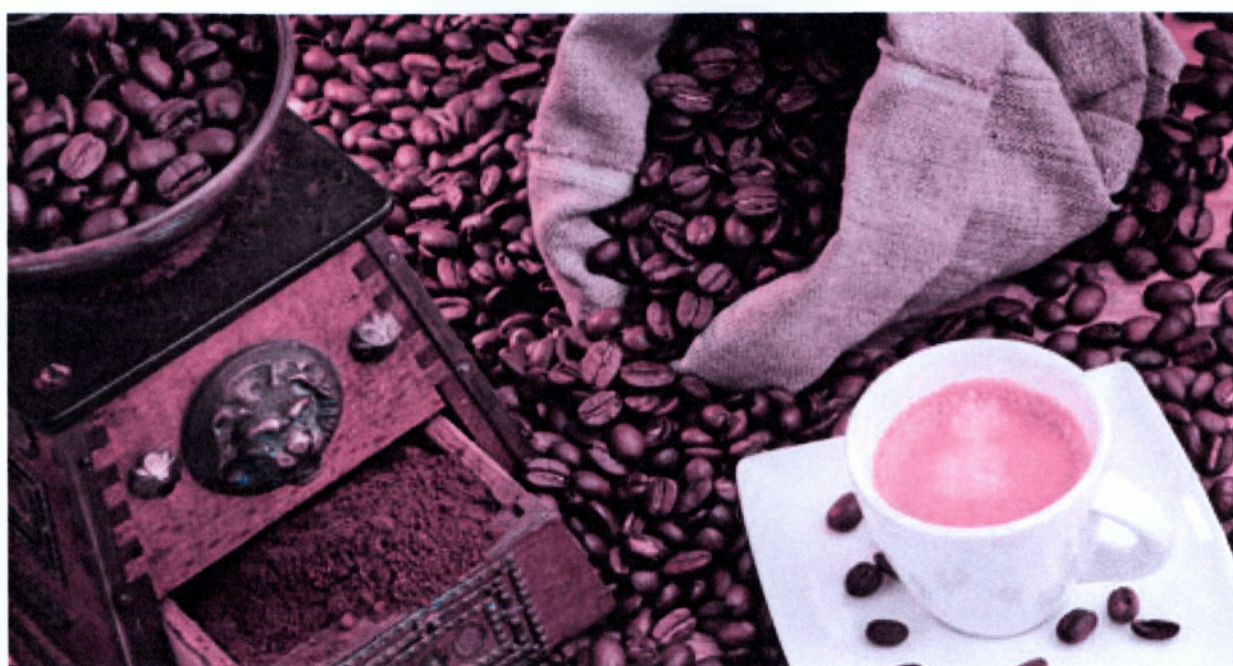




**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΡΟΦΟΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΣΤΑ ΥΠΟΛΛΕΙΜΑΤΑ
ΚΑΦΕ ΚΑΙ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΟΛΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΛΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ ΑΠΟ ΤΡΙΑ
ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΕΙΔΗ ΚΑΦΕ**



ΚΛΕΟΝΙΚΗ ΤΣΑΡΕΣΙΩΤΗ

A.M: 2010042

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

Ζακυνθινός Γεώργιος,

Αναπληρωτής Καθηγητής

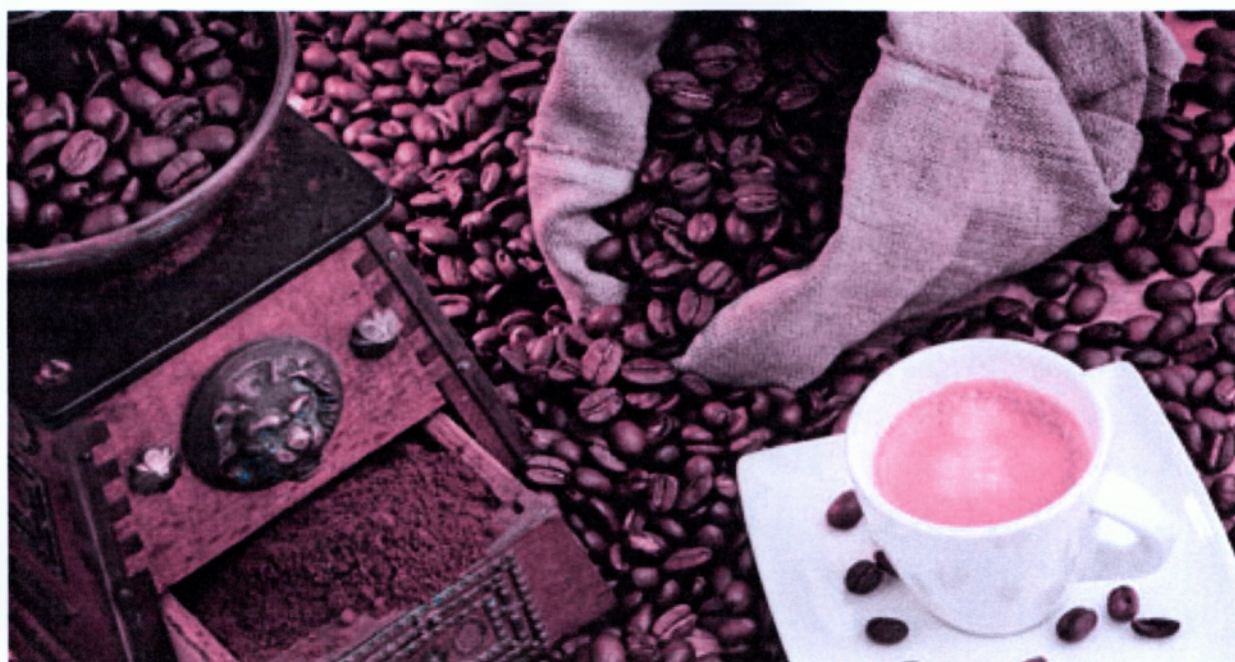
ΚΑΛΑΜΑΤΑ 2014



**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΜΗΜΑ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΡΟΦΟΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΣΤΑ ΥΠΟΛΛΕΙΜΑΤΑ
ΚΑΦΕ ΚΑΙ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΟΛΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΛΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ ΑΠΟ ΤΡΙΑ
ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΕΙΔΗ ΚΑΦΕ**



ΚΛΕΟΝΙΚΗ ΤΣΑΡΕΣΙΩΤΗ

A.M: 2010042

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	7
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	8
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
1. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	10
1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	10
1.2 ΕΞΑΠΛΩΣΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΚΑΦΕ	10
1.3 ΤΟ ΔΕΝΤΡΟ ΤΟΥ ΚΑΦΕ.....	12
1.4 ΚΥΡΙΕΣ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΚΑΦΕ... ..	14
1.5 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΦΕ.....	15
1.5.1 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ	15
1.5.2 ΔΙΑΒΡΟΧΗ ΚΑΙ ΞΗΡΑΝΣΗ.....	16
1.5.3 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ	18
1.5.4 ΚΑΒΟΥΡΔΙΣΜΑ.....	19
1.5.5 ΑΛΕΣΗ ΚΑΒΟΥΡΔΙΣΜΕΝΟΥ ΚΑΦΕ	25
1.5.6. ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΑΛΕΣΜΕΝΟΥ ΚΑΦΕ	26
1.5.7 ΑΠΟΚΑΦΕΙΝΟΠΟΙΗΣΗ.....	27
1.6 ΧΩΡΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΦΕ	28
1.7 ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ	29
1.8 Η ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΦΕ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ	30
2. ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΚΑΦΕ.....	32
2.1 ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΠΡΙΝ ΤΟ ΚΑΒΟΥΡΔΙΣΜΑ ΤΟΥ ΚΑΦΕ.....	32
2.2 ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑ ΤΟ ΚΑΒΟΥΡΔΙΣΜΑ ΤΟΥ ΚΑΦΕ.....	32
2.2.1 ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ ΚΑΙ ΑΜΙΝΟΞΕΑ	32
2.2.2 ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΕΣ.....	32
2.2.3 ΛΙΠΙΔΙΑ.....	33
2.2.4 ΟΞΕΑ	34
2.2.5 ΚΑΦΕΪΝΗ.....	35
2.2.6 ΑΡΩΜΑΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ.....	36
2.2.7 ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΑ	38
2.2.8 ΜΕΛΑΝΟΪΔΙΝΕΣ	39
2.2.9 ΑΛΛΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	39

2.3	ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΚΑΙ Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥΣ	39
2.3.1.	ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΕΛΕΥΘΕΡΩΝ ΡΙΖΩΝ	39
2.3.2	ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ.....	40
2.3.3	Η ΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΩΝ.....	43
2.4	ΦΑΙΝΟΛΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ.....	44
2.4.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	44
2.4.2	ΔΟΜΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΦΑΙΝΟΛΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ	44
2.5	ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΦΑΙΝΟΛΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ.....	47
2.5.1	ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ ΣΤΟΝ ΚΑΦΕ	48
2.6	ΚΥΡΙΟΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΦΑΙΝΟΛΙΚΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΦΑΣΜΑΤΟΜΕΤΡΙΑΣ	50
2.6.1	ΜΕΘΟΔΟΣ FOLIN-CIOCALTEU.....	50
2.6.2	ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΥΠΕΡΜΑΓΓΑΝΙΚΟΥ ΚΑΛΙΟΥ(KMn04)	50
2.6.3	ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΡΟΦΟΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ	51
3.	ΤΡΟΠΟΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΥΠΟΛΛΕΙΜΑΤΩΝ ΚΑΦΕ.....	54
3.1	ΥΠΟΛΛΕΙΜΑΤΑ ΚΑΦΕ ΩΣ ΜΕΣΟ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΑΠΟ ΥΔΑΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ.....	54
3.2	ΥΠΟΛΛΕΙΜΑΤΑ ΚΑΦΕ ΩΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΟ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΟ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ.....	54
3.3	ΥΠΟΛΛΕΙΜΑΤΑ ΚΑΦΕ ΩΣ ΛΙΠΑΣΜΑ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΕ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΙΕΣ.....	55
4.	ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	57
5.	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ.....	58
5.1	ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	58
5.1.1.	ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΑΦΕ	58
5.1.2.	ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ.....	58
5.1.3.	ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΣΚΕΥΗ	59
5.2	ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΕΚΧΥΛΙΣΜΑΤΩΝ ΚΑΦΕ	60
5.2.1	ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΥΠΟΛΛΕΙΜΑΤΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΚΑΦΕ.....	60
5.2.2	ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΥΠΟΛΛΕΙΜΑΤΩΝ ΓΑΛΛΙΚΟΥ ΚΑΦΕ.....	60
5.2.3	ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΥΠΟΛΛΕΙΜΑΤΩΝ ΕΣΠΡΕΣΟ	60
5.2.4	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ.	61
5.2.5	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	62
5.3	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΛΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΛΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ ΜΕΘΟΔΟΣ FOLIN-CIOCALTEU ΣΤΑ ΥΠΟΛΛΕΙΜΑΤΑ ΚΑΦΕ	63

5.3.1	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΦΑΙΝΟΛΩΝ	63
5.3.2	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΦΩΣΦΟΡΟΥ	65
5.3.3	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΑΠΟΤΑΦΡΩΣΗΣ	67
5.3.4	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ Na ΚΑΙ K ΣΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΑΦΕ	70
5.3.5	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ Mg, Mn, Ca, Cu και Fe ΜΕ ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ	72
6.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	74
6.1	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΟΛΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΛΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ FOLIN-CIOCALTEU	74
6.1.1	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΤΥΠΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ	74
6.1.2	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	74
6.1.3	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ	76
6.2	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΦΩΣΦΟΡΟΥ	77
6.2.1	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΤΥΠΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ	77
6.2.2	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	78
6.2.3	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	80
6.3	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΖΩΤΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΑΠΟΤΑΦΡΩΣΗΣ	81
6.3.1	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΤΥΠΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ	81
6.3.2	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	82
6.3.3	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	83
6.4	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΝΑΤΡΙΟΥ	85
6.4.1	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΤΥΠΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ	85
6.4.2	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	86
6.4.3	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	87
6.5	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΛΙΟΥ.....	89
6.5.1	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΤΥΠΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ	89
6.5.2	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	89
6.5.3	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	91
6.6	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ Μαγνησίου.....	92
6.6.1	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	92
6.6.2	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	93
6.7	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ Μαγγανίου	94
6.7.1	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	94
6.7.2	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	96

6.8	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ	97
6.8.1	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	97
6.8.2	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	98
6.9	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΙΔΗΡΟΥ	100
6.9.1	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	100
6.9.2	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	101
6.10	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΧΑΛΚΟΥ	102
6.10.1	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	102
6.10.2	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	103
7.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	105
8.	ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.....	106
9.	ΒΙΒΛΙΟΦΡΑΦΙΑ.....	107

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε από τη φοιτήτρια Κλεονίκη Τσαρεσιώτη του τμήματος Τεχνολογία Τροφίμων της σχολής Τεχνολογίας Γεωπονίας και Τεχνολογίας Τροφίμων και Διατροφής με έδρα την Καλαμάτα κατά το ακαδημαϊκό έτος 2013-2014 υπό την επίβλεψη του καθηγητή Ζακυνθινού Γεωργίου.

Αρχικά θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες και την ευγνωμοσύνη μου στον καθηγητή μου για την ανάθεση του θέματος και την πολύτιμη βοήθεια του για την διεκπεραίωση της πτυχιακής μου εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω στην καθηγήτρια του τμήματος Τεχνολογία Γεωπόνων Κα. Αντωνία Κορίκη για την καθοριστική και πολύτιμη βοήθειά της, το ενδιαφέρον της αλλά και τον χρόνο που διέθεσε κατά την εκτέλεση του εργαστηριακού μέρους καθώς και για τις συμβουλές και τις γνώσεις της κατά την συγγραφή της εργασίας.

Στους αγαπημένους μου γονείς θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ για όλη την αγάπη και την υποστήριξη που μου έδωσαν σε όλη την πορεία της ζωής μου.

Τέλος θα ήθελα να πω ένα τεράστιο ευχαριστώ στον άνθρωπο μου που μου άλλαξε όλη την ζωή και με έκανε να σκεφτώ πως η γνώση είναι δύναμη και ξεκινά εκεί, όπου αρχίζει αυτό που ο κόσμος αγνοεί.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ως αντιοξειδωτικά ορίζονται οι ουσίες οι οποίες μπορούν να παρεμποδίσουν τις αντιδράσεις των ελεύθερων ριζών, όπως των δραστικών μορφών του οξυγόνου, προστατεύοντας από την επιβλαβή δράση τους. Οι φαινολικές ενώσεις ανήκουν στα φυσικά αντιοξειδωτικά και είναι μία πολύ μεγάλη τάξη ενώσεων που περιλαμβάνει τα φαινολικά οξέα, τα φλαβονοειδή, τα στυλβένια και τις λιγνάνες.

Στην παρούσα εργασία, ως δείγματα χρησιμοποιήθηκαν υπολλείματα καφέ ελληνικού, γαλλικού και εσπρέσο κοινής μάρκας ανά είδος, που υπάρχουν και καταναλώνονται ευρέως στην ελληνική αγορά. Έγινε ο προσδιορισμός των ολικών φαινολικών ουσιών με τη μέθοδο Folin-Ciocalteu και προσδιορίστηκε η ποσότητα φαινολών στα υπολλείματα κάθε είδους καφέ(ελληνικός,γαλλικός,εσπρέσο),καθώς και ο προσδιορισμός τροφοθρεπτικών συστατικών (Na,K,Mg,Mn,Ca,Fe,N,Cu).Με βάση τα αποτελέσματα του πειραματικού μέρους έγινε μικρή έρευνα για την αξιοποίηση των αποτελεσμάτων του καφέ.

Από την στατιστική ανάλυση, διαπιστώθηκε ότι τα υπολλείματα των υπο εξέταση καφέδων διαφέρουν ως προς την συγκέντρωσή τους σε ολικές φαινολικές ουσίες όπως και στην συγκέντρωση μακροστοιχείων και μικροστοιχείων απο εκείνη του αλεσμένου καφέ.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο καφές εξαπλώθηκε σε όλη την Ευρώπη από την Αφρική στα μέσα του 17ου αιώνα και η σύστασή του εξαρτάται από τη ποικιλία, την περιοχή προέλευσης και τις κλιματολογικές συνθήκες (Belitz & Grosch, 1999). Δύο είναι οι κύριες ποικιλίες καφέ που κατακλύζουν την παγκόσμια αγορά, η Arabica και η Robusta. Οι καβουρντισμένοι κόκκοι των δύο αυτών ειδών για τον μέσο καταναλωτή είναι όμοιοι, στην πραγματικότητα όμως τόσο οι κόκκοι όσο και τα φυτά διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Για παράδειγμα η περιεκτικότητα της καφεΐνης του καφέ της ποικιλίας Robusta είναι πολύ μεγαλύτερη αυτής του καφέ της ποικιλίας Arabica, ενώ υστερεί στα αιθέρια έλαια που αρωματίζουν το χαρμάνι του καφέ (Γεράρδης, 1998).

Στις περιοχές της Αραβίας, Τουρκίας, Ελλάδας και Βαλκανίων κυρίαρχος είναι ο τρόπος παρασκευής του φρυγμένου και αλεσμένου καφέ που βράζεται με το νερό και πίνετε έχοντας στον πάτο του φλιτζανιού το κατακάθι και έναν πηχτό αφρό στην επιφάνεια το καϊμάκι. Για λόγους οικονομικούς και κλιματολογίας, ο καφές που πίνετε στην Ελλάδα είναι πιο λεπτοκομμένος και πιο ξανθός (λιγότερο ψημένος) και σπάνια αναμιγνύεται με αρωματικά (Γεράρδης, 1998). Με τον όρο φρυγμένο καφέ εννοούμε, το καβούρδισμα των απαλλαγμένων από το κέλυφός τους κόκκων καφέ, σε θερμοκρασία 200-250°C, ώστε το τελικό προϊόν να έχει το χαρακτηριστικό άρωμα και γεύση (Κ.Τ.Π., 2003).

Ο καφές είναι ένα χημικό μίγμα και περιέχει πάνω από χίλια διαφορετικά χημικά συστατικά περιλαμβάνοντας υδατάνθρακες, λιπίδια, πρωτεΐνες βιταμίνες, ιχνοστοιχεία, αλκαλοειδή και φαινολικές ενώσεις και σε αυτά οφείλονται οι διαφορετικές επιδράσεις του καφέ στον ανθρώπινο οργανισμό (Hidgon & Frei, 2006).

Στον καφέ υπάρχουν διάφορα φυσικά αντιοξειδωτικά που αντιπροσωπεύονται κυρίως από φαινολικές ενώσεις (Borelli et al, 2002) όπως το φερουλικό οξύ, το καφεϊκό οξύ που βρίσκεται στον καφέ εστεροποιημένο με την 5-OH του κινικού οξέος και ονομάζεται χλωρογενικό οξύ, η κερκετίνη, η μυρικετίνη (Παπαγεωργίου, 2005), οι ταννίνες (Farah & Donangelo, 2006), οι προανθο-κυανιδίνες (Parras et al., 2006), οι ανθοκυανιδίνες όπως οι κυανιδίνες, οι πελαργονιδίνες και μία πεονιδίνη και οι λιγνάνες (Farah & Donangelo, 2006). Άλλα αντιοξειδωτικά είναι τα μελανοειδή που αποτελούν προϊόντα της αντίδρασης Maillard μεταξύ πρωτεϊνών και υδατανθράκων και επηρεάζουν το χρώμα και το άρωμα του καφέ (Lopez-Galilea et al, 2006; Cammerer & Kroh, 2006), η καφεΐνη (Γεράρδης, 1998), και οι τοκοφερόλες (α,β,γ) μαζί με τις τοκοτριενόλες (Gonzalez, 2001).

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι ο προσδιορισμός των ολικών φαινολικών ουσιών και της αντιοξειδωτικής ικανότητας σε δείγματα υπολλειμάτων ελληνικού, γαλλικού και εσπρέσο καφέ που υπάρχουν και καταναλώνονται ευρέως στην ελληνική αγορά και η σύγκριση φαινολικού περιεχομένου και τροφοθρεπτικών συστατικών με τον αντίστοιχο αλεσμένο καφέ.

1. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Ο καφές είναι ένα ρόφημα το οποίο καταναλώνεται πάνω από 1.000 χρόνια και στις μέρες μας θεωρείται πως είναι το αφέψημα με την μεγαλύτερη κατανάλωση σε όλον τον κόσμο (πάνω από 400 δισεκατομμύρια φλιτζάνια ετησίως) (Sobésa Café 2008).

Είναι πολύ δύσκολο να προσδιορίσει κανείς την ιστορία του καφέ, αλλά κάποια στοιχεία μας είναι γνωστά. Σίγουρο είναι, ότι το καφεόδεντρο πρωτοανακαλύφθηκε στην περιοχή της Αβησσυνίας και πιο συγκεκριμένα στην περιοχή Kaffa, νοτιοδυτική επαρχία της σημερινής Αιθιοπίας. Ο καφές υπήρχε στην περιοχή και καταναλωνόταν από τους ιθαγενείς πριν από το 600 μ.Χ., δηλαδή πριν από την εμφάνιση του μουσουλμανισμού στην Αιθιοπία. Βέβαια οι πρώτες αναφορές σε ροφήματα καφέ μιλούσαν για τα φύλλα του φυτού και όχι για τους καρπούς. Παρόλο που οι ιθαγενείς συνήθιζαν να τρώνε τους καρπούς (τους θρυμματίζαν, τους ανακάτευαν με ζωικό λίπος και τους έπλαθαν σε μορφή στρογγυλού σβώλου) ιδιαίτερα πριν από τις διάφορες μάχες μεταξύ πόλεων της τότε εποχής, πλεον οι Αιθίοπες μέχρι και σήμερα φτιάχνουν δύο ροφήματα από τα φύλλα που τα ονομάζουν «Κατί» και «Αμερτάσα».

Ο μύθος λέει ότι ο καφές πέρασε στην Υεμένη, νότια της αραβικής χερσονήσου, από τους σκλάβους που μετέφεραν οι Άραβες και που έτρωγαν καφέ για να αντέξουν τις κακουχίες. Οι Άραβες ήταν και αυτοί υπεύθυνοι για τη διάδοση του καφέ σε όλο τον τότε αραβικό κόσμο, γιατί, καθώς το αλκοόλ απαγορευόταν και απαγορεύεται στη μουσουλμανική θρησκεία, ο καφές θεωρήθηκε το κρασί του Θεού (ή κρασί της Αραβίας στην Ευρώπη) και πινόταν στους ναούς και στις θρησκευτικές τελετές. Η ονομασία του καφέ είναι ένα ακόμη μυστήριο. Κάποιοι λένε ότι πήρε το όνομά του από την περιοχή που ανακαλύφθηκε, την «Κάφα» ή «Κέφα», νοτιοδυτική επαρχία της Αιθιοπίας. Άλλοι υποστηρίζουν ότι προέρχεται από την αραβική λέξη “Qahwa” (κάχβα), που σημαίνει να δημιουργείς απέχθεια για κάτι, μιας και ο καφές δημιουργούσε απέχθεια για τον ύπνο. Το παράξενο είναι ότι η Αιθιοπία είναι η μοναδική χώρα που δε χρησιμοποιεί κάποια συναφή λέξη για τον καφέ. Εκεί, ονομάζεται “Buna” που σημαίνει «κόκκος» (Μανουσίδης, 2009).

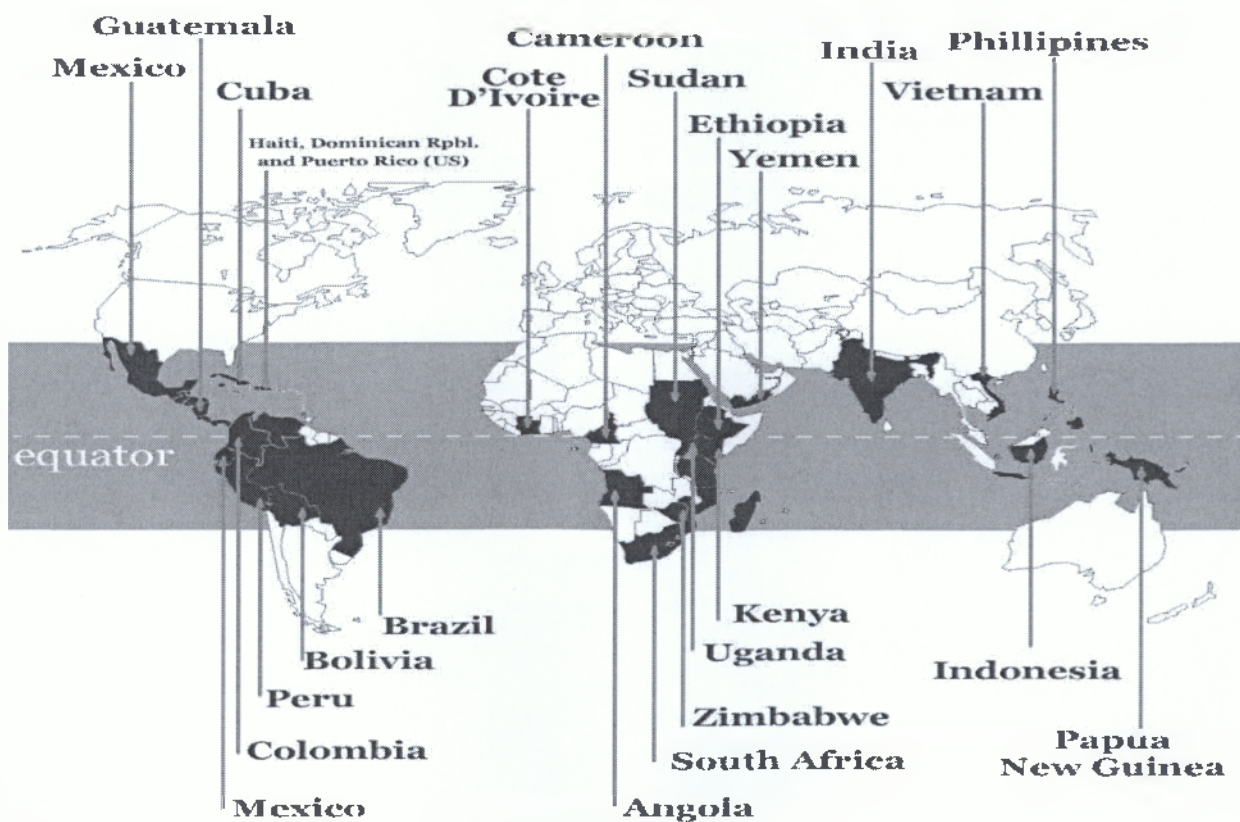
1.2 ΕΞΑΠΛΩΣΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΚΑΦΕ

Είναι γνωστό ότι μέχρι και τον 14ο αιώνα ο καφές καλλιεργούταν αποκλειστικά στα υψίπεδα της Αιθιοπίας και της Υεμένης. Σύμφωνα με τους ιστορικούς, οι πρώτοι άνθρωποι που έκαναν χρήση του καφέ ήταν οι Άραβες στα μέσα του δέκατου πέμπτου αιώνα (1440). Επίσης, ήταν οι πρώτοι που καλλιέργησαν καφέ στην Υεμένη στις αρχές του δέκατου έκτου αιώνα, με σπόρους που συλλέγονταν στην Αιθιοπία.(Neves, 1974).

Στις αρχές του 15ου αιώνα, ο καφές είχε ήδη διαδοθεί στον Άντεν και τη Μόκα της Υεμένης. Από εκεί, εξαπλώθηκε στη Μεδίνα, τη Μέκκα και τη Τζέντα. Αργότερα έφτασε στην Αίγυπτο και από εκεί στη Συρία και την Περσία. Οι Βενετοί έμποροι ήταν αυτοί που έφεραν πρώτοι τον καφέ στην Ευρώπη, το 1615. Το 1690, οι Ολλανδοί είναι οι πρώτοι που θα κλέψουν ένα καφεόδεντρο από το λιμάνι της Μόκα στην Αραβία και θα το μεταφυτέψουν στην Κεϋλάνη

και την Ιάβα, που ήταν οι τότε αποικίες τους. Το 1713, οι Ολλανδοί δίνουν ένα καφεόδεντρο ως δώρο στον Λουδοβίκο τον 14ο της Γαλλίας. (Neves 1974).

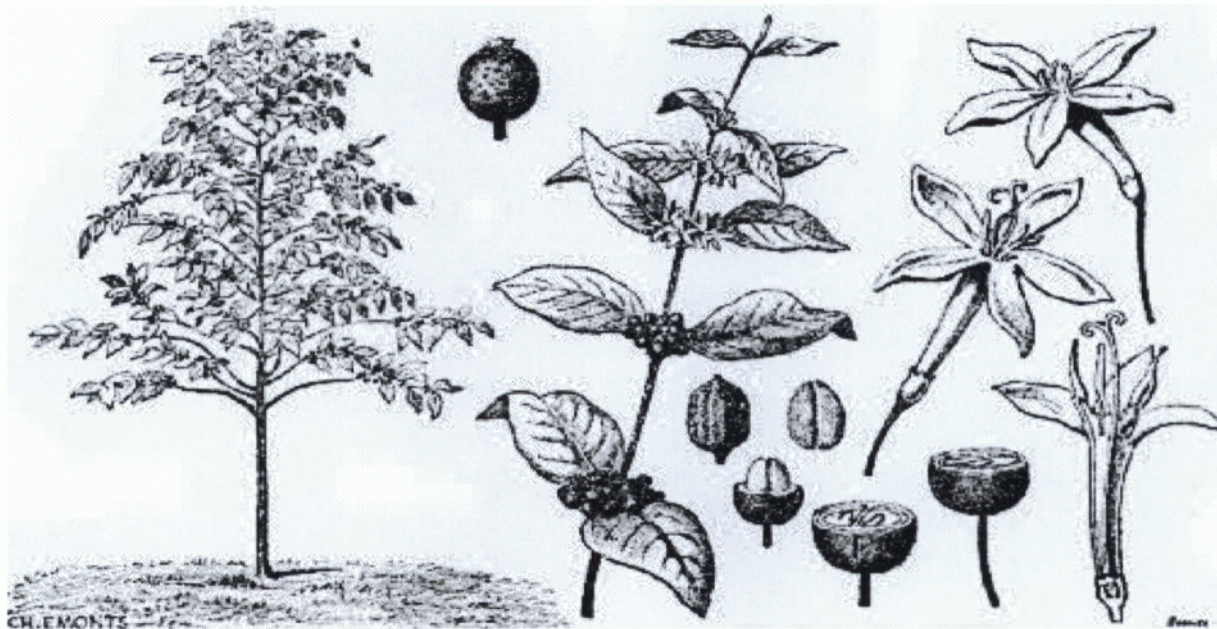
Ο καφές από την Ευρώπη φτάνει στην αμερικανική ήπειρο, το 1723, μέσω του Gabriel Mathieu de Clieu, ενός Γάλλου αξιωματικού του ναυτικού, ο οποίος έκλεψε δύο μικρά δεντράκια από το θερμοκήπιο του Λουδοβίκου του 14ου. Τελικά, το 1723, υπήρχε κιάλας η πρώτη φυτεία καφέ στη Μαρτινίκα και, μέσα σε 50 χρόνια, στο νησί καλλιεργούνταν 19 εκατομμύρια δέντρα. Από εκεί τα καφεόδεντρα πέρασαν στο νησί Reunion του Ινδικού ωκεανού και στην Κεντρική και Νότια Αμερική. Το 1727 ένας Βραζιλιάνος συνταγματάρχης μεταφέρει κρυφά κόκκους καφέ από τη Γουιάνα στη Βραζιλία όπου και τους φυτεύει στη βόρεια επαρχία του Para. Από τη Βραζιλία τα καφεόδεντρα πέρασαν στη Βενεζουέλα, τη Βολιβία, την Παραγουάη, το Περού. Όλοι δημιουργούσαν φυτείες στα τροπικά μέρη όπου μπορούσαν να φυτέψουν καφέ. Στα τέλη του 18ου αιώνα, ο καφές άρχισε να παίζει τον ρόλο που διαδραματίζει ακόμη και σήμερα, με αποτέλεσμα πολλά χωριά, πόλεις και χώρες να στηρίζουν την οικονομία τους στην καλλιέργεια και την εξαγωγή του. Ένα από τα ειρωνικά στοιχεία της σύγχρονης ιστορίας του καφέ είναι ότι, μετά από έξι αιώνες περιπλανήσεων, ο καφές φυτεύτηκε στην Κένυα και την Τανζανία, που γειτονεύουν με την Αιθιοπία, τη χώρα όπου ανακαλύφθηκε (Μανουσίδης, 2009).



Εικόνα 1: Χώρες παραγωγής καφέ (<http://www.kafekopteialoumidi.gr/page.aspx?id=1004>)

1.3 ΤΟ ΔΕΝΤΡΟ ΤΟΥ ΚΑΦΕ

Το δέντρο του καφέ είναι ένας θάμνος που όταν καλλιεργείται φτάνει περίπου τα 2,5m ύψος. Αυτοφύες μπορεί να φτάσει τα 8-10m. Από τα 50 περίπου είδη του φυτού καφέα πρακτική αξία και ενδιαφέρον παρουσιάζουν μόνο 3 είδη, από τους καρπούς των οποίων καλύπτεται η παγκόσμια αγορά.



Εικόνα 2: Ανατομία του καφέ (<http://world-look.blogspot.gr/2013/12/blog-post.html>)

Η βοτανολογία το κατατάσσει στις ρονβιΐδες. Τα φύλλα του φύονται κατά ζεύγη, το σχήμα τους είναι λογχοειδές-οβάλ, έχουν έντονο, σκούρο πράσινο χρώμα και είναι σαρκώδη και λαμπερά. Η καφέα απαιτεί εύκρατο και ζεστό κλίμα, γι' αυτό και αναπτύσσεται στην ευρύτερη ζώνη που εκτείνεται 20° βόρεια και 20° νότια του Ισημερινού. Προτιμά λοφώδη μέρη, από 300-1000m υψόμετρο. Αυτές οι συνθήκες συναντώνται αρμονικά στη Νότια Αμερική, όπου η τεράστια παραγωγή συμβαδίζει με τη σταθερά καλή ποιότητα των ποικιλιών. Τα λουλούδια της καφέας αναπτύσσονται σε μπουκέτα στο μίσχο των φύλλων. Είναι άσπρα με πολύ έντονο και ευχάριστο άρωμα. Ο καρπός-δρύμη με κουκούτσι μοιάζει με του κερασιού. Η διάμετρος του είναι περίπου 15mm. Όταν ωριμάζει γίνεται κατακόκκινος.

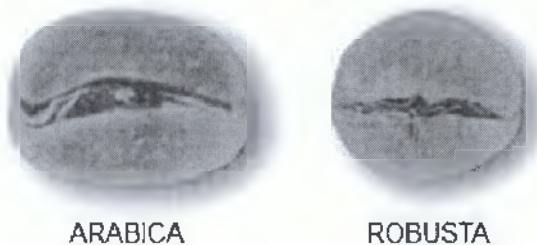


Εικόνα 3: Αριστερά παρουσιάζεται το λουλούδι της καφέας και στα δεξιά ο κόκκινος καρπός της. (<http://www.haniotika-neo.gr/118581-ugeia-botana/>)

Η παγκόσμια παραγωγή κατακλύζεται από δύο ποικιλίες καφέ, την Arabica και την Robusta. Οι ψημένοι κόκκοι των δύο αυτών ειδών για τους μη ειδικούς είναι όμοιοι, στην πραγματικότητα όμως τόσο οι κόκκοι όσο και τα φυτά διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Η Robusta χωρίς κλάδεμα φτάνει τα 10m ενώ η Arabica τα 6-8m. Η Arabica είναι πιο ευαίσθητη στη θερμοκρασία και προσβάλλεται ευκολότερα από τα παράσιτα. Αντίθετα, η Robusta αντέχει στις θερμοκρασίες πάνω από 30°C και και εξαιτίας αυτής της ανθεκτικότητας σε υψηλές θερμοκρασίες ονομάστηκε έτσι (Robusta = εύρωστος). Ο καρπός της Arabica είναι ίσιος, επιμηκυμένος, το μεσαίο αυλάκι είναι ελικοειδές, το χρώμα συχνά πράσινο με αποχρώσεις γαλάζιου. Οι καρποί της Robusta κατά κανόνα τείνουν στο στρογγυλό, το αυλάκι δεν είναι έντονο και στα χρώματα δείχνουν γκριζοπράσινοι. Εκτός από τις μορφολογικές, υπάρχουν σημαντικές διαφορές στην περιεκτικότητα των ουσιών που περικλείουν. Η καφεΐνη στη Robusta υπερτερεί, ενώ υστερούν τα αιθέρια έλαια που αρωματίζουν το χαρμάνι του καφέ. Τα φυτά της καφέας αρχίζουν να παράγουν καρπούς από το τέταρτο έτος. Μεταξύ του έβδομου και όγδοου έτους βρίσκονται στην κορύφωση της ανάπτυξής του. (Γεράρδης, 1998).

1.4 ΚΥΡΙΕΣ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΑΣΙΝΟΥ ΚΑΦΕ

Συνολικά υπάρχουν 70 είδη καφέ εκ των οποίων μόνο 3 από αυτά καλλιεργούνται. Αναλυτικά αυτά είναι: *Coffea Arabica* το οποίο παρέχει περίπου το 75% της παγκόσμιας παραγωγής, *Coffea canephora* το οποίο παρέχει περίπου το 25% και το *Coffea liberica* και άλλα τα οποία καταλαμβάνουν λιγότερο από 1% της παγκόσμιας παραγωγής. Η ποσότητα (kg) των φρέσκων σπόρων καφέ που δίνουν 1kg εμπορεύσιμου καφέ είναι για το *Coffea Arabica* 6.38, για το *Coffea canephora* 4.35 και για το *Coffea liberica* 11.5. Περίπου 80 ποικιλίες από τα τρία είδη καφέ που αναφέρθηκαν παραπάνω είναι γνωστές. Οι πιο σημαντικές από το είδος *Coffea Arabica* είναι η *typica*, *bourbon*, *maragogips* και *mocca* και



Εικόνα 4 Κόκκοι καφέ *Arabica* και *Robusta* από το είδος *Coffea canephora* είναι η *robusta* (η πιο κοινή), *typica*, *uganda* και *quillon*. Όλες οι ποικιλίες από το είδος *Coffea canephora* πωλούνται κάτω από το κοινό όνομα “robusta”.

Τα ονόματα του πράσινου καφέ μπορεί να είναι χαρακτηριστικά του τόπου καταγωγής του. Για παράδειγμα η χώρα και το λιμάνι που εξάγεται. Σημαντικοί εξαγόμενοι καφέδες του είδους *Arabica* είναι για παράδειγμα ο *Kenyan*, ο *Tanzanian*, ο *Colombian*, ο *Salvadorian*, ο *Guatemalan* ή ο *Mexican*. Μη εξαγόμενοι καφέδες του είδους *Arabica* είναι ο ελαφρύς *Santos* και οι βαρύς *Rio* και *Bahia*. Οι καφέδες *robusta* που δεν εξάγονται είναι για παράδειγμα από την Αγκόλα, την Μαγαδασκάρη, την Ουγκάντα και την Ακτή του Ελεφαντοστού (Knox & Huffaker, 1997). Οι καφέδες του είδους *Arabica* ιδιαίτερα αυτοί από την Κένυα, Κολομβία και Κεντρική Αμερική έχουν ένα απαλό, πλούσιο και καθαρό άρωμα. Ο *Arabica Santos* από την Βραζιλία είναι ένα σημαντικό συστατικό των χαρμανιών του καβουρδισμένου καφέ λόγω του ώριμου και πλούσιου αρώματός του. Ο καφές *Robusta* από την άλλη είναι πιο δυνατός, αλλά τραχύς στο άρωμα (Γεράρδης, 1998).

Η ποιοτική εκτίμηση του πράσινου καφέ βασίζεται σε δοκιμές του αρώματός του και της γεύσης του, αλλά και στο μέγεθος, το σχήμα, το χρώμα, τη σκληρότητα και το διαγώνιο μέρος του σπόρου. Μεγάλα μειονεκτήματα ή ατέλειες οφείλονται κυρίως σεκαρπούς με δυσάρεστο άρωμα, οι οποίοι απομακρύνονται με χειρονακτική διαλογή. Ελαττωματικοί σπόροι είναι κυρίως, οι αγίνωτοι σπόροι (χλωροί σπόροι) οι οποίοι κατά τη διάρκεια του καβουρδίσματος παραμένουν ασθενώς χρωματισμένοι, οι υπερζυμωμένοι σπόροι με την απουσία αρώματος λόγω της παρουσίας οξικού οξέος, διακετυλίου, βουτανόλης και ισοβουτανόλης, σπόροι καμένοι από το κρύο, σπασμένοι σπόροι, σπόροι που έχουν καταστραφεί από τα έντομα και τις βροχοπτώσεις και σπόροι που είναι υπερβολικά ξηροί. Ακόμα και ένας ακατάλληλος σπόρος μπορεί να καταστρέψει το μείγμα καφέ. Άλλες ατέλειες είναι το μουχλιασμένο και μπαγιάτικο άρωμα από μη ικανοποιητικά ξηραμένους και μη γινομένους σπόρους, και γεύσεις όπως αυτή του χώματος και του σανού. Οι ποικιλίες καφέ που ευδοκιμούν σε μεγάλα υψόμετρα είναι γενικά καλύτερης ποιότητας από αυτές των πεδιάδων και των χαμηλότερων υψομέτρων (Knox & Huffaker, 1997).

1.5 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΦΕ

1.5.1 ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ

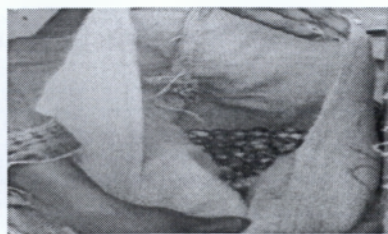
Η συγκομιδή του καφέ λαμβάνει μέρος τους μήνες Δεκέμβριο και Φεβρουάριο στον Τροπικό του Καρκίνου, βόρεια του Ισημερινού και τους μήνες Μάιο μέχρι και τον Αύγουστο στον Τροπικό του Αιγόκερου, νότια του Ισημερινού (Belitz & Grosch, 1999). Ο μεγαλύτερος κίνδυνος είναι το διαφορετικό επίπεδο ωρίμανσης στην ίδια συγκομιδή. Οι κόκκοι που δεν έχουν ωριμάσει τελείως δίνουν, όταν αναμειχθούν, ένα άρωμα πάρα πολύ έντονο και πικρό (Γεράρδης, 1998).

Κατά τη διάρκεια της συγκομιδής των καρπών από το καφεόδεντρο απαιτείται ιδιαίτερος χειρισμός και αυτό γιατί οι κόκκοι δεν ωριμάζουν ταυτόχρονα ακόμη και στο ίδιο δέντρο (Κλοχ & Huffaker, 1997). Υπάρχουν τρεις τεχνικές συγκομιδής, το picking, το stripping και το mechanical. (Mazzafera, 1999).

Στην τεχνική του picking, κατάλληλοι άνθρωποι ξεδιαλέγουν καθημερινά τους ώριμους καρπούς. Είναι μια μέθοδος η οποία πραγματοποιείται μόνο με τα χέρια, επιλέγοντας μόνο τους ώριμους κόκκινους καρπούς από το καφεόδενδρο. Αυτό την κατατάσσει στην πιο ποιοτική μέθοδο.

