



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ, ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ
ΤΟΥ ΑΒΟΚΑΝΤΕΛΑΙΟΥ



Συγγραφείς

ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΚΑΤΣΙΚΗΣ

ΝΙΚΟΛΑΟΣ-ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΣΩΤΟΣ

ΑΜ: 17038

ΑΜ: 17102

Επιβλέπουσα καθηγήτρια:

ΡΕΒΕΛΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ-ΚΥΡΙΑΚΗ

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2022



UNIVERSITY OF WEST ATTICA

SCHOOL OF FOOD SCIENCE

DEPARTMENT OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY

DIPLOMA THESIS

CHARACTERISTICS, PROPERTIES AND EXTRACTION OF AVOCADO OIL



Authors:

DIMITRIOS KATSIKIS

NIKOLAOS-KONSTANTINOS SOTOS

Registration Number: 17038

Registration Number: 17102

Supervisor:

REVELOU PANAGIOTA-KYRIAKI

ATHENS, JULY 2022



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ, ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ ΤΟΥ ΑΒΟΚΑΝΤΕΛΑΙΟΥ

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή.

Η πτυχιακή/διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

α/α	ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1	ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ- ΚΥΡΙΑΚΗ ΡΕΒΕΛΟΥ	Δρ./Ακαδημαϊκή Υποτρόφος	
2	ΔΗΜΗΤΡΑ ΜΑΡΓΑΡΗ	Λέκτορας Εφαρμογών	
3	ΜΥΡΤΩ ΤΡΙΑΝΤΗ	Ακαδημαϊκή Υπότροφος	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι Δημήτριος Κατσίκης του Παναγιώτη και Νικόλαος-Κωνσταντίνος Σώτος του Γεωργίου, με αριθμούς μητρώου 17038, 17102, αντίστοιχα, φοιτητές του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστημών Τροφίμων του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, δηλώνουμε υπεύθυνα ότι:

«Είμαστε οι συγγραφείς αυτής της διπλωματικής 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 μας».

Ο Δηλών



Δημήτριος Κατσίκης

Ο Δηλών



Νικόλαος-Κωνσταντίνος Σώτος

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η διατριβή αυτή εκπονήθηκε στο Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, στο χρονικό διάστημα από τον Μάρτιο έως και τον Ιούνιο του 2022, υπό την επίβλεψη της Δρ. Παναγιώτας-Κυριακής Ρεβέλου, Ακαδημαϊκής Υποτρόφου. Στο σημείο αυτό θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά την επιβλέπουσα Δρ. Παναγιώτα-Κυριακή Ρεβέλου για την συχνή και πολύτιμη καθοδήγηση της καθώς και για την προθυμία της να μας στηρίξει σε όλη τη διάρκεια συγγραφής της πτυχιακής εργασίας καθώς και για το θέμα που μας πρότεινε. Επίσης θα θέλαμε να εκφράσουμε τις θερμές μας ευχαριστίες προς τα μέλη της τριμελούς επιτροπής και συγκεκριμένα στην κα Μυρτώ Τριάντη, Ακαδημαϊκή Υπότροφο, και την κα Δήμητρα Μάργαρη, Λέκτορα Εφαρμογών, για τις πολύτιμες συμβουλές τους. Τέλος θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε και τις οικογένειες μας για την βοήθεια αλλά και για την πολύτιμη στήριξή τους σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μας.

Δημήτριος Κατσίκης

Νικόλαος-Κωνσταντίνος Σώτος

Αθήνα, Ιούλιος 2022

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες.....	5
Πίνακας Περιεχομένων.....	6
Κατάλογος Πινάκων	9
Κατάλογος Σχημάτων.....	9
Περίληψη.....	10
Abstract	11
Κατάλογος Συντομογραφιών.....	12
1. Εισαγωγή.....	15
1.1. Ιστορικά στοιχεία του αβοκάντο.....	15
1.2. Βοτανικός τύπος.....	15
1.3. Αβοκαντέλαιο.....	16
2. Μέθοδοι εκχύλισης του αβοκαντελαίου.....	19
2.1. Εκχύλιση υποβοηθούμενη με υπερήχους.....	21
2.2. Φυσικές μέθοδοι.....	22
2.2.1. Ψυχρή έκθλιψη.....	23
2.2.2. Υδατική εκχύλιση και φυγοκέντριση.....	24
2.3. Εκχύλιση με οργανικούς διαλύτες.....	26
2.4. Εκχύλιση με βιολογικές μεθόδους.....	30
2.5. Εκχύλιση με διοξείδιο του άνθρακα.....	31
2.5.1. Υπερκρίσιμο διοξείδιο του άνθρακα.....	31
2.5.2. Υποκρίσιμο διοξείδιο του άνθρακα.....	32
2.6. Μέθοδος εκχύλισης με μικροκύματα.....	33
2.7. Ραφινάρισμα του αβοκαντελαίου.....	35
3. Χημική σύσταση	38
3.1. Φυσικές χρωστικές.....	40
3.2. Φαινολικές ενώσεις	41
3.3. Αντιοξειδωτικά	42

3.4. Βιοδραστικές ενώσεις.....	43
3.5. Χλωροφύλλες.....	43
3.6. Λιπαρά οξέα.....	44
3.6.1. Χημικός χαρακτηρισμός του ελαίου από τέσσερις ποικιλίες αβοκάντο από το Μαρόκο.....	44
3.6.2. Περιεκτικότητα των λιπαρών οξέων στο αβοκαντέλαιο.....	45
3.6.3. Σύσταση των λιπαρών οξέων κατά το στάδιο ωρίμανσης και ανάπτυξης των ποικιλιών «Hass» και «Fuerte»	46
3.7. Τοκοφερόλες.....	47
3.7.1. Ανάλυση των τοκοφερολών στο αβοκαντέλαιο με Υγρή Χρωματογραφία Υψηλής Πίεσης (HPLC).....	48
3.8. Μη σαπωνοποιησίμα συστατικά.....	48
3.9. Στερόλες.....	48
3.10. Φωσφολιπίδια.....	49
3.11. Ακυλολιπίδια.....	49
3.12. Πτητικές ενώσεις.....	49
3.13. Οξειδωτική σταθερότητα του αβοκαντελαίου.....	50
3.14. Σύγχρονες τάσεις στην χρήση του αβοκαντελαίου.....	50
3.14.1. Χρήση του αβοκαντελαίου ως βιοκαύσιμο.....	51
3.15. Χαρακτηριστικά και ιδιότητες σύμφωνα με την προέλευση και την ποικιλία.....	52
3.16. Συγκριτικές μελέτες ως προς την σύνθεση του αβοκαντελαίου με άλλα έλαια.....	52
3.17. Παραγώμενο έλαιο από σπόρους αβοκάντο.....	52
3.18. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και ιδιότητες του αβοκαντελαίου.....	53
4. Βιολογική δράση	54
4.1. Επίδραση στην ανθρώπινη υγεία	54
4.1.1. Διαβήτης.....	55
4.1.2. Δέρμα.....	56
4.1.3. Υπερχοληστερολαιμία.....	57
4.1.4. Οστεοαρθρίτιδα.....	58
4.1.5. Προστασία των οφθαλμών.....	58
4.1.6. Υπέρταση.....	58

4.1.7. Πρόληψη του καρκίνου.....	59
4.1.8. Αντικαρκινικές ιδιότητες.....	59
4.1.9. Καρδιαγγειακά νοσήματα.....	59
4.1.10. Ήπαρ.....	62
4.2. Αντιμικροβιακές ιδιότητες.....	66
4.2.1. Αντιμικροβιακή δράση.....	66
4.3. Επίδραση στα ζώα.....	66
5. Συμπεράσματα.....	66
6. Ξενόγλωσση βιβλιογραφία.....	68
7. Ελληνική βιβλιογραφία.....	88

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

<i>Πίνακας I. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των διαφόρων μεθόδων εκχύλισης του παρθένου αβοκαντελαίου</i>	<i>34</i>
<i>Πίνακας II. Σύνοψη των μεθόδων παραλαβής του αβοκαντελαίου</i>	<i>36</i>
<i>Πίνακας III. Περιεκτικότητα της ποικιλίας Fuerte σε φωσφολιπίδια και ακυλολιπίδια</i>	<i>47</i>
<i>Πίνακας IV. Ωφέλιμες επιδράσεις του αβοκαντελαίου στην ανθρώπινη υγεία</i>	<i>55</i>
<i>Πίνακας V. Μελέτες της επίδρασης του ελαίου αβοκάντο στην αντιμετώπιση διαφόρων ασθενειών.....</i>	<i>63</i>

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

<i>Σχήμα 1 Κυριότερες μέθοδοι εκχύλισης του αβοκαντελαίου.....</i>	<i>19</i>
<i>Σχήμα 2 Διαδικασία παραγωγής του αβοκαντελαίου με την μέθοδο ψυχρής έκθλιψης....</i>	<i>24</i>
<i>Σχήμα 3 Διάγραμμα ροής της παραδοσιακής μηχανικής τεχνικής για την παραλαβή του αβοκαντελαίου.....</i>	<i>26</i>
<i>Σχήμα 4 Διαδικασία εκχύλισης με υποκρίσιμο διοξείδιο του άνθρακα.....</i>	<i>33</i>
<i>Σχήμα 5 Κυριότερα συστατικά του αβοκαντελαίου Οι φυτοστερόλες του παρθένου αβοκαντελαίου</i>	<i>40</i>
<i>Σχήμα 6 Οι φυτοστερόλες του παρθένου αβοκαντελαίου.....</i>	<i>49</i>

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αβοκάντο θεωρείται ένα τροπικό φρούτο ύψιστης βιολογικής και θρεπτικής αξίας. Το αβοκαντέλαιο παράγεται από το αβοκάντο μέσω μιας σειράς από βιολογικές, φυσικές και χημικές μεθόδους και χρησιμοποιείται στην βιομηχανία των τροφίμων και των φαρμάκων, στην νανοτεχνολογία καθώς και στην μαγειρική, λόγω των υψηλών ποσοτήτων των ευεργετικών συστατικών που περιέχονται σε αυτό. Ένα τυπικό παρθένο αβοκαντέλαιο είναι πλούσιο σε βιοδραστικές ενώσεις όπως είναι η β-σιτοστερόλη και η α-τοκοφερόλη καθώς και σε λιπαρά οξέα με κυριότερα το παλμιτικό, το ελαϊκό και το λινολεϊκό οξύ. Επιπροσθέτως, περιέχονται σε αυτό σημαντικές ποσότητες αντιοξειδωτικών ουσιών και είναι πλούσιο σε διάφορες φυσικές χρωστικές ουσίες όπως είναι τα καροτενοειδή και οι χλωροφύλλες. Όλα αυτά τα προαναφερθέντα ευεργετικά συστατικά, που περιέχονται στο έλαιο αυτό, συντελούν στο γεγονός ότι μπορεί να χαρακτηριστεί ως λειτουργικό τρόφιμο. Σε πειραματικές μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί, κυρίως σε αρουραίους, σχετικά με τη βιολογική του δράση, αποδεικνύεται ότι η κατανάλωση αβοκαντέλαιου μπορεί να μειώσει την πιθανότητα εμφάνισης διαφόρων ασθενειών, όπως ο καρκίνος και οι διάφορες καρδιαγγειακές παθήσεις και επιπλέον συμβάλλει στην ρύθμιση του σακχαρώδους διαβήτη, της υπέρτασης, της χοληστερόλης στο αίμα, ενώ συγχρόνως προστατεύει τους οφθαλμούς και το ήπαρ.

Λέξεις κλειδιά: λειτουργικό τρόφιμο, μονοακόρεστα λιπαρά οξέα, παρθένο αβοκαντέλαιο, χοληστερόλη, καροτενοειδή, αβοκάντο

ABSTRACT

Avocado is considered a tropical fruit of the highest biological and nutritional value. Avocado oil is produced from avocados through a range of biological, natural and chemical methods and is used in the food and drug industry, in nanotechnology as well as in cooking, due to the high amounts of beneficial ingredients contained in it. A typical virgin avocado oil is rich in bioactive compounds such as β -sitosterol and α -tocopherol as well as fatty acids mainly palmitic, oleic and linoleic acid. In addition, it contains significant amounts of antioxidants and is rich in various natural pigments such as carotenoids and chlorophyll. All of the above beneficial ingredients contained in this oil contribute to the fact that it can be classified as a functional food. Experimental studies, mainly in rats, on its biological activity, show that the consumption of avocado oil can reduce the risk of various diseases, such as cancer and various cardiovascular diseases, and in addition helps to regulate diabetes, hypertension, blood cholesterol, while protecting the eyes and liver.

Keywords: functional food, monounsaturated fatty acids, virgin avocado oil, cholesterol, carotenoids, avocado

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΩΝ

SCO₂: Υποκρίσιμο διοξείδιο του άνθρακα CO₂

ScCO₂: Υπερκρίσιμο διοξείδιο του άνθρακα

LPG: Υγροποιημένο αέριο υπό πίεση

FFA: Ελευθερα λιπαρά οξέα

MUFA: Μονοακόρεστα λιπαρά οξέα

PUFA: Πολυακόρεστα λιπαρά οξέα

SFA: Κορεσμένα λιπαρά οξέα

TAG: Τριακυλογλυκερόλες

MAG: Μονοακυλογλυκερόλη

ROS: Αντιδραστικά είδη οξυγόνου

DAG: διακυλογλυκερόλη

PPAR-γ: Υποδοχέας που ενεργοποιείται από τον πολλαπλασιαστή υπεροξειδωμάτων

TC: Ολική χοληστερόλη

TG: Επίπεδα των τριγλυκεριδίων

IL-6: Ιντερλευκίνη

TFN-a: Νέκρωση όγκων

COX: Ένζυμο κυκλοοξυγενάση

PCR C: Αντιδρώσα πρωτεΐνη

FTIR: Υπέρυθρη Φασματοσκοπία με μετασχηματισμό Φουριέρ (Infrared spectroscopy with Fourier transform)

IOC: Διεθνές Συμβούλιο Ελαιολάδου

DPPH: 2,2 Διφαινυλ-1-πικρυλυδραζύλιο (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl)

APMAE: Εκχύλιση με τη βοήθεια μικροκυμάτων σε ατμοσφαιρική πίεση

PHAs: Πολύ-υδροξυάλκάνια

VLDL: Πολύ χαμηλή πυκνότητα λιποπρωτεΐνη

LDL: Χαμηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνη

HDL: Υψηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνη

HPLC: Υψηλής Απόδοσης Υγρή Χρωματογραφία

GSH: Γλουταθειόνη

CRP-C: Αντιδρώσα πρωτεΐνη

VAO: Παρθένο αβοκάντελαιο

NAFLD: Μη αλκοολική λιπώδης ηπατική νόσος

(hs-CRP): Αντιδρώσα Πρωτεΐνη Υψηλής Ευαισθησίας

IPGTT: Ενδοπεριτοναϊκή ανοχή της γλυκόζης

AngII: Αγγειοτενσίνη II

TM: Δοκιμαστικό γεύμα

LBP: Λιποπολυσακχαρίτης

SGOT: Γλουταμική πυροσταφυλική τρανσαμινάση

LD: Γαλακτική αφυδρογονάση

GLP-1: Πεπτίδιο που μοιάζει με γλυκογόνο

NF-KB: Πυρηνικός παράγοντας

TGF-B1: Μετασχηματιστικός αυξητικός παράγοντας βήτα

HI Παράγοντες που προκαλούν υποξία

PAI-1: Αναστολέας πλασμινογόνου

AP-1: Ενεργοποιητική πρωτεΐνη 1

NADH: Νικοτιναμιδο-αδενο-δινουκλεοτίδιο

SPME: Μικροεκχύλιση στερεάς φάσης

CM: Γεύμα ελέγχου

GLP-1: γλυκαγόνη πεπτιδίου-1

GP-T: Γλουταμική πυροσταφυλική τρανσαμινάση

GSSG: Δισουλφίδιο γλουταθειόνης

C-reactive protein: C-αντιδρώσα πρωτεΐνη

IL-6: Ιντερλευκίνη 6

IPITT: Ενδοπεριτοναϊκή δοκιμή ανοχής της ινσουλίνης.

NAFLD: Μη αλκοολική λιπώδης νόσος του ήπατος

ROS: Αντιδραστικά είδη οξυγόνου

SGOT: Γλουταμική οξαλοξική τρανσαμινάση

SDE: Εκχύλιση με διύλιση

SPME: Μικροεκχύλιση στερεάς φάσης

DHS: Δυναμικό κενό

SHS: Στατικό κενό

GC-MS: Αέρια Χρωματογραφία-Φασματοφωτομετρία Μάζας

GC-FID: Αέρια χρωματογραφία με ανιχνευτή ιονισμού φλόγας

ASU: Ασαπωνοποίητα αβοκάντο & σόγιας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΑΒΟΚΑΝΤΟ

Το αβοκάντο καλλιεργείται κυρίως στην Νότια Αμερική ήδη από τα αρχαία χρόνια. Σύμφωνα με αναφορές οι πρώτοι σπόροι του αβοκάντο που ανακαλύφθηκαν από αρχαιολόγους χρονολογούνται περίπου από το 750 π.Χ. Το αβοκάντο άρχισε να ευδοκίμει το 500 π.Χ. στο Μεξικό (Smith 1966; Storey et al., 1986). Το αβοκάντο ξεκίνησε να καλλιεργείται κυρίως στις χώρες της Νότιας και Κεντρικής Αμερικής και στο Μεξικό και μετέπειτα άρχισε να εξαπλώνεται σε όλον τον κόσμο. Αρχικά μεταφέρθηκε τον 16ο αιώνα στις Φιλιππίνες, ενώ το 1750 μεταφέρθηκε στις Ινδίες και στον Άγιο Μαυρίκιο. Ύστερα το 1830 μεταφέρθηκε στην Σιγκαπούρη. Το 1825 φυτεύτηκε και στην Χαβάη, ενώ στο Ισραήλ άρχισε να καλλιεργείται λίγο αργότερα το 1908. Η ραγδαία εξάπλωσή του σε όλον τον κόσμο, που πραγματοποιήθηκε τον 20ο αιώνα, το έκανε ιδιαίτερα δημοφιλές. Σύμφωνα με αναφορές τα πρώτα δέντρα του αβοκάντο ήρθαν στην Ισπανία το 1601 κυρίως από την Νότια Αμερική και το Μεξικό. Η ραγδαία εξάπλωσή του ξεκίνησε στην Ευρώπη μετά το πέρας του Β' Παγκοσμίου Πολέμου (Loupassaki 1989; Morton 1987; Storey 1986; Osche et al., 1961). Η εξάπλωσή του στην Ελλάδα έγινε το 1968. Άρχισε να καλλιεργείται πειραματικά από το Ινστιτούτο Ελιάς και Φυτών του Νομού Χανίων. Έτσι ευδοκίμησε σε αρκετές περιοχές της Κρήτης και μετέπειτα στην Ρόδο και στην Μεσσηνία (Λιονάκης 1995). Σήμερα ευδοκίμει σε πολλά νησιά, όπως στις Κυκλάδες, στα Δωδεκάνησα και στην Κρήτη. Η ζήτηση του αβοκάντο αυξάνεται αρκετά από το ευρωπαϊκό καταναλωτικό κοινό σε 10.000 τόνους ετησίως (Λιονάκης 2008).

1.2. ΒΟΤΑΝΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ

Το φρούτο απαντάται σε τρεις βοτανικούς τύπους:

1. της Γουατεμάλας
2. από τις πεδιάδες της Νότιας και Κεντρικής Αμερικής
3. του Μεξικό

Οι τρεις τύποι του αβοκάντο διαφέρουν σημαντικά ως προς την φυσιολογία αλλά και ως προς την μορφολογία του. Αυτές οι αποκλίσεις οφείλονται στις διαφορετικές κλιματολογικές και εδαφολογικές συνθήκες που καλλιεργείται το αβοκάντο (Λιονάκης 2007).

Το αβοκάντο (*Persea americana*) καλλιεργείται κυρίως στην Αμερική (Tan et al., 2017; Wong et al., 2010). Θεωρείται φρούτο και συγκαταλέγεται στην οικογένεια *Lauraceae*. Το Μεξικό θεωρείται η κύρια χώρα παραγωγής του (Magwaza et al., 2015; Rodriguez-Lopez et al., 2017). Ευδοκίμει σε υποτροπικές και θερμές εύκρατες συνθήκες (Tan et al., 2010; Wong et al., 2010). Στο εμπόριο διατίθενται πολλές ποικιλίες του αβοκάντο ανάλογα με το χρώμα, το μέγεθος και το σχήμα. Το σχήμα του μπορεί να το αναγνωρίσει κάποιος ως στρογγυλό έως αχλαδοειδές. Επί της ουσίας το χρώμα του αβοκάντο απαντάται από πράσινο έως σκούρο μωβ. Τέλος ο καρπός του αβοκάντο είναι πρασινωπός και σε κάποιες περιπτώσεις εμφανίζει μια κιτρινωπή χροιά, με μεγάλη συγκέντρωση ύδατος, λιπιδίων και ξηρών συστατικών. Μια συγκεκριμένη ιδιότητα του φρούτου είναι ότι εξακολουθεί να ωριμάζει και μετά τη συγκομιδή του πάνω στο δέντρο (Magwaza et al., 2015; Rodriguez-Lopez et al., 2017). Απαιτείται ένα χρονικό διάστημα 5 έως 7 ημερών σε θερμοκρασίες γύρω στους 20 °C μετά την συγκομιδή του για να πραγματοποιηθεί η διαδικασία της ωρίμανσης (Ozdemir & Toruz, 2004). Ως επί το πλείστον αποτελείται από 3 μέρη: το σπόρο (20 %), την φλούδα (15 %), και το φλοιό (65 %) (Tan, 2018). Επίσης το αβοκάντο αποτελείται από έναν μόνο σπόρο. Το μεσοκάρπιο, το περικάρπιο

και το ενδοκάρπιο θεωρούνται τα αποτελούμενα 3 μέρη του σπόρου (Nogueira-de-Almeida et.al., 2018). Το μεσοκάρπιο αποτελείται από παρεγχυματικά και ιδιοβλαστικά κύτταρα (Tan et al., 2019).

Η χημική σύσταση του πολτοποιημένου φρούτου είναι η εξής: 2 % σπέρμα, 60 % λάδι, 7 % φλοιός (Tan et al., 2017; Wong et al., 2010). Γενικά οι φαινολικές του ουσίες και οι φυτικές του ίνες δρουν αντιοξειδωτικά για τον ανθρώπινο οργανισμό και απαντώνται στο πολτό του αβοκάντο. Η σάρκα του φρούτου περιέχει ικανοποιητικές ποσότητες καροτενοειδών και άλλων λιπόφιλων συστατικών. Ως γνωστόν τα καροτενοειδή εμφανίζουν έντονη αντιοξειδωτική δράση και η παρουσία τους είναι ο κύριος παράγοντας που προσδιορίζει το χρώμα τους. Επιπλέον οι σπόροι του φρούτου του αβοκάντο αποτελούνται από φαινολικές ουσίες, οι οποίες παρουσιάζουν έντονη αντιμικροβιακή και αντιοξειδωτική δράση (Barros et al., 2016).



Εικόνα 1 Καλλιέργεια αβοκάντο

Πηγή: www.mistikakipou.gr/fiteusi_avocado

1.3. ΑΒΟΚΑΝΤΕΛΑΙΟ

Η Νέα Ζηλανδία, το Περού, η Αμερική, η Νότιος Αφρική, η Χιλή, η Δομινικανική Δημοκρατία, η Κολομβία, η Ινδονησία και το Μεξικό είναι οι κύριες χώρες παραγωγής του αβοκαντέλαιου (Berasategi et.al., 2012). Το αβοκαντέλαιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν καλλυντικό για το δέρμα και τα μαλλιά του ανθρώπου. Το αβοκαντέλαιο περιέχει σημαντικές ποσότητες μονοακόρεστων λιπαρών οξέων, τα οποία συμβάλλουν στην καλή λειτουργία του καρδιαγγειακού συστήματος και εμφανίζουν έντονη αντιφλεγμονώδη δράση (Carnajal-Zarrabal et al., 2014). Όπως το ελαιόλαδο είναι ευεργετικό για την διατροφή του ανθρώπου, έτσι και το αβοκαντέλαιο χαρακτηρίζεται εξίσου σημαντικό. Ο πολτός της σάρκας του φρούτου θεωρείται το σημείο παραλαβής του αβοκαντελαίου (Barros et al., 2016). Ένα κύριο μειονέκτημα του αβοκαντελαίου είναι ότι δεν έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές έρευνες σχετικά με το έλαιο αυτό. Ο λόγος αυτός σχετίζεται με το θέμα ότι το αβοκαντέλαιο δεν αποτελεί το κύριο έλαιο για την ανθρώπινη διατροφή, καθότι το ελαιόλαδο θεωρείται πιο σημαντικό (Dos Santos et al., 2014; Reddy et al., 2012; Moreno et al., 2003).

Ο Woolf πρότεινε την κατηγοριοποίηση του λαδιού του αβοκάντο γνωρίζοντας τις μεθόδους εκχύλισης του και την ποιότητά του (Woolf et al., 2009). Έτσι το έλαιο διακρίνεται στους εξής τύπους:

α) έξτρα παρθένο αβοκαντέλαιο – παρασκευάζεται από ποιοτικά φρούτα έτσι ώστε με τη μέθοδο της εκχύλισης να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν μηχανικοί τρόποι, χωρίς να

προστεθούν οργανικοί διαλύτες. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από 50 °C.

β) παρθένο αβοκαντέλαιο – παρασκευάζεται με τη διαδικασία της εκχύλισης με χρήση μηχανικών τρόπων χωρίς να προστεθούν οργανικοί διαλύτες και σε θερμοκρασίες <50 °C. Αξίζει να αναφερθεί ότι σε αυτή τη μέθοδο χρησιμοποιούνται φρούτα κατώτερης ποιοτικής αξίας. Έχει υψηλή περιεκτικότητα σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα, φυτοστερόλες, αντιοξειδωτικές βιταμίνες εκ των οποίων όλα αυτά τα βιοδραστικά συστατικά είναι απαραίτητα για τον ανθρώπινο οργανισμό. Για αυτόν τον λόγο χαρακτηρίζεται ως βιολειτουργικό τρόφιμο (Berasategi et al., 2012).

γ) αγνό αβοκαντέλαιο – προέρχεται από φρούτα που κρίνονται ποιοτικά ακατάλληλα. Παρεμπιπτόντως το λάδι αυτής της κατηγορίας κρίνεται ως άοσμο και ως αποχρωματισμένο.

δ) μικτό αβοκαντέλαιο – το ανάμεικτο αβοκαντέλαιο συνδυάζεται με το παρθένο ελαιόλαδο, έλαιο macadamia και με άλλα έλαια. Επομένως παρουσιάζει πολυάριθμες χημικές και οργανοληπτικές ιδιότητες.

Αξίζει να αναφερθεί ότι ο κανονισμός του Μεξικό επισημαίνει το εξής: Το ακατέργαστο λάδι αβοκάντο έχει κεχριμπαρένιο χρώμα και θεωρείται ένα λιπαρό ρευστό. Αυτός ο τύπος του ελαίου παρασκευάζεται με την διαδικασία φυσικής εκχύλισης του σπόρου και του πολτού του φρούτου. Το βρώσιμο έλαιο του αβοκάντο αποτελείται από 98,5 % εξευγενισμένο έλαιο. Η παραλαβή του αβοκαντελαίου στο παρελθόν λάμβανε χώρα μέσω κάποιων διεργασιών όπως με χρήση οργανικών διαλυτών είτε σε συνδυασμό με υψηλές θερμοκρασίες ή και χωρίς αυτές. Τα ανεπιθύμητα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά απομακρύνονταν με ορισμένες διεργασίες: όπως με τη διαδικασία του αποχρωματισμού, του ραφινάρισματος και της απόσμησης (Yahia & Woolf 2011). Κατά κύριο λόγο στις μεθόδους εξευγενισμού, απόσμησης και αποχρωματισμού χρησιμοποιούνται υψηλές θερμοκρασίες. Ως επί το πλείστον σε θερμοκρασίες >200 °C δύναται να υποβαθμιστούν πολλά θερμοευαίσθητα συστατικά. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν οι φυτοστερόλες, τα φαινολικά και τα καρποτενοειδή (Chew et.al., 2016).

Στην σημερινή εποχή το καταναλωτικό κοινό είναι σε θέση να κατανοήσει τις διαφορές μεταξύ του ραφινάρισμένου και μη ραφινάρισμένου ελαίου, όσον αφορά την ποιότητα και τα οφέλη για την ανθρώπινη υγεία. Μεγάλη μερίδα του κοινού επιθυμεί να καταναλώνει μη επεξεργασμένο βρώσιμο αβοκαντέλαιο το οποίο παράγεται με οικολογικό και συνάμα κατάλληλο, ασφαλή τρόπο για κατανάλωση (Matthaus & Spener 2008).

Το έλαιο αβοκάντο προσφέρει προστασία στην επιδερμίδα του ανθρώπου, καθώς έχει ανακουφιστική δράση καθώς και μεγάλη απορροφητικότητα (Swisher 1988). Λόγου χάριν το συγκεκριμένο έλαιο εμφανίζει μεγαλύτερη διεισδυτικότητα στο δέρμα σε σύγκριση με άλλα έλαια όπως είναι το αραβοσιτέλαιο, ελαιόλαδο, αμυγδαλέλαιο, σογιέλαιο κ.α. (Swisher 1988). Το συγκεκριμένο έλαιο περιέχει αρκετές ευεργετικές ιδιότητες στο δέρμα, όπου χρησιμοποιείται για τη θεραπεία ουλών και εξανθημάτων (Argueta-Villamar et al., 2002). Έχει ευρεία χρήση στη κοσμετολογία λόγω της αυξημένης περιεκτικότητάς του σε τοκοφερόλες. Ένα μειονέκτημά του είναι ότι δεν παράγεται επαρκή ποσότητα ελαίου εν συγκρίσει με λοιπά έλαια (Scora et al., 2002).

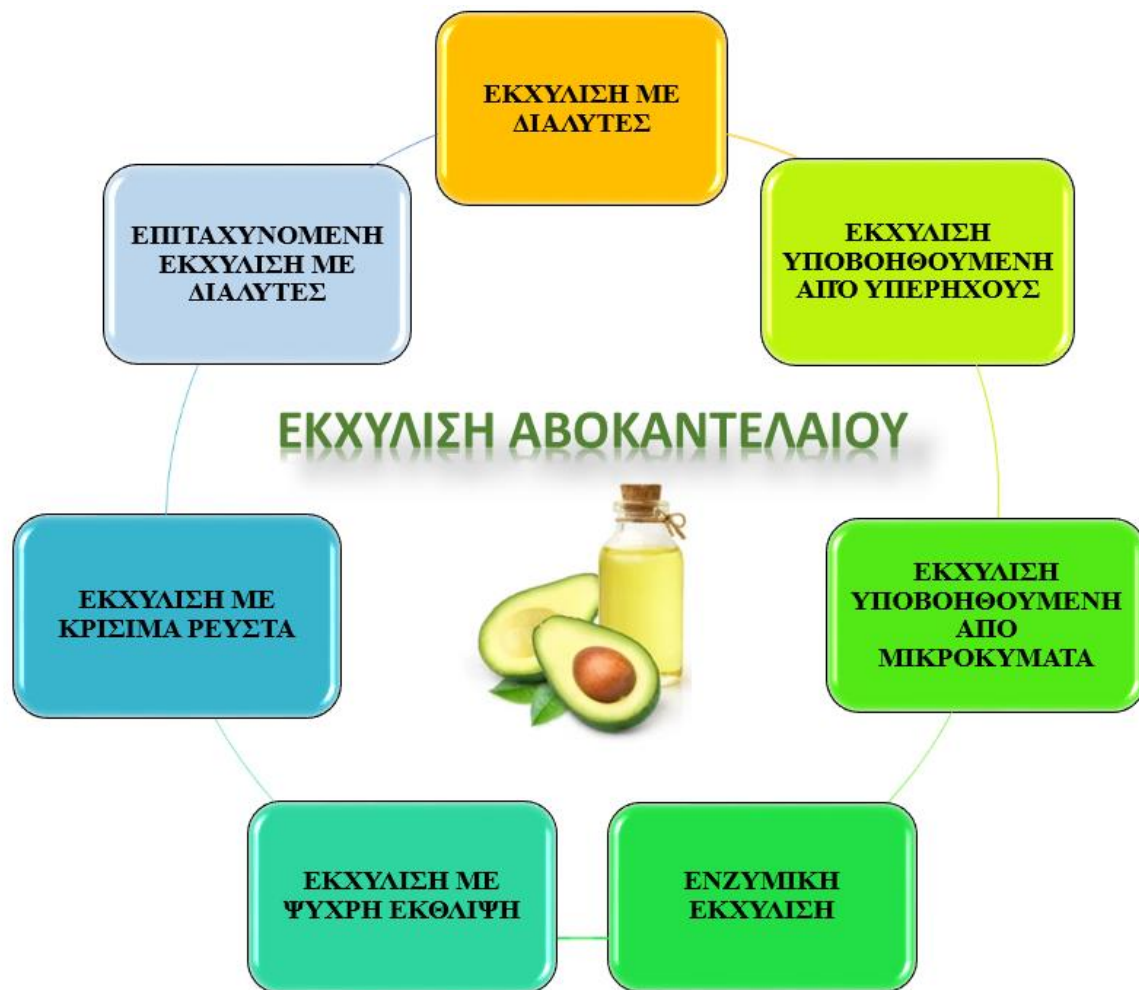
Ο πολτός του αβοκάντο περιέχει υψηλά ποσοστά λιπιδίων, κυρίως λιπαρών οξέων (Tango et.al., 2004). Επίσης περιέχει σημαντικό ποσοστό μετάλλων, όπως κάλιο, φώσφορο, μαγνήσιο και σίδηρο (Goff & Klee 2006). Τα κυριότερα λιπαρά οξέα που περιέχονται στον πολτό του ελαίου είναι το λινολεϊκό και το ελαϊκό οξύ. Ωστόσο το ελαϊκό οξύ παρουσιάζει σημαντικό ενδιαφέρον σε αρκετές επιστημονικές μελέτες που έχουν διεξαχθεί. Το ελαϊκό οξύ δρα

προστατευτικά στα φλεγμονώδη και στα αυτοάνοσα νοσήματα καθώς και στον καρκίνο. Επίσης έχει την ικανότητα να δρα αποτελεσματικά στην επούλωση διαφόρων πληγών του δέρματος (Sales-Campos et al., 2013). Εκτός αυτού το λινολεϊκό οξύ εμφανίζει παρόμοιες ιδιότητες, όπως και το ελαϊκό οξύ συμβάλλοντας ευεργετικά στην ανθρώπινη υγεία. Προστατεύει τον ανθρώπινο οργανισμό από διάφορες ασθένειες. Έχει αντικαρκινικές, και αντιφλεγμονώδεις δράσεις, καθώς δρα και προστατευτικά κατά της οστεοπόρωσης (Kim et al., 2014). Το λινολεϊκό και το ελαϊκό οξύ παρέχουν αρκετές ευεργετικές ιδιότητες και οφέλη για την ανθρώπινη υγεία. Επίσης έχουν την ικανότητα να μειώνουν τα επίπεδα της LDL χοληστερόλης και έτσι να αυξάνουν τα επίπεδα της HDL (Lumm & Theobald 2006). Ο πολτός του φρούτου, εκτός από τις ευεργετικές ιδιότητες που παρέχει στην ανθρώπινη υγεία από το υψηλό ποσοστό της περιεκτικότητας του σε ελαϊκό οξύ και λινολεϊκό οξύ, περιέχει και σημαντικές ποσότητες φυτοχημικών μορίων, τα οποία δρουν προστατευτικά έναντι του καρκίνου. Το αβοκάντο περιέχει σημαντικές ποσότητες μορίων όπως είναι: οι κουμαρίνες, τα φλαβονοειδή και οι αλκανόλες. Οι αλκανόλες είναι μια κατηγορία λιποδιαλυτών μορίων και εμφανίζουν την εξής ιδιότητα: δρουν προστατευτικά στην ανθρώπινη υγεία, καθώς παρουσιάζουν ανασταλτική δραστηριότητα στα καρκινικά κύτταρα. Συγκεκριμένα, αρκετές επιστημονικές μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί για την μελέτη διαφόρων ειδών καρκίνων, όπως καρκίνος του μαστού, του πνεύμονα και του προστάτη, έχουν δείξει ότι ο πολτός του αβοκάντο περιέχει σημαντικές ποσότητες τέτοιων μορίων όπως περσενόνης, περσίνης και ισοπερσίνης, τα οποία έχουν την ικανότητα να σταματούν την ανάπτυξη καρκινικών κυττάρων από αρκετά είδη καρκίνου (Lu et al., 2005).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ ΤΟΥ ΑΒΟΚΑΝΤΕΛΑΙΟΥ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλυθούν οι μέθοδοι εξαγωγής του αβοκαντελαίου, η αποτελεσματικότητα της παραγωγικής διαδικασίας, η ποιότητα του προϊόντος, η βελτίωσή της παραγωγής καθώς και οι πιθανές χρήσεις του στη βιομηχανία τροφίμων.

Το αβοκάντο έχει περιεκτικότητα σε υγρασία από 70-80 %. Έτσι λοιπόν έχει ερευνηθεί η επίδραση της διαδικασίας ξήρανσης της σάρκας, η οποία προηγείται από τη διαδικασία παραλαβής του ελαίου (Costagli & Betti 2015).



Σχήμα 1.Κοριότερες μέθοδοι εκχύλισης του αβοκαντελαίου

Μια απαραίτητη προϋπόθεση για να παρασκευαστεί ένα προϊόν ελαίου με υψηλές προδιαγραφές, θα πρέπει και οι χρησιμοποιούμενες πρώτες ύλες να είναι επίσης εκλεκτής ποιότητας. Επομένως θα πρέπει οι καρποί να έχουν αυξημένη περιεκτικότητα σε πολτό και σε έλαιο. Επιπροσθέτως δεν θα πρέπει το φρούτο να έχει προσβληθεί από ασθένειες να μην έχει δεχθεί υποβάθμιση στα οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά και να διατηρεί το φυσικό του χρώμα. Οι διάφοροι καρποί πρέπει να έχουν ωριμάσει επαρκώς, ούτως ώστε να μπορεί να

εξαχθεί η καλύτερη δυνατή ποσότητα λαδιού. Κατά καιρούς έχουν αναπτυχθεί πολλές μέθοδοι για την παραγωγή του αβοκαντελαίου. Οι λόγοι, οι οποίοι πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψιν κατά την εκλογή της κατάλληλης μεθόδου είναι οι εξής:

- Η αποδοτικότητά των μεθόδων σε σχέση με την απομόνωση του ελαίου αβοκάντο
- Η επίδρασή τους στην ποιότητα του παραγομένου ελαίου αβοκάντο.

Παλαιότερα η εκχύλιση του ελαίου αβοκάντο πραγματοποιούνταν μέσω χημικών μέσων και θέρμανσης (Human 1987). Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια έχουν ανακαλυφθεί καινούργιες τεχνικές, όπου παράγεται το έλαιο δίχως πολλά στάδια επεξεργασίας. Ενδεικτικά μπορούν να αναφερθούν οι κάτωθι μέθοδοι: ξήρανση με κατάψυξη, φυγοκέντριση, πίεση με ατμό και υδραυλική συμπίεση. Λαμβάνοντας υπόψη ότι το φρούτο του αβοκάντο εμφανίζει υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία (περίπου 70 %), έχουν πραγματοποιηθεί πολλές έρευνες με σκοπό την κατανόηση της επίδρασης της εκάστοτε τεχνικής ξήρανσης για την εξαγωγή του αβοκαντελαίου. Τα χαρακτηριστικά της ποιότητας του αβοκαντελαίου είναι τα εξής: οι χλωροφύλλες, τα καροτενοειδή, οι τιμές υπεροξειδίου, ιωδίου και ελαϊκού οξέος, τα φαινολικά συστατικά, ο δείκτης διάθλασης, η ηλεκτρική αγωγιμότητα και η αντιοξειδωτική δράση. Τα προαναφερθέντα ποιοτικά χαρακτηριστικά εξήγαγαν καλύτερα αποτελέσματα, όταν βρίσκονταν υπό κενό στους 60 °C και η διαδικασία της εκχύλισης πραγματοποιήθηκε με τη πειραματική μέθοδο Soxhlet. Καθώς το αβοκάντο ξηράνθηκε στους 60 °C με τη διαδικασία της μηχανικής πίεσης και του φιλτραρίσματος του αέρα, με αυτόν το τρόπο διατηρήθηκαν καλύτερα τα βιολειτουργικά συστατικά (Krumreich et al., 2018). Εν τω μεταξύ μέσω της άσκησης της πίεσης και της εφαρμογής της ξήρανσης του πολτού του αβοκαντελαίου στα μικροκύματα εξήχθη ένα έλαιο με αισθητά καλύτερα ποιοτικά χαρακτηριστικά που εκφράστηκαν μέσω της οξειδωτικής σταθερότητας και των δεικτών οξύτητας και υπεροξειδίου, συγκρινόμενο με το αντίστοιχο λάδι που προέκυψε από την εκχύλιση με χρήση αιθανόλης. Καθώς αναλύεται λάδι το οποίο έχει υποστεί ξήρανση με μικροκύματα δεν θα αλλάξει σημαντικά η περιεκτικότητα των λιπαρών οξέων συγκρίνοντας το με το λάδι που προέκυψε από ξήρανση με εξαναγκασμένη κυκλοφορία αέρα μέσα σε φούρνο (Santana et al., 2015). Η παλαιότερη μέθοδος εξαγωγής του αβοκαντελαίου στηριζόταν στην χρήση οργανικών διαλυτών πάνω στον φλοιό του αποξηραμένου φρούτου. Παρ' όλα αυτά σήμερα γίνεται ως επί το πλείστον χρήση μηχανικών μεθόδων λόγω έλλειψης επαρκών διαλυτών και τεχνολογίας για τη περάτωση αυτής της διαδικασίας (Costagli & Betti 2015). Οι εξελίξεις πάνω στον τομέα της παραλαβής του ελαίου αβοκάντο έχουν αξιοσημείωτη ανοδική τάση, το οποίο δημιουργεί πολλές εναλλακτικές μεθόδους. Στις μέρες μας υπάρχουν πολλές ευρέως διαδεδομένες μέθοδοι εκχύλισης του συγκεκριμένου ελαίου. Ενδεικτικά ορισμένες είναι: α) εκχύλιση με διαλύτες β) εκχύλιση με νερό και φυγοκέντριση γ) μηχανική εκχύλιση με ψυχρή πίεση (Permal et al., 2020; Qin & Zhong 2016).

