

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ
ΑΝΘΡΩΠΟΥ

Π.Μ.Σ. ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Προσδιορισμός φυσικών και οργανοληπτικών ιδιοτήτων του καφέ, *Coffea Arabica* και *Coffea Canephora (Robusta)*, σε σχέση με το βαθμό καβουρδίσματος και το μέγεθος άλεσης

Χριστίνα Κανακάκη

Αθήνα, Ιούνιος 2019



**Π.Μ.Σ. ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Προσδιορισμός φυσικών και οργανοληπτικών ιδιοτήτων του καφέ, *Coffea Arabica* και *Coffea Canephora (Robusta)*, σε σχέση με το βαθμό καβουρδίσματος και το μέγεθος άλεσης

Determination of physical and organoleptic properties of coffee, Coffea Arabica and Coffea Canephora (Robusta), in relation to roast degree and grinding

Χριστίνα Κανακάκη

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια : Ιωάννα Μαντάλα

Εξεταστική Επιτροπή

**Νικόλαος Στοφόρος, Καθηγητής
Γκόλφω Μοάτσου, Αν. Καθηγήτρια**

Ευχαριστίες

Θέλω να ευχαριστήσω θερμά την Καθηγήτριά μου κ. Ιωάννα Μαντάλα, αρχικά για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε στην επιλογή του συγκεκριμένου θέματος και στη συνέχεια για την άρτια επικοινωνία και καθοδήγησή της, καθώς και την εξεταστική επιτροπή, Καθηγητή κ. Νικόλαο Στοφόρο και Αναπληρώτρια Καθηγήτρια κ. Γκόλφω Μοάτσου.

Επίσης, θεωρώ υποχρέωση μου να ευχαριστήσω και την εταιρεία Coffee Republic S.A. που μου παρείχε κατάλληλο εξοπλισμό για την πραγματοποίηση της μελέτης μου αλλά και που μου έδωσε τη δυνατότητα να πραγματοποιήσω την πρακτική μου άσκηση και τον Υπεύθυνο Ποιοτικού Ελέγχου, Νίκο Κανακάρη ο οποίος λειτούργησε ως συνδετικός κρίκος.

Ιδιαίτερα ευχαριστώ τους Υπεύθυνους Παραγωγής Παναγιώτη Ξυλά και Ορέστη Σφυρή για την εμπειρία που ήταν αξέχαστη και άκρως διδακτική. Η άρτια κατάρτισή τους, η υπομονή και η γενναιοδωρία τους συνέβαλλε στην ολοκλήρωση της παρούσας μελέτης.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στους υποψήφιους Διδάκτορες Ευτύχη Αποστολίδη και Μαριάνθη Ζιώγα, που ήταν δίπλα μου και στήριξαν την προσπάθειά μου από την πρώτη στιγμή. Τέλος, ευχαριστώ το Εργαστήριο Μηχανικής Τροφίμων, Επεξεργασίας & Συντήρησης Γ. Προϊόντων, καθώς και την Αναπληρώτρια Καθηγήτρια κ. Βασιλική Ευαγγελίου του Εργαστηρίου Χημείας & Ανάλυσης Τροφίμων για την παραχώρηση εργαστηριακού χώρου για την πραγματοποίηση εργαστηριακού μέρους της μελέτης.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ABSTRACT.....	7
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
Κεφάλαιο 1: Η καλλιέργεια του καφεόδεντρου.....	9
1.1 Ονομασία καφέ.....	9
1.2 Ιστορικά στοιχεία	9
1.3 Παγκόσμια Παραγωγή καφέ.....	10
1.4 Κύριες ποικιλίες και τα χαρακτηριστικά τους.....	12
1.5 Ανάπτυξη, ανθοφορία και καρποφορία.....	13
1.6 Κλίμα και έδαφος	14
Κεφάλαιο 2: Ο καρπός του καφέ	15
2.1 Ανατομία καρπού	15
2.2 Συγκομιδή.....	16
2.3 Επεξεργασία πράσινου καφέ	17
2.4 Αποθήκευση και μεταφορά	20
2.5 Ασθένειες και έντομα	25
Κεφάλαιο 3: Η επεξεργασία του καφέ	29
3.1 Καβούρδισμα.....	29
3.2 Άλεση	34
3.3 Μεταβολές χημικών ιδιοτήτων κατά το καβούρδισμα.....	36
3.4 Άρωμα και Γεύση του καφέ	37
Κεφάλαιο 4: Η χημική σύσταση των κόκκων καφέ.....	39
4.1 Χημική Σύσταση των κόκκων	39
ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	41
Κεφάλαιο 5: Ανάλυση Μελέτης.....	41
5.1 Πρώτη ύλη.....	41
5.2 Καβούρδισμα Δείγματος	44
5.3 Άλεση Δείγματος.....	48
5.4 Μέτρηση Καφεΐνης	49
5.5 Cupping	53
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ και ΣΥΖΗΤΗΣΗ	56
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	74
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	76

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο καφές αποτελεί ένα από τα πολυτιμότερα προϊόντα εμπορίου στον κόσμο κατέχοντας την 2^η θέση μετά το πετρέλαιο. Η καλλιέργεια των καφεόδεντρων γίνεται στη ζώνη του Ισημερινού σε υγρές περιοχές με ήπιες θερμοκρασίες. Τα δύο κύρια είδη που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ροφήματος καφέ είναι *Coffea Arabica* και *Coffea Canephora*, τα οποία εμφανίζουν αρκετές διαφορές. Η ποικιλία *Robusta* αποτελεί την πιο διαδεδομένη καλλιεργούμενη ποικιλία του είδους *C. Canephora*, ενώ η *Typica* και η *Bourbon* είναι ποικιλίες του είδους *Arabica* από τις οποίες έχουν δημιουργηθεί πολλές άλλες. Το είδος *Arabica* αποδίδει πιο γλυκές και αρωματικές γεύσεις, ενώ οι κόκκοι της ποικιλίας *Robusta* περιέχουν περίπου διπλάσια ποσότητα καφεΐνης. Για την τελική ποιότητα και τα αρώματα του καφέ ευθύνεται σε μεγάλο βαθμό η συγκομιδή των καρπών του δέντρου. Η συγκομιδή μπορεί να γίνει με το χέρι (*hand-picking*), με απογύμνωση (*stripping*) ή με μηχανικό τρόπο με δόνηση των κλαδιών του δέντρου. Στη συνέχεια ακολουθεί η επεξεργασία των πράσινων κόκκων κατά την οποία απομακρύνονται από τον καρπό. Αυτό επιτυγχάνεται με φυσική/ξηρή επεξεργασία (*Dry process*), υγρή επεξεργασία (*Wet process*) και φυσική επεξεργασία πούλπας (*Pulped natural process*), χωρίς όμως αυτές να αποτελούν και τις μοναδικές μεθόδους. Αφού απομακρυνθούν οι πράσινοι κόκκοι από τον καρπό είναι έτοιμοι για αποθήκευση σε κατάλληλες συνθήκες ώστε η τελική υγρασία να διατηρείται κάτω από 13%.

Επόμενο στάδιο είναι το καβούρδισμα και η άλεση των κόκκων καφέ. Αρκετές μελέτες έχουν ασχοληθεί με τις αρωματικές και γευστικές ενώσεις και πώς αυτές επηρεάζονται από το καβούρδισμα και την άλεση. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η επίδραση αυτών των παραμέτρων στα επίπεδα καφεΐνης των κόκκων καθώς και σε βασικές φυσικές αλλαγές που προκύπτουν. Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν ο προσδιορισμός των φυσικών αλλαγών, της καφεΐνης και των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών, στα δύο είδη καφέ, σε σχέση με το βαθμό καβουρδίσματος και το μέγεθος άλεσης.

Στην παρούσα μελέτη, χρησιμοποιήθηκαν δύο ποικιλίες καφέ, *Yellow Catuai* από Βραζιλία και *Robusta* από Ινδία και καβουρδίστηκαν με κατάλληλη συσκευή για δείγματα καφέ (*IKAWA*). Το καβούρδισμα πραγματοποιήθηκε σε τρία διαφορετικά προφίλ, ελαφρύ, μέτριο και σκούρο και εξετάστηκαν φυσικές αλλαγές συμπεριλαμβανομένου του βάρους, της πυκνότητας, τις διαστάσεις, την υγρασία και την ενεργότητα νερού καθώς και το χρώμα. Όπως ήταν αναμενόμενο, παρατηρείται μια μείωση στο βάρος και στις δύο ποικιλίες, *Arabica* και *Robusta*, καθώς η διαδικασία συνεχίζει στο πιο σκούρο προφίλ. Η πυκνότητα φαίνεται, επίσης, να μειώνεται ενώ το μέγεθος των κόκκων αυξάνεται, με την ποικιλία *Arabica* να εμφανίζεται μεγαλύτερη. Η υγρασία των πράσινων κόκκων δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά, ενώ κατά το καβούρδισμα οι σκούρο καβουρδισμένοι κόκκοι φτάνουν σε τελική υγρασία 1.8% και 1.2% για *Arabica* και *Robusta*, αντίστοιχα. Η ενεργότητα νερού δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική διαφορά, ενώ το χρώμα των καβουρδισμένων κόκκων δείχνει να διαφέρει ανάμεσα στις δύο ποικιλίες. Παράλληλα με τις φυσικές αλλαγές εξετάστηκε και το περιεχόμενο σε καφεΐνη των πράσινων και καβουρδισμένων κόκκων ανάμεσα στα δύο δείγματα. Αρχικά πραγματοποιήθηκε άλεση σε δύο μεγέθη, χονδρο-αλεσμένοι και λεπτο-αλεσμένοι, με το 91.1% των χονδρο-αλεσμένων κόκκων να κυμαίνεται από 400-500 μm και το 81.2% των λεπτο-αλεσμένων να βρίσκεται στα 315 μm . Η μέτρηση σε περιεχόμενο καφεΐνης στα δείγματα πράσινων και καβουρδισμένων κόκκων πραγματοποιήθηκε με διγλωρομεθάνιο και χρήση διαχωριστικής χοάνης.

Η απόδοση του διχλωρομεθανίου για εκχύλιση καφεΐνης από κόκκους καφέ είναι 98-99%. Ύστερα από κατασκευή πρότυπης καμπύλης βαθμονόμησης υπολογίστηκαν τα επίπεδα καφεΐνης στα δείγματα.

Η ποσότητα καφεΐνης δεν μεταβάλλεται σημαντικά στα αρχικά στάδια καβουρδίσματος αλλά καθώς συνεχίζει η διαδικασία παρατηρείται ελαφριά μείωση. Οι κόκκοι της ποικιλίας *Robusta* παρουσιάζουν διπλάσια ποσότητα καφεΐνης σε σχέση με τα δείγματα *Arabica*, ενώ παράλληλα η χονδρή άλεση παρουσίασε μεγαλύτερη συγκέντρωση καφεΐνης από τα αντίστοιχα δείγματα λεπτής άλεσης.

Λέξεις – Κλειδιά: *Arabica*, *Robusta*, Καβούρδισμα, Καφεΐνη, Φασματοφωτόμετρο *UV-Vis*

ABSTRACT

Coffee is one of the most valuable trading products across the world, holding the second place right after oil. Coffee trees are cultivated around the Equatorial zone at humid areas with mild temperatures. The main two cultivating species for coffee production are *Coffea Arabica* and *Coffea Canephora*, with lot of differences between them. Robusta variety is considered as the most widely cultivating variety of *C. Canephora* species, while Typica and Bourbon are varieties from the Arabica species from which most of the rest know varieties have been created. Arabica varieties result to sweeter and more fragrant flavours, while Robusta coffee beans contain almost double the caffeine amount against Arabica. Regarding the final quality and flavour content of the coffee drink, coffee cherry harvest is of great importance. Coffee harvesting can be done by hand-picking, by stripping, or mechanically by vibrating the tree's branches. After the picking procedure comes the process of harvest where coffee beans are separated from the fruit. This is achieved naturally (Dry process), using water (Wet process) or by removing the skin of the cherry before drying it (Pulped natural process), with these not being the only methods applied. After the green beans have been removed for the cherry, they are ready to be stored at specific environmental conditions as for the remaining moisture level to be kept below 13%.

The next stage is the roasting procedure and grinding of the roasted coffee beans. Several studies have taken place regarding the aromatic and flavour compounds of coffee and how these are affected by roasting and grinding. Specific interest lays upon how these parameters affect the caffeine levels of the beans as well as the physical changes that occur. The purpose of this study was to determine the physical changes, caffeine content and the sensory attributes in the two coffee species in relation to the roast degree and milling size.

At the present study, two different coffee varieties were used, Yellow Catuai from Brazil (Arabica) and Robusta from India which were roasted by a suitable device for coffee samples (*IKAWA*). Coffee roasting procedure was done by using three different roasting profiles, resulting to a light, medium and dark roast degree and evaluated by the occurred physical changes in weight, density, average bean size, moisture level, water activity and colour of the beans. As expected, a weight loss was measured in both varieties of Arabica and Canephora, as the procedure was shifted to darker roast profiles. The bean density was becoming lesser decreased while the size increased, with Arabica beans being larger from Robusta ones. Roasted beans moisture didn't show a statistically significant difference, while the darker roasted beans reached to a final moisture of 1.8% and 1.2% for Arabica and Robusta respectively. Water activity also didn't show a statistically significant difference, while colour measurement between the two species was different. In parallel with the physical changes the caffeine content was examined in green and roasted beans for both samples. At first, the beans were ground to two different sizes, coarse and fine, with a 91.1% of the coarse ground beans to result in a screen size of 400-500 μm and 81.2% of fine ground beans to result around 315 μm . Caffeine content measurement of the green and roasted beans was achieved using dichloromethane and separation funnel. The dichloromethane yield for caffeine extraction from the coffee beans is 98-99%. After constructing a calibration curve the specimens' caffeine levels were determined. The caffeine content does not change significantly in the early roasting stages but as the process continues there is a slight decrease. Robusta coffee beans showed double caffeine content relative to Arabica ones, while coarse grounded samples showed a higher caffeine concentration than the corresponding fine samples.

Σκοπός

Ο καφές είναι ένα θέμα που τελευταία απασχολεί ολοένα και περισσότερο το ενδιαφέρον των ανθρώπων. Από απλοί καταναλωτές μέχρι ερευνητές, πειραματίζονται και εξετάζουν τρόπους επεξεργασίας και παρασκευής του. Αρκετές μελέτες έχουν ασχοληθεί με τις αρωματικές και γευστικές ενώσεις του καφέ και πώς αυτές σχηματίζονται ή αποικοδομούνται με το βαθμό καβουρδίσματος. Παράλληλα, σημαντική παράμετρος στην παρασκευή ενός ροφήματος καφέ είναι η άλεση και το μέγεθος στο οποίο αλέθονται οι καβουρδισμένοι κόκκοι, ανάλογα με τη μέθοδο παρασκευής, διαφέρει. Η καφεΐνη αποτελεί χημική ουσία που διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην καθημερινότητα των ανθρώπων και ο καφές εμφανίζεται ως κύρια πηγή καφεΐνης για τον άνθρωπο. Δεδομένου ότι η καφεΐνη ως χημική ένωση μπορεί να μην διατηρείται σταθερή, όπως αναφέρουν μελέτες, είναι σημαντικό να εξετάσει κανείς πώς επηρεάζεται από τη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια καβουρδίσματος. Αντίστοιχες μελέτες για το περιεχόμενο καφεΐνης σε δείγματα καφέ έχουν γίνει ως προς το βαθμό άλεσης. Ως συνέπεια των παραπάνω, γεννήθηκε η ιδέα να μελετηθεί πώς το καβούρδισμα σε διαφορετικές θερμοκρασίες και η άλεση επηρεάζουν το ποσοστό καφεΐνης στους κόκκους καφέ καθώς και τις φυσικές τους αλλαγές. Μελετήθηκαν, λοιπόν, οι μεταβολές σε βάρος, πυκνότητα, σχήμα, υγρασία, ενεργότητα νερού και χρώμα σε σχέση με το καβούρδισμα σε τρεις διαφορετικές συνθήκες και την άλεση του προϊόντος σε δύο διαφορετικά μεγέθη.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κεφάλαιο 1: Η καλλιέργεια του καφεόδεντρου

1.1 Ονομασία καφέ

Η προέλευση του ονόματος ‘καφέ’ δεν έχει προσδιοριστεί με βεβαιότητα. Διάφορες ιστορίες έχουν έρθει στο φώς με την πιο γνωστή να μιλάει για μια περιοχή της νοτιοδυτικής Αιθιοπίας, την «ΚΑΦΑ» ή «ΚΕΦΑ» όπου ανακαλύφθηκε για πρώτη φορά ο καφές (Μανουσίδης, 2016). Άλλοι υποστηρίζουν ότι η λέξη προέρχεται από τον αραβικό όρο «*QAHWA*» ή «*QUAHWEH*» που σημαίνει δύναμη, από τη ρίζα «*Q-H-W-Y*» που σημαίνει να δημιουργείς απέχθεια για κάτι και χρησιμοποιούνταν για το κρασί που δημιουργούσε απέχθεια για το φαγητό. Λόγω του ότι το αλκοόλ απαγορεύεται στους Μουσουλμάνους το όνομα μεταφέρθηκε στον καφέ, που δημιουργούσε απέχθεια για τον ύπνο, και μέσω του τούρκικου ισοδύναμου «*KAHWEH*» έγινε ο καφές που ξέρουμε σήμερα (Clifford, 2012; Μανουσίδης, 2016). Η μοναδική χώρα στον κόσμο που δεν χρησιμοποιεί κάποια συναφή λέξη για τον καφέ είναι η Αιθιοπία, χρησιμοποιώντας τον όρο «*BUNA*» (μπούνα) που σημαίνει κόκκος (Μανουσίδης, 2016).

1.2 Ιστορικά στοιχεία

Μέχρι και σήμερα, δεν έχουν βρεθεί ιστορικά στοιχεία για τον καφέ. Οι περισσότερες πηγές αναφέρουν ότι η Αβησσυνία ήταν το μέρος που ανακαλύφθηκε ο καφές, και πιο συγκεκριμένα στην *Kaffa*, επαρχία της σημερινής Αιθιοπίας (Μανουσίδης, 2016). Διάφορες ιστορίες έχουν γίνει γνωστές σχετικά με την ανακάλυψη του καφέ, με διασημότερη αυτή του γιδοβοσκού *Kaldi* στις όχθες της Ερυθράς Θάλασσας (Clifford, 2012). Ο *Kaldi*, καθώς πρόσεχε τις κατσίκες του που βοσκούσαν στο χωράφι, παρατήρησε ότι οι καρποί ενός συγκεκριμένου θάμνου της περιοχής έδιναν ενέργεια στα ζώα και χοροπηδούσαν σαν τρελά. Γεμάτος περιέργεια αποφάσισε να δοκιμάσει και ο ίδιος το περιέργο εκείνο φρούτο, και άρχισε να χοροπηδά μαζί με τις κατσίκες του. Κοντά στην περιοχή υπήρχε ένα μοναστήρι, και ένας περαστικός μοναχός παρατήρησε την περιέργη συμπεριφορά του γιδοβοσκού και πλησίασε. Ο *Kaldi* του έδειξε το δέντρο και ο μοναχός πήρε κάποιους καρπούς πίσω στο Μοναστήρι, τους καβούρδισε, τους εκχύλισε και δοκίμασε το ρόφημα. Αμέσως αντιλήφθηκε την ενέργεια που του έδινε το ρόφημα και σκέφτηκε ότι ήταν η λύση για τους μοναχούς, αλλά και για τους μαθητές του να μένουν ξύπνιοι στις ολονύχτιες προσευχές και τα κηρύγματά του (Clifford, 2012; Μανουσίδης, 2016).

Από παλαιότερες πηγές γνωρίζουμε ότι το καφεόδεντρο βρέθηκε στην Αιθιοπία πριν το 600 μ.Χ.. Η ιστορία αναφέρει ότι τον 6^ο αιώνα Αιθίοπεις εισβολείς μετέφεραν τον καφέ στην Αραβία ενώ σύμφωνα με άλλες πηγές, οι Αιθίοπεις σκλάβοι κατανάλωναν καφέ για να αντέχουν στις κακουχίες των Αράβων και μέσα από τις αποδεύσεις τους δημιουργήθηκαν οι πρώτες φυτείες καφέ στην Αραβία. Αποδείξεις αναφέρουν ότι από τον 12^ο αιώνα ο καφές καλλιεργείται στην Υεμένη ενώ στις αρχές του 15^ο αιώνα είχε ήδη διαδοθεί στη Μόκα (Μόχα) και το Άντεν της Υεμένης από όπου στη συνέχεια πέρασε στη Μέκκα, την Τζέντα και τη Μεδίνα.

Ακολούθησε η Αίγυπτος και έπειτα εξαπλώθηκε σε Συρία και Περσία (Μανουσίδης, 2016; Illy & Viani, 2005). Στα μέρη αυτά οι Ευρωπαίοι που ταξίδευαν μιλούσαν για ένα περίεργο μαύρο ρόφημα. Οι Βενετοί έμποροι ήταν αυτοί που το 1615 πρώτοι μετέφεραν κόκκους καφέ από τη Μόκα στην Ευρώπη (Clifford, 2012). Η εμπορική παραγωγή καφέ, εκτός Υεμένης, ξεκίνησε το 17^ο αιώνα όταν Ολλανδοί έκλεψαν ένα καφεόδεντρο από το λιμάνι της Μόκα στην Αραβία για να το μεταφυτέψουν σε αποικίες τους, στη Σρι Λάνκα (πρώην Κεϋλάνη) (1660) και στην Ιάβα (*Java*) (1700) (Illy & Viani, 2005). Το 1706, από τις χώρες αυτές, λίγα φυτά μεταφέρθηκαν στον Βοτανικό κήπο του Αμστερνταμ και αποτέλεσαν τη βάση για όλες σχεδόν τις ποικιλίες του καφέ *Arabica* στο δυτικό κόσμο (Clifford, 2012; Illy & Viani, 2005). Αυτή η πρώτη εμφάνιση καφέ από την Υεμένη στην Ασία και αργότερα τη Λατινική Αμερική είναι ποικιλία *Tyrica* (Illy & Viani, 2005).

Το 1713 ο Λουδοβίκος 14^{ος} της Γαλλίας λαμβάνει δώρο από τους Ολλανδούς ένα καφεόδεντρο, ενώ ένας Γάλλος αξιωματικός του Ναυτικού ήταν αυτός που το 1723 μετέφερε τον καφέ στην Αμερικάνικη Ήπειρο και συγκεκριμένα στη Μαρτινίκα. Το 90% του καφέ παγκοσμίως λέγεται ότι προέρχεται από εκείνα τα δέντρα (Μανουσίδης, 2016). Γύρω στο 1715, καφεόδεντρα από την Υεμένη στάλθηκαν, με τη βοήθεια Γάλλων, στο νησί *Reunion* του Ινδικού Ωκεανού, που τότε ονομαζόταν *Isle of Bourbon* (ποικιλία *Bourbon*) (Illy & Viani, 2005). Τα δέντρα αυτά παρήγαγαν καλύτερης ποιότητας καφέ καθώς οι καρποί ήταν μικρότεροι σε μέγεθος αλλά πολύ πιο γευστικοί σε σχέση με τους αντίστοιχους καρπούς της ποικιλίας *Tyrica*. Ο καφές πέρασε στην Κεντρική και Νότια Αμερική με τη βοήθεια των Ολλανδών το 1718 σε αποικία τους στο Σουρινάμ και στη συνέχεια στη Γαλλική Γουιάνα. Το 1727 στάθηκε αιτία ένα διπλωματικό επεισόδιο και κόκκοι καφέ έφτασαν στα χέρια του Βραζιλιάνου αυτοκράτορα. Ο ίδιος αμέσως έδωσε εντολή και φυτεύτηκε σε όλη τη Βόρεια επαρχία του Παρά (η πολιτεία της Βραζιλίας). Έτσι ξεκινάει μια νέα εποχή στη Βραζιλία όπου ο καφές θα γίνει το ποτό του λαού και το φυτό θα γεμίσει όλη τη χώρα.

Από τα τέλη του 18^{ου} αιώνα όπου ο καφές έγινε ευραίως γνωστός, μέχρι και σήμερα κατέχει πρωτεύοντα ρόλο στη ζωή των ανθρώπων. Το γεγονός αυτό οδήγησε η οικονομία πόλεων ακόμα και χωρών να βασίζεται στην καλλιέργεια και εξαγωγή του. Το παράδοξο στην ιστορία είναι ότι στην Κένυα και την Τανζανία, που γειτονεύουν με την Αιθιοπία, ο καφές κατάφερε να καλλιεργηθεί μετά από 6 αιώνες (Μανουσίδης, 2016).

1.3 Παγκόσμια Παραγωγή καφέ

Ο καφές καλλιεργείται σε 52 χώρες και υπολογίζεται ότι περίπου 100 εκατομμύρια άνθρωποι απασχολούνται μέσω της καλλιέργειας, της επεξεργασίας και του μάρκετινγκ, ενώ την αγροτική παραγωγή έχουν αναλάβει 25-26 εκατομμύρια αγρότες, οι περισσότεροι από τους οποίους είναι μικροκαλλιεργητές. Ο καφές είναι ένα από τα πολυτιμότερα προϊόντα εμπορίου και κατέχει την δεύτερη θέση σε τζίρο παγκοσμίως με πρώτο το πετρέλαιο αντιπροσωπεύοντας περίπου το 1% της συνολικής αξίας του παγκόσμιου εμπορίου (Waller et al., 2007).

Όλα τα στατιστικά στοιχεία και οι διατάξεις συμφωνιών υπολογίζονται σε σακιά βάρους 60kg. Κάθε σάκος με την ίδια σήμανση θεωρείται ταυτόσημος. Είναι πολύ σημαντικό στο εμπόριο όλο το περιεχόμενο του σάκου όσον αφορά την ποιότητα να είναι το ίδιο (Clifford, 2012).

Από το 1980 η κατανάλωση αυξάνεται κάθε χρόνο κατά 1.2%, ενώ τα τελευταία χρόνια έχει φτάσει το 2% και αυξάνεται. Η Ιαπωνία έχει σημειώσει ρεκόρ με αύξηση κατά 3.5% γεγονός που τοποθετεί τη χώρα στην τρίτη θέση εισαγωγής καφέ μετά τις ΗΠΑ και τη Γερμανία. Η Βραζιλία είναι με μεγάλη διαφορά η πρώτη χώρα παραγωγής καφέ παγκοσμίως με δεύτερη το Βιετνάμ και την Κολομβία να ακολουθεί τρίτη. Σήμερα, το έτος 2017/18 η παγκόσμια παραγωγή καφέ αντιστοιχεί σε 163,51 εκατομμύρια σάκους καφέ και ποσοστό υψηλότερο κατά 4.8% σε σχέση με το έτος 2016/17.

Γίνεται εύκολα αντιληπτό, ότι ανάλογα με την ποιότητα διαφοροποιείται και η τιμή, αλλά η προσφορά και η ζήτηση είναι που επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό τις τιμές στην αγορά. Σε ορισμένες χώρες η εξαγωγή καφέ αποτελεί ένα πολύ μεγάλο ποσοστό κέρδους του ξένου εισοδήματος. Οι ασταθείς τιμές στη διεθνή αγορά πλήττουν ιδιαίτερα τις φτωχότερες αγροτικές κοινότητες, με περιπτώσεις όπου εκατομμύρια αγρότες να λαμβάνουν λιγότερο από το 5% της λιανικής τιμής ενός φλιτζανιού (ICO, 2018). Το 1962 η πρώτη διεθνής συμφωνία (*International Coffee Agreement, ICA*) τέθηκε σε ισχύ, όπου χώρες που εισήγαγαν καφέ ήρθαν σε συνεργασία με τους παραγωγούς και αυτό βοήθησε στην εξισσορόπηση παραγωγής και κατανάλωσης. Έκτοτε ακολούθησαν κι άλλες συμφωνίες με τελευταία το 2007. Το 1963 ιδρύθηκε και ο Διεθνής Οργανισμός Καφέ (*International Coffee Organization, ICO*) στο Λονδίνο υπό την αιγίδα των Ηνωμένων Εθνών. Πρόκειται για μια διακυβερνητική οργάνωση που δεν ελέγχει τις τιμές στην αγορά, αλλά αποσκοπεί να ενισχύσει τον τομέα του καφέ και να προωθήσει τη βιώσιμη ανάπτυξή του μέσω της διεθνούς συνεργασίας (ICO).

Το 1982 ιδρύθηκε η *Specialty Coffee Association of America (SCAA)* και αργότερα, το 1998 η *Specialty Coffee Association of Europe (SCAE)*, όπου σήμερα αποτελούν έναν ενιαίο οργανισμό (*SCA*). Ένας μη κερδοσκοπικός οργανισμός που βοηθά επαγγελματίες να μάθουν και να εξελιχθούν και παράλληλα με τη συνεχή έρευνα, εκπαίδευση και επικοινωνία να επιτευχθεί μια καλύτερη ποιότητα καφέ και η αριστεία στο φλιτζάνι (*Cup of Excellence*) (*SCA*). Το 1996 ιδρύθηκε το Ινστιτούτο Ποιότητας καφέ (*Coffee Quality Institute*) θέλοντας να βοηθήσει τους ανθρώπους που παράγουν καφέ αποσκοπώντας σε μια καλύτερη ποιότητα. Δεδομένου ότι πολλοί παραγωγοί δεν μπορούν να αναγνωρίσουν την ποιότητα του καφέ που παράγουν ώστε να εξελιχθούν, από το 1996 ο οργανισμός παρέχει τις απαιτούμενες γνώσεις και τα εργαλεία ώστε να βελτιωθούν και να αναγνωριστούν από αγορές που αναζητούν την καλύτερη ποιότητα παρέχοντας στους μικροπαραγωγούς πληθώρα επιχειρηματικών επιλογών (*CQI*).

1.4 Κύριες ποικιλίες και τα χαρακτηριστικά τους

Σύμφωνα με τη βοτανολογία, δέντρα καφέ θεωρούνται όλα τα τροπικά φυτά της οικογένειας *Rubiaceae*. Το 1713, ο *A. de Jussieu* μελέτησε ένα φυτό από το Βοτανικό κήπο του Άμστερνταμ και πέρασε στην ιστορία ως η πρώτη βοτανική περιγραφή ενός καφεόδεντρου. Το γένος *Coffea* περιγράφηκε από τον *Linnaeus* το 1737 και ταξινομήθηκε ως ξεχωριστό γένος. Από το 2^ο μισό του 19^{ου} αιώνα, τα τροπικά δάση της Αφρικής έχουν αποδειχθεί θησαυρός για την ανακάλυψη νέων ειδών του γένους *Coffea* (Clifford, 2012).

Τα είδη του, γένους *Coffea*, που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ροφήματος καφέ είναι *Coffea Arabica* και *Coffea Canephora*, ενώ λιγότερο διαδεδομένο είναι το είδος *C.Liberica (Excelsa)* (Εικόνα 1) (Clifford, 2012; Μανουσίδης, 2016). Οι πιο γνωστές ποικιλίες *C.arabica* είναι η *Typica* και η *Bourbon* αλλά από αυτές έχουν δημιουργηθεί πολλές διαφορετικές όπως, η *Caturra*, *MundoNovo*, *Tico*, *Santos*, *San Ramon* και η *Τζαμαϊκανή Blue Mountain*. Η ποικιλία *Robusta* αποτελεί την πιο διαδεδομένη καλλιεργούμενη ποικιλία του είδους *C. Canephora*. Καλλιεργείται στη Δυτική Αφρική, σε πεδινά δάση κοντά στον Ισημερινό, από τη Γουινέα ως την Ουγκάντα, καθώς και σε όλη τη Νοτιο-Ανατολική Ασία και ως ένα βαθμό στη Βραζιλία, γνωστή ως *Conillon*. Το είδος *C.Arabica* καλλιεργείται σε ορεινά δάση της Νοτιο-δυτικής Αιθιοπίας, σε όλη τη Λατινική Αμερική, την Κεντρική και ανατολική Αφρική, Ινδία και ως ένα βαθμό στην Ινδονησία (Μανουσίδης, 2016; Clifford, 2012; Illy & Viani, 2005).



Εικόνα 1: (Αριστερά) *Arabica*, (μέση) *Robusta* και (δεξιά) *C.Liberica*
Πηγή:<https://www.google.com/search?biw=1536&bih...> (Βλ. Βιβλιογραφία)

Το φυτό *C.Arabica* περιγράφεται ως ένας μεγάλος θάμνος ή ένα μικρό δέντρο ύψους 4-6 m, με σκούρα πράσινα ωοειδή φύλλα και ωοειδείς καρπούς που χρειάζονται 7-9 μήνες για να ωριμάσουν. Ο καρπός (κεράσι) συνήθως περιέχει δύο επίπεδους κόκκους (*bean*) ενώ δεν αποκλείεται να περιέχει και έναν, όπου τότε καλείται *Peaberry*. Έντομα και ασθένειες μπορούν εύκολα να προσβάλλουν το φυτό. Η ποικιλία *Robusta* σχηματίζει έναν εύρωστο θάμνο ή δέντρο ύψους 8-12 m.

Οι καρποί χρειάζονται 9-11 μήνες για να ωριμάσουν, ενώ οι κόκκοι έχουν σφαιρικό σχήμα και το μέγεθός τους είναι μικρότερο από τους αντίστοιχους του είδους *C.Arabica*. Σχετικά με το είδος *C.Liberica*, σημαντική ποικιλία είναι η *C.Dewevrei*, γνωστή ως *Excelsa*, ενώ το καφεόδεντρο εμφανίζεται ως ένα εύρωστο δέντρο που φτάνει τα 18 m ύψος, με μεγάλα δερματοειδή φύλλα.

Αν και οι καρποί και οι σπόροι του είναι μεγάλοι, τα γευστικά χαρακτηριστικά του δεν χαρακτηρίζονται πλούσια γεγονός που κάνει το είδος μη ζητούμενο στο εμπόριο. Το είδος *C.Liberica* ευδοκίμει στη Μαλαισία και τη Δυτική Αφρική (Illy & Viani, 2005; Μανουσίδης, 2016).

