



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΟΙΝΟΥ, ΑΜΠΕΛΟΥ ΚΑΙ ΠΟΤΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΖΥΜΩΣΗ ΚΟΚΚΩΝ ΚΑΦΕ ΜΕ ΒΑΚΤΗΡΙΑ ΚΑΙ ΖΥΜΕΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ
ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟΥ ΡΟΦΗΜΑΤΟΣ ΚΑΦΕ**

Γκούρλια Σαββούλα AM 151021

Κάτσινος Κωνσταντίνος AM 151036

Επιβλέπων: Παναγιώτης Ταταρίδης

ΑΘΗΝΑ, 2023



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA
SCHOOL OF FOOD SCIENCE
DEPARTMENT OF WINE, VINE AND BEVERAGE SCIENCES**

BACHELOR THESIS

**FERMENTATION OF GREEN COFFEE BEANS WITH YEASTS AND
BACTERIA & EVALUATION OF THE PRODUCED COFFEE
BEVERAGE**

Gkourlia Savvoula AM 151021

Katsinos Konstantinos AM 151036

Supervisor: Panagiotis Tataridis

ATHENS, 2023

Διασαφήσεις εξεταστικής επιτροπής

Οι υπογράφοντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει την πτυχιακή εργασία με τίτλο «**ZYMΩΣΗ ΚΟΚΚΩΝ ΚΑΦΕ ΜΕ ΒΑΚΤΗΡΙΑ ΚΑΙ ΖΥΜΕΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟΥ ΡΟΦΗΜΑΤΟΣ ΚΑΦΕ**» που παρουσιάστηκε από τους ΓΚΟΥΡΛΙΑ ΣΑΒΒΟΥΛΑ - ΚΑΤΣΙΝΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

Ψηφιακή Υπογραφή Επιβλέποντα Καθηγητή (1^ο Μέλους Επιτροπής)	
Ψηφιακή Υπογραφή Καθηγητή (2^ο Μέλους Επιτροπής)	
Ψηφιακή Υπογραφή Καθηγητή (3^ο Μέλους Επιτροπής)	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Γκούρλια Σαββούλα του Παναγιώτη, με αριθμό μητρώου 151021 φοιτητής/τρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστημών Τροφίμων του Τμήματος Επιστημών Οίνου, Αμπέλου & Ποτών δηλώνει υπεύθυνα ότι:

«Είμαστε συγγραφείς αυτής της πτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχαμε για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες κάναμε χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνουμε ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από εμάς αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μας, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μας ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».



Γκούρλια Σαββούλα

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Κάσινος Κωνσταντίνος του Νικόλαου, με αριθμό μητρώου 151036 φοιτητής/τρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστημών Τροφίμων του Τμήματος Επιστημών Οίνου, Αμπέλου & Ποτών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχαμε για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες κάναμε χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνουμε ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από εμάς αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μας, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μας ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».



Κάσινος Κωνσταντίνος

.....

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο καφές είναι εδώ και πολλά χρόνια πρωταγωνιστής στις ζωές των περισσότερων ανθρώπων. Κατέχει σημαντικές θέσεις στην οικονομία και στην πολιτισμική κληρονομιά πολλών χωρών και δεν είναι καθόλου τυχαίο το γεγονός ότι αποτελεί το κυριότερο σε κατανάλωση ρόφημα παγκοσμίως, προκαλώντας επιστήμονες και τεχνίτες να το εξερευνήσουν και να το κάνουν ακόμη πιο μοναδικό. Εδώ και κάποια χρόνια, έρευνες εστιάζουν στο πως θα αναβαθμιστεί το ρόφημα του καφέ οργανοληπτικά, για να ελκύει ακόμη περισσότερο το αγοραστικό - καταναλωτικό κοινό με την ποιότητά του. Η συγκεκριμένη πτυχιακή εργασία διεξήχθη με σκοπό την οργανοληπτική αναβάθμιση του ροφήματος καφέ μέσα από την ζύμωση των πράσινων κόκκων του καφέ (προ καβουρδίσματος) με ζύμες και βακτήρια. Αναλυτικότερα, επιλέχθηκαν τέσσερα διαφορετικά είδη ζυμών ως καλλιέργειες εκκίνησης, οι *Saccharomyces cerevisiae*, *Torulaspora delbrueckii*, *Lachancea thermotolerans*, *Pichia kluyveri*. Με τη βοήθειά τους σε συνδυασμό και με την αυτόχθονη μικροχλωρίδα των κόκκων σκοπός είναι η αναβάθμιση της προστιθέμενης αξίας της πρώτης ύλης ή/και η ανάπτυξη διαφορετικών οργανοληπτικών χαρακτηριστικών κατά περίπτωση.

Λέξεις κλειδιά: κόκκοι καφέ, *C. arabica*, espresso, ζύμωση, ζύμες, βακτήρια, *Saccharomyces cerevisiae*, *Torulaspora delbrueckii*, *Lachancea thermotolerans*, *Pichia kluyveri*.

ABSTRACT

For many years, coffee has been a part of most people's lives. It holds important positions in the economy and cultural heritage of many countries, and it is no coincidence that it is the world's most consumed beverage, provoking scientists and craftsmen to explore it and make it even more unique. For several years, research has focused on how to upgrade the coffee drink from a sensory standpoint, to attract the consumer public even more with its quality. This specific thesis is carried out with the aim of upgrading the sensory attributes of the coffee drink through the fermentation of the green coffee beans (before roasting) with yeasts and bacteria. Four different yeast species were selected: *Saccharomyces cerevisiae*, *Torulaspora delbrueckii*, *Lachancea thermotolerans*, *Pichia kluyveri*. With their help along with the indigenous microbes of the grains, the purpose is to increase the added value of the unroasted grains of a certain quality and develop different organoleptic characteristics by case.

Keywords: coffee beans, *C. arabica*, espresso, fermentation, yeasts, bacteria, *Saccharomyces cerevisiae*, *Torulaspora delbrueckii*, *Lachancea thermotolerans*, *Pichia kluyveri*.

Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε θερμά τις οικογένειές μας, τον καθηγητή μας κύριο Παναγιώτη Ταταρίδη αλλά και τον κύριο Πετρίδη Νικόλαο ο οποίος μας παραχώρησε τους κόκκους και τον εξοπλισμό για το καβούρδισμα και την παραγωγή του ροφήματος. Η βοήθειά τους ήταν πολύτιμη και χωρίς αυτούς το πείραμά μας δε θα είχε πραγματοποιηθεί.

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	i
ABSTRACT	ii
1 Εισαγωγή και Σκοπός της Εργασίας.....	1
1.1 Ιστορία του καφέ.....	2
1.1.1 Αρχικές μέθοδοι κατανάλωσης καφέ.....	4
2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	5
2.1 Το δέντρο του καφέ	5
2.1.1 Ταξινόμηση - Βιολογία φυτού.....	5
2.1.2 Είδη καφέ και Ποικιλίες.....	7
2.1.3.1 Ποικιλίες του είδους <i>C. arabica</i>	7
2.1.3.2 <i>Coffea canephora</i> ή <i>Coffea Robusta</i>	11
2.1.4 Καλλιέργεια.....	11
2.1.3 Μορφολογία του καρπού και χημεία της καφεΐνης.....	14
2.1.5 Περιοχές παραγωγής (ποσοτικά - στατιστικά στοιχεία)	16
2.1.6 Συγκομιδή & Επεξεργασία του φυτού	18
2.1.6.1 Επιλεκτική συγκομιδή	19
2.1.6.2 Συγκομιδή με απογύμνωση (Stripping).....	20
2.1.6.3 Συγκομιδή με Μεγάλες Θεριζοαλωνιστικές Μηχανές σε Τροχούς.....	21
2.1.6.4 Ελαφριές Θεριζοαλωνιστικές Μηχανές χειρός	22
2.2 Ο κόκκος και η επεξεργασία του	24
2.2.1 Σύσταση κόκκου (πράσινου).....	24
2.2.2 Επεξεργασία πράσινου κόκκου	25
2.2.3 Καβούρδισμα	26
2.2.4 Σύσταση μετά το καβούρδισμα.....	27
2.3 Ο καφές σαν ποτό	29
2.3.1 Κατηγορίες ροφημάτων καφέ	29
2.3.1.1 Στιγμαιαίος	30

2.3.1.2 Φίλτρου ή Γαλλικός.....	30
2.3.1.3 Espresso	30
2.3.1.4 Cold brew	31
2.3.1.5 Ελληνικός	31
2.3.3 Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.....	31
2.4 Ζύμωση καφέ.....	34
2.4.1 Κλασσική ζύμωση ολόκληρου φρούτου	34
2.4.2 Ζύμωση κόκκων με καλλιέργειες εκκίνησης	35
2.4.2.1 Ζύμωση με <i>Saccharomyces</i>	35
2.4.2.2 Ζύμωση με non <i>Saccharomyces</i>	35
2.4.3 Ζύμωση πράσινου κόκκου με γαλακτικά βακτήρια.....	37
2.4.4 Ζύμωση πράσινου κόκκου με μικτή καλλιέργεια	37
2.4.5 Ζύμωση με την προσθήκη φρούτων	38
2.4.6 Ζύμωση και ανθρακική αναεροβίωση (carbonic maceration)	39
2.4.6 Ζύμωση με μύκητες	39
3 Υλικά και Μέθοδοι.....	40
3.1 Σκοπός.....	40
3.1.1 Όργανα & αντιδραστήρια.....	40
3.1.1.1 Όργανα	40
3.1.1.2 Αντιδραστήρια & Υλικά.....	41
3.1.2 Σχεδιασμός πειράματος.....	41
3.1.2.1 Παρασκευή υποστρώματος για ανάπτυξη καλλιέργειας	41
3.1.2.2 Ζύμωση και ξήρανση των πράσινων κόκκων καφέ	42
3.1.2.3 Καβούρδισμα και παραγωγή ροφήματος καφέ	44
3.1.2.4 Μετρήσεις στο ρόφημα του καφέ.....	45
4 Αποτελέσματα & Συζήτηση	47
4.1 Ανάπτυξη καλλιεργειών εκκίνησης και βακτηρίων κατά τη ζύμωση	47
4.2 Ξήρανση των κόκκων	49

4.3 Μετρήσεις στον καφέ	51
4.3.1 Μέτρηση Χρώματος	51
4.3.2 Μέτρηση Ολικών Διαλυτών Στερεών και Brix	52
4.4 Οργανοληπτική δοκιμή	53
4.5 Γενικό αποτέλεσμα ζύμωσης	54
5 Συμπεράσματα	56
6 Βιβλιογραφία	57

Πίνακας περιεχομένων εικόνων

Εικόνα 1. Χώρες παραγωγής καφέ σε όλο τον κόσμο (πηγή Oestreich-Janzen 2010)	2
Εικόνα 2. <i>Coffea Arabica</i> (πηγή https://www.freepik.com/free-photo/coffea-arabica-illustration-from-medical-botany_3686478.htm)	6
Εικόνα 3. <i>Coffea Cenefora</i> (πηγή https://www.healthbenefitstimes.com/robusta-coffee/)	6
Εικόνα 4. The types of Bourbon coffee (πηγή: https://www.cafescaracas.com/en/blog/sweetness-and-coffee-processing-methods-honey.html).....	8
Εικόνα 5. Η ποικιλία Costa rica (πηγή: cafeimports.com)	9
Εικόνα 6. <i>C. arabica</i> varieties (πηγή: Setoyama et al., 2013)	9
Εικόνα 7. Ethiopian Sidamo (πηγή: https://no6coffee.co)	10
Εικόνα 8. <i>C. robusta</i> (πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Coffea_canephora)	11
Εικόνα 9. The anatomy of a coffee cherry (πηγή: https://jollymaccoffee.com/pages/coffee-the-journey-from-the-seed-to-your-cup).....	14
Εικόνα 10. Μόριο καφεΐνης	15
Εικόνα 11. Διαγραμματική απεικόνιση παραγωγής καφέ (πηγή Wintgens 2004).....	20
Εικόνα 12. Μέση σύσταση κόκκων καφέ (πηγή: Belitz et al, 2012)	24
Εικόνα 13. Πρωταρχικά πλεονεκτήματα χρήσης non - <i>Saccharomyces</i> καλλιιεργειών για την παραγωγή κρασιού (πηγή Benito et al., 2019)	37
Εικόνα 14. Οι φιάλες όπου διεξήχθη το πείραμα	42
Εικόνα 15. Ζυμωμένοι κόκκοι προς ξήρανση	43
Εικόνα 16. Crem ONE Coffee Machine (πηγή: website https://www.crem.coffee/ONE).....	45
Εικόνα 17. Tonino Coffee color meter https://en.neroscurocoffee.com/blogs/news/an-empirical-test-of-measured-color-and-grind-level-relationship	45
Εικόνα 18. Μετρητής ολικών διαλυτών στερεών στο ρόφημα καφέ	46
Εικόνα 19. Διαθλασίμετρο Abbemat 3100 (Anton-Paar).....	46
Εικόνα 20. Κόκκοι πριν και μετά το καβούρδισμα.....	50

Πίνακας περιεχομένων πινάκων

Πίνακας 1: Ταξινόμια φυτού <i>Coffea</i> (πηγή: Wikipedia https://en.wikipedia.org/wiki/Coffea)	5
Πίνακας 2. Γενικά χαρακτηριστικά ποικιλιών καφέ (πηγή Alves et al., 2017)	7
Πίνακας 3. Οι 10 χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή καφέ την περίοδο 2014/15 - 2021/22 United States Department of Agriculture (USDA)	17
Πίνακας 4. Κατάταξη παγκόσμιας κατανάλωσης καφέ/νοικοκυριό για την περίοδο 2014/15-2021/22 United States Department of Agriculture (USDA)	18
Πίνακας 5. Επεξηγήσεις ενδείξεων Tonino Adapted by https://my-tonino.com/details.html	45
Πίνακας 6. Ποσοστό υγρασίας μετά την ξήρανση	49
Πίνακας 7. Οργανοληπτική αξιολόγηση τελικού ροφήματος καφέ	53

Πίνακας περιεχομένων διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1. Παγκόσμια Παραγωγή Καφέ από το 2003/4 έως το 2020/21, σε εκατομμύρια σακούλες των 60 κιλών (https://www.statista.com/statistics/292595/global-coffee-consumption/)	16
Διάγραμμα 2. Καβούρδισμα κόκκων	44
Διάγραμμα 3. Ανάπτυξη ζυμών	48
Διάγραμμα 4. Ανάπτυξη βακτηρίων	48
Διάγραμμα 5. Εξέλιξη του pH κατά τη ζύμωση	49
Διάγραμμα 6. Ενδείξεις χρώματος στο μηχάνημα Tonino	52
Διάγραμμα 7. Μετρήσεις TDS% και Brix%	52

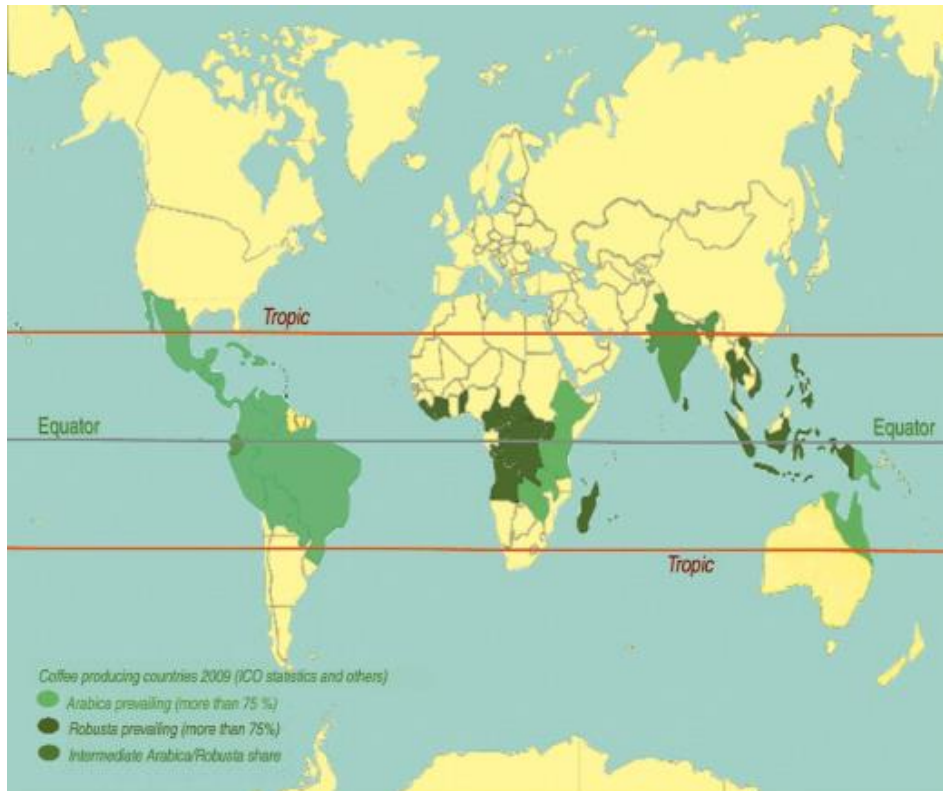
1 Εισαγωγή και Σκοπός της Εργασίας

Ο καφές ανήκει στα κυριότερα ροφήματα στην παγκόσμια καταναλωτική αγορά μαζί με το τσάι και το ρόφημα κακάο. Από την αρχαιότητα έως και σήμερα, και έχοντας περάσει από πολλά στάδια στον τρόπο κατανάλωσης, στο κοινό που απευθύνεται, στον τρόπο επεξεργασίας του φυτού, ο καφές αποτελεί σίγουρα εκτός από αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητας και μια πηγή έμπνευσης για όσους ασχολούνται επαγγελματικά ή ερασιτεχνικά με την παραγωγή και επεξεργασία του καφέ ή ακόμα και ως απλοί καταναλωτές. Με τις συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες για νέα προϊόντα και με σύμμαχο την τεχνολογία, έχουν δημιουργηθεί τεχνικές για μαζική παραγωγή έτοιμων προϊόντων ροφήματος καφέ. Στόχος είναι να δημιουργούνται προϊόντα με αντοχή στο χρόνο και εκλεπτυσμένα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά που να ανταποκρίνονται στις ανάγκες των καταναλωτών. Έτσι γεννήθηκε η ιδέα της πειραματικής αυτής πτυχιακής εργασίας, στην οποία επιλεγμένοι κόκκοι καφέ θα ζυμωθούν με ελεγχόμενη ζύμωση και εμβολιασμό. Κατόπιν της ζυμώσεως θα παρασκευασθεί έτοιμο ρόφημα καφέ από το κάθε δείγμα το οποίο θα αξιολογηθεί για να διαπιστωθεί αν μπορεί να οδηγήσει σε βελτίωση του οργανοληπτικού χαρακτήρα και κατά συνέπεια στην αύξηση της αξίας των κόκκων του καφέ που προορίζονται προς καβούρδισμα.

1.1 Ιστορία του καφέ

Το γένος *Coffea* ή αλλιώς το γνωστό καφεόδεντρο, έχει τις ρίζες του στην Αφρική, ενδεχομένως και στη Μαδαγασκάρη. Η πρώιμη καλλιέργειά του αναφέρεται στην Αιθιοπία αλλά και στην Υεμένη δεδομένου ότι το κλίμα και η γεωγραφία είναι παρόμοια. Σε κάποιες αφηγήσεις, αναφέρεται πως ο καφές ξεκίνησε πολλές χιλιάδες χρόνια πίσω και οι μέθοδοι κατανάλωσής του τροποποιήθηκαν αρκετά έως ότου φτάσει στο σημείο του καβουρδισμένου καφέ που καταναλώνουμε σήμερα ως ρόφημα.

Ο καφές αναπτύσσεται σε τροπικά κλίματα και περιοχές. Ενώ ξεκίνησε από συγκεκριμένες χώρες η καλλιέργειά του, σήμερα, καλλιεργείται σε όλες τις ηπείρους που ανήκουν σε αυτήν τη γεωγραφική ζώνη μέχρι και σε μέρη της Αυστραλίας, και πολύ πρόσφατα, στην ορεινή περιοχή Γιουνάν της Κίνας. Δύο είναι τα κυριότερα είδη καφέ, ο *Coffea arabica* και ο *Coffea robusta*, το καθένα με τα δικά του μοναδικά χαρακτηριστικά, τα οποία αναλύονται παρακάτω (Oestreich-Janzen 2010).



Εικόνα 1. Χώρες παραγωγής καφέ σε όλο τον κόσμο (πηγή Oestreich-Janzen 2010)

Ο καφές, όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, συγκαταλέγεται στα τρία σημαντικότερα ροφήματα του σύγχρονου πολιτισμού. Δεν είναι γνωστή η ακριβής χρονολογία που ξεκίνησε να χρησιμοποιείται ο κόκκος του καφεόδεντρου για παραγωγή και κατανάλωση ροφήματος. Παρόλα αυτά, υπάρχουν αρκετά κείμενα και μαρτυρίες από το 16ο αιώνα και μετά που αναφέρουν την ταχύτατη εξάπλωσή του στην παγκόσμια καταναλωτική αγορά.

Το καφεόδεντρο για πρώτη φορά ανακαλύφθηκε στη περιοχή της Αβησσυνίας (Pendergrast 2010). Παρότι λίγες, υπάρχουν αναφορές ακόμα και στην Παλαιά Διαθήκη. Φημολογείται πως ο καφές ήταν στα πέντε αποξηραμένα καλαμπόκια ανάμεσα στα δώρα προς το Δαβίδ για να ηρεμήσει η οργή του. Το πέρασμα όμως στη Μέση Ανατολή άργησε να έρθει. Το 15ο αιώνα, ο Sheik Gemaleddin έφερε τον καφέ από την Αιθιοπία στην Adden για να θεραπεύσει την εξασθενημένη υγεία του. Με τη χρήση του καφέ, όχι μόνο έγινε καλά αλλά τον βοήθησε να μένει συγκεντρωμένος και σε εγρήγορση. Έτσι, λοιπόν, καθιέρωσε τη χρήση του ροφήματος καφέ στους δερβίσηδες για να μελετούν και να προσεύχονται τη νύχτα συγκεντρωμένοι. Πιθανότατα ο καφές να ήταν ήδη γνωστός στην Aden, όμως, η έγκριση και η αποδοχή του από τους πολύ γνωστούς μιάμηδες ήταν αρκετή για να διαδοθεί αυτή η μόδα σε όλη την Υεμένη (Ukers, 1922).

1.1.1 Αρχικές μέθοδοι κατανάλωσης καφέ

Απλοποιώντας κάπως την ιστορική εξέλιξη στην κατανάλωση του καφέ φτιάχνεται ένα συνοπτικό χρονοδιάγραμμα το οποίο ξεκινάει από το 800 μ.Χ. όπου μελέτες δείχνουν ότι πρακτικά η κατανάλωση καφέ ξεκίνησε με μια τεχνική στην οποία έλιωναν σε γουδί ολόκληρο το “ώριμο μούρο” του καφέ μαζί με τη φλούδα- κέλυφος. Κατόπιν, το αναμίγνυαν με λίπη και δημιουργούσαν βρώσιμα μπαλάκια (μπάλες φαγητού). Αργότερα άρχισαν να χρησιμοποιούν και αποξηραμένους κόκκους. Συνεχίζοντας στο 900 μ.Χ. όπου την εμφάνιση του κάνει στην Αφρική ένα αρωματικό κρασί φτιαγμένο από το ζυμωμένο χυμό που προκύπτει απ’ το φλοιό και τη σάρκα των ώριμων καρπών καφεόδεντρου. Αρχικά, δεν καβούρδιζαν τους κόκκους (δεν είχε προκύψει καν σαν ιδέα). Ήταν όμως εντυπωσιασμένοι από τα αρώματα των αποξηραμένων κόκκων. Έτσι, τοποθετούσαν τους κόκκους σε κρύο νερό κι έπιναν το κορεσμένο με ενεργά αρώματα λικέρ – εκχύλισμα που πρόκυπτε.

