



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΠΤΥΧΙΑΚΗ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΙΤΛΟΣ :
«ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ
ΤΟΥ ΠΗΡΗΝΕΛΑΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ »**



ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ: ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΑΓΓΕΛΑΚΟΠΟΥΛΟΣ

A.M: 18684082

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ: ΣΤΡΑΤΗ ΕΙΡΗΝΗ, ΕΠΙΚΟΥΡΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2023



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA
FACULTY OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY
DEPARTMENT OF FOOD SCIENCE AND
TECHNOLOGY**

SENIOR THESIS TITLE:

**«PRODUCTION AND UTILIZATION OF POMACE
OLIVE OIL INGREDIENTS FOR THE PRODUCTION OF
FUNCTIONAL FOODS »**



WRITER: ANGELAKOPOULOS DIMITRIOS

REGISTRATION NUMBER: 18684082

SUPERVISOR: STRATI EIRINI, ASSISTANT PROFESSOR OF

DEPARTMENT OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY

ATHENS, JULY 2023

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ
ΑΤΤΙΚΗΣ ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

Τίτλος εργασίας: «ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΠΗΡΗΝΕΛΑΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ»

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η πτυχιακή/διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι εξεταστική επιτροπή:

Α/α	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
	ΣΤΡΑΤΗ ΕΙΡΗΝΗ	Επιβλέπουσα Επίκουρη Καθηγήτρια του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής	
	ΤΣΑΚΑΛΗ ΕΥΣΤΑΘΙΑ	Επίκουρη Καθηγήτρια του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής	
	ΚΟΝΤΕΛΕΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ	Επίκουρος Καθηγητής του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος **ΑΓΓΕΛΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ** του **ΣΩΤΗΡΙΟΥ**, με αριθμό μητρώου **18684082** φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής του **Τμήματος ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα 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, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

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

Ο Δηλών



ΑΓΓΕΛΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ανοδική τάση που παρουσιάζει η παγκόσμια παραγωγή ελαιόλαδου επιφέρει αύξηση των υποπροϊόντων της. Η ελαιοπυρήνα αποτελεί το κύριο στερεό απόβλητο της ελαιοπαραγωγικής διαδικασίας καθώς από 100 g ελιάς παράγονται περίπου 35 g ελαιοπυρήνας. Έτσι η αξιοποίηση της ελαιοπυρήνας παρουσιάζει μεγάλο ερευνητικό, εμπορικό και περιβαλλοντικό ενδιαφέρον και αποτελεί το θέμα της παρούσας εργασίας. Με αυτόν το σκοπό γίνεται αναφορά των διαφορετικών διαδικασιών που μπορούν να πραγματοποιηθούν για την παραγωγή ελαιόλαδου, καθώς οδηγούν σε ελαιοπυρήνα διαφορετικής σύστασης. Οι πιθανές μέθοδοι αξιοποίησης της ελαιοπυρήνας που αναλύονται είναι η παραγωγή πυρηνέλαιου και η παραγωγή λειτουργικών τροφίμων. Η διαδικασία παραγωγής πυρηνελαιίου βρίσκει μεγάλη απήγηση καθώς αποτελεί κλειστό κύκλωμα επεξεργασίας με λίγα έως καθόλου απόβλητα. Τα προϊόντα της είναι πάντα το πυρηνέλαιο και το πυρηνόξυλο ωστόσο τα στάδια που περιέχει παρουσιάζουν διαφορές ανάλογα με την φύση της ελαιοπυρήνας. Συγκεκριμένα, συγκριτικά με την ελαιοπυρήνα που προκύπτει από φυγοκέντρηση 3-φάσεων, διαφορές προκύπτουν κυρίως αναφορικά με τις εναλλακτικές μεθόδους που πραγματοποιούνται για την μείωση της περιεχόμενης υγρασίας στην ελαιοπυρήνα που προκύπτει από φυγοκέντρηση 2-φάσεων. Γίνεται ακόμα αναφορά στο πλούσιο βιοδραστικό προφίλ της ελαιοπυρήνας, το οποίο εμπεριέχει μονοακόρεστα λιπαρά οξέα και διάφορα δευτερεύοντα συστατικά, που της προσφέρουν μεταξύ άλλων αντιοξειδωτικές, υποχοληστερολαιμικές και αντικαρκινικές δράσεις. Έτσι η αξιοποίηση των θρεπτικών συστατικών της για την παραγωγή λειτουργικών τροφίμων παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς ταυτόχρονα μειώνει την εξάρτηση της εμπορικής αξίας της από την ελαιοπεριεκτικότητα της. Σε αυτό το πλαίσιο γίνεται αναφορά της εισαγωγής διάφορων μορφών της ελαιοπυρήνας σε βρώσιμα έλαια, ζυμαρικά, αρτοσκευάσματα και ζωοτροφές.

ABSTRACT

The upward trend shown in the global olive oil production results in an increase in its by-products. The olive pomace is the main solid waste of the olive oil production process as approximately 35 g of olive pomace is produced from 100 g of olives. Thus, the utilization of the olive pomace is of great research, industrial and environmental interest and is the subject of this paper. With this purpose, reference is made to the different processes that can be carried out for the production of olive oil, as they lead to olive pomace of different composition. The possible utilization methods of olive pomace analyzed are the production of olive pomace oil and the production of functional foods. The olive pomace oil production process finds great appeal as it is a closed processing system with little to no waste. Its products are always the olive pomace oil and exhausted pomace cake, however the stages it contains show differences depending on the nature of the olive pomace. Specifically, compared to the olive pomace resulting from 3-phase centrifugation, differences arise mainly regarding the alternative methods carried out to reduce the moisture content in the olive pomace resulting from 2-phase centrifugation. Reference is also made to the rich bioactive profile of the olive pomace, which contains monounsaturated fatty acids and various secondary components, which offer, among other, antioxidant, hypocholesterolemic and anticancer effects. Thus, the utilization of its nutrients for the production of functional foods is of particular interest as it also reduces the dependence of its commercial value on its oil content. In this context, mention is made of the introduction of various forms of the olive pomace into edible oils, pasta, pastries and animal feed.

Πίνακας περιεχομένων

1. Εισαγωγή	8
1.1. Ιστορική αναδρομή	8
1.2. Στατιστικά δεδομένα και συνέπειες ελαιοπαραγωγικής διαδικασίας	9
1.3. Παραγωγή ελαιόλαδου.....	11
2. Πυρηνέλαιο.....	14
2.1. Είδη ελαιοπυρήνας.....	14
2.2. Παραγωγή πυρηνελαίου.....	16
2.3. Σύσταση πυρηνελαίου.....	26
2.3.1. Οφέλη στην ανθρώπινη υγεία	28
3. Αξιοποίηση θρεπτικών συστατικών	32
3.1. Παραγωγή λειτουργικών τροφίμων.....	32
3.1.1. Βρώσιμα έλαια.....	34
3.1.2. Ζυμαρικά και αρτοσκευάσματα	37
3.1.3. Ζωοτροφές	39
3.1.4. Μελλοντικές δυνατότητες	44
4. Συμπεράσματα.....	46
5. Βιβλιογραφία.....	48

1. Εισαγωγή

1.1. Ιστορική αναδρομή

Η ελιά, *Olea europaea* L., ανήκει στην ταξινομική οικογένεια Oleaceae. Αποτελεί αιθαλές δέντρο με διάρκεια ζωής που μπορεί να ξεπεράσει τα 1000 χρόνια (Khwaldia κ.ά., 2022). Αναφορές περί της καταγωγής της ελιάς πλεονάζουν, ενώ η ύπαρξη της χρονολογείται πριν από τα ιστορικά χρόνια. Πιστεύεται ότι είναι αυτόχθονες δέντρο της Μεσογειακής λεκάνης ενώ η Μικρά Ασία καταλαμβάνει τον όρο της γενέτειρας για την καλλιέργεια της ελιάς πριν από περίπου έξι χιλιετίες (Antonopoulos κ.ά., 2006). Η εισαγωγή της στην Ελλάδα φαίνεται να πραγματοποιήθηκε κατά την προ ομηρική εποχή, από τους Φοίνικες (Τσάκνης Ιωάννης. 2021). Η διάδοση της ξεκίνησε στα ελληνικά νησιά και αργότερα, περίπου τον 13^ο αιώνα π.Χ., στην ηπειρωτική Ελλάδα (Antonopoulos κ.ά., 2006). Για τους αρχαίους Έλληνες, η ελιά θεωρούταν ιερό δέντρο, καθώς σύμφωνα με την μυθολογία ήταν το δώρο της Θεάς Αθηνάς, στην ίδρυση της πόλης των Αθηνών, εξού και το όνομα της πόλης. Αποτελούσε σύμβολο πλούτου, καθώς ήταν ιδιαίτερα πολύτιμο αγαθό για την διατροφή και της οικονομία εκείνης της εποχής αλλά και σύμβολο ειρήνης και σοφίας. Έτσι αξίζει να αναφερθεί ότι, στεφάνια από κλαδιά ελιάς απονέμονταν στους νικητές των Ολυμπιακών αγώνων (Τσάκνης Ιωάννης. 2021). Στην Ισπανία η εισαγωγή της ελαιοκαλλιέργειας συνάδει με την ναυτική κυριαρχία των Φοινίκων (1050 π.Χ.). Ωστόσο η ανάπτυξη και εδραίωση τους καθυστερεί κάποιες εκατοντάδες χρόνια. Οι ισπανικές λέξεις για την ελιά (*aceituna*), λάδι (*aceite*) και αγριελιά (*acebuche*), έχουν αραβικές ρίζες καθώς η ανάπτυξη της καλλιέργειας συμπίπτει με τις ποικιλίες ελιών που έφεραν μαζί τους οι Άραβες στα νότια της Ισπανίας (Antonopoulos κ.ά., 2006).

Οι κλιματολογικές και εδαφικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή της Μεσογειακής λεκάνης είναι πολύ ευνοϊκές για την ανάπτυξη της ελιάς. Έτσι η επέκταση και η ανάπτυξη της στην περιοχή αυτή ήταν γρήγορη. Λαμβάνοντας όμως υπόψη την αξία της ελιάς και την συστηματική ανάπτυξη της παγκοσμιοποίησης, έγιναν προσπάθειες για την επέκταση της καλλιέργειας της ελιάς σε περιοχές εκτός Μεσογειακής λεκάνης. Η απαρχή αυτού ταυτίζεται με την ανακάλυψη της Αμερικής (1492) και συγκεκριμένα τα πρώτα ελαιόδεντρα μεταφέρθηκαν από τη Σεβίλλη στο Δυτικές Ινδίες και αργότερα στην Αμερικανική Ήπειρο. Σήμερα καλλιέργειες ελαιόδεντρων παρατηρούνται όχι μόνο σε περιοχές της βόρειας και της νότιας Αμερικής, όσο και στη νότια Αφρική, την νότια Ρωσία, την Αυστραλία, την Ιαπωνία και την Κίνα (Antonopoulos κ.ά., 2006). Τα πρωτεία βέβαια στη καλλιέργεια ελαιόδεντρων κατέχει η Ισπανία και ακολουθούν η Ιταλία, η Ελλάδα, η Πορτογαλία, η Τυνησία, η Αλγερία και το Μαρόκο (Τσάκνης Ιωάννης. 2021). Έτσι η καλλιέργεια ελιάς έφτασε σε 41 διαφορετικές χώρες, καταλαμβάνοντας συνολική έκταση καλλιέργειας μεγαλύτερη των 10,8 εκατομμυρίων εκταρίων με περισσότερα από 750 εκατομμύρια ελαιόδεντρα παγκοσμίως (Khwaldia κ.ά., 2022), (Antonopoulos κ.ά., 2006).

1.2. Στατιστικά δεδομένα και συνέπειες ελαιοπαραγωγικής διαδικασίας

Η επεξεργασία του ελαιόλαδου εισήχθη στη βιομηχανία τροφίμων στο τέλος του 16ου αιώνα (Antonopoulos κ.ά., 2006). Η ανάπτυξη της βιομηχανίας ελαιόλαδου επηρεάζει σημαντικά τόσο την οικονομία, όσο και το περιβάλλον αλλά και την κοινωνία, κυρίως των χωρών της Μεσογείου (Gullon, P 2020). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι περίπου το 95% της παγκόσμιας παραγωγής ελαιόλαδου και η πλειοψηφία των ελαιοτριβείων είναι συγκεντρωμένη στην περιοχή της Μεσογείου (Antonopoulos κ.ά., 2006), (Gullon, P 2020). Μάλιστα το 75% της παραγωγής ελαιόλαδου προέρχεται από μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης και το 97% αυτού προέρχεται από την Ισπανία, την Ιταλία και Ελλάδα (Antonopoulos κ.ά., 2006). Αξίζει να αναφερθεί ότι παρά το γεγονός ότι η Ελλάδα καταλαμβάνει την τρίτη παγκόσμια θέση στην παραγωγή του ελαιόλαδου, με περίπου 300.000 τόνους, κατέχει την πρωτιά στην παραγωγή εξαιρετικά παρθένου ελαιόλαδου. Επίσης στην Ελλάδα, τα ελαιόδεντρα αποτελούν το 60% της καλλιεργήσιμης γης και το 2009 τα ελαιοτριβεία ανέρχονταν στις 2.369 μονάδες. Συγκεκριμένα οι κυριότερες ελαιοπαραγωγές στον ελλαδικό χώρο βρίσκονται στην Πελοπόννησο και στη συνέχεια στην Κρήτη, την Αιτωλοακαρνανία, τα νησιά του Αιγαίου και τα Ιόνια νησιά. Παρά αυτά τα στατιστικά δεδομένα όμως, η εξαγωγή πιστοποιημένης προέλευσης εμφιαλωμένου ελαιόλαδου είναι πάρα πολύ μικρή (Τσάκνης Ιωάννης. 2021). Παγκόσμια και ανά τα χρόνια η παραγωγή του ελαιόλαδου παρουσιάζει ανοδική τάση, με ποσότητες προϊόντων που ξεπερνούν τα 3,1 εκατομμύρια τόνους ελαιόλαδου, με αύξηση 60% συγκριτικά με το 1990 και μερικά εκατομμύρια τόνους βρώσιμου ελιές, ετησίως (Antonopoulos κ.ά., 2006), (Τσάκνης Ιωάννης. 2021). Το 2018, η παγκόσμια παραγωγή ελιάς και η παγκόσμια παραγωγή ελαιόλαδου έφτασαν τα 21,6 και 3,2 εκατομμύρια τόνους, αντίστοιχα. Οι ελιές χαρακτηρίζονται από έντονη πικράδα και για αυτό σπάνια καταναλώνονται ως φυσικό φρούτο, όπως φάνηκε και από τα στατιστικά δεδομένα. Έτσι οι ελιές χρησιμοποιούνται κυρίως για την εξαγωγή λαδιού. Η απήχηση που βρίσκει το ελαιόλαδο οφείλεται τόσο στα ιδιαίτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του, όπως το εξαιρετικό αισθητηριακό άρωμα αλλά και το πλήθος των υγιεινών ιδιοτήτων του (Khwaldia κ.ά., 2022). Για αυτούς τους λόγους μάλιστα, αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της μεσογειακής διατροφής και την κύρια πηγή λίπους της (G. Rodríguez-Gutiérrez 2012).

Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι, το ελαιόλαδο βρίσκει αυξανόμενη δημοτικότητα στο ευρύ κοινό και μάλιστα με σταθερή αύξηση τις δύο τελευταίες δεκαετίες (Gullon, P 2020). Ταυτόχρονα όμως η αλυσίδα παραγωγής ελαιόλαδου οδηγεί σε μεγάλες ποσότητες υποπροϊόντων (πυρήνας ελιάς και λύματα) και απορρίμματα (φύλλα ελιάς και ξύλο). Αυτό δημιουργεί οικονομικό αλλά κυρίως περιβαλλοντικό πρόβλημα, ιδιαίτερα στις Μεσογειακές περιοχές όπου οι παραγόμενες ποσότητες τους είναι μεγάλες σε μικρά χρονικά διαστήματα (Difonzo κ.ά., 2021). Παραδοσιακά τα υποπροϊόντα και τα απορρίμματα της παραγωγικής διαδικασίας καίγονται, αφήνονται στο χωράφι για σκοπούς λίπανσης ή απορρίπτονται σε κοντινούς υγροτόπους. Αυτοί

οι τρόποι διαχείρισης είναι ιδιαίτερα επιβλαβείς για το περιβάλλον καθώς μεταξύ άλλων συμβάλλουν στην μόλυνση του εδάφους, στην εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου και στην απελευθέρωση δυσάρεστων οσμών. Τα κύρια χαρακτηριστικά τους, τα οποία οφείλονται για τις αρνητικές αυτές επιπτώσεις είναι η υψηλή φυτοτοξικότητά τους και η χαμηλή βιοδιασπασιμότητά τους, κυρίως λόγω του υψηλού οργανικού περιεχομένου τους και της μεγάλης χημικής απαίτησής τους σε οξυγόνο (Gullon, P 2020), (Khwaldia κ.ά., 2022). Εκτός όμως από την σημαντική οικολογική επιβάρυνση που επιφέρουν, οι συνέπειες φαίνονται και στην οικονομία. Η κατά το δυνατόν πιο σωστή διαχείριση των υποπροϊόν και των απορριμμάτων απαιτεί επαρκή επεξεργασία αυτών, πριν την διάθεσή τους στο περιβάλλον (Vitali Čepo κ.ά., 2018). Λαμβάνοντας υπόψη τον μεγάλο τους όγκο, συνδυαστικά με το σύντομο χρονικό διάστημα παραγωγής τους, το οικονομικό αντίκτυπο δεν μπορεί να θεωρηθεί αμελητέο (Gullon, P 2020). Συνυπολογίζοντας λοιπόν αυτά με την σταθερή αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, την αυξητική τάση στην απήχηση του ελαιόλαδου και την περιβαλλοντική κρίση της εποχής μας φανερώνεται η κρισιμότητα της κατάστασης. Έτσι προτείνεται πλέον η ανάπτυξη μεθόδων αξιοποίησης και όχι μόνο διαχείρισης των υποπροϊόντων και απορριμμάτων. Με αυτόν τον τρόπο όχι μόνο θα καταστείλει η περιβαλλοντική μόλυνση αλλά θα προκύψει και κερδοφορία στις βιομηχανίες ελαιόλαδου.

Στην περίπτωση της παραγωγικής διαδικασίας του ελαιόλαδου, τα υποπροϊόντα και απορρίμματα αυτής, έχουν το εξής θετικό χαρακτηριστικό, υψηλή περιεκτικότητα σε βιοδραστικές ενώσεις. Για αυτόν τον λόγο θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν για την απόκτηση βιοενεργών ενώσεων όπως αντιοξειδωτικά, υδατάνθρακες, φυτικές ίνες, χρωστικές και άλλα από πηγές εξαιρετικά χαμηλού κόστους. Ειδικά την σύγχρονη εποχή όπου οι επιλογές των καταναλωτών είναι περισσότερο συνειδητές, η ζήτηση για φυσικά και βιώσιμα λειτουργικά συστατικά και προϊόντα έχει αυξηθεί ιδιαίτερα (Gullon, P 2020). Παρά αυτών όμως, μέχρι σήμερα η μεγαλύτερη ποσότητα των υποπροϊόντων και των απορριμμάτων των ελαιοτριβείων μένει ανεκμετάλλευτη. Οι υπόλοιπες δε ποσότητες, αξιοποιούνται κυρίως ως λιπάσματα και βιομάζα ή πρόσθετο σε ζωοτροφές (Vitali Čepo κ.ά., 2018). Ο τομέας λοιπόν της αξιοποίησης των βιοδραστικών ενώσεων τους παραμένει μία πρόκληση αλλά και μια σπουδαία ευκαιρία. Ο πυρήνας της ελαιάς συγκεκριμένα, ο οποίος απελευθερώνεται ως στερεό απόβλητο της ελαιοπαραγωγής, είναι γνωστό ότι περιέχει σημαντικές ποσότητες βιοενεργών ουσιών. Επισημαίνεται σε αυτό το σημείο ότι για κάθε 100 g ελιάς παράγονται 35 – 40 g ελαιοπυρήνα και η παγκόσμια ετήσια παραγωγή της ισοδυναμεί περίπου με 15.655.000 τόνους (Yanik, 2017), (Khwaldia κ.ά., 2022). Η μεγάλες ποσότητες παραγωγής του σε συνδυασμό με το χαμηλό pH, το υψηλό οργανικό ρυπαντικό φορτίο και τη φυτοτοξική δράση που διαθέτει, το κατατάσσουν ως σημαντικό περιβαλλοντικό ζήτημα (Khwaldia κ.ά., 2022). Βάση των παραπάνω δεδομένων δίνεται η αφορμή για την πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας.

1.3. Παραγωγή ελαιόλαδου

Για να μπορέσει να γίνει αντιληπτή σε βάθος η έννοια αλλά και η αξία του ελαιοπυρήνα, κρίνεται απαραίτητο να αναφερθεί ο τρόπος με τον οποίο αυτός προκύπτει. Σε αυτό το πλαίσιο, ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή της διαδικασίας παραγωγής ελαιόλαδου και τελικά λήψης του ελαιοπυρήνα. Η βασική αρχή της διαδικασίας είναι σαφώς η συντήρηση και η φροντίδα των ελαιόδεντρων. Επισημαίνεται ότι η καλλιέργεια ελαιόδεντρων δεν απαιτεί μεγάλες ποσότητες νερού. Το γεγονός αυτό κρίνεται πολύ σημαντικό δεδομένης της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής (Gullon, P 2020). Όταν θεωρηθεί ότι οι ελιές βρίσκονται σε κατάλληλο στάδιο ωριμότητας πραγματοποιείται η συγκομιδή τους. Η καταλληλότητα της χρονικής περιόδου, στην οποία ολοκληρώνεται αυτή η διαδικασία είναι πολύ σημαντική καθώς επηρεάζει μεταξύ άλλων την ποιότητα και την ποσότητα του τελικού προϊόντος. Αυτό το στάδιο μπορεί να ολοκληρωθεί μέσω διάφορων τεχνικών ενώ μπορεί ταυτόχρονα να γίνει ένα στάδιο προ καθαρισμού. Ακολουθεί το στάδιο μεταφοράς στο ελαιοτριβείο. Προτείνονται υφασμάτινοι σάκοι για την μεταφορά των ελιών, ώστε να επιτρέπεται η είσοδος αέρα. Σε αυτό το στάδιο είναι δυνατόν να προκύψει σημαντική υποβάθμιση της ποιότητας των ελιών και απαιτεί ανάλογη προσοχή. Εν συνεχεία πραγματοποιείται απομάκρυνση ξένων υλών και φύλλων. Στην πρώτη περίπτωση χρησιμοποιούνται κόσκινα ενώ στην δεύτερη φουσητήρες αέρα. Επισημαίνεται ότι, τυχόν παρουσία φύλλων θα αυξήσει τη ποσότητα χλωροφύλλης στο ελαιόλαδο, καθιστώντας το ευαίσθητο στην φωτοξείδωση. Έπειτα πραγματοποιείται πλύση των ελιών, με σκοπό την απομάκρυνση κατάλοιπων φυτοφαρμάκων. Σημαντικό θεωρείται, να ακολουθήσει αποτελεσματική στράγγιση. Ειδικά υπάρχει ο κίνδυνος σχηματισμού γαλακτωμάτων. Στη συνέχεια ακολουθεί το στάδιο της άλεσης. Ο πιθανός εξοπλισμός αυτού του σταδίου ποικίλει και μετά την ολοκλήρωση της σύνθλιψης προκύπτει η ελαιοζύμη. Έπειτα πραγματοποιείται μάλαξη της ελαιοζύμης, η οποία επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα και τις θρεπτικές ιδιότητες του τελικού προϊόντος. Συγκεκριμένα με τη μάλαξη γίνεται η συνένωση των μικρών ελαιοσταγονιδίων, φαινόμενο απαραίτητο για την ολοκλήρωση του επόμενου σταδίου. Μετά το πέρας της μάλαξης, η ελαιοζύμη αποτελεί μείγμα τριών διαφορετικών φάσεων. Πιο αναλυτικά περιέχει αδιάλυτα στερεά (ξυλώδη κομμάτια και οργανικά ημιστερεά συστατικά), την υδατική φάση (νερό και διαλυτά συστατικά) και την ελαιώδη φάση (με τριγλυκερίδια και δευτερεύοντα συστατικά) (Gullon, P 2020), (Τσάκνης Ιωάννης. 2021).