1.5 Ανάπτυξη, ανθοφορία και καρποφορία

Τα καφεόδεντρα του είδους *C.Arabica* και *C.Canephora* μπορούν να φτάσουν σε ύψος 6 και 12 m, αντίστοιχα. Παρόλα αυτά για την καλύτερη ανάπτυξή τους τα δέντρα κλαδεύονται σε διαχειρίσιμα ύψη, μικρότερα από 2 m και στη Βραζιλία 3 m, με ένα ή περισσότερα κοτσάνια (Illy & Viani, 2005). Ένα σημαντικό στάδιο κατά την καλλιέργεια των καφεόδεντρων είναι η άνθηση των λουλουδιών που επηρεάζει σημαντικά η μεταβολή από ξηρές σε υγρές περιόδους, και αντίστροφα. Μετά από μια περίοδο με έντονες βροχές ακολουθεί η περίοδος ανθοφορίας. Όσο πιο μεγάλη είναι η περίοδος και η ένταση των βροχών, τόσο πιο εύκολα γίνεται η διέγερση των μπουμπουκιών (Clifford, 2012). Άνθηση μπορούμε να έχουμε μια ή δύο φορές το χρόνο ανάλογα με την περίοδο των βροχοπτώσεων. Πιο συγκεκριμένα, στις περιοχές κοντά στο Ισημερινό εκδηλώνονται δύο περίοδοι βροχοπτώσεων, συνεπώς δύο περίοδοι ανθοφορίας και δύο μεγάλες περίοδοι συγκομιδής, με αποτέλεσμα τα στάδια ανάπτυξης και ωρίμανσης των καρπών να επικαλύπτονται. Σε περιοχές λίγο πιο μακριά από τον Ισημερινό, εκδηλώνεται μια μεγάλη περίοδος ανθοφορίας και επομένως μια μεγάλη περίοδος, 2-4 μηνών, στα πλαίσια της οποίας η καλλιέργεια ωριμάζει και μπορεί να ακολουθήσει συγκομιδή (Illy & Viani, 2005; Clifford, 2012). Το φαινόμενο αυτό συχνά σχετίζεται με χαμηλές θερμοκρασίες και μικρότερα μήκη ημερών. Στη συνέχεια τα μπουμπούκια θα αναπτυχθούν για μερικούς μήνες, περίπου 8 εβδομάδες, μέχρι να φτάσουν σε μέγεθος 4-6 mm. Για τους επόμενους 1 έως 4 μήνες (συνήθως 2) δεν παρατηρείται κάποια ανάπτυξη (Illy & Viani, 2005).

Η περίοδος αυτή σταματά ή μειώνεται σταδιακά μέσα σε 4-10 μέρες. Ο χρόνος εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την υγρασία του περιβάλλοντος. Στο τέλος αυτής της περιόδου, ολοκληρώνεται η διαδικασία άνθησης και ξεκινάει η δημιουργία ενός σπειροειδούς με 2-19 μπουμπούκια για *C.Arabica* και μέχρι 80 για ποικιλία *Robusta*. Για τις επόμενες 6-12 ημέρες τα μπουμπούκια αναπτύσσονται πολύ γρήγορα σε νωπό και ξηρό βάρος, μέχρι να φτάσουν τα 8-10 mm και να εισέλθουν σε μια δεύτερη περίοδο ηρεμίας (Illy & Viani, 2005; Clifford, 2012). Σε αυτό το σημείο είναι αρκετά ορατά με ένα κιτρινωπό χρώμα. Ακολουθεί ταχεία ανάπτυξη για 8-10 μέρες αλλάζοντας χρώμα σε λευκό (Εικόνα 2). Αυτή η τελευταία φάση ανάπτυξης θα τελειώσει με την άνθηση των λουλουδιών. Τα λουλούδια μαραίνονται μέσα σε 2-3 μέρες μετά την άνθηση και την επικονίαση (μεταφορά γύρης) (Illy & Viani, 2005).

Τα λουλούδια του *C. Robusta* παράγουν μεγαλύτερες ποσότητες γύρης από τα λουλούδια του *C. Arabica*. Το φρούτο σχηματίζεται 3 έως 6 μήνες μετά την άνθηση των λουλουδιών (Clifford, 2012). Τις πρώτες 6-8 βδομάδες ο όγκος των φρούτων αυξάνεται σχεδόν στο τελικό μέγεθος, κυρίως εξαιτίας της αύξησης των περικαρπίων, και έχουμε την εικόνα ενός μαλακού πράσινου καρπού. Στη διάρκεια αυτή τα φρούτα επιτυγχάνουν 80-85% περιεχόμενο σε νερό. Στις επόμενες 10-15 βδομάδες, μειώνεται ο ρυθμός αύξησης του ξηρού βάρους και παρατηρείται μικρή αύξηση στο μέγεθος των φρούτων, ενώ παράλληλα ο καρπός σκληραίνει και σχηματίζεται ένα σκληρό πράσινο φασόλι. Ανάλογα με το είδος διαμορφώνεται και η περίοδος από την άνθηση μέχρι το σχηματισμό ώριμου φρούτου. Μέσα σε 7-9 μήνες ωριμάζουν οι καρποί για *C. Arabica* ενώ ο *C. Robusta* χρειάζεται 9-11 μήνες από την ημερομηνία ανθοφορίας. Τα *Peaberries* προκύπτουν όταν ένα από τα δύο ωάρια ακυρώνεται, λόγω της κακής επικονίασης. Οι πράσινοι καρποί θα αποκτήσουν κίτρινο ή κόκκινο χρώμα ανάλογα με την ποικιλία (Illy & Viani, 2005; Clifford, 2012).



Εικόνα 2: Άνθος με λευκό χρώμα σε δέντρο καφέ
 Πηγή: [//www.google.com/search?q=ανθοςκαφε...](https://www.google.com/search?q=ανθοςκαφε...)
 (Βλ. Βιβλιογραφία)

1.6 Κλίμα και έδαφος

Ιδανικό υψόμετρο για την καλλιέργεια του είδους *C. Arabica* είναι τα 1000-2100 m σε περιοχές κοντά στον Ισημερινό, ενώ σε πιο απομακρισμένες περιοχές τα 400-1200 m. Γενικά όσο απομακρύνονται οι καλλιεργούμενες εκτάσεις από τον Ισημερινό τόσο μειώνεται το υψόμετρο (Illy & Viani, 2005; Clifford, 2012). Παράλληλα, όσο πιο ψυχρό είναι το κλίμα τόσο επιβραδύνεται η ωρίμανση των κερασιών, πράγμα που οδηγεί σε κόκκους με μεγαλύτερη πυκνότητα και κατά συνέπεια κόκκους καλύτερης ποιότητας (Parodi, 2017). Ιδανική θερμοκρασία για *C. Arabica* είναι 15-24 °C. Θερμοκρασίες κοντά στους 0 °C προκαλούν λευκό ή κίτρινο αποχρωματισμό των φύλλων, ενώ μεγάλες περιόδους ζέστης (>25 °C) μπορεί να προκαλέσουν ασυνήθιστη άνθηση, ενώ παράλληλα ο ρυθμός φωτοσύνθεσης μειώνεται και τα φύλλα καταστρέφονται σε υψηλές θερμοκρασίες (>30 °C).

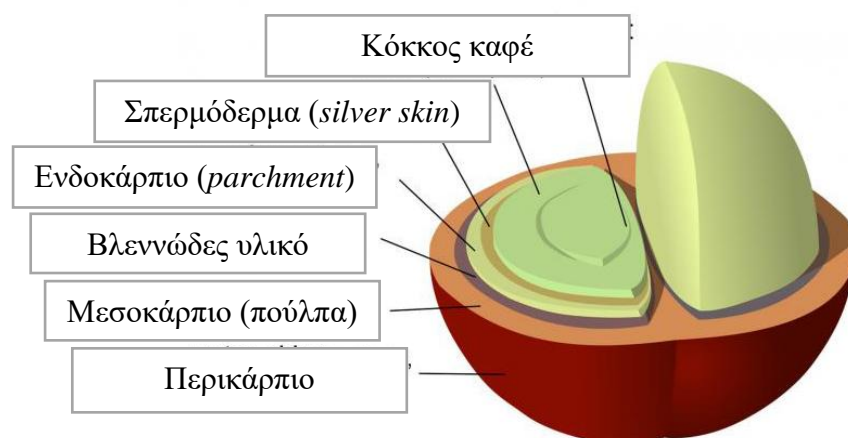
Όσον αφορά την ποικιλία *C. Robusta*, καλλιεργείται σε τροπικές πεδιάδες κοντά στον Ισημερινό, από το επίπεδο της θάλασσας έως 1000 m. Σε περιοχές απομακρισμένες από τον Ισημερινό η καλλιέργεια θεωρείται μη αποδοτική. Ιδανική θερμοκρασία για *C. Robusta* είναι 24-30 °C, αλλά όχι μικρότερες από 10 °C (Illy & Viani, 2005; Clifford, 2012).

Μια προσωρινή θερμοκρασία των 7 °C δεν είναι τόσο επιβλαβής όσο μια μεγάλη περίοδος στους 15 °C, ενώ οι 5 °C καταστρέφουν άνθη και καρπούς. Ο καφές *C.Robusta* έχει μια γεύση κατώτερη από τον *C.Arabica*, με σχεδόν διπλάσια περιεκτικότητα σε καφεΐνη. Παρόλα αυτά η διεγερτική του δράση είναι μεγαλύτερη και επίσης, προσφέρει πλεονεκτήματα στους κατασκευαστές στιγμιαίου καφέ (Clifford, 2012).

Κεφάλαιο 2: Ο καρπός του καφέ

2.1 Ανατομία καρπού

Ο καρπός του καφέ είναι ένα φρούτο με σκληρό κουκούτσι που ονομάζεται κεράσι του καφέ (Illy & Viani, 2005). Ο καρπός-κεράσι περιβάλλεται εξωτερικά από ένα περίβλημα που ονομάζεται περικάρπιο (Εικόνα 3). Είναι σκληρό για να προστατεύει τα ευαίσθητα εσωτερικά μέρη από τις συνθήκες του περιβάλλοντος, τα έντομα και τις αρρώστιες. Κάτω από αυτό, βρίσκεται το μεσοκάρπιο ή αλλιώς πούλπα. Μια στρώση πάχους 0.5-2 mm, πλούσια σε σάκχαρα και νερό, όπου πρόκειται για το κομμάτι του καρπού το οποίο κατά την επεξεργασία του προσδίδει διαφορετικά αρώματα και γεύσεις στους κόκκους. Ακολουθεί το ενδοκάρπιο (*parchment*) που αφαιρείται στο τελευταίο στάδιο της επεξεργασίας και πρόκειται για ένα λεπτό φλοιό που καλύπτει κάθε έναν από τους δύο κόκκους καφέ (Preedy, 2014). Μέσα στο λεπτό φλοιό υπάρχουν οι δύο κόκκοι, καθένας εκ των οποίων περιβάλλεται ξεχωριστά από ακόμα ένα στρώμα λεπτής μεμβράνης, το σπερμόδερμα (*silver skin*) (Μανουσίδης, 2016). Αν περιέχει μόνο έναν κόκκο, ο καρπός καλείται *Peaberry* (Illy & Viani, 2005). Το σπερμόδερμα είναι ενσωματωμένο πάνω στον κόκκο που όμως απομακρύνεται κατά το καβούρδισμα λόγω της διόγκωσης των κόκκων. Η εκατοστιαία αναλογία των στρωμάτων διαφέρει ανάλογα με την εκάστοτε ποικιλία αλλά κατά κύριο λόγο το 37-55% αποτελούν οι κόκκοι, ο πολτός περιλαμβάνει το 30-39%, ο φλοιός το 12-17% και η περγαμνή με το σπερμόδερμα 4-7% (Μανουσίδης, 2016).



Εικόνα 3: Ανατομία καρπού

2.2 Συγκομιδή

Η συγκομιδή συμβαίνει σε περιόδους ξηρασίας όταν τα περισσότερα κεράσια (95%) είναι ώριμα. Οι καρποί δεν πρέπει να παραμένουν περισσότερο από τον απαιτούμενο χρόνο στο δέντρο ή στο έδαφος, διότι με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται η ποσότητα των ξινών και μαύρων (υπερ-ώριμων) καρπών, τα οποία ζυγίζουν λιγότερο από τα κανονικά φρούτα. Οι καρποί με ανοιχτό-πράσινο, μαύρο-πράσινο και μαύρο χρώμα θεωρούνται ελλατωματικοί (*defects*) και επηρεάζουν αρνητικά την ποιότητα του καφέ, την εμφάνιση, το καβούρδισμα και το τελικό ρόφημα (Illy & Viani, 2005).

Η συγκομιδή μπορεί να γίνει με τρεις διαφορετικούς τρόπους (Πίνακας 1). Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι η απογύμνωση (*stripping*) κατά την οποία όλοι οι καρποί αφαιρούνται ταυτόχρονα από το κλαδί και πέφτουν στο έδαφος, ανακατεμένοι με φύλλα, άνθη και βλαστούς και συλλέγονται σε υφάσματα ή λινάτσες, τα οποία διαχωρίζονται σε επόμενο στάδιο με κοσκίνισμα.

Κατά την περίοδο συγκομιδής, ανάλογα με τον αριθμό και την απόσταση μιας ανθοφορίας από μια άλλη, μπορεί κανείς να παρατηρήσει άγουρα, πρασινωπά, ώριμα, υπερώριμα και ξηρά κεράσια. Για το λόγο αυτόν απαιτείται σωστή εκτίμηση του χρόνου συγκομιδής.

Μια άλλη τεχνική είναι η συγκομιδή με το χέρι (*Hand-picking*) όπου με τα χέρια συλλέγονται μόνο τα ώριμα κεράσια από το δέντρο, συνήθως σε σακούλες ή καλάθια. Αυτή η μέθοδος εμφανίζεται σε περιοχές κοντά στον Ισημερινό με συνεχείς βροχές, όπου πολλές ανθοφορίες εμφανίζονται καθόλη τη διάρκεια του έτους.

Η συγκομιδή των κερασιών διαρκεί αρκετούς μήνες και πραγματοποιείται όσες φορές χρειάζεται, με συνήθη μεσοδιάστημα 7-10 ημέρες. Είναι σημαντικό οι καρποί να υποβάλλονται σε επεξεργασία την ίδια ημέρα για την αποφυγή ανεπιθύμητης ζύμωσης.

Τέλος, η μηχανική μέθοδος βασίζεται στη δόνηση των κλαδιών του δέντρου. Τη συναντάει κανείς σε επίπεδα χωράφια ή πεδιάδες και πρόκειται για μια γρήγορη και φθηνή λύση, αν εξαιρέσουμε το κόστος της μηχανής. Η μηχανική μέθοδος εφαρμόζεται κυρίως στη Βραζιλία αλλά και σε άλλες χώρες όπως Χαβάη. Το κόστος συγκομιδής είναι 2-3 φορές μεγαλύτερο για συγκομιδή με το χέρι, αλλά η ποιότητα του προϊόντος είναι συνήθως καλύτερη (Illy & Viani, 2005; Μανουσίδης, 2016).

Πίνακας 1: Μέθοδοι συγκομιδής των καρπών από το καφέδεντρο

Μέθοδοι Συγκομιδής		
Απογύμνωση (<i>stripping</i>)	Με το χέρι (<i>Hand-picking</i>)	Μηχανική μέθοδος με δόνηση των κλαδιών του δέντρου

2.3 Επεξεργασία πράσινου καφέ

Το στάδιο της συγκομιδής συμπληρώνει η επεξεργασία των καρπών. Σκοπός είναι να αποφευχθεί η περαιτέρω ανεπιθύμητη ζύμωση και για αυτό είναι σημαντικό η επεξεργασία να ξεκινήσει την ίδια μέρα. Ανεξάρτητα από τη μέθοδο που θα χρησιμοποιηθεί κατά τη συγκομιδή, αρχικά πρέπει να υπάρχει ένα στάδιο διαλογής, όπου τα άγουρα-πράσινα κεράσια και τα υπερώριμα να διαχωρίζονται. Ο διαχωρισμός πραγματοποιείται με τη ρίψη των κερασιών στο νερό. Τα υπερώριμα και τα άγουρα κεράσια επιπλέουν, ενώ τα ώριμα βυθίζονται. Έπειτα, τα ώριμα κεράσια συλλέγονται και ακολουθεί ξηρή ή υγρή επεξεργασία (Μανουσίδης, 2016; Clifford, 2012).

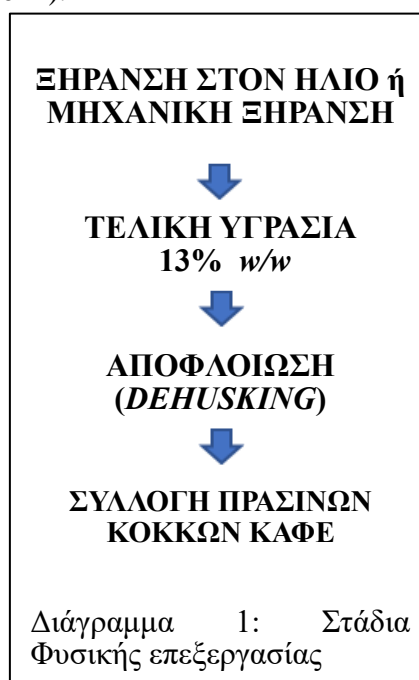
i. Φυσική ή ξηρή επεξεργασία (*Natural Process*)

Η πιο παλιά και απλή μέθοδος είναι η φυσική ή ξηρή επεξεργασία, όπου ολόκληρα τα κεράσια απλώνονται στον ήλιο για να ξεραθούν (20 kg/m^2) (Clifford, 2012). Είναι σημαντικό να διαχωρίζονται και να ξηραίνονται σε ομάδες παρόμοιας υγρασίας για να επιτευχθεί ένα ομοιόμορφο αποτέλεσμα. Όσο πιο ομοιογενής είναι η μάζα του καφέ τόσο καλύτερη και ομοιόμορφη είναι και η διαδικασία ξήρανσης. Με τη συγκεκριμένη μέθοδος δίνεται η ευκαιρία, όπως στεγνώνει ο πολτός-πούλπα, να γίνει μια διαδικασία ζύμωσης μέσα στον καρπό δίνοντας μια πιο γλυκιά γεύση, με περισσότερο άρωμα και εμφανή λιγότερη οξύτητα (Μανουσίδης, 2016).

Η τελική περιεκτικότητα υγρασίας μετά από 12-14 μέρες, έχει μειωθεί σε μια επιθυμητή τιμή μικρότερη από $13\% \text{ w/w}$ (Clifford, 2012).

Στη συνέχεια, πρέπει να αφαιρεθεί ο αποξηραμένος φλοιός (*dehusking*) ώστε να συλλεχθούν οι πράσινοι κόκκοι καφέ (Διάγραμμα 1). Οι παραδοσιακές πρακτικές της Αφρικής περιλαμβάνουν τη χρήση μεγάλων ξύλινων κονιασμάτων, τα οποία σήμερα έχουν αντικατασταθεί από μηχανές με διαφορετικά μεγέθη, οι οποίες συνθλίβουν τα αποξηραμένα κεράσια και συλλέγονται οι κόκκοι (Clifford, 2012). Ξήρανση μπορεί να πραγματοποιηθεί και με μηχανικό τρόπο (μηχανικό στεγνωτήρα) όπου διαρκεί περίπου τρεις ημέρες, για αρχική υγρασία $65-70\%$ και χρησιμοποιείται κυρίως για μεγάλες εγκαταστάσεις (Ily & Viani, 2005; Clifford, 2012). Αυτή η αρχική ξήρανση εξασφαλίζει ότι οι κόκκοι είναι επαρκώς ξηροί και μπορεί να ακολουθήσει αποθήκευση και εξαγωγή (Clifford, 2012).

Η μέθοδος παράγει καφέ που έχει βαρύ σώμα και είναι γλυκός, ομαλός και σύνθετος (Ily & Viani, 2005; Μανουσίδης, 2016). Χρησιμοποιείται σχεδόν για όλους τους καφέδες *Arabica* στη Βραζιλία και, επίσης, αποτελεί ένα χαρακτηριστικό της προετοιμασίας του καφέ *Robusta* στα περισσότερα μέρη όπου παράγεται.



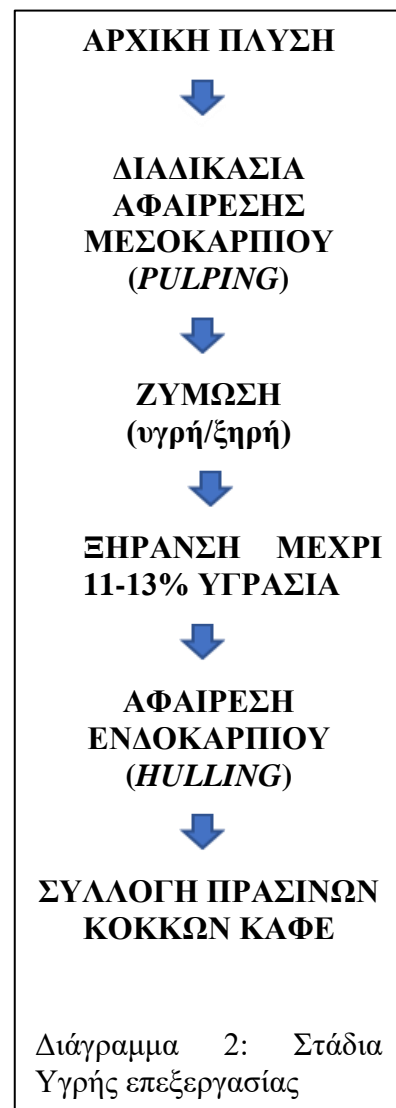
Η ξηρή επεξεργασία προσδίδει μια κάπως χαμηλότερη ποιότητα από την υγρή μέθοδο, χωρίς αυτό να είναι πάντα απαραίτητο (Clifford, 2012).

ii. Υγρή επεξεργασία (*Wet Process*)

Η υγρή μέθοδος απαιτεί ώριμους καρπούς και χρειάζεται διαχωρισμός των κερασιών με χρήση νερού (Ily & Viani, 2005). Τα κεράσια τοποθετούνται σε δεξαμενή με νερό, όπου τα ώριμα βυθίζονται ενώ τα πράσινα και υπερώριμα κεράσια επιπλέουν και αφαιρούνται, διαφορετικά μπορεί να παραχθεί καφές χαμηλότερης ποιότητας από τους καρπούς αυτούς (Clifford, 2012). Στη συνέχεια, πραγματοποιείται η διαδικασία κατά την οποία αφαιρείται το μεσοκάρπιο, η πούλπα (*pulping*). Η διαδικασία αυτή χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση της πούλπας και για την αφαίρεση ενός βλεννώδους υλικού (*mucilage*), πάχους 0,5-2 mm, που προσκολλάται στο ενδοκάρπιο και αποτελείται από πηκτίνες και σάκχαρα. Η αφαίρεση αυτή πραγματοποιείται κυρίως με ζύμωση, αλλά και μηχανικά ή με χρήση χημικών προϊόντων (Ily & Viani, 2005). Το στάδιο αυτό είναι σημαντικό να λάβει χώρα εντός 24 ωρών, διότι μετά την απομάκρυνση από το νερό οι καρποί είναι έτοιμοι να ξεκινήσουν τη ζύμωση. Αν για οποιοδήποτε λόγο υπάρξει καθυστέρηση, τότε οι καρποί πρέπει να διατηρηθούν μέσα στο νερό (Clifford, 2012).

Αφού διέλθουν από μια αρχική πλύση, τοποθετούνται σε ένα μηχάνημα ειδικά σχεδιασμένο με μεγάλες οπές, που σχηματίζει κύλινδρο και έχει τη δυνατότητα να στρέφεται και να ασκεί διάφορες πιέσεις κάθετα και προς τα άκρα του κυλίνδρου. Η πίεση ωθεί τους καρπούς πάνω στην επιφάνεια με τις οπές, διαμέτρου όσο ο κόκκος του καρπού και όχι ο ίδιος ο καρπός.

Τα μαλακά, ώριμα κεράσια σπάζουν από την πίεση και αφήνουν τους κόκκους καφέ να περάσουν από τις οπές, ενώ τα σκληρά άγρια κεράσια δεν μπορούν να συνθλιθούν, και οδηγούνται προς τις άκρες του κυλίνδρου όπου διαχωρίζονται στο τέλος της διαδικασίας. Είναι σημαντικό η πίεση να ελέγχεται συστηματικά, ώστε περίπου το 3% των ώριμων καρπών να μην πολτοποιείται και να αφαιρείται μαζί με τους ακατάλληλους καρπούς (Μανουσίδης, 2016). Οι καρποί που διαχωρίζονται περνούν μέσα από κανάλια νερού και παράλληλα διαχωρίζονται με βάση την πυκνότητά τους καταλήγοντας σε διαφορετικές δεξαμενές νερού, όπου ακολουθεί ζύμωση για 16-36 ώρες, ανάλογα με τη θερμοκρασία του νερού και το επιθυμητό τελικό προϊόν (Ily & Viani, 2005; Μανουσίδης, 2016).



Η ζύμωση πραγματοποιείται σε δεξαμενές σε θερμοκρασία περιβάλλοντος παρουσία ή μη, μικροοργανισμών. Η χρήση μικροοργανισμών γίνεται κυρίως για να μειωθεί ο χρόνος ζύμωσης (Ily & Viani, 2005). Οι κόκκοι καφέ μπορούν είτε να βυθιστούν στο νερό στην υγρή ζύμωση, με το νερό μόλις να καλύπτει τη μάζα καφέ, είτε να απομακρυνθεί το νερό και ο καφές να απλωθεί σαν κολλώδεις χαλί πάχους 1 m (ξηρή ζύμωση) (Clifford, 2012). Η ζύμωση ολοκληρώνεται όταν απομακρυνθεί το βλεννώδες υλικό από το ενδοκάρπιο, γεγονός που αναγνωρίζεται με το τρίψιμο των κόκκων στο χέρι όταν δεν γλιστρούν ο ένας με τον άλλον και παράγεται ένας χαρακτηριστικός θόρυβος. Είναι σημαντικό να εξασφαλιστεί η απομάκρυνση οποιουδήποτε ίχνους βλεννώδους υλικού καθώς η παρουσία του μπορεί να προκαλέσει ανεπιθύμητη ζύμωση κατά την αποθήκευση, με αρνητικές επιπτώσεις στην ποιότητα.

Τελευταία, με την εμφάνιση σύγχρονων μηχανημάτων, επικρατεί μια τάση για μηχανική αφαίρεση του υλικού αυτού καθώς καταναλώνεται λιγότερο νερό και ενέργεια και αποφεύγεται η ρύπανση του περιβάλλοντος (Ily & Viani, 2005). Από τις δεξαμενές ζύμωσης οι κόκκοι περνάνε σε ξηραντήρια όπου παραμένουν για 6-7 μέρες, μέχρι η υγρασία να μειωθεί σε 11-13% (Μανουσίδης, 2016). Η ξήρανση επιτυγχάνεται είτε στον ήλιο, είτε με ζεστό αέρα σε κατάλληλο μηχανικό στεγνωτήρα, είτε σε συνδιασμό. Για ομοιόμορφη και γρήγορη ξήρανση οι κόκκοι πρέπει να περιστρέφονται ή να αναδεύονται συχνά.

Χρειάζονται τουλάχιστον 7 μέρες (συνήθως 8-10 μέρες) για πλήρη ξήρανση, ανάλογα με τη θερμοκρασία και την ξήρανση του περιβάλλοντος. Μετά την ξήρανση, το ενδοκάρπιο αφαιρείται εύκολα με τη διαδικασία *Hulling* απελευθερώνοντας τους πράσινους κόκκους καφέ (Διάγραμμα 2).

Η υγρή επεξεργασία οδηγεί σε υψηλότερη ποιότητα καφέ και υψηλότερη τιμή στην αγορά. Το τελικό προϊόν έχει έντονη φρουτώδη γεύση και αντιληπτή οξύτητα. Χρησιμοποιείται κυρίως για τον καφέ *Arabica*, εκτός από τη Βραζιλία, αλλά και περιστασιακά στον καφέ *Robusta*. Η μέθοδος απαιτεί σημαντικές ποσότητες νερού και εφαρμόζεται ιδιαίτερα στην Κέννα και την Κολομβία, αλλά και σε πολλές άλλες χώρες της Κεντρικής Αμερικής, την Ινδία, Τανζανία, Ινδονησία (Clifford, 2012).

iii. Φυσική επεξεργασία πούλπας (*Pulped natural process*)

Άρχισε να χρησιμοποιείται στις αρχές της δεκαετίας του 1990 στη Βραζιλία και σήμερα η ίδια παράγει μερικούς από τους καλύτερους καφέδες φυσικής επεξεργασίας πούλπας στον κόσμο.

Πρόκειται για μια διαδικασία κατά την οποία οι καρποί πολτοποιούνται και οι κόκκοι ξηραίνονται για 8-9 ημέρες χωρίς να αφαιρείται το βλεννώδες υλικό που περιβάλλει το ενδοκάρπιο (Ily & Viani, 2005). Το στάδιο της ζύμωσης δεν χρησιμοποιείται στη μέθοδο αυτή και η διαδικασία δίνει μια πιο γλυκιά νότα στους καφέδες από την υγρή επεξεργασία, ενώ παράλληλα προσεγγίζει το σώμα που προσδίδει η ξηρή επεξεργασία (Ily & Viani, 2005; Μανουσίδης, 2016).

Εφαρμόζεται σε χώρες με χαμηλά ποσοστά υγρασίας, όπου ο καρπός ξηραίνεται πολύ γρήγορα χωρίς να προλάβει να υποστεί ζύμωση (Μανουσίδης, 2016).



2.4 Αποθήκευση και μεταφορά

Οι πράσινοι κόκκοι καφέ μετά την επεξεργασία τους είναι έτοιμοι για αποθήκευση και μεταφορά. Κατά την περίοδο αποθήκευσης, είτε πριν την εξαγωγή είτε στις αποθήκες πριν το στάδιο καβουρδίσματος, ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν, είναι δυνατό να συμβούν αλλαγές στην εμφάνιση και την ποιότητα. Οι αλλαγές αυτές εξαρτώνται από τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία του χώρου όπου φυλάσσεται το προϊόν (Clarke, 2012b).

Ο καφές θεωρείται ένα αρκετά σταθερό προϊόν και σε κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας η «φθορά» του είναι αργή (Ily & Viani, 2005). Για την αποφυγή ανάπτυξης μούχλας και χωμάτινης, ξυλώδους γεύσης, οι κόκκοι καφέ που έχουν υποστεί ξηρή/φυσική επεξεργασία πρέπει να έχουν $11 \pm 0,5\%$ υγρασία και $12 \pm 0,5\%$ κόκκοι υγρής επεξεργασίας (Ily & Viani, 2005). Για το λόγο αυτό, ο χώρος αποθήκευσης πρέπει να έχει λιγότερο από 60% υγρασία και ήπιες θερμοκρασίες, κοντά στους 20 °C. Πρέπει να έχει καλό εξαερισμό και το φυσικό φως να είναι περιορισμένο έως και καθόλου, ενώ ο τεχνητός φωτισμός θα πρέπει να ελέγχεται.

Άλλα προϊόντα ή χημικές ουσίες δεν θα πρέπει να αποθηκεύονται στον ίδιο χώρο για αποφυγή μετάδοσης ξένων οσμών (Illy & Viani, 2005). Ο πράσινος καφές αποθηκεύεται σε σάκους καθαρού βάρους 60 kg (Clarke, 2012b; Illy & Viani, 2005), συνήθως από γιούτα (*jute*) (Εικόνα 4α), ενώ μερικές φορές συναντάται και η χρήση πλαστικού ενδιάμεσα (*Grain Pro*) (Εικόνα 4β). Προκειμένου να αποφευχθεί οποιαδήποτε μεταφορά υγρασίας οι σάκοι τοποθετούνται σε ξύλινες ή πλαστικές παλέτες, για να μην έρχονται σε άμεση επαφή με το δάπεδο και μακριά από τοίχους (Εικόνα 5) (Illy & Viani, 2005; Clarke, 2012b).



Εικόνα 4: α. Σάκος από γιούτα (Αριστερά) και β. Πλαστική σακούλα (*Grain Pro*) (δεξιά)
Πηγή: <https://www.google.com/search?biw=1536&bih=...>
<https://www.google.com/search?biw=1536&bih=...> (Βλ. Βιβλιογραφία)



Εικόνα 5: Αποθήκευση σε παλέτες. Πηγή: Προσωπική συλλογή

Αφότου ο πράσινος καφές καβουρδιστεί περνάει στο τελικό στάδιο αποθήκευσης για να περάσει στον καταναλωτή. Κατά το καβούρδισμα πραγματοποιούνται φυσικές και χημικές αντιδράσεις που επηρεάζουν την ποιότητά του. Οι αντιδράσεις συνεχίζονται και μετά το τέλος της διαδικασίας, με κάποιες να έχουν ως αποτέλεσμα τη βελτίωση του γευστικού προφίλ του καφέ όσο παραμένει αποθηκευμένος στο ράφι, ενώ άλλες συμβάλλουν στην οξείδωσή του (*staling*) (Illy & Viani, 2005; Sage, 2012).

Ο όρος «*Staling*» χρησιμοποιείται για να περιγράψει ένα πολύ γνωστό φαινόμενο που προκύπτει από τη δράση του οξυγόνου στον καβουρδισμένο καφέ (Clarke, 2012b). Με το καβούρδισμα πραγματοποιούνται αντιδράσεις, όπως η αποικοδόμηση *Strecker*, που μειώνουν την ποσότητα των σακχάρων και των αμινοξέων σχηματίζοντας σημαντικές ποσότητες CO_2 . Ως αποτέλεσμα, η πίεση στο εσωτερικό των κόκκων αυξάνεται λόγω συσσώρευσης αερίων (Sage, 2012). Το CO_2 που σχηματίζεται στο φρέσκο καβουρδισμένο καφέ αποτελεί μια ουσία που έχει συζητηθεί ιδιαίτερα κατά την αποθήκευση (Illy & Viani, 2005). Ανάλογα με το βαθμό καβουρδίσματος σχηματίζεται ποσότητα CO_2 ίση με 1-2% του βάρους του καβουρδισμένου καφέ, με υψηλότερες τιμές να εμφανίζονται σε πιο σκούρα προφίλ καβουρδίσματος (Illy & Viani, 2005). Παράλληλα η μάζα των κόκκων μειώνεται και το πορώδες αυξάνεται, αυξάνοντας τις πιθανότητες διάχυσης πτητικών ενώσεων. Οι πτητικές ενώσεις απελευθερώνονται εύκολα στην ατμόσφαιρα μέσω μηχανισμών διάχυσης, οι οποίες μαζί με τις αντιδράσεις οξείδωσης αποτελούν τις κύριες αιτίες οξείδωσης του καφέ (Illy & Viani, 2005). Η χρήση κατάλληλης συσκευασίας σε συνδυασμό με διαδικασίες όπως η απαέρωση (*degassing*) και η συμπίεση (*pressurization*), επιτρέπουν την απελευθέρωση CO_2 ελαχιστοποιώντας την απώλεια αρώματος (Illy & Viani, 2005).