Η ωριμότητα του φρούτου καθώς και η εποχή συγκομιδής του διαδραματίζουν σπουδαίο ρόλο στην παραλαβή του αβοκαντελαίου. Είναι ευρέως γνωστό ότι το αβοκάντο ανήκει στα κλιμακτηριακά φρούτα, καθώς μπορεί να ωριμάσει και μετά τη κοπή του από το δέντρο. Όσο προχωράει η διαδικασία της ωρίμανσης, υφίστανται κάποιες αξιόλογες μεταβολές στον καρπό. Καθώς πραγματοποιείται η εκχύλιση του ελαίου, αυξάνεται η περιεκτικότητά του καθώς επίσης αυξάνεται και η ξηρή βάση του. Η ξηρή βάση καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την περιεκτικότητα σε έλαιο και τη διαδικασία της ωριμότητάς του. Ο έλεγχος της ωριμότητας του φρούτου λαμβάνει χώρα σε βιομηχανική κλίμακα με σκοπό τον καθορισμό της κατάλληλης περιόδου συγκομιδής του φρούτου. Η διαδικασία αυτού του ελέγχου είναι ασφαλής ως προς την εφαρμογή της, εύκολη και μπορεί να εφαρμοστεί τόσο στο συσκευαστήριο όσο και στο χωράφι (από τους παραγωγούς). Η υλοποίηση αυτής της τεχνικής συνίσταται στη λήψη δείγματος σάρκας και στη μετέπειτα ξήρανσή του. Η αφυδάτωσή του επιτυγχάνεται, είτε με

την χρήση φούρνου μικροκυμάτων ή με τη χρήση ενός απλού (οικιακού) φούρνου (Lee et al., 1983). Ορισμένοι επιστήμονες ανακάλυψαν μια έντονη αλληλεπίδραση μεταξύ της ξηρής βάσης και της ελαιοπεριεκτικότητας του αβοκάντο. Ύστερα από πειραματικές διαδικασίες που διεξήχθησαν στην Νέα Ζηλανδία και στην Αυστραλία ερευνήθηκε η συγκέντρωση σε έλαιο και σε ξηρή βάση. Πραγματοποιήθηκε από ομάδα τριών παραγωγών δειγματοληψία του φρούτου από κάθε γεωγραφική περιοχή για τρεις έως έξι φορές κατά την διάρκεια της εποχής συγκομιδής. Έγιναν μετρήσεις όσον αφορά την ξηρή βάση και η εύρεση της συγκέντρωσης σε λάδι επιτεύχθηκε μέσω της εκχύλισης με οργανικούς διαλύτες. Γνωρίζοντας τις τεράστιες διαφορές των συνθηκών ανάπτυξης, γίνεται αντιληπτή η ισχυρή αλληλεξάρτηση της συγκέντρωσης σε έλαιο πάνω στην ωριμότητα του φρούτου. Ουσιαστικά η συνολική περιεκτικότητα σε λάδι του φρούτου είναι κατά 10 % λιγότερη από την συγκέντρωση σε ξηρή βάση. Ωστόσο κατά την ωρίμανση του φρούτου δεν μεταβάλλονται τα εκάστοτε χαρακτηριστικά, αλλά ούτε και η συγκέντρωση του φρούτου σε έλαιο. Άρα δεν παρατηρήθηκε καμία μεταβολή σε θερμοκρασιακό εύρος από 0 έως 16 °C (Eaks, 1990; Luza et al., 1990). Η μόνη αξιόλογη μεταβολή που παρατηρήθηκε σε μια ποικιλία αβοκάντο ήταν η αύξηση των ελευθέρων λιπαρών οξέων και των μονογλυκεριδίων. Αυτό το γεγονός οφείλεται στη διάσπαση των τριγλυκεριδίων (Kikuta & Erickson, 1968)

2.1. ΕΚΧΥΛΙΣΗ ΥΠΟΒΟΗΘΟΥΜΕΝΗ ΜΕ ΥΠΕΡΗΧΟΥΣ

Κατά την εκχύλιση με υπερήχους (UAE), πραγματοποιείται σπάσιμο των κυτταρικών τοιχωμάτων που περικλείουν το λάδι. Οι δυνάμεις σπληαίωσης έχουν την ικανότητα να παράγονται από τα ακουστικά κύματα. Ένα γαλάκτωμα μπορεί να σχηματιστεί από την υδατική μέθοδο εκχύλισης με υπερήχους και το οποίο βοηθάει την εξαγωγή του παρθένο έλαιο που εξάγεται με τη τεχνική Soxhlet (Xuan et al., 2017). Ωστόσο τα έλαια που δημιουργούνται από εκχυλιζόμενους πολτούς με την διαδικασία των υπερήχων παρουσιάζουν αύξηση των ολικών φαινολικών συστατικών με συχνότητα 2 Mhz και χαμηλότερες τιμές υπεροξειδίων και ελευθέρων λιπαρών οξέων (Martinez-Padilla et al., 2018). Αυτή η μέθοδος είναι αρκετά αποτελεσματική καθώς κατά την εφαρμογή της μπορεί να διαρρηγνύει το κύτταρο και να αφήνει να πραγματοποιηθούν μοριακές αλληλεπιδράσεις με χρήση οργανικών διαλυτών σε αισθητά χαμηλές θερμοκρασίες. (Rupasingha et al., 1993). Η διαδικασία αυτή επιτυγχάνεται ως εξής: μέσω αύξησης της μεταφοράς μάζας και της διεισδυτικότητας του διαλύτη στα κύτταρα υπό τη χρήση υπερήχων. Ωστόσο από τη στιγμή που εκλύεται θερμότητα μέσω των υπερήχων, κρίνεται σκόπιμος ο έλεγχος της θερμοκρασίας της εκχύλισης (Wang et al., 2006). Επιπλέον, σε αντίθεση με τις συμβατικές μεθόδους εκχύλισης, όταν χρησιμοποιούνται υπέρηχοι υποβοηθείται η απελευθέρωση των κυτταρικών συστατικών λόγω της διάρρηξης της κυτταρικής μεμβράνης (Haizhou et al., 2004; Chemat et al., 2004).

Η εφαρμογή των υπερήχων κατά την παραγωγική διαδικασία παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα:

α) δραστικότερη ανάμειξη β) μειωμένες θερμοκρασίες εκχύλισης γ) λαμβάνει χώρα η επιλεκτική εκχύλιση δ) πραγματοποίηση μεταφοράς ενέργειας σε ταχείς ρυθμούς, ε) μικρορωγμές στην επιφάνεια του φρούτου στ) αυξημένη απόδοση και παράλειψη αρκετών σταδίων ζ) γρήγορη έναρξη υπερηχητικής διαδικασίας (Chemat et al., 2008).

Οι υπέρηχοι, όταν εφαρμοσθούν μαζί με διάφορες συμβατικές τεχνικές, έχουν την ικανότητα να αυξήσουν την αποτελεσματικότητά τους. Ο χρόνος της εκχύλισης του ελαίου μειώνεται και η απόδοση αυξάνεται όταν οι υπέρηχοι εφαρμοσθούν προ του σταδίου της εκχύλισης (Shah et al., 2005; Sharma et al., 2006). Πολλοί επιστήμονες έχουν μελετήσει το θέμα της επίδρασης

της υπερηχητικής μεθόδου εκχύλισης σε σχέση με την παραλαβή του αβοκαντελαίου. Ορισμένοι επιστήμονες κατάφεραν να παράξουν το αβοκαντέλαιο χρησιμοποιώντας κατά κύριο λόγο αποξηραμένα φρούτα, τα οποία είχαν δεχθεί υπερήχους και μετά προσθήκη νερού στους 60 °C για 60 λεπτά με χρήση εξανίου. Με αυτή τη τεχνική υπήρχε αισθητά χαμηλή απόδοση σε έλαιο (54,63 %). Αυτή η τεχνική έρχοταν σε αντιδιαστολή με τη μέθοδο Soxhlet η οποία διαρκεί 24 ώρες, εφαρμογή της ξήρανση του ελαίου με μικροκύματα για περίπου 11 λεπτά σε συνδυασμό με την εφαρμογή εκχύλισης με τη μέθοδο Soxhlet ή τέλος με πραγματοποίηση της εκχύλισης με υπερκρίσιμα ρευστά, π.χ. διοξείδιο του άνθρακα ή αργό για δύο ώρες (Reddy et al., 2012). Από την άλλη μεριά μια άλλη ομάδα επιστημόνων παρέλαβαν έλαιο αβοκάντο σε συνδυασμό με άλλες τεχνικές όπως είναι: εκχύλιση με χρήση νερού, εκχύλιση με μηχανική πίεση και με εκχύλιση με υπερήχους (Tan et al., 2018). Τα έλαια που εξήχθησαν με την χρήση αυτών των τεχνικών παρουσίαζαν χαμηλότερα σημεία ζέσεως, χαμηλότερες τιμές σαπωνοποίησης, χαμηλότερες τιμές ελεύθερων λιπαρών οξέων, υψηλότερες τιμές ιωδίου, απ' ότι τα λάδια που εξάγονται με εκχύλιση με οργανικούς διαλύτες (π.χ. εξάνιο) (Tan et.al., 2018). Συμπληρωματικά ο Tan βρήκε τις άριστες παραμέτρους για την εξαγωγή παρθένου αβοκαντελαίου με χαμηλά ελεύθερα λιπαρά οξέα: 6 mg/l αναλογία νερό σε σκόνη, 30 λεπτά εφαρμογή υπερήχων και σε θερμοκρασία 35 °C. Τα ποσοστά ανάκτησης των ελευθέρων λιπαρών οξέων που εξάγονται κάτω από τούτες τις συνθήκες ήταν 72,79 % και 0,297 % αντίστοιχα (Tan et al., 2018). Οι υπέρηχοι έχουν θετικό αντίκτυπο στην εξαγωγιμότητα του αβοκαντελαίου τόσο σε πολτούς που έχουν υποστεί μάλαξη όσο και σε αυτούς που δεν έχουν υποστεί. Ορισμένοι επιστήμονες απέδειξαν πως οι χαμηλού βαθμού παρεμβάσεις επηρεάζουν τη ποιότητα του λαδιού. Η διαδικασία της υψηλής συχνότητας του πολτού μετά την μάλαξη παρέχει βελτιωμένα αποτελέσματα όσον αφορά την εξαγωγιμότητα του ελαίου. Γενικά σαν υπέρηχος νοείται εκείνος ο τύπος μηχανικής ενέργειας που επιφέρει διόγκωση και σύνθλιψη καθώς διέρχεται από το υγρό. Αυτή η τεχνική στηρίζεται στο ότι διατίθενται υπερηχητικοί μετατροπείς και υπερηχητικό υδατόλουτρο με νερό (Azmir et al., 2013).

2.2. ΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για να παραχθεί έλαιο από τις μήτρες των φυτών θα πρέπει να γίνει χρήση των φυσικών μεθόδων. Το σπάσιμο ή η προσθήκη νερού ή άλλων βοηθητικών μέσων επεξεργασίας όπως είναι τα ένζυμα και το τάλκ συμπεριλαμβάνονται στις φυσικές μεθόδους. Οι παραπάνω μέθοδοι προκατεργασίας έχουν την ικανότητα να χαλαρώνουν τα κυτταρικά τοιχώματα, έτσι ώστε να μπορέσουν να προετοιμάσουν τις μήτρες των φυτών να εξάγουν ένα έλαιο με βέλτιστα ποιοτικά χαρακτηριστικά (Wong et al., 2013). Μέσω της ερευνητικής διαδικασίας έχει εξασφαλιστεί ότι η φυσική μέθοδος συνεπάγεται στη προστασία του σχήματος των ιδιοβλαστικών κυττάρων. Επιπλέον επιτυγχάνεται μια ελαφριά τροποποίησή τους. Ένα ιδιαίτερο πλεονέκτημα είναι ότι η κυτταρική δομή μεταβάλλεται ελάχιστα, το οποίο είναι ένας θετικός παράγοντας όσον αφορά τη ποιότητα και τη ποσότητα του ελαίου. Κατά τη διαδικασία της εξαγωγής του ελαίου και της ξήρανσης με μικροκύματα, ύστερα από σχετικές μελέτες, αποδείχθηκε ότι ενώ η οξειδωτική σταθερότητα αυξανόταν, αντίστοιχα μειώνονταν τα υπεροξειδία και τα οξέα. Αυτό ερχόταν σε αντιδιαστολή με τα αποτελέσματα της χρήσης οργανικών διαλυτών όπως του πετρελαϊκού αιθέρα ή της αιθανόλης (Santana et al., 2015) Μέσω των διαφόρων μεθόδων ξήρανσης επηρεάζονται και οι συγκεντρώσεις των βιολειτουργικών και αντιοξειδωτικών συστατικών. Ύστερα από μελέτη που διεξήχθη χρησιμοποιώντας την διαδικασία της λυοφιλίωσης απομονώνεται υψηλότερη ποσότητα λαδιού συγκριτικά με τη ξήρανση που συμβαίνει σε θερμώς μεταδιδόμενο αέρα. Το γεγονός αυτό οφείλεται σε δύο αξιόλογους παράγοντες όπως είναι:

α) η ρήξη του κυτταρικού τοιχώματος που συντελείται λόγω της κατάψυξης. Η τελευταία επί της ουσίας αυξάνει το πορώδες του κυττάρου.

β) αυξάνεται η επιφάνεια της ύλης λόγω του ότι γίνεται πιο εύθρυπτη (Mostert et al., 2007).

2.2.1. ΨΥΧΡΗ ΕΚΘΛΙΨΗ

Η τεχνική αυτή έχει αρκετές ομοιότητες τόσο κατά την παραγωγή του ελαιολάδου όσο και του παρθένου αβοκαντελαίου (Permal et al., 2020). Η ψυχρή έκθλιψη πρωτοεμφανίστηκε στη Νέα Ζηλανδία για γαστρονομικούς σκοπούς (Eyres et al., 2001). Επί της ουσίας η ψυχρή έκθλιψη μπορεί να ονομαστεί σαν μια τεχνική ταχείας εκχύλισης κατά την οποία παράγεται χαρακτηριστικά μικρότερη ποσότητα ελαίου σε σχέση με άλλες τεχνικές. Επιπλέον το ραφινάρισμα του ελαίου και η εξάτμιση του οργανικού διαλύτη μπορεί να αποφευχθεί μέσω της διαδικασίας της ψυχρής πίεσεως (Dos Santos et al., 2014). Η ψυχρή πίεση περιλαμβάνει μια σειρά από πολλά αλληπάλγηλα στάδια όπως η θραύση, η έκθλιψη, το στράγγισμα, η ομογενοποίηση και η διήθηση. Η έκθλιψη είναι μια διαδικασία στην οποία αφαιρείται όσο το δυνατόν περισσότερο υγρό από ένα στερεό (Costagli & Betti, 2015; Permal et al., 2020; Qin & Zhong 2016; Wong et al., 2014). Με τη διαδικασία των φυσικών τεχνικών παράγεται μικρότερη ποσότητα ελαίου και το εναπομείναν έλαιο συνδέεται άμεσα με τις φυτικές μήτρες των ιστών. Η σάρκα του σχηματιζόμενου ελαίου μπορεί να καλυφθεί από παρεγχυματικά κύτταρα κατά την μέθοδο της ψυχρής έκθλιψης (Wang & Ortiz 2018). Κατά τη περάτωση της ψυχρής έκθλιψης τα ιδιοβλαστικά κύτταρα παραμένουν άθικτα και αδιάρρηκτα. Με σκοπό τη βελτίωση της ποιότητας και της απόδοσης της εκχύλισης του προκύπτοντος αβοκαντελαίου πρέπει να διενεργηθούν ισχυρές προκατεργασίες. Το έλαιο απομονώνεται με τα εξής στάδια: α) έκθλιψη β) στύψιμο και γ) θέρμανση του πολτού με μικροκύματα (Ortiz et al., 2004). Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονισθεί ότι με αυτή τη διαδικασία παραλήφθηκε αβοκαντέλαιο με 67 % απόδοση, το οποίο ήταν ποσοτικά περισσότερο απ' ό,τι με την εκχύλιση με διαλύτες (π.χ. εξάνιο ή ακετόνη).

Στη διαδικασία της ψυχρής έκθλιψης γίνεται συμπίεση για να διαχωριστεί το υγρό από τον φυτικό ιστό και λαμβάνει χώρα η χρησιμοποίηση υδραυλικής πίεσης ή κοχλίων (Qin & Zhong 2016; Schwartzberg 1997). Εξετάζοντας την φάση της ψυχρής έκθλιψης ο ιστός του φρούτου στύβεται μέσω ενός μηχανικού κοχλίου σε θερμοκρασίες μικρότερες από 50 °C. Η παραπάνω πληροφορία μας ενδιαφέρει, αφού έτσι δεν μεταβάλλεται το έλαιο (Rydlewski et al., 2020) και κρατούνται αναλλοίωτα τα οργανοληπτικά, ποιοτικά και συνθετικά χαρακτηριστικά του παρθένου ελαίου (Permal et al., 2020; Tan 2019; Wong et al., 2014). Κατά βάση η ψυχρή έκθλιψη αποτελείται από τα εξής στάδια:

1. Αποφλοίωση του φρούτου
2. Πολτοποίηση και παραλαβή του ελαίου μέσω οριζόντιας φυγοκέντρου
3. Ανάκτηση σε κάθετες φυγόκεντρους και καθαρισμός του λαδιού (Costagli & Betti 2015; Permal et al., 2020; Qin & Zhong 2016; Wong et al., 2014).

Οι διάφορες μηχανικές ή/και θερμικές προκατεργασίες είναι σημαντικές να πραγματοποιούνται πριν την συμπίεση για να υποβοηθηθεί η εκχύλιση του αβοκαντελαίου (Savoire et al., 2013). Στα φρούτα που προορίζονται για εξαγωγές και όχι για την αγορά τροφίμων, το φρούτο κατεργάζεται με αιθυλένιο για την παραγωγή ελαίου υψηλής ποιότητας (Tan 2019; Wong et al., 2014). Αφού απομακρυνθούν οι σκόνες, οι ακαθαρσίες και τα υπολείμματα από την επιφάνεια του φρούτου με πλύσιμο, συντελείται εκπυρήνωση και αποφλοίωση σε καταστροφέα σπάζοντας το φρούτο. Έτσι δημιουργείται μια καλής ποιότητας πούλπα για μια ικανή πολτοποίηση (Tan 2019; Wong et al., 2014; Costagli & Betti 2015). Η διαλογή της σάρκας επηρεάζει την ποιότητα του ελαίου λόγω των πολλών χρωστικών ουσιών που βρίσκονται στον πολτό. Ο πολτός είναι πλούσιος σε καροτενοειδή και χλωροφύλλες, ενώ

η σάρκα του φρούτου είναι πλούσια σε ανθοκυάνες και χλωροφύλλες, οι οποίες δημιουργούν μια πρασινωπή έως μαύρη απόχρωση (Ashton et al., 2006). Μέσω πειραματικών ερευνών βρέθηκε ότι το λάδι ψυχρής έκθλιψης έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε φαινολικές ουσίες, καρροτενοειδή και χλωροφύλλες απ' ό,τι τα έλαια που παρήχθησαν μέσω πετρελαϊκού αιθέρα (Krumreich et al., 2018). Επίσης ανακαλύφθηκε ότι η μάλαξη υποβοηθάει τη συσσωμάτωση του ελαίου. Όσο αυξάνεται ο χρόνος μάλαξης αντίστοιχα αυξάνεται και η παραγωγή του ελαίου με την διαδικασία της ψυχρής έκθλιψης (Yang et al., 2018). Εκτός αυτού ανακαλύφθηκε ότι η περιεκτικότητα των χλωροφυλλών και καρροτενοειδών αυξάνεται εξαιτίας της αύξησης του ποσοστού της σάρκας. Η μεγάλη συγκέντρωση σε καρροτενοειδή έχει συνδεθεί με πολλά οφέλη στην ανθρώπινη υγεία σε σχέση με έλαια που παράγονται από άλλες τεχνικές (Ashton et al., 2006; Santos & Fernandes 2020). Ύστερα από σχετικές έρευνες εδραιώθηκε η πεποίθηση ότι τα χαρακτηριστικά του αβοκαντελαίου που προήλθε από την μέθοδο της ψυχρής έκθλιψης ήταν ανώτερα ποιοτικά από τα αντίστοιχα με της μεθόδου Soxhlet. Τα πλεονεκτήματα της ψυχρής έκθλιψης είναι ότι παράγονται λιγότερες ποσότητες καμπεστερόλης και οξικής κυκλοαρτενόλης και υψηλότερες συγκεντρώσεις σκουαλενίου και α-τοκοφερόλης (Adeoti et al., 2014). Τέλος οι αυξημένες περιεκτικότητες σε χρωστικές επηρεάζουν την σταθερότητα εν μέσω αποθήκευσης.



Σχήμα 2. Διαδικασία παραγωγής του αβοκαντελαίου με την μέθοδο ψυχρής έκθλιψης

Πηγή: Wong et al., 2016

2.2.2. ΥΔΑΤΙΚΗ ΕΚΧΥΛΙΣΗ ΚΑΙ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΣΗ

Η εν λόγω τεχνική έχει χρησιμοποιηθεί όχι μόνο γιατί ελαχιστοποιεί την μόλυνση του αέρα από τους διαλύτες αλλά επίσης δεν είναι και τόσο ενεργοβόρα διαδικασία (Eyres et al., 2001). Η αρχή λειτουργίας αυτής της μεθόδου είναι ότι τα ελαιώδη στοιχεία διασπείρονται στο νερό, οπότε έτσι απομονώνεται το έλαιο (Rosenthal et al., 1996). Στην συγκεκριμένη μέθοδο ανήκουν τα εξής βήματα:

- Σπάσιμο και αποφλοίωση του προϊόντος

- Πολτοποίησή του φρούτου
- Ανάμειξη του της πολτοποιημένης μάζας με ένα αντιδραστήριο αποτελούμενο από ένζυμα, άλατα (ανθρακικό ασβέστιο, θειικό ασβέστιο, τάλκ κ.α.) και θερμό νερό προς διευκόλυνση της απομόνωσης του ελαίου (Bizimana et al., 1993; Buenrostro & Lopez-Munguia 1986)
- Μετά την απομόνωση του αβοκαντελαίου, το τελευταίο ανακτάται μέσω χρήσης φυγοκέντρου (Costagli & Betti 2015; Werman & Neeman 1987). Το υπολειμματικό νερό από αυτήν τη μέθοδο μπορεί να οδηγηθεί ξανά για φυγοκέντριση προς διαλογή των λιπιδίων

Η προαναφερθείσα ανάκτηση του λαδιού βασίζεται στο γεγονός ότι εφαρμόζονται μηχανικές, ενζυμικές ή/και θερμικές μέθοδοι για να διαρρηχθεί η κυτταρική δομή (Werman & Neeman 1987). Η χρησιμοποίηση του θερμού νερού στην λιωμένη μάζα του αβοκαντελαίου έχει δύο βασικούς στόχους:

- 1) διασκορπισμός των ελαιωδών ουσιών προς επίτευξη της εξαγωγής του αβοκαντελαίου
- 2) παρεμπόδιση της διαδικασίας των λιπολυτικών ενζύμων (αυτά είναι υπεύθυνα για την οξείδωση και υδρόλυση σημαντικών ενώσεων, η οποία υποβαθμίζει την ποιότητα του λαδιού (Werman & Neeman 1987; Qin & Zhong 2016).

Τα λιπολυτικά ένζυμα-κελλουλάσες, πηκτινάσες, πρωτεάσες κ.α. - επιταχύνουν την εξαγωγή του λαδιού αβοκάντο και καταστρέφουν την κυτταρική δομή για να υπάρξουν υψηλότερες αποδόσεις (Dominguez et al. 1994; Rosenthal et al. 1996). Μερικές φορές επιβάλλονται ορισμένες μεταβολές σε διάφορες παραμέτρους (π.χ. θερμοκρασία και pH όπου συντελείται η απομόνωση) γιατί υπάρχουν πολλές χημικές και φυσικές παραλλαγές που συσχετίζονται με τους ιστούς (Rosenthal et al., 1996). Από την άλλη μεριά ο χρόνος αντίδρασης και η θερμοκρασία της μεθόδου, ο τύπος και η περιεκτικότητα των ενζύμων καθώς και η αναλογία της αραίωσης διαδραματίζουν σπουδαίο ρόλο και μπορούν να καταλήξουν σε αυξημένη απόδοση σε έλαιο (Qin & Zhong 2016).

Κατά το στάδιο της φυγοκέντρισης διχοτομούνται το λάδι, το νερό και τα υγρά σωματίδια. Η τεχνική του διαχωρισμού του ελαίου σχετίζεται με το τρόπο λειτουργίας της φυγοκέντρισης καθώς και με το σχεδιασμό της. Η φυγοκέντριση επιτυγχάνεται ευκολότερα με τη μέτρηση της θερμοκρασίας. Κατά το στάδιο της σύνθλιψης χρησιμοποιούνται ορισμένα χημικά όπως είναι το χλωριούχο ασβέστιο και η φορμαλδεΐδη διότι έχουν την ικανότητα να αυξήσουν τις αποδόσεις σε λάδι. Τα κυριότερα μειονεκτήματα της χρήσης των χημικών είναι η υποβάθμιση της διατροφικής αξίας του ελαίου καθώς και η μεγάλη συσσώρευσή τους στο προϊόν (Shahidi 2005).

Η κλασσική μηχανική τεχνική εφαρμόζεται σε περιοχές όπου δεν υπάρχει η δυνατότητα για ξήρανση του προϊόντος ή δεν είναι διαθέσιμες να χρησιμοποιηθούν μονάδες απομόνωσης του αβοκαντελαίου με διαλύτες. Όμως αυτή η μέθοδος έχει τα εξής δύο αξιοσημείωτα μειονεκτήματα:

- η απόδοση σε λάδι δεν είναι αρκετά ικανοποιητική
- απαιτείται συχνά η χρήση χημικών ουσιών

Η παραλαβή του ελαίου μέσω της μηχανικής μεθόδου γινόταν από παλιά με την ακολουθία των παρακάτω σταδίων:

- αποφλοίωση και αφαίρεση των κόκκων του φρούτου
- πολτοποίηση και ξήρανση της τηγμένης μάζας

- θέρμανση με τάλκ, ζεστό νερό ή/και χλωριούχο νάτριο
- περιστροφή, απομόνωση (με φυσική μετάγγιση) ή πίεση του λαδιού (Werman & Neeman 1987; Bizmana et al., 1993)



Σχήμα 3. Διάγραμμα ροής της παραδοσιακής μηχανικής εξαγωγής για την παραγωγή αβοκαντελαίου

Πηγή: Werman and Neeman 1987; Bizmana et al., 1993

Τέλος εφαρμόζοντας την τεχνική της φυγοκέντρισης ή και πίεσης του ελαίου επιτυγχάνεται μια απόδοση της τάξεως του 60-80 %, η οποία είναι σε άμεση συσχέτιση από την εκάστοτε ποικιλία του φρούτου.

2.3. ΕΚΧΥΛΙΣΗ ΜΕ ΟΡΓΑΝΙΚΟΥΣ ΔΙΑΛΥΤΕΣ

Η εκχύλιση με οργανικούς διαλύτες είναι η πιο ευρέως διαδεδομένη διαδικασία. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται για την παραγωγή φυτικών ελαίων (Moreno et al., 2003; Mostert et al., 2007). Η εκχύλιση με οργανικούς διαλύτες χρησιμοποιείται για την εξαγωγή του ελαίου από σπόρους άλλα και για την εξαγωγή του ελαίου από καρπό. Μεταξύ άλλων περιλαμβάνει τη χρήση του εξανίου δηλαδή ενός διαλυτή ως παράγοντα εκχύλισης για το διαχωρισμό του ελαίου από το αβοκάντο (Rosenthal et al., 1996). Ωστόσο και οι παρακάτω οργανικοί διαλύτες χρησιμοποιούνται αρκετά συχνά για την εκχύλιση του αβοκαντελαίου. Μεταξύ άλλων οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενοι είναι: ο πετρελαϊκός αιθέρας, η ακετόνη, το χλωροφόρμιο, ο αιθυλαιθέρας και το βενζόλιο (Costagli & Betti 2015; Lewis et al., 1978; Woolf et al., 2009; Satriana et al., 2019).

Η επιταχυνόμενη εκχύλιση με οργανικό διαλύτη (ASE) είναι μια μέθοδος εκχύλισης κατά την οποία συνήθως γίνεται με χρήση υγρών διαλυτών. Η κυμαινόμενη πίεση είναι από 35 έως 200

bar και σε αρκετά υψηλές θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 60 έως 200 °C. Στην μέθοδο εκχύλισης με διαλύτες, η εκχύλιση επιτυγχάνεται υπό πίεση, ωστόσο ο διαλύτης παραμένει ακίνητος καθώς διατηρεί την υγρή του μορφή σε αρκετά υψηλές θερμοκρασίες. Καθώς η εκχύλιση επιτυγχάνεται υπό πίεση εξαναγκάζει τον διαλύτη να διεισδύσει μέσα στη στερεά φυτική μήτρα και έτσι επιτυγχάνεται η γρηγορότερη πλήρωση του κυττάρου (Wang et al., 2006).

Οι ερευνητές εφάρμοσαν την χρήση των οργανικών διαλυτών ως μέθοδο εκχύλισης του αβοκαντελαίου. Κατά την πειραματική τους διαδικασία χρησιμοποίησαν το άζωτο και το εξάνιο υπό πίεση στα 100 bar σε χρόνο 100 min. Το εξάνιο όπως και το άζωτο χρησιμοποιούνται σαν διαλύτες για την μέθοδο ASE.

Η περιεκτικότητα του ελαίου που λήφθηκε με την χρήση διαλυτών είναι 15,4 g ελαίου ανά 100 g σάρκας. Αυτή η πειραματική μελέτη διεξήχθη για να εντοπιστούν οι συγκεντρώσεις των χρωστικών και των καρροτενοειδών χρησιμοποιώντας το εξάνιο από τους φυτικούς ιστούς του ελαίου (Ashton et al., 2006). Κατά την ολοκλήρωση αυτής της πειραματικής διαδικασίας παρατηρήθηκε ότι τα έλαια που εξάγονται από τους ιστούς της άγουρης σάρκας περιέχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα καρροτενοειδών εν σύγκριση με τα έλαια που εξάγονται από τους φυτικούς ιστούς της ώριμης σάρκας.

Ωστόσο η έρευνα έδειξε ότι η σύνθεση της χλωροφύλλης είναι αρκετά διαφορετική μεταξύ των φυτικών ιστών και του δέρματος της σάρκας του αβοκαντελαίου. Το γεγονός αυτό οφείλεται ότι τα χλωροφυλλίδια έχουν την ικανότητα να διατηρούν τον υδρόφιλο χαρακτήρα τους και δεν εξάγονται στο έλαιο. Επίσης η μέθοδος εκχύλισης με διαλύτες θεωρείται μια τεχνική ανάκτησης λιπιδίων σε μια ευρέως μεγάλη κλίμακα. Τα τελευταία χρόνια γίνεται λόγος για την προστασία του περιβάλλοντος, έτσι οι επιστήμονες εκφράζουν την ανησυχία τους για την χρήση μεγάλων ποσοτήτων οργανικών διαλυτών. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τον περιορισμό της χρήσης τους (Adeoti et al., 2014).

Η αύξηση της θερμοκρασίας έχει σαν αποτέλεσμα την ενίσχυση της διαλυτότητας αλλά και της διαχυτικότητας των ευρέως χρησιμοποιούμενων οργανικών διαλυτών. Κατά αυτόν τον τρόπο παρατηρείται η κινητικότητα της μεθόδου εκχύλισης αυτής να αυξάνεται ταχέως (Wang & Weller 2006). Η βέλτιστη απόδοση του ελαίου επηρεάζεται από δύο παράγοντες: α) αύξηση της πίεσης β) αύξηση της θερμοκρασίας. Το έλαιο κρίνεται ως μη αποδοτικό, όταν η πραγματοποιούμενη εκχύλιση λαμβάνει χώρα σε συνθήκες ατμοσφαιρικής πίεσης και σε θερμοκρασία δωματίου (Mustafa & Kemal 2011). Διάφορες μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί σχετικά με τη σύγκριση τεσσάρων τρόπων εκχύλισης του αβοκαντελαίου με τη βοήθεια οργανικών διαλυτών. Ο πρώτος αφορούσε την κλασική τεχνική Soxhlet, κατά την οποία χρησιμοποιήθηκαν 5 g δείγματος σε ξηρή βάση με προσθήκη περίπου 250 ml εξανίου για 1 ημέρα. Η δεύτερη τεχνική στηρίχθηκε στη μέθοδο Soxhlet υποβοηθούμενη με υπερήχους. Εδώ έγινε χρήση 5 g ξηρού δείγματος με χρήση υπερήχων και καταιονισμό νερού στους 60 °C και με χρήση εξανίου για διάστημα μίας ώρας. Επιπροσθέτως εφαρμόστηκε η χρήση της μεθόδου Soxhlet κατά την οποία το φρούτο βρισκόταν εντός του φούρνου μικροκυμάτων και περιστρεφόταν παρατεταμένα πάνω στον δίσκο του φούρνου αυτού. Το τρόφιμο δέχθηκε θέρμανση για 11 λεπτά. Ποσότητα 5 g της μάζας του αβοκάντο κατεργάστηκε μέσω της μεθόδου Soxhlet με ταυτόχρονη χρήση εξανίου. Τέλος εξετάστηκε η εκχύλιση με υπερκρίσιμα ρευστά, όπως είναι το υπερκρίσιμο διοξειδίο του άνθρακα και το αργό για χρονικό διάστημα 2 ωρών και με ρυθμό ροής υγρού στα 2,8-3,5 ml/min. Συγκρίνοντας τη μέθοδο Soxhlet με τη μέθοδο των μικροκυμάτων διαπιστώθηκε πως η πρώτη τεχνική δύναται να παράξει λάδι που επαναχρησιμοποιείται. Αντίθετα τα μικροκύματα εμφάνιζαν μια υψηλότερη απόδοση σε έλαιο και μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα (Reddy et al., 2012).

Ορισμένοι επιστήμονες εκτέλεσαν μια αλληπάλληλη εκχύλιση και ποσοτικοποίηση των σακχάρων και των λιπαρών οξέων του φρούτου. Το έλαιο το οποίο εξάγεται με τη μέθοδο Soxhlet με την εισαγωγή αιθανόλης ως διαλύτη, έχει υψηλότερη απόδοση σε σχέση με το αντίστοιχο που προέκυψε από την ομογενοποίηση με χρήση εξανίου ως διαλύτη. Ωστόσο το κοινό στοιχείο αυτών των δύο μεθόδων είναι το ότι οι περιεκτικότητες των λιπαρών οξέων παρέμειναν ίδιες. Για να παραχθεί έλαιο με τα βέλτιστα ποιοτικά χαρακτηριστικά, απαιτείται αύξηση της ωρίμανσης. Κατά την αφαίρεση των λιπιδικών στοιχείων, παράχθηκε ποιοτικώς καλύτερο έλαιο κατά την εκχύλιση με μεθανόλη σχετικά με την σουκρόζη και απομονώθηκε η περσιτόλη σε σύγκριση με εκχύλιση 80% περιεκτικότητας αιθανόλης (Meyer & Terry, 2008).

Για την αποτελεσματική παραλαβή του αβοκαντελαίου με χρήση διαλύτη πρέπει ο οργανικός διαλύτης πρέπει να διεισδύσει ολοκληρωτικά μέσα στις μεμβράνες των λιπιδίων καθώς και να υπάρχει αντίστοιχη πολικότητα μεταξύ των διαφόρων συστατικών. Οι οργανικοί διαλύτες που έρχονται σε επαφή με τις λιπιδικές μεμβράνες όσο και η μηχανική κατάρρευση του κυττάρου θα πρέπει να πραγματοποιηθεί η διαδικασία της ομογενοποίησης και της άλεσης της πρώτης ύλης πριν την προσθήκη του οργανικού διαλύτη. Εξάλλου τα έλαια που εκχυλίζονται με την χρήση ενός οργανικού διαλύτη περιέχουν κάποιο ποσοστό υπολείμματος διαλύτη και έτσι θεωρείται επιτακτική ανάγκη ο εξευγενισμός του ελαίου, ώστε το αβοκαντέλαιο να μπορέσει να χρησιμοποιηθεί για φαρμακευτικές και καλλυντικές χρήσεις αλλά και ως ένα βρώσιμο προϊόν (Santana et al., 2015). Επίσης το είδος του οργανικού διαλύτη που χρησιμοποιείται για την εκχύλιση του ελαίου μπορεί να επηρεάσει την ποιότητα αλλά και την ποσότητα του. Οι συνηθέστεροι οργανικοί διαλύτες που χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή του ελαίου είναι το εξάνιο, η μεθανόλη και η ακετόνη. Αρκετοί επιστήμονες υποστήριξαν ότι όταν το αβοκαντέλαιο εκχυλίζεται με χρήση του εξανίου, τότε η απόδοση του θα είναι υψηλότερη συγκριτικά με την μέθοδο εκχύλισης με υπερκρίσιμο ρευστό με χρήση ενός άχρωμου αερίου όπως είναι το διοξείδιο του άνθρακα (Mostert et al., 2007). Το εξάνιο ως χρησιμοποιούμενος διαλύτης για την εξαγωγή του ελαίου επιλέγεται σε μικρότερο βαθμό από ότι το διοξείδιο του άνθρακα. Καθώς πραγματοποιείται εκχύλιση με χρήση του εξανίου παρατηρείται ότι τα ιδιοβλαστικά κύτταρα του αβοκαντελαίου αποκτούν τραχιά επιφάνεια καθώς και ακανόνιστο σχήμα. Ενώ όταν πραγματοποιείται η εκχύλιση του ελαίου με χρήση ακετόνης τότε παρατηρούνται περισσότερες αλλαγές στην δομή του κυττάρου του από ότι με την χρήση του εξανίου (Ortiz et al., 2004). Έτσι καθώς χρησιμοποιήθηκε η ακετόνη η οποία συνέβαλε στον εγκλωβισμό του ελαίου και στην παραμόρφωση του κυτταρικού του τοιχώματος. Εν τούτοις τα ίδια αποτελέσματα κατέγραψαν και άλλοι επιστήμονες (Moreno et al., 2003). Πραγματοποιούνται διαφορετικές μελέτες για τον καθορισμό του τύπου του αβοκαντελαίου που παραλαμβάνονται από διάφορους διαλύτες. Χρησιμοποιώντας εξάνιο παράγεται λάδι με παραπλήσιες τιμές υπεροξειδίων, ειδικού βάρους και δείκτη διάθλασης (Bora et al., 2001). Αντιθέτως μεταβάλλονταν οι τιμές του ιωδίου, της σαπωνοποίησης και της οξύτητας. Κυρίως συντελείται μια αλλαγή στη σύσταση των ακορεστών λιπαρών οξέων. Το παραχθέν με χρήση εξανίου ως διαλύτη λάδι αβοκάντο έχει υψηλή περιεκτικότητα σε μη-τριγλυκεριδικές ουσίες -φωσφολιπίδια, κηροί, ασαπωνοποιητά συστατικά, αλδεϋδες και τερπενοειδή (Mostert et al., 2007). Όταν χρησιμοποιούνται οργανικοί διαλύτες σε αυξημένες θερμοκρασίες, λαμβάνει χώρα οξείδωση των πολυακορεστών λιπαρών οξέων και δημιουργείται ένα ταγγισμένο προϊόν. Εξάλλου η εφαρμογή υψηλών θερμοκρασιών μπορεί να αλλοιώσει πολλές βιοδραστικές ουσίες (Tan et al., 2018). Μία ομάδα μελετητών χρησιμοποίησε υγροποιημένο πετρέλαιο υπό πίεση προς εξαγωγή του λαδιού (Abaide et al., 2017). Αυτή η μέθοδος μπορεί να απομονώσει πολύτιμες ενώσεις υπό τον στοχευμένο συνδυασμό πίεσης και θερμοκρασίας. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα της χρήσης του αερίου πετρελαίου είναι το εξής: υπό πίεση 5 bar και σε θερμοκρασία περίπου 20 °C αυξάνεται κατά τρεις φορές περισσότερη απόδοση σε

αβοκαντέλαιο σε σχέση με την αντίστοιχη περίπτωση χρησιμοποιώντας υπερκρίσιμα ρευστά. Ωστόσο τα μειονεκτήματα αυτής της ουσίας είναι τα ακόλουθα:

- Επιβάλλεται να γίνονται περισσότεροι έλεγχοι και αυστηροποίηση της παρακολούθησης και της ασφάλειας αυτής της τεχνικής
- Το υγροποιημένο πετρέλαιο υπό πίεση είναι μια ιδιαίτερος εύφλεκτο και τοξικό υλικό

Η μέθοδος της εκχύλισης με διαλύτες έχει υλοποιηθεί μέσω της διαδικασίας Soxhlet. Μέσω αυτής της τεχνικής μπορούν να εξαχθούν πολύτιμες ουσίες. Επιπροσθέτως μπορεί η τεχνική Soxhlet να εκτιμήσει την μέγιστη δυνατή απόδοση του ελαίου (Corzzini et al., 2017). Η τεχνική Soxhlet στηρίζεται στο γεγονός ότι συνδυάζονται αρμονικά ο ενδεδειγμένος διαλύτης μαζί με ανάδευση ή/και εφαρμογή θερμότητας. Αποτελεί την κατάλληλη μέθοδο για πολύ μεγάλα χρονικά διαστήματα και χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας διαφορετικών μεθόδων διαχωρισμού στερεού-υγρού (Abaide et al., 2017). Όσον αφορά την εκχύλιση με διαλύτες, η δραστηριότητα της εξαγωγής του αβοκαντελαίου είναι σε άμεση σχέση με τα χαρακτηριστικά του προς χρήση διαλύτη. Η μέθοδος Soxhlet εμφανίζει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Το δείγμα αλληλοεπιδρά αρκετά συχνά με τον διαλύτη, διασφαλίζοντας μια δυνατότερη παραλαβή του ελαίου
- Η εφαρμοσμένη θερμότητα μεταδίδεται και στο σημείο που λαμβάνει χώρα η απόσταξη. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται μια σχετικά συνεχής αυξημένη θερμοκρασία
- Δεν απαιτείται φιλτράρισμα του προκύπτοντας εκχυλίσματος μετά το πέρας της εκχύλισης
- Καθώς γίνονται πολλές διαδοχικές εκχυλίσεις, δύναται να αυξηθεί σε μεγάλο βαθμό η απόδοση του λαδιού αβοκάντο

Από την άλλη μεριά σαν μειονεκτήματα της μεθόδου αυτής μπορούν να θεωρηθούν τα εξής:

- Είναι αρκετά χρονοβόρα σαν διαδικασία
- Υπάρχουν μεγάλες περιβαλλοντικές επιπτώσεις εξαιτίας των ογκωδών ποσοτήτων από οργανικά υπολείμματα
- Η μέθοδος αυτή δεν είναι πλήρως αυτοματοποιημένη (Luque-Garcia & de Castro 2004; de Castro & Priego-Capote 2010).