Κάπως έτσι περνάμε στο 1000 μ.Χ., εκεί που εφευρέθηκε ο βρασμένος καφές (πάλι χωρίς να έχουν καβουρδιστεί οι κόκκοι). Στην ιατρική, χρησιμοποιούνταν ως αφέψημα. Ολόκληρος ο αποξηραμένος καρπός (σάρκα και φλοιός) έβραζε σε πέτρινο ή πήλινο καζάνι. Μετά ο δρόμος για τον καφέ όπως τον γνωρίζουμε σήμερα απείχε μόλις μερικά χρόνια (Ukers, 1922).

2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Το δέντρο του καφέ

2.1.1 Ταξινόμηση - Βιολογία φυτού

Το δέντρο του καφέ ανήκει στην οικογένεια *Rubiaceae*. Ζει περίπου 25 - 30 χρόνια και ευδοκimeί κυρίως σε τροπικά κλίματα. Ανάλογα το είδος, το δέντρο του καφέ μπορεί να φτάσει τα 3-12m ύψος, όμως, για διευκόλυνση της συγκομιδής οι θάμνοι συντηρούνται στα 2 το πολύ 2,5m. Έχει φύλλα δερματοειδή με μικρό στέλεχος και άνθη άσπρα που μοιάζουν με γιασεμί. Από αυτά τα άνθη προκύπτουν πυρηνόκαρπα (μοιάζουν με κεράσι) διαμέτρου περίπου 1,5 με 2 cm (*Coffea* Wikipedia).

Πίνακας 1: Ταξινόμια φυτού *Coffea* (πηγή: Wikipedia <https://en.wikipedia.org/wiki/Coffea>)

Scientific classification	
Kingdom:	Plantae
Clade:	Tracheophytes
Clade:	Angiosperms
Clade:	Eudicots
Clade:	Asterids
Order:	Gentianales
Family:	Rubiaceae
Tribe:	Coffeae
Genus:	Coffea



Εικόνα 2. *Coffea Arabica* (πηγή https://www.freepik.com/free-photo/coffea-arabica-illustration-from-medical-botany_3686478.htm)



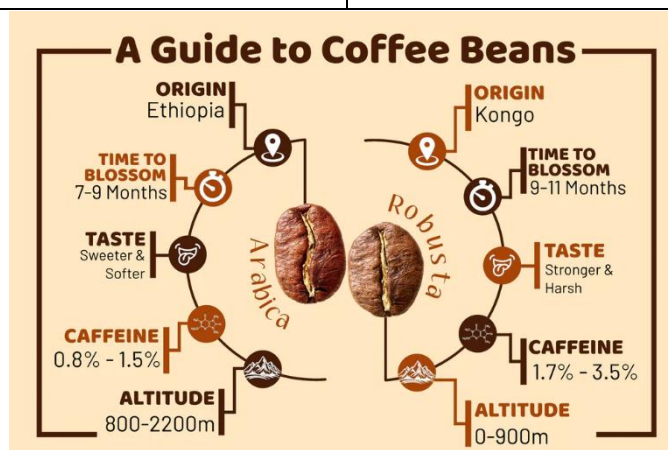
Εικόνα 3. *Coffea canephora* (πηγή <https://www.healthbenefitstimes.com/robusta-coffee/>)

2.1.2 Είδη καφέ και Ποικιλίες

Ανάμεσα στα διάφορα είδη του γένους *Coffea* δύο φαίνονται πιο ενδιαφέροντα από οικονομικής και παραγωγικής απόψεως. Πρώτο είναι το *C. arabica* με το μεγαλύτερο ποσοστό παραγωγής ενώ δεύτερο έρχεται το *C. canephora* ή *C. Robusta*. Έπειτα υπάρχουν ακόμη δύο είδη κάποιου ενδιαφέροντος, το *C. Liberica* και το *C. dewevrei* ή αλλιώς *excelsa*. (Farah & Ferreira 2015).

Πίνακας 2. Γενικά χαρακτηριστικά ποικιλιών καφέ (πηγή Alves et al., 2017)

<i>C. arabica</i>	<i>C. robusta</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Ανώτερη ποιότητα κυπέλλου • Περισσότερο εκτιμώμενα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά • Χαμηλότερη περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά • Πιο εύαλωτα σε παράσιτα και ασθένειες 	<ul style="list-style-type: none"> • Μικρότερο μέγεθος κόκκων • Συνήθως φθηνότερα • Διπλή περιεκτικότητα σε καφεΐνη • Υψηλότερη απόδοση σε εκχυλίσμα στερεά • Πιο ανθεκτικό σε παράσιτα και ασθένειες



2.1.3.1 Ποικιλίες του είδους *C. arabica*

Πρόκειται για το πιο διαδεδομένο και με τη μεγαλύτερη παραγωγή είδος καφέ παγκοσμίως. Προέρχεται από την Αιθιοπία, ενώ πλέον καλλιεργείται σε διάφορες εκτάσεις της ζώνης ανάπτυξης του καφέ όπως στην Αμερική και στην Ανατολική Αφρική (Clarke & Macrae,

1987). Περίπου το 60% της συνολικής παραγωγής καφέ (84,3 εκατομμύρια σακουλάκια των 60 kg το 2014/2015, στατιστικές ICO) προέρχεται από το είδος *C. Arabica*. Περιλαμβάνει δύο κύριες ποικιλίες, τη Bourbon και την Typica οι οποίες λέγεται ότι αποδίδουν υψηλά ποιοτικά χαρακτηριστικά στο παραγόμενο ρόφημα καφέ. Υπάρχουν και άλλες ποικιλίες, μικρότερου ενδιαφέροντος όπως η Maragogype η οποία δεν έχει εξίσου καλά ποιοτικά αποτελέσματα στο τελικό προϊόν συγκριτικά με τις δύο κυριότερες.



Εικόνα 4. The types of Bourbon coffee (πηγή: <https://www.cafescaracas.com/en/blog/sweetness-and-coffee-processing-methods-honey.html>)

Υπάρχουν και ορισμένες επιλογές όπως Laurina, Moka ή Blue Mountain οι οποίες έχουν εγκριθεί από την αγορά ως παραγωγή καφέ υψηλής ποιότητας. Επιπροσθέτως, υπάρχουν ποικιλίες του είδους *C. arabica* που προέρχονται από τις περιοχές της Αιθιοπίας και του Σουδάν, όπως πχ η Geisha και η Rume Sudan, οι οποίες θεωρούνται ως άγριες ή ημιάγριες επιλογές με αρκετά χαμηλή παραγωγικότητα. Αυτό οδηγεί στην πώλησή τους σε συγκεκριμένες ποσότητες, με αποτέλεσμα να πωλούνται κατόπιν συγκεκριμένης ζήτησης. Στις αρχές της δεκαετίας του 1980, η ανάγκη ανάπτυξης ανθεκτικών ποικιλιών του είδους *C. arabica* στη νόσο της “σκουριάς” των φύλλων του καφέ (coffee leaf rust disease) που προκαλείται από τον μύκητα *Hemileia vastatrix* ανάγκασε τους γενετιστές να αναζητήσουν άλλες πηγές ανθεκτικών γονιδίων. Ως αποτέλεσμα, αναπτύχθηκαν ποικιλίες (π.χ. Catimors, Sarchimors) που συνδυάζουν υψηλή παραγωγικότητα και αντοχή στη σκουριά. Παρά τις γεωπονικές βελτιώσεις και τις αντοχές, σε οργανοληπτικό επίπεδο, υπάρχουν ποικιλίες που δημιουργήθηκαν και διχάζουν τους δοκιμαστές και το αγοραστικό κοινό. Ισχυρό παράδειγμα αποτελεί η ποικιλία Costa Rica 95, η οποία φέρεται να έχει κατώτερη ποιότητα από τις παραδοσιακές ποικιλίες. (Herrera and Lambot, 2017).



Εικόνα 5. Η ποικιλία Costa rica (πηγή: cafeimports.com)

Arabica coffee varieties	Semi-Mature		OverRipe	
	Immature	Mature		
1 Catimore 5175-1				
2 Red Catuai				
3 F1 Hybrid of Catimor and Tall Mokka (5175-1 xMA2-7)				
4 Maragogipe				
5 Tall Mokka MA 2-7				
6 SL28				
7 Typica				
8 Yellow Bourbon				
9 Yellow Catuai				

Εικόνα 6. *C. arabica* varieties (πηγή: Setoyama et al., 2013)

Ωστόσο, η εμπειρία αναπαραγωγής έδειξε ότι όταν η επιλογή για την ποιότητα θεωρείται ως κύριο κριτήριο, είναι δυνατό να αποκτηθούν εσωστρεφείς ποικιλίες του *C. arabica* με εξαιρετική ποιότητα. Στην Κολομβία, οι σύνθετες ποικιλίες Colombia και πιο πρόσφατα Castillo αξιολογήθηκαν για τα χαρακτηριστικά τους. Συνολικά, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι παρά την ιδιαίτερη και περίπλοκη σύνθεσή τους, το οργανοληπτικό προφίλ τους δεν μπορεί να διαφοροποιηθεί από τις παραδοσιακές ποικιλίες όπως η Caturra, η Typica ή η Bourbon. (Herrera and Lambot, 2017).

Στην Κένυα, δημιουργήθηκε και αναπτύχθηκε το 1985 στο Coffee Research Station, Ruiru μια αρκετά σύνθετη ποικιλία η Ruiru 11. Έχει εξαιρετικό ενδιαφέρον καθώς παρουσιάζει αντοχή στις κύριες ασθένειες του καφέ, έχει αρκετά υψηλή απόδοση και εξαιρετική ποιότητα. Σε μια πρόσφατη έκθεση, ο Gichimu (2013) επεσήμανε τη δυνατότητα επιλογής, ορισμένων υβριδικών γραμμών που συνδυάζουν τόσο την υψηλή ποιότητα όσο και την αντίσταση στην νόσο των μούρων. (Herrera and Lambot, 2017).

Στο πείραμά μας, χρησιμοποιήθηκαν κόκκοι *C. arabica* από την επαρχία της Sidamo. Στη συγκεκριμένη επαρχία λέγεται ότι γεννήθηκε και ο καφές καθώς από εκεί ξεκίνησε η παραγωγή του (Coffee production in Ethiopia, Wikipedia). Στη συγκεκριμένη περιοχή, ο καφές αναπτύσσεται στα 1500 – 2200 μέτρα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και η συγκομιδή του γίνεται από Οκτώβριο έως Ιανουάριο. Το οργανοληπτικό προφίλ του είναι με αρωματικές νότες ανθών, μούρων και κίτρου, ενώ έχει χαμηλή οξύτητα, μέτριο σώμα και γεύση λεμονιού και μούρων (πηγή: <https://blog.suvie.com/a-beginners-guide-to-coffee-ethiopia-sidamo-2/>).



Εικόνα 7. Ethiopian Sidamo (πηγή: <https://no6coffee.co>)

2.1.3.2 *Coffea canephora* ή *Coffea Robusta*

Το είδος *C. robusta* είναι το δεύτερο πιο διαδεδομένο μετά το *C. arabica* με κυριότερες ποικιλίες τις Kuillou και Conillon. Στα χαρακτηριστικά του κατατάσσονται η πικρή γεύση, η έντονη καφεΐνη, η τάση γεύσης σιτηρών (Knox, and Huffaker, 1997). Η καλλιέργεια του *C. robusta* στις αρχές του 19ου αιώνα λόγω των σημαντικών ζημιών που προκάλεσε η νόσος σκουριάς των φύλλων τους καφέ σε φυτείες *C. arabica* στην Ασία. Σύμφωνα με τις πρώτες διαθέσιμες αναφορές, οι καφέ *C. robusta* εισήχθησαν στην Ιάβα το 1901 από μια ένταξη που είχε προηγουμένως εντοπιστεί στο Βελγικό Κονγκό (Δημοκρατική Δημοκρατία του Κονγκό). Με κριτήριο την αντοχή του είδους αυτού στη νόσο της σκουριάς των φύλλων του καφέ, αλλά και την υψηλή τους παραγωγικότητα, οι ποικιλίες *C. robusta* έγιναν άμεσα αποδεκτές από τους αφρικανούς αγρότες. Ταυτόχρονα, άλλες άγριες ποικιλίες του είδους *C. robusta* όπως οι Kouillou, Maclaudi & Game, Niaouli ή *Coffea ugandae* επιλέχθηκαν και αναπτύχθηκαν για τους ίδιους λόγους και με τα ίδια κριτήρια από αγρότες σε αρκετές χώρες όπως η Ακτή Ελεφαντοστού, η Γουινέα, το Τόγκο κλπ. (Herrera and Lambot, 2017).



Εικόνα 8. *C. robusta* (πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Coffea_canephora)

2.1.4 Καλλιέργεια

Από τη στιγμή της φύτευσης, θα πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για να διασφαλιστεί ότι τα φυτά αναπτύσσονται σωστά και επομένως όχι μόνο θα επιτύχουν ποιοτική παραγωγή, αλλά θα το κάνουν με τρόπο οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά βιώσιμο. Όπως γνωρίζουμε, ο καφές φυτεύεται συχνά κατά την περίοδο των βροχών. Αυτό σημαίνει πως πρέπει να διασφαλίζεται η καθαριότητα των κατασκευών κατακράτησης νερού. Είναι αρκετά

σημαντικό να μεγιστοποιείται η χρήση του νερού της βροχής, για τη διείσδυση του στο έδαφος και συνεπώς την απορρόφηση και τη μεταφορά των θρεπτικών ουσιών στο φυτό. Επίσης, αρκετά κρίσιμη είναι η αποθήκευση του περισσευούμενου νερού όταν υπάρχει προκειμένου να χρησιμοποιηθεί παροδικά και να συμβάλλει εν τέλει στη σωστή ανάπτυξη του φυτού.

Για τον μετριασμό των επιπτώσεων της ξηρασίας έχουν χρησιμοποιηθεί γεωπονικές τεχνικές όπως η τεχνική mulching (χρήση σάπιων φύλλων, φλούδες δέντρων ή κομπόστ), που αφορά την κάλυψη του εδάφους στη φυτεία καφέ μέσω ενός στρώματος απορριμμάτων λαχανικών, και η στάγδην άρδευση (drip irrigation), μια μέθοδος άρδευσης που στάζει νερό αργά στις ρίζες των φυτών, είτε μέσω της επιφάνειας του εδάφους είτε απευθείας στη ζώνη της ρίζας, μέσω ενός συστήματος βαλβίδων, σωλήνων και εκπομπών (Lieth et al., 2019), η οποία συνίσταται στην εφαρμογή νερού απευθείας στο ριζικό σύστημα των φυτών σε μικρές ποσότητες προκειμένου να βελτιστοποιηθεί αυτός ο σημαντικός φυσικός πόρος. Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας είναι η σωστή λίπανση της καλλιέργειας. Στόχος είναι μια οικονομική και ισορροπημένη λίπανση διότι αυτό έχει αντίκτυπο στην ευαισθησία του φυτού σε προσβολές από παράσιτα και ασθένειες (Farah 2019).

Ως συμπέρασμα, αντιλαμβανόμαστε τη σημασία της ανάλυσης του εδάφους όπου φυτεύτηκε ή θα φυτευτεί ο καφές τόσο για την ανάπτυξη του φυτού όσο και για την ανοχή του σε διάφορες ασθένειες και παράσιτα. Οι διορθώσεις του εδάφους (που αλλάζουν το pH ή/και δεσμεύουν στοιχεία που μπορεί να είναι τοξικά για τα φυτά) πρέπει να εφαρμόζονται πριν από το πραγματικό λίπασμα, καθώς επιτρέπουν τη μέγιστη απορρόφηση μακροθρεπτικών και μικροθρεπτικών συστατικών.

Η πράσινη λίπανση είναι η πρακτική της φύτευσης άλλων καλλιεργειών (ιδιαίτερα των οσπρίων) μεταξύ των σειρών του καφέ και στη συνέχεια της ενσωμάτωσής τους στο έδαφος ως πηγή οργανικής ουσίας και θρεπτικών συστατικών. Η καλλιέργεια κάλυψης πράσινης κοπριάς μπορεί να αντιμετωπιστεί χρησιμοποιώντας θαμνοκοπτικά προκειμένου να μειωθεί ο ανταγωνισμός της καλυπτικής καλλιέργειας με τον καφέ, ενώ παράλληλα παρέχεται οργανική ύλη που μπορεί να ενσωματωθεί στο έδαφος. Είναι επίσης σύνηθες στη διαχείριση της καλλιέργειας καφέ η χρήση οργανικών πηγών θρεπτικών συστατικών: κοπριά βοοειδών, κοπριά πουλερικών, αλεύρι καστορέλαιου και φλούδες καφέ (υπολείμματα από την άλεση καφέ που περιλαμβάνουν τα εξω-, μεσο- και ενδοκάρπια του καρπού). Ωστόσο, η ζήτηση του φυτού καφέ για οργανικά λιπάσματα είναι συνήθως μεγαλύτερη από τη διαθεσιμότητά τους και η χρήση οργανικών λιπασμάτων συχνά περιορίζεται σε αυτά που μπορούν να παραχθούν στο αγρόκτημα ή να αποκτηθούν από άλλους, εφόσον οι τιμές είναι ανταγωνιστικές με τα

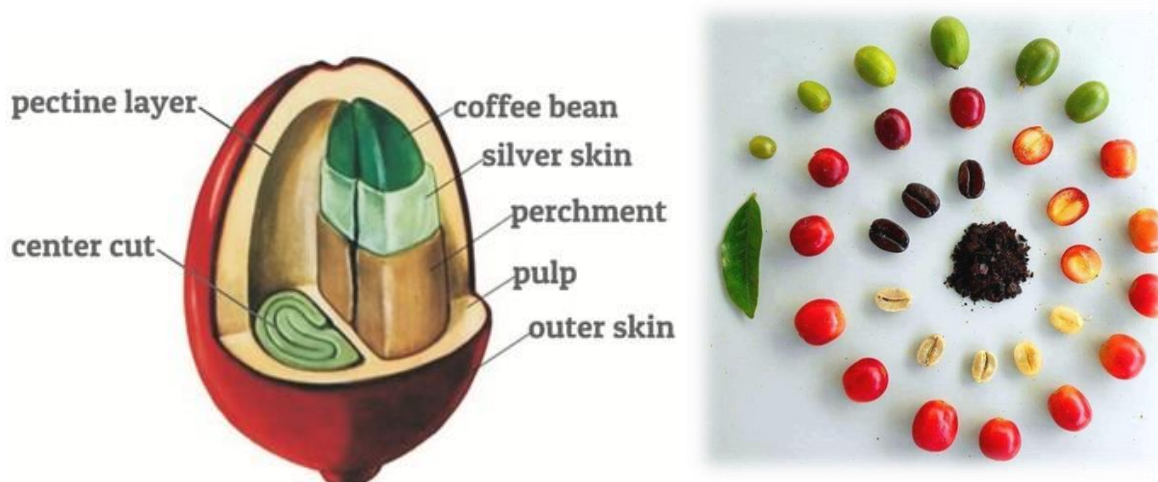
χημικά λιπάσματα. Τα χημικά λιπάσματα μπορούν να παρασκευαστούν με απλά θρεπτικά συστατικά ή σε πολυθρεπτικά σκευάσματα. Εφαρμόζονται στα φυτά (μέσω του εδάφους) κατά τη διάρκεια της περιόδου των βροχών για μεγαλύτερη βελτιστοποίηση και αποτελεσματικότητα, ή ακόμη και με λίπανση. Η εφαρμογή μικροθρεπτικών συστατικών μπορεί να γίνει μέσω του εδάφους ή μέσω διαφυλλικών εφαρμογών μέσω ψεκάσμου (Farah 2019).

Επίσης σημαντικό κατά την καλλιέργεια είναι το γεγονός ότι τα φυτά του καφέ προσβάλλονται από πολλά έντομα και ακάρεα και όλα τα μέρη των φυτών είναι επιρρεπή σε προσβολή από έντομα και συμπτώματα βλάβης μπορεί να εμφανιστούν από το σπόρο, το φυτώριο, τη φυτεία και την αποθήκευση. Μερικά έντομα επηρεάζουν το φυτό του καφέ εποχιακά, ενώ άλλα περνούν αρκετές γενιές σε αυτό. Στις περισσότερες περιπτώσεις η απόδοση μειώνεται απότομα, ενώ η ποιότητα των μούρων του καφέ επηρεάζεται από τους τρυπητές (borers) των κόκκων του καφέ. Το φυτό του καφέ προσβάλλεται από περισσότερα από 850 είδη εντόμων που τρέφονται με καφέ στον κόσμο, μεταξύ των οποίων 200 (23,5%) έχουν αναφερθεί στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές της Αμερικής. Οι οικονομικές απώλειες ποικίλλουν από χώρα σε χώρα και είδος φυτών. Ο τρυπητής του καφέ, το *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), ο ανθρακωρύχος φύλλων καφέ, το *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) και οι αλευρώδεις ρίζες (Pseudococcuscidae) είναι σοβαρά προβλήματα, σε όλες τις χώρες που καλλιεργούν καφέ. Τα αλευρώδη ζώφια, τα πράσινα λέπια και οι θρίπες επιδεινώνουν άμεσα την ποιότητα των καρπών ρουφώντας το χυμό από τα αναπτυσσόμενα μούρα, άνθη και φύλλα. Ο τρυπητής του μούρου του καφέ είναι ένα διαβόητο έντομο επειδή επηρεάζει το προϊόν που πρόκειται να συγκομιστεί, το μούρο του καφέ. Προσβάλλουν πράσινα, ώριμα και ξερά φρούτα ή μούρα και συνήθως εμφανίζουν μια τρύπα στο κορυφαίο τμήμα τους. Η τρύπα βρίσκεται στο κέντρο ή στο δακτύλιο του μούρου και γεμίζει με εκκρίματα ή εκπομπή σκόνης μούρων. Η επίθεσή του μειώνει την απόδοση και επηρεάζει αρνητικά την ποιότητα του μούρου. Η προσβολή τους προσελκύει επίσης τη μόλυνση πολλών μικροοργανισμών. Ο τρυπητής του καφέ μπορεί να προκαλέσει απώλειες απόδοσης μούρων 30%-35% με έως και 100% διάτρητα μούρα κατά τη συγκομιδή σε όλο τον κόσμο. Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, το μούρο του καφέ προσβάλλεται από το ρυζοκήπιο *S. oryzae*, το μικρότερο τρυπητή σιτάρι *R. dominica*, το κόκκινο σκαθάρι από αλεύρι *T. castaneum*, το τετράνυχος κόκκων καφέ: *A. fasciculatus* και το σκόρο ρυζιού *C. cephalonica* (Kumar and Vishwakarma 2018).

2.1.3 Μορφολογία του καρπού και χημεία της καφεΐνης

ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΚΑΡΠΟΥ

Ο εξωτερικός φλοιός του καρπού είναι αρχικά πράσινος, ενώ όταν ωριμάσει παίρνει ένα κόκκινο - ιώδες χρώμα . Μέσα από τον φλοιό υπάρχει το μεσοκάρπιο ή πούλπα η σάρκα δηλαδή του καρπού. Φτάνοντας, λοιπόν, στον πυρηνόκαρπο κόκκο συναντούμε από έξω προς τα μέσα το περγαμινό ή ενδοκάρπιο (parchment), το σπερματόδερμα αλλιώς silverskin και τέλος το ενδοσπέρμιο ή αλλιώς τον κόκκο του καρπού.