Ανάλογα με το πόσο άμεσα διαθέσιμος πρέπει να είναι ο καφές στην αγορά έτοιμος προς κατανάλωση, ελέγχεται και η διαδικασία απαέρωσης η οποία προκύπτει φυσικά μετά το τέλος του καβουρδίσματος και αφορά την απελευθέρωση διοξειδίου του άνθρακα από την κυτταρική δομή των κόκκων (Illy & Viani, 2005). Η απελευθέρωση CO_2 συμβαίνει λόγω διαφοράς πίεσης μεταξύ του εσωτερικού των κόκκων και του περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκονται (Sage, 2012; Illy & Viani, 2005). Ο ρυθμός απαέρωσης είναι αντιστρόφως ανάλογος του χρόνου μετά το καβούρδισμα (Illy & Viani, 2005). Αν η διαδικασία είναι απαραίτητη, προκειμένου να βγει το προϊόν άμεσα στην αγορά, τότε οι κόκκοι αμέσως μετά το καβούρδισμα διατηρούνται σε κατάλληλα δοχεία, π.χ. *Brute bins* (Εικόνα 6) για απαιτούμενο χρονικό διάστημα (Clarke, 2012b).



Εικόνα 6: Δοχεία αποθήκευσης καβουρδισμένων κόκκων καφέ
Πηγή: <https://www.google.com/search?q=brute+bins&source...>
(Βλ. Βιβλιογραφία)

Παρόλο που οι αντιδράσεις που συμβαίνουν κατά την αποθήκευση και ειδικά η οξείδωση, είναι αναπόφευκτες, ωστόσο είναι σημαντικός ο ρυθμός με τον οποίο συμβαίνουν και εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την υγρασία και κατά συνέπεια την ενεργότητα νερού και κυρίως τη διαθεσιμότητα σε οξυγόνο (Illy & Viani, 2005; Clarke, 2012b).

Ο καφές πρέπει να αποθηκεύεται σε χαμηλές θερμοκρασίες προκειμένου να διατηρεί καλύτερα τα αρώματά του (Illy & Viani, 2005). Έχει διαπιστωθεί ότι η θερμοκρασία δρα θετικά στην απελευθέρωση CO_2 και άλλων πτητικών καθώς για κάθε αύξηση κατά $10\text{ }^{\circ}C$ ο ρυθμός απαέρωσης αυξάνεται κατά 1,5 φορές (Sage, 2012). Παρά την ξήρανση που συμβαίνει κατά το πρώτο στάδιο καβουρδίσματος, μόρια νερού σχηματίζονται από τις αντιδράσεις *Malliard* στα επόμενα στάδια της διαδικασίας και πιθανότατα και από ενδεχόμενη απορρόφηση υγρασίας από το περιβάλλον (Illy & Viani, 2005). Αποθήκευση σε χώρο με αυξημένη υγρασία οδηγεί σε μείωση του χρόνου ζωής του προϊόντος καθώς αυξάνεται η ενεργότητα νερού των κόκκων και επιταχύνεται η διαδικασία απαέρωσης (Sage, 2012). Στη διάρκεια ζωής του προϊόντος η υγρασία εμφανίζεται να έχει μεγαλύτερη επίδραση από τη θερμοκρασία, ενώ το οξυγόνο λειτουργεί ως ο σημαντικότερος παράγοντας (Illy & Viani, 2005; Sage, 2012). Όσο αυξάνεται η ποσότητα οξυγόνου, αυξάνεται ο ρυθμός όλων των αντιδράσεων οξείδωσης που συμβαίνουν στον καφέ μειώνοντας το χρόνο ζωής και την ποιότητα του καβουρδισμένου καφέ (Illy & Viani, 2005). Οι αντιδράσεις οξείδωσης μπορούν να συμβούν ακόμα και με παρουσία μικρής ποσότητας οξυγόνου η οποία μπορεί και εισέρχεται στους κόκκους (Sage, 2012). Επιπλέον, δεδομένου ότι η πίεση στο εσωτερικό των κόκκων είναι μεγαλύτερη από την ατμοσφαιρική, η εξωτερική πίεση που ασκείται στους κόκκους θα μπορούσε να θεωρηθεί ένας ακόμα παράγοντας που επηρεάζει τον καφέ.

Πιο συγκεκριμένα, εάν η εξωτερική πίεση είναι υψηλότερη από την μερική πίεση των πτητικών στο εσωτερικό των κόκκων τότε επιβραδύνεται η διαδικασία απαέρωσης γεγονός που στοχεύει σε μεγαλύτερη απόδοση διαλυτότητας πτητικών κατά την εκχύλιση (Illy & Viani, 2005). Τέλος είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι οι καβουρδισμένοι κόκκοι καφέ, αλεσμένοι ή μη, απελευθερώνουν διοξείδιο του άνθρακα κατά ένα μεγάλο ποσοστό, περίπου 87% και το υπόλοιπο άλλα πτητικά συστατικά με ταχύτερο ρυθμό στον αλεσμένο καφέ (Clarke, 2012b).

Κατά τη συσκευασία δύο παράμετροι λαμβάνονται υπόψη, το υλικό συσκευασίας και ο τρόπος με τον οποίο θα συσκευαστεί ο καφές προκειμένου να διατηρείται το άρωμα και να αποτρέπεται η είσοδος ξένων οσμών, να εμποδίζεται η επαφή με το νερό και το οξυγόνο, ενώ παράλληλα να είναι δυνατή η έξοδος διοξειδίου του άνθρακα (Illy & Viani, 2005; Clarke, 2012b). Τα υλικά που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι εύκαμπτα πολυστρωματικά πολυμερή και λευκοσίδηρος που είναι ανθεκτικός στις μεταβολές πίεσης (Illy & Viani, 2005) (Εικόνα 7).



Εικόνα 7: Συσκευασία σε λευκοσίδηρο

Πηγή: <https://www.google.com/search?biw=1536&bih...> (Βλ. Βιβλιογραφία)

Η πιο κοινή τεχνική συσκευασίας είναι με αέρα (*air-packaging*), όπου μετά την πλήρωση του καφέ στο σακουλάκι ακολουθεί ερμητική σφράγιση. Με τον τρόπο αυτό, ο καφές προστατεύεται από την υγρασία και το φως αλλά όχι από το οξυγόνο (Illy & Viani, 2005). Η διαδικασία απαέρωσης είναι επιθυμητή για μια χρονική περίοδο τουλάχιστον δύο ημερών ώστε να αποφευχθεί η διόγκωση και η πιθανή έκρηξη της συσκευασίας (Illy & Viani, 2005). Για μεγαλύτερη διάρκεια ζωής συχνά γίνεται χρήση βαλβίδας μονής κατεύθυνσης, η οποία τοποθετείται στο σακουλάκι και ανοίγει σε μια προκαθορισμένη πίεση για να απομακρύνει το CO_2 χωρίς να επιτρέπει την είσοδο οξυγόνου (Illy & Viani, 2005; Clarke, 2012b). Επίσης χρησιμοποιείται και η συσκευασία κενού (*vacuum packaging*) δημιουργώντας μεγαλύτερη διαφορά πίεσης μεταξύ της μερικής πίεσης των πτητικών στο εσωτερικό του κόκκου και του περιβάλλοντος, επιταχύνοντας την απελευθέρωση CO_2 και πτητικών (Illy & Viani, 2005). Για καφέ που συσκευάζεται σε κενό αμέσως μετά το καβούρδισμα παρατηρείται η έντονη διόγκωση της σακούλας (Εικόνα 8).



Εικόνα 8: Συσκευασία καφέ με χρήση κενού αμέσως μετά το καβούρδισμα
Πηγή: Προσωπική συλλογή

Μιά άλλη μέθοδος συσκευασίας είναι η χρήση αδρανών αερίων. Κατά τη μέθοδο αυτή ο αέρας μέσα στη συσκευασία αντικαθίσταται από ένα αδρανές αέριο διατηρώντας ίση πίεση με την ατμοσφαιρική κατά τη στιγμή της σφράγισης. Η διαδικασία απαέρωσης είναι επιθυμητή αλλιώς συνιστάται η χρήση μονόδρομης βαλβίδας. Η μέθοδος αυτή αυξάνει τη διάρκεια ζωής έως και τρεις φορές περισσότερο συγκριτικά με τη συσκευασία κενού (Illy & Viani, 2005). Τέλος, κατά τη συσκευασία με συμπίεση (*pressurization*) ο καφές συσκευάζεται μετά το τέλος της διαδικασίας καβουρδίσματος με συνέπεια η εσωτερική πίεση να αυξάνεται, υψηλότερα από την ατμοσφαιρική, λόγω απαέρωσης. Το υλικό συσκευασίας θα πρέπει να είναι από αλουμίνιο ή λευκοσίδηρο ώστε να αντέχει στην πίεση. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται όταν είναι επιθυμητή η παραμονή του προϊόντος στην αποθήκη για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από μερικές ημέρες, καθώς με την πάροδο του χρόνου βελτιώνεται το γευστικό προφίλ (Illy & Viani, 2005).

Η μέθοδος συσκευασίας επιλέγεται με βάση την ανάγκη που υπάρχει κάθε φορά. Από μελέτες που έχουν γίνει προκύπτει ότι η συσκευασία κενού ή με χρήση αδρανές αερίου αποδίδει καλύτερα όσον αφορά τα γευστικά χαρακτηριστικά του καφέ (Sage,2012) και ότι προϊόν σε συσκευασία με αέρα εμφανίζεται να είναι ελάχιστα διαφορετικό μετά από 10-12 μέρες μετά από την πρώτη μέρα συσκευασίας του (Clarke, 2012b). Η διαφορά είναι εμφανής μετά από περίπου 40 μέρες (Clarke, 2012b). Τέλος, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι ανεξάρτητα από τη συσκευασία, όταν ο καφές ανοιχτεί από τον καταναλωτή περνά σε μια δεύτερη φάση με πιο γρήγορο ρυθμό αλλοίωσης (Sage, 2012).

2.5 Ασθένειες και έντομα

Η εμφάνιση εντόμων και μυκήτων στις καλλιέργειες μπορεί να επηρεάσει τόσο την ανάπτυξη όσο και την ποιότητα του καφέ. Κυρίως κατά την καλλιέργεια και ωρίμανση των καρπών αλλά και μετά τη συγκομιδή είναι δυνατόν να παραχθούν ελατωματικοί κόκκοι καφέ (*defective beans*) με τις ποικιλίες του είδους *C.Arabica* να εμφανίζονται πιο ευπαθείς από τις ποικιλίες *Robusta* (Folmer, 2016).

Βασικοί εχθροί της καλλιέργειας παρουσιάζονται τα έντομα με πάνω από 900 είδη, εκ των οποίων 34% *Coleoptera*, 28% *Hemiptera*, 21% *Lepidoptera*, 4% *Hymenoptera*, 6% *Orthoptera*, 3% *Diptera*, 3% *Thysanoptera* και 1% *Isoptera*. Μερικές φορές ώριμα κεράσια μπορεί να απειλούνται από πουλιά και σε σπάνιες περιπτώσεις θηλαστικά και φυτοφάγα ζώα να απειλούν τα δέντρα καφέ (Clifford, 2012). Οι ασθένειες στον καφέ προκαλούνται από παθογόνους μικρο-μύκητες, βακτήρια και μερικούς ιούς, επηρεάζοντας διάφορα όργανα του φυτού προκαλώντας αδυναμία, παραμόρφωση και μερικές φορές ακόμα και το θάνατο του φυτού (Clifford, 2012). Η μυκητιακή λοίμωξη ξεκινά από την πούλπα του φρούτου (μεσοκάρπιο) και είτε περνάει στους κόκκους και τους καταστρέφει είτε παραμένει στην πούλπα και αφαιρείται κατά τα στάδια επεξεργασίας των πράσινων κόκκων (*pulping*) (Folmer, 2016).

Έχουν αναφερθεί αρκετές μυκητιακές ασθένειες στον καφέ με την πιο γνωστή την ασθένεια του κερασιού, *Coffee Berry Disease (CBD)* (Εικόνα 9α) (Folmer,2016). Η ασθένεια προκαλείται από τον *Colletotrichum coffeanum*, γνωστό και ως *C. kahawae* (Clarke & Vitzthum, 2008). Πρόκειται για έναν παθογόνο μύκητα που εισβάλλει στον καρπό και δημιουργεί σκούρα καφέ σημεία που φτάνουν να καλύπτουν ολόκληρο το κέρασι, με αποτέλεσμα να σαπίζει και να πέφτει από το δέντρο πριν ακόμα, προλάβουν να σχηματιστούν οι κόκκοι (Folmer,2016; Clifford 2012). Η ασθένεια καταστρέφει άμεσα τα κεράσια και κατά συνέπεια προκαλεί άμεση απώλεια της σοδειάς έως και 75% (Waller et al., 2007). Η *CBD* βρίσκεται αποκλειστικά στην Αφρική, αλλά μια λιγότερο μολυσματική μορφή του ίδιου μύκητα εμφανίζεται σε όλο τον κόσμο (Folmer, 2016; Clifford, 2012). Άλλη μυκητιακή ασθένεια γνωστή ως *Berry Blotch* προκαλείται από τον *Cercospora coffeicola* και αποτελεί κοινό πρόβλημα των φρούτων παγκοσμίως (Εικόνα 9β) (Folmer, 2016; Waller et al., 2007). Ο μύκητας προκαλεί μικρές κηλίδες που γίνονται κοκκινωπές και ανάγλυφες, τόσο στους καρπούς όσο και στα φύλλα του φυτού (Folmer, 2016; Waller et al., 2007).

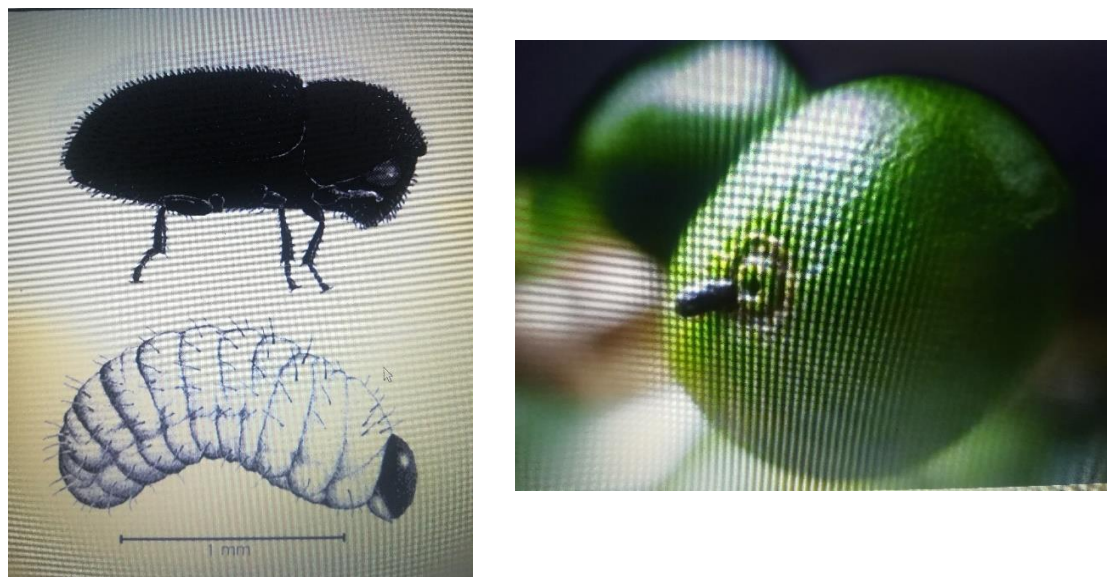


Εικόνα 9: α. *Coffee Berry Disease* (πάνω) και β. *Berry Blotch* (κάτω)
 Πηγή:<https://www.google.com/search?q=coffee+berry+disease&source...>
<https://www.google.com/search?q=coffee+berry+blotch&source=>
 (Βλ. Βιβλιογραφία)

Ασθένειες που σχετίζονται με δροσερό και υγρό κλίμα και μειωμένη έκθεση στον ήλιο είναι η *American leaf spot*, γνωστή και ως *Ojo de gallo* (Waller et al., 2007; Folmer, 2016) και η Ροζ ασθένεια, *Pink disease*, η οποία έχει καταγραφεί σχεδόν σε κάθε χώρα όπου καλλιεργείται ο καφές (Waller et al., 2007). Περιπτώσεις μόλυνσης ολόκληρου του δέντρου και χλωρίανση των φύλλων έχει παρατηρηθεί ιδιαίτερα σε όλη την Αφρική με προσβολή του μύκητα *Fusarium xylarioides* ή *Gibberella xylarioides*. Η ασθένεια ονομάζεται και *Tracheomycosis* (Clifford, 2012; Waller et al., 2007). Παρόλο που η ανάπτυξη των μυκήτων σταματά μόλις η υγρασία πέσει κάτω από 12%, οι επιπτώσεις στη γέυση είναι αισθητές αργότερα στο γευστικό προφίλ (Folmer, 2016).

Ανάμεσα στα έντομα που έχουν αναφερθεί σε φυτείες καφέ, κύριος υπεύθυνος για την καταστροφή των κερασιών είναι το σκαθάρι *Hypothenemus hampei*, γνωστό και ως *Coffee Berry Borer* (CBB) (Folmer, 2016). Πρώτη το περιέγραψε η Ferrari το 1867 και πρόκειται για ένα μικρό καφέ σκαθάρι, που καθώς μεγαλώνει γίνεται μαύρο με κοκκινωπό χρώμα στο θώρακα. Οι προνύμφες είναι μικρότερες σε μέγεθος, με λευκό σώμα και καφέ κεφάλι (Εικόνα 10α) (Waller et al., 2007). Ο *H. hampei* δημιουργεί μια τρύπα στο άκρο του καρπού και σχηματίζει μια σήραγγα καταλήγοντας στους κόκκους, όπου θα γεννήσει τα αυγά του βλάπτοντας τη δομή και τη σύνθεση του ενδοσπερμίου (Εικόνα 10β) (Folmer, 2016).

Έπειτα οι προνύμφες τρέφονται από τους κόκκους του κερασιού (Waller et al., 2007). Οι κατεστραμένοι καρποί είτε πέφτουν στο έδαφος είτε μουχλιάζουν από επακόλουθες βακτηριακές και μυκητιακές λοιμώξεις, όπως ανάπτυξη μυκήτων *Aspergillus ochraceus*, *A.niger* και *Penicillium viridi catum* (Waller et al., 2007; Folmer, 2016).



Εικόνα 10: α. Ενήλικας (πάνω) και προνύμφη (κάτω)
β. *Hypothenemus hampei*
Πηγή: Waller et al., 2007

Πολλά από τα έντομα που πλήττουν τα κεράσια και τους κόκκους καφέ είναι παρόμοια με αυτά που βρίσκονται σε χώρους αποθήκευσης των κόκκων (Clifford, 2012). Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί ο *Araecerus fasciculatus* που αναπαράγεται ελεύθερα στον αποθηκευμένο καφέ, εφόσον είναι αρκετά υγρός. Η προνύμφη τρέφεται από τους κόκκους σχηματίζοντας οπές, όπως και το *Coffee Berry Borer* (Waller et al., 2007). Το συγκεκριμένο σκαθάρι μπορεί να προσβάλει τους καρπούς ενώ βρίσκονται ακόμα στο δέντρο και να μεταφερθεί στο χώρο αποθήκευσης καθιστώντας τους τελικά ακατάλληλους για το επόμενο στάδιο καβουρδίσματος (Waller et al., 2007; Folmer, 2016; Clifford, 2012).

Προσβολή από παράσιτα και ασθένειες καθιστούν αδύναμα τα φυτά και κατά συνέπεια επηρεάζουν τόσο την απόδοση όσο και την ποιότητα του καφέ. Η έντονη αποφύλλωση σχετίζεται με την μόλυνση των φύλλων και μερικές φορές μπορεί να οδηγήσει ακόμα και στο θάνατο των δέντρων (Folmer, 2016). Κλασική ασθένεια μεταξύ των φυτών είναι η *Coffee leaf rust (CLR)* με τον *Hemileia vastatrix* να προκαλεί την πρόωρη πτώση των φύλλων, μειώνοντας την φωτοσυνθετική ικανότητα του φυτού και περιορίζοντας την ανάπτυξη νέων βλαστών, επηρεάζοντας άμεσα τη σοδειά ακόμα και της επόμενης περιόδου (Waller et al., 2007). Η ασθένεια αναγνωρίζεται από κίτρινες και πορτοκαλί κηλίδες που εμφανίζονται στην κάτω πλευρά των φύλλων (Waller et al., 2007; Clifford, 2012).

Παράλληλα, κάμπιες μπορούν να προκαλέσουν ζημιές στα μπουμπούκια των λουλουδιών με κλασικό παράδειγμα το έντομο *Antestia* (*Antestiopsis* spp.) που προτιμά να τρέφεται, εκτός από πράσινους καρπούς, με μπουμπούκια ανθέων αλλά ακόμα και με πράσινα κλαδιά προκαλώντας το μαύρισμα των μπουμπουκιών και πρόωρη πτώση των κερασιών. Ο ενήλικας μπορεί επίσης να τρέφεται και με ώριμα φρούτα εισάγωντας την προβοσκίδα του για να ρουφήξει τον χυμό του φρούτου. Αυτό προκαλεί μικρή άμεση καταστροφή στο κεράσι, αλλά μπορεί να αποτελέσει και οδό για μύκητες και βακτήρια (Waller et al., 2007).

Ένα ακόμα πρόβλημα μυκητιακών μολύνσεων στους κόκκους καφέ είναι η παραγωγή μυκοτοξινών από κάποια παθογόνα είδη μυκήτων (Clarke & Vitzthum, 2008). Μια τοξίνη που έχει μελετηθεί αρκετά στον καφέ είναι η ωχρατοξίνη A (Taniwaki et al., 2014). Με την παραγωγή της σχετίζονται δύο γένη μυκήτων, *Penicillium* και *Aspergillus*, όμως μόνο το γένος *Aspergillus* συνδέεται με την έκκριση της συγκεκριμένης ωχρατοξίνης στον καφέ και πιο συγκεκριμένα τα είδη *A. ochraceus*, *A. niger*, *A. westerdijkiae* και *A. carbonarius* (Taniwaki et al., 2014). Η ωχρατοξίνη A είναι προϊόν δευτερογενούς μεταβολισμού μυκήτων η οποία παράγεται κατά το σχηματισμό μούχλας στην επιφάνεια καλλιεργούμενων ειδών. Θεωρείται νεφροτοξική, τερατογόνος και πιθανή καρκινογόνος ουσία που μπορεί να επηζήσει ακόμα και μετά το καβούρδισμα (Waller et al., 2007). Η ανάπτυξή της απαιτεί ενεργότητα νερού $a_w > 0.8$ που αντιστοιχεί σε 16% υγρασία (Waller et al., 2007).

Σύμφωνα με τους Διεθνείς Οργανισμούς η ποσότητα 5 μg/kg είναι μέσα στα ανεκτά όρια για τους καβουρδισμένους κόκκους καφέ (Waller et al., 2007). Η κακή συγκομιδή, οι κακές πρακτικές μετά τη συγκομιδή και η μη σωστή αποθήκευση του προϊόντος συχνά οδηγούν σε ανάπτυξη μούχλας και κακό γευστικό προφίλ στην κούπα. Για το σκοπό αυτό, στα τέλη του 2000 ο Διεθνής Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) και ο Διεθνής Οργανισμός Καφέ (ICO), με τη χρηματοδότηση του *Common Fund for Commodities* (CFC), έθεσε σε εφαρμογή ένα πρόγραμμα προκειμένου να εκπαιδεύσει τους παραγωγούς καφέ σχετικά με τους κανόνες ορθής υγιεινής πρακτικής (FAO).

Κεφάλαιο 3: Η επεξεργασία του καφέ

3.1 Καβούρδισμα

3.1.1. Η διαδικασία καβουρδίσματος

Προκειμένου να απολαύσει κανείς ένα φλιτζάνι καφέ, οι πράσινοι κόκκοι μετά τη συγκομιδή πρέπει να περάσουν από τρία στάδια: Το στάδιο του καβουρδίσματος, της άλεσης και τέλος, της παρασκευής (*brewing*) (Clarke, 2012b). Το καβούρδισμα απαιτείται ώστε το αδύναμο άρωμα των πράσινων κόκκων να αποκτήσει τη χαρακτηριστική γεύση και το άρωμα του καφέ και παράλληλα, να σχηματιστεί μια εύθραυστη πορώδης υφή στον κόκκο που να τον καθιστά έτοιμο για άλεση και εκχύλιση. Στη συνέχεια ακολουθεί η άλεση ώστε τα διαλυτά στερεά και οι αρωματικές και γευστικές ουσίες να μπορούν να εκχυλιστούν επαρκώς κατά την παρασκευή με ζεστό νερό, παράγοντας τελικά ένα δυνατό φλιτζάνι καφέ έτοιμο για κατανάλωση (Clarke, 2012b; Folmer, 2016).

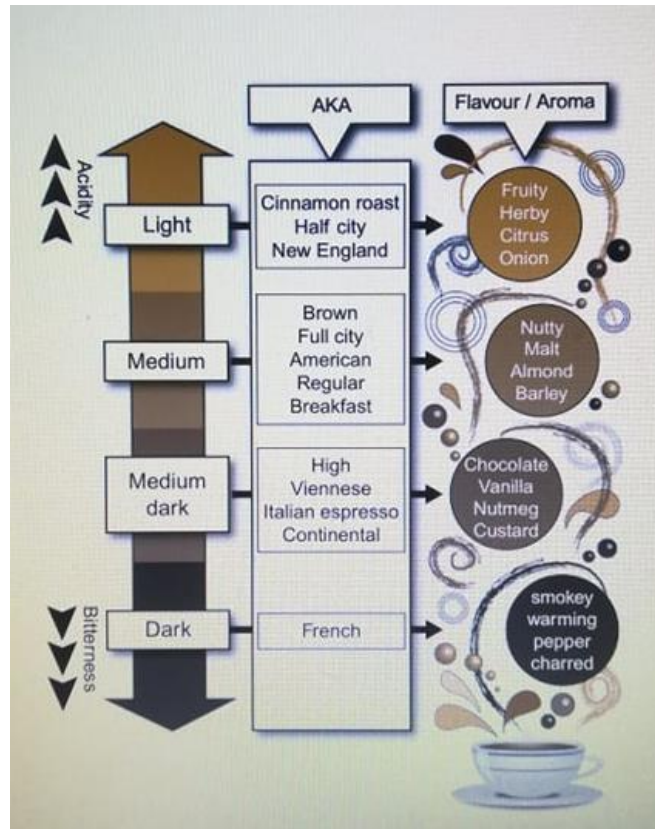
Στο καβούρδισμα ο κόκκος αρχικά ξηραίνεται (*heating-drying phase*), έπειτα καβουρδίζεται (πυρόλυση) και τέλος ψύχεται (Wang, 2012). Η διαδικασία πραγματοποιείται σε κατάλληλο φούρνο (*roaster*), όπου θερμότητα από ζεστές μεταλλικές επιφάνειες ή ζεστό αέρα μεταφέρεται στους πράσινους κόκκους καφέ. Πρόκειται για μια χρόνο και θέρμο-εξαρτημένη διεργασία που αν και φαίνεται απλή, εντούτοις κρύβει πολλές παγίδες και σχετίζεται με πολλές παραμέτρους (Clarke & Vitzthum, 2008). Σημαντικό σημείο είναι ο έλεγχος των σωστών θερμοκρασιών κάθε χρονική στιγμή και η στιγμή τερματισμού της διαδικασίας όταν αναπτυχθεί πλήρως το επιθυμητό άρωμα και το χρώμα γίνει ομοιόμορφο σε όλη την επιφάνεια του κόκκου (Ily & Viani, 2005). Κατά το καβούρδισμα, καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία των κόκκων προκαλούνται εκτεταμένες χημικές αντιδράσεις, αφυδάτωση και αλλαγές στη μικροδομή. Ένας συνδιασμός μεταφοράς μάζας και ενέργειας και ενδόθερμων και εξώθερμων αντιδράσεων λαμβάνει χώρα (Ily & Viani, 2005). Καθώς οι κόκκοι θερμαίνονται, ενδόθερμες αντιδράσεις βοηθούν στην εξάτμιση του νερού και αέρια όπως διοξείδιο του άνθρακα και ατμοί νερού απελευθερώνονται. Σε θερμοκρασίες άνω των 160 °C λαμβάνουν χώρα οι εξώθερμες αντιδράσεις (Clarke & Vitzthum, 2008).

Ένας κόκκος καφέ αποτελείται από μια πεπερασμένη γεωμετρία πολύπλοκου σχήματος με ανομοιογενή εσωτερική δομή (Ily & Viani, 2005). Κατά τη θέρμανση, προκαλείται διόγκωση λόγω της εξάτμισης του νερού και της απελευθέρωσης CO_2 , που δρουν ως κινητήριες δυνάμεις ενάντια στη κατασκευαστική δύναμη της επιφάνειας του κόκκου, εφαρμόζοντας πιέσεις μερικών ατμοσφαιρών, 5-10 atm, οδηγώντας σε αύξηση του όγκου και αλλαγές στη μικροδομή (Folmer, 2016; Clarke & Vitzthum, 2008). Η ξαφνική στιγμή διόγκωσης του κόκκου αποτυπώνεται στη διαφορά θερμοκρασίας με απότομη μείωση ταυτόχρονα σε όλο τον κόκκο. Μετά από αυτή την απότομη μείωση η θερμοκρασία αυξάνεται ξανά αλλά πιο γρήγορα (Clarke, 2008; Ily & Viani, 2005). Αυτή η πρώτη υστέρηση αναφέρεται στη βιβλιογραφία ως πρώτη ρωγμή, “*first crack*” και σύμφωνα με τον Rao αντιπροσωπεύει την ακουστική απελευθέρωση των πεπιεσμένων αερίων νερού και CO_2 στον πυρήνα (Rao, 2014).

Η θέρμανση πραγματοποιείται με εξωτερική ροή θερμού αέρα, και ανάλογα με τον τύπο μηχανής που χρησιμοποιείται μπορεί και με ακτινοβολία και μεταφορά θερμότητας με αγωγή (Illy & Viani, 2005). Η διαδικασία σταματά, όταν επιτευχθεί το επιθυμητό χρώμα και προφίλ γεύσης, με ταχεία ψύξη κάνοντας χρήση ψυχρού αέρα στις επιφάνειες του φούρνου ή ψεκάσμο με κρύο νερό στους ίδιους τους κόκκους (*quenching*) (Clarke & Vitzthum, 2008).

Το καβούρδισμα μπορεί να διαρκέσει από 6 έως 20 λεπτά, με το προϊόν να φτάνει σε μια μέγιστη θερμοκρασία 200-250 °C (Folmer, 2016). Θέρμανση μέχρι 195-205 °C προσδίδει ήπια καφέ απόχρωση. Τα οργανικά οξέα των κόκκων (κιτρικά και μηλικά) αναμειγνύονται με σάκχαρα που έχουν διασπαστεί μέσω πυρόλυσης σε άλλα οξέα (μυρμηκικό, οξικό και γαλακτικό) και κατά την παρασκευή ο καφές δίνει μια ήπια γεύση με ελαφριά στυφάδα και υψηλή οξύτητα, γεύση λουλουδιών και φρούτων και ελαφρύ σώμα (Gibson, 2018; Rao, 2014). Σε αυτό το σημείο ο καφές λέγεται “ελαφρά έως μέτρια καβουρδισμένος” (*light to medium roasted*). Αν η διαδικασία συνεχίσει μέχρι 210-225 °C, το χρώμα γίνεται πιο σκούρο καφέ, η οξύτητα και η στυπτικότητα γίνονται λιγότερο αισθητές και το ρόφημα αποκτά γεμάτο σώμα και γεύση. Ένα “*full medium*” καβούρδισμα δίνει χαρακτήρα στον καφέ. Περαιτέρω θέρμανση σε θερμοκρασίες 225-230 °C το χρώμα φτάνει σε σκούρο καφέ και ο καφές είναι σκούρο καβουρδισμένος (*dark roasted*) δίνοντας κατά την παρασκευή έντονη καπνιστή γεύση και πικρία (Gibson, 2018; Rao, 2014).

Στη βιβλιογραφία συχνά παρατηρείται η χρήση συγκεκριμένων όρων προκειμένου να χαρακτηριστεί ο βαθμός που έχει καβουρδιστεί ένας καφές. Τέτοιοι όροι είναι “*cinnamon*”, “*city roast*”, “*French roast*”, “*espresso roast*” κ.ά. (Folmer, 2016). Πιο αναλυτικά, καβούρδισμα σε βαθμό “*cinnamon roast*” δεν σχετίζεται με τη γεύση της κανέλλας αλλά με το χρώμα των κόκκων. Οι κόκκοι απομακρύνονται πριν την πρώτη ρωγμή, “*first crack*”, δίνοντας συχνά αίσθηση φρεσκάδας με αρώματα από γρασίδι, υψηλή οξύτητα και πολύ ελαφρύ σώμα. Οι “*city roasted*” κόκκοι απομακρύνονται αμέσως μετά το “*first crack*”. Το τελικό αποτέλεσμα αποφέρει γεύση κρασιού, αρώματα λουλουδιών και φρούτων, νότες καραμέλας, υψηλή οξύτητα και ελαφρύ σώμα. Για ένα “*full city*” καβουρδισμένο καφέ η διαδικασία σταματά λίγο πριν το “*second crack*”. Η απαλή γεύση καραμέλας και η ευχάριστη ισορροπία οξύτητας και μέτριου σώματος κάνει το προφίλ επιθυμητό από πολλούς καταναλωτές. Ένα άλλο προφίλ καβουρδίσματος “*Viennese*” χρησιμοποιείται όταν το έλαιο αρχίσει να μεταναστεύει στην επιφάνεια των κόκκων, τις πρώτες στιγμές μετά το “*second crack*”. Ως αποτέλεσμα στον καφέ αποφέρει γλυκόπικρη και πικάντικη γεύση με βαρύ σώμα. Ένας αρκετά γνωστός όρος είναι “*French roast*”, δίνοντας ένα συνδυασμό πικρής, καπνιστής και καμένης γεύσης με σώμα βαρύ προς μέτριο. Τέλος, το “*Italian roast*” έχει γίνει γνωστό ως το πιο σκούρο επίπεδο καβουρδίσματος με την περισσότερο πικρή γεύση, ενώ στην πραγματικότητα ο καφές απομακρύνεται σε ένα μέτριο προφίλ (Εικόνα 11).



Εικόνα 11: Σχηματισμός ενώσεων αρώματος και γεύσης σε σχέση με το βαθμό καβουρδίσματος
 Πηγή: Gibson, 2018

Συνοψίζοντας, δεν υπάρχει παγκόσμιο σύστημα για την ονομασία διαφορετικών βαθμών καβουρδίσματος. Αυτό που ένας καλεί “*light roast*” άλλος το χαρακτηρίζει “*full city*” (Rao, 2014).