Η μέθοδος του stripping είναι μια πολύ ακριβή και χρονοβόρα διαδικασία, καθώς απαιτεί ανθρώπινο δυναμικό. Απο την άλλη μεριά το stripping, είναι μία πρακτική και γρήγορη τεχνική, η οποία συνίσταται στο να συλλέγονται οι καρποί με ένα εργαλείο που τους ξεσπείριζει από τους μίσχους ρίχνοντας τους στη γη. Όμως με αυτόν τον τρόπο εκτός από το ότι δεν λύνεται το πρόβλημα του ξεδιαλέγματος απόλυτα, προκαλούνται και ζημιές στα φυτά (Γεράρδης, 1998).

Τέλος μία μέθοδος συλλογής των καρπών που έχει ανακαλυφθεί την τελευταία δεκαετία είναι η mechanical η οποία πραγματοποιείται με μηχανές οι οποίες περνάνε ανάμεσα από τα καφεόδενδρα και με την βοήθεια των κάθετων δονούμενων βουρτσών προκαλείται η πτώση των καρπών σε μια ειδική βάση στη μηχανή. Βασικό μεινέκτημα της είναι το ότι δεν μπορεί να γίνει σε φυτείες που είναι σε πλαγιές βουνών, διότι δεν μπορεί να ισορροπήσει το μηχάνημα και πως το τέλος της συλλογής απαιτείται εργατικό δυναμικό για την κατηγοροποίηση σε ώριμους και άγουρους κόκκους.



Εικόν 5 : Μέθοδοι διαλογής καφέας picking, stripping και mechanical

(<https://baristachampion.wordpress.com/category/>)

1.5.2 ΔΙΑΒΡΟΧΗ ΚΑΙ ΞΗΡΑΝΣΗ

Μετά τη συλλογή των ώριμων καρπών του καφέ, επόμενος στόχος είναι ο διαχωρισμός των κόκκων του καρπού από τα τέσσερα στρώματα που τον περιβάλλουν. Οι κόκκοι του καφέ πρέπει να αφαιρεθούν από τον καρπό και να ξεραθούν προτού ψηθούν. Μετά το τέλος της διαδικασίας λαμβάνεται ο άψητος καφές, που είναι γνωστός με το όνομα «πράσινο καφέ» (Μανουσιδής, 2009). Δύο μέθοδοι εφαρμόζονται για αυτόν τον σκοπό που είναι η ξηρή ή αλλιώς φυσική μέθοδος και η υγρή μέθοδος (Lee, 1975).



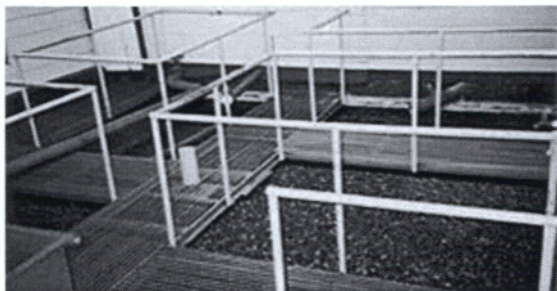
Εικόνα 6 Ανατομία του κόκκου του καφέ (http://www.afetcoffee.gr/about_coffee.html)

Κατά την φυσική ή ξηρή μέθοδο, που χρησιμοποιείται κυρίως στη Βραζιλία, οι ώριμοι καρποί μεταφέρονται άμεσα σε μία κεντρική μονάδα επεξεργασίας, στην οποία οι καρποί απλώνονται σε πλατφόρμες που βρίσκονται εκτεθειμένες στο φως του ηλίου, μέχρι να συρρικνωθούν και να διαχωριστούν από την εξωτερική μεμβράνη (εξωτερικό περικάρπιο). Η διαδικασία αυτή απαιτεί δέκα με δεκατέσσερις μέρες. Όταν πια οι καρποί ξηρανθούν ο φλοιός, ο πολτός, και το ενδοκάρπιο απομακρύνονται (Illy and Viani, 2005). Αφού γίνει η συρρίκνωση, ακολουθεί απομάκρυνση του εξωτερικού περικαρπίου και κάποιου μέρους του σπεροδέρματος με τη βοήθεια αποφλοιωτών (κωνικοί κοχλίες με ελικοειδές βήμα) (Belitz & Grosch, 1999). Ορισμένες φορές οι καρποί αφήνονται 3-4 ημέρες, πριν την ξήρασή τους στον ήλιο, ώστε να ζυμωθεί η πούλπα του καρπού, και να αποκτήσει ο καφές έντονα αρωματικά χαρακτηριστικά (Knox & Huffaker, 1997).



Εικόνα 7: Μέθοδος ξηρής ξήρασης καρπών καφέας (<http://nio.pblogs.gr/176395.html>)

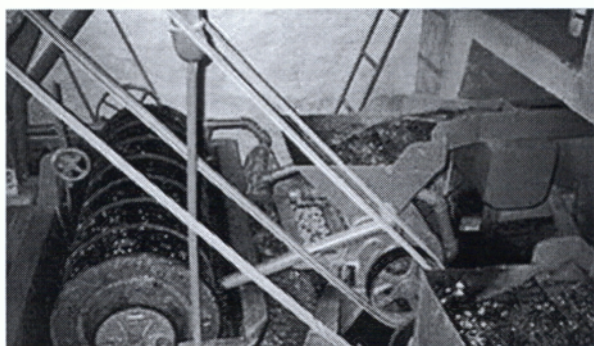
Η υγρή μέθοδος επεξεργασίας είναι η πιο συχνή και διαδεδομένη μέθοδος, ιδίως στις ποικιλίες καφέ υψηλής ποιότητας. Εφαρμόζεται ευρέως στην ποικιλία Arabica. Μετά τη συλλογή του καφέ, οι καρποί ξεχωρίζονται ποιοτικά μέσω βύθιση τους στο νερό. Οι ελαττωματικοί καρποί παραμένουν στην επιφάνεια ενώ οι ώριμοι βυθίζονται στον πυθμένα.



Εικόνα 8: Δεξαμενές ζύμωσης κόκκων καφέας (<http://nio.pblogs.gr/176395.html>)

Στη συνέχεια, μέσω μηχανικής πίεσης ο καφές περνά διαμέσω ενός φίλτρου προς απομάκρυνση του φλοιού και ενός τμήματος του πολτού.(Vincent, 1987).Εν συνεχεία οι καρποί μεταφέρονται σε μεγάλες δεξαμενές ζύμωσης στις οποίες επιτελείται μια ελεγχόμενη ενζυματική αντίδραση που επιτρέπει την διόγκωση του καρπού και την χαλάρωση των κόκκων του καφέ που υπάρχουν στο εσωτερικό

του. Αυτή η ζύμωση μπορεί να διαρκέσει από 12-36 ώρες ανάλογα με τις συνθήκες της ατμόσφαιρας και την φύση των καρπών του καφέ (Κnox & Huffaker, 1997). Κατά την διάρκεια αυτής της ζύμωσης, η κολλώδης ουσία που φέρει ο καρπός, υδρολύεται από τα ένζυμα του καρπού και από τους μικροοργανισμούς που βρίσκονται στο εξωτερικό περιβάλλοντά του και διαλύεται απευθείας με την έκπλυση των κόκκων με νερό. Τέλος, οι κόκκοι ξηραίνονται με την βοήθεια της ηλιακής ενέργειας ή με τη χρήση ζεστού αέρα (58-65oC) (Belitz & rosch, 1999).



Εικόνα 9 :Μέθοδος μηχανικά υποβοηθούμενης υγρής επεξεργασίας καφέας (<http://nio.pblogs.gr/176395.html>)

Εκτός από την κοινή υγρή μέθοδο, υπάρχει και η μηχανικά υποβοηθούμενη υγρή μέθοδο επεξεργασίας,στην οποία δεν χρησιμοποιείται ζύμωση αλλά ένα μηχάνημα απομακρύνει με ζύσιμο τον πολτό του καφέ, που παραμένει προσκολλημένο.Μετά την απομάκρυνση του πολτού ο κόκκος του καφέ, περιβάλλεται από δυο στρώματα. Την επιδερμίδα (silver skin) και το ενδοκάρπιο (parchment). Οι πράσινοι κόκκοι θα πρέπει να ξηραθούν μέχρι η περιεκτικότητά τους στο νερό να πέσει στο 10%, αλλιώς υπάρχει περίπτωση να χαλάσουν.

Οι πράσινοι κόκκοι του καφέ ξηραίνονται στον Ήλιο ή με ειδικά μηχανήματα. Στις πιο πολλές περιπτώσεις αφήνονται να ξηραθούν στον Ήλιο μέχρι να αποκτήσουν περιεκτικότητα σε νερό 12-13% και μετά ξηραίνονται σε μηχανήματα μέχρι υγρασία 10%. Η αποκλιστικά μηχανική ξήρανση χρησιμοποιείται όταν δεν υπάρχει αρκετός χώρος ή η ατμοσφαιρική υγρασία είναι υψηλότερη από το επιθυμητό.Όταν ξηραίνεται ο καφές στον Ήλιο, θα πρέπει να απλώνεται σε λωρίδες, και να ανδεύεται κάθε 6 ώρες, για να ξηραθεί ομοιόμορφα, και να μην αναπτυχθούν μικρόβια (μούχλα). Μετά την ξήρανση το ενδοκάρπιο απομακρύνεται και μένει μόνο ο κόκκος του καφέ (με την επιδερμίδα του).

Συγκρίνοντας τις δύο παραπάνω μεθόδους, η ξηρή μέθοδος είναι πολύ πιο απλή σε σχέση με την υγρή, αλλά η υγρή μέθοδος, αν και πολύπλοκη, δίνει καφέ καλύτερης ποιότητας (Lee, 1975).

1.5.3 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Για την ταξινόμηση των κόκκων του καφέ κατά μέγεθος, ακολουθείται η αγγλική μέθοδος η οποία τους κατατάσσει σε κατηγορίες από Νο10 έως Νο20. Ο έλεγχος του μεγέθους των κόκκων γίνεται από ειδικά κόσκινα, τα οποία είναι τοποθετημένα το ένα πάνω στο άλλο. Οι πιο χοντροί κόκκοι παραμένουν στο επάνω κόσκινο που έχει και τη μεγαλύτερη διάμετρο και οι υπόλοιποι πέφτουν μέχρι να φτάσουν στο αντίστοιχο με το μέγεθος τους κόσκινο που θα τους συγκρατήσει. Το Νο10, ο μικρότερος σε μέγεθος κόκκος, είναι περίπου 4mm, ενώ το Νο20 είναι 8mm. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις βρίσκονται κόκκοι ακόμα μεγαλύτερου μεγέθους οι οποίοι ονομάζονται και γίγαντες. Πιστεύεται πως η σχέση μεγέθους κόκκου και ποιότητας είναι ανάλογη, εκτός από εξαιρετικές περιπτώσεις, όπως του blue mountain της Τζαμάικα που είναι ο ακριβότερος καφές στον κόσμο. Η περιορισμένη παραγωγή του διοχετεύεται αποκλειστικά στην Ιαπωνία. Το μέγεθος που βρίσκει κανείς σήμερα στο εμπόριο είναι το Νο17/18 (6,75- 7,20mm).

Έμποροι, εισαγωγείς και καφεκόπτες λένε πως οι χοντροί κόκκοι αν δεν είναι μαζεμένοι σπόρο σπόρο παρουσιάζουν πολλές πιθανότητες να έχουν προσβληθεί από σκουλήκι. Η καθαρότητα (δύναμη-οξύτητα) μίας παρτίδας καφέ καθορίζεται και από τον αριθμό των ξένων σωμάτων και των σπασμένων κόκκων σε δείγμα 300g. Το Νο1 αυτής της κλίμακας χαρακτηρίζει ένα άψογο δείγμα ενώ το Νο2/3 που είναι συνηθισμένο στην ελληνική αγορά περιλαμβάνει 5-10 καχεκτικούς κόκκους. Ενδεικτικά το Νο6 μπορεί να είναι ένα δείγμα στο οποίο συσσωρεύονται μέχρι και 95 κόκκοι με ελαττώματα, ενώ στο Νο12 θα βρεθούν γύρω στους 10 μαύρους και 12 μη αποφλοιωμένους (Γεράρδης, 1998).

Για τα δείγματα παίρνονται κόκκοι από πολλά σακιά μίας συγκεκριμένης παρτίδας με τη βοήθεια του κλέφτη. Ο κλέφτης είναι ένας σωλήνας που καταλήγει σε κυρτή, αιχμηρή λάμα με την οποία διαστέλλονται οι ίνες του σακίου χωρίς να κόβονται. Μέσα στο σωλήνα κυλούν οι κόκκοι και δειγματίζονται. Το χρώμα των κόκκων έχει μια κλίμακα χαρακτηριστικών που αρχίζει από το γαλαζωπό και καταλήγει στο ανοιχτό καφέ περνώντας από διαβαθμίσεις, όπως γαλαζοπράσινο, πράσινο, γκριζοπράσινο, κιτρινωπό κ.ά. Οι χρωματισμοί αφορούν τους κόκκους της ποικιλίας Arabica. Οι κόκκοι της ποικιλίας Robusta εμφανίζονται από πρασινωποί προς το κίτρινο μέχρι καφετί. Στην ελληνική αγορά όλα αυτά ονομάζονται με το γενικό όρο πράσινος καφές (Knox & Huffaker, 1997).

1.5.4 ΚΑΒΟΥΡΔΙΣΜΑ

Εκ πρώτης το καβούρδισμα του καφέ φαίνεται να είναι μια πολύ απλή διαδικασία θέρμανσης των ωμών κόκκων καφέ. Αυτό που ωστόσο είναι πολύ σημαντικό είναι η δημιουργία και η διατήρηση των κατάλληλων θερμοκρασιών και το σταμάτημα της διαδικασίας τη στιγμή που το επιθυμητό άρωμα και χρώμα έχει επιτευχθεί σε όλους τους κόκκους. Το καβούρδισμα του καφέ είναι μια διαδικασία πυρόλυσης που αυξάνει σημαντικά τη χημική πολυπλοκότητά του. Η διαδικασία του καβουρδίσματος μπορεί να χωριστεί σε τρία στάδια:

- Ένα αρχικό ενδόθερμο στάδιο ξήρανσης, όπου το ποσοστό της υγρασίας μειώνεται στο ελάχιστο. Το χρώμα των κόκκων αλλάζει από πράσινο σε κίτρινο και η αρχική χορτώδης οσμή τους μετατρέπεται σε άρωμα παρόμοιο του τύπου «ψωμιού».
- Το κύριο στάδιο όπου λαμβάνουν χώρα αντιδράσεις πυρόλυσης. Η χημική σύσταση των κόκκων αλλάζει ριζικά καθώς απελευθερώνονται μεγάλα ποσοστά διοξειδίου του άνθρακα, οι υδατάνθρακες διασπώνται και καραμελοποιούνται, τα λιπαρά οξέα, η τριγονελλίνη και τα χλωρογενικά οξέα διασπώνται, η ελεύθερη καφεΐνη εξατμίζεται σε ένα ποσοστό και τελικά απελευθερώνονται εκατοντάδες ενώσεις που ευθύνονται για το άρωμα και τη γεύση του καφέ. Το χρώμα του κόκκου γίνεται σκούρο καφέ. Οι αντιδράσεις είναι εξώθερμες μέχρι τη θερμοκρασία των 190°C και άνω των 210 °C. Ο ρυθμός των πυρολυτικών αντιδράσεων φτάνει τη μέγιστη τιμή σε θερμοκρασίες 190-210 °C όπου το φαινόμενο είναι ενδόθερμο.
- Ένα τελικό στάδιο, όπου σταματά το καβούρδισμα με χρήση αέρα ή νερού ώστε να μειωθεί άμεσα η θερμοκρασία των κόκκων (Buffo and Cardelli-Freire, 2004). Μετά το καβούρδισμα, μόνο ίχνη ελεύθερων σακχάρων απομένουν από τους μονοσακχαρίτες και τους δισακχαρίτες που περιέχονται στον πράσινο καφέ. Ένα μέρος της σακχαρόζης υδρολύεται και το υπόλοιπο καραμελοποιείται. Μέσω της αντίδρασης Maillard και σε μικρότερο ποσοστό από την καραμελοποίηση, πλήθος πτητικών (αρωματικά συστατικά, πτητικά οξέα) και μη πτητικών προϊόντων (μελανοϊδίνες, οξέα) σχηματίζονται. Η αντίδραση Maillard έχει μικρότερη ενέργεια ενεργοποίησης και γι' αυτό ευνοείται όταν υπάρχουν ως αντιδρώντα αζωτούχα συστατικά (αμινοξέα, ελεύθερες αμινοομάδες σε πρωτεΐνες και πεπτίδια). Οι πολυσακχαρίτες με εξαίρεση την κυτταρίνη είναι μερικώς διαλυτές. Ωστόσο, οι ευδιάλυτοι υδατάνθρακες που απομένουν στον καβουρδισμένο καφέ είναι πολύ λιγότεροι (Bradburry, 2001, Redgwell et al., 2002). Η θερμοκρασία και η διάρκεια του ψησίματος καθορίζουν τα χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος. Όταν επιτευχθεί η επιθυμητή θερμοκρασία ψησίματος οι κόκκοι του καφέ πρέπει να ψυχθούν άμεσα με ψεκασμό νερού ή διοχέτευση αέρα (Clarke, 1987).

Οι χλωροί καρποί έχουν μια γήινη, φυτική μυρωδιά και γι' αυτό πρέπει να γίνει μια θερμική επεξεργασία η οποία ονομάζεται καβούρδισμα, με τη βοήθεια της οποίας θα αναδειχθεί το πραγματικό άρωμά τους. Το καβούρδισμα, σε ένα εύρος θερμοκρασιών μεταξύ 200–250°C προκαλεί έντονες αλλαγές. Ο όγκος των σπόρων αυξάνεται (50–80%) και αλλάζει η δομή και το χρώμα τους. Το πράσινο χρώμα αντικαθίσταται από το καφέ, παρατηρείται μια απώλεια βάρους της τάξεως του 13–20%, και μια σταδιακή αύξηση στην εμφάνιση του χαρακτηριστικού αρώματος των καβουρδισμένων σπόρων. Ταυτόχρονα, το ειδικό βάρος πέφτει από το 1.126–1.272g/cm³ στο 0.570–0.694g/cm³, έτσι παρατηρείται οι καβουρδισμένοι σπόροι να επιπλέουν στο νερό ενώ οι χλωροί να βυθίζονται. Οι σκληροί και

άθραυστοι σπόροι γίνονται εύθραυστοι και μαλακοί μετά το καβούρδισμα. Τέσσερις κύριες φάσεις διακρίνονται κατά τη διάρκεια του καβουρδίσματος που είναι το στέγνωμα, η ωρίμανση, η αποσύνθεση και τέλος το πλήρες καβούρδισμα. Οι αρχικές αλλαγές λαμβάνουν χώρα περίπου στους 50°C όταν η πρωτεΐνη στα κύτταρα των ιστών μετουσιώνεται και το νερό εξατμίζεται. Το μαύρισμα εμφανίζεται πάνω από τους 100°C κατά τη διάρκεια της πυρόλυσης των οργανικών συστατικών (νερό, CO₂, CO) η οποία έχει ως αποτέλεσμα μια αύξηση στον όγκο του σπόρου. Η φάση της αποσύνθεσης, η οποία αρχίζει στους 180–200°C, είναι χαρακτηριστική γιατί οι σπόροι αναγκάζονται να σκάσουν ταυτόχρονα έχουμε δημιουργία γαλαζωπού καπνού, και απελευθέρωση του αρώματος του καφέ. Τελικώς έχοντας πραγματοποιήσει άριστη καραμελοποίηση, η φάση του πλήρους καβουρδίσματος έχει επιτευχθεί, κατά τη διάρκεια της οποίας η περιεχόμενη υγρασία των σπόρων πέφτει στο τελικό επίπεδο της τάξεως του 1.5–3.5%.

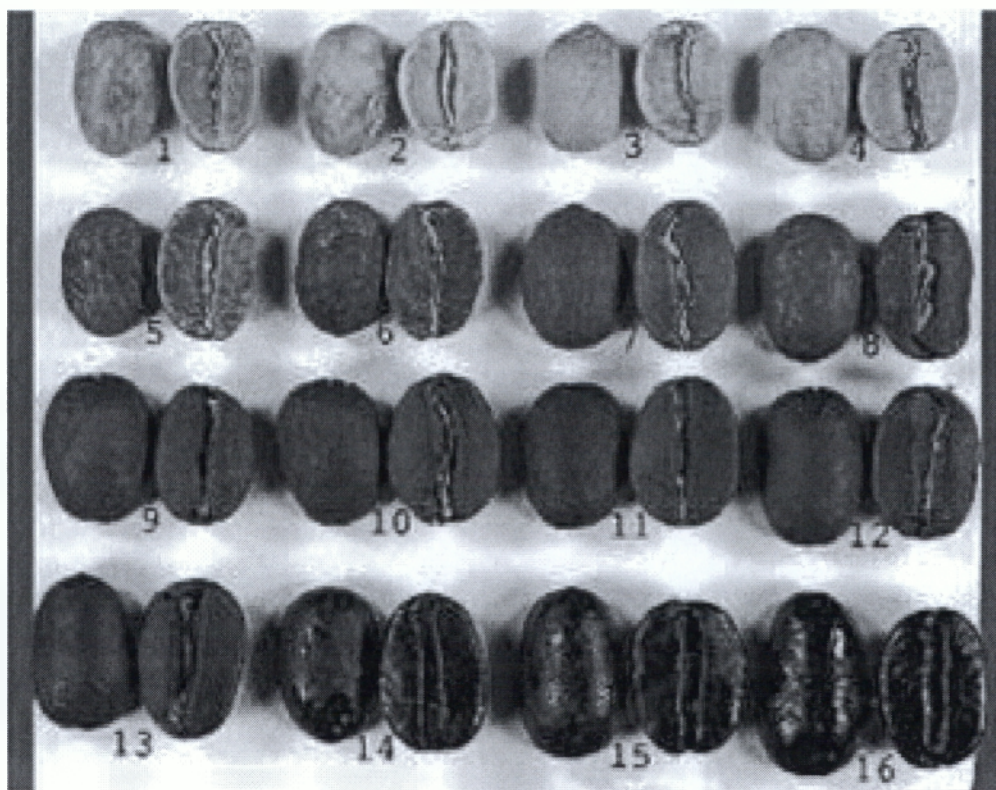


Εικόνα 10 Μηχανή καβουρδίσματος (<http://derpanisequipment.gr/food-service/bibliotheke/kabourdisma-alesma/>)

Η συνεχής λειτουργία της διαδικασίας καβουρδίσματος απαιτεί ικανότητα και εμπειρία για την παραλαβή ομοιόμορφου χρώματος και άριστου αρώματος, αλλά και για να ελαχιστοποιηθεί η φθορά λόγω υπερβολικού καβουρδίσματος, καψαλίσματος ή καψίματος. Κατά τη διάρκεια του καβουρδίσματος, η θερμότητα μεταφέρεται με την επαφή των σπόρων πάνω στα τοιχώματα της συσκευής καβουρδίσματος, ή με ζεστό αέρα ή με εύφλεκτα αέρια (μεταφορά θερμότητας). Η πρώτη περίπτωση δεν παρουσιάζει πλέον ενδιαφέρον επειδή η μεταφορά της θερμότητας δεν είναι ισότοπη σε όλη τη μάζα του καφέ και ο χρόνος που απαιτείται είναι μεγάλος (20–30min). Στην δεύτερη και τρίτη περίπτωση (χρόνος καβουρδίσματος 6–15min) γίνονται προσπάθειες για να αυξηθεί η μεταφορά θερμότητας όσο το δυνατό περισσότερο με την εφαρμογή διαφόρων μεθόδων κατά τη διαδικασία. Φυγόκεντροι καβουρδιστές (περιστροφόμενα επίπεδα ταψιά), περιστροφόμενοι κυλινδρικοί καβουρδιστές, καβουρδιστές ρευστού στρώματος (90% μεταφορά θερμότητας) και άλλα, χρησιμοποιούνται είτε συνεχόμενα, είτε διακεκομμένα. Σε μια καινούργια διαδικασία που

ονομάζεται διαδικασία σύντομου καβουρδίσματος (short-time roasting process) απαιτείται χρόνος 2–5min, και η φάση της προθέρμανσης μειώνεται σημαντικά από την καλύτερη μεταφορά θερμότητας. Η εξάτμιση του νερού προχωρά με την εκβολή ατμού, προκαλώντας έτσι μεγαλύτερη αύξηση στον όγκο του σπόρου από τις συμβατικές διαδικασίες καβουρδίσματος. Συνεπώς η πυκνότητα στη θεμελιώδη κατάσταση του καφέ που καβουρντίστηκε με αυτή τη διαδικασία είναι 15–25% χαμηλότερη.

Η διαδικασία του καβουρδίσματος ελέγχεται ηλεκτρονικά ή με τη δοκιμή καβουρντισμένων σπόρων. Το τελικό προϊόν περνάει γρήγορα σε κόσκινα για να ψυχθεί ή ψεκάζεται με νερό με σκοπό να αποφευχθεί το υπερβολικό καβούρδισμα, ή το κάψιμο και η απώλεια αρώματος. Κατά τη διάρκεια του καβουρδίσματος, δημιουργούνται ατμοί και κυτταρικά υπολείμματα (κόκκοι σπερμοδέρματος), που απομακρύνονται είτε με αναρρόφηση με τη βοήθεια κενού είτε σε μεγαλύτερες μονάδες, με αποτέφρωση. Ο βαθμός του επιθυμητού καβουρδίσματος διαφέρει από χώρα σε χώρα. Στις Η.Π.Α. και στην Κεντρική Ευρώπη οι σπόροι καβουρδίζονται μέχρι ενός ελαφρού χρώματος (200–220°C, 3–10min, με παρατηρούμενη απώλεια βάρους 14–17%), και στη Γαλλία, Ιταλία και χώρες των Βαλκανίων, σε ένα σκούρο χρώμα (230°C, με παρατηρούμενη απώλεια βάρους 20%) Έτσι Ο «Γαλλικός» απαιτεί συνήθως ένα σκούρο – καστανό καβούρδισμα, στην παρακάτω εικόνα το χρώμα του κόκκου αντιστοιχεί στα νούμερα 9, 10, 11 και 12, ενώ ο «Αμερικάνικος» ένα μέτριο χρώμα καφέ, νούμερα 5, 6, 7 και 8. Ο «Espresso» είναι από τους πιο σκούρους καφέδες, νούμερα 13, 14, 15 και 16. (Knox & Huffaker, 1997).



Εικόνα 11: Χρώμα καφέκοκκων ύστερα απο την διαδικασία καβουρδίσματος. (<http://www.ua.all.biz/el/kavordhisma-kaf-bsg5282>)

1.5.4.1 ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ ΤΟΥ ΚΑΒΟΥΡΔΙΣΜΕΝΟΥ ΚΑΦΕ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ

Στον καβουρδισμένο καφέ χάρη στις μεγάλες θερμοκρασίες κατά τη διαδικασία του καβουρδίσματος και στη χαμηλή ενεργότητα νερού (a_w), δε συμβαίνουν ενζυμικές και μικροβιακές αλλοιώσεις.

Ωστόσο κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, ο καφές υφίσταται σημαντικές φυσικές και χημικές αλλαγές οι οποίες επηρεάζουν σημαντικά την ποιότητα και την αποδεκτότητα του ροφήματος. Αυτές οι αλλαγές είναι υπεύθυνες για το «μπαγιατέμα» του καβουρδισμένου καφέ και πιστεύεται ότι σχετίζονται με την διαδικασία ωρίμανσης. Ωστόσο τα όρια μεταξύ του «μπαγιατέματος» και της ωρίμανσης δεν είναι ξεκάθαρα. Η ωρίμανση αποτελεί ένα σύντομο χρονικό διάστημα ακριβώς μετά το καβούρδισμα, κατά το οποίο ο καφές αφήνεται να «ηρεμήσει» κάτω από κατάλληλες συνθήκες ώστε να βελτιωθούν οι οργανοληπτικές του ιδιότητες.

Παρόλο που πολλές από τις φυσικές και χημικές αλλαγές που συμβαίνουν στον καβουρδισμένο καφέ κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης θεωρούνται αναπόφευκτες, ο βαθμός στον οποίο συμβαίνουν εξαρτάται κυρίως από διάφορες μεταβλητές που σχετίζονται με το περιβάλλον και την επεξεργασία, όπως η διαθεσιμότητα οξυγόνου και υγρασίας καθώς και οι συνθήκες συσκευασίας. Η εφαρμογή των κατάλληλων συνθηκών άλεσης και αποθήκευσης μπορούν να επιβραδύνουν τις αντιδράσεις «μπαγιατέματος». Ωστόσο οι αντιδράσεις αυτές μπορούν να επιταχυνθούν ξανά αφότου ο καταναλωτής ανοίξει τη συσκευασία. Οι βασικοί παράγοντες που καθορίζουν τη διατηρησιμότητα του προϊόντος μετά το άνοιγμα της συσκευασίας και την αποθήκευσή του από τον καταναλωτή είναι η διαθεσιμότητα του οξυγόνου, η σχετική υγρασία και η θερμοκρασία (Full et al., 2001). Στον πίνακα φαίνονται οι σημαντικότερες φυσικές και χημικές αλλαγές που συμβαίνουν στον καβουρδισμένο καφέ κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.

Πίνακας 1: Φυσικές και χημικές αλλαγές που συμβαίνουν στον καβουρδισμένο καφέ κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης

Διαλυτοποίηση πτητικών συστατικών	Απελευθέρωση διοξειδίου του άνθρακα
Προσρόφηση πτητικών συστατικών	Οξειδώσεις
Απελευθέρωση πτητικών συστατικών	Μετανάστευση ελαίου (Oil migration)

Η διαλυτοποίηση και η προσρόφηση των πτητικών συστατικών αντιπροσωπεύουν τους κύριους μηχανισμούς μέσω των οποίων τα συστατικά του αρώματος διατηρούνται στη δομή του κόκκου. Στην πραγματικότητα πτητικά συστατικά, όπως και διοξείδιο του άνθρακα μπορούν να βρίσκονται παγιδευμένα στους πόρους ή διαλυμένα στα έλαια του καφε και την υγρασία (Labuza et al., 2001).

Αυτή είναι μια αναγκαία προϋπόθεση για τη διασφάλιση της υψηλής ποιότητας του καφέ. Ωστόσο τα πτητικά συστατικά απελευθερώνονται εύκολα στην αέρια φάση εξαιτίας των μηχανισμών διάχυσης. Το παραπάνω γεγονός μαζί με τις αντιδράσεις οξειδωσης, θεωρούνται οι βασικές αιτίες του «μπαγιατέματος» του καφέ. Το διοξείδιο του άνθρακα που είναι το πιο

σημαντικό μη αρωματικό πτητικό συστατικό του φρεσκο-καβουρδισμένου καφέ, αποτελεί ένα επιπλέον πρόβλημα κατά την αποθήκευση δεδομένου ότι η σταδιακή απελευθέρωσή του προκαλεί διόγκωση της συσκευασίας (Sivetz and Desrosier, 1972).

Για αυτό το λόγο, έχουν αναπτυχθεί συγκεκριμένες διαδικασίες, όπως η αφαίρεση αερίου, σε συνδυασμό με την υιοθέτηση των κατάλληλων μεθόδων συσκευασίας, ώστε να επιτρέπεται στο διοξείδιο του άνθρακα να απελευθερωθεί μειώνοντας έτσι την απώλεια αρώματος. Εφόσον ο καβουρδισμένος καφές είναι ένα αφυδατωμένο προϊόν, οι κύριοι παράγοντες που ελέγχουν τη σταθερότητά του κατά την αποθήκευση είναι η συγκέντρωση του οξυγόνου, η ενεργότητα νερού (a_w) ειδικά αν το καβούρδισμα έχει τελειώσει με την προσθήκη νερού και η θερμοκρασία. Παραγωγικές διαδικασίες όπως η άλεση, η απαεριοποίηση (degassing) και η συσκευασία μπορούν να επιταχύνουν την υποβάθμιση της ποιότητας εξαιτίας της αύξησης της ελεύθερης επιφάνειας, καθώς και της διαθεσιμότητας οξυγόνου και υγρασίας. Επιπρόσθετα, εφόσον η πίεση στους πόρους των κόκκων είναι μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική πίεση, η εξωτερική πίεση που εφαρμόζεται στους κόκκους του καφέ αποτελεί μια επιπλέον μεταβλητή που πρέπει να ληφθεί υπόψη για την ενίσχυση της σταθερότητας του καφέ κατά την αποθήκευση. Συγκεκριμένα, καθώς η εξωτερική πίεση είναι υψηλότερη από την μερική πίεση των πτητικών συστατικών των κόκκων, ο ρυθμός απαεριοποίησης μειώνεται επιτρέποντας σε μια μεγαλύτερη ποσότητα πτητικών συστατικών να διαλύονται στο λιπιδικό κλάσμα ή να προσροφώνται στις ενεργές περιοχές (Labuza et al., 2001).

1.5.4.2 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ ΤΗΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ MAILLARD ΣΤΗ ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΚΑΒΟΥΡΔΙΣΜΕΝΟΥ ΚΑΦΕ

Πολλά από τα χαμηλού μοριακού βάρους προϊόντα της αντίδρασης Maillard (MRPs) ευθύνονται για τη δημιουργία της χαρακτηριστικής γεύσης του καφέ. Είναι γνωστό πως το χαρακτηριστικό άρωμα του καβουρδισμένου καφέ είναι αποτέλεσμα αρκετών εκατοντάδων συστατικών τα οποία καλύπτουν πολλές διαφορετικές χημικές κατηγορίες. Η ανάπτυξη της χαρακτηριστικής «μπαγιατίτικης» γεύσης του πολυκαιρισμένου καφέ είναι το άθροισμα δύο διαφορετικών δράσεων: της απώλειας των πτητικών συστατικών που είναι υπεύθυνα για το άρωμα του καφέ από τη μία, και του σχηματισμού ενώσεων που είναι υπεύθυνες για το off-flavor άρωμα του καφέ και προέρχονται κυρίως από αντιδράσεις οξειδωσης από την άλλη. Έχει παρατηρηθεί πως η μεθανοθειόλη, οι αλδεύδες Strecker και τα α-δικαρβονύλια είναι τα πιο σημαντικά χαμηλού σημείου βρασμού συστατικά, υπεύθυνα για τη φρεσκάδα του αρώματος του καφέ (Steinhardt and Holscher, 1991). Αυτά τα μόρια, πέρα από την υψηλή τους πτητικότητα είναι ιδιαίτερα επιδεκτικά στην οξειδωση. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι το άρωμα μπορεί επίσης να επηρεαστεί από την ικανότητα των μελανοϊδίων να δεσμεύουν συγκεκριμένα πτητικά μόρια, όπως παρατηρήθηκε σε κάποιες ενώσεις θειόλης (Hofmann et al., 2001).

Η σημαντική επίδραση των MRPs στο χρόνο ζωής του καβουρδισμένου καφέ οφείλεται στην ικανότητα αυτών των συστατικών να δρουν τόσο ως προ-οξειδωτικά όσο και ως αντιοξειδωτικά. Αυτές οι αντιφατικές λειτουργίες μπορούν να εξηγηθούν από τις σύνθετες και διαφορετικές χημικές δομές των MRPs. Σε γενικές γραμμές, ενώ οι μελανοϊδίνες γενικά θεωρούνται ισχυρά αντιοξειδωτικές ενώσεις, άλλες ουσίες σαν αυτές που σχηματίζονται στα

πρώιμα και ενδιάμεσα στάδια της αντίδρασης Maillard, ίσως αποκτούν προ-οξειδωτική δραστηριότητα (Manzocco et al., 2002). Κατά την αποθήκευση, μπορούν να λάβουν χώρα αντιδράσεις και να οδηγήσουν στο σχηματισμό αδρανών παραγώγων καθώς και στη δημιουργία δραστικών ειδών χημικά διαφορετικών από αυτές που αρχικά δημιουργήθηκαν.

Μεταξύ των μελανοϊδών, πρόσφατα ευρήματα υποδεικνύουν πως το κλάσμα των μελανοϊδών χαμηλού μοριακού βάρους ($MW < 1000-3000$ Da) εμφανίζει υψηλότερη αντιοξειδωτική δράση από τις μελανοϊδίνες υψηλού μοριακού βάρους (MW μέχρι 150000) (Hofmann, 2000). Αυτές οι ενώσεις φαίνεται πως δρουν τόσο ως πρωτογενή όσο και ως δευτερογενή αντιοξειδωτικά. Η αντιοξειδωτική δράση του καβουρδισμένου καφέ μπορεί να ποικίλει ανάλογα με το βαθμό του καβουρδίσματος.

Η παρουσία τέτοιων αντιδρώντων συστατικών στον καβουρδισμένο καφέ μπορεί να εξηγήσει τη μεγάλη ποικιλία των οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων που εξελίσσονται στον καφέ κατά την αποθήκευσή του (Nicoli et al., 2001). Η οξείδωση αυτών των ενώσεων έχει διπλό συσχετισμό με το χρόνο ζωής του καβουρδισμένου καφέ: είναι η κύρια αιτία υποβάθμισης των αρωματικών ενώσεων, αλλά από την άλλη αποτελούν έναν αποτελεσματικό αναστολέα της οξείδωσης του λιπιδικού κλάσματος. Στην πραγματικότητα, παρά τις χαμηλές τιμές της ενεργότητας νερού, τα λιπίδια που περιέχονται στον καφέ παρουσιάζουν μια εντυπωσιακή σταθερότητα έναντι στην οξείδωση χάρη στην ύπαρξη λιποδιαλυτών MR αντιοξειδωτικών (Whitfield, 1992). Η αντιοξειδωτική αποτελεσματικότητα των μελανοϊδινών έχει βρεθεί πως συνδέεται άμεσα με την ένταση της θερμικής επεξεργασίας που χρησιμοποιείται για να επιτρέψει το σχηματισμό τους. Όσο υψηλότερη η ένταση της θερμότητας, τόσο υψηλότερη είναι η εγγενής αντιοξειδωτική τους δράση (Anese et al., 2000). Στον έντονα καβουρδισμένο καφέ, η σταθερότητα του λιπιδικού κλάσματος παρατηρήθηκε πως κυμαίνεται από 4 έως 10 μήνες σε θερμοκρασία αποθήκευσης 25 °C, ανάλογα και με τη συγκέντρωση οξυγόνου και τις συνθήκες συσκευασίας (Nicoli et al., 1993). Η ικανότητα των προϊόντων της αντίδρασης Maillard να δρουν ως αντιοξειδωτικά, μπορεί εν μέρει να εξηγήσει την παρεμποδιστική τους δράση ενάντια στην ανάπτυξη κάποιων μικροοργανισμών οι οποίοι ευθύνονται για τροφική δηλητηρίαση. Ωστόσο η αντιμικροβιακή δράση των προϊόντων της αντίδρασης Maillard φαίνεται να εξαρτάται από τη συγκέντρωση των μικροοργανισμών και των βακτηριδίων που εξετάζονται. Αυτό δείχνει ότι διαφορετικοί μηχανισμοί πέραν της διαδικασίας αποσύνθεσης είναι πιθανόν να συμβαίνουν εφόσον ο αραιωμένος καφές παρουσιάζει μικρότερη αντιβακτηριακή δράση σε σχέση με τον συμπυκνωμένο. Επιπρόσθετα η αντιμικροβιακή δράση εξαρτάται σημαντικά από το είδος το οποίο εξετάζεται (Einarson, 1987).

Το αυξανόμενο ενδιαφέρον για τα προϊόντα αντιδράσεων Maillard, δικαιολογείται από το γεγονός ότι λόγω της αντιοξειδωτικής τους δράσης, ενδέχεται να παρέχουν πλήθος θετικών δράσεων στην υγεία του ανθρώπινου οργανισμού (O'Brian and Morissey, 1989). Έτσι, η διατήρηση των αντιοξειδωτικών ιδιοτήτων του καβουρδισμένου καφέ κατά την αποθήκευση μπορεί να έχει σημαντική αξία στην παραγωγή προϊόντων καφέ με σημαντικές λειτουργικές ιδιότητες. Δυστυχώς μέχρι τώρα δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία για την επίδραση των περιβαλλοντικών συνθηκών και των συνθηκών επεξεργασίας στην εξέλιξη της αντιοξειδωτικής δράσης του καβουρδισμένου καφέ κατά την αποθήκευση.

1.5.5 ΑΛΕΣΗ ΚΑΒΟΥΡΔΙΣΜΕΝΟΥ ΚΑΦΕ

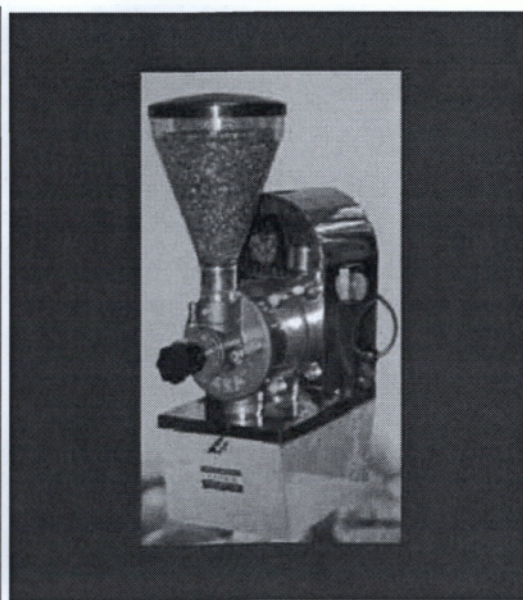
Οι καβουρδισμένοι κόκκοι του καφέ πρέπει να αλεσθούν ώστε να είναι κατάλληλοι για την παραγωγή του ροφήματος του καφέ. Η διαδικασία μετατροπής των κόκκων του καφέ σε σκόνη (ή πούδρα), ονομάζεται κονιορτοποίηση στην ορολογία της μηχανικής και άλεση στη γλώσσα της βιομηχανίας του καφέ.

Η άλεση πραγματοποιείται σε μύλους που αποτελούνται από πολλές ομάδες κυλίνδρων, τοποθετημένων ο ένας πάνω στον άλλον. Καθώς «σπάει» ο κόκκος του καφέ κατά την άλεση, απελευθερώνεται το περιεχόμενο αέριο που έχει παραχθεί κατά τη διαδικασία του καβουρδίσματος και είναι προϊόν της πυρόλυσης. Το αέριο αυτό αποτελείται κυρίως από διοξείδιο και μονοξείδιο του άνθρακα και συνοδεύεται επίσης από εκατοντάδες πτητικές ενώσεις. Οι περισσότερες βιομηχανικές συσκευές άλεσης έχουν σχεδιαστεί να ελέγχουν την απελευθέρωση του αερίου μέσω ενός φίλτρου (Illy and Viani, 2005). Ο βαθμός της άλεσης σχετίζεται άμεσα με τον τρόπο ψησίματος του καφέ. Το αλεσμένο προϊόν μπορεί να είναι μέτριο, λεπτόκοκκο, πολύ λεπτόκοκκο. Παλαιότερα χρησιμοποιούνταν χονδρόκοκκα «αλέσματα» για οικιακή παρασκευή-διήθηση καφέ με μέγεθος σωματιδίων 850 μm (Ευρώπη) και 1130 μm (Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής). Σήμερα χρησιμοποιούνται κυρίως λεπτόκοκκα «αλέσματα» στις μηχανές φίλτρου που η κοκκομετρία τους κυμαίνεται από 450μm (Ευρώπη) μέχρι 800 μm (Η.Π.Α). Ειδικότερα όμως για την παρασκευή καφέ Espresso απαιτείται η κοκκομετρία του αλεσμένου καφέ να μην ξεπερνά τα 30 μm (Clarke,2003).