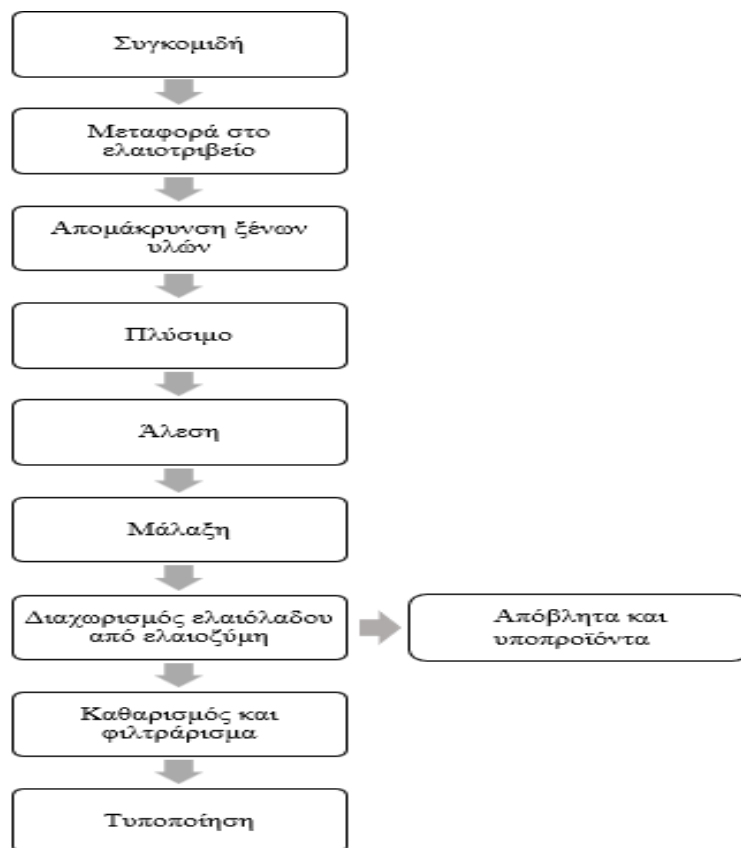
Οι δυνατές μέθοδοι για την παραλαβή του ελαιόλαδου από την ελαιοζύμη έχουν ανά τα χρόνια αυξηθεί και εξελιχθεί. Έτσι σήμερα η διαδικασία αυτή μπορεί σήμερα να πραγματοποιηθεί με τη παραδοσιακή διαδικασία ασυνεχούς έκθλιψης, με φυγοκεντρικό σύστημα τριών φάσεων, με φυγοκεντρικό σύστημα δύο φάσεων και με άλλες, οι οποίες όμως δεν έχουν αποκτήσει τουλάχιστον μέχρι σήμερα μεγάλη δημοτικότητα. Αξίζει να αναφερθεί ότι παρά τις διαφορές στις τεχνικές αυτών των μεθόδων, η απόδοση τους στην παραγωγή ελαιόλαδου δεν σημειώνει σημαντικές

αποκλίσεις. Ωστόσο παρατηρούνται σημαντικές διαφορές τόσο στη ποσότητα όσο και το είδος των αποβλήτων τους. Για αυτόν τον λόγο, κρίνεται σημαντική η ανάλυση τους. Το παραδοσιακό σύστημα πίεσης είναι ασυνεχής διαδικασία, η οποία εφαρμόζεται εδώ και αιώνες. Η μέθοδος αυτή παράγει ελαιόλαδο, υπολείμματα νερό και ελαιοπυρήνα. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι από 1000 kg ελιών παράγονται περίπου 350 kg ελαιοπυρήνα (Τσάκνης Ιωάννης, 2021). Το κύριο πλεονέκτημα που παρουσιάζει είναι ότι, ο ελαιοπυρήνας που προκύπτει έχει μικρότερο ποσοστό υγρασίας, της τάξης του 25%-30% (Nasoroulou & Zabetakis, 2013). Ωστόσο έχει μεγάλο εργατικό κόστος και η ποσότητα του παραγόμενου ελαιόλαδου δεν είναι μέγιστη (Τσάκνης Ιωάννης, 2021). Έτσι σήμερα η συμβατική διαδικασία συμπίεσης χρησιμοποιείται ως επί των πλείστων για την επεξεργασία μικρών ποσοτήτων οικολογικού ελαιόλαδου.

Την δεκαετία του '70 και βάση κυρίως οικονομικών λόγων αναπτύχθηκε το φυγοκεντρικό σύστημα διαχωρισμού, επονομαζόμενο και ως Decanter (Nasoroulou & Zabetakis, 2013). Η εφαρμογή του βασίζεται στην διαφορά του ειδικού βάρους μεταξύ των συστατικών της ελαιοζύμης. Οι πρώτοι φυγοκεντρικές για την παραγωγή ελαιόλαδου ήταν τριών φάσεων και είναι συνεχές σύστημα. Αναφέρεται ότι οι από την μέθοδο αυτή προκύπτει το ελαιόλαδο, το υπολείμματα νερό και ο ελαιοπυρήνας. Ενδεικτικά θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι κάθε 1000 kg ελιών, παράγουν 500 kg ελαιοπυρήνα με περιεκτικότητα σε υγρασία μεταξύ 40% και 55% (Τσάκνης Ιωάννης, 2021). Η μέθοδος αυτή έχει μεν μεγαλύτερη απόδοση, όμως το ελαιόλαδο που προκύπτει έχει μικρότερη περιεκτικότητα σε φυσικά αντιοξειδωτικά. Επίσης για την ολοκλήρωση της απαιτεί μεγαλύτερη ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας και νερού, το οποίο αποτελούσε τελικά απόβλητο (Τσάκνης Ιωάννης, 2021). Συγκεκριμένα το υπολειμματικό νερό που προκύπτει από αυτήν την διαδικασία, ονομάζεται κατσίγαρος. Αυτός περιέχει το υδατικό κλάσμα του χυμού του ελαιόκαρπου, νερό που χρησιμοποιήθηκε κατά τις διάφορες φάσεις παραγωγής του ελαιόλαδου, αιωρούμενα στερεά υπολείμματα και ενδεχομένως υπολείμματα ελαίου. Διαθέτει έντονη οσμή του και σκούρο χρώμα. Ο κατσίγαρος αποτελεί σημαντική σε όγκο ποσότητα αποβλήτων της φυγοκέντρωσης 3-φάσεων. Κατά προσέγγιση θα μπορούσε να αναφερθεί ότι 100kg ελαιόκαρπου, προσφέρουν 21 kg ελαιόλαδου, 60 kg ελαιοπυρήνας και περίπου 65 kg κατσίγαρου. Εκτός όμως από την μεγάλη ποσότητα του, που τον καθιστά δύσκολα στην διαχείριση, διαθέτει και υψηλό οργανικό φορτίο. Μάλιστα αυτό εντείνεται με την πάροδο του χρόνου, αυξάνοντας ταυτόχρονα και το ρυπαντικό του φορτίο. Για αυτόν τον λόγο αποτελεί μεγάλο οικολογικό πρόβλημα και η περαιτέρω διαχείριση του απαιτείται βάση νόμου. Συνεπώς η μέθοδος αυτή όχι μόνο οδηγούσε σε μεγαλύτερη ποσότητα αποβλήτων, αλλά αυτά περιείχαν και περισσότερες οργανικές ουσίες και ανόργανα άλατα, που δυσχεραίνουν ακόμα περισσότερα την διαχείριση τους (G. Rodríguez-Gutiérrez 2012).

Έτσι την δεκαετία του 1990, αναπτύχθηκε το φυγοκεντρικό σύστημα δύο φάσεων και σήμερα περισσότερο από το 90 % των ελαιοτριβείων στην Ισπανία χρησιμοποιεί αυτό το σύστημα (G. Rodríguez-Gutiérrez 2012). Η μέθοδος αυτή, αποτελεί μια πιο φιλική ως προς το περιβάλλον λύση καθώς παράγει μειωμένα επίπεδα απορριμμάτων (Khwaldia κ.ά., 2022). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, δεν γίνεται προσθήκη νερού

στην ελαιοζύμη και κατά συνέπεια δεν προκύπτουν υγρά απόβλητα (Τσάκνης Ιωάννης, 2021). Συγκεκριμένα με την μέθοδο αυτή παράγεται λάδι και ένα νέο υποπροϊόν που είναι ένας συνδυασμός υγρών και στερεών αποβλήτων, το οποίο ονομάζεται "alpeujo" ή "alpeorujo" (G. Rodríguez-Gutiérrez 2012). Αυτά τα απόβλητα, τα οποία περιέχουν και τον ελαιοπυρήνα παρουσιάζουν πολύ υψηλά ποσοστά υγρασίας, της τάξης 60% με 80% (Antonopoulos κ.ά., 2006). Ενδεικτικά θα μπορούσε να αναφερθεί ακόμα ότι κάθε 1000 kg ελιών, παράγουν 800 kg υγρού ελαιοπυρήνα. Επίσης ο ελαιοπυρήνας που προκύπτει από αυτήν την μέθοδο απαιτεί ειδικές μεταχειρίσεις κατά την μεταφορά, αποθήκευση και ξήρανση του (Nasoroulou & Zabetakis, 2013). Μετά το στάδιο διαχωρισμού του ελαιόλαδου από την ελαιοζύμη, το πρώτο δεν έχει αποκτήσει ακόμα την ζητούμενη μορφή και σύνθεση του τελικού προϊόντος. Συγκεκριμένα έχει μορφή θολού ρευστού καθώς περιέχει υπολείμματα στερεών σωματιδίων από τον φυτικό ιστό αλλά και μικροσταγονίδια νερού, αναμεμιγμένα με το λάδι σε μορφή γαλακτώματος (Τσάκνης Ιωάννης, 2021), (Gullon, P 2020). Για την απομάκρυνση αυτών πραγματοποιείται το στάδιο του καθαρισμού. Σε αυτό είτε το λάδι αφήνεται σε ηρεμία και γίνεται διαχωρισμός βάση της διαφοράς πυκνότητας είτε χρησιμοποιούνται φυγοκεντρικές συσκευές. Αν ακολουθήσει αποθήκευση του ελαιόλαδου, αυτή γίνεται σε ανοξείδωτες και ερμητικά κλειστές δεξαμενές. Όταν γίνεται η τυποποίηση του ελαιόλαδου, πρέπει να επισημανθεί ότι πρώτα πραγματοποιείται φιλτράρισμα αυτού. Έπειτα το ελαιόλαδο συσκευάζεται, προστατεύοντας με αυτόν τον τρόπο τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του. Τέλος προστίθεται ετικέτα στην συσκευασία με όλες τις υποχρεωτικές επισημάνσεις και το τελικό προϊόν είναι έτοιμο να διατεθεί στην αγορά.



Εικόνα 1: Στάδια παραγωγής ελαιόλαδου.

2. Πυρηνέλαιο

2.1. Είδη ελαιοπυρήνας

Η ελαιοπυρήνα είναι το κύριο στερεό απόβλητο της ελαιοπαραγωγικής διαδικασίας. Η χημική της σύνθεση μπορεί να ποικίλει, επηρεαζόμενη από πολλούς παράγοντες, όπως η ποικιλία της ελιάς και οι γεωπονικές και τεχνολογικές συνθήκες που επικρατούν. Θεωρείται βέβαια πλούσια πηγή πολυφαινολών και σακχάρων, κυρίως πολυσακχαριτών, ενώ περιέχει μέτριες ποσότητες και πρωτεϊνών, μετάλλων και μονοακόρεστων και πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (Difonzo κ.ά., 2021), (Nasoroulou & Zabetakis, 2013). Πιο συγκεκριμένα περιέχει μεταξύ άλλων λιγνίνη, κυτταρίνη, διάφορες ημικυτταρίνες, τοκοφερόλες και στερόλες (Gullon, P 2020), (Difonzo κ.ά., 2021). Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει επίσης το φαινολικό προφίλ της ελαιοπυρήνας, καθώς προσφέρει αντιοξειδωτική ικανότητες. Αναλυτικότερα μπορούν να αναφερθούν η υδροξυτυροσόλη, η βερμυασκοσίδη και παράγωγα τυροσόλης, φλαβονοειδών, ελευρωπαΐνης και διαφόρων άλλων ουσιών (Difonzo κ.ά., 2021), (Nasoroulou & Zabetakis, 2013), (Nasoroulou κ.ά., 2011). Όλες αυτές οι ουσίες έχουν συνδεθεί με ευεργετικές επιδράσεις αλλά ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η υδροξυτυροσόλη, για την οποία έχει πραγματοποιηθεί πλήθος ερευνών. Τα αποτελέσματα προσδίδουν σε αυτή μεγάλη ποικιλία βιολογικών (Vitali Ćero κ.ά., 2018). Επισημαίνεται ότι το φαινολικό περιεχόμενο επηρεάζεται έντονα από την ποικιλία της ελιάς που χρησιμοποιείται στην ελαιοπαραγωγική διαδικασία (Nasoroulou κ.ά., 2011).

Μετά την παραλαβή της ελαιοπυρήνας και στο πλαίσιο αξιοποίησης της, αυτή συνήθως διατίθεται σε ειδικές μονάδες για περαιτέρω δευτερογενή επεξεργασία. Αυτές ονομάζονται πυρηνελαιουργεία και έκαναν την πρώτη εμφάνιση τους στις αρχές του 19^{ου} αιώνα. Έκτοτε αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι του κλάδου της ελαιοπαραγωγής, καθώς προσφέρουν την δυνατότητα αξιοποίησης τεράστιων ποσοστών στερεών απορριμμάτων (ελαιοπυρήνα) που ειδάλλως θα έμεναν αναξιοποίητα και θα επιβάρυναν περαιτέρω το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της ελαιοπαραγωγής. Ωστόσο η διαδικασίες στις οποίες θα υποβληθεί η ελαιοπυρήνα δεν είναι καθολικές. Αυτό είναι απόρροια της διαφορετικής σύνθεσης που μπορεί να έχει ο ελαιοπυρήνας. Συγκεκριμένα αυτός επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως η ποικιλία της ελιάς, οι συνθήκες καλλιέργειας διαδικασία και η εφαρμοζόμενη μέθοδο διαχωρισμού του ελαιόλαδου από την ελαιοζύμη, μέσω της οποίας προκύπτει. Η βασική σύνθεση του όμως, αποτελείται από λάδι, στερεό υπόλειμμα (θραύσματα πυρήνων, δέρμα και σάρκα ελιάς) και υγρασία, με τις αναλογίες αυτών να παρουσιάζουν διακυμάνσεις. Η εμπορική αξία της ελαιοπυρήνας βασίζεται κυρίως στην ελαιοπεριεκτικότητα που διαθέτει και καθορίζεται κάθε χρόνο από τα πυρηνελαιουργεία. Η περιεκτικότητα της ελαιοπυρήνα σε λάδι προέρχεται κυρίως από το ενδοκάρπιο της ελιάς. Ο πυρήνας αποτελείται από το σκληρό ξυλώδες περίβλημα και το ενδοσπέρμιο. Το τελευταίο είναι πλούσιο σε λάδι, το οποίο θεωρείται και το βασικό συστατικό της ελαιοπυρήνας. Αξίζει να αναφερθεί βέβαια, ότι η

ελαιοπεριεκτικότητα συντίθεται και με λάδι από το περικάρπιο της ελιάς και συγκεκριμένα από το μεσοκάρπιο της. Η ποσότητα αυτού, χάνεται κατά τη ελαιοπαραγωγική διαδικασία και θα έμενε ειδάλλως ανεκμετάλλευτη. Μια προσεγγιστική αναφορά στην ποσότητα και στην περιεκτικότητα του σε υγρασία παρουσιάζεται στον ακόλουθο Πίνακα 1. Επισημαίνεται ωστόσο ότι οι παράμετροι αυτοί είναι πολυπαραγοντικοί.

Πίνακας 1: Στατιστικά δεδομένα για το παραγόμενο ελαιοπυρήνα από 1000 kg ελιών που έχουν υποστεί τρεις διαφορετικές μεθόδους διαχωρισμού ελαιόλαδου από την ελαιοζύμη.

	Παραδοσιακό σύστημα	Φυγοκεντρικό σύστημα 3-φάσεων	Φυγοκεντρικό σύστημα 2-φάσεων
Ποσοστό υγρασίας (%)	~ 25	~ 45	~ 70

Γίνεται με αυτόν τον τρόπο φανερό ότι ο προκύπτον κάθε φορά ελαιοπυρήνας διαφέρει. Οι μεγαλύτερες διαφορές ωστόσο παρατηρούνται στην περίπτωση του ελαιοπυρήνα, ο οποίος προκύπτει από το φυγοκεντρικό σύστημα 2-φάσεων. Συγκεκριμένα αυτή η ελαιοπυρήνα, καθώς περιέχει σημαντικά μεγαλύτερη ποσότητα υγρασίας θεωρείται χαμηλότερης ποιότητας, καθώς έχει υδαρή μορφή. Το χαρακτηριστικό του αυτό, φέρει συνέπειες στον τρόπο διαχείρισης και αξιοποίησης του. Θεωρείται γνωστό ότι η αυξημένη περιεχόμενη υγρασία, αποτελεί έναυσμα για πολλές αλλοιώσεις. Στην προκειμένη περίπτωση κίνδυνο αποτελεί, η υδρόλυση των τριγλυκεριδίων και η αύξηση της οξύτητας, μέσω της δράσης του ενζύμου λιπάση. Το ένζυμο αυτό υπάρχει στην ελαιοπυρήνα μέσω του ελαιόκαρπου αλλά προκύπτει και από μικροοργανισμούς που αναπτύσσονται εντός της ελαιοπυρήνας κατά την αποθήκευση της (Τσάκνης Ιωάννης, 2021). Τότε μπορεί να πραγματοποιηθεί επίσης, ζύμωση και παραγωγή μεθυλεστέρων και αιθυλεστέρων (Yanik, 2017). Γίνεται αντιληπτό ότι όλες οι παραπάνω αντιδράσεις επιφέρουν αλλαγή στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά της ελαιοπυρήνας και συνεπώς πρέπει να αποφεύγονται. Έτσι η ελαιοπυρήνα που προκύπτει από φυγοκέντρωση 2-φάσεων, όχι μόνο περιέχει μικρότερη ποσότητα ελαίου αλλά είναι και ιδιαίτερα επιρρεπής σε αλλοιώσεις κατά την διάρκεια της αποθήκευσης της, χαμηλώνοντας έτσι την εμπορική της αξία. Επισημαίνεται ακόμη, ότι λόγω της υψηλής υγρασίας που περιέχει, οι μεταγενέστερες διεργασίες για την αξιοποίηση της, αποτελούσαν μέχρι πρότινος μεγάλη πρόκληση για τους πυρηνελαιοουργούς. Ωστόσο η μεγάλη απήχηση των διφασικών ελαιοτριβείων επέβαλε την εύρεση τρόπου διαχείρισης και αυτού του ελαιοπυρήνα. Συνολικά λοιπόν σήμερα και βάση της επεξεργασίας την οποία λαμβάνει ο ελαιοπυρήνας, προκύπτει πυρηνέλαιο και πυρηνόξυλο.

2.2. Παραγωγή πυρηνελαίου

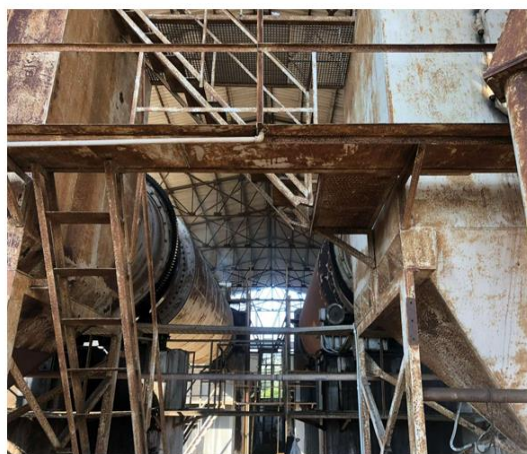
Η ελαιοπυρήνα που παράγεται στα ελαιουργεία και πρόκειται να αξιοποιηθεί προς παραγωγή πυρηνελαίου, χρειάζεται αρχικά να μεταφερθεί στις κατάλληλες δομές επεξεργασίας της, δηλαδή σε πυρηνελαιουργεία. Έπειτα ακολουθεί αποθήκευση της ελαιοπυρήνας μέχρις ότου επεξεργαστεί. Ήδη από αυτό το στάδιο εμφανίζονται διαφορές στους χειρισμούς της ελαιοπυρήνας βάσει της περιεχόμενης σε αυτή υγρασίας. Συγκεκριμένα σε όλες τις περιπτώσεις αλλά ειδικά για την ελαιοπυρήνα από την φυγοκέντρωση 2-φάσεων ο χρόνος αποθήκευσης προτείνεται να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος, ώστε να μειωθούν οι επερχόμενες αλλοιώσεις. Ένας επιπλέον λόγος για την συντομία του χρόνου αποθήκευσης είναι ο κίνδυνος απορρόφησης επιβλαβών ουσιών από το έδαφος. Κάτι τέτοιο προκαλεί μεγάλο περιβαλλοντικό πρόβλημα καθώς μολύνει το έδαφος και ενδέχεται να προκύψει τοξικότητα η οποία δύσκολα διαχειρίζεται. Αναφορικά με την ελαιοπυρήνα που προκύπτει από την φυγοκέντρωση 2-φάσεων προτείνεται επίσης η αποθήκευση της σε στεγανές δεξαμενές, για την αποφυγή περαιτέρω αύξησης της περιεχόμενης υγρασίας. Μετά από αυτό το στάδιο η πορεία που ακολουθείται περιέχει τέσσερα βασικά στάδια. Συγκεκριμένα πραγματοποιείται ξήρανση της ελαιοπυρήνας, αφαίρεση πέτρινων θραυσμάτων και θρυμμάτων πυρήνα, εκχύλιση της ξηρής ελαιοπυρήνας και απόσταξη της μισέλας για τελική παραλαβή του πυρηνελαίου. Ωστόσο η πορεία που ακολουθείται για κάθε ελαιοπυρήνα παρουσιάζει σημαντικές διαφορές, τόσο στην σειρά όσο και στο πλήθος των βημάτων, λόγω των διαφορών στην περιεχόμενη υγρασία της.