3.1.2. Μηχανισμοί και Μέθοδοι

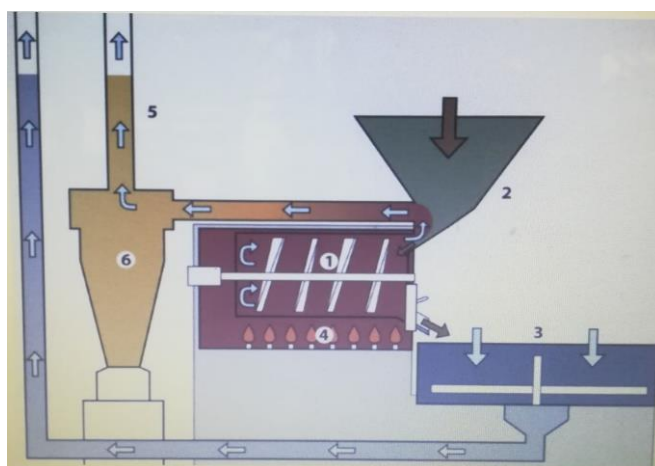
Η διαδικασία καβουρδίσματος μπορεί να περιγραφεί θερμικά, με μεταφορά θερμότητας με αγωγή, συναγωγή ή/και ακτινοβολία, μηχανικά, ανάλογα με τον τύπο μηχανήματος που χρησιμοποιείται, π.χ. περιστρεφόμενο τύμπανο, ρευστοποιημένης κλίνης, κ.ά., καθώς και λειτουργικά, κατά παρτίδες, συνεχόμενο, κ.ά. (Ily & Viani, 2005).

Η μεταφορά θερμότητας από κάποια πηγή ενέργειας στους κόκκους, διαδραματίζει το σημαντικότερο παράγοντα κατά το καβούρδισμα (Münchow, 2018). Θερμότητα με αγωγή μεταφέρεται από τα ζεστά τοιχώματα προς τους κόκκους και αποτελεί κυρίαρχο τρόπο μεταφοράς ενέργειας σε κυλινδρικά περιστρεφόμενα τύμπανα. Μεταφορά θερμότητας με συναγωγή επιτυγχάνεται όταν ενέργεια μεταφέρεται από το ζεστό αέρα προς τους κόκκους και εφαρμόζεται σε μηχανήματα ρευστοποιημένης κλίνης, ενώ η ακτινοβολία προκύπτει φυσικά και συνήθως η συνεισφορά της είναι αμελητέα (Folmer, 2016; Münchow, 2018).

Σε κάθε συσκευή καβουρδίσματος εμφανίζονται και οι τρεις τρόποι μεταφοράς θερμότητας σε διαφορετικές αναλογίες (Folmer, 2016).

Για ένα ομοιόμορφο αποτέλεσμα ο ειδικός πρέπει να γνωρίζει τη θερμότητα που προστίθεται κάθε χρονική στιγμή κατά τα διάφορα στάδια καβουρδίσματος. Το μέγεθος της εστίας και η θερμοκρασία του αέρα καθορίζουν την ταχύτητα της ενέργειας στην είσοδο και κατ'επέκταση την ταχύτητα καβουρδίσματος (Münchow, 2018). Η ταχύτητα με την οποία δίνεται ενέργεια πρέπει να είναι υψηλή στην αρχή, καθώς πρόκειται για μία ενδόθερμη διαδικασία και οι κόκκοι ενώ είναι ενυδατωμένοι απορροφούν μεγάλη ποσότητα ενέργειας. Όσο μεγαλύτερη η διαφορά θερμοκρασίας του αέρα με τους κόκκους, ΔT , τόσο πιο γρήγορα θερμαίνονται οι κόκκοι (Münchow, 2018; Folmer, 2016). Η διαφορά της θερμοκρασίας ΔT σε σχέση με το χρόνο, καθορίζει το ρυθμό με τον οποίο μεταφέρεται θερμότητα στο προϊόν.

Το πιο διαδεδομένο μηχάνημα καβουρδίσματος είναι το τύμπανο (*Classic Drum Roaster*) (Εικόνα 13). Στο κλασικό ψηστήρι τυμπάνου οι κόκκοι εισέρχονται μέσω ενός κατακόρυφου σωλήνα. Το τύμπανο είναι οριζόντιο και περιστρέφεται, με παράλληλα ρυθμιζόμενη φλόγα στο κάτω μέρος. Αέρας θερμένεται εξίσου από τη φλόγα και με τη βοήθεια ανεμιστήρα, εισέρχεται από το πίσω μέρος περνώντας ανάμεσα από τους κόκκους που περιστρέφονται συμπαρασύροντας τον καπνό και ελαφρά υποπροϊόντα, όπως σκόνη και σπερμόδερμα (*silver skin*). Οι κόκκοι βρίσκονται σε συνεχή κίνηση και απορροφούν θερμότητα με αγωγή από τη θερμή επιφάνεια του τυμπάνου αλλά και με συναγωγή από το ζεστό αέρα. Όταν ο καφές είναι έτοιμος, ο ψήστης ανοίγει την έξοδο και επιτρέπει τη μεταφορά στο τμήμα ψύξης (Εικόνα 12). Μια γεωμετρία στρογγυλής κλίνης με επιπλέον περιστρεφόμενο μηχανισμό, αναδύει και ψύχει τους κόκκους με αέρα θερμοκρασίας περιβάλλοντος (Εικόνα 14). Αυτός ο τύπος μηχανήματος καβουρδίζει σε παρτίδες (*batch*) (Folmer, 2016; Rao, 2014).



Εικόνα 12: Οι κόκκοι μέσω κατακόρυφου σωλήνα (2), εισέρχονται στο τύμπανο (1) και θερμαίνονται από υπάρχουσα φλόγα στο κάτω μέρος (4). Ο αέρας εισέρχεται από το πίσω μέρος και φεύγει από μπροστά (5) συμπαρασύροντας καπνό και άλλα υποπροϊόντα που κατακρατούνται σε διαφορετικό δοχείο (6). Με το τέλος της διαδικασίας ακολουθεί η ψύξη των καβουρδισμένων κόκκων (3). Πηγή: (Rao, 2014)

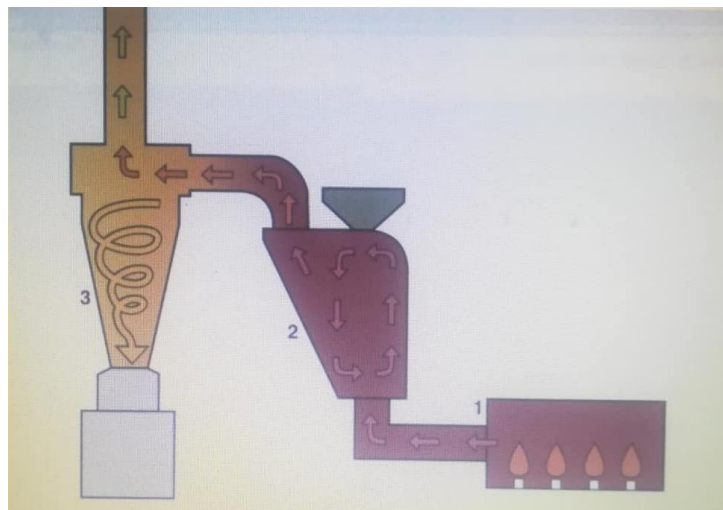


Εικόνα 13: *Classic Drum Roaster*
 Πηγή: <https://www.google.com/search...>
 (Βλ. Βιβλιογραφία)



Εικόνα 14: Άμεση ψύξη καβουρδισμένων κόκκων καφέ
 Πηγή: <https://www.google.com/search?biw=...>
 (Βλ. Βιβλιογραφία)

Ένα άλλο μηχάνημα που συναντάται συχνά είναι αυτό ρευστοποιημένης κλίνης (*Fluid-bed roaster*). Στο σύστημα αυτό, αποκλειστικά ο αέρας κινεί τους κόκκους καθώς εισέρχεται από το κάτω μέρος και τους ωθεί προς τα πάνω προκαλώντας την περιστροφή τους. Η ροή του αέρα είναι υψηλή στην αρχή της διαδικασίας και στη συνέχεια μειώνεται, λόγω μείωσης της πυκνότητας των κόκκων. Το στάδιο ψύξης εφαρμόζεται στον ίδιο θάλαμο αλλάζοντας απλά τη θερμοκρασία του αέρα εισόδου σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (Εικόνα 15). Η μεταφορά θερμότητας γίνεται με συναγωγή (Folmer, 2016; Rao, 2014).

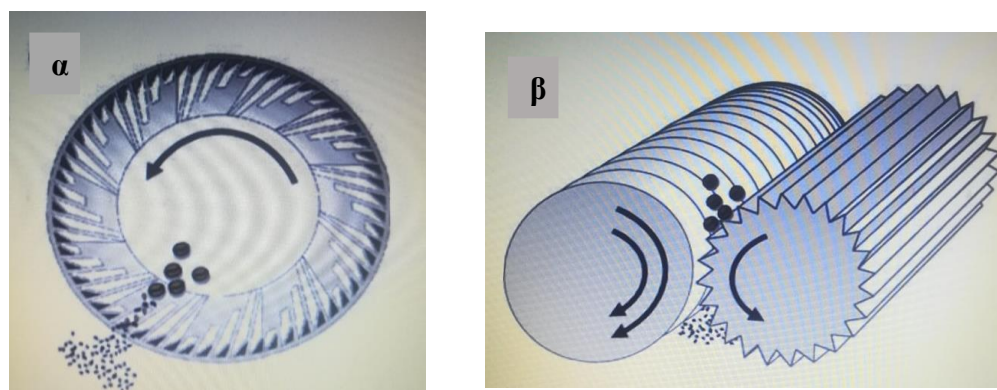


Εικόνα 15: Θερμαινόμενος αέρας εισέρχεται στο θάλαμο (1), θερμαίνει και ανακινεί τους κόκκους (2) και εξέρχεται από το επάνω μέρος κατακρατώντας ελαφρά υποπροϊόντα (3). Πηγή: (Rao, 2014)

3.2 Άλεση

Για την παρασκευή μιας κούπας καφέ είναι απαραίτητο οι καβουρδισμένοι κόκκοι να περάσουν από μια διαδικασία άλεσης. Με τον τρόπο αυτό μετασχηματίζονται σε μικρότερα σωματίδια, κατάλληλου μεγέθους και σχήματος, ώστε να πραγματοποιείται εύκολα η εκχύλιση με νερό. Με την άλεση δίνεται η δυνατότητα στο ζεστό νερό να έρθει σε επαφή με το εσωτερικό των κόκκων, επιτρέποντας την εκχύλιση των ελαίων, και των πτητικών ενώσεων του καφέ (Clarke, 2012b; SCA, 2018). Όσο πιο μικρό το μέγεθος των σωματιδίων τόσο πιο γρήγορα πραγματοποιείται η εκχύλιση. Σκοπός είναι κατά την παρασκευή να γίνει εκχύλιση του 18-22% των διαλυτών στερεών του καφέ στο φλιτζάνι (SCAA, 2015). Εκχύλιση παραπάνω από 21-22% συμβάλλει στην αύξηση της πικρής γεύσης του καφέ ενώ κάτω από 18% ο καφές εμφανίζεται ξινός και αδύναμος στο φλιτζάνι (Vince, 2010). Κατά την παρασκευή ενός *Espresso*, αφενός η εκχύλιση πρέπει να γίνει σε σύντομο χρόνο, μερικών δευτερολέπτων, αφετέρου απαιτείται η κατάλληλη συγκέντρωση διαλυτών στερεών (18-22%), γεγονός που επιτυγχάνεται με λεπτό-αλεσμένο καφέ (Illy & Viani, 2005). Ο αλεσμένος καφές χαρακτηρίζεται ως χόνδρο-κομμένος, μέτρια- και λεπτό-κομμένος. Για μια σωστή εκχύλιση είναι σημαντικό κατά την άλεση να υπάρχει ομοιομορφία αλλά και σωστό μέγεθος σωματιδίων ανάλογα με τη μέθοδο παρασκευής (Clarke, 2012b; SCA, 2018).

Η διαδικασία πραγματοποιείται με ειδικούς μύλους άλεσης με κατάλληλους κοπτήρες διαφόρων σχεδίων (Clarke, 2012b). Υπάρχουν μύλοι για εμπορική και ιδιωτική χρήση αλλά και για βιομηχανίες, κατάλληλοι να λειτουργούν 24ώρες το 24ωρο και να τροφοδοτούν σταθερά τις συσκευές πλήρωσης (Folmer, 2016). Η λειτουργία ενός μύλου βασίζεται αρχικά στη σύνθλιψη των κόκκων (*pre-breaking*) και στη συνέχεια στην άλεση στο επιθυμητό μέγεθος (*finishing*) (Εικόνα 16α) (Illy & Viani, 2005). Οι κυλινδρικοί μύλοι (*roller grinder*) εμφανίζονται στη βιομηχανία. Πρόκειται για δύο κυλίνδρους με ακτινικές ή αξονικές αυλακώσεις, τοποθετημένοι σε παράλληλους άξονες, σχεδόν να αγγίζουν ο ένας τον άλλον, οι οποίοι περιστρέφονται αντίθετα (Εικόνα 16β). Αλέθουν από 200 kg/h έως μερικούς τόνους και χρησιμοποιούνται για άλεση καφέ στην λεπτότερη περιοχή, περίπου 100 μm με χρήση παραπάνω από ένα ζεύγος κυλίνδρων (Folmer, 2016; Illy & Viani, 2005)



Εικόνα 16: α. Σύνθλιψη κόκκων και φινιρίσμα και β. Ζευγάρι κυλίνδρων σε κυλινδρικό μύλο. Πηγή: (Folmer,2016)

Στο εμπόριο χρησιμοποιούνται δύο τύποι μύλων, με λεπίδες (*Blade grinder*) και με μαχαίρια (*Burr grinder*) (SCA, 2018). Οι μύλοι με λεπίδες είναι φθηνοί και εύκολοι στη χρήση, ωστόσο θεωρούνται ανακριβείς όσον αφορά το μέγεθος των σωματιδίων διότι δημιουργούν μεγάλο εύρος μεγεθών. Στην πράξη, ζεύγος λεπίδων περιστρέφεται με μεγάλη ταχύτητα και ασκεί πίεση στους κόκκους προκαλώντας το θρυμματισμό τους (Ily & Viani, 2005). Χρησιμοποιούνται κυρίως για οικιακή χρήση καθώς δεν μπορούν να γίνουν ρυθμίσεις και το αποτέλεσμα οδηγεί σε μη σωστή εκχύλιση (SCA, 2018; Folmer, 2016). Οι μύλοι με μαχαίρια είναι πιο ακριβοί και θορυβώδεις, ωστόσο δημιουργούν ομοιόμορφο αποτέλεσμα. Στην αγορά υπάρχουν επίπεδα (*flat burr*) και κωνικά μαχαίρια (*conical burr*) (Εικόνα 17) (SCA, 2018). Τα κωνικά μαχαίρια αποτελούνται από δύο επίπεδους δίσκους με μειούμενη κλίση από την εσωτερική μεριά, τοποθετημένοι κάθετα ή οριζόντια, έτσι ώστε μόλις να αγγίζονται οι βάσεις τους. Ένας από τους δύο περιστρέφεται ομοαξονικά. Οι κόκκοι τροφοδοτούνται από το επάνω μέρος και η άλεση επιτυγχάνεται με τη διέλευση των κόκκων μέσα από ένα κενό, μεταξύ των δύο δίσκων, που συνεχώς μειώνεται και τελικά παράγει τον αλεσμένο καφέ (Ily & Viani, 2005). Τα επίπεδα μαχαίρια έχουν μεγαλύτερη ταχύτητα περιστροφής αποδίδοντας 1-80 g/sec και παράγουν περισσότερη θερμότητα (SCA, 2018; Folmer, 2016).



Εικόνα 17: Δεξιά επίπεδα μαχαίρια και αριστερά κωνικά μαχαίρια

Πηγή:<https://www.google.com/search?q=conical+flat+burr&source=lnms&tbm=...>
(Βλ. Βιβλιογραφία)

Στα κωνικά μαχαίρια ο εσωτερικός κωνικός τροχός περιστρέφεται ομοαξονικά και οι κόκκοι καφέ εισέρχονται, από το πάνω μέρος, σε μια κοιλότητα που συνεχώς μειώνεται μεταξύ των δύο εργαλείων φτάνοντας στην επιθυμητή απόσταση που δημιουργεί το κατάλληλο μέγεθος σωματιδίων (Ily & Viani, 2005). Είναι πιο ακριβά από τα επίπεδα μαχαίρια, κινούνται πιο αργά παράγοντας 1-5 g/sec, όμως είναι κατάλληλα για άλεση μεγάλων ποσοτήτων καφέ λόγω του ότι έχουν περισσότερη μάζα και αργούν να ζεσταθούν κατά τη λειτουργία τους (Folmer, 2016; SCA, 2018).

Όλοι οι τύποι είναι κατάλληλοι για άλεση σε διαφορετικά μεγέθη σωματιδίων ωστόσο για ένα σωστό και καλό αποτέλεσμα πρέπει να υπάρχει ακρίβεια και επαναλαμβανόμενη ρύθμιση της θέσης και της ταχύτητας των εργαλείων της συσκευής και επίσης εύκολη πρόσβαση για καθαρισμό και συντήρηση ώστε να διασφαλιστεί η ακεραιότητα του μύλου και η ελάχιστη φθορά (Folmer, 2016).

3.3 Μεταβολές χημικών ιδιοτήτων κατά το καβούρδισμα

Κατά τη διαδικασία του καβουρδίσματος η χημική σύσταση των κόκκων καφέ αλλάζει καθώς πολύπλοκες χημικές αντιδράσεις προκαλούνται από την αύξηση της θερμοκρασίας. Πιο συγκεκριμένα, η αντίδραση *Malliard*, η αποικοδόμηση *Strecker*, η πυρόλυση και η καραμελοποίηση είναι οι κύριες από αυτές (Folmer, 2016). Οι πιο γνωστές, αντιδράσεις *Maillard* σχηματίζονται μεταξύ ελεύθερων αμινοξέων και αναγωγικών σακχάρων κατά τη διάρκεια του καβουρδίσματος. Οι αντιδράσεις αυτές συμβάλλουν στην αλλαγή χρώματος από πράσινο σε κίτρινο, στα αρχικά στάδια της διαδικασίας, καθώς και στο σχηματισμό ορισμένων ενώσεων αρώματος και γεύσης, όπως η σοκολάτα και τα ψητά (*baked*) αρώματα (Rao, 2014). Ο σχηματισμός ενώσεων γεύσης στην αντίδραση *Maillard* εξαρτάται από τον τύπο σακχάρων και αμινοξέων που εμπλέκονται και από τη θερμοκρασία της αντίδρασης, το χρόνο, το *pH* και τη περιεκτικότητα σε νερό. Ο πρώτος παράγοντας προσδιορίζει τον τύπο των ενώσεων γεύσης που σχηματίζονται, ενώ ο δεύτερος επηρεάζει την κινητική των αντιδράσεων (Van Boekel, 2006). Οι αντιδράσεις αυτές είναι γνωστές και ως αντιδράσεις μη ενζυμικής αμαύρωσης (*non-enzymatic browning reactions*).

Σε επόμενα στάδια της διαδικασίας καβουρδίσματος, όταν οι κόκκοι προσεγγίζουν την πρώτη ρωγμή (*1st crack*) το χρώμα αλλάζει σε καφέ λόγω καραμελοποίησης. Η καραμελοποίηση είναι μια μορφή πυρόλυσης, η οποία διασπά τα σάκχαρα και συμβάλλει στο σχηματισμό νέων ενώσεων γεύσης, αποδίδοντας πικρές και ξινές γεύσεις όπως μεταξύ άλλων καρύδι και φρούτα. Παρά την ονομασία της, η καραμελοποίηση αυξάνει τις πικρές γεύσεις και μειώνει τη γλυκύτητα. Όταν ξεκινήσουν οι αντιδράσεις καραμελοποίησης οι αντιδράσεις *Maillard* επιβραδύνονται (Rao, 2014). Διοξείδιο του άνθρακα και νερό απελευθερώνονται καθ'όλη τη διάρκεια της διαδικασίας, όπως και στοιχεία που περιλαμβάνουν μονοξείδιο του άνθρακα και οργανικά πτητικά N_2 , ως αποτέλεσμα πυρολυτικών αντιδράσεων και αντίδρασης *Maillard* (Ily & Viani, 2005). Η παραγωγή CO_2 οφείλεται και στην αποικοδόμηση *Strecker* κατά την οποία δικαρβονυλικές ενώσεις αντιδρούν με αμινοξέα (Belitz et al., 2009).

Ο έλεγχος και η σωστή χρονική στιγμή τερματισμού της διαδικασίας με αποτελεσματικό στάδιο ψύξης αποτελούν κρίσιμο σημείο, καθώς ένα σωστά καβουρδισμένο προϊόν με ένα θεωρητικά καμμένο (*over-roasted*) απέχει μόλις μερικά δευτερόλεπτα (Folmer, 2016). Το κυρίαρχο αέριο της διαδικασίας είναι το διοξείδιο του άνθρακα όπου μέρος του απελευθερώνεται στο περιβάλλον ενώ μερική ποσότητα παγιδεύεται στο εσωτερικό και απελευθερώνεται σταδιακά κατά την αποθήκευση και αργότερα, άλεση (Folmer, 2016).

3.4 Άρωμα και Γεύση του καφέ

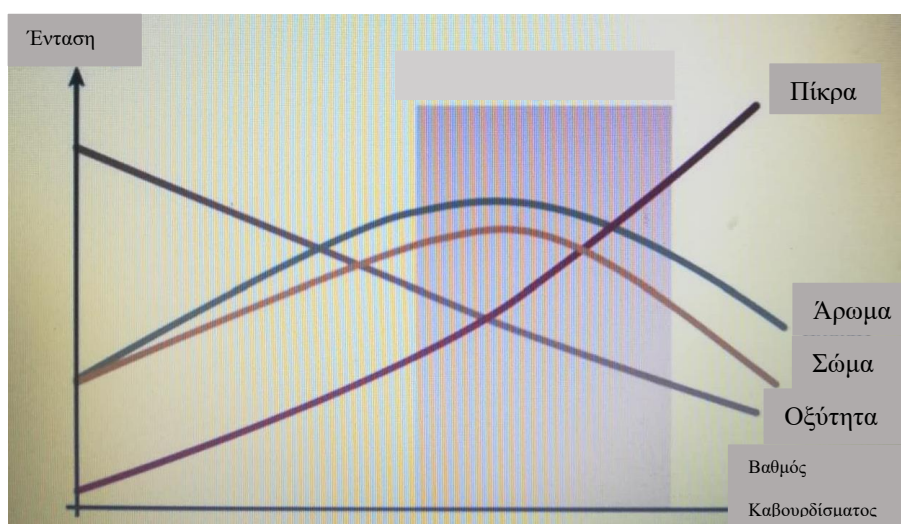
Περίπου 300 πτητικές ενώσεις περιέχονται στους πράσινους κόκκους καφέ, ενώ σε δείγματα καβουρδισμένου καφέ έχουν βρεθεί πάνω από 1000 πτητικές και μη πτητικές ενώσεις, όπου ανάλογα με το είδος του καφέ και το προφίλ καβουρδίσματος οι συγκεντρώσεις των ενώσεων διαφοροποιούνται (Illy & Viani, 2005). Οι μη πτητικές ενώσεις λειτουργούν ως πρόδρομοι των πτητικών ενώσεων και το ευχάριστο άρωμα του καφέ είναι αποτέλεσμα των συνθηκών καβουρδίσματος, όπου διαφορετικές θερμοκρασίες δημιουργούν διαφορετικό προφίλ γεύσης, παρόλο που η πρώτη ύλη παραμένει ίδια (Illy & Viani, 2005; Folmer, 2016). Θερμοκρασίες 170-230 °C για 10-15 min απαιτούνται ώστε η πίεση στο εσωτερικού του κόκκου να αυξηθεί (έως και 25 atm) και να προκαλέσει μια σειρά χημικών αντιδράσεων, από την επιφάνεια του κόκκου προς την εσωτερική δομή, δημιουργώντας σκούρο χρώμα και χαρακτηριστικό άρωμα (Illy & Viani, 2005).

Προκειμένου να αξιολογήσει κανείς ένα φλιτζάνι καφέ θα αναφερθεί στην οξύτητα, το άρωμα, το σώμα, τη γεύση και την επίγευση του καφέ. Η καθαρή και καλά ανεπτυγμένη οξύτητα αποτελεί επιθυμητό και πολύτιμο χαρακτηριστικό που γίνεται γρήγορα αντιληπτό και ενεργοποιεί τη γεύση και την όσφρηση (Φραγκιαδάκης, 2015; Clarke, 2012a). Συχνά, λανθασμένα χρησιμοποιείται η λέξη “ξινό” (*sour/sourness*) για να περιγράψει την οξύτητα, αλλά στην πραγματικότητα ο όρος αναφέρεται σε μια ανεπιθύμητη μορφή οξύτητας (Clarke, 2012a). Το άρωμα του καφέ ποικίλει και σχετίζεται με τις συγκεντρώσεις των αρωματικών ενώσεων που σχηματίζονται κάθε φορά. Οι πιο έντονες και μεγαλύτερες σε ποσότητα ενώσεις που σχηματίζονται δημιουργούν το λεγόμενο άρωμα του καφέ (Φραγκιαδάκης, 2015). Η αίσθηση που αφήνει στο στόμα ο καφές χαρακτηρίζεται ως σώμα (*body*) και δίνει μια αίσθηση του ιξώδους. Μπορεί να χαρακτηριστεί ως ελαφρύ, μέτριο, βαρύ ή γεμάτο σώμα (Clarke, 2012a; Φραγκιαδάκης, 2015). Η γεύση προκύπτει ως αποτέλεσμα των παραπάνω χαρακτηριστικών και στον “κόσμο του καφέ” χρησιμοποιούνται συγκεκριμένοι όροι που έχουν ληφθεί από την καθημερινότητα, όπως γεύσεις λουλουδιών, φρούτων - φρουτώδη γεύση, γεύση ψημένου τροφίμου (*baked*), πικρή, γλυκιά, αλλά και αρνητικοί όροι όπως γεύση μούχλας, καμμένου, στάχτης (*ashy*) κ.ά. (Φραγκιαδάκης, 2015; Clarke, 2008). Μετά την κατάποση γίνεται αντιληπτή η επίγευση του καφέ και η διάρκειά της στο στόμα σχετίζεται ως ένα βαθμό με το σώμα (Φραγκιαδάκης, 2015). Σύμφωνα με τη SCA (*Speciality Coffee Association*), τα παραπάνω χαρακτηριστικά του καφέ πρέπει να βρίσκονται σε ίσες αναλογίες στο φλιτζάνι για να υπάρχει ισορροπία (*balanced cup*) (Folmer, 2016).

Οι ενώσεις που θα σχηματιστούν και θα προσδώσουν άρωμα και γεύση στον καφέ εξαρτώνται κάθε φορά από τον τύπο των σακχάρων και αμινοξέων που θα αντιδράσουν, ενώ φυσικές παράμετροι όπως θερμοκρασία αντίδρασης, χρόνος και περιεκτικότητα σε νερό επηρεάζουν την κινητική της αντίδρασης (Folmer, 2016; Van Boekel, 2006).

Κατά το καβούρδισμα, στα αρχικά στάδια δεν παρατηρούνται αρωματικές και γευστικές ενώσεις, αλλά σχηματίζονται οι πρόδρομες ενώσεις αυτών που στη συνέχεια θα εξελιχθούν από γλυκιά, φρουτώδη, λουλουδάτη και γεύση του ψημένου ψωμιού (*bread*) σε κακάο, πικάντικες, φαινολικές, *ashy*, *pungent* και *dark* γεύσεις (Folmer, 2016). Η σύνθεση της γεύσης αλλάζει συνεχώς.

Κάθε χρονική στιγμή ένα νέο προφίλ αρώματος-γεύσης γίνεται αντιληπτό φτάνοντας σε ένα σημείο που τα χαρακτηριστικά κορυφώνονται και ακολούθως εξασθενούν, καταλήγοντας σε υπερβολικό καβούρδισμα (*over-roasted*) με μη ισορροπημένη, σκληρή και καμμένη γεύση. (Εικόνα 18) (Folmer, 2016). Το σώμα του καφέ παρουσιάζει παρόμοια συμπεριφορά. Ένας ελαφρά καβουρδισμένος καφές (*light-roasted*) χαρακτηρίζεται με ελαφρύ σώμα και ακολουθεί ένα μέτριο προφίλ όπου το σώμα γίνεται πιο πλούσιο, ενώ ένας υπερ-καβουρδισμένος καφές αποδίδει λεπτή και αδύναμη αίσθηση (*mouthfeel*). Μετά την κορύφωση το άρωμα μετατρέπεται σε πικρία. Κατά κανόνα η οξύτητα μειώνεται καθώς αυξάνεται ο βαθμός καβουρδίσματος, ενώ η πικρία αυξάνεται. Ισορροπημένη αναλογία οξύτητα/πικρία αντιπροσωπεύει ένα καλό φλιτζάνι καφέ.



Εικόνα 18: Η κινητική των γεύσεων κατά τη διάρκεια καβουρδίσματος
Πηγή: Folmer, 2016

Παρόλο που η χημική ουσία, καφεΐνη, που υπάρχει στους πράσινους κόκκους έχει έντονη πικρή γεύση, συμβάλλει μόνο κατά 10-20% στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά μιας κούπας καφέ. Η προέλευση και τα χαρακτηριστικά των πράσινων κόκκων καθορίζουν κάθε φορά το προφίλ καβουρδίσματος ώστε να αποδίδουν το βέλτιστο σε άρωμα και γεύση (Folmer, 2016).

Κεφάλαιο 4: Η χημική σύσταση των κόκκων καφέ

4.1 Χημική Σύσταση των κόκκων

Έχουν αναφερθεί διαφορές στη σύσταση των κόκκων καφέ οι οποίες σχετίζονται όχι μόνο με το είδος και την ποικιλία, αλλά και από τις συνθήκες καλλιέργειας, το βαθμό ωρίμανσης και τις συνθήκες αποθήκευσης (Clarke, 2012a). Η σύσταση του καφέ παρουσιάζεται στον Πίνακα 2 :

Πίνακας 2: Περιεχόμενο (%) σε ξηρή βάση (Clarke, 2012a; Illy & Viani, 2005; Belitz et al., 2009)

	<i>C.Arabica</i>		<i>C.Robusta</i>	
	Πράσινος	Καβουρδισμένος	Πράσινος	Καβουρδισμένος
<i>Καφεΐνη</i>	0.6-1.9	1.3	1.2-4.0	2.4
<i>Χλωρογενικό οξύ</i>	6.5	2.7	10	3.1
<i>Λιπίδια</i>	13-17	17.0	7-11	11
<i>Πρωτεΐνες</i>	10.3	10	10.3	10
<i>Τριγωνελίνη</i>	1.0	1.0	0.7	0.7
<i>Μελανοΐδίνες</i>	-	23.0	-	23.0

Υδατάνθρακες χαμηλού μοριακού βάρους όπως μονο-, δι-, και ολιγοσακχαρίτες καθώς και πολυσακχαρίτες περιέχονται στους πράσινους κόκκους καφέ, με τους τελευταίους να αποτελούν περίπου το 40-50% της ξηρής βάσης (Clarke, 2012a). Οι πολυσακχαρίτες είναι αδιάλυτοι ενώ οι υπόλοιποι υδατάνθρακες που εμφανίζονται είναι διαλυτοί στο νερό. Η σακχαρόζη εμφανίζεται να είναι το κύριο σάκχαρο των πράσινων κόκκων, με υψηλότερα ποσοστά στο είδος *Arabica* και αποσυντίθεται κατά το καβούρδισμα (Belitz et al., 2009; Clifford, 2012). Ανάλογα με το βαθμό καβουρδίσματος εμφανίζονται σημαντικές αλλαγές, μεταξύ άλλων η αποικοδόμηση των πολυσακχαριτών, οι οποίες συμβάλλουν στο άρωμα και στο σώμα του καφέ (Clarke, 2012a; Belitz et al., 2009; Clifford, 2012). Σημαντική διαφορά όσον αφορά τις πρωτεΐνες (*crude proteins*) δεν παρατηρείται, ενώ ο ολικός αριθμός των ελεύθερων αμινοξέων μειώνεται κατά περίπου 30% (Clifford, 2012; Belitz et al., 2009). Τα λιπίδια δεν φαίνεται να επηρεάζονται σημαντικά από το καβούρδισμα με μια μέση ποσότητα στο είδος *Arabica* να κυμαίνεται στο 15% και 10% στις ποικιλίες *Robusta* (Belitz et al., 2009; Clarke, 2012a). Ουσιαστικά, πρόκειται για ένα έλαιο του καφέ που υπάρχει στο ενδοσπέρμιο και αποτελείται κυρίως από τριγλυκερίδια, με κυρίαρχο λιπαρό οξύ το λινελαϊκό (C18:2, 47%) και ακολούθως το παλμιτικό (C16:0, 41%) καθώς και άλλα συστατικά όπως ελεύθερες και εστεροποιημένες διτερπενικές αλκοόλες και στερόλες (Clarke, 2012a; Illy & Viani, 2005; Clifford, 2012). Ποσότητα πτητικών ενώσεων παγιδεύεται λόγω του ελαίου που μεταφέρεται στην επιφάνεια κατά το καβούρδισμα (Illy & Viani, 2005; Clifford, 2012). Οι μελανοΐδίνες είναι ενώσεις χρώματος (καφέ) που υπάρχουν στους καβουρδισμένους κόκκους και δημιουργούνται από τις αντιδράσεις *Maillard* και την καραμελοποίηση υδατανθράκων (Belitz et al., 2009).