Εικόνα 12 Μύλος άλεσης espresso

(http://www.cafeshop.gr/index.php?dispatch=products.view&product_id=276)



Εικόνα 13 Μύλος άλεσης ελληνικού καφέ

1.5.6. ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΑΛΕΣΜΕΝΟΥ ΚΑΦΕ

Όταν ο καφές προσδιορίζεται για μεγάλη χρονική διάρκεια συντήρησης είναι πολύ ευαίσθητος στο οξυγόνο. Για το λόγο αυτό, το υλικό συσκευασίας θα πρέπει να έχει χαμηλή διαπερατότητα σε οξυγόνο ενώ και το επίπεδο του οξυγόνου μέσα στη συσκευασία θα πρέπει να διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα. Αυτός είναι και ο λόγος που χρησιμοποιούνται ευρέως θερμοσφραγιζόμενα σακουλάκια με εσωτερική επικάλυψη στρώματος αλουμινίου (Αρβανιτογιάννης κ.ά., 2001)

Εάν οι κόκκοι του καφέ έχουν προηγουμένως καβουρδιστεί τότε αυτοί απαλλάσσονται από τυχόν ελαττωματικούς σπόρους που φέρουν, είτε χειρονακτικά, είτε μηχανικά με τη βοήθεια ηλεκτρονικών αισθητήρων. Ο εμπορικά διαθέσιμος καφές αποτελείται από μίγμα 4-8 διαφορετικών ποικιλιών, οι οποίες λόγω των διαφορετικών φυσικών ιδιοτήτων που έχουν, καβουρδίζονται ξεχωριστά (Belitz & Grosch, 1999).

Ο χρόνος ζωής του καφέ εξαρτάται από την επεξεργασία του καβουρδίσματος και από την εμπορική συσκευασία του. Έτσι οι ακαβουρδιστοι κόκκοι καφέ έχουν διάρκεια ζωής 1-3 χρόνια, ενώ οι καβουρδισμένοι κόκκοι παραμένουν φρέσκοι μόνο για 8-10 εβδομάδες. Ο καφές σε συσκευασία κενού (απουσία οξυγόνου) διατηρείται για 6-8 μήνες, αλλά από τη στιγμή που θα ανοιχθεί η συσκευασία, ο χρόνος ζωής του καφέ μειώνεται σε 1-2 εβδομάδες (Charalambous, 1986).



Εικόνα 14: Συσκευασίες αλεσμένων κόκκων καφέας και μη.





















1.5.7 ΑΠΟΚΑΦΕΙΝΟΠΟΙΗΣΗ

Οι φυσιολογικές επιδράσεις της καφεΐνης δεν είναι αρεστές σε όλους τους ανθρώπους και για το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί πολλές διαδικασίες για την απομάκρυνση της καφεΐνης από τον καφέ (Belitz & Grosch, 1999). Οι μέθοδοι αποκαφεΐνοποίησης είναι:

1. Η μέθοδος Swiss Water. Είναι μια 100% φυσική διαδικασία αποβολής της καφεΐνης από τον καφέ και χρησιμοποιεί μόνο το νερό για την αφαίρεση της καφεΐνης, παράγοντας επεξεργασμένο αποκαφεΐνοποιημένο καφέ με την χρήση νερού (Knox & Huffaker, 1997).
2. Η παραδοσιακή-άμεση μέθοδος. Στην μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται θερμό νερό για την διάνοιξη των πόρων και την διόγκωση των κόκκων του καφέ. Για την απομάκρυνση της καφεΐνης χρησιμοποιούνται οργανικοί διαλύτες που είναι αρκετά εκλεκτικοί στην απομάκρυνση της καφεΐνης, καθώς και των άλλων αλκαλοειδών που εμπεριέχονται στους κόκκους του καφέ (Senol & Aydın, 2005).
3. Η μέθοδος χρήσης υπέρθερμου ατμού υπό υψηλή πίεση. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται για την αποκαφεΐνοποίηση ακαβούρδιστων κόκκων καφέ (Knox & Huffaker, 1997).
4. Η μέθοδος χρήσης υγρού διοξειδίου του άνθρακα. Με τη μέθοδο αυτή ο αποκαφεΐνοποιημένος καφές που παράγεται είναι καλής ποιότητας αφού οι απώλειες σε αρωματικά και γευστικά χαρακτηριστικά είναι ελάχιστη (Gehrig & Schulmeyer, 1997).
5. Η μέθοδος χρήσης υψηλής πίεσης. Η υψηλή πίεση των ατμών κάτω από κανονικές συνθήκες υπόσχεται ένα προϊόν απαλλαγμένο από υπολείμματα διαλύτη (Senol & Aydın, 2005) και υψηλής ποιότητας αφού εξαλείφεται όλη η ποσότητα της καφεΐνης χωρίς την υποβάθμιση των γευστικών και αρωματικών συστατικών του καφέ (Sebald et al., 1996).
6. Η μέθοδος με χρήση οργανικών διαλυτών (Belitz & Grosch, 1999).
7. Άλλες μέθοδοι. Άλλες μέθοδοι είναι η απομάκρυνση της καφεΐνης με ηλεκτροφόρηση, με χρήση μεμβρανών (Perez et al., 1999) και με χρήση μικροκυμάτων. Επίσης διάφορες μικροβιολογικές και ενζυμικές μέθοδοι μελετήθηκαν για την απομάκρυνση της καφεΐνης (Gokulakrishnan et al., 2005).

1.6 ΧΩΡΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΚΑΦΕ

Η παγκόσμια παραγωγή καφέ έχει αυξηθεί από 86 εκατομμύρια σάκους το 1980 σε 112 εκατομμύρια σάκους το 2000. Παρόλα αυτά παρατηρούνται μεγάλες ετήσιες διακυμάνσεις, συγκεκριμένα από 80 εκατομμύρια σάκους το 1986/87 η παραγωγή αυξήθηκε έως και τα 115 εκατομμύρια σάκους το 1999/2000 οφειλόμενες κυρίως στην ηγέτιδα Βραζιλία. Η βραζιλιάνικη σοδειά καφέ μπορεί να ποικίλλει από το 19 έως το 33% της ετήσιας παγκόσμιας παραγωγής πράγμα που οφείλεται σε διετείς διακυμάνσεις, συνεχόμενους παγετούς και ξηρασίες.

Rank	Country	Tonnes ^[58]	Bags x1000 ^[59]	Market share
1	 Brazil	2,609,040	43,484	33.1%
2	 Vietnam	1,200,000	20,000	15.2%
3	 Indonesia ^[note 1]	495,000	8,250	6.3%
4	 Colombia	468,000	7,800	5.9%
5	 Ethiopia ^[note 1]	390,000	6,500	5.0%
	Top 5 producers	5,162,040	86,034	65.6%
6	 Peru	326,580	5,443	4.1%
7	 India	319,980	5,333	4.1%
8	 Honduras	270,000	4,500	3.4%
9	 Mexico ^[note 1]	258,000	4,300	3.3%
10	 Guatemala ^[note 2]	225,000	3,750	2.9%
11	 Uganda ^[note 1]	192,720	3,212	2.4%
12	 Nicaragua	126,000	2,100	1.6%
13	 Costa Rica	107,940	1,799	1.4%
14	 Ivory Coast ^[note 1]	96,000	1,600	1.2%
15	 Papua New Guinea ^[note 2]	84,900	1,415	1.1%
16	 El Salvador	70,500	1,175	0.90%
17	 Cambodia	64,980	1,083	0.83%
18	 Ecuador ^[note 2]	64,500	1,075	0.82%
19	 Democratic Republic of the Congo	63,360	1,056	0.80%
20	 Venezuela ^[note 2]	60,000	1,000	0.76%
Total	World^[note 3]	7,875,180		

Πίνακας 2: Παγκόσμια παραγωγή καφέ
(<http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%B1%CF%86%CE%AD%CF%82>)

Καφές παράγεται σε περίπου 60 χώρες συμπεριλαμβανομένων και των μελών Παγκοσμίου Οργανισμού Καφέ. Στη σύγχρονη εποχή, ο καφές έχει γίνει τόσο δημοφιλής, κατέχοντας τη δεύτερη θέση στην κατανάλωση ροφημάτων μετά το νερό. Είναι θέμα γεύσεως ή ακόμα καλύτερα της συνολικής επίδρασής του στις αισθήσεις μας (Meilgaard et al., 1999). Η κατανάλωση του καφέ είναι ευρέως διαδεδομένη σε όλο τον κόσμο, ειδικά στην Ευρώπη, τις Ηνωμένες Πολιτείες και την Ιαπωνία. Η χώρα που καταναλώνει περισσότερο καφέ είναι η

Αμερική, το 16% του παγκοσμίου συνόλου, ακολουθούμενη από τη Βραζιλία, με 11%. Ο τύπος των σχετικών ροφημάτων και ο τρόπος κατανάλωσης είναι στενά συνδεδεμένα με τις κοινωνικές συνήθειες και τον πολιτισμό της κάθε χώρας. Διαφορές στη σύσταση του χαρμανιού, στον τρόπο του καβουρδίσματος και στην τελική παρασκευή του ροφήματος καταλήγουν σε μια πολύ μεγάλη ποικιλία τελικού προϊόντος. Μια αξιοσημείωτη διαφορά ανάμεσα στον καφέ και στα υπόλοιπα ροφήματα είναι πραγματικά η μεγάλη ποικιλία των τεχνικών που έχουν αναπτυχθεί για την Παρασκευή του ως ρόφημα και χρησιμοποιούνται παραδοσιακά σε διαφορετικές χώρες: μέθοδοι αφέψησης (βραστός, Τούρκικος ή Ελληνικός), μέθοδοι έγχυσης (φίλτρου και Napoletana) και οι αυθεντικές Ιταλικές μέθοδοι πίεσης (Moca και espresso) (Petracco, 2001).

Στην Ευρώπη τη μεγαλύτερη κατά κεφαλήν κατανάλωση καφέ έχουν οι σκανδιναβικές χώρες, όπου κυρίως καταναλώνεται ελαφρά καβουρδισμένος και υγρά επεξεργασμένος (wetprocessed) καφές Arabica. Ύπαρξη της ποικιλίας καφέ robusta στο χαρμάνι και εντονότερος βαθμός καβουρδίσματος συναντάται περισσότερο στις νοτιοδυτικές χώρες: μέτρια καβουρδισμένος στη Γερμανία, τις Κάτω Χώρες και την Αυστρία, πολύ σκούρος στη Γαλλία, την Ισπανία και την Πορτογαλία, και πιο σκούρος στην Ιταλία.

1.7 ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ

Ο καφές παίρνει την ονομασία του ανάλογα με την τεχνική «ψησίματος» (brewing), και όχι από τον τόπο στον οποίο καλλιεργείται. Ο ελληνικός καφές ή αλλιώς τούρκικος, έχει ένα πολύ συγκεκριμένο τρόπο παρασκευής που δεν απαιτεί φιλτράρισμα. Είναι διαδεδομένος στη Μέση Ανατολή, στις Βαλκανικές χώρες και στη Νότια Αφρική. Η συγκεκριμένη μέθοδος παρασκευής πιστεύεται ότι ξεκίνησε στη Δαμασκό και διαδόθηκε κατά τη διάρκεια της Οθωμανικής αυτοκρατορίας. Βασικό εργαλείο για την παρασκευή του ελληνικού καφέ είναι το λεγόμενο «μπρίκι», μέσα στο οποίο πρέπει να θερμανθεί (όχι όμως να βράσει) ποσότητα νερού (περίπου 75 ml), μαζί με τον λεπτο-αλεσμένο καφέ (πούδρα) και τη ζάχαρη (αν είναι επιθυμητή). Ο παραδοσιακός τρόπος ψησίματος του ελληνικού καφέ διάρκειας 4-5 λεπτών, είναι στη χόβολη, σε χάλκινο συνήθως μπρίκι με μακρύ χερούλι και σερβίρεται σε φλιτζάνι. Το σημαντικότερο χαρακτηριστικό του είναι το καϊμάκι, ένας πηχτός αφρός που δημιουργείται κατά τη βράση του, καθώς επίσης και το ίζημα που δημιουργείται στον πυθμένα του φλιτζανιού (Kucukkomurler and Ozgen, 2009).

Για τον ελληνικό καφέ προτιμάται έντονος βαθμός καβουρδίσματος, που συνηθίζεται κυρίως στην Τουρκία, ωστόσο και ένα μέτριο καβούρδισμα όπως συνηθίζεται στην Ελλάδα, μπορεί να οδηγήσει σε δυνατό άρωμα και γεύση. Το παραδοσιακό άλεσμα για τον ελληνικό καφέ γίνεται σε ειδικούς μύλους με πέτρες με τρεις αυλακώσεις ώστε να είναι «πιο ψηλό από το πιπέρι και πιο χοντρό από την άχνη». Η κοκκομετρία του δηλαδή είναι μικρότερη και από αυτή του εσπρέσσο, τα 30 μm. Συνήθως μετά το καβούρδισμα γίνεται μίξη των ποικιλιών καφέ (Arabica και Robusta) σε κατάλληλη αναλογία για να δημιουργηθεί το επιθυμητό χαρμάνι. Μια λεπτομέρεια που ισχυρίζονται οι ψήστες στα παραδοσιακά καφενεία πως είναι σημαντική, είναι ότι ο κόκκος πρέπει να είναι καλά καβουρδισμένος εξωτερικά και λίγο άψητος εσωτερικά ώστε να προσδίδεται μια γλυκύτητα στο τελικό προϊόν (Μανουσίδης, 2009).



Εικόνα 15: Παραδοσιακός τρόπος ψησίματος ελληνικού καφέ σε χόβολη
(http://www.flowmagazine.gr/article/view/varus_glukos_alla_me_euergetikes_idiotites_o_ellinikos_kafes/category/quality_of_life)

1.8Η ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΚΑΦΕ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ

Ο καφές είναι ένα πολύπλοκο μείγμα από χημικές ουσίες που παρέχει σημαντικές ποσότητες χλωρογενικού οξέος και καφεΐνης. Ο αφιλτράριστος καφές είναι μια σημαντική πηγή καφεστόλης και καχγεόλης, οι οποίες είναι διτερπένια που εμπέκονται στην αύξηση της χοληστερόλης στον οργανισμό. Τα αποτελέσματα από επιδημιολογικές μελέτες υποδεικνύουν ότι η κατανάλωση καφέ μπορεί να βοηθήσει στην πρόληψη πολλών χρόνιων παθήσεων, συμπεριλαμβανομένων του τύπου 2 σακχαρώδη διαβήτη, της νόσου του Πάρκινσον και την ηπατική νόσο (κίρρωση και ηπατοκυτταρικό καρκίνωμα) (Klatsky, 1992). Οι περισσότερες μελέτες για τον καφέ αναφέρουν ότι η κατανάλωση καφέ δεν συνδέεται με σημαντικά αυξημένο κίνδυνο καρδιαγγειακής νόσου. Ωστόσο, η κατανάλωση καφέ συνδέεται με την αύξηση των καρδιαγγειακών παθήσεων σε διάφορους παράγοντες κινδύνου, συμπεριλαμβανομένης της πίεσης του αίματος και της ομοκυστεΐνης του πλάσματος. Επί του παρόντος, υπάρχουν ελάχιστες ενδείξεις ότι η κατανάλωση καφέ αυξάνει τον κίνδυνο καρκίνου. Για τους ενήλικες που καταναλώνουν μέτριες ποσότητες καφέ (3-4 φλιτζάνια/ημέρα παροχή 300-400 mg/d καφεΐνης), υπάρχουν λίγα στοιχεία σχετικά με τους κινδύνους για την υγεία και υπάρχουν ενδείξεις για οφέλη στην υγεία. Ωστόσο, ορισμένες ομάδες, όπως άτομα με υπέρταση, παιδιά, έφηβοι και ηλικιωμένοι, ενδέχεται να είναι πιο ευάλωτες στις αρνητικές επιδράσεις της καφεΐνης. Επιπλέον, υπάρχουν σήμερα διαθέσιμα στοιχεία που δείχνουν ότι μπορεί να είναι συνετά για τις εγκύους γυναίκες να περιορίσουν την κατανάλωση καφέ με 3 φλιτζάνια/ ημέρα, παροχή που δεν υπερβαίνει τα 300mg/d καφεΐνης για να αποκλειστεί οποιαδήποτε αύξηση της πιθανότητας αποβολής ή μειωμένης εμβρυϊκής ανάπτυξης (Hidgon & Frei, 2006).

Η ανθρώπινη επιδημιολογία αποδεικνύει σαφώς την πιθανότητα να δρα προστατευτικά ο καφές στην φυσιολογία, μέσω προτεινόμενων μηχανισμών υπό το πρίσμα μιας πρόσφατης πειραματικής μελέτης *in vivo* και *in vitro* (Schilter et al., 2001). Πολλοί πιστεύουν ότι ο

καφές είναι μόνο η καφεΐνη. Ωστόσο η σύγχρονη έρευνα έχει αποδείξει ότι η κατανάλωση καφέ συνδέεται άμεσα με την ανθρώπινη συμπεριφορά, τη λειτουργία του εγκεφάλου, καθώς επίσης και τη μεταβολική δραστηριότητα. Η καφεΐνη, παρουσιάζει ευεργετικές επιδράσεις στην συμπεριφορά, όταν η κατανάλωση καφέ γίνεται με μέτρο. Έχει αποδειχθεί πως αυξάνει την εγρήγορση και βοηθά στη μείωση της κόπωσης, βελτιώνοντας έτσι την απόδοση σε καθήκοντα που απαιτούν επαγρύπνηση, σε έργα που απαιτούν παρατεταμένη απόκριση και στη διάθεση (Smith, 2002).

Η κατανάλωση καφέ έχει συσχετιστεί με κλινικά σημαντική μείωση του κινδύνου της κίρρωσης του ήπατος και του καρκίνου του ήπατος σε διάφορους πληθυσμούς μελέτης και μπορεί να σχετίζεται με τα συστατικά του καφέ όπως φαινόλες και των συναφών ουσιών. Πιθανοί μηχανισμοί για αυτή την παρατήρηση μπορεί να είναι η χαμηλότερη δραστηριότητα των επιλεγμένων αμινοτρανσ-φερασών, πιθανή παρεμ-πόδιση των φλεγμονωδών παραγόντων μεταγραφής, και ίσως και αυξημένη έκφραση των ενζύμων αποτοξίνωσης (Hidgon & Frei, 2006). Η καθημερινή κατανάλωση καφέ βελτιώνει την ρύθμιση της γλυκόζης και ως αποτέλεσμα μειώνει τον κίνδυνο για ανάπτυξη διαβήτη τύπου 2 σε ποσοστό 35-75% κάτι το οποίο αποδίδεται στα φυσικά πολυφαινολικά αντιοξειδωτικά του καφέ, στις λιγνάνες και το μαγνήσιο (Dam, 2006).

Ο καφές λόγω των αυξημένων φυσικών αντιοξειδωτικών όπως το χλωρογενικό οξύ και τα παράγωγά του, καθώς και των προϊόντων της αντίδρασης Maillard (μελανοειδή και ετεροκυκλικές ενώσεις) θεωρείται ότι έχει προστατευτικό ρόλο εναντίον του καρκίνου (Hidgon & Frei, 2006; Dam, 2006). Πολλές άλλες μελέτες έχουν δείξει ότι η κατανάλωση καφέ αυξάνει την πνευματική εγρήγορση, τις γνωστικές λειτουργίες, την αγρυπνία, και τη φυσική αντοχή, ενώ μειώνει τον κίνδυνο της νόσου του Αλτσχάιμερ και της κατάθλιψης (Dorea & Costa, 2005; Hidgon & Frei, 2006).

2. ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΚΑΦΕ

2.1 ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΠΡΙΝ ΤΟ ΚΑΒΟΥΡΔΙΣΜΑ ΤΟΥ ΚΑΦΕ

Η σύσταση των ακαβούρδιστων κόκκων καφέ εξαρτάται από την ποικιλία, την καταγωγή και το κλίμα. Μια σύνοψη αυτών των μεταβλητών παρουσιάζεται στον Πίνακα 1 (Belitz & Grosch, 1999).

Πίνακας 3 Χημική σύσταση ακαβούρδιστων κόκκων (% επί ξηρού).

Συστατικά	Εύρος περιεκτικότητας %
Υδατοδιαλυτά συστατικά	29.0-36.2
Υγρασία	5.0-12.1
Πρωτεΐνες	8.7-12.2
Λιπίδια	8.3-17.0

(Belitz & Grosch, 1999)

2.2 ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑ ΤΟ ΚΑΒΟΥΡΔΙΣΜΑ ΤΟΥ ΚΑΦΕ

2.2.1 ΠΡΩΤΕΪΝΕΣ ΚΑΙ ΑΜΙΝΟΞΕΑ

Ο πράσινος καφές περιέχει πρωτεΐνες σε ποσοστό 13 %, το οποίο μειώνεται μετά το καβούρδισμα. Το γλουταμινικό οξύ αποτελεί το 19 % του συνολικού ποσοστού και το ασπαρτικό οξύ το 10 %. Η πλειοψηφία των πρωτεϊνών που βρίσκονται στον καφέ έχουν μοριακά βάρη μεγαλύτερα από 150.000 Daltons. Το ποσοστό των περιεχομένων πρωτεϊνών είναι υψηλότερο στους ώριμους κόκκους του καφέ σε σχέση με τους πιο πρώιμους (Mazzafra, 1999). Οι πρωτεΐνες υπόκεινται εκτεταμένες αλλαγές κατά την θέρμανση, παρουσία υδρογονανθράκων (Macrae, 1985) Τα βασικά αμινοξέα κυρίως αλανίνη, γλουταμινικό οξύ και λευκίνη παρουσιάζουν αύξηση στον καβουρδισμένο καφέ ενώ αμινοξέα όπως αργινίνη, ασπαρτικό οξύ, κυστίνη, ιστιδίνη, λυσίνη, σερίνη, θρεονίνη και μεθειονίνη μειώνονται σε κάποιο βαθμό. Επίσης ίχνη ελεύθερων αμινοξέων εμφανίζονται στον καβουρδισμένο καφέ (Belitz & Grosch, 1999; Lee, 1975). Τα ελεύθερα αμινοξέα παίζουν καθοριστικό ρόλο στη γεύση του καφέ. Επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την πικρότητα του καφέ. Μετά τη διαδικασία του καβουρδίσματος εμφανίζονται κάποιες δικετοπυραζίνες, που χαρακτηριστικό τους είναι η πικρή γεύση που προσδίδουν σε διάφορα τρόφιμα. Ακόμα δεν έχει διευκρινιστεί το ποσοστό με το οποίο συνδράμουν στην γεύση (πικράδα) του τελικού προϊόντος (Flament, 2001).

2.2.2 ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΕΣ

Οι περισσότεροι υδατάνθρακες που εμπεριέχονται στον ακαβούρδιστο καφέ, όπως κυτταρίνη και πολυσακχαρίτες είναι μη υδατοδιαλυτοί. Όμως κατά την διάρκεια του καβουρδίσματος ένα μέρος των πολυσακχαριτών διασπάται σε μικρότερα μόρια τα οποία είναι διαλυτά στο νερό (Belitz & Grosch, 1999).

2.2.2.1 ΠΟΛΥΣΑΚΧΑΡΙΤΕΣ

Οι πολυσακχαρίτες αποτελούν το 50 % της ξηρής βάσης του ακαβούρδιστου καφέ και ανιχνεύονται έπειτα από την υδρόλυσή τους. Οι κυριότεροι μονοσακχαρίτες που ανιχνεύονται στον πράσινο καφέ είναι η μανόζη (20,8 % ξ.β.), η γαλακτόζη (9,3 % ξ.β.), η γλυκόζη (6,8 % ξ.β.) και η αραβινόζη (2 % ξ.β.). Κατά τη διαδικασία του καβουρδίσματος οι πολυσακχαρίτες σταδιακά χάνονται (30 % ξ.β.) μέσω διάφορων μηχανισμών αφυδάτωσης, αντιδράσεων συμπύκνωσης σχηματίζοντας διάφορους δεσμούς με άλλους πολυσακχαρίτες και πρωτεΐνες (Flament, 2001). Η σακχαρόζη, ένας από τους σημαντικότερους πολυσακχαρίτες στον καφέ, βρίσκεται σε ποσοστό 6,25-8,45 % (επί ξηρή βάση) σε ποικιλία Arabica και 0,9-4,85 % σε ποικιλία Robusta. Κατά το καβούρδισμα η σακχαρόζη υδρολύεται εν μέρει και το υπόλοιπο ποσοστό αυτής καραμελοποιείται μέσω πυρόλυσης (Bradbury, 2001).

2.2.2.2 ΕΛΕΥΘΕΡΟΙ ΜΟΝΟ- ΚΑΙ ΟΛΙΓΟ-ΣΑΚΧΑΡΙΤΕΣ

Στον πράσινο καφέ ανιχνεύονται σάκχαρα μικρού μοριακού βάρους όπως η γλυκόζη σε ποσοστό 0,18 % επί ξηρής βάσης και η φρουκτόζη σε 0,02 %. Κατά τη διαδικασία του καβουρδίσματος των κόκκων εμφανίζεται η αραβινόζη, ενώ σχεδόν εξαφανίζονται η φρουκτόζη, η ριβόζη και η γλυκόζη. Κατά σειρά φθίνουσας συγκέντρωσης στον καφέ υπάρχουν τα σάκχαρα: σακχαρόζη, ινοσιτόλη, γλυκόζη, αραβινόζη, σορβιτόλη, μανόζη, μανιτόλη και φρουκτόζη (Clinton, 1986).

2.2.3 ΛΙΠΙΔΙΑ

Τα λιπίδια στον πράσινο καφέ καταλαμβάνουν ένα ποσοστό 15 % σε ποικιλία Arabica και 10 % σε ποικιλία Robusta. Το έλαιο του καφέ απαρτίζεται κυρίως από τριγλυκερίδια σε ποσοστό 75,2 %, διτερπένια σε ποσοστό 18,5 % και στερόλες σε ποσοστό 2,2 % (Maier, 1981). Κατά το καβούρδισμα το ποσοστό των τριγλυκεριδίων και των στερολών δε μεταβάλλεται, ενώ τα επίπεδα των trans λιπαρών οξέων μειώνονται. Η ποσότητα του λινελαϊκού οξέος μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας καβουρδίσματος και το 20% των τοκοφερολών καταστρέφεται (Kurt and Speer, 2002). Η δομή των λιπιδίων εμφανίζει μεγάλη σταθερότητα κατά το καβούρδισμα (Belitz & Grosch, 1999)

Στο έλαιο του καφέ το 75 % των λιπών είναι τριγλυκερίδια. Τα κυριότερα είναι: οι εστέρες λινελαϊκού οξέος (30-46 % των οξέων), του παλμιτικού (25-35 %), του ελαϊκού (8,8-17,2 %) και του στεατικού (6,4-10,9 %) (Flament, 2001). Το ποσοστό των ελεύθερων λιπαρών οξέων διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στον καθορισμό του αρώματος του καφέ κατά το καβούρδισμα. Λόγω της θερμικής οξειδωσής τους διασπώνται σε μικρότερα μόρια, όπως για παράδειγμα οι αλδεΐδες, και συμβάλλουν στο σχηματισμό ετεροκυκλικών πτητικών συστατικών (Carisano and Gariboldi, 1964).

Τα διτερπένια αποτελούν το 20 % των λιπιδίων του καφέ. Η καφεστόλη είναι το σημαντικότερο από αυτά στον καφέ Robusta και η καχεόλη στον καφέ Arabica. Στο έλαιο του καφέ τα διτερπένια εμφανίζονται ως εστέρες των κορεσμένων λιπαρών οξέων, αντιπροσωπεύοντας το 18 % των λιπιδίων (Flament, 2001).

Οι στερόλες υπάρχουν στον καφέ είτε σε ελεύθερη μορφή (40 % των στερολών) είτε σε εστεροποιημένη μορφή (60%) και αποτελούν το 2,2 % των συνολικών λιπιδίων. Οι πιο

σημαντικές είναι η σιτοστερόλη (45,4-51,6% των συνολικών στερολών), η στιγμαστερόλη (21,9-23,1 %) και η καμπεστερόλη (15,8-16,9 %) (Mariani and Fedeli, 1991).

Ένα λεπτό στρώμα κεριού που αντιπροσωπεύει το 2-3 % των ολικών λιπιδίων, καλύπτει την επιφάνεια των πράσινων κόκκων του καφέ. Τα κηρώδη συστατικά που έχουν ανιχνευτεί στον καφέ είναι τα 5-υδροξυτρυπταμίδια (C-5-HT). Στην ποικιλία Arabica βρίσκονται σε συγκεντρώσεις από 500-2370 mg/kg, ενώ στην ποικιλία Robusta σε συγκεντρώσεις από 564-1120 mg/kg (Maier, 1981). Σε μεγαλύτερη συγκέντρωση βρίσκεται η 5-υδροξυ-τρυπταμίνη (5-HT) ή αλλιώς σεροτονίνη, που εμφανίζει και αντιοξειδωτική δράση (Lehmann et al., 1968).

2.2.4 ΟΞΕΑ

Τα περισσότερα οξέα που περιέχονται στον καφέ ανήκουν στην κατηγορία των χλωρογενικών οξέων. Κατά την διάρκεια του μέτριου καβουρδίσματος αποικοδομείται περίπου το 30% ενώ κατά τη διάρκεια παρατεταμένου καβουρδίσματος το ποσοστό αποικοδόμησης μπορεί να φτάνει μέχρι και 70% (Belitz & Grosch, 1999).

Τα χλωρογενικά οξέα είναι εστέρες του κινικού οξέος (QA) με διάφορα υδροξυ-κιναμικά οξέα, ειδικότερα καφεϊκό, φεουλικό και p κουμαρικό οξύ. Στον καφέ εμφανίζονται ως μονο- και δι-εστέρες. Το χλωρογενικό οξύ που απαντάται σε μεγαλύτερη συγκέντρωση στον καφέ έχει συντακτικό τύπο 5-caffeoylquinic acid (αν και ο πιο κυρίαρχος τύπος του είναι 5-CQA σύμφωνα με την IUPAC). Το χλωρογενικά οξέα υδρολύονται σε ένα μόριο καφεϊκού και ένα μόριο κινικού οξέος.

Εκτιμάται ότι το ποσοστό του χλωρογενικού οξέος είναι 4,3 % του ξηρού βάρους των καβουρδισμένων κόκκων του καφέ. Τα χλωρογενικά οξέα (CGA) περιέχονται σε μεγαλύτερο ποσοστό στην ποικιλία Robusta (9 %) έναντι στην ποικιλία Arabica (6,5%) γεγονός που καθιστά την ποικιλία Robusta κατώτερης ποιότητας. Επηρεάζουν σε μεγάλο ποσοστό τη γεύση καθώς προσδίδουν έντονη στιφάδα στον καφέ (κυρίως οι διεστέρες του καφεϊκού οξέος). Τα κύρια χλωρογενικά οξέα που ανιχνεύονται στον καφέ είναι το 5-caffeoylquinic (5-CQA), το feruloylquinic (5-FQA) και το dicaffeoylquinic (3,5-di CQA) (Maier, 1993).

2.2.4.1 ΤΡΥΓΟΝΕΛΛΙΝΗ, ΝΙΚΟΤΙΝΙΚΟ ΟΞΥ

Η τριγονελλίνη είναι ένα σημαντικό μη πτητικό συστατικό του καφέ που ανήκει στην κατηγορία των αλκαλοειδών. Στους πράσινους κόκκους βρίσκεται σε ποσοστό 0,6-1%, το οποίο όμως μειώνεται αρκετά μετά το καβούρδισμα. Για θερμοκρασία καβουρδίσματος 230° C και χρόνο παραμονής 15 λεπτών, μόνο το 15% της αρχικής περιεχόμενης ποσότητας τριγονελλίνης επιβιώνει του καβουρδίσματος (Hughes and Smith, 1946). Από τη διάσπασή της παράγεται το νικοτινικό οξύ, ο νικοτινικός μεθυλεστέρας, καθώς και το N-μεθυλο-νικοτιναμίδιο (Viani and Horman, 1974). Από τη θερμική αποικοδόμηση της τριγονελλίνης παράγονται πτητικά συστατικά όπως οι πυριδίνες και οι πυρρόλες που συμβάλλουν σε σημαντικό βαθμό στον καθορισμό του αρώματος του καφέ. Η τριγονελλίνη συμβάλλει στην πικρή γεύση του καφέ, αλλά σε πολύ μικρότερο βαθμό σε σχέση με την καφεΐνη (Flament, 2001).

2.2.5 ΚΑΦΕΪΝΗ

Η καφεΐνη είναι ένα από τα βασικά συστατικά του καφέ και ανήκει στην κατηγορία των αλκαλοειδών. Όπως τα περισσότερα αλκαλοειδή έτσι και η καφεΐνη έχει ως βασικό σκελετό ένα πουρινικό δακτύλιο. ((Macrae, 1985) Είναι ένα λευκό, πικρό, κρυσταλλοειδές αλκαλοειδές ξανθίνης με διεγερτική δράση. Εντοπίζεται στα φύλλα και τους σπόρους πολλών φυτών, όπου και δρα σα φυσικό φυτοφάρμακο. Η μεγαλύτερη συγκέντρωση της καφεΐνης στον *Coffea canephora* επιτρέπει στο φυτό να ευδοκιμεί και σε πιο εχθρικό περιβάλλον, καθώς όπως έχει προαναφερθεί, η καφεΐνη δύναται να προστατεύσει από έντομα και παράσιτα.

Η συγκέντρωση της καφεΐνης σ' ένα καφεϊνούχο ρόφημα εξαρτάται τόσο από τη μέθοδο παρασκευής όσο και από τον τύπο του καφέ. Μερικοί από τους παράγοντες που επιδρούν στη συγκέντρωσή της είναι ο χρόνος παρασκευής, η θερμοκρασία, το άλεσμα και ο τύπος του καφέ. Ωστόσο, η συγκέντρωση της καφεΐνης μπορεί να διαφοροποιείται και στο ίδιο το φυτό. Εν γένει, ένα φλιτζάνι καφέ εσπρέσο περιέχει 80 – 100 mg καφεΐνης ενώ ένα φλιτζάνι φιλτραρισμένου καφέ 100 – 125 mg. Καίτοι το μόριο της καφεΐνης παραμένει σταθερό ακόμα και πολύ υψηλές θερμοκρασίες, πχ 205°C, έχει παρατηρηθεί ότι ο σκούρος καφές περιέχει μικρότερα ποσά καφεΐνης, καθώς κατά τη διάρκεια του ψησίματος ένα μικρό ποσοστό καφεΐνης χάνεται. (Kimberly F. Allred, Katarina M. Yackley, 2009).

Η περιεκτικότητα της καφεΐνης στους ακαβούρδιστους κόκκους καφέ της ποικιλίας Arabica είναι 0.8-2.5% ενώ της ποικιλίας Robusta το ποσοστό μπορεί να φτάσει μέχρι και 4%. Κατά τη διαδικασία του καβουρδίσματος το ποσοστό αυτό μειώνεται ελάχιστα. Έτσι το ποσοστό καφεΐνης για την ποικιλία Arabica μειώνεται στο 1.2% (Belitz & Grosch, 1999) και για την ποικιλία Robusta στο 2% (Lee, 1975).

2.2.6 ΑΡΩΜΑΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

Η ομάδα των αλυφατικών ενώσεων περιλαμβάνει υδατάνθρακες, αλκοόλες και, κυρίως, καρβονυλικές ενώσεις οι οποίες παράγονται κατά το καβούρδισμα από τη διάσπαση των υδατανθράκων. Επίσης συναντούμε αρκετές αλκυκλικές ενώσεις όπως για παράδειγμα κυκλοπεντανόνη, κυκλοπέντε-2-όνη, κυκλοέξαν-2-όνη, κυκλοπεντανιδιόνη-(1,2) και κυκλοεξανοδιόνη-(1,2).

Οι φαινόλες είναι οι επικρατέστερες στις αρωματικές ενώσεις και το πιο πιθανό είναι να παραλαμβάνονται από τη θερμική διάσπαση των χλωρογενικών οξέων. Φαινολικοί αιθέρες, καρβονύλια, εστέρες και πολυκυκλικές ενώσεις βρίσκονται επίσης. Υπάρχει μεγάλος αριθμός ετεροκυκλικών ενώσεων, που ανάμεσά τους υπάρχουν πολλά 2- και 2,5-υποκατάστατα φουρανίου, τα οποία πιθανότατα προκύπτουν από την πυρόλυση της σακχαρόζης και άλλων σακχάρων. Επίσης βρίσκουμε πολλές πυρρόλες, πυραζίνες, θειοφίνες, θειαζόλες και οξαζόλες.

Αναλύσεις αρώματος του εκχυλίσματος (Aroma Extract Dilution Analyses) έδειξαν ότι από το μεγάλο μέρος των πτητικών ενώσεων μόνο οι 28 είναι ενεργές ως προς την οσμή και συμβάλουν σημαντικά στην οσμή και τη γεύση του καφέ. Αυτό το κομμάτι αποτελείται από 18 ενώσεις για τον καβουρδισμένο καφέ Arabica και Robusta, συν ακεταλδεΐδες, προπανάλη, μεθυλοπροπανάλη, και 3-μεθυλοβουτανάλη, 2-μεθυλ-3-φουρανθιόλη, μεθανεθιόλη, διμέθυλο τρισουλφίδιο, 2-αιθενυλ-3,5-διμεθυλ-πυραζίνη και 2-αιθενυλ-3-αιθυλ-5-μεθυλ-πυραζίνη. Βασικό συστατικό του αρώματος είναι οι 2-φουρφορυλοθιόλη, 3-μεθυλ-2-βουτανοθιόλη και ο 3-μερκαπτο-3-μεθυλβουτυλομυρμηκικός εστέρας που είναι υπεύθυνοι για την καβουρδισμένη/θειούχα αίσθηση στον καφέ. Η γήινη/καβουρδισμένη αίσθηση μπορεί να προκαλείται από τις πυραζίνες, η εντύπωση της μυρωδιάς της καραμέλας από τις φουρανόνες και η φαινολική/καπνιστή μυρωδιά από την γουαϊκόλη και την 4-βινυλγουαϊκόλη.

Ο καφές Robusta διαφέρει πολύ από τον Arabica έχοντας χαμηλότερες συγκεντρώσεις στις μεθιονάλη, 2-ισοβουτυλ-3-μεθοξυπυραζίνη, 4-υδροξύ-2,5-διμεθυλ-3(2H)-φουρανόνη και 2,3-πενταδιόνη αλλά και μεγαλύτερες συγκεντρώσεις των αλκυλ-πυραζινών, γουαϊκόλης, 4-αιθυλγουαϊκόλη και 4-βινυλγουαϊκόλη. Το άρωμα του καφέ δεν παραμένει σταθερό, η αίσθηση της φρεσκάδας χάνεται γρήγορα. Οι πολύ πτητικές αρωματικές ουσίες μεθανεθιόλη και 2,3-πενταδιόνη είναι κατάλληλοι δείκτες της φρεσκάδας (Belitz & Grosch, 1999)

2.2.6.1 ΠΤΗΤΙΚΑ ΑΡΩΜΑΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

Ο πράσινος καφές περιέχει πάνω από 300 πτητικές αρωματικές ουσίες. Η πλειοψηφία των πτητικών αυτών ουσιών ενισχύονται κατά το καβούρδισμα (Flament, 2001), ένα μικρό μέρος από αυτές εξαφανίζονται ενώ κάποιες άλλες παραμένουν αμετάβλητες. Κατά τη διάρκεια του καβουρδίσματος φαίνεται να δημιουργούνται νέες πτητικές αρωματικές ενώσεις (έχουν εντοπιστεί 650), ξεπερνώντας τελικά στον καβουρδισμένο καφέ τον αριθμό των 850 αρωματικών ουσιών. Το μεγαλύτερο μέρος του ξεχωριστού αρώματος του καφέ είναι αποτέλεσμα της διαδικασίας του καβουρδίσματος. Ο πράσινος καφές οφείλει το τυπικό χορτώδες άρωμά του με κάποιες νότες από άρωμα πράσινου πιπεριού στην αρωματική ουσία ισοβουτυλομεθοξυπυραζίνη (MIBP) (Vitzthum et al., 1976). Μόνο ένα μέρος από τις 300 αρωματικές ουσίες του πράσινου καφέ που έχουν εντοπιστεί μέχρι σήμερα επιβιώνουν κατά

τη διάρκεια του καβουρδίσματος (Flament, 2001). Η υψηλή θερμοκρασία (περίπου 170-230 °C για 10-15 λεπτά) και η αυξανόμενη πίεση εσωτερικά του κόκκου του καφέ (μέχρι 25 atm) ενεργοποιούν ένα απίστευτα μεγάλο αριθμό χημικών αντιδράσεων οδηγώντας στο σκούρο χρώμα του καβουρδισμένου καφέ, αλλά και στην δημιουργία πάνω από 1000 πτητικών αρωματικών και μη ουσιών (Stadler et al., 2002b). Σε αντίθεση με τον πράσινο καφέ που οφείλει το άρωμά του σε μία μόνο ουσία το άρωμα του καβουρδισμένου καφέ είναι αποτέλεσμα ενός μίγματος από πάνω από 25 έντονων αρωματικών ουσιών. Τα αρωματικά συστατικά του καφέ (περίπου 1g/kg) είναι συγκεντρωμένα στο έλαιο το καφέ με συγκεντρώσεις που μόλις και αγγίζουν μερικά ppm (part per million) ή ακόμη και ppt (part per trillion). Ο καφές περιέχει πάνω από 800 πτητικές ενώσεις οι οποίες ανήκουν σε διαφορετικές χημικές κατηγορίες, όπως οξέα, αλκοόλες, αλδεύδες, εστέρες, κετόνες, πυραζίνες, πυριδίνες, φουράνια, πυρόλια, φαινολικές και θειούχες ενώσεις (Buffo and Cardelli-Freire, 2004).

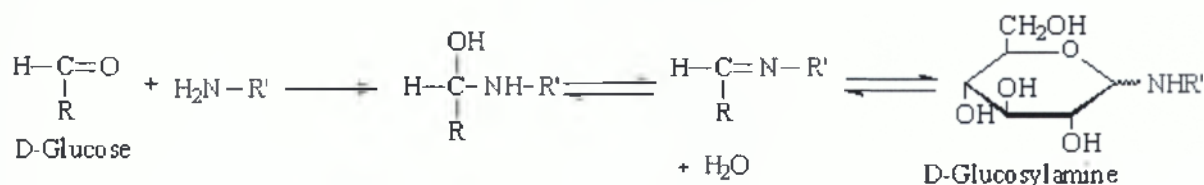
2.2.6.2 ΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΑΡΩΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΚΑΦΕ

Οι μηχανισμοί του σχηματισμού του αρώματος του καφέ είναι εξαιρετικά σύνθετοι. Τα μη πτητικά συστατικά παίζουν σημαντικό ρόλο στη δημιουργία των πτητικών ουσιών του καφέ. Οι σημαντικότεροι μηχανισμοί είναι:

- Η αντίδραση Maillard (μη ενζυμική αμαύρωση). Είναι μια αντίδραση μεταξύ των ουσιών που περιέχουν άζωτο (πρωτεΐνες, πεπτίδια, αμινοξέα, σεροτονίνη και τριγονελλίνη) και υδατανθράκων, υδρόξυ-οξέων και φαινολών προς το σχηματισμό αμινοαλδοζών και αμινοκετονών μέσω συμπύκνωσης.
- Η αντίδραση Strecker: Πραγματοποιείται μεταξύ ενός αμινοξέος και ενός α-δικαρβονυλίου προς το σχηματισμό αμινοκετόνης η οποία μέσω συμπύκνωσης σχηματίζει ετεροκυκλικά παράγωγα ή αντιδρά με τη φορμαλδεΐδη προς το σχηματισμό οξαζολών.
 - Η διάσπαση των θειούχων αμινοξέων όπως η κυστεΐνη και η μεθειονίνη που μετατρέπονται σε μερκαπτάνες.
 - Η διάσπαση των υδρόξυ-αμινοξέων όπως σερίνη και θρεονίνη οι οποίες μπορούν να αντιδρούν με τη σακχαρόζη προς το σχηματισμό των περισσότερων αλκυλοπυραζινών.
 - Η διάσπαση της προλίνης και της υδροξυπρολίνης οι οποίες αντιδρούν με τα ενδιάμεσα προϊόντα της αντίδρασης Maillard προς το σχηματισμό: πυριδινών, πυρρολών, πυρρολυζινών, όπου αργότερα μετασχηματίζονται σε άλκυλ-, άκυλ-, και φουρφοουρυλ-πυρρόλια.
 - Η αποικοδόμηση της τριγονελλίνης σχηματίζοντας άλκυλο-πυριδίνες και πυρρόλια.
 - Η αποικοδόμηση του κινικού οξέος προς το σχηματισμό φαινολών.
 - Η αποικοδόμηση των χρωστικών.
 - Σε μικρό ποσοστό η αποικοδόμηση των λιπιδίων, κυρίως διτερπενίων.
- Η αλληλεπίδραση μεταξύ των ενδιάμεσων προϊόντων αποσύνθεσης (σχεδόν άγνωστος μηχανισμός) (Buffo & Cardelli-Freire, 2004).

