω του πλούσιου ριζικού συστήματος που διαθέτει και της πρωιμότητας της είναι πολύ ανθεκτική στην ξηρασία και τις υψηλές θερμοκρασίες. Η σίκαλη χρησιμοποιεί 20% έως 30% λιγότερο νερό για την παραγωγή ενός κιλού ξηράς ουσίας σε σχέση με το σιτάρι κάτι που επιβεβαιώνει ότι η καλλιέργεια της σίκαλης είναι και αποδοτικότερη σε σχέση με άλλα σιτηρά αλλά και σε συνθήκες όπου άλλα σιτηρά δεν θα μπορούσαν να ανταπεξέλθουν.

1.11 Καλλιεργητικές εργασίες

Για την καλλιέργεια της σίκαλης ακολουθούνται κάποιες τεχνικές καλλιέργειας που μοιάζουν με αυτές του σιταριού. Πιο συγκεκριμένα η αμειψισπορά είναι μια σημαντική τεχνική για την καλλιέργεια της σίκαλης διότι με την αμειψισπορά αντιμετωπίζονται ορισμένα ζιζάνια καθώς και λαμβάνει την θέση του χειμερινού σιταριού. Όσον αφορά την λίπανση η τακτική που ακολουθείτε είναι η χρήση αζωτούχου λίπανσης διότι η σίκαλη αντιδρά σε αυτή και πιο συγκεκριμένα σε φτωχά εδάφη. Το πότε θα σπαρθεί η σίκαλη έχει και αυτό την σημασία του. Στην Ελλάδα η σίκαλη σπέρνεται αποκλειστικά το φθινόπωρο, ακριβώς την ίδια περίπου εποχή που σπέρνεται και το σιτάρι. Η σίκαλη όμως λόγω και της ικανότητας της να αναπτύσσεται σε χαμηλές θερμοκρασίες μπορεί να σπαρθεί και εβδομάδες αργότερα. Από την άλλη η ποσότητα του σπόρου κατά την σπορά κυμαίνεται από 14 έως 16 κιλά ανά στρέμμα για την καρποδοτική καλλιέργεια και 16 έως 18 κιλά ανά στρέμμα για την χορτοδοτική (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012). Τεράστιο πλεονέκτημα της καλλιέργειας της σίκαλης είναι η μη εφαρμογή ζιζανιοκτόνων που εκτός ότι δεν επιβαρύνει αρνητικά το έδαφος και το προϊόν, δεν επιβαρύνει τον αγρότη με περεταίρω έξοδα. Αυτό γίνεται διότι η σίκαλη έχει την ικανότητα να ανταγωνίζεται τα ζιζάνια. Αν όμως υπάρξει ανάγκη χρησιμοποίησης ζιζανιοκτόνων χρησιμοποιούνται αυτά των χειμερινών σιτηρών. Διάφορες μελέτες έδειξαν ότι η σίκαλη από την καλαμιά και τα αποξηραμένα φύλλα που πέφτουν στο έδαφος απελευθερώνει σε αυτό αλλοχημικές ενώσεις που αναστέλλουν το φύτεμα και την ανάπτυξη των ζιζανίων, ενώ οι αλλοχημικές ενώσεις επίσης εκλύονται και από τις ρίζες κατά την διάρκεια της ανάπτυξης των φυτών (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012). Τέλος, όσον αφορά την συγκομιδή της σίκαλης αυτή ωριμάζει νωρίτερα από το σιτάρι ενώ το καλάμι της διατηρεί περισσότερο το πράσινο χρώμα όταν ωριμάσει ο σπόρος σε σχέση με το σιτάρι και το κριθάρι. Επιπλέον η σίκαλη τινάζει πιο εύκολα το σπόρο για αυτό και η έγκαιρη συγκομιδή της κρίνεται απαραίτητη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

2.1 Χημική σύσταση – Ποιοτικά και φυσικοχημικά χαρακτηριστικά

Η σίκαλη όπως και το μεγαλύτερο μέρος των δημητριακών περιέχουν μεγάλο ποσοστό αμύλου καθώς και περιέχουν ικανοποιητικό ποσοστό πρωτεϊνών, λίπους, βιταμινών, κυτταρινών και ανόργανων αλάτων. Τα δημητριακά καλύπτουν τις μισές θερμιδικές ανάγκες της ημέρας ενώ αποτελούν την βάση στην διατροφή του ανθρώπου καθώς με τα δημητριακά παράγεται το ψωμί και άλλα προϊόντα όπως τα ζυμαρικά, αλκοολούχα ποτά όπως η μπίρα αλλά και πολλές ζωοτροφές που θα ταΐσουν τα ζώα και με την σειρά τους θα δώσουν τροφή στον άνθρωπο. Τα δημητριακά και τα παράγωγα προϊόντα τους είναι προσιτά στο μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού του πλανήτη, άλλα καταναλώνονται για τη γεύση τους και τη θρεπτική τους αξία και άλλα για την ενέργεια που προσφέρουν στον άνθρωπο. Η μεγάλη θρεπτική αξία της σίκαλης βασίζεται κυρίως στην περιεκτικότητα της σε υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, ακατέργαστες ίνες και βιταμίνες ενώ περιέχει μικρό ποσοστό λίπους. Η σίκαλη ως τροφή στον άνθρωπο λόγω της περιεκτικότητας της στις διάφορες ουσίες έχει αποδειχθεί ότι έχει θετικές επιδράσεις στην υγεία του ανθρώπου. Πιο συγκεκριμένα η σίκαλη είναι πλούσια σε φυτικές ίνες και περιέχει 4 φορές περισσότερες φυτικές ίνες από το λευκό ψωμί, που βοηθούν στη καλή λειτουργία του εντέρου, τη μείωση της χοληστερόλης και τη διατήρηση των επιπέδων σακχάρου στο αίμα σταθερό (Κουβουτσάκης, 2019). Η σίκαλη περιέχει υψηλή ποσότητα μαγνησίου που έχει αντικαταθλιπτική δράση ενώ είναι και καλή πηγή φωσφόρου, μαγγανίου και πρωτεϊνών. Επίσης, περιέχει φυτοοιστρογόνα που δρουν ως αντιοξειδωτικά ενώ τέλος είναι πλούσια σε σίδηρο, ψευδάργυρο, ασβέστιο και βιταμίνες της ομάδας Β (Κουβουτσάκης, 2019). Γενικά, η σίκαλη έχει ταυτιστεί ως υγιές τρόφιμο και σαν εναλλακτική πρώτη ύλη ως άλευρο, για την παραγωγή ψωμιού και άλλων αρτοσκευασμάτων.

Πίνακας 2.1: Η μέση χημική σύσταση της σίκαλης. (Πηγή: Παπαδάκη Χ., Μητλιόγκα Π. 2018, Αρχές Ποιοτικού Ελέγχου Αγροτικών Προϊόντων και Τροφίμων, σελ.30).

Μέση χημική σύσταση σίκαλης	
Υγρασία %κβ	13,7
Πρωτεΐνη %κβ	9,5

Λιπίδια %κβ	1,7
Υδατάνθρακες %κβ	60,7
Ακατέργαστες ίνες %κβ	13,2
Ανόργανα συστατικά %κβ	1,9

Η συγκεκριμένη εργασία έχει ως στόχο να παρουσιάσει τα αποτελέσματα από διάφορες αναλύσεις των ποιοτικών χαρακτηριστικών της σίκαλης. Οι αναλύσεις που επιλέχθηκαν έχουν να κάνουν με την αξιολόγηση της χημικής σύνθεσης των δειγμάτων καθώς και των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών τους και κατά μεγάλο βαθμό και με τα χαρακτηριστικά αλεύρων που χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη για παραγωγή ψωμιού και άλλων προϊόντων.

2.2.1 Υγρασία

Το ποσοστό της υγρασίας αποτελεί σπουδαίο ποιοτικό παράγοντα σε όλα τα σιτηρά και αλεύρα, έτσι και στην σίκαλη. Είναι σπουδαίος ποιοτικός παράγοντας διότι αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες αλλοίωσης των τροφίμων επειδή σε υψηλές τιμές διευκολύνει τις χημικές ενζυμικές αντιδράσεις με αποτέλεσμα την αποσύνθεση του αλεύρου και την ανάπτυξη των μικροοργανισμών όπως για παράδειγμα τους μύκητες, με αποτέλεσμα την αλλοίωση της γεύσης και της οσμής. Επίσης η υψηλή υγρασία στο αλεύρο προσελκύει τα έντομα με αποτέλεσμα την επιμόλυνση του προϊόντος ενώ άλλη αρνητική επίδραση είναι και η δημιουργία συσσωμάτων. Από την άλλη αρνητική επίδραση έχει επίσης και η πολύ χαμηλή υγρασία που μπορεί να προκαλέσει το σπάσιμο των κόκκων στις μετακινήσεις. Στην ουσία η υγρασία συνδέεται με την διατήρηση της ποιότητας ειδικά κατά την αποθήκευση, καθώς έχει και οικονομική σημασία γιατί θα πωλείται νερό αντί για αλεύρο. Το νερό που εμπεριέχεται στα σιτηρά μπορεί να είναι ελεύθερο-απορροφημένο νερό ή δεσμευμένο νερό (χημικά ή φυσικοχημικά δεσμευμένο νερό).

2.2.2 Τέφρα

Η τέφρα είναι το ανόργανο υπόλειμμα που απομένει μετά την αποτέφρωση του δείγματος τρόφιμου σε θερμοκρασίες 500°C + ή την πλήρη οξειδωση της οργανικής ύλης του τρόφιμου. Η περιεκτικότητα σε τέφρα αντιπροσωπεύει την συνολική

περιεκτικότητα του τροφίμου σε ανόργανα άλατα. Στα άλευρα η περιεκτικότητα σε τέφρα αποτελεί ένδειξη της καθαριότητας ή του βαθμού άλεσης, δηλαδή το αν περιέχει και πόσο πίτυρο ή μέρους του φύτρου του σπόρου, που είναι πλούσιο σε ανόργανα συστατικά. Η τέφρα στα άλευρα αποτελείται από οξείδια του καλίου, του μαγνησίου, του ασβεστίου, του αργιλίου και σιδήρου, του φωσφόρου και του τριοξειδίου του θείου. Η ποσότητα της τέφρας επηρεάζεται εκτός από τον βαθμό άλεσης και από τον τρόπο άλεσης, την διαβροχή της σίκαλης, το καθάρισμα και το πλύσιμο της σίκαλης καθώς και από την ποικιλία της σίκαλης. Τέλος, η τέφρα έχει την δυνατότητα να προσδίδει ευχάριστη γεύση στα αρτοσκευάσματα.

2.2.3 Πρωτεΐνες

Τα δημητριακά αποτελούν σημαντική πηγή πρωτεϊνών και πολλές φορές είναι κριτήριο επιλογής η περιεκτικότητα του τροφίμου σε πρωτεΐνη κατά την αγορά του από τον καταναλωτή, τόσο για τους καταναλωτές που θέλουν να έχουν στην διατροφή τους τρόφιμα με μεγάλη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες όσο και σε καταναλωτές που δεν θέλουν να έχουν τρόφιμα με περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες (στην περίπτωση της γλουτένης που κάποιοι άνθρωποι έχουν δυσανεξία σε αυτήν). Οι πρωτεΐνες είναι πολυμερείς ενώσεις μεγάλου μοριακού βάρους που αποτελούνται από αμινοξέα και είναι δομικά στοιχεία του ανθρώπινου ιστού καθώς και προσδίδουν ενέργεια στον άνθρωπο. Οι πρωτεΐνες των δημητριακών συνήθως είναι η γλουτένη που είναι μη υδατοδιαλυτή, οι αλβουμίνες που είναι υδατοδιαλυτές, οι προλαμίνες και οι γλοβουλίνες.

2.2.4 Υγρή και ξηρή γλουτένη

Η γλουτένη είναι απαραίτητη για την αρτοποιία και είναι αποτέλεσμα της ανάμιξης των πρωτεϊνών γλοιαδίνης (που ανήκει στις προλαμίνες) και δίνει εκτατότητα στο ζυμάρι και της γλουτενίνης (που ανήκει στις γλουτελίνες) και δίνει ελαστικότητα στο ζυμάρι με νερό. Το 80% των πρωτεϊνών του αλεύρου συμμετέχουν στον σχηματισμό της γλουτένης ενώ η γλουτένη αποτελείται κατά 70% από γλοιαδίνη και 30% από γλουτενίνη. Η γλουτένη είναι η υγρή, κολλώδης και ελαστική μάζα που μένει στα χέρια μετά από συνεχή μάλαξη του ζυμαριού (αλεύρι και νερό) κάτω από τρεχούμενο νερό, με στόχο την απομάκρυνση των αμυλόκοκκων. Είναι αδιάλυτη στο νερό και έχει την ικανότητα να απορροφά νερό και να διογκώνεται δημιουργώντας στο ζυμάρι ένα πλέγμα το οποίο μπορεί και συγκρατεί μεγάλο μέρος των παραγόμενων

αερίων, κατά βάση του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), με αποτέλεσμα την διόγκωση του τελικού προϊόντος όπως στην περίπτωση του ψωμιού. Η γλουτένη δημιουργείται με την συμβολή του ενζύμου γλουτενάση (μυκητιακής προέλευσης) η οποία εκκρίνεται σε θερμοκρασία 15-20°C προκαλώντας πήξιμο της γλουτένης. Η γλουτένη σχηματίζει ένα τρισδιάστατο πλέγμα στο ζυμάρι που συγκρατεί και τους αμυλόκοκκους εκτός από το διοξείδιο του άνθρακα, ενώ η δύναμη του αλεύρου εξαρτάται από το ποσοστό γλουτένης ανά μονάδα ζυμαριού και από τη δύναμη ενυδάτωσης του. Αν το ποσοστό γλουτένης είναι μικρό και η ενυδάτωση μικρή τότε η αρτοποιητική ικανότητα του ζυμαριού θα είναι χαμηλή και το αντίθετο. Η αρτοποιητική ικανότητα του αλεύρου εξαρτάται από την ποσότητα και ποιότητα της γλουτένης. Η περιεκτικότητα του αλεύρου σε γλουτένη εκτός από την αρτοποιητική ικανότητα έχει σημασία και για λόγους υγείας, καθώς ορισμένα άτομα δεν καταναλώνουν τρόφιμα με περιεκτικότητα σε γλουτένη. Αυτό συμβαίνει καθώς τα άτομα αυτά υποφέρουν από κοιλιοκάκη, μια χρόνια πάθηση του λεπτού εντέρου που χαρακτηρίζεται από δυσανεξία στην γλουτένη με αποτέλεσμα τη μη απορρόφηση των θρεπτικών συστατικών των τροφίμων.

2.2.5 Λίπος

Το λίπος είναι σημαντικό για την καλή λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού διότι είναι η κύρια μορφή αποθήκευσης ενέργειας στο σώμα του ανθρώπου καθώς και ρυθμίζει την θερμοκρασία του σώματος. Το λίπος σε ορισμένες ποσότητες είναι σημαντικό για τον άνθρωπο αλλά σε μεγάλες συγκεντρώσεις μπορεί να προβεί κακό για την ομαλή λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού. Αυτό έχει στρέψει τους καταναλωτές τα τελευταία χρόνια σε τρόφιμα με χαμηλή περιεκτικότητα σε λίπος. Στην σίκαλη η περιεκτικότητα σε λίπος αποσκοπεί στον προσδιορισμό της θερμιδικής της αξίας ενώ η ανάλυση των λιπιδίων στα τρόφιμα γίνεται για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας του λίπους, τον ποιοτικό και ποσοτικό προσδιορισμό των λιπαρών οξέων και των άλλων συστατικών του λίπους όπως βιταμίνες και χοληστερόλη, καθώς και για τον προσδιορισμό των φυσικοχημικών ιδιοτήτων του λίπους.

2.2.6 Υδατάνθρακες

Οι υδατάνθρακες είναι η κύρια μορφή ενέργεια για τον ανθρώπινο οργανισμό. Τα τρόφιμα με περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες είναι αναπόσπαστο κομμάτι της διατροφής του ανθρώπου όπως για παράδειγμα το ψωμί. Η σίκαλη ως πρώτη ύλη για παραγωγή ψωμιού σικάλεως, έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες. Οι

υδατάνθρακες στα δημητριακά κατά μεγάλο ποσοστό είναι το άμυλο με την μορφή αμυλόκοκκων, ενώ στα πίτυρα βρίσκονται και άλλοι υδατάνθρακες όπως οι κυτταρίνες και οι πεντοζάνες.

2.2.7 Τιμή pH

Τιμή pH ή ενεργή οξύτητα είναι ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος της συγκέντρωσης κατιόντων H^+ ($pH = -\log[H^+]$). Η κλίμακα μέτρησης του pH διακρίνεται στην όξινη περιοχή με $pH < 7$, στην ουδέτερη περιοχή με $pH = 7$ και στη βασική ή αλκαλική περιοχή με $pH > 7$. Η μέτρηση της τιμής pH είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό στα άλευρα και είναι συνδεδεμένο με την μέτρηση της οξύτητας. Η τιμή pH στο άλευρο σίκαλης είναι σημαντικό διότι αποτελεί κριτήριο της επεξεργασίας και της αποθήκευσης που έχει υποστεί το προϊόν. Όταν έχουμε αυξημένη οξύτητα και φυσιολογική τιμή pH αυτό σημαίνει ότι τα φωσφορικά άλατα του αλεύρου έχουν διασπαστεί λόγω μεγάλης χρονικής διάρκειας αποθήκευσης, ενώ μικρή αύξηση της οξύτητας και μεγάλη μείωση του pH φανερώνει την παρουσία ελεύθερων λιπαρών οξέων, λόγω αλλοίωσης του αλεύρου από μύκητες κατά την αποθήκευση.

2.2.8 Οξύτητα

Τα οξέα στα τρόφιμα μπορούν να βρίσκονται ως φυσικά συστατικά, ως αποτέλεσμα ζύμωσης ή ως πρόσθετα. Τα οξέα χωρίζονται είτε σε οργανικά με μορφή ελευθέρων οξέων ή σε μορφή αλάτων και εστέρων, είτε σε ανόργανα όπως το φωσφορικό οξύ ή υπό μορφή αλάτων και εστέρων. Τα οξέα στα άλευρα επηρεάζουν την θρεπτική αξία τους, καθώς παίζουν σημαντικό ρόλο στην ισορροπία οξέων και βάσεων στον οργανισμό. Η οξύτητα στο άλευρο σίκαλης είναι συνδεδεμένη με τις συνθήκες αποθήκευσης του αλεύρου. Όταν οι συνθήκες δεν είναι κατάλληλες τότε λαμβάνουν μέρος διάφορες χημικές μεταβολές, με αποτέλεσμα την αποσύνθεση και έτσι την αύξηση των οξέων. Αυτό που συμβαίνει στα πρώτα στάδια της αποσύνθεσης είναι η διάσπαση των ελαίων από τα ένζυμα λιπάσες, που ως αποτέλεσμα έχει την απελευθέρωση των λιπαρών οξέων και έτσι την αύξηση της οξύτητας του σίτου και του αλεύρου. Η οξύτητα επηρεάζει τα χαρακτηριστικά του αλεύρου όπως την γεύση, το χρώμα, τη μικροβιακή σταθερότητα και την διατηρησιμότητα του. Η οξύτητα στα άλευρα εκφράζεται συμβατικά ως συγκέντρωση ‰ ή g/ L θειικού οξέος σε 100 γραμμάρια τρόφιμου, μιας και δεν γνωρίζουμε τα οξέα που μπορεί να περιέχει το δείγμα. Η έκφραση της οξύτητας συνήθως γίνεται ως προς το οξύ που κυριαρχεί.

2.2.9 Ενεργότητα νερού

Η μέτρηση της ενεργότητας νερού (water activity-aw) είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό για τα τρόφιμα πόσο μάλλον και για τα άλευρα διότι τα άλευρα είναι υγροσκοπικά, με αποτέλεσμα να μπορούν πολύ εύκολα να απορροφήσουν υγρασία από το περιβάλλον και έτσι να αυξηθεί η ενεργότητα νερού παραπάνω από το όριο. Η ενεργότητα νερού είναι η ποσότητα του νερού που είναι διαθέσιμη για τους μικροοργανισμούς για να διεξάγουν τις μεταβολικές τους δραστηριότητες, να αναπτυχθούν και να παράγουν τοξίνες. Αν τα άλευρα εκτεθούν σε υψηλή υγρασία όπως υγρασία 70%, η ενεργότητα νερού θα περάσει τα όρια ασφαλείας σε 24 ώρες με αποτέλεσμα να αλλοιωθεί το άλευρο. Συγκεκριμένα στα σιτηρά και άλευρα οι μύκητες αποτελούν μεγάλη απειλή αφού έχουν την δυνατότητα να αναπτυχθούν σε χαμηλές τιμές aw με αποτέλεσμα την παραγωγή μυκοτοξινών και έτσι την μόλυνση του τροφίμου, κρίνοντας το ακατάλληλο προς κατανάλωση. Σαν ενεργότητα νερού σε ένα τρόφιμο ορίζεται ο λόγος της μερικής πίεσης ατμών του περιβάλλοντος σε ισορροπία με το τρόφιμο (τάσης ατμών του τροφίμου) προς την τάση ατμών του καθαρού νερού (πίεση κορεσμού), στις ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης. Για αυτό και σύμφωνα με τα παραπάνω το μηχάνημα που θα χρησιμοποιηθεί για την μέτρηση της ενεργότητας νερού, μετρά την τάση των υδρατμών του προς ανάλυση δείγματος. Η τιμές της ενεργότητας νερού είναι από 0-1, καθώς επίσης η ανάπτυξη των βακτηριδίων περιορίζεται σε $aw > 0,90$ ενώ κατώτερο όριο ανάπτυξης των μικροοργανισμών είναι 0,70-0,75. Τα ξηρά και αφυδατωμένα τρόφιμα όπως τα σιτηρά και άλευρα έχουν τιμές $aw < 0,60-0,65$ για την εξασφάλιση της ασφάλειας των τροφίμων από τους μικροοργανισμούς. Η ενεργότητα νερού είναι σημαντική για την υγιεινή και ασφάλεια του τροφίμου καθώς μπορεί να μας δείξει τις συνθήκες κατά τις οποίες αποθηκεύτηκε το σιτηρό ή το άλευρο όπως και τις ενέργειες τις οποίες υπέστη.

2.2.10 Ικανότητα συγκράτησης νερού

Η μέτρηση της ικανότητας συγκράτησης νερού (Water Holding Capacity-WHC) στα άλευρα είναι σημαντική διότι έχει σημαντική επίδραση στις αρτοποιητικές ιδιότητες του αλεύρου, καθώς κατά τη θέρμανση του αλεύρου οι πρωτεΐνες μετουσιώνονται αποβάλλοντας νερό το οποίο προσλαμβάνεται από το άμυλο και τις φυτικές ίνες, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η υφή του τελικού προϊόντος. Η WHC αυξάνεται όσο αυξάνεται και το ποσοστό του <<κατεστραμμένου αμύλου>> καθώς

αυξάνεται η επιφάνεια ανά μονάδα βάρους και έτσι αυξάνεται ο ρυθμός προσρόφησης του νερού.

2.2.11 Δοκιμή καθίζησης (Zeleny test)

Με το τεστ αυτό και την μέτρηση του συγκεκριμένου χαρακτηριστικού εκτιμάται η αρτοποιητική ικανότητα του αλεύρου, που εξαρτάται από την ποιότητα και την ποσότητα της γλουτένης. Η τιμή καθίζησης μπορεί να είναι και δείκτης διάσπασης (πρωτεόλυσης) των πρωτεϊνών ενώ σε περιπτώσεις έντονης αλλαγής του πρωτεϊνικού πλέγματος από την προσβολή του σίτου από το έντομο πεντατομίτης (Pentatomidae), η τιμή καθίζησης μειώνεται αισθητά σε σχέση με την αρχική τιμή.

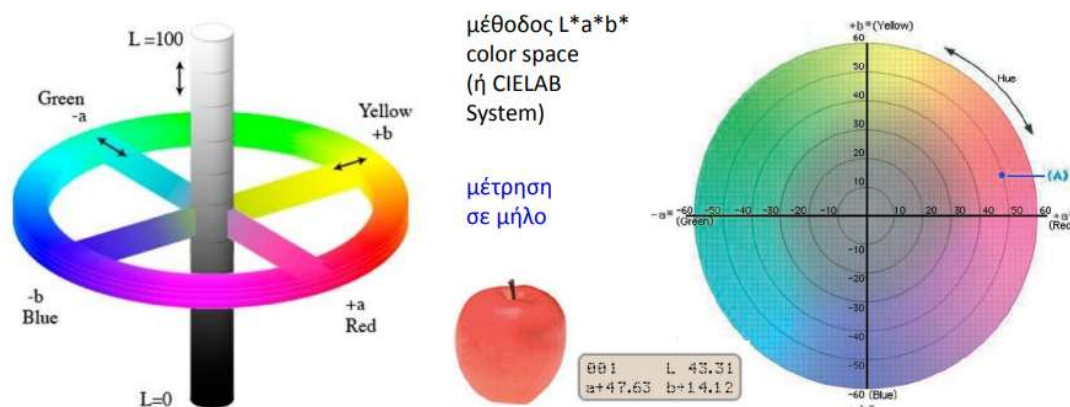
2.2.12 Αρτοποιητική ικανότητα

Η μέτρηση της αρτοποιητικής ικανότητας είναι ο προσδιορισμός της αύξησης του όγκου του ζυμαριού μετά από προσθήκη νερού και ζυμών στο αλεύρο και την τοποθέτηση του ζυμαριού σε κλίβανο επώασης, όπου επικρατούν άριστες συνθήκες θερμοκρασίας που δίνουν την δυνατότητα ανάπτυξης των ζυμών. Στην ουσία με την χρήση ζυμών έχουμε την βιολογική διόγκωση του ζυμαριού, όπου ζυμώνονται τα σάκχαρα του ζυμαριού παράγοντας διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και άλλα προϊόντα. Με το πείραμα αυτό μπορούμε να ελέγξουμε εάν το αλεύρι είναι ικανό να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ψωμιού και άλλων αρτοσκευασμάτων.