Εικόνα 2: Στάδιο παραλαβής της ελαιοπυρήνας στις δεξαμενές αποθήκευσης σε πυρηνελαιουργείο της Ρόδου.

Η ελαιοπυρήνα που προκύπτει με το παραδοσιακό σύστημα ή με το φυγοκεντρικό σύστημα 3-φάσεων ακολουθεί την παρακάτω πορεία στα πυρηνελαιουργεία. Αρχικά πραγματοποιείται η διαδικασία της ξήρανσης. Αυτή επιτυγχάνεται σε

περιστρεφόμενους οριζόντιους μεταλλικούς κυλίνδρους μεγάλου μήκους, διαμέσου των οποίων περνάει ελαιοπυρήνα ενώ ταυτόχρονα διοχετεύεται θερμός αέρας (Τσάκνης Ιωάννης, 2021). Τα θερμά αέρια ξήρανσης κυμαίνονται σε υψηλά επίπεδα θερμοκρασιών, της τάξης των 400 έως 800°C. Βάση της δράσης αυτών προκαλείται εξάτμιση της περιεχόμενης στην ελαιοπυρήνα υγρασίας. Η ξήρανση θεωρείται ότι έχει ολοκληρωθεί και με επιτυχία, όταν η ξηρή πλέον ελαιοπυρήνα έχει περιεκτικότητα σε υγρασία περίπου 8%. Τα θερμά αέρια μαζί με τον ατμό που παράγεται απομακρύνονται μέσω ανεμιστήρα προκαλούμενου ρεύματος. Επισημαίνεται ακόμα, ότι εντός του ξηραντήρα επικρατεί ελαφρύ κενό. Η διαδικασία της ξήρανσης εκτός από την μείωση της περιεχόμενης υγρασίας, επιφέρει και κάποιες επιπλέον μεταβολές στην ελαιοπυρήνα. Συγκεκριμένα η ξηρή ελαιοπυρήνα που προκύπτει μετά το πέρας της ξήρανσης, παρουσιάζει σκούρο καφέ χρώμα. Αυτό θεωρείται ότι οφείλεται στον σχηματισμό διμερών και πολυμερών τριγλυκεριδίων. Επίσης με την ξήρανση αυξάνεται η συγκέντρωση των οξειδωμένων ενώσεων, η τιμή της K232 αλλά και τα οξειδωμένα τριγλυκερίδια (Moral & Méndez, 2006).



Εικόνα 3: Οριζόντιοι μεταλλικοί κύλινδροι ξήρανσης σε πυρηνελαιουργείο της Ρόδου.

Σε αυτό το σημείο αξίζει να γίνει πιο λεπτομερής αναφορά της προέλευσης των θερμών αερίων που εισάγονται στην δεξαμενή ξήρανσης. Μια πηγή αποτελούν τα καυσαέρια και συγκεκριμένα το φυσικό αέριο που λαμβάνεται μετά την καύση του. Χρησιμοποιώντας κατάλληλες τουρμπίνες καθίσταται δυνατή η αξιοποίηση του καυσαερίου αυτού για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο θεωρείται γνωστό ότι αυτό το μη ανανεώσιμο ορυκτό καύσιμο δεν παρουσιάζει σταθερή εμπορική τιμή, γεγονός που δημιουργεί αστάθμητο οικονομικό παράγοντα κατά την διαδικασία της πυρηνελαιουργείας. Επίσης τα θερμά αέρια που παράγονται από την πηγή αυτή, παρουσιάζουν μέγιστη θερμοκρασία της τάξης των 500°C. Παρά το γεγονός ότι, αυτό το χαρακτηριστικό μπορεί να εκμεταλλευτεί για την παραγωγή καλύτερης ποιότητας πυρηνέλαιου, δημιουργεί κάποια σημαντικά προβλήματα. Ειδικότερα, η θερμοκρασία αυτή δεν είναι σε κάποιες περιπτώσεις, στις οποίες η περιεχόμενη υγρασία της

ελαιοπυρήνας είναι αυξημένη, ικανή να παράγει το ζητούμενο προϊόν. Έτσι προκύπτουν σημαντικές επιβαρύνσεις, καθώς είτε αποκλείεται μια μεγάλη μερίδα ελαιοπυρήνας από την διαδικασία παραγωγής πυρηνέλαιου, είτε απαιτείται αύξηση των εγκαταστάσεων ξήρανσης. Λαμβάνοντας αυτά υπόψη, γίνεται αντιληπτό ότι η πηγή αυτή διαθέτει κάποια σημαντικά μειονεκτήματα (Moral & Méndez, 2006). Μια εναλλακτική προέλευση των θερμών αερίων, αποτελεί το πυρηνόξυλο. Επισημαίνεται ότι αυτό είναι υποπροϊόν της διαδικασίας παραγωγής πυρηνέλαιου. Έτσι γίνεται αντιληπτό ότι η χρήση του ως καύσιμη ύλη, δεν επιφέρει καμία οικονομική επιβάρυνση στους πυρηνελαιουργούς. Για αυτό τον λόγο το καύσιμο αυτό βρίσκει, στην σημερινή εποχή, την μεγαλύτερη απήχηση και χρησιμοποιείται στη την πλειοψηφία των δεξαμενών ξήρανσης (Τσάκνης Ιωάννης, 2021).

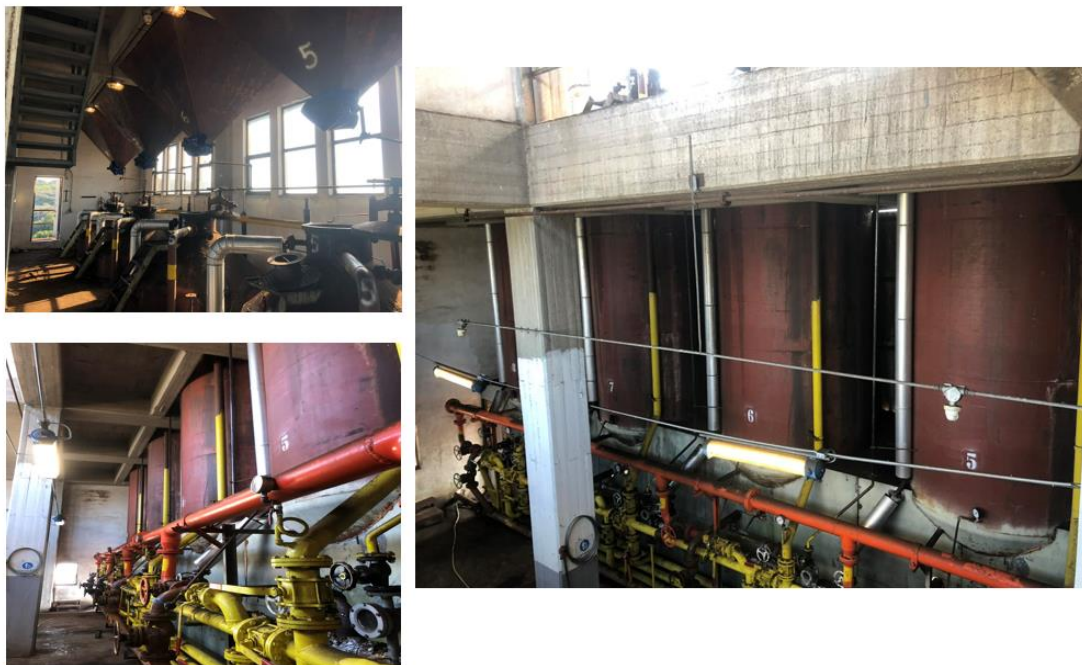
Η ξηρή ελαιοπυρήνα που λαμβάνεται μετά το πέρας της διαδικασίας της ξήρανσης δέχεται στην συνέχεια περαιτέρω επεξεργασία. Επισημαίνεται ωστόσο ότι η επακόλουθη πορεία πρέπει να λαμβάνει χώρα άμεσα, ώστε να αποφευχθεί κατά το δυνατόν αλλοίωση από μεταβολή της ελεύθερης οξύτητας. Συγκεκριμένα πραγματοποιείται χημική εκχύλιση με διαλύτη. Η ολοκλήρωση της διαδικασίας αυτής, απαιτεί να πραγματοποιηθούν διάφορα στάδια. Περιληπτική αναφορά της πορείας, περιέχει το στάδιο προετοιμασίας, εκχύλισης με διαλύτη, και απόσταξης των λιπαρών μικτών. Αρχικά η ξηρή ελαιοπυρήνα, δέχεται μια προετοιμασία που θα αυξήσει την απόδοση της εκχύλισης. Έτσι πραγματοποιείται διήθηση της ξηρής ελαιοπυρήνας, με σκοπό την απομάκρυνση πέτρινων θραυσμάτων και θρυμμάτων πυρήνα. Η συνηθέστερη μέθοδος που ακολουθείται για την υλοποίηση αυτού, είναι η χρήση μηχανών διαχωρισμού με δράση αέρα. Η αρχή λειτουργίας των μηχανημάτων αυτών βασίζεται στο γεγονός ότι, καθώς ο αέρας ρέει αντίθετα ως προς το ρεύμα του ξηρού ελαιοπυρήνα, τον συμπαρασύρει, αφήνοντας πίσω τα βαρύτερα πέτρινα κομμάτια. Με αυτόν τον τρόπο το υλικό που θα υποβληθεί σε εκχύλιση είναι πλουσιότερο σε λίπος. Αυτό επιφέρει πολλά σημαντικά θετικά στις επερχόμενες διαδικασίες. Οι άμεσα θετικές συνέπειες αφορούν την αύξηση της διεύθυνσης του διαλύτη, διευκολύνοντας την εκχύλιση και μεγιστοποιώντας την αποτελεσματικότητά της. Έμμεσα όμως, η διαδικασία αυτή συμβάλει στην εξοικονόμηση διαλυτή αλλά και ενέργειας, μειώνοντας αξιολογικά το κόστος της παραγωγής του πυρηνέλαιου. Σε αυτό συνεισφέρει ακόμα το γεγονός ότι οι πέτρες περιέχουν περισσότερο αδρανές υλικό, καθιστώντας πιο δύσκολη την διαδικασία της απόσταξης που θα ακολουθήσει (Moral & Méndez, 2006).

Μετά την προετοιμασία της ξηρής ελαιοπυρήνας, πραγματοποιείται η χημική εκχύλιση. Έτσι αφότου μεταφερθεί στους εκχυλιστήρες, με κοχλία, αναμειγνύεται με μεγάλη ποσότητα διαλύτη. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται υπό μειωμένη πίεση σε δεξαμενές εκχύλισης παρόμοιες με την Εικόνα 5 και διαρκεί αρκετή ώρα (Τσάκνης Ιωάννης, 2021). Η αρχή λειτουργίας της βασίζεται στην απομόνωση μιας ουσίας από ένα μίγμα λόγω της στενής επαφής της με ένα διαλυτικό μέσο το οποίο είναι ικανό να την διαλύει εκλεκτικά. Ως διαλύτης χρησιμοποιείται το εξάνιο, καθώς αποτελεί εγκεκριμένο διαλύτη για την εκχύλιση λιπών. Η επιλογή του ως εκχυλιστικό υγρό βασίζεται σε πολλούς παράγοντες. Αρχικά παρουσιάζει καλή εκλεκτική ικανότητα και δεν επιφέρει σημαντική επίδραση στην ποιότητα του λαδιού. Οι ιδιότητες του, τόσο οι

φυσικές όσο και οι χημικές, συμβάλλουν επίσης στην επιλογή του. Πιο αναλυτικά οι τιμές λανθάνουσας θερμότητας εξάτμισης και σημείου ζέσεως συμφωνούν με τις συνθήκες της εκχύλισης ενώ παρουσιάζει και χαμηλή διαβρωτική δράση. Επισημαίνεται όμως ότι το εξάνιο είναι εύφλεκτο υλικό και απαιτεί προσοχή κατά την χρήση του (Moral & Méndez, 2006). Αξίζει να αναφερθεί ότι η ποσότητα του πυρηνελαίου που θα ληφθεί τελικά εξαρτάται από την ποσότητα του διαλύτη. Μετά το πέρας της εκχύλισης λαμβάνεται ένα μείγμα πυρηνέλαιου και εξανίου και ποσότητα εκχυλισμένης ελαιοπυρήνας. Το μείγμα πυρηνέλαιου και εξανίου, αποτελεί το κύριο προϊόν, το οποίο απομακρύνεται για να δεχθεί περαιτέρω επεξεργασία. Ως εμπορική ονομασία χρησιμοποιείται συνήθως για αυτό, ο όρος "miscella", στα Ισπανικά, ενώ μπορεί αν ονομασθεί καταχρηστικά και βενζινόλαδο.



Εικόνα 4: Συσκευές παραγωγής ατμού προς δημιουργία κενού εντός του εκχυλιστήρα σε πυρηνελαιουργείο της Ρόδου.



Εικόνα 5: Δεξαμενές εκχύλισης σε πυρηνελαιουργείο της Ρόδου.

Η εκχυλισμένη ελαιοπυρήνα αποτελεί το λεγόμενο πυρηνόξυλο και είναι το εναπομένον στερεό υπόλειμμα της εκχύλισης. Μετά την απομάκρυνση της miscella, ενδέχεται να πραγματοποιηθεί εντός των εκχυλιστήρων απογύμνωση του πυρηνόξυλου από τα τυχόν υπολείμματα εξανίου και ελεύθερου λαδιού. Η διαδικασία αυτή υλοποιείται με εισαγωγή ατμού και δύναται να οδηγήσει σε μικρή αύξηση της περιεχόμενης υγρασίας του πυρηνόξυλου. Έπειτα το πυρηνόξυλο απομακρύνεται μέσω θυρών εκκένωσης. Συγκεκριμένα ανοίγουν χειρωνακτικά οι θύρες των εκχυλιστήρων, οι οποίοι διαθέτουν κεκλιμένους πυθμένες και η δύναμη της βαρύτητας συνδυαστικά με την μειωμένη πίεση που επικρατεί εντός των εκχυλιστήρων οδηγούν στην εκκένωση αυτών και την εναπόθεση του πυρηνόξυλου, όπως φαίνεται στην Εικόνα 6. Η σύσταση του αποτελείται κατά μεγάλο ποσοστό, από ξυλώδη και κυτταρινούχων συστατικά, ενώ περιέχει και μικρό ποσοστό πρωτεϊνών. Όπως ήδη αναφέρθηκε, αξιοποιείται συνήθως ως καύσιμη ύλη στο στάδιο της ξήρανσης για την παραγωγή θερμών αερίων. Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ενέργειας σε ελαιουργεία και σε πυρηνελαιουργεία. Περαιτέρω δυνατούς τρόπους αξιοποίησης του πυρηνόξυλου αποτελούν η χρήση του ως συμπληρωματική πρώτη ύλη μαζί με ξυλοτεμαχίδια στη βιομηχανία των πλαστικών, ενώ μετά από ανάμειξη με ελαιόφυλλα και στέμφυλα οινοποιίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή βελτιωτικών εδάφους (Τσάκνης Ιωάννης, 2021).

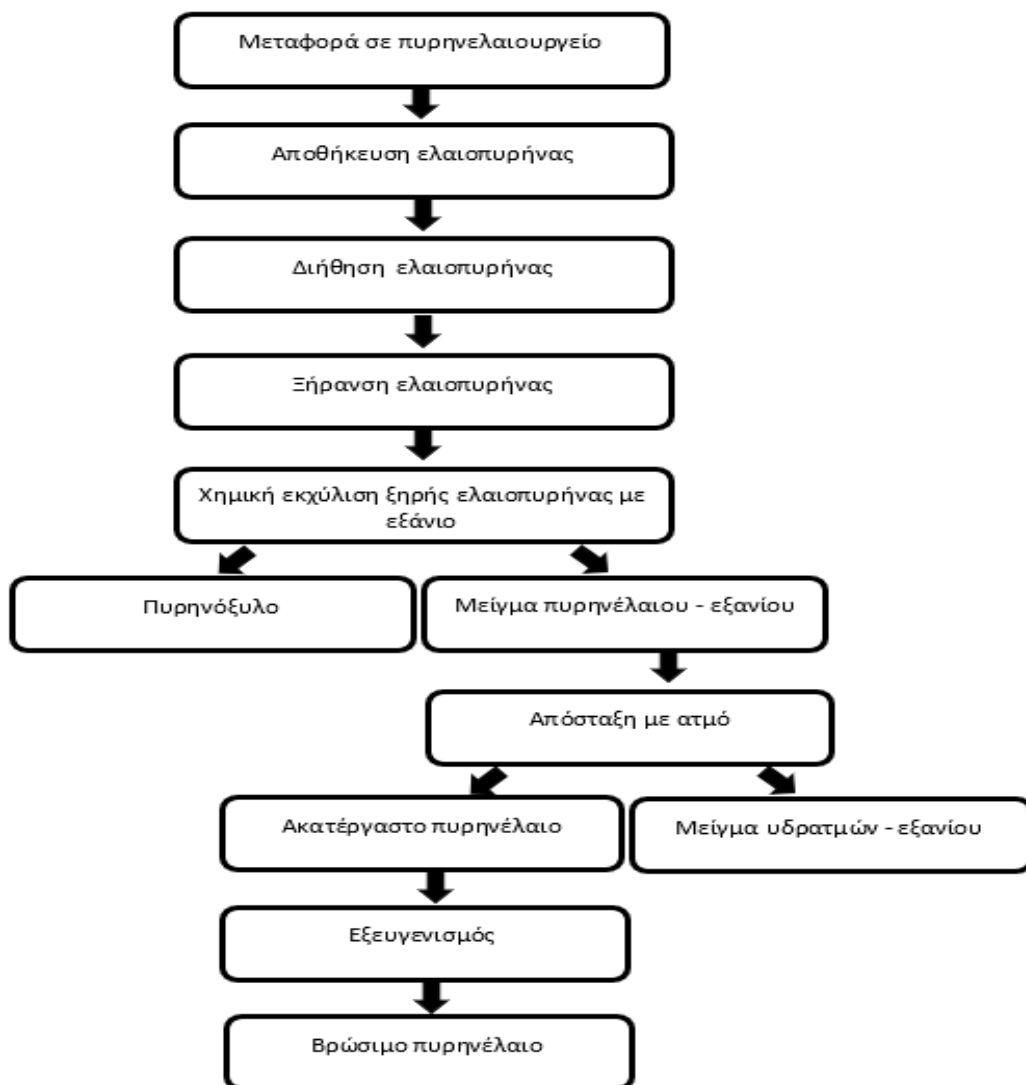


Εικόνα 6: Χώρος εναπόθεσης του πυρηνόξυλου σε πυρηνελαιουργείο της Ρόδου.

Η διαδικασία της εκχύλισης με διαλύτη υλοποιείται κατά κύριο λόγο με έναν από τους ακόλουθους τρόπους. Μπορεί να ακολουθηθεί ημισυνεχής τεχνική, κατά την οποία λαμβάνει χώρα σταδιακός εμπλουτισμός των μικτών. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιείται σύστημα πολλαπλών επαφών με σταθερά στρώματα. Πιο συγκεκριμένα ο διαλύτης, δηλαδή το εξάνιο, εισάγεται αρχικά στην δεξαμενή και τότε πραγματοποιείται η εκχύλιση της μεγαλύτερης ποσότητας ελαίου. Στη συνέχεια και αφότου πρώτα συμπληρώσει την χωρητικότητα της δεξαμενής, ρέει στην επόμενη. Με την υλοποίηση αυτής της διαδικασίας σε όλες τις δεξαμενές, ολοκληρώνεται η εκχύλιση. Εναλλακτικά η εκχύλιση μπορεί να πραγματοποιηθεί με συνεχή τεχνική, όπου λαμβάνουν χώρα πολλαπλές επαφές και με αντίθετη ροή. Με αυτόν τον τρόπο η ξηρή ελαιοπυρήνα χάνει σταδιακά τα έλαια της, σε αντίθεση με το εξάνιο που σταδιακά εμπλουτίζεται έως ότου ολοκληρωθεί η εκχύλιση και παραχθεί η μισέλα. Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει μεγαλύτερη απόδοση διαχωρισμού, ωστόσο και η δύο χρησιμοποιούνται ευρέως. Αναφέρεται ότι δεν ακολουθείται ασυνεχής πορεία καθώς μειονεκτεί σε ασφάλεια αλλά και από οικονομική και πρακτική άποψη (Moral & Méndez, 2006). Η μισέλα μετά την εκχύλιση μεταφέρεται για απόσταξη. Αξίζει να αναφερθεί ότι σε αυτό το μεσοδιάστημα μπορεί να πραγματοποιηθεί διαδικασία αφαίρεσης πτητικών οργανικών συστατικών που περιέχονται στην μισέλα. Αυτές οι ουσίες, όταν εκτεθούν σε υψηλές θερμοκρασίες, κατάσταση που λαμβάνει χώρα κατά την απόσταξη, μπορούν να υποβαθμίσουν την ποιότητα του πυρηνέλαιου. Πριν την έναρξη της απόσταξης επίσης, η μισέλα δέχεται προθέρμανση, περνώντας από εναλλάκτη θερμότητας. Έπειτα καθώς η μισέλα φτάνει στους πύργους απόσταξης, πραγματοποιείται διαχωρισμός του πυρηνέλαιου από το μείγμα υδρατμών και εξανίου.