Η πιο γνωστή αζωτούχα ένωση του καφέ είναι η καφεΐνη η οποία απαντάται στην πούλπα του καρπού. Δεν έχει διευκρινιστεί με βεβαιότητα πώς επηρεάζεται το περιεχόμενό της με τη διαδικασία καβουρδίσματος ενώ φαίνεται να μειώνεται κατά ένα ποσοστό περίπου 10% της αρχικής υπάρχουσας ποσότητας στους πράσινους κόκκους αλλά με ταυτόχρονη απώλεια βάρους κατά το καβούρδισμα. Παρόλα αυτά κατά την εκχύλιση γίνεται μεταφορά της εξ ολοκλήρου στο φλιτζάνι (Belitz et al., 2009; Illy & Viani, 2005; Clifford, 2012). Παρούσα στους πράσινους κόκκους καφέ είναι και η τριγωνελλίνη (N-μεθυλονικοτινικό οξύ) η οποία είναι γνωστή για τις θεραπευτικές ιδιότητές της, λόγω των προϊόντων θερμικής της αποικοδόμησης όπως νικοτινικό οξύ, πυριδίνες και πυρρόλες (Clarke, 2012a; Clifford, 2012). Στους κόκκους του είδους *Arabica* υπάρχει σε ποσοστό περίπου 1% και στις ποικιλίες *Robusta* 0.7% (Illy & Viani, 2005; Clarke, 2012a). Τέλος, το χλωρογενικό οξύ (*Chlorogenic Acid, CGA*) υπάρχει στους πράσινους κόκκους σε συγκέντρωση 7-10% σε ποικιλίες *Robusta* και 5-7.5% σε ποικιλίες *Arabica* και μειώνεται κατά το καβούρδισμα, γεγονός που οδηγεί σε ένα καλύτερο φλιτζάνι καφέ χωρίς στυφή γεύση (Clifford, 2012; Illy & Viani, 2005).

Οι επιπτώσεις της καφεΐνης στην υγεία είναι άλλοτε θετικές και άλλοτε αρνητικές ανάλογα με την ποσότητα καφεΐνης που λαμβάνεται και τον εκάστοτε οργανισμό (Gonzalez & Ramirez-Mares, 2014). Η συνήθης κατανάλωση καφέ δημιουργεί βελτιωμένη διάθεση και ικανότητα αντιμετώπισης της αϋπνίας. Η καφεΐνη βελτιώνει επίσης και τη μνήμη. Παράλληλα, συμβάλλει θετικά και σε σοβαρές ασθένειες όπως νόσο Πάρκινσον και Αλτσχάιμερ, καθώς μειώνει και τον κίνδυνο για ανάπτυξη καρκίνου στον προστάτη, στο ενδομήτριο και στο παχύ έντερο (Gonzalez & Ramirez-Mares, 2014). Η καφεΐνη, όμως, είναι εθιστική και σε υψηλές δόσεις μπορεί να προκαλέσει πονοκεφάλους, ασυνήθιστα γρήγορους καρδιακούς παλμούς, νευρικότητα, ανησυχία, αϋπνία καθώς και καούρα (Gibson, 2018). Μεγάλη κατανάλωση καφέ έχει συσχετιστεί και με χαμηλότερη οστική πυκνότητα ή κατάγματα, αυξημένη αρτηριακή πίεση και χοληστερόλη. Τα άτομα με υψηλή αρτηριακή πίεση ή ακανόνιστους καρδιακούς παλμούς θα πρέπει να περιορίσουν την πρόσληψη καφεΐνης. Η πρόσληψη καφέ συνδέεται αντιστρόφως και με τη θνησιμότητα, με χαμηλότερο κίνδυνο μεταξύ των ατόμων που καταναλώνουν χρονίως περίπου 2-4 φλιτζάνια καφέ την ημέρα. Αντίθετα, απότομη διακοπή πρόσληψης της ουσίας οδηγεί σε κεφαλαλγία, λήθαργο και ευερεθιστότητα (Gonzalez & Ramirez-Mares, 2014).

Σύμφωνα με το υπουργείο Υγείας και Ανθρωπίνων Υπηρεσιών των ΗΠΑ ταξινομεί την καφεΐνη ως ασφαλή ουσία (*GRAS*). Πρόσφατα η Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των τροφίμων (*EFSA*) δήλωσε ότι η συνήθης κατανάλωση καφεΐνης 400 mg/ημέρα δεν προκαλεί ανησυχίες σε ένα μέσο ενήλικα. Το ποσό αυτό αντιστοιχεί σε περίπου 5 φλιτζάνια καφέ (*drip coffee*) (Folmer, 2016). Τα παιδιά μπορούν να καταναλώσουν 45-85 mg/ημέρα ενώ οι έφηβοι 100-175 mg/ημέρα. Για τις έγκυες η πρόσληψη καφεΐνης δεν πρέπει να ξεπερνά τα 300 mg/ημέρα (Gonzalez & Ramirez-Mares, 2014). Η θανατηφόρα ποσότητα στον άνθρωπο εκτιμάται στα 10 g (Folmer, 2016).

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

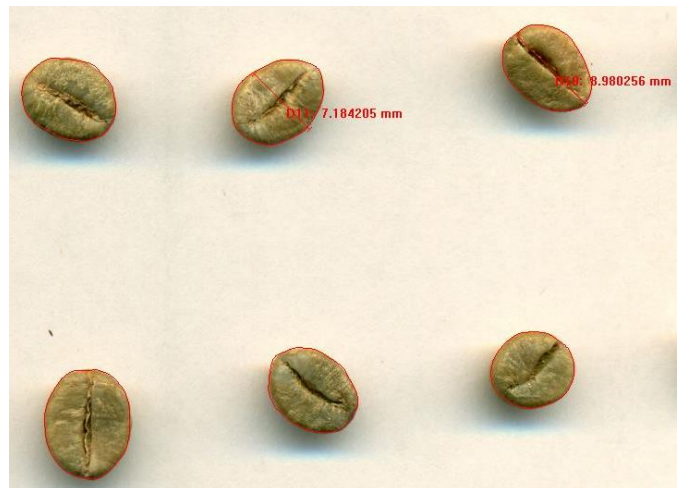
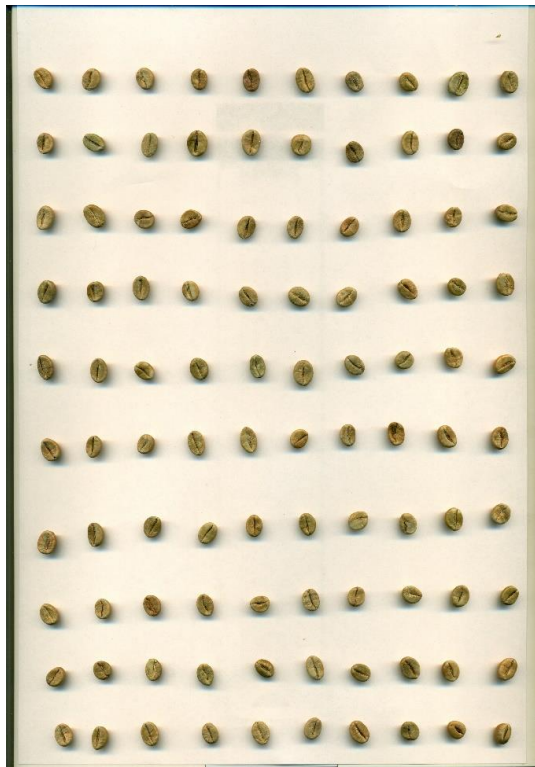
Κεφάλαιο 5: Ανάλυση Μελέτης

5.1 Πρώτη ύλη

Στα πλαίσια του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν πράσινοι κόκκοι καφέ *Arabica* ποικιλίας *Yellow Catuai* που έχουν καλλιεργηθεί στη Βραζιλία και κόκκοι καφέ *Robusta* από την Ινδία. Στα δείγματα αρχικά πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις για βάρος, πυκνότητα, διαστάσεις, υγρασία, νεργότητα νερού a_w και χρώμα και στη συνέχεια οι κόκκοι καβουρδίστηκαν σε τρία διαφορετικά προφίλ, ελαφρύ (*Light-roasted*), μέτριο (*Medium-roasted*) και σκούρο (*Dark-roasted*). Πραγματοποιήθηκαν εκ νέου οι ίδιες μετρήσεις και στους καβουρδισμένους κόκκους και έπειτα πέρασαν από διαδικασία άλεσης, σε δύο διαφορετικά μεγέθη, λεπτο-αλεσμένοι (*fine*) και χονδρο-αλεσμένοι (*coarse*). Τέλος ακολούθησε μέτρηση καφεΐνης με φασματοφωτομετρία (*UV-Vis spectrometer*) σε όλα τα δείγματα πράσινων και καβουρδισμένων κόκκων. Η μελέτη ολοκληρώθηκε με οργανοληπτικό έλεγχο (*cupping*), όπου μια ομάδα 5 δοκιμαστών φοιτητών βαθμολόγησε τα αρώματα και τις γεύσεις ανάμεσα στα διαφορετικά προφίλ καβουρδίσματος στα δύο είδη καφέ, *Arabica* και *Robusta*.

Για το βάρος των κόκκων χρησιμοποιήθηκε αναλυτικός ζυγός, όπου μετρήθηκε δείγμα 100 κόκκων για κάθε είδος, *Arabica* και *Robusta*, επαναλαμβάνοντας τη διαδικασία 3 φορές. Μετρώντας πυκνότητα αναφερόμαστε στην αναλογία μάζας, στην περίπτωση μας, βάρος προς όγκο. Για τη μέτρηση της πυκνότητας (*bulk density*) χρησιμοποιήθηκε βαθμονομημένος κύλινδρος στον οποίο τοποθετήθηκαν κόκκοι καφέ μέχρι μια επιθυμητή ένδειξη (10 mL) και στη συνέχεια έγινε ζύγιση. Η πυκνότητα δίνεται από τη σχέση $\text{Πυκνότητα} = \frac{\text{Βάρος (g)}}{\text{Όγκος (mL)}}$ και μετριέται σε g/mL. Με αυτή τη μέθοδο παρατηρείται ότι στον μακρύ και στενό κύλινδρο, κατά το γέμισμα δημιουργούνται κενά και αν η διαδικασία επαναληφθεί μερικές φορές φτάνει κανείς σε διαφορετικές αναγνώσεις. Για το λόγο αυτό, πραγματοποιούνται τρεις μετρήσεις και λαμβάνεται ο μέσος όρος. Καφέδες που καλλιεργούνται σε υψηλά υψόμετρα (*Arabica*) συχνά αποδίδουν κόκκους μεγαλύτερης πυκνότητας και αυτό γιατί, η χαμηλότερη θερμοκρασία επιβραδύνει την ωρίμανση των κερασιών με συνέπεια τον περισσότερο πολλαπλασιασμό κυττάρων μέσα στον κόκκο οδηγώντας σε πυκνότερους κόκκους (Parodi, 2017).

Οι διαστάσεις των κόκκων προσδιορίστηκαν με τη βοήθεια σαρωτή (*Scanner*) και το πρόγραμμα *Microlab*. Οι κόκκοι καφέ στη μια πλευρά φέρουν κυρτό σχήμα και στη άλλη πλευρά είναι επίπεδοι με, συνήθως, κυματοειδή αυλακώσεις (Illy & Viani, 2005). Ένα δείγμα 100 κόκκων τοποθετήθηκε στο σαρωτή και μετρήθηκε η χαρακτηριστική διάμετρος, το μήκος και το πλάτος των κόκκων *Arabica* και *Robusta* (Εικόνα 19).



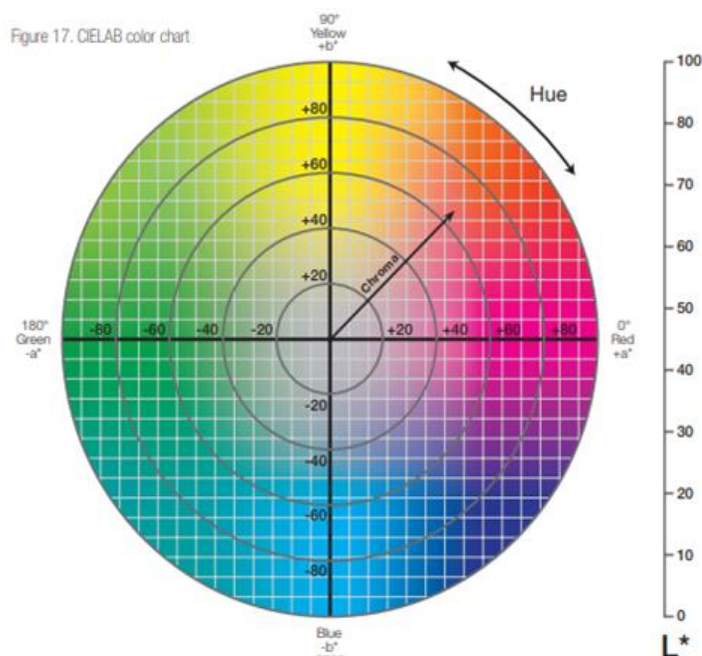
Εικόνα 19: Τοποθέτηση των πράσινων κόκκων στο σαρωτή και λήψη μετρήσεων
Πηγή: Προσωπική Συλλογή

Η διεθνής αποδεκτή μέθοδος για τον προσδιορισμό της υγρασίας σε πράσινους και καβουρδισμένους κόκκους καφέ είναι η απώλεια βάρους κατά τη θέρμανση. Αν και η απώλεια βάρους μπορεί να μην αναφέρεται μόνο στο νερό, για τον καφέ τα άλλα πτητικά δεν είναι σημαντικά όταν χρησιμοποιείται συγκεκριμένος χρόνος και θερμοκρασία κατά την ξήρανση (Gautz et al., 2008). Μια γενικώς αποδεκτή μέθοδος μέτρησης της υγρασίας είναι η χρήση φούρνου σε θερμοκρασία 105 ± 2 °C για ολονύχτια θέρμανση δείγματος 5 g (Clarke, 2012a). Η διαφορά αρχικού και τελικού βάρους προς το αρχικό βάρος του δείγματος είναι το ποσοστό υγρασίας στο δείγμα:

$$\text{Water content \%} = \frac{W_{\text{αρχικό}} - W_{\text{τελικό}}}{W_{\text{δείγματος}}} * 100$$

Το χρώμα των κόκκων που αλλάζει κατά τα διάφορα στάδια καβουρδίσματος αποτελεί την πιο εμφανή φυσική αλλαγή. Ήδη από τις χαμηλές θερμοκρασίες το χρώμα αρχίζει να εξασθενεί, από πράσινο-μπλέ-γκρι σε λευκό-κίτρινο στα πρώτα στάδια και φτάνει μέχρι σχεδόν μαύρο στο τέλος ενός υπερ-καβουρδισμένου καφέ (*over-roasted*) (Folmer, 2016). Αν και εξαιτίας της ίδιας της φύσης οι κόκκοι δεν είναι πανομοιότυποι, παρόλα αυτά είναι σημαντικό μετά το τέλος της διαδικασίας το χρώμα να χαρακτηρίζεται ως ομοιόμορφο σε οποιοδήποτε βαθμό και αν έχει καβουρδιστεί το προϊόν (Clarke, 2012b). Η αλλαγή χρώματος συνδέεται στενά με την ανάπτυξη της γεύσης και για το λόγο αυτό αποτελεί σημαντικότερο κριτήριο ποιότητας καθώς και δείκτης για το βαθμό καβουρδίσματος (Folmer, 2016).

Το χρώμα μπορεί να μετρηθεί με διάφορους μετρητές (φασματοφωτομετρητές) που βασίζονται στη χρήση φωτοηλεκτρονικών κυττάρων, όπως *Photovolt*, *Gardner*, κλίμακα *Agtron*, *Hunterlab* κ.ά., αλλά στη βιομηχανία του καφέ κυρίαρχη θέση έχει η κλίμακα *Agtron* (Clarke, 2012b; Stahura, 2010). Πιο συγκεκριμένα, η κλίμακα *Agtron* χρησιμοποιεί “φασματοφωτόμετρα με συνελεστή υπέρυθρης ακτινοβολίας όπου σε κάθε δείγμα καφέ αντανακλά φώς και αντιστοιχεί μια συγκεκριμένη τιμή που διαβάζεται ως αριθμός στην κλίμακα. Όσο μεγαλύτερος ο αριθμός τόσο πιο ελαφρύ το καβούρδισμα. Αντίθετα, ο μετρητής *Hunterlab* παρέχει αποτελέσματα σε τρεις παραμέτρους L , a , b . Η παράμετρος L δείχνει τη φωτεινότητα, όπου $L=0$ αντιστοιχεί σε μαύρο και συνεπώς ολική απορρόφηση ενώ $L=100$ σε λευκό. Κατά τον άξονα a απεικονίζονται τα χρώματα κόκκινο-πράσινο με κίνηση προς το $+a$ το κόκκινο και $-a$ το πράσινο, και κατά τον άξονα b τα χρώματα μπλέ-κίτρινα με κίνηση προς το $+b$ για κίτρινο και $-b$ για μπλέ χρώμα (Εικόνα 20) (Mouw, 2018).



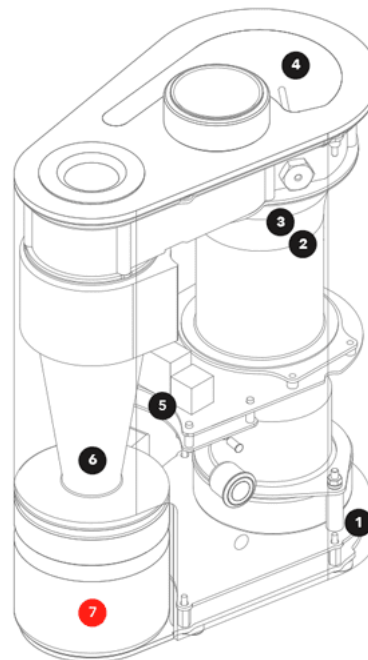
Εικόνα 20: Διάγραμμα χρωμάτων L , a , b
 Πηγή: Mouw, 2018

5.2 Καβούρδισμα Δείγματος

Στη συνέχεια ακολούθησε το στάδιο καβουρδίσματος. Το καβούρδισμα πραγματοποιήθηκε με συσκευή *IKAWA* (Εικόνα 21). Πρόκειται για μια συσκευή κατάλληλη να καβουρδίζει δείγματα καφέ χρησιμοποιώντας ψηφιακή ακρίβεια.



Εικόνα 21: Συσκευή *IKAWA*
Πηγή: <https://www.google.com/search?q=ikawa&source...>
(Βλ. Βιβλιογραφία)



Εικόνα 22: Τρόπος Λειτουργίας *IKAWA*
Πηγή: *IKAWA*

Η συσκευή λειτουργεί με αέρα, ο οποίος εισέρχεται με τη βοήθεια ανεμιστήρα από το κάτω μέρος της συσκευής (1) και θερμένεται από ειδικό στοιχείο θέρμανσης (2) (Εικόνα 22). Στο σημείο αυτό υπάρχει τοποθετημένος αισθητήρας για έλεγχο της θερμοκρασίας. Ο ζεστός αέρας διοχετεύεται στο θάλαμο καβουρδίσματος και οι κόκκοι αναδεύονται και καβουρδίζονται ομοιόμορφα (3). Ένας δεύτερος αισθητήρας είναι τοποθετημένος στο θάλαμο καβουρδίσματος και μετράει τη θερμοκρασία των κόκκων (Εικόνα 23). Η ταχύτητα του ανεμιστήρα και οι ενδείξεις των αισθητήρων ελέγχονται συνεχώς και ακολουθούν την καμπύλη θερμοκρασίας-χρόνου που έχει προκαθοριστεί από τον ψήστη (5).



Εικόνα 23: Αισθητήρας στο θάλαμο καβουρδίσματος
Πηγή: *IKAWA*

Κατά τη διάρκεια του καβουρδίσματος αφαιρείται το σπερμόδερμα (*silver skin*), το οποίο απομακρύνεται συνεχώς από το θάλαμο καβουρδίσματος, με ένα σύστημα κυκλώνα και συγκεντρώνεται σε ένα δοχείο. Όταν η διαδικασία ολοκληρωθεί, οι καβουρδισμένοι κόκκοι, με τη βοήθεια αέρα, παραλαμβάνονται από το δοχείο συλλογής (7) (IKAWA).



Εικόνα 24: Εφαρμογή
IKAWA PRO
Πηγή: IKAWA

Η συσκευή αυτή δίνει το πλεονέκτημα στο χειριστή, μέσω της εφαρμογής *IKAWA PRO*, να μπορεί να προσαρμόσει την καμπύλη θερμοκρασίας-χρόνου και να καταλήξει σε ένα επιθυμητό προφίλ καβουρδίσματος (Εικόνα 24). Πιο συγκεκριμένα, ο ίδιος μπορεί να καθορίσει την αρχική θερμοκρασία στην οποία θα εισέλθει το δείγμα, όλα τα επιμέρους σημεία (χρόνο και θερμοκρασία) καθώς και το σημείο στο οποίο θα ολοκληρωθεί η διαδικασία και θα ξεκινήσει το στάδιο ψύξης.

Μόλις ορίσει κανείς την επιθυμητή καμπύλη η εφαρμογή συνδέεται με την συσκευή καβουρδίσματος και αρχίζει η προθέρμανση του θαλάμου, με τις ενδείξεις από τους αισθητήρες να εμφανίζονται ζωντανά κάθε χρονική στιγμή. Όταν επιτευχθεί η θερμοκρασία εισόδου, οι κόκκοι εισέρχονται στο θάλαμο και αρχίζει η

διαδικασία καβουρδίσματος. Οι αισθητήρες συνεχίζουν να εμφανίζουν στην οθόνη τις αλλαγές κάθε χρονική στιγμή. Επιπλέον, είναι δυνατή η καταγραφή της πρώτης και δεύτερης ρωγμής (*1st crack*, *2nd crack*), όπου αυτόματα ξεκινάει και η καταγραφή του χρόνου ανάπτυξης (*DTR*). Ο χρόνος ανάπτυξης (*Development Time Ratio, DTR*) αντιστοιχεί στο χρόνο από την έναρξη του *1st crack* έως το τέλος της διαδικασίας (Rao, 2014). Ο χρόνος αυτός είναι σημαντικό να αποτελεί το 20-25% του συνολικού χρόνου. Όταν η διαδικασία φτάσει στο τελευταίο σημείο της καμπύλης αρχίζει αμέσως η ψύξη των κόκκων για 1-3 λεπτά σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η καμπύλη μπορεί να αποθηκευτεί και να χρησιμοποιηθεί ξανά σε επόμενο δείγμα. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται ακρίβεια και πλήρης έλεγχος της διαδικασίας (IKAWA). Κατά τη διαδικασία καβουρδίσματος είναι σημαντικό η θερμοκρασία να υπερβεί τους 190°C για μια ορισμένη, ελάχιστη, χρονική διάρκεια ώστε όλες οι φυσικές και χημικές αλλαγές να γίνουν αισθητές (Folmer, 2016).

5.2.1. Προφίλ καβουρδίσματος

Ο βαθμός καβουρδίσματος περιγράφεται από ένα προφίλ που ακολουθείται στα πλαίσια της διαδικασίας. Το προφίλ καβουρδίσματος, οι συνθήκες δηλαδή χρόνου θερμοκρασίας, κάτω από τις οποίες θα πραγματοποιηθεί η διαδικασία είναι που δίνουν στον καφέ ταυτότητα. Πιο συγκεκριμένα, μεταβάλλοντας αυτές τις δύο παραμέτρους οδηγείται κανείς σε διαφορετικό προφίλ γεύσης ακόμα και αν έχει χρησιμοποιήσει την ίδια μηχανή, την ίδια πρώτη ύλη και έχει καβουρδιστεί στον ίδιο βαθμό.

Ο χρόνος επηρεάζει τη γεύση και τις φυσικές ιδιότητες των κόκκων. Το γρήγορο καβούρδισμα δημιουργεί μια περισσότερο πορώδη εσωτερική δομή στον κόκκο με αποτέλεσμα κατά την εκχύλιση το νερό να έχει μεγαλύτερη προσβασιμότητα και να αποσπά περισσότερα διαλυτά στερεά (Folmer, 2016). Το άρωμα σχετίζεται με τις συγκεντρώσεις των ενώσεων που σχηματίζονται σε μεγαλύτερες ποσότητες. Οι αρωματικές και γευστικές ενώσεις θα σχηματιστούν ανεξάρτητα από το χρόνο, αλλά οι συγκεντρώσεις αυτών θα επηρεαστούν άμεσα και θα οδηγήσουν σε διαφορετικό αποτέλεσμα. Εκτός από το χρόνο, σημαντικό παράγοντα αποτελεί η τελική θερμοκρασία του κόκκου. Και ο χρόνος και η θερμοκρασία ρυθμίζονται από την καμπύλη καβουρδίσματος.

Το πρώτο στάδιο κατά το καβούρδισμα είναι η φάση ξήρανσης που ολοκληρώνεται με την πρώτη ρωγμή και ξεκινάει ουσιαστικά η πυρόλυση, η πραγματική φάση καβουρδίσματος (Münchow, 2018). Ενδέχεται οι κόκκοι με υψηλό περιεχόμενο υγρασίας να διογκωθούν λιγότερο απότομα και να μην προκαλέσουν έντονα το φαινόμενο (Clarke, 2008). Στη φάση αυτή παρατηρείται μείωση της υγρασίας από 8-12% σε 1,5-5% (Gibson, 2018). Αμέσως μετά την πρώτη ρωγμή δημιουργείται εκ νέου πίεση, λόγω CO_2 , στον πυρήνα. Τώρα η εξωτερική δομή του κόκκου έχει εξασθενήσει και η νέα πίεση οδηγεί το έλαιο προς την επιφάνεια (Rao, 2014). Σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 200 °C πραγματοποιείται και δεύτερη υστέρηση (*second crack*) λόγω σχηματισμού CO , CO_2 και άλλων αερίων.

5.2.2. Μέτρηση βαθμού καβουρδίσματος

Ο βαθμός καβουρδίσματος είναι ο κυριότερος παράγοντας που επηρεάζει τη γεύση του καφέ (Münchow, 2018). Μπορεί να μετρηθεί με διάφορες συσκευές, με την ανάκλαση του χρώματος από κατάλληλο μετρητή (Rao, 2014; Clarke, 2012b). Όπως ήδη έχει αναφερθεί και παραπάνω, υπάρχουν διάφοροι διαθέσιμοι μετρητές χρώματος στην αγορά. Πιο αναλυτικά, ως ο πιο γνωστός μετρητής στον καφέ χρησιμοποιείται η “*M-Base*” ή “*Gourmet*” *Agtron* κλίμακα, όπου για κάθε δείγμα καφέ λαμβάνονται δύο τιμές, με την πρώτη να αναφέρεται στη μέτρηση χρώματος ολόκληρου του κόκκου και τη δεύτερη μετά από άλεση του δείγματος. Η κλίμακα κυμαίνεται από περίπου την τιμή 70 έως 25 για αναφορά σε ολόκληρους τους κόκκους και από περίπου 95 έως 30 για αλεσμένο καφέ. Μια ανάγνωση 55/68 μεταφράζεται ως τιμή 55 για χρώμα ολόκληρου κόκκου καφέ και τιμή 68 για αλεσμένο. Όσο πιο μεγάλος είναι ο αριθμός τόσο πιο ελαφρύ το καβούρδισμα. Παράλληλα με τους αριθμούς, συγκεκριμένοι περιγραφικοί όροι προστίθενται στην κλίμακα *Agtron*, όπως “*light*”, “*medium*”, “*medium-dark*”, “*dark*” κ.ο.κ. προκειμένου να χαρακτηριστεί ο βαθμός καβουρδίσματος (Πίνακας 3).

Πίνακας 3: Βαθμός καβουρδίσματος με τους συνήθεις όρους που χαρακτηρίζουν το βαθμό καβουρδίσματος κατ'αντιστοιχία με την κλίμακα *Agtron* και τον παράγοντα *L* (Coffeereview; Preedy, 2014)

Βαθμός Καβουρδίσματος	Όροι	Κλίμακα <i>Agtron</i>	Παράγοντας <i>L</i>
Light	Cinammon	>70	30.2-27,3
Medium-Light	American	70-50	24.2-21.5
Medium	City	60-50	18.5
Medium-Dark	Viennese Full City	50-40	16.8
Dark	French	40-35	15.5
Very Dark	Italian Dark	35-25	14.2
	French		
Extreme Dark Black		<25	

Μετά το καβούρδισμα προκειμένου να υπάρξει μια εξισορρόπηση, οι καβουρδισμένοι κόκκοι καφέ χρησιμοποιούνται για μέτρηση χρώματος. Ένα δείγμα καβουρδισμένων κόκκων τοποθετείται σε ειδικό διάφανο δίσκο και με τη βοήθεια του μετρητή λαμβάνεται ο αριθμός που αντιπροσωπεύει τον βαθμό καβουρδίσματος. Έπειτα η διαδικασία επαναλαμβάνεται και για αλεσμένο καφέ. Η διαφορά στην ένδειξη μεταξύ των δύο δειγμάτων καλείται “*spread*” και όσο μικρότερη η τιμή της τόσο πιο ομοιόμορφα έχουν καβουρδιστεί οι κόκκοι. Πολλές φορές δείγματα από την ίδια παρτίδα παρουσιάζουν διαφορετικές τιμές στο μετρητή, γεγονός που αποδεικνύει διαφορετικό χρώμα. Το μέγεθος της άλεσης και η ομαλότητα της επιφάνειας του δείγματος στο δίσκο είναι κάποιιοι από τους παράγοντες που μπορεί να μεταβάλλουν το αποτέλεσμα (Rao, 2014).

Παρόλο που η μέτρηση του χρώματος αποτελεί έναν εύκολο και γρήγορο τρόπο μέτρησης, ωστόσο είναι εφικτό να γίνει και εργαστηριακός έλεγχος με μέτρηση της απώλειας βάρους κατά το καβούρδισμα (Πίνακας 4) (Clarke, 2012b). Η απώλεια βάρους μετριέται είτε με απώλεια ξηρής ουσίας (*dry organic mass loss*) είτε με ολική διαφορά βάρους συμπεριλαμβανομένης και της υγρασίας (Illy & Viani, 2005).

Πίνακας 4: Έκφραση της απώλειας βάρους σε σχέση με το βαθμό καβουρδίσματος (Illy & Viani, 2005; Preedy, 2014)

Βαθμός καβουρδίσματος	Όνομα	Απώλεια Βάρους%
light	Light roast	10.0-14.0
	Cinnamon roast	
	Medium roast	
Medium	High roast	14.0-17.0
	City roast	
	Full City roast	
Dark	French	17.0-21.0
	Italian	
		>21.0

Το καβούρδισμα σταματά με τη διαδικασία ψύξης όταν επιτευχθεί ο επιθυμητός βαθμός καβουρδίσματος. Οι φυσικές αλλαγές σταματούν και η γεύση δεν μεταβάλλεται περαιτέρω σημαντικά, ενώ εντός 24ωρών ακολουθεί η διαδικασία “*cupping*”, όπου γίνεται η δοκιμή του καφέ και αποτελεί μοναδικό κριτήριο για την επιλογή του βαθμού καβουρδίσματος για κάθε δείγμα καφέ (Ily & Viani, 2005; Münchow, 2018).

5.3 Άλεση Δείγματος

Κατά την άλεση των καβουρδισμένων κόκκων καφέ δημιουργούνται σωματίδια διαφορετικού μεγέθους και σχήματος. Η ροή του νερού μέσα από τον αλεσμένο καφέ είναι πιο γρήγορη στα μεγαλύτερα μεγέθη, ενώ στα μικρότερα μεγέθη πραγματοποιείται πιο γρήγορα η διύλιση των διαλυτών ουσιών. Αν τα σωματίδια είναι πολύ λεπτά, σχεδόν σκόνη, τείνουν να φράξουν τις διόδους μεταξύ των μεγαλύτερων σωματιδίων, ακόμα και τα φίλτρα, αυξάνοντας δραματικά το χρόνο διύλισης, (*percolation time*) καθώς επίσης, και να περάσουν από τα φίλτρα καταλήγοντας στο φλιτζάνι προσδίδοντας μια πιο πικρή γεύση (Folmer, 2016). Το εύρος των μεγεθών των σωματιδίων που δημιουργούνται μπορεί να προσδιοριστεί με 2 έως 4 χαρακτηριστικές διαστάσεις, σχηματίζοντας την κατανομή μεγέθους σωματιδίων. Ανάλογα με τη μέθοδο παρασκευής που χρησιμοποιείται, *espresso*, φίλτρου ή καφέ στο μπρίκι (*Ibrik coffee*), απαιτείται και ένα διαφορετικό μέγεθος σωματιδίων (Πίνακας 5). Επομένως κατά την άλεση στόχος είναι να επιτευχθεί ένα συγκεκριμένο μέγεθος στο οποίο θα βρίσκονται τουλάχιστον το 50% των σωματιδίων και το οποίο καλείται μέσο μέγεθος σωματιδίων.

Πίνακας 5: Μέσο μέγεθος για τις διαφορετικές μεθόδους παρασκευής (Folmer, 2016)

Μέθοδος παρασκευής	Μέσο μέγεθος (μm)
<i>Espresso Coffee</i>	200-300
<i>Filter Coffee</i>	400-800
<i>Ibrik Coffee</i>	~100

Προκειμένου να γίνει έλεγχος για το σωστό μέγεθος του αλεσμένου καφέ ένας πρακτικός και άμεσος τρόπος είναι η εμπειρία του μπαρίστα (*barista*). Πιο συγκεκριμένα, κατά την παρασκευή ενός *espresso* η ποσότητα του νερού που διεισδύει σ’ένα δεδομένο χρόνο χρησιμοποιείται ως ένδειξη για την ρύθμιση του μύλου. Σύμφωνα με το πρωτόκολλο της *SCA (Speciality Coffee Association)* για 14-18 g αλεσμένου καφέ χρειάζονται 25 ± 5 sec προκειμένου να παρασκευαστεί ένα φλιτζάνι 25-35 g *espresso* (Fasman, 2018). Αντίστοιχα για καφέ φίλτρου ισχύει η αναλογία 5.5 g/100 g νερό με χρόνο παρασκευής 4 min (SCAA, 2016). Ωστόσο, η ποσότητα στο φλιτζάνι καθορίζεται και από άλλους παράγοντες όπως ο χρόνος αναμονής του αλεσμένου καφέ πριν την εκχύλιση, τη σωστή συμπίεση του κέικ στο κλείστρο και από την ίδια τη μηχανή *espresso* (πίεση, θερμοκρασία κ.ά.) (Ily & Viani, 2005).

Μια άλλη μέθοδος για τον καθορισμό του μεγέθους των σωματιδίων είναι η χρήση κόσκινων διαφόρων μεγεθών. Αν και μόνο δύο είναι αρκετά, εντούτοις μπορούν να χρησιμοποιηθούν 4-5 κόσκινα το ένα πάνω από το άλλο με μειούμενο άνοιγμα στο πλέγμα. Συγκεκριμένη ποσότητα αλεσμένου καφέ τοποθετείται στο πρώτο κόσκινο και με τη βοήθεια της βαρύτητας και ελαφριά ανακίνηση οδηγείται στα ενδιάμεσα κόσκινα. Ζυγίζοντας τις εναπομείναντες ποσότητες μπορεί να υπολογιστεί το εύρος μεγέθους και το μέσο μέγεθος σωματιδίων (Ily & Viani, 2005; Folmer, 2016; Clarke, 2012b).