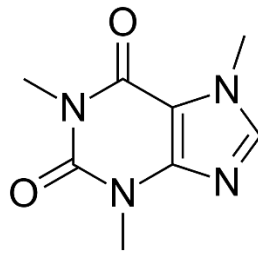


Εικόνα 9. The anatomy of a coffee cherry (πηγή: <https://jollymaccoffee.com/pages/coffee-the-journey-from-the-seed-to-your-cup>)

ΚΑΦΕΙΝΗ - Η ΚΥΡΙΑ ΟΥΣΙΑ ΤΟΥ ΚΑΦΕ

Η καφεΐνη είναι ένα αλκαλοειδές της οικογένειας των ξανθινών. Όταν είναι καθαρό, είναι ένα άοσμο λευκό στερεό με σ.τ. 234–236 °C μερικώς διαλυτό στο νερό (100 mM). Ως γνωστόν, η καφεΐνη έχει διεγερτική δράση και βρίσκεται σε φυτά όπως ο καφές ή το τσάι. Ο στιγμιαίος καφές ή ο διαλυτός καφές είναι ένα ευρέως διαδεδομένο προϊόν στην αγορά που παρασκευάζεται από έγχυση με τη διαδικασία λυοφιλοποίησης. Σύμφωνα με τους

κατασκευαστές, ο στιγμιαίος καφές περιέχει μεταξύ 55 και 62 mg καφεΐνης ανά φλιτζάνι που παρασκευάζεται με ένα κουταλάκι του γλυκού του προϊόντος.



Εικόνα 10. Μόριο καφεΐνης

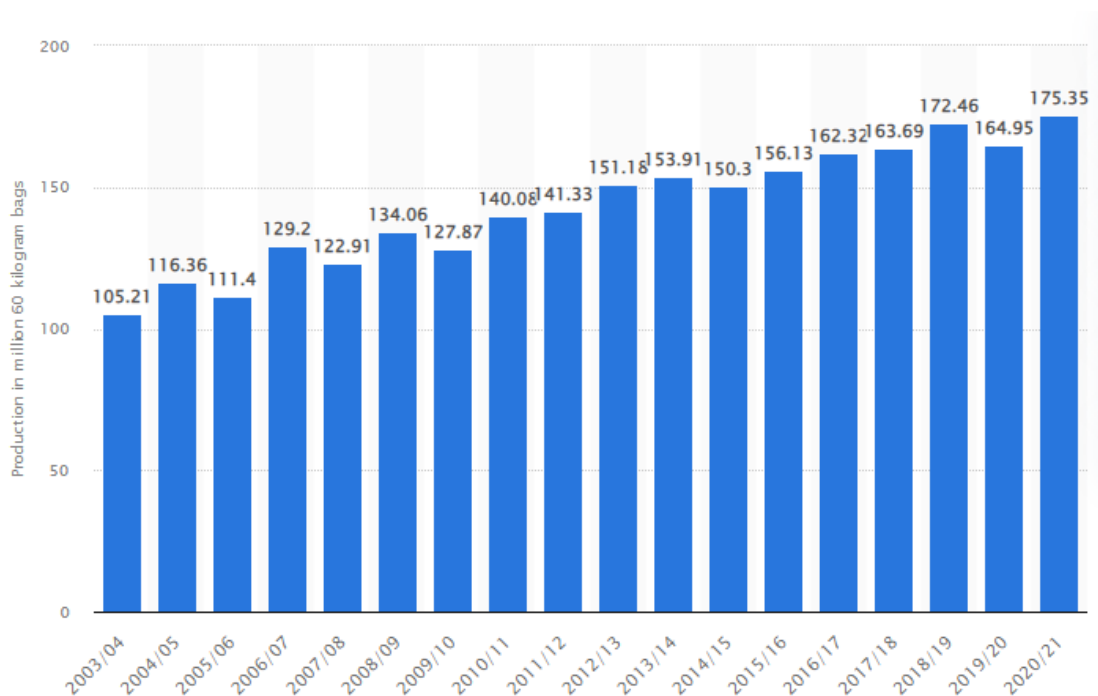
Η καφεΐνη ($C_8H_{10}N_4O_2$, μοριακή μάζα 194,1906 g/mol) ως ένα αλκαλοειδές μεθυλο-ξανθίνης που βρίσκεται σε πολλά μέρη των φυτών, όπως τα φασόλια, οι ξηροί καρποί, οι σπόροι και τα φύλλα, είναι διεγερτικό και η μορφή I της καφεΐνης είναι μετασταθερή (metastable). Αυτή η μορφή είναι σταθερή μόνο σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από $155^{\circ}C$ έως $237^{\circ}C$. Η μορφή II είναι σταθερή σε συνθήκες δωματίου, όπως $20-25^{\circ}C$ (Zabot, 2020). Μια πολύ γνωστή πηγή καφεΐνης είναι ο κόκκος καφέ και τα γνωστά προϊόντα που περιέχουν καφεΐνη είναι ποτά όπως καφές, τσάι, ενεργειακά ποτά και σοκολάτα, μεταξύ άλλων. Η εκχύλιση καφεΐνης από τα φυτά στοχεύει στην παρουσίαση ενός ντεκαφεϊνέ προϊόντος, ως ντεκαφεϊνέ καφέ ή ντεκαφεϊνέ τσάι. Η παραγωγή και η επεξεργασία του καφέ είναι ένας από τους πιο σημαντικούς βιομηχανικούς τομείς σε όλο τον κόσμο. Η Βραζιλία, η Κολομβία, η Ινδονησία και το Μεξικό είναι οι κύριοι παραγωγοί καφέ, οι οποίοι μπορούν να αντιπροσωπεύουν περισσότερους από 3 εκατομμύρια τόνους ετησίως (σχεδόν το 60% της παγκόσμιας παραγωγής). Η τρέχουσα ετήσια παγκόσμια παραγωγή είναι μεγαλύτερη από 5,5 εκατομμύρια τόνους. Η πρόσληψη καφεΐνης ευνοεί την οξείδωση του λίπους και επιταχύνει το μεταβολισμό. Επιπλέον, η καφεΐνη μπορεί να μπλοκάρει τους υποδοχείς αδενοσίνης στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Διαφορετικά, η πρόσληψη καφεΐνης μπορεί να προκαλέσει ορισμένες ανεπιθύμητες ενέργειες, όπως αίσθημα παλμών, γαστρεντερικές διαταραχές, άγχος, αλλαγές στη διάθεση, αϋπνία και αυξημένη αρτηριακή πίεση. Όταν η κατανάλωση ροφημάτων που περιέχουν καφεΐνη είναι σχετικά υψηλή, ορισμένοι καταναλωτές αλλάζουν τα προτερήματα της κατανάλωσης των ροφημάτων σε προβλήματα. Για μερικούς ανθρώπους, ειδικά που έχουν προβλήματα υγείας, η ευχαρίστηση της κατανάλωσης προϊόντων με καφεΐνη δεν αντισταθμίζεται από τα αρνητικά που τροφοδοτούνται από καφεΐνη (Zabot, 2020).

2.1.5 Περιοχές παραγωγής (ποσοτικά - στατιστικά στοιχεία)

Σύμφωνα με το Διεθνή Οργανισμό Καφέ (International Coffee Organization ή ICO) η μεγαλύτερη ποσότητα καφέ παράγεται στην Νότιο Αμερική. Συγκεκριμένα, με βάση τα στατιστικά που έχει συλλέξει ο ICO, για τα έτη 2017 - 2020 η Νότιος Αμερική κατείχε την πρώτη θέση στην ετήσια παραγωγή παγκοσμίως (ICO).

Οι άνθρωποι μετέφεραν το φυτό του καφέ στον κόσμο, πέρα από τις περιοχές όπου αρχικά καλλιεργήθηκε, όπως για παράδειγμα ο *C. arabica* κατάγεται από την Αιθιοπία. Η ιστορία της διάδοσης του καφέ *C. arabica* έχει τις ρίζες της προ του 8ου αιώνα όταν ορισμένοι σπόροι μεταφέρθηκαν από την Αιθιοπία στην Υεμένη για να καλλιεργηθούν από Άραβες. Στη συνέχεια έμελλε οι Άραβες να μείνουν ως μοναδικοί προμηθευτές για πάνω από 6 αιώνες.

Η καλλιέργεια του καφέ αναπτύχθηκε και σε άλλες χώρες με παρόμοιο κλίμα (όπως πχ Ιάβα, Ινδονησία κλπ). Στην Ευρώπη, η καλλιέργεια του καφέ έγινε γνωστή μετά το 17^ο αιώνα, ενώ πλέον έχει ο καφές καλλιεργείται σχεδόν σε όλες τις χώρες τροπικού κλίματος παγκοσμίως. (Herrera and Lambot, 2017).



Διάγραμμα 1. Παγκόσμια Παραγωγή Καφέ από το 2003/4 έως το 2020/21, σε εκατομμύρια σακούλες των 60 κιλών (<https://www.statista.com/statistics/292595/global-coffee-consumption/>).

Η εξερεύνηση του γένους *Coffea* δεν έχει ολοκληρωθεί, αν αναλογιστεί κανείς πως καθημερινά συνεχίζουμε να ανακαλύπτουμε άγριους τύπους καφές σε ορισμένα τροπικά δάση στην Αφρική. Επίσης, νέες ποικιλίες με κεντρικούς άξονες την υψηλή παραγωγικότητα αλλά και την υψηλότερη αντοχή σε προσβολές από παράσιτα και διάφορες ασθένειες (ειδικά για το είδος *C. arabica* που είναι και πιο ευαίσθητο στις προσβολές από παράσιτα και ασθένειες), αναπτύσσονται συνεχώς σε διάφορες τροπικές περιοχές παγκοσμίως. Βασικό μέλημα αποτελεί επίσης η αναβάθμιση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών (Herrera and Lambot, 2017).

Η αρχική γεωγραφική κατανομή του γένους *Coffea* περιορίζεται σε τροπικές υγρές περιοχές της Αφρικής και νησιά στον Δυτικό Ινδικό Ωκεανό. Συγκριτικές μελέτες που βασίζονται σε μοριακές αναλύσεις των ειδών *Coffea* έδειξαν μια ισχυρή αντιστοιχία μεταξύ της φυλογενετικής προέλευσης και της γεωγραφικής τους κατανομής σε τέσσερις κύριες διατροπικές δασικές περιοχές: Δυτική και Κεντρική Αφρική, Ανατολική Αφρική και Μαδαγασκάρη, όπου προήλθαν τα είδη.

Πίνακας 3. Οι 10 χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή καφέ την περίοδο 2014/15 - 2021/22
United States Department of Agriculture (USDA)

Country	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21	2021/22	Unit Description
Brazil	54,3	49,4	56,1	52,1	66,5	60,5	69,9	58,1	(1000 60 KG BAGS)
Colombia	13,3	14	14,6	13,825	13,87	14,1	13,4	13	(1000 60 KG BAGS)
Ethiopia	6,475	6,51	6,943	7,055	7,35	7,475	7,6	8,15	(1000 60 KG BAGS)
Honduras	5,1	5,3	7,51	7,6	7,1	5,2	6,5	5,4	(1000 60 KG BAGS)
India	5,44	5,8	5,2	5,266	5,325	4,967	5,237	5,53	(1000 60 KG BAGS)
Indonesia	10,47	12,1	10,6	10,4	10,6	10,7	10,7	10,58	(1000 60 KG BAGS)
Mexico	3,18	2,3	3,3	4	3,55	3,7	3,625	3,84	(1000 60 KG BAGS)
Others	21,731	21,014	21,076	21,318	22,221	21,688	20,4	20,484	(1000 60 KG BAGS)
Peru	2,9	3,5	4,225	4,375	4,39	3,925	3,369	4,2	(1000 60 KG BAGS)
Uganda	3,5	3,55	4,875	4,6	4,65	5,475	6,63	6,25	(1000 60 KG BAGS)
Vietnam	27,4	28,93	26,7	29,3	30,4	31,3	29	31,6	(1000 60 KG BAGS)

Ο αριθμός των ειδών καφέ που καταγράφηκαν σε διάφορες χώρες τα τελευταία 15 χρόνια αποκαλύπτει την παρουσία τριών κύριων σημείων ποικιλότητας ειδών που βρίσκονται στη Μαδαγασκάρη, το Καμερούν και την Τανζανία. Παρά την αυξημένη αποψίλωση των δασών σε αυτές τις περιοχές, τα αρχεία νέων ειδών σε άλλες χώρες που βρίσκονται κατά μήκος της διατροπικής περιοχής της Αφρικής παραμένουν επίσης σημαντικά. Ακόμα κι αν τα είδη καφέ βρίσκονται από το επίπεδο της θάλασσας έως και τα 2300 m πάνω, τα περισσότερα είδη

(67%) είναι προσαρμοσμένα σε περιορισμένο υψόμετρο κάτω από 1000 m. Ορισμένα είδη όπως το *C. robusta*, το *Coffea liberica*, το *Coffea salvatrix*, το *Coffea eugenioides* ή το *Coffea brevipes* παρουσιάζουν ευρεία εξάπλωση σε υψηλές περιοχές, από πεδινές περιοχές (π.χ. <500 m έως 1500 m), ενώ άλλα περιορίζονται κυρίως σε στενές περιοχές παραλλαγή (π.χ. *Coffea heterocalix*, *Coffea karakata*, *Coffea sessiflora* ή *Coffea stenophylla*). Επιπλέον, το *C. arabica* είναι καλά προσαρμοσμένο σε απόσταση μεταξύ 800 και 2000 m. Από την άλλη πλευρά, τα περισσότερα από τα είδη που έχουν ευρεία εξάπλωση στην αφρικανική ηπειρωτική χώρα (δηλαδή, *C. robusta*, *C. eugenioides* και *C. liberica*) βρίσκονται συνήθως σε υγρούς οικοτόπους που αντιπροσωπεύονται από αειθαλή δάση ή δάση στοών. Αντίθετα, άλλα είδη όπως το *Coffea congensis*, το *Coffea racemosa* ή το *Coffea pseudozanguebrae* παρουσιάζουν συγκεκριμένες προσαρμογές σε ενδιαιτήματα με ιδιαίτερες εδαφικές και κλιματικές συνθήκες (Herrera and Lambot, 2017).

Πίνακας 4. Κατάταξη παγκόσμιας κατανάλωσης καφέ/νοικοκυριό για την περίοδο 2014/15-2021/22 United States Department of Agriculture (USDA)

Country	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21	2021/22	Unit Description
Brazil	20,42	20,855	21,625	22,42	23,2	22,994	22,28	22,34	(1000 60 KG BAGS)
Canada	4,495	4,545	4,55	4,75	4,885	4,83	4,995	5,025	(1000 60 KG BAGS)
China	2,416	2,85	2,7	2,9	3	3,6	4,2	4,2	(1000 60 KG BAGS)
Ethiopia	2,985	3,11	3,1	3,15	3,193	3,14	3	3,475	(1000 60 KG BAGS)
European Union	43,87	44,095	39,045	42,065	42,092	40,264	41,306	42,2	(1000 60 KG BAGS)
Indonesia	2,9	3,175	3,203	3,56	4,3	4,9	4,45	4,75	(1000 60 KG BAGS)
Japan	7,86	8,06	8,21	8,231	7,897	7,61	7,354	7,75	(1000 60 KG BAGS)
Others	29,679	30,376	35,104	36,732	38,731	37,744	37,58	38,014	(1000 60 KG BAGS)
Philippines	4,23	6,21	6,995	6,55	6,125	6,12	6,605	7,025	(1000 60 KG BAGS)
Russia	4,05	4,395	4,74	4,465	4,945	4,625	4,165	4,05	(1000 60 KG BAGS)
United States	23,568	25,083	25,512	25,557	27,162	26,049	25,937	26,411	(1000 60 KG BAGS)

2.1.6 Συγκομιδή & Επεξεργασία του φυτού

Η συγκομιδή του φυτού του καφέ, διαφοροποιείται ανάλογα με την γεωγραφική θέση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων. Πιο συγκεκριμένα, για εκτάσεις που βρίσκονται Βόρεια του Ισημερινού, η περίοδος συγκομιδής λαμβάνει χώρα τους μήνες από τον Δεκέμβριο έως τον Φεβρουάριο, ενώ για την νότια ζώνη του Ισημερινού, Μάιο με Αύγουστο.

Η συλλογή των καρπών γίνεται με 3 τρόπους: πρώτον χειρωνακτικά με διαλογή των ώριμων

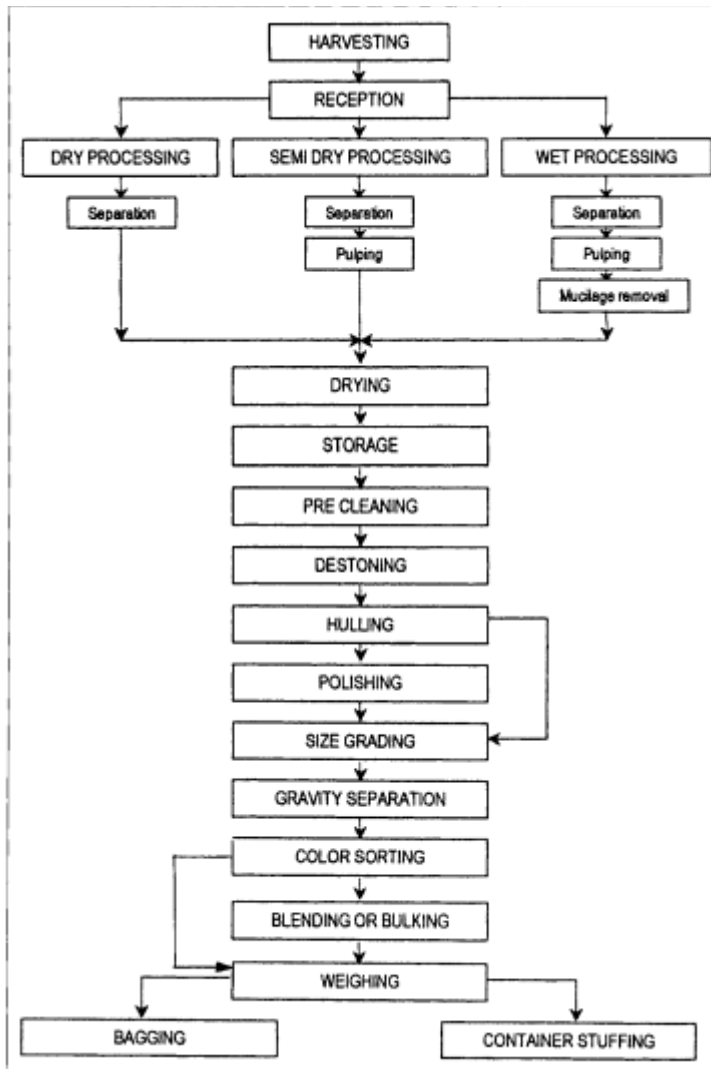
καρπών ή δεύτερον με τράβηγμα (strip – picking) όλων των καρπών από 3 κλαδιά όπου οι περισσότεροι καρποί είναι ώριμοι (συχνά είναι σε μορφή τσαμπιού) και, τρίτον, με σάρωμα από το έδαφος, δηλαδή, με συλλογή των ώριμων καρπών από το έδαφος. Οι μέθοδοι αναλύονται εν συνεχεία.

Όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί η υγρή ή ημίξηρη μέθοδος, παραδοσιακά ο κύριος στόχος είναι να μεγιστοποιηθεί το ποσοστό των ώριμων κερασιών που συγκομίζονται. Από την άλλη πλευρά, εάν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί η ξηρή μέθοδος, ο συνήθης στόχος είναι να συγκομίζονται όλα τα κεράσια ταυτόχρονα με το λιγότερο ποσοστό άγουρων. Αυτό που για πολλά χρόνια ήταν μια ξεκάθαρη απόφαση, περιπλέκεται από τις πρόσφατες αυξήσεις στο κόστος συγκομιδής στις περισσότερες περιοχές παραγωγής καφέ στον κόσμο. Ιδανικά ανεξαρτήτως της μεθόδου αλλά και του συστήματος συγκομιδής που θα χρησιμοποιηθεί, καλό είναι να συλλέγονται τα περισσότερα δυνατά ώριμα φρούτα με τη μικρότερη δυνατή φύρα. Παρά την εξέλιξη της τεχνολογίας και της ανάπτυξης διάφορων συστημάτων για γρήγορη συγκομιδή, το καλύτερο αποτέλεσμα επιτυγχάνεται μόνο με χειρωνακτική συγκομιδή του φρούτου από έμπειρους εργάτες, γεγονός που αυξάνει κατά πολύ το κόστος συγκομιδής και συνεπώς την τιμή πώλησης του καφέ. Ένας ποιοτικός καφές προκύπτει από συγκομιδή φρέσκων, ώριμων φρούτων αλλά αυτό δεν είναι πάντα εφικτό, καθώς έτσι η ποσότητα διαθέσιμου καφέ θα ήταν αρκετά μικρότερη (Wintgens 2004).

2.1.6.1 Επιλεκτική συγκομιδή

Η επιλεκτική συγκομιδή συνίσταται στη συλλογή με το χέρι μόνο ώριμων κερασιών. Δεδομένου του χειρωνακτικού τρόπου συγκομιδής, ορισμένες φορές κρίνεται απαραίτητη η επανάληψη της διαδικασίας, διότι δεν έχουν ταυτόχρονα όλα τα φρούτα τον ίδιο βαθμό ωρίμανσης. Τα κεράσια δεν πέφτουν στο έδαφος όπως στις άλλες μεθόδους. Αντιθέτως, τοποθετούνται απευθείας σε ειδικά καλάθια ή σακούλες που φέρουν μαζί τους οι εργάτες. Στο τέλος της περιόδου συγκομιδής πραγματοποιείται συνήθως μια τελική συλλογή όλων των κερασιών, ανεξάρτητα από το βαθμό ωρίμανσής τους. Σε κάθε περίπτωση και ανεξαρτήτως του βαθμού εμπειρίας του ανθρώπινου δυναμικού που συμμετέχει στη συγκομιδή, είναι αναμενόμενο στο τελείωμα της συλλογής, να συλλεχθούν και κόκκοι ενδεχομένως άγουροι ή ίσως ακόμη και υπερώριμοι αναλόγως της χρονικής απόστασης μεταξύ των ‘γύρων’ της

συγκομιδής. Ανάλογα με την εμπειρία του εργάτη, το ποσοστό ώριμων φρούτων, την πυκνότητα της καλλιέργειας κλπ, κάθε συλλέκτης μπορεί να μαζέψει από 50 έως και 120 κιλά φρέσκου, ώριμου φρούτου ανά ημέρα (Wintgens 2004).



Εικόνα 11. Διαγραμματική απεικόνιση παραγωγής καφέ (πηγή Wintgens 2004)

2.1.6.2 Συγκομιδή με απογύμνωση (Stripping)

Η συγκομιδή με απογύμνωση, γνωστή και ως «stripping», ορίζεται ως η μέθοδος συλλογής όλων των καρπών που υπάρχουν στο δέντρο σε ένα μόνο γύρο συλλογής. Σε αντίθεση με την επιλεκτική συγκομιδή, εδώ τα φρούτα που συλλέγονται πέφτουν απευθείας στο έδαφος (το οποίο έχει προηγουμένως καθαριστεί). Διαφορετικά, τα ρίχνουν σε πλαστικά φύλλα, ή ύφασμα το οποίο έχουν στρώσει στην έκταση που θα συλλέξουν. Προτιμότερο είναι τα

φρούτα να μην έρχονται σε άμεση επαφή με το έδαφος καθώς μπορεί να υπάρχουν διάφορες επιμολύνσεις. Η επιλογή της στιγμής που πραγματοποιείται η συλλογή ταινιών είναι κρίσιμη όσον αφορά τη σύνθεση του συγκομιζόμενου προϊόντος. Ιδανικά, δεδομένου ότι σε ένα μόλις γύρο συλλέγονται όλα τα φρούτα του κλαδιού, η συγκομιδή θα πρέπει γίνει όταν τα άγουρα φρούτα αποτελούν < 5% του συνολικού όγκου. Ωστόσο, επειδή η ωρίμανση δε γίνεται ταυτόχρονα, η προαναφερθείσα επιλογή συγκομιδής εγκυμονεί τον κίνδυνο απώλειας ενός μέρους της σοδειάς το οποίο θα έχει ήδη πέσει από μόνο του λόγω ωρίμανσης. Με τη συγκεκριμένη μέθοδο, ένας έμπειρος εργάτης μπορεί να συλλέξει ποσότητα από 120 έως 250 κιλά φρέσκου ώριμου φρούτου ανά ημέρα. Και σε αυτή την περίπτωση, το ποσό της συλλογής εξαρτάται από την εμπειρία του εργάτη, το επίπεδο των ώριμων φρούτων, την πυκνότητα της καλλιέργειας, ενδεχομένως την κλίση του εδάφους κλπ (Wintgens 2004).