Πιο αναλυτικά η απόσταξη γίνεται με έκθεση της μισέλας σε ατμό. Με αυτόν τον τρόπο αποστάζεται το εξάνιο, το οποίο έχει σημείο ζέσεως περίπου 69°C. Έτσι το εξάνιο μαζί με υδρατμούς αποβάλλεται ως προϊόν κορυφής και το πυρηνέλαιο παραμένει στον πυθμένα του αποστακτήρα, απ' όπου και παραλαμβάνεται (Khwaldia κ.ά., 2022). Το μίγμα υδρατμών και εξανίου στη συνέχεια δέχεται περαιτέρω επεξεργασία, με απώτερο σκοπό των διαχωρισμό τους. Για να πραγματοποιηθεί αυτό το μίγμα διέρχεται αρχικά από εναλλάκτη θερμότητας, ώστε να ψυχθούν και τελικά να ολοκληρωθεί η συμπύκνωση του. Επισημαίνεται ότι ταυτόχρονα με την ψύξη του μίγματος επιτυγχάνεται και η ζητούμενη προθέρμανση της μισέλας πριν την έναρξη της απόσταξης. Έπειτα λαμβάνει χώρα ο διαχωρισμός τους σε δεξαμενές καθίζησης. Το φαινόμενο αυτό καθίσταται δυνατό καθώς το εξάνιο παρουσιάζει πολύ μικρή διαλυτότητα στο νερό. Έτσι κατά την αποθήκευση τους, το εξάνιο ως πιο ελαφρύ, βρίσκεται στην επιφάνεια της δεξαμενής και η ανάκτηση του γίνεται από την κορυφή αυτής. Το νερό ως βαρύτερο λαμβάνεται από τον πυθμένα και θεωρείται απόβλητο. Καθώς όμως οι ποσότητες του νερού ψύξης που παραλαμβάνονται τελικά από τους εναλλάκτες θερμότητας, είναι σημαντικά μεγάλες, προτείνεται η χρήση πύργου ψύξης, κλειστού τύπου. Έτσι το νερό ψύξης μπορεί να επανακυκλοφορήσει, αφότου πρώτα ψυχθεί και μειώνεται τόσο η κατανάλωση νερού όσο και η παραγωγή υγρών αποβλήτων.

Το πυρηνέλαιο που τελικά λαμβάνεται μετά την απόσταξη ονομάζεται ακατέργαστο πυρηνέλαιο και δεν είναι κατάλληλο για ανθρώπινη κατανάλωση. Παρουσιάζει χαρακτηριστική οσμή και γλυκίζουσα γεύση και περιέχει ελεύθερα λιπαρά οξέα και διάφορες χρωστικές (Τσάκνης Ιωάννης. 2021). Αφότου παραληφθεί από τον πυθμένα των αποστακτών, μεταφέρεται σε δεξαμενές αποθήκευσης. Στη συνέχεια για να θεωρηθεί βρώσιμο λάδι, χρειάζεται να υποβληθεί για περαιτέρω επεξεργασία σε εγκαταστάσεις εξευγενισμού. Εξευγενισμός θεωρείται η διαδικασία που ακολουθείται ώστε να απομακρυνθούν όσο το δυνατόν περισσότερες ανεπιθύμητες ύλες, με την μικρότερη επίδραση στα τριγλυκερίδια και τα επιθυμητά συστατικά. Ως ανεπιθύμητες ύλες θεωρούνται τα ελεύθερα λιπαρά οξέα, τα φωσφατίδια, οι πρωτεϊνούχες ύλες, οι κήροι, οι χρωστικές πτητικές ενώσεις, τα προϊόντα οξειδωσης, τα ίχνη μετάλλων και άλλες ουσίες, ικανές να προκαλέσουν υποβάθμιση του ελαίου. Η διαδικασία αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με φυσικό είτε με χημικό εξευγενισμό. Ο φυσικός εξευγενισμός παρουσιάζει υψηλότερη απόδοση, λαμβάνοντας υπόψιν ότι γίνεται χρήση λιγότερων χημικών και παράγεται μικρότερη ποσότητα αποβλήτων. Ο χημικός εξευγενισμός ωστόσο συνίσταται σε ακατέργαστα έλαια χαμηλής ποιότητας, καθώς η επίδραση του αλκάλειου, συνήθως καυστικό νάτριο, διευκολύνει την διαδικασία (Τσάκνης Ιωάννης. 2021). Τέλος το εξευγενισμένο πυρηνέλαιο αναμειγνύεται με κατάλληλη ποσότητα παρθένου ελαιόλαδου, η οποία συνήθως είναι 10%.



Εικόνα 7: Στάδια παραγωγής πυρηνέλαιου από ελαιοπυρήνα που έχει προκύψει από φυγοκέντρηση 3-φάσεων.

Πριν την διάθεση του τελικού πυρηνελαίου στο εμπόριο χρειάζεται να εξακριβωθεί η δηλωθείσα κατηγορία του. Τα προς έλεγχο κριτήρια αφορούν την καθαρότητα και την ποιότητα του πυρηνελαίου. Σύμφωνα με τον Κανονισμό αριθ. 136/66/ΕΟΚ τα χαρακτηριστικά του πυρηνέλαιου που πρόκειται να εμπορευθεί ως βρώσιμο πρέπει να συμφωνεί με τα χαρακτηριστικά του ακόλουθου Πίνακα 2 για το πυρηνέλαιο.

Πίνακας 2: Χαρακτηριστικά ποιότητας και καθαρότητας πυρηνέλαιου [20].

Οξύτητα (%)	Αριθμός υπεροξειδίων (mEq O ₂ /kg)	K270	ΔΚ	Ερυθροδιόλη και ουβαόλη (%)	Κηροί (mg/kg)	
≤ 1,0	≤ 15	≤ 1,70	≤ 0,	> 4,5	C40 + C42 + C44 + C46 > 350	
Χοληστερόλη (%)	Βρασ-ικαστερόλη (%)	Καμπεστερόλη (%)	Στιγμαστερόλη (%)	Φαινόμενη β-σιτοστερόλη (2) (%)	δ-7-στιγμαστενόλη (1) (%)	Ολικές στερόλες (mg/kg)
≤ 0,5	≤ 0,2	≤ 4,0	<Καμπ.	≥ 93,0	≤ 0,5	≥1 600

Μεταξύ άλλων, βασικά προς έλεγχο χαρακτηριστικά του πυρηνελαίου θεωρούνται η οξύτητα, ο δείκτης υπεροξειδίων και τα αποτελέσματα K270 και ΔΚ της φασματοφωτομετρικής εξέτασης στο υπεριώδες (*KANONΙΣΜΟΣ (ΕΟΚ) αριθ. 2568/91 1991*). Η οξύτητα εκφράζει τα g ελεύθερων λιπαρών οξέων που περιέχονται σε 100g δείγματος. Επισημαίνεται ότι η οξύτητα εκφράζεται ως προς το επικρατέστερο λιπαρό οξύ της λιπαρής ύλης και στην προκειμένη περίπτωση υπολογίζεται σε ελαϊκό οξύ. Ο αριθμός υπεροξειδίων αναφέρεται στο υπεροξειδικό O₂ των οξειδωμένων λιπαρών υλών. Η τιμή K270 είναι η απορρόφηση σε μήκος κύματος 270nm και η τιμή ΔΚ είναι η απόκλιση της μέγιστης τιμής εξασθένισης της ηλεκτομαγνητικής ακτινοβολίας, στην περιοχή 260-280nm (Τσάκνης Ιωάννης, 2021).

Στην περίπτωση της ελαιοπυρήνας που προκύπτει από φυγοκέντρηση 2-φάσεων και λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της, έχουν ανά τα χρόνια προταθεί και χρησιμοποιηθεί διάφορες μέθοδοι διαχείρισης. Αυτές απαιτούν κάποια επιπλέον βήματα, συγκριτικά με την αντίστοιχη για την ελαιοπυρήνα που προκύπτει με το παραδοσιακό σύστημα ή με το φυγοκεντρικό σύστημα 3-φάσεων. Επισημαίνεται βέβαια ότι η πορεία που ακολουθείται από το στάδιο εκχύλισης και μέχρι την παραλαβή του τελικού βρώσιμου πυρηνέλαιου παραμένει η ίδια. Η πρώτη από αυτές τις μεθόδους ακολουθεί μεν την πορεία της άμεσης ξήρανσης ενός σταδίου, που περιεγράφηκαν παραπάνω, ωστόσο ο διαχωρισμός πέτρινων θραυσμάτων και θρυμμάτων πυρήνα από την υπόλοιπη ελαιοπυρήνα λαμβάνει χώρα πριν από την ξήρανση μαζί με κάποια επιπλέον βήματα. Αρχικά λοιπόν πραγματοποιείται διαχωρισμός τους από την υπόλοιπη ελαιοπυρήνα. Στην προκειμένη περίπτωση μεγάλη απήχηση βρίσκουν οι μύλοι, και συγκεκριμένα αυτοί με φίλτρα διαμέτρου περίπου 3mm. Με αυτήν την μέθοδο τα προς απομάκρυνση υπολείμματα, τα οποία είναι παχύτερα δεν περνάνε από τα φίλτρα, και λαμβάνεται σε μεγάλο βαθμό απαλλαγμένη ελαιοπυρήνα (Moral & Méndez, 2006). Η διαδικασία αυτή προσφέρει μεγαλύτερη απόδοση στις επερχόμενες επεξεργασίες. Στην συνέχεια ακολουθεί μάλαξη της ελαιοπυρήνας. Τόσο ο εξοπλισμός όσο και ο σκοπός αυτής της επεξεργασίας είναι παρόμοιος με αυτόν της διαδικασίας παραλαβής του ελαιόλαδου, που έχει αναφερθεί παραπάνω. Έπειτα πραγματοποιείται φυσική εκχύλιση πυρηνέλαιου, με την μέθοδο της

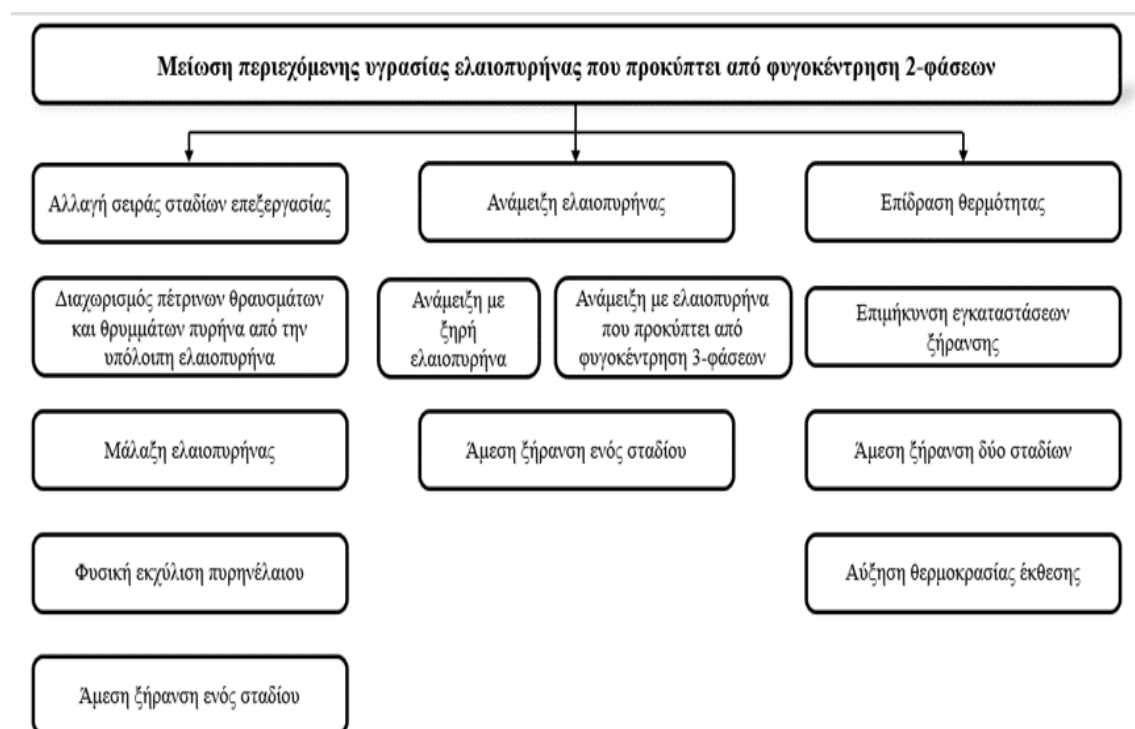
φυγοκέντρησης. Αντιστοίχως και αυτή η διαδικασία παρομοιάζει με τη σχετική επεξεργασία που εφαρμόζεται κατά την παραλαβή του ελαιόλαδου. Συγκεκριμένα οι φυγοκέντρες δυνάμεις που εφαρμόζονται προκαλούν καθίζηση των στερεών σωματιδίων στα τοιχώματα του οργάνου και επιτρέπεται με αυτόν τον τρόπο η παραλαβή του υπολειμματικού λαδιού. Στην συνέχεια το προϊόν ξηραίνεται, ακολουθώντας την διαδικασία που περιεγράφηκε για την ελαιοπυρήνα που προκύπτει με το παραδοσιακό σύστημα ή με το φυγοκεντρικό σύστημα 3-φάσεων. Γίνεται αντιληπτό όμως, ότι η ανάγκη για αγορά επιπλέον εξοπλισμού για την διαχείριση μόνο της ελαιοπυρήνας από φυγοκέντρωση 2-φάσεων, επιφέρει σημαντική οικονομική επιβάρυνση.

Μια εναλλακτική μέθοδος για την διαχείριση της ελαιοπυρήνας που προκύπτει μέσω φυγοκέντρωσης 2-φάσεων αποτελεί η κατάλληλη μετατροπή της διαδικασίας της ξήρανης. Η μέθοδος αυτή έχει στοχεύει στην μείωση της περιεχόμενης υγρασίας μέσω της επίδρασης της θερμότητας και μόνο. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους. Μια δυνατότητα αποτελεί η επιμήκυνση της εγκατάστασης της ξήρανης, δηλαδή των περιστροφικών οριζόντιων κυλίνδρων (Τσάκης Ιωάννης, 2021). Με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται η διαδρομή και κατά συνέπεια και ο χρόνος της ξήρανης, χωρίς να απαιτείται μέγιστη αύξηση της θερμοκρασίας. Ωστόσο τόσο η επιμήκυνση των μηχανημάτων, όσο και η κατανάλωση ενέργειας για την λειτουργία τους, οδηγούν σε αύξηση του κόστους της διαδικασίας αυτής. Μια άλλη επιλογή, αποτελεί η άμεση ξήρανση δύο σταδίων. Στην προκειμένη περίπτωση, πραγματοποιείται ένα πρώτο στάδιο ξήρανης, το οποίο μειώνει την υγρασία της ελαιοπυρήνας σε επίπεδο περίπου 50% και το δεύτερο οφείλεται για την μείωση της στα ζητούμενα επίπεδα (Moral & Méndez, 2006). Παρομοίως με αυτόν τον τρόπο αυξάνεται ο χρόνος της ξήρανης χωρίς να απαιτείται έκθεση της ελαιοπυρήνας σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Το ζήτημα του κόστους λειτουργίας του εξοπλισμού ωστόσο, παραμένει. Η τρίτη επιλογή που δίνεται είναι η αύξηση της θερμοκρασίας με την οποία θα έρθει σε επαφή η ελαιοπυρήνα, διατηρώντας το μήκος των εγκαταστάσεων όμοιο με αυτό της ξήρανης για την ελαιοπυρήνα 3-φάσεων. Με αυτόν τον τρόπο σαφώς εξουδετερώνονται τα επιπλέον έξοδα εξοπλισμού. Ωστόσο με την ισχυρή ξήρανση έχει παρατηρηθεί σχηματισμός αξιοσημείωτα μεγάλης ποσότητας Πολυκυκλικών Αρωματικών Υδρογονάνθρακων (PAHs) και κατά συνέπεια δημιουργία μικρών σωματιδίων στον αέρα. Αυτό θεωρείται ότι οφείλεται στον πολυμερισμό των σακχάρων που πραγματοποιείται σε θερμοκρασίες υψηλότερες των 400°C. Το γεγονός αυτό, επιτάσσει τη διαχείριση των σωματιδίων, προσθέτοντας έτσι ένα επιπλέον στάδιο και οικονομικό έξοδο στην διαδικασία (Moral & Méndez, 2006).

Η τελευταία εναλλακτική μέθοδος για την διαχείριση της ελαιοπυρήνας που προκύπτει από φυγοκέντρωση 2-φάσεων είναι η άμεση ξήρανση της σε ένα στάδιο, αφού έχει όμως προηγηθεί ανάμειξη της με ελαιοπυρήνα μικρότερης περιεκτικότητας σε υγρασία. Συγκεκριμένα υπάρχουν δύο διαφορετικές δυνατές επιλογές ελαιοπυρήνας που θα προστεθεί. Αρχικά μπορεί να πραγματοποιηθεί ανακυκλοφορία της ξηρής ελαιοπυρήνας, δηλαδή της ελαιοπυρήνας που έχει ολοκληρώσει την διαδικασία της ξήρανης. Επίσης όμως η μείξη μπορεί να γίνει μεταξύ ελαιοπυρήνας που έχει

προκύπτει από φυγοκέντρηση 3-φάσεων με αυτή των 2-φάσεων (Moral & Méndez, 2006). Στις δύο αυτές περιπτώσεις, η ανάμειξη γίνεται σε κατάλληλες αναλογίες, βάση των οποίων η ξήρανση θα ολοκληρώνεται καταλλήλως με το χαμηλότερο δυνατό κόστος. Το μείγμα στη συνέχεια ακολουθεί την πορεία παρασκευής πυρηνέλαιου όπως αυτή περιεγράφηκε για την ελαιοπυρήνα 3-φάσεων. Χρησιμοποιώντας αυτή τη μέθοδο για την αποδοτική ξήρανση της ελαιοπυρήνας που προκύπτει από φυγοκέντρηση 2-φάσεων δεν προκύπτει επιπλέον οικονομική επιβάρυνση για την απόκτηση μηχανημάτων. Για αυτό αλλά και για άλλους λόγους, η μέθοδος αυτή βρίσκει ευρεία χρήση σε πυρηνελαιουργεία.

Πίνακας 3: Εναλλακτικά στάδια για την παραγωγή πυρηνέλαιου από ελαιοπυρήνα που προκύπτει από φυγοκέντρηση 2-φάσεων.



2.3. Σύσταση πυρηνέλαιου

Το πυρηνέλαιο, ως τελικό προϊόν, μπορεί να χαρακτηριστεί ως μια φυσική υγιεινή τροφή. Ομοίως με τις υπόλοιπες κατηγορίες λαδιού, οι οποίες προκύπτουν από τον καρπό της ελιάς, δηλαδή το εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο, το παρθένο ελαιόλαδο και το ελαιόλαδο, έτσι και το πυρηνέλαιο θεωρείται ότι παρουσιάζει παραμέτρους σύνθεσης που το καθιστούν ως υγιεινό. Επισημαίνεται ότι το λάδι που προκύπτει από τον καρπό της ελιάς, είναι γνωστό ως αναπόσπαστο μέρος της μεσογειακής διατροφής, η οποία φημίζεται για τα οφέλη της. Σε αυτό το πρίσμα, αξίζει να αναφερθεί ότι η Διεθνής Οργάνωση Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) συνιστά την κατανάλωση

μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA) να αποτελεί το 20% της συνολικής διατροφικής ενέργειας. Βάση αυτού γίνεται αντιληπτό ότι συνίσταται η κατανάλωση ελαιόλαδων έναντι σπορέλαιων, λόγω της πολύ μεγάλης περιεκτικότητας τους σε μονοακόρεστα λιπαρά οξέα. Παρά το γεγονός ότι και το πυρηνέλαιο παρουσιάζει υψηλά επίπεδα μονοακόρεστων λιπαρών οξέων, οι ευεργετικές του ικανότητες δεν έχουν μελετηθεί μέχρι στιγμής εκτενώς (Gullon, P 2020). Έτσι οι ακριβείς επιδράσεις του στον ανθρώπινο οργανισμό δεν μπορούν να αναφερθούν με σιγουριά.

Πρώτο βήμα για την αξιολόγηση των ευεργετικών ικανοτήτων του πυρηνέλαιου, αποτελεί η γνώση της σύνθεσης αυτού. Καθώς οι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την τελική σύνθεση του ποικίλουν, γίνεται αντιληπτό ότι η περιεκτικότητα των συστατικών του δεν είναι καθολική. Μερικοί από τους πιο σημαντικούς παράγοντες επιρροής της σύστασης του πυρηνέλαιου είναι η διαδικασία καλλιέργειας της ελιάς, το στάδιο ωρίμανσης στο οποίο συλλέγεται και οι επακόλουθες συνθήκες επεξεργασίας στις οποίες υποβάλλεται ο πυρήνας μέχρι την τελική παραγωγή του πυρηνέλαιου (Τσάκνης Ιωάννης. 2021). Ειδική αναφορά αξίζει, στην διαδικασίες που πραγματοποιούνται ώστε το ακατέργαστο πυρηνέλαιο να λάβει την τελική εμπορική και βρώσιμη μορφή του. Αυτό το στάδιο οφείλεται για σημαντική μείωση της περιεκτικότητας των φαινολικών ενώσεων στο πυρηνέλαιο, ενώ δεν έχει σημειωθεί αξιοσημείωτη μείωση στα υπόλοιπα συστατικά του (Gullon, P 2020).

Στο πλαίσιο παράθεσης των βασικών θρεπτικών συστατικών που συνθέτουν το πυρηνέλαιο, αρχικά χρειάζεται να αναφερθεί ότι αυτό είναι κατά βάση μονοακόρεστο λίπος. Συγκεκριμένα το ελαιϊκό οξύ βρίσκεται σε μεγάλη περιεκτικότητα στο πυρηνέλαιο και μπορεί να αποτελέσει μια πιθανή εναλλακτική λύση πρόσληψης διατροφικού λίπους. Αξιοσημείωτα θεωρούνται επίσης τα δευτερεύοντα συστατικά που περιέχει, τα οποία αποτελούν βιοδραστικές ενώσεις με ικανές δυνατότητες στην προαγωγή της υγείας. Αξίζει να αναφερθεί ότι κάποια από αυτά τα συστατικά βρίσκονται σε χαμηλές συγκέντρωση σε άλλα λάδια που προκύπτουν από τον καρπό της ελιάς και συνεπώς το πυρηνέλαιο θεωρείται σημαντική πηγή τους (Gullon, P 2020). Τα κυριότερα εκ των δευτερευόντων συστατικών είναι οι τοκοφερόλες, οι φυτοστερόλες, το σκουαλένιο, τα τριτερπενικά οξέα, οι τριτερπενικές διαλοκοόλες και οι αλειφατικές λιπαρές αλκοόλες (Moral & Méndez, 2006), (Gullon, P 2020). Παρά την χαμηλή τους περιεκτικότητα, οι φαινολικές ενώσεις, χαρακτηρίζονται από βιοδραστικές ικανότητες και συνεπώς αξίζει να αναφερθούν. Μελέτες καθιστούν διαθέσιμα τα δεδομένα σχετικά με την ποσότητα των δευτερευόντων συστατικών του πυρηνέλαιου. Το προσεγγιστικό εύρος τιμών των ποσοτήτων τους φαίνεται στον ακόλουθο Πίνακα 2.

Πίνακας 4: Ποσότητες των κύριων δευτερευόντων συστατικών σε ραφινάρισμένο πυρηνέλαιο (Gullon, P 2020).

Δευτερεύον Συστατικά	Ποσότητα (mg/kg)
Τοκοφερόλες	185-300
Στερόλες	1800-3000
Σκουαλένιο	500-6000
Τριτερπενικά οξέα	<200
Τριτερπενικές διαλκοόλες	200-1000
Αλειφατικές λιπαρές αλκοόλες	1000-3000
Φαινολικές ενώσεις	<100

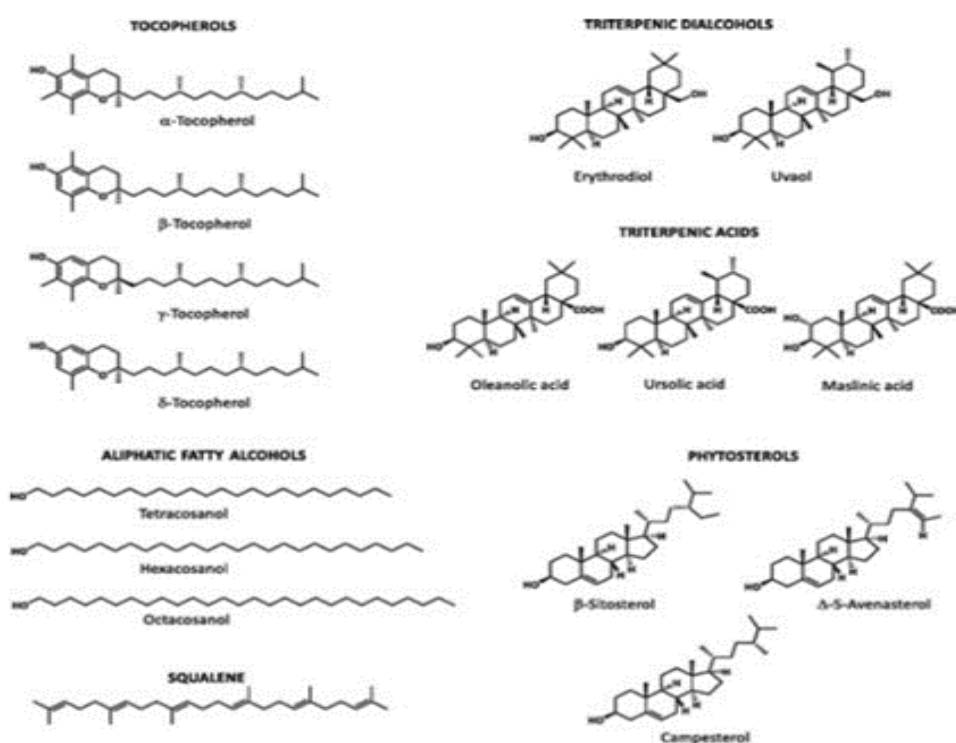
Τόσο το ελαϊκό οξύ ως το κύριο συστατικό του πυρηνέλαιου, όσο και κάποια από τα δευτερεύοντα συστατικά του πυρηνέλαιου φαίνεται να βρίσκονται σε ικανές ποσότητες. Ωστόσο οι μελέτες αναφορικά με την επίδραση αυτών στην ανθρώπινη υγεία είναι λιγοστές. Επίσης η πλειοψηφία των μελετών που έχουν πραγματοποιηθεί, επικεντρώνονται στην επίδραση των ουσιών στην καρδιαγγειακή υγεία. Επισημαίνεται ακόμη ότι οι περισσότερες μελέτες για τις επιδράσεις του πυρηνέλαιου έχουν πραγματοποιηθεί σε ζώα. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι υπάρχει ανάγκη για περαιτέρω μελέτες, όπως τυχαιοποιημένες μεταγευματικές κλινικές δοκιμές, οι οποίες θα δώσουν αποτελέσματα συγκεκριμένα για την επίδραση των συστατικών του πυρηνέλαιου στον ανθρώπινο οργανισμό. Παρά το κενό πληροφοριών επί του θέματος μέχρι σήμερα, οι έρευνες που έχουν ολοκληρωθεί για τις κύριες βιοδραστικές ενώσεις σε ζωικά μοντέλα αλλά και αυτές που έχουν μελετήσει τις ενώσεις από άλλες φυτικές πηγές, μπορούν να προσφέρουν σημαντικές πληροφορίες. Βάση αυτών, κρίνεται άξια αναφοράς η πιο αναλυτική περιγραφή των βασικών συστατικών του πυρηνέλαιου μαζί με τις πιθανές βιοδραστικές ικανότητές τους.

2.3.1. Οφέλη στην ανθρώπινη υγεία

Όπως ήδη αναφέρθηκε το πυρηνέλαιο είναι κατά βάση μονοακόρεστο λίπος, καθώς προέρχεται από επεξεργασία του καρπού της ελιάς. Ο κύριος εκπρόσωπος των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA) που βρίσκεται στο πυρηνέλαιο, είναι το ελαϊκό οξύ, ή αλλιώς γνωστό ως μονοακόρεστο ω-9 λιπαρό οξύ. Αυτό αντιπροσωπεύει το 56-85% των συνολικών λιπαρών οξέων του πυρηνέλαιου. Περαιτέρω MUFA που φαίνεται να συνυπάρχουν είναι το λινολεϊκό οξύ, το λινολενικό οξύ, το παλμιτικό οξύ, το παλμιτολεϊκό οξύ και το στεατικό οξύ. Αυτά εμφανίζονται μεν σε μικρότερες ποσότητες συγκριτικά με το ελαϊκό οξύ, ωστόσο θεωρούνται ικανά συστατικά του

πυρηνελαίου. Αναφορικά με την επίδραση αυτών των λιπαρών οξέων στην ανθρώπινη υγεία, δεν φαίνεται να έχουν πραγματοποιηθεί μελέτες συγκεκριμένα για το πυρηνέλαιο. Ωστόσο αυτά τα συστατικά βρίσκονται σε μεγάλες ποσότητες και σε διάφορες κατηγορίες ελαιόλαδου και αυτός ο τομέας έχει λάβει μεγάλο ερευνητικό ενδιαφέρον. Έτσι γενικεύοντας τα αποτελέσματα των ερευνών, θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι και το πυρηνέλαιο επιφέρει ευεργετικές επιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό, με ειδική αναφορά στα οφέλη της καρδιαγγειακής υγείας (Mateos, R 2020).

Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει επίσης η ανάλυση των δευτερευόντων συστατικών του πυρηνελαίου και της βιολογικής τους δράσης. Οι χημικές δομές αυτών των βιοδραστικών ενώσεων φαίνονται στο Εκόνα 9. Αρχικά οι α-, β-, γ- και δ- τοκοφερόλες μειώνονται μεν κατά το στάδιο του εξευγενισμού, ωστόσο το τελικό βρώσιμο πυρηνέλαιο περιέχει ικανές ποσότητες τους και συνεπώς αξίζει η περαιτέρω ανάλυση τους. Η ποσότητα των τοκοφερολών που βρίσκεται στο τελικό προϊόν, οφείλεται τόσο στην εναπομένουσα ποσότητα τους από την διαδικασία του ραφινάρισματος, όσο και στις περιεχόμενες τοκοφερόλες του ελαιόλαδο που προστίθεται. Επισημαίνεται ότι η α-τοκοφερόλη αποτελεί την πιο άφθονη τοκοφερόλη . Ακόμη μελέτες έχουν δείξει προστατευτική δράση στην ανθρώπινη επιδερμίδα έναντι των ηλιακών ακτίνων UV. Μεταξύ των βιοδραστικών ικανοτήτων τους όμως, οι τοκοφερόλες χαρακτηρίζονται κυρίως από ισχυρή αντιοξειδωτική δράση. Έτσι, στο πλαίσιο των μεταβολικών διεργασιών, σχηματίζονται ελεύθερες ρίζες στον ανθρώπινο οργανισμό, εμποδίζεται η υπεροξείδωση των λιπιδίων και διατηρείται η ακεραιότητα των κυτταρικών μεμβρανών (Mateos, R 2020), (Τσάκνης Ιωάννης. 2021).



Εικόνα 8: Χημική δομή των κύριων δευτερευόντων συστατικών του πυρηνελαίου (Mateos, R 2020)

Οι στερόλες βρίσκονται στο πυρηνέλαιο σε μεγάλες ποσότητες και μάλιστα μεγαλύτερες συγκριτικά με τα υπόλοιπα ελαιόλαδα (Mateos, R 2020). Αυτές αποτελούν χημικά ισοδύναμα της χοληστερόλης και έτσι δρουν ανταγωνιστικά για την απορρόφηση στο πεπτικό σύστημα. Με αυτόν τον τρόπο συμβάλλουν στην αναστολή της απορρόφησης της χοληστερόλης στο έντερο και επηρεάζουν τον μεταβολισμό της στο ήπαρ και στο έντερο (Τσάκνης Ιωάννης, 2021). Η ομοιότητα των δομών των φυτοστερολών με τη χοληστερόλη λοιπόν ευνοούν στην μείωση της χοληστερόλης στο ανθρώπινο αίμα. Αναφορικά με τις φυτοστερόλες έχουν γίνει επίσης αναφορές για κυτταροστατική δράση έναντι φλεγμονών και καρκίνου (G. Rodríguez-Gutiérrez 2012). Οι κύριες φυτοστερόλες στο πυρηνέλαιο είναι η β-σιτοστερόλη, η καμπεστερόλη, η Δ7-στιγμαστενόλη, η στιγμαστερόλη και η βρασικαστερόλη. Συγκεκριμένα η β-σιτοστερόλη αποτελεί την πιο άφθονη καθώς αποτελεί περίπου το 93% των φυτοστερολών (Mateos, R 2020). Αξίζει να αναφερθεί ότι μελέτες έχουν αποδώσει αντιογκογονικές και αντικαρκινικές δράσεις στην β-σιτοστερόλη (Τσάκνης Ιωάννης, 2021).

Το σκουαλένιο είναι ένας τριτερπενικός πολυακόρεστος υδρογονάνθρακας που βρίσκεται σε σημαντικές ποσότητες στο πυρηνέλαιο. Στον ανθρώπινο οργανισμό, το σκουαλένιο βρίσκεται μέσω διατροφική πρόσληψη αλλά και μέσω ενδογενής σύνθεσης. Κατανάλωση 50 mL πυρηνελαίου παρέχουν ημερήσια διαιτητική πρόσληψη 25–300 mg/ημέρα. Βάση αυτού δίαιτες με επαρκή πρόσληψη ελαίων που περιέχουν σκουαλένιο, όπως το πυρηνέλαιο, μπορούν να συμβάλλουν θετικά στον ανθρώπινο οργανισμό. Στις ευεργετικές δράσεις του συγκαταλέγονται μεταξύ άλλων, οι αντικαρκινογόνες, οι αντιοξειδωτικές, οι υποχοληστερολαιμικές, οι αποτοξινωτικές δράσεις αλλά και αυτές που ευνοούν την υγεία του δέρματος (Mateos, R 2020). Η τελευταία παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς το σκουαλένιο αποτελεί ένα από τα κύρια συστατικά των λιπιδίων της επιφάνειας του δέρματος. Έτσι δρα αμυντικά στο οξειδωτικό στρες που οφείλεται στην έκθεση στην υπεριώδη (UV) ακτινοβολία του ηλιακού φωτός, μειώνοντας την βλάβη που προκαλείται στο δεοξυριβονουκλεϊκό οξύ (DNA). Συνάμα συμβάλει στην μείωση των ρυτίδων και αντιτίθεται στην δερματίτιδα και τον καρκίνο του δέρματος (G. Rodríguez-Gutiérrez 2012), (Mateos, R 2020). Επίσης παρά το γεγονός ότι το σκουαλένιο αποτελεί ενδιάμεσο στην ενδογενή σύνθεση της χοληστερόλης, η πρόσληψή του δεν αυξάνει τη συγκέντρωση της χοληστερόλης στον ορό. Αναφορικά με την αντικαρκινογόνο δράση του, *in vitro* κυτταρικές μελέτες, έχουν δείξει συμβολή στη μείωση της συχνότητας εμφάνισης καρκίνου του μαστού σε πληθυσμούς που ακολουθούν μεσογειακή διατροφή.

Βασικά συστατικά του πυρηνελαίου θεωρούνται επίσης τα πεντακυκλικά τριτερπένια. Συγκεκριμένα περιέχονται πεντακυκλικά τριτερπενικά οξέα και πεντακυκλικές τριτερπενικές διαλοκοόλες. Με το στάδιο του εξευγενισμού αυτά μειώνονται, ειδικά τα οξέα, ωστόσο η εναπομένουσα ποσότητα στο βρώσιμο πυρηνέλαιο είναι αξιοσημείωτη. Τα πεντακυκλικά τριτερπενικά οξέα που παρουσιάζονται στο

πυρηνέλαιο είναι κυρίως το ελαανολικό, το ουρσολικό και το μασλινικό οξύ (Mateos, R 2020). Στην περίπτωση των πεντακυκλικών τριτερπενικών διαλοκοόλων, οι κυρίως απαντόμενες αλκοόλες είναι η ερυθροδιόλη και η ουβαόλη (G. Rodríguez-Gutiérrez 2012). Μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί αναφορικά με αυτές τις ουσίες, τους αποδίδουν ευεργετικές ιδιότητες. Μεταξύ αυτών μπορεί να αναφερθεί ο ρόλος τους στην πρόληψη των καρδιαγγειακών παθήσεων αλλά και η αντικαρκινική, αντιοξειδωτική και αντιμικροβιακή δράση. Πιο αναλυτικά *in vitro* μελέτες έχουν δείξει ότι τα πεντακυκλικά τριτερπενία προστατεύουν την LDL από οξειδώσεις. Ακόμη πεντακυκλικά τριτερπενία που λαμβάνονται από φυσικά φυτικά υλικά έχουν δείξει ότι αναστέλλουν τον πολλαπλασιασμό των καρκινικών κυττάρων. Αξίζει να αναφερθεί επίσης ότι τα τριτερπενία φαίνεται να δρουν εναντίον του ιού της ανθρώπινης ανοσοανεπάρκειας (HIV) και μπορούν να βελτιώσουν την ποιότητα ζωής του ασθενούς με HIV (Mateos, R 2020).

Το σκουαλένιο είναι ένας τριτερπενικός πολυακόρεστος υδρογονάνθρακας που βρίσκεται σε σημαντικές ποσότητες στο πυρηνέλαιο. Στον ανθρώπινο οργανισμό, το σκουαλένιο βρίσκεται μέσω διατροφική πρόσληψη αλλά και μέσω ενδογενής σύνθεσης. Κατανάλωση 50 mL πυρηνελαίου παρέχουν ημερήσια διαιτητική πρόσληψη 25–300 mg/ημέρα. Βάση αυτού δίαιτες με επαρκή πρόσληψη ελαίων που περιέχουν σκουαλένιο, όπως το πυρηνέλαιο, μπορούν να συμβάλλουν θετικά στον ανθρώπινο οργανισμό. Στις ευεργετικές δράσεις του συγκαταλέγονται μεταξύ άλλων, οι αντικαρκινογόνες, οι αντιοξειδωτικές, οι υποχοληστερολαιμικές, οι αποτοξινωτικές δράσεις αλλά και αυτές που ευνοούν την υγεία του δέρματος (Mateos, R 2020). Η τελευταία παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς το σκουαλένιο αποτελεί ένα από τα κύρια συστατικά των λιπιδίων της επιφάνειας του δέρματος. Έτσι δρα αμυντικά στο οξειδωτικό στρες που οφείλεται στην έκθεση στην υπεριώδη (UV) ακτινοβολία του ηλιακού φωτός, μειώνοντας την βλάβη που προκαλείται στο δεοξυριβονουκλεϊκό οξύ (DNA). Συνάμα συμβάλει στην μείωση των ρυτίδων και αντιτίθεται στην δερματίτιδα και τον καρκίνο του δέρματος (G. Rodríguez-Gutiérrez 2012), (Mateos, R 2020). Επίσης παρά το γεγονός ότι το σκουαλένιο αποτελεί ενδιάμεσο στην ενδογενή σύνθεση της χοληστερόλης, η πρόσληψή του δεν αυξάνει τη συγκέντρωση της χοληστερόλης στον ορό. Αναφορικά με την αντικαρκινογόνο δράση του, *in vitro* κυτταρικές μελέτες, έχουν δείξει συμβολή στη μείωση της συχνότητας εμφάνισης καρκίνου του μαστού σε πληθυσμούς που ακολουθούν μεσογειακή διατροφή.

Οι αλειφατικές λιπαρές αλκοόλες όπως φαίνεται στον Πίνακα 2 βρίσκονται σε σημαντικές ποσότητες στο πυρηνέλαιο και μάλιστα σε μεγαλύτερες συγκριτικά με τις υπόλοιπες κατηγορίες ελαιόλαδου. Κύριες γραμμικές αλειφατικές αλκοόλες στο πυρηνέλαιο θεωρούνται η τετρακοζανόλη (C24), η εξακοζανόλη (C26), η οκτακοζανόλη (C28), η εικοσιδυανόλη (C22) και η τριακοζανόλη (C30). Μελέτες, έχουν δείξει ότι λιπαρές αλκοόλες που απομονώνονται από το πυρηνέλαιο μπορούν να μειώσουν την παραγωγή από τα ανοσοκύτταρα διαφόρων φλεγμονωδών μεσολαβητών, εμποδίζοντας με αυτόν τον τρόπο παθολογικές διεργασίες. Έτσι αποδίδεται αντιφλεγμονώδης δράση σε αυτές τις λιπαρές αλκοόλες μακράς αλυσίδας (Mateos, R 2020), (G. Rodríguez-Gutiérrez 2012).

Οι φαινολικές ενώσεις βρίσκονται σε πληθώρα στο ακατέργαστο πυρηνέλαιο. Οι κυριότεροι εκπρόσωποι αυτών είναι η υδροξυτυροσόλη, η οξική υδροξυτυροσόλη, η τυροσόλη, η κατεχόλη, η 3,4-διυδροξυβενζοϊκό οξύ, το ομοβανιλικό οξύ, η 4-αιθυλφαινόλη, η βανιλίνη και οι λιγνάνες πινορεσινόλη και 1-ακετοξυπινορεσινόλη (Mateos, R 2020). Ωστόσο στο στάδιο του εξευγενισμού χάνεται μεγάλη ποσότητα τους και έτσι μπορεί να θεωρηθεί ότι περιέχει σημαντικά μικρότερες ποσότητες φαινολικών ενώσεων συγκριτικά με τα είδη ελαιόλαδου. Μελέτες έχουν δείξει ότι στο τελικό βρώσιμο πυρηνέλαιο, οι φαινολικές ενώσεις που βρίσκονται σε μεγαλύτερες ποσότητες είναι η υδροξυτυροσόλη, η τυροσόλη και η ελευρωπαΐνη (Vitali Čepo κ.ά., 2018). Μέχρι σήμερα δεν φαίνεται να έχουν πραγματοποιηθεί σημαντικές έρευνες για την βιοδράστικότητα των φαινολικών ενώσεων που βρίσκονται συγκεκραμένα στο πυρηνέλαιο. Παρά το γεγονός αυτό, αξίζει να αναφερθούν κάποιες από τις ευεργετικές ιδιότητες που φαίνεται να επιφέρουν οι κύριες ενώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό. Έτσι μελέτες που έχουν γίνει σε παρθένο ή εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο αποδίδουν μεταξύ άλλων αντιοξειδωτικές, αντιφλεγμονώδης, υποχοληστερολαιμικές, αντιθρομβωτικές ιδιότητες (Mateos, R 2020), (Τσάκνης Ιωάννης. 2021).

3. Αξιοποίηση θρεπτικών συστατικών

3.1. Παραγωγή λειτουργικών τροφίμων

Η ελαιοπυρήνα που λαμβάνεται ως παραπροϊόν από την ελαιοπαραγωγική διαδικασία, μπορεί όπως ήδη αναφέρθηκε να επεξεργαστεί προς παρασκευή πυρηνελαίου. Ωστόσο η πληθώρα των βιοδραστικών ενώσεων που περιέχει την καθιστούν πολύ ενδιαφέρον ύλη. Ο χαμηλός βαθμός επεξεργασίας που έχει δεχθεί, οδηγεί στην παρουσία πολλών σημαντικών ενώσεων με πιθανές ευεργετικές επιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό. Για αυτόν τον λόγο, έχουν πραγματοποιηθεί διάφορες έρευνες με σκοπό την μελέτη της ενσωμάτωσης κάποιας μορφής της ελαιοπυρήνας σε προϊόντα, προς παραγωγή λειτουργικών τροφίμων. Λειτουργικό τρόφιμο μπορεί να χαρακτηριστεί το τρόφιμο, το οποίο πέρα από την επαρκή διατροφική δράση του, επηρεάζει ευεργετικά μία ή περισσότερες λειτουργίες του οργανισμού, με τρόπο που σχετίζεται είτε με βελτιωμένη κατάσταση υγείας και ευεξίας ή/και μείωση του κινδύνου ασθένειας (Difonzo κ.ά., 2021). Τέτοιου είδους προϊόντα αποτελούν εμπορικές ευκαιρίες και παρουσιάζουν οικονομικό και πρακτικό ενδιαφέρον. Στην περίπτωση δε, όπου η παραγωγή των λειτουργικών τροφίμων πραγματοποιείται μέσω της αξιοποίησης παραπροϊόντων της βιομηχανίας τροφίμων τα οφέλη αυξάνονται. Συγκεκριμένα κατά την αξιοποίηση της ελαιοπυρήνας προς παραγωγή λειτουργικών τροφίμων τα αποτελέσματα δείχνουν ότι μπορούν να ευνοήσουν πολλούς τομείς. Αρχικά δίνει εναλλακτική αξιοποίηση, στην διαδικασία παραγωγής πυρηνελαίου, αυξάνοντας την αξία της ελαιοπυρήνας. Όπως έχει αναφερθεί η εμπορική αξία της ελαιοπυρήνας καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την περιεκτικότητά της σε έλαιο. Έτσι η δυνατότητα αξιοποίησης της για λόγους ανεξάρτητους της ελαιοπεριεκτικότητας διευρύνει τις εμπορικές επιλογές εκμετάλλευσής της. Η υλοποίηση αυτής της μεθόδου αξιοποίησης, δηλαδή η παραγωγή

των λειτουργικών τροφίμων, μπορεί να προσφέρει και πολλά άλλα οφέλη. Όπως αναφέρθηκε τα παραγόμενα προϊόντα, λόγω του αυξημένου θρεπτικού περιεχομένου τους, δρουν ευεργετικά στην ανθρώπινη υγεία. Όμως οι ουσίες με τις οποίες εμπλουτίζεται το τρόφιμο, προσφέρουν και βιομηχανικό κέρδος, καθώς μεταξύ άλλων αυξάνεται η ποιότητα και η διάρκεια ζωής των τελικών προϊόντων. Μερικά παραδείγματα των βασικών επιδράσεων που έχουν παρατηρηθεί σε μελέτες για την αξιοποίηση ελαιοπυρήνα προς παραγωγή λειτουργικών τροφίμων παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα 3. Σε γενικό επίπεδο όμως η εφαρμογή τέτοιου είδους διαδικασιών αποτελεί μια αποτελεσματική στρατηγική στην προώθηση της βιωσιμότητας της αλυσίδας του ελαιόλαδου. Ειδικά στην σύγχρονη εποχή και λαμβάνοντας υπόψη τις ετησίως παραγόμενες ποσότητες ελαιόλαδου, η αξιοποίηση ενός παραπροϊόντος της ελαιοπαραγωγικής βιομηχανίας, οδηγεί σε σαφές περιβαλλοντικό κέρδος. Ωστόσο, η επίτευξη αποτελεσματικής ενσωμάτωσης κάποιας μορφής της ελαιοπυρήνας σε τρόφιμα χρειάζεται περαιτέρω έρευνα. Μια πιθανή δυσκολία που προκύπτει, είναι η αλλαγή των αισθητηριακών χαρακτηριστικών των τροφίμων (Difonzo κ.ά., 2021). Στην περίπτωση όπου ο εμπλουτισμός πραγματοποιείται σε ζωοτροφές, πρόκληση αποτελεί η ικανότητα αφομοίωσης των ενώσεων της ελαιοπυρήνας από τα ζώα. Σε κάθε περίπτωση, οι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τα τελικά αποτελέσματα είναι πολλοί και χρειάζονται ενδελεχής μελέτη. Στην συνέχεια αναφέρονται κάποιες έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί με σκοπό την παραγωγή λειτουργικών τροφίμων, αξιοποιώντας την ελαιοπυρήνα και παρατίθενται θετικά αλλά και αρνητικά πειραματικά αποτελέσματα που προέκυψαν. Επισημαίνεται βέβαια ότι οι δυνατότητες από τον εμπλουτισμό τροφίμων με κάποια μορφής ελαιοπυρήνα είναι πολλές και δεν περιορίζονται στις ακόλουθες τέσσερις γενικές κατηγορίες τροφίμων. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί ακόμα σε προϊόντα ντομάτας, γαλακτοκομικά προϊόντα και στην οινοποιία (Gullon, P 2020).

Πίνακας 5: Θετικές επιδράσεις από την προσθήκη κάποιας μορφής ελαιοπυρήνας σε διάφορα είδη τροφής.

Είδος τροφής	Προσθήκη	Επίδραση	Αποτέλεσμα
Βρώσιμα έλαια	Εκχύλισμα πολυφαινολών από ελαιοπυρήνα	Οξειδωτική σταθερότητα	Αύξηση διάρκειας ζωής προϊόντος
		Αύξηση φαινολικού περιεχομένου	Ευεργετικές επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία
Ζυμαρικά και αρτοσκευάσματα	Σκόνη ελαιοπυρήνα	<ul style="list-style-type: none"> Αύξηση φαινολικού περιεχομένου Αύξηση διαιτητικών ινών 	Ευεργετικές επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία

Ιχθυηρά που τράφηκαν εμπλουτισμένη ζωοτροφή με	Ελαιοπυρήνα	<ul style="list-style-type: none"> • Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης • Λόγος μετατροπής ζωοτροφών 	Αύξηση βιομηχανικού κέρδους
		Λιπιδικό προφίλ	Ευεργετικές επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία
Οικόσιτα μηρυκαστικά που τράφηκαν εμπλουτισμένη ζωοτροφή με	Ελαιοπυρήνα	Οξειδωτική σταθερότητα	Αύξηση διάρκειας ζωής προϊόντος
		Λιπιδικό προφίλ	Ευεργετικές επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία

3.1.1. Βρώσιμα έλαια

Τα φυτικά έλαια που κυκλοφορούν στο εμπόριο ποικίλλουν και μπορούν να δεχθούν πολλές κατηγοριοποιήσεις. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι μπορούν να καταταχθούν βάση της βοτανικής προέλευσης των φυτών από τα οποία προέρχονται, του αριθμού ιωδίου τους, των λιπαρών οξέων τους και του μέρους του φυτού από το οποίο προέρχονται (Τσάκνης Ιωάννης, 2021). Σε όποια κατηγορία και να ανήκουν όμως, τα φυτικά έλαια βρίσκουν σημαντική εμπορική απήχηση. Η δημοτικότητα τους ποικίλει γεγονός που οφείλεται μεταξύ άλλων στην ευκολία πρόσβασης σε αυτά, στην σύνθεση τους, στις ευεργετικές επιδράσεις που προσφέρουν στον ανθρώπινο οργανισμό και στην ευκολία παρασκευής τους. Ως γενικό χαρακτηριστικό τους όμως μπορεί να αναφερθεί ότι περιέχουν απαραίτητα λιπαρά οξέα (Difonzo κ.ά., 2021).

Οι αλλοιώσεις που μπορούν να πραγματοποιηθούν σε έλαια αφορούν κυρίως ανεπιθύμητες αλλαγές στην γεύση και στην οσμή αυτών. Οι αλλαγές αυτές επέρχονται συνήθως με έκθεση στο ηλιακό φως ή/και σε θέρμανση και κατά την παρατεταμένη αποθήκευση. Ο παράγοντας έκθεσης στο ηλιακό φως βρίσκει μερική λύση με τη χρήση περιέκτη σκούρου χρώματος και για την αποφυγή αλλοιώσεων από την επίδραση θερμότητας προτείνεται η αποθήκευση σε δροσερό μέρος και αποτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση ελαίων. Αναφορικά με τον παράγοντα της παρατεταμένης αποθήκευσης όμως εύρεση λύσης βρίσκεται πιο δύσκολη. Επισημαίνεται όμως ότι οι αλλοιώσεις που μπορούν να επέρθουν από τους παραπάνω παράγοντες μειώνουν σημαντικά την εμπορική αξία των προϊόντων και επομένως η αποφυγή τους αποτελεί θέμα ενδιαφέροντος. Βασική αντίδραση που συμβάλει στις αλλοιώσεις των ελαίων είναι η οξείδωση. Αυτή οδηγεί σε δέσμευση οξυγόνου από πολυακόρεστες λιπαρές ύλες και κατά προέκταση ανάπτυξη δυσάρεστης οσμής αλλά και σε πραγματοποίηση

τάγγισης. Αναφέρεται ότι οι αντιδράσεις της οξείδωσης μπορούν να παράγουν ελεύθερες ρίζες, οι οποίες πυροδοτούν περαιτέρω αλυσιδωτές αντιδράσεις. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι η, κατά το δυνατόν, παρεμπόδιση της οξείδωσης φέρει μεγάλο εμπορικό ενδιαφέρον. Για την αναστολή της μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέθοδοι μείωσης της περιεκτικότητας σε αέρια εντός της συσκευασίας των ελαίων. Για τον ίδιο λόγο πραγματοποιείται σε έλαια προσθήκη αντιοξειδωτικών παραγόντων, οι οποίοι ως αναγωγικές ουσίες μπορούν να τερματίσουν τις αλυσιδωτές αντιδράσεις και παρατείνουν τη διάρκεια ζωής του ελαίου. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία διαθέσιμων αντιοξειδωτικών και μεγάλη απήχηση βρίσκουν τα συνθετικά αντιοξειδωτικά, όπως η βουτυλιωμένη υδροξυανισόλη (BHA), το βουτυλιωμένο υδροξυτολουόλιο (BHT), η τεταρτοταγής βουτυλιωμένη-υδροκινόνη (TBHQ) και οι εστέρες του γαλλικού οξέος (Difonzo κ.ά., 2021). Ωστόσο τόσο η σημερινή τάση των πιο ευσυνείδητων καταναλωτών για τρόφιμα με όσο το δυνατόν λιγότερες συνθετικές ουσίες, όσο και η πιθανή επικινδυνότητα αυτών, επιτάσσει την μελέτη περί φυτικών αντιοξειδωτικών παραγόντων. Μέχρι σήμερα αρκετές φυσικές ουσίες έχουν μελετηθεί για τις αντιοξειδωτικές τους ιδιότητες, δίνοντας ικανοποιητικά αποτελέσματα. Καρυκεύματα και διάφορα αρωματικά φυτά αλλά και εκχυλίσματα αυτών έχουν δείξει καλή αντιοξειδωτική δράση. Ωστόσο έχουν παρατηρηθεί και κάποια μειονεκτήματα αναφορικά με την χρήση τους. Μεταξύ αυτών, βασικό κρίνεται το γεγονός ότι για αποτελεσματική δράση απαιτούνται μεγαλύτερες ποσότητες φυτικών υλικών, επιβαρύνοντας έτσι τον οικονομικό τομέα της χρήσης τους (Vitali Čepo κ.ά., 2018). Μερική λύση μπορεί να προσφέρει η αξιοποίηση αντιοξειδωτικών παραγόντων από παραπροϊόντα των παραγωγικών διαδικασιών. Έτσι η δυνατότητα αυτή παρουσιάζει μεγάλο εμπορικό και οικονομικό ενδιαφέρον. Η ελαιοπυρήνα, η οποία αποτελεί παραπροϊόν της ελαιοπαραγωγικής διαδικασίας και πρώτη ύλη για την παραγωγή πυρηνελαίου, κρίνεται ως ενδιαφέρουσα ύλη προς μελέτη. Όπως ήδη αναφέρθηκε η σύνθεση της είναι πλούσια σε διάφορες ευεργετικές ουσίες και συγκεκριμένα περιέχει υψηλό ποσοστό πολυφαινόλων. Οι πολυφαινόλες βρίσκονται φυσικά σε φυτά και είναι υπεύθυνες για πολλές ευεργετικές ιδιότητες. Έρευνες έχουν αποδώσει μεταξύ άλλων ικανές αντιοξειδωτικές δράσεις σε πολυφαινόλες.

Μέχρι σήμερα έχουν πραγματοποιηθεί διάφορες μελέτες για την δυνατή αντιοξειδωτική δράση της προσθήκης πολυφαινόλων που εκχυλίστηκαν από ελαιοπυρήνα σε ποικιλία ελαίων. Μια μελέτη πραγματοποιήθηκε σε καρθμέλαιο και χρησιμοποιήθηκαν δύο μέθοδοι εκτίμησης της οξείδωσης, τη μέθοδο Rancimat και την δοκιμή κλιβάνου (Schaal oven test). Οι μέθοδοι πραγματοποιήθηκαν σε καρθμέλαιο εμπλουτισμένο με εκχύλισμα πολυφαινόλων ξηρής ελαιοπυρήνας σε επίπεδα συγκέντρωσης 0,1% και 0,3% και συγκρίθηκαν με μη εμπλουτισμένο καρθμέλαιο, καρθμέλαιο με βουτυλιωμένη υδροξυανισόλη (BHA) και καρθμέλαιο με γαλλικό προπυλεστέρα (PG). Η κύρια παρατηρούμενη διαφορά μεταξύ των μεθόδων επιταχυνόμενης οξείδωσης που πραγματοποιήθηκαν είναι η θερμοκρασία στην οποία εκτέθηκαν τα δείγματα. Στην περίπτωση της μεθόδου Rancimat η θερμοκρασία ήταν 110° C και στην δοκιμή κλιβάνου (Schaal oven test) η θερμοκρασία ήταν 65° C και διήρκησε 4 ημέρες (Vitali Čepo κ.ά., 2018). Η πρώτη παρουσιάζει ως πλεονεκτήματα

την υψηλή ακρίβεια της, την εξοικονόμηση χρόνου αλλά και τα μειωμένα οικονομικά κόστη (Τσάκνης Ιωάννης. 2021). Ωστόσο για την επίτευξη της υψηλής ακρίβειας απαιτείται υψηλή θερμοκρασία, η οποία οδηγεί σε μεταβολές οι οποίες μπορεί να διαφέρουν από αυτές που προκύπτουν υπό τις συνήθεις συνθήκες αποθήκευσης. Η δεύτερη θεωρείται απλή μέθοδος, όμως απαιτεί μεγάλη ποσότητα δείγματος και σχετικά μεγάλο χρόνο επώασης της λιπαρής ύλης (Τσάκνης Ιωάννης. 2021). Το κύριο πλεονέκτημα της όμως, είναι ότι λόγω της πιο χαμηλής θερμοκρασίας που απαιτείται προσομοιάζει καλύτερα τις διεργασίες οξείδωσης που συμβαίνουν υπό κανονικές συνθήκες αποθήκευσης του ελαίου. Τα αποτελέσματα των μεθόδων πάντως συμφώνησαν στο γεγονός ότι η προσθήκη εκχυλίσματος ξηρής ελαιοπυρήνας προσφέρει ικανή αντιοξειδωτική δράση. Συγκεκριμένα στο εμπλουτισμένο καρθμέλαιο με εκχυλίσματα πολυφαινολών ξηρής ελαιοπυρήνας σχηματίστηκαν λιγότερα υπεροξειδία λιπιδίων ακόμα και σε σύγκριση με προσθήκη των συνθετικών αντιοξειδωτικών. Επισημαίνεται ακόμα ότι η μέθοδος Rancimat έδειξε ότι η αντιοξειδωτική δράση έχει ανάλογη σχέση με την συγκέντρωση του προστιθέμενου εκχυλίσματος πολυφαινολών ξηρής ελαιοπυρήνας. Αυτή η δοσοεξαρτώμενη δραστηριότητα υποδηλώνει ότι η αντιοξειδωτική δράση, πραγματοποιείται κυρίως λόγω αναστολής του σχηματισμού δευτερογενών προϊόντα αντίδρασης (Vitali Ćero κ.ά., 2018).

Άλλη μελέτη αφορούσε ηλιέλαιο εμπλουτισμένο με ελαϊκό οξύ στο οποίο έγινε προσθήκη πολυφαινολών και υπέρστη θέρμανση. Αντίστοιχη θέρμανση πραγματοποιήθηκε, σε ηλιέλαιο εμπλουτισμένο με ελαϊκό οξύ χωρίς προσθήκη πολυφαινολών από ελαιοπυρήνα και σε ηλιέλαιο εμπλουτισμένο με ελαϊκό οξύ στο οποίο προστέθηκε διμεθυλσυλοζάνη . Τα αποτελέσματα μεταξύ των διαφορετικών δειγμάτων, συγκρίθηκαν και έδειξαν το ηλιέλαιο πλούσιο σε ελαϊκό οξύ στο οποίο έγινε προσθήκη πολυφαινολών ως το πιο ανθεκτικό έναντι της οξείδωσης (Difonzo κ.ά., 2021).

Η αντιοξειδωτική δράση εκχυλισμάτων ελαιοπυρήνας μελετήθηκε επίσης σε συνδυασμό με προσθήκη εκχυλίσματος θυμαριού, σε αναλογία 60:40 (w/w). Η έρευνα αυτή πέρα από την παρεμπόδιση της οξείδωσης μελέτησε και την αισθητηριακή επίδραση που επιφέρει ο εμπλουτισμός. Η μελέτη πραγματοποιήθηκε σε ελαιόλαδο και τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με μη εμπλουτισμένο ελαιόλαδο. Η μελέτη απέδωσε αυξημένη οξειδωτική δράση στα εκχυλίσματα που προστέθηκαν. Επισημαίνεται ότι το θυμάρι, θεωρείται καρύκευμα με ευεργετικές ενώσεις και κατά συνέπεια μέρος της αντιοξειδωτικής δράσης οφείλεται σε αυτό. Αξίζει να αναφερθεί ακόμα ότι, το εκχύλισμα ελαιοπυρήνας περιείχε κυρίως παράγωγα σεκοϊριδοειδών ενώ αυτό του θυμαριού κυρίως φλαβονοειδή. Αναφορικά με τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, ο συνδυασμός των εκχυλισμάτων οδήγησε προϊόν με αισθητηριακή αποδοχή ως προς την πικρία. Η αντιμετώπιση της πικρής γεύσης σε έλαια που προκαλείται με την προσθήκη φαινολικού εκχυλίσματος προϊόντων ελαιόλαδου αποτελεί πολύ μεγάλη πρόκληση. Μια από τις λύσεις που έχουν προταθεί είναι η επιπρόσθετη χρήση εκχυλίσματος θυμαριού και στην προκειμένη μελέτη, η αποτελεσματική μείωση της πικρής γεύσης, μπορεί να αποδοθεί σε αυτήν την τεχνική. Αναφέρεται ότι κάποιες άλλες πιθανές

λύσεις που έχουν μελετηθεί είναι η προσθήκη κυκλαμικού νατρίου και σουκρόζης (Gullon, P 2020).

Μελέτη έχει πραγματοποιηθεί επίσης σε παρθένο ελαιόλαδο. Ο σκοπός της προσθήκης φαινολικού εκχυλίσματος ελαιοπυρήνας ήταν εκτός από την μελέτη της οξειδωτικής σταθερότητας και η αύξηση του φαινολικού περιεχομένου. Τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν τις αντιοξειδωτικές ικανότητες του φαινολικού εκχυλίσματος. Ακόμη παρατηρήθηκε αύξηση των ολικών φαινολών αλλά και της περιεκτικότητας σε χλωροφύλλες και καροτενοειδή. Η κατανάλωση του εμπλουτισμένου παρθένου ελαιόλαδου με αυτόν τον τρόπο, μπορεί να αυξήσει την ημερήσια ποσότητα φαινολικών ενώσεων που προσλαμβάνονται χωρίς να επιδράσει αυξητικά στην ενεργειακή πρόσληψη του ελαίου. Το γεγονός αυτό κρίνεται σημαντικό στην σημερινή εποχή, όπου οι θερμίδες αποτελούν συχνό κριτήριο για την κατανάλωση ή μη κάποιου φαγητού. Ωστόσο η προσθήκη του φαινολικού εκχυλίσματος ελαιοπυρήνας, είχε αρνητική επίδραση στην αισθητηριακή αποδοχή του προϊόντος. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, με τον εμπλουτισμό προκλήθηκε αύξηση του δείκτη πικρίας (Difonzo κ.ά., 2021). Επισημαίνεται λοιπόν η ανάγκη για περαιτέρω μελέτη και εξακρίβωση μεθόδων μείωσης ή συγκάλυψης της πικρής γεύσης που προσφέρουν φαινολικά εκχυλίσματα προϊόντων της αλυσίδας παραγωγής ελαιόλαδου.

3.1.2. Ζυμαρικά και αρτοσκευάσματα

Τα δημητριακά, τα οποία έλαβαν το όνομά τους από την αρχαία θεά Δήμητρα, είναι μονοετή φυτά, η καλλιέργεια τους δηλαδή ολοκληρώνεται εντός ενός έτους. Το 45% της παγκόσμιας καλλιεργήσιμης γης καταλαμβάνεται από δημητριακά. Επίσης η διακίνηση και αποθήκευση τους θεωρείται σχετικά εύκολη. Έτσι τα δημητριακά αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της διατροφής της πλειοψηφίας των ανθρώπων (Ευάγγελος Σ. Λάζος). Δύο από τις πιο συχνές μορφές, με τις οποίες καταναλώνονται τα δημητριακά είναι τα ζυμαρικά και το ψωμί. Κατά επέκταση η παραγωγή λειτουργικών ζυμαρικών και ψωμιού θα είχε σημαντικά οφέλη στην ανθρώπινη υγεία. Με αυτόν τον σκοπό έχουν μέχρι σήμερα πραγματοποιηθεί πολλές έρευνες. Καθώς η ελαιοπυρήνα θεωρείται ένα υποπροϊόν της ελαιοπαραγωγικής διαδικασίας με πλούσιο βιοδραστικό προφίλ, έχει ερευνηθεί για την ενίσχυση ζυμαρικών και ψωμιού. Κάποια ευρήματα από τις μελέτες αναφέρονται παρακάτω.

Τα ζυμαρικά κατέχουν σημαντική θέση στην ανθρώπινη διατροφή. Συγκεκριμένα έρευνα απέδωσε την πρώτη θέση, ως προς την κατά κεφαλή κατανάλωση ζυμαρικών το έτος 2021, στην Ιταλία με 23,5kg ζυμαρικών, ενώ ακολουθούσαν η Τυνησία, η Βενεζουέλα και η Ελλάδα (IPO 2021). Η μεγάλη απήχηση που βρίσκουν τα ζυμαρικά οφείλεται σε πολλούς παράγοντες. Αρχικά παρουσιάζουν μεγάλη διάρκεια ζωής και καθώς θεωρούνται ευρέως διαδεδομένη τροφή, η αγορά τους κρίνεται εύκολη. Επίσης εύκολη μπορεί να χαρακτηριστεί και η παρασκευή τους, η οποία σε συνδυασμό με τον μικρό χρόνο προετοιμασίας τους, τα καθιστά τροφή σύμφωνη με του γρήγορους

ρυθμούς της σημερινής εποχής. Ακόμη τα ζυμαρικά, θεωρούνται νόστιμη και ευκόλως συνδυαζόμενη τροφή, παρέχοντας έτσι την δυνατότητα παρασκευή πολλών διαφορετικών γευμάτων. Τέλος θεωρούνται πηγή σύνθετων υδατανθράκων, οι οποίοι απελευθερώνουν σταδιακά τα σάκχαρα που περιέχουν, καθιστώντας τα ζυμαρικά τροφή με χαμηλό γλυκαιμικό δείκτη. Στους σύνθετους υδατάνθρακες όπως το άμυλο, το οποίο αποτελεί το κύριο συστατικό των ζυμαρικών οφείλεται ως επί των πλείστων η θρεπτική τους αξία (Ευάγγελος Σ. Λάζος). Ωστόσο τα ζυμαρικά υστερούν σε άλλες ευεργετικές ουσίες και ως εκ τούτου χαρακτηρίζονται ως φτωχή πηγή βιοδραστικών ουσιών. Λόγω της ευρείας κατανάλωσης τους, ο εμπλουτισμός τους με βιοδραστικές ουσίες θα προσέφερε πολλά οφέλη. Με αυτόν τον σκοπό έχουν πραγματοποιηθεί πολλές μελέτες, μέρος των οποίων ερευνά τα πιθανά οφέλη προσθήκης ελαιοπυρήνας σε ζυμαρικά. Τα αποτελέσματα αυτών συχνά συμφωνούν ότι η ελαιοπυρήνα προστίθεται σε μορφή σκόνης και συμβάλει στο βιοδραστικό προφίλ των ζυμαρικών κυρίως αυξάνοντας τις διαιτητικές ίνες και τις φαινόλες. Εκτός όμως από τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η προσθήκη ελαιοπυρήνας, προκύπτουν και κάποια προβλήματα τα οποία επηρεάζουν την συνολική ποιότητα των ζυμαρικών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η παρουσία φαινολών, η οποία βελτιώνει την αντιοξειδωτική ικανότητα τους αλλά επιβαρύνει το χρώμα, την γεύση και την οσμή τους. Μερικά παραδείγματα από σχετικές μελέτες αναφέρονται ακολούθως.