2.2.6.2.1 Αντίδραση Maillard

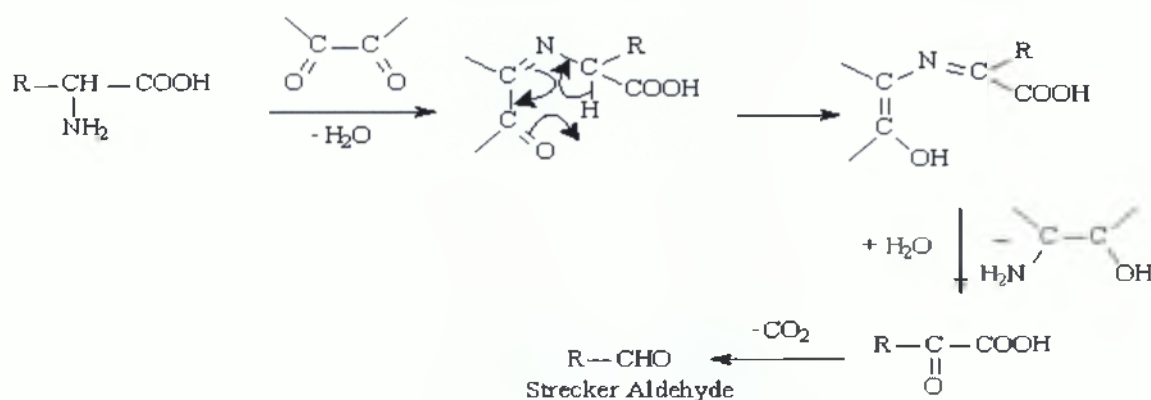
Η αντίδραση Maillard είναι υπεύθυνη για το σχηματισμό των πτητικών συστατικών κατά το καβούρδισμα του καφέ και αποτελείται από μία ομάδα πολύπλοκων αντιδράσεων. Το καρβονυλικό άκρο των ακυκλικών σακχάρων αντιδρά με το αμινο-άκρο των πεπτιδίων, αμινοξέων και πρωτεϊνών προς τον σχηματισμό N-γλυκοζιτών (βάση Schiff με γενικό τύπο $R_1R_2C=N-R_3$, όπου R_3 είναι ένα αλκύλιο).



Σχήμα 1: Αρχικό στάδιο: Σχηματισμός N-γλυκοζιτη

2.2.6.2.2 ΑΠΟΙΚΟΔΟΜΗΣΗ Strecker

Μία πολύ σημαντική αντίδραση που συνδέεται με την αντίδραση Maillard είναι η αποικοδόμηση Strecker των αμινοξέων. Αποτελεί μία αντίδραση μεταξύ αμινοξέων και α-δικαρβονυλο ενώσεων κατά την οποία το αμινοξύ απαλλάσσεται από την καρβοξυλομάδα και την αμινομάδα παράγοντας μία αλδεΐδη (με έναν άνθρακα λιγότερο από το αρχικό αμινοξύ) και μία α-αμινοκετόνη. Πολλές ενδιάμεσες ενώσεις από την αντίδραση Maillard αντιδρούν με αμινοξέα ακολουθώντας την αποικοδόμηση Strecker (Belitz and Grosch 1999). Παραδείγματα τέτοιων αλδεϊδών στον καφέ αποτελούν οι ενώσεις 2-μεθυλοπροπανάλη, 2-μεθυλοβουτανάλη και 3-μεθυλοβουτανάλη.



Σχήμα 2: Αποικοδόμηση Strecker

(Belitz and Grosch 1999)

2.2.7 ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΑ

Τα ιχνοστοιχεία που περιέχονται στον καφέ είναι το κάλιο (1.1%), το ασβέστιο (0.2%) και το μαγνήσιο (0.2%). Πολλά άλλα στοιχεία υπάρχουν σε ποσότητες που δεν μπορούν να ανιχνευθούν (Belitz & Grosch, 1999).

2.2.8 ΜΕΛΑΝΟΪΔΙΝΕΣ

Οι μελανοΐδινες είναι έγχρωμες (καφέ) ενώσεις και περιέχονται στον καβουρδισμένο καφέ σε ποσοστό 30 % επί ξηρής βάσης. Είναι μία μεγάλη ομάδα συστατικών με διαφορετικές μοριακές μάζες (από 3000-100.000 Dalton) και χημικές ιδιότητες. Δημιουργούνται μέσω της αντίδρασης Maillard ή μέσω της καραμελοποίησης των υδατανθράκων που ακολουθείται από αντιδράσεις πολυμερισμού. Οι μελανοΐδινες που ανιχνεύονται στον καφέ, περιέχουν φαινολικά τμήματα (Bradbury, 2001) και για αυτό το λόγο συμβάλλουν στις αντιοξειδωτικές ιδιότητες του ροφήματος του καφέ (Friedman, 1996).

2.2.9 ΑΛΛΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

Τα μελανοειδή, ενώσεις καφέ χρώματος, βρίσκονται στο διαλυτό μέρος του καβουρντισμένου καφέ. Παραλαμβάνονται από αντιδράσεις Maillard ή καραμελοποίηση των υδρογονανθράκων. Οι δομές αυτών των ενώσεων δεν έχουν διευκρινιστεί ακόμα. Προφανώς, το χλωρογενικό οξύ παίρνει και αυτό μέρος σε τέτοιες αντιδράσεις αμαύρωσης αφού το καφεϊκό οξύ έχει αναγνωριστεί στις αλκάλι-υδρολυσάτες των μελανοειδών.

Δευτερογενή προϊόντα από τη θερμόλυση των μειγμάτων των υδρογονανθράκων και των πρωτεϊνών πιθανότατα να συμμετέχουν στην δημιουργία της πικρής γεύσης στον καβουρδισμένο καφέ. Το παραπάνω έχει αποδειχθεί σε συστήματα μοντέλων μειγμάτων σακχάρων και αμινοξέων. Ιδιαίτερα έντονες πικρές γεύσεις παραλαμβάνονται με τη συνθέρμανση σακχαρόζης και προλίνης. Εκχύλισμα καβουρδισμένου καφέ διαχωρίστηκε από χρωματογραφία gel σε κλάσματα με γεύση καφέ. Αυτά τα κλάσματα περιέχουν υδρογονάνθρακες, αμινοξέα και τρυγονελλίνη (Belitz & Grosch, 1999).

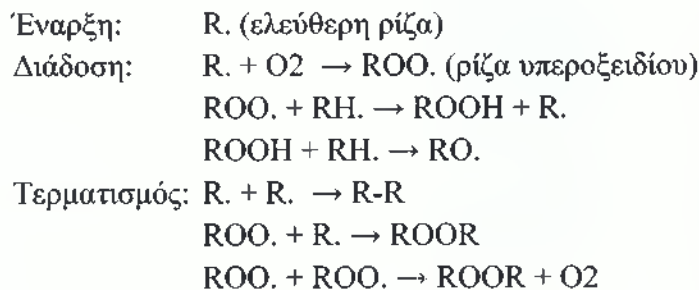
2.3 ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΚΑΙ Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥΣ

2.3.1. ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΕΛΕΥΘΕΡΩΝ ΡΙΖΩΝ

Τα αντιοξειδωτικά είναι ουσίες που εμποδίζουν ή επιβραδύνουν την οξείδωση των συστατικών των τροφίμων (Μπόσκος, 1997) επειδή έχουν την ικανότητα να απενεργοποιούν την περίσσεια των ελεύθερων ριζών (οι σημαντικότερες είναι μορφές οξυγόνου που έχουν υποστεί μερική αναγωγή) με δύο βασικούς μηχανισμούς. Πρώτον μεταφέροντας και προσφέροντας υδρογόνο και δεύτερον προσφέροντας μονήρες ηλεκτρόνιο. Οι προαναφερθέντες μηχανισμοί λειτουργούν σχεδόν παράλληλα και με κυριαρχία του ενός ή του άλλου μηχανισμού (Prior et al., 2005).

Ως ελεύθερη ρίζα ορίζεται κάθε είδος ατόμου ή χημικής ένωσης που έχει την ικανότητα ανεξάρτητης (‘‘ελεύθερης’’) ύπαρξης και μπορεί να περιέχει ένα ή και περισσότερα ασύζευκτα ηλεκτρόνια. Οι ελεύθερες ρίζες είναι ασταθείς και ιδιαίτερα δραστικές ενώσεις. Αρχικά δημιουργείται με κάποιο τρόπο μία ελεύθερη ρίζα (έναρξη). Τα κυριότερα από τα αρχικά προϊόντα της αυτοοξειδωσης είναι τα υδρουπεροξειδία. Αυτά στην συνέχεια δίνουν νέες ρίζες υπεροξειδίων, άλλα υδρουπεροξειδία και νέες ρίζες από το υδρογονανθρακικό τμήμα του μορίου (διάδοση). Με τον τρόπο αυτό οι αντιδράσεις των ελεύθερων ριζών τείνουν να είναι αλυσιδωτές αναγεννώντας συνέχεια νέα άτομα ή ενώσεις με ασύζευκτα ηλεκτρόνια. Η αντίδραση θα σταματήσει όταν όλες οι ελεύθερες ρίζες αντιδράσουν προς

προϊόντα που δεν παρέχουν πλέον νέες ελεύθερες ρίζες. Η Αλληλουχία των αντιδράσεων μπορεί να παραταθεί ως εξής:



(Roberfroid & Calderon, 1990)

Τα τελευταία είναι αδρανή προϊόντα που δεν προκαλούν έναρξη ή διάδοση της αντίδρασης.

Με βάση των ανωτέρω μηχανισμό πιστεύεται ότι επιτελείται η αυτοξειδωση των λιπών και ελαίων, δηλαδή η αντίδρασή τους με το οξυγόνο.

Τα περισσότερα αντιοξειδωτικά είναι αρωματικές ενώσεις, που διαθέτουν μια τουλάχιστον ελεύθερη υδροξυλική ή αμινική ομάδα. Οι σημαντικότερες ενώσεις που προστίθενται στα τρόφιμα ανήκουν στις πολυκυκλικές φαινόλες με μια ή περισσότερες υδροξυλομάδες (Μπόσκος, 1997).

Γενικά η τάξη των αντιοξειδωτικών των τροφίμων περιέχει τις ενώσεις εκείνες που εμποδίζουν τις αλυσιδωτές αντιδράσεις ελεύθερων ριζών, που σχετίζονται με την οξείδωση των λιπιδίων.

Τα αντιοξειδωτικά χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τους σταθεροποιητές και συμπλοκοποιητές. Τα μίγματα αυτά συντελούν στην ενεργοποίηση και την βελτίωση της αντιοξειδωτικής δράσης, στη διερεύνηση της εφαρμογής των αντιοξειδωτικών σε περισσότερες κατηγορίες τροφίμων, καθώς και στην ευκολότερη χρησιμοποίησή τους (Packer & Colman., 1999).

2.3.2 ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ

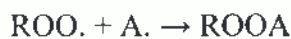
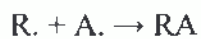
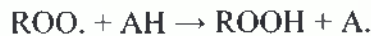
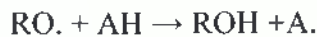
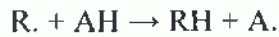
- Τα αντιοξειδωτικά ανάλογα με τον μηχανισμό δράσης τους, μπορούν να χωριστούν στις εξής κατηγορίες:

• Πρωτοταγή αντιοξειδωτικά:

Τα πρωτοταγή αντιοξειδωτικά διακόπτουν τις αντιδράσεις διάδοσης των ελεύθερων ριζών παρέχοντας άτομα υδρογόνου στις ελεύθερες ρίζες. Σε αυτή την κατηγορία εντάσσονται οι φαινολικές ενώσεις. Παραδείγματα πρωτογενών αντιοξειδωτικών αποτελούν η ΒΗΑ (βουτυλιωμένη υδροξυανισόλη), το ΒΗΤ (βουτυλιωμένο υδροξυτολουόλιο), η ΤΒΗQ (δι-τρι-βουτυλουδροκινόνη), ο ΡG (προπυλικός εστέρας γαλλικού οξέος), οι φυσικές και συνθετικές τοκοφερόλες, καφεϊκό οξύ, καρνοσόλη, ροσμαρινικό οξύ κ.ά. (Γάλαρης και Δούλιας, 2001)

Όσον αφορά στα φαινολικά αντιοξειδωτικά δρουν μέσω του μηχανισμού ελεύθερων ριζών. Αντιδρούν με αυτές και σχηματίζουν ενώσεις που δεν έχουν την τάση να δίνουν νέες ελεύθερες ρίζες. Η δράση τους αυξάνεται όταν χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό. Το φαινόμενο αυτό λέγεται συνέργεια ή συνεργισμός ή συνεργιστική δράση (Μπόσκος, 1997).

Συνοπτικά ο μηχανισμός με τον οποίο δρουν τα φαινολικά αντιοξειδωτικά δίνεται με τις παρακάτω αντιδράσεις:



(Roberfroid & Calderon, 1990)

• Δευτεροταγή αντιοξειδωτικά:

Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν κάποιες ομάδες αντιοξειδωτικών με διαφορετικές ιδιότητες και είναι:

1. Ενώσεις που δημιουργούν χηλικά σύμπλοκα (συνεργιστικές ενώσεις). Οι ενώσεις αυτές σχηματίζουν χηλικά σύμπλοκα με μεταλλικά ιόντα, όπως αυτά του χαλκού και του σιδήρου. Με τον τρόπο αυτό δεσμεύουν σωματίδια που δρουν ως εκκινητές της οξειδωσης. Παραδείγματα αποτελούν το κιτρικό οξύ, τα αμινοξέα, το αιθυλενοδιαμινοτετραοξικό οξύ (EDTA), κ.ά. Ωστόσο για να εκδηλωθεί η αντιοξειδωτική τους δράση, πρέπει να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με κάποιο άλλο αντιοξειδωτικό (Roberfroid & Calderon, 1990).
2. Ενώσεις που απομακρύνουν το οξυγόνο. Οι ενώσεις αυτές αντιδρούν με το οξυγόνο οπότε, σχηματίζοντας ενώσεις με αυτό, εμποδίζουν την αντίδρασή του με τα λιπίδια που αποτελεί έναρξη της αυτοοξειδωσης. Την ικανότητα αυτή παρουσιάζουν αντιοξειδωτικά όπως το ασκορβικό οξύ (βιταμίνη C), ο παλμιτικός του εστέρας, το ερυθροβικό οξύ και τα άλατά του με νάτριο, κ.ά. (Pokorny et al., 2001).
3. Τα αναγωγικά, τα οποία αναγεννούν φαινόλες και εμφανίζουν το φαινόμενο του συνεργισμού. Το ασκορβικό οξύ, με τη μορφή εστέρων με λιπαρά οξέα (για να είναι λιποδιαλυτό) πιστεύεται ότι αναγεννά τα φαινολικά αντιοξειδωτικά, παρέχοντας υδρογόνο στις φαινόξυ-ρίζες και έτσι έχει μία έμμεση δράση ως αντιοξειδωτικό. Ως, αναγωγικό, το ασκορβικό οξύ μεταφέρει άτομα υδρογόνου στις κινόνες, που σχηματίζονται στην ενζυμική αμαύρωση των φαινολικών ουσιών και αυτό παρέχει μία προστασία στις πρόσφατα κομμένες επιφάνειες των φρούτων και λαχανικών.
4. Οι αποσβεστές διηγεργμένοι (singlet) οξυγόνου, οι οποίοι απενεργοποιούν το μονήρες οξυγόνο. Εδώ ανήκουν οι τοκοφερόλες και το β-καροτένιο.
5. Ένζυμα. Αυτά δρουν είτε απομακρύνοντας το εν διαλύσει οξυγόνο, είτε απομακρύνοντας συστατικά του τροφίμου που είναι ευοξειδωτά. Παραδείγματα για την κατηγορία αυτή αποτελούν αντίστοιχα η οξειδάση της γλυκόζης, η υπεροξειδάση της δισμουτάσης, η καταλάση και η υπεροξειδάση της γλουταθειόνης (Roberfroid & Calderon, 1990).

6. Η μεθυλοσιλικόνη και οι στερόλες με αιθυλιδενική πλευρική αλυσίδα, όπως το πολυδιμεθυλοσιλοξάνιο, εμποδίζουν τον οξειδωτικό πολυμερισμό σε θερμαινόμενα έλαια.
7. Τέλος σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα αντιοξειδωτικά με πολλαπλή ή μη πλήρως γνωστή δράση. Τέτοια είναι τα φωσφολιπίδια και τα προϊόντα των αντιδράσεων Maillard (Μπόσκος, 1997).

➤ Τα αντιοξειδωτικά με βάση τη προέλευσή τους διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

• **Φυσικά αντιοξειδωτικά:**

Η πλειοψηφία των φυσικών αντιοξειδωτικών είναι φαινολικές ενώσεις οι οποίες χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες: τις τοκοφερόλες, τα φλαβονοειδή και τα φαινολικά οξέα

Οι τοκοφερόλες είναι η πιο γνωστή και ευρέως χρησιμοποιούμενη κατηγορία. Διακρίνονται σε δύο ομάδες, τις τοκοφερόλες (Τοc) και τις τοκοτριενόλες (Τοc-3). Η κάθε ομάδα περιλαμβάνει τέσσερα ομόλογα, δηλαδή α-, β-, γ- και δ-τοκοφερόλη και αντίστοιχα α-, β-, γ- και δ-- τοκοτριενόλη (Pokorny et al., 2001). Η αντιοξειδωτική τους ικανότητα αυξάνεται από το α- ομόλογο προς το δ-, εν αντιθέσει με τη βιταμινική τους δράση που ελαττώνεται (Γάλαρης & Δούλιας, 2001).

• **Συνθετικά αντιοξειδωτικά:**

Τα αντιοξειδωτικά αυτά συντίθενται βιομηχανικά. Πολλά από αυτά, αν και παρουσιάζουν ακόμη και έντονη αντιοξειδωτική δράση, δεν χρησιμοποιούνται ως πρόσθετα τροφίμων, λόγω των αρνητικών επιπτώσεών τους στον ανθρώπινο οργανισμό. Συνθετικά αντιοξειδωτικά, που επιτρέπονται ως πρόσθετα τροφίμων είναι το ΒΗΤ, το ΒΗΑ, το Trolox (υδατοδιαλυτό ανάλογο της βιταμίνης Ε), το ΤΒΗQ και το ΡG (Pokorny et al., 2001).

Στις μέρες μας τα συνθετικά αντιοξειδωτικά μέσα χρησιμοποιούνται σε πολλούς κλάδους της βιομηχανίας. Στην κατηγορία των τροφίμων και των ειδών διατροφής τα αντιοξειδωτικά επιβραδύνουν την αυτοξείδωση των λιπών και προστατεύουν μ'αυτόν τον τρόπο την επιβλαβή επίδραση του οξυγόνου στα λίπη, τα καροτινοειδή, τις λιποδιαλυτές βιταμίνες Α και Ε και σ' άλλα συστατικά των τροφίμων.

Οι συστηματικές έρευνες έχουν οδηγήσει στη διατύπωση των βασικών αρχών, που διέπουν την εφαρμογή των αντιοξειδωτικών ουσιών στη βιομηχανία των τροφίμων. Γενικά, οι ουσίες αυτές δρουν ως σταθεροποιητές της διατροφικής και φυσικής αξίας των προϊόντων. Ασφαλώς δεν χρησιμοποιούνται για την αναβάθμιση της ποιότητας στις πρώτες ύλες ή κατά τα στάδια της επεξεργασίας και συντήρησης των τελικών προϊόντων (Packer & Colman, 1999).

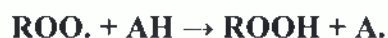
2.3.3 Η ΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΩΝ

Η δράση των αντιοξειδωτικών στηρίζεται στην απομάκρυνση ή την εξουδετέρωση των ROO· και R· ελεύθερων ριζών και σε ορισμένες περιπτώσεις στη πλήρη αναστολή της οξειδωσης (στα σουλφονικά, στη διάσπαση από τα υπεροξειδία). Επειδή τα περισσότερα αντιοξειδωτικά δημιουργούν αλυσιδωτές αντιδράσεις, επιταχύνουν την παραγωγή ελεύθερων ριζών ROO· και R·, με τη δημιουργία μιας ανενεργού και αντιοξειδωτικής ελεύθερης ρίζας (Roberfroid & Calderon 1990).

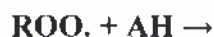
Η ανενεργοποίηση και η αναστολή της δράσης της ελεύθερης ρίζας συντελεί στην άρση της αλυσιδωτής αντίδρασης και στην παραγωγή σταθερών προϊόντων, μέσω διμερισμού. Η άμεση αντίδραση του αντιοξειδωτικού (AH) μ' ένα υπόστρωμα ελεύθερης ρίζας R·, δίνεται από την αντίδραση :



Και φαίνεται να μην έχει την παραμικρή σχέση με την αντίδραση του αντιοξειδωτικού με την ελεύθερη ρίζα ενός υπεροξειδίου ROO·:



Με τον ίδιο μηχανισμό δημιουργείται και ένα σύμπλοκο μεταξύ του μορίου του αντιοξειδωτικού και της ελεύθερης ρίζας του υπεροξειδίου:



Που μπορεί να αντιδράσει με άλλες ελεύθερες ρίζες και να οδηγήσει στην αναστολή της οξειδωσης. Σε ορισμένες περιπτώσεις (μερική πίεση ατμοσφαιρικού οξυγόνου-θερμοκρασία δωματίου) διασπάται η αλυσίδα της ελεύθερης ρίζας και έχουμε σύγκρουση δύο ελεύθερων υπεροξειδικών ριζών:



Επιγραμματικά αποδεικνύεται, πως όλοι οι αναστολείς της οξειδωσης πρέπει αφενός να είναι ενεργοί, ώστε να αντιδράσουν με τις ελεύθερες ρίζες και να διασπάσουν την αλυσίδα και αφετέρου μεταφορικά ενεργά, για να αποφευχθεί η άμεση αντίδραση του οξυγόνου με την ανταλασσόμενη ελεύθερη ρίζα. Η μεγάλη δραστηριότητα των αντιοξειδωτικών, σε συνδυασμό με τις υψηλές συγκεντρώσεις κατά τη φάση της διάδοσης, μπορεί για παράδειγμα να οδηγήσει στη λειτουργία των αντιοξειδωτικών ως μεταφορέων και κατά συνέπεια στη δράση τους ως προοξειδωτικών.

Όλοι αυτοί οι παράγοντες καθιστούν ολοφάνερο πως η προσθήκη των αντιοξειδωτικών πρέπει να γίνεται πολύ πριν από το στάδιο της προαγωγής (διάδοσης). Αν όμως στο υπόστρωμα αυξηθεί η συγκέντρωση των ελεύθερων ριζών, τότε το προστιθέμενο αντιοξειδωτικό ανταποκρίνεται γρήγορα και θα καταναλωθεί, οπότε είναι πλέον αδύνατο να επιβραδυνθεί με παρεμβολή η πρόοδος της αλυσιδωτής αντίδρασης (Μπόσκος, 1997).

2.4 ΦΑΙΝΟΛΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ

2.4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι φαινολικές ενώσεις ανήκουν στα φυσικά αντιοξειδωτικά και είναι μία πολύ μεγάλη τάξη ενώσεων που περιλαμβάνει τα φαινολικά οξέα, τα φλαβονοειδή, τα στιλβένια και τις λιγνάνες (Παπαγεωργίου, 2005). Οι φαινολικές ενώσεις αποτελούν μία από τις κύριες ομάδες δευτερογενών μεταβολιτών. Αποτελούνται από ενώσεις με μεγάλη ποικιλία όσον αφορά τη δομή και λειτουργικότητά τους. Ο γενικός ορισμός περιλαμβάνει τις ενώσεις που περιέχουν μία ή περισσότερες υδροξυλομάδες σε ένα βενζολικό δακτύλιο. Όμως, με τον ορισμό αυτό περιλαμβάνονται και άλλες ενώσεις. Έτσι, προτιμάται ένας ορισμός με βάση τη βιοσύνθεση αυτών των ενώσεων. Κάποια συστατικά όπως το κινναμωμικό οξύ αναφέρονται ως φαινολικά συστατικά, αν και δεν περιέχουν υδροξυλομάδα σε βενζολικό δακτύλιο. Οι φαινολικές ενώσεις είναι πολύ δραστικές, λόγω του όξινου χαρακτήρα των υδροξυλικών ομάδων και των πυρηνόφιλων ιδιοτήτων των φαινολικών δακτυλίων. Οι φαινολικές ενώσεις κατατάσσονται σε διάφορες ομάδες.

Πίνακας 4 Μορφή ομάδων φαινολικών ενώσεων

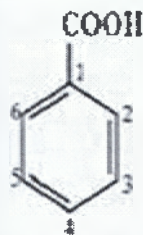
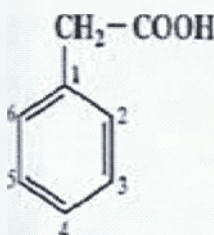
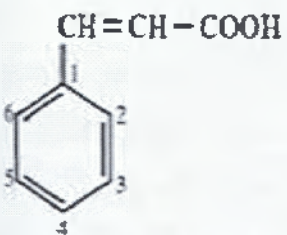
Ομάδα φαινολικών	Σκελετός
Απλές φαινόλες	C6
Βενζοϊκά οξέα	C6-C1
Φανυλοξικά οξέα	C6-C2
Υδροξυκινναμωμικά οξέα, Φαιλλοπροπένια, Κουμαρίνες, Χρωμόνες	C6-C3
Ναφθοκινόνες	C6-C4
Ξανθόνες	C6-C1-C6
Στιλβένια, Ανθρακινόνες	C6-C2-C6
Φλαβονοειδή: φλαβόνες, φλαβονόλες, φλαβανονόλες, φλαβανόνες, ανθοκυάνες, φλαβανόλες, χαλκόνες	C6-C3-C6
Λιγνάνες	(C6-C3) ₂
Διφλαβονοειδή	(C6-C3-C6) ₂
Λιγνίνες	(C6-C3) _n
Πολυμερή φλαβονοειδή	(C6-C3-C6) _n

2.4.2 ΔΟΜΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΦΑΙΝΟΛΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ

Η δομή των φαινολικών ενώσεων ποικίλει και έτσι μπορούμε να συναντήσουμε απλές φαινολικές ενώσεις όπως φαινολικά οξέα με έναν ανθρακικό σκελετό 6 ατόμων άνθρακα, μέχρι σύνθετες φαινολικές ενώσεις αποτελούμενες από πολυμερισμένα μόρια όπως είναι οι ταννίνες. Οι φαινολικές ενώσεις είναι παράγωγα του βενζολίου με ένα ή περισσότερα υδροξύλια στον φαινολικό δακτύλιο και ανάλογα με την δομή του ανθρακικού σκελετού κατατάσσονται στα φαινολικά οξέα, στα φλαβονοειδή, στα στιλβένια και τις λιγνάνες (Manach et al., 2004).

2.4.2.1 ΦΑΙΝΟΛΙΚΑ ΟΞΕΑ

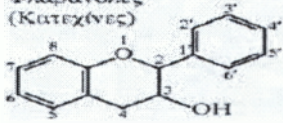
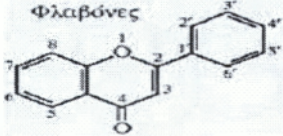
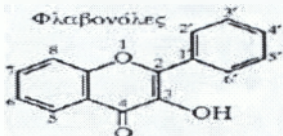
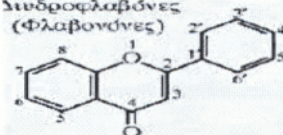
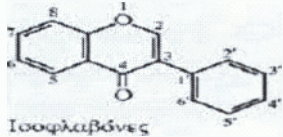
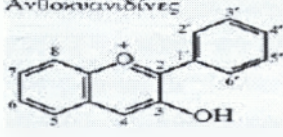
Τα φαινολικά οξέα αποτελούν την δεύτερη πιο διαδεδομένη κατηγορία των φαινολικών ενώσεων, τα οποία ανευρίσκονται σχεδόν σε όλα τα φυτικά τρόφιμα (Manach et al., 2004). Στην τάξη αυτή ανήκουν τα υδροξυ-παράγωγα του βενζοϊκού οξέος, τα παράγωγα του φαινυλοξικού οξέος και τα παράγωγα του κινναμωνικού οξέος. Κυριότερος αντιπρόσωπος των παραγώγων αυτών είναι το καφεϊκό οξύ, που βρίσκεται στον καφέ εστεροποιημένο με την 5-OH του κινικού οξέος και ονομάζεται χλωρογενικό οξύ (Παπαγεωργίου, 2005). Ευρέως διαδεδομένα φαινολικά οξέα είναι και το κουμαρικό οξύ, το φερούλικό οξύ, το γαλλικό οξύ, το βανιλικό οξύ και το σιναπτικό οξύ (Manach et al., 2004). Στο Σχήμα 3 δίνεται η δομή των φαινολικών οξέων (Παπαγεωργίου, 2005)

Γενική δομή	Υδροξυ-παράγωγα	Υποκαταστάτης
 <p>Βενζοϊκό οξύ</p>	Υδροξυβενζοϊκό οξύ Βανιλικό οξύ Σιρινγικό οξύ Προποκατεχικό οξύ Γαλλικό οξύ	4-OH 4-OH, 3-OCH ₃ 4-OH, 3,5-OCH ₃ 3,4-OH 3,4,5-OH
 <p>Φαινυλοξικό οξύ</p>	π-Υδροξυφαινυλοξικό οξύ Ομοβανυλικό οξύ	4-OH 4-OH, 3-OCH ₃
 <p>Κινναμωνικό οξύ</p>	ο-Κουμαρικό οξύ π-Κουμαρικό οξύ Καφεϊκό οξύ Φερούλικό οξύ Σιναπτικό οξύ Χλωρογενικό οξύ Ροσμαρινικό οξύ	2-OH 4-OH 3,4-OH 4-OH, 3-OCH ₃ 4-OH, 3,5-OCH ₃ Εστέρας του καφεϊκού με κινικό οξύ Διμερές του καφεϊκού οξέος

Σχήμα 3: Δομή των φαινολικών οξέων.

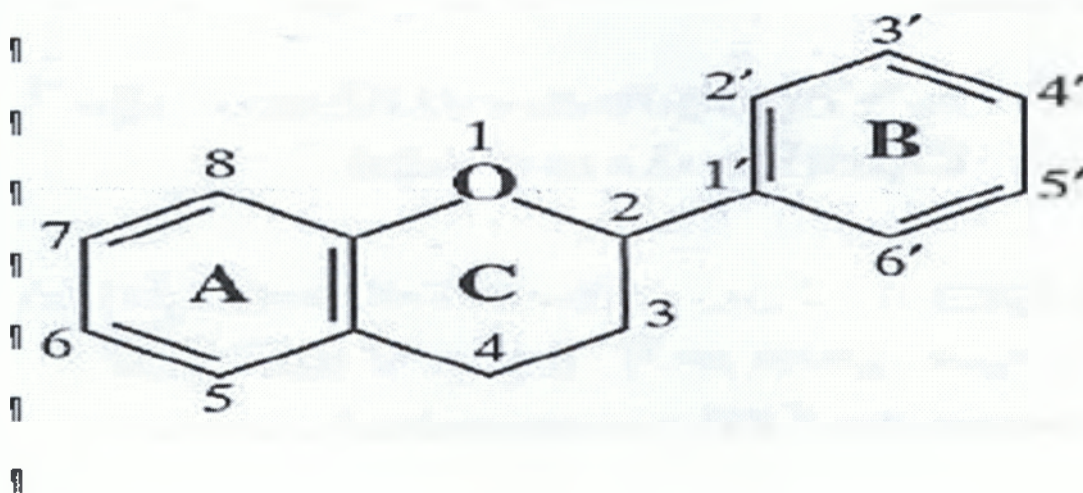
2.4.2.2 ΦΛΑΒΟΝΟΕΙΔΗ

Τα φλαβονοειδή αποτελούν τη μεγαλύτερη τάξη των φαινολικών ενώσεων (Manach et al., 2004). Η τάξη των φλαβονοειδών αποτελείται από τις παρακάτω οικογένειες: φλαβόνες, ισοφλαβόνες, φλαβονόλες, φλαβανόλες, φλαβανόνες, ανθοκυανίνες και προανθοκυανιδίνες που διαφέρουν κυρίως στον ετεροκυκλικό C-δακτύλιο (Heim et al., 2002). Όλες οι οικογένειες των φλαβονοειδών προέρχονται από ένα κοινό βιοσυνθετικό δρόμο. Επιπλέον μετατροπές γίνονται σε διάφορα στάδια με αποτέλεσμα μεταβολές στην έκταση της υδροξυλίωσης, της μεθυλίωσης, το διμερισμό και τη γλυκοσυλίωση. Στις φλαβονόλες ανήκει και η κερκετίνη που είναι η κυριότερη φλαβονόλη στη διατροφή μας και βρίσκεται και στον καφέ. Στον καφέ βρίσκεται και η μυρικετίνη. Τα φλαβονοειδή μπορεί να είναι μονομερή, διμερή ή ολιγομερή. Οι πολυμερείς ενώσεις ονομάζονται ταννίνες και ανάλογα με τη δομή τους διαχωρίζονται σε συμπυκνωμένες και υδρολυόμενες ταννίνες. Οι συμπυκνωμένες ταννίνες είναι πολυμερή των φλαβονοειδών, ενώ οι υδρολυόμενες περιέχουν συνήθως γαλλικό οξύ εστεροποιημένο με υδατάνθρακα (Παπαγεωργίου, 2005). Στο Σχήμα 6 δίνεται η δομή των φλαβονοειδών (Heim et al., 2002).

Γενική δομή	Φλαβονοειδές	Υποκαταστάτες
Φλαβανόλες (Κατεχίνες) 	(+)-Κατεχίνη (-)-Επικατεχίνη 3-Γαλλοϋλο-επικατεχίνη	3,5,7,3',4'-OH 3,5,7,3',4'-OH 5,7,3',4'-OH, 3-γαλλικό
Φλαβόνες 	Χρυσίνη Απιγενίνη Λουτεολίνη 4',7-διγλυκοσίδιο-λουτεολίνης	5,7-OH 5,7,4'-OH 5,7,3'-OH, 4'-OH 5,4'-OH, 4',7-γλυκόζη
Φλαβονόλες 	Καμφερόλη Κερκετίνη Μυρικετίνη Ταμαριξετίνη	3,5,7,4',-OH 3,5,7,3', 4',-OH 3,5,7,3', 4',5',-OH 3,5,7,3',-OH, 4'-OCH ₃
Υδροφλαβόνες (Φλαβονόνες) 	Ναριγγενίνη Ναριγγίνη Ταξιφολίνη Εσπεριδίνη	5,7,4'-OH 5, 4'-OH, 7-ραμνογλυκόζη 3,5,7,3',4'-OH 5,7,3',4'-OH
Ισοφλαβόνες 	Γενιστίνη Γενιστεΐνη Δαϊδζίνη Δαϊδζεΐνη	5,4'-OH, 7-γλυκόζη 5,7,4'-OH 4'-OH, 7-γλυκόζη 7,4'-OH
Ανθοκυανιδίνες 	Απιγενιδίνη Κυανιδίνη	5,7,4'-OH 3,5,7,4'-OH, 3,5-OCH ₃

Σχήμα 4: Γενική δομή διαφόρων φλαβονοειδών.

Οι ενώσεις αυτές περιέχουν φαινολικά υδροξύλια συνδεδεμένα στους δακτύλιους Α, Β και C (Σχήμα 4).

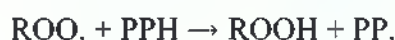


Σχήμα 5. Γενική δομή των φλαβονοειδών.

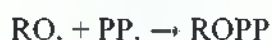
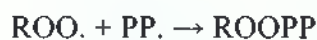
Σχήμα 5: Γενική δομή των φλαβονοειδών.

2.5 ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΦΑΙΝΟΛΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ

Τα φαινολικά οξέα λειτουργούν ως ουσίες που τερματίζουν τις αντιδράσεις των ελευθέρων ριζών και σαν χηλικοποιητές μεταλλικών ιόντων είναι ικανά να καταλύουν την υπεροξειδάση των λιπιδίων. Τα φαινολικά αντιοξειδωτικά (PPH) εμπλέκονται στην οξείδωση των λιπιδίων και άλλων μορίων με το να δίνουν ταχύτατα ένα άτομο υδρογόνου σε ελεύθερες ρίζες (ROO., RO.) όπως φαίνεται στις παρακάτω αντιδράσεις:



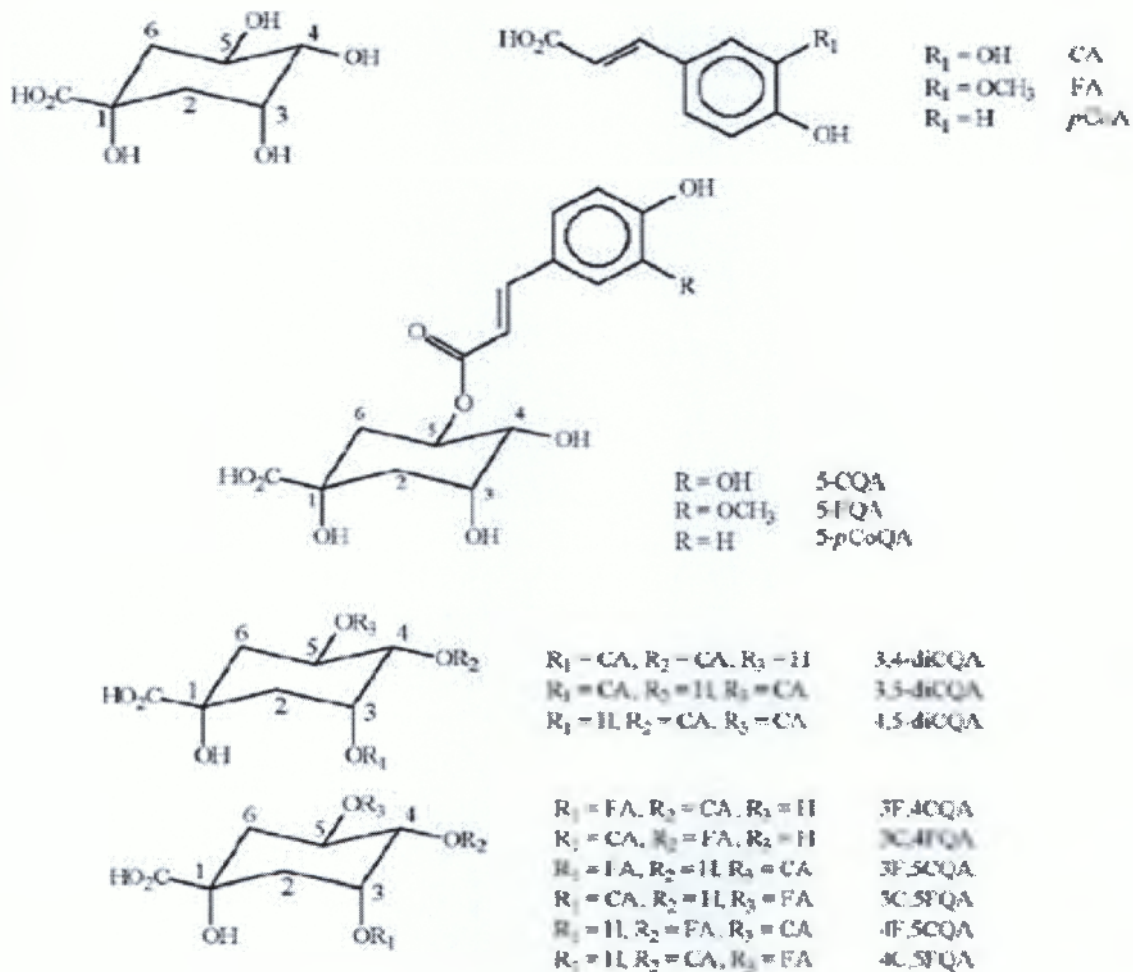
Επιπλέον, τα ενδιάμεσα της φαινόξυ-ρίζας είναι σχετικά σταθερά και συνεπώς δεν μπορεί εύκολα να ξεκινήσει μια νέα αλυσιδωτή αντίδραση. Τα ενδιάμεσα της φαινόξυ-ρίζας δρουν επίσης ως οι ουσίες που τερματίζουν τον πολλαπλασιασμό των ριζών αντιδρώντας με άλλες ελεύθερες ρίζες:



Ωστόσο κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες (υψηλή συγκέντρωση φαινολικών αντιοξειδωτικών, υψηλό pH, παρουσία σιδήρου) τα φαινολικά αντιοξειδωτικά μπορούν να εκκινήσουν μια πορεία αυτοοξειδωσης και να συμπεριφερθούν ως προοξειδωτικά (Shahidi & Wanasundara, 1992). Η ικανότητα των πολυφαινολών ως αντιοξειδωτικές ενώσεις εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την χημική τους δομή. Η φαινόλη η ίδια είναι ανενεργή σαν αντιοξειδωτικό, αλλά τα ορθο- και παρα- διαφαινολικά έχουν αντιοξειδωτική ικανότητα η οποία αυξάνει με την αντικατάσταση ατόμων με αιθυλ- ή n- βουτυλ-ομάδες (Shahidi & Wanasundara, 1992).

2.5.1 ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ ΣΤΟΝ ΚΑΦΕ

Στον καφέ υπάρχουν φυσικά αντιοξειδωτικά που αντιπροσωπεύονται κυρίως από φαινολικές ενώσεις (Borelli et al., 2002). Τα χλωρογενικά οξέα αποτελούν τις κύριες φαινολικές ουσίες, που υπάρχουν στον κόκκο του καφέ, και περιλαμβάνουν διάφορες ομάδες ενώσεων. Τα συγγενικά ισομερή του χλωρογενικού οξέος σχηματίζονται από εστεροποίηση ενός μορίου κινικού οξέος και ένα με τρία μόρια ενός συγκεκριμένου *trans*-υδροξυ-κινναμωμικού οξέος, όπως το καφεϊκό οξύ, το φερρουλικό οξύ και το κουμαρικό οξύ, τα οποία είναι τα πιο κοινά στον καφέ. Οι κύριες ομάδες χλωρογενικού οξέος που υπάρχουν στον καφέ παρουσιάζονται στο παρακάτω Σχήμα 7.



Σχήμα 7. Χλωρογενικά οξέα και συγγενικές ενώσεις.

(Farah & Donangelo, 2006)

Αυτές οι ομάδες των ενώσεων περιλαμβάνουν καφεοϋλκινικά οξέα, δι- καφεοϋλκινικά οξέα, φερρουοϋλκινικά οξέα, π-κουμαροϋλκινικά οξέα, και 6 σύμπλοκα διεστέρων των καφεοϋλφερρουοϋλκινικών οξέων.