2.1.6.3 Συγκομιδή με Μεγάλες Θεριζοαλωνιστικές Μηχανές σε Τροχούς

Αυτές οι μεγάλες μηχανές με τους δικούς τους κινητήρες, που κατασκευάστηκαν αρχικά στη Βραζιλία, στη συνέχεια στις ΗΠΑ και πιο πρόσφατα στην Αυστραλία, κυκλοφορούν στην αγορά για πάνω από δύο δεκαετίες. Οι ελαφρύτερες εκδόσεις με τρακτέρ είναι πιο πρόσφατες. Ουσιαστικά όλες οι μεγάλες θεριζοαλωνιστικές μηχανές λειτουργούν με την ίδια αρχή: μία ή δύο κάθετες ή με κλίση προς τα εμπρός ανακινούμενες κεφαλές που ταξιδεύουν σε μεγάλες φυτείες της Χαβάης και στις επίπεδες περιοχές του Brazilian Cerrado. Αν και αποτελούν εναλλακτική λύση για όλες τις επίπεδες περιοχές καφέ, απαιτούν φύτευση σε απόσταση συμβατή με τη λειτουργία τους. Οι μηχανές που κινούνται με τρακτέρ έχουν συνήθως μια μόνο κεφαλή ανακίνησης που ρίχνει τα κεράσια απευθείας στο έδαφος ή σε ένα χειροκίνητο ή μηχανικό κάλυμμα εδάφους. Η κεφαλή ανακίνησης αποτελείται από έναν κεντρικό άξονα και ράβδους που μοιάζουν με ακτίνες από συνθετικά υλικά (π.χ. υαλονήματα, νάιλον, γραφίτης κ.λπ.). Στις αυτοκινούμενες μηχανές η συνήθης διάταξη είναι δύο κεφαλές ανακίνησης, μία σε κάθε πλευρά της σειράς καφέ, ρίχνοντας τον καφέ σε ένα σύστημα συλλογής, το οποίο ξεφορτώνει τα κεράσια σε ένα σύστημα μεταφοράς που τα ανυψώνει σε έναν διαχωριστή για να απορρίψει τα φύλλα και άλλες ελαφριές ακαθαρσίες και να φορτώσει τα καθαρά κεράσια σε σακούλες ή κουτιά. Οι μεγάλες αυτές μηχανές σε καμία περίπτωση δε μπορούν να αντικαταστήσουν τη συλλογή με το χέρι η οποία είναι αναπόφευκτη σε κάποιες περιπτώσεις. Έχουν αρκετούς περιορισμούς, όπως η κλίση του εδάφους της φάρμας ή η

απόσταση φύτευσης μεταξύ των δέντρων. Για το λόγο αυτό αποτελούν μόνο μια εναλλακτική στη χειρωνακτική συγκομιδή. Οι ελαφρύτερες μηχανές με τρακτέρ μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πιο απότομες πλαγιές και φύτευση σε κοντινότερους χώρους από τις αυτοκινούμενες μηχανές και κοστίζουν πολύ λιγότερο. Η υψηλή ταχύτητα συλλογής των μηχανικών θεριζοαλωνιστικών μηχανών τις καθιστά οικονομικά αποδοτικές παρά την υψηλή τιμή τους. Η μεγάλη αρχική επένδυση κεφαλαίου αντισταθμίζεται γρήγορα από τη ροή της εξοικονόμησης κόστους σε διαδοχικές καλλιεργητικές περιόδους (Wintgens 2004).

Αν και η επιλεκτικότητα ήταν το επίκεντρο, αυτά τα μηχανήματα απέχουν ακόμη πολύ από να είναι επιλεκτικά. Οι τυναζόμενες κεφαλές συγκομίζουν ταυτόχρονα όλο το ύψος του δέντρου. Ως αποτέλεσμα, δεν είναι εύκολο να χρησιμοποιηθεί μόνο στα κλαδιά όπου τα κεράσια είναι ώριμα. Οι ρυθμίσεις στην ταχύτητα της δόνησης βοηθούν, αλλά δεν λύνουν το πρόβλημα. Η αφαίρεση της καλλιέργειας μετριέται με το ποσοστό των κερασιών που θα έπρεπε να έχουν συγκομιστεί ενώ τελικά έχουν απομείνει στο δέντρο. Η πλήρης αφαίρεση είναι σχεδόν αδύνατη εκτός εάν αφαιρεθεί μεγάλο ποσοστό άγουρων κερασιών και το δέντρο ουσιαστικά καταστραφεί. Η ζημιά στα καφεόδεντρα εξαρτάται όχι μόνο από την ταχύτητα της δόνησης, αλλά και από τις δεξιότητες του οδηγού. Αν και κάποιος βαθμός αφαίρεσης φύλλων είναι αναπόφευκτος, μπορεί να ελαχιστοποιηθεί με σωστή λειτουργία. Το σπάσιμο των κλαδιών πρέπει οπωσδήποτε να αποφεύγεται, ωστόσο η ζημιά που υπέστησαν φυτείες που συλλέγονται μηχανικά για πολλά χρόνια δεν έχει αναφερθεί ότι επηρεάζει τις αποδόσεις (Wintgens 2004).

2.1.6.4 Ελαφριές Θεριζοαλωνιστικές Μηχανές χειρός

Πρόκειται για ένα σύστημα που δοκιμάστηκε στη Βραζιλία το 1994 και πωλήθηκε στο εμπόριο από το 1995 και μετά. Η χρήση του αυξάνεται στη Βραζιλία, ειδικά σε περιοχές όπου η κλίση και η απόσταση των δέντρων δεν επιτρέπουν τη χρήση των μεγαλύτερων μηχανών σε τροχούς. Το φορητό εργαλείο συγκομιδής αποτελείται από δύο σετ ράβδων που κινούνται από ένα έμβολο. Καθώς οι άκρες αυτών των σετ ράβδων, που μοιάζουν με χέρι κινούνται, μεταδίδουν κραδασμούς στα κλαδιά του δέντρου και προκαλούν τα ώριμα κεράσια να πέσουν στο προηγουμένως καλυμμένο έδαφος. Αυτή η μικρή κεφαλή ανακίνησης συναρμολογείται στο άκρο ενός στύλου που διατίθεται σε πολλά μήκη για τη συγκομιδή δέντρων διαφορετικού ύψους. Αυτή η μεμονωμένη κεφαλή ανακίνησης είναι ελαφριά και λειτουργεί χειροκίνητα,

ώστε να μπορεί να κατευθυνθεί στα κλαδιά ή στα μέρη των κλαδιών όπου η ωρίμανση είναι πιο ομοιόμορφη, βελτιώνοντας την επιλεκτικότητα. Η χειροκίνητη θεριζοαλωνιστική μηχανή συνδέεται με έναν συμπιεστή που μπορεί να μεταφερθεί και να κινηθεί από τρακτέρ ή να έχει δικό του κινητήρα. Διαφορετικοί προμηθευτές προσφέρουν δονούμενες, παλινδρομικές ή περιστροφικές κεφαλές, με αξιοσημείωτα κέρδη στην απόδοση της συγκομιδής και στην ανθεκτικότητα του προϊόντος. Οι θεριστικές μηχανές χειρός μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε όλες τις συνθήκες, δηλαδή σε όλους τους τύπους πλαγιών καθώς και σε επίπεδες περιοχές, με καφεόδεντρα όλων των υψών και οποιαδήποτε απόσταση μεταξύ των δέντρων. Η επιλεκτικότητα, η οποία δεν επιτυγχάνεται πλήρως με τη χρήση μόνο του μηχανήματος, μπορεί να είναι δυνατή εάν το σύστημα συνδυάζεται με περιορισμένη ποσότητα χειροκίνητης συλλογής. Ενώ τέλος, οι θεριστικές μηχανές χειρός προκαλούν λιγότερη ζημιά στα δέντρα από τις θεριστικές μηχανές με τροχούς (Wintgens 2004).

2.2 Ο κόκκος και η επεξεργασία του

2.2.1 Σύσταση κόκκου (πράσινου)

Η σύσταση του πράσινου κόκκου του καφέ εξαρτάται από πολλές παραμέτρους, όπως η ποικιλία, το υψόμετρο, το κλίμα, οι συνθήκες συγκομιδής και επεξεργασίας. Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται κάποιες διαφορές στη σύσταση πράσινων κόκκων μεταξύ των 2 κυριότερων ειδών, του *C. arabica* & *C. robusta* (Belitz et al., 2012).

Συστατικό	Arabica	Robusta	Ενώσεις
Διαλυτοί υδατάνθρακες	9 – 12,5	6 – 11,5	
Μονοζαχαρίτες		0,2 – 0,5	Φρουκτόζη, γλυκόζη, γαλακτόζη, αραβινόζη (ίχνη)
Ολιγοζαχαρίτες	6 – 9	3 – 7	Ζαχαρόζη (> 90%), ραφφινόζη (0-0,9%), σταχυόζη (0-0,13%)
Πολυζαχαρίτες		3 – 4	Πολυμερή της γαλακτόζης (55-65%), μαννόζης (10-20%), αραβινόζης (20-35%), γλυκόζης (0-2%)
Αδιάλυτοι πολυζαχαρίτες	46 – 53	34 – 44	
Ημικυταρίνες	5 – 10	3 – 4	Πολυμερή της γαλακτόζης (65-75%), μαννόζης (0-10%), αραβινόζης (25-30%)
Κυταρίνη, β(1-4)μαννάνη	41 – 43	32 – 40	
Οξέα και φαινόλες			
Πτητικά οξέα		0,1	
Μη πτητικά αλειφατικά οξέα	2 – 2,9	1,3 – 2,2	Κιτρικό οξύ, μηλικό οξύ, κινικό (quinic) οξύ
Χλωρογενικό οξύ ^γ	6,7 – 9,2	7,1 – 12,1	Μονο-,δικοφεούλο- και φεροουλόκινικό οξύ
Λιγνίνη		1 – 3	
Λιπίδια	15 – 18	8 – 12	
Κηρός		0,2 – 0,3	
Έλαιο		7,7 – 17,7	Κύρια λιπαρά οξέα: 16:0 και 18:2 (9,12)
N- Ενώσεις		11 – 15	
Ελεύθερα αμινοξέα		0,2 – 0,8	Κύρια αμινοξέα: Glu, Asp, Asp-NH ₂
Πρωτεΐνες		8,5 – 12	
Καφεΐνη	0,8 – 1,4	1,7 – 4,0	Ίχνη θεοβρωμίνης και θεοφυλλίνης
Τριγονελλίνη	0,6 – 1,2	0,3 – 0,9	
Ανόργανα		3 – 5,4	

^α Τιμές σε % στερεών

^β Ποσοστό υγρασίας νωπού καφέ 7-13%

^γ Κύριες ενώσεις: 5-καφεοϋλοκινικό οξύ (χλωρογενικό οξύ: Arabica 3,0-5,6%, Robusta 4,4-6,6%)

Εικόνα 12. Μέση σύσταση κόκκων καφέ (πηγή: Belitz et al, 2012)

2.2.2 Επεξεργασία πράσινου κόκκου

Υπάρχουν δυο τρόποι αρχικής επεξεργασίας των κόκκων.

1) **Η ξηρή επεξεργασία.** Αυτή η μέθοδος επεξεργασίας είναι και η πιο απλή καθώς όλα τα “κεράσια” ξηραίνονται αμέσως μετά τη συγκομιδή. Η ξήρανση μπορεί να γίνει είτε φυσικά είτε τεχνητά. Στη **φυσική ξήρανση**, τα κεράσια ξηραίνονται από τον ήλιο, δηλαδή, δεν χρειάζεται ιδιαίτερος εξοπλισμός. Τα κεράσια απλώνονται σε μεγάλη ξηρή επιφάνεια εδάφους σε πολύ λεπτές στρώσεις 30-40mm το πολύ, ιδιαίτερα στην αρχή της διαδικασίας προς αποφυγή ανεπιθύμητων ζυμώσεων. Επίσης, για να μην πιάσει μούχλα και γενικά για την πρόληψη ανάπτυξης μικροοργανισμών απαιτείται συχνό ανακάτεμα με τσουγκράνα ειδικά τις πρώτες μέρες. Στη φυσική μέθοδο, τα κεράσια απλώνονται το πρωί στον ήλιο και το βράδυ μαζεύονται. Η διαδικασία αυτή κρατάει περίπου 10-25 μέρες. Στην **τεχνητή ξήρανση**, χρησιμοποιούνται μηχανήματα θερμικής επεξεργασίας μεγάλων εκτάσεων για τους λόγους που αναφέρθηκαν και στη φυσική ξήρανση. Μεγάλης σημασίας είναι η θερμοκρασία στην οποία θα γίνει η ξήρανση. Καλό είναι να αποφευχθούν οι μεγάλες θερμοκρασίες από την αρχή, διότι ουσιαστικά ξηραίνουν απότομα το εξωτερικό – φλοιό του κερασιού ενώ μέσα διατηρείται η υγρασία γεγονός που οδηγεί σε χαμηλής ποιότητας, ουσιαστικά “άχρηστους” κόκκους. Πρέπει η θερμοκρασία να μην ξεπερνά τους 55- 60°C. Το μόνο αρνητικό στις χαμηλές θερμοκρασίες είναι ότι ο χρόνος ξήρανσης αυξάνεται κατά πολύ. Υπάρχουν διάφορα είδη μηχανημάτων για την επίτευξη της τεχνητής ξήρανσης. Μερικά από αυτά είναι (α) ο στατικός ξηραντήρας, (β) ο στατικός ξηραντήρας με μηχανική ανάδευση, (γ) περιστρεφόμενος τυμπανοειδής ξηραντήρας & (δ) κάθετοι ξηραντήρες

2) **Η υγρή επεξεργασία.** Η υγρή επεξεργασία δίνει σίγουρα καλύτερης ποιότητας τελικό προϊόν. Χρειάζεται αρκετά συγκεκριμένο εξοπλισμό, άφθονη παροχή νερού και ώριμους καρπούς μόνο. Σε αντίθεση με την ξηρή επεξεργασία, εδώ τα περισσότερα εξωτερικά τοιχώματα του καρπού αφαιρούνται εξαρχής. Διαδικασία: Μόλις γίνει η συγκομιδή πρέπει πολύ γρήγορα οι καρποί να μεταφερθούν στη δεξαμενή υποδοχής. Η δεξαμενή υποδοχής είναι ένα πολύ σημαντικό βήμα στη διαδικασία. Καθώς είναι γεμάτη με νερό βοηθά να ξεχωρίσουν οι καρποί με το μεγαλύτερο βάρος, ενώ αυτοί που επιπλέουν αποβάλλονται. Βοηθά επίσης να απομακρυνθούν φύλλα ή τυχόν πέτρες από τη συλλογή. Στον πάτο της δεξαμενής υπάρχει ένα σιφόνι που μεταφέρει τους καρπούς που έχουν μεγαλύτερο βάρος σε ξεχωριστή δεξαμενή όπου θα γίνει η πολτοποίηση. Στην πολτοποίηση αφαιρείται το

εξωκάρπιο και μεγάλο μέρος του μεσοκαρπίου κάτω από τρεχούμενο νερό. Θέλει ιδιαίτερη προσοχή καθώς οποιαδήποτε ζημιά στον καρπό μπορεί να το κάνει επιρρεπές σε προσβολές από ανεπιθύμητους μικροοργανισμούς.

2.2.3 Καβούρδισμα

Το καβούρδισμα ορίζεται ως μια διαδικασία ξηρής θέρμανσης των τροφίμων αποτελούμενη από τρεις φάσεις:

- φάση ξήρανσης, που είναι ενδόθερμη, ακολουθούμενη από μια
- εξώθερμη φάση που οδηγεί στο σχηματισμό των περισσότερων από τις γευστικές ενώσεις και, τέλος,
- φάση ψύξης (Munyendo et al., 2021).

Ο έλεγχος της διαδικασίας καβουρδίσματος καφέ συνήθως βασίζεται με ειδικούς, που μέσω του συνδυασμού των οπτικών, οσφρητικών ή/και ακουστικών ιδιοτήτων των κόκκων καφέ μπορούν να επιλέξουν τον βαθμό ψησίματος. Ωστόσο, αυτός ο έλεγχος δεν είναι πολύ αποτελεσματικός επειδή οι διαταραχές της διαδικασίας δεν εντοπίζονται ή ανιχνεύονται μόνο στο τέλος (Catelani et al., 2018). Για αυτόν τον λόγο, το καβούρδισμα των πράσινων κόκκων καφέ αποτελεί μια πολύπλοκη διαδικασία που περιλαμβάνει πολλές χημικές αντιδράσεις θεμελιώδεις για τον προσδιορισμό του χρώματος, της γεύσης και του αρώματος του καφέ. Συγκεκριμένα, αυτά τα χαρακτηριστικά καθορίζονται από το προφίλ θερμοκρασίας των κόκκων καφέ κατά το καβούρδισμα. Κατά τη διάρκεια αυτών των τριών φάσεων ο κόκκος του καφέ υπόκειται σε μεταφορά θερμότητας και μάζας. Η μεταφορά θερμότητας γίνεται τόσο με συναγωγή όσο και με αγωγιμότητα και αυξάνει τη θερμοκρασία του κόκκου με επακόλουθες φυσικές και χημικές αλλαγές, όπως μεταφορά μάζας λόγω της εξάτμισης του νερού και εξώθερμες αντιδράσεις (di Palma et al., 2021).

Εκ των τριών φάσεων, η διαδικασία ψησίματος μπορεί να εκτελεστεί σύμφωνα με τρεις στρατηγικές:

- 1) συμβατικός - ο ωμός καφές χύνεται μέσα σε οριζόντια ή κατακόρυφα τύμπανα και η κίνηση των κόκκων πραγματοποιείται με κουπιά ή μέσω περιστροφής του τυμπάνου
- 2) ρευστοποιημένα κλίνες- ένα ζεστό ρεύμα αέρα προς τα πάνω εξασφαλίζει το ψήσιμο και την κίνηση των κόκκων

3) γρήγορο ψήσιμο - ταχύτερη μεταφορά θερμότητας επιτυγχάνεται μέσω αυξημένων θερμών ρευμάτων αέρα που επιτρέπουν την ολοκλήρωση της διαδικασίας ψήσιματος μέσα σε 2 έως 4 λεπτά.

Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του καφέ (άρωμα, γεύση, χρώμα) και του ροφήματος καφέ εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη διαδικασία και το βαθμό καβουρδίσματος (Catelani et al., 2018).



2.2.4 Σύσταση μετά το καβούρδισμα

Κατά το καβούρδισμα του καφέ διακρίνεται σημαντική μεταβολή στη σύσταση του έως τώρα πράσινου κόκκου. Μερικοί από τους σημαντικότερους χημικούς και φυσικούς μετασχηματισμούς που συμβαίνουν κατά τη διαδικασία του καβουρδίσματος περιλαμβάνουν τη μείωση των αμινοξέων, πρωτεϊνών, καφεΐνης, αναγόντων σακχάρων, σακχαρόζης και νερού, πολλά από τα οποία εμπλέκονται σε αντιδράσεις Maillard, πυρόλυσης και καραμελοποίησης. Αποτέλεσμα των αντιδράσεων αυτών είναι η ανάδειξη των σύνθετων αρωμάτων και γεύσεων που εμπεριέχονται στον καφέ. Σε ορισμένα κείμενα αναφέρεται

μείωση του ποσοστού καφεΐνης στα δύο κύρια είδη του καφέ *C. robusta* και *C. arabica* έπεται από αύξηση του βαθμού καβουρδίσματος, ενώ κάποιες άλλες πηγές αναφέρουν ότι η καφεΐνη δεν επηρεάζεται από την παροχή θερμότητας και συνεπώς παραμένει σταθερή κατά τη διάρκεια του καβουρδίσματος. Επιπλέον, αναφέρεται ότι τα χλωρογενικά οξέα μειώθηκαν επίσης με αύξηση του βαθμού καβουρδίσματος από 15,72 σε 1,71 % για τον καφέ *C. arabica* και από 19,42 σε 1,72 % για τον καφέ *C. robusta*. Αυτό ίσως οφείλεται στην ενσωμάτωση αυτών των οξέων στις μελανοΐδινες.

Η διαδικασία ψήσιματος έχει επίσης αποδειχθεί ότι επηρεάζει το προφίλ διτερπενίου στον καφέ. Οι ερευνητές ανέφεραν ότι η αποικοδόμηση του διτερπενίου εμφανίζεται πιο εκτεταμένα μετά από οκτώ λεπτά ψήσιματος, για τον καφέ *C. arabica*. Η περιεκτικότητα σε καβεόλη και καφεστόλη που εκφράζεται σε λιπιδική βάση μειώθηκε κατά περίπου 75 % μετά από 2–10 λεπτά ψήσιματος για τον καφέ *C. arabica*, σε σύγκριση με λιγότερο από 60 % μείωση για την καφεστόλη στα δείγματα καφέ *C. robusta*. Σε άλλη μελέτη, ο καφές *C. arabica* κατέγραψε τις υψηλότερες συγκεντρώσεις ελεύθερης καφεστόλης και καβεόλης στο ανοιχτό καβούρδισμα, ακολουθούμενο από μεσαίο και σκούρο καβούρδισμα. Στο ελαφρύ καβούρδισμα, αναφέρθηκαν 453 mg καβεόλης και 622 mg καφεστόλης ανά 100 g. Σημαντική μείωση τόσο στο προφίλ της καφεστόλης όσο και στο προφίλ της καβεόλης παρατηρήθηκε καθώς αυξήθηκε η θερμοκρασία ψήσιματος. Μια παρόμοια τάση παρατηρήθηκε στον καφέ Robusta, αν και τα διτερπένια ήταν λιγότερα σε σύγκριση με τον καφέ Arabica. Άλλοι ερευνητές παρατήρησαν 50% μείωση των επιπέδων τριγωνελίνης κατά το ψήσιμο σε διαφορετικούς χρόνους και θερμοκρασία από την αρχική του περιεκτικότητα σε ωμούς κόκκους καφέ. Οι παρατηρήσεις αποδόθηκαν στην αποικοδόμηση της τριγωνελίνης κατά το ψήσιμο σε N-μεθυλοπυριδίνιο, που συμβάλλει κυρίως στην αντιοξειδωτική δράση του καβουρδισμένου φασολιού. Επίσης, έχει σημειωθεί θετική συσχέτιση μεταξύ των επιπέδων του 1-μεθυλοπυριδινίου στον καβουρδισμένο καφέ και του βαθμού καβουρδίσματος. Επιπλέον, μια έρευνα ανέφερε μια μέση απώλεια τριγωνελίνης κατά 90% κατά το καβούρδισμα από μη καβουρδισμένους κόκκους καφέ σε σκούρους καβουρδισμένους κόκκους. Σε άλλη μελέτη, παρατηρήθηκαν απώλειες τριγωνελίνης 50– 80% μετά το ψήσιμο. Έχει αναφερθεί η υψηλότερη συνολική περιεκτικότητα σε φαινολικά και φλαβονοειδή στους καφέδες που έχουν καβουρδιστεί σε μέτριο και ελαφρύ βαθμό καβουρδίσματος. Τα ευρήματα τόνισαν ότι η διαδικασία καβουρδίσματος έχει επίδραση στις πολυφαινολικές ενώσεις που υπάρχουν στον καφέ και οι μέτριοι και ελαφροί βαθμοί ψήσιματος αποδείχθηκαν πιο ευνοϊκοί

όσον αφορά τη διατήρηση αυτών των χρήσιμων ενώσεων κατά τη διαδικασία καβουρδίσματος του καφέ. (Munyendo et al., 2021).