Τα κυριότερα μειονεκτήματα της χρήσης των χημικών είναι η υποβάθμιση της διατροφικής αξίας του ελαίου καθώς και η μεγάλη συσσώρευσή τους στο προϊόν (Shahidi 2005).

Η εκχύλιση του αβοκαντελαίου σε εργαστηριακή κλίμακα γίνεται με τη χρήση οργανικών διαλυτών. Κατά καιρούς έχουν χρησιμοποιηθεί πολλές τεχνικές για να αναλυθούν τα λιπίδια, αλλά υπήρξαν αρκετά μειονεκτήματα με την χρήση διαφόρων τεχνικών όπως ήταν: ο απαιτούμενος μεγάλος χρόνος και το κόστος. Όμως γίνονταν προσπάθειες για να ανακαλυφθεί μια αξιόπιστη και αναπαραγώγιμη διαδικασία. Ο ουσιαστικός της σκοπός θα ήταν η εύρεση της ποσότητας του ελαίου (Requejo-Tapia 1999). Αρχικά δύο επιστήμονες στην Αμερική με εφαρμογή μονοχλωρο-ναφθαλίνης, επιχείρησαν να βρουν την εκατοστιαία συγκέντρωση των λιπιδίων στο φρούτο. Το πρόβλημα όμως ήταν ότι τα αποτελέσματα ήταν αναξιόπιστα και απαιτούνταν αρκετός εξοπλισμός. Επιπροσθέτως η μονοχλωρο-ναφθαλίνη ήταν καρκινογόνος ουσία. Έτσι εγκαταλείφθηκε γρήγορα αυτή η μέθοδος (Lee et al., 1983). Με την σειρά του ο πετρελαϊκός αιθέρας χρησιμοποιείται κλασικά για την απομόνωση των μη πολικών ουδετέρων λιπαρών και τριγλυκεριδίων. Η τεχνική διαρκεί 6-12 ώρες και μπορεί να αναλύσει 4-6 δείγματα/ώρα. Επιπλέον προϋπόθεση αυτής της τεχνικής είναι η ξήρανση του προϊόντος.

Για αυτό το λόγο η μέθοδος αυτή είναι αρκετά βραδεία και δεν βρίσκει πολλές βιομηχανικές εφαρμογές. Ορισμένοι επιστήμονες έκαναν μια παραλλαγή της μεθόδου Gerber η οποία εφαρμόστηκε στην βιομηχανία γάλακτος. Αυτή η τροποποιημένη διαδικασία ήταν πολύ έγκυρη σε σχέση με την εύρεση των μη πολικών και πολικών λιπιδίων (Rosenthal et al., 1985). Από την άλλη μεριά τα μειονεκτήματα αυτής της μεθόδου ήταν η χρησιμοποίηση τοξικών και εύφλεκτων ουσιών, καθώς και ο εξοπλισμός, που δεν ήταν πάντα εύκολο να εξασφαλιστεί (Requejo-Tarja 1999). Μια ομάδα ερευνητών με τη βοήθεια μείγματος αιθανόλης/χλωροφορμίου προσπάθησε να προσδιορίσει τα περιεχόμενα λιπίδια στο αβοκάντο επιτυχώς. Όμως και πάλι αυτή η μέθοδος εγκαταλείφθηκε για τους εξής λόγους: α) μεγάλη δυσκολία β) πολύ ποσότητα διαλύτη γ) αυξημένη ποσότητα δείγματος και δ)μεγάλος χρόνος για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων (Bligh & Dyer 1959; Folch et al., 1957). Κάποιοι επιστήμονες πρότειναν τέσσερις διαδικασίες προς προσδιορισμό των λιπιδίων στο αβοκάντο. Αυτές ήταν οι ακόλουθες:

1. Η ομογενοποίηση με πετρελαϊκό αιθέρα
2. Η μέθοδος με το μείγμα αιθανόλης/χλωροφορμίου
3. Η μέθοδος Soxhlet (εφαρμόζοντας πετρελαϊκό αιθέρα)
4. Η τεχνική του δείκτη διάθλασης

Τα εξαγόμενα συμπεράσματα ήταν ότι ο δείκτης διάθλασης και το μείγμα αιθανόλης/χλωροφορμίου απέδωσαν περισσότερο λάδι συγκρινόμενες με τις υπόλοιπες δύο τεχνικές. Ιδίως το μείγμα αιθανόλης/χλωροφορμίου είναι αρκετά ικανό να απελευθερώνουν λιπίδια από τις μεμβράνες (π.χ. γλυκολιπίδια και φωσφολιπίδια). Τα αντίστοιχα αποτελέσματα με τη μέθοδο του δείκτη διάθλασης αποδίδονται περισσότερο στην αδιάκοπη άλεση παρά στη πολικότητα του διαλύτη (Lewis 1978). Στο τέλος αποδείχθηκε ότι οι τεχνικές που βασιζόνταν στη χρήση οργανικών διαλυτών, ήταν χρονοβόρες και παρ' ότι έγκυρες, κατέληξαν στην καταστροφή ορισμένων ουσιών (χλωροφύλλες) (AOCS 1994).

2.4. ΕΚΧΥΛΙΣΗ ΜΕ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ

Οι βιολογικές μέθοδοι οι οποίες χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή του ελαίου θεωρούνται φιλικές και καθαρές προς το περιβάλλον. Για να μπορέσει να επιταχυνθεί η εξαγωγή του ελαίου αποτελεσματικά με την διαδικασία της μερικής υδρόλυσης, συνήθως το έλαιο που εκχυλίζεται από το αβοκάντο και λοιπά λαχανικά βρίσκεται μέσα στα κύτταρά τους, τα οποία συνδέονται άμεσα με άλλα μακρομόρια. Επίσης με αυτήν την βιολογική μέθοδο εκχυλίσεως όπου πραγματοποιείται σπάσιμο λιπιδίων και κυτταρικών τοιχωμάτων για να παραχθεί ένα ποιοτικότερο και αποδοτικότερο έλαιο πρέπει να προστεθούν ειδικά ένζυμα. Αυτά υδρολύουν με την σειρά τους τους πολυσακχαρίτες. Σε αυτήν την περίπτωση οι πολυσακχαρίτες σχηματίζουν το κυτταρικό τοίχωμα των σπόρων ενός ελαίου. Επίσης τα ένζυμα μπορούν να υδρολύσουν και τις πρωτεΐνες οι οποίες σχηματίζουν τις μεμβράνες των λιπιδίων και των κυττάρων (Rosenthal et al., 1996). Οι βιολογικές μέθοδοι μπορούν να πραγματοποιηθούν σε σύντομο χρονικό διάστημα υπό ήπιες συνθήκες εξασφαλίζοντας υψηλότερες αποδόσεις συμβάλλοντας στην εξοικονόμηση της ενέργειας. Ωστόσο, το προϊόν μπορεί να αλλοιωθεί λόγω της ύπαρξης ευνοϊκών συνθηκών για την υδρόλυση γαλακτώματος λαδιού νερού άλλα και την υδρόλυση των ελεύθερων λιπαρών οξέων. Επίσης απαιτείται περαιτέρω επεξεργασία. Οι παράγοντες που εμποδίζουν την εφαρμογή του είναι ο περιορισμένος έλεγχος της διαδικασίας όπως και τα ένζυμα. Για την εξαγωγή του ελαίου έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες βιολογικές μέθοδοι από αρκετές πηγές του πίτουρου ρυζιού, σόγιας. (Rosental et al., 2001; Hanmoungjai et al., 2001; Mariano et al., 2009; Texeira et al., 2013). Σε αυτήν την περίπτωση πρέπει να τονιστεί πως δεν υπάρχουν αρκετές έρευνες για την μέθοδο εξαγωγής του ελαίου. Σύμφωνα με κάποιες μελέτες αποδείχθηκε ότι αν επιτυγχανόταν η χρήση των ενζυμικών μειγμάτων με συνδυασμένη δράση τότε το αβοκαντέλαιο που θα παραγόταν θα ήταν πιο

αποδοτικό εν συγκρίση με το αβοκαντέλαιο που θα εξαγόταν χωρίς την χρήση ενζυμικών μειγμάτων. Οι ερευνητές θεώρησαν πως οι βέλτιστες συνθήκες για την εκχύλιση του ελαίου είναι ότι η θερμοκρασία αντίδρασης θα πρέπει να πραγματοποιείται στους 65 °C , με μέγιστο χρόνο αντίδρασης την μία ώρα (Buenrostro et al., 1986). Οι μελετητές παρατήρησαν ότι κατά την εκχύλιση με χρήση ενζύμων αυξάνεται ο αριθμός των υπεροξειδίων εν σύγκρισή με την εκχύλιση του αβοκαντελαίου με χρήση οργανικών διαλυτών (Szpiz et al., 1995). Σύμφωνα με τους ερευνητές, κατά την εξαγωγή του ελαίου γίνεται χρήση ενζυμικών κυρίως μειγμάτων πριν από την συμπύεση του πολτού δηλαδή κατά την διάρκεια της ξηράνσεως. Συμπεράναν ότι ο χρόνος ξηράνσεως επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα του αβοκαντελαίου διότι ο χρόνος μειώνεται και έτσι πραγματοποιείται η αποικοδόμηση των ενζυμικών μειγμάτων (Santana et al., 2015).

Τα φυτικά κυτταρικά τοιχώματα αποτελούνται από ένα πολυμερές δίκτυο. Το πολυμερές δίκτυο αποτελείται από υδατάνθρακες όπως είναι το άμυλο, η κυτταρίνη, η πηκτίνη, η ημικυτταρίνη αλλά και από πρωτεΐνες. Ωστόσο αυτά τα εμπορικά εξωγενή ένζυμα πραγματοποιούν την θραύση των φυτικών κυτταρικών τοιχωμάτων καθώς έχουν την ικανότητα να απελευθερώνουν μια ποσότητα ελαίου από τα ελαιοφόρα κύτταρα. Οι ερευνητές μελέτησαν την ευρεία χρήση των διαφορετικών ενζύμων όπως των πρωτεασών, α-αμυλασών και κυτταρασών όπου με τα παραπάνω ένζυμα πραγματοποιείται η υδατική ενζυματική εκχύλιση. Ακολουθήθηκε η παρακάτω πειραματική διαδικασία:

- 1) Αραίωση της πάστας του αβοκάντο με προσθήκη νερού σε συγκεκριμένη αναλογία 1-4
- 2) Προσθήκη σε ποσότητα μόνο 1 % του ενζύμου στην πάστα του αβοκάντο
- 3) Επώαση για 1 ώρα στους 40 °C πριν επιτευχθεί η διαδικασία της φυγοκέντρωσης

Το έλαιο είναι αποδοτικότερο και ποιοτικότερο όταν χρησιμοποιηθούν συγκεκριμένα ένζυμα στις εξής αναλογίες: αμυλάση 70 %, πρωτεάση 51 %, και τέλος κυτταρινάση 42 %. Στην περίπτωση που η αμυλάση δεν συνδυαστεί με τα παραπάνω ένζυμα τότε το έλαιο θα είναι λιγότερο αποδοτικό. Ωστόσο όταν επιτευχθεί η προσθήκη μεγαλύτερης περιεκτικότητας αμύλου στο μεσοκάρπιο του φρούτου και συγκεκριμένα μέσα στην κυτταρική του δομή τότε το έλαιο του φρούτου θα απελευθερωθεί ταχέως από την κυτταρική φυτική του μήτρα με αποτέλεσμα την πλήρη αποσύνθεση του αμύλου. Σε αυτήν την περίπτωση επιτυγχάνεται με την δράση ενός ενζύμου την α-αμυλάση (Buenrostro & Lopez-Munguia 1986).

2.5. ΕΚΧΥΛΙΣΗ ΜΕ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

2.5.1. ΥΠΕΡΚΡΙΣΙΜΟ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

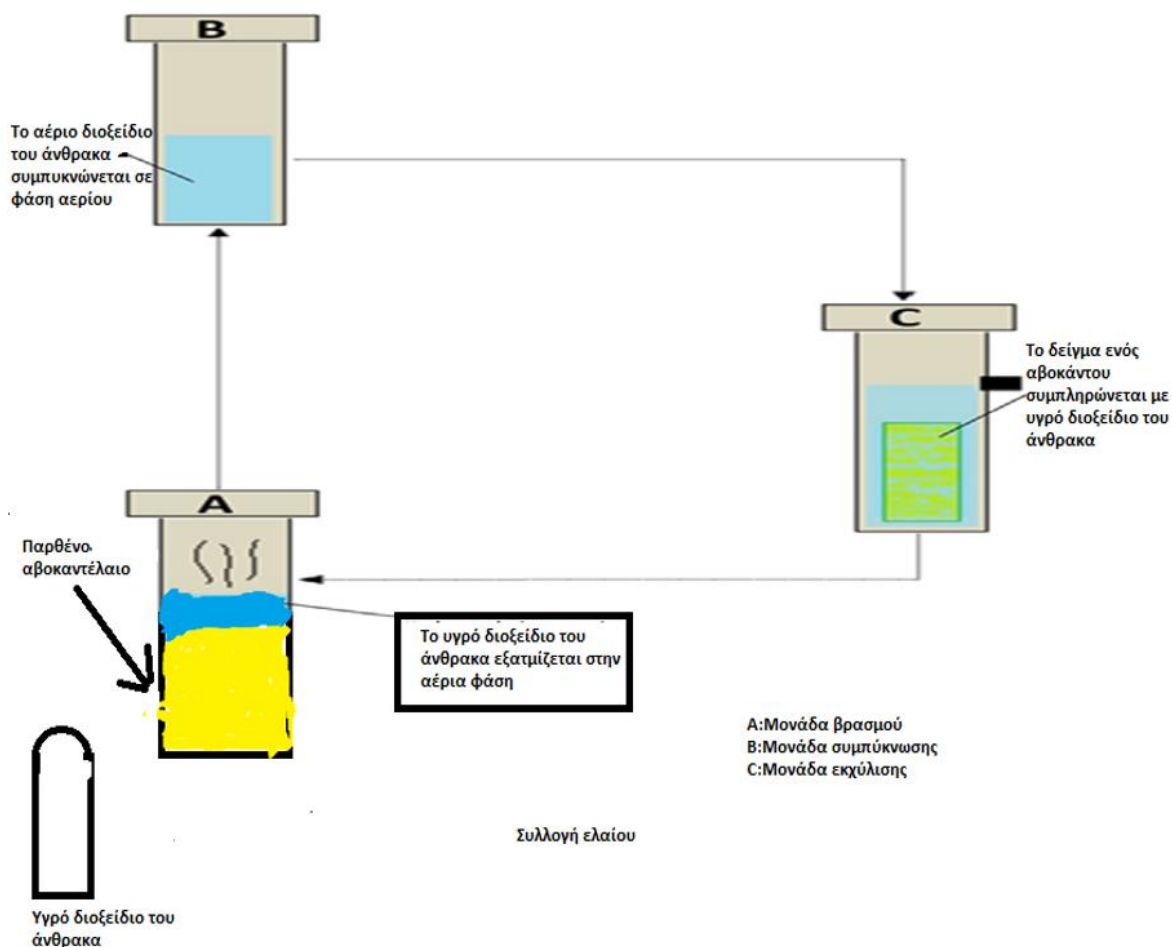
Η τεχνική εκχύλισης με υπερκρίσιμο διοξείδιο του άνθρακα (scCO₂) συνίσταται στη χρησιμοποίηση υπερκρίσιμων ρευστών. Έτσι αποκαλούνται τα συστατικά τα οποία υπό συγκεκριμένες περιπτώσεις, απαντώνται σε μια φάση μεταξύ της υγρής και αέριας καταστάσεως. Ιδίως το υπερκρίσιμο διοξείδιο του άνθρακα είναι ένα ακίνδυνο αέριο, που μετατρέπεται σε έναν ισχυρό διαλύτη σε κατάσταση πίεσης και θερμοκρασίας άνωθεν του κρίσιμου σημείου (Valdes et al., 2018). Η μέθοδος αυτή εμφανίζει καλύτερα αποτελέσματα σε πίεση 400 bar. Η αιθανόλη ως συν-διαλύτης υποβοηθά την απομόνωση του εναπομείναντος ελαίου, προσφέροντας σημαντικά πλεονεκτήματα στην εκχύλιση ενός μικρού κομματιού που είναι άφθονο σε τοκοφερόλες (Corzzini et al., 2017). Προτάθηκε η συνδιασμένη εκχύλιση του αβοκαντελαίου και διαφόρων ενεργών συστατικών όπως είναι η καψανθίνη και το λυκοπένιο που απατάντωνται στις πιπεριές και στις ντομάτες. Μέσω της χρησιμοποίησης του υπερκρίσιμου διοξειδίου του άνθρακα επιτυγχάνεται ο εμπλουτισμός του αβοκαντελαίου. Προς επίτευξη αυτού του σκοπού γίνεται χρησιμοποίηση ενός αμιγούς υποστρώματος του εξαγωγέα

με συνδυασμό του υπερκρίσιμο διοξειδίου του άνθρακα, όποτε εκχυλίζονται τα λιπίδια και άλλα βιοενεργά συστατικά. Αρχικά το scCO_2 μαζί με το εξαγόμενο λάδι διαπερνούν το πρώτο και μετά το δεύτερο στρώμα. Επίσης στο δεύτερο στρώμα γίνεται η συνεκχύλιση των διαφόρων φυτικών ουσιών. Τα λιπίδια απομονώνονται στο 1ο στάδιο και βρίσκουν εφαρμογή στην συνεκχύλιση μαζί με το υπερκρίσιμο διοξείδιο του άνθρακα στο 2ο στάδιο. Στην περίπτωση της παράλληλης απομόνωσης βρωσίμου ελαίου αβοκάντο και της ουσίας καψανθίνης, η αυξημένη συμπίκνωση στο έλαιο διευκολύνει στην απόδοση της εκχύλιση αυτού του συστατικού. Από την άλλη μεριά, ένα λιγότερο εκχύλισμα παραλαμβάνεται όταν η καψανθίνη αραιώνεται με το προϊόν. Αξίζει να αναφερθεί ότι κατά την εκχύλιση ελαίου αβοκάντο με μεγάλες ποσότητες λυκοπενίου, αυξάνεται η απόδοση αυτής της ουσίας υπό την προϋπόθεση ότι αυξάνεται συγχρόνως η ποσότητα του αβοκάντο στη πρώτη φάση εκχύλισης. Έτσι καθορίζεται η ιδανική συνθήκη για την παραλαβή του αβοκαντελαίου σε πίεση 400 bar και θερμοκρασία 50 °C (Barros et al., 2016; Barros et al., 2017). Αρκετοί μελετητές επιχείρησαν να εκτιμήσουν την ποιότητα του παραγομένου ελαίου που προήλθαν από τις διαδικασίες Soxhlet, ψυχρής έκθλιψης και υπερκρίσιμου διοξειδίου του άνθρακα. Αυτό προσπάθησαν να το υλοποιήσουν με κριτήριο τη ποιότητα μέσω της τιτλοδότησης των ελευθέρων λιπαρών οξέων, της τιμής του ιωδίου, των υπεροξειδίων, του αριθμού σαπωνοποίησης και του ειδικού βάρους. Μέσω της εφαρμογής των υπερκρίσιμων ρευστών παράγεται ποιοτικά καλύτερο προϊόν και παρατηρείται μεγαλύτερη απόδοση. Επιπλέον τα παραγόμενα με υπερκρίσιμα ρευστά εμφανίζουν μειωμένη οξειδωση των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων, υψηλότερες ποσότητες ιωδίου και λιγότερη οξύτητα σε σχέση με συμβατικές μεθόδους. Ένα συντριπτικό πλεονέκτημα της ψυχρής σύνθλιψης είναι η διατήρηση, σε μεγάλο βαθμό, της τοκοφερόλης (Restrepo et al., 2012).

Όσον αφορά την εκχύλιση με υγρά που βρίσκονται υπό πίεση, ισχύει το εξής: Η παραλαβή ελαίου μέσω υδροποιημένων αερίων έχει το όφελος της πραγματοποίησης σε σύντομο χρονικό διάστημα και με μειωμένη χρήση διαλυτών σε σχέση με το υπερκρίσιμο διοξείδιο του άνθρακα. Το παραχθέν έλαιο έχει υψηλή περιεκτικότητα σε ελαϊκό, λινολενικό και παλμιτικό οξύ. Τα υπερκρίσιμα ρευστά συντελούν στη παραγωγή προϊόντος με μεγάλη αντιοξειδωτική δράση (Abaide et al., 2017).

2.5.2. ΥΠΟΚΡΙΣΙΜΟ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

Αυτή η τεχνική έχει παρόμοια αρχή λειτουργίας με αυτή του υπερκρίσιμου διοξειδίου του άνθρακα. Η μοναδική αλλαγή μεταξύ αυτών των δύο τεχνικών είναι η θερμοκρασία (<31,1 °C) και η πίεση του διοξειδίου του άνθρακα στα 72,9 bar. Παρακάτω θα συγκριθούν οι μέθοδοι παραλαβής του αβοκαντελαίου με τρεις διαφορετικούς τρόπους: α) εκχύλιση με διαλύτες β) μέθοδος με υπερήχους και γ) τεχνική με υποκρίσιμο διοξείδιο του άνθρακα (AOCS 1994). Κατά την τελευταία διαδικασία χρησιμοποιείται θερμοκρασία 27 °C και πίεση 68 bar. Όσον αφορά τους υπερήχους πέραν της υπερηχητικής πηγής (240 W), γίνεται χρήση 60 ml απεσταγμένου νερού καθώς επίσης και συχνότητα 40 kHz στους 35 °C για 30 λεπτά. Στο τέλος λαμβάνει χώρα η έκθλιψη. Τα προκύπτοντα έλαια από τη μέθοδο του υποκρίσιμου διοξειδίου του άνθρακα και των υπερήχων έχουν αυξημένες τιμές ιωδίου αλλά ελαττωμένα σημεία βρασμού. Τα δύο τελευταία χαρακτηριστικά ερμηνεύονται μέσω της τιμής του αριθμού σαπωνοποίησης και των ελευθέρων λιπαρών οξέων. Επίσης τούτα τα λάδια είναι διαυγή και περιέχουν μεγάλες ποσότητες ακορέστων λιπαρών οξέων απ'ότι τα έλαια που εξάγονται με τη χρήση διαλυτών (π.χ. εξάνιο). Αξίζει να τονισθεί πως τα κυρίαρχα λιπαρά οξέα στο λάδι αβοκάντο είναι το παλμιτικό και ελαϊκό. Αντιστοίχως οι σημαντικότερες τριακυλογλυκερόλες είναι η παλμιτοδιελαιογλυκερόλη και παλμιτελαϊκολινολενογλυκερόλη (Xuan et al., 2018).



Σχήμα 4. Διαδικασία εκχύλισης με υποκρίσιμο διοξείδιο του άνθρακα

Πηγή: Wong et al., 2013

2.6. ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ ΜΕ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΑ

Γενικά τα μικροκύματα θεωρούνται ως μια χρήσιμη τεχνική παραλαβής σημαντικών ουσιών από πλείστα υλικά. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της ενέργειας που προέρχεται από τα μικροκύματα. Η δράση των μικροκυμάτων έγκειται στο γεγονός ότι αποδίδει πολύ γρήγορα ενέργεια τόσο στον διαλύτη όσο και στον φυτικό ιστό του στερεού με παράλληλη θέρμανση του στερεού φυτικού ιστού και του διαλύτη προς επίτευξη της μιας αποτελεσματικότερης και πιο ομογενοποιημένης εκχύλισης των υπό μελέτη ουσιών από το δείγμα στον διαλύτη. Αυτή η μέθοδος στηρίζεται στην αρχή ότι το σύστημα των μικροκυμάτων λειτουργεί πολύ εκλεκτικά. Μέσω της άμεσης θέρμανσης υπάρχει μια επίδραση στους πολικούς διαλύτες. Αυτό πραγματοποιείται για να ελαττωθεί η υγρασία του δείγματος. Η συγκεκριμένη μέθοδος πλεονεκτεί, καθώς είναι ιδιαίτερως οικολογική για το περιβάλλον καθώς δεν γίνεται εκτεταμένη χρησιμοποίηση διαλυτών (Alurului et.al. 2012). Αντιθέτως προκαλεί μεταβολές στη σύσταση των λιπαρών οξέων και οξείδωση των λιπιδίων. Ευτυχώς όμως σε αμετάβλητες παραμέτρους (θερμοκρασία, χρόνος κ.α.) αυτές οι τροποποιήσεις είναι αμελητέες. Αξίζει να αναφερθεί ότι μέσω της ακτινοβολήσης επιτελείται μια επιλεκτική θέρμανση του μείγματος. Αυτή η ιδιότητα συνεπάγεται ότι τα λιπίδια εξαναγκάζονται να υπάρχουν σε πολύ αντίξοες συνθήκες απ'ότι αν χρησιμοποιούντουσαν διαλύτες (Sahena et al., 2010). Η διαδικασία της τεχνικής της εκχύλισης με τα μικροκύματα έχει αρχίσει τα τελευταία χρόνια να αποκτά μεγάλο ενδιαφέρον. Εντούτοις έχουν δημοσιευτεί πολλές έρευνες αναφορικά με αυτή τη μέθοδο αυτή και αποδείχτηκε ότι αυτή συντελεί στην προκατεργασία της πούλπας για την εκχύλιση του

διαλύτη. Μια ομάδα επιστημόνων διεξήγαγαν πειράματα προκειμένου να ελέγξουν την δράση των μικροκυμάτων πάνω στο κομμάτι της απομόνωσης των ελαίων (Moreno et al., 2003).

Πίνακας 1. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των διαφόρων μεθόδων εκχύλισης του παρθένου αβοκαντελαίου

Μέθοδος εκχύλισης	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Ψυχρή έκθλιψη	Δεν απαιτούνται προκατεργασίες	Εξοπλισμός υψηλού κόστους
Εκχύλιση με έκθλιψη	Απλή και φθηνή διαδικασία	Απαιτείται η αφυδάτωση του μεσοκαρπίου του φρούτου, η θερμοκρασία να είναι κάτω από τους 50 °C, μειωμένη απόδοση σε σχέση με την μέθοδο Soxhlet
Υποκρίσιμο διοξείδιο του άνθρακα	Φθηνή ουσία, μικρότερη πίεση και θερμοκρασία σε σχέση με την τεχνική του υπερκρίσιμου διοξειδίου του άνθρακα	Απαιτείται η αφυδάτωση και η κονιοποίηση του μεσοκαρπίου του φρούτου, μειωμένη απόδοση σε σχέση με την μέθοδο Soxhlet και απαίτηση ακριβού εξοπλισμού
Υδατική εκχύλιση με την βοήθεια ενζύμων	Μη ενεργοβόρα διαδικασία, εύκολος διαχωρισμός των φωσφολιπιδίων χρησιμοποιώντας υδατικά μέσα	Υψηλό κόστος ενζύμων, μειωμένη απόδοση σε σχέση με την μέθοδο Soxhlet και ακριβού εξοπλισμού
Εκχύλιση υποβοηθούμενη με υπερήχους	Μεγαλύτερη διείσδυση του διαλύτη στα κυτταρικά συστατικά, λιγότερος χρόνος εκχύλισης, εύκολος διαχωρισμός των φωσφολιπιδίων χρησιμοποιώντας τα υδατικά μέσα, απλή και οικονομικά αποδοτική διαδικασία	Μειωμένη απόδοση σε σχέση με την μέθοδο Soxhlet, παράταση της εφαρμογής των υπερήχων πιθανόν να οδηγεί σε υποβάθμιση των βιολειτουργικών ενώσεων

Πηγή: Segura et al., 2018

Αυξημένη παραγωγή ελαίου παρατηρήθηκε κατά την συνύπαρξη των μικροκυμάτων με εκχύλιση με διαλύτες παρά με την χρήση ακετόνης ή της μεθόδου Soxhlet. Έτσι λοιπόν φαίνεται εύλογο ότι η παρασκευή ενός ποιοτικά κατώτερου ελαίου λαμβάνει χώρα όταν γίνεται χρησιμοποίηση διαλυτών, παρά με τα μικροκύματα. Ένα άλλο αποτέλεσμα που ανακαλύφθηκε ήταν ότι υπερτερούσαν τα μονοακόρεστα σε σχέση με τα κορεσμένα λιπαρά οξέα. Άρα ποιοτικά υπήρχε ένα ανώτερο προϊόν (σε αντίθεση με τη μέθοδο Soxhlet) και πιο μικρός ρυθμός οξειδωσης των μετάλλων. Τέλος τα μικροκύματα επιφέρουν τις λιγότερες τροποποιήσεις στην κυτταρική δομή. Οπότε αυτό επηρεάζει ευμενώς την ποσότητα και ποιότητα του αβοκαντελαίου (Ortiz et al., 2004). Η διαδικασία των μικροκυμάτων δημιουργεί λάδια με αυξημένη οξειδωτική σταθερότητα και μειωμένη οξύτητα, το οποίο είναι επιθυμητό για την παραγωγή εδώδιμων ελαίων (Santana et al., 2015).

2.7. ΡΑΦΙΝΑΡΙΣΜΑ ΤΟΥ ΑΒΟΚΑΝΤΕΛΑΙΟΥ

Το λάδι που προορίζεται για μαγειρικούς σκοπούς ωθείται προς εμφιάλωση δίχως την πραγματοποίηση του σταδίου του ραφινάρισματος. Αυτό συνεπάγεται μεγαλύτερη προφύλαξη των οργανοληπτικών του ιδιοτήτων (γεύση, πράσινο χρώμα και αρώματα) (Woolf et al., 2009). Από την άλλη μεριά το έλαιο αβοκάντο που προορίζεται για φαρμακευτικούς σκοπούς επιβάλλεται να εξευγενιστεί. Τούτη η διαδικασία συνίσταται στην απομάκρυνση των ανεπιθύμητων ουσιών (καροτενοειδή και χλωροφύλλες, μετάλλων και φωσφολιπιδίων) και στην μείωση των απωλειών σε ευεργετικά στοιχεία. Η τεχνική του ραφινάρισματος περιλαμβάνει τους εξής κρίσιμους παράγοντες:

- Αρέσκεια των καταναλωτών ως προς το χρώμα και την γεύση
- Σταθερότητα του ελαίου
- Φάση της μετατροπής (Satriana et al., 2019)

Η μέθοδος του εξευγενισμού περιέχει πολλαπλά στάδια, π.χ. εξουδετέρωση, αποχρωματισμός, απόσπηση, χειμερινοποίηση και αποκομμίωση (Msika & Legrand 2010; Rosenthal et al., 1996; Ruiz-Mendez & Dobarganes 2011; Woolf et al. 2009). Κατά τη διαδικασία της αποκομμίωσης απομακρύνονται από το προϊόν τα διάφορα φωσφατίδια και κόμμεα, τα οποία δεν διαλύονται στο λάδι (Ruiz-Mendez & Dobarganes 2011). Εδώ χρησιμοποιούνται ισχυρά (υδροχλωρικό ή θειικό) ή ασθενή (φωσφορικό ή κιτρικό) οξέα και μετά πραγματοποιείται η ανάμειξη σε θερμοκρασίες 50-60 °C (Msika & Legrand 2010). Όσον αφορά το στάδιο της εξουδετέρωσης απομακρύνονται διάφορες οξειδωτικές ουσίες ή/και λιπαρά οξέα, καθώς αντιδρούν με βάσεις. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι το ανθρακικό κάλιο, το υδροξείδιο του νατρίου και οι τεταρτοταγείς αμίνες στους 80 °C για διάστημα μισής ώρας (Ruiz-Mendez & Dobarganes 2011). Στο στάδιο του αποχρωματισμού απομακρύνονται τα υπολείμματα των σαπουνιών και οι χρωστικές ουσίες μέσω εφαρμογής υψηλών θερμοκρασιών (150-210 °C) και πυριτικοαργιλικών αλάτων του ασβεστίου και μαγνησίου ή κάρβουνων (από λιγνίτη, τύρφη, ξύλο ή φλοιούς καρύδας). Όμως παρατηρήθηκε και μια χαρακτηριστική δυσάρεστη οσμή (Human 1987; Msika & Legrand 2010). Κατά την χειμερινοποίηση έγινε χρήση της ουσίας οξυστεαρίνης για να προαχθεί η κρυστάλλωση των στεαρινών υψηλού μοριακού βάρους. Οι τελευταίες ενώσεις καθιζάνουν και αποχωρίζονται με φιλτράρισμα και μετάγγιση (Human 1987). Η προαναφερθείσα απωθητική οσμή οφείλει την ύπαρξή της σε ουσίες που προκαλούν κακοσμία και σε πτητικά συστατικά που έχουν απομείνει από τον αποχρωματισμό. Αυτή δύναται να ελαχιστοποιηθεί κατά την απόσπηση με τη βοήθεια ατμών εφαρμόζοντας υπερυψηλές θερμοκρασίες (180 °C) και υψηλές συνθήκες κενού (Human 1987; Msika & Legrand 2010).

Πίνακας II. Σύνοψη των μεθόδων παραλαβής του αβοκαντελαίου

Τεχνολογία εκχύλισης	Διαδικασία	Απόδοση σε έλαιο %	Βιβλιογραφία
Φυσική μέθοδος	Ο πολτός ξηραίνεται με εξαερισμό ή με χρήση φούρνου κενού 60 °C, υπό τις συνθήκες μηχανικής πίεσεως πραγματοποιείται η εξαγωγή του ελαίου	25,1-42,8	Krumreich et al., 2018
	Υπό τις συνθήκες ψυχρής πίεσεως και με ξήρανση του αέρα πραγματοποιείται η εξαγωγή του ελαίου	25-33	Santos et al., 2014
	Κατόπιν μηχανικής πίεσεως επιτυγχάνεται η ξήρανση στους 60 °C	61,20	Santana et al., 2015
	Φυγοκέντρηση διάρκειας 120 λεπτών σε εργαστηριακό χώρο	47,2	Yang et al., 2018
	Ξήρανση με κατάψυξη. Εκχύλιση με χρήση εξανίου στους 60 °C για 100 λεπτά	-	Ashton et al., 2006
Soxhlet	Εκχύλιση με χρήση εξανίου	59	Butt et al., 2006
	Εκχύλιση με χρήση εξανίου	54	Moreno et al., 2003
	Εκχύλιση με χρήση εξανίου για 150 λεπτά	58	Abaide et al., 2017
	Εκχύλιση με χρήση εξανίου για 8 ώρες στους 70 °C	20,8	Tan et al., 2018
	Ξήρανση του πολτού του φρούτου στον φουρνό με αέρα στους 40-60 °C και με κενό στους 60 °C. Εκχύλιση με χρήση αιθέρα για 6 ώρες	43,1-55,2	Krumreich et al., 2018
	Εκχύλιση με χρήση οργανικών διαλυτών όπως εξάνιο, πετρελαϊκός αιθέρας, αιθανόλη, περίπου για 1 ημέρα	52,1-66,1	Werman & Neeman 1987
	Εκχύλιση με χρήση οργανικού διαλύτη (εξάνιο) για 1 ημέρα	63,4-64,0	Reddy et al., 2012
	Εκχύλιση με χρήση οργανικού διαλύτη (εξάνιο) για 1 ημέρα	63,7-64,8	Reddy et al., 2012
	Χρήση της τεχνικής της λυοφυλίωσης ή με ξήρανση του θερμαινόμενου αέρα. Εκχύλιση με χρήση οργανικού διαλύτη (πετρελαϊκός αιθέρας)	45-57	dos Santos et al., 2014
Εκχύλιση με μικροκύματα	Θέρμανση στο φούρνο μικροκυμάτων κατόπιν πίεσεως και συμπίεσεως (900 W, 2450 MHz)	67	Ortiz et al., 2004
	Η μηχανική πίεση πραγματοποιείται με ξήρανση στο φούρνο μικροκυμάτων στα 1140W, 2450 MHz	55,7	Santana et al., 2015

	Χρησιμοποιείται η μέθοδος Soxhlet ως τεχνική εκχύλισης με χρήση εξανίου για 1 ημέρα και ξήρανση του φρούτου με μικροκύματα	97	Moreno et al., 2003
	Ξήρανση του φρούτου στο φούρνο μικροκυμάτων για (11 λεπτά, στα 2450 MHz, στα 859W κατόπιν πίεσως και συμπίεσεως)	65,2	Moreno et al., 2003
	Εκχύλιση με την μέθοδο Soxhlet με χρήση οργανικού διαλύτη για 1 ημέρα και ξήρανση στο φούρνο μικροκυμάτων (1000W και 2450MHz)	60,9-69,9	Reddy et al., 2012
Εκχύλιση με υπερήχους	Η μέθοδος αυτή πραγματοποιείται στους 35 °C στην 1 atm για 30 λεπτά	15,1	Tan et al., 2018
	Η εκχύλιση με χρήση υπερήχων πραγματοποιείται σε υψηλή συχνότητα (2 MHz) και χαμηλής συχνότητα (18b40 kHz) για 2,5 έως 10 λεπτά	60-90	Martínez-Padilla et al., 2018
	Χρήση εξανίου και εμβάπτιση σε υδατόλουτρο για 1 ώρα στους 60 °C	54,6-58,7	Reddy et al., 2012
Εκχύλιση με κρίσιμα ρευστά	Χρήση του διοξειδίου του άνθρακα για 150 λεπτά, με πίεση 250 bar στα 313K	10,1-39,8	Abaide et al., 2017
	Η εκχύλιση του υπερκρίσιμου ρευστού πραγματοποιείται με χρήση του διοξειδίου του άνθρακα με πίεση 350 Atm με ποσότητα 1,7 ml/min στους 37 °C	62,9-66,7	Mostert et al., 2007
	Υπερκρίσιμη εκχύλιση με διοξείδιο του άνθρακα για 450 λεπτά στους 27 °C	17	Tan et al., 2018
	Εκχύλιση με μίγμα διοξειδίου του άνθρακα με αιθανόλη για 90 λεπτά	97-98	Corzzini et al., 2017
	Χρήση υπερκρίσιμου υγρού για την εκχύλιση των απαιτούμενων συστατικών του ελαίου και στην συνέχεια χρήση μίγματος αχρώμου ευγενές αερίου (αργό) σε συνδιασμό με διοξείδιο του άνθρακα με ρυθμό ροής 2,8-3,5 ml/min για 2 ώρες	59,6-62,9	Reddy et al., 2012
	Χρήση υπερκρίσιμου υγρού για την εκχύλιση των απαιτούμενων συστατικών του ελαίου και στην συνέχεια χρησιμοποιείται διοξείδιο του άνθρακα στους 50 °C και πίεση 400 bar	57	Barros et al., 2016
Βιολογικές μέθοδοι	Παραλαβή του αβοκαντελαίου μέσω ενζύμων (α-αμυλάση, κελουλόζη και παπαΐνης)	25-70	Buenrostro et al., 1986

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ

Η σύνθεση αλλά και η λιποπεριεκτικότητα του αβοκαντελαίου εξαρτώνται από τους εξής παράγοντες:

- 1) από το χρονικό διάστημα συγκομιδής του φρούτου
- 2) από την χρονική περίοδο της ωρίμανσης του φρούτου μετά την συγκομιδή του
- 3) από την επιλογή της ποικιλίας του φρούτου (Ozdemir et al., 2004)

Το αβοκαντέλαιο είναι πλούσιο σε ακόρεστα λιπαρά οξέα και περιέχει αρκετές ευεργετικές ουσίες που παρέχουν πολλές ωφέλιμες δράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό και για αυτό θεωρείται ένα από τα σημαντικότερα προϊόντα των λειτουργικών τροφίμων. Ένα τυπικό αβοκαντέλαιο περιέχει περίπου 76 % μονοακόρεστα λιπαρά οξέα, κυρίως παλμιτελαϊκό και ελαϊκό οξύ. Επίσης περιέχει σε μικρότερη αναλογία πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (12 %) τα οποία διακρίνονται σε λινολενικό και λινελαϊκό οξύ. Ακόμη περιέχει 12 % κορεσμένα λιπαρά οξέα, κυρίως στεατικό και παλμιτικό οξύ (Wong et al., 2010). Το αβοκαντέλαιο είναι πλούσιο σε φυτοστερόλες και σε αντιοξειδωτικές ουσίες (Ozdemir et al 2004; Aston et al., 2004). Ωστόσο το σημαντικότερο αντιοξειδωτικό που περιέχει το έλαιο αυτό είναι η α-τοκοφερόλη γνωστή και ως βιταμίνη Ε η οποία απαντάται σε μεγάλη αναλογία στο αβοκαντέλαιο. Ένα τυπικό λάδι περιέχει 70 έως 90 mg/kg έλαιο. Σε μικρότερες ποσότητες απαντώνται οι β, γ, δ - τοκοφερόλες. Επιπροσθέτως το αβοκαντέλαιο περιέχει σημαντικές ποσότητες σε καροτενοειδή, περίπου 1-3,5 mg/kg ελαίου και σε χλωροφύλλες σε αναλογία 11-19 mg/kg ελαίου.