2.2.13 Χρώμα

Το χρώμα είναι σημαντικό χαρακτηριστικό ενός τρόφιμου καθώς το χρώμα είναι ένα από τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, όπου οι καταναλωτές αξιολογούν ποιοτικά το τρόφιμο. Το χρώμα είναι από τα πρώτα χαρακτηριστικά που αντιλαμβάνεται ο καταναλωτής καθώς επίσης αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την επιλογή και αξιολόγηση του τρόφιμου. Στην ουσία αν ένα τρόφιμο έχει κακό χρώμα ο καταναλωτής δεν θα προχωρήσει στην αξιολόγηση των υπόλοιπων χαρακτηριστικών του όπως η γεύση, η υφή και η οσμή. Η αξιολόγηση του χρώματος είναι υποκειμενικό για κάθε άνθρωπο, όμως μπορεί και αξιολογείτε πειραματικά με πολλούς τρόπους. Η χρήση του χρωματόμετρου έγινε με την μέθοδο L^*a^*b color space (ή CIELAB System) που είναι η μέθοδος 3 διαστάσεων. Ο άξονας L μας δείχνει την φωτεινότητα (0=μαύρο και 100=λευκό), ο άξονας a είναι ο οριζόντιος άξονας (a^+ =κόκκινο και a^- = πράσινο) και ο άξονας b είναι ο κάθετος άξονας (b^+ =κίτρινο και b^- =μπλε). Επίσης παρουσιάζονται και άλλες μετρήσεις στα αποτελέσματα όπως η τιμή C που είναι η

ένταση του χρώματος και μετρά την φωτεινότητα (100) και το πόσο θαμπό (0) είναι το δείγμα καθώς και η τιμή h που μετρά την απόχρωση.



Εικόνες 2.1 και 2.2: Η μέθοδος 3 διαστάσεων (αριστερά). Η μέτρηση χρώματος ενός μήλου και η ταυτοποίηση του χρώματος (δεξιά). (Πηγή: Κουντουράς Κ.).

2.2 Προσυλλεκτικοί και μετασυλλεκτικοί παράγοντες που επηρεάζουν το αλεύρι σίκαλης.

2.2.1 Εχθροί και ασθένειες

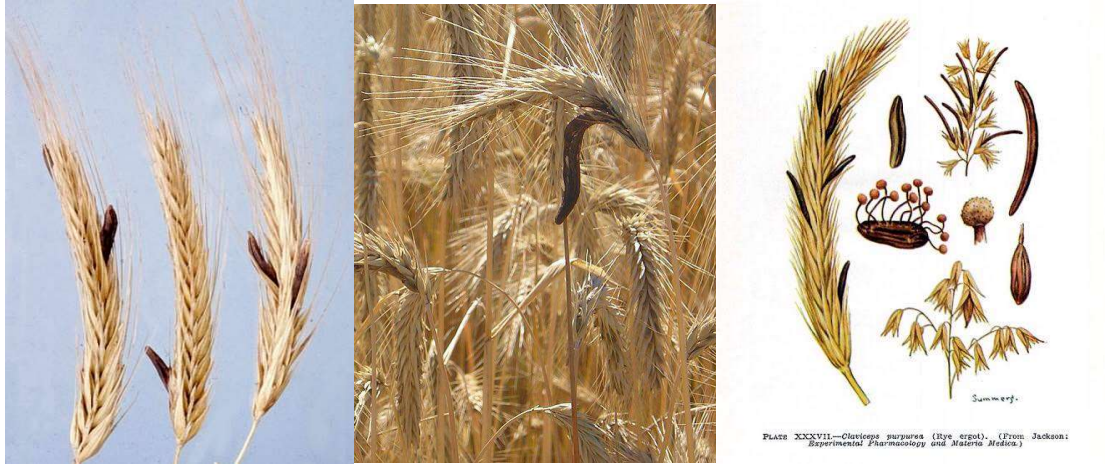
Η σίκαλη όπως και τα υπόλοιπα χειμερινά σιτηρά προσβάλλεται από διάφορους παράγοντες, εχθρούς και ασθένειες με την διαφορά ότι τα αποτελέσματα των προσβολών αυτών είναι μικρότερα στην σίκαλη από ότι στα άλλα χειμερινά σιτηρά. Από την άλλη όμως υπάρχει μια ασθένεια στην οποία η σίκαλη είναι παραπάνω ευαίσθητη και αυτή είναι η εργοτίαση, που θα αναλυθεί παρακάτω. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την σίκαλη τόσο σε προσυλλεκτικό επίπεδο για παράδειγμα στον αγρό, τόσο και σε μετασυλλεκτικό επίπεδο για παράδειγμα σε αποθήκες, είναι ένα σημαντικό κομμάτι που ο παραγωγός θα πρέπει να προσέχει και να αντιμετωπίσει διότι μπορεί να αλλοιώσουν το τρόφιμο και να δημιουργήσουν προβλήματα υγείας σε αυτούς που θα το καταναλώσουν. Η σίκαλη μπορεί να προσβληθεί τόσο στο χωράφι όσο και στο χώρο αποθήκευσης από διάφορα είδη εντόμων που θα αλλοιώσουν τόσο το φυτό όσο και το τρόφιμο. Μπορεί να προσβληθεί από ασθένειες που δημιουργούνται από μικροοργανισμούς όπως μυκητολογικές και ιολογικές ασθένειες. Επίσης η σίκαλη μπορεί να επηρεαστεί και από τις διάφορες κλιματικές συνθήκες, όμως σε αυτή την περίπτωση όπως προαναφέρθηκε στα κεφάλαια παραπάνω, η σίκαλη έχει την τάση να είναι πιο ανθεκτική τόσο στα ακραία κλιματικά φαινόμενα, όσο και σε άλλους παράγοντες σε σύγκριση με τα άλλα χειμερινά σιτηρά. Στην περίπτωση επηρεασμού

της σίκαλης από μετασυλλεκτικούς παράγοντες εδώ αλλάζουν τα πράγματα καθώς η σίκαλη τόσο σε μορφή σπόρου όσο και σε μορφή αλεύρου μετά από άλεση, πλέον είναι πιο εκτεθειμένη και είναι πιο εύκολο να αλλοιωθεί. Για παράδειγμα όπως αναφέρθηκε και παραπάνω στο κομμάτι της υγρασίας, αυτή μπορεί να προκαλέσει διάφορα προβλήματα στο άλευρο όπως το να προσελκύσει έντομα με αποτέλεσμα το άλευρο να επιμολυνθεί από αυτά. Επακόλουθο θα είναι η μόλυνση του αλεύρου από μικροβιολογικούς παράγοντες που θα καταστήσουν το τρόφιμο επικίνδυνο προς κατανάλωση. Επιπλέον, εάν η σίκαλη ως σπόρος ή ως άλευρο είναι εκτεθειμένη μπορεί να επιμολυνθεί και από διάφορα ξένα υλικά που μπορεί να βρίσκονται στον χώρο αποθήκευσης. Άλλος παράγοντας που συνδέεται με την υγρασία είναι η αύξηση της ενεργότητας νερού-aw που θα αυξήσει την ποσότητα του νερού που θα είναι διαθέσιμο στους μικροοργανισμούς και θα χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη τους.

2.2.2 Εργοτίαση *Claviceps purpurea* (Fr.) Tul.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η εργοτίαση είναι μια ασθένεια που παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον όσον αφορά τους εχθρούς και τις ασθένειες της σίκαλης, καθώς η σίκαλη είναι περισσότερο ευαίσθητη σε αυτήν. Η εργοτίαση έχει την δυνατότητα να προκαλέσει αλλοίωση τόσο στο φυτό όσο και στον σπόρο, που με την σειρά του μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στον άνθρωπο ή τα ζώα που μπορεί να το καταναλώσουν. Η εργοτίαση παρατηρείται σε ολόκληρο τον κόσμο και προσβάλλει όλα τα χειμερινά σιτηρά με κύριο ξενιστή όμως τη σίκαλη (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012). Το χαρακτηριστικό εμφανές σύμπτωμα της συγκεκριμένης ασθένειας είναι η αντικατάσταση ενός ή περισσότερων κόκκων του στάχυ από μαυροϊώδη, κερατόσχημα σκληρώτια (μέχρι 30 εκατοστά μήκος) που προεξέχουν από τα λέπυρα των ώριμων σταχίων. Τα σκληρώτια ολόκληρα ή σπασμένα παρατηρούνται εύκολα στο προϊόν που έχει συγκομισθεί. Ο μύκητας που δημιουργεί αυτήν την πάθηση παράγει αλκαλοειδή, πολλά από τα οποία είναι παράγωγα του λυσεργικού οξέος που είναι συγγενής ουσία του LSD. Η κατανάλωση τροφής που περιέχει ικανή ποσότητα σκληρωτίων του μύκητα, μπορεί να προκαλέσει στον άνθρωπο γαγγραινώδη εργοτισμό και νευρικό εργοτισμό. Σε οικόσιτα ζώα μπορεί να προκληθεί αποβολή των εμβρύων, επίδραση στις ορμονικές λειτουργίες, γάγγραινα, δυσκολία στην αναπνοή κ.α. Από την άλλη τα σκληρώτια του μύκητα χρησιμοποιούνται στην ιατρική για την παραγωγή εκτρωτικών φαρμάκων και έτσι η σίκαλη μπορεί να καλλιεργηθεί ως φαρμακευτικό φυτό. Η αντιμετώπιση της εργοτίαςης γίνεται με διάφορες ενέργειες όπως τη χρήση υγιούς

σπόρου, την αμειψισπορά και τη βαθιά άροση. Με τις παραπάνω ενέργειες τα σκληρώτια δεν βλαστάνουν ή εάν βλαστήσουν, δεν θα φθάσουν στην επιφάνεια όταν βρίσκονται σε βάθος μεγαλύτερο από 4 εκατοστά (Παπακώστα-Τασοπούλου, 2012).



Εικόνες 2.3,2.4 και 2.5: Φυτό σίκαλης που έχει προσβληθεί από εργοτίαση.

(Πηγή:<https://alfeiospotamos.gr/2014/11/17/%CE%B6%CE%AD%CE%B1-%CE%AE-%CE%B6%CE%B5%CE%B9%CE%AC-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CE%B5%CF%81%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%B2%CF%8E%CE%B4%CE%B7%CF%82-%CF%8C%CE%BB%CF%85%CF%81%CE%B1/>).

ΜΕΡΟΣ 2^ο - ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

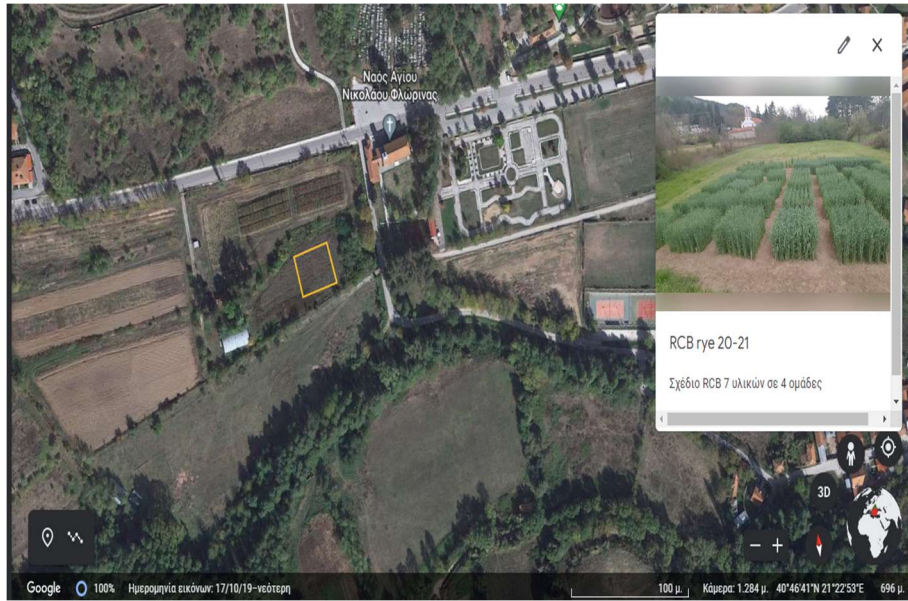
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο – ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1 Σκοπός Πειραματισμού

Ο σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η αξιολόγηση των ποιοτικών και φυσικοχημικών χαρακτηριστικών δειγμάτων αλεύρου διαφορετικών γενοτύπων σίκαλης (*Secale cereale* L.).

3.1.1 Υλικά, Μέθοδοι Σποράς, Γενετικό Υλικό και Επαναλήψεις

Για το πειραματικό μέρος και τις μετρήσεις των ποιοτικών και φυσικοχημικών χαρακτηριστικών, χρησιμοποιήθηκαν 28 δείγματα σίκαλης τα οποία προήλθαν από πειραματισμό την καλλιεργητική περίοδο 2020-2021. Πιο συγκεκριμένα στο αγρόκτημα του Τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας εγκαταστάθηκε στις 2/11/20 πειραματικός αγρός (Εικόνα 3.1) για την καλλιεργητική περίοδο 2020-2021. Το φυτικό υλικό αποτελούνταν από έξι διαφορετικούς πληθυσμούς σίκαλης (*Secale cereale* L.), καθώς και από μια εισαγόμενη εμπορική ποικιλία (Πίνακας 3.1) (Εικόνα 3.2). Το πειραματικό σχέδιο που χρησιμοποιήθηκε, ήταν το πλήρες τυχαιοποιημένο με τέσσερις επαναλήψεις (Πίνακας 3.2). Κάθε πειραματικό τεμάχιο αποτελούνταν από επτά γραμμές μήκους 2m με απόσταση 0,25m μεταξύ των γραμμών (Εικόνα 3.3). Μεταξύ των επαναλήψεων υπήρχε διάδρομος του 1m. Η σπορά (2/11/21) πάνω στη γραμμή έγινε με το χέρι (Εικόνα 3.4) και η ποσότητα σπόρου που χρησιμοποιήθηκε ήταν 8 γραμμάρια ανά γραμμή, η οποία αντιστοιχεί στα 18-20 κιλά ανά στρέμμα σε συνθήκες καλλιέργειας.



Εικόνα 3.1: Τοποθεσία πειραματικού αγρού στο αγρόκτημα του τμήματος Γεωπονίας της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας στην περιοχή της Φλώρινας. (Πηγή: www.earth.google.com).



Εικόνα 3.2: Σπόροι σίκαλης βεύης *Secale cereale* L. από τα 6 διαφορετικά υλικά (6 πληθυσμοί από την ευρύτερη περιοχή της Φλώρινας και 1 εμπορική ποικιλία). (Πηγή: Σιστάνης Ιωσήφ).

Πίνακας 3.1: Κωδικοί πληθυσμών σίκαλης βεύης και η γεωγραφική κατανομή τους.

Α/Α	ΚΑΤΟΧΟΣ ΥΛΙΚΟΥ	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ
1	ΠΑΠΑΤΟΛΗΣ	ΟΞΥΑ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ
2	ΠΑΠΑΡΟΥΣΗΣ	ΒΕΥΗ ΦΛΩΡΙΝΑΣ
3	ΤΣΑΡΤΣΙΤΑΛΙΔΗΣ	ΠΟΛΥΠΛΑΤΑΝΟΣ ΦΛΩΡΙΝΑΣ
4	ΚΙΖΙΡΙΔΗΣ	ΑΓΡΟΚΤΗΜΑ ΚΙΖΙΡΙΔΗ
5	ΤΑΝΟΣ	ΠΑΠΑΓΙΑΝΝΗΣ ΦΛΩΡΙΝΑΣ
6	ΓΚΑΤΖΟΠΟΥΛΟΣ	ΝΙΚΗ ΦΛΩΡΙΝΑΣ
7	ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΠΟΙΚΙΛΙΑ DUCATO	ΕΑΣ ΦΛΩΡΙΝΑΣ



Εικόνα 3.3: Πειραματικό τεμάχιο (plot) σίκαλης του σχεδίου τυχαιοποιημένων ομάδων (RCB), με 7 γραμμές μήκους 2m και απόσταση 25cm μεταξύ των γραμμών. (Πηγή: Σιστάνης Ιωσήφ).



Εικόνα 3.4: Εγκατάσταση πειραματικού αγρού σίκαλης *Secale cereale L.* σε σχέδιο τυχαιοποιημένων ομάδων. (Πηγή: Σιστάνης Ιωσήφ).

Η συγκομιδή πραγματοποιήθηκε στο φυσιολογικό στάδιο της ωρίμανσης του σπόρου με ειδική πειραματική θεριζοαλωνιστική μηχανή (Εικόνα 3.5).



Εικόνα 3.5: Συγκομιδή plot καλλιέργειας σίκαλης με πειραματική θεριζοαλωνιστική μηχανή. (Πηγή: Σιστάνης Ιωσήφ).

Πίνακας 3.2: Πλήρως τυχαιοποιημένο σχέδιο (*Randomized Complete Block – RCB*) των 7 υλικών σε 4 επαναλήψεις.

	1η επανάληψη	2η επανάληψη	3η επανάληψη	4η επανάληψη
Plot 1	ΠΑΠΑΤΟΛΗΣ	DUCATO	ΝΙΚΗ	ΚΙΖΙΡΙΔΗΣ
Plot 2	ΠΑΠΑΡΟΥΣΗΣ	ΤΑΝΟΣ	ΚΙΖΙΡΙΔΗΣ	ΠΑΠΑΤΟΛΗΣ

Plot 3	ΤΣΑΡΤΣΙΤΑΛΙΔΗΣ	ΠΑΠΑΤΟΛΗΣ	ΔΟΥΚΑΤΟ	ΝΙΚΗ
Plot 4	ΚΙΖΙΡΙΔΗΣ	ΤΣΑΡΤΣΙΤΑΛΙΔΗΣ	ΠΑΠΑΤΟΛΗΣ	ΤΑΝΟΣ
Plot 5	ΤΑΝΟΣ	ΝΙΚΗ	ΤΣΑΡΤΣΙΤΑΛΙΔΗΣ	ΠΑΠΑΡΟΥΣΗΣ
Plot 6	ΝΙΚΗ	ΠΑΠΑΡΟΥΣΗΣ	ΤΑΝΟΣ	ΔΟΥΚΑΤΟ
Plot 7	ΔΟΥΚΑΤΟ	ΚΙΖΙΡΙΔΗΣ	ΠΑΠΑΡΟΥΣΗΣ	ΤΣΑΡΤΣΙΤΑΛΙΔΗΣ

Πίνακας 3.3: Ονομασία των 28 δειγμάτων σίκαλης καθώς και η κωδικοποίησή τους με βάση το γενετικό τους υλικό και την επανάληψη.

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΔΕΙΓΜΑ	ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΓΕΝΕΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΓΕΝΕΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ
1	1-1	1	1	ΠΑΠΑΤΟΛΗΣ
2	1-2	1	2	ΠΑΠΑΡΟΥΣΗΣ
3	1-3	1	3	ΤΣΑΡΤΣΙΤΑΛΙΔΗΣ
4	1-4	1	4	ΚΙΖΙΡΙΔΗΣ
5	1-5	1	5	ΤΑΝΟΣ
6	1-6	1	6	ΝΙΚΗ
7	1-7	1	7	ΔΟΥΚΑΤΟ
8	2-1	2	7	ΔΟΥΚΑΤΟ
9	2-2	2	5	ΤΑΝΟΣ
10	2-3	2	1	ΠΑΠΑΤΟΛΗΣ
11	2-4	2	3	ΤΣΑΡΤΣΙΤΑΛΙΔΗΣ
12	2-5	2	6	ΝΙΚΗ
13	2-6	2	2	ΠΑΠΑΡΟΥΣΗΣ
14	2-7	2	4	ΚΙΖΙΡΙΔΗΣ
15	3-1	3	6	ΝΙΚΗ
16	3-2	3	4	ΚΙΖΙΡΙΔΗΣ
17	3-3	3	7	ΔΟΥΚΑΤΟ
18	3-4	3	1	ΠΑΠΑΤΟΛΗΣ
19	3-5	3	3	ΤΣΑΡΤΣΙΤΑΛΙΔΗΣ
20	3-6	3	5	ΤΑΝΟΣ
21	3-7	3	2	ΠΑΠΑΡΟΥΣΗΣ
22	4-1	4	4	ΚΙΖΙΡΙΔΗΣ
23	4-2	4	1	ΠΑΠΑΤΟΛΗΣ
24	4-3	4	6	ΝΙΚΗ
25	4-4	4	5	ΤΑΝΟΣ

26	4-5	4	2	ΠΑΠΑΡΟΥΣΗΣ
27	4-6	4	7	DUCATO
28	4-7	4	3	ΤΣΑΡΣΙΤΑΛΙΔΗΣ

3.2 Προσδιορισμός ποιοτικών και φυσικοχημικών χαρακτηριστικών αλεύρου σίκαλης με αναλυτικές χημικές μεθόδους.

3.2.1 Προετοιμασία δειγμάτων και άλεση

Για το πειραματικό μέρος της ανάλυσης ποιοτικών χαρακτηριστικών χρησιμοποιήθηκαν 28 κωδικοποιημένα δείγματα σπόρων σίκαλης (1-1 έως 1-7, 2-1 έως 2-7, 3-1 έως 3-7 και 4-1 έως 4-7). Πριν την διαδικασία της άλεσης τα δείγματα των σπόρων προθερμάθηκαν σε κλίβανο ξήρανσης με σκοπό την ευκολότερη άλεση των σπόρων. Έπειτα από την διαδικασία αποξήρανσης των σπόρων σίκαλης στον κλίβανο, έλαβε χώρα η άλεση τους με σκοπό να δημιουργηθεί σκόνη αλεύρου. Η άλεση των σπόρων πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια εργαστηριακού μύλου άλεσης TYPE 4240. Οι σπόροι σίκαλης ρίχνονταν αργά και σταθερά μέσα στον υποδοχέα του μύλου και στο τέλος της διαδικασία άλεσης λαμβανόταν η σκόνη - αλεύρι του κάθε δείγματος σπόρου. Η διαδικασία αυτή έλαβε χώρα και για τα 28 δείγματα που προορίζονταν για ανάλυση. Ύστερα από κάθε εναλλαγή δείγματος προς άλεση ο μύλος καθαρίζονταν καλά και σχολαστικά για να απομακρυνθούν τυχόν υπολείμματα από την άλεση ή ξένα υλικά, με στόχο να αποφευχθεί οποιαδήποτε ανάμιξη ή επιμόλυνση των διαφορετικών προς ανάλυση δειγμάτων που θα είχε ως συνέπεια λάθος αποτελέσματα στην πειραματική διαδικασία. Ο καθαρισμός του μύλου γινόταν με απομάκρυνση των υπολειμμάτων του σπόρου και καθαρισμό του μηχανήματος με χρήση πινέλου. Μετά το πέρας της κάθε άλεσης το αλεύρι που δημιουργήθηκε τοποθετήθηκε σε γυάλινα δοχεία, επισήμασμένα με το κωδικό του κάθε δείγματος με την βοήθεια ανεξίτηλου μαρκαδόρου. Τα δοχεία ήταν ερμητικά κλειστά για να αποφευχθεί τυχόν αλλοίωση και καταστροφή των δειγμάτων όσον αφορά τα ποιοτικά και φυσικοχημικά τους χαρακτηριστικά, όπως στην περίπτωση της απορρόφησης υγρασίας. Η διαδικασία της άλεσης έγινε ούτως ώστε να επιτευχθεί η ευκολότερη ανάλυση των σπόρων υπό μορφή σκόνης και για την ευκολότερη διαχείριση των δειγμάτων με στόχο την καλύτερη επίτευξη του πειραματικού μέρους.



Εικόνες 3.6, 3.7 και 3.8: Σπόροι προς άλεση (αριστερά). Εργαστηριακός μύλος άλεσης (μέση). Δείγματα αλεύρου μέσα σε επισημασμένα δοχεία (δεξιά). (Πηγή: Προσωπικό αρχείο-Νιτσάϊ Ναούμ).

3.2.2 Προσδιορισμός ποσοστού υγρασίας

Η αναλυτική διαδικασία για τον προσδιορισμό της υγρασίας έγινε με την μέθοδο αποξήρανσης του δείγματος σε κλίβανο ξήρανσης. Για τον προσδιορισμό της υγρασία στα δείγματα αλεύρου σίκαλης αρχικά επισημάνθηκαν με ανεξίτηλο μαρκαδόρο οι πορσελάνινες κάψες με το αντίστοιχο αριθμό του κάθε δείγματος. Έπειτα οι κάψες προξηράνθηκαν στους $102 \pm 2^\circ\text{C}$ για 1 ώρα σε κλίβανο ξήρανσης (BINDER, ED115, Germany) μέχρι σταθερού βάρους. Μετά το πέρας της 1 ώρας με την βοήθεια της πυράγρας (λαβίδα) τοποθετήθηκαν οι κάψες στον ξηραντήρα μέχρι να κρυσώσουν και να αποκτήσουν την θερμοκρασία περιβάλλοντος. Στην συνέχεια όταν οι κάψες κρυσώσαν με την βοήθεια της λαβίδας μεταφέρθηκαν στον ζυγό (SHIMADZU, UX420H, Germany) ζυγίστηκαν και καταγράφηκε το βάρος (Βάρος Κάψας)(BK). Μετά την καταγραφή της τιμής ο ζυγός μηδενίστηκε με την κάψα επάνω και ζυγίστηκαν περίπου 3 gr αλεύρου (με ακρίβεια 3 δεκαδικών) από το υπό εξέταση δείγμα (Βάρος Δείγματος)(BD). Στην συνέχεια τοποθετήθηκαν οι κάψες στον κλίβανο ξήρανσης για 3,5 ώρες ή μέχρι σταθερού βάρους στους $102 \pm 2^\circ\text{C}$. Μετά το τέλος της ξήρανσης τοποθετήθηκαν οι κάψες στον ξηραντήρα μέχρι να κρυσώσουν με την βοήθεια λαβίδας. Τέλος, ζυγίστηκαν οι κάψες μόλις κρυσώσαν και απόκτησαν την θερμοκρασία περιβάλλοντος (Βάρος Κάψας + Δείγματος Μετά την ξήρανση)(BK+Δ META). Τα αποτελέσματα των μετρήσεων εκφράστηκαν ως %κ.β υγρασία.

Ο υπολογισμός για το ποσοστό υγρασία έγινε με την βοήθεια του τύπου:

Βάρος "ξηρής ουσίας" = (Βάρος κάψας + Δείγμα ΜΕΤΑ)-Βάρος Κάψας

Βάρος "υγρασίας" (BY) = Βάρος Δείγματος-Βάρος Ξηρής Ουσίας (ΒΞΟ)

Σε Δgr δείγματος περιέχονται Y gr υγρασίας

Σε 100gr $x=;$ gr

$$x=(Y*100)/\Delta$$

ή

$$\text{Υγρασία}\% = \frac{W(\text{Αρχικό}) - W(\text{Τελικό})}{W(\text{Αρχικό})} \times 100$$



Εικόνες 3.9 και 3.10: Κλίβανος ξήρασης (δεξιά). Ξήρανση δειγμάτων στον κλίβανο ξήρασης (αριστερά). (Πηγή: Προσωπικό αρχείο-Νιτσάϊ Ναούμ).