Μία μελέτη κατά την παρασκευή ζυμαρικών αντικαθιστά 5% και 10% της ποσότητας σκληρού σιμιγδαλιού με σκόνη ελαιοπυρήνας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα εμπλουτισμένα ζυμαρικά παρουσίασαν μεγαλύτερη απορρόφηση νερού, γεγονός που μείωσε τον χρόνο μαγειρέματός τους. Το φαινόμενο αυτό αποδίδεται στις διαιτητικές ίνες που περιέχονται στην ελαιοπυρήνα. Οι διαιτητικές ίνες επίσης συνέβαλαν στην μείωση του γλυκαιμικού δείκτη της τροφής. Ακόμη τα εμπλουτισμένα ζυμαρικά εμφάνισαν αυξημένη περιεκτικότητα σε φαινόλη και κατά επέκταση μεγαλύτερη αντιοξειδωτική ικανότητα. Ως αρνητικές επιδράσεις παρατηρήθηκαν η αύξηση της συγκολλητικότητας, της σφριγηλότητας και της ερυθρότητας (α^*) των εμπλουτισμένων ζυμαρικών. Τέτοιες αλλαγές φέρνουν το τελικό προϊόν σε αντίθεση με το κοινό εμπορικό προφίλ των ζυμαρικών, το οποίο έχουν συνηθίσει οι καταναλωτές. Επισημαίνεται όμως ότι τα πλεονεκτήματα της προσθήκης σκόνης ελαιοπυρήνα κρίνεται σημαντικά.

Σε άλλη μελέτη που πραγματοποιήθηκε σε ζυμαρικά από σιμιγδάλη σκληρού σίτου, έγινε προσθήκη σκόνης ελαιοπυρήνα σε αναλογίες 10% και 15%. Τα αποτελέσματα έδειξαν αύξηση της θρεπτική αξίας των εμπλουτισμένων ζυμαρικών. Συγκεκριμένα παρατηρήθηκε αύξηση των συνολικών ελεύθερων φαινολικών και φλαβονοειδών, φυτικές ίνες, τοκοφερόλες και καροτενοειδή. Μελετήθηκαν όπως και οι επιδράσεις της προσθήκης σκόνη ελαιοπυρήνα στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους. Έτσι τα ενισχυμένα ζυμαρικά φάνηκε να παρουσιάζουν ασυνήθιστο σκούρο πράσινο χρώμα, ενώ μετά το μαγείρεμα εμφάνισαν χαμηλή ελαστικότητα. Επισημαίνεται όμως ότι τα δείγματα στα οποία προστέθηκε 10% σκόνη ελαιοπυρήνα εμφάνισαν καλύτερη αποδοχή. Έτσι φανερώνεται η μεγάλη σημασία της κατάλληλης προστιθέμενης

ποσότητας ελαιοπυρήνα, προσφέροντας μεν τα ευεργετικά χαρακτηριστικά χωρίς όμως να μειώνεται σημαντικά η αποδοχή τους.

Το ψωμί ως ένα ακόμα αναπόσπαστο διατροφικό κομμάτι για την πλειοψηφία των ανθρώπων έχει επίσης προσελκύσει ερευνητικό ενδιαφέρον. Στα πλαίσια της ενίσχυσης των ευεργετικών συστατικών του., έχει μελετηθεί ο εμπλουτισμός του ψωμιού με ελαιοπυρήνα. Όπως αναφέρθηκε και στην περίπτωση των ζυμαρικών οι φυτικές ίνες και οι φαινόλες είναι κύριες βιοδραστικές ουσίες που ενισχύουν το τρόφιμο. Έως έναν βαθμό όμως ισχύουν και τα οργανοληπτικά μειονεκτήματα που συνεπάγονται. Αναφορικά με την επίδραση του ελαιοπυρήνα στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του ψωμιού, μελέτες συμφωνούν στα ακόλουθα. Η κρούστα του ψωμιού, δηλαδή το εξωτερικό μέρος δεν εμφανίζει σημαντικές διαφορές, ούτε σχετικά με το χρώμα. Η ψίχα εμπλουτισμένου ψωμιού όμως παρουσίασε αποκλίσεις από αυτές του μη εμπλουτισμένου ψωμιού. Συγκεκριμένα παρατηρήθηκε παρεμπόδιση του σχηματισμού φυσαλίδων. Ο μειωμένος βαθμός διόγκωσης λοιπόν οδηγεί σε προϊόν με διαφοροποιημένο ψωμί, σε σύγκριση με τα κοινά χαρακτηριστικά. Ωστόσο η τάξη των αποκλίσεων στην περίπτωση του ψωμιού κρίνεται ελπιδοφόρα και ανοίγει τον δρόμο για περαιτέρω έρευνα (Difonzo κ.ά., 2021).

3.1.3. Ζωοτροφές

Τα ζωικά προϊόντα αποτελούν σημαντικό μέρος της ανθρώπινης διατροφής. Είτε γίνεται αναφορά σε ιχθυηρά, είτε σε κρέατα, είτε σε προϊόντα αυτών, οι ενώσεις που μπορούν να προσφέρουν στον ανθρώπινο οργανισμό κρίνονται χρήσιμες. Έτσι λόγω της μεγάλης ζήτησης τέτοιων προϊόντων, η παραγωγή τους σε μικρές οικογενειακές εταιρίες, έχει αντικατασταθεί σχεδόν εξ ολοκλήρου με επιχειρήσεις μεγάλης κλίμακας. Για αυτόν των λόγων και για να ανταποκριθεί η βιομηχανία στην καταναλωτική ζήτηση, τα ζώα εκτρέφονται σε περιορισμό και τρέφονται με καθορισμένες τροφές που έχουν σχεδιαστεί για να αυξάνουν τους ρυθμούς ανάπτυξης και την αποτελεσματικότητα μετατροπής της τροφής (Amy R.Sarkota κ.α. 2007). Στην σημερινή εποχή όμως, οι καταναλωτές τείνουν να είναι περισσότερο επιλεκτικοί και να αναζητούν ζωικά προϊόντα με την καλύτερη δυνατή ποιότητα. Ο βασικός παράγοντας που μπορεί να συμβάλει στην καλή ποιότητα των ζωικών προϊόντων είναι η τροφή που διατίθεται στα ζώα. Η ποιότητα της ζωοτροφής παρουσιάζει ζωτικό ρόλο στην υγεία και την ευημερία των ζώων και κατά συνέπεια στην ποιότητα και ασφάλεια των τελικών προϊόντων. Έτσι με κατάλληλη διαμόρφωση της διατροφής των ζώων καθίσταται δυνατή η παραγωγή ζωικών προϊόντων με ιδιαίτερα ποιοτικά χαρακτηριστικά και υψηλή διατροφική αξία. Οι ζωοτροφές είναι δυνατόν να περιέχουν πλήθος πρώτων υλών φυτικής και ζωικής προέλευσης, ενώ κάποιες πρώτες ύλες ενδέχεται να προκύπτουν από φαρμακευτικές και βιομηχανικές πηγές. Σαφώς όμως η επιλογή συγκεκριμένων συστατικών για κάθε ζωοτροφή ποικίλλει ανάλογα με το ζώο στο οποίο πρόκειται να διατεθεί αλλά και τα ζητούμενα χαρακτηριστικά του τελικού ζωικού προϊόντος (Amy

R.Sapkota κ.α. 2007). Γίνεται αντιληπτό όμως ότι η επίτευξη μεγάλων αποδόσεων στη παραγωγή ζωικών προϊόντων ενόσω λαμβάνονται υπόψη και οι απαιτήσεις των σύγχρονων καταναλωτών, αποτελεί πρόκληση. Για αυτόν τον λόγο η εύρεση νέων στρατηγικών για την παραγωγή ζωοτροφών βελτιωμένης ποιότητας αποτελούν πλέον κομμάτι μεγάλου ερευνητικού ενδιαφέροντος. Η προσπάθεια ενσωμάτωσης όσο το δυνατόν λιγότερων συνθετικών συστατικών και όσο το δυνατόν περισσότερων φυσικών συστατικών με ευεργετικές δράσεις θεωρείται βασικό αντικείμενο μελέτης. Σε αυτό το πλαίσιο διάφορες φυτικές ύλες έχουν μελετηθεί, ενώ ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα φυτικά απόβλητα της βιομηχανίας τροφίμων. Όπως έχει ήδη αναφερθεί τα υποπροϊόντα ενδέχεται να περιέχουν ευεργετικές ουσίες, οι οποίες μένουν ανεκμετάλλευτες. Έτσι η αξιοποίησή τους, με ενσωμάτωση σε ζωοτροφές αποτελεί μια βιώσιμη και οικονομικά αποδοτική λύση. Τα υποπροϊόντα της ελαιοπαραγωγικής διαδικασίας, αποτελούν ένα καλό παράδειγμα καθώς το πυρηνέλαιο αλλά κυρίως η ελαιοπυρήνα, ως λιγότερο επεξεργασμένη ύλη, μπορούν να συμβάλλουν ευεργετικά. Βάση αυτού διάφορες μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί και τα αποτελέσματα κάποιων από αυτών αναφέρονται ακολούθως, για διάφορα ζωικά μοντέλα .

3.1.3.1. Ζωοτροφές για ιχθυηρά

Η κατανάλωση ιχθυηρών αποτελεί ένα ακόμα σημαντικό μέρος της ανθρώπινης διατροφής. Τα θρεπτικά συστατικά που περιέχουν, όπως πρωτεΐνες, βιταμίνη D και λιπαρά οξέα ω-3, τα καθιστούν πολύτιμη και περιζήτητη τροφή. Η Οργάνωση Τροφίμων και Γεωργίας του ΟΗΕ (FAO) στην αναφορά της “Η κατάσταση της παγκόσμια αλιείας και υδατοκαλλιέργειας 2022”, αναφέρει ότι το έτος 2020 η παγκόσμια παραγωγή υδρόβιων ζώων έφτασε τους 178 εκατομμύρια τόνου, εκ των οποίων το 89% χρησιμοποιήθηκε για ανθρώπινη κατανάλωση. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον όμως παρουσιάζει και το γεγονός ότι, η αύξηση παραγωγής υδρόβιων ζώων, προκαλεί την ανάγκη αύξησης των υδατοκαλλιεργειών. Συγκεκριμένα ο FAO αναφέρει ότι το 2020, οι υδατοκαλλιέργειες ήταν υπεύθυνες για το 49% της παραγωγής και το ποσοστό παρουσιάζει τα τελευταία χρόνια συνεχή αύξηση (*The State of World Fisheries and Aquaculture 2022*). Ως φυσικό επακόλουθο όμως, η αύξηση των υδατοκαλλιεργειών συνεπάγεται αύξηση της ζήτησης ιχθυοτροφών. Οι περισσότερες ιχθυοτροφές περιέχουν ως βασικό συστατικό το ιχθυέλαιο. Το τελευταίο παρουσιάζει υψηλή πεπτικότητα και ικανοποιητική περιεκτικότητα σε βασικά λιπαρά οξέα, ιδίως ω-3 PUFA, χαρακτηριστικά που το καθιστούν κατάλληλο για αυτόν τον σκοπό. Ωστόσο το 2010 η παραγωγή ιχθυοτροφών χρησιμοποίησε περίπου το 75% της παγκόσμιας παραγωγής ιχθυελαίου (Oecd, F. A. O. 2022). Φαίνεται λοιπόν ότι η παραγωγή ιχθυοτροφών πασχίζει να ικανοποιηθεί μέσω ιχθυελαίων. Έτσι τα τελευταία χρόνια έχουν πραγματοποιηθεί πολλές έρευνες προκειμένου να αντικατασταθεί η χρήση ιχθυελαίων με άλλα φυτικά έλαια. Η ελαιοπυρήνα και το κύριο προϊόν της, το

πυρηνέλαιο, συγκαταλέγεται επίσης στα φυτικά έλαια που έχουν μελετηθεί και τα αποτελέσματα είναι αρκετά ικανοποιητικά.

Μια έρευνα μελέτησε τις επιδράσεις προσθήκης ελαιοπυρήνα και πυρηνελαίου σε τροφή που χορηγείται σε τσιπούρα και λαβράκι. Συγκεκριμένα στη πρώτη φάση του πειράματος 8% ιχθυελαίου αντικαταστάθηκε με ελαιοπυρήνα και σε δεύτερη φάση το ίδιο ποσοστό αντικαταστάθηκε με πυρηνέλαιο. Το πείραμα διήρκησε 90 μέρες και τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν τόσο μεταξύ των δύο πειραματικών φάσεων όσο και με το δείγμα αναφοράς. Στο πλαίσιο αυτής της έρευνας μελετήθηκε ο ειδικός ρυθμός ανάπτυξης και η θνησιμότητα των ιχθυηρών, ο λόγος μετατροπής της ζωοτροφής (FCR), το προφίλ των λιπαρών οξέων των μυών των ιχθυηρών και της διατροφής τους και η βιολογική δραστηριότητα των λιπιδίων τους. Επισημαίνεται ότι η ποσότητα του ιχθυελαίου στη τροφή των ιχθυηρών ήταν επαρκής ώστε να ικανοποιήσει τις ελάχιστες απαιτήσεις ανάπτυξης των ιχθυηρών σε ω-3 HUFA στη ξηρή δίαιτα τους. Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζουν στην δεδομένη έρευνα οι διαφορές που προκύπτουν στη τσιπούρα και στο λαβράκι αλλά και αυτές που προκύπτουν με την προσθήκη ελαιοπυρήνας συγκριτικά με το πυρηνέλαιο. Αυτές οι διαφορές επισημαίνουν την μεγάλη σημασία του είδους του υπό μελέτη ιχθυηρού αλλά και της σύνθεσης του προστιθέμενου φυτικού παράγοντα. Τα αποτελέσματα της μελέτης περιγράφονται αναλυτικά ακολούθως.

Η τσιπούρα που κατανάλωσε τις πειραματικές τροφές εμφάνισε ειδικό ρυθμό ανάπτυξης και λόγο μετατροπής ζωοτροφών χωρίς στατιστικές διαφορές από τι τιμές που έδωσε η διατροφή χωρίς την αντικατάσταση ιχθυελαίου. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα που προέκυψαν με προσθήκη ελαιοπυρήνα με αυτά στα οποία προστέθηκε πυρηνέλαιο προέκυψαν κάποιες διαφορές. Συγκεκριμένα η διαφοροποίηση τους αφορά τα επίπεδα θνησιμότητας, σχετικά με τα οποία οι τσιπούρες που κατανάλωσαν τροφή με ελαιοπυρήνα εμφάνισαν σημαντικά χαμηλότερα. Αναφορικά με το προφίλ των λιπαρών οξέων στους μυς της τσιπούρας, οι προκείμενες τιμές με κατανάλωση των δυο πειραματικών τροφών, εμφανίζουν διαφορές. Στην περίπτωση του πυρηνελαίου, το προφίλ των λιπαρών οξέων, δεν παρουσιάζει στατιστικές διαφορές από τις τσιπούρες που κατανάλωσαν το δείγμα αναφοράς. Μόνη εξαίρεση αποτελεί το παλμιτικό οξύ, κορεσμένο λιπαρό οξύ 16:0, το οποίο εμφάνισε στατιστική αύξηση. Σε αντίθεση έρχονται τα αποτελέσματα από διατροφή με ελαιοπυρήνα. Πιο αναλυτικά όλες οι κατηγορίες λιπαρών οξέων, που μελετήθηκαν κατά το πείραμα, μειώθηκαν στατιστικά, σε σύγκριση με τις τσιπούρες που κατανάλωσαν το δείγμα αναφοράς. Η διαφορά στα αποτελέσματα μεταξύ των δύο πειραματικών τροφών ενδέχεται να οφείλεται στις διαφοροποιήσεις που παρουσιάζουν τα προφίλ των λιπαρών οξέων της ελαιοπυρήνας και του πυρηνελαίου. Επίσης η τσιπούρα που κατανάλωσε τροφή με ελαιοπυρήνα εμφάνισε στατιστικά μειωμένη περιεκτικότητα σε εικοσαπεντανοϊκό οξύ (EPA) και δοκοσαεξανοϊκού οξέος (DHA) συγκριτικά με τα αποτελέσματα από την πειραματική διατροφή και την διατροφή αναφοράς. Αναφορικά με την βιολογική δραστηριότητα των λιπιδίων της τσιπούρας τα αποτελέσματα έδειξαν πάλι διαφορές μεταξύ των δύο πειραματικών διαφορών. Σε αυτή τη περίπτωση η διατροφή με ελαιοπυρήνα, είναι αυτή που παρουσιάζει ευνοϊκά

αποτελέσματα, καθώς εμφανίζει μεγαλύτερη ικανότητα αναστολής της επαγόμενη από τον παράγοντα ενεργοποίησης αιμοπεταλίων (PAF) συσσώρευση αιμοπεταλίων. Έτσι σε πάροδο 90 ημερών η τσιπούρα που κατανάλωσε τροφή με ελαιοπυρήνα εμφάνισε μεγαλύτερη βιολογική δραστηριότητα. Τα αποτελέσματα αυτά φαίνεται να οφείλονται σε λιπιδικά συστατικά με ικανότητα αναστολής του παράγοντα ενεργοποίησης αιμοπεταλίων που περιέχονται στην ελαιοπυρήνα. Με αυτόν τον τρόπο εμποδίζεται η συσσώρευση αιμοπεταλίων και κατά επέκταση αποδίδεται καρδιοπροστατευτική ικανότητα στην τσιπούρα. Στην περίπτωση της τσιπούρας που ακολούθησε διατροφή με πυρηνέλαιο, δεν παρατηρήθηκε επίδραση στη βιολογική δραστηριότητα του ψαριού. Τα αποτελέσματα αυτά μπορούν να αποδοθούν σε απουσία λιπιδικών συστατικών με ικανότητα αναστολής του παράγοντα ενεργοποίησης αιμοπεταλίων στο πυρηνέλαιο. Το γεγονός αυτό μπορεί να δικαιολογηθεί από τα περισσότερα στάδια επεξεργασίας που δέχεται το πυρηνέλαιο συγκριτικά με την ελαιοπυρήνα. Συνολικά τα αποτελέσματα της έρευνας σε τσιπούρα δείχνουν ασυμφωνία, αναφορικά με την ευνοϊκότερη πειραματική διατροφή. Η πληροφορία αυτή τονίζει την ανάγκη για περαιτέρω μελέτες και ενδεχομένως συνδυασμό των πειραματικών διατροφών.

Το λαβράκι στη περίπτωση και των δύο πειραματικών διατροφών δεν έδειξε ενοϊκά αποτελέσματα. Συγκεκριμένα παρουσίασε στατιστικά μειωμένο ειδικό ρυθμό ανάπτυξης και αυξημένη θνησιμότητα όταν η τροφή του περιείχε ελαιοπυρήνα ή πυρηνέλαιο. Αναφέρεται επίσης ότι η πειραματική διατροφή δεν επέφερε αλλαγή στη βιολογική δραστηριότητα του ψαριού. Ακόμη ο λόγος μετατροπής ζωοτροφής εμφανίστηκε σημαντικά αυξημένος στο λαβράκι. Αυτός ο παράγοντας ισοδυναμεί με την ποσότητα ζωοτροφών που απαιτούνται για την παραγωγή μιας μονάδας προϊόντος και κατά επέκταση η αύξηση της τιμής του κρίνεται αρνητικά. Τα διαφορετικά αποτελέσματα στο λαβράκι και στην τσιπούρα μπορούν να αποδοθούν στις διαφορετικές μεταβολικές ικανότητες των δύο ειδών. Το φαινόμενο αυτό επισημαίνει την ανάγκη για περαιτέρω συγκεκριμενοποιημένες μελέτες. (Nasoroulou κ.ά., 2011)

3.1.3.2. Ζωοτροφές για οικόσιτα μηρυκαστικά

Το κρέας βρίσκει μεγάλη απήχηση στους καταναλωτές. Τα ιδιαίτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του και τα θρεπτικά συστατικά που προσφέρει, έχουν βοηθήσει στην ενσωμάτωσή του στην ανθρώπινη διατροφή. Το 2021 η παγκόσμια παραγωγή κρέατος έφτασε περίπου τους 339 Mt (Oecd, F. A. O. 2022). Παρά τη μεγάλη παραγόμενη ποσότητα κρέατος, τα προβλήματα στην βιομηχανία παραγωγής κρέατος είναι αρκετά. Ένα από αυτά είναι η τάση των ανθρώπων να ακολουθήσουν χορτοφαγική διατροφή, καθώς οι συνθήκες που επικρατούν κατά την παραγωγή κρέατος επηρεάζουν το ευαίσθητο καταναλωτικό κοινό. Εκτός από τους ηθικούς λόγους, κάποιοι άνθρωποι στερούνται το κρέας λόγω πιθανών αρνητικών επιπτώσεων που προσφέρει η χωρίς μέτρο κατανάλωσή του. Παράδειγμα αποτελεί το υψηλό περιεχόμενο σε κορεσμένα λιπαρά το οποίο μπορεί να συσχετιστεί με υψηλότερο κίνδυνο εμφάνισης

καρδιαγγειακών παθήσεων και παχυσαρκίας (Difonzo κ.ά., 2021). Ένα ακόμα ζήτημα που προσπαθεί να αντιμετωπίσει η βιομηχανία κρέατος είναι το υψηλό κόστος των απαιτούμενων ζωοτροφών. Οι ζωοτροφές στην βιομηχανία κρεάτων περιέχουν ιδιαίτερα ακριβά συστατικά, όπως τα δημητριακά, γεγονός που αποτελεί οικονομικό πρόβλημα (Nasoroulou & Zabetakis, 2013). Συγκεκριμένα αναφέρεται ότι το 2021 λόγω των υψηλών τιμών των ζωοτροφών, μειώθηκε η κερδοφορία της βιομηχανίας κρέατος και η αύξηση στις προμήθειες σε πουλερικά, βοοειδή και πρόβειο κρέας ήταν οριακή (Oecd, F. A. O. 2022). Πιθανή λύση σε αυτά τα ζητήματα αποτελεί η ενσωμάτωση γεωργικών υποπροϊόντων στην ζωοτροφή. Με αυτόν τον τρόπο μπορούν να αξιοποιηθούν τα ευεργετικά συστατικά των φυτικών υποπροϊόντων, μειώνοντάς το κόστος των ζωοτροφών ενώ ταυτόχρονα ελαττώνεται η περιβαλλοντική ρύπανση από τη διάθεση των υποπροϊόντων ως απορρίμματα. Συνάμα ζωοτροφές που περιέχουν φυτικά υποπροϊόντα, μπορούν να αυξήσουν τις θρεπτικές ιδιότητες τους και κατά επέκταση να οδηγήσουν σε προϊόντα κρέατος με βελτιωμένη σύσταση λιπαρών οξέων και διατροφικές παραμέτρους (Difonzo κ.ά., 2021). Σε αυτό το πλαίσιο διάφορες μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί κυρίως σε κατσίκες, οι οποίες λόγω του γαστρικού τους συστήματος θεωρούνται περισσότερο προσαρμοσμένες στη κατανάλωση τροφής με υψηλή λιγνίνη-κυτταρίνη και χαμηλή πρωτεΐνη (Dal Bosco 2012). Σε αντίθεση έρχονται οι μελέτες για άλλα οικόσιτα μηρυκαστικά, καθώς τα ευνοϊκά αποτελέσματα αποτελούν μεγαλύτερη πρόκληση. Ακολούθως αναφέρονται κάποιες έρευνες για την ενσωμάτωση υποπροϊόντων της ελαιοπαραγωγικής διαδικασίας, όπως η ελαιοπυρήνα που πραγματοποιήθηκαν σε διάφορα ζώα.