2.3 Ο καφές σαν ποτό

Το ρόφημα του καφέ είναι ουσιαστικά ένα διάλυμα που αποτελείται από νερό και καφέ σε σκόνη. Ο καφές μπορεί να παρασκευασθεί ανάλογα με το είδος με ποικίλους τρόπους. Ο καταναλωτής μπορεί με σύμμαχο την τεχνολογία σήμερα να προβεί σε πολλούς συνδυασμούς, τρόπους παρασκευής, και συνεπώς απόλαυσης του αγαπημένου του ροφήματος. Από τον πιο παραδοσιακό καφέ στη χόβολη μέχρι τα πιο σύγχρονα latte, μπορεί κάποιος να δοκιμάσει ακόμα και στην άνεση του σπιτιού του ή σε ένα μαγαζί διάφορες συνταγές, διάφορες ποικιλίες και να καταναλώσει εν τέλει αυτό που πραγματικά του αρέσει.

2.3.1 Κατηγορίες ροφημάτων καφέ

Στα διάφορα είδη του ροφήματος κατατάσσονται εν συντομία οι εξής: στιγμιαίος, φίλτρου ή γαλλικός, espresso, cold brew, ελληνικός ή τουρκικός, και σε μίγματα όπως cappuccino, macchiato, latte, latte macchiato, affogato κ.α.. Το ρόφημα καφέ μπορεί να παρασκευαστεί με ποικίλους τρόπους, δηλαδή με αφέψημα (π.χ. βραστός καφές, τουρκικός καφές, καφές διήθησης), έγχυμα (π.χ. φιλτραρισμένοι καφές και καφές napoletana) και με πίεση (π.χ. press-pot, μόκα και εσπρέσο). Η σύνθεση του τελικού ροφήματος θα εξαρτηθεί όχι μόνο από τη μέθοδο παρασκευής (π.χ. καβούρδισμα, υγρασία, χρόνο και συνθήκες αποθήκευσης, βαθμός άλεσης/κοκκομετρία καφέ, αναλογία σκόνης/νερού, θερμοκρασία νερού, χρόνος εκχύλισης, πίεση, κ.α., καθώς και τη σύσταση του νερού) αλλά και από τα είδη καφέ που χρησιμοποιούνται για την παρασκευή του εμπορικού μείγματος. Επιπλέον, διαφορετικές μελέτες έχουν δείξει διαφορές στην ικανότητα εκχύλισης των ενώσεων ανάλογα με τις συνθήκες καβουρδίσματος καφέ. Με αυτόν τον τρόπο, η σύνθεση του υπολείμματος που παραμένει μετά την προετοιμασία του ροφήματος καφέ θα ποικίλλει επίσης. Ωστόσο, ένα βασικό συμπέρασμα που μπορεί να επιτευχθεί είναι ότι οι χημικές ενώσεις του καφέ δεν εξαγονται όλες κατά την παρασκευή και το υπόλειμμα εξακολουθεί να είναι πλούσιο σε

διαφορετικές χημικές ουσίες με σημαντικές βιοδραστηριότητες. Στην ίδια προοπτική, και λαμβάνοντας υπόψη τη βιομηχανική παρασκευή του στιγμιαίου/διαλυτού καφέ, μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες μέθοδοι για την παρασκευή του, οι οποίες γενικά βασίζονται στην παραγωγή ξηρού διαλυτού τμήματος υδατικών εκχυλισμάτων καφέ με διήθηση, συμπίκνωση και αφυδάτωση. π.χ. εξάτμιση, ξήρανση με κατάψυξη, ξήρανση με ψεκασμό). Στην περίπτωση αυτή, συνήθως χρησιμοποιούνται καφέδες με υψηλότερο βαθμό καβουρδίσματος (κατά προτίμηση Robusta) για να αυξηθεί η απόδοση εκχύλισης. Εξάλλου, ο αναλωμένος καφές από τις βιομηχανίες στιγμιαίου καφέ εξάγεται πιο εξαντλητικά, σε σύγκριση με τον «πλουσιότερο», αλλά περισσότερο διαδεδομένο καφέ που προέρχεται από την παρασκευή ροφημάτων σε καφετέριες, εστιατόρια και σπίτια.

2.3.1.1 Στιγμιαίος

Από τους πιο απλούς και γρήγορους στην παρασκευή τους καφές. Σε λίγο ζεστό ή κρύο νερό διαλύεται ποσότητα καφέ. Μόλις ο καφές διαλυθεί προστίθεται επιπλέον νερό ή και πάγος μέχρι το γέμισμα του ποτηριού. Ανάλογα με τις προτιμήσεις του καταναλωτή μπορεί να προστεθεί και ζάχαρη, γάλα ή κάποιο αλκοολούχο.

2.3.1.2 Φίλτρου ή Γαλλικός

Σε μηχανή ή σκεύος με ειδικό φίλτρο τοποθετείται ποσότητα καβουρδισμένου και αλεσμένου καφέ. Κατόπιν περνάει από το φίλτρο ποσότητα ζεστού νερού. Μέσω εκχύλισης των αλεσμένων κόκκων προκύπτει και το τελικό προϊόν.

2.3.1.3 Espresso

Στην κατηγορία αυτή υπάρχουν διάφορες υποκατηγορίες που χωρίζονται ανάλογα με την ποσότητα νερού στην οποία θα εκχυλιστεί ο καφές αλλά και λοιπές τεχνικές που θα χρησιμοποιηθούν κατά την παρασκευή του. Αναλυτικότερα, έχουμε τον κλασσικό espresso και έπειτα τους, Lungo espresso, Espresso doppio, Espresso ristretto, Espresso Americano, Caffè corretto.

2.3.1.4 Cold brew

Πρόκειται για έναν καφέ κρύας εκχύλισης. Η κρύα εκχύλιση είναι η διαδικασία διαποτισμού αλεσμένου καφέ σε νερό που βρίσκεται σε κρύες θερμοκρασίες για εκτεταμένη χρονική περίοδο (πηγή: <https://www.dimellocoffee.com/cold-brew>). Όσο περισσότερη ώρα μείνει σε επαφή ο καφές με το νερό, τόσο εντονότερη θα είναι η γεύση του και τα αρώματά του (πηγή: <https://kudu.gr/el/blogs/news-gr>).

2.3.1.5 Ελληνικός

Παρασκευάζεται αναμιγνύοντας λεπτά αλεσμένους κόκκους καβουρδισμένου καφέ με νερό έως ότου φτάσει σε σημείο βρασμού. Κατόπιν σερβίρεται σε φλυτζάνια και καταναλώνεται ζεστός. Είναι ευρέως διαδεδομένος στα Βαλκάνια και στη Μεσόγειο ενώ συχνά χαρακτηρίζεται και ως τούρκικος.

2.3.3 Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά

Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του παραγόμενου ροφήματος καφέ, είναι ένα αντίκτυπο της έως τώρα πορείας του. Από την καλλιέργεια και τη συγκομιδή, στην επεξεργασία, στο καβούρδισμα και τέλος στη σωστή επιλογή και παρασκευή του ροφήματος, Η ποιότητα του αποτελεί ένα συνδυασμό αρωμάτων, γεύσεων και επίγευσης που αναμφισβήτητα συνδέονται με την περιεκτικότητα του κόκκου σε πτητικές ή μη ενώσεις. Το είδος *C. arabica* χαρακτηρίζεται από χαμηλή περιεκτικότητα σε καφεΐνη και χλωρογενικό οξύ που εξασφαλίζει την επιθυμητή ποιότητα ροφήματος. Οι κόκκοι ποιότητας AA αποτελούν τη μεγαλύτερη κατηγορία της αγοράς καφέ της χώρας μετά την επεξεργασία και τη συγκομιδή και θεωρούνται ως ένας από τους καλύτερους ειδικούς καφέδες στον κόσμο. Παρά την πτώση της παραγωγής τα τελευταία χρόνια, η ποιότητα των παραδοσιακών ποικιλιών καφέ της Κένυας εξακολουθεί να εκτιμάται ιδιαίτερα διεθνώς και εμπίπτει στην κατηγορία της Κολομβίας, που είναι ανταγωνιστική σε τιμές, από εκλεκτό καφέ *C. arabica* με ισορροπημένη οξύτητα και ευχάριστο διακριτικό άρωμα (Ogut et al., 2022).

Ένας μεγάλος αριθμός πτητικών ενώσεων δημιουργείται από την αποικοδόμηση μη πτητικών ενώσεων όπως η σακχαρόζη, η τριγωνελίνη, το χλωρογενικό οξύ και η καφεΐνη καθώς και από μία σειρά αντιδράσεων μεταξύ ελεύθερων αμινοξέων και αναγωγικών σακχάρων μέσω των μονοπατιών αποδόμησης Maillard και Strecker, κατά τη διάρκεια του καβουρδίσματος των κόκκων καφέ. Ως αποτέλεσμα, αρκετές κατηγορίες πτητικών ενώσεων όπως φουράνια, εστέρες, πυριδίνες, θειόλες, αλκοόλες, πυραζίνη, πυρρόλες, κετόνες, αλδεΐδες, φαινόλες, λακτόνες και τερπένια έχουν εντοπιστεί στον καφέ. Ωστόσο, μόνο ένα μικρό κλάσμα είναι κρίσιμο για τον προσδιορισμό της οσφρητικής αίσθησης που παράγεται. Το άρωμα είναι μια βασική οργανοληπτική ιδιότητα ποιότητας και η ποικιλία στη σύνθεσή του είναι υπεύθυνη για τη διαφορά γεύσης στον καφέ. Η αναλογία των πτητικών ενώσεων ποικίλλει ανάλογα με την επεξεργασία και την αποθήκευση, ενώ χρησιμοποιείται συχνά ως δείκτης της ποιότητας γεύσης του καφέ (Ogutu et al., 2022).

Όσον αφορά στην οργανοληπτική αξιολόγηση, υπάρχουν διάφορα έντυπα που μας κατευθύνουν σε συγκεκριμένα αποτελέσματα μέσα από φόρμες συμπλήρωσης. Παρακάτω, παρουσιάζεται ένα εκ των προτύπων οργανοληπτικής αξιολόγησης από την επίσημη σελίδα του Specialty Coffee Association, ενώ υπάρχουν κι άλλα πρότυπα και κατευθύνσεις τόσο στην ίδια σελίδα (<https://sca.coffee/value-assessment>) όσο και σε άλλες όπως πχ στο Cup of Excellence (<https://cupofexcellence.org/>).

Combined Form



NAME DATE

PURPOSE SAMPLE NO.

IMPRESSION OF QUALITY
 EXTREMELY LOW SLIGHTLY LOW MODERATELY HIGH
 VERY LOW NEITHER HIGH NOR LOW VERY HIGH
 MODERATELY LOW SLIGHTLY HIGH EXTREMELY HIGH

PART 1: SENSORY DESCRIPTIVE ASSESSMENT

Fragrance Intensity

Aroma Intensity

SELECT UP TO FIVE THAT APPLY:

- FLORAL
- FRUITY (BERRY DRIED FRUIT CITRUS FRUIT)
- SOUR/FERMENTED (SOUR FERMENTED)
- GREEN/VEGETATIVE
- OTHER (CHEMICAL MUSTY/EARTHY PAPERY)
- ROASTED
- NUTTY/COCOA (NUTTY COCOA)
- SPICY
- SWEET (VANILLA/VANILLIN BROWN SUGAR)

Flavor Intensity

Aftertaste Intensity

SELECT UP TO FIVE THAT APPLY:

- FLORAL
- FRUITY (BERRY DRIED FRUIT CITRUS FRUIT)
- SOUR/FERMENTED (SOUR FERMENTED)
- GREEN/VEGETATIVE
- OTHER (CHEMICAL MUSTY/EARTHY PAPERY)
- ROASTED
- NUTTY/COCOA (NUTTY COCOA)
- SPICY
- SWEET (VANILLA/VANILLIN BROWN SUGAR)

MAIN TASTES (2)

- SALTY
- SOUR
- SWEET
- BITTER
- UMAMI

Acidity Intensity

SELECT ONE:

- DRY ACIDITY (HERBY, GRASSY, TART)
- SWEET ACIDITY (JUICY, FRUIT-LIKE, BRIGHT)

Sweetness Intensity

Mouthfeel Intensity

SELECT UP TO TWO:

- ROUGH (GRITTY, CHALKY, SANDY)
- MOUTH-DRYING
- DILY
- METALLIC
- SMOOTH (VELVETY, SILKY, SYRUPY)

PART 3: EXTRINSIC ASSESSMENT

.....

PART 2: AFFECTIVE ASSESSMENT

1 2 3 4 5 6 7 8 9 FINAL

1 2 3 4 5 6 7 8 9 FINAL

1 2 3 4 5 6 7 8 9 FINAL

1 2 3 4 5 6 7 8 9 FINAL

1 2 3 4 5 6 7 8 9 FINAL

1 2 3 4 5 6 7 8 9 FINAL

1 2 3 4 5 6 7 8 9 FINAL

Overall

1 2 3 4 5 6 7 8 9 FINAL

NON-UNIFORM CUPS
 DEFECTIVE CUPS
 DEFECT (IF ANY)
 MOLDY PHENOLIC
 POTATO

2.4 Ζύμωση καφέ

2.4.1 Κλασσική ζύμωση ολόκληρου φρούτου

Η φυσική ζύμωση πραγματοποιείται συνήθως σε δεξαμενές από σκυρόδεμα που μπορεί να ποικίλλουν σημαντικά σε μέγεθος και σχήμα. Μπορεί να είναι ξηρή (στερεάς φάσης, χωρίς νερό) ή εμβαπτισμένης (κάτω από νερό). Οι δεξαμενές όπου πραγματοποιείται η ζύμωση πρέπει να φέρουν κάποιο είδος προστασίας της επιφάνειας για αποφυγή έντονης ξήρανσης των κόκκων της επιφάνειας ή ύγρυνσης λόγω πιθανής βροχόπτωσης. Και στις δύο μεθόδους, οι κόκκοι μεταφέρονται με ποσότητα νερού στις δεξαμενές η οποία θα πρέπει να αποβάλλεται τελείως για να μην επηρεάσει σε οποιοδήποτε βαθμό την πορεία της διαδικασίας. Σε περίπτωση εμβαπτισμένης ζύμωσης, η δεξαμενή γεμίζεται ξανά με καθαρό νερό. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο όρος «ζύμωση» δεν είναι κατάλληλος στην περίπτωση του καφέ, διότι, δεν λαμβάνει χώρα καμία βιοχημική αντίδραση μέσα στον κόκκο του καφέ. Θα ήταν πιο σωστό να αναφερθούμε στην αφαίρεση βλέννας μέσω βιοχημικής αντίδρασης ή υδρόλυσης της βλέννας που καλύπτει τους κόκκους περγαμηνής. Αυτή η αντίδραση προκαλείται από ένζυμα (πηκτινάσες και πηκτάση) που υπάρχουν φυσικά στα κεράσια του καφέ (Wintgens 2004). Το παραπάνω υποβοηθείται και από την ανάπτυξη μικροοργανισμών που διεξάγουν τη “ζύμωση”, των οποίων τα μεταβολικά προϊόντα επηρεάζουν την ποιότητα των κόκκων του καφέ (Elhalis et al., 2023; Lee et al., 2015; Evangelista et al., 2015). Η ζύμωση των κόκκων του καφέ ως πριν μερικά χρόνια διεξάγονταν αποκλειστικά με τη φυσική ζυμογλωρίδα, όμως τα τελευταία χρόνια διάφοροι ερευνητές χρησιμοποιούν επιλεγμένα στελέχη για τη ζύμωση και βελτίωση των χαρακτηριστικών του καφέ (Carvalho Ferreira et al., 2023; Bressani et al., 2018). Νέες μελέτες επίσης αναδεικνύουν τη χρήση νέων ανοξειδωτών δεξαμενών με θετικά αποτελέσματα για τη ζύμωση του καφέ (Martinez et al., 2021).

2.4.2 Ζύμωση κόκκων με καλλιέργειες εκκίνησης

Ο εμβολιασμός μιας καλλιέργειας εκκίνησης βελτιώνει τη γεύση και το άρωμα του καφέ, μειώνει τον χρόνο επεξεργασίας, το χρόνο ξήρανσης και αυξάνει την οικονομική αξία του προϊόντος. Υπάρχουν πολλές επιλογές όσον αφορά στην κατηγορία καλλιέργεια (Ruta, & Farcasanu 2021; Febrianto, & Zhu, 2023; Elhalis et al., 2021;2023; Kim et al., 2022; Evangelista et al., 2014a; b; Silva et al., 2013). Κυριότερες επιλογές είναι οι *Saccharomyces* (*S. cerevisiae*, etc) και ορισμένες non - *Saccharomyces* (*Pichia*, *Torulasporea*, *Candida*, *Yarrowia*, *Wickerhamomyces*, κ.α.).

2.4.2.1 Ζύμωση με *Saccharomyces*

Ο *Saccharomyces cerevisiae*, επιλέγεται συχνά ως καλλιέργεια εκκίνησης για τη ζύμωση καφέ λόγω της υψηλής πηκτινολυτικής του δράσης, της εξαιρετικής ζυμωτικής ικανότητας και της παραγωγής επιθυμητού μεταβολισμού στο τελικό προϊόν όπως οξέα, αλκοόλες, πυριδίνες, αλδεΐδη και φουράνια. Ο εμβολιασμός αυτών των ζυμών έχει βελτιώσει την ποιότητα του ροφήματος και έχουν βρεθεί ορισμένα οργανοληπτικά γνωρίσματα μέσω αυτού, όπως η καραμέλα, η σοκολάτα, τα κίτρινα φρούτα και τα αμύγδαλα (da Mota et al., 2020).

Μέσα από την ανάγκη για καφέ υψηλής ποιότητας, σιγά σιγά προκύπτουν και καλλιέργειες από εμπορικές εταιρείες, όπως για παράδειγμα η Lallemand. Η εν λόγω εταιρεία, έχει αναπτύξει και εμπορεύεται πέντε στελέχη για ζυμώσεις σε καρπούς καφέ στη φάρμα μετά τη συγκομιδή (<https://www.lalcafeyeast.com/>).

2.4.2.2 Ζύμωση με non *Saccharomyces*

Γενικά, τα πλεονεκτήματα της χρήσης ζυμομυκήτων εκτός *Saccharomyces* στη ζύμωση έχουν τεκμηριωθεί ότι μειώνουν την περιεκτικότητα σε αιθανόλη, αυξάνουν την περιεκτικότητα σε γλυκερίνη, εμπλουτίζουν την αρωματική πολυπλοκότητα, αυξάνουν την αντιοξειδωτική ικανότητα και παράγουν πολυσακχαρίτες και μαννοπρωτεΐνες. Ορισμένες μελέτες έδειξαν ότι ο συνδυασμός ζυμομυκήτων εκτός *Saccharomyces* (*C. parapsilosis*, κλπ) είναι οι πιο ενδεικνύμενες καλλιέργειες εκκίνησης για καφέ σε χαμηλό υψόμετρο (600 m) όταν παρουσιάστηκε η καλύτερη τελική βαθμολογία που αξιολογήθηκε από Q-Graders

(βαθμολογία 85), μία οργανοληπτική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε από Q-Graders και αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη κατά την πώληση ειδικών καφέ. Λόγω των ελπιδοφόρων αποτελεσμάτων, η ζύμωση με συννεοφθαλμισμό μαγιάς ενδείκνυται να συμπεριληφθεί στη μετασυλλεκτική επεξεργασία των καφέδων χαμηλού υψομέτρου (Bressani et al., 2021). Ένας άλλος ζυμομύκητας που φέρεται να έχει θετικές επιδράσεις στο κρασί αλλά δεν έχει μελετηθεί τόσο στον καφέ είναι η *Pichia kluyveri*. Η *Pichia kluyveri* χρησιμοποιείται συνήθως ως καλλιέργεια εκκίνησης σε διαδοχικές ζυμώσεις γλεύκους προ του *S. cerevisiae* ενώ είναι γνωστή για τις θετικές επιδράσεις που έχει στο άρωμα του κρασιού αποτέλεσμα των αυξημένων θειολών και των φρουτένιων εστέρων στο τελικό προϊόν (Vicente et al., 2021). Δεδομένων των δυνητικών θετικών επιδράσεών της στο κρασί, ερευνήθηκαν οι επιδράσεις της και στη ζύμωση πράσινων κόκκων καφέ για να ελεγχθεί αν φέρει τα ίδια ή παρόμοια αποτελέσματα (Wang et al., 2020a;b; da Silva et al., 2021 Kim et al., 2022). Επίσης για ζύμωση καφέ έχει χρησιμοποιηθεί και η *Pichia kudriavzevii* (Sankar et al., 2022) και *Pichia guilliermondii* (Kim et al., 2022). Το Στην αγορά αυτή τη στιγμή υπάρχουν δύο καλλιέργειες εκκίνησης βασισμένοι στην *Pichia kluyveri*, η WLP605 (Vintner's Harvest®, Yakima, WA, USA) η οποία αναδεικνύει περισσότερο τα ανθικά αρώματα στο κρασί και η FROOTZEN® (Chr. Hansen) που εστιάζει στην ανάπτυξη θειολών, ενώ κυκλοφορούν και στελέχη για παραγωγή ζύθου (SMARTBEV™ NEER®, Chr. Hansen)

Εκτός των ανωτέρω, ένας ακόμη ζυμομύκητας με ενδιαφέρον είναι η *Torulaspora delbrueckii*. Μέσα από συγκεκριμένες αντιδράσεις προκύπτουν αρώματα ανθικά, με έντονες οξύτητες και φρεσκάδα. Δεδομένου ότι και στον καφέ θεωρούνται επιθυμητά αυτά τα χαρακτηριστικά, θεωρήθηκε ενδιαφέρουσα η ζύμωση με *T. delbrueckii* με δυνητικές αναβαθμίσεις στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του καφέ (Mynsen Machado Martins et al., 2023; Cassimiro et al., 2023). Μια επίσης πολύ ενδιαφέρουσα καλλιέργεια στη ζύμωση κόκκων καφέ είναι η *Lachancea thermotolerans*. Η συγκεκριμένη καλλιέργεια εκκίνησης φέρει ως αποτέλεσμα μέσα από την παραγωγή γαλακτικού οξέος, μια έντονη οξύτητα. Κυριαρχούν στις ζυμώσεις της οι αρωματικές νότες κόκκινου μήλου, τροπικών φρούτων και εσπεριδοειδών και γενικά προσδίδει έντονης οξύτητας αρώματα και γεύσεις στο τελικό προϊόν. Στελέχη των παραπάνω ζυμών έχουν χρησιμοποιείται τόσο σε ζυμώσεις οίνου όσο και ζύθου (Tataridis et al., 2013a;b; 2014; 2016) και δείχνουν εξαιρετικά ενδιαφέροντα χαρακτηριστικά, ενώ τα τελευταία χρόνια δοκιμάζονται και σε καφέ. Η *T. delbrueckii* και η *P. kluyveri* έχουν ήδη μελετηθεί για την αξιοποίηση των χρησιμοποιημένων κόκκων καφέ (Liu et al., 2021), καθώς και *L. thermotolerans* και γαλακτικά βακτήρια (Liu et al., 2022).