3.2.3 Προσδιορισμός τέφρας

Η αναλυτική διαδικασία για τον προσδιορισμό της τέφρας έγινε με την αποτέφρωση του δείγματος σε αποτεφρωτή. Για τον προσδιορισμό της τέφρας στα δείγματα αλεύρου σίκαλης αρχικά επισημάνθηκαν με μολύβι τα πορσελάνινα χωνευτήρια στο κάτω μέρος τους. Αυτή η κίνηση έγινε για να μπορούν να ταυτοποιηθούν τα χωνευτήρια μετά την διαδικασία αποτέφρωσης, διότι λόγω των πολύ υψηλών θερμοκρασιών κατά την αποτέφρωση, αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα να σβηστεί η αρίθμηση των χωνευτηρίων με ανεξίτηλο μαρκαδόρο. Η αρίθμηση με μολύβι

αντέχει στις υψηλές θερμοκρασίες ή αν σβηστεί αφήνει σημάδι που καθιστά δυνατόν την ανάγνωση του αριθμού. Τα πορσελάνινα χωνευτήρια αρχικά ξηράθηκαν στους $102 \pm 2^\circ\text{C}$ για 1 ώρα σε κλίβανο ξήρανσης (BINDER, ED115, Germany). Έπειτα, μετά το πέρας της 1 ώρας τα χωνευτήρια μεταφέρθηκαν στον ξηραντήρα με την βοήθεια λαβίδας για να κρυώσουν και να αποκτήσουν θερμοκρασία περιβάλλοντος και στην συνέχεια ζυγίστηκαν στον αναλυτικό ζυγό (SHIMADZU, UX420H, Germany)(*Βάρος Χωνευτηρίου*)(BX). Έπειτα ο ζυγός μηδενίστηκε με το χωνευτήρι πάνω και ζυγίστηκαν περίπου 5gr δείγματος αλεύρου (με ακρίβεια 3 δεκαδικών)(*Βάρος Δείγματος*)(BA). Επόμενο βήμα ήταν η τοποθέτηση των χωνευτηρίων μαζί με το δείγμα στον κλίβανο αποτέφρωσης (LINN, LM 412.07, Germany) στους 550°C , έως ότου η τέφρα αποκτήσει γκριζόλευκο χρώμα και σταθερό βάρος. Η διαδικασία της αποτέφρωσης μπορεί να κρατήσει και 4,5 ώρες αλλά συνήθως η διάρκεια της είναι 12-18 ώρες. Μετά το πέρας της διαδικασίας της αποτέφρωσης η ασφαλισμένη πόρτα του κλίβανου ανοίχθηκε αφού η θερμοκρασία στο εσωτερικό του κλίβανου πέσει $<250^\circ\text{C}$, ενώ στην συνέχεια με την μείωση και άλλο της θερμοκρασίας τα χωνευτήρια απομακρύνθηκαν από τον κλίβανο αποτέφρωσης. Τα χωνευτήρια μεταφέρθηκαν στην συνέχεια στον ξηραντήρα για να ψυχθούν και τέλος ζυγίστηκαν (*Βάρος Χωνευτηρίου και Δείγματος Μετά την αποτέφρωση*)(BX+Δ META). Τα αποτελέσματα της μέτρησης εκφράστηκαν σε % τέφρα.

Ο υπολογισμός του ποσοστού τέφρας των δειγμάτων έγινε με την βοήθεια του τύπου:

Βάρος "τέφρας": (Βάρος Χωνευτηρίου + Δείγμα META)-Βάρος Χωνευτηρίου

Σε Δgr δείγματος περιέχονται Tgr τέφρας

Σε 100gr

x=;gr

$$x = (T * 100) / \Delta$$

ή

$$\text{Τέφρα}\% = \frac{\text{βάρους τέφρας} * 100}{\text{βάρους δείγματος}}$$



Εικόνες 3.11, 3.12 και 3.13: Κλίβανος αποτέφρωσης (αριστερά). Πορσελάνινα χωνευτήρια με δείγμα στο εσωτερικό τους, έτοιμα μέσα στον κλίβανο αποτέφρωσης (μέση). Αποτεφρωμένα δείγματα μέσα στον ξηραντήρα (δεξιά). (Πηγή: Προσωπικό αρχείο-Νιτσάι Ναούμ).

3.2.4 Προσδιορισμός ποσοστού πρωτεϊνών με την μέθοδο Kjeldahl

Η αναλυτική διαδικασία για τον προσδιορισμό της πρωτεΐνης έγινε με την μέθοδο Kjeldahl, όπου το οργανικό άζωτο υπολογίζεται με μορφή αμμωνίας μετά από ειδικές μεθόδους καύσης. Επίσης ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας των πρωτεϊνών σύμφωνα με την μέθοδο Kjeldahl διενεργήθηκε και την βοήθεια της συσκευής Kjeldahl που αποτελείται από 3 μηχανήματα. Το μηχάνημα καύσης Kjeldahl (GERHARDT, TURBOTHERM/TTA, Germany), το μηχάνημα απόσταξης (GERHARDT, VAPODEST/VAP40, Germany) και τον δεσμευτή αερίων H_2SO_4 (GERHARDT, TURBOSOG/TUR, Germany). Αρχικά ζυγίστηκε δείγμα αλεύρου σε αναλυτικό ζυγό ακριβείας (SHIMADZU, UX420H, Germany). Η ζύγιση έγινε με την τοποθέτηση χαρτί ζύγισης πάνω στον ζυγό, τον μηδενισμό του ζυγού με το χαρτί ζύγισης επάνω και ύστερα την ζύγιση 1,5gr δείγματος αλεύρου (με ακρίβεια 3 δεκαδικών)(*Βάρος Δείγματος*)(*ΒΔ*). Έπειτα από την ζύγιση του δείγματος, το χαρτί ζύγισης τσαλακώθηκε σαν μπάλα για να μην βγει το δείγμα προς τα έξω και τοποθετήθηκε στον πάτο της ειδικής φιάλης Kjeldahl που ήταν τοποθετημένο σε ειδικό στατώ. Το μηχάνημα καύσης Kjeldahl (GERHARDT, TURBOTHERM/TTA, GERMANY) ήταν 12 θέσεων έτσι ζυγίστηκαν 11 δείγματα προς ανάλυση καθώς η 12^η είναι για τον Λευκό Προσδιορισμό. Οι φιάλες αριθμήθηκαν με ανεξίτηλο στυλό και ρίχθηκαν όπως προαναφέρθηκε τα δείγματα μέσα. Στην 12^η φιάλη ρίχθηκε μόνο το χαρτί ζύγισης χωρίς δείγμα στο εσωτερικό του. Στην συνέχεια αδειάστηκε το περιεχόμενο των ταμπλετών που

περιέχουν αντιδραστήρια 2 ταμπλετών Kjeldahl (10g K_2SO_4 +1g $CuSO_4$) στο εσωτερικό των φιαλών Kjeldahl με την βοήθεια χωνιού για να πέσει το αντιδραστήριο κατευθείαν στο πάτο της φιάλης και όχι γύρω γύρω και κολλήσει στα τοιχώματα. Έπειτα στον απαγωγό οπού έχει ανοιχτεί ο εξαερισμός με μεγάλη προσοχή και την χρήση διπλών γαντιών αδειάστηκε αρχικά σε ποτήρι ζέσεως των 250ml ικανοποιητική ποσότητα πυκνούθεικού οξέος 96% w/w. Ύστερα μεταφέρθηκε από το ποτήρι ζέσεως των 250ml με οξεία κλίση στον γυάλινο ογκομετρικό κύλινδρο 22ml από το πυκνόθεικό οξύ ενώ για την ακρίβεια της ποσότητας χρησιμοποιήθηκε και πλαστική πιπέτα. Στην συνέχεια ο όγκος του πυκνούθεικού οξέος ρίχτηκε από τον γυάλινο ογκομετρικό κύλινδρο στην φιάλη Kjeldahl όπως και στις υπόλοιπες 11 φιάλες οπού μέσα σε αυτά εμπεριεχόταν και η φιάλη για τον Λευκό Προσδιορισμό. Μετά από αυτή την διαδικασία ήμασταν έτοιμοι να θέσουμε σε λειτουργία την συσκευή Kjeldahl. Αρχικά το στατώ με τις 12 φιάλες τοποθετήθηκαν στο μηχάνημα υγρής καύσης 12 θέσεων (ειδική ηλεκτρική συστοιχία καύσης) και πωματίστηκαν στο στόμιο των ποτηριών με την ειδική θήκη της συσκευής. Εφόσον τοποθετήθηκαν τα δείγματα σωστά και επιλέχθηκε το κατάλληλο προγράμματος ξεκίνησε το πρώτο στάδιο της πειραματικής διαδικασίας η υγρή καύση (πέψη). Ταυτόχρονα λειτουργούσε και το μηχάνημα δέσμευσης αερίων που έχει στο εσωτερικό του $NaOH$ 18% και απεσταγμένο νερό. Κατά την διάρκεια της καύσης ο χώρος του εργαστηρίου αεριζόταν με ανοιχτά παράθυρα και πόρτες καθώς επίσης απαγορευόταν η είσοδος και παραμονή άλλων ατόμων στο χώρο για να διασφαλιστεί η υγεία τους, διότι τα αέρια από την καύση τουθεικού οξέος είναι επικίνδυνα για τον οργανισμό. Η ειδική συσκευή πέψης εξασφαλίζει το βράσιμο των δειγμάτων και την ταυτόχρονη απαγωγή των εκλυόμενων αερίων. Καθ' όλη την διαδικασία υπήρξε τακτικός έλεγχος ότι η συσκευή δούλεψε σωστά και ότι δεν υπήρξε κάποιο πρόβλημα. Οπτικά το δείγμα αρχικά μαύριζε (απανθρακωνόταν) ενώ στα επόμενα στάδια γινόταν καστανό, κίτρινο και τελικά άχροο. Εάν το δείγμα στο τέλος της διαδικασίας πέψης είχε χρώμα αυτό θα οφειλόταν στους καταλύτες, ενώ σημάδι ότι η διαδικασία πέψης είχε τελειώσει είναι όταν το δείγμα έπαυε να είναι θολό.



Εικόνες 3.15,3.16,3.17 και 3.18: Δείγματα αλεύρου μέσα σε χαρτί ζύγισης τοποθετημένο μέσα στις ιδιές φιάλες Kjeldahl και τις ειδικές ταμπλέτες (πάνω αριστερά) επίσης φαίνονται οι αριθμήσεις των φιαλών που είναι 11 για τα δείγματα αλεύρου και 1 για τον λευκό προσδιορισμό. Το εσωτερικό των φιαλών ύστερα από την προσθήκη θεικού οξέος, όπου φαίνεται και η καύση του δείγματος αλεύρου (πάνω δεξιά). Συσκευή υγρής καύσης (κάτω αριστερά). Τα δείγματα μετά το τέλος της διαδικασίας καύσης όπου φαίνεται και η χρώση τους. (Πηγή: Προσωπικό αρχείο-Νιτσάϊ Ναούμ).

Μετά το τέλος της διαδικασίας καύσης τα δείγματα απομακρύνθηκαν από την συσκευή καύσης και αφέθηκαν να κρυώσουν για μερικά λεπτά. Ύστερα ξεκίνησε το δεύτερο στάδιο της πειραματικής διαδικασίας που είναι η απόσταξη. Αρχικά παρατηρήθηκε εάν υπήρχε επαρκής ποσότητα NaOH 32%, H_3BO_3 2% και απεσταγμένο H_2O που χρειάζονταν για την λειτουργία της αποστακτικής συσκευής. Ύστερα, ακολούθησε η απόσταξη των δειγμάτων, όπου τοποθετήθηκε η φιάλη καύσης στην ειδική υποδοχή της αποστακτικής συσκευής ενώ δίπλα τοποθετήθηκε αριθμημένη

κωνική φιάλη για να μαζέψει το απόσταγμα. Στην συνέχεια έκλεισε η πόρτα της συσκευής και πατήθηκε το κουμπί έναρξης της λειτουργίας της συσκευής με το αντίστοιχο πρόγραμμα. Με την έναρξη της λειτουργία της συσκευής αυτό που έγινε είναι η προθήκη κατάλληλης ποσότητας νερού και διαλύματος NaOH ώστε να ελευθερωθεί η αέρια αμμωνία. Ακολούθησε στη συνέχεια η απόσταξη της αμμωνίας σε βορικό οξύ με αποτέλεσμα αυτή να μετατραπεί σε δισόξινο βορικό αμμώνιο. Στο τέλος της κάθε απόσταξης για τα δείγματα πάρθηκε το ανάλογο απόσταγμα στην αντίστοιχη κωνική φιάλη, ενώ καθ' όλη την διαδικασία υπήρχε σωλήνας που απομάκρυνε τα απόβλητα στην αποχέτευση του εργαστηρίου, ενώ μετά από τη παραλαβή του αποστάγματος κάθε δείγματος γινόταν καθαρισμός των σωλήνων του μηχανήματος με απεσταγμένο νερό και την βοήθεια υδροβολέα. Το τελευταίο στάδιο της πειραματικής διαδικασίας ήταν η ογκομέτρηση. Στο στάδιο της ογκομέτρησης αρχικά με την βοήθεια χωνιού γεμίστηκε η προχοΐδα και αδειάστηκε 3 φορές ώστε να καθαριστεί με πρότυπο διάλυμα HCl 0,1N και καταγράφηκε η τιμή της προχοΐδας ύστερα από την σωστή ανάγνωση της στην βάση του μηνίσκου που δημιουργείται (*Αρχική Ένδειξη*)(AE) ενώ ταυτόχρονα στην βάση της τοποθετήθηκε αναδευτήρας (VELP,GERMANY). Στο απόσταγμα ρίχθηκαν 4-5 σταγόνες δείκτη Merck 5 που στην συνέχεια ογκομετρήθηκε με το πρότυπο διάλυμα HCl 0,1N με ταυτόχρονη ανάδευση του διαλύματος με μεταλλικό αναδευτήρα μέχρι αλλαγής του χρώματος από πράσινο σε γκρι-βιολετί. Τέλος, μετά το τέλος της ογκομέτρησης καταγράφηκε η τιμή της προχοΐδας έπειτα από την σωστή ανάγνωση της (*Τελική ένδειξη*)(TE). Η διαδικασία αυτή έγινε και για τα υπόλοιπα 10 δείγματα ενώ παράλληλα εκτελέστηκε και λευκός προσδιορισμός. Ο λευκός προσδιορισμός έγινε για να υπολογισθεί το άζωτο των χρησιμοποιούμενων αντιδραστηρίων. Στους παρακάτω τύπους η τιμή του λευκού προσδιορισμού άλλαζε σε κάθε κύκλο. Έτσι στα 11 πρώτα δείγματα τοποθετήθηκε η τιμή λευκού προσδιορισμού που έτρεξε στο συγκεκριμένο κύκλο καθώς η ίδια διαδικασία έγινε και για τα υπόλοιπα δείγματα στους επόμενους κύκλους. Τα αποτελέσματα της μέτρησης εκφράστηκαν σε %Πρωτεΐνες.

Ο υπολογισμός του ποσοστού πρωτεϊνών των δειγμάτων έγινε με την βοήθεια των τύπων:

$$1) \quad N(\%) = \frac{N \cdot (V - V_0) \cdot 1.4007}{w}$$

2) $\text{Πρωτεΐνη(\%)} = \text{N\%} * 6,25$

οπού:

N: κανονικότητα του διαλύματος HCl

V: Ο όγκος HCl που καταναλώθηκε στην ογκομέτρηση του δείγματος

V₀: Ο όγκος HCl που καταναλώθηκε στην ογκομέτρηση του λευκού

W: Το βάρος του δείγματος

1,4007: N₂ σε mg

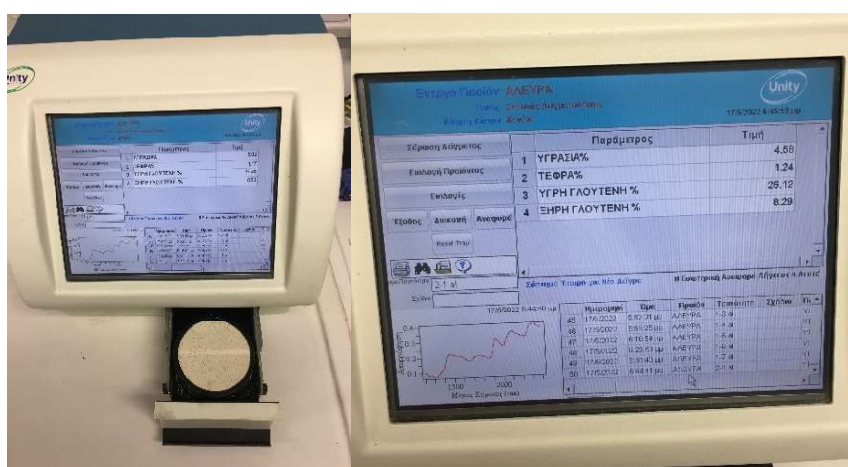
6,25: Ο συντελεστής που είναι το άζωτο της τροφής που απαντάται υπό πρωτεϊνική μορφή και προκύπτει από το πηλίκο $100/16 = 6,25$ οπού 16% άζωτο περιέχουν οι πρωτεΐνες της τροφής.



Εικόνες 3.18,3.19,3.20 και 3.21: Συσκευή απόσταξης (πάνω αριστερά). Διαδικασία απόσταξης μετά την διαδικασία καύσης των δειγμάτων αλεύρου σίκαλης (πάνω δεξιά). Το απόσταγμα έτοιμο προς ογκομέτρηση ύστερα από την προσθήκη δείκτη Merck 5 (κάτω αριστερά). Το απόσταγμα ύστερα από το τέλος της ογκομέτρησης και την αλλαγή του χρώματος (κάτω δεξιά). (Πηγή: Προσωπικό αρχείο-Νιτσάϊ Ναούμ).

3.2.5 Προσδιορισμός υγρής και ξηρής γλουτένης

Η αναλυτική διαδικασία για τον προσδιορισμό της υγρής και ξηρής γλουτένης διενεργήθηκε σύμφωνα με την μέθοδο της φασματοσκοπίας εγγύς υπέρυθρου (Near Infrared-NIR) που χρησιμοποιείται στον ποσοτικό προσδιορισμό της σύστασης ή των ιδιοτήτων, των προς ανάλυση δειγμάτων σε πραγματικό χρόνο και την βοήθεια της συσκευής NIR (Unity scientific, SpectraStar 2400-D, USA). Αρχικά, τοποθετήθηκε στον ειδικό περιέκτη για τα ξηρά τρόφιμα, δείγμα αλεύρου σίκαλης και έπειτα γεμίστηκε ο περιέκτης τόσο ώστε να μην υπήρχε κενός χώρος που δεν είχε δείγμα. Ύστερα, κλείστηκε ο περιέκτης καλά και τοποθετήθηκε στην ειδική εσοχή του μηχανήματος. Στην συνέχεια κλείστηκε το πορτάκι που είχε την ειδική εσοχή, επιλέχθηκε το τρόφιμο - πρόγραμμα που μας ενδιαφέρει πατώντας στην οθόνη του μηχανήματος, δόθηκε μια ονομασία στην μέτρηση ενώ τέλος επιλέχθηκε η λήψη του φάσματος. Μετά το πέρας λίγων δευτερολέπτων οπότε το μηχάνημα έκανε μετρήσεις, εμφανίστηκε στην οθόνη του μηχανήματος το φάσμα NIR του δείγματος και σε πίνακα οι τιμές των παραμέτρων που υπολογίστηκαν (με την υγρή και ξηρή γλουτένη υπολογίστηκε και η τέφρα με την υγρασία που μας έδειξε και την ορθότητα και ακρίβεια των μετρήσεων των παραπάνω πειραμάτων). Μετά το τέλος της μέτρησης ο περιέκτης καθαρίστηκε καλά με πινέλο για να απομακρυνθούν τα υπολείμματα από το προηγούμενο δείγμα αλεύρου σίκαλης και στην συνέχεια προστέθηκε το επόμενο δείγμα. Τα αποτελέσματα της μέτρησης εκφράστηκαν σε %Υγρή και %Ξηρή Γλουτένη.



Εικόνες 3.22,3.23,3.24 και 3.25: Γέμισμα περιέκτη συσκευής NIR και επιπεδοποίηση του δείγματος αλεύρου ώστε να μην υπάρχει κενός χώρος (πάνω αριστερά). Περιέκτης έτοιμος να κλειστεί και να τοποθετηθεί στην συσκευή NIR (πάνω δεξιά). Συσκευή NIR έτοιμη για μέτρηση με τον περιέκτη να βρίσκεται στην ειδική εσοχή-πορτάκι της συσκευής (κάτω αριστερά). Οθόνη συσκευής NIR μετά την διαδικασία μέτρησης, οπού φαίνονται τα αποτελέσματα της μέτρησης της ξηρής και υγρής γλουτένης καθώς και των άλλων παραμέτρων του προγράμματος ενώ επίσης φαίνεται η πρότυπη καμπύλη. (Πηγή: Προσωπικό αρχείο-Νιτσαΐ Ναούμ).

3.2.6 Προσδιορισμός ποσοστού λίπους κατά Soxhlet

Η αναλυτική διαδικασία για τον προσδιορισμό του ποσοστού λίπους διενεργήθηκε σύμφωνα με την μέθοδο εκχύλισης Soxhlet οπού το δείγμα αλεύρου υφίσταται πολλαπλές εκχυλίσεις με θερμό διαλύτη (πετρελαϊκός αιθέρας) σε ειδική συσκευή εκχύλισης και την βοήθεια της συσκευής εκχύλισης (GERHARDT, SOX THERM/MULTISTAT SE-416 macro, Germany). Για τον προσδιορισμό του ποσοστού λίπους των δειγμάτων αλεύρου σίκαλης αρχικά επισημάνθηκαν τα ειδικά

ποτήρια της συσκευής Soxhlet με ανεξίτηλο μαρκαδόρο, 6 στο σύνολο διότι τόσα ποτήρια δεχόταν η συσκευή εκχύλισης. Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν 2-3 πέτρες βρασμού στα ποτήρια και όλα μαζί μεταφέρθηκαν στον κλίβανο ξήρανσης (BINDER, ED115, Germany) για περίπου 1 ώρα στους $102\pm 2^{\circ}\text{C}$ για να απομακρυνθεί τυχόν υγρασία των σκευών που θα αλλοίωνε το ορθό αποτέλεσμα του πειράματος. Μετά το τέλος της διαδικασίας ξήρανσης των ποτηριών, αυτά μεταφέρθηκαν σε ξηραντήρα με ειδική λαβίδα μέχρι να κρυώσουν και να αποκτήσουν θερμοκρασία περιβάλλοντος οπού στην συνέχεια ζυγίστηκαν σε ηλεκτρονικό ζυγό ακριβείας (SHIMADZU, UX420H, Germany). Αυτό ήταν το *Βάρος Ποτηριού και Πέτρες Βρασμού (BΠ+Π)*. Στην συνέχεια στον ζυγό τοποθετήθηκε ποτήρι ζέσεως για να στηρίζεται το ειδικό χάρτινο φυσίγγιο οπού μέσα θα τοποθετηθεί το δείγμα αλεύρου σίκαλης. Μετά την τοποθέτηση του ποτηριού και του φυσιγγίου ο ζυγός μηδενίστηκε ούτως ώστε να ζυγιστούν 10gr αλεύρου (με ακρίβεια 3 δεκαδικών) (*Βάρος Δείγματος*)(BΔ) και στην συνέχεια τα φυσίγγια με το δείγμα τοποθετήθηκαν σε ειδικό μεταλλικό στήριγμα στο εσωτερικό των ειδικών γυάλινων ποτηριών εκχύλισης. Ύστερα τα ποτήρια που ήταν τοποθετημένα σε ειδικό στατώ μεταφέρθηκαν σε απαγωγό εστία, οπού εκεί αρχικά τοποθετήθηκε υαλοβάμβακας στο στόμιο κάθε φυσιγγίου για να μην υπερχειλίσει το δείγμα ύστερα από την προσθήκη 150ml πετρελαϊκού αιθέρα με την βοήθεια πλαστικού ογκομετρικού κυλίνδρου, σε κάθε φυσίγγιο. Μετά από κάθε ρίψη πετρελαϊκού αιθέρα τοποθετούνταν ύαλος ωρολογίου στην κορυφή κάθε ποτηριού για να μην εξατμιστεί ο πετρελαϊκός αιθέρας διότι έχει σημείο ζέσεως $40-60^{\circ}\text{C}$ με αποτέλεσμα να εξατμίζεται εύκολα. Μόλις όλα τα ποτήρια γεμίστηκαν με πετρελαϊκού αιθέρα αυτά μεταφέρθηκαν στην συσκευή εκχύλισης Soxtherm και συγκεκριμένα το κάθε ποτήρι στην ειδική υποδοχή του μηχανήματος οπού κλειδώνει το ποτήρι σε ειδική εσοχή και πάνω από την θερμαντική εστία, ενώ επιλέχθηκε το κατάλληλο πρόγραμμα. Μόλις ξεκίνησε η διαδικασία εκχύλισης μια γυάλινη προστατευτική πόρτα κατέβηκε όπως και επίσης τα ποτήρια κατέβηκαν ώστε να έρθουν σε επαφή με την θερμαντική εστία. Εφόσον ξεκίνησε η διαδικασία ελεγχθηκαν οπτικά ότι τα ποτήρια έχουν έρθει σε επαφή καλά με την θερμαντική εστία και ότι ξεκίνησε να βράζει το εσωτερικό των ποτηριών.



Εικόνες 3.26, 3.27 και 3.28: Ζύγισμα του δείγματος αλεύρου σίκαλης μέσα στα ειδικά φυσίγγια με την βοήθεια ποτηριού ζέσεως (αριστερά). Φυσίγγια μέσα στα ειδικά μεταλλικά στηρίγματα που βρίσκονται στα ειδικά γυάλινα ποτήρια εκχύλισης (κέντρο). Ποτήρι εκχύλισης έτοιμο να τοποθετηθεί στο μηχάνημα εκχύλισης (δεξιά). (Πηγή: Προσωπικό αρχείο-Νιταΐ Ναούμ).

Το σημάδι ότι η διαδικασία εκχύλισης τελείωσε είναι η ανύψωση του γυάλινου προστατευτικού της συσκευής και η ανύψωση των ποτηριών από τις θερμαντικές εστίες. Έπειτα τα ποτήρια αφαιρέθηκαν από τους υποδοχείς της συσκευής εκχύλισης, απομακρύνθηκε το μεταλλικό στηρίγμα με το φυσίγγιο και το δείγμα στο εσωτερικό του και τα ποτήρια μεταφέρθηκαν σε κλίβανο ξήρανσης να ξηραθούν για λίγη ώρα λόγω της ευκολίας εξάτμισης του πετρελαϊκού αιθέρα (περίπου 30 λεπτά στους 100°C) και έτσι την απομάκρυνση της περίσσεια πετρελαϊκού αιθέρα που παρέμεινε στα ποτήρια. Μετά το τέλος της εξάτμισης του διαλύτη τα ποτήρια τοποθετήθηκαν στον ξηραντήρα με την βοήθεια λαβίδας για περίπου 15 λεπτά μέχρι να κρυώσουν και να έρθουν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος ενώ τέλος ζυγίστηκε στον αναλυτικό ζυγό ακριβείας το ποτήρι με τις πέτρες βρασμού και το λίπος στο εσωτερικό του (Βάρος Ποτηριού, Πέτρες Βρασμού και Λίπος) (BΠ+Π+Λ). Μετά από το τέλος της πειραματικής διαδικασία μπορεί να γίνει ανάκτηση του πετρελαϊκού αιθέρα από μηχάνημα εκχύλισης. Τα αποτελέσματα της μέτρησης εκφράστηκαν σε %Λίπος.