Η ολική σύσταση σε χλωρογενικά οξέα μπορεί να ποικίλει ανάλογα με το είδος, την καλλιέργεια, τον βαθμό ωρίμανσης, τις συνθήκες ανάπτυξης του φυτού του καφέ καθώς και

το κλίμα. Γενικά, οι τιμές των ολικών χλωρογενικών οξέων στον καφέ που αναφέρονται στην βιβλιογραφία κυμαίνονται από 4- 8.4% στον *Coffea arabica*, έως 7-14.4% στον *Coffea canephora*.

Στο περικάρπιο και στην σάρκα του σπόρου του καφέ οι κύριες φαινολικές ενώσεις είναι οι ταννίνες. Οι υδρολύομενες ταννίνες βρίσκονται σε ποσό 0.8- 2.8%. Μικρά ποσά συμπυκνωμένων ταννινών ανιχνεύονται στην σάρκα. Η επεξεργασία της σάρκας με αλκάλια και η αποθήκευση της αποξηραμένης σάρκας προκαλεί σημαντική μείωση την σύσταση του καφέ σε ταννίνες (-39% ανά χρόνο) (Farah & Donangelo, 2006).

Άλλες φαινολικές ενώσεις στον καφέ είναι η κερκετίνη και η μυρικετίνη που ανήκουν στις φλαβονόλες και οι προανθοκυανιδίνες (Παπαγεωργίου, 2005).

Στον καφέ εκτός από τα φυσικά αντιοξειδωτικά που αντιπροσωπεύονται κυρίως από φαινολικές ενώσεις, ανιχνεύονται και άλλα αντιοξειδωτικά όπως τα μελανοειδή, που είναι ενώσεις καφέ χρώματος.

Τα μελανοειδή τα οποία βρίσκονται στο διαλυτό μέρος του καβουρδισμένου καφέ αποτελούν προϊόντα της αντίδρασης Maillard μεταξύ πρωτεϊνών και υδατανθράκων και επηρεάζουν το χρώμα και το άρωμα του καφέ (Lopez- Galilea et al., 2006; Cammerer & Kroh, 2006). Τα μελανοειδή είναι ένα από τα κύρια συστατικά του ροφήματος του καφέ και είναι υπεύθυνα για τη ισχυρή αντιοξειδωτική ικανότητα και τη ικανότητα δέσμευσης μετάλλων που έχει το ρόφημα του καφέ (Borrelli et al., 2002). Ο μηχανισμός της αντιοξειδωτικής τους ικανότητας οφείλεται κυρίως σε αντιδράσεις εξουδετέρωσης των ελευθέρων ριζών (Cammerer & Kroh, 2006).

Ένα άλλο κύριο συστατικό του καφέ, η καφεΐνη, έχει αντιοξειδωτική ικανότητα και ραδιοπροστατευτική επίδραση στους ιστούς (Lee et al., 2000). Αντίθετα με το χλωρογενικό οξύ, η καφεΐνη ταχύτατα και αποτελεσματικά απορροφάται από τον ανθρώπινο οργανισμό και στην συνέχεια μεταβολίζεται στο ήπαρ (Crews et al., 2001), και παράγονται διμέθυλξανθίνες και μεθυλουρικό οξύ τα οποία θεωρούνται αντιοξειδωτικά (Lee et al., 2000; Crews et al., 2001).

Άλλα αντιοξειδωτικά του καφέ θεωρούνται και οι τοκοφερόλες (α,β,γ) μαζί με τις τοκοτριενόλες (Gonzalez, 2001).

Η αντιοξειδωτική ικανότητα των φαινολικών ουσιών του καφέ μειώνεται λόγω της θερμικής του επεξεργασίας αλλά εξαιτίας των σχηματιζόμενων προϊόντων από την αντίδραση Maillard η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα του καφέ διατηρείται ή ακόμη και ενισχύεται. (Lopez- Galilea et al., 2006; Cammerer & Kroh, 2006; Borrelli et al., 2002).

2.6 ΚΥΡΙΟΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΦΑΙΝΟΛΙΚΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΦΑΣΜΑΤΟΜΕΤΡΙΑΣ

2.6.1 ΜΕΘΟΔΟΣ FOLIN-CIOCALTEU

Είναι μία φωτομετρική τεχνική που εφαρμόζεται για τον προσδιορισμό του ολικού φαινολικού περιεχομένου σε φυσικά προϊόντα και βασίζεται στην <<αναγωγική δράση>> παρουσία πολυφαινολικών ομάδων. Η μέθοδος είναι εξαιρετικά χρήσιμη αφού επιτρέπει την εκτίμηση του συνόλου των πολυφαινολικών συστατικών ενός φυσικού προϊόντος, συμπεριλαμβανομένων και αυτών που δεν έχουν μέχρι σήμερα ταυτοποιηθεί. Η μέθοδος βασίζεται σε χρωματομετρική οξειδοαναγωγική αντίδραση με την οποία προσδιορίζεται το συνολικό φαινολικό περιεχόμενο του δείγματος, χωρίς διαχωρισμό μεταξύ μονομερών, διμερών και μεγαλύτερων φαινολικών συστατικών. Το αντιδραστήριο FC είναι διάλυμα σύνθετων πολυμερών ιόντων που σχηματίζονται από φωσφο-μολυβδαινικά και φωσφο βολφραμικά ετεροπολυμερή οξέα. Τα φαινολικά ιόντα οξειδώνονται με ταυτόχρονη αναγωγή των ετεροπολυμερών οξέων:



Το προϊόν είναι σύμπλεγμα μολυβδαινίου-βολφραμίου (Mo-W) χαρακτηριστικής μπλε χρώσης που απορροφά στο ορατό (725nm). Η αλκαλικότητα ρυθμίζεται με κορεσμένο διάλυμα Na₂CO₃ (35%, w/v) που δεν διαταράσσει τη σταθερότητα του FC και του προϊόντος της αντίδρασης αφενός, αφετέρου αποτελεί προϋπόθεση παρουσίας των φαινολικών ιόντων (Valentine et al., 1997). Γενικά, οι φαινόλες που καθορίζονται από τον δείκτη FC εκφράζονται πολύ συχνά σε ισοδύναμα γαλλικού οξέος (Σουφλερός, 1997).

2.6.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΥΠΕΡΜΑΓΓΑΝΙΚΟΥ ΚΑΛΙΟΥ (KMnO₄)

Όπως και η μέθοδος Follin-Ciocalteu έτσι και αυτή προσδιορίζει τις ολικές φαινολικές ουσίες σε ένα δείγμα. Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην οξείδωση των φαινολικών ουσιών από το υπερμαγγανικό κάλιο, στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Το τέλος της αντίδρασης σημειώνεται με την αλλαγή του χρώματος του δείκτη carmin-indigo, από το κυανό στο κίτρινο. Ο δείκτης αυτός οξειδώνεται πριν από ορισμένα συστατικά του δείγματος, αλλά μετά από τις φαινολικές ουσίες. Η αλλαγή του χρώματός του συμπίπτει με το τέλος της οξείδωσης των φαινολικών ουσιών, έτσι ώστε να αποφεύγεται παραπέρα κατανάλωση (KMnO₄) για οξείδωση άλλων διαφόρων συστατικών του δείγματος (Σουφλερός, 1997).

2.6.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΡΟΦΟΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ

2.6.3.1 ΑΤΟΜΙΚΗ ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ

Στην ατομική φασματοσκοπία μια ουσία εξαχνώνεται και αποσυντίθεται σε άτομα όταν εκτεθεί σε υψηλή ενέργεια. Η μέτρηση της συγκέντρωσης του κάθε στοιχείου βασίζεται στο γεγονός ότι άτομα στην αέρια φάση απορροφούν ή εκπέμπουν ακτινοβολία χαρακτηριστικού μήκους κύματος. Η ατομική φασματοσκοπία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό ανόργανων στοιχείων με αποτελεσματικότητα (μεγάλη ευαισθησία, εκλεκτικότητα, ταχύτητα) για ποιοτικούς και ποσοτικούς αναλυτικούς σκοπούς, καθώς το φάσμα απορρόφησης και εκπομπής κάθε ατόμου χημικού στοιχείου αποτελείται από διακριτές αντιπροσωπευτικές γραμμές (δακτυλικό αποτύπωμα του στοιχείου). Έτσι, το κάθε στοιχείο μπορεί να ταυτοποιηθεί και να εκτιμηθεί η συγκέντρωσή του με ακρίβεια ακόμα και παρουσία άλλων στοιχείων. Τύποι ατομικής φασματοσκοπίας είναι η φασματοσκοπία ατομικής απορρόφησης και η φασματοσκοπία ατομικής εκπομπής. Στην ατομική απορρόφηση άτομα απορροφούν μέρος χαρακτηριστικής ακτινοβολίας που εκπέμπει πηγή (οξείες γραμμές, χαρακτηριστικές του προς ανάλυση στοιχείου εκπέμπονται από λυχνία κοίλης καθόδου), ενώ το υπόλοιπο της ακτινοβολίας φθάνει στον ανιχνευτή. Στην ατομική εκπομπή άτομα που βρίσκονται ήδη σε διεγερμένη κατάσταση μετακινούνται σε χαμηλότερη ενεργειακή κατάσταση εκπέμποντας ακτινοβολία χαρακτηριστικού μήκους κύματος. Οι δυο τεχνικές παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες στην αρχή λειτουργίας, στην απαιτούμενη προκατεργασία των δειγμάτων, στις πιθανές παρεμποδίσεις και στην απαιτούμενη οργανολογία.

Η ατομική φασματοσκοπία προϋποθέτει τα άτομα του κάθε στοιχείου να είναι «ατομοποιημένα» ώστε να είναι δυνατή η λήψη του φάσματος τους, δηλαδή να μην είναι ενωμένα με άλλα στοιχεία. Αυτό επιτυγχάνεται κατά το στάδιο της ατομοποίησης που περιλαμβάνει το διαχωρισμό των σωματιδίων της ύλης σε μόρια και τη διάσπαση των τελευταίων σε άτομα. Συνήθως πραγματοποιείται με έκθεση του δείγματος σε θερμική ή ηλεκτρική ενέργεια ενώ συχνά της ανάλυσης προηγείται και κατάλληλη κατεργασία (π.χ. χώνευση ή καύση, όξινη κατεργασία).

Στόχος της προκατεργασίας είναι η διάσπαση της οργανικής ύλης και τελικά η διευκόλυνση της απελευθέρωσης των ατόμων από τις χημικές ενώσεις και τα μόρια των χημικών στοιχείων κατά την ατομοποίηση. Η προκατεργασία του δείγματος πραγματοποιείται συνήθως με υγρή (παρουσία κάποιου οξέος, συνήθως θειικό, νιτρικό, υπερχλωρικό ή μίγματα αυτών) ή ξηρή καύση. Ορισμένα τρόφιμα μπορούν ωστόσο να αναλυθούν χωρίς προκατεργασία κάτω από κατάλληλες συνθήκες.

Οι παρεμποδίσεις στην ατομική φασματοσκοπία είναι κυρίως φασματικές (επικάλυψη σήματος προς προσδιορισμό στοιχείου από σήματα άλλων στοιχείων ή μορίων του δείγματος ή από σήματα που προέρχονται από φλόγα ή φούρνο), χημικές (προέρχονται από κάθε συστατικό που μειώνει το σήμα του προς προσδιορισμό στοιχείου) και ιονισμού (σε υψηλές θερμοκρασίες εκτός από ατομοποίηση λαμβάνει χώρα και ιονισμός ατόμων στοιχείου. Τα ιονικά φάσματα διαφέρουν από τα ατομικά). Αυτές μπορούν να περιοριστούν σχετικά εύκολα με επιλογή βέλτιστων συνθηκών λειτουργίας (π.χ. εναλλακτικό μήκος κύματος, αύξηση

θερμοκρασίας), προσθήκη ειδικών αντιδραστηρίων (αποδέσμευσης, τροποποιητών μήτρας, καταστολέων ιονισμού κ.ά.) και κατασκευή καμπυλών βαθμονόμησης που στηρίζονται στη μέθοδο της γνωστής προσθήκης. (Παπαδογιάννης, 1994, Nielsen, 1998, Παπαδογιάννης & Σαμανίδου, 2000, Skoog et al., 2005)

2.6.3.2 ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ ΜΕ ΦΛΟΓΑ

Η φασματοσκοπία ατομικής εκπομπής με φλόγα (φλογοφωτομετρία) είναι τεχνική απλή, χαμηλού κόστους, ταχεία, που παρέχει αποτελέσματα ικανοποιητικής ευαισθησίας, ακρίβειας και επαναληψιμότητας κατά την ανάλυση στοιχείων που δεν απαιτούν υψηλή ενέργεια διέγερσης. Βασίζεται στην μέτρηση της εκπεμπόμενης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας η οποία προέρχεται από την αποδιέγερση ήδη διεγερμένων ατόμων του προς ανάλυση στοιχείου. Η ταχεία αποδιέγερση των διεγερμένων σωματιδίων συνοδεύεται από παραγωγή απλών γραμμωτών φασμάτων στην υπεριώδη και ορατή περιοχή, τα οποία χρησιμεύουν στον ποιοτικό και ποσοτικό προσδιορισμό τους. Η τεχνική βρίσκει ακόμα σημαντικές εφαρμογές στον προσδιορισμό αλκαλίων και αλκαλικών γαιών που διεγείρονται εύκολα στις χαμηλές θερμοκρασίες της φλόγας, δίνοντας φάσματα (εκπομπής) εξαιρετικής απλότητας και απαλλαγμένα από παρεμποδίσεις άλλων μετάλλων. Όταν αλκαλιμέταλλο ή αλκαλική γαία εισαχθεί σε φλόγα, η ενέργεια από τη φλόγα διεγείρει το ηλεκτρόνιο της εξωτερικής, στιβάδας του ατομου, του μετάλλου το οποίο και μεταβαίνει σε υψηλότερη ενεργειακή κατάσταση. Κατά την επιστροφή του διεγερμένου ηλεκτρονίου από τη διεγερμένη υψηλότερης ενέργειας κατάσταση (ασταθής) στη βασική/θεμελιώδη κατάσταση (σταθερή) εκπέμπεται ενέργεια με μήκος κύματος στην ορατή περιοχή (χρωματισμός φλόγας).

Τα όργανα που αξιοποιούνται στην κατεύθυνση ενός φλογοφωτομετρικού προσδιορισμού αποτελούνται από ένα σύστημα ψεκασμού του δείγματος σε ένα λύχνο παραγωγής της φλόγας και μια φωτομετρική διάταξη. Η διάταξη αυτή μπορεί να είναι ένας μονοχρωμάτορας που μπορεί να απομονώνει την επιθυμητή φασματική γραμμή εκπομπής, ή ένα σύστημα φίλτρων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ορισμένα μόνο στοιχεία. Ως πηγή ακτινοβολίας λειτουργεί η ίδια η φλόγα που εκτός από ατομοποιητής, έχει και ρόλο να διεγείρει τα άτομα των προς ανάλυση στοιχείων. Για να είναι δυνατή η ατομοποίηση πρέπει η φλόγα να έχει κατάλληλη θερμοκρασία. Η βασική παράμετρος που καθορίζει την απαιτούμενη θερμοκρασία ώστε να πραγματοποιηθεί τελικά διέγερση-αποδιέγερση και κατά συνέπεια εκπομπή ακτινοβολίας για κάθε στοιχείο είναι η ενεργειακή διαφορά μεταξύ της διεγερμένης και βασικής κατάστασής του. Όσο μεγαλύτερη η διαφορά, τόσο μεγαλύτερη η απαιτούμενη θερμοκρασία. Η τελευταία επιτυγχάνεται με συνδυασμό κατάλληλου αερίου καύσης (ακετυλένιο, υδρογόνο, κυάνιο, προπάνιο) και οξειδωτικού αερίου (αέρας, οξυγόνο, οξείδιο αζώτου). Τα διάφορα στοιχεία απαιτούν εκτός από διαφορετικό συνδυασμό οξειδωτικού και καύσιμου αερίου και διαφορετικά χαρακτηριστικά φλόγας (φλόγα πλούσια ή φτωχή σε καύσιμο, ύψος φλόγας, ταχύτητες ροής καυσίμου και οξειδωτικού) για να επιτευχθεί η έλτιστα ανάλυση τους (Παπαδογιάννης, 1994, Nielsen, 1998, Παπαδογιάννης & Σαμανίδου, 2000, Skoog et al., 2005)

2.6.3.3 ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΜΕ ΦΟΥΡΝΟ ΘΕΡΜΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΓΡΑΦΙΤΗ

Η αρχή της μεθόδου περιλαμβάνει μέτρηση απορροφούμενης ακτινοβολίας από άτομα του υπό ανάλυση στοιχείου στη θεμελιώδη κατάσταση. Τα βασικά τμήματα ενός συστήματος φασματοσκοπίας ατομικής απορρόφησης είναι η πηγή ακτινοβολίας, ο τεμαχιστής ή περωτή, το σύστημα ατομοποίησης (φλόγα ή φούρνος γραφίτη), ο μονοχρωμάτορας ή φίλτρο, ο ανιχνευτής και τέλος το σύστημα ενίσχυσης και ανάγνωσης. Με βάση τον τρόπο ατομοποίησης (φλόγα ή φούρνο γραφίτη) διακρίνονται αντιστοίχως δύο είδη. Στην ατομική απορρόφηση με φούρνο γραφίτη που διακρίνεται για υψηλή εκλεκτικότητα και χαμηλά όρια ανίχνευσης χρησιμοποιείται ηλεκτρική ενέργεια αντί φλόγα. Εδώ επιτυγχάνονται θερμοκρασίες μέχρι $\sim 3000^{\circ}\text{C}$, ενώ μετά την εισαγωγή του δείγματος, η ανάλυση λαμβάνει χώρα σε 34 στάδια διάρκειας λίγων δευτερολέπτων που προγραμματίζονται ως προς τη θερμοκρασία τους, τη διάρκειά τους και το ρυθμό ανόδου της θερμοκρασίας. Τα στάδια αυτά περιλαμβάνουν: ξήρανση δείγματος, απανθράκωση, ατομοποίηση και καθαρισμό γραφίτη από τυχόν υπολείμματα.

Αρχικά εξατμίζεται ο διαλύτης σε σχετικά χαμηλή θερμοκρασία και ακολουθεί αποτέφρωση σε υψηλότερη θερμοκρασία. Μετά την αποτέφρωση, το ρεύμα αυξάνει απότομα προκαλώντας αύξηση της θερμοκρασίας. Η ατομοποίηση του δείγματος πραγματοποιείται σε χρονικό διάστημα έως και μερικών δευτερολέπτων. Η απορρόφηση των ατομοποιηθέντων σωματιδίων μετρείται στην περιοχή επάνω από την θερμανθείσα επιφάνεια (γραφίτης). Πρέπει να σημειωθεί ότι στην περιοχή το φούρνου διαβιβάζεται αδρανές αέριο για να αποφευχθεί η οξείδωση του γραφίτη, που εξυπηρετεί και στην απομάκρυνση αερίων που παράγονται στα πρώτα στάδια θέρμανσης. Κατά τη διάρκεια της μέτρησης η παροχή του αερίου διακόπτεται για να μην παρασυρθεί το δείγμα έξω από το χώρο της μέτρησης. Το αναλυτικό σήμα είναι η ολοκλήρωση της απορρόφησης ως προς τον χρόνο κατά τη διάρκεια της ατομοποίησης.

Πηγή ακτινοβολίας είναι συνήθως μια λυχνία κοίλης καθόδου, χαρακτηριστική του προς προσδιορισμό στοιχείου. Αυτή αποτελείται από δύο ηλεκτρόδια (άνοδο και κάθοδο) σε γυάλινο σωλήνα. Η κάθοδος της πηγής είναι από το προς προσδιορισμό στοιχείο, ενώ η άνοδος είναι από αδρανές υλικό. Στο εσωτερικό της λυχνίας υπάρχει αδρανές αέριο (συνήθως Ar) σε ελαττωμένη πίεση. Λόγω εφαρμογής διαφοράς δυναμικού ηλεκτρόνια κατευθύνονται από την κάθοδο προς την άνοδο και κατά τα διαδρομή τους ιονίζουν άτομα αργού. Αυτά προσπίπτουν με ταχύτητα στην κάθοδο αποσπώντας άτομα του στοιχείου από το οποίο αυτή αποτελείται (που είναι ίδιο με το προς ανάλυση). Τα άτομα αυτά διεγείρονται κατόπιν σύγκρουσης με αργό και κατά την αποδιέγερσή τους εκπέμπουν ακτινοβολία ορισμένων φασματικών γραμμών, χαρακτηριστική για το προς ανάλυση στοιχείο. Η απαιτούμενη φασματική γραμμή μπορεί εν συνεχεία να απομονωθεί με τη βοήθεια του μονοχρωμάτορα. Η ακτινοβολία που εκπέμπει η λυχνία είναι αυτή που θα απορροφήσουν τα άτομα τους προς προσδιορισμό στοιχείου (μεταβαίνοντας από θεμελιώδη κατάσταση σε διεγερμένη). Η απορρόφηση είναι ανάλογη της συγκέντρωσης του προς ανάλυση στοιχείου (ακολουθεί το νόμο Lambert - Beer). (Παπαδογιάννης, 1994, Nielsen, 1998, Παπαδογιάννης & Σαμανίδου, 2000, Skoog et al., 2005)

3. ΤΡΟΠΟΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΥΠΟΛΛΕΙΜΑΤΩΝ ΚΑΦΕ

3.1 ΥΠΟΛΛΕΙΜΑΤΑ ΚΑΦΕ ΩΣ ΜΕΣΟ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΑΠΟ ΥΔΑΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ

Τα υπολλείματα του καφέ σύμφωνα με έρευνες που έχουν γίνει μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως βιοεξανθρακωμάτα (biochar) ως μέσο απομάκρυνσης μετάλλων από υδατικά διαλύματα. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ολοένα και αυξανόμενη ρύπανση των υδάτων από μέταλλα, γεγονός που κάνει την επιστημονική κοινότητα να ψάχνει τρόπους αντιμετώπισής της. Κύριες πηγές τέτοιου είδους ρύπανσης αποτελούν οι βιομηχανικές και οι γεωργικές δραστηριότητες, οι οποίες απορρίπτουν τα απόβλητά τους σε υδάτινους αποδέκτες. Τα μέταλλα, σε αντίθεση με τις οργανικές ουσίες, δεν αποκοδομούνται αλλά παραμένουν στο περιβάλλον για μεγάλο χρονικό διάστημα και συσσωρεύονται.

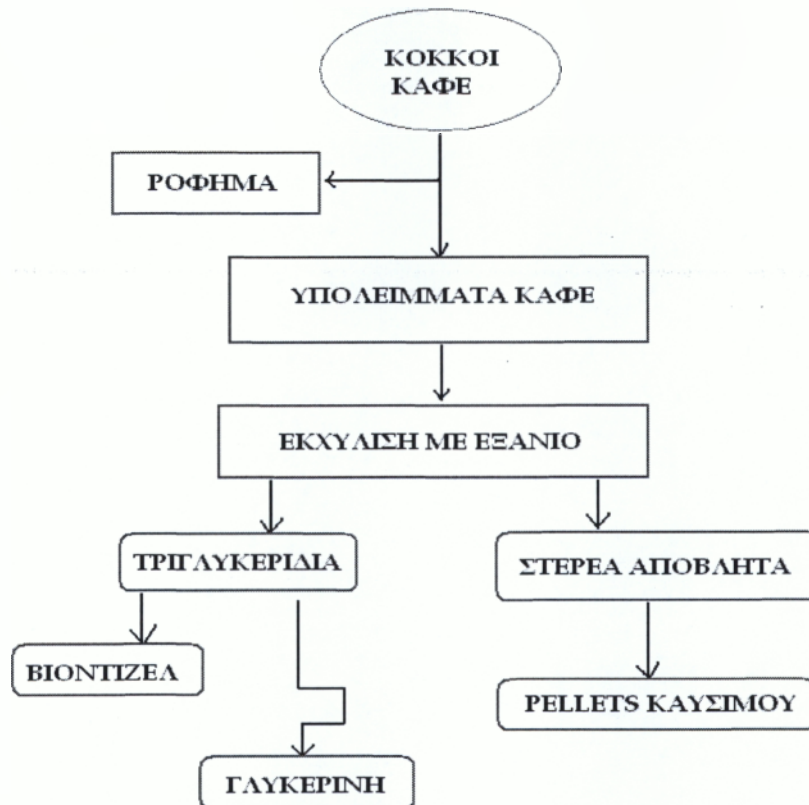
Για την απομάκρυνση μετάλλων από τα υγρά απόβλητα έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι με πιο αποτελεσματική την προσρόφηση. Το βασικό χαρακτηριστικό του μηχανισμού της και του μεγάλου επιστημονικού ενδιαφέροντος που συγκεντρώνει είναι η δυνατότητα της απομάκρυνσης των μετάλλων μέσω της συγκράτησής τους στην επιφάνεια σωματιδίων των υλικών. Η χρήση της όμως συχνά περιορίζεται εξαιτίας τεχνικών και οικονομικών λόγων, όπως το αυξημένο κόστος διάφορων προσροφητών (π.χ. ενεργός άνθρακας). Αποτέλεσμα αυτού είναι η αναζήτηση νέων φθηνότερων και αποδοτικότερων προσροφητικών υλικών.

Το biochar λοιπόν είναι το προϊόν που παράγεται από την πυρόλυση βιομάζας με ελάχιστη παροχή οξυγόνου (Houben et al., 2013). Περιέχει πτητικές ενώσεις, τέφρα και έχει υψηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα με αποτέλεσμα να σχηματίζει σε υψηλό βαθμό αρωματικές ενώσεις, που το καθιστούν σταθερό στο περιβάλλον. Οι μεγάλες επιφάνειές του και οι ικανότητες ανταλλαγής κατιόντων, καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από πρώτες ύλες και τις θερμοκρασίες πυρόλυσης, οι οποίες επιτρέπουν την αυξημένη προσρόφηση των οργανικών και ανόργανων ρύπων στην επιφάνεια του. (Besley et al., 2011; Bruun, 2011)

3.2 ΥΠΟΛΛΕΙΜΑΤΑ ΚΑΦΕ ΩΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΟ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΟ ΒΙΟΝΤΙΖΕΛ

Η παραγωγή βιοντήζελ ανθεί σε όλο τον κόσμο, με την Ευρώπη να αντιπροσωπεύει το κατά πολύ μεγαλύτερο μερίδιο της παγκόσμιας παραγωγής. Το βιοντήζελ είναι ένα ανανεώσιμο καύσιμο υποκατάστατο του πετρελαϊκού ντήζελ (PD), που παρασκευάζεται από φυτικά έλαια ή ζωικά λίπη μέσω μετεστεροποίησης με αλκοόλες. Έχει παρόμοια χαρακτηριστικά με τα αντίστοιχα του πετρελαϊκού ντήζελ με το πλεονέκτημα ότι παρουσιάζει χαμηλές εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα και άκαυστων υδρογονανθράκων.

Είναι ανανεώσιμο, βιοαποικοδομήσιμο, μη τοξικό και ουσιαστικά με χαμηλά ποσοστά θείου και αρωματικών, ανάλογα πάντα τις πρώτες ύλες από τις οποίες προέρχεται. (R.D. Misra, M.S. Murthy, 2010) Τα υπολλείματα καφέ λοιπόν θεωρούνται πιθανή πρώτη ύλη για την παραγωγή βιοντίζελ και αιθανόλης παραγωγής. (Maria Valdez Pontes Rocha^a, 2014). Η διαδικασία παραγωγής βιοντήζελ πραγματοποιείται μέσω αλκαλικά καταλύμενης μετεστεροποίησης του ελαίου. Η μετεστεροποίηση είναι η εκ νέου δράση ενός λίπους ή λαδιού με αλκοόλη για να σχηματίσει εστέρες και γλυκερίνη.



Εικόνα 16 Σχηματική παράσταση της μεθόδου παραγωγής βιοντήζελ από υπολείμματα καφέ.

3.3 ΥΠΟΛΛΕΙΜΑΤΑ ΚΑΦΕ ΩΣ ΛΙΠΑΣΜΑ ΕΔΑΦΟΥΣ ΣΕ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΙΕΣ

Η Βιολογική Καλλιέργεια είναι μια μέθοδος καλλιέργειας η οποία ελαχιστοποιεί ή αποφεύγει πλήρως τη χρήση συνθετικών λιπασμάτων και ζιζανιοκτόνων, ρυθμιστών ανάπτυξης των φυτών, ορμονών καθώς και πρόσθετων ουσιών στις ζωοτροφές. Οι βιολογικοί καλλιεργητές βασίζονται σε αμειψισπορά (εναλλαγή φυτών για συγκομιδή), υπολείμματα συγκομιδών, αγρανάπανση, ζωικά λιπάσματα (κοπριά) και μηχανική καλλιέργεια για τη διατήρηση της παραγωγικότητας του χώματος, τον εμπλουτισμό του με θρεπτικές ουσίες για τα φυτά καθώς και για τον έλεγχο των ζιζανίων, εντόμων και παράσιτων. Το κύριο ζήτημα της λοιπόν είναι η αντικατάσταση συνθετικών χημικών ουσιών με άλλες που βρίσκονται στη φύση. Με την κομποστοποίηση λοιπόν είναι εφικτό τα υπολείμματα καφέ να μετατραπούν σε βιολογικό λίπασμα.

Κομποστοποίηση είναι η βιολογική, αερόβια, θερμοφιλή και ελεγχόμενη διεργασία μερικής αποσύνθεσης των οργανικών αποβλήτων που οδηγεί στην παραγωγή κομπόστ, δηλαδή ενός οργανικού εδαφοβελτιωτικού που προσομοιάζει στο χούμους του εδάφους και προωθεί την ανάπτυξη των φυτών καθώς και την βελτίωση του εδάφους. Προέρχεται από τα φυτικά υπολείμματα του κήπου και τα οργανικά απορρίμματα της κουζίνας μας. Η ίδια η φύση μετατρέπει τα απορρίμματα αυτά σε ένα πλούσιο φυτόχωμα που χρησιμεύει ως λίπασμα και εδαφοβελτιωτικό αγνό, καθαρό και φυσικό. Κομποστοποίηση, λοιπόν, είναι μια φυσική διαδικασία κατά την οποία τα οργανικά απορρίμματα (φρούτα, λαχανικά, φύλλα) μετατρέπονται σε ένα πλούσιο οργανικό μείγμα που λειτουργεί ως εδαφοβελτιωτικό και λίπασμα.

Για να επιτευχθεί ο στόχος της κομποστοποίησης θα πρέπει να επιλεγεί μία από τις τρεις μεθόδους-τεχνικές κομποστοποίησης.

- Η πρώτη τεχνική αφορά στη δημιουργία εργοστασίων μεγάλου μηχανικού διαχωρισμού με συνεπαγόμενο τεράστιο κόστος. Στην Ελλάδα η κομποστοποίηση έγινε γνωστή γύρω στο 1990 και εκφράστηκε με μεγάλες μονάδες (εργοστάσια) διαχωρισμού απορριμμάτων. Στην χώρα μας δημιουργήθηκαν τρία εργοστάσια κομποστοποίησης, στα Άνω Λιόσια, στα Χανιά και στην Καλαμάτα. Δεν είχαν όμως επιτυχία παραγωγής κομπόστ και ο λόγος γιατί η παραγωγή δεν αποτελεί εμπορικό προϊόν και υπάρχει τεράστιο κόστος. Ακόμα και στην Ευρώπη τα αποτελέσματα είναι τα ίδια, διότι δεν γίνεται ο κατάλληλος διαχωρισμός των απορριμμάτων.
- Η δεύτερη τεχνική κομποστοποίησης που μπορεί να αποδειχθεί λειτουργική είναι η διαλογή στην πηγή. Με την μέθοδο αυτή, τοποθετείται σε κάθε γειτονιά ξεχωριστός κάδος, δίπλα στους συμβατικούς, όπου ο κάθε πολίτης διαχωρίζει τα απορρίμματα από το σπίτι του και τα εναποθέτει στους ειδικούς κάδους. Μεταφέρονται σε ειδικές μονάδες κομποστοποίησης, όπου είναι πλήρως οργανωμένες για την παραγωγή κομπόστ. Επειδή το υλικό που πηγαίνει με διαλογή στην πηγή, περιέχει όλα τα οργανικά, η μονάδα για να μπορέσει να κομποστοποιήσει ακόμα και τα δύσκολα υλικά τα οποία μυρίζουν πρέπει να διαθέτει πολύ καλή οργάνωση. Η μέθοδος αυτή εάν και αποτελεσματική, έχει μεγάλο κόστος.
- Η τρίτη τεχνική και η πιο ελπιδοφόρα είναι η οικιακή κομποστοποίηση. Ο πολίτης προμηθεύεται ειδικό κάδο όπου τον τοποθετεί στον κήπο του ή στην βεράντα του. Είναι ένας εύκολος, φθηνός και παράλληλα αποτελεσματικός τρόπος αναπαραγωγής κομπόστ. Το οργανικό λίπασμα που παράγεται είναι καλής ποιότητας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην ανάπτυξη των φυτών μας. Επιπλέον βοηθάμε με τον τρόπο αυτόν στην μείωση της ποσότητας των απορριμμάτων καθώς και στην προστασία του περιβάλλοντος, διότι θάβουμε λιγότερα σκουπίδια.

4. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι να βρεθεί:

1. Ο προσδιορισμός των ολικών φαινολικών ουσιών σε δείγματα υπολλειμάτων καφέ (γαλλικού, ελληνικού, εσπρέσο)
2. Ο προσδιορισμός τροφοθρεπτικών συσταστατικών στα υπολλείματα καφέ (γαλλικού, ελληνικού, εσπρέσο)
3. Ο προσδιορισμός των ολικών φαινολικών ουσιών σε δείγματα αλλεσμένων κόκκων καφέ (γαλλικού, ελληνικού, εσπρέσο)
4. Ο προσδιορισμός τροφοθρεπτικών συσταστατικών σε αλλεσμένους κόκκους καφέ (γαλλικού, ελληνικού, εσπρέσο)
5. Σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ αλλεσμένων κόκκων καφέ και υπολλειμάτων καφέ, έτσι ώστε να βρεθεί η διαφορά φαινολικού περιεχομένου και τροφοθρεπτικών συστατικών.

5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

5.1 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

5.1.1. ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΑΦΕ

Για την διεκπεραίωση της πτυχιακής εργασίας εξετάστηκαν τρία διαφορετικά είδη καφέ (ελληνικός, γαλλικός, εσπρεσο) (Πίνακας 1) που πωλούνται και καταναλώνονται ευρέως στην ελληνική αγορά.

Πίνακας 5 Δείγματα αξιολόγησης καφέδων

ΚΩΔΙΚΟΣ ΚΑΦΕ	ΕΙΔΟΣ ΚΑΦΕ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΚΑΦΕ
M1	ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ	ΛΟΥΜΠΑ
M2	ΓΑΛΛΙΚΟΣ	JABS
M3	ΕΣΠΡΕΣΟ	LI

5.1.2. ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ

Για την διεκπεραίωση των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω αντιδραστήρια:

- Αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu.
Διατίθεται στο εμπόριο και παρασκευάζεται ως εξής: 100g βολφραϊμικού νατρίου (tungstate de sodium) και 25g μολυβδαινικού νατρίου (molybdate de sodium) διαλύονται σε 700ml απεσταγμένο νερό. Προστίθενται 50ml H₃PO₄ 85%, 100ml πυκνού HCL και φέρεται σε βρασμό για 10 ώρες, κάτω απο κατακόρυφο ψυκτήρα. Στη συνέχεια προστίθενται 150g θειικού λιθίου, μερικές σταγόνες βρώμιου και φέρεται πάλι σε βρασμό για 15min. Το μίγμα ψύχεται και συμπληρώνεται ο όγκος του στο Π με απεσταγμένο νερό (Σουφλερός, 1997).
- Πρότυπο Γαλλικό Οξύ ξηρής μορφής, Gallic acid cryst.extra pure,(C₇H₆O₅H₂O), M=188.14g/mol, MERCK, προϊόν Γερμανίας.
- Διάλυμα άνυδρου Ανθρακικού Νατρίου (Na₂CO₃), Sodium Carbonate anhydrous for analysis-ACS-ISO, (Na₂CO₃), M=105.99g/mol, PANREAC, προϊόν Αγγλίας.
- CuSO₄ · 5H₂O, Cupric sulfate Pentahydrate, M=249.68g/mol, Fluca-Garancie.
- Τρυγικό Κ-Na, Potasio Sodio Tartrato 4-hidrato, NaK(COO)₂(CHOH)₂ · 4H₂O, M=282.23g/mol, PANREAC, προϊόν Αγγλίας.
- Καυστικό Νάτριο, Sodium Hydroxide pellets PA-ACS-ISO, NaOH, M=40.00g/mol, PANREAC, προϊόν Αγγλίας.
- Διάλυμα λανθανίου 5% κ.ο..Παρασκευάζεται με διάλυση 13,4g χλωριούχου λανθανίου (LaCl₃·7H₂O) ανά 100ml υδατικού διαλύματος.
- Διάλυμα Αιθυλικής Αλκοόλης, Ethanol absolute
- Διάλυμα NaHCO₃ 0.5N
- Διάλυμα πυκνού H₂SO₄ 98% (d=1,84g/ml) αναλυτικής καθαρότητας
- Μολυβδαινικού αμμωνίου (NH₄)₆MO₇O₂₄ 4H₂O
- Τρυγικό καλιοαντιμόνιο KSbO-C₄H₄O₆ (potassium antimony tare tate)
- Ασκορβικό οξύ (L(t)-Ascorbio Acid)

- Δείκτης p-νιτροφαινόλης
- Ενεργός άνθρακας (Merk Art 2154 Aktivkohle gepulvert reinst ή Pluka 05120)
- KH_2PO_4
- Διάλυμα Α (βαναδομολυβδαινικό διάλυμα). Παρασκευάζεται με την ανάμειξη $(\text{NH}_4)_6\text{MO}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{KSbO} \cdot \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$, H_2SO_4 98% και νερού.
- Διάλυμα Β. Παρασκευάζεται με την ανάμειξη ασκορβικού οξέος και του αντιδραστηρίου Α.
- Αλεσμένοι κόκκοι ελληνικού, γαλλικού και εσπρεσο
- Πρότυπα (: Ca, Mg, Fe, P, Na, K, N)

5.1.3. ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΣΚΕΥΗ

- Κωνικές φιάλες των 50 και 100ml.
- Ογκομετρικές φιάλες των 50, 100, 1000 και 2000ml.
- Δοκιμαστικοί σωλήνες.
- Ποτήρια ζέσεως των 50, 100, 200 και 500ml.
- Ογκομετρικοί κύλινδροι των 50 και 100ml.
- Σιφώνια μετρήσεως των 1, 5, 10 και 50ml.
- Σιφώνια πλήρωσεως των 1, 5, 10 και 50ml.
- Κυψελίδα χαλαζία.
- Γυάλινοι ράβδοι.
- Υδροβολείς.
- Σπάτουλες.
- Στατό.
- Μαγνητάκια ανάδευσης.
- Γυάλινα χωνιά διήθησης.
- Διηθητικό χαρτί.
- Μπρικι
- Εστια φωτίας
- Επαγγελματική μηχανή παρασκευής εσπρεσο
- Μικροπιπέτες των 45-200μl, 50-200μl και 200-1000μl
- Συσκευή ανάδευσης και θέρμανσης
- Συσκευή ανάδευσης
- Υδρόλουτρο
- Αναλυτικός ζυγός
- Φουρνος ξήρανσης
- Ηλεκτρονικό pH-μετρο
- Φιάλες μακρο- Kjeldahl χωρητικότητας 800 ή 1000 ml
- Συσκευή πέψης. Συσκευή απόσταξης
- Απαγωγός
- Φασματοφωτόμετρο για μέτρηση στα 760nm και 734nm
- Φλογοφωτόμετρο
- Φασματοφωτόμετρο ατομικής απορρόφησης

5.2 ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΕΚΧΥΛΙΣΜΑΤΩΝ ΚΑΦΕ

5.2.1 ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΥΠΟΛΛΕΙΜΑΤΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΚΑΦΕ

Η παρασκευή των υπό εξέταση δειγμάτων έγινε σύμφωνα με την παρακάτω διαδικασία:

- Πάρθηκε ένα καθαρό και στεγνό μπρίκι και τοποθετήθηκαν σε αυτό 75ml νερού και 6 γρ ελληνικού καφέ ο οποίος είναι ήδη αλεσμένος.
- Στην συνέχεια το μπρίκι τοποθετήθηκε στο κέντρο μέτριας φωτιάς(95°C) ώστε να θερμαίνεται όλο το σκεύος και το περιεχόμενο αναδεύτηκε αργά μέχρι την στιγμή όπου ο καφές διαλύθηκε. Καθ' ολη την διάρκεια παρασκευής του ροφήματος η ατμοσφαιρική πίεση παρέμενε σταθερή (1 atm).
- Μόλις ο καφές αρχίσε να φουσκώνει, το μπρίκι μεταφέρθηκε από την φωτιά..
- Όταν καφές κρύωσε αφαιρέθηκε προσεκτικά το υγρό μέρος και με προσοχή πάρθηκαν τα υπολλείματα.

5.2.2 ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΥΠΟΛΛΕΙΜΑΤΩΝ ΓΑΛΛΙΚΟΥ ΚΑΦΕ

Συνήθως ο καφές φίλτρου παρασκευάζεται σε επαγγελματικές καφετιέρες ή ατομικές συσκευές τύπου French press. Στην περίπτωση αυτή για την παραλαβή των υπολλειμάτων γαλλικού καφέ, χρησιμοποιήθηκε επαγγελματική μηχανή εσπρεσσο. Η διαδικασία ήταν η ακόλουθη:

- Ο καφές φίλτρου που χρησιμοποιήθηκε ήταν ήδη αλεσμένος.
- Αφαιρέθηκε το portafilter από τη μηχανή και με ένα στεγνό πανί το καθαρίστηκε.
- Προσθέθηκαν 20 γρ απο τον αλεσμένο καφέ φίλτρου.
- Στην συνέχεια το portafilter χτυπήθηκε στον πάγκο, έτσι ώστε ο καφές να είναι ομοιόμορφα κατανεμημένος.
- Με το tamper/πατητήρι σας, το οποίο ήταν στο σωστό μέγεθος για το portafilter, πατήθηκε ο καφές που είχε τοποθετηθεί στο portafilter.
- Τοποθετήθηκε το portafilter στο γκρουπ και πατήθηκε το κουμπί εκκίνησης της εσπρεσομηχανής.
- Όταν η διαδικασία τελειώσε, μεταφέρθηκε το portafilter απο την μηχανή και τα υπολλείματα του γαλλικού καφέ συλλέχθηκαν.
- Η θερμοκρασία του νερού της μηχανής ήταν 98°C και η ατμοσφαιρική πίεση που ασκήθηκε στον αλεσμένο καφέ ήταν 9 atm.

5.2.3 ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΥΠΟΛΛΕΙΜΑΤΩΝ ΕΣΠΡΕΣΟ

Η παρασκευή ροφήματος καφέ για την παραλαβή των υπολλειμάτων εσπρεσσο χρησιμοποιήθηκε επαγγελματική μηχανή εσπρεσσο. Παρακάτω ακολουθεί η αναλυτική διαδικασία παραλαβής.

- Τοποθετήθηκαν οι κόκκοι καφέ στην ειδική θήκη του μύλου άλεσης και αλέστηκαν .
- Όταν πλέον πάρθηκε η απαιτούμενη ποσότητα αλεσμένου καφέ διακόπηκε η λειτουργία του μύλου.
- Αφαιρέθηκε το portafilter από τη μηχανή και με ένα στεγνό πανί το καθαρίστηκε.
- Προσθέθηκαν 20 γρ απο τον αλεσμένο καφέ εσπρέσο.