5.4 Μέτρηση Καφεΐνης

5.4.1. Καφεΐνη

Η καφεΐνη ή 1,3,7-τριμέθυλο-ξανθίνη είναι η πιο συνηθισμένη βιολογικά δραστική ουσία παγκοσμίως (Gonzalez & Ramirez-Mares, 2014). Πρόκειται για ένα φυσικό αλκαλοειδές που ανήκει σε μια κατηγορία οργανικών ενώσεων που ονομάζονται μεθυλοξανθίνες (Gebrewold, 2018). Βρίσκεται σε περισσότερα από 60 φυτά, συμπεριλαμβανομένων των κόκκων καφέ, φύλλων τσαγιού, ξηρών καρπών και κακάο (Gonzalez & Ramirez-Mares, 2014). Ο καφές αποτελεί την κύρια πηγή καφεΐνης (Gebrewold, 2018). Σε καθαρή μορφή, αφού αφαιρεθεί από το φυτό, η καφεΐνη σχηματίζει μια κρυσταλλική λευκή σκόνη (Gebrewold, 2018). Είναι άοσμη αλλά έχει έντονη πικρή γεύση και το μοριακό της βάρος είναι 194.19 g/mol (Gebrewold, 2018; Clarke, 2012a). Η περιεκτικότητα καφεΐνης στους πράσινους κόκκους καφέ ποικίλει ευρέως, με τις διαφορές στο είδος να είναι ο σημαντικότερος παράγοντας. Οι καφέδες *Robusta* έχουν υψηλότερη περιεκτικότητα σε καφεΐνη από το είδος *Arabica*, με μέσες τιμές περίπου 2.2% και 1.2%, αντίστοιχα. Ενώ για το λιγότερο εμπορικό είδος καφέ *C.Liberica* η μέση τιμή είναι περίπου 1.35% (Clarke, 2012a; Folmer, 2016).

Αρκετές μέθοδοι έχουν αναπτυχθεί για τον προσδιορισμό της καφεΐνης σε καφέ, τσάι και άλλα ενεργειακά ποτά, κυρίως μέσω χρωματογραφίας, αέρια και υγρή (*GC/MS*, *HPLC*), *micellar electrokinetic chromatography*, *voltammetry*, *near-infrared spectroscopy*, *FT-Raman spectroscopy* και *planar chromatography-multiple detection with confirmation by electrospray ionization mass spectrometry* (Dobrinas et al., 2013). Ωστόσο, μεταξύ των διαφόρων μεθόδων η φασματοφωτομετρική μέθοδος *UV-Vis Spectrometry* αποτελεί έναν εύκολο και οικονομικό τρόπο προσδιορισμού της καφεΐνης με επιτυχημένη εφαρμογή (Souito, 2010). Η μέθοδος βρέθηκε να είναι απλή, οικονομική, αποδοτική και φιλική προς το περιβάλλον για τον προσδιορισμό της καφεΐνης σε υδατικό διάλυμα καφέ, με ικανοποιητικά αποτελέσματα (Gebrewold, 2018).

Η καφεΐνη είναι μέτρια διαλυτή στο νερό και σε ένα ευρύ φάσμα οργανικών διαλυτών (Clarke, 2012a; Gebrewold, 2018) όπως αιθανόλη, οξικός αιθυλεστέρας, μεθανόλη, βενζόλιο κ.ά. (Gebrewold, 2018). Μπορεί να εκχυλιστεί από υδατικά διαλύματα με χλωριομένους διαλύτες όπως διχλωρομεθάνιο και χλωροφόρμιο, που αποτελούν και τεχνική αποκαφεΐνοποίησης (Jenway). Από τους διαλύτες πολλοί έχουν χρησιμοποιηθεί για αποκαφεΐνοποίηση αλλά το διχλωρομεθάνιο αποτελεί τον πλέον χρησιμοποιούμενο (Clarke, 2012a).

Η καφεΐνη απορροφά ισχυρά στην υπεριώδη περιοχή 272 nm σε νερό και 276 nm σε χλωροφόρμιο (Clarke, 2012a) και 274.7 nm σε διχλωρομεθάνιο (Belay et al., 2008). Ωστόσο, μια απλή υδατική εκχύλιση παράγει ένα περίπλοκο εκχύλισμα το οποίο δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί καθώς περιέχει παρεμβαλλόμενες ενώσεις που απορροφούν στα ίδια μήκη κύματος. Το επίπεδο αυτών των παρεμβαλλόμενων συστατικών μπορεί να μειωθεί με χρωματογραφία στήλης. Οι φασματοφωτομετρικές μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν αξιόπιστα μόνο αν απομακρυνθούν με προσοχή αυτές ενώσεις (Clarke, 2012a).

Η μέθοδος φασματοφωτομέτρων είναι γρήγορη και απλή ωστόσο δεν είναι δυνατόν να προσδιοριστεί απευθείας η καφεΐνη στους κόκκους καφέ με συμβατική μέθοδο *UV-Vis* λόγω της φασματικής επικάλυψης ουσιών που απορροφούν υπεριώδη ακτινοβολία στο δείγμα. Η φασματοφωτομετρία δεν είναι αξιόπιστη για μικρή συγκέντρωση καφεΐνης στα δείγματα (Belay, 2011).

Συχνά πιστεύεται ότι η περιεκτικότητα σε καφεΐνη μειώνεται με το καβούρδισμα λόγω εξάχνωσης (*sublimation*) (Folmer, 2016). Κατά τη διάρκεια του ψησίματος, η θερμοκρασία στους κόκκους θα αυξηθεί πάνω από 200 °C. Αυτή η θερμοκρασία είναι πολύ μεγαλύτερη από το σημείο εξάχνωσης της καφεΐνης (178 °C) και συνεπώς αναμένεται να υπάρξουν σημαντικές απώλειες. Εντούτοις, διαπιστώνεται στην πράξη ότι οι απώλειες είναι σχετικά μέτριες και μόνο σε σοβαρές συνθήκες καβουρδίσματος το ποσοστό αυξάνεται (Clarke, 2012a). Καθώς το βάρος του κόκκου μειώνεται, η συνολική συγκέντρωση στον κόκκο παραμένει αμετάβλητη (Folmer, 2016). Τα επίπεδα καφεΐνης είναι ουσιαστικά αμετάβλητα κατά το καβούρδισμα, καθώς η καφεΐνη είναι σταθερή στις τυπικές θερμοκρασίες καβουρδίσματος. Δεδομένου ότι οι κόκκοι χάνουν μάζα κατά το καβούρδισμα, η αναλογία καφεΐνης κατά βάρος αυξάνεται (Rao, 2014). Πραγματικά εξαρτάται από τον τρόπο που θα μετρήσει κανείς. Όταν οι κόκκοι καβουρδίζονται, ταυτόχρονα χάνουν βάρος και αυξάνονται σε μέγεθος.

Υποθέτοντας ότι όλες οι άλλες μεταβλητές είναι σταθερές, εάν μετρηθεί με βάση το βάρος, περισσότερη καφεΐνη περιέχεται στους πιο σκούρους καφέδες επειδή η απώλεια νερού είναι ταχύτερη από την ελάχιστη απώλεια καφεΐνης. Αν μετρηθεί με βάση τον όγκο, οι σκούροι καβουρδισμένοι κόκκοι έχουν λιγότερη καφεΐνη επειδή διογκώνονται καθώς καβουρδίζονται. Η διαφορά ανάμεσα στον έναν και τον άλλον τρόπο είναι μικρή. Συνεπώς, αν υποθέσει κανείς ότι ένας καφές έχει συγκεκριμένη αναλογία νερό προς βάρος αλεσμένου καφέ (αντί για όγκο) οι πιο σκούροι καφέδες θα αποδώσουν καφέ υψηλότερης περιεκτικότητας σε καφεΐνη (Rao, 2014). Είναι όμως σωστότερο να μετριέται σε ξηρή βάση για να είναι πιο αξιόπιστες οι τιμές.

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια της μελέτης για τη μέτρηση της καφεΐνης στα δείγματα είναι η φασματοφωτομετρία *UV-Vis*. Διάλυμα καφεΐνης (10 g/L) παρασκευάστηκε διαλύοντας 10 g καθαρής καφεΐνης σε 1 L απεσταγμένο νερό, με συνεχή ανάδευση για περίπου μια ώρα και ελαφριά θέρμανση (70 °C). Ακολούθησε παρασκευή πρότυπων διαλυμάτων 50 mL με συγκεντρώσεις 50 mg/L, 100 mg/L, 200 mg/L, 400 mg/L, 600 mg/L, 800 mg/L, 1000 mg/L, 1200 mg/L και 1500 mg/L. Για την εκχύλιση καφεΐνης, το διάλυμα αναμίχθηκε με διχλωρομεθάνιο σε αναλογία (25:25 mL) και με χρήση διαχωριστικής χοάνης η καφεΐνη διαχωρίστηκε από το διάλυμα (Εικόνα 25).

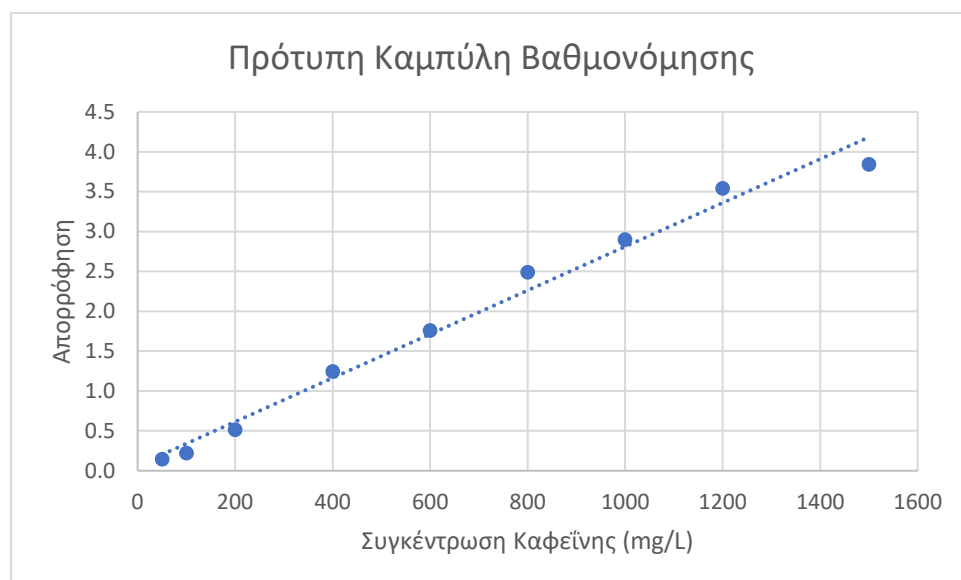


Εικόνα 25: Εκχύλιση καφεΐνης από διχλωρομεθάνιο με διαχωριστική χοάνη. Πηγή: Προσωπική συλλογή

Η απόδοση διχλωρομεθανίου για εκχύλιση καφεΐνης από κόκκους καφέ είναι 98-99% (Belay et al., 2008). Η εκχύλιση της καφεΐνης πραγματοποιήθηκε τρεις φορές με 25 mL διχλωρομεθάνιο κάθε φορά, καθώς η τέταρτη φορά θεωρείται ότι εκχυλίζει αμελητέα ποσότητα από το διάλυμα (Belay et al., 2008; Hagos et al., 2018). Η συνολική ποσότητα καφεΐνης στα δείγματα προσδιορίστηκε από το φάσμα και των τριών εκχυλίσεων με διχλωρομεθάνιο. Για τη μέτρηση στο φασματοφωτόμετρο πραγματοποιήθηκε στα διαλύματα επιπλέον αραίωση (1:10). Η απορρόφηση του διαλύματος μετρήθηκε με φασματοφωτόμετρο υπεριώδους ακτινοβολίας με τυφλό δείγμα καθαρό διχλωρομεθάνιο στα 275 nm. Όλα τα γυάλινα σκεύη καθαρίστηκαν και ξεπλύθηκαν με απεσταγμένο νερό πριν από τη χρήση (Belay et al., 2008; Hagos et al., 2018; Gebeyehu, & Bikila, 2015). Η εκχύλιση καφεΐνης από τα δείγματα καφέ έγινε με παρόμοιο τρόπο. Διάλυμα καφέ παρασκευάστηκε διαλύοντας 8.25 g αλεσμένου καφέ σε 100 mL απεσταγμένο νερό, ακολούθη ανάδευση για περίπου μία ώρα και ελαφριά θέρμανση (70 °C). Ακολούθησε η ίδια διαδικασία.

Κατασκευή Πρότυπης Καμπύλης Βαθμονόμησης Καφεΐνης

Η απορρόφηση εννέα πρότυπων διαλυμάτων μετρήθηκε στα 275 nm με φασματοφωτόμετρο *UV-Vis*. Για κάθε πρότυπο διάλυμα λήφθηκαν τρεις τιμές απορρόφησης και από το μέσο όρο κατασκευάστηκε η πρότυπη καμπύλη απορρόφησης σε σχέση με τη συγκέντρωση καφεΐνης.



Σχήμα 1: Πρότυπη καμπύλη καφεΐνης $A = 0.0275 \cdot C + 0.0651$, $R^2 = 0.9848$.

Από την πρότυπη καμπύλη, η εξίσωση βαθμονόμησης ήταν $A = 0.0275 \cdot C + 0.0651$, όπου A η απορρόφηση, C η συγκέντρωση καφεΐνης και R ο συντελεστής γραμμικής παλινδρόμησης. Η εξίσωση αυτή δείχνει ότι η παρούσα μελέτη διεξήχθη σύμφωνα με το νόμο του *Beer* (*Beer's Law*) όσον αφορά τη γραμμικότητα, την ευαισθησία και την ακρίβεια της μεθόδου. Συνεπώς, η προτεινόμενη μέθοδος επέτρεψε τον προσδιορισμό της καφεΐνης στα διάφορα δείγματα καφέ. Η καμπύλη βαθμονόμησης παρατηρήθηκε για ένα ευρύ φάσμα συγκεντρώσεων, το οποίο είναι βολικό για τον προσδιορισμό της καφεΐνης σε κόκκους καφέ (Gebeyehu & Bikila, 2015; Hagos et al., 2018). Τα επίπεδα καφεΐνης στα δείγματα υπολογίστηκαν με βάση το νόμο *Beer-Lambert* (Αλυσανδράτου, 2015; Hagos et al., 2018).

5.5 Cupping

Δεδομένου ότι ο καφές αποτελεί προϊόν που καταναλώνεται για ευχαρίστηση είναι απαραίτητο να περνάει από μια διαδικασία οργανοληπτικού ελέγχου. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται με τη μέθοδο *cupping*.

Είναι σημαντικό να κατανοήσει κανείς τη διαφορά μεταξύ αρώματος (*aroma*) και γεύσης (*taste*). Η γεύση μπορεί να είναι πικρή, γλυκιά, ξινή, αλμυρή και *umami*. Η λέξη *umami* έχει Ιαπωνική προέλευση και μεταφράζεται ως νόστιμη - ευχάριστη γεύση. Η ικανότητα που έχει ο άνθρωπος να ξεχωρίζει τις πέντε αυτές βασικές γεύσεις του δίνει τη δυνατότητα να αναγνωρίζει και να καταναλώνει τα φαγητά, αποφεύγοντας τις τοξίνες. Η γεύση (*flavor*) αποτελεί συνδιασμό της γεύσης (*taste*), του αρώματος (*aroma*) και της αίσθησης στο στόμα (*mouthfeel*). Στο χώρο του καφέ η αίσθηση στο στόμα (*mouthfeel*) περιγράφεται από τον όρο σώμα (*body*) του καφέ και μπορεί να κυμαίνεται από αδύνατο (*thin*) και αραιό (*watery*) έως παχύ (*thick*) και γεμάτο (*heavy*) (Steen, 2016).

Κατά τη μέθοδο *cupping* μια ομάδα ανθρώπων συγκεντρώνεται προκειμένου να αξιολογήσει, ως προς το άρωμα και τη γεύση, δείγματα από κόκκους καφέ (SCAE). Οι άνθρωποι αυτοί μπορεί να είναι ειδικοί με χρόνια εμπειρίας, αλλά και απλοί καταναλωτές, αφού περάσουν από μια βασική εκπαίδευση (Illy & Viani, 2005). Προτού ξεκινήσει η διαδικασία η ομάδα ανθρώπων που καλούνται να αξιολογήσουν τα δείγματα περνάει από μια διαδικασία ρύθμισης της γεύσης τους (*calibration*) χρησιμοποιώντας συγκεκριμένες αναφορές, ώστε να μην υπάρχει αμφιβολία για το τί εννοεί ο εν λόγω κριτής. Οι αναφορές αυτές καλύπτονται από τον λεγόμενο τροχό της γεύσης (*Flavour wheel*) (Εικόνα 27). Ο τροχός εσωτερικά αποτυπώνει τις βασικές γεύσεις, όπως φρούτα, λουλούδια, σοκολάτα, πικάντικη, άρωμα πράσινου και καθώς προχωράει προς τα έξω οι γεύσεις γίνονται πιο εξειδικευμένες.

Στην παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε η μέθοδος *cupping* στα δείγματα καφέ και στις δύο ποικιλίες από μια ομάδα πέντε φοιτητών. Οι φοιτητές προκειμένου να εξοικειωθούν με τα χαρακτηριστικά των γεύσεων δοκίμασαν αρχικά τις γεύσεις σε διαλύματα (500 mL) με διαφορετικές συγκεντρώσεις αποδίδοντας διαφορετική ένταση κάθε φορά. Για το γλυκό διάλυμα χρησιμοποιήθηκε λευκή κρυσταλλική ζάχαρη, για το ξινό διάλυμα κιτρικού οξέος, για το αλμυρό αλάτι και για το πικρό λευκή σκόνη καφεΐνης. Για να γίνουν εύκολα αντιληπτές οι διαφορές στο σώμα του καφέ χρησιμοποιήθηκε γάλα με διαφορετικά λιπαρά. (πίνακας 6).

Πίνακας 6: Συγκεντρώσεις διαλυμάτων για εξοικείωση γεύσης (Steen, 2016)

	Συγκέντρωση g/L			
Γλυκό	24	18	12	6
Ξινό	1.2	0.8	0.4	0.2
Αλμυρό	4	3	2	1
Πικρό	0.54	0.4	0.24	0.12

Για τη μέθοδο *cupping* ζυγίζονται 5.5 g κόκκων καφέ που έχουν καβουρδιστεί εντός 24 ωρών ανά 100 mL νερό. Επιθυμητή χωριτικότητα κούπας τα 180 – 250 mL. Η άλεση του καφέ είναι σημαντικό να πραγματοποιηθεί αμέσως πριν ξεκινήσει η διαδικασία και εντός 15 λεπτών να προστεθεί το νερό. Μόλις ξεκινήσει η ρήξη νερού αρχίζει να μετράει ο χρόνος (SCA; Steen, 2016).

Οι κριτές μυρίζουν τις κούπες και στα 4 λεπτά μπορούν να σπάσουν την κρούστα που έχει σχηματιστεί στο πάνω μέρος και να μυρίσουν ξανά ανακατεύοντας τρεις φορές με το κουτάλι. Έπειτα η κρούστα αφαιρείται και στα 8 λεπτά πραγματοποιείται δοκιμή με λήψη μικρής ποσότητας στο κουτάλι και κατάποση με παράλληλη πρόσληψη αέρα (Εικόνα 26). Το άρωμα (*fragrance/aroma*), η γεύση (*flavor*), η επίγευση (*aftertaste*), η οξύτητα (*acidity*), το σώμα και η ισορροπία στο φλιτζάνι βαθμολογείται σε μια φόρμα αξιολόγησης με κλίμακα από το 6 έως το 10, με το 6 να αντιπροσωπεύει ένα καλό αποτέλεσμα (*good*), το 7 πολύ καλό, το 8 το άριστο (*excellent*) και το 9 το εξαιρετικό (*outstanding*) (Εικόνα 28).




Εικόνα 26: Αφαίρεση κρούστας κατά τη μέθοδο *cupping*
Πηγή:<https://www.google.com/search?biw=1536&bih>
(Βλ. Βιβλιογραφία)



Εικόνα 27: Τροχός της γεύσης (*Flavour wheel*)

Πηγή: <https://www.google.com/search?q=flavor+wheel+coffee&source...>

(Βλ. Βιβλιογραφία)



Specialty Coffee Association of America Coffee Cupping Form

Name: _____

Date: _____

Quality scale:		
6.00	7.00 -	8.00 -Specialty 9.00 -
6.25	7.25	8.25
6.50 - Good	7.50 -Very Good	8.50 -Excellent 9.50 -Outstanding
6.75	7.75	8.75 9.75

Sample #	Roast Level of Sample	Fragrance/Aroma Score: 6-10	Flavor Score: 6-10	Acidity Score: 6-10	Body Score: 6-10	Uniformity Score: 6-10	Clean Cup Score: 6-10	Overall Score: 6-10	Total Score
		Dry Qualities Break ----- ----- -----	Aftertaste Score: 6-10 ----- ----- -----	Intensity High Low ----- ----- -----	Level Heavy Thin ----- ----- -----	Balance Score: 6-10 ----- ----- -----	Sweetness Score: 6-10 ----- ----- -----	Defects (subtract) Taint=2 # cups Intensity Fault=4 <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> = <input type="checkbox"/>	
Notes: _____									Final Score

Εικόνα 28: Φόρμα αξιολόγησης (*Cupping form*)

Πηγή: <https://www.google.com/search?biw=1536&bih=674&tbm=isch&sa...>

(Βλ. Βιβλιογραφία)

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ και ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Αρχικά 50 g πράσινων κόκκων *Arabica* ζυγίζονται και εισέρχονται στη συσκευή *IKAWA*. Κατά το καβούρδισμα οι κύριοι παράμετροι είναι η θερμοκρασία του προϊόντος κάθε χρονική στιγμή, ο χρόνος και η αναλογία αέρα προς τους κόκκους, *air-to-bean ratio (ABR)*. Όλα αυτά αναγράφονται στην καμπύλη χρόνου-θερμοκρασίας (*Shape of time-temperature curve*) (Folmer, 2016). Ο χρόνος επηρεάζει σημαντικά την ανάπτυξη γεύσης, καθώς μεγάλος και μικρός χρόνος καβουρδίσματος δεν οδηγεί στο ίδιο αποτέλεσμα (Folmer, 2016). Σε μια διαδικασία που εκτελείται γρήγορα (*fast-roasted*), η θερμοκρασία των κόκκων αυξάνεται γρηγορότερα και κατά συνέπεια και η αφυδάτωση και οι χημικές αντιδράσεις και ο σχηματισμός αερίων, δεδομένου ότι οι ρυθμοί μεταφοράς θερμότητας είναι μεγαλύτεροι. Αντίθετα, σε μια αργή διαδικασία (*slow-roasted*) για τον ίδιο ακριβώς βαθμό καβουρδίσματος και το ίδιο χρώμα, η διόγκωση εξελίσσεται πιο αργά, οι κόκκοι παρουσιάζουν μικρότερο όγκο, μεγαλύτερη πυκνότητα, καθώς επίσης λιγότερο πορώδη δομή και χαμηλότερο περιεχόμενο σε υγρασία. Είναι σημαντικό να υποθεί ότι, επειδή μια διαδικασία εκτελείται πιο γρήγορα δεν σημαίνει απαραίτητα ότι και το τελικό αποτέλεσμα θα είναι καλύτερο.

Η μεταφορά θερμότητας στους κόκκους μπορεί να διαμορφωθεί ακολουθώντας μια προτιμώμενη καμπύλη χρόνου-θερμοκρασίας. Κατά συνέπεια, αλλάζοντας τη μορφή της καμπύλης επηρεάζεται ο ρυθμός μεταφοράς θερμότητας και ακολούθως η κινητική αφυδάτωσης καταλήγοντας σε διαφορετική ανάπτυξη γεύσης και φυσικών ιδιοτήτων. Ο όρος *RoR (Rate of Rise)* αντιστοιχεί στο ρυθμό μεταβολής της θερμοκρασίας των κόκκων σε σχέση με το χρόνο και περιγράφεται από τη λευκή γραμμή στην καμπύλη θερμοκρασίας-χρόνου. Ο ρυθμός *RoR* αρχικά αυξάνεται με την είσοδο των κόκκων στο καβουρδιστήρι και καθ' όλη τη διάρκεια καβουρδίσματος είναι σημαντικό να μειώνεται με σταθερό ρυθμό για ένα ομοιόμορφο καβούρδισμα (Rao, 2014). Πρέπει κανείς να προσέχει ώστε η τιμή του να μην πέσει κάτω από 4 °C/min γιατί τότε θεωρείται ότι δεν υπάρχει σημαντική αλλαγή στη θερμοκρασία των κόκκων.

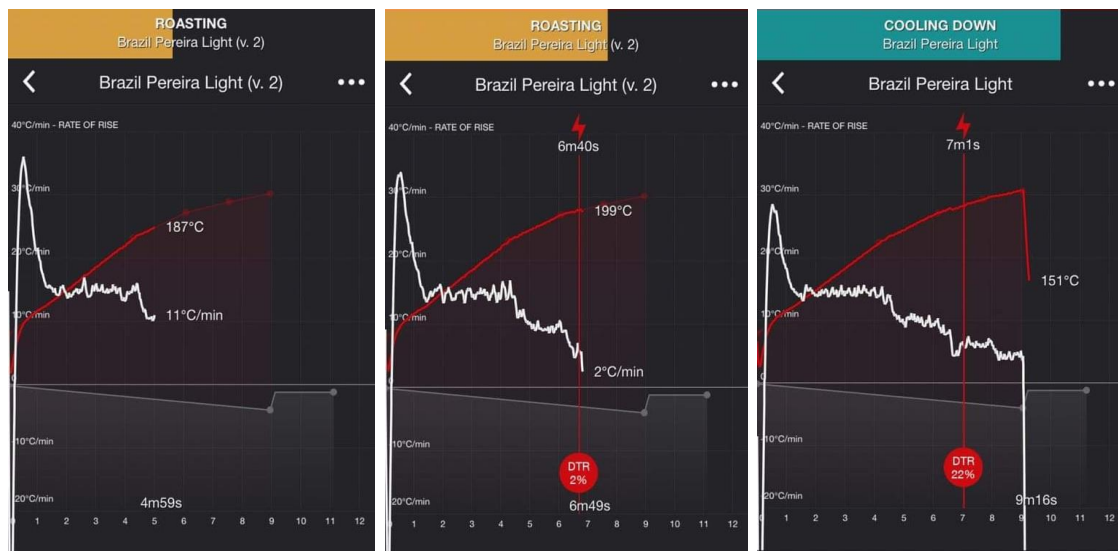
Η πραγματική θερμοκρασία στους κόκκους αναπτύσσεται ως συνάρτηση της θερμοκρασίας ζεστού αέρα και του σχεδιασμού της μηχανής. Η αρχική θερμοκρασία καθορίζει την πορεία του καβουρδίσματος και κατά συνέπεια την πίεση μέσα στο τύμπανο (θάλαμο στην προκειμένη περίπτωση). Αυξημένη πίεση οδηγεί σε αύξηση της ταχύτητας των χημικών αντιδράσεων. Τέλος, η αναλογία αέρα προς τους κόκκους μπορεί να επηρεάσει το τελικό αποτέλεσμα όχι όμως στον ίδιο βαθμό. Το *ABR* καθορίζεται από την εκάστοτε μηχανή καβουρδίσματος, αν και τελευταία υπάρχουν περιθώρια για τροποποιήσεις (Folmer, 2016).

Η κόκκινη γραμμή αντιστοιχεί στην καμπύλη που διαμορφώνει ο χειριστής ανάλογα με το δείγμα και το επιθυμητό αποτέλεσμα κάθε φορά και μετράει τη διαφορά θερμοκρασίας ΔT ανάμεσα στη θερμοκρασία του αέρα που αποδίδει το καβουρδιστήρι και τη θερμοκρασία του καφέ. Η γκρι γραμμή περιγράφει την ταχύτητα του ανεμιστήρα και συμβάλλει στη διαμόρφωση του *RoR*. Η άσπρη γραμμή περιγράφει το *RoR* το οποίο υπολογίζει ανά λεπτό.

Πιο αναλυτικά, για το δείγμα με ελαφρύ καβούρδισμα επιλέχθηκαν τα εξής σημεία στην καμπύλη θερμοκρασίας χρόνου:

Χρόνος t	Θερμοκρασία	RoR (°C/min)
0sec	116 °C	
4min 15sec	180 °C	16
6min 4sec	197 °C	8.5
7min 32sec	204 °C	4.7
8min 56 sec	209 °C	3.3
Ψύξη		
2min 10sec		

Οι σχετικές καμπύλες για ελαφρύ καβούρδισμα των κόκκων *Arabica* φαίνονται στη συνέχεια (Εικόνα 29):



Εικόνα 29: Το RoR αυξάνεται απότομα στην αρχή και ακολουθεί μειούμενη κλίση καθ'ολη τη πορεία της διαδικασίας καβουρδίσματος (αριστερά). Σημειώνεται το I^{st} crack ώστε να ξεκινήσει ο χρόνος ανάπτυξης (DTR) (μέση). Η διαδικασία ολοκληρώνεται και ακολουθεί το στάδιο ψύξης (δεξιά).

Πηγή: Προσωπική συλλογή

Ξεκινώντας από συνθήκες περιβάλλοντος, το πρώτο στάδιο της διαδικασίας προκαλεί ξήρανση (φάση ξήρανσης), με τους κόκκους να απορροφούν θερμότητα (ενδόθερη φάση) και μια διαφορά θερμοκρασίας, τουλάχιστον 70 °C, να σχηματίζεται μεταξύ του κέντρου και της επιφάνειας των κόκκων (Gibson, 2018; Illy & Viani, 2005). Παράλληλα, παρατηρούνται αλλαγές στο χρώμα, σε ένα ελαφρό κίτρινο. Καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία στους 100 °C το χρώμα γίνεται ελαφρώς καφετί (λόγω των αντιδράσεων *Maillard*) και αρχίζει να δημιουργείται πίεση από την εξάτμιση του νερού (150 °C) (Gibson, 2018). Λόγω των φαινομένων μεταφοράς θερμότητας, η επιφάνεια με το εσωτερικό των κόκκων μετά από αρκετό χρόνο (10-14') αποκτά διαφορά θερμοκρασίας της τάξεως των 10 °C.

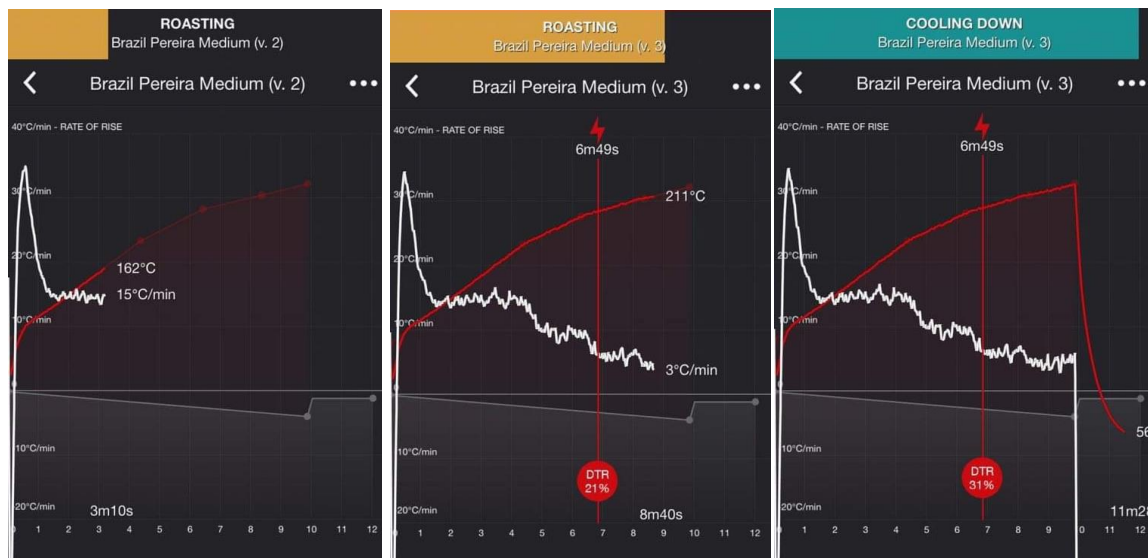
Στο σύστημα αρχικά αποδίδεται μεγάλη ποσότητα ενέργειας και το *RoR* αυξάνεται ενώ στη συνέχεια πρέπει συνεχώς να μειώνεται με σταθερό ρυθμό (Εικόνα 29). Αντίθετα παρατηρείται απότομη πτώση και ακολούθως σταθερή κλίση το οποίο σημαίνει ότι δεν έχει δοθεί αρκετή ενέργεια στο σύστημα από τον ανεμιστήρα στην αρχή της διαδικασίας. Στην πορεία παρατηρείται εξίσου μια απότομη πτώση διότι ο ρυθμός μεταβολής της θερμοκρασίας μειώθηκε σε σχέση με πριν. Δηλαδή δεν διοχετεύεται ενέργεια με σταθερό τρόπο. Τη στιγμή που σημειώνεται ο χρόνος ανάπτυξης (*DTR*) πρακτικά καθορίζεται η έναρξη της πρώτης ρωγμής. Η ενέργεια πρέπει να μειώνεται γύρω από την πρώτη ρωγή (*1st crack*) για να αποφευχθεί το κάψιμο (*scorching*) αλλά κυρίως επειδή αρχίζει η εξώθερμη φάση (Rao, 2014). Συνήθως ο χειριστής μπορεί να το ακούσει αλλά κατά κύριο λόγο αποτυπώνεται στη μεταβολή του *RoR*. Σε αυτό το σημείο ο κόκκος απελευθερώνει CO₂ και νερό, που δεν έχει εξατμιστεί κατά τη φάση ξήρανσης ή που έχει δημιουργηθεί από την καύση οργανικών ενώσεων. Το νερό αυτό προκαλεί στιγμιαία ψύξη και ο ρυθμός μεταβολής της θερμοκρασίας, *RoR*, μειώνεται.

Στη συνέχεια της διαδικασίας το σύστημα, πλέον, αποκτά ενέργεια και από τη θερμότητα που απελευθερώνεται από το εσωτερικό των κόκκων (Münchow, 2018). Όταν επιτευχθεί ο επιθυμητός βαθμός καβουρδίσματος, ακολουθεί άμεση ψύξη σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Ως χρόνος ανάπτυξης (*development time ratio, DTR*) χαρακτηρίζεται ο χρόνος από την έναρξη του *1st crack* έως το τέλος της διαδικασίας (Rao, 2014) και υπολογίζεται σε ποσοστό ως η διαφορά του συνολικού χρόνου με το χρόνο μέχρι την πρώτη ρωγή προς το συνολικό χρόνο, εκφρασμένο σε *sec*. Ο χρόνος αυτός πρέπει να αποτελεί το 20-25%, διαφορετικά μεγαλύτερο ποσοστό οδηγεί πιθανόν σε επίπεδη γεύση ενώ μικρότερος χρόνος δείχνει ότι η γεύση δεν έχει αναπτυχθεί σωστά (*under-developed*) (Rao, 2014). Τέλος, ακολουθεί το στάδιο ψύξης.