Εικόνες 3.29,3.30 και 3.31: Συσκευή εκχύλισης Soxhlet σε λειτουργία (αριστερά). Ποτήρια εκχύλισης με λίπος και πέτρες βρασμού στην διαδικασία ξήρανσης για να απομακρυνθεί η περίσσεια διαλύτη-πετρελαϊκού αιθέρα (κέντρο). Το τελικό στάδιο όπου ζυγίζεται το λίπος μετά την απομάκρυνση του πετρελαϊκού αιθέρα(αριστερά). (Πηγή: Προσωπικό αρχείο-Νιτσάϊ Ναούμ).

Ο υπολογισμός του ποσοστού πρωτεϊνών των δειγμάτων έγινε με την βοήθεια του τύπου:

$$\text{Λίπος\%} = \frac{(\text{Βαρος Ποτηριου, Πέτρες Βρασμού και Λίπους}) - (\text{Βάρος Ποτηριού και Πέτρες Βρασμού})}{\text{Βάρος Δείγματος}} * 100$$

3.2.7 Προσδιορισμός ποσοστού υδατανθράκων

Ο προσδιορισμός του ποσοστού υδατανθράκων στο δείγμα αλεύρου σίκαλης έγινε με την αφαιρετική μέθοδο. Πιο συγκεκριμένα η τιμή που κυμαίνεται το ποσοστό των υδατανθράκων είναι αυτό που απομένει εάν αφαιρέσουμε το ποσοστό υγρασία, τέφρας, πρωτεϊνών και λίπους. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε %Υδατάνθρακα.

Ο υπολογισμός του ποσοστού υδατανθράκων των δειγμάτων έγινε με την βοήθεια του τύπου:

$$\% \text{Υδατάνθρακα} = 100 - \% \text{Υγρασία} - \% \text{Τέφρα} - \% \text{Πρωτεΐνες} - \% \text{Λίπος}$$

Για να βρεθεί το ποσοστό υδατανθράκων των δειγμάτων χρειάστηκε πρώτα να βρεθεί το ποσοστό υγρασία, τέφρας, πρωτεϊνών και λίπους. Εφόσον βρέθηκαν οι

παραπάνω τιμές, μπορέσαμε να προσδιορίσουμε το ποσοστό υδατανθράκων των δειγμάτων.

3.2.8 Προσδιορισμός τιμή pH

Η αναλυτική διαδικασία για τον προσδιορισμό της τιμής pH διενεργήθηκε σύμφωνα με την μέθοδο της διήθησης και την βοήθεια του pH-μετρου (CRISON, GLP21, Spain). Για τον προσδιορισμό της τιμής του pH αρχικά επισημάνθηκαν τα ποτήρια ζέσεως 250ml και 50ml με το αντίστοιχο κωδικό για την αναγνώριση των δειγμάτων. Έπειτα με την βοήθεια αναλυτικού ζυγού ακριβείας (SHIMADZU, UX420H, Germany) τοποθετήθηκε ποτήρι ζέσεως των 250ml και ύστερα μηδενίστηκε ο ζυγός. Στην συνέχεια ζυγίστηκαν 10gr αλεύρου σίκαλης μέσα στο ποτήρι ζέσεως ενώ μετά προστέθηκαν 100ml απεσταγμένου νερού με την βοήθεια πλαστικού ογκομετρικού σωλήνα των 100ml. Μετά και την προσθήκη του απεσταγμένου νερού ανακατεύτηκε το μείγμα με γυάλινη ράβδο για 1λεπτό και έπειτα αφέθηκε το μείγμα σε ηρεμία, τουλάχιστον για 30λεπτά μέχρι να γίνει ο διαχωρισμός των δύο φάσεων. Έπειτα από το πέρας των 30λεπτών στήθηκε στατώ όπου είχε τοποθετηθεί πλαστικό χωνί με τοποθετημένο διηθητικό χαρτί στο εσωτερικό του, ενώ στην βάση του χωνιού τοποθετήθηκε αριθμημένο ποτήρι ζέσεως των 50ml για να μαζέψει το διήθημα. Εφόσον και το στατώ ήταν έτοιμο ρίχθηκε σιγά σιγά το μείγμα στο διηθητικό χαρτί για να διηθηθεί το μείγμα αλεύρου. Η ρίψη του μείγματος έγινε σιγά σιγά διότι όπως προαναφέρθηκε στο μείγμα είχαμε διαχωρισμό φάσεων και η πρώτη φάση που βρισκόταν στην κορυφή του ποτηριού ήταν πιο εύκολη να διηθηθεί γιατί δεν περιείχε τόσο πολλά στερεά όσο η φάση στην βάση του ποτηριού. Εφόσον διηθήθηκε επαρκής ποσότητα διηθήματος στο ποτήρι ζέσεως των 50ml, ακολούθησε η διαδικασία μέτρησης της τιμής του pH με το pH-μετρο. Πριν μετρηθεί το διηθημένο διάλυμα με το pH-μετρο, αρχικά το pH-μετρο ελέγχεται και ρυθμίζεται με την βοήθεια βαθμονομημένων διαλυμάτων (buffers) ενώ η θερμοκρασία του δείγματος θα πρέπει να είναι 20°C (θερμοκρασία περιβάλλοντος). Επιλέχθηκαν buffer τα οποία κυμαίνονται κοντά στην τιμή pH που αναμένουμε να βγει από το pH-μετρο με βάση την βιβλιογραφία και αυτά ήταν 2 buffer με pH=4,00 και pH=7,00. Αρχικά το pH-μετρο χρειάζεται καλιμπράρισμα κάθε 24 ώρες έτσι με την έναρξη της λειτουργίας της συσκευής αυτή ενημερώνει ότι χρειάζεται καλιμπράρισμα. Εφόσον έγινε το καλιμπράρισμα πλέον το μηχάνημα ήταν έτοιμο για να μετρήσει και τις τιμές pH των δειγμάτων αλεύρου σίκαλης. Αρχικά πλύθηκε το ηλεκτρόδιο του pH-μετρου με

απεσταγμένο νερό, ύστερα σκουπίστηκε και τέλος εμβαπτίστηκε μέσα στο ποτήρι ζέσεως των 50ml που περιείχε μέσα το διήθημα του δείγματος. Το ηλεκτρόδιο εμβαπτίστηκε στο κέντρο του ποτηριού που περιείχε το δείγμα και ακολούθησε ανακίνηση κυκλικά του ποτηριού 2-3 φορές για να ανακατευτεί το διήθημα και η μέτρηση να είναι πιο αντιπροσωπευτική. Ύστερα ακολούθησε η μέτρηση της τιμής pH με το πάτημα του κουμπιού έναρξης, ενώ μετά από τον χαρακτηριστικό ήχο που σήμαινε το τέλος της μέτρησης καταγράφηκε η τιμή pH του προς ανάλυση δείγματος, που εμφανίστηκε στην οθόνη του pH-μετρου. Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε για όλα τα δείγματα ενώ με το τέλος της μέτρησης των δειγμάτων το ηλεκτρόδιο πλύθηκε σκουπίστηκε και επανατοποθετήθηκε στο ειδικό κάλυμμα που περιέχει KI. Για κάθε δείγμα έγιναν δύο μετρήσεις η μία μετά την άλλη. Η απόκλιση μεταξύ των δύο μετρήσεων πρέπει να είναι μέχρι 0,03 pH. Σε δείγματα όπου υπήρξε τέτοια απόκλιση μεταξύ των δύο μετρήσεων, ξαναέγινε και 3^η μέτρηση και πάρθηκε η τιμή μεταξύ των δύο πρώτων μετρήσεων, που βγήκε πιο κοντά στην 3^η μέτρηση.



Εικόνες 3.32,3.33,3.34,3.35,3.36 και 3.37: Ζύγισμα αλεύρου σίκαλης στον αναλυτικό ζυγό ζύγισης μέσα σε ποτήρι ζέσεως (πάνω αριστερά). Μείγμα αλευρού και απεσταγμένου νερού έπειτα από ανάμιξη επί 1λεπτό με γυάλινη ράβδο (πάνω μέση). Μείγμα αλεύρου και απεσταγμένου νερού έπειτα από 30λεπτα που αφέθηκε το μείγμα σε ηρεμία. Είναι εμφανής ο διαχωρισμός των δύο φάσεων (πάνω δεξιά). Διήθηση του μείγματος και παραλαβή διηθήματος (κάτω αριστερά). Καλιμπράρισμα pH-μετρου με buffer pH=4,00 (κάτω μέση). Μέτρηση της τιμής pH του δείγματος 2-7 όπου φαίνεται και το αποτέλεσμα pH=6.47 (κάτω δεξιά). (Πηγή: Προσωπικό αρχείο-Νιτσάι Ναούμ).

3.2.9 Προσδιορισμός ποσοστού οξύτητας

Η αναλυτική διαδικασία για τον προσδιορισμό της οξύτητας διενεργήθηκε σύμφωνα με την μέθοδο της διήθησης και της ογκομέτρησης του τιτλοδοτημένου εκχυλίσματος με πρότυπο διάλυμα αλκάλειας (υδροξείδιο του νατρίου NaOH) παρουσία δείκτη φαινοφθαλεΐνης. Αρχικά επισημάνθηκαν τα ποτήρια ζέσεως των 100ml και 50 ml καθώς και οι κωνικές φιάλες των 100ml, με ανεξίτηλο μαρκαδόρο με το εκάστοτε κωδικό του κάθε δείγματος αλεύρου σίκαλης προς ανάλυση. Ακολούθησε η ζύγιση 10gr αλεύρου σίκαλης (με ακρίβεια 3 δεκαδικών) σε ποτήρι ζέσεως των 100ml που είχε τοποθετηθεί και μηδενιστεί σε αναλυτικό ζυγό ακριβείας (SHIMADZU, UX420H, Germany) και καταγράφηκε το βάρος (*Βάρος Δείγματος*)(*ΒΔ*). Έπειτα με την βοήθεια σιφωνίου πληρώσεως των 50ml και πουάρ προστέθηκε στο ποτήρι ζέσεως με το άλευρο, 50ml εξουδετερωμένης αλκοόλης 67% και ακολούθησε ανάδευση του μείγματος με γυάλινη ράβδο για 1λεπτό. Ύστερα σκεπάστηκε το ποτήρι ζέσεως με ύαλο ωρολογίου για να αποφευχθεί εξάτμιση της αλκοόλης ενώ στην συνέχεια αφέθηκε σε ηρεμία το μείγμα για 5λεπτά. Μετά το πέρας των 5λεπτών ακολούθησε διήθηση του μείγματος σε ποτήρι ζέσεως των 50ml με την βοήθεια στατώ που του είχε τοποθετηθεί χωνί με διηθητικό χαρτί στο εσωτερικό του. Εφόσον διηθήθηκε ικανοποιητική ποσότητα μέσα στο ποτήρι ζέσεως των 100ml, λήφθηκαν με σιφώνιο μετρήσεως των 25ml διηθήματος το οποίο μεταφέρθηκε σε κωνική φιάλη των 100ml. Έπειτα προστέθηκαν στην κωνική φιάλη 3-4 σταγόνες δείκτη φαινοφθαλεΐνης και ακολούθησε ογκομέτρηση με NaOH 0,1N με την βοήθεια προχοΐδας η οποία είχε αρχικά γεμίσει με NaOH 0,1N και είχε καταγραφεί η ένδειξη της προχοΐδας (*Αρχική Ένδειξη*)(*ΑΕ*). Τέλος, η ογκομέτρηση με NaOH 0,1N έγινε μέχρι την εμφάνιση ρόδινης χροιάς (που παραμένει για τουλάχιστον 15δευτερόλεπτα) και στην συνέχεια καταγράφηκε η ένδειξη της προχοΐδας μετά το τέλος της ογκομέτρησης (*Τελική Ένδειξη*)(*ΤΕ*). Λόγο

του πορτοκαλοκίτρινου χρώματος του διαλύματος ορισμένες φορές προστέθηκε απεσταγμένο νερό στο προς ογκομέτρηση διάλυμα για να γίνει έγκαιρα και εύκολα αντιληπτό η αλλαγή του χρώματος σε ρόδινη χροιά στο ισοδύναμο σημείο. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων εκφράστηκαν ως %κ.β. σε θειικό οξύ ($eq_{wt}:49$)(%/w/w ή gr οξέος/100gr τροφίμου).

Ο υπολογισμός για τον προσδιορισμό της οξύτητας έγινε με την βοήθεια του τύπου:

$$\text{οξύτητα}\% = \frac{N \cdot (V \cdot 2) \cdot eq_{wt}}{w \cdot 1000} \cdot 100$$

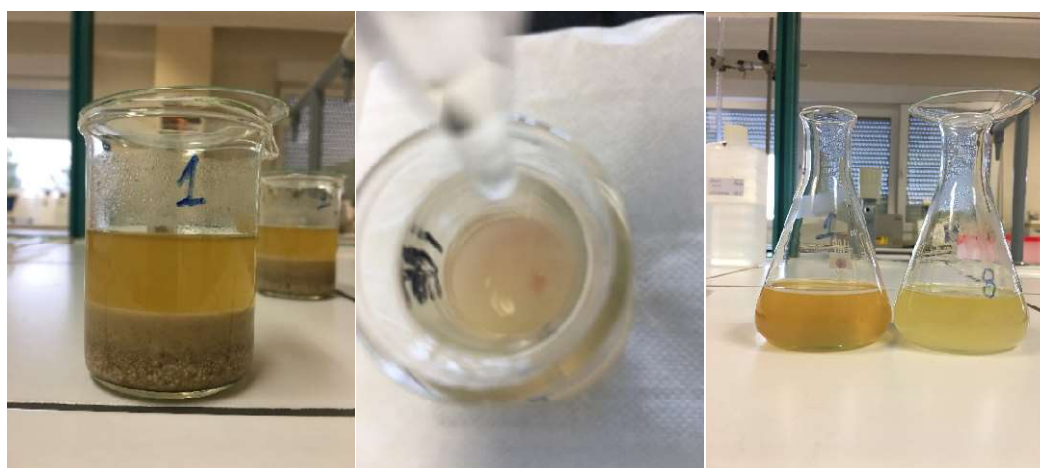
N_B : Κανονικότητα του διαλύματος NaOH

V_B : Ο όγκος που καταναλώθηκε στην ογκομέτρηση του δείγματος

Επειδή χρησιμοποιήθηκε ο μισός όγκος (25ml) διηθήματος στην ογκομέτρηση (και όχι και τα 50ml) τα καταναλωθέντα ml NaOH 0,1N κατά την ογκομέτρηση πολλαπλασιάζονται επί 2, ώστε να αντιστοιχηθούν σε όλη την ποσότητα του διηθήματος (50ml) και συνεπώς και σε όλη την ποσότητα του δείγματος (10gr).

W_B : Το βάρος του δείγματος

eq_{wt} (θειικού οξέος): Το βάρος σε g του γραμμοϊσοδύναμου του θειικού οξέος



Εικόνες 3.38, 3.39 και 3.40: Μείγμα αλεύρου σίκαλης και αλκοόλης μετά από ανάδευση και αναμονή 5 λεπτών σε ηρεμία (αριστερά). Ογκομέτρηση του διηθήματος όπου φαίνεται η αλλαγή χρώματος μετά την ρίψη σταγόνας NaOH 0,1N (μέση). Κοινωνική φιάλη (1) μετά

το τέλος της ογκομέτρησης και την αλλαγή χρώματος δίπλα σε κωνική φιάλη πριν την ογκομέτρηση (8)(δεξιά). (Πηγή: Προσωπικό αρχείο-Νιτσάϊ Ναούμ).

3.2.10 Προσδιορισμός ενεργότητας νερού

Η αναλυτική διαδικασία για τον προσδιορισμό της ενεργότητας νερού (aw-water activity) διενεργήθηκε με την βοήθεια της συσκευής μέτρησης της ενεργότητας νερού (ROTRONIC, HYGROLAB 3, Switzerland). Αρχικά, μεταφέρθηκε ποσότητα αλεύρου σίκαλης από το κάθε δείγμα ξεχωριστά στον υποδοχέα δείγματος της συσκευής μέχρι το σημείο πλήρωσης (Fill Line) που είναι η γραμμή που φαίνεται πάνω στον υποδοχέα. Στην συνέχεια τοποθετήθηκε ο υποδοχέας στην συσκευή και πατήθηκε το κουμπί enter. Έπειτα από σύντομο χρονικό διάστημα, η τιμή σταθεροποιήθηκε και καταγράφηκε η ένδειξη της οθόνης μετά το άκουσμα του χαρακτηριστικού ήχου της συσκευής που σηματοδοτεί το τέλος της μέτρησης. Όταν δεν είχε σταθεροποιηθεί η ένδειξη μέσα σε 3λεπτά (και δεν είχε ακουστεί ο χαρακτηριστικός ήχος) τότε σημειώθηκε η ένδειξη των 3λεπτών που αναγράφεται στην οθόνη της συσκευής. Τέλος μετά την μέτρηση με την βοήθεια λαβίδας απομακρύνθηκε ο υποδοχέας με το δείγμα και τοποθετήθηκε το επόμενο δείγμα.



Εικόνες 3.41,3.42,3.43,3.44 και 3.45: Δείγμα αλεύρου σίκαλης μέσα στον υποδοχέα δείγματος της συσκευής οπού φαίνεται και το σημείο πλήρωσης (Fill Line)(πάνω αριστερά). Απομάκρυνση υποδοχέα δείγματος με την βοήθεια λαβίδας (μέση πάνω). Συσκευή μέτρησης ενεργότητας νερού (πάνω δεξιά και κάτω αριστερά). Οθόνη συσκευής μετά το τέλος μέτρησης, που αναγράφει την τιμή ενεργότητας νερού, την θερμοκρασία του δείγματος και τον χρόνο μέτρησης (κάτω δεξιά). (Πηγή: Προσωπικό αρχείο-Νιτσάϊ Ναούμ).

3.2.11 Προσδιορισμός ικανότητας συγκράτησης νερού

Η αναλυτική διαδικασία για τον προσδιορισμό της ικανότητας συγκράτησης του νερού (WHC) διενεργήθηκε σύμφωνα με την μέθοδο προσρόφησης του νερού από το άλευρο και στην συνέχεια φυγοκέντρισης του με την βοήθεια της συσκευής φυγοκέντρισης (SIGMA, 2-5, Germany). Αρχικά, επισημάνθηκαν με ανεξίτηλο μαρκαδόρο οι δοκιμαστικοί σωλήνες φυγοκέντρισης με τον αντίστοιχο κωδικό του κάθε δείγματος αλεύρου σίκαλης. Έπειτα, σε αναλυτικό ζυγό ακριβείας (SHIMADZU, UX420H, Germany) και με την βοήθεια ποτηριού ζέσεως των 50ml που ήταν σαν στήριγμα για τους δοκιμαστικούς σωλήνες, ζυγίστηκε αρχικά το βάρος του σωλήνα (Βάρος Σωλήνα)(BΣ). Έπειτα μετά από μηδενισμό του ζυγού προστέθηκαν 0,5gr (με ακρίβεια 3 δεκαδικών) δείγματος αλεύρου σίκαλης και καταγράφηκε το βάρος (Βάρος Δείγματος)(BΔ). Ύστερα, με τη βοήθεια σιφωνίου μετρήσεως των 5ml και του πουάρ, προστέθηκαν σε κάθε δοκιμαστικό σωλήνα 5ml απεσταγμένου νερού και αναδεύτηκαν μεμονωμένα οι σωλήνες στον ανακινητή φιαλών Vortex (Velp, ZX3, Italy) για 1λεπτό (στα 25-30 Hertz) μέχρι να αναδευτεί όλος ο όγκος του αλεύρου στο εσωτερικό του δοκιμαστικού σωλήνα. Στην συνέχεια οι δοκιμαστικοί σωλήνες αφέθηκαν σε ηρεμία για 30λεπτά τοποθετημένα πάνω σε στατώ σωληναρίων, ενώ μετά το πέρας των 30λεπτών ακολούθησε η φυγοκέντριση των δοκιμαστικών σωληνίων σε συσκευή φυγοκέντρισης 16 θέσεων στις 3500rpm για 30λεπτά. Με το τέλος της διαδικασίας φυγοκέντρισης, απομακρύνθηκαν οι δοκιμαστικοί σωλήνες από την συσκευή φυγοκέντρισης, ενώ στην συνέχεια αποχύθηκε καλά και με προσοχή το υπερκείμενο υγρό από τους πλαστικούς δοκιμαστικούς σωλήνες. Τέλος, με την τοποθέτηση του δοκιμαστικού σωλήνα σε ποτήρι ζέσεως των 50ml για στήριγμα ζυγίστηκε το υπόλειμμα και καταγράφηκε το βάρος. (Βάρος δείγματος + Σωλήνα Μετά την απομάκρυνση του νερού). (BΔ+Σ Μετά). Τα αποτελέσματα της μέτρησης εκφράστηκαν σε %.

Ο υπολογισμός για τον προσδιορισμό της ικανότητας συγκράτησης νερού έγινε με την βοήθεια του τύπου:

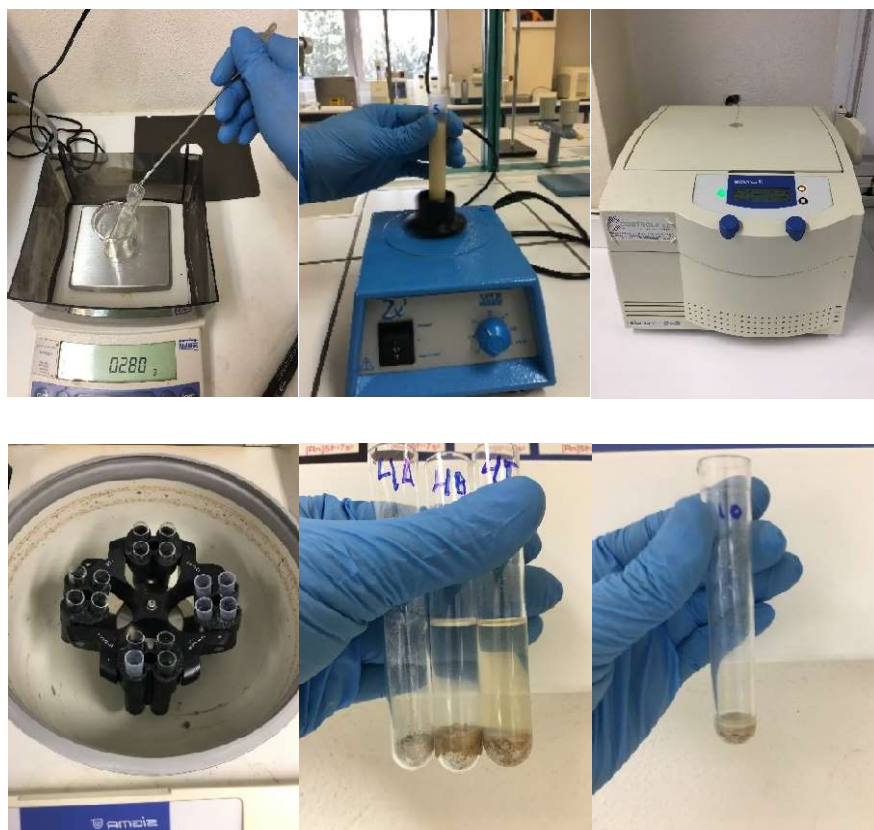
$$\text{WHC (\%)} = \frac{(W_2 - W_1)}{W_0} \times 100$$

όπου:

W_0 : Βάρος δείγματος

W_1 : Βάρος δείγματος + σωλήνα (αρχικά)

W_2 : Βάρος δείγματος + σωλήνα (μετά την απομάκρυνση νερού)



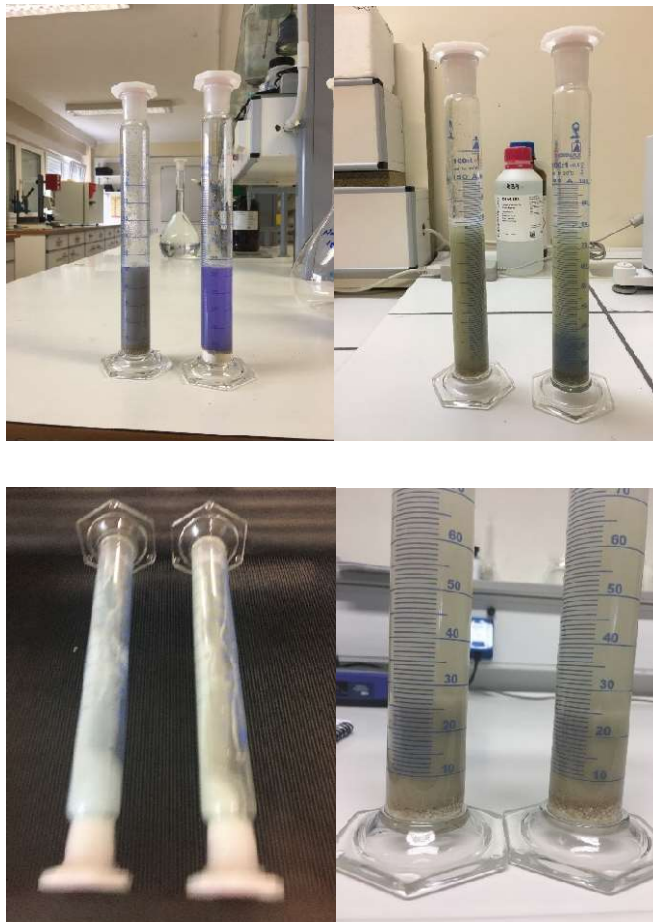
Εικόνες 3.46,3.47,3.48,3.49,3.50 και 3.51: Ζύγισμα δείγματος αλεύρου σίκαλης σε δοκιμαστικό σωλήνα μέσα σε ποτήρι ζέσεως (πάνω αριστερά). Ανάδευση αλεύρου μετά την προσθήκη απεσταγμένου νερού με την βοήθεια συσκευής Vortex (πάνω μέση). Συσκευή φυγοκέντρισης (πάνω δεξιά). Δοκιμαστικοί σωλήνες έτοιμοι για φυγοκέντριση τοποθετημένοι σωστά το ένα απέναντι από το άλλο (κάτω αριστερά). Δοκιμαστικοί

σωλήνες όπου το 4Α είναι το δείγμα μέσα στον δοκιμαστικό σωλήνα, το 4Β είναι μετά την προθήκη απεσταγμένου νερού και το 4Γ είναι μετά το τέλος της διαδικασίας φυγοκέντρισης (μέση κάτω). Δοκιμαστικός σωλήνας μετά την απομάκρυνση του υπερκείμενου υγρού (κάτω δεξιά). (Πηγή: Προσωπικό αρχείο-Νιτσάϊ Ναούμ).