Αρκετοί επιστήμονες επισήμαναν την σπουδαιότητα των ευεργετικών ιδιοτήτων που παρέχουν τα καρατονοειδή και η λουτεΐνη στον ανθρώπινο οργανισμό:

- 1) συμβάλλουν στην μείωση εμφάνισης καρκίνου (Ding et al., 2007)
- 2) τα λιπόφιλα εκχυλίσματα καταστέλλουν την ηπατική βλάβη (Kawagishi et al., 2001)
- 3) Συμβάλλουν στην πλήρη αναστολή της εμφάνισης καρκίνου του προστάτη (Lu et al., 2005)
- 4) Έχουν την δυνατότητα να προκαλέσουν απόπτωση στα καρκινικά κύτταρα του μαστού (Butt et al., 2006)
- 5) Λόγω της ύπαρξης μεγάλων ποσοτήτων φυτοχημικών ουσιών που περιέχει το αβοκάντο συμβάλει στην πρόληψη του καρκίνου (Ding et al., 2007)

Το φρούτο αυτό είναι αρκετά πλούσιο σε φυτοστερόλες (Woolf et al., 2009) οι οποίες εκχυλίζονται συγχρόνως με αλλά ασαπωνοποίητα συστατικά στο λάδι. Η ύπαρξη των φυτοστερολών στο αβοκαντέλαιο θεωρούνται ύψιστης σημασίας συνεισφέροντας πλείστες ευεργετικές ιδιότητες στον άνθρωπο καθώς συμβάλλουν στην μείωση της κακής χοληστερόλης (LDL), παρουσιάζουν έντονη αντιφλεγμονώδη δράση, συμβάλλουν στην πρόληψη εμφάνισης του καρκίνου καθώς εμφανίζουν έντονες αντιοξειδωτικές δράσεις. (Berger et al., 2004). Δρουν προστατευτικά στο έλαιο κατά την θέρμανση του σε υψηλές θερμοκρασίες (White et al., 1986). Ωστόσο το αβοκαντέλαιο θεωρείται ένα προϊόν με μεγάλη ευαισθησία στην οξειδωτική φθορά λόγω τις ύπαρξης του σε σημαντικές ποσότητες χλωροφυλλών και ακόρεστων λιπαρών οξέων. Έτσι συμβαίνει η εξής αντίδραση: τα ακόρεστα λιπαρά οξέα αντιδρούν με το οξυγόνο έχοντας σαν αποτέλεσμα την παραγωγή υπεροξειδίων. Επίσης, η χλωροφύλλη έχει την ιδιότητα να λειτουργεί ως ευαισθητοποιητής συμβάλλοντας στην διαδικασία της φωτοοξείδωσης (Indriyani et al., 2016). Αρκετά συχνά χρησιμοποιούνται φυτικά έλαια για την παρασκευή διάφορων τροφίμων. Χρησιμοποιώντας αρκετά υψηλές

θερμοκρασίες κατά την διάρκεια του μαγειρέματος οι ενώσεις των φυτικών ελαίων μπορούν να υποστούν οξειδωση ή μερικώς αποικοδόμηση στα συστατικά τους έχοντας σαν αποτέλεσμα την παραγωγή βλαβερών ουσιών που επηρεάζουν την υγεία του καταναλωτή. Το αποτέλεσμα αυτό όμως εξαρτάται από το είδος του φυτικού ελαίου που θα χρησιμοποιηθεί, τις συνθήκες κατά την διάρκεια του μαγειρέματος, η χρήση υψηλών θερμοκρασιών κατά την διάρκεια του τηγανίσματος και από το είδος του χρησιμοποιούμενου τροφίμου (Kmieciak et al., 2009; Lampri et al., 2002; Rudzinska et al., 2005).

Το αβοκαντέλαιο χρησιμοποιείται και ως μαγειρικό λάδι αντικαθιστώντας αρκετές φορές την χρήση άλλων ελαίων καθώς το έλαιο αυτό θεωρείται θερμικά σταθερό (Shimizu et al., 2004; Santriana 2016). Έτσι κατά την διαδικασία του μαγειρέματος παρατηρήθηκε ότι το έλαιο αυτό χρησιμοποιείται σαν υποκατάστατο του χοιρινού λίπους κατά την παρασκευή μπιφτεκιών προσδίδει μια φρουτώδες και πικάντικη γεύση στο μαγειρεμένο φαγητό. Επίσης περιέχει πολλά περισσότερα θρεπτικά συστατικά που ενισχύουν την οξειδωτική σταθερότητα καθώς είναι κα πλουσιότερο σε λιπαρά οξέα από ότι το έλαιο που προέρχεται από το ζωικό λίπος (λαρδί) (Rodríguez-Carpena et al., 2012).

Το έλαιο του αβοκάντο λόγω του ότι είναι αρκετά πλούσιο σε φαινολικές ουσίες και σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα είναι λιγότερο ανθεκτικό στη θερμική αποικοδόμηση του εν σύγκρισή με την χρήση των υπολοίπων φυτικών ελαίων (Teissedre & Waterhouse 2000). Κατά την διάρκεια εκθήσεως του ακατέργαστου αβοκαντέλαιο στην ηλιακή ακτινοβολία λαμβάνει χώρα η διαδικασία της οξειδωσης (Berasategi et al., 2012). Αρκετοί ερευνητές παρατήρησαν ότι το αβοκαντέλαιο ήταν πλουσιότερο σε ω-3 και ω-6 λιπαρά οξέα σε σχέση με το ελαιόλαδο και ότι η περιεκτικότητα του σε πολυακόρεστα προς κορεσμένα λιπαρά οξέα είναι παρόμοια με αυτήν του ελαιολάδου. Μια από τις πιο αξιόλογες στερόλες θεωρείται η σιτοστερόλη, η οποία βρίσκεται σε διπλάσια περίπου περιεκτικότητα στο αβοκαντέλαιο από ότι στο ελαιόλαδο. Οι περισσότερες στερόλες οι οποίες ανιχνεύθηκαν στο αβοκαντέλαιο είναι 4 μεθυλοστερόλες και 4,4 διμεθυλοστερόλες και βρίσκονται σε παρόμοια περιεκτικότητα στο ελαιόλαδο. Ο προσδιορισμός του θειοβαρβατουρικού οξέος διεξάγεται στα έλαια κυρίως για τον προσδιορισμό του βαθμού οξειδωσης των λιπιδίων. Ύστερα από την διεξαγωγή αυτής της τεχνικής, κατόπιν θερμάνσεως του ελαίου παρατηρήθηκε ότι η οξειδωτική σταθερότητα των λιπιδίων του αβοκαντελαίου ήταν σχεδόν ίδια με εκείνη του ελαιόλαδου (Berasategi et al., 2012). Οι φυσικοχημικές ιδιότητες του αβοκαντελαίου εξαρτώνται άμεσα από την διαφορετική γεωγραφική περιοχή που ευδοκίμει το αβοκάντο (Tan et al., 2017). Ορισμένοι επιστήμονες παρατήρησαν τις φυσικοχημικές ιδιότητες του ελαίου που προερχόταν από τρεις διαφορετικές τοποθεσίες του φρούτου της Ινδονησίας. Παρατηρήθηκε ότι η ποικιλία του αβοκάντο με την ονομασία «Garut» παρουσίασε χαμηλότερες τιμές συζευγμένων διενίων και τριενίων ενώ εμφάνιζε υψηλότερη περιεκτικότητα ακόρεστων λιπαρών οξέων εν συγκρίσει με τις υπόλοιπες ποικιλίες του αβοκαντελαίου. Επίσης δεν παρουσιάστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στην τιμή της ανισιδίνης (Indriyani et al., 2016). Εξετάστηκαν τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του αβοκαντελαίου της ποικιλίας «Hass» από τέσσερις διαφορετικές χώρες (Νέα Ζηλανδία, Αυστραλία, Η.Π.Α. και το Μεξικό). Στο αβοκαντέλαιο της Νέας Ζηλανδίας ανιχνεύθηκε μικρότερη τιμή του αριθμού σαπωνοποίησης, καθώς παρατηρήθηκε πως το χρώμα του αβοκαντελαίου αυτής της περιοχής ήταν φωτεινότερο από τα υπόλοιπα των άλλων χωρών. Ένα άλλο χαρακτηριστικό που παρατηρήθηκε είναι ότι στα δείγματα των ποικιλιών της Νέας Ζηλανδίας υπήρχαν διαφορετικά σημεία κρυστάλλωσης και πήξης, σε σχέση με τις ποικιλίες των άλλων χωρών (Tan et al., 2017).

Αρκετοί επιστήμονες έχουν αξιολογήσει σε αρκετά δείγματα αβοκαντελαίων τις βασικές φυσικοχημικές παραμέτρους που αφορούν την σύνθεση της τριακυλογλυκερόλης (TAG). Η τριακυλογλυκερόλη προέρχεται από την παραγωγή ενός μείγματος μονοανοκυλογλυκερόλης

(MAG) και διακυλογλυκερόλης (DAG). Αυτά τα μείγματα χρησιμοποιούνται ευρέως από τις βιομηχανίες τροφίμων και καλλυντικών ως σταθεροποιητές και γαλακτωματοποιητές (Satriana et al., 2018).



Σχήμα 5. Κυριότερα συστατικά του αβοκαντέλαιου

3.1. ΦΥΣΙΚΕΣ ΧΡΩΣΤΙΚΕΣ

Το αβοκαντέλαιο περιέχει σε μεγάλες ποσότητες φυσικές χρωστικές οι οποίες ορίζονται ως φυσικά συστατικά των κυττάρων και των ιστών των φυτών. Διακρίνονται σε καροτενοειδή όπως είναι οι ξανθοφύλλες και τα καροτένια αλλά και σε χρωστικές της πορφυρίνης όπως είναι οι χλωροφύλλες οι οποίες οφείλονται για το έντονο πράσινο χρώμα. Ωστόσο οι χρωστικές αυτές εμφανίζουν έντονη αντιοξειδωτική δράση και προστατεύουν τον οργανισμό από διάφορες παθήσεις (Lu et al., 2005). Εξάλλου έχει αποδεχθεί κατόπιν αρκετών επιστημονικών ερευνών ότι το αβοκαντέλαιο περιέχει περίπου διπλάσια ποσότητα λουτεΐνης (καροτενοειδές) από το ελαιόλαδο (Criado et al., 2007). Το σκούρο πράσινο χρώμα στο αβοκαντέλαιο οφείλεται στην μεγάλη περιεκτικότητά του σε καροτενοειδή και χλωροφύλλες (Ashton et al., 2006; Woolf et al., 2009). Είναι σημαντικό να τονισθεί η έννοια των καροτενοειδών. Ως καροτενοειδή καλούνται οι υδρογονάνθρακες που βιοσυντίθενται από 8 ισοπρενικές μονάδες και έχουν σκελετό αποτελούμενο από 40 άτομα άνθρακα (Belitz et al., 2011). Τα καροτενοειδή βρίσκονται κυρίως στα φυτά και σε ορισμένους ζωικούς ιστούς. Επιπλέον βρίσκονται στα βακτήρια, στα φύκη αλλά και στους μύκητες όπως επίσης και σε φωτοσυνθετικούς ή μη φωτοσυνθετικούς ιστούς. Οι κυριότεροι παράγοντες που ευνοούν τον σχηματισμό τους είναι

οι εξής: α) η παρουσία οξέων και ελευθέρων ριζών, β) οι υψηλές θερμοκρασίες και γ) η ηλιακή ακτινοβολία. Τα καροτενοειδή είναι πλούσια σε βιταμίνες Α, γι' αυτό μπορούν να χαρακτηρισθούν ως προβιταμίνες Α. Απαντώνται σε όλα τα φωτοσυνθετικά κύτταρα. Η επίδραση της χλωροφύλλης που περιέχεται σε υψηλή περιεκτικότητα στα καροτενοειδή, οφείλεται ως ένα βαθμό στη διαμόρφωση του χρώματος των καροτενοειδών (Belitz et al., 2011). Τα καροτενοειδή λόγω της έντονης αντιοξειδωτικής τους δράσης καταπολεμούν τις ελεύθερες ρίζες που σχηματίζονται κυρίως από τις αντιδράσεις οξείδωσης. Παρέχουν αρκετές ευεργετικές ιδιότητες στον ανθρώπινο οργανισμό, καθώς τον προφυλάσσουν από αρκετές ασθένειες. Πιστεύεται ότι η κατανάλωση τροφίμων που είναι πλούσια σε καροτενοειδή μειώνει τον κίνδυνο εμφάνισης της εκφύλισης της ωχράς κηλίδας, καθώς δρουν προστατευτικά και στα μάτια του ανθρώπου. Η β-κρυπτοξανθίνη, το α-καροτένιο καθώς και το β-καροτένιο θεωρούνται πρόδρομες ενώσεις της βιταμίνης Α ή ενώσεις της προβιταμίνης Α. Το αβοκάντο είναι ένα φρούτο αρκετά πλούσιο σε διάφορες βιοδραστικές ενώσεις οι οποίες μαζί με την λουτεΐνη συμβάλουν στην καταπολέμηση του καρκίνου (Lu et al., 2005). Η εκχύλιση του καρπού του φρούτου με τη διαδικασία της μεθόδου Soxhlet έχει την ικανότητα να ποσοτικοποιεί τις λιποδιαλυτές, κυρίως, χρωστικές ουσίες που απαντώνται στα καροτενοειδή. Τα καροτενοειδή που βρίσκονται σε μεγάλη περιεκτικότητα στο αβοκαντέλαιο είναι η λουτεΐνη με περιεκτικότητα περίπου από 0,5-150 μg/g ελαίου ή αβοκάντο. Ακολουθεί η νεοξανθίνη με περιεκτικότητα από 0-8 μg/g ελαίου/g αβοκάντο και σε μικρότερη αναλογία τα β-καροτένια. Η περιεκτικότητα του αβοκαντελαίου σε καροτενοειδή οφείλεται στο ότι το λάδι απομονώνεται κυρίως από την σάρκα του φρούτου. Αρκετοί επιστήμονες επισήμαναν το θέμα της μείωσης των διαφόρων ειδών καροτενοειδών κατά την ωρίμανση των φρούτων. Κατά την διάρκεια της συγκομιδής της πράσινης σάρκας του αβοκάντο μειώθηκε περίπου κατά 30 % η τιμή των συνολικών καροτενοειδών. Σύμφωνα με σχετικές έρευνες παρατηρήθηκε ότι ο φλοιός του φρούτου έχει υψηλή περιεκτικότητα σε χρωστικές ουσίες και εάν κατά την διαδικασία της εκχύλισης του αβοκαντελαίου χρησιμοποιηθεί η φλούδα του φρούτου τότε παράγεται υψηλότερο ποσοστό καροτενοειδών μέσα στο έλαιο. Ωστόσο κατά την αποθήκευση του ελαίου παρατηρείται μείωση της περιεκτικότητας των καροτενοειδών σε χρωστικές ουσίες (Ashton et al., 2006).

Καθώς εξελίσσεται η ωρίμανση του φρούτου μειώνεται η αναλογία του φρούτου σε καροτενοειδή και χλωροφύλλες (Ashton et al., 2006). Ακριβώς το ίδιο αποτέλεσμα διαπιστώθηκε και από άλλους ερευνητές, οι οποίοι παρατήρησαν ότι η υψηλή περιεκτικότητα σε καροτενοειδή οφείλεται στην εκχύλιση του λαδιού που προέρχεται από την φλούδα του αβοκάντο, εν συγκρίσει με την εκχύλιση του ελαίου η οποία πραγματοποιείται χωρίς την φλούδα (Wong et al., 2011). Επίσης παρατηρήθηκε ότι το αβοκαντέλαιο που παραλαμβάνεται με πίεση και χρήση οργανικού διαλύτη στους 60 °C παρουσίαζε μεγαλύτερα ποσά ολικών καροτενοειδών εν συγκρίσει με τα λοιπά έλαια που παραλήφθηκαν στους 40 °C (Kruimreich et al., 2018). Ωστόσο εάν το φρούτο συγκομισθεί σε όψιμες εποχές, τότε θα περιέχει υψηλότερα επίπεδα καροτενοειδών απ' ό,τι αν είχε συλλεχθεί στις πρώιμες εποχές (Lu et al., 2009).

3.2. ΦΑΙΝΟΛΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ

Το αβοκάντο περιέχει σημαντικές ποσότητες φαινολικών ουσιών. Όμως στο αβοκαντέλαιο δεν είναι γνωστή η ακριβής περιεκτικότητα σε φαινολικές ενώσεις. Η περιεκτικότητα του σε φαινολικές ενώσεις εξαρτάται από της συνθήκες της εκχύλισης του φρούτου αλλά και από το ίδιο το φρούτο καθώς μπορεί εύκολα να οξειδωθούν. Τα φαινολικά συστατικά που βρίσκονται σε μεγάλη αναλογία στο αβοκάντο μελετώνται ως συστατικά ενζυμικής αμαύρωσης (Lelyveld et al., 1984). Οι σημαντικότερες φαινολικές ενώσεις είναι το σιναπικό οξύ, το φερουλικό οξύ και το *p*-κουμαρικό οξύ (Torres et al., 1987; Van Lelyveld et al., 1984). Η ταυτοποίηση και η

ακριβής περιεκτικότητα των φυσικών φαινολικών ενώσεων στο φρούτο είναι δύσκολο να πραγματοποιηθεί δεδομένου ότι οι ενώσεις αυτές έχουν υποστεί υδρόλυση. Σύμφωνα με πειραματικές μελέτες διερευνήθηκε η περιεκτικότητα του αβοκαντελαίου σε φαινολικές ενώσεις, όπου ακολουθήθηκε η διαδικασία της ψυχρής εκθλίψεως με την χρήση διαφορετικών ποσοτήτων σάρκας του φρούτου. Τα εξαγόμενα πολυφαινολικά συστατικά προσδιορίστηκαν από την τεχνική που όρισε ο Kalua (Kalua et al., 2005). Ακολουθήθηκε η εξής πειραματική διαδικασία όσον αφορά την ψυχρή έκθλιψη του αβοκαντελαίου: Προστέθηκε μικρή ποσότητα οργανικού διαλύτη (εξάνιο) μέσα στο δείγμα του ελαίου. Έπειτα οι πολυφαινολικές ενώσεις εκχυλίστηκαν με την χρήση μεθανόλης, νερού και μυρμηκικού οξέος. Τα παραγόμενα εκχυλίσματα εξετάστηκαν προς προσδιορισμό των φαινολικών ουσιών χρησιμοποιώντας την μέθοδο της Υγρής Χρωματογραφίας Υψηλής Απόδοσης (HPLC) αντίστροφης φάσης, όπου πραγματοποιήθηκε η χρήση της χρωματογραφικής στήλης Zorbax Sb με χρήση μίγματος οργανικών διαλυτών μυρμηκικού οξέος/ακετρονιτριλίου. Γίνεται χρήση φασματοσκοπικών τεχνικών για την εντόπιση φαινολικών συστατικών στο αβοκαντέλαιο. Στο αβοκαντέλαιο απαντώνται τέσσερα κύρια φαινολικά συστατικά καθώς και δευτερεύοντα φαινολικά συστατικά. Ύστερα από την παρατήρηση των φασματοσκοπικών τεχνικών παρατηρήθηκε ότι τα δύο κύρια συστατικά εμφάνιζαν μέγιστη απορρόφηση στα 280 nm, δείχνοντας την ύπαρξη φαινολικών ενώσεων. Ωστόσο τα φάσματα των άλλων δύο ενώσεων παρουσίαζαν απορρόφηση στα 350 nm, αποδεικνύοντας την ύπαρξη φλαβονοειδών ουσιών. Σύμφωνα με την τεχνική της HPLC, που χρησιμοποιείται συνήθως για την εύρεση των πολυφαινολικών ουσιών στο αβοκαντέλαιο, παρατηρείται ότι αυτές οι πολυφαινολικές ενώσεις δεν είναι γλυκοζιτικές και βρίσκονται σε λιπόφιλη φάση.

3.3. ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΑ

Το αβοκάντο περιέχει σημαντικές ποσότητες αντιοξειδωτικών ουσιών. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι το έλαιο αυτό περιέχει λιποδιαλυτές βιοδραστικές ενώσεις (LSBC), οι οποίες προλαμβάνουν αρκετές ασθένειες όπως είναι ο διαβήτης και ο καρκίνος. Επίσης το αβοκάντο θεωρείται ότι είναι ένα φρούτο λιπόφιλης φύσεως (Espinosa-Alonso et al., 2017). Αρκετοί επιστήμονες, ύστερα από την διεξαγωγή αρκετών πειραματικών μελετών, πραγματοποιούμενες σε αρουραίους, εξήγαγαν το συμπέρασμα ότι το αβοκαντέλαιο μειώνει τον κίνδυνο εγκεφαλοπάθειας καθώς επίσης εμποδίζει και την ανάπτυξη των δραστικών ειδών οξυγόνου (Ros). Ωστόσο η δράση και η συσσώρευση των λιποδιαλυτών βιοδραστικών ενώσεων μέσα στα μιτοχόνδρια όπως είναι οι τοκοφερόλες, οι βιταμίνες, οι χλωροφύλλες και τα καροτενοειδή δρουν ανασταλτικά έναντι της ανάπτυξης των δραστικών ειδών οξυγόνου (Ros). Επί προσθέτως τα αντιοξειδωτικά συμβάλλουν στην μείωση της υπεροξειδωσής των λιπιδίων έχοντας σαν αποτέλεσμα την διατήρηση των επιπέδων της μιτοχονδριακής οξειδοαναγωγικής κατάστασης (Ortiz-Avila et al., 2015). Από προηγούμενα πειράματα που διεξήχθησαν βρέθηκε ότι ο μηχανισμός της αντιοξειδωτικής δράσης στηρίζεται στην αποδυνάμωση του οξειδωτικού στρες που οφείλεται σε μεταβολές που συμβαίνουν στην αλυσίδα μεταφοράς ηλεκτρονίων (Ortiz-Avila et al., 2013). Οι υδρόφιλες βιοενεργές ενώσεις π.χ. φαινολικά δρουν μέσω μεταφοράς ατόμου υδρογόνου και της χυλοποίησης των στοιχείων μετάπτωσης π.χ. χαλκός και σίδηρος (Rodriguez-Carpena et al., 2011). Ένας διαφορετικός μηχανισμός δράσης των υδρόφιλων βιοενεργών ουσιών είναι ο εξής: Ισχυροποιείται η δραστηριότητα των αντιοξειδωτικών ενζύμων (καταλάση, υπεροξειδάση της γλουταθειόνης), αποδυναμώνοντας τα ενδοκυτταρικά δραστικά είδη οξυγόνου στο ενδοθήλιο (Yamagata 2017).

Από κάποιους μελετητές ερευνήθηκαν οι επιδράσεις των αντιοξειδωτικών ουσιών στο οξειδωτικό στρες. Μετά το πέρας μιας πειραματικής διαδικασίας σε εξευγενισμένο

αβοκαντέλαιο όπου προστέθηκε α-τοκοφερόλη και γαλλικός προπυλεστέρας παρατηρήθηκε ότι όταν το έλαιο αποθηκεύτηκε σε σκοτεινό μέρος και σε θερμοκρασίες δωματίου ο γαλλικός προπυλεστέρας επίδρασε θετικά στις φυσικοχημικές ιδιότητες του ελαίου ενισχύοντας την σταθερότητα του. Όταν όμως το εξευγενισμένο αβοκαντέλαιο είχε αποθηκευτεί στους 60 °C και σε φωτεινό μέρος παρατηρήθηκε ότι ο προστιθέμενος γαλλικός προπυλεστέρας δεν σημείωσε ανάλογη δράση και συνεπώς δεν συνέβαλε στην βελτίωση της οξειδωτικής σταθερότητας του ελαίου. Εν τούτοις η προσθήκη της α-τοκοφερόλης και της αιθοξυκίνης δεν συνέβαλαν σημαντικά στην αντιοξειδωτική δράση του εξευγενισμένου αβοκαντελαίου. (Werman et al., 1986)

3.4. ΒΙΟΔΡΑΣΤΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ

Τα τελευταία χρόνια διεξάγονται σχετικές έρευνες για τις βιοδραστικές ενώσεις που απαντώνται στα τρόφιμα. Οι βιοδραστικές ενώσεις συνεισφέρουν αρκετές ευεργετικές ιδιότητες συμβάλλοντας στην καλή υγεία του ανθρώπου. Παρεμπιπτόντως το αβοκαντέλαιο περιέχει υψηλή περιεκτικότητα βιοδραστικών ενώσεων (Flores et al., 2019; Yahia, 2012). Επίσης η περιεκτικότητα των βιοδραστικών ενώσεων στο ίδιο το έλαιο καθώς και στο φρούτο επηρεάζεται άμεσα από τους εξής παράγοντες: 1) από την ποικιλία του φρούτου 2) από την συγκομιδή του 3) από την διαδικασία και τις συνθήκες εκχύλισης του αβοκάντο 4) από την ωρίμανση του καρπού (Carvajal-Zarrabal et al., 2014a; Del Toro-Equihua et al., 2016).

3.5. ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΕΣ

Τα πράσινα φυτά περιέχουν διάφορες χρωστικές ουσίες που ονομάζονται χλωροφύλλες. Οι χλωροφύλλες συμμετέχουν στην διαδικασία της φωτοσύνθεσης και απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία και την μετατρέποντας την σε χημική ενέργεια (Ashton et al., 2006). Οι χλωροφύλλες χρησιμοποιούνται από τα φυτά κυρίως για την συλλογή του φωτός όπου συμμετέχει στην διαδικασία της φωτοσύνθεσης και προωθεί τις αντιδράσεις τις φωτοοξείδωσης στο λάδι όταν έρθει σε επαφή με το φως. Οι αρνητικές συνέπειες της φωτοοξείδωσης είναι η παραγωγή ελεύθερων ριζών και η οξείδωση των λιπιδίων. Κατά την διαδικασία της επεξεργασίας και της αποθήκευσης του ελαίου θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή καθώς το αβοκαντέλαιο δεν θα πρέπει να έρθει σε επαφή με το οξυγόνο (Gutierrez-Rosales et al., 1992). Αρκετές επίσης μελέτες έδειξαν ότι όση περισσότερη ποσότητα της σάρκας παραλαμβάνεται κατά την διάρκεια της διαδικασίας της μάλαξης του αβοκάντο τόσο περισσότερη χλωροφύλλη θα εξαχθεί από την εκχύλιση του αβοκαντελαίου. Επομένως η χλωροφύλλη δρα ως ένα βαθμό αντιοξειδωτικά κατά την αποθήκευση του ελαίου σε σκοτεινό μέρος αλλά χάνει την αντιοξειδωτική της δράση αν το έλαιο φυλαχθεί σε φωτεινό μέρος (Gutierrez-Rosales et al., 1992). Οι χρωστικές της χλωροφύλλης εξάγονται κυρίως από το μεσοκάρπιο και από την φλούδα του φρούτου (Ashton et al., 2006). Η κυριότερη δράση των χρωστικών ουσιών της χλωροφύλλης είναι ότι καταπολεμούν τον καρκίνο. Εξάλλου έχει αποδειχθεί ότι η συχνή κατανάλωση των πράσινων φρούτων και λαχανικών σχετίζεται άμεσα με την μείωση της εμφάνισης διαφόρων ειδών καρκίνων (Minguez-Mosquera et al., 2008).

Το χρώμα του παρθένου αβοκαντελαίου οφείλεται στην μεγάλη περιεκτικότητά του σε χλωροφύλλες (Rodriguez-Carpena et al., 2012). Οι περισσότεροι καταναλωτές μόλις διακρίνουν το έντονο πράσινο χρώμα που μπορεί να έχει ένα έλαιο, το θεωρούν ως πλεονέκτημα και αρκετά εμπορικό και ευεργετικό χαρακτηριστικό (Woolf et al., 2009). Οι ερευνητές έχουν διαφορετική άποψη διότι διαπίστωσαν ότι η χλωροφύλλη έχει αρνητική επίπτωση στην οξειδωτική σταθερότητα του αβοκαντελαίου, καθώς αυτό μπορεί, όταν εκτεθεί στην ηλιακή ακτινοβολία, να λάβει χώρα η διαδικασία της φωτοοξείδωσης (Guillen-Sanchez & Paucar-Menchado 2020). Το αβοκαντέλαιο θα πρέπει να φυλάσσεται σε σκουρόχρωμα μπουκάλια. Επίσης η έκπλυσή του πρέπει να επιτυγχάνεται με την χρήση αζώτου στις

δεξαμενές αποθήκευσης κατά την εμφιάλωση (Pedreschi et al., 2014). Το παρθένο αβοκαντέλαιο περιέχει υψηλότερο ποσοστό χλωροφυλλών εν συγκρίση με το εξευγενισμένο έλαιο (Tan, 2019). Αυτή η μελέτη αποδείχθηκε από κάποιους ερευνητές οι οποίοι σύγκριναν 22 αβοκαντέλαια τα οποία πουλήθηκαν στην Αμερική και διαπίστωσαν ότι τα παρθένα αβοκαντέλαια ήταν πλουσιότερα σε χλωροφύλλες από ότι τα εξευγενισμένα έλαια. Η μέθοδος η οποία χρησιμοποιείται για να εκχυλιστεί το έλαιο δρα καθοριστικά στην περιεκτικότητα του σε χλωροφύλλες και καροτενοειδή. Ένας δεύτερος παράγοντας που επιδρά στη συγκέντρωση σε χλωροφύλλες είναι η τεχνική της παραλαβής του λαδιού. Ύστερα από ενδελεχείς έρευνες βρέθηκε ότι η ψυχρή έκθλιψη παρείχε καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με την χρησιμοποίηση οργανικών διαλυτών. Τέλος η χρήση ήπιων θερμοκρασιών κατά την διαδικασία της εκχύλισης του ελαίου (60 °C) επιτρέπει την ταχεία αποδέσμευση των χλωροφυλλών από τους ιστούς. Με τη χρήση ήπιων θερμοκρασιών δεν καθίσταται εύκολη η αλλοίωση των χλωροφυλλών (Krumreich et al., 2018).

3.6. ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ

Το σημαντικότερο λιπαρό οξύ που περιέχεται στο αβοκαντέλαιο είναι το ελαϊκό οξύ. Έτσι το αβοκαντέλαιο λόγω της μεγάλης περιεκτικότητας του σε ελαϊκό οξύ προσφέρει αρκετές ευεργετικές ιδιότητες που σχετίζονται με την μείωση του οξειδωτικού στρες και του σακχαρώδη διαβήτη. Εκτός αυτού συμβάλει ευεργετικά και σε διάφορες καρδιαγγειακές παθήσεις (Ortiz-Avila et al., 2013; Carvajal-Zarrabal et al., 2014). Τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα βρίσκονται σε περιεκτικότητα στο αβοκαντέλαιο από 37-86 %. Επίσης το ελαϊκό οξύ βρίσκεται και αυτό σε μεγάλη αναλογία (Nogueira-de Almeida et al., 2018). Τα κυριότερα λιπαρά οξέα που βρίσκονται στο αβοκαντέλαιο είναι το λινολεϊκό, το παλμιτελαϊκό και το ελαϊκό. Όμως το στεατικό οξύ βρίσκεται σε σημαντικά μικρότερη περιεκτικότητα (Lozano et al., 1985).

Το αβοκάντο περιέχει 60-70 % μονοακόρεστα λιπαρά οξέα, 15-20 % κορεσμένα λιπαρά οξέα και 10 % πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. Μια σωστή μεσογειακή διατροφή έγκειται στην υψηλή κατανάλωση μονοακόρεστων λιπαρών οξέων. Επιπροσθέτως στηρίζεται στην καθημερινή κατανάλωση φυτικών προϊόντων και ελαιολάδου, αφού το ελαιόλαδο είναι μια καλή πηγή λιπιδίων (Birkbeck 2002). Αρκετοί επιστήμονες συμπέραναν ότι το αβοκαντέλαιο περιέχει σχεδόν ίδια λιποπεριεκτικότητα με αυτήν του ελαιολάδου, καθώς θεωρείται πολύτιμος σύμμαχος για την υγεία του ανθρώπου. Ο λόγος για αυτό είναι πως και τα δύο έλαια θεωρούνται πλούσια σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα και σε φυτικές ίνες. Το αβοκαντέλαιο με τα αντιοξειδωτικά που περιέχει σχετίζεται με την μείωση της καρδιαγγειακής και της μυοκαρδιακής νόσου καθώς εμφανίζει αντίσταση στα επίπεδα της ινσουλίνης και λειτουργεί ως ρυθμιστής του μεταβολισμού. Έτσι όπως καταναλώνεται καθημερινά το ελαιόλαδο μπορεί να καταναλώνεται καθημερινά και το αβοκαντέλαιο (Serra-Majem et al., 2006).

3.6.1. ΧΗΜΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΛΑΙΟΥ ΑΠΟ ΤΕΣΣΕΡΙΣ ΠΟΙΚΙΛΙΕΣ ΑΒΟΚΑΝΤΟ ΑΠΟ ΤΟ ΜΑΡΟΚΟ

Σύμφωνα με αρκετές έρευνες βρέθηκε ότι η λιποπεριεκτικότητα της ποικιλίας του αβοκάντο «Reed» σε ελαϊκό οξύ κυμαινόταν περίπου στο 61 %. Εν αντιθέσει, η ποικιλία «Hass». μετά τη διεξαγωγή των πειραματικών ερευνών βρέθηκε ότι περιέχει λιγότερη ποσότητα ελαϊκού οξέος, η οποία κυμαίνονταν στο 54 %. Παρόλα αυτά με άλλες πειραματικές έρευνες που διεξήχθησαν, βρέθηκε ότι η περιεκτικότητα του ελαϊκού οξέος ήταν μεταξύ 65 και 80 % (Lozano et al., 1985). Η ποικιλία είναι ο καθοριστικότερος παράγοντας για την περιεκτικότητα του αβοκαντελαίου σε λινολεϊκό και παλμιτικό οξύ. Ωστόσο αξίζει να αναφερθεί ότι η σύσταση των λιπαρών οξέων του αβοκαντελαίου είναι σχετικά παρόμοια με την αντίστοιχη του ελαιολάδου και του φοινικελαίου (Gharby et al., 2013, 2014). Αξίζει να αναφερθεί ότι η

ποικιλία «Ettinger» εμφάνιζε την μεγαλύτερη συγκέντρωση σε ακόρεστα λιπαρά οξέα, που ανήλθε στο 84%. Η ποικιλία «Fuerte» περιείχε κατά κύριο λόγο 19,8 % λινολεϊκό οξύ και παλμιτικό 15,6 %, ενώ η περιεκτικότητα της σε ελαϊκό οξύ κυμαινόταν στο 57,5 % (Bora et al., 2001, Azizi & Najafzadesh 2008). Γενικότερα η τιμή 0,4 σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα-κορεσμένα λιπαρά οξέα που περιέχει το αβοκάντελαιο δρα αρκετά ευεργετικά για τον ανθρώπινο οργανισμό, καθώς δύναται να προλαμβάνει διάφορες καρδιαγγειακές ασθένειες (Wood et al., 2004). Για το αβοκάντελαιο η υπάρχουσα περιεκτικότητα σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα είναι πενταπλάσια από την αντίστοιχη με τα κορεσμένα, γεγονός που θεωρείται δεδομένο για το λάδι αβοκάντο που παρασκευάζεται στην Ελλάδα (Vekiarı et al., 2004).

3.6.2. ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΒΟΚΑΝΤΕΛΑΙΟΥ ΣΕ ΛΙΠΑΡΑ ΟΞΕΑ

Τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα βρίσκονται σε περιεκτικότητα στο αβοκάντελαιο από 37-86 %. Επίσης το ελαϊκό οξύ βρισκόταν και αυτό σε μεγάλη αναλογία (Nogueira-de Almeida et al., 2018). Ενώ το αβοκάντο της ποικιλίας «Ijo Panjang» που εκχυλίζεται με την μέθοδο Soxhlet χρησιμοποιώντας πετρελαϊκό αιθέρα περιείχε μικρότερη περιεκτικότητα ελαϊκού οξέος περίπου 21,7 % εν συγκρίσει με άλλες ποικιλίες. Ωστόσο η λιποπεριεκτικότητα του αβοκάντελαιου σε ελαϊκό οξύ εξαρτάται κατά κύριο λόγο από την ποικιλία του φρούτου που θα χρησιμοποιηθεί για την διαδικασία της εκχύλισης. Για παράδειγμα στις υπόλοιπες ποικιλίες όπως η «Ijo bundar» η περιεκτικότητά του σε ελαϊκό οξύ βρέθηκε κόνταστο 36 % ενώ στην ποικιλία «mehar bundar» κυμαινόταν στο 43,3 %. Επίσης παρατηρήθηκε μικρότερη περιεκτικότητα ελαϊκού οξέος και στο εμπορικό αβοκάντελαιο αφού το εξαιρετικό παρθένο αβοκάντελαιο περιείχε μόλις 19,7 % ελαϊκό οξύ ενώ το απροσδιόριστο αβοκάντελαιο 21 % (Green and Wang 2020). Η περιεκτικότητα σε ελαϊκό οξύ των ποικιλιών «Collinson» και «Fortuna» κυμαινόταν στο 51,4 % και ήταν μεγαλύτερες από την αντίστοιχη της ποικιλίας «Barker» το οποίο περιείχε μόλις 32,7 %. Να τονισθεί ότι στις εν λόγω ποικιλίες χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Soxhlet κατά την διαδικασία της εκχύλισης (Galvao et al., 2014). Επίσης παρατηρήθηκαν χαμηλότερα επίπεδα ελαϊκού οξέος περίπου 40,2 %, καθώς συγκρίθηκε το αβοκάντελαιο της ποικιλίας «Hass» στα διαφορετικά στάδια της ωρίμανσης του αβοκάντελαιου και χρησιμοποιώντας διαφορετικές ποικιλίες (Carvalho et al., 2015). Ωστόσο παρατηρήθηκε από άλλους ερευνητές μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ελαϊκό οξύ 75 % σε αβοκάντελαιο που εξήχθη από την ίδια ποικιλία (Schwartz et al., 2007). Επιπλέον έχουν παρατηρηθεί διαφορές στην περιεκτικότητα σε ελαϊκό οξύ εν συγκρίσει με το αβοκάντελαιο από διαφορετικές ποικιλίες, χρησιμοποιώντας την ίδια μέθοδο εκχύλισης. Με την διαδικασία της εκχύλισης χρησιμοποιώντας την μέθοδο Soxhlet παρατηρήθηκε ίδιο ποσοστό ελαϊκού οξέος από την ποικιλία «Hass» 57-59 %. (Meyer and Terry 2008; Reddy et al, 2012). Το αβοκάντελαιο της ποικιλίας «Fuerte» η περιεκτικότητά του σε ελαϊκό οξύ κυμαινόταν περίπου στο 41 % (Reddy et al., 2012; Tan et al., 2017, 2018a) όπως και η ποικιλία «Philippine 240» περιείχε μικρότερη περιεκτικότητα σε ελαϊκό οξύ από την ποικιλία «Hass» (Gatbonton et al., 2013). Επίσης το αβοκάντελαιο που προέρχεται από την ποικιλία «Hass» περιείχε μεγαλύτερη περιεκτικότητα παλμιτικού οξέος από τις υπόλοιπες ποικιλίες. Ωστόσο υπήρχαν περισσότερα κορεσμένα λιπαρά οξέα στα αβοκάντελαια των ποικιλιών «Fuerte» (24 %), «Philippine 240» (27 %) και στην ποικιλία «Ijo Panjang» (36 %) από ότι στην ποικιλία «Hass» όπου περιείχε μόλις 18% κορεσμένα λιπαρά οξέα (Gatbonton et al., 2013; Manaf et al., 2018; Reddy et al., 2012; Tan et al., 2017, 2018a). Τα πολυακόρεστα και τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα δεν μπορούσαν να προσδιοριστούν με ακρίβεια λόγω του ότι τα μεμονωμένα λιπαρά οξέα είχαν την τάση να αυξάνονται σταδιακά στα διάφορα στάδια ωρίμανσης του φρούτου. Εν τούτοις ανάλογα με την διαφορετική ποικιλία του φρούτου είχαν την τάση να μειώνονται τα μεμονωμένα λιπαρά οξέα κατά τα προχωρημένα στάδια της ωρίμανσης του φρούτου (Ozdemir & Topuz 2004; Villa-Rodriguez et al., 2011).

Κατά την περίοδο συγκομιδής του φρούτου η περιεκτικότητα του σε στεατικό και παλμιτικό οξύ μειώνεται ενώ όταν το αβοκάντο συλλέγεται σε μεταγενέστερο χρόνο τότε η περιεκτικότητα του σε ελαϊκό οξύ αρχίζει να αυξάνεται (Ozdemir and Toruz 2004). Η σύσταση των τριγλυκεριδίων, κατά την αποθήκευση και ωρίμανση του φρούτου είναι άμεσα συνδεδεμένη με τις αλλοιώσεις και τις μεταβολές που λαμβάνουν χώρα μετά το στάδιο της μετασυλλεκτικής περιόδου. Αυτές αποδίδονται στο γεγονός ότι αυξάνονται κυρίως τα λιπίδια κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης του φρούτου καταλήγοντας στη διάρρηξη του κυτταρικού τοιχώματος (Meyer & Terry 2008; Mostert et al., 2007).

Ένας από τους κυριότερους παράγοντες που επηρεάζουν την λιποπεριεκτικότητα σε λιποδιαλυτές βιοδραστικές ενώσεις είναι η ποικιλία του φρούτου που χρησιμοποιείται για την παραγωγή του αβοκαντελαίου. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την περιεκτικότητα του αβοκάντο σε λιπαρά οξέα είναι οι εξής: 1) Οι διαφορετικές ποικιλίες του φρούτου 2) οι μέθοδοι εκχυλίσεως του φρούτου με χρήση οργανικού διαλύτη π.χ με χρήση εξάνιου ή με την μέθοδο της ξηράνσεως που ευνοεί την περιεκτικότητα σε ελαϊκό οξύ καθώς οφείλεται στην μείωση των κορεσμένων λιπαρών οξέων (SFA). Το αβοκαντέλαιο είναι πλουσιότερο σε ελαϊκό οξύ όταν εκχυλίζεται με την μέθοδο της συμπίεσης εν συγκρίση με την μέθοδο της εκχύλισης με χρήση οργανικού διαλύτη, παρότι έχει αποδειχθεί ότι η μέθοδος της συμπίεσης παράγει λιγότερο λάδι. Έτσι τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα με την χρήση της μεθόδου της συμπίεσης υποβαθμίζονται λιγότερο.