- Στην συνέχεια το portafilter χτυπήθηκε στον πάγκο, έτσι ώστε ο καφές να είναι ομοιόμορφα κατανεμημένος.
- Με το tamper/πατητήρι σας, το οποίο ήταν στο σωστό μέγεθος για το portafilter, πατήθηκε ο καφές που είχε τοποθετηθεί στο portafilter.
- Τοποθετήθηκε το portafilter στο γκρουπ και πατήθηκε το κουμπί εκκίνησης της εσπρεσομηχανής.
- Όταν η διαδικασία τελειώσει, μεταφέρθηκε το portafilter από την μηχανή και τα υπολλείματα του γαλλικού καφέ συλλέχθηκαν.
- Η θερμοκρασία του νερού της μηχανής ήταν 98°C και η ατμοσφαιρική πίεση που ασκήθηκε στον αλεσμένο καφέ ήταν 15 atm.

5.2.4 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΧΕΤΙΚΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ.

Αφού συλλέχθηκαν όλα τα υπολλείματα και των τριών υπό εξέταση ειδών καφέ, έγιναν μετρήσεις της υγρασίας. Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι μέτρησης της υγρασίας σε τρόφιμα. Στην συνέχεια παρουσιάζονται 3 γνωστοί μέθοδοι:

- 1η Μέθοδος: (Εμμεση μέθοδος υπό κενό)
- 2η Μέθοδος: (Εμμεση μέθοδος)
- 3η Μέθοδος: (Άμεση μέθοδος)

Στην παρούσα εργασία έγινε χρήση της πρώτης μεθόδου. Όπου, σε τρυβλίο με καπάκι ζυγίστηκαν με ακρίβεια 50 γρ από υπολλείματα του κάθε είδους καφέ, αλλά και από αλεσμένους κόκκους ίδιας ακριβώς προέλευσης. Τα τρυβλία με τα υπολλείματα καφέ τοποθετήθηκαν σε φούρνο ξήρανσης στους 100°C με πίεση < 100 mmHg (13,3 kPa). Οι πρότυποι αλεσμένοι κόκκοι καφέ δεν χρειάζεται να υποστούν αυτή την διεργασία καθώς ο βαθμός της σχετικής τους υγρασίας είναι γνωστός. Η διαδικασία ξήρανσης διήρκησε περίπου 4 ώρες. Μετά το τέλος της ξήρανσης έγινε επαναφορά της πίεσης στην ατμοσφαιρική και στην συνέχεια μετρήθηκε το βάρος των τρυβλίων.

Πίνακας 6 Προσδιορισμός σχετικής υγρασίας

ΕΙΔΟΣ ΚΑΦΕ	ΑΡΧΙΚΗ ΤΙΜΗ	ΤΕΛΙΚΗ ΤΙΜΗ	ΣΧ. ΥΓΡΑΣΙΑ
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ	50g	42,02g	7.98g
ΓΑΛΛΙΚΟΣ	35g	11,94g	23.06g
ΕΣΠΡΕΣΟ	50g	17,10g	32,9g

5.2.5 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Αφού συλλέχθηκε η απαραίτητη ποσότητα των υπο εξέταση δειγμάτων, παρασκευάστηκαν τα υπο εξέταση διαλύματα.

Σε ζυγό ακριβείας ζυγίστηκαν 2γρ απο κάθε ένα τρυβλίο με τους κόκκους καφέ.

Στην συνέχεια οι ζυγισμένες ποσότητες καφε τοποθετήθηκαν σε διαφορετικές ογκομετρικές φιάλες των 50 ml.

Τέλος, προστέθηκε νερό μέχρι τη χαραγή.

Το διάλυμα ανανεωνόταν κάθε μέρα

5.3 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΛΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΛΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ ΜΕΘΟΔΟΣ FOLIN-CIOCALTEU ΣΤΑ ΥΠΟΛΛΕΙΜΑΤΑ ΚΑΦΕ

Το σύνολο των φαινολικών ενώσεων ενός εκχυλίσματος προσδιορίζεται συνήθως με χρωματομετρικές μεθόδους. Αν και κανένα αντιδραστήριο δεν δίνει με τις επιμέρους φαινολικές ενώσεις προϊόντα που να εμφανίζουν το ίδιο μέγιστο μήκος απορρόφησης, η μέθοδος που στηρίζεται στο αντιδραστήριο FOLIN-CIOCALTEU είναι η πλέον αποδεκτή (Tsimidou et al., 1992).

Η μέθοδος αυτή προσδιορίζει τις ολικές φαινολικές ενώσεις ενός δείγματος και είναι η πλέον αποδεκτή. Βασίζεται στην οξείδωση των φαινολικών ενώσεων σε αλκαλικό περιβάλλον με μίγμα φωσφοροβολφραιμικού (H3PW12O40) και φωσφορομολυβδαινικού οξέος (H3PMo12O40). Κατά την αντίδραση οι φαινολικές ομάδες οξειδώνονται σε ομάδες με δομή κινόνης και τα οξέα φωσφοροβολφραιμικού και φωσφορομολυβδαινικού ανάγονται σε οξειδία βολφραιμίου (W8O23) και μολυβδαινίου (MoO23) μπλε χρώματος. Γενικά, οι φαινόλες που καθορίζονται από τον δείκτη FC εκφράζονται πολύ συχνά σε ισοδύναμα γαλλικού οξέος (Σουφλερός, 1997).

Εκτός από το αντιδραστήριο Trolox έχει βρεθεί ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί και το Γαλλικό Οξύ. Σύμφωνα με έρευνες που έχουν γίνει, τα αντιδραστήρια Trolox και Γαλλικό Οξύ, σαν πρότυπα αντιδραστήρια σ' αυτή τη μέθοδο, είναι παρόμοια θεωρώντας ότι το Trolox είναι μια μονοφαινόλη και το Γαλλικό Οξύ μια τριφαινόλη (Minussi et al., 2002).

5.3.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΦΑΙΝΟΛΩΝ

5.3.1.1 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ

- Το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu χρησιμοποιήθηκε αραιωμένο 1:1 με απεσταγμένο νερό.
- Το αντιδραστήριο Solution 1 παρασκευάστηκε με την ανάμειξη σε μία ογκομετρική φιάλη των 1000ml των παρακάτω τριών αντιδραστηρίων:
 - ✓ 10ml $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 1%(σε μία ογκομετρική φιάλη των 100ml προστέθηκαν 1g από το $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ και 99ml απεσταγμένο νερό).
 - ✓ 10ml Τρυγικό K-Na 2%(σε μία ογκομετρική φιάλη των 100ml προστέθηκαν 2g από το Τρυγικό K-Na και 98ml απεσταγμένο νερό).
 - ✓ 980ml $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{NaOH}$ (σε μία ογκομετρική φιάλη των 1000ml προστέθηκαν 20g Na_2CO_3 , 4g NaOH και συμπληρώθηκε με απεσταγμένο νερό μέχρι τη χαραγή).
 - ✓ Ακολούθησε έντονη ανάδευση.
- Το πυκνό Γαλλικό Οξύ παρασκευάστηκε προσθέτοντας σε μία ογκομετρική φιάλη των 100ml, 0.5g Γαλλικό Οξύ ξηρής μορφής, 10ml αιθυλική αλκοόλη και συμπληρώθηκε με απεσταγμένο νερό. Ακολούθησε έντονη ανάδευση.
- Τέλος σε ογκομετρικές φιάλες των 50 ml προστέθηκαν 2 g απο τα υπο εξέταση δείγματα καφέ και απιονισμένο μερό μέχρι την χαραγή.

5.3.1.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΡΟΤΥΠΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΦΑΙΝΟΛΙΚΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ

Για την δημιουργία της πρότυπης καμπύλης αναφοράς χρησιμοποιήθηκαν πρότυπα διαλύματα Γαλλικού Οξέος. Οι συγκεντρώσεις που χρησιμοποιήθηκαν, επιλέχθηκαν μετά από μία σειρά υπολογισμών και δοκιμών της αντίδρασης σε δείγματα καφέδων. Συνοπτικά η διαδικασία που ακολούθησε ήταν η εξής:

- Σε ογκομετρική φιάλη των 100ml προστέθηκαν 0.5g Γαλλικού Οξέος ξηρής μορφής και 10ml αιθυλική αλκοόλη, ώστε να διαλυθεί το Γαλλικό Οξύ. Μετά από καλή ανάδευση συμπληρώθηκε η ογκομετρική φιάλη με απεσταγμένο νερό. Έτσι παρασκευάστηκε το πυκνό διάλυμα Γαλλικού Οξέος.
- Από το πυκνό διάλυμα Γαλλικού Οξέος ελήφθησαν 0.1, 0.2, 0.5, 1 και 2ml και τοποθετήθηκαν σε ογκομετρικές φιάλες των 100ml οι οποίες κατόπιν συμπληρώθηκαν με απεσταγμένο νερό. Από αυτά τα πέντε πρότυπα αραιωμένα διαλύματα Γαλλικού οξέος ελήφθησαν με σιφώνιο ποσότητες 0.5ml και τοποθετήθηκαν σε πέντε δοκιμαστικούς σωλήνες αντίστοιχα.
- Προστέθηκαν σε κάθε δοκιμαστικό σωλήνα 2.5ml από το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu (αραιωμένο 1:1 με απεσταγμένο νερό) και ακολούθησε έντονη ανάδευση.
- Προστέθηκαν σε κάθε δοκιμαστικό σωλήνα 2ml από το αντιδραστήριο Solution 1 και ακολούθησε έντονη ανάδευση.
- Οι δοκιμαστικοί σωλήνες τοποθετήθηκαν σε υδρόλουτρο σε θερμοκρασία 50oC για 15min.
- Τέλος ακολούθησε μέτρηση της απορρόφησης των διαλυμάτων με τη βοήθεια φασματοφωτομέτρου στα 760nm. Ο μηδενισμός του οργάνου έγινε με τυφλό δείγμα το οποίο παρασκευάστηκε με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω με την μόνη διαφορά ότι στη θέση του Γαλλικού Οξέος προστέθηκε ίδια ποσότητα απεσταγμένου νερού.

Για την κατασκευή της πρότυπης καμπύλης, έγινε πρώτα ο υπολογισμός των μg Γαλλικού Οξέος που υπάρχουν στα πέντε πρότυπα διαλύματα. Έτσι, λοιπόν για τα πρότυπα διαλύματα των 0.1, 0.2, 0.5, 1 και 2ml Γαλλικού Οξέος υπολογίστηκαν ότι υπάρχουν 0,195-0,340-1,261-1,914-3,00 γαλλικού οξέος αντίστοιχα. Κατασκευάστηκε λοιπόν πρότυπη καμπύλη με άξονα Χ τα μg Γαλλικού Οξέος και άξονα Υ τις μετρούμενες απορροφήσεις στα 760nm.

5.3.1.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Στην ανάλυση των δειγμάτων ακολούθηθηκε η παρακάτω διαδικασία:

- Παίρνουμε 1ml από το αραιωμένο διάλυμα καφέ και 2.5ml από το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu και ακολούθησε έντονη ανάδευση.
- Προστέθηκε 2ml από το αντιδραστήριο Solution 1 και ακολούθησε έντονη ανάδευση. Τοποθετήθηκε σε υδρόλουτρο σε θερμοκρασία 50oC για 15min.
- Μετά την παρέλευση των 15min έγινε ψύξη αυτού με κρύο νερό και συγχρόνως ανάδευση.

Τέλος ακολούθησε η μέτρηση της απορρόφησης με τη βοήθεια φασματοφωτομέτρου στα 760nm. Ο μηδενισμός του οργάνου έγινε με τυφλό δείγμα το οποίο παρασκευάστηκε με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω με την μόνη διαφορά ότι στη θέση του δείγματος προστέθηκε ίδια ποσότητα απεσταγμένου νερού.

5.3.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΦΩΣΦΟΡΟΥ

5.3.2.1 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΩΝ

- Διάλυμα NaOH 5N:
 - ✓ Σε ζυγαριά ακριβείας ζυγίσθηκαν 40g NaOH
 - ✓ Σε 800 ml απεσταγμένου νερού προστέθηκαν τα 40g NaOH
 - ✓ Τέλος συμπληρώθηκε νερό μέχρι όγκου 1000 ml.
- Διάλυμα NaHCO₃ 0.5N :
 - ✓ Με ογκομετρικό κύλινδρο των 1000 ml προστέθηκαν σε ογκομετρική φιάλη των 1000 ml, 800 ml απεσταγμένο νερο.
 - ✓ Σε ζυγαριά ακριβείας ζυγίσθηκαν 42 g NaHCO₃ και προστέθηκαν με την χρήση σιφωνίου στην φιάλη με το απεσταγμένο νερό.
 - ✓ Τέλος ρυθμίσθηκε το pH του διαλύματος στο 8,5.
- Διάλυμα H₂SO₄ 5N:
 - ✓ Με ογκομετρικό κύλινδρο των 1000 ml προστέθηκαν σε ογκομετρική φιάλη των 1000 ml, 800 ml απεσταγμένο νερο.
 - ✓ Με πιπετα ακριβείας των 50 ml προστέθηκαν στην ογκομετρική φιάλη των 1000 ml με το απεσταγμένο νερο, 141 ml πυκνού H₂SO₄ 98%
 - ✓ Έγινε ψύξη του διαλύματος.
 - ✓ Τέλος συμπληρώθηκε με απεσταγμένο νερό μέχρι όγκου 1000
- Αντιδραστήριο Α (βαναδομολυβδαινικό διάλυμα):
 - ✓ Σε ζυγαριά ακριβείας ζυγίζω 12g μολυβδαινικού αμμωνίου((NH₄)₆MO₇O₂₄ 4H₂O, KSbO·C₄H₄O₆) και 0.291 g Τρυγικού καλιοαντιμονίου KSbO·C₄H₄O₆
 - ✓ Σε ποτήρι ζέσεως των 500 ml, προστέθηκαν 250 ml απεσταγμένου νερού και τα 12 g μολυβδαινικού αμμωνίου
 - ✓ Σε ποτήρι ζέσεως των 200 ml, προστέθηκαν 100 ml απεσταγμένου νερού και τα 0.291 g Τρυγικού καλιοαντιμονίου
 - ✓ Μεταφέρθηκαν τα παραπάνω διαλύματα σε ογκομετρική φιάλη των 2000 ml.
 - ✓ Προστέθηκαν 1000 ml H₂SO₄ 5N και συμπληρώθηκε μέχρι απεσταγμένο νερό μέχρι όγκου 2000 ml.
 - ✓ Το διάλυμα φυλάχθηκε σε δροσερό και σκιερό μέρος.
- Αντιδραστήριο Β:
 - ✓ Σε ζυγαριά ακριβείας ζυγίσθηκαν 0,528g ασκορβικού οξέος.
 - ✓ Σε δοχείο των 200 ml προστέθηκαν 100 ml του αντιδραστήριο Α(και τα 0,528g ασκορβικού οξέος.

Η ποσότητα του αντιδραστηρίου Β εξαρτάται απο το μέγεθος των δειγμάτων μας, καθώς σε κάθε ένα δείγμα αντιστοιχούν 6ml αντιδραστηρίου. Επίσης το αντιδραστήριο Β χάνει την δράση του μέσα σε 48 ώρες, επομένως η χρήση του μετά το πέρασμα αυτού του χρόνου, δεν είναι δυνατή.

- Δείκτης δείκτη p-νιτροφαινόλης:

Σε 100ml απεσταγμένου νερού, διαλύθηκαν 0,25g δείκτη p-νιτροφαινόλης

5.3.2.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΡΟΤΥΠΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΦΩΣΦΟΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ

- Stock standard P (500mg/L):
 - ✓ Σε ζυγαριά ακριβείας ζυγίσθηκαν 2,1964g KH_2PO_4 , το οποίο διαλύθηκαν σε 500 ml απεσταγμένου νερού. Αφού προσθέθηκαν 4 ml πυκνο H_2SO_4 συμπληρώθηκε νερό μέχρι όγκου 1000 ml.
- Stock standard P(3mg/L):
 - ✓ Παρασκευάζεται με την αραιώση 3 ml από το Stock standard P (500mg/L), μέχρι όγκου 500 ml.
- Πρότυπα φωσφόρου(0.3,0.6,0.9,1.2 ml):
 - ✓ Από το Stock standard P(3mg/L) ελήφθησαν 5,10,15 και 20ml και τοποθετήθηκαν σε 4 διαφορετικές ογκομετρικές φιάλες των 50ml.
 - ✓ Στις ίδιες ογκομετρικές φιάλες προστέθηκαν 6ml από το αντιδραστήριο Β(βαναδομολυβδαινικό διάλυμα) και δείκτης p-νιτροφαινόλης.
 - ✓ Έγινε προσθήκη απεσταγμένου νερού μέχρι όγκου 50ml.
 - ✓ Το τυφλό παρασκευάζεται σε ογκομετρική φιάλη των 50ml και προσθέτουμε τα 6 ml του Αντιδραστηρίου Β και δείκτη p-νιτροφαινόλης
- Αναδεύονται καλά τα διαλύματα και αφήνονται για δέκα λεπτά για να αναπτυχθεί το χρώμα.

Έτσι, λοιπόν για τα πρότυπα διαλύματα των 0.3,0.6,0.9,1.2 ml Φωσφόρου υπολογίστηκαν ότι υπάρχουν 0.219, 0.427, 0.651, 0.844 ppm αντίστοιχα. Το φασματοφωτόμετρο μηδενίζεται με το τυφλό διάλυμα σε μήκος κύματος 400 nm και κατόπιν μετρούνται οι οπτικές πυκνότητες και κατασκευάζεται η καμπύλη αναφοράς.

5.3.2.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Για την ανάλυση των δειγμάτων ακολούθησε η παρακάτω διαδικασία:

- Πάρθηκε 1ml από το αραιωμένο διάλυμα καφέ και προστέθηκαν λίγες σταγόνες δείκτη p-νιτροφαινόλης και 6ml από το αντιδραστήριο Β και ακολούθησε έντονη ανάδευση.

Τέλος έγινε μέτρηση της απορρόφησης με τη βοήθεια φασματοφωτομέτρου στα 400nm. Ο μηδενισμός του οργάνου έγινε με τυφλό δείγμα το οποίο παρασκευάστηκε με τον ίδιο ακριβώς τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω με την μόνη διαφορά ότι στη θέση του δείγματος προστέθηκε ίδια ποσότητα απεσταγμένου νερού.

5.3.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΑΖΩΤΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΑΠΟΤΕΦΡΩΣΗΣ

Η μέθοδος αυτή είναι γρήγορη και ακίνδυνη, ενώ ταυτόχρονα μπορούν να χρησιμοποιηθούν δείγματα μεγάλου βάρους (1-2 g) τα οποία περιορίζουν τα σφάλμα των αναλύσεων. Με τη μέθοδο αυτή προσδιορίζονται τα περισσότερα μικροστοιχεία. Η αποτέφρωση γίνεται στη μικρότερη δυνατή θερμοκρασία και σε όσο το δυνατόν μικρότερο χρόνο για τον προσδιορισμό των παραπάνω στοιχείων. Κατά τη μέθοδο αυτή κονιοποιημένα δείγματα βάρους 0,5-1 g τοποθετούνται σε χωνευτήρια από πορσελάνη Νο 102/40. Τα χωνευτήρια τοποθετούνται σε φούρνο υψηλής θερμοκρασίας και τα δείγματα αποτεφρώνονται στους 600°C για όσες ώρες απαιτούνται ώστε να έχει γίνει τέλεια αποτέφρωση.

Μετά την καύση τα δείγματα αφήνονται να επανέρθουν σε κανονική θερμοκρασία και στην συνέχεια συμπληρώνεται 1-2 mL νερό και 3-4 mL διαλύματος HCL 1:1 κατ' όγκο. Το χωνευτήρι καλύπτεται με ύαλο ωρολογίου και τοποθετείται σε ατμόλουτρο για 15 λεπτά. Ακολούθως διηθείται το δείγμα με ηθμό Νο 44, ο οποίος προηγουμένως έχει εκπλυθεί με διάλυμα HCL. Το διήθημα συλλέγεται σε ογκομετρικές φιάλες των 50 mL. Μετά τη διήθηση του δείγματος, το χωνευτήρι και ο ηθμός ξεπλένονται 3-4 φορές με νερό. Τέλος, γίνεται αναγωγή του όγκου του διηθήματος στα 50 mL με την προσθήκη νερού.

5.3.3.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΠΟΔΙΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΜΕ ΟΞΕΑ ΥΠΟΛΛΕΙΜΑΤΩΝ ΚΑΦΕ

- ✓ Ζυγίσθηκαν 0,2-0,5g καφέ (ξηρού σε 105°C) και το τοποθετήθηκαν προσεκτικά στη φιάλη Kjeldahl.
- ✓ Προστέθηκε 1 ταμπλέτα 5 g από το καταλύτη
- ✓ Συμπληρώθηκαν 6 mL πυκνό H₂SO₄ με τρόπο ώστε να διαβρέχονται τα τοιχώματα του σωλήνα
- ✓ Η φιάλη μεταφέρθηκε στη συσκευή πέψης. Η συσκευή είχε προηγουμένως μπει σε λειτουργία ώστε η θερμοκρασία πέψης να φτάσει στο μέγιστο. Για τη συσκευή πέψης Buchi ο διακόπτης πρέπει να είναι στην αρχή στην κλίμακα 10 για 20 λεπτά και μετά στην 8.
- ✓ Κατά την διάρκεια της υγρής καύσης το δείγμα χρωματίζεται βεραμάν και παραμένει για άλλα 20 λεπτά οπότε ολοκληρώνεται η διαδικασία της καύσης.
- ✓ Το περιεχόμενο των φιαλών μεταφέρθηκε σε ογκομετρικές φιάλες των 100mL από όπου πάρθηκαν 1 mL και έγινε η μέτρηση του αζώτου.

5.3.3.2 ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Σκοπός της μεθόδου είναι ο προσδιορισμός του αζώτου στον καφέ σε μορφή νιτρικών (NO₃-) ή ακόμα και νιτρωδών (NO₂-) αλάτων. Η μέθοδος περιείχε κατεργασία ενός δείγματος, που διαλύθηκε με πυκνό θεικό οξύ (H₂SO₄) 95% σε μια φιάλη Kjeldahl. Νιτρικά και νιτρώδη αντιδρούν και σχηματίζουν ενώσεις αζώτου. Με την καύση διασπάται η ένωση

αζώτου και παράγεται η αμμωνία, η οποία δεν πρέπει να μείνει σ' αυτή τη μορφή γιατί είναι πτητική. Έτσι η αμμωνία παραμένει μέσα στη φιάλη με το H_2SO_4 μετατρέπεται σε $(NH_4)_2SO_4$. Μέσα στη φιάλη το θειικό αμμώνιο $(NH_4)_2SO_4$ αντιδρά με το καυστικό νάτριο (NaOH). Το NH_4OH διασπάται εύκολα σε αμμωνία και νερό. Η αμμωνία πριν φύγει, μετατρέπεται πάλι σε αμμώνιο και αντιδρά με το βορικό οξύ.

5.3.3.3 ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΩΝ

Η μέτρηση του αζώτου έγινε με τη μέθοδο της ινδοφαινόλης. Αντιδραστήρια:

1. Stock solution: Διαλύθηκαν 0,191 g NH_4Cl σε 500 mL απιονισμένο νερό. Η περιεκτικότητα σε NH_4^+-N ανά mL είναι 0,1 mg.
2. Working solution: Ετοιμάζεται μόνο την ημέρα της μέτρησης και δεν φυλάσσεται. Αραιώθηκε το stock solution σε αναλογία 1 προς 5 με απιονισμένο νερό, έτσι η περιεκτικότητα του working solution σε NH_4^+-N είναι 0,02 mg/mL.
3. Παράγοντας: Διαλύθηκαν 35 g Sodium potassium tartrate, 17,5 g sodium salicylate και 0,5 g Sodium nitroprusside σε περίπου 400mL απιονισμένο νερό. Προσθέτουμε 40 mL 50% NaOH (35 g NaOH σε 35 mL νερό) και αναδεύτηκαν. Συμπληρώθηκε απιονισμένο νερό μέχρι τον όγκο του ενός λίτρου, αναδεύτηκε καλά και αποθηκεύτηκε σε 20C.
4. Διάλυμα NaOCl: Χρησιμοποιήθηκε χλωρίνη εμπορίου με περιεκτικότητα 4,8%. Επειδή χρειάστηκε διάλυμα Υποχλωριώδους νατρίου 0,15% διαλύθηκαν 7,81 mL χλωρίνης σε 250 mL απιονισμένο νερό.

5.3.3.4 ΜΕΤΡΗΣΗ ΑΖΩΤΟΥ

Η μέτρηση της περιεκτικότητας των φυτικών ιστών σε ολικό N γίνεται με απορρόφηση σε φασματοφωτόμετρο στα 660 nm. Για την δημιουργία της καμπύλης αναφοράς φτιάχθηκε ένα τυφλό δείγμα και μια σειρά από standards με γνωστή περιεκτικότητα σε NH_4^+-N . Το τυφλό και τα standards φτιάχνονται σε ογκομετρικές φιάλες των 50mL με την εξής διαδικασία:

Τυφλό: Τοποθετήθηκε 1 mL από το τυφλό της υγρής καύσης, 40 mL παράγοντα, 4 mL NaOCl και συμπληρώθηκαν με απιονισμένο νερό μέχρι του τελικού όγκου των 50 mL.

Standard 1: Τοποθετήθηκε 1 mL working solution στην φιάλη και προσθέθηκαν 40 mL παράγοντα, 4 mL NaOCl και συμπληρώθηκε απιονισμένο νερό μέχρι του τελικού όγκου των 50 mL (0,02 mg NH_4^+-N/mL).

Standard 2: Τοποθετήθηκαν 2 mL working solution στην φιάλη και προστέθηκαν 40 mL παράγοντα, 4 mL NaOCl και συμπληρώθηκαν με απιονισμένο νερό μέχρι του τελικού όγκου των 50 mL (0,04 mg NH₄⁺-N/mL)

Standard 3: Τοποθετήθηκαν 3 mL working solution στην φιάλη και προστέθηκαν 40 mL παράγοντα, 4 mL NaOCl και συμπληρώθηκε απιονισμένο νερό μέχρι του τελικού όγκου των 50 mL (0,06 mg NH₄⁺-N/mL)

Standard 4: Τοποθετήθηκαν 4 mL working solution στην φιάλη και προστέθηκαν 40 mL παράγοντα, 4 mL NaOCl και συμπληρώθηκε απιονισμένο νερό μέχρι του τελικού όγκου των 50 mL (0,08 mg NH₄⁺-N/mL)

Standard 5: Τοποθετήθηκαν 5 mL working solution στην φιάλη και προστέθηκαν 40 mL παράγοντα, 4 mL NaOCl και τοποθετήθηκε απιονισμένο νερό μέχρι του τελικού όγκου των 50 mL (0,10 mg NH₄⁺-N/mL)

Δείγματα: Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για τα δείγματα.

Η προετοιμασία των δειγμάτων αλλά και των standards έγινε όσο το δυνατόν πιο γρήγορα. Μετά από την προσθήκη κάθε αντιδραστηρίου χρειάστηκε να γίνει ισχυρή ανάδευση. τα δείγματα, τα standards και το τυφλό τοποθετήθηκαν σε υδατόλουτρο σε 40°C για 10 λεπτά και η μέτρηση έγινε στο φασματοφωτόμετρο στα 660nm. Ονομάζοντας το τυφλό 0,00, το standard 1 0,02, το standard 2 0,04 κ.ο.κ. έως το standard 5 0,10, τα αποτελέσματα δίνουν τη περιεκτικότητα των δειγμάτων σε mg NH₄⁺-N. Για να υπολογιστεί η περιεκτικότητα σε N % χρησιμοποιούμε τον εξής τύπο: N% = C (mg) X αρχ. διαλύματος υγρής καύσης (όπου 0,2 g ξ.ο. εκχυλ. σε 100 mL) / 10 X mL δείγματος από δ. υγρής καύσης X βάρος ξηράς ουσίας δείγματος.

Στη συγκεκριμένη μέθοδο τα mL αρχικού διαλύματος από υγρή καύση είναι 100, τα mL διαλύματος που τοποθετήθηκαν στην φιάλη είναι 1 και το βάρος δείγματος που χρησιμοποιήθηκε για την υγρή καύση είναι 0,2 g. Έτσι ο τύπος μετατρέπεται ως εξής: N% = C (mg) * 100 / 2

5.3.4 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ Na ΚΑΙ Κ ΣΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΑΦΕ

Για τον προσδιορισμό των στοιχείων Na και K χρησιμοποιήθηκε σύστημα φασματοσκοπίας ατομικής εκπομπής με φλόγα. Ατομοποίηση των στοιχείων πραγματοποιήθηκε με φλόγα που προέκυψε από το συνδυασμό καύσιμου αερίου και αέρα (ως οξειδωτικό αέριο). Τα μέταλλα μετρήθηκαν με την επιλογή του κατάλληλου φίλτρου για το κάθε προς προσδιορισμό στοιχείο (Na: 589,3 nm, K: 766,5 nm).

5.3.4.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΡΟΤΥΠΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ Na ΚΑΙ K

- Από πυκνά πρότυπα διαλύματα των στοιχείων Na και K παρασκευαζόταν κάθε φορά σειρά διαλυμάτων γνωστών συγκεντρώσεων.
 - ✓ Από τα πυκνά πρότυπα Na και K παρασκευάστηκαν σειρά διαλυμάτων γνωστών συγκεντρώσεων (10,20,30,40,50 και 100 ppm νατρίου και 5,10,20,30,40,50,60, ppm καλίου)
 - ✓ Έγινε μέτρηση για κάθε διάλυμα προτύπου.
 - ✓ Έτσι, λοιπόν από τα πρότυπα διαλύματα του νατρίου υπολογίστηκε ότι υπάρχουν 22,45,65,80,86,113 ppm νατρίου αντίστοιχα με τις παραπάνω τιμές, ενώ για τα πρότυπα διαλύματα του καλίου υπολογίστηκε πως υπάρχουν 14,28,56,79,102,118,146 ppm καλίου.
 - ✓ Έγιναν 3 επαναλήψεις για την λήψη πιο έγκυρων αποτελεσμάτων.
 - ✓ Η επαναρύθμιση του μηδενός ήταν αναγκαία σε κάθε αλλαγή στοιχείου.
 - ✓ Τέλος κατασκευάστηκε πρότυπη καμπύλη με άξονα X τα ppm Na και K αντίστοιχα και άξονα Y τις μετρούμενες ενδείξεις.

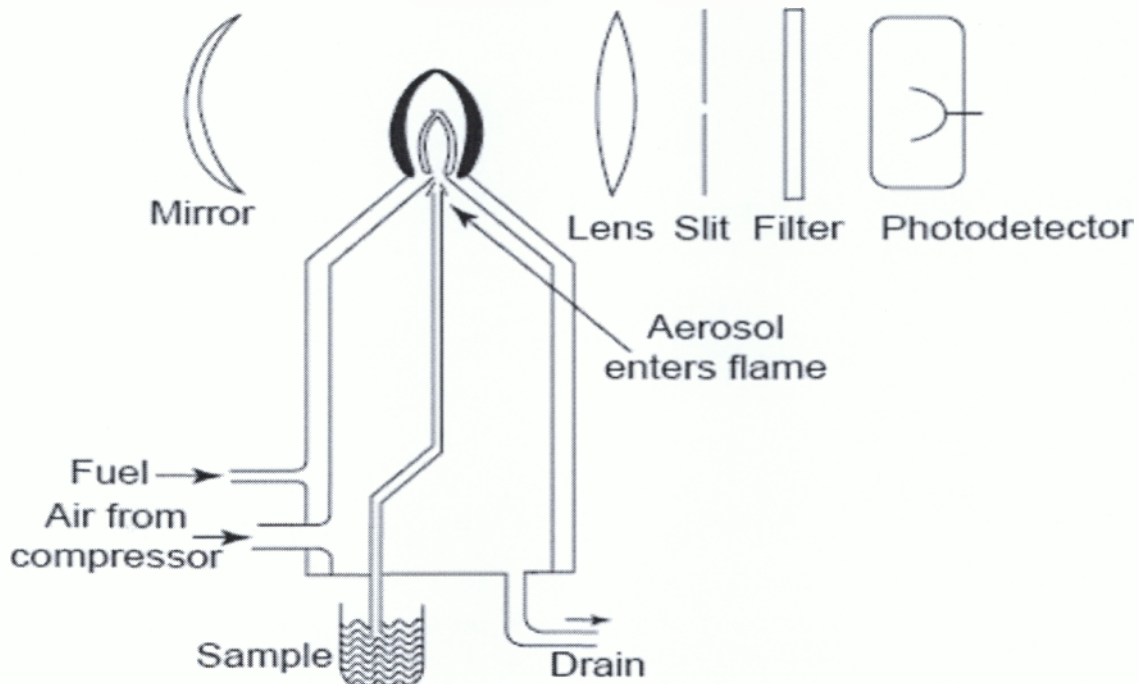
5.3.4.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Για την ανάλυση των δειγμάτων ακολούθησε η παρακάτω διαδικασία:

- Τέθηκε σε λειτουργία το φλογοφωτόμετρο.
- Βάλαμε σε λειτουργία το κομπρεσέρ τροφοδοσίας αέρα
- Στην συνέχεια, τέθηκε σε λειτουργία το φλογοφωτομέτρο πατώντας το διακόπτη POWER.
- Η βαλβίδα παροχής του καύσιμου αερίου ανοίχθηκε και εν συνεχεία έγινε η τροφοδοσία του φλογοφωτομέτρου με αέριο (από το FUEL).
- Γίνεται αυτόματο άναμμα της φλόγας με συνεχή πίεση του διακόπτη IGNITION.
- Μετά το άναμμα της φλόγας επιλέχθηκε από το διακόπτη FILTER SELECT του φίλτρου του προς προσδιορισμό στοιχείου.
- Ρυθμίστηκε με το FUEL την παροχή του καύσιμου αερίου για επίτευξη μπλε φλόγας (τέλεια καύση) και αναμονή ~10 min για σταθεροποίηση.
- Προσεχτικά τοποθετήθηκε τον τριχοειδή σωλήνα σε απιονισμένο νερό και ρύθμιση του μηδενός (BLANK) της κλίμακας (έλεγχος ορθής αναρρόφησης και σε αντίθετη περίπτωση ρύθμιση μέσω σχετικής στρόφιγγας).

- Τοποθετήθηκε το πυκνότερο πρότυπο διάλυμα στον τριχοειδή και περιστράφηκε ο διακόπτης FUEL μέχρι όπου επιτεύχθηκε η μέγιστη δυνατή ένδειξη στον ψηφιακό πίνακα του οργάνου.
- Τέλος πάρθηκαν τα αποτελέσματα των πρότυπων διαλυμάτων και εν συνεχεία έγιναν οι αναλύσεις των δειγμάτων ακολουθώντας την ίδια με την παραπάνω διαδικασία.
- Με το πέρας της ανάλυσης για το κλείσιμο της συσκευής πραγματοποιούνταν κλείσιμο της φιάλη τροφοδοσίας του αερίου, του διακόπτη FUEL, του φλογοφωτόμετρου (από το διακόπτη POWER) και του κομπρεσέρ τροφοδοσίας αέρα.

Σχήμα 8 Βασικά τμήματα διάταξης φλογοφωτομέτρου



5.3.5 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ Mg, Mn, Ca, Cu και Fe ΜΕ ΦΑΣΜΑΤΟΣΚΟΠΙΑ ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ

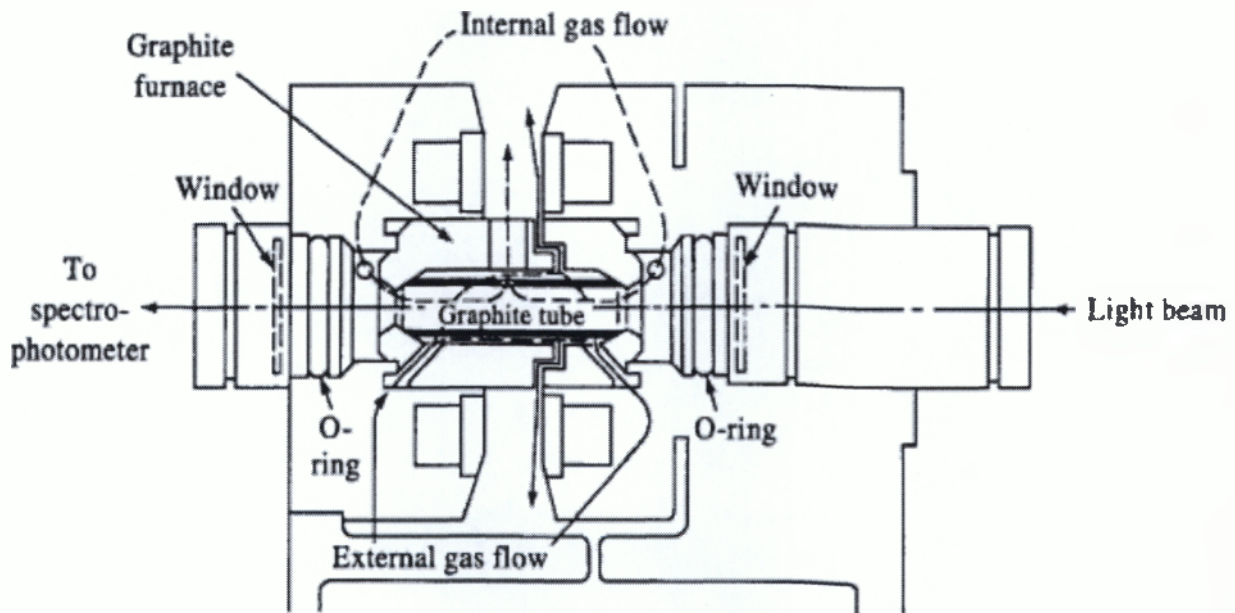
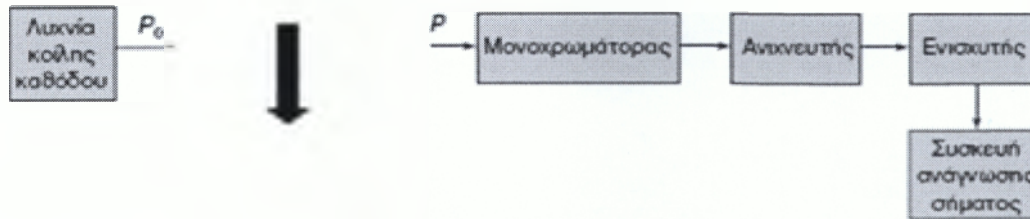
Για τον ποσοτικό προσδιορισμό των στοιχείων Mg, Mn, Ca, Cu και Fe χρησιμοποιήθηκε η τεχνική της ατομικής απορρόφησης. Η ατομοποίηση των στοιχείων πραγματοποιήθηκε σε φούρνο ηλεκτρικά θερμαινόμενου γραφίτη. Τα στοιχεία μετρήθηκαν ως εξής: το Mg στα 285,2 nm, το Mn στα 285,2 nm, το Ca στα 422,7 nm, ο Cu στα 324,8nm και ο Fe στα 248,3 nm.

5.3.5.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Για την ανάλυση των δειγμάτων ακολούθησε η παρακάτω διαδικασία:

- 50 g απο το κάθε είδος καφέ τοποθετούνται σε ζυγισμένο τρυβλίο με καπάκι.
- Τοποθετούμε τα τρυβλία σε φούρνο ξήρανσης στους 100oC σε πίεση < 100 mmHg (13,3 kPa) και τα αφήνουμε περίπου για 5 ώρες.
- Μετά το τέλος της ξήρανσης επαναφέρθηκε η πίεση στην ατμοσφαιρική και ζυγίσθηκαν σε θερμοκρασία χώρου.
- Στην συνέχεια ζυγίζουμε 2g απο το κάθε τρυβλία και ετοιμάσθηκαν τα υπο εξέταση δείγματά.
- Κάθε δείγμα έμπνε σε μία διαφορετική ογκομετρική φιάλη των 50 ml.
- Προστέθηκε νερό μέχρι τη χαραγή.
- Η φιάλη αργου που τροφοδοτεί φούρνο γραφίτη ανοίχθηκε
- Το νερό ψύξης επίσης.
- Τοποθετήθηκε η κατάλληλη λυχνία κοίλης καθόδου ανάλογα με ποιό στοιχείο αναλυόταν κάθε φορά.
- Ανοίχθηκε ο αυτόματος δειγματολήπτης, της κύριας μονάδας και ο υπολογιστής
- Το όργανο συνδέθηκε μέσω H/Y (επιλογή κατάλληλης λυχνίας - LAMP, επιλογή ανάλυσης μέσω ατομοποίησης με φούρνο γραφίτη - FURNACE ANALYSIS, επιλογή του προς ανάλυση στοιχείου - ELEMENT).
- Ενεργοποιήθηκε η στροφή μηχανισμού φούρνου έξω από την πορεία της φωτεινής δέσμης της πηγής.
- Επιλέχθηκε το πλήκτρο SET UP για ευθυγράμμιση της λυχνίας (βελτιστοποίηση θέσης λυχνίας με ρύθμιση σχετικών βιδών για λήψη μέγιστου σήματος στη μπάρα γραφικών του SET UP).
- Ο φούρνος επιστράφηκε στη θέση του και προθερμάνθηκε για 20 min.
- Επιλέχθηκε το πλήκτρο GAIN ώστε η μπάρα γραφικών να έρθει στη μέση της οθόνης και το πλήκτρο RUN ELEMENT
- Γεμίσαμε τον περιέκτη με το πρότυπο του υπο εξέταση στοιχείου και τοποθετήθηκαν στις προκαθορισμένες θέσεις του δίσκου του αυτόματο δειγματολήπτη.
- Επιλέχθηκε το πλήκτρο SAMPLE CONTROL και εν συνεχεία το πλήκτρο RESET SAMPLER.
- Πατήθηκε το πλήκτρο SAMPLER ON/OFF για αυτόματη εκκίνηση της ανάλυσης.

- Τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρεχόταν από ένδειξη του οργάνου που αντιστοιχούσε σε ολοκλήρωση του εμβαδού της κορυφής απορρόφησης μετά από αφαίρεση του σήματος υποβάθρου.
- Μετά το πέρας της ανάλυσης για το κλείσιμο του συστήματος πραγματοποιούνταν κλείσιμο του γενικού διακόπτη του οργάνου, του αυτόματου δειγματολήπτη, του υπολογιστή, της παροχής του νερού και του αερίου.
- Ακολουθείθηκε η ίδια διαδικασία για κάθε ένα από τα υπό εξέταση δείγματα για κάθε ένα από τα στοιχεία.
- Κάθε φορά που γίνεται μέτρηση σε διαφορετικό στοιχείο, γίνεται ένας μικρός καθαρισμός του οργάνου με απεσταγμένο νερό.