3.2.12 Προσδιορισμός δοκιμή καθίζησης (Zeleny test)

Η μέθοδος της αναλυτικής διαδικασίας βασίζεται στον όγκο και στην ταχύτητα διαχωρισμού της στερεάς φάσεως, η οποία καθιζάνει σε όξινο αιώρημα αλεύρου-νερού. Στην δοκιμή καθιζήσεως (Zeleny test) ο προσδιορισμός έγινε οργανοληπτικά και συγκεκριμένα οπτικά. Αρχικά, πριν την έναρξη της πειραματικής διαδικασίας χρειάστηκε να παρασκευαστούν δύο διαλύματα τα οποία ήταν απαραίτητα για την διενέργεια του πειράματος. Το πρώτο διάλυμα που φτιάχτηκε ήταν διάλυμα κυανού της βρωμοφαινόλης (4mg/lit νερού). Για το δεύτερο διάλυμα χρειάστηκε αρχικά να φτιαχτεί διάλυμα γαλακτικού οξέος όπου διαλύθηκαν 250ml γαλακτικού οξέος 85% σε 1lit απεσταγμένου νερού, που στην συνέχεια το διάλυμα αυτό τοποθετήθηκε μέσα σε σφαιρική φιάλη (με πέτρες βρασμού στο εσωτερικό της) και έβρασε σε θερμομανδύα (ISOPAD, LMG31ER, Germany) για 6 ώρες υπό κάθετο ψυκτήρα. Στην συνέχεια, πάρθηκαν 180ml από το παραπάνω διάλυμα και αναμίχθηκαν με 200ml ισοπροπυλικής αλκοόλης (99-100%) και 620ml απεσταγμένου νερού. Όλα τα παραπάνω αναδεύτηκαν ισχυρά και τέλος το διάλυμα αφέθηκε σε ηρεμία επί 48 ώρες πριν χρησιμοποιηθεί στο συγκεκριμένο πείραμα. Εφόσον φτιάχτηκαν τα 2 διαλύματα που ήταν απαραίτητα για την διεξαγωγή του πειράματος δοκιμή καθιζήσεως (Zeleny test) ακολούθησε το πειραματικό μέρος όπου αρχικά ζυγίστηκαν σε αναλυτικό ζυγό ακριβείας (SHIMADZU, UX420H, Germany) 3,2gr αλεύρου σίκαλης που τοποθετήθηκαν σε ογκομετρικό κύλινδρο των 100ml με πόμα. Στην συνέχεια, προστέθηκαν με σιφώνιο πλήρώσεως των 50ml και πουάρ 50ml διαλύματος κυανό της βρωμοφαινόλης και έπειτα ο ογκομετρικός κύλινδρος ποματίστηκε. Ακολούθησε με την βοήθεια της συσκευής ανακίνησης φιαλών (GFL, 3031, Germany) η ανάμιξη του αλεύρου σίκαλης και του διαλύματος για 5 λεπτά, με τον κύλινδρο να κρατείται σε οριζόντια θέση με στόχο της διάσπαση πλήρως του αλεύρου. Μετά το πέρας των 5 λεπτών στο ογκομετρικό κύλινδρο προστέθηκαν με σιφώνιο πλήρώσεως και πουάρ, 25ml αντιδραστηρίου καθιζήσεως ενώ στην συνέχεια ο κύλινδρος επανατοποθετήθηκε στον ανακινητή φιαλών για ανάμιξη για άλλα 10λεπτά. Τέλος, εφόσον πέρασαν τα 10λεπτά ο ογκομετρικός κύλινδρος απομακρύνθηκε από την συσκευή ανακίνησης και αφέθηκε

σε ηρεμία στον πάγκο για 10λεπτά, οπότε στην συνέχεια έγινε η ανάγνωση του όγκου του ιζήματος. Το ίζημα που δημιουργήθηκε είναι η τιμή καθιζήσεως.



Εικόνες 3.52,3.53,3.54 και 3.55: Ογκομετρικές φιάλες με πόμα με το δείγμα αλευρού σίκαλης και την προσθήκη του κυανού της βρωμοφαινόλης δεξιά και το αναμιγμένο δείγμα αλεύρου με το διάλυμα κυανού της βρωμοφαινόλης αριστερά (πάνω αριστερά). Ογκομετρικές φιάλες με πόμα μετά την προσθήκη διαλύματος καθιζήσεως (πάνω δεξιά). Διαδικασία ανακίνησης των ογκομετρικών φιαλών με πόμα με την συσκευή ανακίνησης φιαλών (κάτω αριστερά). Διαδικασία ανάγνωσης ιζήματος (κάτω δεξιά). (Πηγή: Προσωπικό αρχείο-Νιτσάϊ Ναούμ).

3.2.13 Προσδιορισμός αρτοποιητικής ικανότητας

Η αναλυτική διαδικασία για τον προσδιορισμό της αρτοποιητικής ικανότητας διενεργήθηκε σύμφωνα με την μέθοδο της μέτρησης του όγκου αρτοζύμης παρουσία ζυμομύκητα μετά από επώαση σε κλίβανο επώασης (LIBB, LM 412.07, Germany). Στο συγκεκριμένο πείραμα το αλεύρι σίκαλης από μόνο του δεν μπορεί να ζυμωθεί και να

αυξήσει τον όγκο του παρουσία ζυμομύκητα, για αυτό τον λόγο στο πείραμα αυτό το κάθε δείγμα αλεύρου σίκαλης αναμίχθηκε με τον αντίστοιχο όγκο αλευριού για όλες τις χρήσεις. Συγκεκριμένα, αρχικά σε πορσελάνινη κάψα ζυγίστηκαν με την βοήθεια αναλυτικού ζυγού ακριβείας (SHIMADZU, UX420H, Germany) 0,30gr ξηρής μαγιάς, 10gr αλεύρι για όλες τις χρήσεις και 10gr δείγματος αλευριού σίκαλης. Στην συνέχεια με μια γυάλινη ράβδο αναμίχθηκαν αρκετά καλά η μαγιά με τα άλευρα και ύστερα προστέθηκαν με σιφόνιο μετρήσεως των 10ml, 9-11ml απεσταγμένου νερού. Ακολούθησε ζύμωμα του συγκεκριμένου μίγματος με τα χέρια μέχρι την δημιουργία ενός όγκου ζυμαριού που δεν κολλούσε στα χέρια. Το ζυμάρι μεταφέρθηκε σε γυάλινο ογκομετρικό κύλινδρο των 100ml, πιέστηκε ελαφρώς με μια γυάλινη ράβδο ούτως ώστε να μην υπάρχει κενό στον πάτο του ογκομετρικού κύλινδρο καθώς και για να είναι η οροφή του ζυμαριού επίπεδη για πιο εύκολη ανάγνωση κατά την διαδικασία επώασης. Τέλος, σημειώθηκε ο αρχικός όγκος του ζυμαριού (V_{APX}) και ακολούθησε η τοποθέτηση του ογκομετρικού κυλίνδρου σε κλίβανο επώασης με θερμοκρασία 30°C για 2 ώρες με τακτικό έλεγχο του όγκου του ζυμαριού ανά 20min μέχρι και τον τελικό όγκο ($V_{TEΛ}$) στις 2 ώρες. Οι σημαντικές τιμές που σημειώθηκαν ήταν ο αρχικός όγκος του ζυμαριού, ο όγκος του ζυμαριού μετά από 1ώρα για στατιστικούς λόγους και ο τελικός όγκος στις 2 ώρες. Τα αποτελέσματα της μέτρησης εκφράστηκαν σε % αύξηση όγκου του ζυμαριού.

Ο υπολογισμός για την αρτοποιητική ικανότητα έγινε με την βοήθεια του τύπου:

$$\text{Αύξηση όγκου ζυμαριού } V = \text{Τελικός όγκος} - \text{Αρχικός όγκος}$$

Από αρχικό όγκο V_{APX} το ζυμάρι αυξήθηκε κατά V

$$\Sigma \epsilon \quad 100 \quad x = ;$$

$$x = \frac{100 \cdot V}{V_{APX}}$$

οπού:

V_{APX} : Ο όγκος ζυμαριού πριν τοποθετηθεί στον κλίβανο επώασης

V : Η αύξηση του όγκου ζυμαριού



Εικόνες 3.56,3.57,3.58 και 3.59: Πορσελάνινη κάψα που περιέχει ξηρή μαγιά, αλεύρι για όλες τις χρήσεις και δείγμα αλεύρου σίκαλης (πάνω αριστερά). Ογκομετρικοί κύλινδροι με ζυμάρι στο εσωτερικό τους μέσα σε κλίβανο επώασης (πάνω δεξιά). Ανάγνωση ζυμαριού μετά το πέρας των 2 ωρών σε κλίβανο επώασης (κάτω αριστερά). Ογκομετρικοί κύλινδροι με ζυμάρια στο εσωτερικό τους μετά το τέλος της διαδικασίας επώασης και την ανάγνωση του τελικού όγκου (κάτω δεξιά). (Πηγή: Προσωπικό αρχείο-Νιτσαΐ Ναούμ).

3.2.14 Προσδιορισμός χρώματος

Στην αναλυτική διαδικασία για τον προσδιορισμό του χρώματος η μέτρηση του χρώματος του αλεύρου σίκαλης διενεργήθηκε σύμφωνα με την μέθοδο της μέτρησης της ορατής ακτινοβολίας που ανακλάται από την επιφάνεια του αλεύρου και την μέτρηση αυτής της ακτινοβολίας με την βοήθεια του χρωματόμετρου (MINOLTA, CR-410, Japan). Για την διεξαγωγή του συγκεκριμένου πειράματος χρησιμοποιήθηκε ειδική συσκευή που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό χρώματος σε άλευρα.

Αρχικά, μέσα σε γυάλινο μπολ τοποθετήθηκε η ειδική συσκευή και στην συνέχεια γεμίστηκε με δείγμα αλεύρου σίκαλης. Το αλεύρι επιπεδοποιήθηκε ούτως ώστε να μην υπάρχει κενός χώρος και το αλεύρι να απλωθεί παντού. Στην συνέχεια το μέρος της συσκευής που αντανακλά την ακτινοβολία (πιστόλι) βυθίστηκε σιγά σιγά στο κέντρο του όγκου αλεύρου, για να μην πεταχτεί το αλεύρι καθώς και για να μην δημιουργήσει κενό και εισέλθει φως από το περιβάλλον. Με την σταθεροποίηση της συσκευής πατήθηκε το κουμπί μέτρησης και αυτομάτως εκτυπώθηκε και ταυτόχρονα εμφανίστηκε στην οθόνη της συσκευής οι τιμές που προσδιορίζουν το χρώμα του αλεύρου. Τέλος, με το τέλος της μέτρησης η βοηθητική συσκευή καθώς και το μηχάνημα που αντανακλά την ακτινοβολία καθαρίστηκαν αρκετά καλά με πινέλο με στόχο να μην αλλοιώσουν το αποτέλεσμα της επόμενης μέτρησης.

Μετά από την μέτρηση του χρώματος κάθε δείγματος αλευριού σίκαλης, εκτυπώνονταν τα αποτελέσματα σε χαρτί αυτομάτως μετά την μέτρηση.



Εικόνες 3.60,3.61,3.62 και 3.63: Χρωματόμετρο (πάνω αριστερά). Καλό γέμισμα ειδικής συσκευής (πάνω δεξιά). Προσεκτικό βύθισμα χρωματόμετρου (κάτω αριστερά). Χρωματόμετρο όπου φαίνονται τα αποτελέσματα της μέτρησης χρώματος και στην οθόνη της συσκευής ψηφιακά και στο χαρτί εκτυπωμένα (κάτω δεξιά). (Πηγή: Προσωπικό αρχείο-Νιτσάϊ Ναούμ).

3.3 Στατιστική επεξεργασία αποτελεσμάτων

Τα αποτελέσματα επεξεργάστηκαν με το στατιστικό πρόγραμμα IBM SPSS Statistics Data Editor (έκδοση 29.0.0)(SPSS Inc., Chicago, IL, USA) και παρουσιάστηκαν σε μορφή πινάκων ANOVA (Ανάλυση Διακύμανσης) ενώ οι διαφορές μεταξύ των μεταχειρίσεων προσδιορίστηκαν με το test Duncan.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ,ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

4.1 Στατιστική ανάλυση αποτελεσμάτων

Στους πίνακες παρακάτω γίνεται η στατιστική ανάλυση των παραπάνω αποτελεσμάτων για να μπορούμε να δούμε τυχόν αποκλίσεις μεταξύ των 7 γενοτύπων σίκαλης που χρησιμοποιήθηκαν στο πειραματικό μέρος της εργασίας. Για να διακρίνουμε τυχόν τέτοιες αποκλίσεις θα πρέπει στους παρακάτω πίνακες που έχουν φτιαχτεί να παρατηρήσουμε το κελί που βρίσκεται στην διασταύρωση της στήλης Sig. με την γραμμή ΥΛΙΚΟΤΓΥ. Όταν η τιμή του συγκεκριμένου κελιού είναι μεγαλύτερο από 0,05 δεν υπάρχουν σημαντικές στατιστικές διαφορές, ενώ όταν η τιμή είναι κάτω από 0,05 τότε υπάρχουν σημαντικές στατιστικές διαφορές.

Πίνακας 4.5 ANOVA πληθυσμών σίκαλης για περιεκτικότητα υγρασίας.

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	2,094 ^a	9	,233	1,208	,348
Intercept	774,167	1	774,167	4021,356	<,001
ΥΛΙΚΟΤΓΥ	,506	6	,084	,438	,844
ΟΜΑΔΕΣ	1,588	3	,529	2,749	,073
Error	3,465	18	,193		
Total	779,726	28			
Corrected Total	5,559	27			

a. R Squared = ,377 (Adjusted R Squared = ,065)

Από τον Πίνακα 4.5 προκύπτει ότι μεταξύ των επτά γενοτύπων σίκαλης δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την περιεκτικότητα της υγρασία.

Πίνακας 4.6 ANOVA πληθυσμών σίκαλης για περιεκτικότητα τέφρας.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ΤΕΦΡΑ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,090 ^a	9	,010	,604	,777
Intercept	112,360	1	112,360	6773,874	<,001
ΥΛΙΚΟΤΓΥ	,071	6	,012	,716	,642
ΟΜΑΔΕΣ	,019	3	,006	,381	,768
Error	,299	18	,017		
Total	112,749	28			
Corrected Total	,389	27			

a. R Squared = ,232 (Adjusted R Squared = -,152)

Από τον Πίνακα 4.6 προκύπτει ότι μεταξύ των επτά γενοτύπων σίκαλης δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την περιεκτικότητα της τέφρας.

Πίνακας 4.7 ANOVA πληθυσμών σίκαλης για περιεκτικότητα πρωτεΐνης.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4,197 ^a	9	,466	,290	,969
Intercept	4316,944	1	4316,944	2684,221	<,001
ΥΛΙΚΟΤΓΥ	2,565	6	,427	,266	,946
ΟΜΑΔΕΣ	1,632	3	,544	,338	,798
Error	28,949	18	1,608		
Total	4350,090	28			
Corrected Total	33,146	27			

a. R Squared = ,127 (Adjusted R Squared = -,310)

Από τον Πίνακα 4.7 προκύπτει ότι μεταξύ των επτά γενοτύπων σίκαλης δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την περιεκτικότητα της πρωτεΐνης.

Πίνακας 4.8 ANOVA πληθυσμών σίκαλης ως προς την υγρή γλουτένη.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ΥΓΡΗ ΓΛΟΥΤΕΝΗ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	80,954 ^a	9	8,995	,744	,666
Intercept	13916,985	1	13916,985	1150,685	<,001
ΥΛΙΚΟΤΓΥ	47,969	6	7,995	,661	,682
ΟΜΑΔΕΣ	32,985	3	10,995	,909	,456
Error	217,701	18	12,095		
Total	14215,640	28			
Corrected Total	298,655	27			

a. R Squared = ,271 (Adjusted R Squared = -,093)

Από τον Πίνακα 4.8 προκύπτει ότι μεταξύ των επτά γενοτύπων σίκαλης δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την περιεκτικότητα σε υγρή γλουτένη.

Πίνακας 4.9 ANOVA πληθυσμών σίκαλης ως προς την ξηρή γλουτένη.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ΞΗΡΗ ΓΛΟΥΤΕΝΗ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	10,465 ^a	9	1,163	,831	,597
Intercept	1397,598	1	1397,598	999,360	<,001
ΥΛΙΚΟΤΓΥ	6,496	6	1,083	,774	,600
ΟΜΑΔΕΣ	3,969	3	1,323	,946	,439
Error	25,173	18	1,398		
Total	1433,236	28			
Corrected Total	35,638	27			

a. R Squared = ,294 (Adjusted R Squared = -,060)

Από τον Πίνακα 4.9 προκύπτει ότι μεταξύ των επτά γενοτύπων σίκαλης δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την περιεκτικότητα σε ξηρή γλουτένη.

Πίνακας 4.10 ANOVA πληθυσμών σίκαλης ως προς το λίπος.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ΛΙΠΟΣ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1,454 ^a	9	,162	2,031	,096
Intercept	56,488	1	56,488	710,227	<,001
ΥΛΙΚΟΤΓΥ	,103	6	,017	,217	,967
ΟΜΑΔΕΣ	1,351	3	,450	5,660	,007
Error	1,432	18	,080		
Total	59,373	28			
Corrected Total	2,885	27			

a. R Squared = ,504 (Adjusted R Squared = ,256)

Από τον Πίνακα 4.10 προκύπτει ότι μεταξύ των επτά γενοτύπων σίκαλης δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την περιεκτικότητα σε λίπος.

Πίνακας 4.11 ANOVA πληθυσμών σίκαλης ως προς τους υδατάνθρακες.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΕΣ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	7,893 ^a	9	,877	,540	,827
Intercept	174324,817	1	174324,817	107285,534	<,001
ΥΛΙΚΟΤΓΥ	3,131	6	,522	,321	,917
ΟΜΑΔΕΣ	4,762	3	1,587	,977	,425
Error	29,248	18	1,625		
Total	174361,957	28			
Corrected Total	37,140	27			

a. R Squared = ,213 (Adjusted R Squared = -,181)

Από τον Πίνακα 4.11 προκύπτει ότι μεταξύ των επτά γενοτύπων σίκαλης δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες.

Πίνακας 4.12 ANOVA πληθυσμών σίκαλης ως προς το pH.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: pH

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,012 ^a	9	,001	,633	,755
Intercept	1177,287	1	1177,287	575400,121	<,001
YLIKOTGY	,011	6	,002	,903	,514
OMADES	,001	3	,000	,093	,963
Error	,037	18	,002		
Total	1177,335	28			
Corrected Total	,048	27			

a. R Squared = ,240 (Adjusted R Squared = -,139)

Από τον Πίνακα 4.12 προκύπτει ότι μεταξύ των επτά γενοτύπων σίκαλης δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς το pH.

Πίνακας 4.13 ANOVA πληθυσμών σίκαλης ως προς την οξύτητα.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ΟΞΥΤΗΤΑ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,004 ^a	9	,000	2,783	,031
Intercept	,665	1	,665	4494,735	<,001
YLIKOTGY	,001	6	,000	1,488	,238
OMADES	,002	3	,001	5,373	,008
Error	,003	18	,000		
Total	,671	28			
Corrected Total	,006	27			

a. R Squared = ,582 (Adjusted R Squared = ,373)

Από τον Πίνακα 4.13 προκύπτει ότι μεταξύ των επτά γενοτύπων σίκαλης δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την οξύτητα.

Πίνακας 4.14 ANOVA πληθυσμών σίκαλης ως προς την ενεργότητα νερού.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ΕΝΕΡΓΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,001 ^a	9	,000	,564	,808
Intercept	,335	1	,335	1392,190	<,001
YLIKOTGY	,001	6	,000	,607	,721
OMADES	,000	3	,000	,479	,701
Error	,004	18	,000		
Total	,341	28			
Corrected Total	,006	27			

a. R Squared = ,220 (Adjusted R Squared = -,170)

Από τον Πίνακα 4.14 προκύπτει ότι μεταξύ των επτά γενοτύπων σίκαλης δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την ενεργότητα νερού.

Πίνακας 4.15 ANOVA πληθυσμών σίκαλης ως προς την ικανότητα συγκράτησης νερού.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗ ΝΕΡΟΥ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	241,008 ^a	9	26,779	,843	,588
Intercept	566923,201	1	566923,201	17853,429	<,001
YLIKOTGY	95,433	6	15,905	,501	,800
OMADES	145,575	3	48,525	1,528	,241
Error	571,577	18	31,754		
Total	567735,787	28			
Corrected Total	812,586	27			

a. R Squared = ,297 (Adjusted R Squared = -,055)

Από τον Πίνακα 4.15 προκύπτει ότι μεταξύ των επτά γενοτύπων σίκαλης δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την ικανότητα συγκράτησης του νερού.

Πίνακας 4.16 ANOVA πληθυσμών σίκαλης ως προς τη δοκιμή καθίζησης.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ΔΟΚΙΜΗ ΚΑΘΙΖΗΣΗΣ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	135,304 ^a	9	15,034	1,666	,170
Intercept	19241,286	1	19241,286	2132,514	<,001
YLIKOTGY	89,089	6	14,848	1,646	,192
OMADES	46,214	3	15,405	1,707	,201
Error	162,411	18	9,023		
Total	19539,000	28			
Corrected Total	297,714	27			

a. R Squared = ,454 (Adjusted R Squared = ,182)

Από τον Πίνακα 4.16 προκύπτει ότι μεταξύ των επτά γενοτύπων δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς τη δοκιμή καθίζησης.

Πίνακας 4.17 ANOVA πληθυσμών σίκαλης ως προς την αρτοποιητική ικανότητα.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΡΤΟΠΟΙΗΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	483,768 ^a	9	53,752	1,757	,148
Intercept	30580,504	1	30580,504	999,585	<,001
YLIKOTGY	78,686	6	13,114	,429	,850
OMADES	405,082	3	135,027	4,414	,017
Error	550,678	18	30,593		
Total	31614,950	28			
Corrected Total	1034,445	27			

a. R Squared = ,468 (Adjusted R Squared = ,201)

Από τον Πίνακα 4.17 προκύπτει ότι μεταξύ των επτά γενοτύπων σίκαλης δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς την αρτοποιητική ικανότητα.

Πίνακας 4.18 ANOVA πληθυσμών σίκαλης ως προς το χρώμα L*.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ΧΡΩΜΑ L

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	18,323 ^a	9	2,036	1,140	,386
Intercept	232718,719	1	232718,719	130332,533	<,001
ΥΛΙΚΟΤΥΠ	8,194	6	1,366	,765	,607
ΟΜΑΔΕΣ	10,128	3	3,376	1,891	,167
Error	32,140	18	1,786		
Total	232769,182	28			
Corrected Total	50,463	27			

a. R Squared = ,363 (Adjusted R Squared = ,045)

Από τον Πίνακα 4.18 προκύπτει ότι μεταξύ των επτά γενοτύπων σίκαλης δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς το χρώμα L*.

Πίνακας 4.19 ANOVA πληθυσμών σίκαλης ως προς το χρώμα α*.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ΧΡΩΜΑ α

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	,199 ^a	9	,022	,423	,906
Intercept	18,696	1	18,696	357,502	<,001
ΥΛΙΚΟΤΥΠ	,184	6	,031	,587	,736
ΟΜΑΔΕΣ	,015	3	,005	,095	,962
Error	,941	18	,052		
Total	19,837	28			
Corrected Total	1,140	27			

a. R Squared = ,175 (Adjusted R Squared = -,238)

Από τον Πίνακα 4.19 προκύπτει ότι μεταξύ των επτά γενοτύπων σίκαλης δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς το χρώμα α*.

Πίνακας 4.20 ANOVA πληθυσμών σίκαλης ως προς το χρώμα b*.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: XPQMA b

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6,836 ^a	9	,760	2,193	,075
Intercept	51,517	1	51,517	148,733	<,001
YLIKOTGY	5,006	6	,834	2,409	,069
OMADES	1,831	3	,610	1,762	,190
Error	6,235	18	,346		
Total	64,588	28			
Corrected Total	13,071	27			

a. R Squared = ,523 (Adjusted R Squared = ,285)

Από τον Πίνακα 4.20 προκύπτει ότι μεταξύ των επτά γενοτύπων δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς το χρώμα b*.

Πίνακας 4.21 ANOVA πληθυσμών σίκαλης ως προς το χρώμα C.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: XPQMA C

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3,759 ^a	9	,418	2,744	,033
Intercept	77,956	1	77,956	512,051	<,001
YLIKOTGY	2,862	6	,477	3,133	,028
OMADES	,897	3	,299	1,964	,156
Error	2,740	18	,152		
Total	84,455	28			
Corrected Total	6,500	27			

a. R Squared = ,578 (Adjusted R Squared = ,368)

Από τον Πίνακα 4.21 προκύπτει ότι μεταξύ των επτά γενοτύπων σίκαλης υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς το χρώμα C.

Πίνακας 4.22 Ομαδοποίηση υλικών ως προς το χρώμα C.

ΧΡΩΜΑ C

Duncan^{a,b}

ΥΛΙΚΟ ΤΓΥ	N	Subset	
		1	2
7	4	1,4225	
3	4	1,5075	
5	4	1,5225	
6	4	1,5250	
4	4	1,5850	
2	4	1,6875	
1	4		2,4300
Sig.		,404	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = ,152.
a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.
b. Alpha = 0,05.

Από τον Πίνακα 4.22 προκύπτει ότι ο πληθυσμός 1 με την επωνυμία Παπατόλης έχει σημαντικά υψηλότερη τιμή (2,43) ως προς το χρώμα C σε σύγκριση με τους υπόλοιπους πληθυσμούς.

Πίνακας 4.23 ANOVA πληθυσμών σίκαλης ως προς το χρώμα h.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ΧΡΩΜΑ h

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	4636,637 ^a	9	515,182	,802	,620
Intercept	424953,761	1	424953,761	661,287	<,001
ΥΛΙΚΟΤΓΥ	3786,020	6	631,003	,982	,466
ΟΜΑΔΕΣ	850,617	3	283,539	,441	,726
Error	11567,085	18	642,616		
Total	441157,483	28			
Corrected Total	16203,722	27			

a. R Squared = ,286 (Adjusted R Squared = -,071)

Από τον Πίνακα 4.23 προκύπτει ότι μεταξύ των επτά γενοτύπων σίκαλης δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς το χρώμα h.

Πίνακας 4.24 ANOVA πληθυσμών σίκαλης ως προς την τελική απόδοση σε σπόρο.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ΑΠΟΔΟΣΗ

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1865978,491 ^a	9	207330,943	5,382	,001
Intercept	77597327,009	1	77597327,009	2014,253	<,001
ΥΛΙΚΟΤΓΥ	1837223,679	6	306203,946	7,948	<,001
ΟΜΑΔΕΣ	28754,813	3	9584,938	,249	,861
Error	693434,250	18	38524,125		
Total	80156739,750	28			
Corrected Total	2559412,741	27			

a. R Squared = ,729 (Adjusted R Squared = ,594)

Από τον Πίνακα 4.24 προκύπτει ότι οι επτά γενοτύπων σίκαλης διέφεραν ως προς την τελική απόδοση σε σπόρο.

Πίνακας 4.25 Ομαδοποίηση πληθυσμών σίκαλης ως προς την τελική απόδοση σε σπόρο.

ΑΠΟΔΟΣΗ

Duncan^{a,b}

ΥΛΙΚΟ ΤΓΥ	N	Subset			
		1	2	3	4
4	4	1296,0000			
1	4	1507,3750	1507,3750		
5	4	1549,5000	1549,5000	1549,5000	
3	4		1621,1250	1621,1250	
2	4		1659,6250	1659,6250	
6	4			1859,2500	
7	4				2160,2500
Sig.		,100	,327	,054	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 38524,125.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,000.

b. Alpha = 0,05.

Από τον Πίνακα 4.25 προκύπτει ότι ο πληθυσμός 7 με την επωνυμία Ducato (εμπορική ποικιλία) είχε σημαντικά υψηλότερη απόδοση σε σύγκριση με τους υπόλοιπους πληθυσμούς αποδεικνύοντας την εμπορική του ταυτότητα.

4.2 Αποτελέσματα πειραμάτων για τον προσδιορισμό ποιοτικών και φυσικοχημικών χαρακτηριστικών αλεύρου σίκαλης.

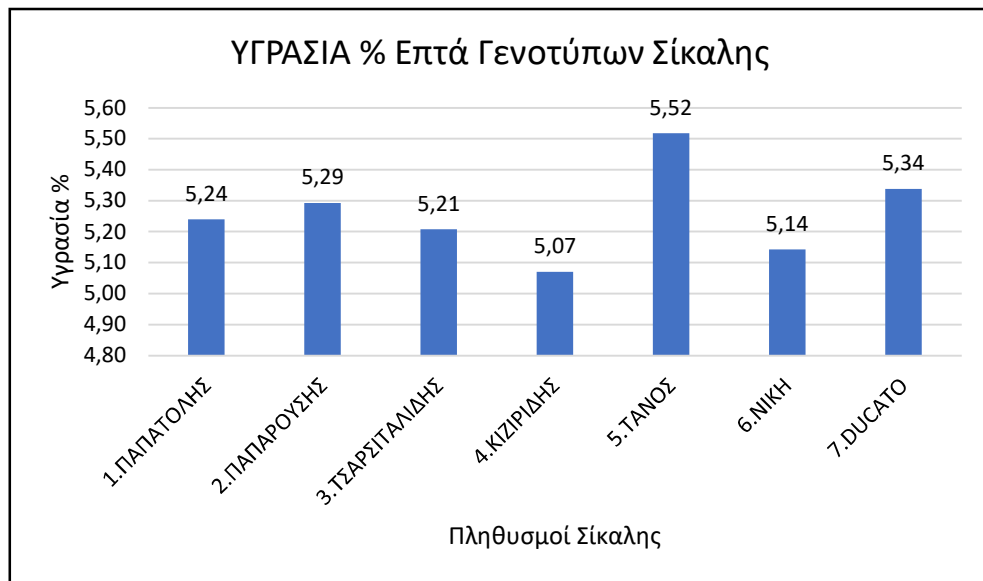
Για το κάθε δείγμα στα πειράματα της υγρασίας, τέφρας και ικανότητας συγκράτησης νερού έγιναν δυο διαφορετικές μετρήσεις για να έχουμε πιο σωστό αποτέλεσμα και έλεγχο για τυχόν αποκλίσεις. Από τις δυο μετρήσεις πάρθηκε ο μέσος όρος τους. Στο πείραμα του pH και της ενεργότητας νερού έγιναν 2 μετρήσεις η μία μετά την άλλη στο ίδιο δείγμα για να έχουμε πιο σωστό αποτέλεσμα και έλεγχο για τυχόν αποκλίσεις. Στα πειράματα της πρωτεΐνης, της υγρής και ξηρής γλουτένης, του λίπους, της οξύτητας, της αρτοποιητικής ικανότητας, της δοκιμής καθίζησης και του χρώματος έγινε από μια μέτρηση. Για μετρήσεις του οποίου το αποτέλεσμα ήταν αμφισβητούμενο, έγιναν περισσότερες από μια και δύο μετρήσεις, για την ακρίβεια του αποτελέσματος και στην συνέχεια τα αποτελέσματα κάποια κρατήθηκαν και άλλα απορρίφθηκαν.

Εφόσον έγιναν όλες οι αναλύσεις του πειραματικού μέρους, ακολούθησε η επεξεργασία και η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Πιο συγκεκριμένα, από τα αποτελέσματα των 28 δειγμάτων (6 πληθυσμών και μιας εισαγόμενης εμπορικής ποικιλίας - Ducato σε 4 επαναλήψεις) που φαίνονται στο Παράρτημα, βρέθηκε ο μέσος όρος του κάθε γενοτύπου με βάση τις 4 επαναλήψεις.

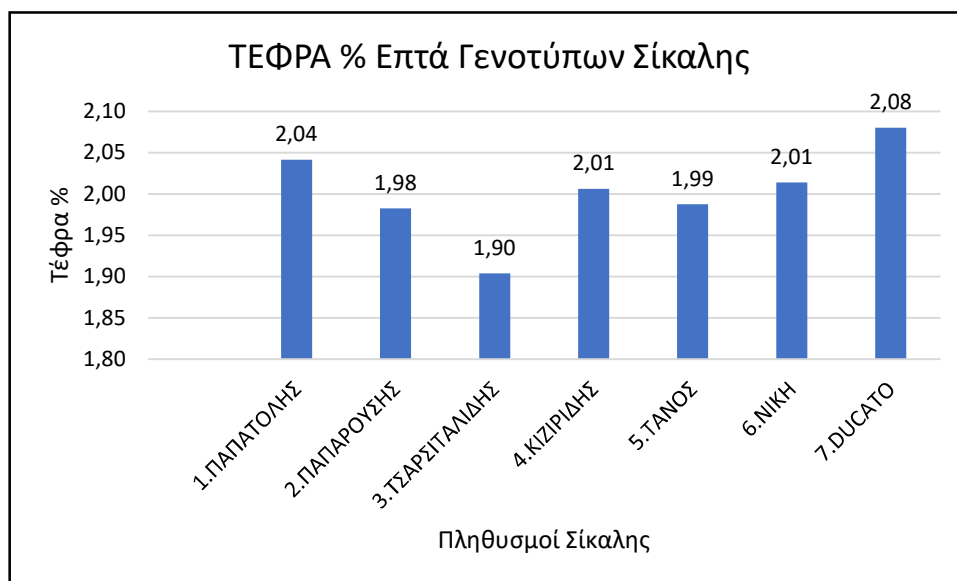
Πίνακας 4.1: Μέσοι όροι ποιοτικών χαρακτηριστικών έξι διαφορετικών πληθυσμών σίκαλης και μιας εισαγόμενης εμπορική ποικιλίας (7) ως μάρτυρας.

Αριθμός Γενετικού Υλικού	Όνομασία Γενετικού Υλικού	Υγρασία %	Τέφρα %	Πρωτεΐνες %	Υγρή Γλουτένη %	Ξηρή Γλουτένη %
1	ΠΑΠΑΤΟΛΗΣ	5,24	2,04	12,66	23,02	7,31
2	ΠΑΠΑΡΟΥΣΗΣ	5,29	1,98	12,21	20,56	6,50
3	ΤΣΑΡΣΙΤΑΛΙΔΗΣ	5,21	1,90	11,95	20,39	6,29
4	ΚΙΖΙΡΙΔΗΣ	5,07	2,01	12,78	22,81	7,29
5	ΤΑΝΟΣ	5,52	1,99	12,69	23,71	7,50
6	ΝΙΚΗ	5,14	2,01	12,54	23,80	7,68

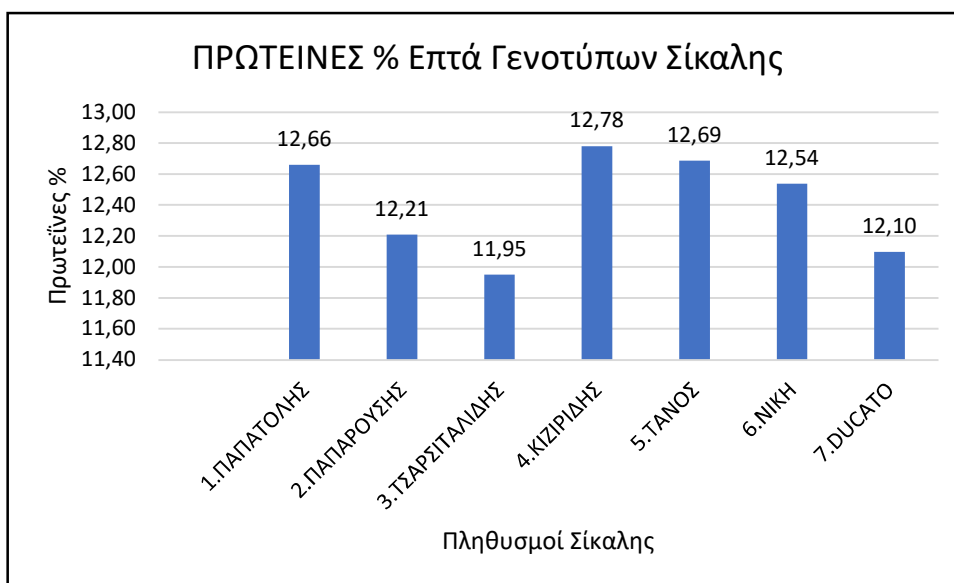
7	DUCATO	5,34	2,08	12,10	21,78	6,90
---	--------	------	------	-------	-------	------



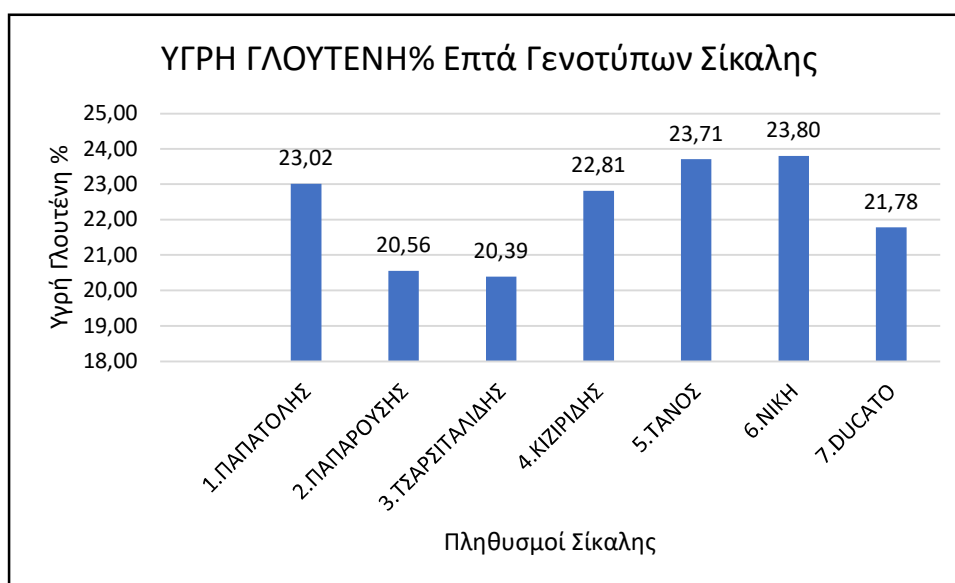
Γράφημα 4.1: Μέσοι όροι υγρασίας %, επτά γενοτύπων σίκαλης που αναλύθηκαν στο πειραματικό μέρος.



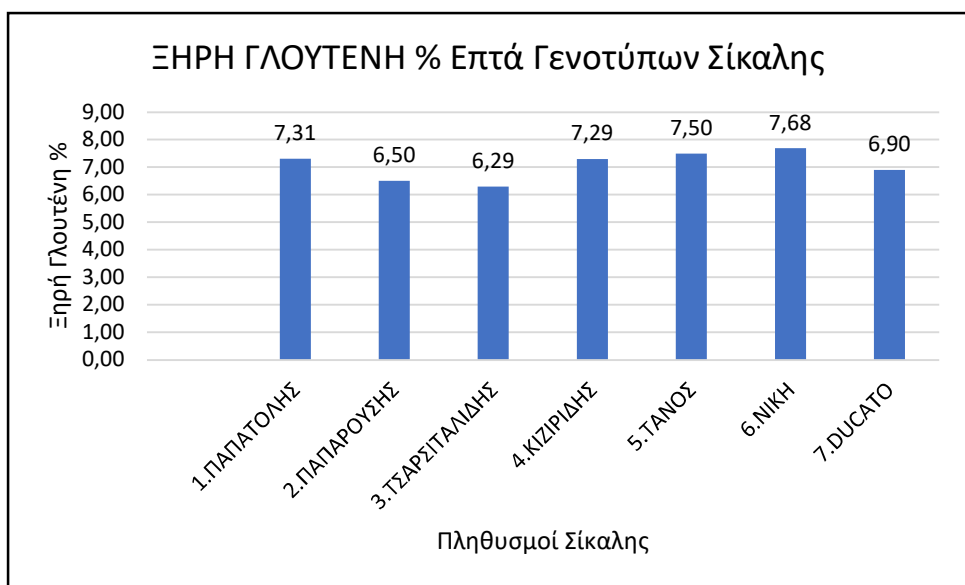
Γράφημα 4.2: Μέσοι όροι τέφρας %, επτά γενοτύπων σίκαλης που αναλύθηκαν στο πειραματικό μέρος.



Γράφημα 4.3: Μέσοι όροι πρωτεϊνών %, επτά γενοτύπων σίκαλης που αναλύθηκαν στο πειραματικό μέρος.



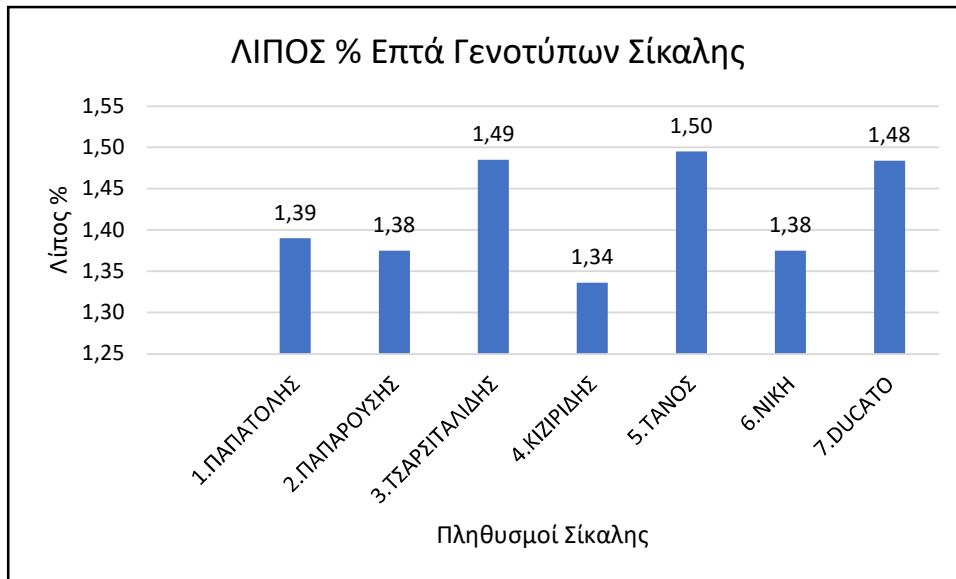
Γράφημα 4.4: Μέσοι όροι υγρής γλουτένης %, επτά γενοτύπων σίκαλης που αναλύθηκαν στο πειραματικό μέρος.



Γράφημα 4.5: Μέσοι όροι ξηρής γλουτένης %, επτά γενοτύπων σίκαλης που αναλύθηκαν στο πειραματικό μέρος.

Πίνακας 4.2: Μέσοι όροι επιπλέον ποιοτικών χαρακτηριστικών έξι διαφορετικών πληθυσμών σίκαλης και μιας εισαγόμενης εμπορική ποικιλίας (7) ως μάρτυρας.

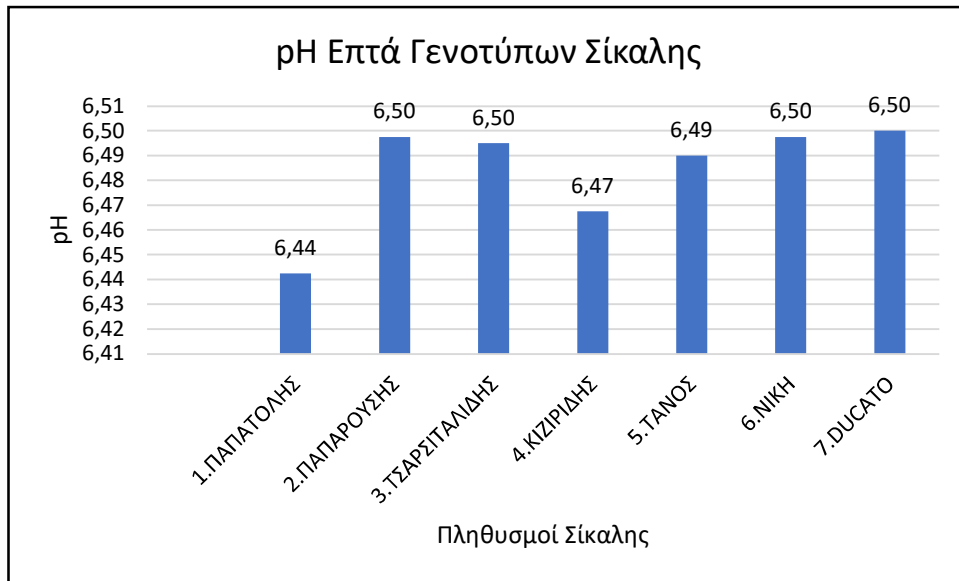
Αριθμός Γενετικού Υλικού	Όνομασία Γενετικού Υλικού	Λίπος %	Υδατάνθρακες %	pH	Οξύτητα %	Ενεργότητα Νερού
1	ΠΑΠΑΤΟΛΗΣ	1,39	78,67	6,44	0,1457	0,103
2	ΠΑΠΑΡΟΥΣΗΣ	1,38	79,14	6,50	0,1506	0,112
3	ΤΣΑΡΣΙΤΑΛΙΔΗΣ	1,49	79,46	6,50	0,1617	0,113
4	ΚΙΖΙΡΙΔΗΣ	1,34	78,81	6,47	0,1653	0,102
5	ΤΑΝΟΣ	1,50	78,32	6,49	0,1568	0,118
6	ΝΙΚΗ	1,38	78,93	6,50	0,1470	0,114
7	ΔΟΥΚΑΤΟ	1,48	79,00	6,50	0,1518	0,105



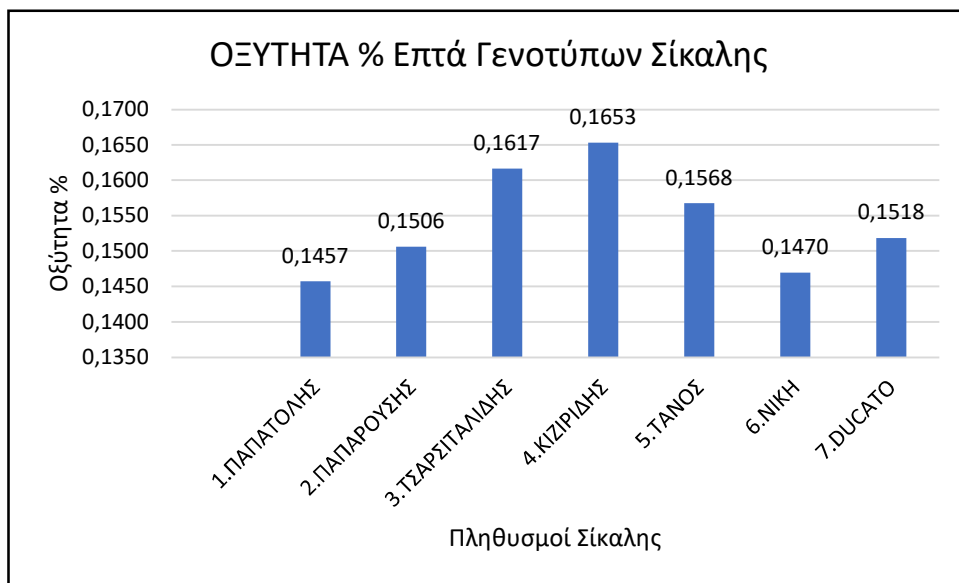
Γράφημα 4.6: Μέσοι όροι λίπους %, επτά γενοτύπων σίκαλης που αναλύθηκαν στο πειραματικό μέρος.



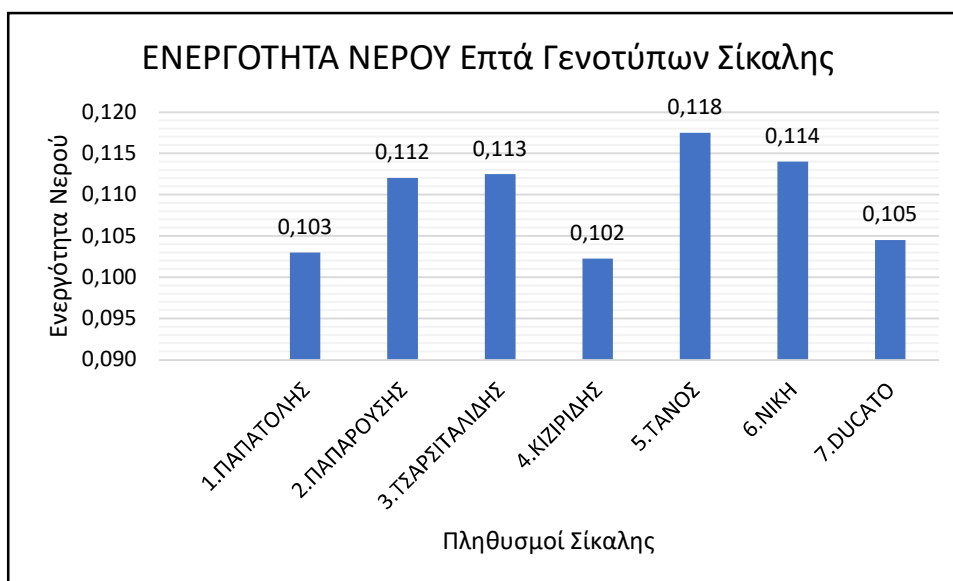
Γράφημα 4.7: Μέσοι όροι υδατανθράκων %, επτά γενοτύπων σίκαλης που αναλύθηκαν στο πειραματικό μέρος.



Γράφημα 4.8: Μέσοι όροι ρΗ, επτά γενοτύπων σίκαλης που αναλύθηκαν στο πειραματικό μέρος.



Γράφημα 4.9: Μέσοι όροι οξύτητας %, επτά γενοτύπων σίκαλης που αναλύθηκαν στο πειραματικό μέρος.



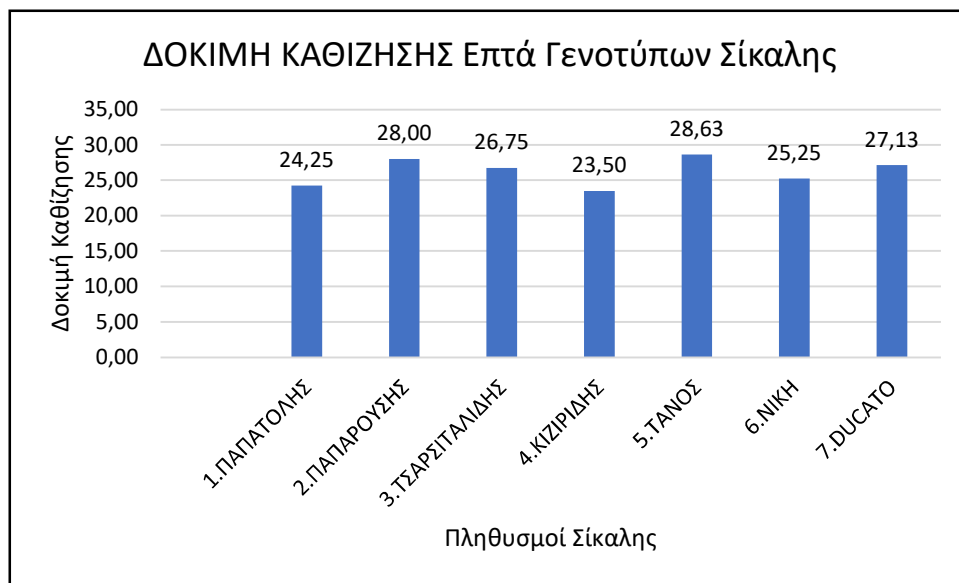
Γράφημα 4.10: Μέσοι όροι ενεργότητας νερού, επτά γενοτύπων σίκαλης που αναλύθηκαν στο πειραματικό μέρος.

Πίνακας 4.3: Μέσοι όροι επιπλέον ποιοτικών χαρακτηριστικών έξι διαφορετικών πληθυσμών σίκαλης και μιας εισαγόμενης εμπορική ποικιλίας (7) ως μάρτυρας.

Αριθμός Γενετικού Υλικού	Όνομασία Γενετικού Υλικού	Ικανότητα Συγκράτησης Νερού %	Δοκιμή Καθίζησης	Αρτοποιητική Ικανότητα %
1	ΠΑΠΑΤΟΛΗΣ	145,04	24,25	32,92
2	ΠΑΠΑΡΟΥΣΗΣ	140,78	28,00	34,38
3	ΤΣΑΡΣΙΤΑΛΙΔΗΣ	142,82	26375	29,91
4	ΚΙΖΙΡΙΔΗΣ	143,05	23,50	32,44
5	ΤΑΝΟΣ	140,82	28,63	35,27
6	ΝΙΚΗ	144,05	25,25	32,05
7	ΔΟΥΚΑΤΟ	139,48	27,13	34,38



Γράφημα 4.11: Μέσοι όροι ικανότητας συγκράτησης νερού %, επτά γενοτύπων σίκαλης που αναλύθηκαν στο πειραματικό μέρος.



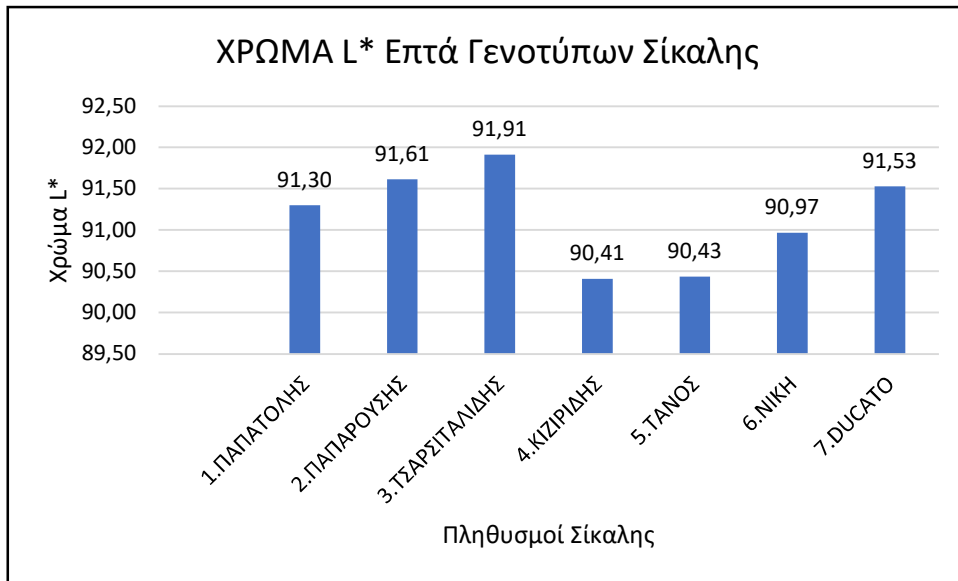
Γράφημα 4.12: Μέσοι όροι δοκιμής καθίζησης, επτά γενοτύπων σίκαλης που αναλύθηκαν στο πειραματικό μέρος.



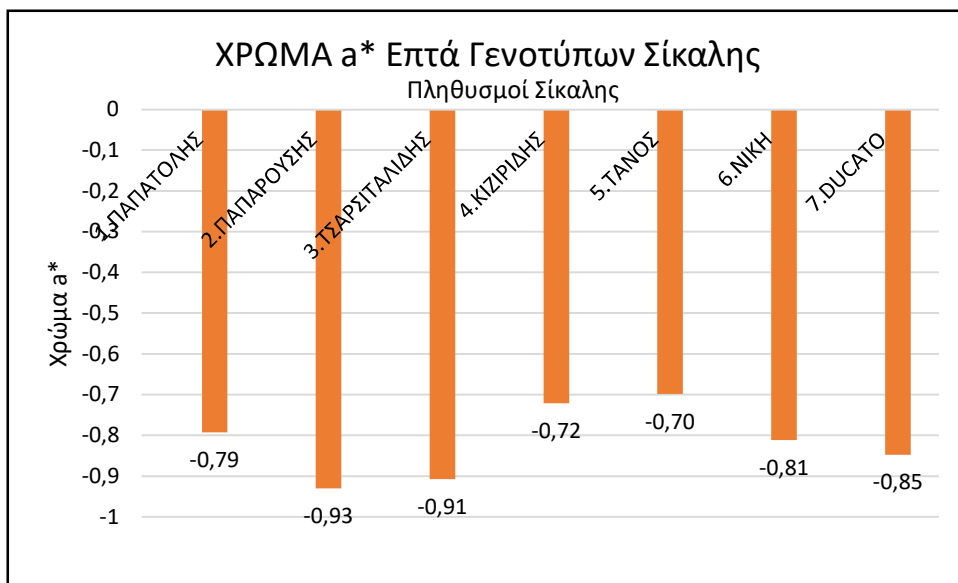
Γράφημα 4.13: Μέσοι όροι αρτοποιητικής ικανότητας %, επτά γενοτύπων σίκαλης που αναλύθηκαν στο πειραματικό μέρος.

Πίνακας 4.4: Μέσοι όροι επιπλέον ποιοτικών χαρακτηριστικών έξι διαφορετικών πληθυσμών σίκαλης και μιας εισαγόμενης εμπορική ποικιλίας (7) ως μάρτυρας.

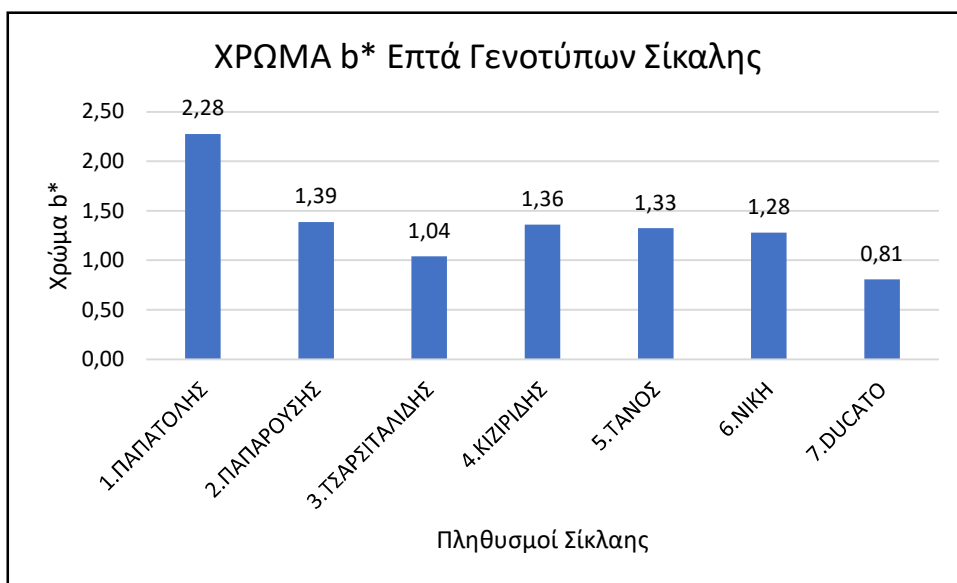
Αριθμός Γενετικού Υλικού	Όνομασία Γενετικού Υλικού	Χρώμα				
		L*	a*	b*	C	h
1	ΠΑΠΑΤΟΛΗΣ	91,30	-0,79	2,28	2,43	111,19
2	ΠΑΠΑΡΟΥΣΗΣ	91,61	-0,93	1,39	1,69	124,61
3	ΤΣΑΡΣΙΤΑΛΙΔΗΣ	91,91	-0,91	1,04	1,51	134,51
4	ΚΙΖΙΡΙΔΗΣ	90,41	-0,72	1,36	1,58	107,33
5	ΤΑΝΟΣ	90,43	-0,70	1,33	1,52	117,85
6	ΝΙΚΗ	90,97	-0,81	1,28	1,52	123,89
7	DUCATO	91,53	0,85	0,81	1,42	142,98



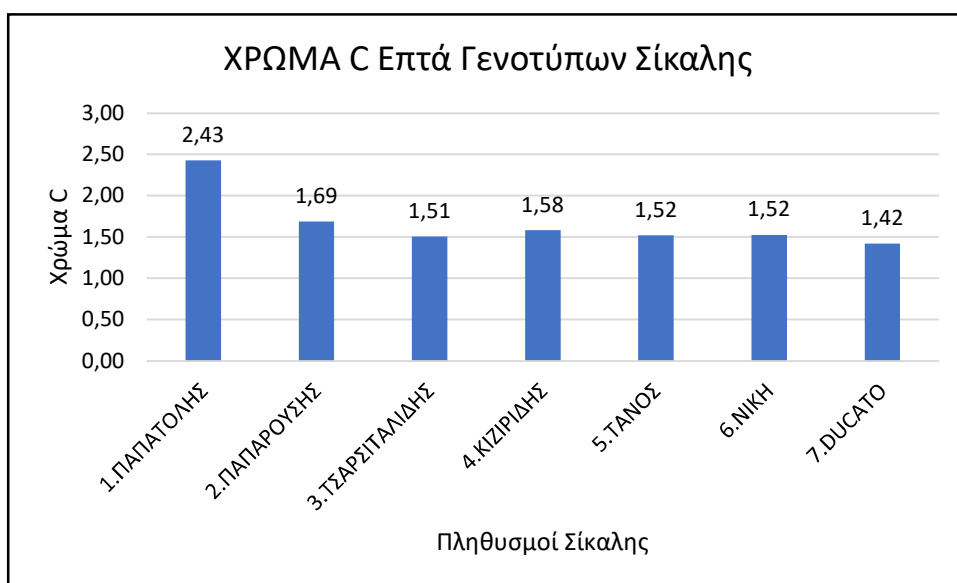
Γράφημα 4.14: Μέσοι όροι χρώματος L*, επτά γενοτύπων σίκαλης που αναλύθηκαν στο πειραματικό μέρος.



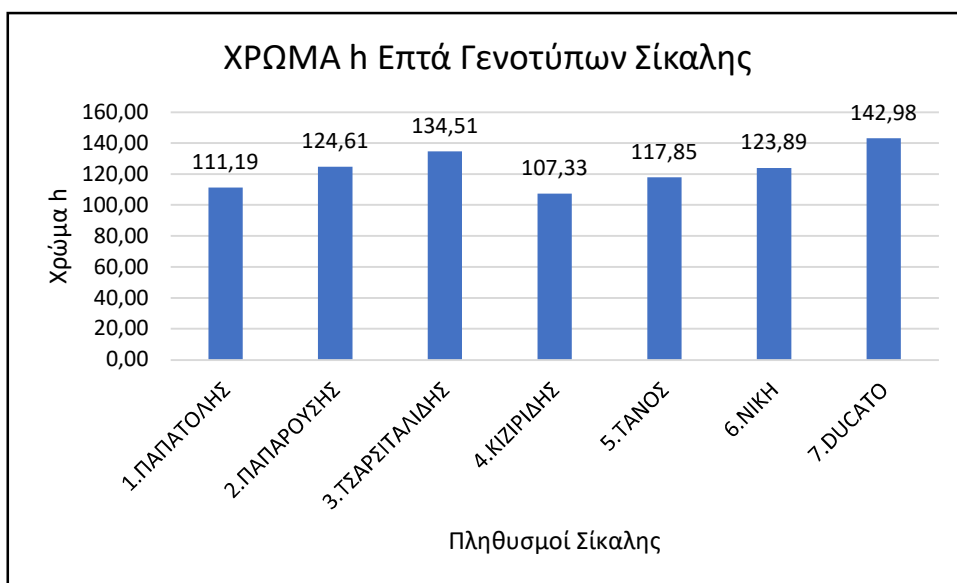
Γράφημα 4.15: Μέσοι όροι χρώματος a*, επτά γενοτύπων σίκαλης που αναλύθηκαν στο πειραματικό μέρος.



Γράφημα 4.16: Μέσοι όροι χρώματος b^* , επτά γενοτύπων σίκαλης που αναλύθηκαν στο πειραματικό μέρος.



Γράφημα 4.17: Μέσοι όροι χρώματος C, επτά γενοτύπων σίκαλης που αναλύθηκαν στο πειραματικό μέρος.



Γράφημα 4.18: Μέσοι όροι χρώματος h, επτά γενοτύπων σίκαλης που αναλύθηκαν στο πειραματικό μέρος.

4.3 Αξιολόγηση αποτελεσμάτων

Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων έγινε με την βοήθεια της βιβλιογραφίας και των εργαστηριακών σημειώσεων, του Κώδικά Τροφίμων και Ποτών που αναφέρετε στο σιτάρι μεν αλλά ανήκει στην κατηγορία των δημητριακών οπού ανήκει και η σίκαλη, καθώς και με βάση τα όσα αναφέρονται στο κεφάλαιο 2 όπου αναλύονται τα διάφορα ποιοτικά χαρακτηριστικά που αναλύθηκαν στο πειραματικό μέρος και με βάση τον Πίνακα 2.1 που περιέχει την μέση χημική σύσταση της σίκαλης (Πηγή Παπαδάκη Χ., Μητλιάγκα Π. 2018). Τέλος, οι γενότυποι εκτός από την σύγκριση μεταξύ τους συγκρίθηκαν και με βάση το γενότυπο Ducato δηλαδή την εμπορική ποικιλία για να διαπιστωθεί εάν υπήρξε κάποια υπεροχή σε κάποιο χαρακτηριστικό.

4.3.1 Υγρασία

Η υγρασία στους προς ανάλυση γενότυπους σίκαλης είναι σχετικά χαμηλή με περιεκτικότητά 5% σε σχέση με την μέση χημική σύσταση της σίκαλης (Πίνακας 2.1) που είναι 13,7 ή σε σχέση και με το σιτάρι που η μέγιστη επιτρεπτή τιμή υγρασίας κυμαίνεται στο 13,5-14,5% (ΚΤΠ άρθρο 106). Η χαμηλή υγρασία μπορεί να οφείλετε στην προθέρμανση των σπόρων ως μέρος της προεπεξεργασίας τους, πριν την διαδικασία της άλεσης με σκοπό την ευκολότερη άλεση των σπόρων σίκαλης δημιουργώντας έτσι το άλευρο σίκαλης. Σε σύγκριση με την εμπορική ποικιλία Ducato (7) ο μόνος γενότυπος που είχε πιο αυξημένη περιεκτικότητα υγρασίας ήταν ο

γενότυπος Τάνος (5.52%) σε σχέση με την Ducato (5.34). Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι οι γενότυποι δεν διέφεραν κατά πολύ με την εμπορική ποικιλία Ducato.

4.3.2 Τέφρα

Η περιεκτικότητα σε τέφρα κυμαίνεται στα φυσιολογικά επίπεδα σε ποσοστό κοντά στο 2% σε όλους τους γενότυπους όταν η μέση χημική σύσταση της σίκαλης σε τέφρα (ανόργανα συστατικά) στον Πίνακα 2.1 είναι 1,90%. Τέλος, οι γενότυποι δεν παρουσίασαν κάποια μεγαλύτερη τιμή σε σύγκριση με την εμπορική ποικιλία Ducato όσον αφορά την περιεκτικότητα της τέφρας.

4.3.3 Πρωτεΐνες

Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες κυμαίνεται στο 12% σε όλους τους γενότυπους. Είναι μεγαλύτερη σε σχέση με την μέση χημική σύσταση της σίκαλης στον Πίνακα 2.1 που είναι στο 9,5% κάτι όμως που επιβεβαιώνει αυτό που έχουμε προαναφέρει στα πρώτα κεφάλαια πως η σίκαλη έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη καθιστώντας ένα τρόφιμο με υψηλή διατροφική αξία. Οι γενότυποι που παρουσίασαν μεγαλύτερες τιμές στην περιεκτικότητα πρωτεϊνών σε σχέση με την εμπορική ποικιλία Ducato (12.10%) ήταν ο γενότυπος Παπατόλης (12,66%), ο γενότυπος Κιζιρίδης (12,78%), ο γενότυπος Τάνος (12,69%) και ο γενότυπος Νίκη (12,54%). Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι αν και η περιεκτικότητα των πρωτεϊνών ήταν πιο μεγάλη σε κάποιους γενότυπους, δεν υπήρξε μεγάλη διαφορά συνολικά στην περιεκτικότητα των πρωτεϊνών μεταξύ των γενότυπων και της εμπορικής ποικιλίας Ducato.

4.3.4 Υγρή και ξηρή γλουτένη

Η περιεκτικότητα σε υγρή γλουτένη κυμαίνεται στο 20-23% στους προς ανάλυση γενότυπους και η ξηρή γλουτένη στο 6-7%. Σε σχέση με το σιτάρι που έχει μέγιστη τιμή το 25-28% σε υγρή γλουτένη, οι παραπάνω τιμές είναι σε επιτρεπτά επίπεδα. Οι γενότυποι που παρουσίασαν μεγαλύτερη περιεκτικότητα τόσο στην υγρή όσο και στην ξηρή γλουτένη σε σχέση με την εμπορική ποικιλία Ducato (με υγρή γλουτένη 21,78% και ξηρή γλουτένη 6,90%) ήταν ο γενότυπος Παπατόλης (με υγρή γλουτένη 23,02% και ξηρή γλουτένη 7,31%), ο γενότυπος Κιζιρίδης (με 22,81% και 7,29% αντίστοιχα), ο γενότυπος Τάνος (με 23,71% και 7,68% αντίστοιχα) και ο γενότυπος Νίκη (με 23,80 και 7,68 αντίστοιχα). Επίσης, αν και μεγαλύτερη η περιεκτικότητα σε υγρή και ξηρή γλουτένη στους περισσότερους γενότυπους, δεν υπήρξαν μεγάλες αποκλίσεις σε σχέση με την εμπορική ποικιλία Ducato. Τέλος, αξίζει

να σημειωθεί ότι οι γενότυποι που είχαν πιο αυξημένες τιμές σε σχέση με τη Ducato όσον αφορά την υγρή και ξηρή γλουτένη, παρουσίασαν επίσης μεγαλύτερες τιμές και στην περιεκτικότητα της πρωτεΐνης αποδεικνύοντας την σχέση μεταξύ των πρωτεϊνών και της γλουτένης.

4.3.5 Λίπος

Η περιεκτικότητα σε λίπος σε όλους τους γενοτύπους σίκαλης που αναλύσαμε ήταν 1,3-15% το οποίο ποσοστό είναι σε φυσιολογικά επίπεδα σε σύγκριση με την μέση χημική σύσταση της σίκαλης στο Πίνακα 2.1, όπου η περιεκτικότητα σε λίπος είναι 1.7%. Αυτό μας δείχνει πως η σίκαλη δεν έχει μεγάλα ποσοστά λίπους καθιστώντας το επικίνδυνο για την υγεία τρόφιμο αλλά περιέχει λίπος σε φυσιολογικά επίπεδα. Οι γενότυποι που παρουσίασαν μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με την εμπορική ποικιλία Ducato (1,48%) ήταν ο γενότυπος Τσαρτσιταλιδής (1,49%) και ο γενότυπος Τάνος (1,50%). Τέλος, αν και κάποιοι γενότυποι παρουσίασαν μεγαλύτερες τιμές, συνολικά οι γενότυποι δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές στην περιεκτικότητα λίπους σε σχέση με την εμπορική ποικιλία Ducato.

4.3.6 Υδατάνθρακες

Η περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες στους γενοτύπους σίκαλης που αναλύσαμε ήταν 78-79%. Το ποσοστό αυτό είναι παραπάνω από αυτό της μέσης χημικής σύστασης της σίκαλης στο Πίνακα 2.1 που είναι 60,7%. Αν και παραπάνω από το φυσιολογικό αυτό έρχεται να επιβεβαιώσει ότι η σίκαλη όπως και τα άλλα δημητριακά έχουν μεγάλο ποσοστό υδατανθράκων καθιστώντας την σίκαλη τρόφιμο με υψηλή διατροφική αξία που μπορεί να τροφοδοτήσει τον οργανισμό που την καταναλώνει με πολύ ενέργεια. Όμως θα πρέπει να σημειωθεί ότι η υψηλή αυτή τιμή υδατανθράκων μπορεί να οφείλετε και στην χαμηλή περιεκτικότητα της υγρασίας που αναφέραμε πως μπορεί να έχει επηρεαστεί. Στην ουσία όσο μειώνεται η υγρασία τόσο αυξάνεται η περιεκτικότητα των υδατανθράκων καθώς όπως είδαμε στους υπολογισμούς του % υδατάνθρακα αυτό βγαίνει με αφαίρεση και μικρότερη τιμή που αφαιρείτε θα έχει ως αποτέλεσμα η τελική τιμή υδατάνθρακα να είναι αυξημένη. Οι γενότυποι που είχαν μεγαλύτερες τιμές όσον αφορά την περιεκτικότητα υδατανθράκων σε σχέση με την εμπορική ποικιλία Ducato (79,00) ήταν, ο γενότυπος Παπαρούσης (79,14%) και ο γενότυπος (78,46%). Τέλος, αν και οι συγκεκριμένοι γενότυποι είχαν πιο αυξημένη περιεκτικότητα υδατανθράκων, γενικά οι γενότυποι δεν παρουσίασαν μεγάλες

αποκλίσεις στην περιεκτικότητα υδατανθράκων σε σχέση με την εμπορική ποικιλία Ducato.

4.3.7 pH

Η τιμή pH των γενοτύπων σίκαλης που αναλύθηκαν κυμαίνεται στο 6,50. Η τιμή αυτή είναι φυσιολογική καθώς δεν είναι ούτε χαμηλή ούτε υψηλή και κυμαίνεται κοντά στο 7 που είναι η ουδέτερη τιμή. Η συγκεκριμένη τιμή pH δείχνει επίσης ότι ο σπόρος και το άλευρο σίκαλης δεν έχει αλλοιωθεί από την επεξεργασία και την αποθήκευση που έχει υποστεί καθώς σε τιμή pH κάτω του 5 στο σιτάρι, μας δείχνει ότι το αλεύρι έχει αλλοιωθεί. Όσον αφορά τη σύγκριση των γενοτύπων με την εμπορική ποικιλία Ducato για την τιμή pH, δεν υπήρξαν τιμές που να ήταν μεγαλύτερη από αυτή της Ducato (6,50). Τέλος, οι γενότυποι δεν παρουσίασαν μεγάλες αποκλίσεις στις τιμές pH ενώ σε πολλούς από αυτούς η τιμή pH ήταν ίδια με αυτή της Ducato.

4.3.8 Οξύτητα

Η οξύτητα των γενοτύπων σίκαλης που αναλύθηκαν ήταν 0,14-0,16%. Σε σύγκριση με το σιτάρι, αυτή η τιμή είναι σχετικά υψηλή καθώς στο σιτάρι η μέγιστη επιτρεπτή τιμή σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών άρθρο 106, είναι αναλόγως και τον τύπο αλεύρου 0,08-0,15%. Συνεπώς η τιμή της οξύτητας κυμαίνεται στα όρια με τους γενοτύπους Τσαρσιταλίδη (0,1617%) και Κιζιρίδη (0,1653%) να έχουν τιμές οξύτητας πάνω από 0,15% ενώ οι τιμές οξύτητας όλων των γενοτύπων δεν παρουσίασαν μεγάλες αποκλίσεις σε σχέση με την εμπορική ποικιλία Ducato. Η υψηλή περιεκτικότητα της οξύτητας με ταυτόχρονα φυσιολογική τιμή pH, υποδηλώνει πως τα φωσφορικά άλατα του αλεύρου μπορεί να έχουν διασπαστεί λόγω μεγάλης χρονικής διάρκειας αποθήκευσης. Τέλος, το άλευρο δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 0,49% κ.β. H_2SO_4 που ισχύει στο σιτάρι.

4.3.9 Ενεργότητα νερού (aw)

Η ενεργότητα νερού ήταν κοντά στο 0,100 και στους 7 γενοτύπους όπου αυτό σημαίνει ότι καταρχάς υπάρχει πολύ λίγο διαθέσιμο νερό για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών και την παραγωγή τοξινών όπου σαν αποτέλεσμα αυτό έχει την μη αλλοίωση του τροφίμου και δεν το καθιστά επικίνδυνο προς κατανάλωση. Επίσης η τιμή είναι χαμηλή, αυτό μπορεί να οφείλεται και στην προθέρμανση που προαναφέραμε και στην υγρασία, που υπέστησαν οι σπόροι για να αλεστούν. Τα αφυδατωμένα τρόφιμα έχουν aw κάτω του 0,60 - 0,65, όπου το αλεύρι υπάγεται στα

αφυδατωμένα - ξηρά τρόφιμα. Έτσι με την συγκεκριμένη τιμή το αλεύρι θα μπορεί να συντηρηθεί για μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς να αλλοιωθεί εάν σαφώς τηρηθούν οι απαραίτητες συνθήκες αποθήκευσης. Όσον αφορά την σύγκριση των γενότυπων με την εμπορική ποικιλία Ducato (0,150), οι γενότυποι που έδειξαν μεγαλύτερες τιμές aw ήταν ο γενότυπος Παπαρούσης (0,112), ο γενότυπος Τσαρσιταλίδης (0,113), ο γενότυπος Τάνος (0,118) και ο γενότυπος Νίκη (0,114). Τέλος, αν και οι περισσότεροι γενότυποι είχαν μεγαλύτερες τιμές aw από την εμπορική ποικιλία Ducato, γενικά όμως δεν παρουσίασαν μεγάλες αποκλίσεις σε σχέση με αυτήν.

4.3.10 Ικανότητα συγκράτησης νερού (WHC)

Η ικανότητα συγκράτησης νερού στους 7 γενότυπους σίκαλης που αναλύθηκαν ήταν 139-144%. Αρχικά αυτό σημαίνει ότι τα άλευρα μπόρεσαν να προσροφήσουν σχεδόν 1,5 φορά παραπάνω νερό σε σχέση με το βάρος τους. Όσο αφορά τις ελάχιστες τιμές WHC αυτές στα άλευρα σκληρού τύπου κυμαίνονται το ελάχιστο στο 62% και 68% στου μαλακού, δηλαδή η τιμή WHC είναι πάνω από τις ελάχιστες τιμές. Η WHC αυξάνεται όσο αυξάνεται το ποσοστό του κατεστραμμένου αμύλου άρα στην ουσία τα αποτελέσματα του συγκεκριμένου πειράματος έρχονται να μας δείξουν ότι υπάρχει μεγάλο ποσοστό κατεστραμμένου αμύλου. Σε σχέση με την εμπορική ποικιλία Ducato (139,18%) όλοι οι γενότυποι είχαν μεγαλύτερες τιμές WHC με την μεγαλύτερη τιμή να την παρουσιάζει ο γενότυπος Παπατόλης (145,04%). Τέλος, αν και όλοι είχαν πιο αυξημένες τιμές δεν υπήρξε μεγάλη απόκλιση των τιμών όλων των γενότυπων σε σχέση με την εμπορική ποικιλία Ducato.

4.3.11 Δοκιμή καθίζησης (Zeleny test)

Η δοκιμή καθίζησης (Zeleny test) των προς ανάλυση γενότυπων σίκαλης ήταν 24-28. Το σιτάρι για παράδειγμα στην Γαλλία θα το κατάτασσε το αλεύρι από τον γενότυπο ΤΑΝΟΣ ως αλεύρι Κατηγορίας II με τιμή καθίζησης ίση ή ανώτερη του 28 και πρωτεΐνη % επί ξηρού ίση η ανώτερη του 12% και τους άλλους γενότυπους ως Κατηγορίας III με τιμή καθίζησης ίση ή ανώτερη του 18 και πρωτεΐνη % επί ξηρού ίση ή ανώτερη του 11. Βλέπουμε ότι και με τα αποτελέσματα των πρωτεϊνών παραπάνω υπάρχει μια σύνδεση που επιβεβαιώνει την παραπάνω κατάταξη. Από την άλλη η ποιοτική κατάταξη του σιταριού κατά Siebel θα κατάτασσε τους γενότυπους ως μέσης ποιότητας για τιμή καθίζησης ανάμεσα στο 15 και το 35. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση η τιμή 20 με 25 θεωρείται ικανοποιητική και ενδέχεται να θεσμοθετηθεί σαν όριο για

αρτοποιήσιμα σιτηρά μέσης ποιότητας. Αν και μιλάμε για σιτάρι παραπάνω, δεν ενδέχεται τα όρια στις παραπάνω κατατάξεις να διαφέρουν με της σίκαλης. Οι γενότυποι οι οποίοι παρουσίασαν μεγαλύτερες τιμές καθίζησης σε σχέση με την εμπορική ποικιλία Ducato (27,13) ήταν ο γενότυπος Παπατόλης (28,00) και ο γενότυπος Τάνος (28,63). Τέλος, οι γενότυποι δεν παρουσίασαν μεγάλες αποκλίσεις στις τιμές καθίζησης σε σχέση με την εμπορική ποικιλία Ducato.