<i>Starmerella bacillaris</i>	Glycerol ↑
<i>Hanseniaspora spp.</i>	Acetate esters ↑, terpenes ↑, Biogenic amines ↓
<i>Hansenula anomala</i>	C6 alcohols ↓
<i>Lachancea thermotolerans</i>	L-lactic acid ↑, Acidification ↑
<i>Metschnikowia pulcherrima</i>	Esters ↑, Terpenes ↑, Thiols ↑, Aroma complexity ↑,
<i>Pichia guilliermondii</i>	Color Stability ↑
<i>Pichia kluyveri</i>	Thiols ↑, Esters ↑
<i>Schizosaccharomyces pombe</i>	L-Malic acid ↓, Deacidification ↑
<i>Torulospora delbrueckii</i>	Acetic acid ↓, Esters ↑, Thiols ↑,
<i>Zygosaccharomyces bailii</i>	Polysaccharides ↑

↑, higher activity; ↓, lower activity≈

Εικόνα 13. Πρωταρχικά πλεονεκτήματα χρήσης non - *Saccharomyces* καλλιιεργειών για την παραγωγή κρασιού (πηγή Benito et al., 2019)

2.4.3 Ζύμωση πράσινου κόκκου με γαλακτικά βακτήρια

Κατά την επεξεργασία του καφέ, τα βακτήρια γαλακτικού οξέος (LAB) από πολλαπλά οικοσυστήματα (νερό, φυσικό έδαφος, αέρας και φυτά) βρίσκουν στον πολτό κερασιού ένα πλούσιο περιβάλλον για την ανάπτυξή τους. Χρησιμοποιούν υπόστρωμα πολτού ως πηγή άνθρακα και αζώτου για την παραγωγή σημαντικών ποσοτήτων γαλακτικού οξέος. Αυτή η φυσική ζύμωση χρησιμοποιείται σκόπιμα από τους καλλιεργητές καφέ για να προωθήσει την αποτελεσματική αφαίρεση του στρώματος βλέννας που προσκολλάται στους καρπούς, πριν από την αποθήκευση και τη μεταφορά των κόκκων καφέ. Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι αυτοί οι μεταβολίτες έχουν συμπληρωματική λειτουργία στο σχηματισμό πρόδρομων γευστικών και αρωμάτων των ροφημάτων καφέ (Dias et al., 2020; Cassimiro et al., 2022; 2023; Kim et al., 2022; Bravim et al., 2023). Ωστόσο, η πιθανότητα βελτίωσης της ποιότητας του καφέ με τη χρήση του LAB έχει σε μεγάλο βαθμό αγνοηθεί (de Melo Pereira et al., 2019)

2.4.4 Ζύμωση πράσινου κόκκου με μικτή καλλιέργεια

Συχνά, έχουν γίνει διάφορες μελέτες στις οποίες χρησιμοποιήθηκαν μικτές καλλιέργειες για την ζύμωση του καφέ, με αντικρουόμενα αποτελέσματα ως προς την περιεκτικότητα των τελικών προϊόντων σε συστατικά και κατ' επέκταση το οργανοληπτικό προφίλ του καφέ. Αυτά τα αντιφατικά αποτελέσματα, οφείλονται εν πολλοίς στην συμπεριφορά των προς

μελέτη καλλιιεργειών, ως προς την συναγωνιστική ή ανταγωνιστική δράση τους για τα θρεπτικά συστατικά. Παράδειγμα, συναγωνιστικής δράσης αποτελεί μια μελέτη (Wang et al, 2020b) που επιχείρησε να επιτύχει βιομετασχηματισμό της γεύσης του καφέ μέσω ελεγχόμενης ζύμωσης αποστειρωμένων κόκκων πράσινου καφέ με συγκαλλιέργεια *Saccharomyces cerevisiae* και *Pichia kluyveri* (FYco) και διαδοχικού εμβολιασμού *L. lactis* subsp. *cremoris* και συγκαλλιέργεια ζύμης (FLYco). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι σε σύγκριση με τον πράσινο κόκκο καφέ που ζυμώθηκε από τις μονοκαλλιέργειες ζύμης σε προηγούμενη μελέτη, το FYco οδήγησε σε αύξηση 1,2 και 4,1 φορές στην παραγωγή οξικού ισοαμλεστέρα και οξικού 2-φαινυλαιθυλεστέρα, αντίστοιχα. Το FLYco αύξησε περαιτέρω την παραγωγή οξικού εστέρα κατά περισσότερο από 2 φορές σε σχέση με το FYco. Οι εστέρες που παράγονται στο FYco και στο FLYco επιβίωσαν, εν μέρει από τη διαδικασία του καβουρδίσματος και προσέδωσαν στους καβουρδισμένους καφέδες σημαντικά αρώματα φρούτων και κρασιού. Επίσης, η ζύμωση με γαλακτικά βακτήρια στο FLYco αύξησε την οξύτητα στους πράσινους κόκκους καφέ, γεγονός που προώθησε τον σχηματισμό φουρφουραλών με άρωμα καραμέλας και τη διατήρηση της οξύτητας και της γλυκύτητας στους καβουρδισμένους καφέδες. Επομένως, εκτός από τις απλές τροποποιήσεις γεύσης από μεμονωμένα στελέχη, ο κατάλληλος συνδυασμός πολλαπλών στελεχών μπορεί να οδηγήσει σε συναγωνιστικά αποτελέσματα που ενισχύουν τις δραστηριότητες μεμονωμένων στελεχών και βελτιώνουν περαιτέρω την πολυπλοκότητα της γεύσης του προκύπτοντος καφέ (Wang et al., 2020a;b;c).

2.4.5 Ζύμωση με την προσθήκη φρούτων

Αν και δεν υπάρχει ανεπτυγμένη βιβλιογραφία, πρόσφατα πειράματα οδήγησαν ορισμένους παραγωγούς να συμπεριλάβουν φρούτα κατά τη ζύμωση του καφέ. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι όπου τα κεράσια του καφέ ζυμώνονται σε μια σφραγισμένη, αεροστεγή δεξαμενή για αναερόβια ζύμωση μαζί με ένα προκαθορισμένο ποσοστό ολόκληρων φρούτων ή εκχυλισμάτων (πχ εσπεριδοειδή, κ.α.). Αυτό το μείγμα στη συνέχεια ζυμώνεται στη δεξαμενή για μια προκαθορισμένη χρονική περίοδο. Η θερμοκρασία της δεξαμενής ρυθμίζεται αυστηρά σε όλη αυτή την περίοδο. Πιο συγκεκριμένα, αναφέρεται παραγωγή στο Fazenda Esperança στο Minas Gerais της Βραζιλίας, όπου χρησιμοποιούνται εσπεριδοειδή στη ζύμωση του καφέ του από το 2017. Τα φρούτα τοποθετούνται σε μια σακούλα, σπάνε εν μέρει και στη συνέχεια

προστίθενται σε μια δεξαμενή με φυσικό επεξεργασμένο καφέ Icatu σε αναλογία φρούτου/καφέ 1:5, ενώ μετά από 72 ώρες, συνεχίζεται η τυπική επεξεργασία ως συνήθως (<https://perfectdailygrind.com/2020/09/fermenting-coffee-with-fruit-a-new-trend-fruit-fermentation/>).

2.4.6 Ζύμωση και ανθρακική αναεροβίωση (carbonic maceration)

Μια μέθοδος αρκετά διαδεδομένη στο χώρο του κρασιού εδώ και χρόνια, έχει αρχίσει να γίνεται δημοφιλής στο χώρο του καφέ τον τελευταίο καιρό. Αναλυτικότερα, επειδή η ανθρακική αναεροβίωση στα σταφύλια δίνει στο κρασί αρώματα και νότες φρούτων και άνθων (González-Arenzana et al., 2020), χαρακτηριστικά επιθυμητά στο παραγόμενο ρόφημα καφέ, δημιουργήθηκε και αναπτύχθηκε η ιδέα, να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος στο φρούτο το καφέ. Η ανθρακική αναεροβίωση, στόχο έχει να ελέγξει τον τρόπο με τον οποίο το φρούτο του καφέ (το κεράσι) προσαρμόζεται σε συνθήκες διοξειδίου του άνθρακα ελλείπει οξυγόνου και να επιδράσει με θετικό τρόπο στα χαρακτηριστικά του καφέ, αναβαθμίζοντας την ποιότητά του. Τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται πειραματικά (Brioschi Junior et al., 2021; Poltronieri & Rossi, 2016; Jitjajoen, 2021, Pereira et al., 2021; Várady et al., 2022; Gomes et al., 2022).

2.4.6 Ζύμωση με μύκητες

Έχουν επίσης διεξαχθεί δοκιμές με τη χρήση μυκήτων, όπως *Rhizopus oligosporus* (Lee et al., 2016a;b), *Aspergillus niger* (Lin, 2010), *Aspergillus* spp. and *Mucor* spp (Tang et al., 2021), καθώς μεταξύ εμφανίζουν σημαντική παραγωγή εξωκυτταρικών ενζύμων. Ένας αυξανόμενος αριθμός εταιρειών διαφημίζουν την παραγωγή καφέ με τη χρήση koji-*Aspergillus oryzae* (koji fermented coffee).

3 Υλικά και Μέθοδοι

3.1 Σκοπός

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο μέρος, ο καφές είναι από τα κυριότερα ροφήματα σε παγκόσμια κατανάλωση. Η τάση αυτή μας οδήγησε στην ιδέα να αναβαθμίσουμε τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του ροφήματος αυτού κάνοντάς το καλύτερο ποιοτικά.

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η διερεύνηση της ζύμωσης πράσινων κόκκων καφέ με διαφορετικές κατηγορίες μικροοργανισμών και η σύγκριση των διαφορετικών οργανοληπτικών και βασικών χαρακτηριστικών που προσδίδει η κάθε μια στο τελικό ρόφημα.

3.1.1 Όργανα & αντιδραστήρια

Το πείραμα περιείχε, συνοπτικά, το στάδιο της παρασκευής του υποστρώματος όπου αναπτύχθηκαν οι μικροοργανισμοί προ εμβολιασμού, την αποστείρωση δοχείων γυάλινων με νερό, την προσθήκη ποσότητας κόκκων καφέ στα αποστειρωμένα δοχεία με νερό, τον εμβολιασμό τους με τους μικροοργανισμούς που είχαμε αναπτύξει νωρίτερα, τη ζύμωση, την οργανοληπτική δοκιμή και μετρήσεις χρώματος, ολικών διαλυμένων στερεών-TDS (%) και των βαθμών °Brix.

3.1.1.1 Όργανα

- ◆ IKAWA Home Roasting System
- ◆ Μηχανή παραγωγής καφέ espresso Crem One
- ◆ Μηχάνημα μέτρησης χρώματος καφέ - Tonino
- ◆ Μηχάνημα μέτρησης ολικών διαλυτών στερεών (TDS%) στο ρόφημα (VST LAB Coffee III Refractometer-2022)
- ◆ Διαθλασίμετρο Abbemat 3100 (Anton-Paar)
- ◆ pH μετρο HANNA HI8010
- ◆ Ψηφιακό υγρασιόμετρο Grain Check (Isoelectric)

3.1.1.2 Αντιδραστήρια & Υλικά

1. Glucose
2. Yeast extract
3. Bacteriological peptone
4. Malt extract
5. HCl 1M
6. Πράσινοι κόκκοι καφέ (Sidamo Ethiopia)
7. Νερό (εμφιαλωμένο χωρίς χλώριο)
8. Καλλιέργεια ζύμης Wildbrew PHILLY SOUR (Lallemand) *Lachancea spp.*
9. Καλλιέργεια ζύμης PRELUDE (chr HANSEN) *Torulasporea delbrueckii*
10. Καλλιέργεια ζύμης CROSS EVOLUTION natural cross hybrid between *Saccharomyces cerevisiae* yeasts (Anchor)
11. Καλλιέργεια ζύμης VINIFLORA FROOTZEN (chr HANSEN) *Pichia kluyveri*

3.1.2 Σχεδιασμός πειράματος

3.1.2.1 Παρασκευή υποστρώματος για ανάπτυξη καλλιέργειας

- i. Ζύγιση των συστατικών του υποστρώματος Malt Yeast Extract (10g glucose, 1,25g yeast extract, 1,25g bacteriological peptone, 1,25g malt extract 0.5L απιονισμένο νερό).
- ii. Ανάμιξη σε αποστειρωμένο ποτήρι ζέσεως και ρύθμιση του pH του διαλύματος με 1 M HCl έως pH=5.0.
- iii. Προσθήκη υποστρώματος ανά 100ml σε 5 γυάλινα δοχεία τα οποία μετά αποστειρώθηκαν στους 120oC για 20’
- iv. Προσθήκη υπό ασηπτικές συνθήκες των πέντε καλλιιεργειών (*Lachancea spp.*, *Torulasporea delbrueckii*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Pichia kluyveri*) και επώαση για 48 ώρες στους 20oC.

3.1.2.2 Ζύμωση και ξήρανση των πράσινων κόκκων καφέ

Χρησιμοποιήθηκαν πράσινοι κόκκοι καφέ (*Coffea arabica*, semi-dry processed) από την επαρχία της Sidamo στα υψίπεδα της Αιθιοπίας με αρχική υγρασία περίπου 10%. Οι δοκιμές που έγιναν ήταν με τη χρήση αποστειρωμένου νερού με, ζύμωση με *S. cerevisiae* χωρίς αποστειρωμένους κόκκους, ζύμωση με *T. delbrueckii* χωρίς αποστειρωμένους κόκκους, ζύμωση με *L. thermotolerans* χωρίς αποστειρωμένους κόκκους, ζύμωση με *P. kluyveri* χωρίς αποστειρωμένους κόκκους, ζύμωση με *P. kluyveri* με αποστειρωμένους κόκκους. Επίσης έγιναν δύο μάρτυρες, ένας με αποστειρωμένους κόκκους και ένας χωρίς αποστειρωμένους κόκκους. Για κάθε ζύμωση χρησιμοποιήθηκαν 130g κόκκων καφέ σε 300g νερό (χωρίς χλώριο) και κατόπιν εμβολιάστηκαν με τις καλλιέργειες εκκίνησης σε ποσότητες ώστε να έχουμε αρχική συγκέντρωση κυττάρων $0.4 \cdot 10^6$ /mL νερού. Όλα τα δείγματα επώαστηκαν στους 20°C για 6 ημέρες.

Κάθε 24 ώρες λαμβάνονταν δείγμα από τις φιάλες, 5ml υγρού και 2g κόκκων για μέτρηση pH, θερμοκρασίας, πληθυσμού & βιωσιμότητας.



Εικόνα 14. Οι φιάλες όπου διεξήχθη το πείραμα

Μετά την πάροδο των 6 ημερών της ζύμωσης οι κόκκοι απλώθηκαν σε ειδικές σίτες και τοποθετήθηκαν σε κλίβανο στους 27°C έως υγρασία περίπου 11%. Όπως φαίνεται και στις παρακάτω φωτογραφίες, η κάθε ζύμωση έδωσε διαφορετικό αποτέλεσμα στην όψη των κόκκων. Ιδιαίτερα στη ζύμωση με *S. cerevisiae*, η αποκλίσεις ήταν αρκετά μεγάλες (κάποιοι αρκετά πιο σκούροι κόκκοι απομονώθηκαν στο επάνω μέρος της σίτας – βλέπε εικόνα 16) ενώ μετά την ξήρανση παρουσίασαν και κάποια άσπρα στίγματα στην επιφάνειά τους που έμοιαζαν με έντονη ξήρανση παρά το γεγονός ότι η υγρασία τους ήταν στο 10%. Έντονες χρωματικές διαφορές παρατηρήθηκαν και ανάμεσα στους κόκκους της *T. delbrueckii* χωρίς ωστόσο να απαιτηθεί η απόρριψη μέρους αυτών.



Μάρτυρας



Μάρτυρας sterile



L. thermotolerans



T. delbrueckii



P. kluyveri



P. kluyveri sterile



S. cerevisiae

Εικόνα 15. Ζυμωμένοι κόκκοι προς ξήρανση

3.1.2.3 Καβούρδισμα και παραγωγή ροφήματος καφέ

Το καβούρδισμα των κόκκων έγινε στη συσκευή IKAWA Home Roasting System. Ο χρόνος καβουρδίσματος όπως φαίνεται στο διάγραμμα 2 ήταν 6 λεπτά και 40 δευτερόλεπτα έως στους 204°C για να πετύχουμε το ιδανικό αποτέλεσμα σύμφωνα με τη συγκεκριμένη ποικιλία.



Διάγραμμα 2. Καβούρδισμα κόκκων

Μετά από παραμονή δύο εβδομάδων για την απαέρωση του καφέ (off gassing) διεξήχθη η άλεση και αμέσως η παραγωγή καφέ espresso για το καλύτερο δυνατό οργανοληπτικό αποτέλεσμα. Ο βαθμός άλεσης προσαρμόστηκε στη σκληρότητα του καφέ μετά από αρχικές δοκιμές, ώστε να έχουμε τα επιθυμητά αποτελέσματα. Για την κάθε παραγωγή ζυγίστηκαν 18,5gr αλεσμένων κόκκων καθώς το basket filter της μηχανής είχε όριο 18 – 20gr.



Εικόνα 16. Crem ONE Coffee Machine (πηγή: website <https://www.crem.coffee/ONE>)

3.1.2.4 Μετρήσεις στο ρόφημα του καφέ

Εκτός της οργανοληπτικής αξιολόγησης από επιτροπή τεσσάρων ατόμων, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις ολικών στερεών TDS %, χρώματος και Brix στο ρόφημα που παρήχθη.

Πίνακας 5. Επεξηγήσεις ενδείξεων Tonino
Adapted by <https://my-tonino.com/details.html>



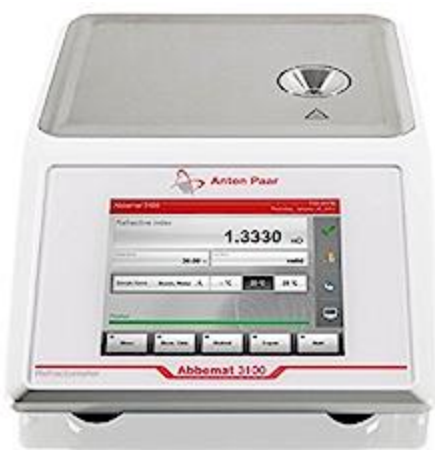
Tonino	SCALE
125 — 130	Very Light
115 — 125	Light
100 — 115	Medium Light
85 — 100	Medium
75 — 85	Medium Dark
60 — 75	Dark
50 — 60	Extremely Dark
105	Cupping

Εικόνα 17. Tonino Coffee color meter
<https://en.neroscurocoffee.com/blogs/news/an-empirical-test-of-measured-color-and-grind-level-relationship>



Εικόνα 18. Μετρητής ολικών διαλυτών στερεών στο ρόφημα καφέ

<https://store.vstapps.com/products/vst-lab-coffee-iii-refractometer-2022>



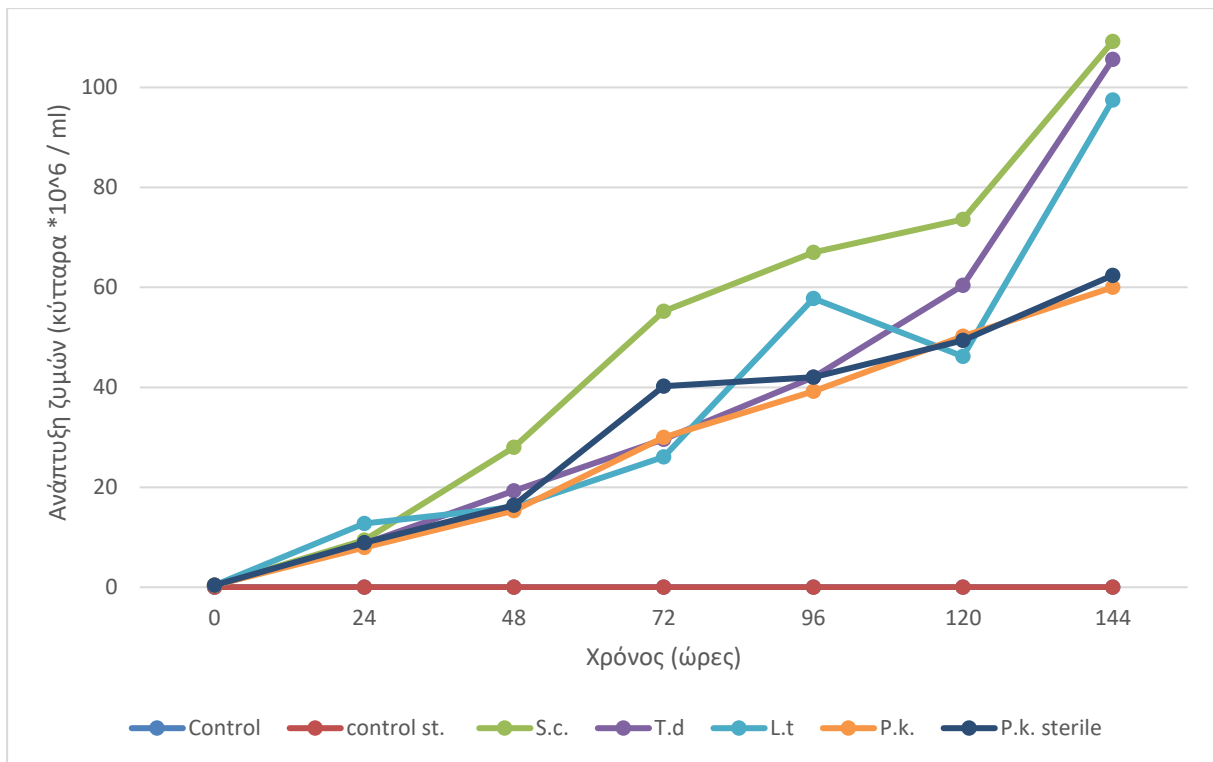
Εικόνα 19. Διαθλασίμετρο AbbeMat 3100 (Anton-Paar)

4 Αποτελέσματα & Συζήτηση

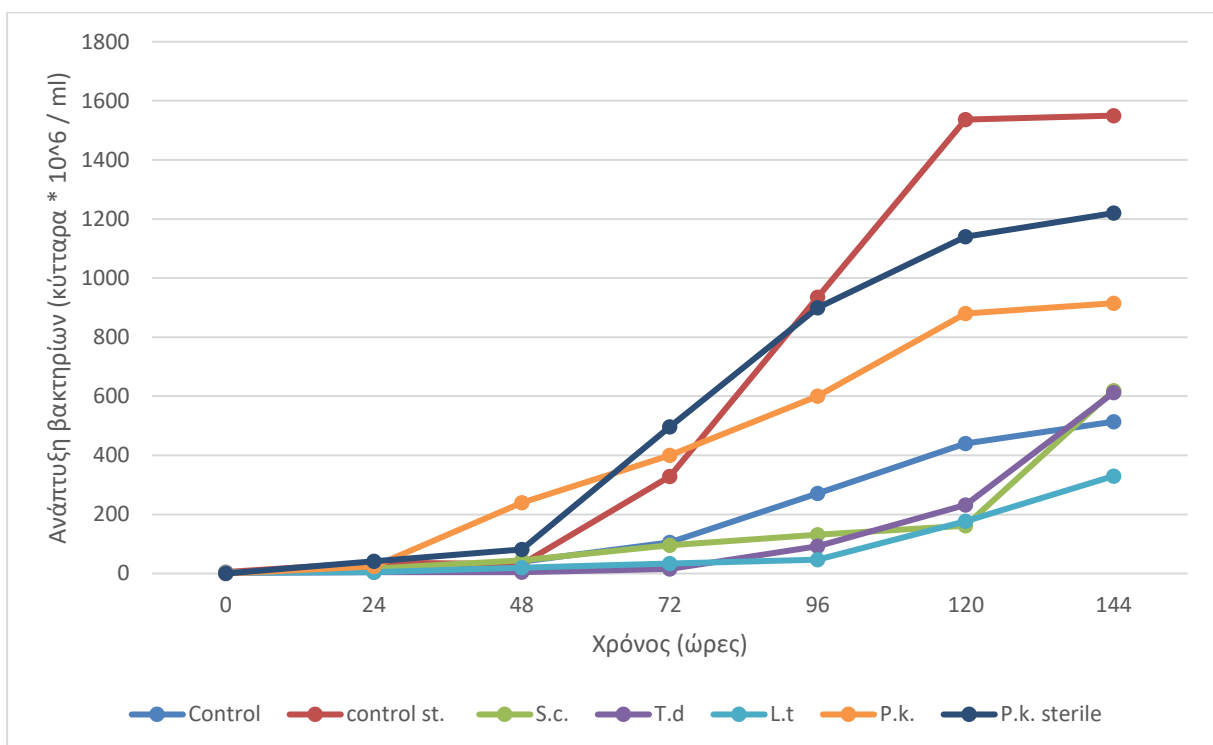
4.1 Ανάπτυξη καλλιιεργειών εκκίνησης και βακτηρίων κατά τη ζύμωση

Παρατηρήθηκε, ότι εκτός από την ανάπτυξη των ζυμών, αναπτύχθηκαν και βακτήρια, τόσο στα μη αποστειρωμένα δείγματα (δεδομένης της παρουσίας βακτηρίων στους πράσινους κόκκους) καφέ όσο και στα αποστειρωμένα, πιθανώς λόγω έλλειψης ασηπτικών συνθηκών. Αυτό κατά συνέπεια επηρέασε σε κάποιο βαθμό και τα οργανοληπτικά αποτελέσματα αλλά ίσως και την πορεία της ίδιας της ζύμωσης.