Μια μελέτη πραγματοποιείται σε χοίρους, στη τροφή των οποίων προστίθεται 10% ελαιοπυρήνα στο καλαμπόκι. Στόχος είναι να μελετηθεί το λιπιδικό προφίλ του χοιρινού κρέατος σε σύγκριση με το κρέας από χοίρους των οποίων η τροφή δεν περιέχει ελαιοπυρήνα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η προσθήκη ελαιοπυρήνα στη τροφή των χοίρων, μείωσε σημαντικά τα κορεσμένα λιπαρά, τα πολυακόρεστα λιπαρά και τα ω-6 λιπαρά οξέα. Ταυτόχρονα όμως δεν προέκυψε σημαντική μείωση των μοακόρεστων λιπαρών και των ω-3 λιπαρών οξέων. Έτσι η συμπερίληψη ελαιοπυρήνας στη διατροφή χοίρων, φαίνεται να οδηγεί σε ένα πιο υγιεινό προϊόν κρέατος για την ανθρώπινη διατροφή (Doyle S.P. κ.α. 2006, June).

Μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί επίσης σε λευκά κρέατα. Σε μία από αυτές έγινε προσθήκη ελαιοπυρήνας σε διατροφή κοτόπουλων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ενσωμάτωση ελαιοπυρήνα είχε θετική επίδραση σε πολλούς παράγοντες. Αρχικά αυξήθηκαν τα θρεπτικά συστατικά του τελικού κρέατος από κοτόπουλο, καθώς σε αυτό παρατηρήθηκε τυροσόλη, υδροξυτυροσόλη και βερμπασκοσίδη. Επίσης αν και η σύσταση των λιπαρών οξέων δεν εμφάνισε αξιόλογη μεταβολή, παρατηρήθηκε αύξηση της οξειδωτικής σταθερότητας. Τέλος κρίνεται σημαντικό, ότι κατά τον έλεγχο των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του κρέατος δεν παρατηρήθηκαν διαφορές με το κρέας κοτόπουλου, του οποίου η τροφή δεν περιείχε ελαιοπυρήνα (Difonzo κ.ά., 2021).

Μια άλλη μελέτη ενσωμάτωσε ελαιοπυρήνα σε ποσοστό 5% στη τροφή κουνελιών. Επισημαίνεται ότι η επιλεγμένη ελαιοπυρήνα θεωρείται υψηλής ποιότητας αναφορικά

με την περιεκτικότητα της σε αντιοξειδωτικά. Τα αποτελέσματα στο κρέας των κουνελιών έδειξαν αυξημένα επίπεδα μονοκορεσμένων λιπαρών οξέων και ταυτόχρονα χαμηλότερα επίπεδα πολυακόρεστων λιπαρών οξέων. Ακόμα η μελέτη έδειξε ότι η προσθήκη ελαιοπυρήνας αύξησε την οξειδωτική σταθερότητα του κρέατος. Συγκεκριμένα η αύξηση της οξειδωτικής σταθερότητας παρουσιάστηκε ανάλογη της αύξησης πολυφαινόλων στην ελαιοπυρήνα. Η πειραματική διατροφή οδήγησε όμως και σε κάποια αρνητικά συμπεράσματα. Η προσθήκη ελαιοπυρήνας φάνηκε να μειώνει την πρόσληψη τροφής και τον ρυθμό ανάπτυξης των κουνελιών. Έτσι μειώθηκε το βάρος του σφαγίου και συνολικά η παραγωγική απόδοση. Κρίνεται έτσι σημαντικό να πραγματοποιηθούν περαιτέρω μελέτες ώστε να προσδιοριστούν οι ενώσεις που περιέχονται στον ελαιοπυρήνα και φέρουν αρνητικές επιπτώσεις, ώστε να μπορέσουν να διαχειριστούν αναλόγως (Dal Bosco 2012).

3.1.4. Μελλοντικές δυνατότητες

Οι πιθανοί τρόποι αξιοποίησης της ελαιοπυρήνας δεν περιορίζονται στην παραγωγή πυρηνελαίου και λειτουργικών τροφίμων και ακόμα και σε αυτούς τους τομείς οι δυνατότητες εξέλιξης είναι πολλές. Σε αυτό το πλαίσιο ενδιαφέρον παρουσιάζει και η μελέτη της συνδυαστικής χρήσης κάποιας μορφής ελαιοπυρήνας με άλλα πρόσθετα. Τέτοιου είδους μελέτες θα μπορούσαν τόσο να παρέχουν πιο ρεαλιστικά αποτελέσματα, καθώς η χρήση ενός μόνο πρόσθετου σπανίζει, όσο και να δώσει φως σε περαιτέρω ζητήματα. Η συνύπαρξη ουσιών μπορεί να οδηγήσει σε μεταβολή της έντασης των ιδιοτήτων κάποιων ουσιών. Επίσης είναι δυνατή η εξισορρόπηση κάποιων αρνητικών οργανοληπτικών επιδράσεων παρουσία άλλων πρόσθετων. Για αυτούς και άλλους λόγους, τέτοιου είδους μελέτες κρίνονται απαραίτητες πριν την τελική αξιολόγηση των μορφών της ελαιοπυρήνας ως προς την καταλληλότητά τους για παραγωγή λειτουργικών τροφίμων.

Το βιοδραστικό προφίλ της ελαιοπυρήνας όπως έχει ήδη αναφερθεί περιέχει πλήθος ουσιών με ερευνητικό ενδιαφέρον. Συγκεκριμένα οι πολυφαινόλες που εμπεριέχει, εμφανίζουν τις περισσότερες δυνατότητες αξιοποίησης. Οι πολυφαινόλες όμως χαρακτηρίζονται ως θερμοευαίσθητες ουσίες και ως εκ τούτου η εκχύλιση τους αποτελεί πρόκληση. Ωστόσο τα οφέλη από την ικανοποιητική εκχύλιση αυτών κρίνονται σημαντικά, καθώς η στοχευμένη προσθήκη πολυφαινόλων μειώνει την απαιτούμενη προστιθέμενη ποσότητα υλικού και ταυτόχρονα αποτρέπει τις αρνητικές επιδράσεις που προκαλούν άλλες ουσίες. Σε αυτό το πλαίσιο αξίζει να μελετηθούν διάφορες τεχνικές εκχύλισης, τα αποτελέσματα των οποίων μπορεί να δώσουν περισσότερα πειραματικά δεδομένα. Κάποιες από τις προτεινόμενες τεχνικές μπορεί να βασίζονται στη χρήση υπερήχων, φούρνου μικροκυμάτων, υγρών υπό πίεση, παλμικών ηλεκτρικών πεδίων, ηλεκτρικών φορτίων υψηλών τάσεων, υπέρυθρης ακτινοβολίας και εξαγωγής υπερκρίσιμου ρευστού. Τέτοιες τεχνικές προσφέρουν κάποιες λύσεις στους περιορισμούς των συμβατικών μεθόδων εκχύλισης. Μελέτες

έχουν δείξει συγκεκριμένα ότι μπορούν να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα της εκχύλισης και την ποιότητα των φυτοχημικών ουσιών καθώς μεταξύ άλλων συμβάλλουν στην πρόληψη της αποδόμησης των θερμοευαίσθητων ενώσεων (Gullon, P 2020). Για αυτούς τους λόγους περαιτέρω έρευνες σε αυτόν τον τομέα κρίνονται χρήσιμες.

Ειδική αναφορά χρειάζεται να γίνει στην υδροξυτυροσόλη, η οποία παρατηρείται σε μεγάλες ποσότητες τόσο στην ελαιοπυρήνα όσο και στο πυρηνέλαιο. Μελέτες έχουν αναδείξει την αξία της ως φυσικό συντηρητικό βάση των αντιοξειδωτικών και αντιμικροβιακών της ιδιοτήτων για την αύξηση της διάρκειας ζωής τροφίμων. Στην υδροξυτυροσόλη όμως έχουν αποδοθεί και άλλες ιδιότητες, που την καθιστούν ελκυστική επιλογή φυτικού πρόσθετου. Συγκεκριμένα έχει παρατηρηθεί ότι, η υδροξυτυροσόλη παραμένει ενεργή και διατηρεί τις ιδιότητές της για περισσότερο χρονικό διάστημα, συγκριτικά με άλλες φαινολικές ενώσεις. Ακόμα έχει αναφερθεί ότι, προσθήκη εκχυλίσματος πολυφαινόλης πλούσιου σε υδροξυτυροσόλη σε εξευγενισμένο λάδι, έχει συμβάλει στην διατήρηση της περιεκτικότητας της α-τοκοφερόλης. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω χαρακτηριστικά της υδροξυτυροσόλης και την αυξανόμενη ζήτηση για φυσικά προϊόντα, η περαιτέρω μελέτη της και τελικά η εμπορευματοποίηση της ως εναλλακτικό πρόσθετο τροφίμων παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον.

Τάση της εποχής θεωρείται η προσπάθεια παραγωγής βιοαποδομήσιμων υλικών αλλά και ενεργών συσκευασιών (Gullon, P 2020). Τέτοιου είδους εφαρμογές εμφανίζουν πολλά πλεονεκτήματα και ως εκ τούτου παρουσιάζουν μεγάλο ερευνητικό και εμπορικό ενδιαφέρον. Αναφέρεται ότι η παραγωγή τέτοιων υλικών μπορεί να αυξήσει την περιεκτικότητα σε βιοδραστικές ενώσεις αλλά και την οξειδωτική σταθερότητα των τροφίμων, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να μειώσει τις συνολικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις που οφείλονται στην απόρριψη των συσκευασιών (Gullon, P 2020), (Difonzo κ.ά., 2021). Η ελαιοπυρήνα ως υποπροϊόν βιομηχανικής διαδικασίας με ικανό θρεπτικό περιεχόμενο μπορεί να αποτελέσει ικανοποιητική ύλη για την μελέτη παραγωγής, τέτοιου είδους συσκευασιών. Πράγματι μέχρι σήμερα έχουν ολοκληρωθεί τέτοιες μελέτες και τα αποτελέσματα αναφορικά με την παράταση της διάρκειας ζωής των τροφίμων, δίνουν το πράσινο φως για περαιτέρω και πιο λεπτομερείς έρευνες.

4. Συμπεράσματα

Η ελαιοπυρήνα, ως το κύριο στερεό απόβλητο της ελαιοπαραγωγικής διαδικασίας και καθώς η παγκόσμια ετήσια παραγωγή της ισοδυναμεί περίπου με 15.655.000 τόνους, αποτελεί ύλη μεγάλου ενδιαφέροντος. Λόγω του χαμηλού pH, του υψηλού οργανικού ρυπαντικού φορτίου και της φυτοτοξικής δράσης που παρουσιάζει, η διαχείριση αλλά και η αξιοποίηση της κρίνονται μείζονος σημασίας. Σε αυτό το πλαίσιο, η δυνατότητα αξιοποίησης της ελαιοπυρήνας προς παραγωγή πυρηνέλαιου έχει εδραιωθεί ως πρακτική. Βασικά βήματα για την παραγωγή πυρηνέλαιου θεωρούνται η ξήρανση της ελαιοπυρήνας, η αφαίρεση πέτρινων θραυσμάτων και θρυμμάτων πυρήνα, η εκχύλιση της ξηρής ελαιοπυρήνας και η απόσταξη της μισέλας για τελική παραλαβή του πυρηνελαίου. Ωστόσο η σειρά τους και ο τρόπος υλοποίησης τους δεν θεωρούνται καθολικά καθώς η σύσταση της ελαιοπυρήνας μπορεί να διαφέρει, κυρίως αναφορικά με την περιεκτικότητα τους σε υγρασία, ανάλογα με το είδος φυγοκέντρωσης από το οποίο προκύπτει. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η περίπτωση της ελαιοπυρήνας που προκύπτει από φυγοκέντρωση 2-φάσεων, καθώς τα στάδια για την παραγωγή πυρηνελαίου σε αυτήν την περίπτωση παρουσιάζουν μέχρι και σήμερα διάφορες εναλλακτικές μεθόδους. Αυτό οφείλεται μεν στο γεγονός ότι η φυγοκέντρωση 2-φάσεων για την παραγωγή πυρηνελαίου άρχισε να εφαρμόζεται μόλις το 1990 αλλά και στο γεγονός ότι από αυτή τη μέθοδο προκύπτει υγρή ελαιοπυρήνα με ποσοστά υγρασίας, της τάξης 60% με 80%. Καθώς η υγρασία όχι μόνο ευνοεί τις αλλοιώσεις στην ελαιοπυρήνα αλλά χρειάζεται και να απουσιάζει από το τελικό πυρηνέλαιο, η διαχείριση και απομάκρυνση τέτοιων ποσοστών υγρασίας αποτελεί πρόκληση. Η μεγάλη απήχηση που βρίσκει όμως η μέθοδος φυγοκέντρωσης 2-φάσεων για την παραλαβή ελαιόλαδου, κυρίως για περιβαλλοντικούς λόγους, δημιουργεί την ανάγκη για την καθιέρωση της βέλτιστης πορείας για την παραγωγή πυρηνέλαιου από αυτή. Κρίνεται έτσι αναγκαία η περαιτέρω μελέτη και δοκιμή της διαδικασίας παραγωγής πυρηνέλαιου, με απώτερο σκοπό την καθιέρωση πρότυπης μεθόδου.

Οι δυνατότητες αξιοποίησης της ελαιοπυρήνας δεν περιορίζονται μόνο στην παραγωγή πυρηνέλαιου, αλλά σε αυτές συγκαταλέγεται και η αξιοποίηση των θρεπτικών συστατικών που περιέχουν προς παραγωγή λειτουργικών τροφίμων. Με αυτόν τον τρόπο, μπορούν να διευρυνθούν τα περιθώρια αξιοποίησης της και κατά επέκταση να μειωθεί η εξάρτηση της εμπορικής αξίας της ελαιοπυρήνας από την ελαιοπερικετικότητα της. Μέχρι σήμερα δεν έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές μελέτες ώστε η δυνατότητα αυτή να μετατραπεί σε εμπορική λύση. Αναφέρεται ακόμα ότι η χημική σύσταση της ελαιοπυρήνας επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες και κατά επέκταση απαιτούνται πολλές και λεπτομερείς μελέτες για ολοκληρωμένα αποτελέσματα. Μεταξύ των κύριων θρεπτικών συστατικών που περιέχει υπάγονται οι φαινολικές ενώσεις, όπως η υδροξυτυροσόλη και οι πολυσακχαρίτες, όπως κάποιες διαιτητικές ίνες. Με αφορμή την παρουσία τέτοιων βιοδραστικών ουσιών στην ελαιοπυρήνα αναγράφονται μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί σε βρώσιμα έλαια, ζυμαρικά, αρτοσκευάσματα και ζωοτροφές για ιχθυηρά και οικόσιτα μηρυκαστικά.

Επισημαίνεται ότι η μορφή της ελαιοπυρήνα που προστίθεται στις μελέτες ποικίλει. Τα αποτελέσματα φανερώνουν αρκετά πλεονεκτήματα από τον εμπλουτισμό με ελαιοπυρήνα, καθώς φαίνεται να συμβάλουν ευεργετικά στον ανθρώπινο οργανισμό αλλά και στο βιομηχανικό κέρδος. Επισημαίνεται ότι η κύρια επίδραση που παρατηρήθηκε από τη προσθήκη ελαιοπυρήνας είναι η αύξηση της οξειδωτικής σταθερότητας και συνεπώς της διάρκειας ζωής του προϊόντος. Ωστόσο οι μελέτες ανέδειξαν και κάποια μειονεκτήματα από τον εμπλουτισμό με ελαιοπυρήνα. Σημαντικό φαίνεται ότι το εμπλουτισμένο προϊόν ενδέχεται να εμφανίσει δυσάρεστες αλλαγές των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών τους, όπως πικρή γεύση και σκούρο χρώμα. Ακόμη τα αποτελέσματα από την προσθήκη ελαιοπυρήνας σε ζωοτροφές παρουσίασαν διαφωνίες. Γίνεται έτσι αντιληπτό ότι το είδος του κάθε ζώου, επηρεάζει ιδιαίτερα την αντίδραση του στην πρόσληψη ελαιοπυρήνας. Συνολικά βέβαια τα αποτελέσματα από τις μέχρι στιγμής έρευνες, παρουσιάζουν αισιόδοξα αυτήν την εναλλακτική αξιοποίησης της ελαιοπυρήνας. Για να αποκτήσει όμως η τεχνική αυτή, εμπορική αξία απαιτείται ακόμα πλήθος από μελέτες.

5. Βιβλιογραφία

- [1] Khwaldia, K., Attour, N., Matthes, J., Beck, L., & Schmid, M. (2022). Olive byproducts and their bioactive compounds as a valuable source for food packaging applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21(2), 1218–1253. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12882>
- [2] Antonopoulos, K., Valet, N., Spiratos, D., & Siragakis, G. (2006). Olive oil and pomace olive oil processing. *Grasas y Aceites*, 57(1), Article 1. <https://doi.org/10.3989/gya.2006.v57.i1.22>
- [3] Τσάκνης Ιωάννης. (2021). "Τεχνολογία – ποιότητα λιπών και λαδιών." Τζιόλα .
- [4] Gullon, P., Gullon, B., Astray, G., Carpena, M., Fraga-Corral, M., Prieto, M. A., & Simal-Gandara, J. (2020). Valorization of by-products from olive oil industry and added-value applications for innovative functional foods. *Food Research International*, 137, 109683.
- [5] Rodríguez-Gutiérrez, G., et al. (2012). "New olive-pomace oil improved by hydrothermal pre-treatments." *Olive Oil—Constituents, Quality, Health Properties and Bioconversions*; Boskou, D., Ed: 249-266.
- [6] Difonzo, G., Troilo, M., Squeo, G., Pasqualone, A., & Caponio, F. (2021). Functional compounds from olive pomace to obtain high-added value foods – a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(1), 15–26. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10478>
- [7] Vitali Čepo, D., Radić, K., Jurmanović, S., Jug, M., Grdić Rajković, M., Pedisić, S., Moslavac, T., & Albahari, P. (2018). Valorization of Olive Pomace-Based Nutraceuticals as Antioxidants in Chemical, Food, and Biological Models. *Molecules*, 23(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/molecules23082070>
- [8] Yanık, D. K. (2017). Alternative to traditional olive pomace oil extraction systems: Microwave-assisted solvent extraction of oil from wet olive pomace. *LWT*, 77, 45–51. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.020>
- [9] Moral, P. S., & Méndez, M. V. R. (2006). Production of pomace olive oil. *Grasas y Aceites*, 57(1), Article 1. <https://doi.org/10.3989/gya.2006.v57.i1.21>
- [10] Nasopoulou, C., & Zabetakis, I. (2013). Agricultural and Aquacultural Potential of Olive Pomace A Review. *Journal of Agricultural Science*, 5(7), p116. <https://doi.org/10.5539/jas.v5n7p116>
- [11] Nasopoulou, C., Stamatakis, G., Demopoulos, C. A., & Zabetakis, I. (2011). Effects of olive pomace and olive pomace oil on growth performance, fatty acid composition and cardio protective properties of gilthead sea bream

- (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Food Chemistry*, 129(3), 1108–1113. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.086>
- [12] Mateos, R., Sarria, B., & Bravo, L. (2020). Nutritional and other health properties of olive pomace oil. *Critical reviews in food science and nutrition*, 60(20), 3506-3521.
- [13] Ευάγγελος Σ. Λάζος, Ανδριάννα Ε. Λάζου. (2016) "Επιστήμη & τεχνολογία σιτηρών." Παπαζήση .
- [14] International Pasta Organization. (2021). Annual report on world pasta consumption & production.
- [15] Sapkota, Amy R., et al. (2007) What Do We Feed to Food-Production Animals? A Review of Animal Feed Ingredients and Their Potential Impacts on Human Health. (χ.χ.). <https://doi.org/10.1289/ehp.9760>
- [16] The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. (2022). FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461en>
- [17] Oecd, F. A. O. (2022). OECD-FAO Agricultural Outlook 2022-2031.
- [18] Dal Bosco, A., Mourvaki, E., Cardinali, R., Servili, M., Sebastiani, B., Ruggeri, S., ... & Castellini, C. (2012). Effect of dietary supplementation with olive pomaces on the performance and meat quality of growing rabbits. *Meat science*, 92(4), 783-788.
- [19] Doyle, S. P., Harrison, K. R., Daley, C. A., Hamilton, P. C., & Sinnott, D. K. (2006, June). Effects of feeding olive pomace on the fatty acid profile of pork. In *Proceedings-American Society Of Animal Science Western Section* (Vol. 57, p. 216)
- [20] ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΟΚ) αριθ. 2568/91 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 11ης Ιουλίου 1991 σχετικά με τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών των ελαιολάδων και των πυρηγελαίων καθώς και με τις μεθόδους προσδιορισμού (EE L 248 της 5.9.1991, σ. 1)