Αντίστοιχα, για το δείγμα με μέτριο καβούρδισμα επιλέχθηκαν τα εξής σημεία στην καμπύλη θερμοκρασίας χρόνου:

Χρόνος t	Θερμοκρασία	RoR (°C/min)
0sec	116 °C	
4min 22sec	181 °C	14.5
6min 17sec	199 °C	9
8min 10sec	209 °C	5
9min 12sec	218 °C	9
Ψύξη		
2min 26sec		

Οι σχετικές καμπύλες για μέτριο καβούρδισμα των κόκκων *Arabica* φαίνονται στη συνέχεια (Εικόνα 30):



Εικόνα 30: Στην αρχή της διαδικασίας το *ROR* παραμένει σταθερό χωρίς έντονη μείωση (αριστερά). Το *ROR* μειώνεται συνεχώς με απότομη μείωση μετά το *1st crack* (μέση). Ο χρόνος ανάπτυξης είναι μεγαλύτερος από 25% γεγονός που θα προσδώσει πικρή γεύση στον καφέ (δεξιά).

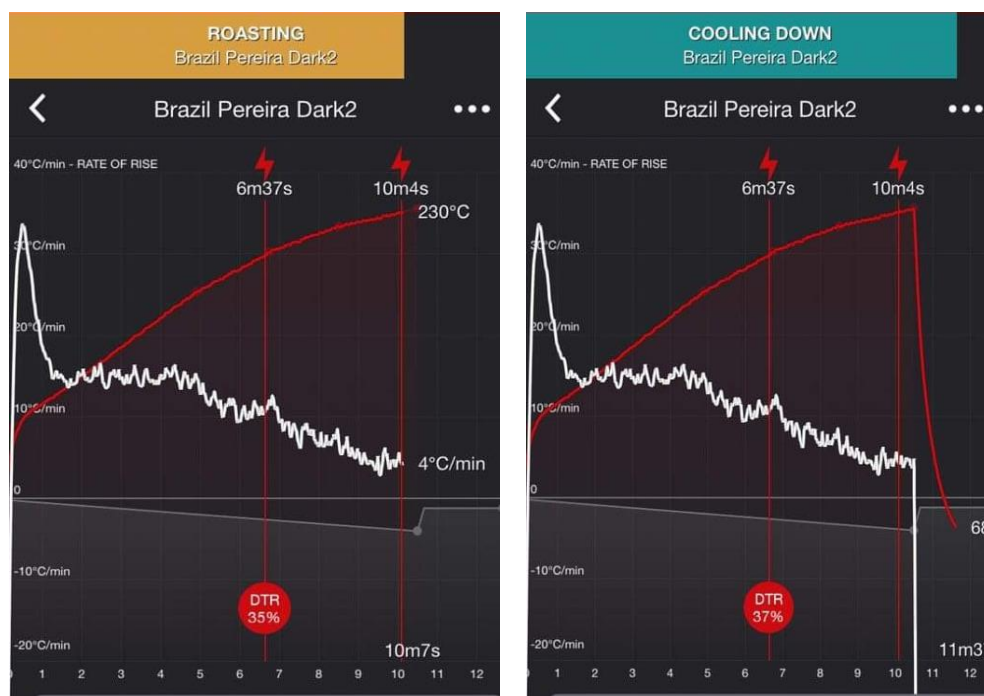
Πηγή: Προσωπική συλλογή

Στο σύστημα, αρχικά, αποδίδεται εξίσου μεγάλη ποσότητα ενέργειας η οποία όμως δεν είναι αρκετή προκειμένου να αποφευχθεί η απότομη μείωση στη συνέχεια. Παρόλα αυτά η καμπύλη εμφανίζεται σχετικά καλύτερη χωρίς ιδιαίτερα σημεία μείωσης του *RoR*. Απότομη πτώση παρατηρείται επίσης γύρω από την πρώτη ρωγμή και ο χρόνος ανάπτυξης στο 31% θα οδηγήσει σε πικρές νότες στην κούπα.

Για το δείγμα με σκούρο καβούρδισμα επιλέχθηκαν τα εξής σημεία στην καμπύλη θερμοκρασίας χρόνου:

Χρόνος t	Θερμοκρασία	RoR (°C/min)
0sec	116 °C	
4min 15sec	180 °C	16
6min 4sec	204 °C	12
8min 30sec	223 °C	7.6
10min 29 sec	232 °C	4.5
Ψύξη		
2min 28sec		

Οι σχετικές καμπύλες για σκούρο καβούρδισμα των κόκκων *Arabica* φαίνονται στη συνέχεια (Εικόνα 31) :



Εικόνα 31: Παρατηρείται απότομη αύξηση μόλις αρχίσει η φάση *1st crack* (αριστερά). Η διαδικασία ολοκληρώνεται σε 10 min 4 sec και η ψύξη διαρκεί 1 min 33 sec
 Πηγή: Προσωπική συλλογή

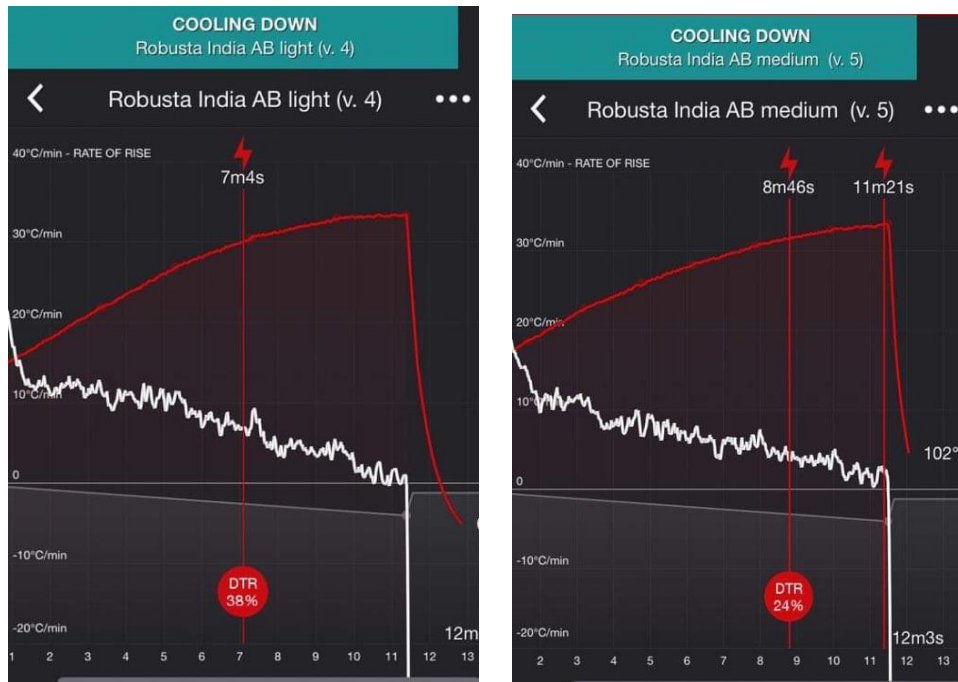
Αντίστοιχα και με όσα αναφέρθηκαν στις παραπάνω καμπύλες, η καμπύλη για το σκούρο καβούρδισμα φαίνεται να αποδίδει ένα σχετικά σταθερό ρυθμό μείωσης της θερμοκρασίας των κόκκων. Δεν παρατηρείται απότομη πτώση του *RoR* γύρω από την πρώτη ρωγή για το λόγο ότι αποδόθηκε σωστά ενέργεια στο σύστημα εκείνη τη χρονική στιγμή. Ωστόσο βλέπουμε απότομη αύξηση επειδή κατά την ξαφνική διόγκωση απελευθερώνεται ενέργεια από το εσωτερικό των κόκκων, σημειώνοντας πρακτικά την έναρξη της εξώθερμης φάσης. Ως αποτέλεσμα παρατηρείται απότομη αύξηση του *RoR*.

Αμέσως μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας καβουρδίσματος πραγματοποιήθηκε μέτρηση χρώματος με ειδική συσκευή μετρητή *Agtron* (Εικόνα 32) όπου καθορίστηκε και ο βαθμός στον οποίο έχουν καβουρδιστεί τα δείγματα (*Light-roasted, Medium-roasted, Dark-roasted*). Εντός 24 ωρών πραγματοποιήθηκαν και οι υπόλοιπες μετρήσεις σε βάρος, πυκνότητα, υγρασία, ενεργότητα νερού a_w , διαστάσεις και χρώμα με χρωματόμετρο *Hunterlab*.



Εικόνα 32: Μέτρηση χρώματος με κλίμακα *Agtron*. Πηγή: Προσωπική Συλλογή

Αντίστοιχα η διαδικασία πραγματοποιήθηκε και για τους κόκκους *Robusta* με παρόμοιες καμπύλες θερμοκρασίας-χρόνου (Εικόνα 33).



Εικόνα 33: Καμπύλη καβουρδίσματος για ελαφρά (αριστερά) και μέτρια καβουρδισμένους κόκκους *Robusta* (δεξιά). Πηγή: Προσωπική συλλογή

Όσον αφορά τους κόκκους *Robusta* παρατηρείται σχετικά μια σταθερή συμπεριφορά του ρυθμού μεταβολής της θερμοκρασίας και αυτό οφείλεται αφενός σε ένα σωστό σύστημα μεταφοράς θερμότητας και αφετέρου στο γεγονός ότι η δομή των κόκκων *Robusta* εμφανίζεται πιο σταθερή από αυτή της ποικιλίας *Arabica*. Με τον ίδιο τρόπο, όπως και στους κόκκους *Arabica*, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις για βάρος, πυκνότητα, υγρασία, ενεργότητα νερού και διαστάσεις.

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων στα δείγματα πραγματοποιήθηκε με ανάλυση της διακύμανσης ενός παράγοντα (*one-way ANOVA*), αφού πραγματοποιήθηκε έλεγχος κανονικότητας (*Normal Probability Plot*) για να καθοριστεί αν τα δείγματα προέρχονται από κανονική κατανομή. Για τις διαφορές των μέσων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς του *Fisher* (*Least Significant Difference, LSD*) που εφαρμόζει μια διαδικασία πολλαπλών συγκρίσεων για να προσδιορίζει ποια μέσα παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%. Ο έλεγχος για τη σύγκριση των δύο ειδών καφέ πραγματοποιήθηκε με ανάλυση διακύμανσης δύο παραγόντων (*two-way ANOVA*) και συγκεκριμένα το *t-test* για τη σύγκριση των μέσων των δύο δειγμάτων, αφού τα δεδομένα προέρχονται από κανονική κατανομή.

Πιο συγκεκριμένα, το βάρος μετρήθηκε τρεις φορές σε δείγμα 100 κόκκων και στον πίνακα 7 φαίνεται ο μέσος όρος των μετρήσεων. :

Πίνακας 7: Μέσο βάρος για τα δείγματα *Arabica* και *Robusta* σε πράσινους και καβουρδισμένους κόκκους.

Βάρος (g)				
Βαθμός καβουρδίσματος	<i>Arabica</i>	Απώλεια Βάρους	<i>Robusta</i>	Απώλεια Βάρους
Πράσινοι κόκκοι	14.6 ^a ±0.2		13.5 ^d ±0.2	
<i>Light R.</i>	12.3 ^b ±0.2	15.7%	11.7 ^e ±0.1	13.3%
<i>Medium R.</i>	12.09 ^b ±0.02	17.2%	11.6 ^e ±0.1	14.1%
<i>Dark R.</i>	11.7 ^c ±0.2	19.9%	11.5 ^{ce} ±0.2	14.8%

Ανάλογα με το βαθμό καβουρδίσματος και την ποιότητα των πράσινων κόκκων, ο καφές ενδέχεται να χάσει 12-20% του βάρους του κατά το καβούρδισμα. Η απώλεια (*roast loss* ή *weight loss*) ορίζεται ως $RL = \frac{m_{green} - m_{roast}}{m_{green}} * 100\%$ (Folmer, 2016; Jokanović, 2012). Κατά το καβούρδισμα, η απώλεια αυξάνεται λόγω της περισσότερης αφυδάτωσης νερού και μετατροπής οργανικής ύλης σε αέρια και πτητικά (Folmer, 2016). Οι ελαφρά καβουρδισμένοι κόκκοι (*light-roasted beans*) παρουσιάζουν μικρότερο ποσοστό απώλειας σε σχέση με τους σκούρους (*dark-roasted*) (Πίνακας 8) (Clarke, 2012b; Illy & Viani, 2005).

Πίνακας 8: Μέση απώλεια Βάρους και ξηρής ουσίας σε σχέση με το βαθμό καβουρδίσματος (Clarke, 2012b; Illy & Viani, 2005)

Βαθμός Καβουρδίσματος	Ξηρή Ουσία (%)	Απώλεια Βάρους (%)
Light	1-5	14.5
Medium	5-8	16.2
Dark	8-12	18.9
Very Dark	>12	

Αξίζει να σημειωθεί ότι, καθώς ο όγκος των κόκκων αυξάνεται με το καβούρδισμα, η απώλεια του σπερμοδέρματος (*silver skin*) λόγω της διόγκωσης μπορεί να αντιπροσωπεύει περίπου το 1% σε απώλεια βάρους και απομακρύνεται, μαζί με τυχόν σκόνη και άλλα μικρά θραύσματα που προκύπτουν, με τη βοήθεια του αέρα (Folmer, 2016).

Στα δείγματα *Arabica* υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δειγμάτων ($P < 0.05$) με μόνη εξαίρεση τα δείγματα *Light R.* και *Medium R.* Παρατηρείται μείωση στο βάρος κατά 15.7%, 17.2% και 19.9% στα δείγματα *Light*, *Medium* και *Dark*, αντίστοιχα. Στα δείγματα *Robusta* παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά στο βάρος των καβουρδισμένων σε σχέση με τους πράσινους κόκκους αλλά δεν παρατηρείται μεταξύ των καβουρδισμένων δειγμάτων ($P\text{-value} > 0.05$). Η μείωση βάρους είναι 13.3%, 14.1% και 14.8% για τα δείγματα *Light*, *Medium* και *Dark*, αντίστοιχα.

Η απώλεια βάρους των κόκκων *Arabica* δεν φαίνεται να διαφέρει σημαντικά από τις τιμές της βιβλιογραφίας ενώ τα ποσοστά στους κόκκους *Robusta* φαίνονται μικρότερα. Πιθανότατα αυτό να οφείλεται στο ότι η ποικιλία *Robusta* παρουσιάζει πιο σταθερή δομή. Ανάμεσα στα δύο είδη καφέ παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά στους πράσινους και καβουρδισμένους κόκκους εκτός από τα δείγματα *Dark*.

Η πυκνότητα (*bulk density*) μετρήθηκε εξίσου τρεις φορές για κάθε δείγμα και ο μέσος όρος των μετρήσεων φαίνεται στον πίνακα 9 παρακάτω:

Πίνακας 9: Μέση πυκνότητα (*bulk density*) για τα δείγματα *Arabica* και *Robusta* σε πράσινους και καβουρδισμένους κόκκους.

Πυκνότητα (g/L)		
Βαθμός καβουρδίσματος	<i>Arabica</i>	<i>Robusta</i>
Πράσινοι κόκκοι	624 ^a ±4	686 ^e ±11
<i>Light R.</i>	376 ^b ±6	383 ^{bf} ±9
<i>Medium R.</i>	364 ^c ±6	368 ^{gcf} ±6
<i>Dark R.</i>	333 ^d ±6	349 ^h ±6

Καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία των κόκκων καφέ, η εξωτερική επιφάνεια θεωρείται ότι παραμένει αμετάβλητη σε σχέση με το εσωτερικό που παρουσιάζει σημαντικές αλλαγές (Clarke, 2012b). Σε θερμοκρασίες 140-160 °C η δομή γίνεται πιο πορώδης, αφαιρείται το εξωτερικό περίβλημα (*silverskin*), ο όγκος αυξάνεται, η πυκνότητα μειώνεται και ο κόκκος γίνεται πιο εύθραυστος. Έντονη μείωση της πυκνότητας παρατηρείται κατά την πρώτη ρωγμή που προκαλείται από την ξαφνική διόγκωση των κόκκων (Clarke, 2012b).

Μελέτες έχουν δείξει ότι πράσινοι κόκκοι με πυκνότητα (*bulk density*) 550-700 g/L, μετά το καβούρδισμα δίνουν πυκνότητα 300-450 g/L (Illy & Viani, 2005). Στα δείγματα *Arabica* παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ όλων των δειγμάτων ($P\text{-value}<0.05$) ενώ η πυκνότητα μειώνεται κατά 40%, 41.7% και 46.6% στα δείγματα *Light*, *Medium* και *Dark*, αντίστοιχα.

Στα δείγματα *Robusta* παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των καβουρδισμένων σε σχέση με τους πράσινους κόκκους αλλά δεν παρατηρείται μεταξύ των καβουρδισμένων δειγμάτων ($P\text{-value}>0.05$). Η μείωση της πυκνότητας είναι 44.2%, 46.3% και 49.1% για τα δείγματα *Light*, *Medium* και *Dark*, αντίστοιχα.

Σύμφωνα με τη βάση δεδομένων του *FAO* η πυκνότητα (*mass and bulk density*) για πράσινους κόκκους καφέ είναι 0.59-0.62 g/ml ενώ για καβουρδισμένους κόκκους 0.35-0.38 g/ml. Τα αποτελέσματα συμφωνούν με άλλες μελέτες. Τα δύο είδη *Arabica* και *Robusta* μεταξύ τους δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% εκτός από την πυκνότητα στους πράσινους κόκκους και στα δείγματα *Dark*.

Όσον αφορά τις διαστάσεις σε διάμετρο, μήκος και πλάτος των κόκκων, οι μεταβολές σε σχέση με το βαθμό καβουρδίσματος παρουσιάζονται στον πίνακα 10 (Εικόνα 34).

Πίνακας 10: Οι μέσες τιμές των διαστάσεων των κόκκων με βάση το βαθμό καβουρδίσματος.

Βαθμός καβουρδίσματος	Διάμετρος Μήκος Πλάτος (mm)					
	<i>Arabica</i>			<i>Robusta</i>		
Πράσινοι κόκκοι	8.0 ^a ±0.4	8.9 ^d ±0.6	7.2 ^g ±0.4	7.1 ⁱ ±0.3	8.2 ^l ±0.5	6.4 ^o ±0.2
<i>Light R.</i>	9.0 ^b ±0.5	10.0 ^e ±0.7	8.2 ^h ±0.5	7.9 ^j ±0.5	9.1 ^m ±0.6	7.1 ^p ±0.6
<i>Medium R.</i>	9.0 ^b ±0.5	9.9 ^e ±0.8	8.3 ^h ±0.5	8.0 ^j ±0.4	9.2 ^m ±0.6	7.3 ^p ±0.5
<i>Dark R.</i>	9.6 ^c ±0.4	10.6 ^f ±0.6	8.6 ^h ±0.4	8.8 ^k ±0.5	9.7 ⁿ ±0.6	7.7 ^q ±0.4



Εικόνα 34: Ελαφρά καβουρδισμένοι κόκκοι (αριστερά), μέτρια καβουρδισμένοι (μέση) και σκούρο καβουρδισμένοι κόκκοι καφέ (δεξιά) τοποθετημένοι στο σαρωτή για μέτρηση χαρακτηριστικών διαστάσεων

Πηγή: Προσωπική συλλογή

Οι πράσινοι κόκκοι *Arabica* εμφανίζονται μεγαλύτεροι σε μέγεθος από αυτούς της ποικιλίας *Robusta* κατά 12.7%, 8.54% και 12.5% στη διάμετρο, το μήκος και το πλάτος, αντίστοιχα. Οι κόκκοι *Arabica* κατά το καβούρδισμα διογκώνονται κατά 12,5% για *Light* και *Medium* ενώ σε πιο σκούρο προφίλ κατά 20%. Παράλληλα στους κόκκους *Robusta* παρατηρείται αύξηση στη διάμετρο κατά 11.3%, 12.7% και 24% για *Light*, *Medium* και *Dark* καβούρδισμα. Συγκριτικά ακόμα και μετά το καβούρδισμα, σε όλους τους βαθμούς, οι κόκκοι *Arabica* εμφανίζονται μεγαλύτεροι σε μέγεθος από τους αντίστοιχους κόκκους της ποικιλίας *Robusta*.

Οι μέσες τιμές της υγρασίας και της ενεργότητας νερού a_w στα δείγματα *Arabica* και *Robusta* παρουσιάζονται στους πίνακες 11 και 12, αντίστοιχα:

Πίνακας 11: Οι μέσες τιμές υγρασίας των κόκκων με βάση το βαθμό καβουρδίσματος.

Βαθμός καβουρδίσματος	Υγρασία (%)	
	<i>Arabica</i>	<i>Robusta</i>
Πράσινοι κόκκοι	10.75 ^a ±0.05	10.4 ^{ad} ±0.5
<i>Light R.</i>	2.11 ^b ±0.03	1.26 ^e ±0.03
<i>Medium R.</i>	1.88 ^c ±0.05	1.23 ^e ±0.04
<i>Dark R.</i>	1.80 ^c ±0.07	1.20 ^e ±0.03

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ο πράσινος καφές έτοιμος για πώληση απαιτείται να έχει 10-12% υγρασία (Folmer, 2016). Αυτό σημαίνει ότι αμέσως μετά την ξήρανση και καθόλη τη διάρκεια μέχρι τη στιγμή του καβουρδίσματος, ο καφές πρέπει να διατηρεί την υγρασία του σε αυτά τα επίπεδα προκειμένου να εξασφαλιστεί η καλύτερη ποιότητα πώλησης και κατ'επέκταση του καβουρδίσματος. Διαφορά της τάξης του 1% είναι ιδιαίτερα σημαντική (Clarke, 2012a). Η αφυδάτωση αποτελεί φαινόμενο που συμβαίνει κατά το καβούρδισμα με σταθερό ρυθμό μέχρι την πρώτη ρωγμή (Rao, 2014). Το νερό που εξατμίζεται προκύπτει από την αρχική ποσότητα νερού στους πράσινους κόκκους αλλά και ως προϊόν χημικών αντιδράσεων.

Η κινητική φυσικοχημικών αλλαγών στους κόκκους καφέ επηρεάζεται σημαντικά από το συνολικό περιεχόμενο νερού. Για την παραγωγή ενώσεων γεύσης σημαντικό ρόλο έχει η ταχύτητα των χημικών αντιδράσεων, η οποία εξαρτάται από την περιεκτικότητα σε νερό, και μειώνεται με τη μείωση της τιμής της (Folmer, 2016). Οι κόκκοι μετά το τέλος της διαδικασίας καταλήγουν να έχουν υγρασία περίπου 2%.

Στα δείγματα *Arabica* παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ όλων των δειγμάτων ($P\text{-value} < 0.05$) με εξαίρεση την υγρασία στους καβουρδισμένους κόκκους *Medium - Dark*. Στα δείγματα *Robusta* παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των καβουρδισμένων σε σχέση με τους πράσινους κόκκους αλλά δεν παρατηρείται μεταξύ των καβουρδισμένων δειγμάτων ($P\text{-value} > 0.05$). Η υγρασία μειώνεται μέχρι ένα σημείο διότι παράλληλα απορροφούν υγρασία και από το περιβάλλον. Ανάμεσα στα δύο είδη καφέ παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μόνο στους καβουρδισμένους κόκκους το οποίο βασίζεται και στο γεγονός ότι οι κόκκοι *Robusta* έχουν καβουρδιστεί ελαφρώς πιο σκούροι από τους κόκκους *Arabica*.

Πίνακας 12: Οι μέσες τιμές ενεργότητας νερού των κόκκων με βάση το βαθμό καβουρδίσματος.

<i>a_w</i>		
Βαθμός καβουρδίσματος	<i>Arabica</i>	<i>Robusta</i>
Πράσινοι κόκκοι	0.545 ^a ±0.003	0.507 ^c ±0.001
<i>Light R.</i>	0.23 ^b ±0.02	0.22 ^{bd} ±0.02
<i>Medium R.</i>	0.22 ^b ±0.03	0.193 ^{bc} ±0.008
<i>Dark R.</i>	0.21 ^b ±0.07	0.190 ^{bc} ±0.006

Στα δείγματα *Arabica* παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των καβουρδισμένων κόκκων σε σχέση με τους πράσινους κόκκους αλλά δεν παρατηρείται μεταξύ των καβουρδισμένων δειγμάτων ($P\text{-value}>0.05$). Στα δείγματα *Robusta* παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ όλων των δειγμάτων εκτός από την ενεργότητα νερού στους καβουρδισμένους κόκκους *Medium – Dark*. Στατιστικά σημαντική διαφορά σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95% δεν φαίνεται να υπάρχει μεταξύ των δύο ειδών. Είναι φανερό ότι όπως και η υγρασία έτσι και η ενεργότητα νερού μειώνεται καθώς η διαδικασία συνεχίζεται σε πιο σκούρο προφίλ. Η τιμή της a_w είναι κατά πολύ μικρότερη από 0.8 στα δείγματα πράγμα που δείχνει ότι δεν υπάρχει κίνδυνος για ανάπτυξη μούχλας και παραγωγή ωχρατοξίνης Α.

Το χρώμα στους καβουρδισμένους κόκκους μετρήθηκε αμέσως μετά το τέλος της διαδικασίας καβουρδίσματος σε ειδική συσκευή κλίμακας *Agtron* και εντός 6 ωρών με χρωματόμετρο *Hunterlab*. Πραγματοποιήθηκαν τρεις μετρήσεις για κάθε δείγμα και ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων φαίνεται στον πίνακα 13:

Πίνακας 13: Οι μέσες τιμές στο χρώμα των καβουρδισμένων κόκκων στα δύο είδη *Arabica* και *Robusta*, με κλίμακα *Agtron* (πάνω) και χρωματόμετρο *Hunterlab* (κάτω)

Χρώμα		
Βαθμός καβουρδίσματος	<i>Arabica</i> <i>Agtron</i>	<i>Robusta</i> <i>Agtron</i>
Πράσινοι κόκκοι	-	-
<i>Light R.</i>	65.4	62.8
<i>Medium R.</i>	54.7	51.9
<i>Dark R.</i>	46.2	40.7

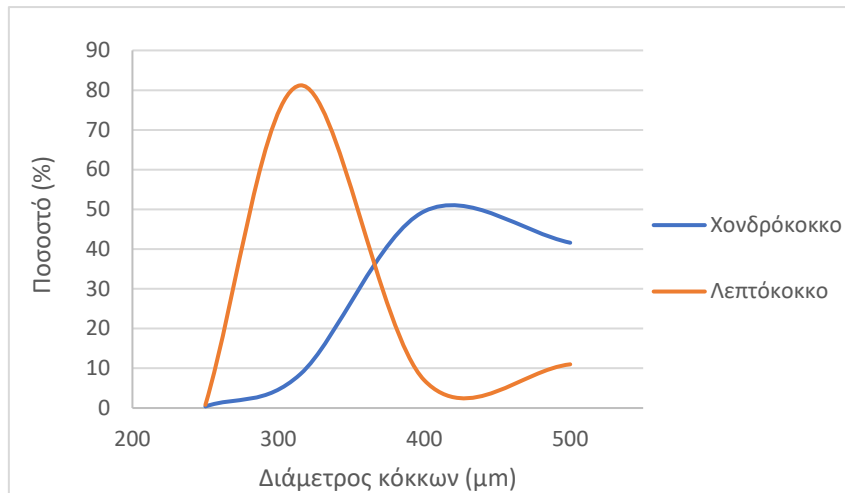
Χρώμα									
Βαθμός καβουρδίσματος	<i>Arabica</i>				<i>Robusta</i>				
	<i>L*</i>	<i>a*</i>	<i>b*</i>	ΔE^*	<i>L*</i>	<i>a*</i>	<i>b*</i>	ΔE^*	
Πράσινοι κόκκοι	46.8 ^a ±1.4	0.9 ^e ±0.2	13.2 ^h ±1.2	-	45.5 ^{ak} ±0.5	7.6 ⁿ ±0.6	22.3 ^q ±0.3	-	
<i>Light R.</i>	31.8 ^b ±0.9	4.7 ^f ±0.6	6.4 ⁱ ±1.0	142.8	25.6 ^l ±0.1	6.6 ^{no} ±0.6	8.6 ^r ±0.8	292.4	
<i>Medium R.</i>	28.7 ^c ±0.3	3.6 ^g ±0.2	3.4 ^j ±0.2	215.5	22.4 ^m ±0.8	5.7 ^{op} ±1.4	7.7 ^{ts} ±2.1	375.2	
<i>Dark R.</i>	24.4 ^d ±0.2	3.4 ^g ±0.1	4.0 ^j ±0.1	296.3	21.7 ^m ±1.1	4.5 ^p ±0.5	5.4 ^{js} ±1.2	430.8	

Όσο μεγαλύτερος ο αριθμός τόσο πιο ελαφρύ το καβούρδισμα στην κλίμακα *Agtron*. Παρατηρείται ότι ο παράγοντας *L* παρουσιάζει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των βαθμών καβουρδίσματος στα δύο είδη, *Arabica* και *Robusta*, εκτός από τους πράσινους κόκκους όπου η διαφορά δεν είναι σημαντική. Αυτό φαίνεται και από τη μέτρηση στην κλίμακα *Agtron* καθώς οι τιμές δεν είναι ακριβώς ίδιες αλλά ο βαθμός καβουρδίσματος σε κάθε προφίλ ξεχωριστά εμφανίζεται ελαφρώς μεγαλύτερος στους κόκκους *Robusta*, χωρίς αυτό να επηρεάζει σημαντικά τα αποτελέσματα στις μετρήσεις αλλά είναι σημαντικό να σημειωθεί. Όσον αφορά τον παράγοντα *a* τα δύο δείγματα παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, ενώ ο παράγοντας *b* δεν εμφανίζει στατιστικά σημαντική διαφορά στα δείγματα *Dark*. Οι παράγοντες *a*, *b* δεν βρέθηκε να παίζουν σημαντικό ρόλο στην ένδειξη του χρώματος (Jokanović, 2012)

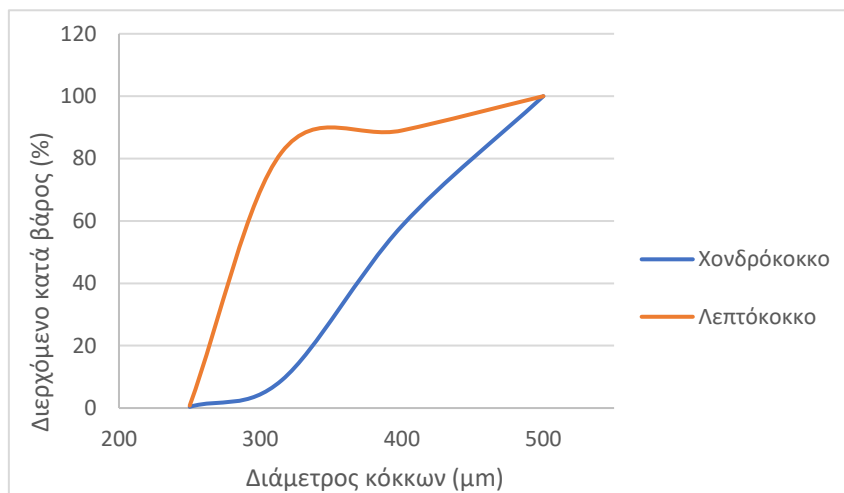
Στη συνέχεια ακολούθησε η άλεση του καβουρδισμένου καφέ. Στην παρούσα μελέτη έγινε χρήση κόσκινων για τη μέτρηση του μεγέθους της άλεσης των κόκκων. Πιο συγκεκριμένα, η άλεση των φρεσκοκαβουρδισμένων κόκκων *Arabica* και *Robusta* πραγματοποιήθηκε σε μύλο με επίπεδα μαχαίρια (*Mahlkoenig*) (Εικόνα 35α). Το μέγεθος της άλεσης μπορεί να αλλάζει συνεχώς ρυθμίζοντας την απόσταση ανάμεσα στα μαχαίρια μέσω μιας κλίμακας, από το 1 έως το 11 (Εικόνα 35β). Όσο πιο μικρός ο αριθμός τόσο πιο λεπτοκομμένο το αποτέλεσμα. Οι μηχανές αυτές δεν θεωρούνται κατάλληλες για άλεση *espresso*, καθώς ακόμα και η μικρότερη ένδειξη πολλές φορές δεν είναι ικανή να αλέσει στο κατάλληλο μέγεθος τους κόκκους. Σε ένα δείγμα καφέ έγινε έλεγχος από τον μπαρίστα προκειμένου να γίνει επιλογή κατάλληλης ένδειξης στη μηχανή άλεσης. Επιλέχθηκε η θέση 1.4 για λεπτή και 6.8 για χονδρή άλεση. Στη συνέχεια τα δείγματα καφέ *Arabica* και *Robusta* πέρασαν από ανάλυση με κόσκινα. Χρησιμοποιήθηκαν κόσκινα με μέγεθος στο πλέγμα 500 μm , 400 μm , 315 μm και 250 μm και ακολούθησε η διαδικασία που περιγράφηκε νωρίτερα. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα 14 (Διάγραμμα 4, 5). Τα χονδρο-αλεσμένα δείγματα κυμαίνονται κατά κύριο λόγο γύρω στα 400-500 μm , ενώ στα λεπτο-αλεσμένα μεγάλη ποσότητα βρίσκεται στα 315 μm .