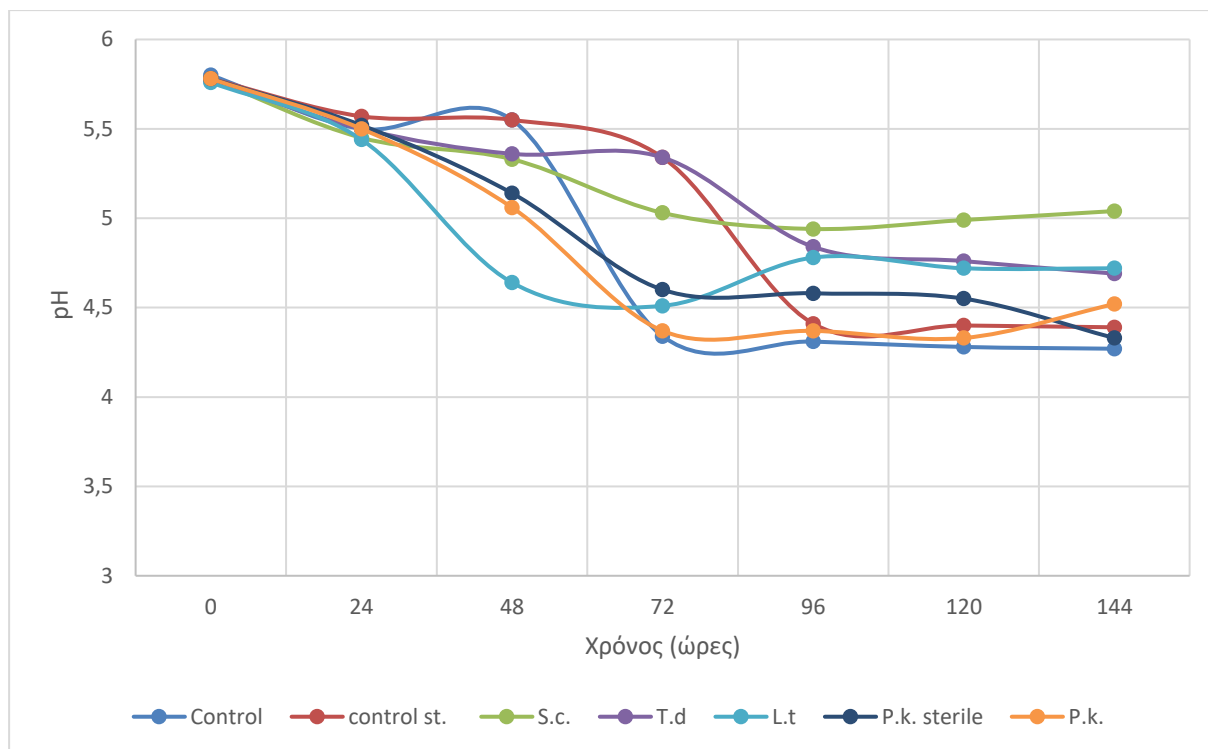
Στα παρακάτω διαγράμματα, φαίνεται η ανάπτυξη των βακτηρίων αλλά και η συνεχής ανάπτυξη και των ζυμών στις έξι ημέρες της ζύμωσης. Αναλυτικότερα, ενώ όλα τα δείγματα εμβολιάστηκαν με την ίδια ποσότητα κυττάρων ($0.4 \cdot 10^6$ κύτταρα/mL νερού), η ανάπτυξή τους δεν ήταν σε ίδια επίπεδα. Όπως διαφαίνεται στο διάγραμμα 3, η ζύμωση που έγινε με *P. kluyveri* δεν παρουσίασε την ίδια μεγάλη ανάπτυξη όπως πχ η ζύμωση με *S. Cerevisiae* ή *T. delbrueckii* που έφτασαν σε αρκετά παρόμοια επίπεδα. Σημαντικό ρόλο ενδεχομένως έπαιξε και το pH το οποίο στην περίπτωση της *P. kluyveri* έπεσε και σταθεροποιήθηκε σε επίπεδα κάτω το 4,5 ενώ στην περίπτωση του *S. cerevisiae* σταθεροποιήθηκε στο 5,04, ενώ επίσης σημαντικό ρόλο ίσως να έχει και η αυξημένη ανάπτυξη βακτηρίων στα συγκεκριμένα δείγματα, κάτι που δεν παρατηρείται στις υπόλοιπες ζυμώσεις. Το αξιοσημείωτο όμως στις ζυμώσεις είναι η ραγδαία ανάπτυξη των βακτηρίων στην περίπτωση των αποστειρωμένων δειγμάτων του μάρτυρα αλλά και της *P. kluyveri*, των δειγμάτων δηλαδή όπου οι κόκκοι μαζί με το νερό αποστειρώθηκαν στη φιάλη πριν τη ζύμωση. Η ανάπτυξή τους είναι αρκετά μεγαλύτερη σε σχέση με τις υπόλοιπες παραμέτρους γεγονός που επίσης ενδεχομένως να οφείλεται στην έλλειψη ασηπτικών συνθηκών λήψης δείγματος από τις φιάλες.



Διάγραμμα 3. Ανάπτυξη ζυμών



Διάγραμμα 4. Ανάπτυξη βακτηρίων



Διάγραμμα 5. Εξέλιξη του pH κατά τη ζύμωση

4.2 Ξήρανση των κόκκων

Μετά το πέρας της ζύμωσης, οι κόκκοι απλώθηκαν σε ειδικές σίτες προκειμένου να ξηραθούν στους 27°C έως ότου η υγρασία τους φτάσει περίπου έως 10%. Η υγρασία μετρήθηκε με ψηφιακό υγρασιόμετρο στις 24 και στις 48 ώρες. Τα τελικά αποτελέσματα διαφαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 6. Ποσοστό υγρασίας μετά την ξήρανση

Παράμετρος	Ποσοστό υγρασίας %
Μάρτυρας non sterile	12,2
Μάρτυρας sterile	8,6
<i>S. cerevisiae</i>	10
<i>T. delbrueckii</i>	12,1
<i>L. thermotolerans</i>	10,1
<i>P. kluyveri</i> sterile	8,9
<i>P. kluyveri</i> non sterile	7,8
Καφές χωρίς ζύμωση	8,2

Στις παρακάτω φωτογραφίες φαίνονται οι κόκκοι του καφέ πριν και μετά το καβούρδισμα



L. thermotolerans

P. kluyveri sterile

P. kluyveri



S. cerevisiae

T. delbrueckii

Μάρτυρας



Μάρτυρας sterile

Κόκκοι χωρίς ζύμωση

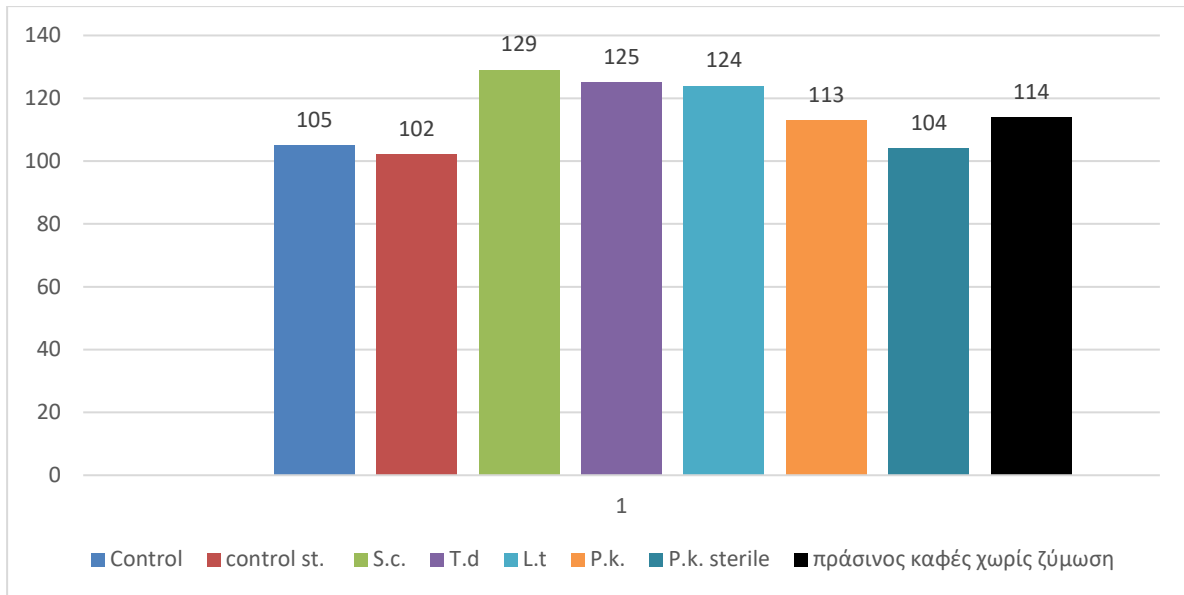
Εικόνα 20. Κόκκοι πριν και μετά το καβούρδισμα

4.3 Μετρήσεις στον καφέ

Για τις μετρήσεις στο ρόφημα, παρήχθη ρόφημα espresso στη μηχανή Crem One. Αναλυτικότερα, οι παράμετροι της παρασκευής του ροφήματος είχαν ως εξής: τοποθέτηση 18,5γρ αλεσμένου καφέ στο ειδικό δοχείο, πίεση 3 bar στα πρώτα 5 δευτερόλεπτα και έπειτα ως τα 9 bar για 20 δευτερόλεπτα. Μετά, αποσυμπιέζουμε και συνολικά στα 30 – 33 δευτερόλεπτα έχουμε πάρει τα 40 – 45 ml ροφήματος που επιθυμούμε.

4.3.1 Μέτρηση Χρώματος

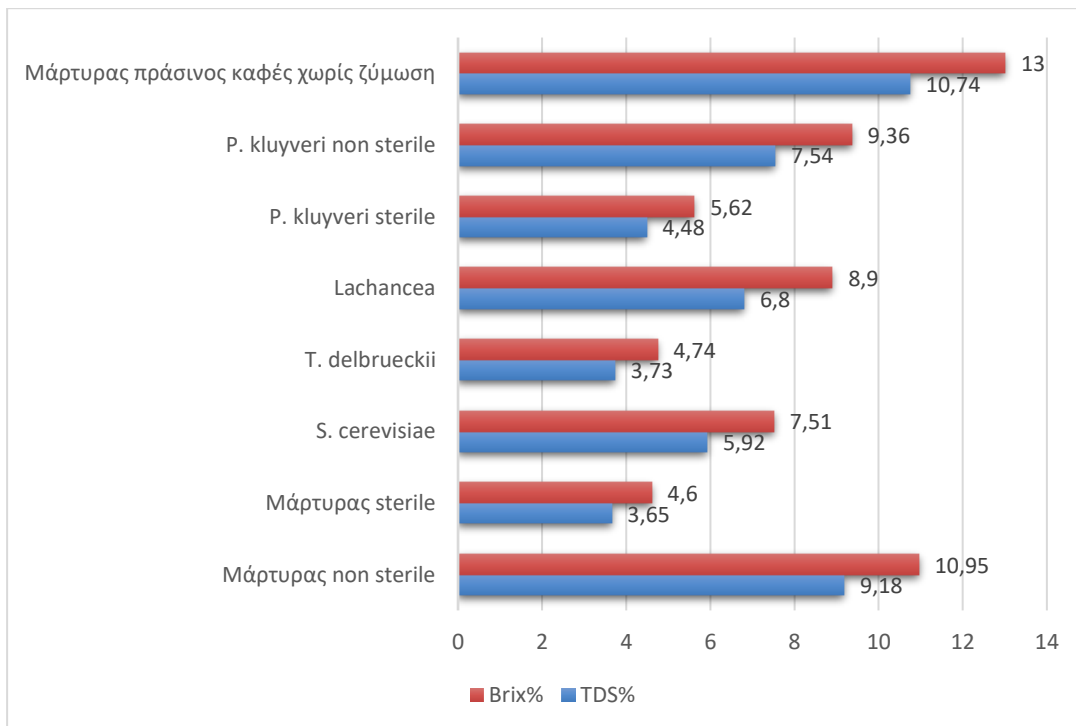
Για τη μέτρηση του χρώματος στο έτοιμο προϊόν χρησιμοποιήθηκε το μηχάνημα Tonino. Στο παρακάτω διάγραμμα αναγράφονται τα αποτελέσματα, τα οποία, σύμφωνα με τον πίνακα 5 σελ. 48, μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι στις ακριβώς ίδιες συνθήκες καβουρδίσματος, οι κόκκοι που είχαν ζυμωθεί με *L. thermotolerans*, έδωσαν ένα χρωματικό αποτέλεσμα Light (115 – 125) ενώ οι κόκκοι που είχαν ζυμωθεί με *S. Cerevisiae* & *T. Delbrueckii*, είχαν ως αποτέλεσμα το χρώμα του παραγόμενου ροφήματος να είναι Very Light (125 – 130). Αντιθέτως, οι κόκκοι που ζυμώθηκαν με *P. kluyveri* έδειξαν κάποια διαφορά μεταξύ τους ανάλογα με το αν είχαν αποστειρωθεί, παρέμειναν όμως στην ίδια κατηγορία, Medium Light (100 – 115). Σχεδόν καμία απόκλιση δε σημειώθηκε ανάμεσα στους μάρτυρες ανεξαρτήτως αποστείρωσης, ενώ, συγκρίνοντας με το αποτέλεσμα του καφέ χωρίς ζύμωση παρατηρούμε ότι λιγότερο όλων των παραμέτρων επηρεάστηκε χρωματικά το δείγμα που ζυμώθηκε με *P. kluyveri* χωρίς αποστείρωση, ενώ τη μεγαλύτερη διαφορά είχε το δείγμα που ζυμώθηκε με *S. cerevisiae*.



Διάγραμμα 6. Ενδείξεις χρώματος στο μηχάνημα Tonino

4.3.2 Μέτρηση Ολικών Διαλυτών Στερεών και Brix

Εκτός του χρώματος, στο τελικό ρόφημα μετρήθηκαν τα Brix και τα TDS. Από το παρακάτω διάγραμμα των αποτελεσμάτων, διαφαίνεται πως τα Brix ήταν ποσοστιαία ελαφρώς υψηλότερα από τα TDS σε παρόμοια επίπεδα διαφοράς όμως.



Διάγραμμα 7. Μετρήσεις TDS% και Brix%

4.4 Οργανοληπτική δοκιμή

Η οργανοληπτική δοκιμή έγινε με ελεύθερο ερωτηματολόγιο στις παρακάτω κατηγορίες άρωμα, σώμα, γεύση, επίγευση. Στο τέλος, αντί βαθμολογίας, δόθηκε μια σειρά σειρά ημιποσοτικής αξιολόγησης/προτίμησης με άριστα τα 5 αστέρια. Με βάση τα κριτήρια που αναφέρθηκαν, προκύπτει ο παρακάτω πίνακας.

Πίνακας 7. Οργανοληπτική αξιολόγηση τελικού ροφήματος καφέ

Δείγμα	Υγρασία προ καβουρδίσματος	Άρωμα	Σώμα	Γεύση	Επίγευση	Αξιολόγηση
Μάρτυρας non sterile	11,20%	Μπανάνα, άνθη, mango, tropical fruits, nuts	Μέτριο	Έντονη οξύτητα	Έντονη οξύτητα, άνθη	★★★★★
Μάρτυρας sterile	8,60%	Άνθη, πράσινη φρεσκάδα, tropical fruits	Αραιό	Μέτρια οξύτητα, φρεσκάδα	Μικρή ανθική επίγευση	★★★★
<i>S. cerevisiae</i>	9,60%	Φυστίκι αράπικο, nuts, καρύδια πεκάν	Αρκετά γεμάτο	Ήπια οξύτητα, δημητριακά, ξηροί καρποί	Μικρή επίγευση, σιτηρά	★★★
<i>T. delbrueckii</i>	12%	Εσπεριδοειδή, κίτρο	Γεμάτο	Μέτρια, φλοιός ξηρών καρπών, δε θυμίζει το άρωμα	Μικρή, πικρή επίγευση	★★★
<i>L. thermotolerans</i>	11,10%	Καμμένος φλοιός από φυστίκι αράπικο, ξηροί καρποί έντονου καβουρδίσματος	Μέτριο	Πικρή γεύση, αρκετά έντονη	Μακρά, έντονα πικρή επίγευση	★★
<i>P. kluyveri</i> sterile	8,90%	Μπανάνα, τσιγλόφουσκα	Πλούσιο, κρεμώδες	Έντονη, γλυκιά γεύση, γλυκά φρούτα σε μικρό βαθμό, ελάχιστη τσιγλόφουσκα	Μικρή επίγευση, γλυκά φρούτα, ελάχιστη τσιγλόφουσκα	★★★
<i>P. kluyveri</i> non sterile	7,80%	Μπανάνα, τσιγλόφουσκα	Πλούσιο, κρεμώδες	Έντονη γεύση, ήπια οξύτητα, γλυκότητα	Μικρή επίγευση, ελάχιστο ροδάκινο και μπανάνα, ήπια οξύτητα	★★★★
Καφές χωρίς ζύμωση	8%	Σοκολάτα, πραλίνα φουντουκιού, βανίλια,	Πλούσιο, βουτυρώδες	Ξηροί καρποί, σοκολάτα	Μακρά επίγευση σοκολάτας	★★★★

4.5 Γενικό αποτέλεσμα ζύμωσης

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του πειράματος που πραγματοποιήθηκε, βλέπουμε πως τελικά ο καφές αποτελεί ένα προϊόν ευεπηρεάστο, έτοιμο να απορροφήσει και να επηρεαστεί στον κορμό του από οτιδήποτε προσθέσουμε στο περιβάλλον του.

Όλες οι παράμετροι και οι συνθήκες έδωσαν ξεχωριστά αποτελέσματα ιδιαίτερα και μοναδικά, άλλα καλύτερα και άλλα όχι και τόσο ικανοποιητικά. Προτιμήθηκαν γεύσεις με έντονη οξύτητα, φρουτώδη και ανθικά αρώματα και γεύσεις.

Βλέποντας τις τελικές οργανοληπτικές αξιολογήσεις των παραχθέντων προϊόντων ροφήματος espresso και σε συνδυασμό με το πόρισμα ότι η ανάπτυξη βακτηρίων έπαιξε σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των αποτελεσμάτων καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως το καλύτερο αποτέλεσμα έδωσαν οι κόκκοι που δε ζυμώθηκαν με κάποια ζύμη, αλλά άφησαν τα βακτήρια να αναπτυχθούν πλήρως, επηρεάζοντας το αποτέλεσμα στο έπακρο. Στην περίπτωση του μάρτυρα χωρίς αποστείρωση, τα κυρίαρχα αρώματα ήταν ξηροί καρποί, τροπικά φρούτα, μπανάνα, ενώ η επίγευσή που άφηνε ήταν μακρά, όξινη, φρουτένια και ανθική. Τέλος, στην περίπτωση του πράσινου κόκκου χωρίς καθόλου ζύμωση, ο οποίος απλά καβουρδίστηκε, αλέστηκε και δοκιμάστηκε, παρατηρήθηκαν αρώματα και γεύσεις από σοκολάτα, ξηρούς καρπούς, βανίλιας, καραμέλας και πραλίνας ενώ παρατηρήθηκε και αξιολογήθηκε θετικά η έντονη μακρά επίγευση σοκολάτας.

Λιγότερο ικανοποιητικά θεωρήθηκαν τα δείγματα όπου αναδείκνυαν αρώματα και γεύσεις σιτηρών και καμένων φλοιών φυσιτικού. Ειδικότερα στην περίπτωση της ζύμωσης με *L. thermotolerans* η έντονη γεύση καβουρδίσματος και η μακρά αρκετά πικρή επίγευση, το οδήγησε στο λιγότερο επιθυμητό όλων δείγμα με τα περισσότερα μη ικανοποιητικά αποτελέσματα σε σχέση με τις υπόλοιπες ζυμώσεις.

Συγκρίνοντας την οργανοληπτική αξιολόγηση με τα αποτελέσματα σε ολικά διαλυτά στερεά αλλά και Brix παρατηρούμε ότι τα δείγματα που προτιμήθηκαν περισσότερο, ήταν και αυτά με το πιο έντονο σώμα και αυτά με το μεγαλύτερο ποσοστό σε TDS και Brix όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 7. Το δείγμα που θεωρήθηκε το καλύτερο οργανοληπτικά, ο μη αποστειρωμένος μάρτυρας δηλαδή, παρουσίασε ποσοστό TDS% 9,18 το μεγαλύτερο μετά τον καφέ χωρίς ζύμωση, ενώ ο αποστειρωμένος μάρτυρας που είχε και το μικρότερο ποσοστό TDS% 3.65 ήταν που απέσπασε και το σχόλιο του ροφήματος με το πιο αραιό σώμα.

Όσον αφορά στο χρώμα του παραγόμενου ροφήματος, όπως επεξηγείται και στο διάγραμμα 6, το δείγμα που ζυμώθηκε με *S. cerevisiae* διαφάνηκε το πιο ανοιχτόχρωμο όλων ενώ το δείγμα του αποστειρωμένου μάρτυρα φάνηκε να είναι το πιο σκούρο όλων. Αυτά τα δύο αποτελέσματα, μας οδηγούν στο συμπέρασμα πως το χρώμα δεν επηρεάζεται από τα TDS & Brix καθώς τα συγκεκριμένα δύο δείγματα δεν είχαν μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ τους (βλέπε διάγραμμα 7).

5 Συμπεράσματα

Ο καφές, όπως αναφέρθηκε και πολλές φορές στην εργασία, αποτελεί μεγάλο μέρος της παγκόσμιας αγοράς. Είναι λοιπόν αναμενόμενο, να υπάρχει η επιθυμία για την αναβάθμισή του σε οργανοληπτικό αλλά και σε οικονομικό επίπεδο. Η παρούσα πτυχιακή εργασία, διεξήχθη με σκοπό να διερευνήσει (proof of concept) την πιθανή τη συνολική αναβάθμιση ενός καφέ πριν το καβούρδισμα μέσω ζύμωσης. Συμπερασματικά, μπορούμε να χαρακτηρίσουμε τον καφέ αρκετά ευεπηρεάστο στις συνθήκες στις οποίες βρίσκεται μετά τη συγκομιδή του. Από τη ζύμωση και το στέλεχος που θα επιλεγθεί, έως τις θερμοκρασίες και το νερό που θα χρησιμοποιηθεί, καθώς και την ξήρανση, το καβούρδισμα, την άλεση, το νερό και το πρόγραμμα πίεση, θερμοκρασίας και το χρόνο εκχύλισης όλα θα επηρεάσουν σε ένα βαθμό το τελικό αποτέλεσμα. Παρατηρώντας τα οργανοληπτικά αποτελέσματα και τον τρόπο με τον οποίο αξιολογήθηκαν, βλέπουμε πως μια ζύμωση μπορεί να αλλάξει το προϊόν οργανοληπτικά ακόμα και να το βελτιώσει ή και να το υποβαθμίσει και κατά συνέπεια να επηρεάσει θετικά και την αξία του. Τα επιθυμητά αποτελέσματα είναι οι έντονες οξύτητες και η αρωματική πολυπλοκότητα/πληρότητα και λιγότερο τα γλυκά αρώματα. Δεδομένων αυτών των αποτελεσμάτων, θεωρούμε πως θα ήταν εύκολο μια τέτοιου είδους ζύμωση των πράσινων κόκκων σε νερό να γίνει και σε κάποια επιχείρηση που προμηθεύεται μεγάλες ποσότητες πράσινων κόκκων πριν το καβούρδισμα με σκοπό την αναβάθμιση ολόκληρης της παρτίδας. Απαιτούνται φυσικά περαιτέρω δοκιμές για να βρεθούν οι απαραίτητες συνθήκες και τα στελέχη μικροοργανισμών ώστε να προκύπτει μια συστηματική βελτίωση του προϊόντος.

Μέσα από αυτή την εργασία, αντιληφθήκαμε πόσες δυνατότητες μας παρέχει ο καφές και πόσους δρόμους εξερεύνησης ανοίγει. Παρακάτω παραθέτουμε κάποιες προτάσεις για μελλοντικές πειραματικές εργασίες και έρευνα.

- Ζύμωση πράσινων κόκκων καφέ με γαλακτικά βακτήρια, ζύμες, μύκητες, ή/και φρούτα ή υπό ατμόσφαιρα διοξειδίου του άνθρακα, διαφορετικές συνθήκες θερμοκρασίας, κλπ
- Δομημένη οργανοληπτική αξιολόγηση ροφήματος καφέ (cold brew ή/και εσπρέσο) με εκπαιδευμένο πάνελ
- Αναλύσεις κινητικής μικροοργανισμών και μεταβολιτών της ζύμωσης, σύσταση καφές με διάφορες τεχνικές (ενζυμικά, HPLC, GC-MS, άλλες)
- Αξιολόγηση αποθήκευσης/χρόνου διατηρησιμότητας (shelf life)

6 Βιβλιογραφία

Alves, Rita & Rodrigues, Francisca & Nunes, Maria & Vinha, Ana & Oliveira, Maria. (2017). Chapter 1. State of the art in coffee processing by-products. In Handbook of Coffee Processing By-Products Sustainable Applications. Editor Galanakis Charis M. Academic Press. p. 1-26. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811290-8.00001-3>

Belitz H. D., Grosch W., Schieberle P (2012) Χημεία τροφίμων. 4η Έκδοση. Εκδόσεις Τζιόλα

Benito, Á.; Calderón, F.; Benito, S. (2019). The Influence of Non-Saccharomyces Species on Wine Fermentation Quality Parameters. *Fermentation*, 5, 54. <https://doi.org/10.3390/fermentation5030054>

Bravim Danielle Gonçalves, Taynara Mota de Oliveira, Denes Kaic Alves do Rosário, Nádia Nara Batista, Rosane Freitas Schwan, Jussara Moreira Coelho, Patricia Campos Bernardes. (2023). Inoculation of yeast and bacterium in wet-processed *Coffea canephora*, *Food Chemistry*, Volume 400, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134107>.

Bressani Pereira Ana Paula, Batista Nádia Nara, Ferreira Gabriela , Martinez Silvia Juliana, Simão João Batista Pavesi, Dias Disney Ribeiro, Schwan Rosane Freitas (2021) Characterization of bioactive, chemical, and sensory compounds from fermented coffees with different yeasts species. *Food Research International*, Volume 150, Part A, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110755>

Bressani, Ana Paula Pereira, Silvia Juliana Martinez, Suzana Reis Evangelista, Disney Ribeiro Dias, Rosane Freitas Schwan. (2018). Characteristics of fermented coffee inoculated with yeast starter cultures using different inoculation methods. *Food Science and Technology*, 92:212-219. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.02.029>

Brioschi Junior Dério, Rogério Carvalho Guarçoni, Marliane de Cássia Soares da Silva, Tomás Gomes Reis Veloso, Maria Catarina Megumi Kasuya, Emanuele Catarina da Silva Oliveira, José Maria Rodrigues da Luz, Taís Rizzo Moreira, Danieli Grancieri Debona, Lucas Louzada Pereira. (2021). Microbial fermentation affects sensorial, chemical, and microbial profile of coffee under carbonic maceration, *Food Chemistry*, Volume 342, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128296>.

Carvalho Ferreira Ludmilla Janne, Matheus de Souza Gomes, Liliane Maciel de Oliveira, Líbia Diniz Santos. (2023). Coffee fermentation process: A review, *Food Research International*, Volume 169, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112793>.

Cassimiro, D. M. de J., Batista, N. N., Fonseca, H. C., Naves, J. A. O., Dias, D. R., & Schwan, R. F. (2022). Coinoculation of lactic acid bacteria and yeasts increases the quality of wet fermented Arabica coffee. *International Journal of Food Microbiology*, 369, 109627. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109627>.

Cassimiro, D. M. de J., Nádia Nara Batista, Hugo Calixto Fonseca, José Augusto Oliveira Naves, Jussara Moreira Coelho, Patricia Campos Bernardes, Disney Ribeiro Dias, Rosane Freitas Schwan. (2023). Wet fermentation of *Coffea canephora* by lactic acid bacteria and

yeasts using the self-induced anaerobic fermentation (SIAF) method enhances the coffee quality. *Food Microbiology*, Volume 110, <https://doi.org/10.1016/j.fm.2022.104161>.

Catelani Tiago A., Santos João Rodrigo, Páscoa Ricardo N.M.J., Pezza Leonardo, Pezza Helena R., Lopes A. João (2018) Real-time monitoring of a coffee roasting process with near infrared spectroscopy using multivariate statistical analysis: A feasibility study. *Talanta*, Volume 179, Pages 292-299, <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2017.11.010>.

Clarke R.J., R. Macrae (1987) *Coffee Volume 1: Chemistry*. Elsevier Science Publishers LTD. Pages 6 – 13. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-4948-5>

Clarke R.J., R. Macrae (1987) *Coffee Volume 2: Technology*. Elsevier Science Publishers LTD. Pages 1 – 33. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-3417-7>

da Mota Marcela Caroline Batista, Nádia Nara Batista, Mariane Helena Sances Rabelo, Diego Egidio Ribeiro, Flávio Meira Borém, Rosane Freitas Schwan (2020) Influence of fermentation conditions on the sensorial quality of coffee inoculated with yeast. *Food Research International*, Volume 136, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109482>.

da Silva Bruna Lessa, Priscila Vargas Pereira, Larissa Diirr Bertoli, Daila Lima Silveira, Nádia Nara Batista, Patrícia Fontes Pinheiro, Joel de Souza Carneiro, Rosane Freitas Schwan, Samuel de Assis Silva, Jussara Moreira Coelho, Patrícia Campos Bernardes. (2021). Fermentation of *Coffea canephora* inoculated with yeasts: Microbiological, chemical, and sensory characteristics, *Food Microbiology*, Volume 98, <https://doi.org/10.1016/j.fm.2021.103786>.

de Melo Pereira Gilberto, de Carvalho Neto Dão, Magalhães Antonio I. Júnior, Vásquez Zulma S., Medeiros Adriane B.P., Vandenberghe Luciana P.S., Soccol Carlos R. Exploring the impacts of postharvest processing on the aroma formation of coffee beans – A review. *Food Chemistry*, Volume 272, Pages 441-452, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.061>.

di Palma Federico, Iacono Francesca, Toffanin Chiara, Ziccardi Andrea, Magni Lalo (2021). Scalable model for industrial coffee roasting chamber. *Procedia Computer Science*, Volume 180, Pages 122-131, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.362>.

Dias, S. R.; Coelho, V. S.; Brioschi, A.; Brioschi Junior, D.; Guarconi, R. C.; Freitas, V. V.; Eller, M. R.; Pereira, L. L. ; Cardoso, W. S. (2020). Sensory Q-Grader evaluation of fermented arabica coffees by yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) and lactic bacteria (*Pediococcus acidilactici*) cultures. *Coffee Science*, S. 1, v. 15, p. e151690. DOI: 10.25186/v15i.1690

Elhalis H., J. Cox, D. Frank, J. Zhao. (2021). Microbiological and Chemical Characteristics of Wet Coffee Fermentation Inoculated With *Hansinasporea uvarum* and *Pichia kudriavzevii* and Their Impact on Coffee Sensory Quality, *Frontiers in Microbiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.713969>

Elhalis Hosam, Julian Cox, Jian Zhao. (2023). Coffee fermentation: Expedition from traditional to controlled process and perspectives for industrialization, *Applied Food Research*, Volume 3, Issue 1, <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100253>.

Evangelista Suzana Reis, Cristina Ferreira Silva, Maria Gabriela Pedrozo da Cruz Miguel, Cecília de Souza Cordeiro, Ana Carla Marques Pinheiro, Whasley Ferreira Duarte, Rosane Freitas Schwan. (2014a). Improvement of coffee beverage quality by using selected yeasts strains during the fermentation in dry process, *Food Research International*, Volume 61, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.11.033>.

Evangelista Suzana Reis, Maria Gabriela da Cruz Pedroso Miguel, Cristina Ferreira Silva, Ana Carla Marques Pinheiro, Rosane Freitas Schwan. (2015). Microbiological diversity associated with the spontaneous wet method of coffee fermentation, *International Journal of Food Microbiology*, Volume 210, <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.06.008>.

Evangelista Suzana Reis, Maria Gabriela da Cruz Pedrozo Miguel, Cecília de Souza Cordeiro, Cristina Ferreira Silva, Ana Carla Marques Pinheiro, Rosane Freitas Schwan. (2014b). Inoculation of starter cultures in a semi-dry coffee (*Coffea arabica*) fermentation process *Food Microbiology*, Volume 44, <https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.05.013>.

Farah A. and Thiago Ferreira dos Santos., (2015). Chapter 1 - The Coffee Plant and Beans: An Introduction. In *Coffee in Health and Disease Prevention*, ed. V. R. Preedy, Academic Press, vol. 1, p. 5. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409517-5.00001-2>

Farah, Adriana (2019) *Coffee: Production, Quality and Chemistry*. 1st ed. Royal Society of Chemistry. Pages 10 - 22, 89 – 91. <https://doi.org/10.1039/9781782622437>

Febrianto, N.A.; Zhu, F. (2023). Coffee bean processing: Emerging methods and their effects on chemical, biological and sensory properties. *Food Chem.* 412, 20. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135489>

Gichimu, B.M., Gichuru, E.K., Mamati, G.E., Nyende, A.B., 2013. Variation and association of cup quality attributes and resistance to coffee berry disease in *Coffea arabica* L. composite cultivar, Ruiru 11. *African Journal of Horticulture Sciences* 7, 22 - 23.

Gomes, W.d.S.; Pereira, L.L.; Filete, C.A.; Moreira, T.R.; Guarçoni, R.C.; Catarina da Silva Oliveira, E.; Moreli, A.P.; Guimarães, C.V.; Simmer, M.M.B.; Júnior, V.L.; et al. Changes in the Chemical and Sensory Profile of *Coffea canephora* var. Conilon Promoted by Carbonic Maceration. *Agronomy* 2022, 12, 2265. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102265>

González-Arenzana Lucía, Santamaría Rosario, Escribano-Viana Rocío, Portu Javier, Garijo Patrocinio, López-Alfaro Isabel, López Rosa, Santamaría Pilar, Gutiérrez Ana Rosa (2020) Influence of the carbonic maceration winemaking method on the physicochemical, colour, aromatic and microbiological features of tempranillo red wines. *Food Chemistry*, Volume 319, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126569>.

Herrera Juan Carlos, Lambot Charles (2017) Chapter 1 - The Coffee Tree—Genetic Diversity and Origin. In: *The Craft and Science of Coffee*: Editor Britta Folmer. Academic Press. Pages 1-16. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803520-7.00001-3>

Jitjajoen W. (2021). Coffivino process: A new era of coffee fermentation. *Journal of Science and Agricultural Technology*, 2 (2), pp. 1-5, doi 10.14456/jsat.2021.6

Kim Jae-Seong, Seong-Eun Park, Eun-Ju Kim, Seung-Ho Seo, Hong-Seok Son. (2022). Investigation of metabolite differences in green coffee beans fermented with various microbes, *LWT*, Volume 172. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114202>.

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

Kumar Ranjeet, Ramanuj Vishwakarma. (2018). Chapter 12 - Preharvest Approaches to Control Insect Infestation in Fruit. In: Preharvest Modulation of Postharvest Fruit and Vegetable Quality, Editor: Mohammed Wasim Siddiqui. Academic Press. Pages 301-357. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809807-3.00012-3>.

Lee Liang Wei, Cheong Mun Wai, Curran Philip, Yu Bin, Liu Shao Quan. (2016a), Modulation of coffee aroma via the fermentation of green coffee beans with *Rhizopus oligosporus*: I. Green coffee. Food Chemistry, Volume 211, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.076>.

Lee Liang Wei, Mun Wai Cheong, Philip Curran, Bin Yu, Shao Quan Liu.(2016b). Modulation of coffee aroma via the fermentation of green coffee beans with *Rhizopus oligosporus*: II. Effects of different roast levels, Food Chemistry, Volume 211, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.073>.

Lee Liang Wei, Mun Wai Cheong, Philip Curran, Bin Yu, Shao Quan Liu. (2015). Coffee fermentation and flavor – An intricate and delicate relationship, Food Chemistry, Volume 185, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.124>.

Lieth J. Heinrich, Oki R. Lorence (2019). Chapter 9 - Irrigation in Soilless Production. In Soilless Culture (2nd Ed.), Edited by: Michael Raviv, J. Heinrich Lieth and Asher Bar-Tal. Academic Press. p. 381-423. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63696-6.00009-8>

Lin C.C. (2010). Approach of improving coffee industry in Taiwan-promote quality of coffee bean by fermentation The Journal of International Management Studies, 5 (1) (2010), pp. 154-159

Liu Yunjiao, Xin Yi Chua, Wenjiang Dong, Yuyun Lu, Shao-Quan Liu. (2022). Effects of sequential inoculation of *Lachancea thermotolerans* and *Oenococcus oeni* on chemical composition of spent coffee grounds hydrolysates, Current Research in Food Science, Volume 5, <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.08.002>.

Liu Yunjiao, Yuyun Lu, Shao Quan Liu. (2021). The potential of spent coffee grounds hydrolysates fermented with *Torulaspora delbrueckii* and *Pichia kluyveri* for developing an alcoholic beverage: The yeasts growth and chemical compounds modulation by yeast extracts, Current Research in Food Science, Volume 4, Pages 489-498. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.07.004>.

Martinez Silvia Juliana, Mariane Helena Sances Rabelo, Ana Paula Pereira Bressani, Marcela Caroline Batista Da Mota, Flavio Meira Borém, Rosane Freitas Schwan (2021). Novel stainless steel tanks enhances coffee fermentation quality, Food Research International, Volume 139, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109921>.

Munyendo Leah M., Njoroge Daniel M., Owaga E. Eddy, Mugendi Beatrice (2021). Coffee phytochemicals and post-harvest handling—A complex and delicate balance. Journal of Food Composition and Analysis, Volume 102, <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103995>

Mynsen Machado Martins Pâmela, Nádia Nara Batista, José Augusto Oliveira Naves, Disney Ribeiro Dias, Rosane Freitas Schwa. (2023). Use of microencapsulated starter cultures by

spray drying in coffee under self-induced anaerobiosis fermentation (SIAF). *Food Research International*, Volume 172, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113189>.

Oestreich-Janzen, S. (2010) 3.25 Chemistry of Coffee. CAFEA. In *Comprehensive Natural Products II*. Vol. 3, Editors: Hung-Wen (Ben) Liu, Lew Mander. Elsevier Ltd, Hamburg, Germany. Pages 1085-1117. <https://doi.org/10.1016/B978-008045382-8.00708-5>

Ogutu Collins, Cheron Sylvia, Ntini Charmaine, Wang Lu, Han Yuepeng (2022), Comprehensive analysis of quality characteristics in main commercial coffee varieties and wild Arabica in Kenya. *Food Chemistry: X*, Volume 14. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100294>.

Pendergrast Mark, (2010) *Uncommon grounds: the history of coffee and how it transformed our world Chapter 1 Coffee Goes Arab, Arrival in the Western World*. Basic Books. ISBN 978-0-465-05467-1.

Pereira L.L., D.B. Júnior, L.H.B.P. Sousa, W. Santos Gomes, W.S. Cardoso, R.C. Guarçoni, C.S. ten Caten. (2021). Relationship Between Coffee Processing and Fermentation. In: *Quality Determinants Coffee Production (1st ed.)* Editors L.L. Pereira, T.R. Moreira, Springer, Cham, pp. 255-301, doi 10.1007/978-3-030-54437-9

Poltronieri P., F. Rossi. (2016). Challenges in specialty coffee processing and quality assurance. *Challenges*, 7, p. 19, doi 10.3390/challe7020019

Ruta, L.L.; Farcasanu, I.C. *Coffee and Yeasts: From Flavor to Biotechnology*. (2021). *Fermentation*, 7, 9. <https://doi.org/10.3390/fermentation7010009>

Setoyama Daiki, Iwasa Keiko, Seta Harumichi, Shimizu Hiroaki, Yoshinori Fujimura, Miura Daisuke, Wariishi Hiroyuki, Nagai Chifumi, Nakahara Koichi. (2013). High-Throughput Metabolic Profiling of Diverse Green *Coffea Arabica* Beans Identified Tryptophan as a Universal Discrimination Factor for Immature Beans. *PLoS ONE* 8(8):e70098. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070098>

Shankar S R, Sneha H P, Inderjit Prakash, Mahejibin Khan, Punil Kumar H N, Hari Om, K. Basavaraj, Pushpa S. Murthy. (2022). Microbial ecology and functional coffee fermentation dynamics with *Pichia kudriavzevii*, *Food Microbiology*, Volume 105, <https://doi.org/10.1016/j.fm.2022.104012>.

Silva, C.F., Vilela, D.M., de Souza Cordeiro, C., Ferreira Duarte W., Dias D.R., Freitas Schwan R. (2013). Evaluation of a potential starter culture for enhance quality of coffee fermentation. *World J Microbiol Biotechnol* 29, 235–247. <https://doi.org/10.1007/s11274-012-1175-2>

Tang Vivien Chia Yen, Jingcan Sun, Maurin Cornuz, Bin Yu, Benjamin Lassabliere. (2021). Effect of solid-state fungal fermentation on the non-volatiles content and volatiles composition of *Coffea canephora* (Robusta) coffee beans, *Food Chemistry*, Volume 337, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128023>.

Tataridis P., A. Barbari, M. Lelaj, A. Kanellis, D. Kechagia. (2014). Effect of selected nonSaccharomyces yeast strains in brewing. 11th International Trends In Brewing. April 13th-17th 2014. Ghent, Belgium.

Tataridis P., Diamantis D., Gialitaki K., Kanellis A., Kechagia D., Nerantzis E. 2013b. Comparison of growth kinetics, major metabolites and sensory profiles in brewing with non-Saccharomyces yeast. 34th European Brewery Convention Congress, May 26-29, 2013, Luxembourg.

Tataridis P., Drosou F., Kanellis A., Kechagia D., Logothetis L., Chatzilazarou A., Dourtoglou V. (2016). Differentiating beer aroma, flavor and alcohol content through the use of *Torulaspora delbrueckii*. 5th International Young Scientists Symposium on Malting, Brewing and Distilling. 21-23 April 2016, Chico, California.

Tataridis P., Kanellis A., Logothetis S., Nerantzis E. 2013a. Use Of non-Saccharomyces *Torulaspora delbrueckii* Yeast Strains In Winemaking and Brewing. Jour. Nat. Sci., Matica Srpska Novi Sad, No 124, 415-426.

Ukers William H. (2012) All about Coffee, A history of coffee from the classic tribute to the world's most beloved beverage. Adams Media. ISBN13: 9781440556326

USDA (2022). Coffee: World Markets and Trade. U.S. Dept. of Agriculture, Washington, D.C. <https://usda.library.cornell.edu/concern/publications/m900nt40f?locale=en>

Várady Matúš, Jan Tauchen, Adéla Fraňková, Pavel Klouček, Peter Popelka,. (2022). Effect of method of processing specialty coffee beans (natural, washed, honey, fermentation, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114245>.

Vicente, J.; Calderón, F.; Santos, A.; Marquina, D.; Benito, S. (2021). High Potential of *Pichia kluyveri* and Other *Pichia* Species in Wine Technology. *Int. J. Mol. Sci.*, 22, 1196. <https://doi.org/10.3390/ijms22031196>

Wang Chenhui, Sun Jingcan, Lassabliere Benjamin, Yu Bin, Liu Shao Quan (2020c), Coffee flavour modification through controlled fermentation of green coffee beans by *Lactococcus lactis subsp. Cremoris*. LWT, Volume 120, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108930>.

Wang Chenhui, Sun Jingcan, Lassabliere Benjamin, Yub Bin, Liu Shao Quan (2020a) Coffee flavour modification through controlled fermentations of green coffee beans by *Saccharomyces cerevisiae* and *Pichia kluyveri*: Part I. Effects from individual yeasts. Food Research International, Volume 136, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109588>.

Wang Chenhui, Sun Jingcan, Lassabliere Benjamin, Yub Bin, Liu Shao Quan (2020b) Coffee flavour modification through controlled fermentation of green coffee beans by *Saccharomyces cerevisiae* and *Pichia kluyveri*: Part II. Mixed cultures with or without lactic acid bacteria, Food Research International, Volume 136, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109452>.

Wintgens Jean Nicolas. (2004) Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production. Wiley-VCH. DOI:10.1002/9783527619627

Zabot Giovani L. (2020). *Decaffeination using supercritical carbon dioxide*. In: Green Sustainable Process for Chemical and Environmental Engineering and Science - Supercritical Carbon Dioxide as Green Solvent. Editors Inamuddin, Abdullah M. Asiri and Arun M. Isloor. Elsevier, p. 255-278. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817388-6.00011-8>

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ - ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

<https://cafeimports.com/>

<https://cupofexcellence.org>

<https://en.neroscurocoffee.com/blogs/news/an-empirical-test-of-measured-color-and-grind-level-relationship>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Coffea>

https://en.wikipedia.org/wiki/Coffea_canephora

<https://en.wikipedia.org/wiki/Coffee>

https://goodfangsm.life/product_details/30441924.html

<https://hetalshomemade.com/blogs/general/coffeebeans>

<https://my-tonino.com/details.html>

<https://perfectdailygrind.com/2020/09/fermenting-coffee-with-fruit-a-new-trend-fruit-fermentation/>

<https://sca.coffee/value-assessment>

<https://store.vstapps.com/products/vst-lab-coffee-iii-refractometer-2022>

<https://www.cafescaracas.com/en/blog/sweetness-and-coffee-processing-methods-honey.html>

<https://www.e-importz.com/coffee-statistics.php>

https://www.freepik.com/free-photo/coffea-arabica-illustration-from-medical-botany_3686478.htm

<https://www.healthbenefitstimes.com/robusta-coffee/>

<https://www.ico.org/>

<https://www.lalcafeyeast.com/>

<https://www.ncausa.org/about-coffee/history-of-coffee>

<https://www.royalny.com/post-harvest-coffee-processing-anaerobic-fermentation-and-carbonic-maceration/>

<https://www.statista.com/statistics/292595/global-coffee-consumption/>