3.6.3. ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΛΙΠΑΡΩΝ ΟΞΕΩΝ ΚΑΤΑ ΤΟ ΣΤΑΔΙΟ ΤΗΣ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΩΝ ΠΟΙΚΙΛΙΩΝ ΑΒΟΚΑΝΤΟ «FUERTE» και «HASS»

Από όλα τα λιπαρά οξέα του ελαίου αβοκάντο άλλα είναι πολυακόρεστα (λινολενικό και λινελαϊκό), άλλα κορεσμένα (στεατικό και παλμιτικό), ενώ τέλος το παλμιτελαϊκό και το ελαϊκό οξύ ανήκουν στα μονοακόρεστα. Όσο συνεχίζεται η ωρίμανση και η ανάπτυξη του φρούτου, τόσο σημαντικά αυξάνεται η περιεκτικότητα του σε τριγλυκερίδια. Συγκρίνοντας δύο γνωστές ποικιλίες αβοκάντο («Fuerte» και «Hass») παρατηρήθηκε ότι το ελαϊκό οξύ αυξανόταν κατά την διάρκεια της ωρίμανσης του φρούτου. Εν αντιθέσει το λινελαϊκό οξύ μειώθηκε μετά την πάροδο 120 ημερών (από 60 % σε 12 %). Όσον αφορά το λινολενικό οξύ, αυτό ελαττώθηκε από 15 % σε <2 % στο τέλος της ωρίμανσης. Τα υπόλοιπα λιπαρά οξέα δεν μεταβάλλονταν σημαντικά (παλμιτελαϊκό, στεατικό κ.α.) (Eaks 1990). Δύο επιστήμονες κατέγραψαν τις αλλαγές στη σύσταση των λιπαρών οξέων κατά τη φάση της ωρίμανσης σε μια συγκεκριμένη ποικιλία αβοκάντο («Fuerte»). Συμπέραναν ότι το ελαϊκό οξύ αυξήθηκε από 37 % σε 50 % , ενώ το παλμιτικό παρέμεινε ως έχει (22 %). Η τιμή του παλμιτελαϊκού οξέος δεν μεταβλήθηκε σε ποσοστό 10 % των ολικών λιπιδίων, ενώ τέλος το λινολενικό και το λινελαϊκό μειώθηκαν από 0,3 % σε 0,1 % και από 14 % σε 11 %. Σε περίπτωση αύξησης της περιόδου δειγματοληψίας, τα παραπάνω αποτελέσματα δεν θα ισχύουν. Εξήχθει το συμπέρασμα ότι μετά από παράταση του χρόνου συγκομιδής του φρούτου, παρατηρήθηκε αύξηση και μετά μείωση των επιπέδων του ελαϊκού οξέος. Όμως το το λινολεϊκό και παλμιτικό οξύ ακολουθούν αντίθετη πορεία.

Πίνακας III. Περιεκτικότητα της ποικιλίας Fuerte σε φωσφολιπίδια και ακυλολιπίδια

Κατηγορίες	Ποσοστό % στο έλαιο
Ελεύθερα Λιπαρά Οξέα	0,10
Τριγλυκερίδια	19,96
Διγλυκερίδια	1,29
Μονογλυκερίδια	0,78
Φωσφολιπίδια	0,39
Άλλες ουσίες (Εξαγωγή με μίγμα Χλωροφορμίου- Μεθανόλης σε αναλογία 2:1)	0,28
Ολικά Λιπαρά Οξέα	22,8

Πηγή: Kikuta & Erickson 1968

3.7. ΤΟΚΟΦΕΡΟΛΕΣ

Ως τοκοφερόλες χαρακτηρίζεται μια ομάδα λιποδιαλυτών χημικών ενώσεων που παρουσιάζουν έντονη αντιοξειδωτική δράση κυρίως στο αβοκαντέλαιο. Η έντονη αντιοξειδωτική δράση των λιποδιαλυτών χημικών ενώσεων οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι δίνουν το φαινολικό τους υδρογόνο στις ελεύθερες ρίζες των λιπιδίων, έχοντας σαν αποτέλεσμα την καθυστέρηση των αντιδράσεων διάδοσης (Burton & Ingold 1981; Seppanel et al., 2010).

Το αβοκαντέλαιο έχει υψηλή περιεκτικότητα σε τοκοφερόλες περίπου 0,034-256 μg/g ελαίου. Οι τοκοφερόλες έχουν θετικές επιπτώσεις για τον οργανισμό, καθώς συσχετίζονται με την μείωση της καρδιαγγειακής νόσου. Κατά την βιομηχανική επεξεργασία του φρούτου παρατηρείται μείωση της βιταμίνης Ε. Συνεπώς η α-τοκοφερόλη μπορεί να οξειδωθεί κατά την βιομηχανική επεξεργασία. Αυτό το φαινόμενο όμως δεν παρατηρείται τόσο εύκολα σε εξευγενισμένα και παρθένα έλαια. Ένα αβοκαντέλαιο έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε τοκοφερόλες αν αυτό εκχυλιστεί στους 60 °C. Ωστόσο παρατηρείται μικρότερη περιεκτικότητα σε τοκοφερόλες, καθώς εκχυλίζεται χωρίς την εφαρμογή της θερμοκρασίας. Αντίστοιχα με τις χλωροφύλλες και με τα καροτενοειδή η τεχνική της ψυχρής εκθλίψεως επιτρέπει την ευκολότερη παραλαβή των τοκοφερολών σε αντιδιαστολή με την χρήση των οργανικών διαλυτών (Krumreich et al., 2018). Έτσι η εκχύλιση με χρήση του υπερκρίσιμο διοξειδίου του άνθρακα (SFE-CO₂) εξήγαγε ένα αβοκαντέλαιο το οποίο ήταν πλούσιο σε τοκοφερόλες (Tan et al., 2018b).

Ένας καθοριστικός παράγοντας που σχετίζεται με την συγκέντρωση σε τοκοφερόλες είναι η ποικιλία του φρούτου (Manaf et al., 2020). Έχει βρεθεί μέσω μελετών ότι οι ποικιλίες που προέρχονται από την Ινδονησία έχουν αισθητά μεγαλύτερη περιεκτικότητα τοκοφερολών από τις αντίστοιχες του εμπορίου. Από την άλλη μεριά παραμένει αδιευκρίνιστη η σχέση μεταξύ ωρίμανσης και ποσότητας των τοκοφερολών. Μια ομάδα επιστημόνων παρατήρησε ότι οι τοκοφερόλες αρχικά αυξάνονταν και μετά προοδευτικά ελαττώνονταν (Villa-Rodriguez et al., 2020). Όσον αφορά την αύξηση της περιεκτικότητας σε τοκοφερόλες παρατηρήθηκε πως η αύξηση της οφειλόταν σε έλαιο από ελαφρώς μαλακά φρούτα εν συγκρίση με τα αντίστοιχα αβοκαντέλαια που εκχυλίστηκαν από λιγότερο ώριμα φρούτα. Το ποσοστό των τοκοφερολών είχε την τάση να μειωνόταν κατά το μαλάκωμα του φρούτου Όμως όπως είναι φυσικό, η περιεκτικότητά τους βαθμιαία μειώνεται όσο μαλακώνουν οι ιστοί. Κρίνοντας τα παραπάνω αποτελέσματα ανακαλύπτει κανείς ότι στη μέση του σταδίου της ωρίμανσης υπάρχουν τα ύψιστα ποσά τοκοφερολών και άρα επιτυγχάνονται καλύτερες ευεργετικές επιδράσεις για τον ανθρώπινο οργανισμό. Βέβαια οι εκάστοτε ποικιλίες, η φάση της ωρίμανσης, οι

βιολειτουργικές ουσίες λιποδιαλυτής φάσης και οι τεχνικές παραλαβής του ελαίου καθορίζουν και αυτές ως ένα βαθμό την αναλογία σε τοκοφερόλες (Pedreschi et al., 2014).

3.7.1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΤΟΚΟΦΕΡΟΛΩΝ ΣΤΟ ΑΒΟΚΑΝΤΕΛΑΙΟ ΜΕ ΥΓΡΗ ΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ (HPLC)

Η τοκοφερόλη μπορεί να προσδιοριστεί ποιοτικά και ποσοτικά σε δείγματα ελαίων με την χρήση Υγρής Χρωματογραφίας Υψηλής Πίεσης (HPLC). Η ανάλυση του κλάσματος της τοκοφερόλης με την τεχνική αυτή δείχνει κατά πόσο μπορεί να μεταβληθεί το κλάσμα της τοκοφερόλης από την μια ποικιλία στην άλλη. Η ποικιλία «Fuerte» παρουσιάζει τα υψηλότερα επίπεδα ολικών τοκοφερολών (332,17 mg/kg), ενώ ακολουθεί η ποικιλία «Hass», της οποίας η τιμή σε ολικές τοκοφερόλες αγγίζει τα 252,92 mg/kg. Εν αντιθέσει η περιεκτικότητα σε ολικές τοκοφερόλες είναι χαμηλότερη στις ποικιλίες «Ettinger» (113,13 mg/kg) και στην ποικιλία «Reed» (186,14 mg/kg). Η περιεκτικότητα του αβοκαντελαίου σε τοκοφερόλες εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

1. Από την περίοδο συγκομιδής του αβοκάντο
2. Από την χώρα προέλευσης του φρούτου (Flores et al., 2019).

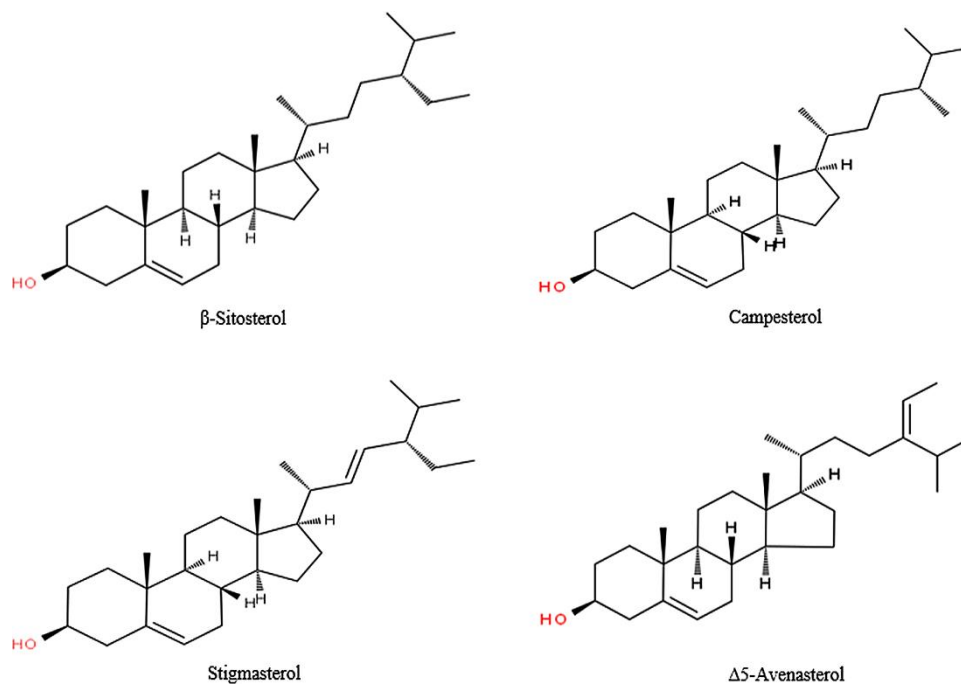
Το αβοκαντέλαιο, εν συγκρίσει με το ελαιόλαδο, περιέχει μικρότερες ποσότητες τοκοφερολών, καθώς το ελαιόλαδο περιέχει 450 mg/kg ελαίου (Boskau 2006; Gharby et al., 2013).

3.8. ΜΗ ΣΑΠΩΝΟΠΟΙΗΣΙΜΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του αβοκάντο είναι η υψηλή περιεκτικότητα σε ασοπωνοποιήτων συστατικά (1-4 %) σε σύγκριση με τα ασαπωνοποιήτα συστατικά των συνηθισμένων βρωσίμων ελαίων (Turatti and Canto 1985). Ορισμένοι επιστήμονες παρατήρησαν ότι τα ώριμα φρούτα των τεσσάρων ποικιλιών του αβοκαντελαίου περιέχουν υψηλότερο ποσοστό μη σαπωνοποιήσιμων συστατικών (15-40 %) εν σύγκρισή με τα ώριμα φρούτα τα οποία περιέχουν μικρότερο ποσοστό μη σαπωνοποιήσιμων συστατικών (4-7 %). Επίσης το αβοκαντέλαιο περιέχει υψηλότερο ποσοστό στερολών στους μη ώριμους καρπούς του φρούτου (1,1-6,2 %) από ότι στους ώριμους καρπούς (0,8-2,0 %). (Lozano et al., 1993).

3.9. ΣΤΕΡΟΛΕΣ

Το κύριο συστατικό των στερολών είναι η β-σιτοστερόλη, η οποία είναι μία φυτική στερόλη και βρίσκεται σε όλα τα τρόφιμα φυτικής προελεύσεως ενώ περιλαμβάνει το 80 % των στερολών. Υπάρχουν όμως και άλλοι σημαντικοί τύποι στερολών όπως είναι η χοληστερόλη, η καμπιστερόλη και η στιγμαστερόλη. Το αβοκάντο είναι αρκετά πλούσιο σε β-σιτοστερόλη. Υπάρχουν πολλές μελέτες που αποδεικνύουν ότι η β-σιτοστερόλη είναι υπεύθυνη για την διατήρηση της υψηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνης (HDL) στο έντερο όπως και επίσης έχει την ικανότητα να μην απορροφά την υψηλή πυκνότητας λιποπρωτεΐνης (LDL), ενώ επιδρά και στην μείωση της ολικής χοληστερόλης (Arpaia et al., 2006).



Σχήμα 6. Οι φυτοστερόλες του παρθένου αβοκαντέλαιου

Πηγή: Tan 2019

3.10. ΦΩΣΦΟΛΙΠΙΔΙΑ

Τα φωσφολιπίδια είναι οργανικές ενώσεις και αποτελούν μια από τις σημαντικότερες κατηγορίες των λιπιδίων. Σχηματίζονται από την γλυκερόλη (αλκοόλη) σε συνδυασμό με τα λιπαρά οξέα και με έναν φωσφορικό εστέρα. Τα περισσότερα φωσφολιπίδια απομακρύνονται από το αβοκαντέλαιο κατά την διαδικασία εξευγενισμού του ελαίου. Επίσης τα φωσφολιπίδια διατίθενται στην αγορά ως λεκιθίνη, ενώ στις βιομηχανίες τροφίμων χρησιμοποιούνται συχνά σαν πηγή των φυσικών γαλακτοματοποιητών (Chairman et al., 2006).

3.11. ΑΚΥΛΟΛΙΠΙΔΙΑ

Στη σάρκα του φρούτου απαντώνται τα δι-, μονο- και τρι- ακυλογλυκερίδια (Gaydou et al., 1987, Kaiser et al., 1992). Όμως από τις τρεις αυτές κατηγορίες ενώσεων τα τριακυλογλυκερίδια βρίσκονται σε μεγαλύτερη αναλογία απ' ό,τι οι άλλες δυο ενώσεις (88 %) (Kikuta & Erickson 1968). Αντιθέτως τα σουλφολιπίδια, τα γαλακτολιπίδια και τα γλυκολιπίδια βρίσκονται σε μικρότερη περιεκτικότητα στο αβοκάντο.

3.12. ΠΤΗΤΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ

Η ποιότητα και το άρωμα του παρθένου ελαίου αβοκάντο εξαρτώνται από τον πτητικό τους χαρακτήρα. Οι τεχνικές της ταυτόχρονης εκχύλισης με διύλιση (SDE), της μικροεκχύλισης στερεάς φάσης (SPME), της δυναμικής υπερκείμενης φάσης (DHS) καθώς και της σταθερής υπερκείμενης φάσης (SHS) είναι πιθανώς οι μόνες υπάρχουσες μέθοδοι για να παραληφθούν τα πτητικά συστατικά από τα λάδια φυτικής προέλευσης. Ακολουθώς λαμβάνει χώρα η αέρια χρωματογραφία-φασματοφωτομετρία μαζών (GC-MS) ή αέρια χρωματογραφία με ανιχνευτή ιοντισμού φλόγας (GC-FID) προς ποσοτικοποίηση και ανίχνευση των πτητικών συστατικών.

Η ποσότητα των πτητικών ουσιών που περιέχονται στο αβοκαντέλαιο, επηρεάζεται:

1) από τις διάφορες συνθήκες εξαγωγής του ελαίου (χρόνος, θερμοκρασία και επιλογή του κατάλληλου διαλύτη)

- 2) από τις εκάστοτε συνθήκες που χρησιμοποιούνται για την ανάλυση των πτητικών ενώσεων
- 3) από τις αναλυτικές τεχνικές και
- 4) από τις διαφορετικές ποικιλίες του φρούτου.

Μια ομάδα επιστημόνων ταυτοποίησε 9 πτητικές ενώσεις με χρήση των παραπάνω μεθόδων σε δείγμα παρθένου αβοκαντελαίου που παράχθηκε με ψυχρή έκθλιψη (Haiyan et al., 2007). Παράλληλα μια άλλη ομάδα ερευνητών ανακάλυψε 15 και 14 πτητικές ενώσεις αντίστοιχα, σε παρθένο λάδι αβοκάντο που προήλθε από την τεχνική της υδατικής εκχύλισης με χρήση υπερήχων και με εφαρμογή υπερκρίσιμου διοξειδίου του άνθρακα (Tan et.al., 2018a).

3.13. ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΑΒΟΚΑΝΤΕΛΑΙΟΥ

Η παρουσία της ηλιακής ακτινοβολίας περιέχει ισχυρή επίδραση στην οξειδωτική δράση του αβοκαντελαίου (Rahmani & Csallany 1998). Το αβοκαντέλαιο περιέχει σε σημαντικές ποσότητες καροτενοειδή και τοκοφερόλες οι οποίες δρουν ανασταλτικά έναντι της οξείδωσης. Ακόμα περιέχει και υψηλή περιεκτικότητα χλωροφυλλών. Οι χλωροφύλλες διεγείρονται από την ηλιακή ακτινοβολία και αντιδρούν μαζί με τα λιπίδια σχηματίζοντας κάποια ενδιάμεσα προϊόντα οξείδωσης. Ο σχηματισμός των ελεύθερων ριζών οφείλεται κυρίως στην αντίδραση της χλωροφύλλης και των λιπιδίων τα οποία σχηματίζουν κάποια ενδιάμεσα προϊόντα οξείδωσης. Αυτή η διαδικασία οδηγεί στην διάσπαση των χρωστικών ουσιών της χλωροφύλλης στο αβοκαντέλαιο (Hamilton 1994). Η αυτοοξείδωση και η φωτοοξείδωση συμβάλλουν στην μικρή αύξηση του οξυγόνου. Υπό την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας το αβοκαντέλαιο μπορεί να φωτοοξειδωθεί ενώ σε αρκετά υψηλές θερμοκρασίες υφίστανται αυτοοξείδωση. Οι επιστήμονες διαπίστωσαν ότι δεν υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ θερμοκρασίας και φωτός καθώς δρουν ανεξάρτητα (Rawls and Vansante 1970).

3.14. ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΑΒΟΚΑΝΤΕΛΑΙΟΥ

Το έλαιο αβοκάντο χρησιμοποιούνταν μέχρι σήμερα για να δημιουργηθούν "οργανωμένα" λιπίδια με τη βοήθεια ενζύμων (λιπάσες). Αυτό γινόταν με σκοπό την μεταβολή της θέσης των λιπαρών οξέων στο μόριο της γλυκερόλης με σκοπό την παραγωγή ενός ελαίου υψηλής διατροφικής αξίας (Caballero et al., 2014; Nkosi et al., 2020). Αξίζει να σημειωθεί ότι το έλαιο αβοκάντο αποτελεί ένα πολύ σημαντικό συστατικό των φωσφολιπιδίων για τη δημιουργία γαλακτωμάτων και φυσικών τασιενεργών ουσιών, εξαιτίας των διεπιφανειακών του δράσεων (Züge et.al., 2017). Μέσω αυτής της δραστηριότητας αυξάνεται αισθητά η βιοδιαθεσιμότητα του αβοκαντελαίου και η γευστικότητά του (Wang et al., 2018). Μια ομάδα έμπειρων ερευνητών δημιούργησε γαλακτώματα τύπου λάδι/νερό με τη βοήθεια 10 % ελαίου αβοκάντο και εξήγαγε τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Αυξήθηκε η βιοδιαθεσιμότητα των βιολειτουργικών συστατικών που είναι σε λιπιδική μορφή.
- Παρατηρήθηκε μεγαλύτερη χημική και φυσική σταθερότητα.
- Υπήρχε καλύτερη διάλυση του νερού στο λάδι (Arancibia et al., 2017).

Κάποιοι άλλοι επιστήμονες έφτιαξαν γαλακτώματα μέσω μικροϊνών από εσπεριδοειδή, έλαιο αβοκάντο και ταννικό οξύ (Wang et al., 2018). Αυτού του είδους τα συστήματα μπορούν να συντηρούνται για μεγάλο χρονικό διάστημα, αφού περιέχουν ελάχιστες ποσότητες εξανάλης και λιπιδικών υδροϋπεροξειδίων μετά από την χρήση βελτιωμένης θερμικά αποθήκευσης (Guillen-Sanchez & Paucar-Menchado 2020). Πανομοιότυπα, ένας άλλος μελετητής εξέτασε την σταθερότητα και τις ρεολογικές δραστηριότητες σε γαλακτώματα τριπλών φάσεων

(νερό/λάδι/νερό) που είχαν ως συστατικό τους το αβοκαντέλαιο. Συμπέρανε ότι το έλαιο αβοκάντο θα μπορούσε άνετα να χρησιμοποιηθεί ως τρόφιμο, γιατί είναι ένα χρήσιμο μέσο στην παρασκευή πολλών γαλακτωμάτων. Πέραν αυτού χρησιμοποιείται και σαν οργανική φάση στην διεπιφάνεια μεταξύ δύο διαλυμάτων που δεν μπορούν να έλθουν σε επαφή. Αυτή η ουσία εμφανίζει τέτοιο ιξώδες, που επιτρέπει την μεταφορά των ιόντων στη διεπιφάνεια νερού/νερού (Chen et al., 2020). Εκτός από τις κοσμετολογικές και φαρμακευτικές του χρήσεις, το αβοκαντέλαιο χρησιμοποιείται επιτυχώς και σε άλλες σημαντικές εφαρμογές όπως στην προστασία του περιβάλλοντος καθώς επίσης και στην ναυτεχνολογία. Είναι ένας χρήσιμος παράγοντας στην αποσύνθεση των βιοπολυμερών, μιας και αποτελεί σημαντική τροφή άνθρακα για ένα είδος βακτηρίου στην σύνθεση των πολυϋδροξυαλκανοειδών (Flores-Sanchez et al., 2017). Ένας άλλος επιστήμονας σκέφτηκε μέσω του ελαίου αβοκάντο να παράξει μικροσωματίδια χρυσού παρουσία ηλιακού φωτός. Παρατήρησε ότι τα μικροσωματίδια ενώνονταν με τα καρβοξυλικά οξέα του αβοκαντελαίου και ανακαλύφθηκε ότι εμφάνιζαν εντονότερη αντιοξειδωτική δράση απ'ότι το αβοκαντέλαιο (Kumar et al., 2018). Εκτός αυτού το αβοκαντέλαιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή διαφόρων μικροσωματιδίων χαλκού προς αξιολόγηση της ικανότητας σχηματισμού υμένα (Shafi et al., 2018). Παρ'ολο που το αβοκαντέλαιο έχει αρκετές εφαρμογές σε πολλούς τομείς, οι τελευταίες ανακαλύψεις που είχαν γίνει έφεραν στο φως και άλλες σημαντικές ιδιότητες του αβοκαντελαίου σε διάφορα επίπεδα (Nkosi et al., 2020; Sotelo-Mazon et al., 2020; Szlapak-Franco et al., 2020).

3.14.1. ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΑΒΟΚΑΝΤΕΛΑΙΟΥ ΩΣ ΒΙΟΚΑΥΣΙΜΟ

Όλα τα φυτικά έλαια έχουν την ιδιότητα να μετατρέπονται σε βιοκαύσιμα. Τα λάδια που προέρχονται από τις παρακάτω πρώτες ύλες μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην παραγωγή βιοκαυσίμων: πολτός αβοκάντο, σπόρος ηλιανθου, σπόρος φυσιτικού, πολτός φοίνικα κ.τ.λ. (GOES 2006). Η απόδοση σε αβοκαντέλαιο είναι πολύ υψηλότερη από άλλα προϊόντα, όπως το φιστίκι ή η σόγια. Το κόστος παραγωγής του ελαίου αβοκάντο βρίσκεται σε μια μέση κατάσταση μεταξύ του φυσιτικού και της σόγιας. Τα υπόλοιπα λαχανικά έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε λιπαρά συστατικά. Μια ομάδα επιστημόνων εξέτασε και ανακάλυψε την σπουδαιότητα του ελαίου αβοκάντο όσον αφορά την παραγωγή των βιοκαυσίμων. Αυτή έγκειται σε δύο κύριους λόγους:

1. Μπορεί κανείς μέσω του πολτού να απομονώσει το λάδι.
2. Είναι έφικτη η παραλαβή αιθανόλης από τον σπόρο του αβοκάντο (Arima et al., 1985)

Αφού λοιπόν μελετήθηκαν όλες οι τεχνικές για την εκχύλιση του ελαίου εξήχθη το συμπέρασμα ότι η καλύτερη ήταν η ξήρανση. Αρχικά χρησιμοποιήθηκε ένας περιστροφικός φούρνος που παρείχε θερμό αέρα. Αφότου ολοκληρώθηκε η διαδικασία της ξήρανσης, έγινε άλεση της πούλπας και κατόπιν μεταφέρθηκε στην πρέσα, προς πραγματοποίηση της διασποράς του διαλύτη. Στο τέλος αυτού του σταδίου εφαρμόζεται η διαδικασία της φυγοκέντρισης. Μέσω αυτής της τεχνικής παρέχονται δύο σημαντικά πλεονεκτήματα:

1. Μεγαλύτερη απόδοση σε λάδι
2. Καλύτερη ξήρανση του πολτού

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το αβοκάντο αποβάλλει μεγάλα ενεργειακά ποσά κατά την ξήρανση. Από την άλλη μεριά όμως η χρησιμοποίηση και η αποδοτικότητα του ελαίου και της αιθανόλης στο ίδιο δείγμα αντισταθμίζει τα παραπάνω έξοδα. (Menezes 2009).

3.15. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΟΙΚΙΛΙΑ ΤΟΥ ΚΑΡΠΟΥ

Το αβοκάντο ευδοκίμει σε υποτροπικά και θερμά κλίματα. Ωστόσο η χώρα προέλευσής του αλλά και οι κλιματολογικές συνθήκες επηρεάζουν άμεσα το καρπό του αλλά και την ποιότητα του αβοκαντελαίου. Η πιο δημοφιλής ποικιλία του αβοκάντο, που ονομάζεται «Hass», καλλιεργείται κυρίως στις Η.Π.Α, στο Μεξικό, στην Αυστραλία, στην Νέα Ζηλανδία. Η χημική σύσταση σε λιπαρά οξέα της ποικιλίας «Hass» ήταν οι εξής: 62 % λιπίδια εκ των οποίων το παλμιτικό οξύ κυμαίνονταν από 20-25 % το ελαϊκό οξύ από 42-51 %. Ωστόσο το αβοκαντέλαιο που προήλθε από την Νέα Ζηλανδία περιείχε μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ακόρεστες ενώσεις και σε χρωστικές ουσίες από ότι τα υπόλοιπα αβοκαντέλαια της ποικιλίας «Hass» που καλλιεργήθηκαν κατά κύριο λόγο από την Αμερική ή την Αυστραλία (Tan et.al. 2017). Στην Αμερική διεξήχθησαν σχετικές μελέτες προκειμένου να πραγματοποιηθούν χημικές αναλύσεις στο αβοκαντέλαιο. Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων για την σύσταση του αβοκαντελαίου ήταν τα εξής: Το αβοκαντέλαιο περιείχε μικρότερη ποσότητα σε κορεσμένα οξέα (14 %) καθώς και πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (16,6 %) ενώ αντίστοιχα περιείχε σχετικά μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα περίπου 69 %. Οι έρευνες αυτές έδειξαν ότι το ελαιόλαδο περιέχει μεγαλύτερη συγκέντρωση σε πολυφαινολικές ενώσεις από ότι στο αβοκαντέλαιο και η θερμική σταθερότητα του αβοκαντελαίου ήταν στους 176 °C. Εν τούτοις το αβοκαντέλαιο παρουσιάζει την ίδια αντιοξειδωτική δράση με αυτήν του ελαιόλαδου (Forero-Doria et al., 2017).

3.16. ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΤΟΥ ΑΒΟΚΑΝΤΕΛΑΙΟΥ ΜΕ ΆΛΛΑ ΕΛΑΙΑ

Οι ερευνητές συνέκριναν 80 είδη φυτικών ελαίων καθώς και αβοκαντελαίου με το ελαιόλαδο, έλαιο μακαντάμια κα φουντουκέλαιο όπου διαπιστώθηκε ότι έχουν την ίδια περιεκτικότητα σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα (>60 %). Το αβοκαντέλαιο περιείχε μεγαλύτερο ποσοστό λιπαρών οξέων (16,4 %) ενώ η περιεκτικότητά του σε παλμιτικό οξύ ανήλθε στο 15,7 % σε σύγκριση με αυτό του ελαιολάδου. Ωστόσο περιείχε και μικρότερη περιεκτικότητα σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα (67,8 %) με επικράτηση της περιεκτικότητας του ελαϊκού οξέος (60,3 %). Η λιποπεριεκτικότητά του σε λινολεϊκό οξύ ανήλθε στο (13,7 %), ενώ περιείχε μεγαλύτερη αναλογία πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (15,2 %) από ότι το ελαιόλαδο (Dubois et al., 2017). Το αβοκαντέλαιο ήταν πλουσιότερο σε ω-6 και ω-3 λιπαρά οξέα από ότι το ελαιόλαδο όπως επίσης ήταν πλουσιότερο και σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFA). Επίσης οι φυτοστερόλες ήταν σε μεγαλύτερη αναλογία εν συγκρίσει με αυτήν του ελαιόλαδου. Στο αβοκαντέλαιο βρέθηκε σε μεγαλύτερη αναλογία πρώτα η σιτοστανόλη, μετέπειτα η κυκλοαρτενόλη, η κυκλοευκαλενόλη και τελευταία η D7-αβεναστερόλη. Το αβοκαντέλαιο ήταν πλουσιότερο σε στερόλες, οι 4-διμεθυλο-στερόλες άγγιζαν το 80 % σε περιεκτικότητα των συνολικών στερολών από τις αντίστοιχες του ελαιολάδου. Η θερμική σταθερότητα του ελαιολάδου είναι σχεδόν ίδια με αυτήν του αβοκαντελαίου λόγω του ότι το αβοκαντέλαιο περιέχει μικρότερη περιεκτικότητα βιταμίνης E (Berasategi et al., 2012).

3.17. ΠΑΡΑΓΩΜΕΝΟ ΕΛΑΙΟ ΑΠΟ ΣΠΟΡΟΥΣ ΑΒΟΚΑΝΤΟ

Οι σπόροι μιας γνωστής ποικιλίας αβοκάντο με την ονομασία «Lorena» περιέχει ασαπωνοποίητα συστατικά 77 % και 8,5 % ελαίου (Barrera-Lopez & Arrubla-Velez 2017). Επίσης η εν λόγω ποικιλία του αβοκαντελαίου περιείχε μεγάλη περιεκτικότητα φυτοστερολών όπως η στιγμαστερόλη, η 5α-χολιστάνη και η εργοστερόλη. Ακόμα περιείχε σημαντικές ποσότητες πολυφαινολών. Αυτές οι ουσίες είναι αρκετά σημαντικές διότι παρουσιάζουν έντονη αντιοξειδωτική δράση. Η εκχύλιση του ελαίου με χρήση υπερήχων καθώς και η

απότομη αύξηση της θερμοκρασίας έχουν σαν αποτέλεσμα την αύξηση της αντιοξειδωτικής δραστηριότητας και των πολυφαινολών (Segovia et al., 2016). Κατά την διαδικασία της εκχύλισης με τη μέθοδο Soxhlet σε σπόρους του αβοκάντο παρατηρήθηκε ότι η συγκέντρωση των λιπαρών οξέων ήταν μεγάλη. Συγκεκριμένα με την διενέργεια της φυτοχημικής ανάλυσης του αβοκαντελαίου βρέθηκε ότι η ποικιλία αβοκάντο με την ονομασία «Hass» περιείχε 12,17 % λινολενικό οξύ και 48,77 % λινολεϊκό οξύ. Για την ανίχνευση των αντιοξειδωτικών ουσιών πραγματοποιήθηκε η μέθοδος DPPH. Επιπροσθέτως, στην συγκεκριμένη ποικιλία του φρούτου προσδιορίστηκε η αντιοξειδωτική ισχύς του αβοκαντελαίου και ανακαλύφθηκε ότι το μη σαπωνοποιήσιμο κλάσμα ήταν ποσοτικά μικρότερο από το σαπωνοποιημένο κλάσμα. Ο λόγος στον οποίο οφείλεται αυτή η παρατήρηση είναι ότι το σαπωνοποιήσιμο κλάσμα αποτελείται από στεροειδή και πολυφαινόλες. Οι τιμές των ποιοτικών παραμέτρων του αβοκαντελαίου όπως ο αριθμός ιωδίου, τα υπεροξειδία και οι δείκτες του ειδικού βάρους κυμαινότουσαν στα ίδια επίπεδα με αυτές του έξτρα παρθένου ελαιολάδου (Rengifo et al., 2015).

Στο αβοκαντέλαιο της ποικιλίας «Fuerte» που ευδοκιμεί στην Βραζιλία παρατηρήθηκε μεγάλη διαφορά στην περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα μεταξύ του σπόρου και του πολτού του ελαίου. Επίσης, ορισμένοι ποιοτικοί δείκτες όπως είναι ο αριθμός οξύτητας, ο αριθμός ιωδίου και το σαπωνοποιήσιμο κλάσμα βρίσκονταν σε μεγαλύτερη αναλογία στο σπορέλαιο από ότι στον πολτό. Ωστόσο άλλες παράμετροι όπως ο δείκτης υπεροξιδίων, ο δείκτης διάθλασης και το βάρος ήταν παρόμοιοι μεταξύ του σπορέλαιου και του πολτού του ελαίου. Μετά από ανάλυση των λιπαρών οξέων με αέρια χρωματογραφία παρατηρήθηκε μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε λιπαρά οξέα στο σπορέλαιο από ότι στο έλαιο του πολτού. Ωστόσο το έλαιο του πολτού περιείχε μεγαλύτερη περιεκτικότητα μονοακόρεστων λιπαρών οξέων εν συγκρίσει με το σπορέλαιο. Ενώ το σπορέλαιο συγκριτικά με το πολτό του ελαίου ήταν πλουσιότερο σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα. (Bora et al., 2001)

3.18. ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΑΒΟΚΑΝΤΕΛΑΙΟΥ

Μαζί με τις κοσμετολογικές και φαρμακευτικές του χρήσεις, κερδίζουν ένα μεγάλο κομμάτι του καταναλωτικού κοινού κυρίως τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του ελαίου αβοκάντο. Αυτή η στροφή των καταναλωτών σε αυτό το προϊόν έγκειται στο ότι η γεύση του δεν είναι πολύ έντονη και ως ένα βαθμό η γεύση του μοιάζει με εκείνη του βουτύρου. Επίσης είναι ένα πολύ ευαίσθητο τρόφιμο, που χρησιμοποιείται στην μαγειρική (είτε επεξεργασμένο είτε νωπό) (Dunford 2017; Tan et al., 2018a; Woolf et.al., 2009). Το αβοκαντέλαιο έχει συγκριθεί, εξαιτίας των οργανοληπτικών του χαρακτηριστικών, με το ελαιόλαδο, που διαθέτει μια πικρή και πολύ έντονη οσμή. Έτσι δικαιολογείται η αυξανόμενη τάση για κατανάλωση του από τους ανθρώπους τα τελευταία χρόνια (Woolf et., 2009).

Το έλαιο αβοκάντο χρησιμοποιείται νωπό στις διάφορες σαλάτες. Αλλά επειδή το σημείο καπνού του είναι πολύ μεγάλο (250 °C) μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή πολλών επεξεργασμένων προϊόντων (Dunford 2017). Η θέρμανση κάτω από το σημείο καπνού δημιουργεί υποβάθμιση και οξείδωση των βιοδραστικών συστατικών και την παραγωγή τοξίνης. Αν και αυτά τα προβλήματα εξαρτώνται από τον τύπο και τον χρόνο του τηγανισμένου τροφίμου καθώς και από τον τύπο του ελαίου κατά την διαδικασία του μαγειρέματος (Berasategi et al., 2012; Oji & Vivian, 2020).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΔΡΑΣΗ

Αρκετοί επιστήμονες τα τελευταία χρόνια έχουν στρέψει το ενδιαφέρον τους σε έλαια υψηλής διατροφικής αξίας καθώς αυτά είναι πλούσια σε βιοδραστικές ενώσεις. Τα λειτουργικά έλαια απασχολούν ευρύτατα το καταναλωτικό κοινό μιας και περιέχουν μια ευρεία γκάμα πολύτιμων συστατικών όπως:

1. βιοδραστικές ουσίες, όπως φαινολικά, καροτενοειδή, χλωροφύλλες, βιταμίνη Ε καθώς και φυτοστερόλες
2. μονο-ή/και πολυακόρεστα λιπαρά οξέα

Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει στροφή των καταναλωτών σε φυσικά έλαια, παρά σε φαρμακευτικές ουσίες για την αντιμετώπιση ορισμένων ασθενειών. Οι λόγοι που επέβαλλαν αυτή τη συνθήκη (επικράτηση φυσικών ελαίων) είναι οι εξής: 1) ασφαλή ως προς τον τρόπο χρήσης τους 2) εύχρηστα και φθηνά για την παραλαβή του.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι μια υγιεινή διατροφή που βασίζεται σε μεγάλο ποσοστό στη κατανάλωση παρθένου αβοκαντελαίου συμβάλλει αποτελεσματικά στην αντιμετώπιση χρόνιων παθήσεων.

4.1. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ

Τα τρόφιμα φυτικής προέλευσης είναι αρκετά ευεργετικά για την ανθρώπινη υγεία. Η συμβολή τους στην πρόληψη διαφόρων ασθενειών θεωρείται μεγίστης σημασίας, καθώς συμβάλλουν αποτελεσματικά έναντι της εκφύλισης της ωχράς κηλίδας, του διαβήτη, του καρκίνου και των καρδιαγγειακών παθήσεων (Dreher & Davenport 2013; Yahia et al., 2018).

Υγιεινά τρόφιμα θεωρούνται τα τρόφιμα που είναι πλούσια σε πολυακόρεστα και μονοακόρεστα λιπαρά οξέα. Είναι κυρίως φυτικής προελεύσεως όπως είναι οι ξηροί καρποί, οι σπόροι, τα έλαια και ελιές. Αυτά τα τρόφιμα συμβάλλουν αποτελεσματικά έναντι αρκετών παθήσεων (Pham et al., 2020; Wang & Hu 2017). Το αβοκαντέλαιο ή το ίδιο του φρούτο είναι πλούσιο σε φυτοχημικές ουσίες καθώς και σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα. Τα φυτοχημικά συστατικά συμβάλλουν στην πρόληψη ασθενειών (Yahia 2012; Yahia & Woolf 2011). Οι φυτοχημικές ουσίες απαντώνται σε πολλές φυτικές τροφές. Οι ουσίες αυτές περιλαμβάνουν: τα καροτενοειδή, τις φαινολικές κυρίως ενώσεις, τις χλωροφύλλες οι οποίες συμβάλλουν σημαντικά στην εξασφάλιση της καλής υγείας. Συμπληρωματικά, οι βιοδραστικές ενώσεις λιπόφιλης φύσεως (LSBC) είναι πλούσιες σε αντιοξειδωτικές ουσίες (Lu et al., 2005, 2009; Meyer & Terry 2008; Pham et al., 2020). Αρκετές κλινικές μελέτες, που έχουν διεξαχθεί κυρίως σε ζώα αλλά και σε ανθρώπους, έδειξαν ότι το αβοκαντέλαιο παρέχει πολλές ευεργετικές ιδιότητες, καθώς μειώνει την πιθανότητα της εμφάνισης του διαβήτη και έχει την ικανότητα να μειώνει το βάρος του ανθρώπου (Toro-Eguihna et al., 2016). Επίσης ρυθμίζει την χοληστερόλη που συμμετέχει στον μεταβολισμό του ήπατος (Korec et al., 2014; Unlu et al., 2005).

Πραγματοποιήθηκε μια μελέτη που διεξήχθη σε 13 άτομα τα οποία ακολούθησαν μια υπερλιπιδική και μια υπερθερμιδική διατροφή. Τα συγκεκριμένα άτομα ενώ κατανάλωναν σημαντικές ποσότητες βουτύρου το αντικατέστησαν με αβοκαντέλαιο. Η εκχύλιση του πολτού του αβοκάντο έγινε στους 35 °C. Μετά το πέρας των 6 ημερών της κατανάλωσης του αβοκαντελαίου από υγιείς ενήλικες οι έρευνες έδειξαν ότι το ποσοστό της ινσουλίνης στο αίμα καθώς και η ολική χοληστερόλη, τα τριγλυκερίδια, η γλυκαιμία και οι λιποπρωτεΐνες χαμηλής πυκνότητας (LDL) βελτιώθηκαν σημαντικά καθώς και άλλοι φλεγμονώδεις παράγοντες

(ιντερλευκίνη-6, C-αντιδρούσα πρωτεΐνη), (CPR) (Furlan et al., 2017). Επίσης είναι σημαντικό να τονισθεί η έντονη αντιφλεγμονώδης δράση του πολτού του φρούτου καθώς έχει την ιδιότητα να αναστέλλει το ένζυμο COX-1 και το δομικό ένζυμο COX-2, κυρίως έχει παραπλήσια δράση με την δραστική ουσία ιβουπροφαίνη και το παρθένο ελαιόλαδο (Espinosa-Alonso et al., 2017). Εκτός αυτού το αβοκαντέλαιο περιέχει αρκετά ασαπωνοποιήτα συστατικά, τα οποία περιέχουν σημαντικές ποσότητες αντιοξειδωτικών ουσιών με σημαντικές αντιφλεγμονώδεις και αντικαρκινικές δράσεις (Stucker et al., 2001).