Πίνακας 14: Ποσοστά % για το μέγεθος άλεσης των δειγμάτων

Μέγεθος κόσκινων	Coarse %	Fine %
500 μm	41.6	11.0
400 μm	49.5	7.0
315 μm	8.5	81.2
250 μm	0.4	0.8



Διάγραμμα 4 : Κατανομή μεγέθους για χονδρή και λεπτή άλεση



Διάγραμμα 5 : Αθροιστική Συχνότητα για χονδρή και λεπτή άλεση



Εικόνα 35: α. Μηχανή άλεσης *Mahlkonig* και β. Ρύθμιση του μεγέθους άλεσης των κόκκων. Πηγή:<https://www.google.com/search?q=mahlkonig&source...>
(Βλ. Βιβλιογραφία)

Περιεκτικότητα καφεΐνης των συγκριτικά με το βαθμό καβουρδίσματος

Η περιεκτικότητα σε όλα τα δείγματα παρατηρήθηκε από 1.38 έως 1.57% σε ξηρή βάση για την ποικιλία *Arabica* και 2.55% έως 3.57% για την ποικιλία *Robusta*. Δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά στα επίπεδα καφεΐνης ($P < 0,05$) στα αρχικά στάδια καβουρδίσματος (*Light*, *Medium*), ενώ στο πιο σκούρο προφίλ η διαφορά εμφανίζεται σημαντική και στα δύο είδη καφέ. Τα επίπεδα καφεΐνης στο μέτριο καβούρδισμα στους κόκκους *Robusta* παρουσιάζουν σημαντική μείωση η οποία στη συνέχεια δεν διαφέρει σημαντικά από την ποσότητα στο σκούρο προφίλ. Τα δύο είδη, *Arabica* και *Robusta*, εμφανίζουν στατιστικά σημαντική διαφορά στην ποσότητα καφεΐνης με την ποικιλία *Robusta* να περιέχει τη διπλάσια ποσότητα. Σύμφωνα με τον πίνακα 2 η ποσότητα καφεΐνης στους πράσινους κόκκους μπορεί να κυμαίνεται από 0.6-1.9% σε ξηρή βάση για ποικιλίες *Arabica* και 1.2-4.0% για ποικιλίες *Robusta*, με τις ποσότητες αυτές να μην μεταβάλλονται σημαντικά κατά τη διαδικασία καβουρδίσματος (Clarke, 2012a). Τα αποτελέσματα για τη συγκέντρωση καφεΐνης στους κόκκους *Arabica* και *Robusta* με βάση το βαθμό καβουρδίσματος παρουσιάζονται στον πίνακα 14:

Πίνακας 14: Περιεκτικότητα καφεΐνης % στα δείγματα *Arabica* και *Robusta*.

Βαθμός καβουρδίσματος	Καφεΐνη %			
	<i>Arabica</i>		<i>Robusta</i>	
	% υγρή βάση	% ξηρή βάση	% υγρή βάση	% ξηρή βάση
Πράσινοι κόκκοι	1.40 ^a ± 0.02	1.57 ^c ± 0.02	3.196 ^f ± 0.001	3.568 ^h ± 0.001
<i>Light R. coarse</i>	1.40 ^a ± 0.04	1.43 ^d ± 0.04	3.17 ^f ± 0.03	3.21 ⁱ ± 0.03
<i>Medium R. coarse</i>	1.412 ^a ± 0.002	1.440 ^d ± 0.002	2.520 ^g ± 0.003	2.551 ^j ± 0.003
<i>Dark R. coarse</i>	1.3572 ^b ± 0.0005	1.3823 ^e ± 0.0005	2.568 ^g ± 0.001	2.599 ^j ± 0.001

Περιεκτικότητα καφεΐνης συγκριτικά με το βαθμό άλεσης

Παράλληλα μελετήθηκε και η επίδραση της άλεσης στο περιεχόμενο της καφεΐνης. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα 15.

Πίνακας 15: Περιεκτικότητα καφεΐνης σε %w/w σε σχέση με το βαθμό καβουρδίσματος και την άλεση

Βαθμός καβουρδίσματος	Καφεΐνη %			
	<i>Arabica</i>		<i>Robusta</i>	
	% υγρή βάση	% ξηρή βάση	% υγρή βάση	% ξηρή βάση
<i>Light R. fine</i>	1.1449 ^a ± 0.0004	1.1690 ^g ± 0.0004	3.112 ^m ± 0.004	3.154 ^s ± 0.004
<i>Medium R. fine</i>	1.1965 ^{ba} ± 0.0004	1.2202 ^{hg} ± 0.0004	2.334 ⁿ ± 0.001	2.363 ^t ± 0.001
<i>Dark R. fine</i>	1.160 ^{ca} ± 0.001	1.182 ^{ig} ± 0.001	2.571 ^o ± 0.002	2.602 ^u ± 0.002
<i>Light R. coarse</i>	1.40 ^d ± 0.02	1.43 ^j ± 0.04	3.17 ^p ± 0.03	3.21 ^v ± 0.03
<i>Medium R. coarse</i>	1.412 ^{cd} ± 0.002	1.440 ^{jk} ± 0.002	2.520 ^q ± 0.003	2.551 ^w ± 0.003
<i>Dark R. coarse</i>	1.3572 ^f ± 0.0005	1.3823 ^l ± 0.0005	2.568 ^{ro} ± 0.001	2.599 ^{xu} ± 0.001

Θα περίμενε κανείς ότι η λεπτή άλεση, δεδομένου ότι παρουσιάζει μεγαλύτερη επιφάνεια, επιτρέπει περισσότερη εκχύλιση καφεΐνης και συνεπώς μεγαλύτερη ποσότητα (Bell, 1996). Όμως, οι μετρήσεις δείχνουν ότι τα χονδρο-αλεσμένα δείγματα παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά ($P < 0,05$) με τα αντίστοιχα λεπτο-αλεσμένα σε επίπεδο εμπιστοσύνης 95%, ιδιαίτερα στην ποικιλία *Arabica*, με τη λεπτή άλεση να περιέχει μικρότερη ποσότητα καφεΐνης. Σημαντική παράμετρος στο πείραμα αποτελεί ο χρόνος, καθώς όλα τα δείγματα, είτε με λεπτή άλεση είτε με χονδρή, παρέμειναν συγκεκριμένο χρόνο στο διάλυμα και σε επαφή με το διχλωρομεθάνιο (30 min), οπότε ύστερα από αρκετό χρόνο η ποσότητα καφεΐνης φαίνεται να μην επηρεάζεται από την ελεύθερη επιφάνεια. Δεδομένου ότι ο χρόνος αποτελεί σταθερή μεταβλητή, η χονδρή άλεση 'αποθηκεύει' περισσότερη καφεΐνη και ίσως αυτό δίνει μια εξήγηση γιατί σε ίδιες αναλογίες ένας καφές φίλτρου και ένα *espresso* διαφέρουν ως προς την ποσότητα καφεΐνης, με τον φίλτρου να έχει υψηλότερα ποσοστά (Gilbert et al., 1976).

Τα επίπεδα καφεΐνης στους μέτρια καβουρδισμένους κόκκους *Arabica* εμφανίζουν μια ελαφρά αύξηση και στη λεπτή και στη χονδρή άλεση, χωρίς όμως η διαφορά να εμφανίζεται στατιστικά σημαντική. Οι σκούρο καβουρδισμένοι κόκκοι *Robusta* παρουσιάζουν την ίδια ποσότητα καφεΐνης σε λεπτή και χονδρή άλεση ελαφρώς αυξημένη από το μέτριο καβούρδισμα.

Όσον αφορά τον οργανοληπτικό έλεγχο των δειγμάτων, μια ομάδα πέντε φοιτητών δοκίμασαν τα δώδεκα δείγματα *Arabica* και *Robusta* και τα βαθμολόγησαν σύμφωνα με τη φόρμα αξιολόγησης. Από τις βαθμολογίες γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι δεν υπάρχει συμφωνία στην περιγραφή των δειγμάτων.

Για τα δείγματα *Arabica*, η καλύτερη και πιο αρωματική κούπα αλλά με ελαφρύ σώμα βαθμολογήθηκε το σκούρο καβουρδισμένο δείγμα με λεπτή άλεση, ενώ το αντίστοιχο δείγμα με χονδρή άλεση χαρακτηρίστηκε από όλους ως η κούπα με έντονη τη γεύση του καπνού και του καμμένου με ένα φοιτητή να σημειώνει ότι επικρατεί το έντονο καβούρδισμα χωρίς αυτό να είναι δυσάρεστο. Η κούπα με το μέτρια καβουρδισμένο δείγμα και τη λεπτή άλεση θεωρήθηκε ότι έχει πικρή γεύση και έντονο σώμα. Το μέτρια καβουρδισμένο δείγμα με χονδρή άλεση βαθμολογήθηκε ως η πιο γλυκιά κούπα με γεύση ξηρών καρπών. Το δείγμα με ελαφρύ καβούρδισμα και λεπτή άλεση περιγράφηκε με πικάντικο (*spicy*) άρωμα και γεύση από πράσινο - χλώρο που θυμίζει φασολάκι. Η επίγευση θεωρήθηκε σχεδόν αμελητέα. Το δείγμα με ελαφρύ καβούρδισμα και χονδρή άλεση από αρκετούς βαθμολογήθηκε ως το χειρότερο, ενώ ένας βρεθηκε να το βαθμολογήσει ως το καλύτερο. Και στα δύο δείγματα ελαφρά καβουρδισμένων κόκκων καφέ το σώμα αξιολογήθηκε ως αδύναμο (Πίνακας 16). Από τους 5 φοιτητές ένας βαθμολόγησε το σκούρο καβουρδισμένο καφέ με χονδρή άλεση ως το χειρότερο, τρεις φοιτητές το ελαφρύ καβούρδισμα με χονδρή άλεση και ένας το μέτριο καβούρδισμα με λεπτή άλεση. Και ως την καλύτερη, δύο φοιτητές βαθμολόγησαν το σκούρο καβούρδισμα με λεπτή άλεση, ένας φοιτητής το ελαφρύ καβούρδισμα με χονδρή άλεση, ένας το μέτριο καβούρδισμα με λεπτή άλεση και ένας το μέτριο καβούρδισμα με χονδρή άλεση.

Πίνακας 16: Οργανοληπτικός έλεγχος στα δείγματα *Arabica*

<i>Arabica</i>						
	Οξύτητα		Σώμα		Γλυκύτητα	
Βαθμός καβουρδίσματος	Χαμηλή	Μέτρια	Υψηλή	Χαμηλό	Μέτριο	Υψηλό
<i>Light R. fine</i>		√		√		√
<i>Light R. coarse</i>		√		√		√
<i>Medium R. fine</i>		√			√	√
<i>Medium R. coarse</i>		√		√		√
<i>Dark R. fine</i>	√			√		√
<i>Dark R. coarse</i>	√			√		√

Οι κόκκοι καφέ *Robusta* χαρακτηρίστηκαν από ένα διαφορετικό, όχι και τόσο ευχάριστο άρωμα σε σχέση με τα δείγματα *Arabica*, πριν ακόμα ξεκινήσει η διαδικασία. Περιγραφή των δειγμάτων ως προς τα αρωματικά και γευστικά χαρακτηριστικά δεν πραγματοποιήθηκε, καθώς επικρατούσε έντονα η γεύση του καφέ όπως όλοι την γνωρίζουν χωρίς ιδιαίτερες νότες από φρούτα και ξηρούς καρπούς. Παρ'όλα αυτά, τα δείγματα παρουσίαζαν μέτρια οξύτητα με γεμάτο σώμα και διαρκή επίγευση (Πίνακας 17).

Ως την καλύτερη κούπα, δύο φοιτητές βαθμολόγησαν το μέτρια καβουρδισμένο δείγμα με λεπτή άλεση και άλλοι δύο το μέτρια καβουρδισμένο με χονδρή άλεση, ενώ ένας φοιτητής τον ελαφρά καβουρδισμένο καφέ με λεπτή άλεση. Η χειρότερη κούπα θεωρήθηκε σχεδόν από όλους ο σκούρο καβουρδισμένος καφές με χονδρή άλεση με έναν να χαρακτηρίζει αρνητικά τον ελαφρά καβουρδισμένο και λεπτο-αλεσμένο καφέ.

Πίνακας 17: Οργανοληπτικός έλεγχος στα δείγματα *Robusta*

<i>Robusta</i>									
	Οξύτητα		Σώμα		Γλυκύτητα				
Βαθμός καβουρδίσματος	Χαμηλή	Μέτρια	Υψηλή	Χαμηλό	Μέτριο	Υψηλό	Χαμηλή	Μέτρια	Υψηλή
<i>Light R. fine</i>		√		√			√		
<i>Light R. coarse</i>		√			√		√		
<i>Medium R. fine</i>		√			√			√	
<i>Medium R. coarse</i>		√		√				√	
<i>Dark R. fine</i>		√			√		√		
<i>Dark R. coarse</i>		√		√			√		

Είναι γενικά αποδεκτό ότι οι ποικιλίες *Arabica* κατατάσσονται υψηλότερα ποιοτικά από τις αντίστοιχες ποικιλίες *Robusta*, λόγω των πλούσιων αρωματικών και γευστικών χαρακτηριστικών τους. Οι διαφορές ανάμεσα στα δείγματα έγιναν εύκολα αντιληπτές από τους φοιτητές που θεωρούνται απλοί καταναλωτές μη έχοντας ιδιαίτερη εμπειρία. Οι καφέδες που κυκλοφορούν στην αγορά ακολουθούν, κατά κύριο λόγο, ένα μέτριο προφίλ καβουρδίσματος και μερικές φορές πιο σκούρο, προκειμένου να κρυφτεί η ταυτότητα του καφέ και τα οποιαδήποτε χαρακτηριστικά του, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για όχι και τόσο καθαρούς και ποιοτικούς καφέδες.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Δύο ποικιλίες καφέ, *Arabica* και *Robusta*, καβουρδίστηκαν σε τρία διαφορετικά προφίλ και εξετάστηκαν οι φυσικές αλλαγές και το περιεχόμενο καφεΐνης. Στους κόκκους *Arabica* σημειώθηκε απώλεια βάρους κατά 15.7%, 17.2% και 19.9% στα δείγματα *Light*, *Medium* και *Dark*, αντίστοιχα, ενώ τα δείγματα *Robusta* παρουσίασαν μείωση κατά 13.3%, 14.1% και 14.8%. Η μείωση του βάρους οφείλεται στην απώλεια του νερού και των πτητικών ενώσεων. Η διαφορά είναι αισθητή στην πρώτη ποικιλία με τα ποσοστά να συμφωνούν με τη βιβλιογραφία. Αντίθετα, στους κόκκους *Robusta* η μείωση του βάρους όπως και η πυκνότητα των δειγμάτων δεν διαφέρει σημαντικά μεταξύ των τριών προφίλ καβουρδίσματος, πράγμα που πιθανόν οφείλεται σε μια πιο σταθερή δομή. Η πυκνότητα μειώνεται λόγω της αύξησης του όγκου λόγω των αερίων στο εσωτερικό των κόκκων και της ταυτόχρονης μείωσης της μάζας. Οι μεταβολές στην πυκνότητα υποδηλώνουν την διόγκωση των κόκκων και τη διαμόρφωση μιας χαρακτηριστικής πορώδους δομής που απαιτείται ώστε οι κόκκοι να είναι εύθραυστοι, κατάλληλοι για άλεση. Οι κόκκοι *Arabica* παρουσιάζουν μεγαλύτερο μέγεθος και μικρότερη πυκνότητα. Κατά το καβούρδισμα, τόσο το ελεύθερο όσο και το δεσμευμένο νερό απελευθερώνονται με συνέπεια η υγρασία στους καβουρδισμένους κόκκους να μειώνεται σημαντικά. Η ενεργότητα νερού είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς αποτελεί μικροβιολογικό δείκτη για την ανάπτυξη μούχλας και παραγωγή ωχρατοξίνης A σε συνθήκες $a_w > 0.8$. Παρ'όλα αυτά ακόμα σε ένα ελαφρύ καβούρδισμα η τιμή της a_w είναι κατά πολύ μικρότερη από 0.8 πράγμα που δεν αποτελεί απειλή. Το χρώμα των κόκκων και στα δύο δείγματα αλλάζει σημαντικά και γίνεται όλο και πιο σκούρο καθώς προχωράει η διαδικασία καβουρδίσματος σε πιο σκούρο προφίλ, λόγω των αντιδράσεων *Maillard* και πυρόλυσης που πραγματοποιούνται κατά το καβούρδισμα. Συγκεκριμένα, ο παράγοντας *L* μειώνεται από 46.8 και 45.5 σε 24.4 και 21.7, για *Arabica* και *Robusta*..

Κατά την κοινή γνώμη η καφεΐνη αναμένεται να μειώνεται με το καβούρδισμα λόγω εξάχνωσης (*sublimation*), διότι η θερμοκρασία στους κόκκους αυξάνεται πάνω από τους 178 °C που αντιστοιχεί στο σημείο εξάχνωσης της καφεΐνης. Στην παρούσα μελέτη τα επίπεδα καφεΐνης δεν φαίνεται να μεταβάλλονται σημαντικά στα τρία προφίλ καβούρδισματος αλλά υπάρχει μια γενική μείωση. Τα επίπεδα καφεΐνης στο μέτριο καβούρδισμα βρέθηκαν μεγαλύτερα από το σκούρο στους κόκκους *Arabica*, ενώ στους κόκκους *Robusta* το σκούρο προφίλ παρουσιάζει ελαφρά αύξηση. Παράλληλα στη σύγκριση των δειγμάτων με διαφορετική άλεση παρατηρήθηκε ότι οι χόνδρο-αλεσμένοι κόκκοι καφέ παρουσιάζουν μεγαλύτερο ποσοστό καφεΐνης σε σχέση με τους αντίστοιχους λεπτο-αλεσμένους.

Ο οργανοληπτικός έλεγχος με τη μέθοδο *cupping* έδειξε ότι απλοί καταναλωτές μπορούν να αναγνωρίσουν διαφορές ακόμα και στα ίδια δείγματα καφέ. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι, μέσω του *cupping* δημιουργείται μια εικόνα για τον καφέ και πώς αυτός μπορεί να χρησιμοποιηθεί, μόνος του ή σε ανάμειξη με άλλους (*blend*) και με ποιά μέθοδο παρασκευής. Η μέθοδος χρησιμοποιείται προκειμένου να προσδιοριστούν τυχόν ελαττώματα του καφέ, τα γευστικά και αρωματικά χαρακτηριστικά, η ένταση και η ποιότητά του.

Το χρώμα είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει σημαντικά το γευστικό προφίλ του καφέ, ενώ το βάρος, οι διαστάσεις και η πυκνότητα φαίνεται να επηρεάζουν έμμεσα. Η υγρασία και η ενεργότητα νερού παίζουν σημαντικό ρόλο για τις μικροβιακές μολύνσεις. Στην αρχή της διαδικασίας καβουρδίσματος δεν έχει ξεκινήσει πλήρως ο σχηματισμός αρωματικών και γευστικών ενώσεων, καθώς και η αποικοδόμηση μη επιθυμητών στοιχείων, όπως το χλωρογενικό οξύ που προσδίδει στυφή γεύση. Σε πιο σκούρο προφίλ το χρώμα πλησιάζει το σκούρο καφέ και μαύρο, γεγονός που σχετίζεται με τις μελανοϊδίνες και κατά συνέπεια με τις αντιδράσεις *Maillard* και πυρόλυσης. Τα χαρακτηριστικά του καφέ (άρωμα, οξύτητα, σώμα) έχουν φτάσει σε ένα βέλτιστο βαθμό και καθώς η διαδικασία συνεχίζεται μειώνονται και πάλι. Όσο πιο πολύ καβουρδίζονται οι κόκκοι καφέ, χάνουν την ταυτότητα τους και καταλήγουν σε ένα ουδέτερο γευστικό προφίλ που θυμίζει την κλασική πικρή γεύση του καφέ. Αν κάποιος ρωτήσει ποιες συνθήκες αποτελούν την καλύτερη επιλογή η απάντηση εξαρτάται από τον εκάστοτε καφέ αλλά και την κρίση του καθενός!

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Belay, A., Ture, K., Redi, M., & Asfaw, A. (2008). Measurement of caffeine in coffee beans with UV/vis spectrometer. *Food chemistry*, 108(1), 310-315.

Belay, A. (2011). Some biochemical compounds in coffee beans and methods developed for their analysis.

Belitz, H.-D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). *Food Chemistry 4th Edition* by Belitz, W. Grosch, P. Schieberle (1).

Bell, L. N., Wetzel, C. R., & Grand, A. N. (1996). Caffeine content in coffee as influenced by grinding and brewing techniques. *Food Research International*, 29(8), 785-789.

Clarke, R., & Vitzthum, O. G. (2008). *Coffee: Recent Developments*. John Wiley & Sons.

Clarke, R. J. (Ed.). (2012a). *Coffee: Volume 1: Chemistry*. Springer Science & Business Media.

Clarke, R. J. (Ed.). (2012b). *Coffee: Volume 2: Technology (Vol. 2)*. Springer Science & Business Media.

Clifford, M. N. (Ed.). (2012). *Coffee: Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage*. Springer Science & Business Media.

Coffeereview. (n.d.). *Coffee Roast Styles: Roast Table*. Retrieved from <https://www.coffeereview.com/coffee-reference/coffee-categories/roast-styles/roast-table/>

Coffeereview. (n.d.). *The World's Leading Coffee Guide*. Retrieved from <https://www.coffeereview.com/roast-definitions/>

CQI (Coffee Quality Institute). (n.d.). *Our Work*. Retrieved from <https://www.coffee-institute.org/our-work/>

Dobrinas, S., Soceanu, A., Popescu, V., Stanciu, G., & Smalberger, S. (2013). Optimization of a UV-VIS spectrometric method for caffeine analysis in tea, coffee and other beverages. *Scientific Study & Research. Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, 14(2), 71.

FAO (Food and Agriculture Organization). (n.d.). Retrieved from <http://www.fao.org/food/food-safety-quality/publications-tools/food-safety-tools/ghp-coffee/en/>

Fasman, D. (2018, February 1). *Defining the Ever-Changing Espresso – 25 Magazine: Issue 3*.

Folmer, B. (Ed.). (2016). *The Craft and Science of Coffee*. Academic Press.

Gautz, L. D., Smith, V. E., & Bittenbender, H. C. (2008). *Measuring coffee bean moisture content*.

- Gebeyehu, B. T., & Bikila, S. L. (2015). Determination of caffeine content and antioxidant activity of coffee. *Am J Appl Chem*, 3, 69-76.
- Gebrewold, F. (2018). Chemistry of Caffeine in Coffee and Its Determination Using UV/Vis Spectrophotometer: A Review Article.
- Gibson, M. (Ed.). (2018). *Food Science and the Culinary Arts*. Academic Press.
- Gilbert, R. M., Marshman, J. A., Schwieder, M., & Berg, R. (1976). Caffeine content of beverages as consumed. *Canadian Medical Association Journal*, 114(3), 205.
- Gonzalez, D. M. E., & Ramirez-Mares, M. V. (2014). Impact of caffeine and coffee on our health. *Trends in endocrinology and metabolism: TEM*, 25(10), 489.
- Hagos, M., Redi-Abshiro, M., Chandravanshi, B. S., Ele, E., Mohammed, A. M., & Mamo, H. (2018). Correlation between caffeine contents of green coffee beans and altitudes of the coffee plants grown in southwest Ethiopia. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, 32(1), 13-25.
- Illy, A., & Viani, R. (Eds.). (2005). *Espresso Coffee: The Science of Quality*. Academic Press.
- ICO (International Coffee Organization). (2018). Record exports in coffee year 2017/18 - ico.org. Retrieved from <http://www.ico.org/documents/cy2018-19/cmr-1018-e.pdf>
- ICO (International Coffee Organization). (n.d.). History. Retrieved from http://www.ico.org/icohistory_e.asp
- IKAWA. (n.d.). FOR PROFESSIONALS. Retrieved from <https://www.ikawacoffee.com/for-professionals/>
- Jenway. (n.d.). The quantitative determination of caffeine in beverages and soft drinks using UV wavelength spectroscopy.
- Jokanovića, M. R., Džinića, N. R., Cvetkovićb, B. R., Grujićc, S., & Odžakovićc, B. (2012). Changes of physical properties of coffee beans during roasting. *APTEFF*, 43, 21-31.
- Mouw, T. (2018). LAB Color Space and Values | X-Rite Color Blog. Retrieved from <https://www.xrite.com/blog/lab-color-space>
- Münchow, M. (n.d.). Book: Roasting Foundation - EDITION 2016.
- Parodi, D. (2017). Green bean density. Retrieved from <https://mill47.coffee/blogs/story-mill/green-bean-density>
- Preedy, V. R. (Ed.). (2014). *Coffee in health and disease prevention*. Academic Press.
- Sage, E. (2012, February 15). What is the Shelf Life of Roasted Coffee? A Literature Review on Coffee Staling.
- SCA (Specialty Coffee Association), C. L., & N. R. (2018, January 9). Grinder Basics. Retrieved from <https://coffeetechniciansguild.org/blog/2018/1/9/grinder-basics>
- SCA (Specialty Coffee Association). (n.d.). About SCA. Retrieved from <https://sca.coffee/about/>

- SCAA (Specialty Coffee Association of America). (2015, December 13). Retrieved from <http://www.scaa.org/?d=brewing-standards&page=resources>
- SCAA. (2016, April 2). Protocols & Best Practices. Retrieved from <https://sca.coffee/research/protocols-best-practices>
- SCAE (Specialty Coffee Association of Europe). Retrieved from <http://77.104.128.147/training-and-education/coffee-skills-program/sensory-skills>
- Rao, S. (Ed.). (2014). *The Coffee Roaster's Companion*.
- Souto, U. T. C. P., Pontes, M. J. C., Silva, E. C., Galvão, R. K. H., Araújo, M. C. U., Sanches, F. A. C., ... & Oliveira, M. S. R. (2010). UV-Vis spectrometric classification of coffees by SPA-LDA. *Food Chemistry*, 119(1), 368-371.
- Stachura, T. (2010). Agtron Numerology. Retrieved from <https://www.coffeereview.com/agtron-numerology/>
- Steen, I. (2016). Book: Sensory Foundation - EDITION 2016. Retrieved from <https://coffee-mind.com/product/book-sensory-foundation/>
- Taniwaki, M. H., Teixeira, A. A., Teixeira, A. R. R., Copetti, M. V., & Iamanaka, B. T. (2014). Ochratoxigenic fungi and ochratoxin A in defective coffee beans. *Food research international*, 61, 161-166
- Van Boekel, M. A. J. S. (2006). Formation of flavour compounds in the Maillard reaction. *Biotechnology advances*, 24(2), 230-233.
- Vince. (2010, October 24). Beverage Strength and "The FIXX". Retrieved from <http://vstapps.com/blog-2/extractmojo/beverage-strenght-and-the-fixx/>
- Waller, J. M., Bigger, M., & Hillocks, R. J. (2007). *Coffee pests, diseases and their management*. CABI.
- Wang, N. (2012). *Physicochemical changes of coffee beans during roasting* (Doctoral dissertation, The University of Guelph).
- Φραγκιαδάκης, Ν. (2015). *Ο καφές καλλιέργεια, επεξεργασία και η επίδρασή του στην οικονομία και στη διατροφή του ανθρώπου*.
- Αλυσανδράτου, Ε. (2015). *Φασματοφωτομετρικός προσδιορισμός καφεΐνης στον καφέ*.
- Μανουσίδης, Χ. (2016). *ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΤΟΥ ΚΑΦΕ (3η έκδοση)*.

Εικόνες:

Εικόνα 1

https://www.google.com/search?biw=1536&bih=722&tbm=isch&sa=1&ei=5ZsAXYX6OOzKrgS7xYSQBQ&q=arabica+robusta+&oq=arabica+robusta+&gs_l=img.3..0i1914j0i30i19j0i8i30i19i5.10146.10212..10811...0.0..0.197.321.0j2.....0....1..gws-wiz-img.Nb7m3gJWcOs#imgrc=sXzpZHRb5LXJ9M:
(Last accessed 12.6.2019)

Εικόνα 2

https://www.google.com/search?q=%CE%B1%CE%BD%CE%B8%CE%BF%CF%82+%CE%BA%CE%B1%CF%86%CE%B5&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwid0_eRq-PiAh-VOI1AKHdqBnAQ_AUIECgB&biw=1536&bih=722#imgrc=FK6Ba8-kJPV_1M:
(Last accessed 12.6.2019)

Εικόνα 3

https://www.google.com/search?q=coffee+cherry&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj6t8qigInjAhVqxcQBHFU5BYwQ_AUIECgB&biw=1536&bih=722#imgdii=fykS2snZB4airM:&imgrc=ymlcfJ0gE6MIM:

Εικόνα 4

https://www.google.com/search?biw=1536&bih=722&tbm=isch&sa=1&ei=HLAAXe2MD86aa82prOAD&q=jute+bags+for+green+cof-fee+beans&oq=jute+bags+for+green+cof-fee+beans&gs_l=img.3...43950.48687..48854...2.0..0.153.1355.11j3.....0....1..gws-wiz-img.tfCXMSzMyRk#imgrc=5p2TffLAGeOfwM: (Last accessed 12.6.2019)

https://www.google.com/search?biw=1536&bih=722&tbm=isch&sa=1&ei=fLAAXbz-I7KSlwSPzZ_oDQ&q=grain+pro+in+jute+bags+for+green+cof-fee+beans&oq=grain+pro+in+jute+bags+for+green+cof-fee+beans&gs_l=img.3...31859.37657..37817...0.0..0.135.1256.11j2.....0....1..gws-wiz-img.LZYFOJN5xEU#imgrc=cFU35ozNv_11hM: (Last accessed 12.6.2019)

Εικόνα 6

https://www.google.com/search?q=brute+bins&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwikxO3tvuPiAhWNsaQKHTrK-DBgQ_AUIECgB&biw=1536&bih=722&dpr=1.25#imgrc=H1SgOhIjIWM5LM:
(Last accessed 12.6.2019)

Εικόνα 7

https://www.google.com/search?biw=1536&bih=722&tbm=isch&sa=1&ei=0bYAXZTXNI_SwQK_rYrYDQ&q=%CF%83%CF%85%CF%83%CE%BA%CE%B5%CF%85%CE%B1%CF%83%CE%B9%CE%B1+%CE%B2%CE%B1%CF%81%CE%B5%CE%BB%CE%B1%CE%BA%CE%B9++illy&oq=%CF%83%CF%85%CF%83%CE%BA%CE%B5%CF%85%CE%B1%CF%83%CE%B9%CE%B1+%CE%B2%CE%B1%CF%81%CE%B5%CE%BB%CE%B1%CE%BA%CE%B9++illy&gs_l=img.3...40370.41371..41589...0.0..0.136.941.4j5.....0....1..gws-wiz-img.xD0yL5f3TxM#imgrc=_ (Last accessed 12.6.2019)

Εικόνα 9

https://www.google.com/search?q=coffee+berry+blotch&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwii--umxOPiAhUSbFAKHcgbDn0Q_AUIECgB&biw=1536&bih=722&dpr=1.25#imgcr=kazM9xIeXrtRM: (Last accessed 12.6.2019)

https://www.google.com/search?q=coffee+berry+disease&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiHwYi-xOPiAhWOblAKHVfmBjEQ_AUIECgB&biw=1536&bih=722#imgcr=wGCCfUFWtMK2iM: (Last accessed 12.6.2019)

Εικόνα 12

https://www.google.com/search?biw=1536&bih=722&tbm=isch&sa=1&ei=6L4AX-bvnD8WmwQLqKAlBQ&q=+coffee+roster+&oq=+coffee+roster+&gs_l=img.3..0i8i10i30.8564.15302..15480...0.0..0.106.866.7j2.....0....1..gws-wiz-img.....0j0i30j0i10i30j0i7i30j0i8i7i10i30.b4QYxo8x69s#imgcr=Bv9sZdl-bZHfdM: (Last accessed 12.6.2019)

Εικόνα 13

https://www.google.com/search?q=coffee+roster+cool&tbm=isch&tbs=rimg:Ccdaun477E_1gIjib9CnrXijiKgYmQLtH-L8ZCx6dIdyLramkxpH6lAzwGpsoB-gXCPg9X_100YYf5uaeF2YqXK56aK1CoSCZv0KeteKOIqEYN-s7rEJU7WKhIJBi-ZAu0f4vxkRMX-AloXee4MqEgkLHp0h3IutqREZTa0-OJ6GLSoSCaTGkfqUD-PAaEV0OWOE4RgBfKhIJmygGBcI-D1cRn-NBoB_1jz3gUqEgn_1TRhh_1m5p4RGBTGoczRHG3yoSCXZipcrnporUET-jUxeVgwdEv&tbo=u&sa=X&ved=2ahUKEwjwOqIi4njAh-WHDOwKHd8PC9kQ9C96BAgBEBs&biw=1536&bih=674&dpr=1.25#imgcr=Bi-ZAu0f4vxm_fm:

Εικόνα 17

https://www.google.com/search?q=conical+flat+burrs&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwie-Kq8zuPiAhVPDewKHfYWA3MQ_AUIECgB&biw=1536&bih=722&dpr=1.25#imgdii=YXDx-MofigMeWZM:&imgcr=QJHogyRJVbjY4M: (Last accessed 12.6.2019)

Εικόνα 21

https://www.google.com/search?q=ikawa&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiTs6394OPiAhWMYIAKHx9uBfcQ_AUIECgB&biw=1536&bih=722#imgdii=196y2RRTeNcIgM:&imgcr=KxtlLcDs93t_IM: (Last accessed 12.6.2019)

Εικόνα 26

https://www.google.com/search?biw=1536&bih=722&tbm=isch&sa=1&ei=ejcFXf7bOZqK1fAP6fy7SA&q=cuppingcoffee&oq=cuppingcoffee&gs_l=img.3..0i7i30l6j0i8i7i30l4.103641.103641..103913...0.0..0.116.116.0j1.....0....1..gws-wiz-img.FnD_Kze6Et4#imgcr=Hn2-Alnqm1RjwM: (Last accessed 15.6.2019)

Εικόνα 27

https://www.google.com/search?q=flavor+wheel+coffee&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjsq-6Xvefi-AhVt1qYKHe_FDv0Q_AUIECgB&biw=1536&bih=722#imgrc=cEmyGMRLX-atasM: (Last accessed 14.6.2019)

Εικόνα 28

https://www.google.com/search?biw=1536&bih=674&tbm=isch&sa=1&ei=u14DXcuVH4yMlwSGiLHQBA&q=cupping+form&oq=cupping+form&gs_l=img.3..0i1913j0i5i30i1917.43218.47901..48103...0.0..0.168.844.0j6..0...0....1..gws-wiz-img.....0i67j0i7i30j0i30.xYSSo-nfjAg#imgdii=rbHVy4uX-fVGPvM:&imgrc=b8596LUMjtYo1M: (Last accessed 14.6.2019)

Εικόνα 35

https://www.google.com/search?q=mahlkonig&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjumobK9ePiAhXMzqQKHAT3AFAQ_AUIECgB&biw=1536&bih=722#imgrc=4oSrFl_-7Nb7uM: (Last accessed 12.6.2019)

https://www.google.com/search?biw=1536&bih=722&tbm=isch&sa=1&ei=iuwAXd6oM8ujkwWrpJjAAQ&q=mahlkonig+scale&oq=mahlkonig+scale&gs_l=img.3...51351.56231..56381...9.0..0.195.2185.0j15.....0....1..gws-wiz-img.....0j0i30j0i5i30j0i8i30.MZFbOcNrg74#imgrc=50Qpef3r6ejbPM: (Last accessed 12.6.2019)