Σχήμα 9: Βασικά τμήματα διάταξης φασματοσκοπίας ατομικής απορρόφησης με φούρνο ηλεκτρικά θερμαινόμενου γραφίτη που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία

6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

6.1 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΟΛΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΛΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ FOLIN-CIOCALTEU

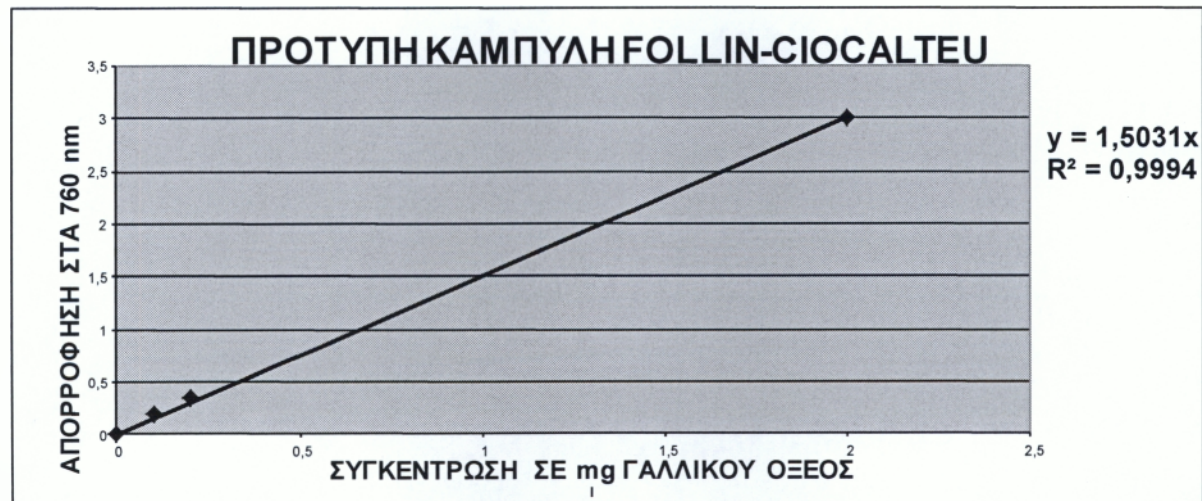
6.1.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΤΥΠΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ

Για την κατασκευή της πρότυπης καμπύλης, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, έγινε μέτρηση της απορρόφησης διαφορετικών συγκεντρώσεων Γαλλικού Οξέος στα 760nm με τη βοήθεια φασματοφωτομέτρου. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 5.

Πίνακας 7: Μετρούμενες τιμές για την κατασκευή Πρότυπης Καμπύλης για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των ολικών φαινολικών ουσιών με τη μέθοδο Folin-Ciocalteu

μg Γαλλικού Οξέος	Απορρόφηση (nm)	Απορρόφηση
0,1 mg	760nm	0,195 nm
0,2 mg	760nm	0,340 nm
0,5 mg	760nm	1,261 nm
1,0 mg	760nm	1,914 nm
2,0 mg	760nm	3,00 nm

Παίρνοντας τις τιμές του παραπάνω πίνακα κατασκευάστηκε Πρότυπη Καμπύλη με άξονα X την συγκέντρωση σε μg του Γαλλικού Οξέος και άξονα Y την μετρούμενη απορρόφηση στα 760nm.



Γράφημα 1: Πρότυπη Καμπύλη για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των ολικών φαινολικών ουσιών με τη μέθοδο Follin-Ciocalteu.

6.1.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Αξιολογήθηκαν δείγματα υπολλειμάτων ελληνικού, γαλλικού και εσπρέσο αλλά και αντίστοιχη αξιολόγηση στους αλλεσμένους κόκκους των ίδιων ακριβώς ειδών. Έγινε μέτρηση της απορρόφησης του κάθε δείγματος στα 760nm για τον προσδιορισμό των φαινολικών ουσιών. Η διαδικασία επαναλήφθηκε για κάθε δείγμα τρεις φορές. Ακολούθησε αναγωγή των αποτελεσμάτων με την βοήθεια της Πρότυπης Καμπύλης. Η αναγωγή των τιμών έγινε με την

εξίσωση του γραφήματος. Κατόπιν έγινε μετατροπή των τιμών σε mg γαλλικού οξέος ανά g καφέ. Τέλος υπολογίστηκε ο μέσος όρος για κάθε τιμή. Στον Πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα των αναλύσεων.

Πίνακας 8: Συγκέντρωση των ολικών φαινολικών ουσιών (mg γαλλικού οξέος/g καφέ) σε διάλυμα αλλεσμένων κόκκων καφέ(ελληνικού,γαλλικού και espresso).

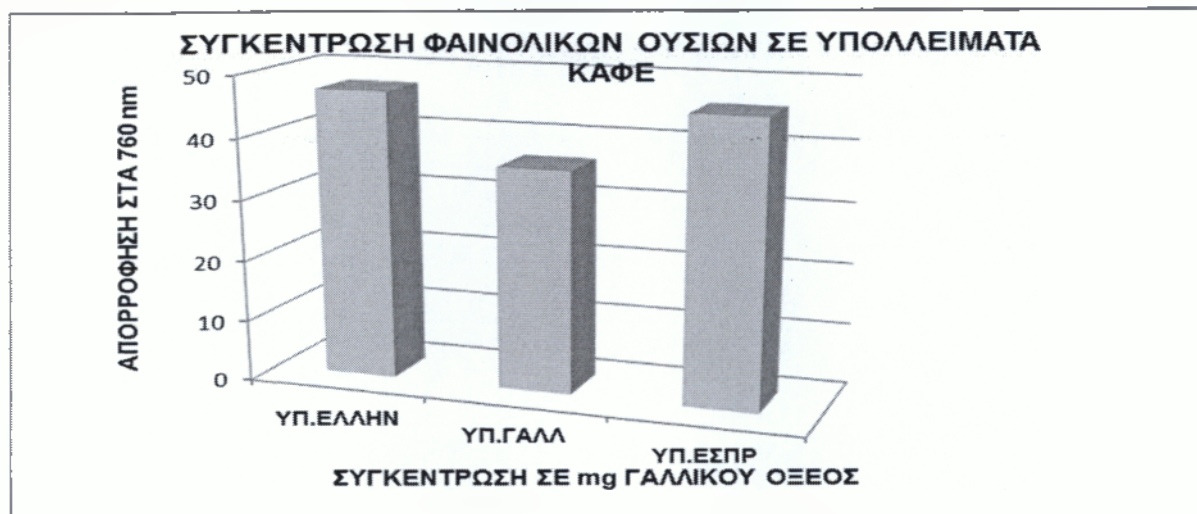
ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΚΑΦΕ	Α/Α	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΦΑΙΝΟΛΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ ΣΕ ΑΛΛΕΣΜΕΝΟΥΣ ΚΟΚΚΟΥΣ ΚΑΦΕ (mg γαλλικού οξέος/g καφέ)	
		ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ 760 nm	mg Γ.Ο./g ΚΑΦΕ
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (ΛΟΥΠ)			
	1	3	49,8969
	2	3	49,8969
	3	3	49,8969
	M.O	3	49,8969
ΓΑΛΛΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (JABS)			
	1	2,337	38,8697
	2	2,336	38,8530
	3	2,337	38,8697
	M.O	2,3367	38,8641
ΚΑΦΕΣ ESPRESSO(LI)			
	1	3	49,8969
	2	3	49,8969
	3	2,949	49,0486
	M.O	2,983	49,6141

Πίνακας 9: Συγκέντρωση των ολικών φαινολικών ουσιών (mg γαλλικού οξέος/g καφέ) σε διάλυμα υπολλειμάτων καφέ(ελληνικού,γαλλικού και espresso).

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΚΑΦΕ	Α/Α	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΦΑΙΝΟΛΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ ΣΕ ΥΠΟΛΛΕΙΜΑΤΑ ΚΑΦΕ (mg γαλλικού οξέος/g καφέ)	
		ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ 760 nm	mg Γ.Ο./g ΚΑΦΕ
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (ΛΟΥΠ)			
	1	2,832	47,1027
	2	2,835	47,1526
	3	2,833	47,1193
	M.O	2,8330	47,1248
ΓΑΛΛΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (JABS)			
	1	2,173	36,14197
	2	2,178	36,22513
	3	2,175	36,17524
	M.O	2,1753	36,1808
ΚΑΦΕΣ ESPRESSO(LI)			
	1	2,766	46,00492
	2	2,769	46,05482
	3	2,763	45,95503
	M.O	2,7660	46,0049

6.1.3 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σύμφωνα με το παραπάνω Γράφημα2, μπορούμε να διακρίνουμε την διαφορετικότητα του κάθε είδους καφέ, όσον αφορά το περιεχόμενό του σε φαινολικές ουσίες.



Γράφημα 2: Συγκέντρωση φαινολικών ουσιών σε υπολείματα καφέ

Συγκεκριμένα, ο ελληνικός καφές (47,1248mg γαλλικού οξέος/g καφέ) έχει την μεγαλύτερη συγκέντρωση σε ολικές φαινολικές ουσίες από τα άλλα δύο είδη. Δεύτερος έρχεται ο καφές εσπρεσο (46,0049 mg γαλλικού οξέος/g καφέ) και τελευταίος ο καφές φίλτρο (36,1808mg γαλλικού οξέος/g καφέ), με την χαμηλότερη συγκέντρωση από όλα τα είδη καφέδων.



Γράφημα 3: Συγκέντρωση φαινολικών ουσιών σε αλλεσμένους κόκκους καφέ.

Όπως και στα υπολείματα έτσι και στους αλλεσμένους κόκκους, ο ελληνικός καφές (49,8969 mg γαλλικού οξέος/g καφέ) υπερταίρει των άλλων δύο ειδών. Ο εσπρέσο έρχεται δεύτερος (49,6141 mg γαλλικού οξέος/g καφέ) και χαμηλότερη συγκέντρωση έχει ο καφές φίλτρο (38,8641 γαλλικού οξέος/g καφέ).



6.2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΦΩΣΦΟΡΟΥ

6.2.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΤΥΠΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ

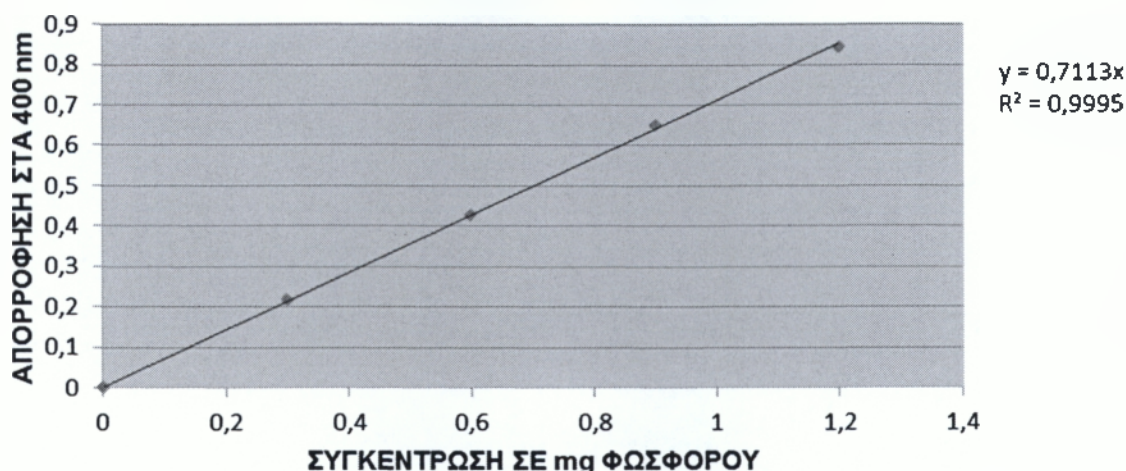
Για την κατασκευή της πρότυπης καμπύλης, έγινε μέτρηση της απορρόφησης διαφορετικών συγκεντρώσεων προτύπων φωσφόρου με τη βοήθεια φασματοφωτομέτρου. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 10.

ΜΙ Φωσφόρου	Απορρόφηση (nm)	Απορρόφηση
τυφλό	400	0
0,3	400	0.219
0,6	400	0.427
0,9	400	0.651
1,2	400	0.844

Πίνακας 10 Μετρούμενες τιμές για την κατασκευή Πρότυπης Καμπύλης για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης φαινολικού περιεχομένου.

Παίρνοντας τις τιμές του παραπάνω πίνακα κατασκευάστηκε Πρότυπη Καμπύλη με άξονα Χ την συγκέντρωση σε ml φωσφόρου και άξονα Υ την μετρούμενη απορρόφηση στα 400nm.

ΠΡΟΤΥΠΗ ΚΑΜΠΥΛΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ Ρ



Γράφημα 4:Πρότυπη Καμπύλη για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης του φωσφορικού περιεχομένου.

6.2.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Αξιολογήθηκαν δείγματα υπολλειμάτων ελληνικού,γαλλικού και εσπρέσο. Έγινε μέτρηση της απορρόφησης του κάθε δείγματος στα 400nm για τον προσδιορισμό του φωσφορικού περιεχομένου. Η διαδικασία επαναλήφθηκε για κάθε δείγμα τρεις φορές. Ακολούθησε αναγωγή των αποτελεσμάτων με την βοήθεια της Πρότυπης Καμπύλης. Η αναγωγή των τιμών έγινε με την εξίσωση του γραφήματος. Κατόπιν έγινε μετατροπή των τιμών σε mg φώσφορου ανά g καφέ. Τέλος υπολογίστηκε ο μέσος όρος για κάθε τιμή. Στον Πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα των αναλύσεων.

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΚΑΦΕ	Α/Α	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΦΩΣΦΟΡΟΥ ΣΕ ΑΛΛΕΣΜΕΝΟΥΣ ΚΟΚΚΟΥΣ ΚΑΦΕ	
		ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ 400 nm	mg P./g καφέ
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (ΛΟΥΠ)	1	0,3940	0,0028
	2	0,3870	0,0027
	M.O	0,3905	0,0027
ΓΑΛΛΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (JABS)	1	0,3560	0,0025
	2	0,3640	0,0026
	M.O	0,3600	0,0025
ΚΑΦΕΣ ESPRESSO(LI)	1	0,3590	0,0025
	2	0,3480	0,0024
	M.O	0,3535	0,0025

Πίνακας 11:Συγκέντρωση φωσφόρου σε διάλυμα αλλεσμένων κόκκων καφέ(ελληνικού,γαλλικού και espresso).

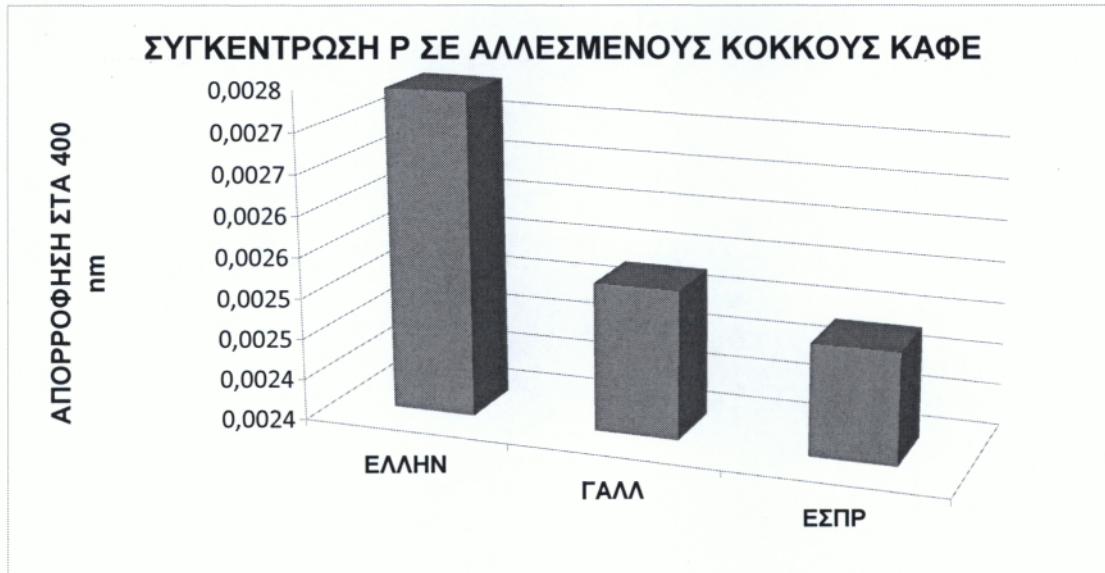
ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΚΑΦΕ	Α/Α	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΦΩΣΦΟΡΟΥ ΣΕ ΥΠΟΛΛΕΙΜΑΤΑ ΚΑΦΕ	
		ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ 760 nm	Mg P./g ΚΑΦΕ
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (ΛΟΥΠ)	1	0,1920	0,0013
	2	0,1820	0,0013
	3	0,1770	0,0012
	M.O	0,1837	0,0013
ΓΑΛΛΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (JABS)	1	0,1870	0,0013
	2	0,1850	0,0013
	3	0,1850	0,0013
	M.O	0,1857	0,0013
ΚΑΦΕΣ ESPRESSO(LI)	1	0,2110	0,0015
	2	0,2130	0,0015
	3	0,1980	0,0014
	M.O	0,2073	0,0015

Πίνακας 12: Συγκέντρωση φωσφόρου σε διάλυμα υπολλειμάτων καφέ(ελληνικού,γαλλικού και espresso).

Απο τα αποτελέσματα των πειραματικών διεργασιών που παρουσιάζονται στους παραπάνω πίνακες, κατασκευάστηκαν γραφήματα, τα οποία θα μας βοηθήσουν στην εξαγωγή των αποτελεσμάτων μας.

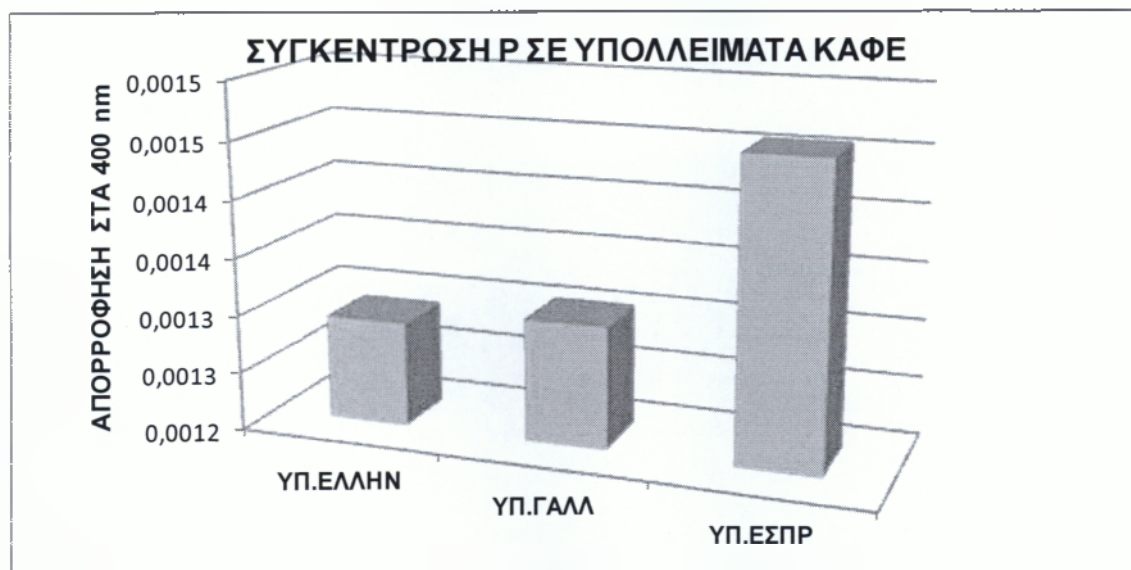
6.2.3 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Με τα γραφήματα τα οποία κατασκευάστηκαν σύμφωνα με τα πειραματικά αποτελέσματα της έρευνας, έγινε συσχέτιση του φωσφορικού περιεχομένου, μεταξύ των ειδών καφέ(ελληνικού,γαλλικού και εσπρεσο) καθώς και σχετική ανάλυση του αντίστοιχου περιεχομένου μεταξύ υπολλεμάτων και αλλεσμένων κόκκων καφέ.



Γράφημα 5:Συγκέντρωση φωσφόρου σε αλλεσμένους κόκκους καφέ

Στο Γράφημα 6 παρατηρείται η συγκέντρωση φωσφόρου στους αλλεσμένους κόκκους καφέ.Οι τιμές του εσπρέσο και του γαλλικού είναι σχετικά μικρότερες από αυτές του ελληνικού.Ο εσπρέσο και ο γαλλικός έχουν περίπου 0,0025mg/g καφέ με τον γαλλικό να υπερτερεί σε μικροποσότητες στο περιεχόμενο φωσφόρου,ένω ο ελληνικός με 0,0027mg/g καφέ φαίνεται να είναι αυτός που περιέχει την μεγαλύτερη συγκέντρωση φωσφόρου.



Γράφημα 6:Συγκέντρωση φωσφόρου σε υπολλείματα καφέ.

Στα αποτελέσματα όμως των γραφημάτων παρατηρείται ότι ο ελληνικός καφέ είναι αυτός που με τον γαλλικό περιέχουν μικρότερη συγκέντρωση φωσφόρου.(0.0013mg/g καφέ), ενώ ο εσπρέσο φτάνει τα 0.0015mg/g καφέ.



Γράφημα 7: Συγκριτικά αποτελέσματα μεταξύ αλλεσμένων κόκκων καφέ και υπολλείματα καφέ.

Όπως διακρίνουμε στα παραπάνω διάγραμμα η απώλεια φωσφόρου στα υπολλείματα καφέ είναι αισθητή. Η αρχική ποσότητα του φωσφόρου είναι σχεδόν η διπλάσια με την τελική.

6.3 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΖΩΤΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΑΠΟΤΑΦΡΩΣΗΣ

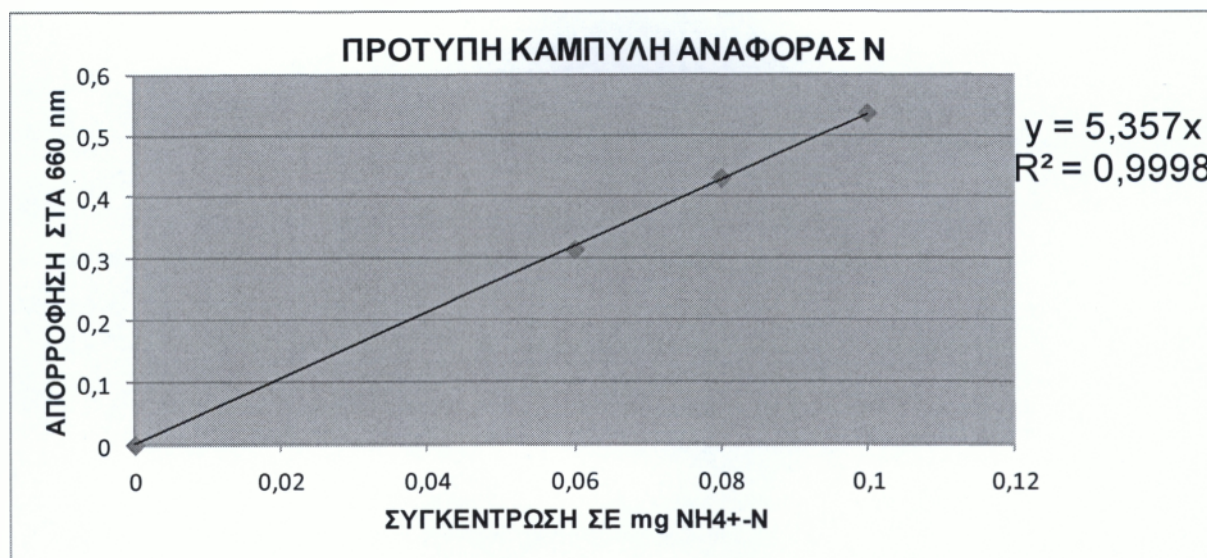
6.3.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΤΥΠΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ

Για την κατασκευή της πρότυπης καμπύλης για τον προσδιορισμό του Ν, έγινε μέτρηση της απορρόφησης διαφορετικών συγκεντρώσεων προτύπων αζώτου με τη βοήθεια φασματοφωτομέτρου. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 10.

Πίνακας 13: Μετρούμενες τιμές για την κατασκευή Πρότυπης Καμπύλης για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης Αζώτου με την μέθοδο της αποτάφρωσης

Mg/N	Απορρόφηση (nm)	Απορρόφηση
τυφλό	660	0
0,02	660	0,198
0,04	660	0,293
0,06	660	0,316
0,08	660	0,431
0.1	660	0,537

Παίρνοντας τις τιμές του παραπάνω πίνακα κατασκευάστηκε Πρότυπη Καμπύλη με άξονα Χ την συγκέντρωση σε $\text{NH}_4^+\text{-N}$ του και άξονα Υ την μετρούμενη απορρόφηση στα 660nm.



6.3.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Για την μέτρηση Αζώτου αξιολογήθηκαν δείγματα υπολλειμάτων καθώς και αλλεσμένων κόκκων καφέ ελληνικού,γαλλικού και εσπρέσο. Έγινε μέτρηση της απορρόφησης του κάθε δείγματος στα 660nm για τον προσδιορισμό του περιεχομένου Αζώτου. Η διαδικασία επαναλήφθηκε για κάθε δείγμα τρεις φορές. Ακολούθησε αναγωγή των αποτελεσμάτων με την βοήθεια της Πρότυπης Καμπύλης. Η αναγωγή των τιμών έγινε με την εξίσωση του γραφήματος. Κατόπιν έγινε μετατροπή των τιμών σε mg N ανά g καφέ. Τέλος υπολογίστηκε ο μέσος όρος για κάθε τιμή. Στον Πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα των αναλύσεων.

Πίνακας 14: Συγκέντρωση Αζώτου σε διάλυμα αλλεσμένων κόκκων καφέ(ελληνικού,γαλλικού και espresso).

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΚΑΦΕ	Α/Α	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΑΖΩΤΟΥ ΣΕ ΑΛΛΕΣΜΕΝΟΥΣ ΚΟΚΚΟΥΣ ΚΑΦΕ	
		ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ 660 nm	mg N/g καφέ
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (ΛΟΥΠ)	1	0,195	0,000182
	2	0,196	0,000183
	M.O	0,1955	0,000182
ΓΑΛΛΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (JABS)	1	0,244	0,000264
	2	0,283	0,000274
	M.O	0,2885	0,000269
ΚΑΦΕΣ ESPRESSO(LI)	1	0,223	0,000208
	2	0,222	0,000207
	M.O	0,2225	0,000207

Πίνακας 15 Συγκέντρωση Αζώτου σε διάλυμα υπολλεμάτων καφέ(ελληνικού,γαλλικού και espresso).

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΚΑΦΕ	Α/Α	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΑΖΩΤΟΥ ΣΕ ΥΠΟΛΛΕΙΜΑΤΑ ΚΑΦΕ	
		ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ 760 nm	mg N./g ΚΑΦΕ
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (ΛΟΥΠ)			
	1	0,184	0,000172
	2	0,184	0,000172
	3	0,188	0,000175
	M.O	0,185333	0,000173
ΓΑΛΛΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (JABS)			
	1	0,255	0,000238
	2	0,250	0,000233
	3	0,249	0,000232
	M.O	0,251333	0,000235
ΚΑΦΕΣ ESPRESSO(LI)			
	1	0,210	0,000196
	2	0,210	0,000196
	3	0,208	0,000194
	M.O	0,209333	0,000195

Απο τα αποτελέσματα των πειραματικών διεργασιών που παρουσιάζονται στους παραπάνω πίνακες, κατασκευάστηκαν γραφήματα, τα οποία θα μας βοηθήσουν στην εξαγωγή των αποτελεσμάτων μας.

6.3.3 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

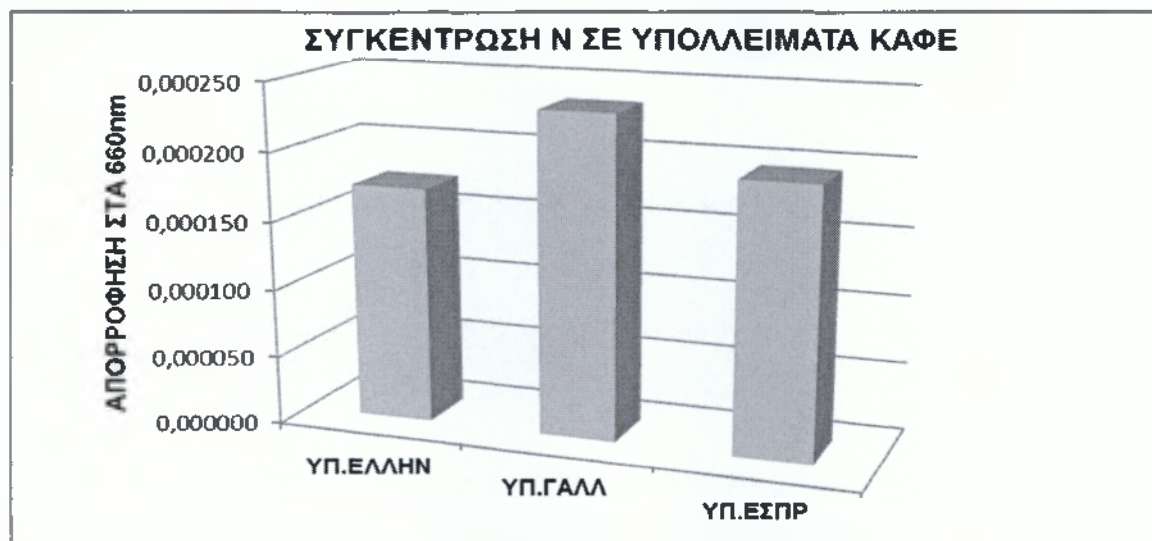
Παρακάτω παρουσιάζονται τα γραφήματα που απεικονίζουν τις περιεκτικότητες Αζώτου μεταξύ των ειδών καφέ(ελληνικού,γαλλικού και εσπρεσο) καθώς και σχετική ανάλυση του αντίστοιχου περιεχομένου μεταξύ υπολλεμάτων και αλλεσμένων κόκκων καφέ.

Σύμφωνα με το Γράφημα 9 ο καφές με την μεγαλύτερη συγκέντρωση Αζώτου στους αλλεσμένους κόκκους καφέ, είναι ο Γαλλικός (0,000269mg N/g καφέ),δεύτερος έρχεται ο εσπρέσο (0,000207mg N/g καφέ) και ο ελληνικός τρίτος (0,000182mg N/g καφέ).



Γράφημα 8: Συγκέντρωση Αζώτου σε αλλεσμένους κόκκους καφέ.

Στο Γραφημα 10 βλέπουμε τις τιμές της συγκέντρωσης Αζώτου στα υπολλείματα του καφέ. Ο καφές με την μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε Αζωτο συνεχίζει να είναι ο Γαλλικός (0,000235 mg N/g καφέ), δευτερος ο εσπρέσο (0,000195 mg N/g καφέ) και όπως και στους αλλεσμένους κόκκους, μικρότερη περιεκτικότητα σε Αζωτο έχει ο ελληνικός.



Γράφημα 9: Συγκέντρωση Ν στα υπολλείματα καφέ.

Στον συγκριτικό πίνακα των αναλύσεων, βλέπουμε πως η συγκέντρωση του Αζώτου παραμένει σταθερή. Η απώλεια Αζώτου είναι ελάχιστη τόσο στον γαλλικό, όσο και στα υπόλοιπα είδη.



Γράφημα 10: Συγκριτικά αποτελέσματα N μεταξύ αλλεσμένων κόκκων καφέ και υπολλείματα καφέ.

6.4 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΝΑΤΡΙΟΥ

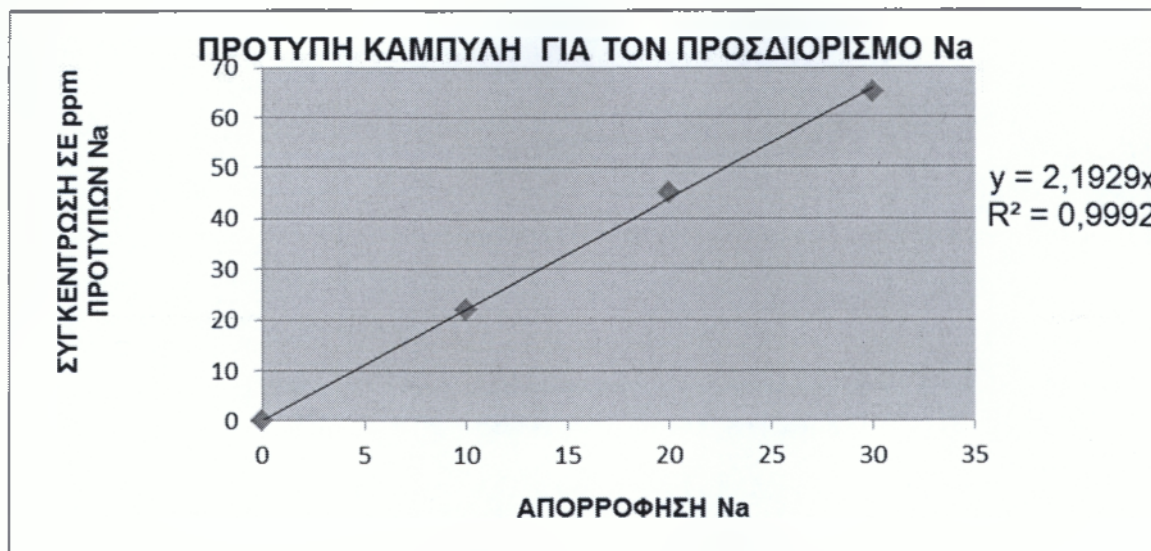
6.4.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΤΥΠΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ

Για την κατασκευή της πρότυπης καμπύλης, έγινε μέτρηση της απορρόφησης διαφορετικών συγκεντρώσεων προτύπων νατρίου με τη βοήθεια φασματοφωτομέτρου. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 16.

Πίνακας 16 : Μετρούμενες τιμές για την κατασκευή Πρότυπης Καμπύλης για τον προσδιορισμό Na

ppm Νατρίου	Απορρόφηση (nm)	Απορρόφηση
τυφλό	589,3	0
010	589,3	22
20	589,3	45
30	589,3	65
40	589,3	80
50	589,3	86
100	589,3	113

Παίρνοντας τις τιμές του παραπάνω πίνακα κατασκευάστηκε Πρότυπη Καμπύλη με άξονα X την συγκέντρωση σε ppm Na και άξονα Y την μετρούμενη απορρόφηση στα 589,3 nm



Γράφημα 12:Πρότυπη Καμπύλη για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης *Na*

6.4.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΝΑΤΡΙΟΥ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Αξιολογήθηκαν δείγματα υπολλειμάτων ελληνικού,γαλλικού και εσπρέσο. Έγινε μέτρηση της απορρόφησης του κάθε δείγματος στα 589,3 nm για τον προσδιορισμό του *Na*. Η διαδικασία επαναλήφθηκε για κάθε δείγμα τρεις φορές. Ακολούθησε αναγωγή των αποτελεσμάτων με την βοήθεια της Πρότυπης Καμπύλης. Η αναγωγή των τιμών έγινε με την εξίσωση του γραφήματος. Κατόπιν έγινε μετατροπή των τιμών σε mg *Na* ανά g καφέ. Τέλος υπολογίστηκε ο μέσος όρος για κάθε τιμή. Η ανάλυση έγινε σε φλογοφωτομετρο. Στον Πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα των αναλύσεων.

Πίνακας 17:Συγκέντρωση νατρίου σε διάλυμα αλλεσμένων κόκκων καφέ(ελληνικού,γαλλικού και espresso).

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΚΑΦΕ	Α/Α	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ <i>Na</i> ΣΕ ΑΛΛΕΣΜΕΝΟΥΣ ΚΟΚΚΟΥΣ ΚΑΦΕ	
		ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ 589,3 nm	mg <i>Na</i> ./g καφέ
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (ΛΟΥΠ)	1	48	0,0547
	2	45	0,0513
	M.O	46,5	0,0530
ΓΑΛΛΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (JABS)	1	43	0,0490
	2	46	0,0524
	M.O	44,5	0,0507
ΚΑΦΕΣ ESPRESSO(LI)	1	58	0,0661
	2	57	0,0650
	M.O	57,5	0,0656

Πίνακας 18: Συγκέντρωση Na σε διάλυμα υπολλειμάτων καφέ(ελληνικού,γαλλικού και espresso).

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΚΑΦΕ	Α/Α	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΝΑΤΡΙΟΥ ΣΕ ΥΠΟΛΛΕΙΜΑΤΑ ΚΑΦΕ	
		ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ 589,3 nm	Mg Na./g ΚΑΦΕ
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (ΛΟΥΠ)			
	1	24	0,0274
	2	24	0,0274
	3	22	0,0251
	M.O	23,333	0,0266
ΓΑΛΛΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (JABS)			
	1	15	0,0182
	2	16	0,0171
	3	16	0,0182
	M.O	15,666	0,0179
ΚΑΦΕΣ ESPRESSO(LI)			
	1	35	0,0399
	2	33	0,0376
	3	37	0,0422
	M.O	35	0,0399

Απο τα αποτελέσματα των πειραματικών διεργασιών που παρουσιάζονται στους παραπάνω πίνακες, κατασκευάστηκαν γραφήματα, τα οποία θα μας βοηθήσουν στην εξαγωγή των αποτελεσμάτων μας.

6.4.3 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σύμφωνα με το διάγραμμα 12, η διαφορά της συγκέντρωσης Νατρίου στους αλλεσμένους κόκκους καφέ, δεν είναι μεγάλη



Γράφημα 11: Συγκέντρωση Na στους αλλεσμένους κόκκους καφέ.

.Μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε Νάτριο έχει ο εσπρέσο (0,0656 mgNa/1g καφέ) Δεύτερος έρχεται ο ελληνικός (0,0530 mgNa/1g καφέ) και τέλος ο γαλλικός με (0,0507 mgNa/1g καφέ).



Γράφημα 12: Συγκέντρωση Na στα υπολείματα καφέ.

Αντίστοιχα και στα υπολείματα του καφέ ο εσπρέσο κατέχει την μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε Na.

Κατά την επεξεργασία του καφέ η πτώση του Νατρίου είναι φανερή. Στο παρακάτω γράφημα διακρίνουμε την μεγάλη πτώση του Νατρίου σε όλα τα είδη καφέ.



Γράφημα 13: Συγκριση της συγκέντρωσης Νατρίου, μεταξύ αλλεσμένων κόκκων καφέ και υπολειμάτων.

6.5 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΛΙΟΥ

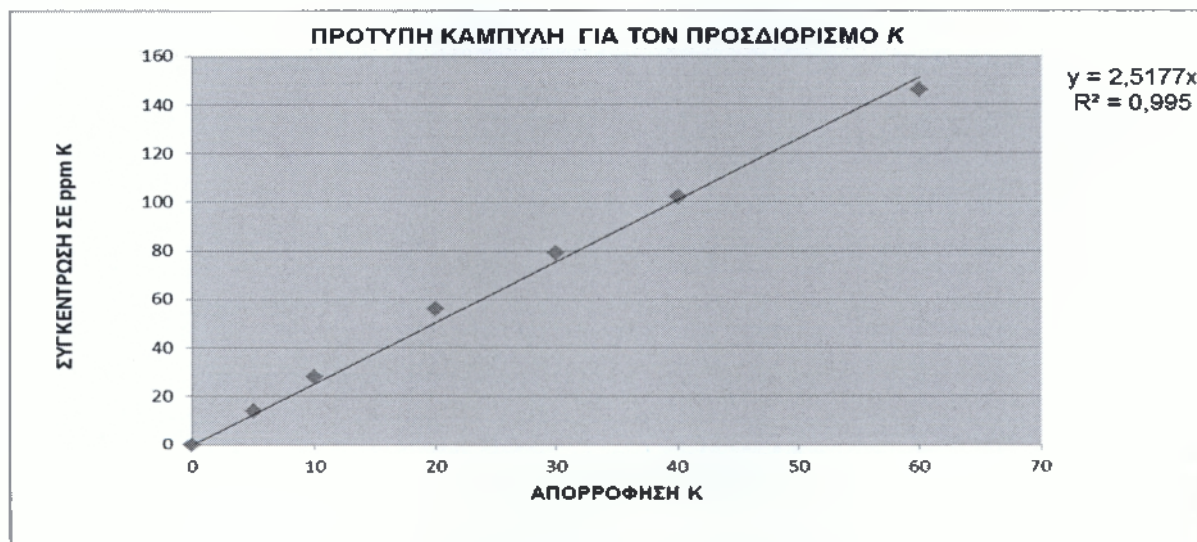
6.5.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΤΥΠΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ

Για την κατασκευή της πρότυπης καμπύλης, έγινε μέτρηση της απορρόφησης διαφορετικών συγκεντρώσεων προτύπων καλίου με τη βοήθεια φλογοφωτομέτρου. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον Πίνακα 19.

Πίνακας 19 Μετρούμενες τιμές για την κατασκευή Πρότυπης Καμπύλης για τον προσδιορισμό Καλίου

ppm Καλίου	Απορρόφηση (nm)	Απορρόφηση
τυφλό	766,5	0
5	766,5	12
10	766,5	28
20	766,5	56
30	766,5	79
40	766,5	102
50	766,5	118
60	766,5	146

Παίρνοντας τις τιμές του παραπάνω πίνακα κατασκευάστηκε Πρότυπη Καμπύλη με άξονα Χ την συγκέντρωση σε ppm Κ και άξονα Υ την μετρούμενη απορρόφηση στα 766,5nm



Γράφημα 14: Πρότυπη Καμπύλη για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης Κ

6.5.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Αξιολογήθηκαν δείγματα υπολλειμάτων ελληνικού, γαλλικού και εσπρέσο. Έγινε μέτρηση της απορρόφησης του κάθε δείγματος στα 766,5nm για τον προσδιορισμό του Κ. Η διαδικασία επαναλήφθηκε για κάθε δείγμα τρεις φορές. Ακολούθησε αναγωγή των αποτελεσμάτων με την βοήθεια της Πρότυπης Καμπύλης. Η αναγωγή των τιμών έγινε με την εξίσωση του γραφήματος. Κατόπιν έγινε μετατροπή των τιμών σε mg Κ ανά g καφέ. Τέλος υπολογίστηκε ο μέσος όρος για κάθε τιμή. Η ανάλυση έγινε σε φλογοφωτομετρο. Στον Πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα των αναλύσεων.

Πίνακας 20: Συγκέντρωση Καλίου σε διάλυμα αλλεσμένων κόκκων καφέ(ελληνικού,γαλλικού και espresso).

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΚΑΦΕ	Α/Α	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΚΑΛΙΟΥ ΣΕ ΑΛΛΕΣΜΕΝΟΥΣ ΚΟΚΚΟΥΣ ΚΑΦΕ	
		ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ 766,5 nm	mg K./g καφέ
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (ΛΟΥΠ)	1	17	0,3714
	2	18	0,3932
	M.O	17,5	0,3823
	1	19	0,4151
ΓΑΛΛΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (JABS)	2	19	0,4151
	M.O	19	0,4151
	1	17	0,3714
ΚΑΦΕΣ ESPRESSO(LI)	2	16	0,3495
	M.O	16,5	0,3604

Πίνακας 21: Συγκέντρωση Καλίου σε διάλυμα υπολλειμάτων καφέ(ελληνικού,γαλλικού και espresso).

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΚΑΦΕ	Α/Α	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ Κ ΣΕ ΥΠΟΛΛΕΙΜΑΤΑ ΚΑΦΕ	
		ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ 589,3 nm	Mg K./g ΚΑΦΕ
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (ΛΟΥΠ)	1	62	0,0616
	2	62	0,0596
	3	60	0,0616
	M.O	61,3	0,0606
	1	15	0,0149
ΓΑΛΛΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (JABS)	2	13	0,0129
	3	14	0,0139
	M.O	14	0,0139
	1	32	0,0318
ΚΑΦΕΣ ESPRESSO(LI)	2	33	0,0338
	3	34	0,0328
	M.O	33	0,0328

Απο τα αποτελέσματα των πειραματικών διεργασιών που παρουσιάζονται στους παραπάνω πίνακες, κατασκευάστηκαν γραφήματα, τα οποία θα μας βοηθήσουν στην εξαγωγή των αποτελεσμάτων μας.

6.5.3 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Ο γαλλικός καφές είναι αυτός που περιέχει την μεγαλύτερη ποσότητα καλίου στους αλεσμένους κόκκους καφέ (0,4151 mgK/g καφέ), πίσω του βρίσκεται ο ελληνικός (0,3823 mgK/g καφέ), ενώ ο εσπρέσο περιέχει την μικρότερη ποσότητα.



Γράφημα 15: Συγκέντρωση Καλίου στους αλεσμένους κόκκους καφέ.

Στα υπολλείματα καφέ η πτώση της τιμής του καλίου είναι πολύ μεγάλη. Μεγαλύτερη ποσότητα καλίου βρίσκουμε στον ελληνικό καφέ (0,0606 mgK/g καφέ), ενώ ο γαλλικός βρίσκεται στην τελευταία θέση (0,0328 mgK/g καφέ)



Γράφημα 16: Συγκέντρωση Καλίου στα υπολλείματα καφέ.

Γενικότερα, στα υπολλείματα του καφέ παρατηρείται μικρή συγκέντρωση Καλίου. Βλέπουμε πως από τους αλεσμένους κόκκους καφέ παίρνουμε υψηλότερες τιμές καλίου, οι οποίες κατά την επεξεργασία του πέφτουν σε πολύ μεγάλο βαθμό.



Γράφημα17: Συγκρητικά αποτελέσματα μεταξύ αλλεσμένων κόκκων καφέ και υπολλείματα καφέ.

6.6 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΜΑΓΝΗΣΙΟΥ

6.6.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Έγινε μέτρηση της απορρόφησης του κάθε δείγματος στα υπολλείματα και σε αλλεσμένους κόκκους καφέ για τον προσδιορισμό του *Mg*. Η διαδικασία επαναλήφθηκε για κάθε δείγμα τρεις φορές. Η αναγωγή των αποτελεσμάτων, έγινε απευθείας από το μηχάνημα όπως και η αναγωγή των τιμών. Κατόπιν έγινε μετατροπή των τιμών σε *mg Mg* ανά *g* καφέ. Τέλος υπολογίστηκε ο μ.ο για κάθε τιμή. Η ανάλυση έγινε σε φλόγα ατομικής απορρόφησης. Στον Πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων.

Πίνακας 22: :Συγκέντρωση μαγνησίου σε διάλυμα αλλεσμένων κόκκων καφέ(ελληνικού,γαλλικού και espresso).

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΚΑΦΕ	Α/Α	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ <i>Mg</i> ΣΕ ΑΛΛΕΣΜΕΝΟΥΣ ΚΟΚΚΟΥΣ ΚΑΦΕ	
		ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ 285,2 nm	mg <i>Mg</i> /g καφέ
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (ΛΟΥΠ)	1	0,37	0,09435
	2	0,35	0,08925
	Μ.Ο	0,36	0,0918
ΓΑΛΛΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (JABS)	1	0,35	0,08925
	2	0,36	0,0918
	Μ.Ο	0,35	0,0905
ΚΑΦΕΣ ESPRESSO(LI)	1	0,38	0,0969
	2	0,38	0,0969
	Μ.Ο	0,38	0,0969

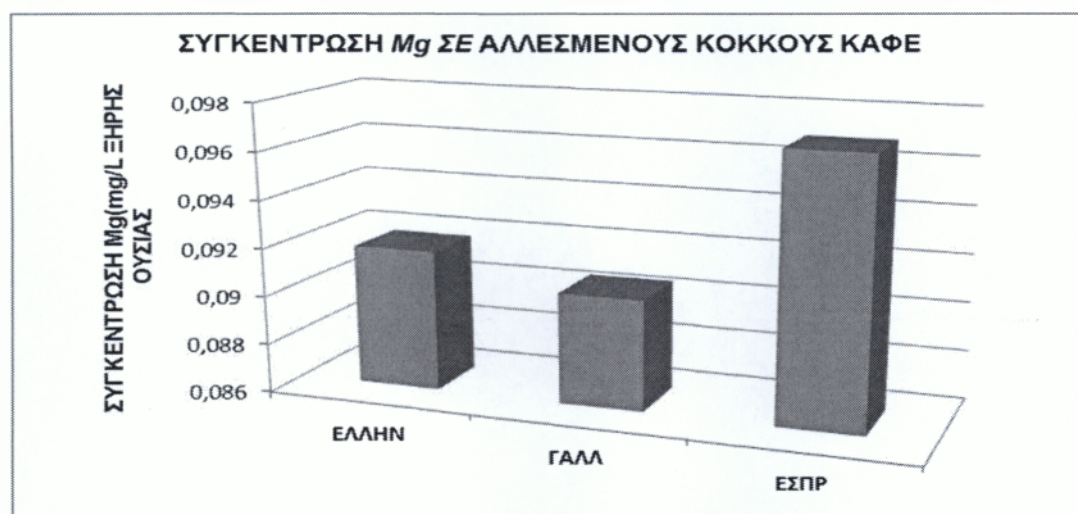
Πίνακας 23: Συγκέντρωση μαγνησίου σε διάλυμα υπολειμάτων καφέ(ελληνικού,γαλλικού και espresso).

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΚΑΦΕ	Α/Α	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ Mg ΣΕ ΥΠΟΛ-ΛΕΙΜΑΤΑ ΚΑΦΕ	
		ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ 285,2 nm	Mg Mg /g ΚΑΦΕ
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (ΛΟΥΠ)			
	1	0,34	0,0867
	2	0,34	0,0867
	3	0,34	0,0867
	M.O	0,34	0,0867
ΓΑΛΛΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (JABS)			
	1	0,35	0,08925
	2	0,34	0,0867
	3	0,34	0,0867
	M.O	0,34	0,08755
ΚΑΦΕΣ ESPRESSO(LI)			
	1	0,36	0,0918
	2	0,36	0,0918
	3	0,37	0,09435
	M.O	0,36	0,09265

Απο τα αποτελέσματα των πειραματικών διεργασιών που παρουσιάζονται στους παραπάνω πίνακες, κατασκευάστηκαν γραφήματα, τα οποία θα μας βοηθήσουν στην εξαγωγή των αποτελεσμάτων μας.

6.6.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα το μαγνήσιο βρίσκεται σε πολύ μικρές ποσότητες στους αλεσμένους κόκκους καφέ. Ανεξαρτήτως αυτού ο εσπρέσο φαίνεται να περιέχει την μεγαλύτερη συγκέντρωση μαγνησίου ενώ ο γαλλικός την μικρότερη.



Γράφημα 18: Συγκέντρωση μαγνησίου σε αλεσμένους κόκκους καφέ.

Η ποσότητα μαγνησίου, φαίνεται να μην αλλάζει κατά την επεξεργασία της παραγωγής του ροφήματος. Όπως βλέπουμε και στο Γράφημα 17, οι συγκεντρώσεις και των τριών κατηγοριών καφέ έχουν περίπου την ίδια περιεκτικότητα σε μαγνήσιο.



Γράφημα 19: Συγκέντρωση μαγνησίου σε αλεσμένους κόκκους καφέ.

Αυτό φαίνεται ξεκάθαρα στο Γράφημα 20.



Γράφημα 20: Συγκριτικός πίνακας συγκεντρώσεων μαγνησίου σε αλεσμένους κόκκους καφέ και υπολλείματα καφέ

6.7 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΜΑΓΓΑΝΙΟΥ

6.7.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Αξιολογήθηκαν δείγματα υπολλειμάτων και αλεσμένων κόκκων καφέ ελληνικού,γαλλικού και εσπρέσο. Έγινε μέτρηση της απορρόφησης κάθε δείγματος για τον προσδιορισμό του Mn. Η διαδικασία επαναλήφθηκε για κάθε δείγμα τρεις φορές. Τέλος υπολογίστηκε ο μέσος όρος για κάθε τιμή. Η ανάλυση έγινε σε φλόγα ατομικής απορρόφησης.Στον Πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων

Πίνακας 24: Συγκέντρωση μαγγανίου σε διάλυμα αλλεσμένων κόκκων καφέ

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΚΑΦΕ	Α/Α	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ Mn ΣΕ ΑΛΛΕΣΜΕΝΟΥΣ ΚΟΚΚΟΥΣ ΚΑΦΕ	
		ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ 285,2 nm	mg Mn./g καφέ
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (ΛΟΥΠ)	1	0,9	0,0045
	2	0,83	0,00415
	M.O	0,865	0,0043
ΓΑΛΛΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (JABS)	1	0,77	0,00385
	2	0,78	0,0039
	M.O	0,775	0,0039
ΚΑΦΕΣ ESPRESSO(LI)	1	0,842	0,00421
	2	0,832	0,00416
	M.O	0,837	0,0042

Πίνακας 25: Συγκέντρωση μαγγανίου σε διάλυμα υπολειμάτων καφέ

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΚΑΦΕ	Α/Α	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ Mn ΣΕ ΥΠΟΛΕΙΜΑΤΑ ΚΑΦΕ	
		ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ 285,2 nm	Mn ./g ΚΑΦΕ
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (ΛΟΥΠ)	1	0,739	0,003695
	2	0,758	0,00379
	3	0,738	0,00369
	M.O	0,745	0,0037
ΓΑΛΛΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (JABS)	1	0,748	0,00374
	2	0,776	0,00388
	3	0,741	0,003705
	M.O	0,755	0,0038
ΚΑΦΕΣ ESPRESSO(LI)	1	0,782	0,00391
	2	0,794	0,00397
	3	0,779	0,003895
	M.O	0,785	0,0039

Απο τα αποτελέσματα των πειραματικών διεργασιών που παρουσιάζονται στους παραπάνω πίνακες, κατασκευάστηκαν γραφήματα, τα οποία θα μας βοηθήσουν στην εξαγωγή των αποτελεσμάτων μας.

6.7.2 ΣΥΖΗΤΗΣΗ



Γράφημα 21 Συγκέντρωση μαγγανίου σε αλλεσμένους κόκκους καφέ.

Οι αλλεσμένοι κόκκοι καφέ, έχουν πολύ μικρή συγκέντρωση μαγγανίου. Συγκεκριμένα ο ελληνικός φαίνεται να περιέχει την μεγαλύτερη ποσότητα μαγγανίου (0,0043 mg Mn/g καφέ). Στα ίδια επίπεδα περίπου κυμαίνεται και ο εσπρέσο (0,0042 mg Mn/g καφέ), ενώ τελευταίος έρχεται ο γαλλικός με (0,0039 mg Mn/g καφέ).



Γράφημα 22: Συγκέντρωση μαγγανίου σε αλλεσμένους κόκκους καφέ.

Η ποσότητα μαγνησίου, φαίνεται να μην αλλάζει κατά την επεξεργασία της παραγωγής του ροφήματος στα υπολλείματα εσπρέσο, ενώ στα υπολλείματα γαλλικού και ελληνικού παρουσιάζεται σημαντική διαφορά στην συγκέντρωση μαγγανίου.



Γράφημα23 : Συγκριτικός πίνακας συγκεντρώσεων μαγγανίου σε αλεσμένους κόκκους καφέ και υπολλείματα καφέ

6.8 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ

6.8.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Αξιολογήθηκαν δείγματα υπολλειμάτων και αλεσμένων κόκκων καφέ ελληνικού,γαλλικού και εσπρέσο. Έγινε μέτρηση της απορρόφησης κάθε δείγματος για τον προσδιορισμό του Ca . Η διαδικασία επαναλήφθηκε για κάθε δείγμα τρεις φορές. Τέλος υπολογίστηκε ο μέσος όρος για κάθε τιμή. Η ανάλυση έγινε σε φλόγα ατομικής απορρόφησης.Στον Πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων.

Πίνακας 26: Συγκέντρωση ασβεστίου σε διάλυμα αλεσμένων κόκκων καφέ

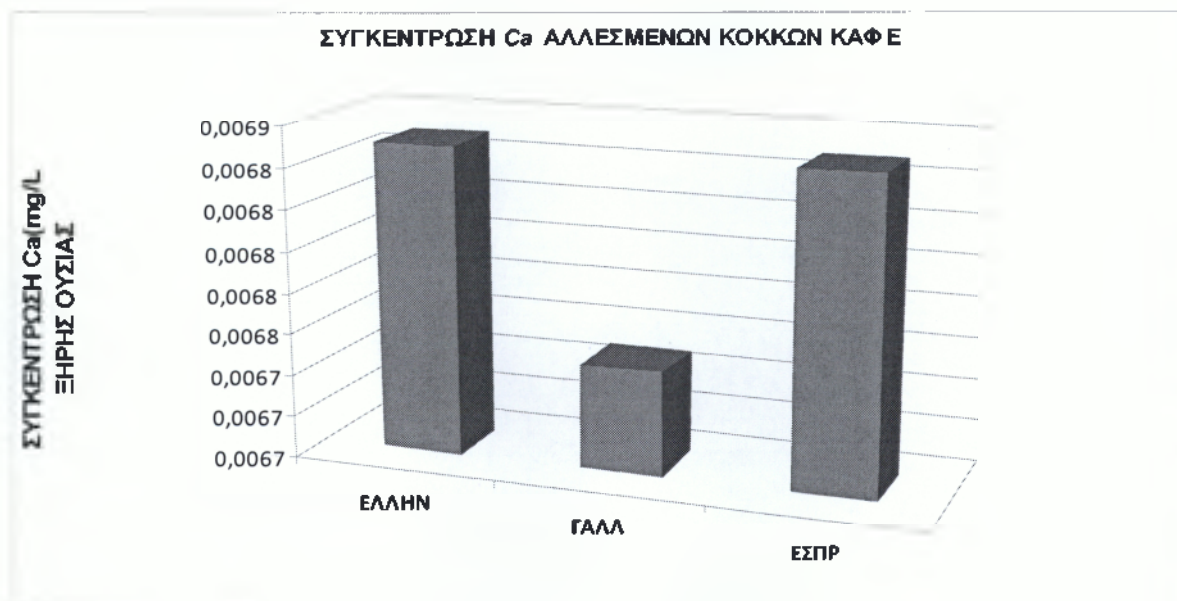
ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΚΑΦΕ	Α/Α	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ Ca ΣΕ ΑΛΛΕΣΜΕΝΟΥΣ ΚΟΚΚΟΥΣ ΚΑΦΕ	
		ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ 422,7 nm	mg Ca ./g καφέ
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (ΛΟΥΠ)	1	1,36	0,00680
	2	1,38	0,00690
	M.O	1,37	0,00690
ΓΑΛΛΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (JABS)	1	1,35	0,00680
	2	1,35	0,00680
	M.O	1,35	0,00680
ΚΑΦΕΣ ESPRESSO(LI)	1	1,39	0,00680
	2	1,35	0,00670
	M.O	1,37	0,00680

Πίνακας 27: Συγκέντρωση ασβεστίου σε διάλυμα υπολλειμάτων καφέ

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΚΑΦΕ	Α/Α	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ Ca ΣΕ ΥΠΟΛΛΕΙΜΑΤΑ ΚΑΦΕ	
		ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ 422,7 nm	Mg Ca ./g ΚΑΦΕ
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (ΛΟΥΠ)			
	1	2,16	0,0108
	2	2,32	0,0116
	3	2,28	0,0114
	M.O	2,2533	0,0113
ΓΑΛΛΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (JABS)			
	1	2,6	0,013
	2	2,73	0,01365
	3	2,85	0,01425
	M.O	2,7267	0,0136
ΚΑΦΕΣ ESPRESSO(LI)			
	1	1,71	0,00855
	2	1,71	0,00855
	3	1,73	0,00865
	M.O	1,7167	0,00858

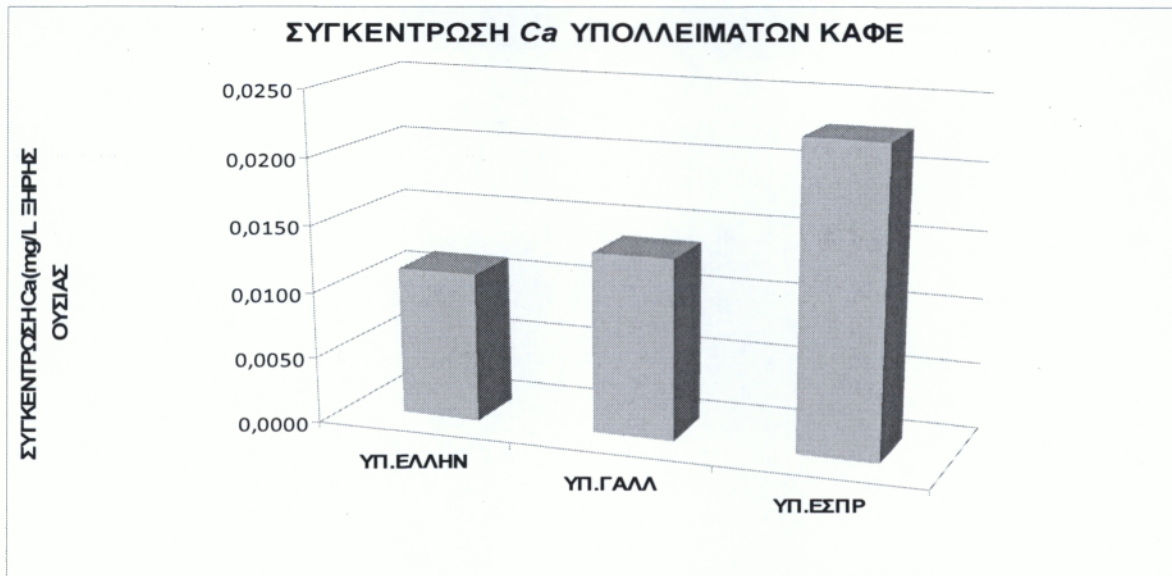
Απο τα αποτελέσματα των πειραματικών διεργασιών που παρουσιάζονται στους παραπάνω πίνακες, κατασκευάστηκαν γραφήματα, τα οποία θα μας βοηθήσουν στην εξαγωγή των αποτελεσμάτων μας.

6.8.2 ΣΥΖΗΤΗΣΗ



Γράφημα 24: Συγκέντρωση ασβεστίου σε αλλεσμένους κόκκους καφέ.

Οι αλλεσμένοι κόκκοι καφέ, έχουν πολύ μικρή συγκέντρωση ασβεστίου. Ο ελληνικός και ο εσπρέσο φαίνεται να περιέχουν σχετικά ίδιες συγκεντρώσεις ασβεστίου αν και οι ποσότητες αυτό 'ν δεν πάνουον να είναι μικρές.



Γράφημα 25: Συγκέντρωση ασβεστίου σε αλλεσμένους κόκκους καφέ.

Η ποσότητα ασβεστίου, φαίνεται να αυξάνεται κατά την επεξεργασία της παραγωγής του ροφήματος στα υπολλείματα και των τριών ειδών καφέ.



Γράφημα 26 : Συγκριτικός πίνακας συγκεντρώσεων ασβεστίου σε αλλεσμένους κόκκους καφέ και υπολλείματα καφέ

Στο Γράφημα 26 παρατηρείται η αύξηση του ασβεστίου στα υπολλείματα καφέ. Ενώ οι συγκεντρώσεις στους αλλεσμένους κόκκους καφέ φαίνεται να είναι ίδιες στα υπολλείματα οι τιμές αυτές διπλασιάζονται, με τον εσπρέσο να ξεπερνά τα άλλα δυο είδη.

6.9 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΙΔΗΡΟΥ

6.9.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Αξιολογήθηκαν δείγματα υπολλειμάτων και αλλεσμένων κόκκων καφέ ελληνικού,γαλλικού και εσπρέσο. Έγινε μέτρηση της απορρόφησης κάθε δείγματος για τον προσδιορισμό του *Fe*. Η διαδικασία επαναλήφθηκε για κάθε δείγμα τρεις φορές. Τέλος υπολογίστηκε ο μέσος όρος για κάθε τιμή. Η ανάλυση έγινε σε φλόγα ατομικής απορρόφησης.Στον Πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων.

Πίνακας 28 : Συγκέντρωση σιδήρου σε διάλυμα αλλεσμένων κόκκων καφέ

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΚΑΦΕ	Α/Α	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ <i>Fe</i> ΣΕ ΑΛΛΕΣΜΕΝΟΥΣ ΚΟΚΚΟΥΣ ΚΑΦΕ	
		ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ 248,3 nm.	mg <i>Fe</i> ./g καφέ
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (ΛΟΥΠ)	1	0,897	0,0045
	2	0,913	0,0046
	M.O	0,905	0,0045
	ΓΑΛΛΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (JABS)	1	0,849
	2	0,857	0,0043
	M.O	0,853	0,0043
ΚΑΦΕΣ ESPRESSO(LI)	1	0,861	0,0043
	2	0,852	0,0043
	M.O	0,8565	0,0043

Πίνακας 29: Συγκέντρωση σιδήρου σε διάλυμα υπολλειμάτων καφέ

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΚΑΦΕ	Α/Α	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ <i>Fe</i> ΣΕ ΥΠΟΛΛΕΙΜΑΤΑ ΚΑΦΕ	
		ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ 248,3 nm.	Mg <i>Fe</i> ./g ΚΑΦΕ
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (ΛΟΥΠ)	1	1,531	0,0077
	2	1,542	0,0077
	3	1,529	0,0076
	M.O	1,5340	0,0077
	ΓΑΛΛΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (JABS)	1	1,335
	2	1,474	0,0074
	3	1,339	0,0067
	M.O	1,3827	0,0069
ΚΑΦΕΣ ESPRESSO(LI)	1	1,343	0,0067
	2	1,334	0,0067
	3	1,338	0,0067
	M.O	1,3383	0,0067

6.9.2 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Απο τα αποτελέσματα των πειραματικών διεργασιών που παρουσιάζονται στους παραπάνω πίνακες, κατασκευάστηκαν γραφήματα, τα οποία θα μας βοηθήσουν στην εξαγωγή των αποτελεσμάτων μας.



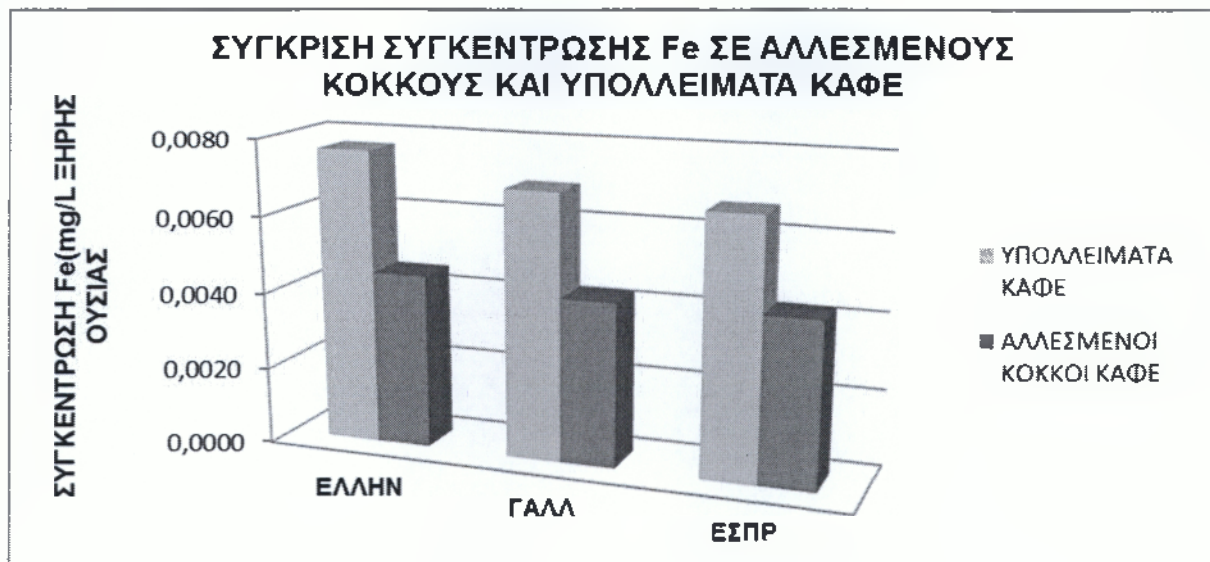
Γράφημα 27: Συγκέντρωση σιδήρου σε αλεσμένους κόκκους καφέ.

Οι αλεσμένοι κόκκοι του ελληνικού καφέ έχουν σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε σίδηρο. Ο εσπρέσο και ο γαλλικός έχουν περίπου τις ίδιες ποσότητες σιδήρου.



Γράφημα 28: Συγκέντρωση σιδήρου σε αλεσμένους κόκκους καφέ.

Όπως η ποσότητα του ασβεστίου, έτσι και η ποσότητα του σιδήρου φαίνεται να αυξάνεται, κατά την επεξεργασία της παραγωγής του ροφήματος στα υπολλείματα και των τριών ειδών καφέ.



Γράφημα29 : Συγκριτικός πίνακας συγκεντρώσεων ασβεστίου σε αλλεσμένους κόκκους καφέ και υπολλείματα καφέ

Στον Πίνακα 27 μπορούμε να δούμε φανερά την διαφορά στις τιμές του σιδήρου. Βιβλιογραφικά το φαινόμενο αυτό εξηγείται, καθώς το υπόλλειμα του καφέ καθορίζεται και από το μέσο παραγωγής του ροφήματος. Πειραματικά όμως καθώς οι τιμές είναι πολύ μικρές θα μπορούσε να προέρχεται σφάλμα των μετρήσεων.

6.10 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΧΑΛΚΟΥ

6.10.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Αξιολογήθηκαν δείγματα υπολλειμάτων και αλλεσμένων κόκκων καφέ ελληνικού,γαλλικού και εσπρέσο. Έγινε μέτρηση της απορρόφησης κάθε δείγματος για τον προσδιορισμό του *Cu*. Η διαδικασία επαναλήφθηκε για κάθε δείγμα τρεις φορές. Τέλος υπολογίστηκε ο μέσος όρος για κάθε τιμή. Η ανάλυση έγινε σε φλόγα ατομικής απορρόφησης.Στον Πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων.

Πίνακας 30: Συγκέντρωση χαλκού σε διάλυμα αλλεσμένων κόκκων καφέ

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΚΑΦΕ	Α/Α	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ <i>Cu</i> ΣΕ ΑΛΛΕΣΜΕΝΟΥΣ ΚΟΚΚΟΥΣ ΚΑΦΕ	
		ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ 324,8nm.	mg <i>Cu</i> /g καφέ
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (ΛΟΥΠ)	1	0,144	0,0007
	2	0,139	0,0007
	M.O	0,14150	0,0007
ΓΑΛΛΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (JABS)	1	0,104	0,0005
	2	0,112	0,0006
	M.O	0,10800	0,0006
ΚΑΦΕΣ ESPRESSO(LI)	1	0,115	0,0006
	2	0,11	0,0006
	M.O	0,11250	0,0006

Πίνακας 31: Συγκέντρωση χαλκού σε διάλυμα υπολλειμάτων καφέ

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΚΑΦΕ	Α/Α	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ Cu ΣΕ ΥΠΟΛΛΕΙΜΑΤΑ ΚΑΦΕ	
		ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ 324,8nm.	Mg Cu ./g ΚΑΦΕ
ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (ΛΟΥΠ)			
	1	0,111	0,00056
	2	0,099	0,00050
	3	0,097	0,00049
	Μ.Ο	0,10233	0,00051
ΓΑΛΛΙΚΟΣ ΚΑΦΕΣ (JABS)			
	1	0,087	0,00044
	2	0,089	0,00045
	3	0,092	0,00046
	Μ.Ο	0,08933	0,00045
ΚΑΦΕΣ ESPRESSO(LI)			
	1	0,112	0,00056
	2	0,113	0,00057
	3	0,124	0,00062
	Μ.Ο	0,11633	0,00058

Απο τα αποτελέσματα των πειραματικών διεργασιών που παρουσιάζονται στους παραπάνω πίνακες, κατασκευάστηκαν γραφήματα, τα οποία θα μας βοηθήσουν στην εξαγωγή των αποτελεσμάτων μας.

6.10.2 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Οι αλλεσμένοι κόκκοι του ελληνικού καφέ έχουν σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε χαλκού.Ο εσπρέσο και ο γαλλικός έχουν περίπου τις ίδιες ποσότητες.



Γράφημα 31: Συγκέντρωση σιδήρου σε αλεσμένους κόκκους καφέ.

Στα υπολλείματα καφέ παρατηρούμε πως η συγκέντρωση χαλκού στα υπολλείματα καφέ είναι σχετικά η ίδια με αυτή των αλεσμένων κόκκων.



Γράφημα 32: Συγκέντρωση σιδήρου σε αλεσμένους κόκκους καφέ.



Γράφημα 33 : Συγκριτικός πίνακας συγκεντρώσεων χαλκού σε αλεσμένους κόκκους καφέ και υπολλείματα καφέ

Στον Γράφημα 33 βλέπουμε πως τα υπολλείματα γαλλικού περιέχουν μεγαλύτερη ποσότητα χαλκού από τους αλεσμένους κόκκους.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Τα δείγματα αλλεσμένων κόκκων καφέ που εξετάστηκαν φαίνεται να διαφέρουν ως προς την συγκέντρωσή τους σε ολικές φαινολικές ουσίες και η συγκέντρωση είναι μεγαλύτερη από αυτή των αλλεσμένων κόκκων. Συγκεκριμένα ο ελληνικός καφές έχει το μεγαλύτερο φαινολικό περιεχόμενο σε σχέση με τους αλλεσμένους κόκκους του Γαλλικού και του εσπρέσο. Οι τιμές όμως του εσπρέσο είναι εξίσου μεγάλες όπως του ελληνικού.
2. Από τα αποτελέσματα διαπιστώνεται ότι το φαινολικό περιεχόμενο των αλλεσμένων κόκκων όλων των δειγμάτων δεν μεταβάλλεται κατά την εξαγωγή των υπολλειμάτων. Το μεγαλύτερο λοιπόν μέρος του φαινολικού περιεχομένου, παραμένει στα υπολλείματα του καφέ.
3. Από την στατιστική ανάλυση, διαπιστώθηκε ότι τα υπολλείματα των υπο εξέταση καφέδων διαφέρουν ως προς την συγκέντρωσή τους σε ολικές φαινολικές ουσίες όπως και στην συγκέντρωση μακροστοιχείων και μικροστοιχείων από εκείνη του αλεσμένου καφέ.
4. Τα υπολλείματα καφέ φαίνεται να είναι πλούσια σε μεταλλα τροφοθρεπτικά συστατικά. Συγκεκριμένα η συγκέντρωση σε Νάτριο και Καλιο είναι πολύ υψηλή, όπως και η συγκέντρωση σε Μαγνήσιο. Το περιεχόμενο σε μικροστοιχεία και ιχνοστοιχεία δεν ήταν τόσο υψηλό. Παρ'όλαυτά οι μετρήσεις έδειξαν ότι ένα ποσοστό των μακροστοιχείων και των ιχνοστοιχείων που βρίσκονται στους αλλεσμένους κόκκους καφέ, παραμένει στα υπολλείματα αυτών.

8. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

1. Επέκταση της συγκεκριμένης ερευνητικής δραστηριότητας με μεγαλύτερο αριθμό δειγμάτων.
2. Προσδιορισμός της συγκέντρωσης της αντιοξειδωτικής ικανότητας σε καφέδες
3. Προσδιορισμός της συγκέντρωσης των ολικών φαινολικών ουσιών, μακροστοιχείων και ιχνοστοιχείων και της αντιοξειδωτικής ικανότητας σε που έχουν βράσει σε διαφορετικές θερμοκρασίες.
4. Προσδιορισμός της συγκέντρωσης των ολικών φαινολικών ουσιών, μακροστοιχείων και ιχνοστοιχείων και της αντιοξειδωτικής ικανότητας σε καφέδες με την προσθήκη ζάχαρης σε διάφορες συγκεντρώσεις.
5. Προσδιορισμός της συγκέντρωσης των ολικών φαινολικών ουσιών, μακροστοιχείων και ιχνοστοιχείων και της αντιοξειδωτικής ικανότητας σε ελληνικούς καφέδες με την προσθήκη γάλακτος σε διάφορες αναλογίες.
6. Προσδιορισμός της συγκέντρωσης των ολικών φαινολικών ουσιών, μακροστοιχείων και ιχνοστοιχείων και της αντιοξειδωτικής ικανότητας σε ελληνικούς καφέδες με άλλες μεθόδους ανάλυσης.
7. Βιβλιογραφική έρευνα για την αξιοποίηση των υπολλειμάτων του καφέ.

9. ΒΙΒΛΙΟΦΡΑΦΙΑ

Ξένη Βιβλιογραφία:

- Alvim, P. de T. (1973) Factors affecting flowering of coffee. *J. Plant. Crops* 1, 37-43.
- Beesley L., Moreno-Jimenez E., Gomez-Eyles J.L., Harris E., Robinson B., Sizmur T., (2011). A review of bio chars potential role in the remediation, vegetation and restoration of contaminated soils, *Environmental Pollution* 159, 3269-3282.
- Beesley L., Marmiroli M., (2011). The immobilization and retention of soluble arsenic, cadmium and zinc by bio char, *Environmental Pollution* 159,474-480.
- Belitz, H.D. and Grosch, W. (1999). Coffee, Tea, Cocoa. In: *Food Chemistry*, 4th Edition, pp. 874-904, Springer-Verlag, Berlin Germany.
- Berthaud, J. and Charrier, A. (1988) Genetic resources of Coffea. In R.J. Clarke and R. Macrae (eds), *Coffee: Volume 4 – Agronomy*. London: Elsevier Applied Science, pp. 1 – 42.
- Borrelli, R.C., Visconti, A., Mennella, C., Anese, M. and Fogliano, V. (2002). Chemical Characterization and Antioxidant Properties of Coffee Melanoidins. *J. Agric. Food Chem.*, 50, 6527-6533.
- Bradburry, A.G.W. (2001) Carbohydrates. In R. J. Clarke and O. G. Vitzthum (ads), *Coffee – Recent Developments*. Oxford: Blackwell Science, pp. 1 – 17.
- Bruun E.W., Application of Fast Pyrolysis bio char to a Loamy soil, DTU, (2011)
- Buffo, R.A., and Cardelli-Freire, C., (2004), Coffee flavor: an overview, *Flavor and fragrance journal*, 19: 99-104.
- Cammerer, B. and Kroh, L.W. (2006). Antioxidant activity of coffee brews. *Eur. Food Res. Technol.*, 223, 469–474.
- Cannell, M.G.R. (1985) Physiology of the coffee crop. In M.N. Clifford and K.C. Willson (eds), *Coffee: Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage*. London: Croom Helm, pp. 108 – 124.
- Charalambous, G. (1986). Coffee. In: *Handbook of Food and Beverage Stability: Chemical Biochemical, Microbiological and Nutritional Aspects*, pp. 686-717, Clarke R., Academic Press, Inc. USA.
- Chichester: J. Wiley & Sons, pp. 12-29, 112-118, 124-126, 133-136, 212-216, 223-228, 238-239, 301-309, 335-338.
- Clarke, R. J., (1987) Roasting and grinding In R.J. Clarke and R. Macrae (ads), *Coffee: Volume 2- Technology*. London: Elsevier Applied Science, pp. 73-197.

Clarke, R. J., *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, Donnington, Chichester, West Sussex, UK, Copyright 2003, Elsevier Ltd. All Rights Re-served pp. 1485-1492.

Clinton, W.P. (1986). The chemistry of coffee, 11th Int. Colloq. Chem. Coffee (ASIC, 1986), 87-92.

Crews, H.M., Olivier, L. and Wilson, L.A. (2001). Urinary biomarkers for assessing dietary exposure to caffeine. *Food Addit. Contam.*, 18, 1075-1087.

EUFIC (The European Food Information Council): "Caffeine and health".

Farah, A. and Donangelo, C.M. (2006). Phenolic compounds in coffee. *Braz. J. Plant Physiol.*, 18(1), 23-36.

Flament, I. (2001). The individual constituents: structure, nomenclature, origin, chemical and organoleptic properties. In *Coffee Flavor Chemistry*.

Gehrig, M. and Schulmeyr, J. (1997). Supercritical CO₂ tea decaffeination. *Trends in Food Science and Technology*, 8, 315-316, Germany.

Gokulakrishnan, S., Chandraraj, K. and Gummadi S.N. (2005). Microbial and enzymatic methods for the removal of caffeine. *Enzyme and Microbial Technology*, 37, 225-232, India.

Gonzalez, A.G., Pablos, F., Martin, M.J., Leon-Camacho, M. and Valdenebro, M.S. (2001). HPLC analysis of tocopherols and triglycerides in coffee and their use as authentication parameters. *Food Chemistry*, 73, 93-101.

Heim, K.E., Tagliaferro, A.R. and Bobilya, D.J. (2002). Flavonoid antioxidants: chemistry metabolism and structure-activity relationships. *Journal of nutritional Biochemistry*, 13, 572-584.

Hodge, J., E. (1953) Chemistry of browning reaction in model systems, *J. Agric. Food Chem.* 1, 928-943.

Houben D, Eurard L., Sonnet P. (2013). Beneficial effects of bio char application to contaminated soils on the bioavailability of Cd, Pb and Zn and the biomass production of rapeseed (*Brassica napus* L.), *Biomass and Bioenergy* XXX, I-9.

Illy, A. and Viani, R., (2005). Espresso Coffee The Science of Quality, pp. 21 – 28, 86 – 94, 215-228, 300-308, 337-343.

Knox, K. and Huffaker, J.S. (1997). What is coffee pp.1-14. Rosting and Blending pp.74-80. In: *Coffee Basics a quick and easy guide*, John Wiley and Sons Inc., New York.

Kucukkomurler, S. and Ozgen, L., (2009) Coffee and Turkish Coffee Culture, *Pakistan Journal of Nutrition* 8 (10): 1693-1700.

Kurt, A. and Speer, K. (2002) Untersuchungen zum Einfluss der Dampfungparameter auf die Diterpengehalte von Arabica Roh- und Rostkaffees. *Dtsch. Lebensm. Rdsch.* 98, 1-4.

- Lee, F.A. (1975). Coffee. In: Basic Food Chemistry, pp.282-303, The AVI Publishing Company, Inc., New York.
- Lopez-Galilea, I., Andueza, S., Leonardo, I. and Pena M.P. (2006). Concepcion Cid Influence of torrefacto roast on antioxidant and pro-oxidant activity of coffee. Food Chemistry, 94, 75–80.
- Macrae, R. (1985) Nitrogenous components. In Coffee Chemistry, Clarke R.J and Macrae R. Eds, Elsevier Applied Science Publishers, 1, pp. 115-152.
- Maier, H.G., (1981) Kaffee. Berlin and Hamburg: Paul Parley.
- Maier, H.G., (1993), Status of research in the field on non-volatile components. 15th Int. Colloq. Chem. Coffee (Montpellier 6-11.6.1993) (ASIC,1993), 2, 567-576.
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Remesy, C. and Jimenez, L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. Am. J. Clin. Nutr., 79(5), 727- 747.
- Mazzafera, P. (1999). Chemical composition of defective coffee beans. Food Chemistry, 64, 547-554.
- Meilgaard, M., Civille, G.V and Carr B.T. (1999) Sensory Evaluation Techniques, 3rd edn. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Minussi, R.C., Rossi, M., Bologna, L., Cordi, L., Rotilio, D., Pastore, G.M. and Duran, N. (2003). Phenolic Compounds and Total Antioxidant Potential of Commercial Wines. Food Chemistry, 82, 409-416.
- Maria Valderez Ponte Rochaa, Leonardo José Brandão, (2014) Ultrasound-assisted production of biodiesel and ethanol from spent coffee grounds.
- NEVES, C.(197) A estória do café. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Café. 52p.
- Packer, L. and Colman, C. (1999). The Antioxidant Miracle, pp. 16-18, 175- 177, INC, Canada.
- Perez-Martinez, M., Sopelana, P., Paz De Pena, M., and Cid, C.,(2008) Changes in Volatile Compounds and Overall Aroma Profile during Storage of Coffee Brews at 4oC and 25 oC, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56, pp 3145-3154.
- Petracco, M. (2001) Beverage preparation: brewing trends for the new millennium. In R.J Clarke and O.G Vitzthum (eds), Coffee: Recent Advances. Oxford: Blackwell Science, pp. 140-164.
- Pokorny, J., Yanishlieva, N. and Gordon M. (2001). Antioxidants in Food Practical Applications, Woodhead Publishing Limited.
- Prior, R.L., Wu, X.L. and Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53(10), 4290–4302.

- Ratty, A.K. and Das, N.P. (1988). Effects of flavonoids on nonenzymic lipid peroxidation: structure activity relationship. *Biochem.Med.Metab.Biol.* 39, 69- 79.
- R.D. Misra , M.S. Murthy, (2010), Straight vegetable oils usage in a compression ignition engine—A review, India, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14 3005–3013.
- Roberfroid, M. and Calderon, P. (1990). Free Radicals and Oxidation: Phenomena in Biological System, 1,17-19, Belgium.
- Senol, A. and Aydin, A. (2005). Solid-liquid extraction of caffeine from tea waste using battery type extractor: Process optimization. *Journal of Food Engineering*, Turkey.
- Shahidi, F. and Wanasundara, P.K.J.P.D. (1992). Phenolic antioxidants. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 23, 67-103.
- Sobésa Café (2008). Available at: <http://www.sobesa.com.br>. Accessed 05 March 2010.
- Tsimidou, M., Papadopoulou, G. and Boskou, D. (1992). Phenolic compounds and stability of virgin olive oil - Part I. *Food Chemistry*, 45, 141-144.
- Vandecasteele C. & Block G.B.(1997) Atomic absorption spectrometry & Activation analysis. In: *Modern methods for trace element determination*. England: John Wiley & Sons Ltd,92-316.
- Viani, R. and Horman, I. (1974) Thermal behavior of trigonelline. *J. Food Sci.* 39, 1216-1217.
- Vincent, J.C. (1987) International standardization. In R.J. Clarke and R. Macrae (eds), *Coffee: Volume 1 – Technology*. London: Elsevier Applied Science, pp. 28 – 30.

Ελληνική βιβλιογραφία:

- Αρβανιτογιάννης, Ι.Σ., Σάνδρου, Δ., Κούρτης, Λ. (2001). Ασφάλεια τροφίμων: Εφαρμογή της ανάλυσης επικινδυνότητας και κρίσιμων σημείων ελέγχου (HACCP) στις βιομηχανίες τροφίμων και ποτών. Σελ. 338-341, University Studio Press, Θεσσαλονίκη.
- Αλκιμος Αναστασιος , (2000) κομποστ (οικολογικό εργαστήριο χυμοποίησης της βιομάζας) ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΨΥΧΑΛΟΣ, ΑΘΗΝΑ.
- Γαλάρης, Δ. και Δούλιας, Π.Θ. (2001). Βιολογικά Αντιοξειδωτικά. *Χημικά Χρονικά*, 2, 49-50.
- Γεράρδης, Τ. (1998). Ο καφές ένα αραβικό παραμύθι. Πρώτη Έκδοση, σελ. 81-102, Τροχαλία, Αθήνα.
- Μανουσίδης, Χρήστος, (2009). Το εγχειρίδιο του καφέ, Εκδόσεις Ψυχάλου, σελ. 15-21, 65-68.
- Μπόσκος, Δ. (1997). *Χημεία Τροφίμων*. 4η Έκδοση, Κεφ. ΙΧ, σελ. 230-232, Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη.

Παπαγεωργίου, Γ.Ε. (2005). Βιοχημεία ελευθέρων ριζών, αντιοξειδωτικά και λιπιδική υπεροξειδάση . University Studio Press, σελ. 114-126, Θεσσαλονίκη.

Σουφλερός, Ε. (1997). Οίνος και Αποστάγματα – Μέθοδοι Ανάλυσης. Κεφ.18, σελ.116-119, Τυπογραφία Παπαγεωργίου, Θεσσαλονίκη.

Harris Daniel C. Ατομική φασματοσκοπία. Στο: Ποσοτική Χημική Ανάλυση. Τόμος Β'. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης, 2011: 515-538.