Πίνακας IV. Ωφέλιμες επιδράσεις του αβοκαντελαίου στην ανθρώπινη υγεία

Φαρμακευτικές Ενδείξεις	Χρησιμοποιούμενο Πειραματόζωο	Ποσότητα αβοκαντελαίου	Βιβλιογραφία
Πρόληψη υπερχοληστεραιμίας	Αρουραίοι της ράτσας Sprague Dawley που η διατροφή τους ήταν πλούσια σε χοληστερόλη	450 & 900 mg/kg βάρους ή ανά μέρα	Tan et al., 2018 d
Αντιμετώπιση καρδιαγγειακών νοσημάτων	Υπέρβαροι ασθενείς	9,6 % κατά βάρος λάδι αβοκάντο	Furlan et.al., 2017
Θεραπεία διαβήτη	Χορήγηση στρεπτοζοτοκίνης σε αρουραίους Αρουραίοι της που τρέφονταν συχνά με σακχαρόζη	1 ml/250 g βάρους ή ανά μέρα 5 %, 10 %, 20 %, 30 % κατά βάρος έλαιο αβοκάντο	Ortiz-Avilla et al., 2015(a) Ortiz-Avilla et al., 2015(b) Toro-Equihua et al., 2016
Προφύλαξη του ήπατος	Αρουραίοι με διατροφή πλούσια σε χοληστερόλη	450 & 900 mg/kg βάρους ή ανά μέρα	Tan et al., 2018 d
Αντιμικροβιακές ιδιότητες	Gram θετικά και Gram αρνητικά βακτήρια	Όχι ικανοποιητικά αποτελέσματα	Santos et al., 2018
Θεραπεία υπέρτασης	Χορήγηση μεθυλεστέρα νιτροαργινίνης σε αρουραίους	1 ml/250 g βάρους ή ανά μέρα	Marquez-Ramirez et al., 2018

4.1.1. ΔΙΑΒΗΤΗΣ

Ο διαβήτης θεωρείται ένα μεταβολικό νόσημα που προκαλεί υψηλά επίπεδα ινσουλίνης στο αίμα καθώς αν αυξηθεί η συγκέντρωση της στο αίμα οδηγεί σε υπεργλυκαιμία (Cortes-Royo et al., 2019; Tabesh 2017). Ωστόσο τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα δρουν ανασταλτικά έναντι της παραγωγής της ινσουλίνης στο αίμα σε μια διατροφή που στηρίζεται ως επί το πλείστον σε απλούς μονοσακχαρίτες άλλα και σε υψηλά ποσοστά λίπους. Επίσης και μια διατροφή που στηρίζεται σε υψηλή κατανάλωση των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων τα οποία έχουν την

ικανότητα διαμέσου της ρευστότητας της κυτταρικής μεμβράνης να συμβάλλουν σημαντικά στην αντίσταση που προκαλείται από την σακχαρόζη (Del Toro-Equihua et al., 2016). Είναι αξιοσημείωτη η ευεργετική δράση του ελαιικού οξέος που περιέχεται σε σημαντική ποσότητα στο αβοκάντο. Το ελαιικό οξύ έχει την ικανότητα να μεταβάλλει την παραγωγή της ινσουλίνης. Αυτή η διαδικασία επιτυγχάνεται μέσω της ανασταλτικής δράσης του παράγοντα νέκρωσης των όγκων α TFN- α (Βασιλείου 2009). Η κατανάλωση του αβοκαντελαίου παρέχει αρκετές ευεργετικές ιδιότητες και στα όργανα του σώματος όπως στον εγκέφαλο, στα νεφρά αλλά και στο ήπαρ. Το έλαιο αυτό σχετίζεται άμεσα με την βιολογική του δράση συμβάλλοντας στην ενεργοποίηση του μεταγραφικού παράγοντα NF-KB, TGF- β 1, HIF, PAI-1 και AP-1, TNF- α , τα οποία μέσω της μιτοχονδριακής μεμβράνης και της υπεροξειδωσής συντελούν στην παραγωγή των αντιδρώντων ειδών οξυγόνου (ROS). Η γλουταθειόνη επηρεάζει σημαντικά και το νικοτιναμιδο-αδενινο-δινουκλεοτίδιο (NADH) (Cortés-Rojó et al., 2019).

Η συχνή κατανάλωση του αβοκαντελαίου συμβάλλει στην μείωση του σακχαρώδους διαβήτη όπως έχουν δείξει αρκετές επιστημονικές μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί τα τελευταία χρόνια σε αρουραίους (Carvajal-Zarrabal et al., 2014a). Σύμφωνα με τις έρευνες αυτές που διεξήχθησαν σε αρουραίους που τρεφόντουσαν ως επί το πλείστον με απλό μονοσακχαρίτη, όπως είναι η σακχαρόζη, διαπιστώθηκε ότι μόλις προστέθηκε το αβοκαντέλαιο σαν κύρια τροφή τους, μείωσε σημαντικά τα επίπεδα των λιποπρωτεϊνών πολύ χαμηλής πυκνότητας (VLDL), τριγλυκερίδια (TG), λιποπρωτεϊνών χαμηλής πυκνότητας (LDL) και της υψηλής ευαισθησίας C-αντιδρώσα πρωτεΐνη (hs-CRP) τους (Carvajal-Zarrabal et al., 2014a). Ωστόσο από αρκετούς επιστήμονες διαπιστώθηκε ότι καθώς οι αρουραίοι ακολούθησαν μια διατροφή πλούσια σε σακχαρόζη, το γεγονός αυτό συνέβαλε αρνητικά στην υγεία τους και μόλις τους χορηγήθηκε σημαντική ποσότητα αβοκαντελαίου, παρατηρήθηκε ότι αυτό συνέβαλε στην σωστή λειτουργία του ήπατος (Carvajal-Zarrabal et al., 2014b).

Μια διατροφή που στηρίζονταν σε υψηλές ποσότητες σακχαρόζης η οποία δημιουργούσε πολλά προβλήματα στο ήπαρ των αρουραίων της ράτσας Sprague-Dawley Weaned όταν αυτά τα πειραματόζωα άρχιζαν να καταναλώνουν σημαντική ποσότητα αβοκαντελαίου, τότε παρατηρήθηκε καλύτερη λειτουργία του ήπατος τους. Σε σχέση με τα υψηλά επίπεδα της ινσουλίνης που παρατηρήθηκαν στους αρουραίους της ράτσας Wistar που οφειλόταν στην υπερβολική κατανάλωση σακχαρόζης, μετά την χορήγηση τους 5-20 % αβοκαντελαίου, παρατηρήθηκε ότι αυτό συνέβαλλε στην μείωση της αντίστασης της ινσουλίνης τους (Del Toro-Equihua et al., 2016).

4.1.2. ΔΕΡΜΑ

Το ποσοστό διείσδυσης του αβοκαντελαίου στο δέρμα είναι αρκετά υψηλότερο από ότι του σογιέλαιου ή του ελαιόλαδου (Swisher, 1988). Το αβοκαντέλαιο παρέχει αρκετές ευεργετικές ιδιότητες στο δέρμα του ανθρώπου. Δρα ενυδατικά και καταπραϊντικά συμβάλλοντας στην θεραπεία του δέρματος από διάφορες ασθένειες όπως η ψωρίαση, είναι πιο αποτελεσματικό από άλλα φαρμακευτικά σκευάσματα (Huang et al., 2004; Stucker et al., 2001). Οι κυρίαρχοι λόγοι που το έλαιο αβοκάντο κατέχει μια ξεχωριστή θέση σαν καλλυντικό είναι οι εξής: 1) η μεγάλη συγκέντρωση σε τοκοφερόλη 2) ο ισχυρές ενυδατικές του δράσεις (Eyres et al., 2001; Flores et al., 2019; Naeimifar et al., 2020).

Αρκετοί ερευνητές ερεύνησαν τη συσχέτιση μεταξύ του μεταβολισμού του κολλαγόνου που πραγματοποιείται στο ήπαρ και στο δέρμα και του αβοκαντελαίου. Το συμπέρασμα αυτής της έρευνας ήταν ότι το έλαιο που εκχυλίζεται από φρούτα τα οποία προέρχονται από τους

σπόρους και την πούλπα του αβοκάντο, κατά την εκχύλιση με οργανικό διαλύτη όπως το εξάνιο, φαίνεται να συμβάλλει στην αύξηση των ενζύμων του ήπατος και στην ηπατική νόσο του συκωτιού που ονομάζεται ίνωση (Werman et al., 1991; Werman et al., 1989; Werman et al., 1990). Επίσης οι ερευνητές παρατήρησαν ότι το μείγμα ελαίου αβοκάντο και σογιέλαιου ως ένα βαθμό έχει την ικανότητα να επουλώνει τα διάφορα τραύματα (Lamaud et al., 1982).

Ωστόσο κάποιοι ερευνητές απέδειξαν ότι ένα μείγμα ημιστερεής φάσης αβοκαντελαίου και πολλού συνέβαλλαν σημαντικά στην μείωση των φλεγμονωδών κυττάρων καθώς και στην αύξηση του κολλαγόνου κατά την διαδικασία της επούλωσης των τραυμάτων. Επίσης το αβοκαντέλαιο συμβάλλει σημαντικά στην σωστή λειτουργία της καρδιάς καθώς η δράση του είναι σχεδόν ίδια με αυτήν του ελαιολάδου και ίσως λίγο χαμηλότερη εν συγκρίσει με το έλαιο καρύδας και το έλαιο καλαμποκιού (Kritchevsky et al., 2003).

4.1.3. ΥΠΕΡΧΟΛΗΣΤΕΡΟΛΑΙΜΙΑ

Η υπερχοληστερολαιμία οφείλεται στην εμφάνιση μεγάλων επιπέδων χοληστερόλης στο αίμα. Αυτή η ασθένεια προκαλεί προβλήματα κυρίως στην καρδιά. Οφείλεται κυρίως στην υψηλή κατανάλωση τροφών που είναι πλούσια σε χοληστερόλη αλλά και σε *trans* λιπαρά οξέα. Η υπερχοληστερολαιμία προκαλεί το θάνατο σε εκατομμύρια ανθρώπους ετησίως (WHO 2017). Σύμφωνα με αρκετές πειραματικές μελέτες που διεξήχθησαν σε αρουραίους που ακολούθησαν μια διατροφή πλούσια σε χοληστερόλη, όταν τους χορηγήθηκε αβοκαντέλαιο παρατηρήθηκε ότι η ευεργετική και η βιολογική του δράση ήταν μεγάλη. Διαπιστώθηκε ότι το αβοκαντέλαιο μείωσε το ποσοστό της «κακής χοληστερόλης» (LDL) καθώς μειώθηκαν και τα επίπεδα της ολικής χοληστερόλης (TC) σε σημαντικό βαθμό, ενώ συγχρόνως παρατηρήθηκε ραγδαία αύξηση του ποσοστού της «καλής χοληστερόλης» (HDL-C) ενώ συγχρόνως παρατηρήθηκε μείωση και στα επίπεδα των ολικών τριακυλογλυκερολών (TG). Το αβοκαντέλαιο περιέχει υψηλά ποσοστά μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA) καθώς και ικανοποιητικές ποσότητες φυτοστερολών συμβάλλοντας έτσι στην μείωση της «κακής χοληστερόλης» (LDL). Οι φυτοστερόλες και συγκεκριμένα η β-σιτοστερόλη δρουν ανασταλτικά στην εντερική απορρόφηση της χοληστερόλης (Hernandez 2016; Jesch & Carr 2017). Επομένως είναι εύλογο ότι μια διατροφή που στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα μπορεί να αυξήσει μεν την λιποπρωτεΐνη υψηλής περιεκτικότητας (HDL) και να μειώσει δε την αντίστοιχη λιποπρωτεΐνη χαμηλής περιεκτικότητας (LDL).

Με σκοπό την αποσαφήνιση του τρόπου δράσης του παρθένου αβοκαντελαίου σε αρουραίους που εμφάνιζαν υψηλά επίπεδα υπερχοληστερολαιμίας, εφαρμόστηκε NMR προς εκτίμηση των ουρικών μεταβολιτών τους (Tan et al., 2018c). Χορηγώντας τους παρθένο αβοκαντέλαιο παρατηρήθηκε ότι αυξήθηκαν οι ποσότητες των μεταβολιτών του ηλεκτρικού και κιτρικού οξέος καθώς και της ταυρίνης και της γλουταμίνης τους. Συγχρόνως μειώθηκαν τα επίπεδα των μεταβολιτών της αλανίνης, λευκίνης, ακετόνης και γλυκόζης τους. Αυτή η παραπάνω ιδιότητα του παρθένου αβοκαντελαίου το καθιστά ικανό να αντιμετωπίσει την υπερχοληστεραϊμία πιθανόν μέσω του μεταβολισμού των αμινοξέων, της εντερικής χλωρίδας, της ενέργειας και των λιπιδίων. Γενικά το αβοκαντέλαιο περιέχει υψηλά ποσοστά μονοακόρεστων λιπαρών οξέων, χλωροφυλλών, καρροτενοειδών, τοκοφερολών όπως επίσης και μεγάλες τιμές ασαπωνοποίητων συστατικών, ιωδίου και υπεροξειδίου (Ashton et al., 2006; Berasategi et al., 2012; Flores et al., 2019; Villa-Rodriguez et al. 2011; Lu et al., 2005; 2009, Rodriguez-Carpena, et al., 2012; Carvajal-Zarrabal et al., 2014a; 2014b, Dreher & Davenport 2013). Βέβαια είναι άξιο αναφοράς ότι το καθαρό αβοκαντέλαιο θα πρέπει να υποστεί την διαδικασία του εξευγενισμού πριν χρησιμοποιηθεί για καλλωπιστικούς σκοπούς (Costagli & Betti 2015). Εν ολίγοις το λάδι αβοκάντο δρα προστατευτικά για την επιδερμίδα, εξαιτίας της ταχείας απορρόφησης του και της ικανότητας ελέγχου της ηλιακής ακτινοβολίας.

4.1.4. ΟΣΤΕΟΑΡΘΡΙΤΙΔΑ

Ως οστεοαρθρίτιδα μπορεί να ονομαστεί η ασθένεια εκείνη όπου προοδευτικά επιδεινώνεται η λειτουργία και ο χόνδρος των αρθρώσεων. Αυτό το χαρακτηριστικό προϋποθέτει πως υπάρχει μια πιθανή βλάβη (Dinubile 2010; Helmick et al., 2008). Η σόγια μαζί με το αβοκάντο περιέχουν ορισμένα ασαπωνοποιήτα συστατικά. Ουσιαστικά πρόκειται για ένα μείγμα από υδρόφοβες ουσίες. Τα συστατικά αυτά έχουν κατά κύριο λόγο αναλγητικές και αντιφλεγμονώδεις δράσεις (Dinubile 2010; Lipiello et al., 2008; Au et al., 2007; Henroitin et al., 2006; Berenbaum 2004; Ernst 2003; Blotman et al., 1997). Διεξήχθησαν τέσσερις τυχαίες κλινικές δοκιμές, με σκοπό την εξέταση των ασαπωνοποιήτων συστατικών της σόγιας και του αβοκάντο σχετικά με την εμφανιζόμενη στα γόνατα και στο ισχίο οστεοαρθρίτιδας (Blotman et al. 1997; Maheu et al., 1998; Appelboom et al., 2001; Lequesne et al., 2002).

4.1.5. ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΩΝ ΟΦΘΑΛΜΩΝ

Τα δύο κύρια καροτενοειδή που απαντώνται στα φρούτα και στα λαχανικά είναι η ζεαξανθίνη και η λουτεΐνη. Αυτές οι δύο ουσίες έχουν την ικανότητα να απορροφούν την περίσσεια της ηλιακής ενέργειας, για να μην μπορούν οι φυτικοί οργανισμοί να αλλοιωθούν από την ηλιακή ακτινοβολία. Απαντώνται στα πράσινα φυλλώδη λαχανικά επίσης βρίσκονται σε μεγάλη συγκέντρωση στους οφθαλμούς (ωχρά κηλίδα). Τα τελευταία χρόνια έχει ανακαλυφθεί ένα τρίτο καροτενοειδές, το οποίο δεν απαντάται στα τρόφιμα και σχηματίζεται την ώρα της πέψης από την λουτεΐνη. Αυτή η ένωση καλείται μεσοζεαξανθίνη. Σε μια πραγματοποιούμενη έρευνα βρέθηκε ότι οι οφθαλμοί που έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε χρωστικές ουσίες της ωχράς κηλίδας, είναι πιο δύσκολο να παρουσιάσουν αλλοίωση ή κάποιου άλλου είδους πρόβλημα (Nolan et al., 2013). Ο μηχανισμός προφύλαξης των οφθαλμών από τη δράση του αβοκάντο είναι ο ακόλουθος: Υπάρχει ένας κατάλληλος και προστατευτικός συνδυασμός λουτεΐνης-ζεαξανθίνης και μονοακορεστών λιπαρών οξέων. Το παραπάνω μείγμα διευκολύνει την απορρόφηση των καροτενοειδών από πολλά διαφορετικά λαχανικά και φρούτα (Unlu et al., 2005).

4.1.6. ΥΠΕΡΤΑΣΗ

Η αρτηριακή υπέρταση είναι μία χρόνια πάθηση κατά την οποία σημειώνεται συστηματική αύξηση τόσο της συστολικής όσο και της διαστολικής αρτηριακής πίεσης. Αξίζει να σημειωθεί ότι έχουν βρεθεί δύο κατηγορίες υπέρτασης: η κύρια και η δευτερεύουσα. Η κύρια απασχολεί την πλειονότητα των ιατρικών και επιστημονικών κύκλων και έχει σαν αιτία τον ανθυγιεινό τρόπο ζωής και διατροφής, απουσία σωματικής άσκησης καθώς και σε γενετική προδιάθεση. Η δευτερεύουσα με την σειρά της οφείλεται σε υπάρχουσες ασθένειες (π.χ. νοσήματα των νεφρών) (MacGill 2018). Μια ομάδα ερευνητών μελέτησε τις επιδράσεις της λήψης του αβοκάντου στην πίεση του αίματος, στο οξειδωτικό στρες που συντελείται στα μιτοχόνδρια, όπως επίσης και στη αγγειονεφρική λειτουργία σε υπέρτασικούς αρουραίους μέσω του μεθυλεστέρα της νιτροαργινίνης (Marquez-Ramirez et al., 2018). Στους αρουραίους που έπασχαν από υψηλή αρτηριακή πίεση χορηγήθηκε σημαντική ποσότητα αβοκάντου περιεκτικότητας (1 ml/250 g σωματικού βάρους) για 45 μέρες. Τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας έδειξαν ότι η πρόσληψη ελαίου αβοκάντο έχει τις εξής δράσεις:

- Ελάττωση της συστολικής και διαστολικής πίεσης
- καλύτερευση της διαστολής των αγγείων που έχει άμεση συσχέτιση με το επιθήλιο των νεφρών
- «μεγαλώνει» η δράση των μιτοχονδρίων στα νεφρά
- ελαττώνονται τα επίπεδα του οξυγόνου στο σύμπλεγμα 1, αφού μειώνονται οι περιεκτικότητες της γλουταθειόνης που έχει υποστεί οξείδωση.

Οι μελετητές σκέφτηκαν ότι οι δράσεις ίσως να έχουν στενή σχέση με την καταστολή των επιδράσεων της ουσίας αγγειοτενσίνη II στα μιτοχόνδρια. Αυτό το φαινόμενο φαίνεται ότι μπορεί να κατορθωθεί μέσω της φαρμακευτικής ουσίας λοσαρτάνη (ανήκει στα αντιυπερτασικά φάρμακα). Αξίζει να τονισθεί ότι το παρθένο αβοκαντέλαιο έχει σημαντικά μεγάλη συγκέντρωση σε ελαϊκό οξύ, δηλαδή > 60 %. Όταν καταναλωθεί αβοκαντέλαιο, τότε το ελαϊκό οξύ επικολλάται στις κυτταρικές μεμβράνες και συγκεκριμένα στα φωσφολιπίδια με αποτέλεσμα να μεταβληθούν οι βιοφυσικές του λειτουργίες. Αυτή η ουσία έχει την ικανότητα να αλλάζει την διάταξη των μεμβρανών. Με τη σειρά τους μεταβάλλονται οι α- και β-αδρενεργικοί υποδοχείς. Οι τελευταίοι διαδραματίζουν σπουδαίο ρόλο στον έλεγχο της πίεσης των αρτηριών (Lopez et al., 2014; Teres et al., 2008)

Διεξήχθησαν πειραματικές μελέτες για την αντιυπερτασική επίδραση που μπορεί να συνεισφέρει το έλαιο αυτό κυρίως σε διάφορα πειραματόζωα όπως είναι οι αρουραίοι. Ύστερα από την περάτωση της πειραματικής έρευνας στα εν λόγω πειραματόζωα παρατηρήθηκε ότι το αβοκαντέλαιο συμβάλλει στην μείωση τόσο της διαστολικής όσο και της συστολικής πίεσης (Marquez-Ramirez et al., 2018).

4.1.7. ΠΡΟΛΗΨΗ ΤΟΥ ΚΑΡΚΙΝΟΥ

Τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα εμφανίζουν αποπτωτικά αποτελέσματα καθώς μπορούν και απελευθερώνουν σημαντικές ποσότητες ασβεστίου από το ενδοκυτταρικό σύστημα (Evans et al. 2015; Kim et al., 2014). Ως γνωστόν το ελαϊκό οξύ δρα ανασταλτικά στην είσοδο του ασβεστίου.

4.1.8. ΑΝΤΙΚΑΡΚΙΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Η καθημερινή κατανάλωση πράσινων φρούτων και λαχανικών σχετίζεται με την πρόληψη καρκίνου στα ζώα και στους ανθρώπους (Barder et al., 2006; de Vogel et al 2005; Voorrips et al., 2000) λόγω του ότι τα πράσινα λαχανικά είναι αρκετά πλούσια σε χλωροφύλλες. Οι χλωροφύλλες που περιέχουν τα φρούτα και τα λαχανικά θεωρούνται πολύ σημαντικές διότι έχουν την ικανότητα να προσλαμβάνουν διάφορων τύπων καρκίνου καθώς λειτουργούν και ως αναστολής των Ros που προκαλούνται από την οξειδωση των διαφορετικών λιπιδίων αλλά και από το υπεριώδες φως της ηλιακής ακτινοβολίας (UV) (Jeon et al., 2009). Επίσης οι χλωροφυλλίνες θεωρούνται παράγωγα της χλωροφύλλης καθώς συμβάλλουν στην καταπολέμηση του καρκίνου και στις αντιμεταλλαξιογόνες ουσίες (Akai et al., 1996).

Μια διατροφή που έχει ως βάση την συχνή κατανάλωση του αβοκαντελαίου και κατ'επέκταση την πρόληψη των καροτενοειδών εξασφαλίζει αρκετές ευεργετικές ιδιότητες για την ανθρώπινη υγεία και κα επέκταση συμβάλλει στην καταπολέμηση αρκετών τύπου καρκίνων. Τα κυριότερα καροτενοειδη που απαντώνται στο αβοκαντέλαιο είναι η ζεαξανθίνη και η λουτεΐνη οι οποίες προστατεύουν τα κύτταρα και τους ιστούς των ματιών καθώς προλαμβάνουν διάφορες καρδιολογικές παθήσεις, Επίσης δρουν προστατευτικά έναντι του καρκίνου και διαφόρων εγκεφαλικών επεισοδίων (Tanaka et al., 2012). Η λουτεΐνη ως αντιοξειδωτικό προστατεύει και την ανθρώπινη επιδερμίδα, καθώς έχει την ικανότητα να απορροφά την ηλιακής ακτινοβολία στο δέρμα προστατεύοντάς το από την υπεριώδη ακτινοβολία η οποία συνδέεται άμεσα με τον καρκίνο του δέρματος (Tanaka et al., 2012). Επίσης τα καροτενοειδή συμβάλλουν στην μείωση της ανάπτυξης καρκίνου του παχέος εντέρου (Jenab et al., 2006; Slaterry et al., 2000; Tsubono et al., 1999)

4.1.9. ΚΑΡΔΕΙΑΓΓΕΙΑΚΑ ΝΟΣΗΜΑΤΑ

Η παχυσαρκία και το υπερβολικό σωματικό βάρος ενός ανθρώπου μπορεί να έχει αρνητικές συνέπειες στην υγεία (WHO, 2018). Επιπροσθέτως η υπερβολική συγκέντρωση σωματικού λίπους μπορεί να επιφέρει στον οργανισμό αρκετές ασθένειες που σχετίζονται κυρίως με την

αύξηση της αρτηριακής πίεσεως με τον σακχαρώδη διαβήτη, με καρδιομεταβολικές ασθένειες και με άλλα καρδιαγγειακά νοσήματα (Klein et al., 2007). Ένας τρόπος εκτίμησης του σωματικού βάρους θεωρείται ο Δείκτης Μάζας Σώματος (BMI), ο οποίος υπολογίζεται από το βάρος του σώματος προς το τετράγωνο του ύψους (WHO, 2018). Εάν ο Δείκτης Μάζας Σώματος κυμαίνεται από 18,5-24,9 τότε το σωματικό βάρος θεωρείται κανονικό. Εάν ο Δείκτης Μάζας Σώματος κυμαίνεται όμως από 25,0 έως 29,9 τότε το σωματικό βάρος ενός ανθρώπου θεωρείται υπέρβαρο. Εάν όμως ο Δείκτης Μάζας Σώματος κυμαίνεται πάνω από 30 τότε χαρακτηρίζεται ως παχύσαρκος. Τέλος αν ο Δείκτης μάζας Σώματος είναι κάτω από τα φυσιολογικά επίπεδα δηλαδή κάτω της τιμής του 18,9 τότε το σωματικό βάρος του ανθρώπου θεωρείται ελλιποβαρείς (WHO, 2018). Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ραγδαία αύξηση της παχυσαρκίας τόσο στις αναπτυσσόμενες όσο και στις αναπτυγμένες χώρες (Karageorgi et al., 2013). Αρκετοί επιστήμονες μελέτησαν τις μεταβολικές αποκρίσεις κυρίως παχύσαρκων ατόμων μετά από την κατανάλωση τροφίμων που ήταν πλούσια σε λιπίδια και σε θερμίδες στους οποίους είχε χορηγηθεί παρθένο αβοκάντελαιο ψυχρής έκθλιψης. Έτσι κατά την διαδικασία αυτή οι άνθρωποι κατανάλωσαν γεύμα το οποίο ήταν πλούσιο σε πατάτες, μπέικον, αυγά, ζάχαρη, ψωμί αλλά και σε παρθένο αβοκάντελαιο ή ακολούθησαν μία διαφορετική υπερθερμιδική διατροφή που αποτελούνταν ως επί το πλείστον από τα ίδια προϊόντα φυτικής και ζωικής προελεύσεως χωρίς όμως της κατανάλωσης του αβοκαντελαίου. Μετά το πέρας των 4 ωρών πραγματοποιήθηκε αιμοληψία. Ύστερα από την διεξαγωγή αυτής της κλινικής μελέτης παρατηρήθηκε ότι οι άνθρωποι που κατανάλωναν το δοκιμαστικό γεύμα το οποίο βασιζόταν στην κατανάλωση του αβοκαντελαίου αλλά και σε άλλα προϊόντα φυτικής και ζωικής προελεύσεως, τα μεταγευματικά επίπεδα του πλάσματος κυρίως της C-αντιδρώσας πρωτεΐνης, τόσο της ολικής χοληστερόλης (TC) αλλά και των τριγλυκεριδίων (TG), της γλυκαιμίας, της ινσουλίνης, της ιντερλευκίνης 6 αλλά και της «κακής χοληστερόλης» (LDL) παρατηρήθηκε ότι οι παραπάνω βιοχημικοί δείκτες παρουσίασαν σημαντική βελτίωση. Μία υπερλιπιδική και υπερθερμιδική διατροφή προκαλούν αρκετές αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου και κυρίως συσχετίζονται με διάφορες καρδιαγγειακές πάθησης. Ωστόσο το αβοκάντελαιο είναι ικανό να τροποποιήσει όλες αυτές τις αρνητικές επιπτώσεις που προκαλούνται σε μια τέτοιου είδους διατροφή συμβάλλοντας θετικά στην καρδιομεταβολική υγεία. Το αβοκάντελαιο διαμέσου ενός πολύπλοκου μηχανισμού που σχετίζεται με την αύξηση του mRNA του υπεροξειδώματος που ενεργοποιείται από την αδιπονεκτίνη και του υποδοχέα (PPAR-γ) μειώνει σε μεγάλο βαθμό τα επίπεδα της παχυσαρκίας αλλά και τα επίπεδα των λιπιδίων στο αίμα (δυσλιπιδαιμίας). (Padmanabhan & Arumugan, 2014).

Οι δύο κυριότερες παρενέργειες του οξειδωτικού στρες είναι η δημιουργία αθηροσκλήρωσης και η δυσλειτουργία του ενδοφυλίου. Η συχνή κατανάλωση του αβοκαντελαίου συμβάλλει στην μείωση της «κακής χοληστερόλης» (LDL), της ολικής χοληστερόλης και μειώνει επίσης τα επίπεδα των τριγλυκεριδίων στο πλάσμα του αίματος καθώς επίσης μειώνεται και ο κίνδυνος εμφάνισης καρδιαγγειακών παθήσεων λόγω του ότι το αβοκάντελαιο χαρίζει σημαντικές ευεργετικές ιδιότητες στον ανθρώπινο οργανισμό (Rosales et al., 2005). Όλες αυτές οι ευεργετικές ιδιότητες του αβοκαντελαίου αποδίδονται στο γεγονός ότι το έλαιο αυτό περιέχει σημαντικές ποσότητες φυτοχημικών ουσιών και λιπαρών οξέων (Yahia, 2012; Yahia & Woolf, 2011; Yahia et al., 2018). Το πιο βασικό και ωφέλιμο συστατικό του αβοκαντελαίου θεωρείται το ελαϊκό οξύ. Αυτό ανήκει στην κατηγορία των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων του οποίου η κατανάλωση σχετίζεται άμεσα με την μείωση της λιποπρωτεΐνης χαμηλής πυκνότητας (LDL), αυξάνοντας την δραστηριότητας της ακυλοτρανσφεράσης. Επίσης μπορεί το ελαϊκό οξύ να αυξήσει την σύνθεση των εστέρων της χοληστερόλης τα οποία οφείλονται στην διέγερση των υποδοχέων της χαμηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνης (LDL) και συνεπώς να ελαττώσει τα επίπεδα της LDL στο πλάσμα του αίματος (Caldas et al., 2017). Επίσης το ελαϊκό

οξύ σχετίζεται με την αύξηση της υψηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνης (HDL) γνωστή και ως «καλή χοληστερόλη» (Perona et al., 2010; Rashid et al., 2003).

Έτσι η βιολογική δράση της κατανάλωσης ενός πλούσιου σε ελαϊκού οξέος αβοκαντελαίου σχετίζεται με την μείωση καρδιαγγειακών νοσημάτων καθώς παρέχει έντονη αντιφλεγμονώδη και προστατευτική δράση, καθώς συντελεί στην μείωση του παράγοντα νέκρωσης όγκων α (TNF-A) και του γονιδίου της ιντερλευκίνης-6 (IL-6) (Baer et al., 2004; Scoditti et al., 2015). Αρκετοί ερευνητές παρατήρησαν ύστερα από την διεξαγωγή πειραματικών ερευνών σε αρουραίους που τρεφόντουσαν με μη ραφιναρισμένο αβοκαντέλαιο και από σπόρους αβοκαντελαίου μείωση των τριγλυκεριδίων (TG) καθώς και αύξηση των ηπατικών λιπιδίων τους (Werman et al., 1989). Ύστερα από την διεξαγωγή κάποιων πειραματικών μελετών οι επιστήμονες απέδειξαν ότι το αβοκαντέλαιο όπως και το καλαμποκέλαιο και το ελαιόλαδο έχουν την χαρακτηριστική ιδιότητα να συμβάλλουν στην προστασία των ζώων από την αθηρογένεση (Kritchevsky et al., 2003). Τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα (MUFA) ασκούν μεγάλη επιρροή στην έναρξη της αθηρογένεσης. Παρουσιάζουν έντονη φλεγμονώδη δράση όπως επίσης προκαλούν την οξειδωτική της (LDL). Εν τούτοις τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFA) δρουν πιο αποτελεσματικά στα επόμενα στάδια της αθηρογένεσης. Επίσης παρατηρήθηκε ότι οι αρουραίοι που τρεφόντουσαν με αβοκαντέλαιο παρουσίαζαν χαμηλές τιμές της «κακής χοληστερόλης» (LDL) (26,5 mg/dl) καθώς εμφάνιζαν και χαμηλές τιμές ολικής χοληστερόλης (45,8 mg/dl) (de la Torre-Carbot et al., 2015).

Σε μία έρευνα σχετικώς με την διατροφή των αρουραίων που έχουν ως βάση το αβοκαντέλαιο αποδείχθηκε ότι το έλαιο αυτό μειώνει: 1) τα επίπεδα της λιποπρωτεΐνης χαμηλής πυκνότητας (LDL), 2) τα επίπεδα της ολικής χοληστερόλης (TG), 3) την λιποπρωτεΐνη πολύ χαμηλής πυκνότητας (VLDL) 4) παρέχει έντονη αντιφλεγμονώδη δράση που προκύπτει από την μείωση της C-Αντιδρώσας Πρωτεΐνης Υψηλής Ευαισθησίας (hs-CRP), που χρησιμοποιείται ως δείκτης για την εκτίμηση καρδιακών παθήσεων. Επίσης η μείωση της hs-CRP μπορεί να οφείλεται από την αναστολή της έκφρασης του γονιδίου της ιντερλευκίνης (IL-6) (Carvajal-Zarrabal et al., 2014b).

Τα φρούτα και τα λαχανικά λόγω των φυτοχημικών ουσιών που περιέχουν συμβάλλουν στην μείωση του οξειδωτικού στρες και της καρδιαγγειακής νόσου (CVD) καθώς ασκούν έντονη αντιφλεγμονώδη δράση (Pagliaro et al., 2015; Vasanthi et al., 2012). Εφόσον το αβοκαντέλαιο είναι και αυτό αρκετά πλούσιο σε φυτοχημικές ουσίες μπορεί να δράσει προστατευτικά έναντι των καρδιοαγγειακών παθήσεων.

Από αρκετούς επιστήμονες υποστηρίζεται ότι η αντιοξειδωτική δράση που περιέχουν τα καροτενοειδή μπορεί να αποτελέσει ο πρωτεύον μηχανισμός ο οποίος θα εμπλέκεται στην βιολογική τους δράση (Ciccione et al., 2013). Αν και αρκετοί μηχανισμοί όπως για παράδειγμα η ρύθμιση της κυτταρικής ανάπτυξης και της γονιδιακής έκφρασης συντελούν στην ανίχνευση αρκετών ευεργετικών τους δράσεων (Rao & Rao 2017). Μάλιστα από αρκετούς επιστήμονες υποστηρίζεται ότι τα καροτενοειδή μπορούν να συμβάλλουν στην διαμόρφωση ή στην τροποποίηση της παθογένειας της αθηρογένεσης μέσα στο αγγειακό ενδοθήλιο. Η υψηλή πρόσληψη λουτεΐνης και ξανθοφυλλών, ενώσεις που παράγονται από φυτά, φαίνεται ότι δρουν προστατευτικά έναντι της πρόωμης αθηροσκλήρωσης. Αυτή η διαδικασία επιτυγχάνεται με την μείωση του οξειδωτικού στρες, την παρουσία της έντονης αντιφλεγμονώδους δράσης και την μείωση της λιποπρωτεΐνης πολύ χαμηλής πυκνότητας (VLDL) (Ciccione et al., 2013; Dreher & Davenport, 2013; Dwyer et al., 2001; Hozawa et al., 2007). Επίσης ύστερα από χορήγηση αβοκαντελαίου σε αρουραίους με αυξημένη αρτηριακή επίδραση παρατηρήθηκε ότι το έλαιο αυτό συνέφερε στην βελτίωση της λειτουργίας των νεφρών τους, της αγγειακής και ενδοθηλιακής λειτουργίας και της μιτοχονδριακής λειτουργίας. Το γεγονός αυτό αποδίδεται ότι το αβοκαντέλαιο περιέχει σημαντικές ποσότητες καροτενοειδών όπου μέσω κάποιων

πολύπλοκων μηχανισμών επιδρούν θετικά στην υγεία (Cervantes-Paz et al., 2016). Ο καρπός του φρούτου είναι αρκετά πλούσιος σε νερό και λιπίδια, εκ των οποίων αυτά τα χαρακτηριστικά του καρπού είναι μεγάλης σπουδαιότητας καθώς ενισχύουν την φυτική μήτρα του φρούτου ευνοώντας την απορρόφηση ικανοποιητικών ποσοτήτων καροτενοειδών (Korac et al., 2014; Unlu et al., 2005). Αυτή η διαδικασία της απορρόφησης των καροτενοειδών θεωρείται μεγίστης σημασίας καθώς συμβάλλει στην πρόληψη κυρίως της καρδιαγγειακής νόσου (CVD). Η περιεκτικότητα σε φαινολικές ουσίες στο αβοκάντο είναι σχετικά μικρή, ενώ έχει βρεθεί ότι το φρούτο αυτό περιέχει σημαντικές ποσότητες πολυφαινολών (Dreher & Davenport, 2013). Κάποιοι επιστήμονες απέδειξαν ότι το αβοκάντο έχει υψηλές συγκεντρώσεις σε προακυανίδες και σε φαινολικές ουσίες, συστατικά με μεγάλη αντιοξειδωτική δράση. (Wang et al., 2010). Όμως σε μια διαφορετική επιστημονική μελέτη βρέθηκε ότι τα έλαια εκείνα που προέρχονται ως προϊόντα εκχύλισης από διαφορετικές ποικιλίες αβοκάντο όπως για παράδειγμα η ποικιλία «Hass» ή κάποιες συγκεκριμένες ποικιλίες που προέρχονται από το Μεξικό η περιεκτικότητά τους σε φαινολικές ενώσεις συσχετίζονται με χαμηλότερη αντιοξειδωτική δράση αλλά ο ρόλος των εν λόγω ενώσεων βασιζόταν κυρίως στην αναστολή των βασικών ενζύμων της αραχιδονικής οδού COX-1 και COX-2 των αβοκαντελαίων ενώ η δράση τους ήταν ισχυρότερη και από αυτήν της ιβουπροφαίνης και της ναπροξένης. (Espinosa-Alonso et al., 2017). Επιπροσθέτως το αβοκαντέλαιο περιέχει σχετικά χαμηλές ποσότητες σε φαινολικές ουσίες οι οποίες είναι σχετικά μέτριες και εμφανίζουν αρκετές βιολογικές ιδιότητες με σημαντικότερη την αντιοξειδωτική τους δράση προστατεύοντας έτσι τον οργανισμό από την εμφάνιση καρδιαγγειακών νοσημάτων. Άλλες σημαντικές βιολογικές ιδιότητες του ελαίου αυτού είναι οι θρομβωτικές και οι αντιφλεγμονώδεις δράσεις τους. Σύμφωνα με αρκετές πειραματικές ενδείξεις η συχνή κατανάλωση αβοκαντελαίου συμβάλλει στην πρόληψη εμφάνισης της καρδιαγγειακής νόσου στους ανθρώπους (Abdel-Moneim et al., 2017; Fulgoni et al., 2017; Furlan et al., 2017; Mahmassani et al., 2018; Pieterse et al., 2003, 2005; Wang et al., 2011, 2013; 2015) αλλά και στα ζώα (Campuzano-Bublitz et al., 2016; Gouegni & Abubakar, 2013; Olagunju et al., 2017; Rodríguez-Sanchez et al., 2015; Salazar et al., 2005; Shehata & Soltan 2013) αυτή η βιολογική δράση ωφείλεται στο ότι το αβοκαντέλαιο είναι πλούσιο σε λιπαρά οξέα (Silva-Caldas et al., 2017).

4.1.10. ΗΠΑΡ

Η μη αλκοολική νόσος του ήπατος χαρακτηρίζεται από την υπερβολική συσσώρευση του λίπους μέσα στο ήπαρ. Ουσιαστικά πραγματοποιείται εναπόθεση λίπους μέσα στα ηπατικά κύτταρα. Μια διατροφή πλούσια σε λίπος προάγει την λιπόλυση του λιπώδους ιστού (Asrih & Jornayraz 2014). Ωστόσο η ασθένεια αυτή αναπτύσσεται κυρίως σε 4 διαφορετικά στάδια: το 1ο στάδιο είναι η απλή στεάτωση. Κατά το 2ο στάδιο η στεατοηπατίτιδα καταλήγει σε ίνωση και τελικά σε κίρρωση του ήπατος (Asrih & Jornayraz 2014). Η ηπατική ανεπάρκεια προκαλείται από την κίρρωση του ήπατος. Κυρίως οι ανεπτυγμένες χώρες προσβάλλονται από την μη αλκοολική λιπώδη νόσο του ήπατος. Επίσης περίπου το 10-35 % του γενικού πληθυσμού πάσχει από αυτήν την ασθένεια (Ferramosca & Zara 2014, Gun & Shiffman 2018). Κάποιοι επιστήμονες χορήγησαν παρθένο αβοκαντέλαιο το οποίο είχε εκχυλιστεί μέσω της μεθόδου του υπερκρίσιμου διοξειδίου του άνθρακα και ήταν πλούσιο σε χοληστερόλη (Tan et al., 2018d). Πραγματοποιήθηκε μικροσκοπική έρευνα των ηπατοκυττάρων της υπερχοληστεραϊμίας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι αρουραίοι εμφάνισαν κατά κύριο λόγο μεγαλοφουσαλιδώδη και μικροφουσαλιδώδη στεάτωση (Tandra et al., 2011). Η σύνθεση των λιπαρών οξέων διαδραματίζει σπουδαίο ρόλο στον ηπατικό μεταβολισμό των λιπιδίων καθώς επίσης το 67 % των ολικών λιπιδίων (TFA) αποτελείται από μονοακόρεστα λιπαρά οξέα (MUFA). Αρκετοί επιστήμονες κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το παρθένο αβοκαντέλαιο βελτιώνει τη συσσώρευση των λιπιδίων στο ήπαρ (Ferramosca & Zara 2014).