4.3.12 Αρτοποιητική Ικανότητα

Η αρτοποιητική ικανότητα των γενοτύπων σίκαλης ήταν 29-34%. Η συγκεκριμένη τιμή είναι χαμηλή αν και πρέπει να επισημανθεί ότι στο πείραμα έγινε ανάμιξη αλευριού σίκαλης προς ανάλυση και αλευριού για όλες τις χρήσεις σε ποσοστό 50:50. Αν και υπάρχουν πολλοί παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν το αποτέλεσμα του συγκεκριμένου πειράματος όπως το πόσο δραστική μπορεί να ήταν η ζύμη που χρησιμοποιήθηκε ή τις συνθήκες που επικρατούσαν στον κλίβανο επώασης, για να γίνει μια σύγκριση στα αποτελέσματα καθώς και για στατιστικούς λόγους υπήρξε και άλλη μια μέτρηση ταυτόχρονα με τις άλλες, αυτή της αρτοποιητικής ικανότητας του αλευριού για όλες τις χρήσεις που αναμίξαμε και χρησιμοποιήσαμε με τα άλλα αλεύρα. Σε αυτήν την μέτρηση χρησιμοποιήθηκε μόνο αυτό το αλεύρι καθώς και η ίδια ζύμη με αποτέλεσμα το ποσοστό της αρτοποιητικής ικανότητας να ήταν 125%. Επίσης θα πρέπει να αναφερθεί ότι σε αρχικές μετρήσεις του πειράματος αυτού, έγινε αρχικά προσπάθεια να γίνει προσδιορισμός της αρτοποιητικής ικανότητας μόνο του αλεύρου σίκαλης κάτι που δεν έδωσε αποτέλεσμα καθώς ο όγκος δεν αυξήθηκε. Άρα σε αναλογία 50:50 οπου και έγινε το πείραμα δεν υπήρξε μεγάλη αύξηση όγκου. Όσον αφορά την σύγκριση των γενοτύπων με την εμπορική ποικιλία Ducato (34,38%), οι γενότυποι που παρουσίασαν μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με αυτήν ήταν ο γενότυπος Παπατόλης (32,92%) και ο γενότυπος Τάνος (35,27%). Τέλος, οι γενότυποι συνολικά δεν παρουσίασαν μεγάλες αποκλίσεις ως προς την αρτοποιητική ικανότητα σε σχέση με την εμπορική ποικιλία Ducato.

4.3.13 Χρώμα

Όσο αφορά το χρώμα των γενοτύπων σίκαλης αρχικά το L* βγήκε υψηλό 90 – 91, αυτό δείχνει ότι η φωτεινότητα του δείγματος ήταν προς το άσπρο δηλαδή προς το 100. Όσον αφορά τις άλλες μετρήσεις a* και b* αυτό δείχνει το χρώμα στο σημείο που αντιστοιχεί στην μέθοδο 3 διαστάσεων που περιγράφεται στην Εικόνα 2.1 και 2.2.

Όμως λόγω της υψηλής φωτεινότητας στην ουσία αυτές οι τιμές θα αντιστοιχούν σε αποχρώσεις του λευκού οπού όντως τα άλευρα που αναλύσαμε είχαν λευκό – μπεζ χρώμα. Τέλος όσον αφορά την ένταση του χρώματος και την απόχρωση υπάρχει μια υψηλή τιμή (2,43) όσο αφορά την ένταση του χρώματος C του γενοτύπου Παπατόλης σε σχέση με τους άλλους γενότυπους. Στο χρώμα οι γενότυποι που παρουσίασαν πιο αυξημένες τιμές σε σχέση με την εμπορική ποικιλία Ducato ήταν στην φωτεινότητα L^* (91.53), ο γενότυπος Παπαρούσης (91,61) και ο γενότυπος Τσαρσιταλίδης (91,91). Στις τιμές a^* και b^* δεν αξίζει να παρουσιάσουμε τους γενοτύπους που παρουσίασαν μεγαλύτερες τιμές από την Ducato καθώς οι τιμές a^* και b^* είναι για να προσδιορίσουμε το χρώμα του τροφίμου ακριβώς και δεν έχουν κάποια άλλη επίδραση στην ποιότητα του χρώματος. Επιπλέον, όσον αφορά την τιμή C, όλοι οι γενότυποι παρουσίασαν πιο αυξημένες τιμές σε σχέση με την εμπορική ποικιλία Ducato (1.42), ενώ αντιθέτως όσον αφορά την τιμή h κανένας γενότυπος δεν είχε τιμή μεγαλύτερη από αυτή της Ducato (142.98). Τέλος, οι παραπάνω τιμές (L^* , a^* , b^* , C, h) των γενοτύπων δεν παρουσίασαν μεγάλες αποκλίσεις σε σχέση με την εμπορική ποικιλία Ducato (1,42) με εξαίρεση την τιμή C του γενοτύπου Παπατόλης (2,43).

4.4 Συμπεράσματα

Από την στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων στους παραπάνω πίνακες με το πρόγραμμα IBM SPSS Statistics Data Editor 29.0.0, προκύπτει ότι από τα 18 υπό μελέτη χαρακτηριστικά που αναλύθηκαν στο πειραματικό μέρος, οι επτά γενότυποι σίκαλης που μελετήθηκαν δεν διέφεραν στατιστικώς σημαντικά στα 17 από αυτά ενώ διέφεραν στατιστικώς σημαντικά μόνο στο χρώμα C. Αξίζει να σημειωθεί ότι αν και δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές στα περισσότερα ποιοτικά χαρακτηριστικά, οι γενότυποι εμφάνισαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους ως προς την απόδοση, δηλαδή στο πιο σημαντικό αγρονομικό χαρακτηριστικό καθώς όσο μεγαλύτερη η απόδοση σε σπόρο έχουμε, τόσο μεγαλύτερο οικονομικό όφελος στον αγρότη έχουμε, μεγαλύτερο όγκο τροφής κ.ο.κ. Όσον αφορά τα αποτελέσματα των πειραμάτων που παρουσιάστηκαν στην ενότητα 4.2 καθώς και με βάση την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων αυτών στην ενότητα 4.1 και 4.3 οπού αναλύονται αναλυτικά, αυτό που συμπεραίνεται και πρέπει να επισημανθεί είναι ότι οι επτά πληθυσμοί σίκαλης που αναλύθηκαν αρχικά παρουσίασαν χαμηλή περιεκτικότητα υγρασίας όπως και χαμηλή ενεργότητα νερού. Οι πρωτεΐνες αν και πιο αυξημένες από την μέση χημική σύσταση, η υγρή και ξηρή γλουτένη, η τέφρα και το λίπος ήταν σε επιτρεπτά, φυσιολογικά

επίπεδα. Η περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες ήταν σε μεγάλα ποσοστά όπως και αναμενόταν αλλά ήταν παραπάνω από το φυσιολογικό κάτι που μπορεί να οφείλεται στη χαμηλή περιεκτικότητα της υγρασίας. Το pH ήταν σε φυσιολογικές τιμές όπως και η οξύτητα, αλλά με κάποιες τιμές της οξύτητας να κυμαίνονταν στο όριο των επιτρεπτών τιμών και άλλες να την ξεπερνούν υποδηλώνοντας ότι φωσφορικά άλατα του αλεύρου μπορεί να έχουν διασπαστεί λόγω μεγάλης χρονικής διάρκειας αποθήκευσης. Η ικανότητα συγκράτησης του νερού ήταν αυξημένη ενώ η αρτοποιητική ικανότητα ήταν πολύ χαμηλή. Η δοκιμή καθίζησης κατάτασσε τα άλευρα σε αρτοποιήσιμα άλευρα μέσης ποιότητας καθώς και σε Κατηγορία II την ποικιλία ΤΑΝΟΣ και Κατηγορία III με βάση την Γαλλική νομοθεσία τους υπόλοιπους 6 πληθυσμούς σίκαλης. Τέλος, το χρώμα προσδιόρισε ως φωτεινό – λευκό τα άλευρα (τιμή L*) όπως και αναμενόταν, καθώς οι υπόλοιπες τιμές προσδιόριζαν συγκεκριμένα το χρώμα των αλεύρων. Το μόνο χαρακτηριστικό στο οποίο όπως προαναφέρθηκε παραπάνω υπήρξε απόκλιση μεταξύ των γενότυπων ήταν το χρώμα C (ένταση χρώματος) του γενότυπου ΠΑΠΑΤΟΛΗΣ που είχε την υψηλότερη τιμή σε σχέση με τους άλλους γενότυπους και διέφερε κατά πολύ. Τέλος, οι γενότυποι σε σχέση με την εμπορική ποικιλία Ducato, σε κάποια χαρακτηριστικά παρουσίασαν υψηλότερες τιμές (αυτό αναλύθηκε στην ενότητα 4.3), χωρίς όμως οι γενότυποι να παρουσιάσουν μεγάλες αποκλίσεις στις τιμές αυτές σε σχέση με την εμπορική ποικιλία Ducato.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Αναλυτικά τα αποτελέσματα των χαρακτηριστικών των 28 δειγμάτων σίκαλης που αναλύθηκαν.

Α/Α	Δείγμα	ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΓΕΝΕΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΓΕΝΕΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ	ΥΓΡΑΣΙΑ %	ΤΕΦΡΑ %	ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ %	ΥΓΡΗ ΓΛΟΥΤΕΝΗ %	ΞΗΡΗ ΓΛΟΥΤΕΝΗ %	ΛΙΠΟΣ %	ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΕΣ %
1	1_1	1	1	ΠΑΠΑΤΟΛΗΣ	5.22	1.97	11.95	20.72	6.47	1.09	79.77
10	2_3	2	1	ΠΑΠΑΤΟΛΗΣ	5.54	2.00	12.62	20.14	6.48	1.35	78.49
18	3_4	3	1	ΠΑΠΑΤΟΛΗΣ	4.81	2.22	14.20	27.21	8.65	1.33	77.45
23	4_2	4	1	ΠΑΠΑΤΟΛΗΣ	5.39	1.98	11.87	23.99	7.62	1.79	78.97
2	1_2	1	2	ΠΑΠΑΡΟΥΣΗΣ	5.57	1.99	12.42	23.51	7.40	1.27	78.75
13	2_6	2	2	ΠΑΠΑΡΟΥΣΗΣ	5.10	2.09	12.52	20.60	6.58	1.39	78.91
21	3_7	3	2	ΠΑΠΑΡΟΥΣΗΣ	5.51	1.90	10.57	16.39	5.34	1.42	80.60
26	4_5	4	2	ΠΑΠΑΡΟΥΣΗΣ	4.99	1.96	13.32	21.72	6.67	1.42	78.32
3	1_3	1	3	ΤΣΑΡΣΙΤΑΛΙΔΗΣ	5.21	1.96	11.74	19.34	5.95	1.17	79.92
11	2_4	2	3	ΤΣΑΡΣΙΤΑΛΙΔΗΣ	6.09	1.96	12.97	24.05	7.45	1.24	77.75
19	3_5	3	3	ΤΣΑΡΣΙΤΑΛΙΔΗΣ	4.35	1.85	12.17	19.14	5.93	1.77	79.86
28	4_7	4	3	ΤΣΑΡΣΙΤΑΛΙΔΗΣ	5.18	1.85	10.92	19.01	5.83	1.76	80.29
4	1_4	1	4	ΚΙΖΙΡΙΔΗΣ	4.67	2.07	14.20	26.59	8.69	1.09	77.98
14	2_7	2	4	ΚΙΖΙΡΙΔΗΣ	5.19	1.92	10.70	15.78	4.83	1.00	81.19
16	3_2	3	4	ΚΙΖΙΡΙΔΗΣ	4.97	1.91	13.46	23.79	7.68	1.23	78.44
22	4_1	4	4	ΚΙΖΙΡΙΔΗΣ	5.45	2.13	12.76	25.09	7.95	2.03	77.63
5	1_5	1	5	ΤΑΝΟΣ	5.62	2.00	12.39	22.96	7.04	1.06	78.93
9	2_2	2	5	ΤΑΝΟΣ	6.73	1.93	12.20	23.66	7.38	1.19	77.95
20	3_6	3	5	ΤΑΝΟΣ	4.75	2.01	11.79	20.37	6.51	2.35	79.10
25	4_4	4	5	ΤΑΝΟΣ	4.97	2.01	14.36	27.84	9.05	1.38	77.28
6	1_6	1	6	ΝΙΚΗ	5.07	2.16	11.41	23.51	7.49	1.38	79.99

12	2_5	2	6	ΝΙΚΗ	5.30	1.99	12.20	20.39	6.36	1.14	79.37
15	3_1	3	6	ΝΙΚΗ	5.37	2.03	13.37	23.04	7.29	1.16	78.07
24	4_3	4	6	ΝΙΚΗ	4.83	1.88	13.17	28.27	9.59	1.82	78.30
7	1_7	1	7	ΔΟΥΚΑΤΟ	5.21	1.89	10.02	17.26	5.53	1.24	81.64
8	2_1	2	7	ΔΟΥΚΑΤΟ	5.53	2.42	13.90	26.12	8.29	1.28	76.87
17	3_3	3	7	ΔΟΥΚΑΤΟ	5.14	1.99	12.30	20.65	6.52	1.71	78.87
27	4_6	4	7	ΔΟΥΚΑΤΟ	5.47	2.02	12.17	23.10	7.25	1.71	78.63

A/A	Δείγμα	ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΓΕΝΕΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΓΕΝΕΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ	pH	ΟΞΥΤΗΤΑ %	ΕΝΕΡΓΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ	ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΝΕΡΟΥ %	ΔΟΚΙΜΗ ΚΑΘΙΣΗΣΗΣ	ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΡΤΟΠΟΙΗΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ %
1	1_1	1	1	ΠΑΠΑΤΟΛΗΣ	6.45	0.1421	0.099	153.20	25	23.33
10	2_3	2	1	ΠΑΠΑΤΟΛΗΣ	6.46	0.1371	0.090	145.88	26	39.29
18	3_4	3	1	ΠΑΠΑΤΟΛΗΣ	6.36	0.1470	0.099	136.95	24	33.33
23	4_2	4	1	ΠΑΠΑΤΟΛΗΣ	6.50	0.1567	0.124	144.13	22	35.71
2	1_2	1	2	ΠΑΠΑΡΟΥΣΗΣ	6.48	0.1616	0.102	146.32	24	26.79
13	2_6	2	2	ΠΑΠΑΡΟΥΣΗΣ	6.49	0.1372	0.113	148.25	29	35.71
21	3_7	3	2	ΠΑΠΑΡΟΥΣΗΣ	6.52	0.1665	0.124	128.07	31	39.29
26	4_5	4	2	ΠΑΠΑΡΟΥΣΗΣ	6.50	0.1372	0.109	140.47	28	35.71
3	1_3	1	3	ΤΣΑΡΣΙΤΑΛΙΔΗΣ	6.53	0.1371	0.119	147.58	30	21.43
11	2_4	2	3	ΤΣΑΡΣΙΤΑΛΙΔΗΣ	6.46	0.1568	0.120	144.18	21	30.36
19	3_5	3	3	ΤΣΑΡΣΙΤΑΛΙΔΗΣ	6.49	0.1960	0.086	139.86	28	35.71
28	4_7	4	3	ΤΣΑΡΣΙΤΑΛΙΔΗΣ	6.50	0.1567	0.125	139.66	28	32.14
4	1_4	1	4	ΚΙΖΙΡΙΔΗΣ	6.40	0.1567	0.083	135.93	20	32.14
14	2_7	2	4	ΚΙΖΙΡΙΔΗΣ	6.47	0.1421	0.115	141.63	27	32.14
16	3_2	3	4	ΚΙΖΙΡΙΔΗΣ	6.49	0.1861	0.098	150.40	25	33.33

22	4_1	4	4	ΚΙΖΙΡΙΔΗΣ	6.51	0.1763	0.113	144.26	22	32.14
5	1_5	1	5	ΤΑΝΟΣ	6.47	0.1568	0.132	144.04	24.5	37.50
9	2_2	2	5	ΤΑΝΟΣ	6.51	0.1469	0.136	146.95	25	32.14
20	3_6	3	5	ΤΑΝΟΣ	6.55	0.1764	0.097	136.14	32	25.00
25	4_4	4	5	ΤΑΝΟΣ	6.43	0.1470	0.105	136.16	33	46.43
6	1_6	1	6	ΝΙΚΗ	6.52	0.1371	0.115	139.76	23	26.79
12	2_5	2	6	ΝΙΚΗ	6.44	0.1470	0.123	149.90	23.5	30.36
15	3_1	3	6	ΝΙΚΗ	6.55	0.1470	0.125	147.12	29.5	30.00
24	4_3	4	6	ΝΙΚΗ	6.48	0.1567	0.093	139.43	25	41.07
7	1_7	1	7	ΔΟΥΚΑΤΟ	6.52	0.1469	0.101	137.79	29	28.57
8	2_1	2	7	ΔΟΥΚΑΤΟ	6.52	0.1518	0.093	140.68	25	30.36
17	3_3	3	7	ΔΟΥΚΑΤΟ	6.47	0.1665	0.104	138.21	28.5	30.36
27	4_6	4	7	ΔΟΥΚΑΤΟ	6.49	0.1421	0.120	141.25	26	48.21

Α/Α	Δείγμα	ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΓΕΝΕΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΓΕΝΕΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ	ΧΡΩΜΑ				
					L*	a*	b*	Chroma C	h
1	1_1	1	1	ΠΑΠΑΤΟΛΗΣ	92.52	-0.66	2.20	2.30	106.66
10	2_3	2	1	ΠΑΠΑΤΟΛΗΣ	90.54	-0.96	2.29	2.49	112.79
18	3_4	3	1	ΠΑΠΑΤΟΛΗΣ	90.34	-0.80	3.42	3.51	103.14
23	4_2	4	1	ΠΑΠΑΤΟΛΗΣ	91.81	-0.76	1.20	1.42	122.18
2	1_2	1	2	ΠΑΠΑΡΟΥΣΗΣ	93.44	-0.86	1.72	1.93	116.59
13	2_6	2	2	ΠΑΠΑΡΟΥΣΗΣ	92.26	-1.07	0.99	1.45	137.23
21	3_7	3	2	ΠΑΠΑΡΟΥΣΗΣ	91.81	-1.02	1.64	1.93	121.91
26	4_5	4	2	ΠΑΠΑΡΟΥΣΗΣ	88.94	-0.78	1.21	1.44	122.70

3	1_3	1	3	ΤΣΑΡΣΙΤΑΛΙΔΗΣ	91.37	-0.86	1.34	1.59	122.67
11	2_4	2	3	ΤΣΑΡΣΙΤΑΛΙΔΗΣ	92.01	-0.88	1.39	1.64	122.40
19	3_5	3	3	ΤΣΑΡΣΙΤΑΛΙΔΗΣ	92.29	-0.66	1.40	1.55	114.91
28	4_7	4	3	ΤΣΑΡΣΙΤΑΛΙΔΗΣ	91.98	-1.24	0.05	1.25	178.05
4	1_4	1	4	ΚΙΖΙΡΙΔΗΣ	90.29	-0.60	1.59	1.70	60.83
14	2_7	2	4	ΚΙΖΙΡΙΔΗΣ	88.55	-1.03	0.73	1.27	144.70
16	3_2	3	4	ΚΙΖΙΡΙΔΗΣ	91.26	-0.63	1.55	1.67	112.03
22	4_1	4	4	ΚΙΖΙΡΙΔΗΣ	91.54	-0.63	1.58	1.70	111.75
5	1_5	1	5	ΤΑΝΟΣ	91.97	-0.71	1.40	1.57	117.01
9	2_2	2	5	ΤΑΝΟΣ	87.31	-0.35	1.50	1.54	103.23
20	3_6	3	5	ΤΑΝΟΣ	90.42	-0.76	1.25	1.46	120.98
25	4_4	4	5	ΤΑΝΟΣ	92.05	-0.98	1.16	1.52	130.18
6	1_6	1	6	ΝΙΚΗ	90.74	-0.72	0.75	1.04	133.91
12	2_5	2	6	ΝΙΚΗ	91.23	-0.95	1.91	2.13	116.39
15	3_1	3	6	ΝΙΚΗ	90.62	-0.76	1.21	1.43	122.25
24	4_3	4	6	ΝΙΚΗ	91.27	-0.82	1.26	1.50	123.02
7	1_7	1	7	DUCATO	92.74	-1.13	-0.47	1.22	202.48
8	2_1	2	7	DUCATO	89.57	-0.42	1.60	1.65	104.84
17	3_3	3	7	DUCATO	92.77	-1.07	1.40	1.77	127.39
27	4_6	4	7	DUCATO	91.03	-0.77	0.71	1.05	137.23

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Α. Ελληνική Βιβλιογραφία

Κουντουράς Κ. (2019-2020), *Εργαστηριακές σημειώσεις για το χρώμα, του μαθήματος Ποιότητα Αγροτικών Προϊόντων και Τροφίμων*, του πρώην ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ.

Παπακόστα-Τασοπούλου Δ. (2012), *ειδική γεωργία σιτηρά & ψυχανθή*, Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Σύγχρονη Παιδεία. (Κεφ.2 σ. 93-108, Κεφ.6 σ.173-180).

Παπαδάκη Χ., Μητλιάγκα Π. (2018-2019), *Εργαστηριακές σημειώσεις του μαθήματος, Αρχές Ποιοτικού Ελέγχου Αγροτικών Προϊόντων και Τροφίμων*, του πρώην ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ.

Παπαδόπουλος Β. (2021-2022), *Εργαστηριακές σημειώσεις του μαθήματος, Τεχνολογία και Ποιοτικός Έλεγχος Σιτηρών και Αλεύρων*, του πρώην ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ.

Φασουλας, Α. Κ., και Ν. Α. Σένογλου (1966), *Η προσαρμοστικότητα των φυτών μεγάλης καλλιέργειας στην Ελλάδα*. Θεσσαλονίκη.

Β. Αγγλική Βιβλιογραφία

Stoskopf, N.C. (1985), *Cereal grain crops*. Reston Publishing Company, Inc., Reston

Γ. Ιστοσελίδες

Αλφειός Ποταμός, *Ζέα Ή Ζειά Και Ερυσιβώδης Όλυρα*, στο:

<https://alfeiospotamos.gr/2014/11/17/%CE%B6%CE%AD%CE%B1-%CE%AE-%CE%B6%CE%B5%CE%B9%CE%AC-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CE%B5%CF%81%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%B2%CF%8E%CE%B4%CE%B7%CF%82-%CF%8C%CE%BB%CF%85%CF%81%CE%B1/> (προσπελάστηκε: 15/01/23).

Αντωνίου Μ., *Ο καιρός έπληξε την παραγωγή βρόμης, μικρότερες οι απώλειες στη σίκαλη*, στο: <https://www.yraithros.gr/kairos-eplize-vromi-mikrotres-apoleies-sikali/> (προσπελάστηκε:10/12/22).

ΒΙΚΙΠΑΙΔΕΙΑ, *Αγρωστώδη*, στο:

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%B3%CF%81%CF%89%CF%83%CF%84%CF%8E%CE%B4%CE%B7> (προσπελάστηκε: 26/11/22).

ΒΙΚΙΠΑΙΔΕΙΑ, *Σίκαλη*, στο:

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CE%AF%CE%BA%CE%B1%CE%BB%CE%B7> (προσπελάστηκε: 12/11/22).

Κουβουτσάκης Γ., *Το ψωμί σίκαλη και τα διατροφικά του πλεονεκτήματα*, στο:

<https://freshbakery.gr/tecnica-themata/to-psomi-sikali-ke-ta-diatrofika-tou-pleonektimata/> (προσπελάστηκε: 26/11/22).

ΕΛΣΤΑΤ, *Εκτάσεις και Παραγωγή 2019*, στο: <https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SPG06/2019> (προσπελάστηκε: 18/12/22).

Κωδικός Τροφίμων και Ποτών, κεφ.12, αρθ.100, εκδ.1^η, 2009, στο:

<https://ministryofjustice.gr/wp-content/uploads/2019/10/%CE%9A%CF%8E%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CE%B1%CF%82-%CE%A4%CF%81%CE%BF%CF%86%CE%AF%CE%BC%CF%89%CE%BD-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CE%A0%CE%BF%CF%84%CF%8E%CE%BD.pdf>
(σελ.243) (προσπελάστηκε: 15/11/22).

Τσουρέλα Χ., *Τα... παρεξηγημένα σιτηρά με την υψηλή διατροφική και περιβαλλοντική αξία*,

στο: <https://www.ypaidhros.gr/pareksigimena-sitira-ypsili-diatrofiki-periballontiki-aksia/> (προσπελάστηκε: 10/12/22).

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ & ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ & ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ, *ΧΑΡΤΗΣ ΚΛΙΜΑΚΩΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΗΣ ΣΙΚΑΛΗΣ*, στο: http://www.minagric.gr/greek/agro_pol/Maps/sikali1.htm
(προσπελάστηκε: 18/12/22).

Predrag N., *Agronomija, RAŽ -SECALE CEREALE L*, στο: <https://agronomija.rs/2014/raz-secale-cereale-l/> (προσπελάστηκε: 26/11/22).

Gaiapedia, *Σίκαλη προϊόν*, στο:

http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%A3%CE%AF%CE%BA%CE%B1%CE%BB%CE%B7_%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%8A%CF%8C%CE%B

,(προσπελάστηκε: 05/11/22).

IBM SPSS Statistics Data Editor, στο: <https://www.ibm.com/us-en/> (προσπελάστηκε: 17/03/23).

NationMaster, EU Rye Harvested Area-Source FAO, στο:

<https://www.nationmaster.com/nmx/ranking/rye-harvested-area> (προσπελάστηκε:

10/12/22).

NationMaster, *Rye Harvested Production*, στο:

<https://www.nationmaster.com/nmx/ranking/rye-harvested-production>

(προσπελάστηκε: 10/12/22).

NationMaster, *Rye Harvested Area-Source* FAO, στο:

<https://www.nationmaster.com/nmx/ranking/rye-harvested-area-fao> (προσπελάστηκε:

10/12/22).

NationMaster, *Rye Production- Source* FAO, στο:

<https://www.nationmaster.com/nmx/ranking/rye-production> (προσπελάστηκε:

10/12/22).

NationMaster, *Rye Yield- Source* FAO, στο:

<https://www.nationmaster.com/nmx/ranking/rye-yield> (προσπελάστηκε: 10/12/22).

Native Plant Trust GO BOTANY, *Secale cereale-cultivated rye*, στο:

<https://gobotany.nativeplanttrust.org/species/secale/cereale/> (προσπελάστηκε:

26/11/22).

WIKIPEDIA, *Rye*, στο: <https://en.wikipedia.org/wiki/Rye> (προσπελάστηκε: 10/12/22).

WIKIPEDIA, *Secale*, στο: <https://en.wikipedia.org/wiki/Secale> (προσπελάστηκε:

12/11/22