Πίνακας V. Μελέτες της επίδρασης του ελαίου αβοκάντο στην αντιμετώπιση διαφόρων ασθενειών

Πειραματικές συνθήκες	Βιοδραστικές ενώσεις	Αποτελέσματα	Συμπεράσματα	Βιβλιογραφία
Διατροφή αρσενικών αρουραίων με 30 % σακχαρόζη & 7,5% αβοκαντέλαιο	Πολυφαινόλες, τοκοφερόλες, καροτενοειδή, λινολενικό οξύ, ελαϊκό οξύ	Σημαντική μείωση των ¹ VLDL, ² TG, C αντιδρώσας πρωτεΐνης hs-CPR & άμεσης αντιφλεγμονώδους δράσης	Η διατροφή με αβοκαντέλαιο επηρέασε σημαντικά τους βιοχημικούς δείκτες που σχετίζονται με το μεταβολικό σύνδρομο	Carnajal-Zarrabal et al., 2014a
Διατροφή αρσενικών αρουραίων με 30 % σακχαρόζη & 7,5% αβοκαντέλαιο	Πολυφαινόλες, τοκοφερόλες, λινολενικό οξύ, ελαιικό οξύ, καροτενοειδή, προανθοκυανίδες	Η σακχαρόζη επηρέασε αρνητικά την λειτουργία του ήπατος. Θετική συμβολή αβοκαντελαίου στην σωστή λειτουργία του ήπατος. Το πάγκρεας δεν προστατεύεται πλήρως	Η διατροφή με αβοκαντέλαιο ευεργετική για την σωστή λειτουργία του ήπατος, δρα ανασταλτικά εναντι αρκετών ασθενειών	Carnajal-Zarrabal et al., 2014b
Διατροφή αρουραίων με υδρογονωμένα έλαια, έλαια σόγιας, στέμφυλων & αβοκάντο	Τοκοφερόλες, στερόλες, ³ PUFA, ⁴ MUFA	Η διατροφή με σογιέλαιο και αβοκαντέλαιο συνέβαλε στη μείωση της ολικής & της κακής χοληστερίνης	Το σογιέλαιο και το αβοκαντέλαιο προσφέρουν περισσότερες ευεργετικές ιδιότητες από ότι τα υδρογονωμένα έλαια τα οποία είχαν υπερχοληστερολαιμική δράση	De La Torre-Carbot et al., 2015
Διατροφή αρουραίων με σακχαρόζη & αβοκαντέλαιο για 8 βδομάδες	PUFA, MUFA	Χαμηλότερη αντίσταση στην ινσουλίνη & μείωση βάρους με την χορήγηση αβοκαντέλαιου	Το αβοκαντέλαιο επιδρά στην μείωση της της γλυκόζης και συντελεί στην μείωση της ινσουλίνης. Η βιολογική δράση εξαρτάται από την συγκέντρωση σε έλαιο	Del Toro-Equihua et al., 2016
Υγιείς άνθρωποι, κατανάλωσαν γεύμα ελέγχου με βούτυρο, αυγά, λευκο ψωμί μπέϊκον κ.α. ή έλαιο αβοκάντο αντί για βούτυρο	Φυτοστερόλες και ακόρεστα λιπαρά οξέα (κυρίως ελαϊκό οξύ)	Η αντικατάσταση του βουτύρου με έλαιο αβοκάντο βελτίωσε την αντίσταση στην ινσουλίνη, ολική και κακή χοληστερίνη	Το αβοκαντέλαιο ελέγχει τις αρνητικές επιπτώσεις της διατροφής πλούσιας σε θερμίδες και λιπίδια. Άμεση συσχέτιση με προστασία από φλεγμονή και μείωση των παραγόντων αθηροσκλήρωσης	Furlan et al., 2017

Διατροφή υπερτασικών αρουραίων με αβοκαντέλαιο ή χορήγηση λοσαρτάνης	Καροτενοειδή, στερόλες, ελαϊκό οξύ	Το αβοκαντέλαιο ελαττώνει την συστολική και διαστολική πίεση και καταπραΰνει την προβληματική αγγειοδιαστολή των επινεφριδίων	Παρόμοια δράση λοσαρτάνης με αβοκαντέλαιο. Μείωση συστολικής πίεσης, αγγειοδιαστολής στους νεφρούς και βελτίωση στην λειτουργία των επινεφριδίων	Marquez-Ramirez et al., 2018
Διατροφή διαβητικών αρσενικών αρουραίων με 1 ml αβοκαντέλαιο	Τοκοφερόλες, βιταμίνες, καροτενοειδή, ελαϊκό οξύ, χλωροφύλλες	Βελτίωση της μιτοχονδριακής λειτουργίας του εγκεφάλου	Αποτροπή της μιτοχονδριακής εγκεφαλοπάθειας που προκαλείται κυρίως από το οξειδωτικό στρες	Ortiz-Avila, Esquivel-Martinez, et al., 2015
Διατροφή διαβητικών αρσενικών αρουραίων με 1 ml αβοκαντέλαιο	Αντιοξειδωτικά, ελαϊκό οξύ	Μείωση της δραστηριότητας του συμπλέγματος I καθώς και της μιτοχονδριακής αναπνοής. Μείωση των τιμών των λιπιδίων του αίματος. Μη αποτροπή της υπεργλυκαιμίας	Βελτίωση της μιτοχονδριακής λειτουργίας και μείωση του οξειδωτικού στρες στο ήπαρ. Αλλαγές παρατηρήθηκαν κυρίως στα λιπαρά οξέα της μιτοχονδριακής μεμβράνης. Αυτά τα αποτελέσματα είναι αρκετά σημαντικά στη μη αλκοολική λιπώδη νόσο του ήπατος	Ortiz-Avila, Galleos-Corona, et al., 2015
Διατροφή διαβητικών αρσενικών αρουραίων με 1 ml αβοκαντέλαιο	Στερόλες, ελαϊκό οξύ	Μείωση της υπεργλυκαιμίας. Αύξηση των αντιδραστικών ειδών οξυγόνου και μείωση της γλουταθειόνης	Μείωση της υπεροξείδωσης των λιπιδίων στα μιτοχόνδρια λόγω υπογλυκαιμικής δράσης του αβοκαντελαίου ή αύξησης της γλουταθειόνης στις μεμβράνες των μιτοχονδρίων	Ortiz-Avila et al., 2017
Διατροφή αρουραίων με υπερχοληστερολαιμική δίαιτα & κατανάλωση εμπορικών ελαίων και αβοκαντέλαιου	Φυτοστερόλες, MUFA, καροτενοειδή	Θετική επίδραση στην ⁵ HDL και αύξηση της ⁶ TC και της ⁷ LDL λόγω αλληλεπίδρασης μεταξύ ελαίων και λιπιδίων	Το φαινόμενο της αθηρογένεσης δημιουργείται κατά την υπερβολική κατανάλωση λιπιδίων	Ortiz-Moreno et al., 2017

Διατροφή διαβητικών αρσενικών αρουραίων με 10% αβοκαντέλαιο	Βιοδραστικές ενώσεις, ελαϊκό οξύ	Μεγαλύτερη απόκριση στην υπέρταση που οφειλόταν στην αγγειοτενσίνη 2 σε σχέση με αρουραίους που τράφηκαν με ένα γεύμα ελέγχου	Τροποποίηση της περιεκτικότητας στα λιπαρά οξέα, στα νεφρικά μικροσωμάτια και στην καρδιά	Salazar et al., 2005
Διατροφή υπερχοληστερολαιμικών αρουραίων με αβοκαντέλαιο καθώς και συμβαστατίνη για 28 μέρες	Φυτοστερόλες (καμπεστερόλη, στιγμαστερόλη, β-σιτοστερόλη, Δ5-αβεναστερόλη), ελαϊκό οξύ	Μείωση TG και LDL. Αύξηση HDL	Μείωση των τριγλυκεριδίων. Μείωση LDL και TC. Αύξηση HDL. Παρέχει ηπατοπροστατευτικές καθώς και υποχοληστερολαιμικές ιδιότητες	Tan et al., 2018c
Διατροφή υπερχοληστερολαιμικών αρουραίων με αβοκαντέλαιο καθώς και συμβαστατίνη για 28 μέρες	Τοκοφερόλες, Φυτοστερόλες, πολυφαινόλες, καροτενοειδή, ακόρεστα λιπαρά οξέα	Μείωση TG και LDL. Αύξηση HDL	Βελτίωση της μεταβολικής δυσλειτουργίας που προκαλείται κυρίως από την αύξηση των επιπέδων χοληστερόλης στο αίμα	Tan et al., 2018d
Διατροφή τραυματισμένων αρουραίων με 50% ημιστερέο και φυσικό αβοκαντέλαιο για 2 διαδοχικές εβδομάδες	Μονο και πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, ελαϊκό οξύ	Αύξηση των αντιφλεγμονωδών ιδιοτήτων, της πυκνότητας του κολλαγόνου και του ποσοστού % της σύσπασης της πληγής	Περιορισμός των κυττάρων που προκαλούν φλεγμονή. Επιτάχυνση της δημιουργίας κολλαγόνου. Θα μπορούσε να θεωρηθεί καλό "φάρμακο" για την επούλωση πληγών του δέρματος	De Oliveira et al., 2013
Διατροφή διαβητικών αρσενικών αρουραίων με 1 ml έλαιο αβοκάντο για 3 μήνες	Καροτενοειδή, ελαϊκό οξύ	Προστασία από τον διαβήτη και το οξειδωτικό στρες	Μείωση της πιθανότητας εμφάνισης νεφρικών παθήσεων μέσω της βελτίωσης της μιτοχονδριακής λειτουργίας	Ortiz –Avilla et al., 2013

¹VLDL: λιποπρωτεΐνη πολύ χαμηλής πυκνότητας, ²TG: τριακυλογλυκερόλη, ³PUFA: πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, ⁴MUFA: μονοακόρεστα λιπαρά οξέα, ⁵HDL: λιποπρωτεΐνη υψηλής πυκνότητας, ⁶TC: ολική χοληστερόλη, ⁷LDL: λιποπρωτεΐνη χαμηλής πυκνότητας

4.2. ANTIMΙΚΡΟΒΙΑΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Σύμφωνα με αρκετές επιστημονικές μελέτες οι σπόροι του αβοκάντο εμφανίζουν έντονη αντιμικροβιακή και αντιοξειδωτική δράση κατά ορισμένων βακτηρίων όπως της *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes* και *Pseudomonas spp.* Επίσης τα Gram θετικά βακτήρια θεωρούνται περισσότερο ευαίσθητα από τα gram αρνητικά βακτήρια (Rodriguez-Carpena et al., 2011).

4.2.1. ANTIMΙΚΡΟΒΙΑΚΗ ΔΡΑΣΗ

Η τροφική δηλητηρίαση προκαλείται από κατανάλωση ποτών και τροφίμων που είναι μολυσμένα από παθογόνους μικροοργανισμούς όπως είναι τα βακτήρια, τα παράσιτα και οι ιοί. Σύμφωνα με το Κέντρο Πρόληψης Ελέγχου Ασθενειών υπάρχουν περίπου 48 εκατομμύρια περιστατικά ανά έτος που συσχετίζονται με τροφικές δηλητηριάσεις (CDC 2018). Τα κυριότερα συμπτώματα των τροφικών δηλητηριάσεων είναι ναυτίες, πόνος στο στομάχι, διάρροια και εμετός.

Σύμφωνα με πειραματικές μελέτες που διεξήχθησαν για την ανάδειξη των ευεργετικών ιδιοτήτων του αβοκαντελαίου διαπιστώθηκε ότι το έλαιο αυτό κατά την εξαγωγή του με ψυχρή έκθλιψη δρα ανασταλτικά έναντι των Gram- βακτηρίων (*Salmonella typhimurium*) και των Gram + βακτηρίων (*Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*). Η πειραματική διαδικασία που ακολουθήθηκε ήταν η εξής: Χρησιμοποιήθηκε μια πλάκα και πάνω σε αυτήν υπήρξε μια στρώση από άγαρ, καθώς στην μέση της πλάκας τοποθετήθηκε μια στρώση από παρθένο αβοκαντέλαιο. Παρατηρήθηκε ότι το αβοκαντέλαιο εμπόδιζε την ανάπτυξη κυρίως των Gram - βακτηρίων. Εντούτοις δεν αποδείχθηκε το ίδιο αποτέλεσμα για τα Gram+ βακτήρια (Santos et al., 2018).

4.3. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΑ ΖΩΑ

Σύμφωνα με διάφορες πειραματικές έρευνες που διεξήχθησαν σε πειραματόζωα για την ανάδειξη των ευεργετικών ιδιοτήτων του ελαίου οι έρευνες έδειξαν πως το αβοκαντέλαιο σε ποσότητα 1 g/250 g βάρους που χορηγήθηκε σε διαβητικούς αρουραίους μπορούσε να μειώσει τον σχηματισμό των ελεύθερων ριζών στο ήπαρ. Αυτό συνέβαλλε στην σημαντική μείωση του οξειδωτικού στρες.

Το αβοκαντέλαιο συντέλεσε ως ένα βαθμό στην βελτίωση της αλυσίδας μεταφοράς ηλεκτρονίων (Ortiz-Avila et al., 2015). Επίσης συμβάλλει στην καταπολέμηση των ελεύθερων ριζών, βελτιώνει την ποσότητα της γλουταθειόνης καθώς και αποτρέπει την μιτοχονδριακή δυσλειτουργία του εγκεφάλου (Ortiz-Avila et al., 2015). Συμπληρωματικά το έλαιο αυτό συμβάλλει στην μείωση των διαφόρων αλλοιώσεων στην αναπνευστική αλυσίδα σε νεφρικό επίπεδο (Ortiz-Avila et al., 2013).

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το αβοκαντέλαιο θεωρείται ένα βιολειτουργικό προϊόν με ποικίλες ευεργετικές ιδιότητες για την ανθρώπινη υγεία. Η ποιότητα και η σύνθεση του αβοκαντελαίου εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες όπως είναι: η περίοδος συγκομιδής του φρούτου, η ωρίμανση του φρούτου, η ποικιλία του καθώς και οι μέθοδοι εκχύλισης του αβοκαντελαίου. Το αβοκαντέλαιο θεωρείται ένα προϊόν εκχύλισης το οποίο δύναται να παραληφθεί με διάφορες μεθόδους εκχύλισης. Συνήθως γίνεται χρήση βιολογικών, χημικών και φυσικών μεθόδων με στόχο την παραγωγή ενός ποιοτικά ανώτερου ελαίου. Μέχρι σήμερα έχουν χρησιμοποιηθεί αρκετές μέθοδοι

εκχύλισης όπως είναι: η εκχύλιση με οργανικούς διαλύτες, η εκχύλιση με την βοήθεια υπερκρίσιμου και υποκρίσιμου διοξειδίου του άνθρακα, εκχύλιση με χρήση μικροκυμάτων, υδατική εκχύλιση με την βοήθεια της φυγοκέντρισης, εκχύλιση μέσω υπερήχων, εργαστηριακή μέθοδος εκχύλισης και τέλος με την μέθοδο απομόνωσης του ελαίου με ψυχρή έκθλιψη. Οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες μέθοδοι εκχύλισης είναι αυτές με την χρήση οργανικών διαλυτών και η μέθοδος εκχύλισης με ψυχρή έκθλιψη. Η μέθοδος εκχύλισης με χρήση οργανικών διαλυτών εφαρμόζεται κυρίως σε αρκετές πειραματικές μελέτες. Θεωρείται μια σχετικά οικονομική μέθοδος εκχύλισης λόγω του ότι επιτυγχάνονται πολλές διαδοχικές εκχύλισης ενώ αυξάνεται σε μεγάλο βαθμό η απόδοση του ελαίου και συγχρόνως διασφαλίζεται η γρήγορη παραλαβή του. Το σημαντικότερο όμως μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι δεν θεωρείται φιλική προς το περιβάλλον λόγω του ότι χρησιμοποιούνται μεγάλες ποσότητες από οργανικά υπολείμματα και συγχρόνως μειώνεται η διατροφική αξία του ελαίου και συνεπώς παράγεται ένα προϊόν κατώτερης ποιότητας. Για όλους τους παραπάνω λόγους φαίνεται λογικό το συγκεκριμένο λάδι δεν δύναται να είναι βρώσιμο για το ανθρώπινο καταναλωτικό κοινό. Μια διαφορετική ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνική θεωρείται η ψυχρή έκθλιψη η οποία υπερτερεί συγκριτικά με τις υπόλοιπες μεθόδους καθώς παρουσιάζονται αρκετά πλεονεκτήματα. Είναι μια τεχνική γρήγορης εκχύλισης κατά την οποία παρόλο που παραλαμβάνεται μικρότερη ποσότητα αβοκαντελαίου συγκριτικά με τις υπόλοιπες μεθόδους, εξάγεται όμως ένα έλαιο ανώτερης διατροφικής και βιολογικής αξίας από τα υπόλοιπα εξαγόμενα έλαια. Καθώς έχει αποδειχθεί ότι περιέχει μεγάλη περιεκτικότητα σε φαινολικές ουσίες, καρροτενοειδή, χλωροφύλλες και α-τοκοφερόλες. Επίσης αυτή η μέθοδος εκχύλισης θεωρείται αρκετά φιλική προς το περιβάλλον και χρησιμοποιείται συχνά και για μαγειρικούς σκοπούς. Το έλαιο περιέχει υψηλές συγκεντρώσεις βιοδραστικών συστατικών, όπως είναι: η α-τοκοφερόλη και β-σιτοστερόλη, τα λιπαρά οξέα, οι χλωροφύλλες και τα καρροτενοειδή καθώς εμφανίζει και υψηλές περιεκτικότητες σε μη σαπωνοποιήσιμα συστατικά όπως είναι: τοκοφερόλες, φαινολικά συστατικά, στερόλες και φυτικές χρωστικές ουσίες. Το παρθένο αβοκαντέλαιο αποτελείται κυρίως από μονοακόρεστα λιπαρά οξέα (> 67 %), κυρίως ελαϊκό, παλμιτικό και λινολεϊκό οξύ. Όλα αυτά τα ευεργετικά συστατικά που έχουν ανιχνευθεί στο αβοκαντέλαιο συντέλεσαν στο γεγονός να πραγματοποιηθούν αρκετές πειραματικές και ερευνητικές μελέτες κυρίως σε πειραματόζωα όπως είναι οι αρουραίοι αλλά πραγματοποιήθηκαν και λίγες κλινικές μελέτες και στους ανθρώπους. Η συχνή κατανάλωση του αβοκαντελαίου εξασφαλίζει αρκετά οφέλη για την ανθρώπινη υγεία όπως: 1) συμβάλλει στην μείωση των καρδιαγγειακών νοσημάτων λόγω της υψηλής του περιεκτικότητας σε ελαϊκό οξύ 2) είναι αρκετά ευεργετικό για το δέρμα, την επούλωση των τραυμάτων καθώς και για την αντιμετώπιση ορισμένων ασθενειών του δέρματος π.χ. ψωρίαση. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην υψηλή περιεκτικότητα σε καρροτενοειδή αλλά και σε βιταμίνης E. 3) προκαλεί μείωση της «κακής» χοληστερόλης, του σακχαρώδους διαβήτη, της αρτηριακής πίεσης και συγχρόνως αυξάνει την «καλή χοληστερόλη» παράλληλα συμβάλλει στη σωστή λειτουργία του ήπατος και προλαμβάνει διάφορες χρόνιες παθήσεις όπως είναι ο καρκίνος και την μη αλκοολική λιπώδη νόσο του ήπατος 4) ο συνδυασμός των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων και της ζεαξανθίνης-λουτεΐνης βοηθά στην καλύτερη δυνατή απορρόφηση των καρροτενοειδών. Το γεγονός συντελεί στην καλύτερη δυνατή προστασία των οφθαλμών 5) η πιθανή συμβολή του αβοκαντελαίου στην αντιμετώπιση της οστεοαρθρίτιδας οφείλεται στα ασαπωνοποίητα συστατικά του αβοκάντο και της σόγιας. Αυτά τα συστατικά παρουσιάζουν αναλγητικές και αντιοξειδωτικές δράσεις.

Εν κατακλείδι το αβοκάντέλαιο εμφανίζει παρόμοια περιεκτικότητα σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα (MUFA) αλλά και σε πολύτιμες βιοδραστικές ενώσεις με τις αντίστοιχες του ελαιολάδου. Έτσι το έλαιο αβοκάντο θεωρείται ένα λειτουργικό έλαιο, το οποίο θα μπορούσε να αποτελεί έναν από τους βασικούς κορμούς της διατροφής του ανθρώπου.

6. ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Abaide, E., Zobot, G., Tres, M., Martins, R., Fagundez, J., Nunes, L., Druzian, S., Soares, J., Dal Pra, V., & Silva, J. (2017). Yield composition, and antioxidant activity of avocado pulp oil extracted by pressurized fluids. *Food and Bioproduct Processing*, 102, 289-298

Abdel-Moneim, A. A., Ahmed, O. M., Fahim, H. I., & Mohamed, E. E. (2017). The preventive effects of avocado fruit and seed extract on cardio-nephrotoxicity induced by diethylnitrosamine/2-acetylaminoflurine in Wistar rats. *Basic Sciences of Medicine*, 6(1), 4-13

Adeoti, I. A. & Hawboldt, K. (2014). A review of lipid extraction from fish processing by-product for use as a biofuel. *Biomass and Bioenergy*, 63, 330-340

Alnasan, Z. (2019). Characteristics of the oil of different varieties of avocado grown in Brazil and a new methodology for extra-virgin avocado oil extraction. Universidade de Brazilia, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinaria

Alupului, A., Calinescu, I., & Lavric, V. (2012). Microwave Extraction of active principles from medicinal plants. *University Politehnica of Bucharest Scientific Bulletin*, 74(2), 129-142

Arancibia, C., Riquelme, N., Zuniga, R. & Matiacevicha, S. (2017). Comparing the effectiveness of natural and synthetic emulsifiers on oxidative and physical stability of avocado oil-based nanoemulsions. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 44, 159-166

Argueta-Villamar, A., Cano, L., & Rodarte, M. (1994). Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana, México

Arima, H.K. & Tango, J.S. (1985). Characterization of Avocado oil extracted by different extraction processes. *Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas*, 22(2), 267-284

Arpaia, M., Jacman, C. R., Woolf, A., White, A., Thompson, J. F., & Slaughter, D. S. 2006. Avocado Postharvest Quality. Proc. California Avocado Research Symposium. P. 143-155

Ashton, O. B. O., Wong, M., McGhie, T. K., Vather, R., Wang, Y., Requejo-Jackman, C., Ramankutty, P., & Woolf, A. B. (2006). Pigments in avocado tissue and oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(26), 10151-10158.

Asrih, M., & Jornayvaz, F.R. (2014). Diets and nonalcoholic fatty liver disease: The good and the bad. *Clinical Nutrition*, 33(2), 86-90

Au, R. Y., Al-Talib, T. K., Au, A. Y., Phan, P. V., & Frondoza, C. G. (2007). Avocado soybean unsaponifiables (ASU) suppress TNF-alpha, IL-1 beta, COX-2, iNOS gene expression, and prostaglandin E2 and nitric oxide production in articular chondrocytes and monocyte/macrophages. *Osteoarthritis Cartilage*, 15(11), 1249-1255

- Azmir, J., Zaidul, I. S. M., Rahman, M. M., Shariff, K. M., Mohamed, A., Sahena, F., Jahurul, M. H. A., Ghafoor, K., Norulaini, N. A. N., & Omar, A. K. M. (2013). Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of Food Engineering*, *117*(4), 426-436
- Baer, D. J., Judd, J. T., Clevidence, B. A., & Tracy, R. P. (2004). Dietary fatty acids affect plasma markers of inflammation in healthy men fed controlled diets: A randomized crossover study. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *79*(6), 969–973
- Balder, H. F., Vogel, J., Jansen, M. C., Weijenberg, M. P., van den Brandt, P. A., Westenbrink, S., van der Meer, R., & Goldbohm, R. A. (2006). Heme and Chlorophyll intake and risk of colorectal cancer in the Netherlands cohort study. *Cancer Epidemiology and Prevention Biomarkers*, *15*(4), 717–725
- Barrera-Lopez, R.E. & Arrubla-Verez, J.P. (2017). Analysis of Phytosterols in the seed of *Persea americana* Mill (Var. Lorena) by gas chromatography and high performance liquid chromatography. *Revista de la Facultad de Ciencias Basicas*, *13*, 35-41
- Barros, H. D. F. Q., Coutinho, J. P., Grimaldi, R., Godoy, H. T., & Cabral, F. A. (2016). Simultaneous extraction of edible oil from avocado and capsanthin from red bell pepper using supercritical carbon dioxide as solvent. *The Journal of Supercritical Fluids*, *107*, 315
- Barros, H., Grimaldi, R., & Cabral, F. (2016). Lycopene-rich avocado oil obtained by simultaneous supercritical extraction from avocado pulp and tomato pomace. *The Journal of Supercritical Fluids*, *120*, 1-6
- Belitz, H. D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2012) *Χημεία Τροφίμων*, 4η έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα
- Berasategi, I., Barriuso, B., Ansorena, D., & Astiasarán, I. (2012). Stability of avocado oil during heating: Comparative study to olive oil. *Food Chemistry*, *132*, 439–446
- Berenbaum F. (2004). Signaling transduction: Target in osteoarthritis. *Current Opinions in Rheumatology*, *16*(5), 616–622
- Berger, A., Jones, P. J. H. & Abumweis, S. S. (2004). Plant sterols: factors affecting their efficacy and safety as functional food ingredients. *Lipids in Health and Disease*, *3*, 5-23
- Bizimana, V., Breene, W.M. & Csallany, A.S. (1993). Avocado oil extraction with appropriate technology for developing countries. *Journal of the American Oil Chemist's Society*, *70*(8), 821-822
- Blotman F., Maheu E., Wulwik A., Caspard H., & Lopez A. (1997). Efficacy and safety of avocado/soybean unsaponifiables in the treatment of symptomatic osteoarthritis of the knee and hip. A prospective, multicenter, three-month, randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Revista of Rheumatology in England*, *64*(12), 825–834
- Birkbeck, J. (2002). Health benefits of avocado oil. *Food New Zealand*, *2*, 40-42
- Bligh, E.G., & Dyer, W.J. (1959) A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology* *37*, 911-917

- Blotman F., Maheu E., Wulwik A., Caspard H., & Lopez A. (1997). Efficacy and safety of avocado/soybean unsaponifiables in the treatment of symptomatic osteoarthritis of the knee and hip. A prospective, multicenter, three-month, randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Revista of Rheumatology in England*, 64(12), 825–834
- Bora, P. S., Narain, N., Rocha, R. V. M., & Paulo, M. G. (2001). Characterization of the oils from the pulp and seeds of avocado (cultivar: Fuerte) fruits. *Grasas Aceites*, 52(3-4), 171-174
- Boskou, D. (2006). *Olive Oil: Chemistry and Technology* (2nd ed., Vol. 1). AOCS Press.
- Buenrostro, M., & Lopez-Munguia, C. A. (1986) Enzymatic extraction of avocado oil. *Biotechnology Letters*, Mostert, M. E., Botha, B. M., Du-Plessis, L. M., & Duodu, K. G. (2007). Effect of fruit ripeness and method of fruit drying on the extractability of avocado oil with hexane and supercritical carbon dioxide. *Science of Food and Agriculture*, 87(15), 2880-2885
- Burton, G. W., & Ingold, K. U. (1981). Autoxidation of biological molecules. 1. Antioxidant activity of vitamin E and related chain-breaking phenolic antioxidants in vitro. *Journal of the American Chemical Society*, 103(21), 6472–6477
- Butt, A. J., Roberts, C. G., Seawright, A. A., Oelrichs, P. B., Macleod, J. K., Liaw, T. Y. E., Kavallaris, M., Somers-Edgar, T. J., Lehrbach, G. M., Watts, C. K., & Sutherland, R. L. (2006). Novel plant toxin, persin, with in vivo activity in the mammary gland, induces Bim-dependent apoptosis in human breast cancer cells. *Molecular Cancer Therapeutics*, 5(9), 2300-2309
- Caballero, E., Soto, C., Olivares, A. & Altamirano, C. (2014). Potential use of avocado oil on structured lipids MLM-type production catalysed by commercial immobilised lipases. *PLoS ONE*, 9(9), 1-7
- Campuzano-Bublitz, M. A., Ubrán, R. A., Rolón, A. L., Goretti Diarte, E. M., Coronel, C. M., & Kennedy, M. L. (2016). Influencia del consumo de pulpa de aguacate, *Persea americana*, sobre el metabolismo lipídico en ratones normolipémicos e hiperlipémicos inducidos por dieta. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 66(4), 279–286
- Cardoso, P. F., Scarpassa, J. A., Pretto-Giordano, L. G., Otaguiri, E. S., Yamada-Ogatta, S. F., Nakazato, G., Perugini, M. R. E., Moreira, I. C., Vilas-Bôas, G. T. (2016). Antibacterial activity of avocado extracts (*Persea americana* Mill.) against *Streptococcus agalactiae*. *International Journal of Experimental Botany*, 85, 218-224
- Carvajal-Zarrabal, O., Nolasco-Hipolito, C., Aguilar-Uscanga, M., Melo-Santiesteban, G., Hayward-Jones, P. M., & Barradas-Dermitz, D. M. (2014a). Avocado oil supplementation modifies cardiovascular risk profile markers in a rat model of sucrose-induced metabolic changes. *Disease Markers*, (386425), 1-8
- Carvajal-Zarrabal, O., Nolasco-Hipolito, C., Aguilar-Uscanga, M., Melo-Santiesteban, G., Hayward-Jones, P. M., & Barradas-Dermitz, D. M. (2014b). Effect of dietary intake of avocado oil and olive oil on biochemical markers of liver function in sucrose-fed rats. *Biomed Research International*, (595479), 1-8
- Carvalho, C.P., Bernal, E. J., Velasquez, M. A. & Cartagena, V.J. (2015). Fatty acid content of avocados (*Persea americana* Mill. cv. Hass) in relation to orchard altitude and fruit maturity stage. *Agrochimica Colombiana*, 33(2), 220-227

CDC (2018) Foodborne illnesses and germs. Retrieved November, 15, 2018

Cervantes-Paz, B., Victoria-Campos, C. I., & Ornelas-Paz, J. d. J. (2016). Absorption of carotenoids and mechanisms involved in their health-related properties. In C. Stange (Ed.), *Carotenoids in nature: Biosynthesis, regulation and function* (pp. 415–454).

Cervantes-Paz, B., & Yahia, E. M. (2021). Avocado oil: Production and market demand, bioactive components, implications in health, and tendencies and potential uses. *Comprehensive Reviews in Food Science and Technology*, 20, 4120-4158

Chairman, D.S., Chairman, M., Dawson, T., Delaney, B., Fine, J., Flickinger, B., Friedman, P., Heckel, C., Hughes, J., Kincs, F., Liu, L., McBrayer, T., McCaskill, D., McNeill, G., Nugent, M., Paladini, E., Rosegrant, P., Tiffany, T., Wainwright, B., & Wilken (2006). *Journal of Food Fats and Oils* Ninth edition. P.7.8

Chemat, S., Lagha, A., H., AitAmar, Bartels, V., & Chemat, F. (2004). Comparison of conventional and ultrasound-assisted extraction of carvone and limonene from caraway seeds. *Flavour and Fragrance Journal*, 19, 188-195

Chemat, F., Tomao, V., & Viot, M. (2008). *Handbook of Food Analysis Instruments*. (Ed: Otles S)., CRC Press , Ch. 5

Chen, R., Xu, K. & Shen, M. (2020). Avocado oil, coconut oil, walnut oil as true oil phase for ion transfer at nanoscale liquid/liquid interfaces. *Electrochimica Acta*, 357, 136788

Chew, S. C., Tan, C. P., Long, K., & Nyam, K. L. (2016). Effect of chemical refining on the quality of kenaf (*Hibiscus cannabinus*) seed oil. *Industrial Crops and Products*, 89, 59-65

Christensen, R., Bartels, E. M., Astrup, A., & Bliddal, H. (2008). Symptomatic efficacy of avocado-soybean unsaponifiables (ASU) in osteoarthritis (OA) patients: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Osteoarthritis Cartilage*, 16(4), 399-408

Ciccone, M. M., Cortese, F., Gesualdo, M., Carbonara, S., Zito, A., Ricci, G., Pascalis, F. D., Scicchitano, P., & Riccioni, G. (2013). Dietary intake of carotenoids and their antioxidant and antiinflammatory effects in cardiovascular care. *Mediators of Inflammation*, 2013, 1–11.

Corzzini, S., Barros, H, Grimaldi, R., & Cabral, F. (2017). Extraction of edible avocado oil using supercritical CO₂ and a CO₂/ethanol mixture as solvents. *The Journal of Food Engineering*, 194, 40-45

Costagli, G., & Betti, M. (2015). Avocado oil extraction processes: Method for cold-pressed high-quality edible oil production versus traditional production. *Journal of Agricultural Engineering*, 46, 115–122

Criado, M. N., Motilva, M. J., Goni, M., & Romero, M. P. (2007). Comparative study of the effect of the maturation process of the olive fruit on the chlorophyll and carotenoid fractions of drupes and virgin oils from Aberquina and Faga Cultivars. *Food Chemistry*, 100, 748-755

de Castro, M. D. L., & Priego-Capote, F. (2010). Soxhlet extraction: Past and present panacea. *Journal of Chromatography A*, 1217, 2383-2389

De la Torre-Carbot, K., Chávez-Servín, J. L., Reyes, P., Ferriz, R. A., Gutiérrez, E., Escobar, K., Aguilera, A., Anaya, M. A., García-Gasca, T., García, O. P., & Rosado, J. L. (2015). Changes

- in lipid profile of Wistar rats after sustained consumption of different types of commercial vegetable oil: A preliminary study. *Universal Journal of Food and Nutrition Science*, 3, 10–18
- de Mejía, E.G., Ramos-Gómez, M., & Loarca-Piña, G. (1997). Antimutagenic activity of natural xanthophylls against aflatoxin B1 in *Salmonella typhimurium*. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 30(3), 346–353
- de Mejía, E.G., Loarca-Piña, G., & Ramos-Gómez, M. (1997). Antimutagenicity of xanthophylls present in Aztec Marigold (*Tagetes erecta*) against 1-nitropyrene. *Mutation Research*, 389(2–3), 219–226
- de Oliveira, A. P., Franco, E. D. S., Rodrigues Barreto, R., Cordeiro, D. P., de Melo, R. G., de Aquino, C. M. F., Rodrigues-Silva, A. A., de Medeiros, P. L., da Silva, T. G., da Silva Góes, A. J., & Maia, M. B. D. S. (2013). Effect of semisolid formulation of *Persea americana* Mill (avocado) oil on wound healing in rats. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013, 2–8.
- de Vogel, J., Jonker-Termont, D. S., Katan, M. B., & van der Meer, R. (2005). Natural chlorophyll but not chlorophyllin prevents heme-induced cytotoxic and hyperproliferative effects in rat colon. *The Journal of Nutrition*, 135(8), 1995–2000
- Del Toro-Equihua, M., Velasco-Rodríguez, R., López-Ascencio, R., & Vásquez, C. (2016). Effect of an avocado oil-enhanced diet (*Persea americana*) on sucrose-induced insulin resistance in Wistar rats. *Journal of Food and Drug Analysis*, 24(2), 350–357
- Ding, H., Chin, Y. W., Kinghorn, A. D., & D'Ambrosio, S. M. (2007). Chemopreventive characteristics of avocado fruit. *Seminars in Cancer Biology*, 17(5), 386–394
- Dinubile N. A. (2010). A potential role for avocado-and soybean-based nutritional supplementation in the management of osteoarthritis: A review. *The Physician and Sports medicine*, 38(2), 71–81
- Dominguez, H., Nunez, M. J. & Lema, J. M. (1994). Enzymatic pretreatment to enhance oil extraction from fruits and oilseeds: a review. *Food Chemistry*, 49(3), 271–286
- dos Santos, M. A. Z., Alicieo, T. V. R., Pereira, C. M. P., Ramis-Ramos, G., & Mendonca, C. R. B. (2014). Profile of Bioactive Compounds in Avocado Pulp Oil: Influence of the Drying Processes and Extraction Methods. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91, 19–27
- Dreher, M. L., & Davenport, A. J. (2013). Hass avocado composition and potential health effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(7), 738–750
- Dubois, V., Breton, S., Linder, M., Fanni, J., & Parmentier, M. (2007). Fatty acid profiles of 80 vegetable oils with regard to their nutritional potential. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109, 710–732
- Dunford, N.T. (2017). Gourmet and specialty oils. Robert M. Kerr Food & Agricultural Products Center
- Dwyer, J. H., Navab, M., Dwyer, K. M., Hassan, K., Sun, P., Shircore, A., Hama-Levy, S., Hough, G., Wang, X., Drake, T., Merz, C. N.B., & Fogelman, A. M. (2001). Oxygenated carotenoid lutein and progression of early atherosclerosis: The Los Angeles atherosclerosis study. *Circulation*, 103(24), 2922–2927

- Eaks, I. (1990). Change in the fatty acid composition of avocado fruit during ontogeny, cold storage and ripening. *Acta Horticulturae*, 269, 141-151
- Espinosa-AloErnst, E. (2003). Avocado-soybean unsaponifiables (ASU) for osteoarthritis—A systematic review. *Clinical Rheumatology*, 22(4–5), 285–288
- Espinosa-Alonso, L. G., Paredes-López, O., Valdez-Morales, M., & Oomah, B. D. (2017). Avocado oil characteristics of Mexican creole genotypes. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119(10), 1600406
- Eyres, L., Sherpa, N., & Hendriks, G. (2006). Avocado Oil- A new edible Oil from Australasia. Institute of Food, Nutrition and Human Health, Massey University, New Zealand
- Fernandes, G. D., Gomez-Coca, R. B., Perez-Camino, M. C., & Barrera-Arellano, D. (2018). Chemical characterization of commercial and single-variety avocado oils. *Grasas y Aceites*, 69(2), 1-13
- Ferramosca, A., & Zara, V. (2014). Modulation of hepatic steatosis by dietary fatty acids. *World Journal of Gastroenterology*, 20(7), 1746-1755
- Flores-Sanchez, A., Lopez-Cuellar, M., Perez-Guevara, F., Figueroa Lopez, U., Martin-Bufajer, J.M. & Vergara-Porras, B. (2017) Synthesis of poly-(R-hydroxyalkanoates) by *Cupriavidus necator* ATCC 17699 using Mexican avocado (*Persea americana*) oil as a carbon source. *International Journal of Polymer Science*, 6942950
- Flores, M., Sarravia, C., Vergara, C. E., Avila, F., Valdes, H., & Ortiz-Viedma, J. (2019). Avocado Oil: Characteristics, Properties, and Applications. *Molecules*, 24, 1-21
- Folch, J., Lees, M., & Stanley, G. H. S. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 226, 497-509
- Forrero-Doria, O., Flores, M., Vergara, C. E., & Guzman, L. (2014). Thermal analysis and antioxidant activity of oil extracted from pulp of ripe avocados. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 130, 959-966
- Fulgoni, V., III, O' Neil, C. E. & Nicklas, T. A. (2007). Avocado consumption by adults is associated with better nutrient intake, diet quality, and some measures of adiposity: National health and nutrition examination survey, 2001-2002. *Internal Medicine Review*, 3, 2-23
- Furlan, C. P. B., Valle, S. C., Östman, E., Maróstica, M. R., Jr., & Tovar, J. (2017). Inclusion of Hass avocado-oil improves postprandial metabolic responses to a hypercaloric-hyperlipidic meal in overweight subjects. *Journal of Functional Foods*, 38, 349–354
- Galli, F., Stabile, A. M., Betti, M., Conte, C., Pistilli, A., Rende, M., Floridi, A., & Azzi, A. (2004). The effect of α - and γ -tocopherol and their carboxyethyl hydroxychroman metabolites on prostate cancer cell proliferation. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 423(1), 97–102
- Galvao, M. D. S., Narain, N., & Nigam, N. (2014). Influence of different cultivars on oil quality and chemical characteristics of avocado fruit. *Food Science and Technology*, 34(3), 539-546
- Gatbonton, G., De Jesus, A., Lorenzo, K., & Uy, M. M. (2013) Soxhlet extraction of Philippine avocado fruit pulp variety 240. *Chemical Engineering Journal*, 1, 1-8

- Gaydou, E. M., Lozano, Y., & Ratovohery, J. (1987). Triglyceride and fatty acid compositions in the mesocarp of *Persea americana* during fruit-development. *Phytochemistry*, 26, 1595-1597
- Gharby, S., Harhar, H., Kartah, B., Chafchauni, I., Sibawayh, Z., & Charrouf, Z. (2013). Chemical Characterization and oxidative stability of two monovarietal virgin olive oils (Moroccan Picholine and Arbequina) grown in Morocco. *Journal of Materials and Environmental Science*, 4(6), 935-942
- Gharby, S., Harhar, H., Chafchauni, I., Charrouf, Z., Boulbaroud, S., Bouzoubaa, Z., & Madani, N. E. (2014). The stability of vegetable oils (sunflower, rapessed and palm) sold on the Moroccan market at high temperature. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*, 5, 47-54
- Góes, P. S. A. O. (2006). Papel da Petrobras na produção de Biodiesel: Perspectivas de produção e distribuição do biodiesel de mamona. 180f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Departamento de energia ambiental, Universidade da Bahia, Salvador
- Goff, S. A., & Klee, H. J. (2006). Plant volatile compounds: sensory cues for health and nutritional value. *Science*, 311(5762), 815-819
- Gouegni, E. F., & Abubakar, H. (2013). Phytochemical, toxicological, biochemical and haematological studies on avocado (*Persea americana*) in experimental animals. *Nigerian Food Journal*, 31(1), 64–69
- Green, H. S., & Wang, S. C. (2020). First report on quality and purity evaluations of avocado oil sold in the US. *Food Control*, 116, 1-8
- Grudzinski, W., Piet, M., Luchowski, R., Reszczyńska, E., Welc, R., Paduch, R., & Gruszecki, W. I. (2018). Different molecular organization of two carotenoids, lutein and zeaxanthin, in human colon epithelial cells and colon adenocarcinoma cells. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 188, 57–63
- Guillen-Sanchez J. & Paucar-Menchado, L.M. (2020). Oxidative stability and shelf life of avocado oil extracted cold and hot using discard avocado (*Persea americana*). *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 127-133
- Gunn, N. T., & Schiffman, M. L. (2018). The use of liver biopsy in nonalcoholic fatty liver disease: When to biopsy and in whom. *Clinics in Liver Disease*, 22(1), 109-119
- Gutierrez-Rosales, F., Garridofernandez, J., Gallardoguerrero, L., Gandulrojas, B., & Minguezmosquera, M. I. (1992). Action of chlorophylls on the stability of virgin olive oil. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 69, 866–871
- Haiyan, Z., Bedgood, D. R., Bishop, A. G., Prenzler, P. D. & Robards, K. (2007). Endogenous biophenol, fatty acid and volatile profiles of selected oils. *Food Chemistry*, 100(4), 1544-1551
- Haizhou, L., Pordesimo, L., & Weiss, J. (2004). High intensity ultrasounds-assisted extraction of oil from soybeans. *Food Research International*, 37, 731-738
- Hanmoungjai, D. L., Pyle, D. E., & Niranjan, K. (2001). Enzymatic process for extracting oil and protein from rice brain. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 78, 817-821

- Helmick C. G., Felson D. T., Lawrence R. C. (2008). National Arthritis Data Workgroup. Estimates of the prevalence of arthritis and other rheumatic conditions in the United States Part I. *Arthritis and Rheumatology*, 58(1), 15–25
- Henroitin Y. E., Deberg M. A., Crielaard J. M., Piccardi, N., Msika, P., & Sanchez, C. (2006). Avocado/soybean unsaponifiables prevent the inhibitory effect of osteoarthritis subchondral osteoblasts on aggrecan and type II collagen synthesis by chondrocytes. *Journal of Rheumatology*, 33(8), 1666–1678
- Hozawa, A., Jacobs, D. R., Jr., Steffes, M. W., Gross, M. D., Steffen, L. M., & Lee, D. H. (2007). Relationships of circulating carotenoid concentrations with several markers of inflammation, oxidative stress, and endothelial dysfunction: The coronary artery risk development in young adults (CAR-DIA)/young adult longitudinal trends in antioxidants (YALTA) study. *Clinical Chemistry*, 53(3), 447–455
- Huang, C., Huang, A., & Chen, M. (2004). Preliminary study on application of extract from *Baccaea* of *Persea americana* L. in cosmetic industry Chemical. *Industry of Food Forests*, 24, 87-90
- Inanç, A. L. (2011). Chlorophyll: Structural properties, health benefits and its occurrence in virgin olive oils. *Akademik Gıda*, 9, 26–32
- Indriyani, L., Rohman, A., & Riyanto, S. (2016). Physico-Chemical Characterization of Avocado (*Persea americana* Mill.) Oil from Three Indonesian Avocado Cultivars. *Research Journal of Medicinal Plants*, 10(1), 67-68
- Inoue, H. & Tateishi, A. (1998). Ripening and fatty acid composition of avocado fruit in Japan. Proceedings of the World Avocado Congress III. Tel Aviv, Israel, 366-369
- Jenab, M., Riboli, E., Ferrari, P., Friesen, M., Sabate, J., Norat, T., Slimani, N., Tjønneland, A., Olsen, A., Overvad, K., Boutron-Slattery, M. L., Benson, J., Curtin, K., Ma, K. N., Schaeffer, D., & Potter, J. D. (2000). Carotenoids and colon cancer. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71(2), 575–582
- Jeon, H. Y., Kim, J. K., Seo, D. B., & Lee, S. J. (2009). Effects of chlorophyll-a on UVB-induced cellular response type I pN collagen synthesis in vivo. *Korean Journal of Food Science Technology*, 42(6), 700–705
- Jesch, E. D., & Carr, T. P. (2017). Food ingredients that inhibit cholesterol absorption. *Preventive Nutrition and Food Science*, 22(2), 67-80
- Kaiser, C., Smith, M.T., & Wolstenholme, B.N. (1992). Overview of lipids in the avocado fruit with particular reference to the Natal Midlands. *South African Avocado Growers' Association Yearbook*, 15, 78-82
- Kalua, C. M., Allen, M. S., Bedgood, D. R., Bishop, A. G., & Prenzler, P. D. (2005). Discrimination of olive oils and fruits into cultivars and maturity stages based on phenolic and volatile compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 8054-8062
- Karageorgi, S., Alsmadi, O., & Behbehani, K. (2013). A review of adult obesity prevalence, trends, risk factors, and epidemiologic methods in Kuwait. *Journal of Obesity*, 2013, 1–15

- Kawagishi, H., Fukumoto, Y., Hatakeyama, M., He, P., Arimoto, H., Matsuzawa, T., Arimoto, Y., Suganuma, H., Inakuma, T., & Sugiyama, K. (2001). Liver Injury Suppressing Compounds from Avocado (*Persea americana*). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, *49*, 2215-2221
- Kikuta, Y & Erickson, L.C. (1968). Seasonal changes of avocado lipids during fruit development and storage, *California Avocado Society Yearbook*, *52*, 102-108
- Kim, K. B., Nam, Y.A., Kim, H.S., Hayes A. W., & Lee, B. M. (2014). α -Linolenic acid: Nutraceutical, pharmacological and toxicological evaluation. *Food and Chemical Toxicology*, *70*, 163–178.
- Klein, S., Allison, D. B., Heymsfield, S. B., Kelley, D. E., Leibel, R. L., Nonas, C., & Kahn, R.(2007). Waist circumference and cardiometabolic risk: A consensus statement from shaping America’s health: Association for Weight Management and Obesity Prevention; NAASO, the Obesity Society; the American Society for Nutrition; and the American Diabetes Association. *Obesity*, *15*(5), 1061–1067
- Kmiecik, D., Korczak, J., Rudzinska, M., A. Gramza-Michalowska, A., & Hes, M. (2009). Stabilization of phytosterols in rapeseed oil by natural antioxidants during heating. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *111*(11),1124 – 1132
- Koh, H. H., Murray, I. J., Nolan, D., Carden, D., Feather, J., & Beatt, S. (2004). Plasma and macular response to lutein supplement in subjects with and without age-related maculopathy: a pilot study. *Experimental Eye Research*, *79*, 21-27
- Kopec, R. E., Cooperstone, J. L., Schweiggert, R. M., Young, G. S., Harrison, E. H., Francis, D. M., Clinton, S. K., & Schwartz, S. J. (2014). Avocado consumption enhances human postprandial provitamin A absorption and conversion from a novel high- β -carotene tomato sauce and from carrots. *The Journal of Nutrition*, *144*(8), 1158–1166.
- Kritchevsky, D., Tepper, S. A., Wright, S., Czarnecki, S. K., Wilson, T. A., & Nicolosi, R. J. (2003). Cholesterol vehicle in experimental atherosclerosis 24: Avocado oil. *Journal of the American College of Nutrition*, *22*(1), 52–55.
- Krumreich, F. D., Borges, C. D., Mendonça, C. R. B., Jansen-Alves, C., & Zambiasi, R.C. (2018). Bioactive compounds and quality parameters of avocado oil obtained by different processes. *Food Chemistry*, *257*, 376–381
- Kumar, B., Smita, K., Debut, A., & Cumbal, L. (2018). Utilization of *Persea americana* (Avocado) oil for the synthesis of gold nanoparticles in sunlight and evaluation of antioxidant and photocatalytic activities. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, *10*, 231-237
- Lamaud, E., Huc, A., & Wepierre, J. (1982). Effects of avocado and soya bean lipidic non-saponifiables on the components of skin and connective tissue after topical application in the hairless rat: Biophysical and biomechanical determination. *International Journal of Cosmetic Science*, *4*, 143-152
- Lampi, A. M., Juntunen, L., Toivo, J., & Piironen, V. (2002). Determination of thermo-oxidation products of plant sterols. *Journal of chromatography. B, Analytical technologies in the biomedical and life*, *777*(1-2), 83-92

- Lee, S. K., Young, R. E., Schiffman, P. M., & Coggins, C. W. (1983). Maturity studies of avocado fruit based on picking dates and dry-weight. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, *108*, 390-394
- Lelyveld, L. J. V., Gerrish, C., & Dixon, R. A. (1984). Enzyme activities and polyphenols related to mesocarp discolouration of avocado fruit. *Phytochemistry*, *23*, 1531-1534
- Lequesne, M., Maheu, E., Cadet, C., & Dreiser, R. L. (2002). Structural effect of avocado/soybean unsaponifiables on joint space loss in osteoarthritis of the hip. *Arthritis and Rheumatology*, *47*(1), 50–58
- Lewis, C. E. (1978). Maturity of avocados-general review. *Journal of Agricultural and Food Science*, *29*, 857-866
- Li, W. T., Tsao, H. W., Chen, Y. Y., Cheng, S. W., & Hsu, Y. C. (2007). A study on the photodynamic properties of chlorophyll derivatives using human hepatocellular carcinoma cells. *Photochemical & Photobiological Sciences*, *6*(12), 1341–1348
- Lipiello L., Nardo J. V., Harlan R., & Chiou T. (2008). Metabolic effects of avocado/soy unsaponifiables on articular chondrocytes. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, *5*(2), 191–197
- Lopez, S., Bermudez, B., Montserrat-de, S., Jaramillo, S., Varela, L. M., Ortega-Gomez, A., Muriana F. J.G. (2014). Membrane composition and dynamics: A target of bioactive virgin olive oil constituents. *Biochimica et Biophysica Acta*, *1838*(6), 1638-1656
- Loupassaki, M., (1989). Studies on growth flowering and fruit set of avocado (*Persea Americana* L.). Thesis for the degree of Master of science
- Lozano, Y. F., Mayer, C. D., Bannon, C., & Gaydou, E. M. (1993). Unsaponifiable matter, total sterol and tocopherol contents of avocado oil varieties. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *70*(6), 561-565.
- Lu, Q. Y., Arteaga, J. R., Zhang, Q., Huerta, S., Go, V. L.W., & Heber, D. (2005). Inhibition of prostate cancer cell growth by an avocado extract: Role of lipid-soluble bioactive substances. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, *16*(1), 23–30.
- Lu, Q. Y., Zhang, Y., Wang, Y., Wang, D., Lee, R. P., Gao, K., Byrns, R., & Heber, D. (2009). California Hass avocado: Profiling of carotenoids, tocopherol, fatty acid, and fat content during maturation and from different growing areas. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *57*(21), 10408–10413
- Lunn, J., & Theobald H. (2006). The health effects of dietary unsaturated fatty acids. *Nutrition Bulletin*, *3*, 178–224
- Luque-Garcia, J. L., & de Castro, M. D. L. (2004). Focused microwave-assisted Soxhlet extraction: devices and applications. *Talanta*, *64*, 571-577
- Luza, J. G., Lizana, L. A., & Masson, L. (1990). Comparative lipids evolution during cold storage of three avocado cultivars. *Acta Horticulturae*, *269*, 153-160
- MacGill, M. (2018). Everything you need to know about hypertension. Retrieved December 1, 2018

- Magwaza, L. S., & Tesfay, S. Z. (2015). A review of destructive and non-destructive methods for determining avocado fruit maturity. *Food and Bioprocess Technology*, 8, 1995
- Maheu, E., Mazières, B., & Valat, J. P. (1998). Symptomatic efficacy of avocado/soybean unsaponifiables in the treatment of osteoarthritis of the knee and hip: A prospective, randomized, double-blind, placebo-controlled, multicenter clinical trial with a six-month treatment period and a two-month followup demonstrating a persistent effect. *Arthritis and Rheumatology*, 41(1), 81–91
- Mahmassani, H. A., Avendano, E. E., Raman, G., & Johnson, E. J. (2018). Avocado consumption and risk factors for heart disease: A systematic review and meta-analysis. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 107(4), 523–536.
- Manaf, Y. N., Rahardjo, A.P., Yusof, Y. A., Desa, M. N., & Nusantoro, B. P. (2018). Lipid characteristics and tocopherol content of the oils of native avocado cultivars grown in Indonesia. *International Journal of Food Properties*, 21(1), 2758-2771
- Mariano, R. G. B., Couri, S., & Freitas, S. P. (2009). Enzymatic technology to improve oil extraction from *Caryocar brasiliense* Camb. (Pequi) Pulp. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 31, 637
- Marquez-Ramirez, C., Hernandez de la Paz, J., Ortiz-Avila, O., Raya-Farias, A., Gonzalez-Hernandez, J., Salgado-Garciglia, R., Rodriguez-Orozco, A., Campos-Garcia, J., Saavedra-Molina, A., Cortes-Rojo, C., & Godinez-Hernandez, D. (2018). Comparative effects of avocado oil and losartan on blood pressure, renal vascular function, and mitochondrial oxidative stress in hypertensive rats. *Nutrition*, 54, 60-67
- Martínez-Padilla, L. P., Franke, L., Xu, X. Q., & Juliano, P. (2018). Improved extraction of avocado oil by application of sono-physical processes. *Ultrasonics Sonochemistry*, 40, 720–72
- Menezes, M. L. (2009). Biodiesel de abacate. 05 de junho de 2009. Agência FAPESP. P1
- Matthäus, B. & Spener, F. (2008). What we know and what we should know about virgin oils - A general introduction. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110(7), 597-601
- Meyer, M. D., & Terry, L. A. (2008). Development of a rapid method for the sequential extraction and subsequent quantification of fatty acids and sugars from avocado mesocarp tissue. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(16), 7439–7445.
- Meyer, M. D., & Terry, L. A. (2010). Fatty acid and sugar composition of avocado, cv. Hass, in response to treatment with an ethylene scavenger or 1-methylcyclopropene to extend storage life. *Food Chemistry*, 121(4), 1203–1210.
- Minguez-Mosquera, M. I., Gandul-Rojas, B., Gallardo-Guerrero, L., Roca, M., Jaren-Galan, M. (2008). Chlorophylls. *Methods of Analysis of Functional Foods and Nutraceuticals*, 2nd ed.; W.J. Hurst, Ed.; CRC Press: Boca Raton . 337–400.
- Moreno, A. O., Dorantes, L., & Galiandez, J. (2003). Effect of Different Extraction Methods on Fatty Acids, Volatile Compounds, and Physical and Chemical Properties of Avocado (*Persea Americana* Mill.) Oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 2216-2221

- Morton, J.F. (1987). *Fruits of Warm Climates*. Julia F. Morton, Miami, Florida Osche, J.J., Soule, M.J., Jr, Dijkman, M.J. and Wehlburg, C. (1961) *Tropical and Subtropical Agriculture*. The Macmillan Co., New York
- Msika, P. & Legrand, J. (2010). U.S. Patent No. 7,816,547. U.S. Patent and Trademark Office
- Mustafa, A. & Turner, C., (2011). Pressurized liquid extraction as a green approach in food and herbal plants extraction, A review. *Analytica Chimica Acta*, 703, 8-18
- N. M. (2008). Norma Mexicana NMX-F-052- SCFI-2008. Aceites y grasas-aceite de aguacate – especificaciones
- Naeimifar, A., Ahmad Nasrollahi, S., Samadi, A., Talari, R., Sajad Alenabi, S., Massoud Hossini, A., & Firooz, A. (2020). Preparation and evaluation of anti-wrinkle cream containing saffron extract and avocado oil *Journal of Cosmetic Dermatology*, 19(9), 2366-2373
- Nasri, C., Halabi, Y., Harhar, H., Mohammed, F., Bellaouchou, A., Guenbour, A., & Tabyaoui, M. (2021). Chemical characterization of oil from four Avocado varieties cultivated in Morocco. *Oilseeds & fats Crops and Lipids*, 28, 1-11
- Nkosi, R. D., Seshoka, M. L., Fourie, P. J., Kanengoni, A. T., Malebana, I. M.M., & Thomas, R.S. (2020). Dietary enzyme addition on the growth performance and carcass characteristics of pigs fed diets containing avocado oil cake silage. *Tropical Animal Health and Production*, 52, 2945-2953
- Nolan, J.M., Meagher, K., Kashani, S., & Beatty, S. (2013). What is meso-zeaxanthin, and where does it come from? *Eye*, 27, 899–905
- Oji, A., & Vivian, I. C. (2020). Extraction of edible oil from the pulp of *Persea americana* (Mill) using cold process method. *World News of Natural Science*, 17, 130-140
- Olagunju, H. T., Oruambo, I. F., Oyelowo, H. O., & Obediah, G. A. (2017). Effects of some selected solvent extracts of avocado pear (*Persea americana*) on cholesterol/HDL ratio in Albino rats. *Journal of Global Biosciences*, 6(8), 5205–5211
- Ortiz, M. A., Dorantes, Gallandez, A. L., M. J., & Cardenas, S. E., (2004). Effect of a Novel Oil Extraction Method on Avocado (*Persea americana* Mill) Pulp Microstructure. *Plant Foods for Human Nutrition*, 59, 11–14
- Ortiz-Avila, O., Sámano-García, C. A., Calderón-Cortés, E., Pérez-Hernández, I. H., Mejía-Zepeda, R., Rodríguez-Orozco, A. R., Saavedra-Molina, A., & Cortés-Rojo, C. (2013). Dietary avocado oils supplementation attenuates the alterations induced by type I diabetes and oxidative stress in electron transfer at the complex II-complex III segment of the electron transport chain in rat kidney mitochondria. *Journal of Bioenergetics and Biomembranes*, 45(3), 271–287
- Ortiz-Avila, O., Esquivel-Martínez, M., Olmos-Orizaba, B. E., Saavedra-Molina, A., Rodríguez-Orozco, A. R., & Cortés-Rojo, C. (2015). Avocado oil improves mitochondrial function and decreases oxidative stress in brain of diabetic rats. *Journal of Diabetes Research*, 2015, 485759

- Ortiz-Moreno, A., Hernandez Navarro, M. D., Dorantes-Álvarez, L., Chamorro-Cevallos, G. A., & Hernandez-Ortega, M. M. (2007). Comparative study of the hypolipidemic effect induced by different monounsaturated avocado oils. In Proceedings VI World Avocado Congress (Acts VI Congreso Mundial del Aguacate), pp. 12–16. ISBN No 978-956-17-0413-8
- Osche, J. J., Soule, M. J., Jr., Dijkman, M. J. & Wehlburg, C. (1961). Tropical and Subtropical Agriculture. The Macmillan Co., New York
- Ozdemir, F., & Topuz, A. (2004). Changes in dry matter, oil content and fatty acids composition of avocado during harvesting time and post-harvesting ripening period. *Food Chemistry*, 86, 79-83
- Padmanabhan, M., & Arumugam, G. (2014). Effect of *Persea americana* (avocado) fruit extract on the level of expression of adiponectin and PPAR- γ in rats subjected to experimental hyperlipidemia and obesity. *Journal of Complementary and Integrative Medicine*, 11(2), 107–119.
- Pagliaro, B., Santolamazza, C., Simonelli, F., & Rubattu, S. (2015). Phytochemical compounds and protection from cardiovascular diseases: A state of the art. *BioMed Research International*, 2015, 1–17
- Park, J. S., Chew, B. P., Wong, T. S., Zhang, J. X., & Magnuson, N. S. (1999). Dietary lutein but not astaxanthin or β -carotene increases pim-1 gene expression in murine lymphocytes. *Nutrition and Cancer*, 33(2), 206–212
- Pedreschi, R., Muñoz, P., Robledo, P., Becerra, C., Defilippi, B. G., van Eekelen, H., Mumm, R., Westra, E., & de Vos, R. C. (2014). Metabolomics analysis of postharvest ripening heterogeneity of ‘Hass’ avocados. *Postharvest Biology and Technology*, 92, 172–179.
- Permal, R., Chang, W. L., Seale, B., Hamid, N., & Kam, R. (2020). Converting industrial organic waste from the cold-pressed avocado oil production line into a potential food preservative. *Food Chemistry*, 306, 125635
- Perona, J. S., Covas, M. I., Fitó, M., Cabello-Moruno, R., Aros, F., Corella, D., Ros, E., Garcia, M., Estruch, R., Martinez-Gonzalez, M. A., & Ruiz-Gutierrez, V. (2010). Reduction in systemic and VLDL triacylglycerol concentration after a 3-month Mediterranean-style diet in high-cardiovascular-risk subjects. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 21(9), 892–898
- Pham, T. N. M., Jeong, S. Y., Kim, D. H., Park, Y. H., Lee, J. S., Lee, K. W., Moon, I. S., Choung, S. Y., Kim, S. H., Kang, T. H., & Jeong, K. W. (2020). Protective mechanisms of avocado oil extract against ototoxicity. *Nutrients*, 12(4), 947
- Pieterse, Z., Jerling, J. C., & Oosthuizen, W. (2003). Avocados (monounsaturated fatty acids), weight loss and serum lipids. *South African Avocado Growers' Association Yearbook*, 26, 65–71
- Pieterse, Z., Jerling, J. C., Oosthuizen, W., Kruger, H. S., Hanekom, S. M., Smuts, C. M., & Schutte, A. E. (2005). Substitution of high monounsaturated fatty acid avocado for mixed dietary fats during an energy-restricted diet: Effects on weight loss, serum lipids, fibrinogen, and vascular function. *Nutrition*, 21(1), 67–75

- Qin, X., & Zhong, J. (2016). A review of extraction techniques for avocado oil. *Journal of Oleo Science*, 65, 881–888
- Rahmani, M., & Csallany, A. S. (1998). Role of minor constituents in the photooxidation of virgin olive oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 75, 837-843
- Rao, A. V., & Rao, L. G. (2007). Carotenoids and human health. *Pharmacological Research*, 55(3), 207–216
- Rashid, S., Watanabe, T., Sakaue, T., & Lewis, G. F. (2003). Mechanisms of HDL lowering in insulin resistant, hypertriglyceridemic states: The combined effect of HDL triglyceride enrichment and elevated hepatic lipase activity. *Clinical Biochemistry*, 36(6), 421–429
- Ratovohery, J.V., lozano, Y. F., & Gaydou, E. M. (1988). Fruit-development effect on fatty acid composition of *Persea-americana* fruit mesocarp. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 36, 287-293
- Rault, M.-C., Clavel-Chapelon, F., Boeing, H., Schulz, M., Linseisen, J., Nagel, G., Trichopoulou, A., Naska, A., Oikonomou, E., & Gonzalez, C. A. (2006). Plasma and dietary carotenoid, retinol and tocopherol levels and the risk of gastric adenocarcinomas in the European prospective investigation into cancer and nutrition. *British Journal of Cancer*, 95(3), 406-445
- Rawls, H. R., & Vansante, P. J. (1970). A possible role for singlet oxygen in initiation of fatty acid autoxidation. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 47, 121-125
- Rengifo, P. G., Carhuapoma, M., Artica, L, Castro, A. J., & Lopez, S. (2015). Characterization and antioxidant activity of seed oil avocado *Persea americana* Mill. *Ciencia E Investigacion*, 18, 33-36
- Requejo-Tapia, C. (1999). International Trends in Fresh Avocado and Avocado Oil Production and Seasonal Variation of Fatty Acids in New Zealand-grown cv. Hass. Massey University, Palmerston North, New Zealand
- Restrepo, A. M., Londono, J., Gonzalez, D., Benavides, Y., & Cardona, B.L. (2012). Comparison of the oil from Hass variety avocado cultivated in Colombia, obtained by supercritical fluids and by conventional methods: A perspective under quality terms *Revista Lasallista de Investigacion*, 9, 151-161
- Rodriguez-Carpena, J. G., Morcuende, D., & Estevez M. (2012). Avocado, sunflower and olive oils as replacers of pork back-fat in burger patties: Effect on lipid oxidative stability composition and quality traits. *Meat Science*, 90(1), 106-11
- Rodríguez-Lopez, C. E., Hernández-Brenes, C., Trevino, V., & de la Garza, R. I. D. (2017). Avocado fruit maturation and ripening: dynamics of aliphatic acetogenins and lipidomic profiles from mesocarp, idioblasts and seed. *BMC Plant Biology*, 17, 159-182
- Rodriguez-Sanchez, D. G., Flores-García, M., Silva-Platas, C., Rizzo, S., Torre-Amione, G., De la Peña-Díaz, A., Hernández-Brenes, C., & García-Rivas, G. (2015). Isolation and chemical identification of lipid derivatives from avocado (*Persea americana*) pulp with antiplatelet and antithrombotic activities. *Food & Function*, 6(1), 192–202.

- Rosenthal, I., Merin, U., Popel, G., Bernstein, S. (1985). Determination of fat in vegetable foods. *Journal-Association of Official Analytical Chemists*, 68, 1226-1228
- Rosenthal, A., Pyle, D. E., & Niranjana, K. (1996). Aqueous and enzymatic processes for edible oil extraction. *Enzyme and Microbial Technology*, 19, 402-420
- Rosenthal, A., Pyle, D. E., Niranjana, K., Gilmour, S., Trinca, L. (2001). Combined effect of operational variables and enzyme activity on aqueous enzymatic extraction of oil and protein from soybean. *Enzyme and Microbial Technology*, 28, 499-509
- Rudzinska, M., Korczak, J., & Wasowicz, E. (2005). Changes in phytosterols and their oxidation products during frying of French fries in rapeseed oil. *Polish Journal of Food Nutrition and Sciences*, 14, 381-387
- Ruiz-Mendez, M. V. & Dobarganes, M. C. (2011). Oil refining. AOCS
- Rupasinghe, V. H. P., Kathirvel, P., & Huber, G. M. (2011). Ultrasonication-Assisted Solvent Extraction of Quercetin Glycosides from 'Idared' Apple Peels. *Molecules*, 16, 9783-9791
- Rydlewski, A. A., Pizzo, J. S., Manin, L. P., Galuch, M. B., Santos, P. D., Zapiello, C., Santow, O. O., & Visentainer, J. V. (2020). Evaluation of possible fraud in avocado oil-based products from the composition of fatty acids by GC-FID and lipid profile by ESI-MS. *Chemical Papers*, 74, 2899-2912
- Sahena, F., Zaidul, I. S. M., Jinap, S., Jahurul, M. H. A., Khatib, A., Norulaini, N. A. N. (2010). Extraction of fish oil from the skin of Indian mackerel using supercritical fluids. *The Journal of Food Engineering*, 99, 63-69
- Salazar, M. J., El Hafidi, M., Pastelin, G., Ramírez-Ortega, M. C., & Sánchez-Mendoza, M. A. (2005). Effect of an avocado oil-rich diet over an angiotensin II-induced blood pressure response. *Journal of Ethnopharmacology*, 98(3), 335–338.
- Sales-Campos, H., Reis de Souza, P., Crema-Peghini, B., Santana da Silva, J., & Ribeiro Cardoso C. (2013). An overview of the modulatory: effects of oleic acid in health and disease. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*, 13(2), 201–210
- Santana, I., dos Reis, L., Torres, A., Cabral, L. & Freitas, S. (2015). Avocado (*Persea americana* Mill.) oil produced by microwave drying and expeller pressing exhibits low acidity and high oxidative stability. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117, 999–1007
- Santos, J. S., Escher, G. B., da Silva Pereira, J. M., Marinho, M. T., Prado-Silva, L., do Sant'Ana, A. S. & Granato, D. (2018). ¹H NMR combined with chemometrics tools for rapid characterization of edible oils and their biological properties. *Industrial Crops and Products*, 116, 191-200
- Santos, V. d. S. & Fernandes, G.D. (2020) Cold pressed avocado (*Persea americana* Mill.) oil. In M.F. Ramadan (Ed.) Cold-pressed oils (pp. 405-428). Academic press
- Satriana, Arpi, N., Lubis, Y. M., Adisalamun, Supardan, M. D., & W. Mustapha, W. A. (2016). Diacylglycerol-enriched oil production using chemical glycerolysis. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 118(12), 1880-1890

- Satriana, S., Supardan, M. D., Arpi, N., & Mustapha, W. A. W. (2019). Development of Methods Used in the Extraction of Avocado Oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 121, 1-12
- Savoire, R., Lanoiselle, J. L. & Vorobiev, E. (2013). Mechanical continuous oil expression from oilseeds: A review. *Food and Bioprocess Technology*, 6(1), 1-16
- Schwartz, M., Olaeta, J. A. Undurruga, P., & Costa, V. (2007). Mejo-ramiento del rendimiento de extracción del aceite de palta (agua-cate). Proceedings of the VI World Avocado Congress (Actas VI Congreso Mundial del Aguacate), Vina Del Mar, Chile
- Schwartzberg, H.G. (1997). Expression of fluid from biological solids. *Separation and Purification Methods*, 26(1), 1-21
- Scoditti, E., Massaro, M., Carluccio, M. A., Pellegrino, M., Wabitsch, M., Calabriso, N., Storelli, C., & De Caterina, R. (2015). Additive regulation of adiponectin expression by the Mediterranean diet olive oil components oleic acid and hydroxytyrosol in human adipocytes. *PLoS ONE*, 10(6), e0128218
- Scora, R., & Bergh, B.O. (1992). Origin and taxonomic relationships within the genus Persea. In: Lovatt, C., Holthe, P.A. & Arpaia, M.L (Eds.). Proceedings of the second world avocado congress Vol 2, University of California, Riverside, California, 1992. pp. 505–514
- Segovia, F. J., Corral-Perez, J. J., & Almajano, M.P. (2016). Avocado seed: Modelling extraction of bioactive compounds. *Industrial Crops and Products*, 85, 213-220
- Segura, N., Amarillo, M. A., Martinez, N. I., & Grompone, M. A. (2018). Improvement in the extraction of Hass avocado virgin oil by ultrasound application. *Journal of Food Research*, 7(2), 106–112
- Serra-Majem, L., Roama, B., & Estruch, R. (2006). Scientific evidence of interventions using the Mediterranean diet: A systematic review. *Nutrition Reviews*, 64, 27-47
- Shafi, W. K., Raina, A. & Haq, M.I.U. (2018). Tribological performance of avocado oil containing copper nanoparticles in mixed and boundary lubrication regime. *Industrial Lubrication and Tribology*, 70(5), 865-871
- Shah, S., Sharma, A., & Gupta, N. (2005). Extraction of oil from *Jatropha curcas* L. seed kernels by combination of ultrasonication and aqueous enzymatic oil extraction. *Bioresource Technology*, 96, 121-123
- Sharma, A., & Gupta, N. (2006). Ultrasonic pre-irradiation effect upon aqueous enzymatic oil extraction from almond and apricot seeds. *Ultrasonics Sonochemistry*, 13, 529-534
- Shehata, M. M. S. M., & Soltan, S. S. (2013). Effects of bioactive component of kiwi fruit and avocado (fruit and seed) on hypercholesterolemic rats. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 8(1), 82–93
- Shimizu, M., Moriwaki, J., Nishide, T., & Nakajima, Y. (2004). Thermal deterioration of diacylglycerol and triacylglycerol oils during deep-frying. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 81(6), 571-576

- Silva-Caldas, A. P., Chaves, L. O., Da Silva, L. L., Morais, D. D. C., & Gonçalves Alfenas, R. D. C. (2017). Mechanisms involved in the cardioprotective effect of avocado consumption: A systematic review. *International Journal of Food Properties*, 20(2), 1675–1685
- Smith, C.E. Jr. (1966). Archaeological evidence for selection in avocado. *Economic Botany*, 20, 169–175
- Sotelo-Mazon, O., Valdez, S., Porcayo-Calderon, J., Henao, J., Cuevas-Arteaga, C., Poblano-Salas, C.A. & Martinez-Gomez, L. (2020). Evaluation of corrosion inhibition of 1018 carbon steel using an avocado oil-based green corrosion inhibitor. *Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces*, 56, 427-437
- Storey, W.B., Bergh, B. & Zentmyer, G.A. (1986). The origin, indigenous range and dissemination of the avocado. *California Avocado Society YearBook* 70, 127-133
- Stücker, M., Memmel, U., Hoffmann, M., Hartung, J., & Altmeyer, P. (2001). Vitamin B12 cream containing avocado oil in the therapy of plaque psoriasis. *Dermatology*, 203(2), 141–147
- Swisher, H. E. (1988). Avocado oil—from use to skin care. *Journal of the American Oil Chemist's Society*, 65, 1704-1706
- Szlapak Franco, T., Martinez Rodriguez, D.C., Jimenez Soto, M.F., Jimenez Amezcua, R.M., Urquiza, M.R., Mendizabal Mijare, E. & de Muniz, G.I.B. (2020) Production and technological characteristics of avocado oil emulsions stabilized with cellulose nanofibers isolated from agro industrial residues. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 586, 124263
- Szpiz, R. R., Pereira, D. A., Godoy, R. L. de O., Jablonka, F.H., Lago, R. C. A. (1995) Scientific Program of Food Science Latin American Symposium Influence of Extraction Method on the Composition of Avocado Oil Unsaponifiable Matter
- Tan, C. X., Chong, G. H., Hamzah, H. & Ghazali, H. M. (2017). Optimization of ultrasound-assisted aqueous extraction to produce virgin avocado oil with low free fatty acids. *Journal of Food Process Engineering*, 41, e12656
- Tan, C., Tan, S., & Tan, S. (2017). Influence of Geographical Origins on the Physicochemical Properties of Hass Avocado Oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 94, 1431–1437
- Tan, C. X., Chong, G. H., Hamzah, H., & Ghazali, H. M. (2018a). Comparison of subcritical CO₂ and ultrasound-assisted aqueous methods with the conventional solvent method in the extraction of avocado oil. *The Journal of Supercritical Fluids*, 135, 45
- Tan, C. X., Chong, G. H., Hamzah, H., & Ghazali, H. M. (2018b). Characterization of virgin avocado oil obtained via advanced green techniques. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 120(10), 1–11
- Tan, C. X., Chong, G. H., Hamzah, H., & Ghazali, H. M. (2018c). Hypocholesterolaemic and hepatoprotective effects of virgin avocado oil in diet-induced hypercholesterolaemia rats. *International Journal of Food Science and Technology*, 53(12), 2706–2713

- Tan, C. X., Chong, G. H., Hamzah, H., & Ghazali, H. M. (2018d). Effect of virgin avocado oil on diet-induced hypercholesterolemia in rats via 1H NMR-based metabolomics approach. *Phytotherapy Research*, *32*(11), 2264–2274
- Tan, C. X. , Chong, G. H. , Nogueira-de-Almeida, C. A., Ued, F. D. V., de Almeida, C. C. J. N., Almeida, A. C. F., del Ciampo, L. A., Ferraz, I. S., de Oliveira da Silva, L. F., Zambom, C. R., & de Oliveira, A. F. (2018). Nutritional profile and benefits of avocado oil (*Persea americana*): An integrative review. Brazilian. *Journal of Food Technology*, *21*, e2017214
- Tan, C. X. (2019). Virgin avocado oil: An emerging source of functional fruit oil. *Journal of Functional Foods*, *54*, 381–392
- Tanaka, T., Shnimizu, M., & Moriwaki, H. (2012). Cancer chemoprevention by carotenoids. *Molecules*, *17*(3), 3202–3242
- Tandra, S., Yeh, M., Brunt, E. M., Vuppalanchi, R., Cummings, O.W., Arida, A., Wilson, L. A. & Chalasani, N. (2011) Presence and significance of microvesicular steatosis in nonalcoholic fatty liver disease. *Journal of Hepatology*, *55*(3), 654-659
- Tango, J.S., Carvalho, C.R.L., & Soares, N.B. (2004). Physical and chemical characterization of avocado fruits aiming its potencial for oil extraction. *Revista Brasileira de Fruticultura*, *26*(1), 17-23
- Teissedre, P. L. & Waterhouse, A. L. (2000). Inhibition of Oxidation of Human Low-Density Lipoproteins by Phenolic Substances in Different Essential Oils Varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *48* (9), 3801–3805
- Teres, S., Barcelo-Coblijn , G, Benet, M., Alvarez, R., Bressani, R., Halver, J. E. & Escriba, P.V. (2008). Oleic acid content is responsible for the reduction in blood pressure induced by olive oil. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *105*(37), 13811-13816
- Texeira, C. B., Macedo, G. A., Macedo J. A., da Silva, L. H. M. & Rodriguez, A. M. C. (2013). Simultaneous extraction of oil and antioxidant compounds from oil palm fruit (*Elaeis guineensis*) by an aqueous enzymatic process. *Bioresource Technology*, *129*, 575-581
- Torres, A. M., Maulastovicka, T., & Rezaaiyan, R. (1987). Total phenolics and high-performance liquid-chromatography of phenolic-acids of avocado. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *35*, 921-925
- Tsubono, Y., Tsugane, S., & Gey, K. F. (1999). Plasma antioxidant vitamins and carotenoids in five Japanese populations with varied mortality from gastric cancer. *Nutrition and Cancer*, *34*(1), 56–61.
- Turatti, J. M.; Canto, W. L. (1985) .Insaponificáveis do Óleo de Abacate. *BoletimITAL*, *22*, n. 3.
- Valdes, H., Unda, K., & Saavedra, A. (2019). Nummercial Simulation on Supercritical CO2 Fluid Dynamics in a Hollow Fiber Membrane Contactor. *Computation*, *7*,8
- Vasanthi, H. R., ShriShriMal, N., & Das, D. K.(2012). Phytochemicals from plants to combat cardiovascular disease. *Current Medicinal Chemistry*, *19*(14), 2242–2251

- Villa-Rodriguez, J. A., Yahia, E. M., González-León, A., Ifie, I., Robles-Zepeda, R. E., Domínguez-Avila, J. A., & González-Aguilar, G. A. (2020). Ripening of ‘Hass’ avocado mesocarp alters its phytochemical profile and the in vitro cytotoxic activity of its methanolic extracts. *South African Journal of Botany*, *128*, 1–8
- Voorrips, L. E., Goldbohm, R. A., van Poppel, G. A. F. C., Sturmans, F., Hermus, R. J. J., & Van Den Brandt, P. A. (2000). Vegetable and fruit consumption and risks of colon and rectal cancer in a prospective cohort study. *American Journal of Epidemiology*, *152*(11), 1081–1092
- Unlu, N. Z., Bohn, T., Clinton, S. K., & Schwartz, S. J. (2005). Carotenoid absorption from salad and salsa by humans is enhanced by the addition of avocado or avocado oil. *The Journal of Nutrition*, *135*(3), 431–436.
- Wang, L., & Weller, C.L. (2006). Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends in Food Science and Technology*, *17*, 300
- Wang, W., Bostic, T. R., & Gu, L. (2010). Antioxidant capacities, procyanidins and pigments in avocados of different strains and cultivars. *Food Chemistry*, *122*(4), 1193–1198..
- Wang, L., Bordi, P. L., Rothblat, G. H., Sankaranarayanan, S., Fleming, J. A., & Kris-Etherton, P. M. (2011). The effect of one avocado per day on established and emerging cardiovascular disease (CVD) risk factors: Study design. *The FASEB Journal*, *25*, 971.5
- Wang, L., Bordi, P. L., Fleming, J. A., & Kris-Etherton, P. M. (2013). The effect of one Hass avocado per day on cardiovascular disease (CVD) risk factors. *The FASEB Journal*, *27*, 1057.1.
- Wang, L., Bordi, P. L., Fleming, J. A., Hill, A. M., & Kris-Etherton, P.M. (2015). Effect of a moderate fat diet with and without avocados on lipoprotein particle number, size and subclasses in overweight, and obese adults: A randomized, controlled trial. *Journal of the American Heart Association*, *4*(1), e001355
- Wang, D. D., & Hu, F. B. (2017). Dietary fat and risk of cardiovascular disease: Recent controversies and advances. *Annual Review of Nutrition*, *37*, 423–446
- Wang, J. S., Wang, A.B., Zang, X.P., Tan, L., Ge, Y., Lin, X.E. Xu , B.Y., Jin , Z.Q. & Ma, W.H. (2018) Physical and oxidative stability of functional avocado oil high internal phase emulsions collaborative formulated using citrus nanofibers and tannic acid. *Food Hydrocolloids*, *82*, 248-257
- Werman, M. J. & Neeman, I. (1986). Effectiveness of antioxidants in refined, bleached avocado oil. *Journal of the American Oil Chemists’ Society*, *63*, 352.
- Werman, M. J., & Neeman, I. (1987). Avocado oil production and chemical characteristics. *Journal of the American Oil Chemist’s Society*, *64*(2), 229-232
- Wermam, M. J., Mokady , S., Neeman, I., Auslaender , L., & Zeidler, A. (1989). The effect of avocado oils on some liver characteristics in growing rats. *Food and Chemical Toxicology*, *27*, 279-282
- Wermam, M. J., Mokady, S., Neeman, I., & Nimni, M. E. (1990). The effect of various avocado oils on skin collagen metabolism. *Connective Tissue Research*, *26*, 1-10

Wermam, M. J., Mokady, S., & Neeman, I. (1991). Effect of dietary avocado oils on hepatic collagen metabolism. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 35, 253-260

WHO (2018). Obesity and overweight. Retrieved October 5, 2018

White, P. J. & Armstrong, L. S (1986). Effect of selected oat sterols on the deterioration of heated soybean oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 63(4), 525-529

Wong, M., Ashton, O., Requejo-Jackman, C., McGhie, T., White, A., Eyres, L., & Woolf, A. (2008). Avocado oil: The color of quality. ACS Symposium Series: vol. 983, (pp. 328–349).

Wong, M., Requejo-Jackman, C., & Woolf, A. (2010). What is unrefined, extra virgin cold-pressed avocado oil? *Inform*, 21, 189–260

Woolf, A., Wong, M., Eyres, L., McGhie, T., Lund, C., Olsson, S., Wang, Y., Bulley, C. , Wang, M., & Friel, E. (2009). Avocado oil. From cosmetic to culinary oil. In *Gourmet and Health-Promoting Specialty Oils*; Moreau, R., Kamal-Eldin, A., Eds.; AOCS Press: Urbana, IL, USA, pp. 73–125

Xuan, T., Hean, C., Hamzah, H., & Ghazali, H. (2017). Optimization of ultrasound-assisted aqueous extraction to produce virgin avocado oil with low free fatty acids. *Journal of Food Process Engineering*, 12656, 1–9

Xuan, T., Hean, C., Hamzah, H., & Ghazali, H. (2018). Comparison of subcritical CO₂ and ultrasound-assisted aqueous methods with the conventional solvent method in the extraction of avocado oil. *The Journal of Supercritical Fluids*, 135, 45-51

Yahia, E., & Woolf, A. (2011). Avocado (*Persea Americana* Mill.) Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits: acai to citrus. Cambridge,US: Woodhead Publishing Virgin avocado oil

Yahia, E. M. (2012). Avocado. In D. Rees, D. R. G. Farrell, & J. Orchard (Eds.), *Crop post-harvest: Science and technology* (pp. 159–186). Blackwell Publishing Ltd ch8.

Yahia, E. M., Maldonado-Celis, M. E., & Svendsen, M. (2018). The contribution of fruit and vegetable consumption to human health. In E. M. Yahia (Ed.), *Fruit and vegetable phytochemicals* (pp. 3–52) Wiley Blackwell

Yamagata, K. (2017) Endothelial protective effects of dietary phytochemicals: Focus on polyphenols and carotenoids. In F. R. S. Atta-ur-Rahman (Ed.), *Fruit and vegetable phytochemicals*, 3-52, Willey Bloackwell

Yang, S., Hallett, I., Rebstock, R., Oh, H. E., Kam, R., Woolf, A. B., & Wong, M. (2018). Cellular Changes in “Hass” Avocado Mesocarp During Cold-Pressed Oil Extraction. *The Journal of the American Oil Chemists' Society*, 95, 229-238

Züge, L.C. B., Maieves, H. A., Silveira, J. L .M., da Silva, V. R., & de Paula Scheer, A. (2017) Use of avocado phospholipids as emulsifier. *LWT-Food Science and Technology*, 79, 42-51

7. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Λιονάκης Σ. (2007). Υποτροπικά φυτά. ΤΕΙ Κρήτης, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, Σελ. 6-45

Λιονάκης Σ. (2007). Υποτροπικά φυτά. ΤΕΙ Κρήτης, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, Σελ. 6-44

Λιονάκης Σ. (2008). Η δενδροκομία της Κρήτης – Προτάσεις για εναλλακτικές καλλιέργειες. CRETACERT – 2ο Διεθνές Συνέδριο για την Ποιότητα και την Εμπορία των Αγροτικών Προϊόντων. Χερσόνησος Κρήτης 22-27 Σεπτεμβρίου 2008

Πραπάκης, Δ. (2020). Η καλλιέργεια του αβοκάντο στο Νομό Χανίων: Προβλήματα-Δυνατότητες και Προοπτικές. Τμήμα Γεωπονίας, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων