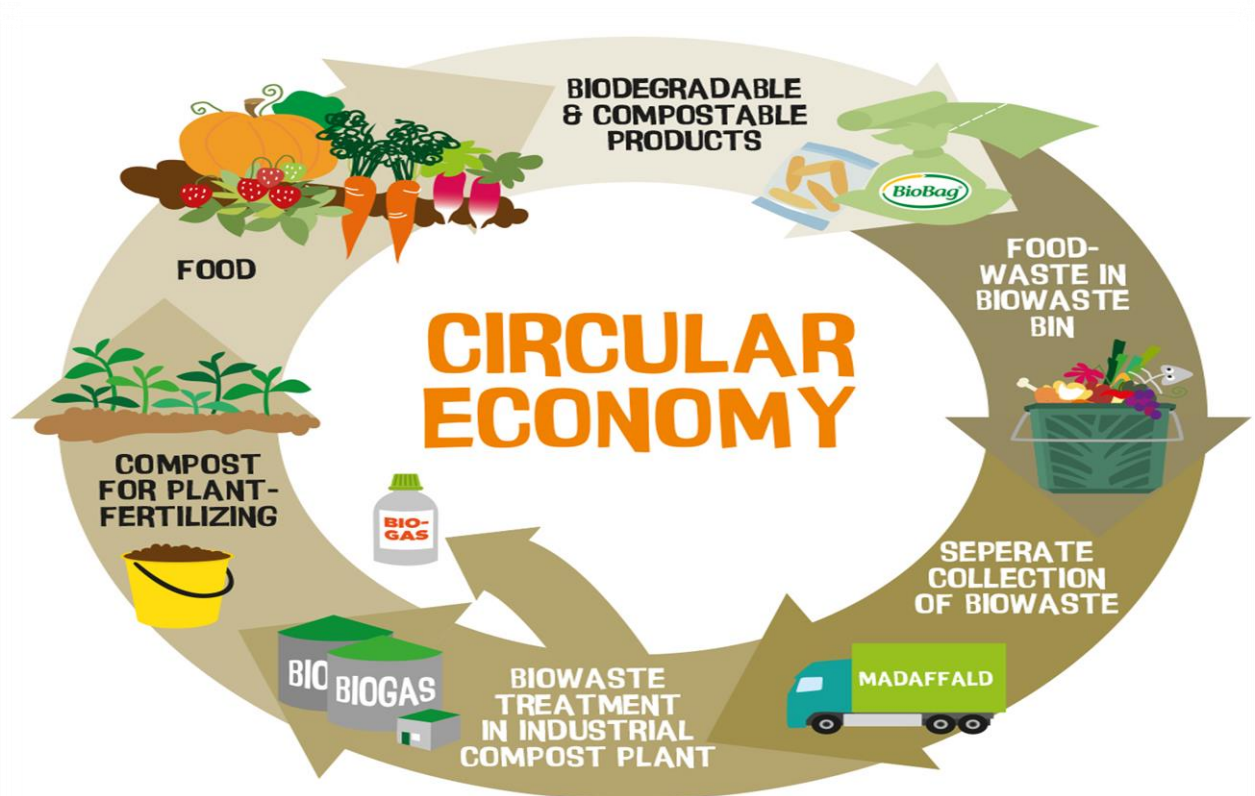




ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Πτυχιακή Εργασία

«ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ-ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ»



ΚΑΨΑΛΑ ΔΕΣΠΟΙΝΑ

ΑΜ: 19684036

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

ΘΑΛΕΙΑ ΤΣΙΑΚΑ

Αθήνα, Μάρτιος 2024



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA  
SCHOOL OF FOOD SCIENCES  
DEPARTMENT OF FOOD SCIENCE AND  
TECHNOLOGY**

**Diploma Thesis**

**«FUNCTIONAL FOODS AND CIRCULAR ECONOMY-  
SUSTAINABILITY»**

**KAPSALA DESPOINA**

**REGISTRATION NUMBER: 19684036**

**SUPERVISOR**

**TSIAKA THALEIA**

**ATHENS, MARCH 2024**



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

**«ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΤΡΟΦΙΜΑ ΚΑΙ ΚΥΚΛΙΚΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ-ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ»**

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
<b>1</b>	ΤΣΙΑΚΑ ΘΑΛΕΙΑ	ΕΚΤΑΚΤΟ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ ΕΣΠΑ/ ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ	
<b>2</b>	ΚΡΙΤΣΗ ΕΥΤΥΧΙΑ	ΕΠΙΚΟΥΡΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ	
<b>3</b>	ΞΑΝΘΑΚΗΣ ΕΠΑΜΕΙΝΩΝΔΑΣ	ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ	

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη ΚΑΨΑΛΑ ΔΕΣΠΟΙΝΑ του ΓΕΩΡΓΙΟΥ, με αριθμό μητρώου 19684036 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστημών Τροφίμων του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, 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».

Η Δηλούσα

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Katsalá Despoina', is written over a light gray rectangular background.

## Περίληψη

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του προπτυχιακού προγράμματος σπουδών του τμήματος «Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων» του πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής. Κεντρικός στόχος ήταν η κατανόηση της έννοιας των λειτουργικών τροφίμων και η αναζήτηση του ρόλου τους στην ανθρώπινη υγεία, παράλληλα με την εφαρμογή ενός συστήματος κυκλικής οικονομίας. Αυτό το σύστημα αποσκοπεί στην αντικατάσταση του γραμμικού μοντέλου «take – make – dispose» με ένα βιώσιμο πλαίσιο που προωθεί την ανακύκλωση και την αποδοτική χρήση των πόρων. Η έρευνα επισημαίνει τις δυνατότητες εκμετάλλευσης των αγροδιατροφικών παραπροϊόντων ως πηγή βιοδραστικών ουσιών για την παραγωγή λειτουργικών τροφίμων. Μέσα από αυτήν την προσέγγιση, επιδιώκεται η δημιουργία ενός κλειστού κύκλου υλικών στην παραγωγική αλυσίδα, προάγοντας έτσι την οικολογική και οικονομική βιωσιμότητα. Η βιβλιογραφική ανάλυση διαιρέθηκε σε τρία κύρια κεφάλαια. Αρχικά, αναφέρεται η ιστορική προσέγγιση των λειτουργικών τροφίμων, ενώ παρουσιάζονται οι βιοδραστικές ενώσεις που περιέχουν και τα οφέλη που προσφέρουν στην υγεία. Στη συνέχεια, αναλύεται η μέθοδος της μικροενθυλάκωσης ως τεχνική παραγωγής λειτουργικών τροφίμων, ενώ δίνεται έμφαση στη νομοθεσία και τις διατροφικές απαιτήσεις που αφορούν σε αυτά τα προϊόντα. Το δεύτερο κεφάλαιο αναλύει τις έννοιες της βιωσιμότητας και της κυκλικής οικονομίας, επικεντρωνόμενο στην ανάγκη μετάβασης προς ένα πιο βιώσιμο μοντέλο παραγωγής. Επισημαίνεται η σημασία της κυκλικής οικονομίας ως λύσης για τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και την αποδοτική χρήση των πόρων. Το τρίτο κεφάλαιο αναδεικνύει την αξία της αξιοποίησης των αγροδιατροφικών παραπροϊόντων για τη δημιουργία λειτουργικών τροφίμων, προάγοντας έτσι ένα πιο βιώσιμο μοντέλο παραγωγής και κατανάλωσης. Η εφαρμογή ενός συστήματος κυκλικής οικονομίας προωθεί την ανακύκλωση των παραπροϊόντων και ενσωματώνει τη βιωσιμότητα σε όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας. Συνολικά, η έρευνα παρέχει μια προοπτική για τη μετάβαση προς ένα πιο βιώσιμο μέλλον στον τομέα των λειτουργικών τροφίμων, με έμφαση στη διατήρηση των φυσικών πόρων και την προστασία του περιβάλλοντος, με σεβασμό σε αυτό και τον καταναλωτή.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Λειτουργικά τρόφιμα, κυκλική οικονομία, βιωσιμότητα, αγροδιατροφικά παραπροϊόντα, απόβλητα τροφίμων, βιοδραστικές ενώσεις παραπροϊόντων

## **Abstract**

The present study was conducted as part of the undergraduate program in the Department of Food Science and Technology at the University of West Attica. The main objective was to understand the concept of functional foods and explore their role in human health, alongside the implementation of a circular economy system. This system aims to replace the linear model of "take – make – dispose" with a sustainable framework that promotes resource recycling and efficient resource use. The research highlights the potential exploitation of agri-food by-products as a source of bioactive compounds for the production of functional foods. Through this approach, the creation of a closed-loop materials cycle in the production chain is pursued, thus promoting ecological and economic sustainability. The literature review was divided into three main chapters. Initially, the historical approach to functional foods is mentioned, while presenting the bioactive compounds they contain and the benefits they offer to health. Subsequently, the method of microencapsulation is analyzed as a technique for producing functional foods, with an emphasis on legislation and nutritional requirements regarding these products. The second chapter analyzes the concepts of sustainability and circular economy, focusing on the need to transition to a more sustainable production model. The importance of the circular economy as a solution to reduce environmental impacts and efficiently use resources is emphasized. The third chapter highlights the value of utilizing agri-food by-products to create functional foods, thus promoting a more sustainable production and consumption model. The implementation of a circular economy system promotes the recycling of by-products and incorporates sustainability at all stages of the production process. Overall, the research provides a perspective for transitioning to a more sustainable future in the field of functional foods, emphasizing the conservation of natural resources and environmental protection, with respect for both the environment and the consumer.

### **KEY WORDS:**

Functional foods, circular economy, sustainability, agri-food by-products, food waste, bioactive compounds from by-products

## Πίνακας Περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ABSTRACT.....	5
1. <u>Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup></u> : Λειτουργικά Τρόφιμα.....	11
1.1. Ιστορική επισκόπηση των λειτουργικών τροφίμων.....	11
1.2. Ορισμός: Τι είναι τελικά τα λειτουργικά τρόφιμα;.....	12
1.3. Βιοενεργά συστατικά λειτουργικών τροφίμων και υγεία.....	15
1.3.1. Καροτενοειδή.....	15
1.3.2. Διαιτητικές ίνες και Πρεβιοτικά.....	18
1.3.3. Προβιοτικά.....	20
1.3.4. Λιπαρά Οξέα.....	21
1.3.5. Φλαβονοειδή.....	22
1.3.6. Ισοθιοκυανικά Άλατα.....	24
1.3.7. Φυτοστερόλες.....	24
1.3.8. Φαινολικά Οξέα.....	26
1.3.9. Μεταλλικά Στοιχεία.....	27
1.3.10. Αντιοξειδωτικές Βιταμίνες.....	29
1.3.11. Βιταμίνη D.....	31
1.3.12. Βιταμίνη K.....	32
1.3.13. Οι βιταμίνες του συμπλέγματος B.....	33
1.3.14. Πρωτεΐνες και Βιοδραστικά πεπτίδια.....	35
2. Διαδικασία Παραγωγής Λειτουργικών Τροφίμων.....	36
2.1. Βιοδραστικά συστατικά λειτουργικών τροφίμων και βιοδιαθεσιμότητα.....	36
2.2. Βιοδραστικά συστατικά τροφίμων και η ενσωμάτωση τους σε νέα προϊόντα τροφίμων – Η έννοια της μικροενθυλάκωσης.....	38
2.3. Χαρακτηριστικά και Μέθοδοι Ενθυλάκωσης.....	41
2.3.1. Χημικές Μέθοδοι.....	43
2.3.2. Άλλοι μέθοδοι ενθυλάκωσης.....	44
2.4. Λειτουργικά Τρόφιμα από μικροενθυλακωμένα υλικά.....	44
3. Νομοθεσία και Διατροφικοί Ισχυρισμοί.....	46
3.1. Ευρωπαϊκή νομοθεσία περί λειτουργικών τροφίμων.....	46
3.2. Λειτουργικά Τρόφιμα και Ετικέτες Τροφίμων.....	49
3.2.1. Συμπεριφορά Καταναλωτή.....	49
3.2.2. Ετικέτες προϊόντων τροφίμων.....	50
3.2.3. Ισχυρισμοί Διατροφής.....	52
3.2.4. Ισχυρισμοί Υγείας.....	53

<b>3.2.5. Ισχυρισμός Μείωσης του Κινδύνου Εκδήλωσης Ασθένειας.....</b>	<b>53</b>
<b>3.3. Απαγορεύσεις στους Διατροφικούς Ισχυρισμούς και στους Ισχυρισμούς Υγείας.....</b>	<b>55</b>
4. <u>Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup></u> : Η μετάβαση από τη Γραμμική στην Κυκλική Οικονομία – Ένα βιώσιμο μοντέλο τροφίμων.....	57
4.1. Γραμμική Οικονομία.....	58
4.2. Η έννοια της Κυκλικής Οικονομίας.....	59
4.3. Η έννοια της Βιωσιμότητας.....	64
4.4. Η βιωσιμότητα στο σύστημα των τροφίμων.....	66
4.5. Τομείς εφαρμογής της βιωσιμότητας.....	69
4.6. Οφέλη της Κυκλικής Οικονομίας.....	71
4.7. Εμπόδια στην εφαρμογή ενός κυκλικού συστήματος.....	73
4.8. Τομείς εφαρμογής της Κυκλικής Οικονομίας.....	76
4.9. Τρόφιμα και Κυκλική Οικονομία.....	79
5. <u>Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup></u> : Κυκλική Οικονομία – Βιωσιμότητα & Λειτουργικά Τρόφιμα – Πώς ένα βιώσιμο μοντέλο τροφίμων στηριζόμενο στην Κυκλική Οικονομία εφαρμόζεται στα λειτουργικά τρόφιμα.....	82
5.1. Αγροδιατροφικά Παραπροϊόντα.....	83
5.1.1. Απόβλητα – Food Waste.....	83
5.1.2. Παραπροϊόντα – By-products.....	85
5.2. Ανάγκη αξιοποίησης αγροδιατροφικών παραπροϊόντων.....	85
5.3. Σχέση Κυκλικής Οικονομίας και αξιοποίησης αγροδιατροφικών παραπροϊόντων.....	88
5.4. Παραπροϊόντα φυτικής προέλευσης και βιοδραστικές ενώσεις.....	91
5.4.1. Φρούτα.....	91
5.4.2. Ελαιοφόροι Καλλιέργειες.....	98
5.4.3. Δημητριακά και Όσπρια.....	99
5.4.4. Καφές, κακάο και αφεψήματα.....	101
5.4.5. Λαχανικά.....	101
5.5. Εφαρμογές αγροδιατροφικών παραπροϊόντων στη βιομηχανία τροφίμων.....	105
5.5.1. Ως συστατικά λειτουργικών τροφίμων και ως πρόσθετα.....	105



5.5.2. Φαρμακολογικές και βιοϊατρικές εφαρμογές.....	107
5.6. Αξιοποίηση αγροδιατροφικών παραπροϊόντων ως συστατικά λειτουργικών τροφίμων.....	109
5.7. Πώς τα λειτουργικά τρόφιμα συνδέονται με την κυκλική οικονομία;.....	114
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	117
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	119

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Δομή ορισμένων κύριων διατροφικών καροτενοειδών.....	16
Εικόνα 2. Βασική δομή του σκελετού των φλαβονοειδών και οι κατηγορίες τους.....	23
Εικόνα 3. Χημικές δομές χοληστερόλης και κύριων φυτοστερολών.....	26
Εικόνα 4. Χημική δομή της βιταμίνης Α.....	29
Εικόνα 5. Οι δομές της τοκοφερόλης και των τοκοενοτριολών.....	30
Εικόνα 6. Χημική δομή των βιταμινών D <sub>2</sub> και D <sub>3</sub> .....	31
Εικόνα 7. Βιταμίνες K <sub>1</sub> και K <sub>2</sub> .....	32
Εικόνα 8. Βιοδιαθεσιμότητα, βιοπροσβασιμότητα και βιοδραστηριότητα στο γαστρεντερικό σύστημα.....	36
Εικόνα 9. Αρχή της μικροενθυλάκωσης με διεπιφανειακό πολυμερισμό.....	42
Εικόνα 10. Παραδείγματα ετικετών τροφίμων με συγκεκριμένους ισχυρισμούς διατροφής.....	52
Εικόνα 11. Ετικέτα τρόφιμου με απαραίτητους ισχυρισμούς.....	54
Εικόνα 12. Σχηματική απεικόνιση γραμμικής και κυκλικής οικονομίας.....	58
Εικόνα 13. Μοντέλο Γραμμικής Οικονομίας.....	59
Εικόνα 14. Το διάγραμμα της πεταλούδας.....	63
Εικόνα 15. Σχέση πληθυσμού και φέρουσας ικανότητας- Αλληλεπίδραση 2 μεταβλητών του συστήματος.....	66
Εικόνα 16. Αγροδιατροφικός κύκλος και αξιοποίηση παραπροϊόντων.....	82
Εικόνα 17. Ποσοστά σπατάλης στην αλυσίδα τροφίμων.....	86
Εικόνα 18. Σχηματική κατά προσέγγιση απεικόνιση των ποσοστών σπατάλης τροφίμων στην εφοδιαστική αλυσίδα.....	88
Εικόνα 19. Τύποι φρούτων.....	93
Εικόνα 20. Ενδεικτικά δημητριακά των οποίων τα παραπροϊόντα αξιοποιούνται από τη βιομηχανία.....	99
Εικόνα 21. Σχηματική παραγωγή λειτουργικών τροφίμων με χρήση παραπροϊόντων τροφίμων.....	112

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Ορισμοί Λειτουργικών τροφίμων.....	13
Πίνακας 2. Διαδικασίες Μικροενθυλάκωσης.....	44
Πίνακας 3. Μικροενθυλακωμένα υλικά που εφαρμόζονται για την παραγωγή λειτουργικών τροφίμων.....	45
Πίνακας 4. Ορισμοί Κυκλικής Οικονομίας.....	59
Πίνακας 5. Τομείς εφαρμογής βιωσιμότητας.....	69
Πίνακας 6. Τομείς εφαρμογής της κυκλικής οικονομίας.....	76
Πίνακας 7. Ετικέτες τροφίμων και κυκλική οικονομία.....	80
Πίνακας 8. Κύρια παραπροϊόντα φρούτων και βιοδραστικές τους ενώσεις.....	93
Πίνακας 9. Κύρια παραπροϊόντα δημητριακών και οσπρίων και οι βιοδραστικές τους ενώσεις.....	100
Πίνακας 10. Κύρια παραπροϊόντα λαχανικών και οι βιοδραστικές τους ενώσεις.....	102
Πίνακας 11. Λειτουργικά τρόφιμα από αγροδιατροφικά παραπροϊόντα.....	109

## Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>

### Λειτουργικά Τρόφιμα

#### 1.1. Ιστορική επισκόπηση των Λειτουργικών Τροφίμων

Η έννοια των «Λειτουργικών Τροφίμων» διατυπώθηκε για πρώτη φορά στην Ιαπωνία το 1984. Παρ' όλ' αυτά, η ανάγκη για βελτίωση της ανθρώπινης υγείας μέσω της διατροφής ξεκίνησε πολύ νωρίτερα. Με την λήξη του Β' Παγκόσμιου Πολέμου οι διατροφικές συνήθειες των Ιάπωνων έμοιαζαν ολοένα και περισσότερο με των Ευρωπαίων και των Αμερικάνων, όπως και οι ασθένειες που οδηγούσαν στον θάνατο του πληθυσμού. Τις δεκαετίες που ακολούθησαν, η αποβίωση των ηλικιωμένων αυξήθηκε ραγδαία, γεγονός που μετατόπισε το ενδιαφέρον των Ιάπωνων στη μείωση του κόστους περίθαλψής τους και στον τρόπο πρόληψης των ασθενειών. Η ανάγκη αυτή, οδήγησε στην ανάπτυξη τροφίμων με οφέλη για την υγεία. Πολλές έρευνες, οι οποίες βρίσκουν τις αρχές τους στη διάρκεια του πρώτου Παγκόσμιου Πολέμου, έχουν αποδείξει ότι τα τρόφιμα και τα συστατικά που εμπεριέχουν συμβάλλουν στην φυσιολογική και βιολογική ευεξία. Καθίσταται, λοιπόν, σαφής η άμεσα συνδεδεμένη σχέση διατροφής και υγείας.

Τα λειτουργικά τρόφιμα είναι τρόφιμα που επιτελούν τρεις λειτουργίες, με κύρια την κάλυψη των διατροφικών αναγκών, ακολουθεί η αποδεδειγμένη ευεργετική τους δράση στον ανθρώπινο οργανισμό και, τέλος, η δυνατότητα μείωση εκδήλωσης ασθενειών. Το Υπουργείο Υγείας, Εργασίας και Πρόνοιας της Ιαπωνίας (MHLW) εισήγαγε μια νέα κατηγορία προϊόντων, το σύστημα "Foods for Specified Health Use" (FOSHU), το 1991, ως ένα ρυθμιστικό πλαίσιο για την έγκριση διατροφικών ισχυρισμών που αφορούν στην επίδραση των τροφίμων στην ανθρώπινη υγεία, όπως αναγράφεται στις ετικέτες τους. Τα προϊόντα διατροφής που υποβάλλονται για έγκριση από το FOSHU αξιολογούνται επιστημονικά από το Συμβούλιο Φαρμακευτικών Υποθέσεων και Υγιεινής Τροφίμων, σύμφωνα με τις οδηγίες του MHLW, προκειμένου να διασφαλιστεί η αποτελεσματικότητα και η ασφάλειά τους. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται ενδεικτικά υδατάνθρακες με χαμηλό γλυκαιμικό δείκτη, όπως ορισμένα δημητριακά ή μπάρες δημητριακών, που περιέχουν συστατικά που βοηθούν στον έλεγχο των επιπέδων γλυκόζης στο αίμα, προϊόντα με φυτοστερόλες/φυτοστανόλες, όπως γαλακτοκομικά, χυμοί, ή σνακ που περιέχουν φυτοστερόλες ή φυτοστανόλες, οι οποίες μπορούν να βοηθήσουν στη μείωση των επιπέδων χοληστερόλης στο αίμα, αλλά ακόμη και συμπληρώματα διατροφής, όπως

για παράδειγμα συμπληρώματα με ασβέστιο και άλλα θρεπτικά στοιχεία που συνδράμουν στην υγιή λειτουργία των οστών. (Shimizu, T., 2003). Τα FOSHU είναι τρόφιμα που (α) έχουν συγκεκριμένες επιδράσεις στην υγεία, που οφείλονται στην παρουσία συγκεκριμένων συστατικών στοιχείων, ή (β) τρόφιμα από τα οποία έχουν αφαιρεθεί τα αλλεργιογόνα συστατικά και, τέλος, (γ) τρόφιμα στα οποία η επίδραση μιας τέτοιας αφαίρεσης ή προσθήκης έχει αξιολογηθεί επιστημονικά και έχει δοθεί έγκριση να προβάλλουν ισχυρισμούς υγείας ως προς συγκεκριμένο ευεργετικό αποτέλεσμα που αναμένεται από την κατανάλωσή τους (Saito,2007). Τις επόμενες δεκαετίες, ο όρος «λειτουργικά τρόφιμα» επεκτάθηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες και αργότερα στην Ευρωπαϊκή Ένωση, χωρίς ωστόσο να υπάρχει ένας σαφής ορισμός για τη συγκεκριμένη κατηγορία τροφίμων.

### **1.2. Ορισμός: Τι είναι, τελικά, τα Λειτουργικά Τρόφιμα;**

Τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρείται ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον των καταναλωτών για στρόφη σε έναν πιο υγιεινό τρόπο διατροφής. Οι γρήγοροι ρυθμοί ζωής εμποδίζουν συχνά την κατανάλωση ισορροπημένων και θρεπτικών γευμάτων. Επομένως, είναι αναγκαίο να προστεθούν στο καθημερινό διαιτολόγιο, τρόφιμα που θα καλύπτουν τις ανεπάρκειες αυτές. Τέτοιου είδους τρόφιμα είναι τα λειτουργικά τρόφιμα που παρέχουν στον οργανισμό πληθώρα ευεργετικών επιδράσεων και θωρακίζουν το ανοσοποιητικό σύστημα. Αξίζει να σημειωθεί, δε, πως ασθένειες που σχετίζονται με την παχυσαρκία, τον διαβήτη, την οστεοπόρωση, τις διάφορες καρδιαγγειακές νόσους και τον καρκίνο, έχουν αυξηθεί δραματικά. Έτσι, το ενδιαφέρον των καταναλωτών και των βιομηχανιών για την ανάπτυξη των λειτουργικών τροφίμων έχει ενταθεί, με απώτερο στόχο τη μείωση εμφάνισης των ασθενειών και άρα τη βελτίωση της ποιότητας ζωής, συνυπολογίζοντας πάντα και το κόστος υγειονομικής περίθαλψης.

Αν και τα τελευταία χρόνια, η ανάπτυξη, η προώθηση και η αγορά των λειτουργικών τροφίμων παρουσιάζει ραγδαία αύξηση, η έλλειψη ενός κοινού ορισμού εντός και εκτός Ευρωπαϊκής Ένωσης συχνά αποπροσανατολίζει αποπροσανατολίζει τους καταναλωτές και τις εταιρείες παραγωγής τροφίμων ή διατροφοδραστικών σκευασμάτων και δημιουργεί προβλήματα. Ο όρος «λειτουργικά τρόφιμα» αναφέρεται γενικά σε προϊόντα που παρέχουν ένα συγκεκριμένο όφελος για την υγεία, πέρα από τη βασική διατροφή. Πολλοί συγγραφείς αναφέρουν πως για να οριστεί ένα τρόφιμο λειτουργικό πρέπει να έχει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, να έχει γίνει δηλαδή

αφαίρεση/αντικατάσταση ορισμένων συστατικών ή προσθήκη βιοδραστικών ενώσεων. Σε αυτά περιλαμβάνονται για παράδειγμα (α) τρόφιμα με χαμηλή περιεκτικότητα σε ανεπιθύμητα συστατικά, όπως "χαμηλά λιπαρά" ή "χαμηλά σάκχαρα", που παράγονται με τη μείωση του συνολικού ποσοστού των συστατικών αυτών ή με την αφαίρεση και αντικατάστασή τους με άλλες εναλλακτικές ουσίες, (β) εμπλουτισμένα τρόφιμα που περιλαμβάνουν προϊόντα στα οποία έχει προστεθεί μια βιοδραστική ένωση ή έχει αυξηθεί η παρουσία της, (γ) ενισχυμένα τρόφιμα στα οποία η περιεκτικότητα σε βιοδραστικές ενώσεις έχει βελτιωθεί μέσω γεωργικών, γενετικών ή εκτροφικών πρακτικών, όπως η προσθήκη σεληνίου στις πατάτες ή της βιταμίνης Α στο ρύζι και τέλος (δ) τρόφιμα στα οποία έχουν αντικατασταθεί/αφαιρεθεί συστατικά όπως η χρήση υδατάνθρακων χαμηλών θερμίδων (π.χ. ολιγοφρουκτόζη, μαλτοδεξτρίνη και πολυδεξτρώζη), (Alongi, M., et al 2021). Στον ακόλουθο Πίνακα 1. παρατίθενται διάφοροι ορισμοί που έχουν ανά καιρούς προταθεί για τα λειτουργικά τρόφιμα.

Πίνακας 1. Ορισμοί Λειτουργικών Τροφίμων

Πηγές	Ορισμοί Λειτουργικών Τροφίμων
<b>Functional Food Center (FFC)</b>	“Φυσικά ή επεξεργασμένα τρόφιμα που περιέχουν βιολογικά ενεργές ενώσεις. τα οποία, σε καθορισμένες, αποτελεσματικές μη τοξικές ποσότητες, παρέχουν ένα κλινικά αποδεδειγμένο και τεκμηριωμένο όφελος για την υγεία χρησιμοποιώντας συγκεκριμένους βιοδείκτες, για την πρόληψη, διαχείριση ή θεραπεία χρόνιας νόσου ή των συμπτωμάτων της.”
<b>Food and Drug Administration (FDA)</b>	“Ο όρος «Λειτουργικά Τρόφιμα» που χρησιμοποιείται ευρέως ως ιδιωματισμός marketing και δεν έχει νομική σημασία.”
<b>European Food Safety Authority (EFSA)</b>	“ Ένα τρόφιμο που επηρεάζει ευεργετικά μία ή περισσότερες λειτουργίες-στόχους στο σώμα, πέρα από επαρκείς διατροφικές επιδράσεις, με τρόπο που σχετίζεται είτε με βελτιωμένη κατάσταση υγείας και ευεξίας ή/και μείωση του

	κινδύνου ασθένειας. Ένα λειτουργικό τρόφιμο μπορεί να είναι ένα φυσικό τρόφιμο ή τρόφιμο στο οποίο ένα συστατικό έχει προστεθεί ή αφαιρεθεί με τεχνολογικά ή βιοτεχνολογικά μέσα και πρέπει να αποδεικνύει τα αποτελέσματά του σε ποσότητες που κανονικά αναμένεται να καταναλωθούν στη διατροφή.”
<b>International Life Sciences Institute (ILSI)</b>	“Τρόφιμα που λόγω της παρουσίας ενεργών συστατικών των τροφίμων παρέχουν οφέλη για την υγεία πέρα από τη βασική διατροφή.”
<b>Institute of Food Technologists (IFT)</b>	“Τρόφιμα και συστατικά τροφίμων που παρέχουν όφελος για την υγεία πέρα από τη βασική διατροφή. Τα λειτουργικά τρόφιμα παρέχουν βασικά θρεπτικά συστατικά πέρα από τις ποσότητες που είναι απαραίτητες για την κανονική συντήρηση, ανάπτυξη και ανάπτυξη ή/και παρέχουν άλλα βιολογικά ενεργά συστατικά που προσδίδουν οφέλη για την υγεία ή επιθυμητές φυσιολογικές επιδράσεις.”

Ο πιο πρόσφατος ορισμός για τα λειτουργικά τρόφιμα είναι αυτός που διατυπώθηκε από το Functional Food Center (FFC), το 2018, όπως αυτός παρουσιάζεται στον Πίνακα 1. Στην πραγματικότητα, παρόλο που δεν υπάρχει ένας καθολικός ορισμός για τα λειτουργικά τρόφιμα, όλες οι παραπάνω διατυπώσεις έχουν ως κοινό κριτήριο πως πρόκειται για τρόφιμα ωφέλιμα για την υγεία, καθώς εμπλουτίζουν τον οργανισμό με θρεπτικά συστατικά, συμβάλλουν στην ομαλή λειτουργία του και μειώνουν τον κίνδυνο εμφάνισης ασθενειών. Αξίζει να σημειωθεί, πως αφορά έναν όρο που ανήκει στη διατροφή και όχι στη φαρμακολογία, αφού τα τρόφιμα αυτά περισσότερο μειώνουν παρά προλαμβάνουν την εκδήλωση ασθενειών.

Τα λειτουργικά τρόφιμα που κυκλοφορούν στην αγορά κατηγοριοποιούνται σε τέσσερις κατηγορίες, τα βελτιωμένα εμπορεύματα, τα τροποποιημένα και μη τροποποιημένα προϊόντα, τα βελτιωμένα προϊόντα και ενισχυμένα προϊόντα. Αναλυτικότερα,

A) **Βελτιωμένα εμπορεύματα** είναι τα τρόφιμα που έχουν ενισχυθεί με μέταλλα ή συστατικά που δεν προϋπάρχουν συνήθως στο προϊόν, όπως για

παράδειγμα τα προβιοτικά στα γιαούρτια ή οι εστέρες φυτικών στερολών στην μαργαρίνη

Β) **Τροποποιημένα τρόφιμα** είναι τα προϊόντα στα οποία έχει γίνει προσθήκη, αφαίρεση ή αντικατάσταση κάποιου συστατικού με ένα άλλο, που έχει θετικά οφέλη για την υγεία, όπως για παράδειγμα στο κρέας οι φυτικές ίνες λειτουργούν ως αντικαταστάτες του λίπους και τα **μη τροποποιημένα** είναι προϊόντα που έχουν από τη φύση τους υψηλή ποσότητα μετάλλων και θρεπτικών συστατικών, όπως για παράδειγμα τα προϊόντα ψαριού με ω-3 λιπαρά οξέα

Γ) **Βελτιωμένα προϊόντα** είναι τρόφιμα στα οποία έχει γίνει βιολογική ενίσχυση ενός συστατικού, ή έχουν αποκτήσει νέα σύνθεση ή είναι γενετικά τροποποιημένα, όπως για παράδειγμα αυγά με μεγαλύτερη συγκέντρωση ω-3 λιπαρών οξέων ως αποτέλεσμα της αλλαγής της διατροφής των κοτόπουλων στη γραμμή παραγωγής

Δ) **Ενισχυμένα προϊόντα** είναι τρόφιμα που έχουν εμπλουτιστεί με επιπλέον θρεπτικά συστατικά, όπως για παράδειγμα χυμός φρούτων εμπλουτισμένος με βιταμίνη C. (Rana, A. ,2022)

### 1.3. Βιοενεργά Συστατικά Λειτουργικών Τροφίμων και Υγεία

Όπως έχει προαναφερθεί, τα λειτουργικά τρόφιμα προσφέρουν στον ανθρώπινο οργανισμό ευεργετικές επιδράσεις, που οφείλονται στα βιοενεργά συστατικά που περιέχουν. Παρακάτω, αναφέρονται ορισμένες χαρακτηριστικές κατηγορίες αυτών των συστατικών, οι ενώσεις που υπάγονται σε αυτές και τα πιθανά οφέλη για την υγεία.

#### 1.3.1. Καροτενοειδή

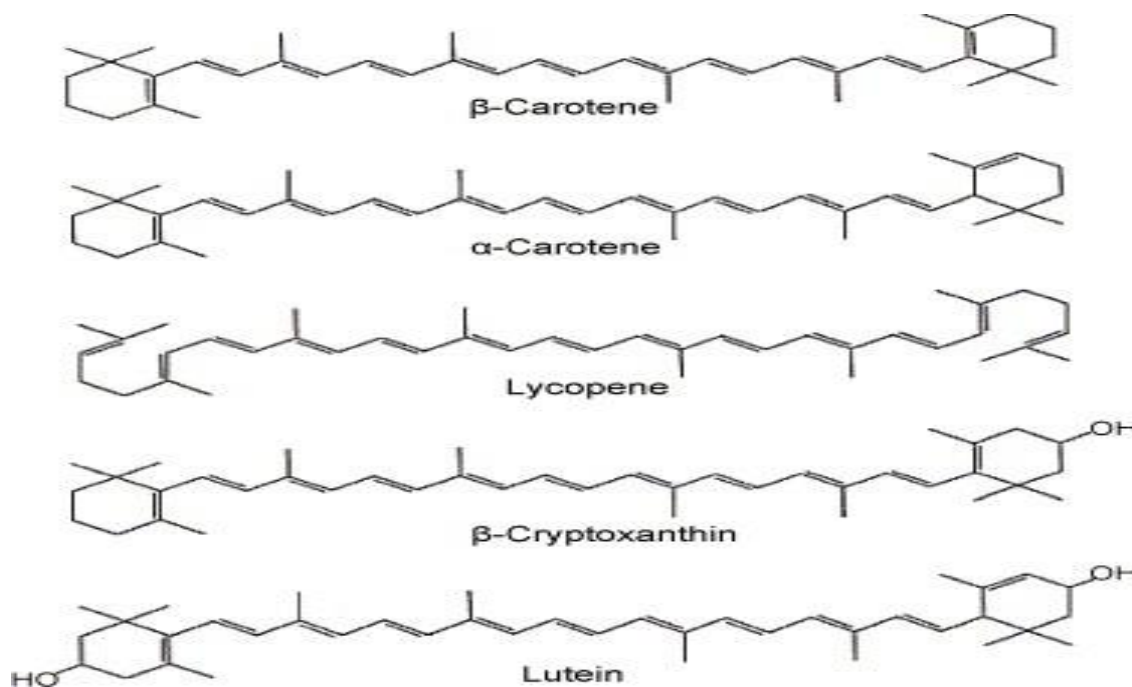
Τα καροτενοειδή είναι χρωστικές, λιποδιαλυτές ουσίες στις οποίες οφείλεται το χαρακτηριστικό χρώμα των φρούτων και των λαχανικών. Το χρωματικό φάσμα που καλύπτουν είναι από ανοιχτό κίτρινο έως σκούρο κόκκινο. Η ονομασία τους φαίνεται να προήλθε από τα καρότα, επειδή αποτελούν την κύρια χρωστική τους ουσία. Αποτελούν πρόδρομες ουσίες της βιταμίνης Α και συντίθενται από φυτά και μικροοργανισμούς. Αξίζει να σημειωθεί πως ο ανθρώπινος οργανισμός δεν μπορεί να συνθέσει τα καροτενοειδή, γι' αυτό είναι απαραίτητο να τα λαμβάνει από τις τροφές. Τα



καροτενοειδή ονομάζονται επίσης και τετρατερπένια. Είναι παράγωγα πολυακόρεστων υδρογονανθράκων, που διαθέτουν 8 μονάδες ισοπρενίου στο μόριο τους. Κατηγοριοποιούνται σε δύο ομάδες που σχετίζονται με τη χημική τους δομή:

1. Τα καροτένια, π.χ. β-καροτένιο, λυκοπένιο
2. Τις ξανθοφύλλες, π.χ. λουτεΐνη, ζεαξανθίνη

Η διαφορά είναι πως οι ξανθοφύλλες αποτελούν παράγωγα των καροτενίων υποκατεστημένα με οξυγόνο. Το β-καροτένιο υπάρχει σε τρόφιμα όπως τα καρότα, το πεπόνι, τα ροδάκινα, οι γλυκοπατάτες, το σπανάκι κλπ. Το λυκοπένιο είναι το βασικό συστατικό στις τομάτες, αλλά υπάρχει και σε άλλα τρόφιμα, το βερίκοκο, το ροζ γκρέιπφρουτ κλπ. Η λουτεΐνη και η ζεαξανθίνη υπάρχουν στα σύκα, στα σταφύλια, στα κεράσια, στα αχλάδια κλπ. Όλα τα καροτενοειδή διαθέτουν πολυίσοπρενοειδή δομή, η οποία περιλαμβάνει μια μακρά συζευγμένη αλυσίδα διπλού δεσμού, με σχεδόν αμφοτερόπλευρη συμμετρία γύρω από τον κεντρικό διπλό δεσμό. Αυτά είναι κοινά χημικά χαρακτηριστικά των καροτενοειδών. Τα διαφορετικά καροτενοειδή ουσιαστικά προέρχονται από τροποποιήσεις στη δομή της βάσης τους, με την κυκλοποίηση των ακριανών ομάδων και την εισαγωγή οξυγόνου. Αυτές οι τροποποιήσεις δίνουν στα καροτενοειδή τα χαρακτηριστικά χρώματα και τις αντιοξειδωτικές ιδιότητες τους. Οι δομές ορισμένων κοινών καροτενοειδών φαίνονται στην ακόλουθη εικόνα 1. (Rao, A. V., & Rao, L. G. 2007)



Εικόνα 1. Δομή ορισμένων κύριων διατροφικών καροτενοειδών/ Πηγή: Rao, A. V., & Rao, L. G. (2007). Carotenoids and human health. *Pharmacological research*, 55(3), 207-216.

Τα καροτενοειδή δρουν κυρίως ως αντιοξειδωτικά, εξουδετερώνοντας τις ελεύθερες ρίζες που προκαλούν βλάβες στα κύτταρα του οργανισμού. Προκειμένου να ενισχύσουν τη δραστηριότητά τους ως αντιοξειδωτικά, τα καροτενοειδή συνεργάζονται και με άλλα βιομόρια, όπως πρωτεΐνες και λιπίδια. (Caseiro, M., et al ,2020) Χαρακτηριστική είναι η συμβολή τους στην αντιμετώπιση καρδιαγγειακών παθήσεων και στην πρόληψη διαφόρων τύπων καρκίνου. Για παράδειγμα ορισμένα καροτενοειδή, όπως η ασταξανθίνη, η λουτεΐνη και η β κρυπτοξανθίνη, έχουν βρεθεί ότι συμβάλλουν περισσότερο στην πρόληψη καρδιαγγειακών παθήσεων μέσω της αντιμετώπισης της οξείδωσης της LDL -κακής- χοληστερόλης και της αύξησης της HDL – καλής- χοληστερόλης. Ακόμη, μέσα από ένα πείραμα εξετάστηκε ένα κλάσμα του D. salina, πλούσιο σε καροτενοειδή, το οποίο δοκιμάστηκε σε παχύσαρκους αρουραίους, αποδεικνύοντας ότι τα καροτενοειδή μπορούν να ανακουφίσουν την καρδιακή δυσλειτουργία σε αυτή την ομάδα. Έτσι, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως πρόσθετα τροφίμων για την αντιμετώπιση της καρδιακής δυσλειτουργίας που σχετίζεται με την παχυσαρκία. Το λυκοπένιο έχει προστατευτική δράση έναντι του καρκίνου του προστάτη, ενώ το β-καροτένιο έχει βρεθεί να έχει αντιαγγειογενετική δράση, η οποία σημαίνει ότι βοηθά στη διακοπή της διαδικασίας ανάπτυξης νέων αιμοφόρων αγγείων, γεγονός ιδιαίτερα σημαντικό σε καρκινικούς όγκους, καθώς η ανάπτυξη νέων αιμοφόρων αγγείων μπορεί να οδηγήσει στην επέκταση και τη διάδοση του καρκίνου (Bhatt et al 2020).

Από την άλλη, η βιταμίνη Α είναι ζωτικής σημασίας για την υγεία του ανθρώπινου ματιού, καθώς αποτελεί συστατικό της ροδοψίνης, η οποία επιτρέπει τη μετατροπή του φωτός σε ηλεκτρικά σήματα. Η έλλειψη βιταμίνης Α μπορεί να οδηγήσει σε νυχτερινή τύφλωση. Αυτό αποφεύγεται μέσω της κατανάλωσης καροτενοειδών σε κατάλληλη ποσότητα, που συμβάλλουν στην καλή όραση. Πιο συγκεκριμένα, η λουτεΐνη και η ζεαξανθίνη, δύο οξυγονωμένα καροτενοειδή που βρίσκονται στον αμφιβληστροειδή, συμβάλλουν στην ευκρινή και λεπτομερή όραση και λειτουργούν ως φίλτρα για το μπλε φως, προστατεύοντας τα μάτια από την ελεύθερη ρίζα του αμφιβληστροειδούς. Επιπλέον, μπορούν να βοηθήσουν στην πρόληψη καταρράκτη και στην ανακούφιση της γήρανσης της ωχράς κηλίδας. Ταυτόχρονα, η κατανάλωση υψηλών ποσοτήτων καροτενοειδών έχει αποδειχθεί πως μειώνει τη συχνότητα των καταγμάτων, αυξάνοντας την οστική πυκνότητα και βελτιώνοντας την κατάσταση των οστών σε όλες τις ηλικιακές ομάδες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η κατανάλωση

καροτενοειδών οδηγεί σε μείωση της υποκαρβοξυλιωμένης οστεοκαλσίνης, μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο οστεοπόρωσης. Ως εκ τούτου, η τακτική κατανάλωση τροφών πλούσιων σε καροτενοειδή μπορεί να βοηθήσει στην πρόληψη της οστεοπόρωσης σε ασθενείς (Bhatt, T., & Patel, K. ,2020).

### 1.3.2. Διαιτητικές Ίνες και Πρεβιοτικά

Οι διαιτητικές ίνες (DF) είναι τα βρώσιμα μέρη των φυτών, τα οποία μπορούν να υποστούν πλήρη ή μερική ζύμωση στο παχύ έντερο με άπεπτη και μη απορροφήσιμη στο ανθρώπινο λεπτό έντερο. Είναι το άθροισμα των υδατανθράκων και των ανάλογών τους, συμπεριλαμβανομένων των μη αφομοιώσιμων πολυσακχαριτών, των ολιγοσακχαριτών και των σχετικών φυτικών ουσιών (He, Y., et al 2022). Από τη φύση τους, οι διαιτητικές ίνες δεν πέπτονται από τα ανθρώπινα ένζυμα στο στομάχι ή στο λεπτό έντερο. Αντ' αυτού, μεταφέρονται στο παχύ έντερο, όπου μπορούν να λειτουργήσουν ως πηγή ενέργειας για τη μόνιμη μικροχλωρίδα, συνήθως μαζί με τυχόν μικρο- και μακροθρεπτικά συστατικά. Ο τρόπος με τον οποίο συμβαίνει αυτή η ζύμωση ποικίλει εξαιρετικά, κυμαίνεται δηλαδή από πολύ γρήγορο ρυθμό -με την πιθανότητα γαστρεντερικής δυσφορίας-, έως πολύ αργό ρυθμό -με την απέκκριση μεγάλου μέρους των ινών-, και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη φυσική δομή του πεπτικού συστήματος (Gidley, M. J. et al ,2019). Οι διαιτητικές ίνες κατηγοριοποιούνται σε:

**1. Διαλυτές διαιτητικές ίνες – SDF** : πρόκειται για ίνες που δεν απορροφώνται από τον ανθρώπινο οργανισμό, αλλά είναι διαλυτές στο νερό. Στις διαλυτές διαιτητικές ίνες περιλαμβάνονται, ενδεικτικά, η ινουλίνη, η β-γλυκάνη, η γαλακτομαννάνη και η πηκτίνη. Βρίσκονται σε τρόφιμα όπως τα μπιζέλια, τα φασόλια, τα μήλα και τα εσπεριδοειδή.

**2. Αδιάλυτες διαιτητικές ίνες – IDF** : πρόκειται για ίνες που ούτε απορροφώνται από τον ανθρώπινο οργανισμό, αλλά ούτε είναι διαλυτές στο νερό. Σ'αυτές περιλαμβάνονται η κυτταρίνη, η λιγνίνη καθώς και μερικές ημικυτταρίνες. Αυτές περιέχονται σε πίτουρα δημητριακών καθώς και σε φλούδες φρούτων και λαχανικών.

Παρόλο που οι διαιτητικές ίνες μπορεί να είναι είτε φυτικές είτε ζωικές είτε συνθετικές είτε μικροβιακές το ερευνητικό ενδιαφέρον για τα οφέλη τους στην ανθρώπινη υγεία, μέσω της διατροφής, έχει επικεντρωθεί σε ίνες φυτικής προέλευσης. Ως συστατικά λειτουργικών τροφίμων, βελτιώνουν την εντερική χλωρίδα,

δημιουργώντας ένα ευνοϊκό περιβάλλον για την ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό των προβιοτικών μικροοργανισμών, που προωθούν την ανάπτυξη φιλικών βακτηρίων στο πεπτικό σύστημα (Yang, Y. Y., et al, 2017). Τα προβιοτικά ουσιαστικά λειτουργούν ως τροφή για αυτά τα βακτήρια που βοηθούν στη διατήρηση της υγιούς μικροχλωρίδας του εντέρου, ενισχύοντας την ανάπτυξη. Κατά συνέπεια, επιτυγχάνεται η φυσιολογική λειτουργία του εντέρου, μειώνεται ο κίνδυνος εμφάνισης καρκίνου του εντέρου και το σώμα ανακουφίζεται από προβλήματα δυσκοιλιότητας. Οι διαιτητικές ίνες προσφέρουν έντονα την αίσθηση κορεσμού μέσω των γευμάτων και, γι' αυτό, χρησιμοποιούνται σε διατροφές με στόχο την απώλεια βάρους. Τέλος, έχει αποδειχθεί πως ρυθμίζουν τη συγκέντρωση γλυκόζης στο αίμα, μειώνοντας τα επίπεδα χοληστερόλης και κατ' επέκταση τον κίνδυνο για καρδιαγγειακές παθήσεις. Για παράδειγμα, η β-γλυκάνη έχει επίδραση στη μείωση των επιπέδων χοληστερόλης και γλυκαιμίας. Αυτό το αποτέλεσμα εξαρτάται από την ικανότητα να σχηματίζεται ένα παχύρρευστο στρώμα στην επιφάνεια του λεπτού εντέρου, επιβραδύνοντας τη γαστρική κένωση, την πέψη και την απορρόφηση μορίων όπως η γλυκόζη και η διατροφική χοληστερόλη στα χολικά οξέα. Επιπλέον, η μείωση των επιπέδων γλυκόζης στο αίμα σχετίζεται με τα λιπαρά οξέα βραχείας αλυσίδας που σχηματίζονται από τη μικροβιακή ζύμωση των υδατανθράκων των ινών (Baldassano et al ,2018).

Εκτός από τα οφέλη που σχετίζονται με τη μείωση του κινδύνου εμφάνισης χρόνιων ασθενειών, οι διαιτητικές ίνες μπορούν να επηρεάσουν τη σύνθεση και τη μεταβολική δραστηριότητα των εντερικών βακτηριακών κοινοτήτων, συμπεριλαμβανομένης της παραγωγής λιπαρών οξέων βραχείας αλυσίδας (Short-Chain Fatty Acids - SCFA). Ως εκ τούτου, ορισμένες ίνες μπορούν να ταξινομηθούν ως πρεβιοτικά. Οι πρεβιοτικές διαιτητικές ίνες λειτουργούν ως επιλεκτικό υπόστρωμα για τα ευεργετικά βακτήρια στο έντερο, όπως το *Bifidobacterium* και το *Lactobacillus*, τα οποία προσφέρουν οφέλη στην υγεία του ξενιστή (Rezende, et al ,2021). Ως πρεβιοτικό ορίζεται ένα μη βιώσιμο συστατικό τροφής που προσφέρει όφελος για την υγεία στον ξενιστή που σχετίζεται με τη διαμόρφωση της μικροχλωρίδας (FAO 2008). Αποτελούν μη εύπεπτους υδατάνθρακες, με κυριότερες τις ινουλίνες και τους φρουκτο-ολιγοσακχαρίτες (Fructooligosaccharides -FOS) και η βασική τους λειτουργία είναι η φυσιολογική λειτουργία και η ισορροπία της εντερικής μικροχλωρίδας, όπως αναφέρεται και στον ορισμό. Μειώνοντας το pH του εντέρου συμβάλλουν στην προστασία και την αντιμετώπιση προβλημάτων που σχετίζονται με αυτό, όπως το

σύνδρομο του ευερέθιστου εντέρου και τη νόσο Crohn. Έχει αποδειχθεί πως η κατανάλωση τροφίμων με πρεβιοτικά συστατικά βελτιώνει τη δυσανεξία στην λακτόζη πολλών ανθρώπων. Περιέχονται σε τρόφιμα όπως το μέλι, οι σπόροι οσπρίων, τα κρεμμύδια, το σκόρδο, και τα σπαράγγια, καθώς και σε πολλά συμπληρώματα διατροφής (de Paulo Farias, et al ,2019).

### 1.3.3.Προβιοτικά

Τα προβιοτικά είναι ζωντανοί μικροοργανισμοί που, όταν χορηγούνται σε επαρκείς ποσότητες, προσφέρουν όφελος για την υγεία στον ξενιστή (FAO/WHO 2002). Το όφελος για την υγεία των ξενιστών εστιάζει κυρίως στην ανάπτυξη του εντερικού τους μικροβιώματος. Η εντερική μικροβιακή κοινότητα του ανθρώπινου σώματος εκτελεί διάφορες λειτουργίες που βελτιώνουν την υγεία του ξενιστή. Οι οδηγίες από οργανισμούς, όπως ο Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (FAO) και η Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας (ΠΟΥ) υποδεικνύουν τη σημασία της διατήρησης των προβιοτικών μικροοργανισμών στο εντερικό σύστημα, προκειμένου να επιτευχθούν θετικά αποτελέσματα στην υγεία κατά την εισαγωγή τους στο περιβάλλον όπου δρουν. Αυτό ισχύει ανεξαρτήτως του τρόπου με τον οποίο παρέχονται. Για παράδειγμα, έχει προβλεφθεί ότι το ελάχιστο επίπεδο βιώσιμων προβιοτικών μικροοργανισμών πρέπει να είναι τουλάχιστον  $10^6$  CFU/g βιώσιμων κυττάρων κατά τη διάρκεια ζωής του προϊόντος (Τετρου, Α.,et al, ,2019). Η έννοια των προβιοτικών είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την παραγωγή ζυμωμένων προϊόντων, όπως είναι κυρίως τα γαλακτοκομικά, αλλά και διάφορα προϊόντα κρέατος, δημητριακών, κέικ κλπ.

Οι πιο διαδεδομένοι μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων για την παραγωγή τέτοιου είδους τροφών ανήκουν στα γένη *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus acidophilus*, (γνωστά ως LAB-βακτήρια του γαλακτικού οξέος) και *Bifidobacterium lactis*. Τα προβιοτικά συνδράμουν στη διαμόρφωση της μικροχλωρίδας του εντέρου. Καταπολεμούν τα βακτήρια του εντερικού σωλήνα μέσω αντιμικροβιακών αντιδράσεων, δρώντας ως ασπίδες κατά των φλεγμονών. Επιπλέον, παράγουν ορισμένα είδη τοξινών, με πιο διαδεδομένες τις βακτηριοσίνες, που λειτουργούν ως αντιβιοτικά και έχουν αντιικές και αντικαρκινικές ιδιότητες. Συμβάλλουν στην παραγωγή προϊόντων με βελτιωμένα ποιοτικά και οργανοληπτικά

χαρακτηριστικά, βελτιώνοντας την γεύση, την υφή και το άρωμα λόγω της παραγωγής διαφορετικών μεταβολιτών κατά τη ζύμωση. Τέλος, παρατείνουν και τη διάρκεια ζωής των τροφίμων αφού χρησιμοποιούνται συχνά και ως συντηρητικά (Guimarães, et al,2020).

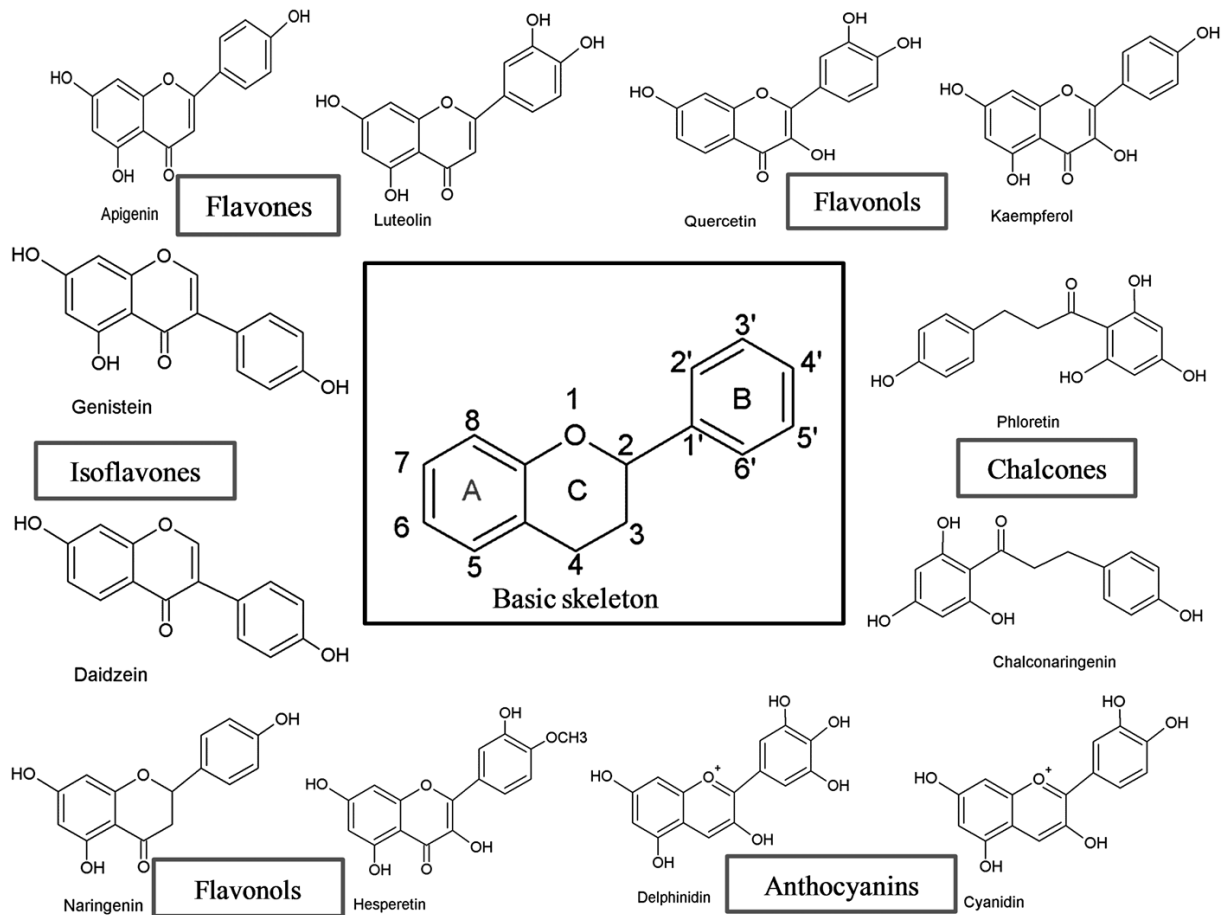
#### 1.3.4. Λιπαρά Οξέα

Τα λιπαρά οξέα (Fatty Acids - FAs) είναι οργανικά οξέα με τουλάχιστον μία ομάδα καρβοξυλίου ( $-C(=O)OH$ ,  $-COOH$  ή  $-CO_2H$ ) και μια μακρά ανθρακική αλυσίδα της οποίας οι σύνδεσμοι μπορεί να είναι διπλοί δεσμοί, όπως στα ακόρεστα λιπαρά οξέα, ή απλοί δεσμοί, όπως στα κορεσμένα λιπαρά οξέα. Στη φύση, τα λιπαρά οξέα εμφανίζονται με τη μορφή μιγμάτων κορεσμένων λιπαρών οξέων (Saturated Fatty Acids -SFA), μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (Monounsaturated Fatty Acids- MUFA) και πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (Polyunsaturated Fatty Acids -PUFA) (Chen, J., & Liu, H. ,2020). Πιο συγκεκριμένα,

- ❖ **Μονοακόρεστα λιπαρά οξέα– MUFAs**: Περιέχονται στο ελαιόλαδο, στο κραμβέλαιο, στα αμύγδαλα και στο αβοκάντο και η βασική τους λειτουργία στον ανθρώπινο οργανισμό είναι η μείωση των επιπέδων της χοληστερόλης.
- ❖ **Πολυακόρεστα λιπαρά οξέα – PUFAs, Ω-3 λιπαρά οξέα α-λινολενικού οξέος (Alpha-linolenic acid -ALA)**: Περιέχονται στα καρύδια, στο λιναρόσπορο, στη σόγια και στους σπόρους chia και μειώνουν την εμφάνιση παθήσεων νευρολογικών, της καρδιάς και του οφθαλμού.
- ❖ **Πολυακόρεστα λιπαρά οξέα – PUFAs, Ω-3 λιπαρά οξέα EPA/DHA**: Περιέχονται στα ιχθυέλαια, στον τόνο και στα αβγά, βοηθούν στην ανάπτυξη της καρδιάς, των οφθαλμών και του εγκεφάλου και ελαττώνουν την πρόκληση στεφανιαίας νόσου και νευροεκφυλιστικών διαταραχών.
- ❖ **Συζευγμένο Λινολεϊκό οξύ (Conjugated Linoleic Acid – CLA)**: Περιέχεται σε τυριά και προϊόντα κρέατος, έχει αντικαρκινικές ιδιότητες και συνεισφέρει στην απώλεια βάρους.

### 1.3.5. Φλαβονοειδή

Τα φλαβονοειδή είναι δευτερογενείς μεταβολίτες, που ανήκουν στις φαινολικές ενώσεις και ορισμένα από αυτά αποτελούν φυτικές χρωστικές ουσίες. Οι κύριες κατηγορίες φλαβονοειδών που χρησιμοποιούνται ως χρωστικές ουσίες είναι οι ανθοκυανίνες και οι χαλκόνες. Οι ανθοκυανίνες είναι φλαβονοειδή που βρίσκονται κυρίως στα ανθοβόλα των φυτών και δίνουν τα χρώματα τους από το μπλε έως το κόκκινο και χρησιμοποιούνται ευρέως ως φυσικά χρωστικά σε τρόφιμα και ποτά. Οι χαλκόνες είναι άλλη μια κατηγορία φλαβονοειδών που χρησιμοποιούνται ως χρωστικές ουσίες. Βρίσκονται σε διάφορα φυτά και παρέχουν κίτρινες έως κόκκινες αποχρώσεις. Και οι δύο αυτές κατηγορίες φλαβονοειδών χρησιμοποιούνται σε τρόφιμα, ποτά και καλλυντικά για τη βελτίωση του χρώματος και της αισθητικής τους. Όλα τα φλαβονοειδή έχουν τον ίδιο σκελετό C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>-C<sub>6</sub> με δύο αρωματικούς δακτυλίους που συνδέονται με έναν δακτύλιο πυρανίου (Maron, D. J. ,2004). Τα φλαβονοειδή μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε διάφορες υποομάδες ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσης του δακτυλίου B με τον δακτύλιο C και τον βαθμό ακορεστότητας και οξειδωσης του δακτυλίου C, όπως απεικονίζεται στην εικόνα 2. Τα φλαβονοειδή των οποίων ο δακτύλιος B είναι συνδεδεμένος στη θέση 3 του δακτυλίου C λέγονται ισοφλαβόνες. Εκείνα με το δακτύλιο B συνδεδεμένο στη θέση 4 ονομάζονται νεοφλαβονοειδή, ενώ αυτά με το δακτύλιο B στη θέση 2 μπορούν να χωριστούν σε πολλές υποομάδες βάσει των δομικών χαρακτηριστικών του δακτυλίου C. Αυτές οι υποομάδες περιλαμβάνουν τις φλαβόνες, τις φλαβονόλες, τις φλαβανόνες, τις φλαβονόλες, τις φλαβανόλες ή τις κατεχίνες, τις ανθοκυανίνες και τις χαλκόνες (Panche, et al, 2016). Η εικόνα 2 συνοψίζει τη βασική δομή του σκελετού των φλαβονοειδών και απεικονίζει ορισμένες ενδεικτικές συντακτικές δομές των γνωστότερων κατηγοριών των φλαβονοειδών.



Εικόνα 2. Βασική δομή του σκελετού των φλαβονοειδών και οι κατηγορίες τους / Πηγή: Panche, A. N., Diwan, A. D., & Chandra, S. R. (2016). Flavonoids: an overview. *Journal of nutritional science*, 5, e47.

Κάποιες ενδεικτικές κατηγορίες φλαβονοειδών είναι:

- ❖ **οι Ανθοκυανίνες και οι Ανθοκυανιδίνες**, που περιέχονται στα μούρα, στο κόκκινο λάχανο και στο κακάο
- ❖ **οι Προκυανιδίνες και οι Προανθοκυανιδίνες**, που περιέχονται στα φιστίκια, στα cranberries, στο κόκκινο κρασί, στο κακάο
- ❖ **οι Φλαβανόνες**, που περιέχονται στα εσπεριδοειδή φρούτα
- ❖ **οι Φλαβανόλες– Κατεχίνες, Επικατεχίνες, Επιγαλλοκατεχίνες**, που περιέχονται στο κόκκινο κρασί, στο τσάι, στο κακάο, στα σταφύλια, στη σοκολάτα.



Το ενδιαφέρον για τη συγκεκριμένη ομάδα βιοενεργών συστατικών επικεντρώνεται κατά κύριο λόγο στην αντιοξειδωτική τους δράση, δηλαδή, στην ικανότητα τους να δεσμεύουν τις ελεύθερες ρίζες είτε προφυλάσσοντας τα τρόφιμα από οξειδώσεις που έχουν δυσάρεστα οργανοληπτικά αποτελέσματα στα προϊόντα, είτε προστατεύοντας τα κύτταρα του οργανισμού. Τέλος, σημαντική είναι η συμβολή τους στην προστασία από νευροεκφυλιστικές παθήσεις, όπως η νόσος Alzheimer, καθώς και η πρόληψη καρδιαγγειακών παθήσεων (Ayaz, et al. ,2019).

### 1.3.6. Ισοθειοκυανικά άλατα

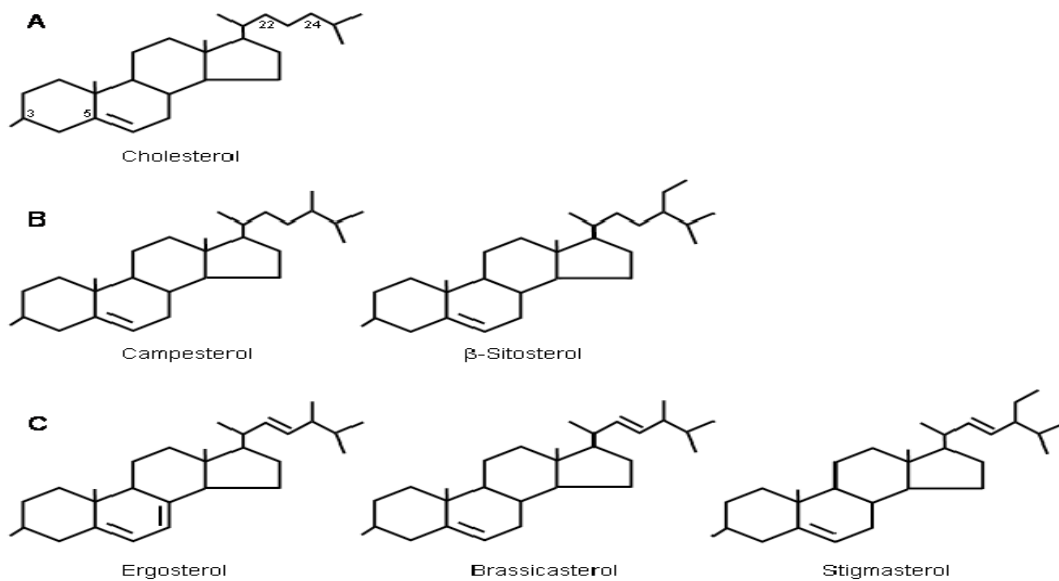
Τα ισοθειοκυανικά άλατα (Isothiocyanates- ITCs) είναι βιοενεργά προϊόντα που προκύπτουν από την ενζυματική υδρόλυση των γλυκοζινολικών ενώσεων (Glucosinolates - GLs), των πιο άφθονων δευτερογενών μεταβολιτών της βοτανικής τάξης Brassicales. Περιέχονται σε σταυρανθή λαχανικά, όπως το μπρόκολο, το λάχανο και το κουνουπίδι, είναι υπεύθυνα για την έντονη γεύση του φυτού και λειτουργούν ως άμυνα έναντι των εντόμων. Όσον αφορά στη δράση τους στον ανθρώπινο οργανισμό, είναι ισχυροί αντιμικροβιακοί παράγοντες έναντι βακτηρίων όπως η *Escherichia Coli* και έχουν ισχυρή αντιοξειδωτική δράση προστατεύοντας από διάφορους τύπους καρκίνου, κυρίως από τον καρκίνο του παχέος εντέρου και τον καρκίνο στο συκώτι (Romeo, et al, 2018).

### 1.3.7. Φυτοστερόλες

Οι φυτοστερόλες είναι λιποδιαλυτές ενώσεις που ανήκουν στην οικογένεια των τριτερπενίων, υπάρχουν στα περισσότερα φυτικά κύτταρα, όπου συμβάλλουν στη δομή και τη σταθερότητα των μεμβρανών τους. Η δομή τους μοιάζει πολύ με αυτή της χοληστερόλης, η οποία είναι μακράν η πιο άφθονη στερόλη στα ζωικά κύτταρα, όπου παίζει παρόμοιο δομικό ρόλο. Οι φυτοστερόλες διαφέρουν από τη χοληστερόλη στην πλευρική αλυσίδα που είναι συνδεδεμένη στη θέση C-17 τους και στο ότι είναι συστατικά φυτικής προέλευσης. Στην εικόνα 3 που παρατίθεται παρακάτω απεικονίζονται οι βασικότερες χημικές δομές ορισμένων φυτοστερολών, αλλά και της χοληστερόλης, ώστε να γίνει πιο κατανοητή η χημική τους δομή (Poli, et al,2021). Είναι λιπόφιλες ενώσεις και επομένως απορροφώνται από το ανθρώπινο έντερο, αλλά δεν

μπορούν να συντεθούν από τον άνθρωπο και για το λόγο αυτό λαμβάνονται μόνο μέσω των τροφίμων. Εντοπίζονται κυρίως στα φιστίκια, σε μεγάλη αναλογία στα φυτικά έλαια, και στα δημητριακά. Κύριος ρόλος των φυτοστερολών είναι η μείωση κινδύνου για υπερχοληστερολαιμία και, ειδικά, του καρδιαγγειακού κινδύνου από παθήσεις που σχετίζονται με την αύξηση την χοληστερόλης ορού LDL (Yang, et al,2018).

Η χημική ομοιότητα της χοληστερόλης με την φυτοστερόλη έχει ως αποτέλεσμα να δρουν ανταγωνιστικά ως προς την εντερική απορρόφηση. Πιο συγκεκριμένα, λόγω της λιποφιλικότητάς τους, οι φυτοστερόλες που λαμβάνονται μέσω τροφίμων, συμπληρωμάτων ή εμπλουτισμένων/λειτουργικών τροφών, απορροφώνται από το ανθρώπινο έντερο μετά την ενσωμάτωσή τους σε "μικτά μικκύλια". Αυτά τα μικτά μικκύλια προέρχονται από την επεξεργασία των διατροφικών λιπών από χολικά άλατα και επιτρέπουν την εισαγωγή των φυτοστερολών στα εντεροκύτταρα μέσω μιας καλά καθορισμένης πρωτεΐνης μεταφοράς μεμβράνης. Οι περισσότερες από τις απορροφημένες φυτοστερόλες επανεκκρίνονται αμέσως στο εντερικό αυλό. Παράλληλα, καθώς η χοληστερόλη -που προέρχεται από την κατανάλωση τροφής ή από τη χολή- απορροφάται από το έντερο μέσω της ίδιας οδού που χρησιμοποιούν οι φυτοστερόλες, οι φυτοστερόλες ανταγωνίζονται με αυτήν για ενσωμάτωση στα μικτά μικκύλια και επομένως για απορρόφηση στα εντεροκύτταρα. Ως αποτέλεσμα, η απορρόφηση της χοληστερόλης μειώνεται με την αυξημένη παρουσία φυτοστερολών στο έντερο. Τέλος, οι φυτοστερόλες μπορούν επίσης να περιορίσουν την απορρόφηση της χοληστερόλης συν-κρυσταλλώνοντας απευθείας με την ίδια τη χοληστερόλη στον εντερικό αυλό και διευκολύνοντας την αποβολή της μέσω της οδού των κοπράνων (Poli, et al (a) ,2021).



Εικόνα 3. Χημικές δομές της χοληστερόλης και των κύριων φυτοστερολών/ Πηγή: [https://www.researchgate.net/figure/Chemical-structures-of-cholesterol-and-the-main-phytosterols-adapted-from-Calpe-Berdiel\\_fig1\\_235996563](https://www.researchgate.net/figure/Chemical-structures-of-cholesterol-and-the-main-phytosterols-adapted-from-Calpe-Berdiel_fig1_235996563)

### 1.3.8. Φαινολικά Οξέα

Τα φαινολικά οξέα αποτελούν την πιο σημαντική κατηγορία βιοδραστικών χημικών ουσιών που ομαδοποιούνται κάτω από φαινολικές ενώσεις και υπάρχουν σε διάφορες φυτικές πηγές όπως φρούτα, λαχανικά, μπαχαρικά, δημητριακά και ποτά. Αυτά κατανέμονται σε διάφορα μέρη των φυτών και αποτελούν αρωματικούς δευτερογενείς μεταβολίτες που προσδίδουν χρώμα, γεύση, στυφότητα και σκληρότητα, συμβάλλοντας στα τυπικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων. Διάφορα φαινολικά οξέα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως λειτουργικά πρόσθετα τροφίμων, για τη διατήρηση του χρώματος, την καθυστέρηση της μικροβιακής ανάπτυξης και την αναστολή της οξειδωσης των λιπιδίων, παρατείνοντας τη διάρκεια ζωής των τροφίμων. Πρόσφατα, έχει αναφερθεί η χρήση τους για τη συντήρηση ελαιολάδων και προϊόντων αρτοποιίας (Rashmi, et al (2020)). Ο ανθρώπινος οργανισμός δεν έχει τη δυνατότητα να συνθέσει αυτές τις ουσίες και συνεπώς είναι απαραίτητο να λαμβάνονται μέσω της τροφής. Γενικά, το καφεϊκό και το φερουλικό οξύ είναι τα πιο άφθονα φαινολικά οξέα που βρίσκονται στα περισσότερα φρούτα και δημητριακά, αντίστοιχα, όπως στα μήλα, στο μάνγκο, στα μούρα, στα δαμάσκηνα, στα κεράσια, στα ακτινίδια, στα εσπεριδοειδή, στα κρεμμύδια, στο τσάι και στο καφέ. Τα φαινολικά οξέα, τα οποία απορροφώνται εύκολα μέσω των τοιχωμάτων του εντερικού σωλήνα, είναι ευεργετικά για την

ανθρώπινη υγεία λόγω των πιθανών αντιοξειδωτικών τους ιδιοτήτων, προλαμβάνοντας τη βλάβη των κυττάρων που προκαλείται από αντιδράσεις οξειδωσης με ελεύθερες ρίζες. Επιπλέον, στον ανθρώπινο οργανισμό έχουν αντιφλεγμονώδη δράση, και μειώνουν την πιθανότητα εμφάνισης ορισμένων τύπων καρκίνου. Τα φαινολικά οξέα δρουν επίσης νευροπροστατευτικά, ελαττώνοντας τον κίνδυνο για νόσο Alzheimer ή άλλες νευροεκφυλιστικές δυσλειτουργίες. Η ζήτηση για φαινολικά οξέα είναι υψηλή σε διάφορες βιομηχανίες, καθώς λειτουργούν ως πρόδρομες ουσίες άλλων σημαντικών βιοδραστικών μορίων που χρειάζονται σε τακτική βάση για τις βιομηχανίες φαρμακευτικών προϊόντων, καλλυντικών και τροφίμων (Kumar, N., & Goel, N. ,2019).

### 1.3.9. Μεταλλικά στοιχεία

Τα μεταλλικά στοιχεία αποτελούν μικροθρεπτικά συστατικά, απαντώνται σε μικρές ποσότητες στον οργανισμό και επιτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες του. Αυτές οι ανόργανες ουσίες διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Αρχικά, στα κύρια απαραίτητα πέντε μέταλλα, γνωστά και ως μακρομέταλλα, υπάγονται τα ακόλουθα στοιχεία:

- ❖ **το ασβέστιο (Ca)**, που βρίσκεται σε γάλα με χαμηλά λιπαρά, γαλακτοκομικά προϊόντα, σπανάκι, αποξηραμένα φρούτα και συμβάλλει στην φυσιολογική λειτουργία των οστών, (Shkembali, B., & Huppertz, T. ,2021)
- ❖ **το μαγνήσιο (Mg)**, που βρίσκεται στο σπανάκι, στο λάχανο, στο ψωμί ολικής αλέσεως ,στους ξηροί καρποί, στα φασόλια και ενισχύει το ανοσοποιητικό σύστημα του οργανισμού και τη φυσιολογική λειτουργία μυών και νεύρων, (Gharibzahedi, et al ,2017)
- ❖ **το κάλιο (K)**, που βρίσκεται στις πατάτες, στα επεξεργασμένα προϊόντα κόκκινου κρέατος, στο ψωμί, στα γαλακτοκομικά προϊόντα με χαμηλά λιπαρά, στις μπανάνες , βελτιώνει και αυτό την υγεία των οστών και μειώνει την αρτηριακή πίεση, (Gharibzahedi, et al,2017)
- ❖ **ο φωσφόρος (P)**, που βρίσκεται στα προϊόντα ψαριών και κρέατος, στα επεξεργασμένα τυριά και στις κρέμες, στα δημητριακά καθώς και στα προϊόντα ζαχαροπλαστικής, είναι βασικό συστατικό των οστών και των δοντιών, συμβάλλοντας στην ομαλή ανάπτυξη και διατήρησή τους και συμβάλλει στην ομαλή λειτουργία του νευρικού συστήματος, (Gutiérrez, et al ,2017)

❖ **το νάτριο (Na)**, που βρίσκεται στα τουρσιά, στις κονσέρβες λαχανικών , σε μικρές ποσότητες σε γάλατα και τυριά, στα ψωμιά, στους ψημένους και αλατισμένους ξηρούς καρπούς και απαιτείται για τη διατήρηση της ισορροπίας ηλεκτρολυτών και υγρών, της καρδιακής λειτουργίας, καθώς και καθορισμένων μεταβολικών διεργασιών, (Gharibzahedi, et al ,2017).

και στα δευτερεύοντα μεταλλικά στοιχεία, γνωστά και ως ιχνοστοιχεία με ορισμένα ενδεικτικά, όπως:

❖ **ο σίδηρος (Fe)**, περιέχεται στα φουντούκια, στα φιστίκια ,στα φασόλια , στο σπανάκι, στο συκώτι, στα μύδια, στα αβγά, στο κακάο και συμβάλλει στο σχηματισμό της αιμοσφαιρίνης, (Godswill,et al. ,2020)

❖ **το σελήνιο (Se)**, περιέχεται στο ψωμί, στα μανιτάρια, στο σκόρδο, στα σπαράγγια, στα ψάρια και ανακουφίζει από συμπτώματα άγχους και κατάθλιψης, (Kieliszek, M. ,2019)

❖ **το κοβάλτιο (Co)**, περιέχεται στη βρώμη, στα πράσινα φυλλώδη λαχανικά, στους ξηρούς καρπούς, στα μανιτάρια, στα σύκα, στο γάλα, στα στρείδια, στα ψάρια, στο συκώτι κρέατος και βοηθά στην αντιμετώπιση της κόπωσης και των προβλημάτων του πεπτικού και του νευρομυϊκού συστήματος, (Gharibzahedi, et al,2017)

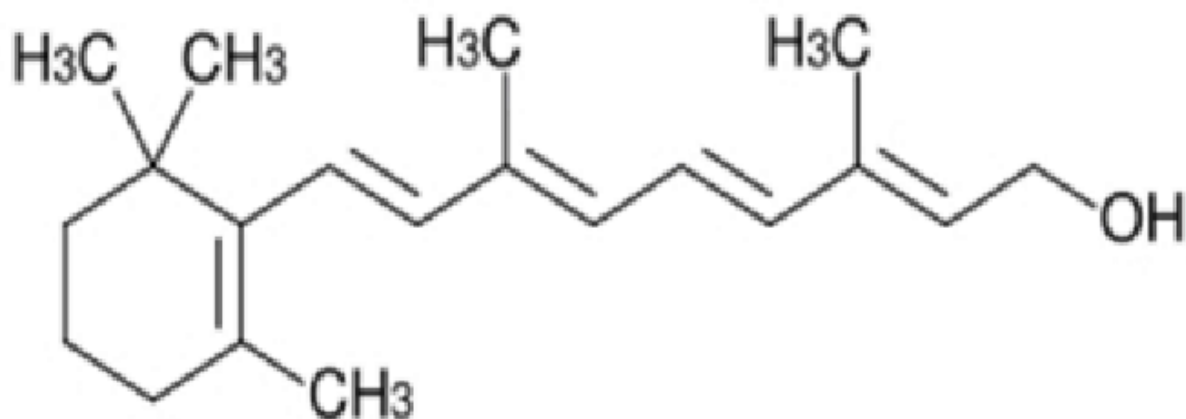
❖ **ο ψεδάργυρος (Zn)**, περιέχεται στα δημητριακά ολικής αλέσεως, στο φύτρο σιταριού, στο σπανάκι, στην κολοκύθα, στους ξηρούς καρπούς, στα στρείδια, στο βοδινό και αρνίσιο κρέας, στα ψάρια και στη σοκολάτα και απαιτείται για την παραγωγή πρωτεϊνών και γενετικού υλικού, (Gharibzahedi, et al ,2017).

Γενικά, τα μέταλλα και τα ιχνοστοιχεία, βοηθούν στην καλή λειτουργία των δοντιών και των οστών (ασβέστιο, φθόριο, κ.ά), ενισχύουν το ανοσοποιητικό σύστημα του οργανισμού και συντονίζουν τις φυσιολογικές και βιοχημικές λειτουργίες του ανθρώπινου σώματος.

### 1.3.10. Αντιοξειδωτικές βιταμίνες

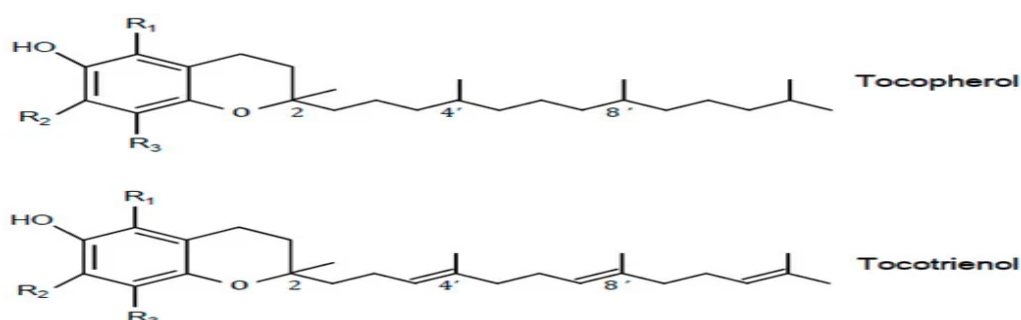
Στις αντιοξειδωτικές βιταμίνες περιλαμβάνονται οι βιταμίνες A, C και E. Είναι οργανικά μόρια τα οποία δεν συντίθενται στον οργανισμό και παρέχονται σ' αυτόν μόνο μέσω της κατανάλωσης τροφών που τα περιέχουν. Οι βιταμίνες A και E είναι λιποδιαλυτές, πράγμα που σημαίνει ότι διαλύονται στο λίπος, προτού απορροφηθούν από την κυκλοφορία του αίματος. Αντίθετα, η βιταμίνη C είναι υδατοδιαλυτή, δηλαδή διαλύεται στο νερό και δεν αποθηκεύεται μακροπρόθεσμα στο σώμα. Οι αντιοξειδωτικές βιταμίνες ελέγχουν το οξειδωτικό stress που προκαλεί βλάβες στα κύτταρα και ενισχύουν την φυσιολογική λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος. Αναλυτικότερα:

❖ **Βιταμίνη A:** Η βιταμίνη A (Vitamin A- VitA) είναι μια ομάδα ακόρεστων μονοϋδρικών αλκοολών που περιέχουν έναν αλεικυκλικό δακτύλιο. Στην ακόλουθη εικόνα 4 απεικονίζεται η χημική της δομή, ώστε να γίνει πιο κατανοητή. Ονομάζεται αλλιώς ρετινόλη και ανήκει στην οικογένεια των ρετινοειδών. Αποτελεί μικροθρεπτικό συστατικό που είναι απαραίτητο για βασικές λειτουργίες του οργανισμού, από την αρχή της ζωής μέχρι και σε μεγαλύτερες ηλικίες και είναι λιποδιαλυτή. Περιέχεται στο συκώτι ιχθυερών και θηλαστικών, στον κρόκο αβγών, και στα γαλακτοκομικά προϊόντα. Η βιταμίνη A είναι βασική για τον σχηματισμό κολλαγόνου στο δέρμα, την ανάπτυξη των επιθηλιακών ιστών, τη φυσιολογική λειτουργία των οφθαλμών και ως αντιοξειδωτική ουσία έναντι των ελεύθερων ριζών (Huang, et al,2018).



Εικόνα 4. Χημική Δομή της Βιταμίνης A/ Πηγή: [https://www.researchgate.net/figure/Chemical-Structure-of-vitamin-A-Retinol\\_fig1\\_350777158](https://www.researchgate.net/figure/Chemical-Structure-of-vitamin-A-Retinol_fig1_350777158)

❖ **Βιταμίνη E:** Η βιταμίνη E είναι ο ενιαίος όρος για τέσσερις τοκοφερόλες (α-, β-, γ- και δ-τοκοφερόλες) και τέσσερις τοκοτριενόλες (α-, β-, γ- και δ-τοκοτριενόλες) που βρίσκονται στα τρόφιμα. Οι τοκοφερόλες έχουν δακτύλιο χρωμανόλης και ουρά φυτυλίου, ενώ οι τοκοτριενόλες έχουν δακτύλιο χρωμανόλης και ακόρεστη ουρά. Από όλες τις μορφές, η α-τοκοφερόλη είναι αυτή που απορροφάται περισσότερο από τον ανθρώπινο οργανισμό. Οι φυσικές τοκοφερόλες έχουν μόνο στερεοχημεία RRR, ενώ οι συνθετικές τοκοφερόλες είναι μείγματα οκτώ στερεοϊσομερών που αποτελούνται από τις μορφές RRR-, RSR-, RRS-, RSS-, SRR-, SSR-, SRS-, SSS-, όπως απεικονίζεται και στην εικόνα 5 (Lee, et al, 2018).



R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	
CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	α-
CH <sub>3</sub>	H	CH <sub>3</sub>	β-
H	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	γ-
H	H	CH <sub>3</sub>	δ-

Εικόνα 5. Οι δομές της τοκοφερόλης και των τοκοτριενόλων/ Πηγή: Lee, G. Y., & Han, S. N. (2018). The role of vitamin E in immunity. *Nutrients*, 10(11), 1614.

Όπως και η βιταμίνη A, έτσι και η E είναι λιποδιαλυτή με ισχυρή αντιοξειδωτική δράση, δεσμεύοντας τις ελεύθερες ρίζες και αναστέλλοντας την οξείδωση των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων (PUFAs). Παράλληλα, συμμετέχει στην κυτταρική αναπνοή και στη βιοσύνθεση απαραίτητων για τον οργανισμό ενώσεων. Και ο συγκεκριμένος τύπος βιταμίνης δεν συντίθεται στον ανθρώπινο οργανισμό, επομένως πρέπει να λαμβάνεται μέσω της διατροφής. Τρόφιμα πλούσια σε βιταμίνη E είναι τα φυτικά έλαια και οι ξηροί καρποί.

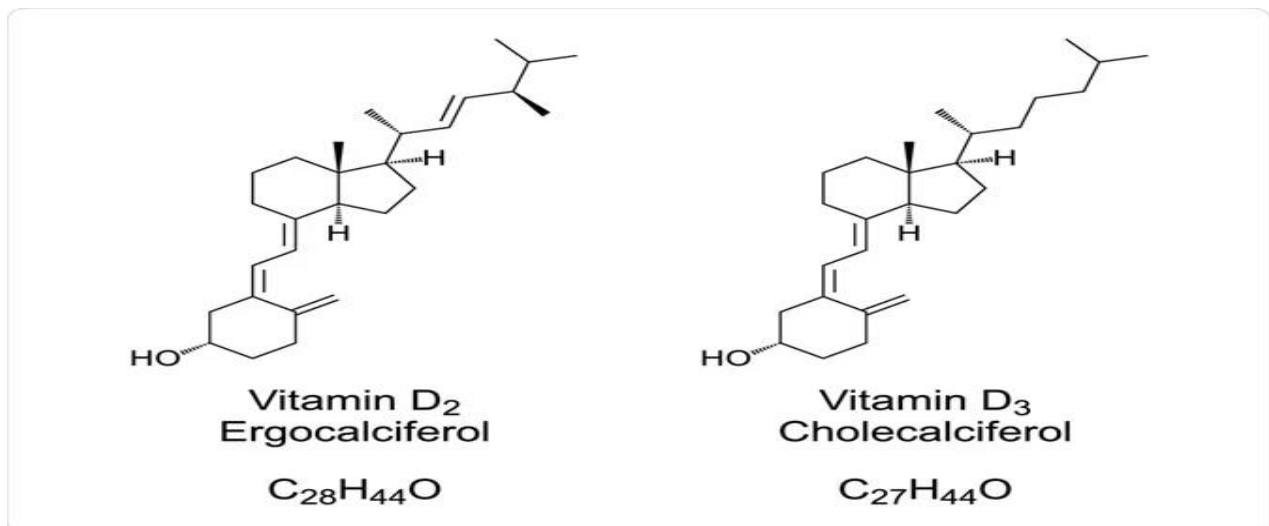
❖ **Βιταμίνη C:** Η βιταμίνη C ή αλλιώς το ασκορβικό οξύ περιέχεται στα εσπεριδοειδή, στα ακτινίδια, στις φράουλες, στο μπρόκολο καθώς και σε πολλά άλλα

τρόφιμα. Είναι ευρύτερα γνωστή για τις αντιοξειδωτικές της ικανότητες, επιτελεί όμως και άλλες σημαντικές λειτουργίες του οργανισμού, όπως τον σχηματισμό κολλαγόνου καθώς και την ενίσχυση της απορρόφησης του σιδήρου. Η έλλειψη της βιταμίνης C είναι στενά συνδεδεμένη με την εμφάνιση της ασθένειας «σκορβούτο». Το σκορβούτο χαρακτηρίζεται από αποδυνάμωση των κολλαγόνων δομών, με αποτέλεσμα την κακή επούλωση των πληγών και την εξασθενημένη ανοσία. Τα άτομα με σκορβούτο είναι πολύ ευαίσθητα σε δυνητικά θανατηφόρες λοιμώξεις, όπως η πνευμονία (Carr, et al., 2017).

### 1.3.11. Βιταμίνη D

Η βιταμίνη D ή καλσιφερόλη ανήκει σε μια μεγάλη ομάδα λιποδιαλυτών βιταμινών. Υπάρχουν δύο κύριες μορφές βιταμίνης D, η χοληκαλσιφερόλη (βιταμίνη D3) και η εργοκαλσιφερόλη (βιταμίνη D2), οι οποίες διαφέρουν στη δομή των πλευρικών αλυσίδων τους και παράγονται μέσω της μετατροπής πρόδρομων ενώσεων με τη χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας. Πιο συγκεκριμένα, η 7-δεϋδροχοληστερόλη που βρίσκεται στα σπονδυλωτά ζώα συντίθεται σε βιταμίνη D3, ενώ η εργοστερόλη που βρίσκεται σε μύκητες και ορισμένα ασπόνδυλα ζώα συντίθεται σε βιταμίνη D2. Κατά την κατάποση, τόσο η βιταμίνη D2 όσο και η βιταμίνη D3 μετατρέπονται στην ίδια βιολογικά ενεργή μορφή, η οποία είναι η 1,25-διυδροξυβιταμίνη D (1,25(OH)<sub>2</sub>D). Οι δύο χημικές δομές της βιταμίνης D2 και D3, φαίνονται στην εικόνα 6.





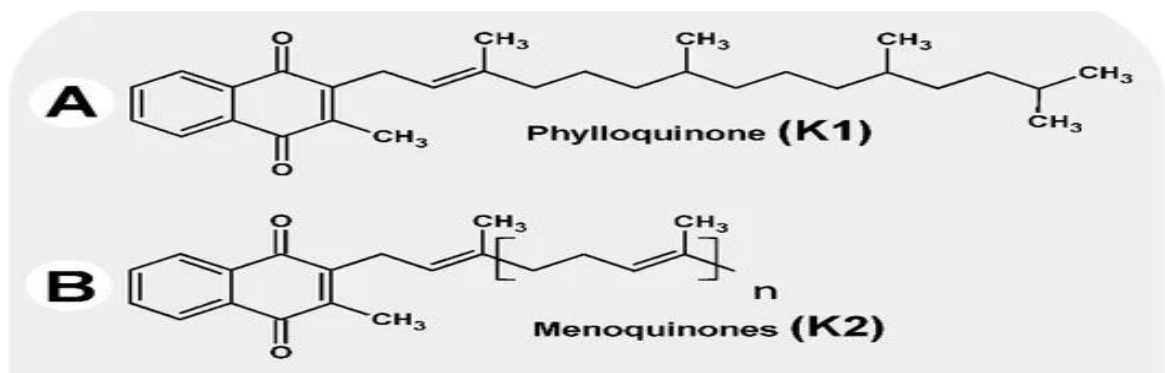
Εικόνα 6. Χημική δομή των βιταμινών D<sub>2</sub> και D<sub>3</sub>/ Πηγή: <https://www.news-medical.net/health/Vitamin-D-Biochemistry.aspx>

Η βιταμίνη D διαδραματίζει θεμελιώδη ρόλο στη διατήρηση της σκελετικής ισορροπίας ασβεστίου και φωσφορικών στον οργανισμό, αυξομειώνοντας την απορρόφηση των στοιχείων από το έντερο. Αυτό αποτρέπει τη ραχίτιδα στα παιδιά και επίσης μειώνει τον κίνδυνο οστεοπόρωσης και καταγμάτων στους ενήλικες. Επιπλέον, η βιταμίνη D έχει συσχετιστεί με την προστασία από κοινούς καρκίνους, αυτοάνοσες νόσους, υπέρταση και μολυσματικές ασθένειες. Ένα μέρος της βιταμίνης D σχηματίζεται στο ανθρώπινο σώμα μέσω της έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία. Το υπόλοιπο προέρχεται από τρόφιμα όπως οι σολωμοί, οι ρέγγες, ο ξιφίας, τα αυγά, και από εμπλουτισμένα λειτουργικά τρόφιμα όπως γαλακτοκομικά προϊόντα και ψωμί (Lavelli, et al ,2021).

### 1.3.12. Βιταμίνη K

Η βιταμίνη K ανήκει σε μια ομάδα λιποδιαλυτών βιταμινών, που είναι περισσότερο γνωστές για τον ρόλο τους στην πήξη του αίματος. Εκτός από αυτό, η βιταμίνη K έχει εμπλακεί σε άλλες βιολογικές διεργασίες, όπως η ρύθμιση του ασβεστίου στο αίμα, η βιοσύνθεση αιμοθρομβωτικών παραγόντων και ο μεταβολισμός των οστών. Η βιταμίνη K περιλαμβάνει μια ομάδα λιπόφιλων παραγώγων της 2-μέθυλο-1,4-ναφθοκινόνης από τα οποία προκύπτουν οι δύο κύριες μορφές της, οι οποίες συνοψίζονται στην εικόνα 7 (Palmer, et al ,2021). Πιο συγκεκριμένα προκύπτουν,

- a) η φυλλοκινόνη K<sub>1</sub>, μια 2-μεθυλ-3-φυτυλ-1,4-ναφθοκινόνη, που είναι πιο πλούσια στα πράσινα φυλλώδη λαχανικά και τα έλαια τους, αλλά υπάρχει επίσης σε μικρότερες συγκεντρώσεις και σε άλλες τροφικές πηγές όπως τα φρούτα, το κρέας και τα γαλακτοκομικά προϊόντα, το μπρόκολο και τα δημητριακά, και
- b) η μενακινόνη K<sub>2</sub> μια ομάδα ενώσεων με μια ακόρεστη πλευρική αλυσίδα στη θέση 3 διαφορετικού αριθμού μονάδων ισοπρενίου, που είναι κυρίως βακτηριακής προέλευσης, και βρίσκεται σε μικρές ποσότητες σε διάφορα γαλακτοκομικά προϊόντα και προϊόντα που έχουν υποστεί ζύμωση (Kazmierczak-Barańska, et al ,2022).



Εικόνα 7. Βιταμίνες K1 και K2/ Πηγή:Kazmierczak-Barańska, J., & Karwowski, B. T. (2022). Vitamin K Contribution to DNA Damage—Advantage or Disadvantage? A Human Health Response. *Nutrients*, 14(20), 4219.

### 1.3.13. Οι βιταμίνες του συμπλέγματος B

Οι βιταμίνες του συμπλέγματος B είναι η μεγαλύτερη ομάδα βιταμινών και περιλαμβάνονται σ' αυτό οκτώ υδατοδιαλυτές βιταμίνες. Παρακάτω αναλύονται οι πέντε από αυτές. Αναλυτικότερα,

- ❖ **Βιταμίνη B<sub>1</sub> ή Θειαμίνη:** Περιέχεται στη βρώμη, στο σιτάρι, στο ρύζι, στο μπρόκολο, στο χοιρινό κρέας, στο συκώτι, στα αυγά, στα καρύδια και συμβάλλει στην φυσιολογική λειτουργία του νευρικού συστήματος και της καρδιάς.
- ❖ **Βιταμίνη B<sub>2</sub> ή Ριβοφλαβίνη:** Περιέχεται στη βρώμη, στο κριθάρι, στα καρύδια, στα γαλακτοκομικά προϊόντα, στο χοιρινό και βοδινό συκώτι και ρυθμίζει τον ανθρώπινο μεταβολισμό.
- ❖ **Βιταμίνη B<sub>3</sub> ή Νιασίνη:** Περιέχεται στα δημητριακά ολικής άλεσης, στα γάλα, στα γαλακτοκομικά προϊόντα, στα φιστίκια, στα ψάρια και στο χοιρινό και βοδινό

κρέας. Η νιασίνη συμβάλλει στη διατήρηση υγιούς επιδερμίδας και μειώνει τον κίνδυνο εμφάνισης δερματικών προβλημάτων όπως η ράγιση των επιδερμικών ιστών και η φλεγμονώδης ακμή.

❖ **Βιταμίνη B5 ή Παντοθενικό οξύ:** Περιέχεται στο κρέας, στα σεντόσθια (συκώτι και νεφρά), στα αυγά, στο γάλα, στους ξηρούς καρπούς, στα δημητριακά ολικής αλέσεως, στα όσπρια, στα σταυρανθή λαχανικά, στις πατάτες και στο ψωμί και συμβάλλει στην ομαλή ρύθμιση του μεταβολισμού, (Hrubša, et al. ,2022).

❖ **Βιταμίνη B6 ή Πυριδοξίνη ή Πυριδοξάλη:** Περιέχεται στις μπανάνες, στα ροδάκινα, στα φασόλια, στα δημητριακά ολικής άλεσης, στο χοιρινό κρέας, στα ψάρια. Βασικός της ρόλος είναι η καλή λειτουργία του νευρικού συστήματος, αλλά και η προάσπιση του οργανισμού από καρδιαγγειακές παθήσεις, (Stach, et al ,2021).

❖ **Βιταμίνη B7 ή Βιοτίνη:** Περιέχεται στο κοτόπουλο και σε άλλα πουλερικά στα αυγά στο σολωμό, στα καρότα, στο ρύζι, στους ξηρούς καρπούς και λειτουργεί ως αυξητικός παράγοντας σε κυτταρικό επίπεδο και επηρεάζει την έκφραση των γονιδίων μέσω μιας ποικιλίας κυτταρικών σηματοδοτικών οδών, (Fan, et al ,2018)

❖ **Βιταμίνη B9 ή Φολικό Οξύ ή Φυλλικό Οξύ:** Περιέχεται στο σπανάκι, στο μαρούλι, στο μπρόκολο, στα μανιτάρια, στα καρύδια, στα φασόλια, στον αρακά, στο συκώτι. Ο συγκεκριμένος τύπος βιταμίνης είναι μείζονος σημασίας κατά την γόνιμη ηλικία για τις γυναίκες, και δη την περίοδο της εγκυμοσύνης, καθώς προστατεύει το έμβρυο από την εμφάνιση πιθανών γενετικών ανωμαλιών. Ταυτόχρονα, από πολλούς υποστηρίζεται ότι συμβάλλει στην πρόληψη του καρκίνου του παχέος εντέρου, ενώ παρέχει και προστασία στο νευρικό σύστημα και κυρίως στα εγκεφαλικά κύτταρα (Winiarski, et al ,2020).

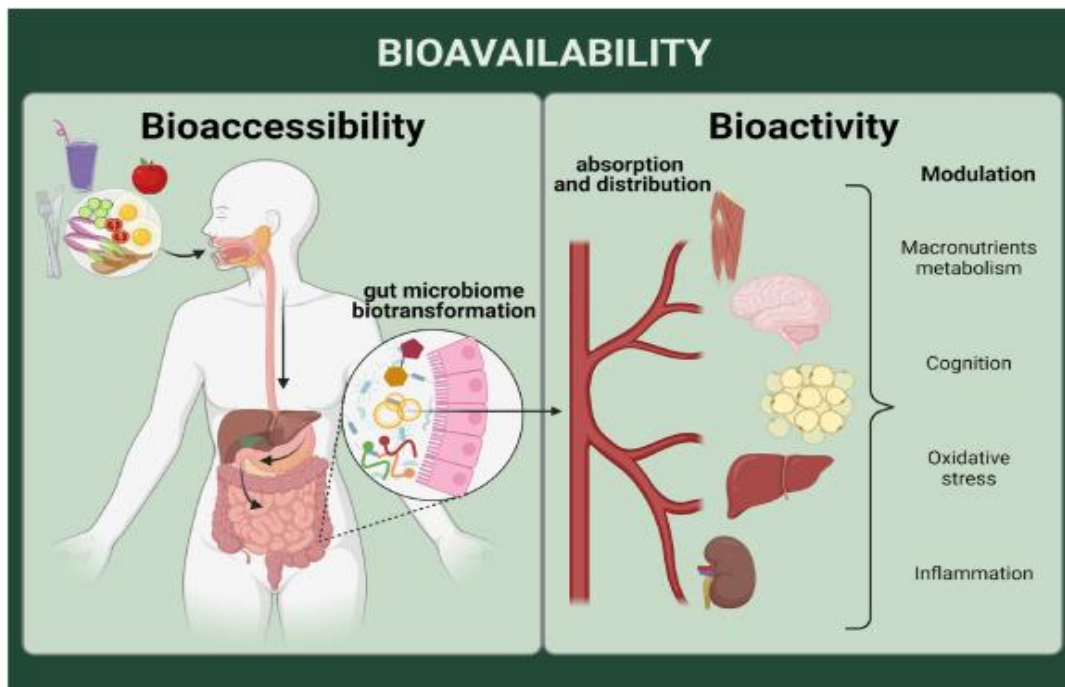
❖ **Βιταμίνη B12 ή Κοβαλαμίνη:** Περιέχεται στα αβγά, στο κοτόπουλο, στο μοσχάρι, στο συκώτι, στα γαλακτοκομικά προϊόντα και σε εμπλουτισμένα δημητριακά. Συμμετέχει στο σχηματισμό του γενετικού υλικού -DNA ,RNA- των κυττάρων και η απουσία της είναι στενά συνδεδεμένη με την εμφάνιση μακροκυτταρικής αναιμίας (Butola, et al ,2020).

### 1.3.14. Πρωτεΐνες και βιοδραστικά πεπτίδια

Οι μελέτες έχουν δείξει ότι τα πεπτίδια που προέρχονται από ενζυμικά υδρολυμένες πρωτεΐνες ορού γάλακτος διαθέτουν διάφορες φυσιολογικές λειτουργίες. Ανάμεσά τους περιλαμβάνονται αντιοξειδωτικές, αντιμικροβιακές, αντιυπερτασικές, αντικαρκινικές, οπιοειδείς και ανοσοτροποποιητικές λειτουργίες, κάνοντάς τα πολύτιμα για χρήση στη λειτουργική παραγωγή τροφίμων. Η βιολογική δραστηριότητα μιας πεπτιδικής αλληλουχίας μπορεί να παρουσιάζει επίσης διπλές ή πολλαπλές λειτουργίες. Αυτό είναι εμφανές σε πεπτίδια όπως το πολυλειτουργικό πεπτίδιο λακτοφερρικίνη και άλλα που προέρχονται από διάφορα τρόφιμα. Τα βιοενεργά πεπτίδια έχουν συνήθως μήκος 2–20 AA. Για παράδειγμα, τα πεπτίδια που αναστέλλουν το ACE- Angiotensin-Converting Enzyme, ένα ένζυμο που συμβάλλει στη μετατροπή της αγγιοτενσίνης I σε αγγιοτενσίνη II, μια διαδικασία που σχετίζεται με τον έλεγχο της αρτηριακής πίεσης, έχουν μικρό μήκος, κυμαίνονται μεταξύ 2 και 12 αμινοξέων (AA). Αυτός ο μικρός μέγεθος επιτρέπει στα πεπτίδια να είναι αποτελεσματικά στην αναστολή της δράσης του ενζύμου, καθώς εισέρχονται εύκολα στο ενζυμικό κέντρο και εκτελούν τη λειτουργία τους. Ορισμένα πεπτίδια που προέρχονται από τις πρωτεΐνες ορού γάλακτος α-LA και β-LG έχουν τη δυνατότητα να αναστέλλουν τη δράση του ACE και ενδέχεται να έχουν αντιυπερτασικές ιδιότητες. Αυτά τα πεπτίδια είναι γνωστά ως λακτοκινίνες. Ένα άλλο παράδειγμα αποτελούν τα πεπτίδια που έχουν δραστηριότητα οπιοειδών και συχνά παρουσιάζουν ομοιότητα με τους υποδοχείς οπιοειδών λόγω της συγγένειας στη δομή. Αυτή η ομοιότητα οφείλεται σε συγκεκριμένα αμινοξέα στη σειρά τους, που δημιουργούν ένα δομικό μοτίβο που ταιριάζει στη θέση δέσμευσης των υποδοχέων οπιοειδών. Για παράδειγμα, η παρουσία του αρωματικού αμινοξέος τυροσίνης (Tyr) στο N-άκρο και ενός φαινυλαλανίνης (Phe) στην τρίτη ή τέταρτη θέση στην ακολουθία των αμινοξέων οδηγεί σε αυτό το δομικό μοτίβο. Γνωστές αλληλουχίες που παρουσιάζουν αυτό το μοτίβο και μοιάζουν με οπιοειδή παράγονται από πρωτεΐνες ορού γάλακτος βοοειδών, όπως οι α- και β-λακτορφίνες. (Dullius, et al 2018)

## 2. Διαδικασία Παραγωγής Λειτουργικών Τροφίμων

### 2.1. Βιοδραστικά συστατικά λειτουργικών τροφίμων και βιοδιαθεσιμότητα



Εικόνα 8. Βιοδιαθεσιμότητα, βιοπροσβασιμότητα και βιοδραστικότητα στο γαστρεντερικό σύστημα/ Πηγή: Trust your gut: Bioavailability and bioaccessibility of dietary compounds. *Current Research in Food Science*, 5, 228-233.

Η τροφή περιέχει πολλά συστατικά, όπως θρεπτικά συστατικά και βιοδραστικές ενώσεις, τα οποία μπορούν να απορροφηθούν κατά τη διάρκεια της πέψης. Για να επωφεληθεί η υγεία από μια συγκεκριμένη ένωση ενδιαφέροντος, είτε είναι υδροφίλη είτε λιποφίλη, πρέπει να περάσει από διάφορα στάδια επεξεργασίας τροφίμων. Αρχικά, πρέπει να απελευθερωθεί από το τροφικό πλέγμα μετά την κατανάλωση και να είναι διαθέσιμη για απορρόφηση στο γαστρεντερικό σύστημα. Στη συνέχεια, πρέπει να υποστεί μεταβολισμό και να φτάσει στον ιστό όπου ασκεί τη δράση της. Με άλλα λόγια, η συγκεκριμένη βιοδραστική ένωση πρέπει να είναι βιοδιαθέσιμη προκειμένου να έχει επίδραση στον ανθρώπινο οργανισμό, αφού μόνο ένα μέρος των συστατικών που προσλαμβάνει ο άνθρωπος μέσα από τη διατροφή του χρησιμοποιούνται από τον οργανισμό, τελικά. Η βιοδιαθεσιμότητα (bioavailability) αποτελεί ένα σημαντικό στάδιο για την κατανόηση των λειτουργικών τροφίμων και των ισχυρισμών υγείας που συνδέονται με τα συστατικά τους, καθώς οδηγεί στην κατανόηση των μηχανισμών

δράσης και των οφελών τους. Η έννοια της βιοδιαθεσιμότητας έχει διαφορετικές ερμηνείες, ανάλογα με το επιστημονικό επίπεδο που εξετάζεται κάθε φορά. Από την πλευρά της φαρμακολογίας, για παράδειγμα, η βιοδιαθεσιμότητα ορίζεται ως «ο ρυθμός και ο βαθμός στον οποίο η βιοδραστική ένωση ή ένα φάρμακο απορροφάται και καθίσταται διαθέσιμο στη θέση δράσης» (Rein, M. J. et al 2013). Για τα τρόφιμα, ως βιοδιαθεσιμότητα ορίζεται «ως το κλάσμα της προσληφθείσας ποσότητας ενός συστατικού κάποιου τροφίμου, το οποίο αφού εισέλθει στη συστηματική κυκλοφορία μπορεί να φτάσει στους ιστούς-στόχους και να επιτελέσει τη βιολογική του δράση» (Abourashed, 2013).

Για να είναι διαθέσιμα για απορρόφηση από τον οργανισμό, αυτά τα θρεπτικά συστατικά που περιέχουν τα τρόφιμα πρέπει να απελευθερωθούν από την μήτρα των τροφίμων. Η διαδικασία απελευθέρωσης συστατικών ή κλασμάτων τους για να είναι διαθέσιμα για απορρόφηση κατά την πέψη στο γαστρεντερικό σύστημα αποκαλείται βιοπροσβασιμότητα (bioaccessability). Η βιοπροσβασιμότητα αποτελεί το πρώτο βήμα για την κατάσταση ενός συστατικού ως βιοδιαθέσιμο (Grgić, J., et al 2020) Όπως έχει ήδη αναφερθεί, τα θετικά αποτελέσματα που παρέχουν τα λειτουργικά τρόφιμα εξαρτώνται από το ποσοστό των βιοδραστικών ενώσεων που φθάνει στην κυκλοφορία του αίματος για να διανεμηθεί σε όλο το σώμα και να εκφράσει την βιολογική του δραστηριότητα, δηλαδή, τη βιοδραστηριότητα (bioactivity), η οποία εξαρτάται από τη βιοπροσβασιμότητα, την απορρόφηση, την κατανομή, τον μεταβολισμό και την απέκκριση των ουσιών που είναι περιττές για τη λειτουργία του οργανισμού, συνήθως μέσω ούρων ή κοπράνων. Συνεπώς είναι βασικό να κατανοηθεί πως τα ευεργετικά αποτελέσματα των λειτουργικών τροφίμων στον ανθρώπινο οργανισμό εξαρτώνται από το κλάσμα των βιοδραστικών ενώσεων που γίνεται απορροφήσιμο. Το κλάσμα των βιοενεργών συστατικών που γίνεται απορροφήσιμο αναφέρεται στο ποσοστό των θρεπτικών συστατικών ή των ενεργών ενώσεων που πραγματικά απορροφώνται από τον οργανισμό μέσω του γαστρεντερικού συστήματος και μεταφέρονται στο αίμα για να εκπληρώσουν τις λειτουργίες του σώματος. Αυτά τα συστατικά περνούν από το στάδιο της πέψης και απορρόφησης στο πεπτικό σύστημα και στη συνέχεια μεταφέρονται στην κυκλοφορία του αίματος. Η διαδικασία απορρόφησης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η μορφή του συστατικού, η παρουσία άλλων τροφίμων και η γενική υγεία του πεπτικού συστήματος. Το κλάσμα αυτό που απορροφάται είναι το κρίσιμο μέρος που συμβάλλει στη βιοδιαθεσιμότητα και, συνεπώς, στην επίτευξη των

επιθυμητών θεραπευτικών ή θρεπτικών επιπέδων στον ανθρώπινο οργανισμό (Wu, P., & Chen, X. D. (2021).

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα για να γίνει πιο κατανοητή η έννοια της βιοδιαθεσιμότητας είναι ο τρόπος που επιδρούν οι διαιτητικές ίνες στη βιοδιαθεσιμότητα των φαινολικών ενώσεων. Η διαθεσιμότητα των πολυφαινόλων στο γαστρεντερικό σύστημα, καθώς και ο μεταβολισμός τους από τα μικρόβια, μπορεί να επηρεαστεί από την παρουσία ινών. Μια πρόσφατη έρευνα έδειξε ότι η ύπαρξη ινών υψηλής ζύμωσης μπορεί να αναστείλει την παραγωγή φαινολικών οξέων από τη ρουτίνη από τα βακτήρια του ανθρώπινου εντέρου. Οι πολυφαινόλες αλληλεπιδρούν με όλους τους τύπους ινών και ο τρόπος αλληλεπίδρασης εξαρτάται από τη χημική δομή της ίνας και τις συνθήκες περιβάλλοντος. Αυτές οι αλληλεπιδράσεις μπορεί να είναι διάφορες, όπως υδροφοβικές, δεσμοί υδρογόνου, van der Waals, μη πολικές, μη ιοντικές ή ασθενείς ηλεκτροστατικές αλληλεπιδράσεις. Ως αποτέλεσμα αυτών των αλληλεπιδράσεων, ορισμένες πολυφαινόλες είναι λιγότερο διαθέσιμες στο λεπτό έντερο και περισσότερο στο παχύ έντερο. Έτσι γίνεται κατανοητό πως, οι ίνες παίζουν σημαντικό ρόλο στη διαθεσιμότητα των πολυφαινόλων στο παχύ έντερο και οι ίνες που δεσμεύουν τις πολυφαινόλες μπορούν να έχουν οφέλη για την υγεία (Vamanu et al 2020).

## **2.2. Βιοδραστικά συστατικά τροφίμων και ενσωμάτωσή τους σε νέα προϊόντα τροφίμων – Η έννοια της μικροενθυλάκωσης**

Η παραγωγή ενός λειτουργικού τροφίμου απαιτεί συχνά την προσθήκη βιοενεργών συστατικών που δεν προϋπάρχουν σε αυτό, αλλά προέρχονται από κάποιο άλλο φυσικό, συνήθως φυτικό, υπόστρωμα ή συστατικό. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή τέτοιου είδους προϊόντων θα πρέπει να εξασφαλίζουν την ενσωμάτωση των θρεπτικών συστατικών με τρόπο ώστε να γίνονται βιοδιαθέσιμα στον οργανισμό. Ακόμη, διάφορες διαδικασίες επεξεργασίας τροφίμων μπορούν να επηρεάσουν τη θρεπτική τους αξία και τη βιοδιαθεσιμότητα των βιολογικά ενεργών συστατικών, με θετικό ή αρνητικό τρόπο. Κατά τη διαδικασία αυτή, οι αλλαγές προσανατολίζονται προς τη διατήρηση ή ακόμη και την αύξηση των θρεπτικών και βιολογικά ενεργών ιδιοτήτων των τροφίμων. Αυτό είναι ιδιαίτερα επιθυμητό κατά την παραγωγή λειτουργικών τροφίμων και συμπληρωμάτων διατροφής, όπου η διατήρηση

ή αύξηση των θρεπτικών ιδιοτήτων είναι σημαντική για την υγεία και την ευεξία. Για να επωφεληθούν οι καταναλωτές από τα οφέλη τους, είναι σημαντικό να εξασφαλιστεί η σταθερότητά τους κατά την επεξεργασία και αποθήκευση, καθώς και η αποτελεσματική διέλευσή τους από το γαστρεντερικό σύστημα. Πρέπει επίσης να αντιμετωπιστούν περιορισμοί όπως οι αλληλεπιδράσεις, η διαλυτότητα και τα δυσάρεστα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.

Οι βιοδραστικές ενώσεις είναι συχνά πολύ αντιδραστικές και ασταθείς, πράγμα που μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια βιοδραστικότητας και να προκαλέσει έντονη οσμή και γεύση. Σε αυτό το πλαίσιο, η νάνο- ή μικρο-ενθυλάκωση αναδύεται ως αξιόπιστη μέθοδος για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων και για την παροχή περαιτέρω πλεονεκτημάτων. Αυτά τα πλεονεκτήματα περιλαμβάνουν την ελεγχόμενη ή στοχευμένη απελευθέρωση συστατικών σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον, τη βελτιωμένη σταθερότητα, διάλυση, βιοδιαθεσιμότητα και ικανότητα ροής, μεταξύ άλλων. Η ενθυλάκωση αναφέρεται σε μια διαδικασία όπου μια δραστική ουσία ή ένα μείγμα δραστικών ουσιών καλύπτεται με ένα πολυμερές υλικό, προστατεύοντάς το από αρνητικές εξωτερικές επιδράσεις. Το πολυμερές υλικό επιτρέπει επίσης την ελεγχόμενη απελευθέρωση της δραστικής ουσίας σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον, την κατάλληλη στιγμή και στις σωστές συνθήκες. Για παράδειγμα, όπως αναφέρεται από τους Gudas et al. (2000), στις τσίχλες, οι ενθυλακωμένες γεύσεις απελευθερώνονται μόνο στο μάσημα. Η ικανότητα αυτή, για ελεγχόμενη απελευθέρωση, είναι σημαντική για τη βιοδιαθεσιμότητα των θρεπτικών στον οργανισμό. Επιπλέον, η ενθυλάκωση μπορεί να μειώσει τις ανεπιθύμητες οσμές και γεύσεις και, πέρα από τη βελτίωση των τεχνολογικών οφελών και των πλεονεκτημάτων για την υγεία, και συνεπώς να συμβάλει σε καλύτερες αισθητηριακές ιδιότητες των ενθυλακωμένων προϊόντων. Η αποτελεσματικότητα της ενθυλάκωσης μπορεί να επηρεαστεί από πολλούς παράγοντες, όπως η τεχνική ενθυλάκωσης, οι ιδιότητες των υλικών επικάλυψης και των ενεργών ενώσεων, καθώς και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ενώσεων. Η μικροενθυλάκωση των ενεργών συστατικών στοχεύει, τελικά, στη διαδικασία απελευθέρωσής τους με τρόπο που να επιτρέπει την αποτελεσματική τους αφομοίωση και απορρόφηση από το ανθρώπινο πεπτικό σύστημα (Grgić, J., et al 2020).

Η μικροενθυλάκωση είναι μια διαδικασία όπου μια ουσία παγιδεύεται μέσα σε ένα μικροσκοπικό συνεχές φιλμ από πολυμερή ύλη, το οποίο ενθυλακώνει για να παράγει μικροκάψουλες με διαφορετικές χρήσιμες ιδιότητες. Πρόκειται δηλαδή για μια



τεχνική παγίδευσης λειτουργικών συστατικών, όπως πρωτεΐνες , μέταλλα, ακόρεστα λιπαρά οξέα, διαιτητικές ίνες, βακτήρια γαλακτικού οξέος (Lactic acid bacteria-LAB) ,βιταμίνες, πολυφαινόλες κ.λ.π. , μέσα σε μία ή περισσότερες κατηγορίες φορέων εγκλεισμού, όπως πρωτεΐνες, κυτταρίνη, λιπαρά οξέα, καθώς και φυσικές ή συνθετικές πολυμερείς ουσίες. Ο φορέας εγκλεισμού επιλέγεται κάθε φορά με βάση τις ανάγκες και τις εφαρμογές του, καθώς και τις ιδιότητες που προσφέρει στο ενθυλακωμένο υλικό (Ye, Q., et al 2018).

Οι κάψουλες που χρησιμοποιούνται στην μικροενθυλάκωση περιέχουν ένα ενθυλακωμένο υλικό που μπορεί να είναι σε υγρή, στερεή ή ακόμα και αέρια μορφή και μπορεί να έχει διαφορετικά μεγέθη ανάλογα με την τεχνική μικροενθυλάκωσης που χρησιμοποιείται. Συγκεκριμένα, όταν το μέγεθος της ενθυλάκωσης είναι μικρότερο από 1 έως 1000nm, αλλά κυμαίνεται μεταξύ 100-500nm , τότε πρόκειται για νάνο-ενθυλάκωση. Παρόλο που υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον για την μέθοδο αυτή, λόγω των πλεονεκτημάτων που προσφέρει σε σύγκριση με τη μικροενθυλάκωση, η τελευταία παραμένει πιο διαδεδομένη στη βιομηχανία τροφίμων. Επιπλέον, υπάρχουν ερωτήματα σχετικά με την ασφάλεια των νανοενθυλακωμένων συστατικών τροφίμων, τα οποία απαιτούν περαιτέρω μελέτη και αξιολόγηση. Η μικροενθυλάκωση στοχεύει, λοιπόν, στην παρασκευή μικροκαψουλών ή μικροσωματιδίων που περιέχουν ενεργά συστατικά και μπορούν να απελευθερώνονται στο πεπτικό σύστημα του ανθρώπου με τρόπο που να επιτρέπει την αποτελεσματική τους απορρόφηση και χρήση. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τη βελτιστοποίηση της βιοδιαθεσιμότητας των ενεργών συστατικών, διασφαλίζοντας ότι οι θρεπτικές και θεραπευτικές ουσίες που περιέχονται στις κάψουλες μπορούν να εισέλθουν στον οργανισμό και να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά. Η διάκριση μεταξύ μικροκαψουλών και μικροσωματιδίων βασίζεται στη μορφή των μικροσωματιδίων και την οργάνωση του δραστικού συστατικού μέσα σε αυτά. Οι μικροκάψουλες έχουν έναν καλά καθορισμένο εσωτερικό πυρήνα και εξωτερικό κέλυφος, παρέχοντας έτσι καλύτερη ενθυλάκωση και προστασία για τα δραστικά συστατικά. Αντίθετα, οι μικροσφαίρες έχουν το δραστικό συστατικό το οποίο διασπείρεται εντός της μήτρας τους, προσφέροντας μια ατελή ενθυλάκωση με μια ορισμένη έκθεση του ενθυλακώματος στην επιφάνεια της μικροσφαίρας. Αν και οι μικροκάψουλες παρέχουν καλύτερη ενθυλάκωση, οι μικροσφαίρες είναι πιο οικονομικές στην επεξεργασία και χρησιμοποιούνται σε ορισμένες εφαρμογές που δεν απαιτούν τόσο αυστηρή προστασία και ενθυλάκωση (Arenas-Jal et al 2020).

## 2.3. Χαρακτηριστικά και Μέθοδοι Ενθυλάκωσης

Οι μέθοδοι παρασκευής και οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τη μικροενθυλάκωση συχνά αλληλοεπικαλύπτονται. Οι διάφορες διαδικασίες μικροενθυλάκωσης μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

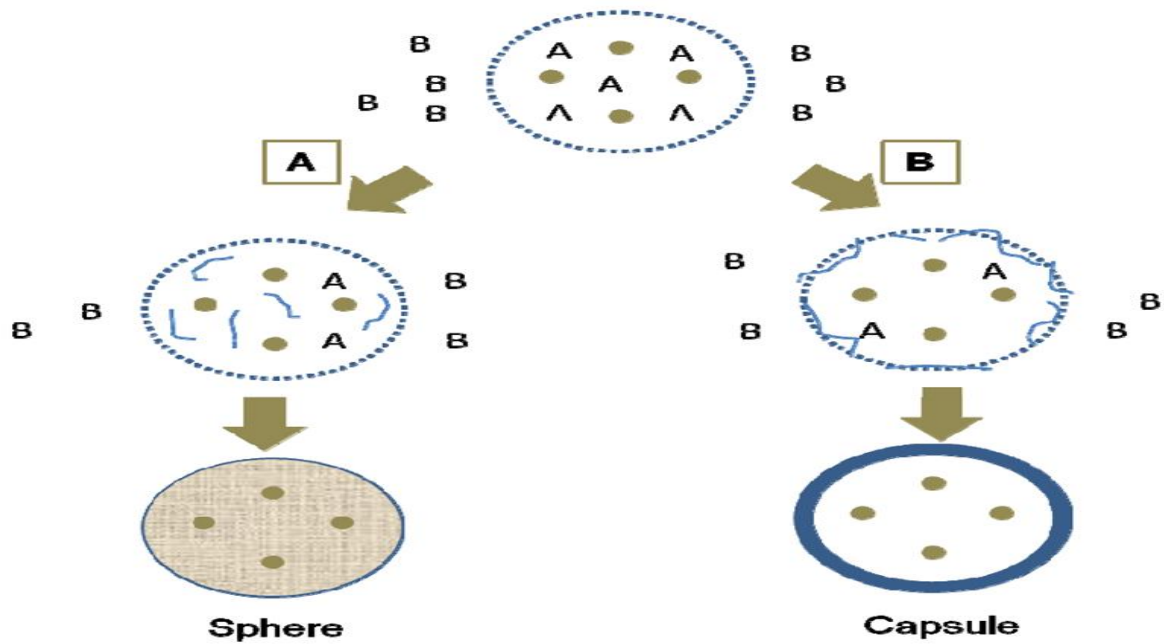
### **1.4.3.1.Χημικές Μέθοδοι:**

#### A) Διεπιφανειακός Πολυμερισμός

Ο διεπιφανειακός πολυμερισμός είναι μια διαδικασία όπου δημιουργείται μια μεμβράνη από πολυμερή ουσία γύρω από σταγονίδια γαλακτώματος. Αυτή η διαδικασία λαμβάνει χώρα στη διεπιφάνεια μεταξύ μιας συνεχούς και μιας διεσπαρμένης φάσης. Στην περίπτωση ενός υδατοδιαλυτού δραστικού συστατικού, η διαδικασία περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:

1. Δημιουργία ενός διαλύματος που περιέχει το δραστικό συστατικό και ένα υδατοδιαλυτό μονομερές A με χρήση απεσταγμένου νερού.
2. Σχηματισμός ενός γαλακτώματος λαδιού σε νερό (W/O) με τη γαλακτωματοποίηση της υδατικής φάσης εντός μιας οργανικής εξωτερικής φάσης.
3. Προσθήκη του οργανοδιαλυτού μονομερές B στην οργανική φάση.
4. Έναρξη της διεπιφανειακής αντίδρασης πολυσυμπύκνωσης μεταξύ των δύο μονομερών στη διεπιφάνεια του W/O.

Η ίδια διαδικασία μπορεί να εφαρμοστεί επίσης σε ένα οργανικό ενεργό υλικό σε ένα οργανικό διάλυμα, με την εκτέλεση της διεπιφανειακής αντίδρασης πολυσυμπύκνωσης σε ένα γαλάκτωμα νερό σε λάδι (O/W) (Munin, A., & Edwards-Lévy, F. (2011)).



Εικόνα 9. Αρχή της μικροενθυλάκωσης με διεπιφανειακό πολυμερισμό. Το oligομερές A είναι διαλυτό στο σταγονίδιο και το oligομερές B είναι αδιάλυτο στο σταγονίδιο./ Πηγή: Encapsulation of Natural Polyphenolic Compounds; a Review

## B) Συμπλοκοποίηση μοριακού εγκλεισμού

Η μοριακή συμπερίληψη είναι μια τεχνική ενθυλάκωσης που λαμβάνει χώρα σε μοριακό επίπεδο, όπου η φιλοξενούμενη (ενεργή) ένωση παγιδεύεται από έναν ξενιστή (πολυμερές) μέσω φυσικοχημικών δυνάμεων, όπως δεσμοί υδρογόνου, δυνάμεις van der Waals ή υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις. Αυτά τα συμπλοκα σχηματίζονται μόνο σε παρουσία νερού. Οι πιο κοινοί "ξενιστές" μοριακής συμπερίληψης είναι οι κυκλοδεξτρίνες (Cyclodextrins - CDs), οι οποίες αποτελούνται από ένα υδρόφιλο εξωτερικό μέρος και ένα εσωτερικό υδρόφοβο μέρος. Το φιλοξενούμενο μόριο με πολικό χαρακτήρα μπορεί να παγιδευτεί στην πολική εσωτερική κοιλότητα της κυκλοδεξτρίνης μέσω υδρόφοβων αλληλεπιδράσεων. Οι κυκλοδεξτρίνες, τα χημικά και φυσικά σταθερά μόρια, παράγονται με την ενζυματική τροποποίηση του αμύλου και αποτελούνται από έξι (α-κυκλοδεξτρίνη), επτά (β-κυκλοδεξτρίνη), οκτώ (γ-κυκλοδεξτρίνη) ή περισσότερες μονάδες γλυκοπυρανόζης που συνδέονται με α-(1, 4) ομόλογα. Μόνο οι τρεις πρώτες κυκλοδεξτρίνες αναγνωρίζονται γενικά ως ασφαλείς από τον Οργανισμό Τροφίμων και Φαρμάκων των Ηνωμένων Πολιτειών. Υπάρχουν τρεις μέθοδοι για την κατασκευή του συμπλόκου δραστικής-β-κυκλοδεξτρίνης.

- **Πρώτη μέθοδος:** Η β-κυκλοδεξτρίνη διαλύεται σε νερό και τα δραστικά προστίθενται για να σχηματίσουν ένα σύμπλοκο εγκλεισμού σε κρυσταλλική μορφή.
- **Δεύτερη μέθοδος:** Η β-κυκλοδεξτρίνη διαλύεται σε λιγότερο νερό από ό,τι στην πρώτη μέθοδο για να σχηματιστεί ένα συμπυκνωμένο εναιώρημα, και τα δραστικά συστατικά αναμιγνύονται για να σχηματίσουν ένα σύμπλοκο εγκλεισμού σε κρυσταλλική μορφή.
- **Τρίτη μέθοδος:** Η β-κυκλοδεξτρίνη διαλύεται σε πολύ χαμηλότερη περιεκτικότητα σε νερό για να σχηματιστεί μια πάστα, και τα δραστικά συστατικά αναμιγνύονται κατά τη διάρκεια της ζύμωσης για να σχηματιστεί ένα σύμπλοκο εγκλεισμού. Η τρίτη μέθοδος είναι ανώτερη, καθώς δεν απαιτεί εφαρμογές μετά την επεξεργασία, ενώ το τελευταίο βήμα των πρώτων δύο μεθόδων βασίζεται στον περαιτέρω διαχωρισμό και ξήρανση (Ozkan, G., et al 2019).

### **2.3.2. Άλλοι μέθοδοι ενθυλάκωσης**

Στον πίνακα 2. που παρατίθεται, παρουσιάζονται και κάποιες επιπλέον τεχνικές μικροενθυλάκωσης. Η ξήρανση και η ψύξη με ψεκασμό, αποτελούν φυσικές διεργασίες ενθυλάκωσης, η συσσωμάτωση/κροκκίδωση και η γαλακτωματοποίηση αποτελούν φυσικοχημικές διεργασίες, ενώ η συνεξώθηση και η ρευστοποιημένη επίστρωση κλίνης μηχανικές διεργασίες.

Πίνακας 2. Διαδικασίες Μικροενθυλάκωσης/ Πηγή: Microencapsulation: An overview on concepts, methods, properties and applications in foods

<b>Διαδικασία Μικροενθυλάκωσης</b>	<b>Αρχή</b>
<b>Ξήρανση με ψεκασμό</b>	Σχηματισμός γαλακτώματος ή διασπορά και ψεκασμός του μίγματος στον θάλαμο ξήρανσης.

<b>Ψύξη με ψεκάσμο</b>	Διασπορά του πυρήνα σε ένα υγροποιημένο υλικό κελύφους και ψεκάσμος του μέσω ενός θερμαινόμενου ακροφυσίου σε ένα ελεγχόμενο, κρύο περιβάλλον.
<b>Ρευστοποιημένη επίστρωση κλίνης</b>	Στερεά ή κονιοποιημένα σωματίδια υλικού πυρήνα αιωρούνται σε ανοιχτό ρεύμα αέρα και επικαλύπτονται με τηγμένο πολυμερές.
<b>Κροκίδωση/Συσσωμάτωση</b>	Σχηματισμός τριών μη αναμίξιμων χημικών, εναπόθεση επικάλυψης, ακαμψίαση επίστρωσης.
<b>Συνεξώθηση</b>	Περιλαμβάνει τη διέλευση ενός γαλακτώματος υλικού πυρήνα και τοιχώματος μέσω μήτρας υψηλής πίεσης. Το μείγμα εξωθείται σε κρύο λουτρό διαλύτη ως σφαιρίδια.
<b>Γαλακτωματοποίηση</b>	Σχηματισμός γαλακτώματος του πυρήνα και του υλικού τοιχώματος και σταθεροποίηση του γαλακτώματος με προσθήκη σταθεροποιητή γαλακτώματος.

#### **2.4. Μικροενθυλακωμένα υλικά για την παραγωγή λειτουργικών τροφίμων**

Στον πίνακα 3 που παρατίθεται ακολούθως παρουσιάζονται ορισμένα λειτουργικά τρόφιμα που έχουν παραχθεί με τη μέθοδο της μικροενθυλάκωσης για την προστασία τους από τα γαστρικά υγρά κατά την πέψη, ώστε να απορροφώνται καλύτερα από τον οργανισμό, αλλά και για την αποφυγή ποιοτικής υποβάθμισης των χαρακτηριστικών των τελικών προϊόντων.

Πίνακας 3. Μικροενθυλακωμένα υλικά που εφαρμόζονται για την παραγωγή λειτουργικών τροφίμων

Λειτουργικό Τρόφιμο	Φορέας	Υλικό Επίστρωσης	Τεχνική Ενθυλάκωσης	Αναφορές
Ζωμωμένα γάλατα	<i>L. casei</i> <i>ATCC393</i>	Μαστίχα χίου	Ξήρανση με κατάψυξη	Reque et al 2021
Μαγιονέζα	<i>B. bifidum</i> , <i>B. infantis</i>	Άλας αλγινικού οξέως	Γαλακτωματοποίηση	Reque et al 2021
Τυρί μοτσαρέλα	<i>L. paracasei</i> <i>ssp. paracasei</i> <i>LBC-1</i>	Άλας αλγινικού οξέως	Εξώθηση	Reque et al 2021
Τοματοχυμός	<i>L. acidophilus</i>	Ca-αλγινικό	Εξώθηση	Reque et al 2021
Καραμέλες	Ρεσβερατρόλη	Καζεϊνικό άλας	Ξήρανση με ψεκασμό	Dias et al 2017
Γιαούρτι	Νανο-λιποσώματα	Ιχθυέλαιο	Ξήρανση με ψεκασμό	Dias et al 2017
Χυμός μάνγκο	<i>L. plantarum</i>	Αλγινικό ασβέστιο/πρωτεΐνη σόγιας	Ζελατινοποίηση	Reque et al 2021
Τυρί Cheddar	<i>L. acidophilus</i> , <i>B. infantis</i>	Αλγινικό/άμυλο	Γαλακτωματοποίηση	Reque et al 2021
Ξηρά λουκάνικα που έχουν υποστεί ζύμωση	<i>L. reuteri</i>	Άλας αλγινικού οξέως	Εξώθηση	Reque et al 2021

### 3. Νομοθεσία και Διατροφικοί Ισχυρισμοί

#### 3.1. Ευρωπαϊκή νομοθεσία περί λειτουργικών τροφίμων

Εφόσον τα λειτουργικά τρόφιμα δεν έχουν κατοχυρωθεί στην παγκόσμια αγορά με έναν κοινό νομικό ορισμό, γίνεται αντιληπτό πως δεν υπάρχει ένα κανονιστικό πλαίσιο που να αφορά αποκλειστικά αυτά τα τρόφιμα. Για παράδειγμα, στην Ιαπωνία τα λειτουργικά τρόφιμα αναφέρονται ως FOSHU και είναι εγκεκριμένα από τον Οργανισμό Υποθέσεων Καταναλωτή. Βέβαια, επειδή οι διαδικασίες έγκρισης απαιτούσαν κρατική παρέμβαση που ήταν χρονοβόρα, αλλά και οι ισχυρισμοί υγείας που αφορούσαν στα συγκεκριμένα προϊόντα σχετίζονταν κυρίως με θέματα του γαστρεντερικού συστήματος και με το πρώιμο στάδιο μεταβολικών ασθενειών δημιουργήθηκε η ανάγκη για την ανάπτυξη ενός νέου συστήματος, που ονομάζεται «Νέα Λειτουργικά Τρόφιμα». Τα τρόφιμα αυτά εισήχθησαν στην αγορά το 2015, δεν χρειάζονται κρατική έγκριση για την κυκλοφορία των προϊόντων και για αυτά είναι υπεύθυνες αποκλειστικά οι βιομηχανίες παραγωγής τους.

Όσον αφορά στην Ευρώπη, φαίνεται πως ο κανονισμός που ταιριάζει καλύτερα στα λειτουργικά τρόφιμα είναι ο κανονισμός ΕΚ 258/97, που αναφέρεται στα Νέα Τρόφιμα και θεσπίστηκε στις 27 Ιανουαρίου 1997. Ως Νέα Τρόφιμα ορίζονται τα τρόφιμα τα οποία δεν είχαν καταναλωθεί ευρέως από τους κατοίκους της ΕΕ πριν από τις 15 Μαΐου 1997. Πιο συγκεκριμένα τα νέα τρόφιμα περιλαμβάνουν τις εξής κατηγορίες τροφίμων:

Α) Τρόφιμα και συστατικά τροφίμων με νέα ή σκοπίμως τροποποιημένη πρωτοταγή μοριακή σύνταξη.

Β) Τρόφιμα και συστατικά τροφίμων που παράγονται ή απομονώνονται από μικροοργανισμούς, μύκητες ή φύκη.

Γ) Τρόφιμα και συστατικά τροφίμων που προέρχονται ή απομονώνονται από φυτά, καθώς και συστατικά τροφίμων που προέρχονται από ζώα, εκτός από τρόφιμα και συστατικά τροφίμων που παραδοσιακά χρησιμοποιούνται ως τρόφιμα και έχουν αποδεδειγμένα ασφαλή πρακτική χρήση στο παρελθόν.

Δ) Τρόφιμα και συστατικά τροφίμων που παράγονται με μέθοδο παραγωγής που δεν είναι ευρέως διαδεδομένη και προκαλεί σημαντικές αλλαγές στη σύνθεση, δομή, θρεπτική αξία ή περιεκτικότητα σε ανεπιθύμητες ουσίες των τροφίμων ή των συστατικών τους.

Ο όρος των Νέων Τροφίμων αναφέρεται σε νέες πηγές τροφίμων ή τα προσφάτως αναπτυχθέντα και καινοτόμα τρόφιμα, τα τρόφιμα που παράγονται με τη χρήση νέων τεχνολογιών και μεθόδων παραγωγής, καθώς και τα τρόφιμα που παραδοσιακά καταναλώνονται εκτός, και όχι εντός, της ΕΕ. Ο κανονισμός αυτός τροποποιήθηκε στις 25 Νοεμβρίου 2015 (κανονισμός (ΕΕ) αριθ. 2015/2283) από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και τέθηκε σε ισχύ την 1η Ιανουαρίου 2018. Η ανάγκη επαναπροσδιορισμού της νομοθεσίας δημιουργήθηκε λόγω των τεχνολογικών και επιστημονικών εξελίξεων, προκειμένου να κυκλοφορούν στην αγορά ασφαλή προϊόντα, που δεν παραπλανούν τον καταναλωτή. Οι κυριότερες αλλαγές που εισάγονται με τον κανονισμό είναι οι εξής:

1. Προστίθενται νέες κατηγορίες που αποτελούν νέα τρόφιμα, αλλά ο ορισμός του νέου τροφίμου παραμένει ίδιος.
2. Οι έγκρισεις για νέα τρόφιμα ισχύουν γενικά και δεν περιορίζονται μόνο στον αιτούντα, όπως συνέβαινε στον κανονισμό (ΕΚ) 258/97, εκτός αν πρόκειται για ένα νέο τρόφιμο που καλύπτεται από προστασία δεδομένων.
3. Δημιουργείται ένας κατάλογος νέων τροφίμων που έχουν λάβει έγκριση να τεθούν στην αγορά της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
4. Μια κεντρική διαδικασία έγκρισης θεσπίζεται, με τις αιτήσεις νέων τροφίμων να υποβάλλονται στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή μέσω ενός ηλεκτρονικού συστήματος υποβολής αιτήσεων (e-submission system for novel foods).
5. Η αξιολόγηση της ασφάλειας των νέων τροφίμων διενεργείται από την Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (ΕΦΕΤ) μετά την υποβολή του σχετικού φακέλου στην Επιτροπή. Ένα νέο τρόφιμο εγκρίνεται και εισάγεται στον ενωσιακό κατάλογο μετά από πρόταση της Επιτροπής και ψηφοφορία στην Μόνιμη Επιτροπή Φυτών, Ζώων, Τροφίμων & Ζωοτροφών - Τομέας Τοξικολογικής Ασφάλειας. Οι διαδικασίες υπόκεινται σε προθεσμίες για να εξασφαλιστεί η ομαλή διεκπεραίωση των αιτήσεων.
6. Δημιουργούνται απλοποιημένες διαδικασίες έγκρισης για παραδοσιακά τρόφιμα από τρίτες χώρες που έχουν ιστορικό ασφαλούς χρήσης σε μία άλλη χώρα, μέσω ενός διαδικασίας ειδοποίησης, υπό τον όρο ότι δεν έχουν υποβληθεί τεκμηριωμένες αντιρρήσεις για την ασφάλειά τους από κάποιο κράτος μέλος ή την Αρχή.
7. Διατίθενται νέες διατάξεις που αφορούν στην προστασία των δεδομένων, με σκοπό να διασφαλιστεί ότι τα νέα επιστημονικά στοιχεία και τα δεδομένα που ανήκουν



στη βιομηχανική ιδιοκτησία δεν θα χρησιμοποιούνται για να υποστηρίξουν άλλες αιτήσεις για ένα διάστημα 5 ετών μετά την έγκριση ενός νέου τροφίμου. Αυτή η προστασία των δεδομένων δεν ισχύει για τις αναφορές ή αιτήσεις σχετικά με την εισαγωγή παραδοσιακών τροφίμων στην αγορά της ΕΕ.

Φυσικά, επειδή στα λειτουργικά τρόφιμα συχνά έχει προστεθεί κάποιο συστατικό το οποίο έχει όφελος για την υγεία, όπως οι βιταμίνες και τα ανόργανα συστατικά, σε αυτή την περίπτωση θα πρέπει να ακολουθείται ο κανονισμός ΕΚ 1925/2006 που εφαρμόζεται από την 1η Ιουλίου 2007. Ο σκοπός του παρόντος κανονισμού είναι να καθορίσει τους κανόνες για την προσθήκη βιταμινών και ανόργανων συστατικών στα τρόφιμα, καθώς και για τη χρήση άλλων ουσιών ή συστατικών που περιέχουν ουσίες διαφορετικές από βιταμίνες και ανόργανα συστατικά. Αυτές οι ουσίες προστίθενται στα τρόφιμα ή χρησιμοποιούνται στην παρασκευή τροφίμων σε ποσότητες που υπερβαίνουν τις προβλεπόμενες για μια ισορροπημένη διατροφή. Σκοπός είναι να αποτραπεί η εμπειρική πρόσληψη ποσοτήτων που μπορεί να αποτελέσουν κίνδυνο για τους καταναλωτές. Σε περιπτώσεις που δεν υπάρχουν συγκεκριμένοι κανόνες σε επίπεδο ΕΕ, επιτρέπεται η εφαρμογή εθνικών κανόνων, με την προϋπόθεση ότι συμμορφώνονται με τις διατάξεις του κανονισμού. Οι παρασκευαστές τροφίμων έχουν τη δυνατότητα να προσθέτουν βιταμίνες και ανόργανα συστατικά στα τρόφιμα είτε προαιρετικά είτε ως διατροφικές ουσίες σύμφωνα με την ειδική κοινοτική νομοθεσία. Επιπλέον, μπορούν να προστίθενται για τεχνολογικούς σκοπούς, όπως πρόσθετα, χρωστικές, αρωματικές ύλες ή για άλλες τέτοιες χρήσεις, συμπεριλαμβανομένων των εγκεκριμένων οινολογικών πρακτικών και διαδικασιών που προβλέπονται από τη σχετική κοινοτική νομοθεσία. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο παρόν κανονισμός πρέπει να εφαρμόζεται με την επιφύλαξη των ειδικών κοινοτικών κανόνων που αφορούν την προσθήκη ή τη χρήση βιταμινών και ανόργανων συστατικών σε συγκεκριμένα προϊόντα ή ομάδες προϊόντων, ή την προσθήκη τους για σκοπούς που δεν αφορούν τους συγκεκριμένους κανονισμούς.

## 3.2. Λειτουργικά Τρόφιμα και Ετικέτες Τροφίμων

### 3.2.1. Συμπεριφορά Καταναλωτή

Η ελκυστικότητα των λειτουργικών τροφίμων και η πρόθεση αγοράς τους διαφέρουν ανάλογα με το είδος του προϊόντος. Οι καταναλωτές εκτιμούν θετικά τα τρόφιμα που θεωρούνται υγιεινά, ενώ η αποδοχή τους είναι υψηλότερη. Είναι σημαντικό να εξεταστούν οι γενικές αρχές που επηρεάζουν τις αντιδράσεις των καταναλωτών, συμπεριλαμβανομένων των διαφημιζόμενων ισχυρισμών, πέρα από τα χαρακτηριστικά του προϊόντος.

Οι καταναλωτές συχνά είναι σκεπτικοί όσον αφορά στους ισχυρισμούς υγείας και θρεπτικής αξίας που αναγράφονται στις ετικέτες των τροφίμων. Η αξιοπιστία των ισχυρισμών δεν αποτελεί πάντα κρίσιμο παράγοντα για την απόφαση αγοράς. Παρόλα αυτά, υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την αποδοχή τους, όπως η εξοικείωση με τον ισχυρισμό, ο τρόπος διατύπωσής του, και η συμβατότητά του με το προϊόν. Η πηγή του ισχυρισμού επηρεάζει σημαντικά την αποδοχή και τη συμπεριφορά του καταναλωτή απέναντι σε ένα προϊόν. Όταν οι πληροφορίες προέρχονται από μια αξιόπιστη ρυθμιστική αρχή ή οργανισμό, ο καταναλωτής έχει την τάση να τις εμπιστεύεται περισσότερο, καθώς θεωρεί ότι έχουν υποστεί αξιολόγηση από αρμόδιους ειδικούς και ότι είναι πιθανότατα αξιόπιστες. Από την άλλη πλευρά, όταν ο ισχυρισμός προέρχεται από τον ίδιο τον κατασκευαστή του προϊόντος, ο καταναλωτής μπορεί να είναι περισσότερο επιφυλακτικός, καθώς υπάρχει η πιθανότητα να είναι μεροληπτικός ή να έχει στόχο την προώθηση του προϊόντος, χωρίς να υποστηρίζεται από επιστημονικά δεδομένα. Σε πολλές χώρες ή περιοχές, υπάρχουν αυστηροί κανονισμοί που διέπουν τη χρήση ισχυρισμών υγείας στη διαφήμιση και την επισήμανση των τροφίμων, προκειμένου να προστατευθεί η υγεία του καταναλωτή και να διασφαλιστεί η εγκυρότητα των δηλώσεων. Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να υπάρχει ελαφρότερος έλεγχος ή λιγότερες περιοριστικές πολιτικές, επιτρέποντας στους κατασκευαστές να κάνουν ισχυρισμούς χωρίς να υποστηρίζονται από επιστημονικά δεδομένα.

Οι συμπεριφορές και οι στάσεις των καταναλωτών σχετικά με τα τρόφιμα με ισχυρισμούς υγείας επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τη γενική τους κατάσταση υγείας και από τυχόν υπάρχουσες ασθένειες. Επιπλέον, η αντίληψή τους σχετικά με το πόσο σχετικός είναι ένας ισχυρισμός υγείας μπορεί να επηρεάσει τη στάση τους

απέναντι στο προϊόν. Επιπλέον, τα χαρακτηριστικά που διαμορφώνουν την αντίληψη για το εάν ένα τρόφιμο είναι χρήσιμο ή όχι για μια συγκεκριμένη κατάσταση υγείας ή ασθένεια διαφέρουν μεταξύ των διαφορετικών ομάδων ανθρώπων. Παραδείγματα περιλαμβάνουν τον τρόπο ζωής, τις διατροφικές προτιμήσεις, το επίπεδο ενημέρωσης και εκπαίδευσης σχετικά με τις διατροφικές συνήθειες και την υγεία, καθώς και τυχόν προηγούμενες εμπειρίες με συγκεκριμένα τρόφιμα και ισχυρισμούς υγείας. Συνεπώς, η αντίδραση των ατόμων σε έναν ισχυρισμό υγείας μπορεί να είναι διαφορετική ανάλογα με τις προσωπικές τους συνθήκες και προτιμήσεις (Guiné, et al 2020).

### **3.2.2. Ετικέτες προϊόντων τροφίμων**

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, για τα λειτουργικά τρόφιμα δεν υπάρχει ακόμα ένας κοινός αποδεκτός ορισμός. Ωστόσο, όταν ένα προϊόν εισάγεται στην αγορά προς κατανάλωση πρέπει να ακολουθεί τους Ευρωπαϊκούς Κανονισμούς, για να ενημερώνεται και να προφυλάσσεται ο καταναλωτής για την σύνθεση του, τα συστατικά του, τις βιοδραστικές ενώσεις που περιέχει καθώς και τα οφέλη για την υγεία που μπορεί να προσφέρει το κάθε τρόφιμο. Έτσι, τα λειτουργικά τρόφιμα και τα θρεπτικά προϊόντα με οποιονδήποτε ισχυρισμό διατροφής και υγείας που σχετίζεται με βιταμίνες, μέταλλα ή/και άλλες ουσίες στην επισήμανση, παρουσίαση ή/και διαφήμισή τους, πρέπει να πληρούν τις ειδικές απαιτήσεις που ορίζονται από τον Κανονισμό (ΕΚ) 1924/2006. Στις ετικέτες των προϊόντων θα πρέπει να αναγράφονται τα θρεπτικά συστατικά και οι ακριβείς ποσότητες τους, το καθαρό βάρος του προϊόντος καθώς και η Διατροφική Τιμή Αναφοράς – ΔΤΑ. Ως ΔΤΑ (DRV) ορίζεται το σύνολο των τιμών αναφοράς σχετικά με την πρόσληψη των θρεπτικών συστατικών. Το DRV αναφέρεται στις Συνιστώμενες Ημερήσιες Προσλαμβανόμενες Ποσότητες (Daily Reference Values). Αυτές είναι οι ποσότητες θρεπτικών συστατικών που συνιστάται να καταναλώνει ένα άτομο καθημερινά, προκειμένου να διατηρεί μια υγιή διατροφή. Τα DRV καθορίζονται από εθνικές και διεθνείς αρχές διατροφής και χρησιμοποιούνται στην ετικέτα των τροφίμων για να βοηθήσουν τους καταναλωτές να καταλάβουν πόση ποσότητα θρεπτικών συστατικών περιέχει ένα τρόφιμο σε σχέση με τις ανάγκες τους και περιλαμβάνει:

1. τις προσλήψεις αναφοράς πληθυσμού (PRI) δηλαδή, τις προτεινόμενες ημερήσιες προσλαμβανόμενες ποσότητες (Population Reference Intake). Αυτές οι ποσότητες θρεπτικών συστατικών συνήθως χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν τις

διατροφικές ανάγκες μιας ομάδας πληθυσμού σε ένα επίπεδο που θα είναι κατάλληλο για τη συντήρηση της υγείας της συγκεκριμένης ομάδας. Οι PRI μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με διάφορους παράγοντες, όπως η ηλικία, το φύλο, η κατάσταση εγκυμοσύνης ή η λαμβανόμενη φυσιολογική δραστηριότητα,

2. τις μέσες απαιτήσεις (Average Requirement -AR), που είναι η μέση ποσότητα ενός θρεπτικού συστατικού που απαιτείται από μια ομάδα ανθρώπων για να καλύψει τις ανάγκες τους. Αυτό χρησιμοποιείται ως αναφορά για τον καθορισμό των ποσοτήτων θρεπτικών συστατικών που απαιτούνται σε ένα τρόφιμο και μπορεί να παρέχεται στις ετικέτες τροφίμων για να παρέχει πληροφορίες σχετικά με τη θρεπτική αξία,

3. τις επαρκείς προσλήψεις (Adequate Intake- AI), είναι μια συνιστώμενη ποσότητα θρεπτικού συστατικού που θεωρείται επαρκής για την ικανοποίηση των αναγκών της συντριπτικής πλειονότητας του πληθυσμού, όταν δεν είναι δυνατόν να προσδιοριστεί η μέση ανάγκη (Average Requirement) για το συγκεκριμένο θρεπτικό συστατικό. Οι επαρκείς προσλήψεις χρησιμοποιούνται συνήθως ως οδηγός για την καθορισμό των συστατικών των τροφίμων ή για τη σύγκριση της κατανάλωσης θρεπτικών συστατικών με τις συνιστώμενες διατροφικές αναγκές,

4. τα κατώτατα όρια πρόσληψης (Lower Threshold Intake- LTI) αναφέρονται στις ελάχιστες ποσότητες θρεπτικών συστατικών που απαιτούνται για να αποτραπεί η ανεπάρκεια σε ένα μεγάλο ποσοστό του πληθυσμού. Τα LTI καθορίζονται βάσει επιστημονικών εκτιμήσεων για την ελάχιστη ποσότητα που απαιτείται για να διατηρηθεί η καλή υγεία και η ομαλή λειτουργία του οργανισμού. Αυτά τα όρια καθορίζονται για διάφορες ηλικιακές ομάδες και άλλες ομάδες ανθρώπων, όπως έγκυες γυναίκες ή θηλάζουσες μητέρες. Τα LTI είναι σημαντικά για τη διατροφική πολιτική και την εκπόνηση διατροφικών προγραμμάτων, καθώς παρέχουν μια βάση για την ανάπτυξη συστάσεων διατροφής και δίνουν μια εκτίμηση του επιπέδου θρεπτικής πρόσληψης που απαιτείται για τη διατήρηση της υγείας, και τέλος,

5. τις προσλήψεις αναφοράς (Reference Intakes - RI) και αντιπροσωπεύουν τις συγκεκριμένες ποσότητες θρεπτικών ουσιών που συνιστούν κατανάλωση σε καθημερινή βάση και χρησιμεύουν ως σημείο αναφοράς για τη σύγκριση της κατανάλωσης με τις διατροφικές αναγκες (EFSA).

Τέλος, στο προϊόν που διατίθεται προς πώληση, πέρα από όσα αναφέρθηκαν θα πρέπει να αναγράφονται η ημερομηνία λήξης του προϊόντος, το καθαρό βάρος του, εταιρεία που το παράγει καθώς και η χώρα προέλευσης τους.

### 3.2.3. Ισχυρισμός Διατροφής

Ως ισχυρισμός διατροφής ορίζεται, κάθε ισχυρισμός που δηλώνει, υπονοεί ή οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ένα τρόφιμο διαθέτει ιδιαίτερες ευεργετικές θρεπτικές ιδιότητες λόγω:

α) της ενέργειας (θερμιδικής αξίας) που

i) παρέχει, ii) παρέχει σε μειωμένο ή αυξημένο ποσοστό, ή iii) δεν παρέχει,

ή/και

β) των θρεπτικών και άλλων ουσιών που

i) περιέχει, ii) περιέχει σε μειωμένο ή αυξημένο ποσοστό, ή iii) δεν περιέχει



Εικόνα 10. Παραδείγματα ετικετών τροφίμων με συγκεκριμένους ισχυρισμούς διατροφής/

Πηγή: <https://www.evolvebranddesign.com/what-are-health-claims/>

Η νομοθεσία της ΕΕ επιτρέπει τη χρήση ορισμένων ισχυρισμών διατροφής υπό τις παρακάτω προϋποθέσεις:

1. Με απόδειξη ότι το προϊόν συμμορφώνεται με τον επίσημο ορισμό. Δηλαδή, πρέπει να υπάρχουν επαρκή επιστημονικά στοιχεία που να υποστηρίζουν τον ισχυρισμό διατροφής που πραγματοποιείται για το προϊόν.

2. Το προϊόν πρέπει να πληροί τους όρους διατύπωσης ενός ισχυρισμού διατροφής που έχει οριστεί από τη νομοθεσία. Για παράδειγμα, εάν χρησιμοποιηθεί ο ισχυρισμός "χωρίς αλάτι", το προϊόν πρέπει να περιέχει λιγότερο από 0,005 g νατρίου ανά 100 g.

#### 3.2.4. Ισχυρισμός Υγείας

Ως ισχυρισμός υγείας ορίζεται κάθε ισχυρισμός που δηλώνει, υπονοεί ή οδηγεί στο συμπέρασμα ότι υπάρχει σχέση μεταξύ μιας κατηγορίας τροφίμων, ενός τροφίμου ή ενός συστατικού του και της υγείας.

Προκειμένου να χρησιμοποιηθεί ένας ισχυρισμός υγείας στις ετικέτες των τροφίμων πρέπει να συνοδεύεται από:

- ✓ Δήλωση που επισημαίνει τη σπουδαιότητα μιας ισορροπημένης διατροφής και ενός υγιεινού τρόπου ζωής,
- ✓ Την ποσότητα του τροφίμου και τον τρόπο κατανάλωσης που απαιτούνται ώστε να επιτευχθεί το ευεργετικό αποτέλεσμα που δηλώνει ο ισχυρισμός (π.χ. "Η ημερήσια κατανάλωση 30 γραμμαρίων καρυδιών βελτιώνει την ελαστικότητα των αιμοφόρων αγγείων"),
- ✓ Κατά περίπτωση δήλωση για τα άτομα που πρέπει να αποφεύγουν την κατανάλωση του τροφίμου (π.χ. "Ακατάλληλο για έγκυες ή θηλάζουσες γυναίκες"),
- ✓ Κατάλληλη προειδοποίηση για τα προϊόντα που ενδέχεται να αποτελούν κίνδυνο για την υγεία σε περίπτωση υπερβολικής κατανάλωσής τους.

#### 3.2.5. Ισχυρισμός Μείωσης του Κινδύνου Εκδήλωσης Ασθένειας

Ως ισχυρισμός μείωσης του κινδύνου εκδήλωσης ασθένειας ορίζεται κάθε ισχυρισμός υγείας που δηλώνει, υπονοεί ή οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η κατανάλωση μιας κατηγορίας τροφίμων, ενός τροφίμου ή ενός συστατικού του μειώνει σημαντικά τον παράγοντα κινδύνου για την εκδήλωση μιας ανθρώπινης ασθένειας.

Σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΚ) ΑΡΙΘ. 1924/2006 και τις ειδικές απαιτήσεις του, για ισχυρισμούς που αφορούν τη μείωση του κινδύνου εκδήλωσης ασθένειας, αυτοί

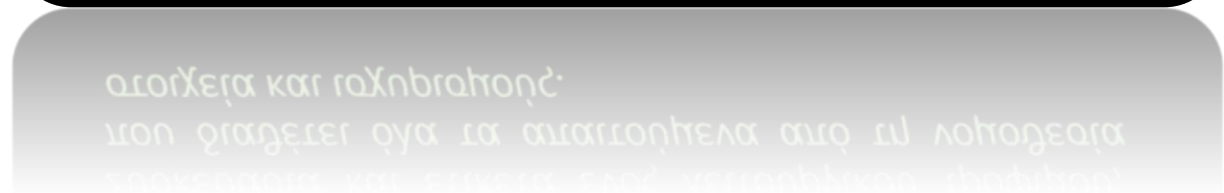


πρέπει να συνοδεύονται από μια επιπλέον δήλωση. Αυτή η δήλωση πρέπει να αναφέρει ότι η συγκεκριμένη ασθένεια έχει πολλαπλούς παράγοντες κινδύνου και ότι η μεταβολή ενός από αυτούς ενδέχεται να έχει ή να μην έχει ευεργετικό αποτέλεσμα. Στο ακόλουθο link παρατίθεται ο κανονισμός (ΕΚ) ΑΡΙΘ. 1924/2006, σχετικά με τους ισχυρισμούς διατροφής και υγείας στις ετικέτες τροφίμων, για περισσότερες πληροφορίες :

- ✓ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:02006R1924-20141213>



*Συσκευασία και ετικέτα ενός λειτουργικού τροφίμου, που διαθέτει όλα τα απαιτούμενα από τη νομοθεσία στοιχεία και ισχυρισμούς.*



Εικόνα 11. Ετικέτα τροφίμων με απαραίτητους ισχυρισμούς/Πηγή: <https://activia.gr/index.php/vres-ti-gefsi-sou/proionta/activia-tragani-apolafsi.html>

Συνοψίζοντας, σε γενικές γραμμές, ένα τρόφιμο που κυκλοφορεί στην αγορά θα πρέπει να πληροί όλα τα ακόλουθα κριτήρια και να τα φέρει στην ετικέτα του:

1. Ονομασία του τροφίμου.

2. Κατάλογος συστατικών (συμπεριλαμβανομένων τυχόν προσθέτων).
3. Πληροφορίες για αλλεργιογόνα.
4. Ποσότητα ορισμένων συστατικών.
5. Σήμανση ημερομηνίας (ανάλωση κατά προτίμηση πριν από / τελική ημερομηνία ανάλωσης).
6. Χώρα καταγωγής, εάν απαιτείται για λόγους σαφήνειας.
7. Όνομα και διεύθυνση του υπευθύνου της επιχείρησης τροφίμων που είναι εγκατεστημένος στην ΕΕ ή του εισαγωγέα.
8. Καθαρή ποσότητα.
9. Τυχόν ιδιαίτερες συνθήκες αποθήκευσης και/ή συνθήκες χρήσης.
10. Οδηγίες χρήσης, εάν χρειάζεται.
11. Επίπεδο οινόπνευματος για ποτά (εάν είναι μεγαλύτερο από 1,2%).
12. Διατροφική δήλωση.

### **3.3. Απαγορεύσεις στους Διατροφικούς Ισχυρισμούς και στους Ισχυρισμούς Υγείας**

Οι δηλώσεις περί διατροφής και υγείας μπορούν να χρησιμοποιούνται στην ετικέτα, την παρουσίαση και τη διαφήμιση των τροφίμων που πωλούνται στην αγορά της Κοινότητας, εφόσον συμμορφώνονται με τις κανονιστικές διατάξεις που περιέχονται στον παρόντα κανονισμό, (ΕΚ) ΑΡΙΘ. 1924/2006 της 20ης Δεκεμβρίου 2006. Με επιφύλαξη των οδηγιών 2000/13/ΕΚ και 84/450/ΕΟΚ, η χρήση των διατυπώσεων σχετικά με τη διατροφή και την υγεία πρέπει να αποφεύγει τα εξής:

- α) Να μην είναι παραπλανητική, διφορούμενη ή παραπλανητική.
- β) Να μην προκαλεί αμφιβολίες σχετικά με την ασφάλεια ή τη θρεπτική αξία άλλων τροφίμων.
- γ) Να προτρέπει ή να υπονοεί ότι η υπερβολική κατανάλωση ενός τρόφιμου είναι αποδεκτή.
- δ) Να υποδηλώνει ή να υπαινίσσεται ότι μια ισορροπημένη και ποικίλη διατροφή δεν μπορεί να παρέχει επαρκείς ποσότητες θρεπτικών ουσιών γενικά.



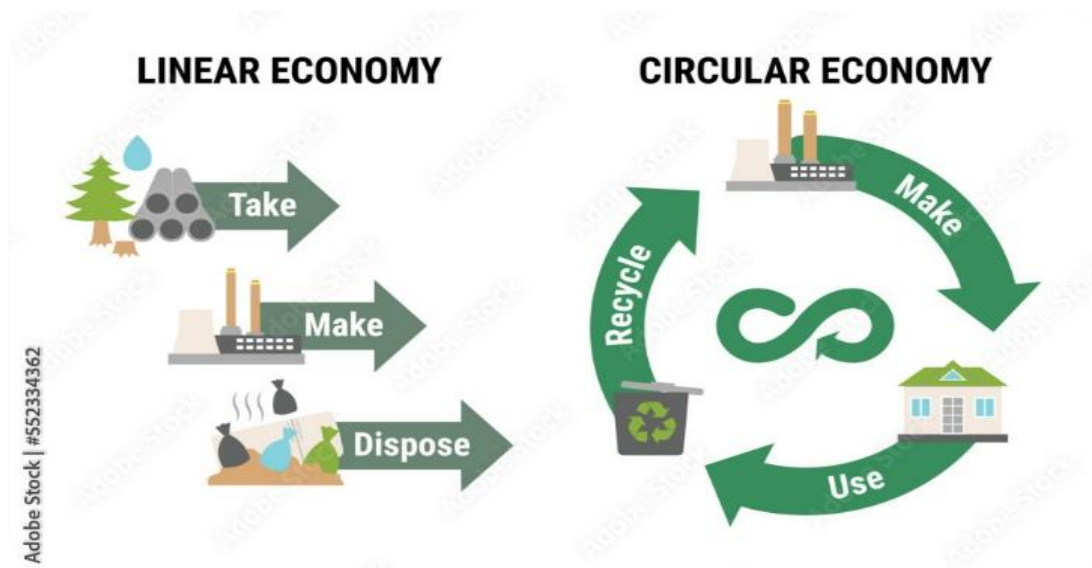
ε) Να αναφέρεται σε αλλαγές των λειτουργιών του οργανισμού, οι οποίες θα μπορούσαν να προκαλέσουν αίσθημα φόβου στον καταναλωτή ή να εκμεταλλευθούν τον φόβο του, είτε μέσω λεκτικών, είτε μέσω εικαστικών, γραφικών ή συμβολικών παραστάσεων (ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΙΙ ,ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ / Άρθρο 3- Γενικές αρχές για όλους τους ισχυρισμούς).

## Κεφάλαιο 2°

### Η μετάβαση από την γραμμική στην κυκλική οικονομία – Ένα βιώσιμο μοντέλο τροφίμων

Τις τελευταίες δεκαετίες, η πληθυσμιακή αύξηση δημιούργησε ολοένα και μεγαλύτερες ανάγκες για παραγωγή τροφίμων. Υπολογίζεται πως σχεδόν το 30% των τροφίμων που παράγονται παγκοσμίως χάνεται ή σπαταλάται σε κάποιο στάδιο της τροφικής αλυσίδας. Αυτά τα στάδια περιλαμβάνουν από την παραγωγή, το χειρισμό, την επεξεργασία, τη διανομή έως και την κατανάλωση τροφίμων (de Oliveira, et al ,2021). Σύμφωνα με τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας του ΟΗΕ, η αναποτελεσματικότητα στην οικονομία των τροφίμων προκαλεί παγκοσμίως οικονομικές απώλειες ύψους ενός τρισεκατομμυρίου δολαρίων ετησίως, ενώ αν συνυπολογιστεί και το οικονομικό και περιβαλλοντικό κόστος το ποσό ανέρχεται ακόμη και δύο τρισεκατομμύρια δολάρια. Ταυτόχρονα, εκτιμάται πως έως το 2050 ο πληθυσμός της γης θα ανέρχεται τους 9 δισεκατομμύρια κατοίκους. Γίνεται, λοιπόν, εμφανώς αντιληπτό πως το υπάρχον γραμμικό σύστημα παραγωγής τροφίμων, που στηρίζεται στη φιλοσοφία του «take -παίρνω-, make -φτιάχνω-, dispose -απορρίπτω-» και υποστηρίζει ότι η οικονομική ανάπτυξη εξαρτάται από την πληθώρα των πόρων και την απεριόριστη διάθεση αποβλήτων, δεν είναι πλέον βιώσιμο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως αδυνατεί αυτό το σύστημα να καλύψει αυτές τις ανάγκες και επιφέρει δυσμενείς επιπτώσεις. Πιο συγκεκριμένα, η ανεξέλεγκτη παραγωγή αποβλήτων σε μια γραμμική οικονομία συνεπάγεται υψηλά κόστη για τη διαχείριση και την απόρριψή τους. Τα κόστη αυτά, επιβαρύνουν τις επιχειρήσεις και το δημόσιο τομέα, μειώνοντας την αποδοτικότητα της οικονομίας. Ακόμα, πολλοί πόροι χρησιμοποιούνται μόνο μια φορά και στη συνέχεια απορρίπτονται. Ως συνέπεια εμφανίζεται ότι η εξάντληση πολύτιμων φυσικών πόρων με ταχείς ρυθμούς, μειώνοντας τη διαθεσιμότητά τους για μελλοντική χρήση και αυξάνοντας το κόστος εξόρυξης και παραγωγής. Στο σημείο αυτό, η χρήση των περιβαλλοντικών πόρων με ρυθμό που η φύση αδυνατεί να τους αναγεννήσει δημιουργεί προβλήματα στο περιβάλλον, όπως η ρύπανση του. Επιπλέον, αναφέρεται πως η απόρριψη αερίων του θερμοκηπίου από τις βιομηχανικές δραστηριότητες σε μια γραμμική οικονομία συμβάλλει στην αύξηση του φαινομένου του θερμοκηπίου και στην αλλαγή του κλίματος, με σοβαρές συνέπειες για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία. Η μη αποτελεσματική αξιοποίηση των

αποβλήτων, οδηγεί έντονα στην ανάγκη εφαρμογής ενός νέου μοντέλου τροφίμων που θα στηρίζεται στην έννοια της κυκλικής οικονομίας. Η ιδέα αυτή βασίζεται, κυρίως, στην επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση των αποβλήτων και των παραπροϊόντων των απορριπτόμενων τροφίμων ή της βιομηχανίας τροφίμων. Πρόκειται για μια αναγεννητική οικονομία που στοχεύει στην επέκταση του κύκλου ζωής των προϊόντων, ώστε να λαμβάνεται από αυτά η μέγιστη αξία τους (Jurgilevich, et al,2016). Η κυκλική οικονομία στοχεύει στην ενίσχυση της βιωσιμότητας στο σύστημα των τροφίμων, καθώς αποτελεί μια νέα επιχειρηματική προσέγγιση που αναμένεται να προωθήσει μια πιο βιώσιμη ανάπτυξη και να συμβάλει στη δημιουργία μιας αρμονικής κοινωνίας. Στην εικόνα 12 δίνεται μια σχηματική μορφή των δύο εννοιών που θα αναλυθούν, της γραμμικής και της κυκλικής οικονομίας, ώστε να γίνει πιο κατανοητή η προσέγγιση του θέματος.



Εικόνα 12. Σχηματική απεικόνιση γραμμικής και κυκλικής οικονομίας/ Πηγή: <https://stock.adobe.com/images/comparison-of-linear-and-circular-economy-infographic-scheme-of-product-life-cycle-from-raw-material-to-production-consumption-and-recycling-instead-of-waste-f>

#### 4.1. Γραμμική Οικονομία

Το μοντέλο του γραμμικού οικονομικού συστήματος (linear economy) είναι ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί η παγκόσμια οικονομία. Πρόκειται για ένα επιχειρησιακό μοντέλο που εστιάζει στην εξής φιλοσοφία: **Take** – «παίρνω» από τους φυσικούς πόρους , **Make** – «παράγω» προϊόντα, **Dispose** – «απορρίπτω» ως απόβλητο στο περιβάλλον

το τελευταίο στάδιο ζωής ενός προϊόντος. Οι πόροι δηλαδή εξάγονται από τη γη και στη συνέχεια τα προϊόντα παράγονται για κατανάλωση (Upadhyay, S et al 2018). Αφορά σε μια μορφή οικονομίας η οποία στηρίζεται στην αφθονία των πόρων και την απεριόριστη διάθεση αποβλήτων. Πολλοί αποδίδουν την κατάσταση αυτή στον αθέμιτο ανταγωνισμό μεταξύ των βιομηχανιών, καθώς η διαρκής παραγωγή νέων προϊόντων μειώνει τους κύκλους ζωής τους απορρίπτοντας τα ως απόβλητα, γεγονός που επιφέρει τεράστιες καταστροφές στο φυσικό οικοσύστημα.

### ΣΗΜΕΡΑ: ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ



Εικόνα 13. Μοντέλο Γραμμικής Οικονομίας/ Πηγή: <https://stopwaste.gr/my-daily-blog-entry-2/>

## 4.2. Η έννοια της Κυκλικής Οικονομίας

Τα τελευταία χρόνια γίνονται διαρκώς και περισσότερες αναφορές στο μοντέλο της κυκλικής οικονομίας (circular economy). Ωστόσο, αποτελεί μια αναδυόμενη έννοια και επομένως δεν υπάρχει ακόμη ένας κοινός ορισμός. Στον ακόλουθο Πίνακα 4 παρουσιάζονται ορισμένοι ορισμοί που φαίνεται να την επεξηγούν ορθότερα:

Πίνακας 4. Ορισμοί Κυκλικής Οικονομίας

<b>Ευρωπαϊκή Επιτροπή (2015)</b>	Η κυκλική οικονομία είναι μια οικονομία όπου η αξία των προϊόντων, των υλικών και των πόρων διατηρείται στην οικονομία όσο το δυνατόν περισσότερο και η παραγωγή αποβλήτων ελαχιστοποιείται. Η μετάβαση σε μια περισσότερο κυκλική οικονομία θα συμβάλλει ουσιαστικά στις προσπάθειες της ΕΕ για την ανάπτυξη μιας βιώσιμης και οικονομικά αποδοτικής και
----------------------------------	---

<p>ανταγωνιστικής οικονομίας με χαμηλές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα.</p>	
<p><b>Ellen MacArthur Foundation (2015)</b></p>	<p>Η κυκλική οικονομία είναι ένα σύστημα όπου τα υλικά δεν γίνονται ποτέ απόβλητα και η φύση αναγεννάται. Σε μια κυκλική οικονομία, τα προϊόντα και τα υλικά διατηρούνται σε κυκλοφορία μέσω διαδικασιών όπως η συντήρηση, η επαναχρησιμοποίηση, η ανακαίνιση, η ανακατασκευή, η ανακύκλωση και η κομποστοποίηση. Η κυκλική οικονομία αντιμετωπίζει την κλιματική αλλαγή και άλλες παγκόσμιες προκλήσεις, όπως η απώλεια βιοποικιλότητας, τα απόβλητα και η ρύπανση, αποσυνδέοντας την οικονομική δραστηριότητα από την κατανάλωση πεπερασμένων πόρων</p>
<p><b>Ελληνικό Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (2018)</b></p>	<p>Η κυκλική οικονομία στηρίζεται στην ορθή αξιοποίηση των πόρων, στην ιδέα της ανακύκλωσης- επαναχρησιμοποίησης και στο μοντέλο της βιομηχανικής συμβίωσης. Επιδιώκει και ενθαρρύνει τη χρήση δευτερογενών υλικών και αποβλήτων ως παραγωγικών πόρων και χρησιμων υλικών, προσδίδοντας μία αειφορική διάσταση στο παραγωγικό μοντέλο</p>

Εν ολίγοις, η κυκλική οικονομία βασίζεται κυρίως στις αρχές της μείωσης των αποβλήτων, επαναχρησιμοποίησης των υλικών και ανακύκλωσης τους. Αντιτίθεται στο υπάρχον γραμμικό οικονομικό σύστημα, της αφθονίας της ύλης, και προτείνει μια επανορθωτική και αναγεννητική προσέγγιση, εστιασμένη στην επέκταση του κύκλου ζωής ενός προϊόντος, προκειμένου να ληφθεί η μέγιστη αξία από αυτό, ελαχιστοποιώντας τα απόβλητα όσο το δυνατόν περισσότερο. Για την επίτευξη του σκοπού πρέπει αυτό που θεωρούνταν απόβλητο, τώρα, να γίνει πόρος. Τα υλικά, δηλαδή, δεν χάνουν την αξία τους με το τέλος της προβλεπόμενης χρήσης τους, αλλά εισάγονται εκ νέου στην εφοδιαστική αλυσίδα, με την επαναχρησιμοποίηση τροφίμων,

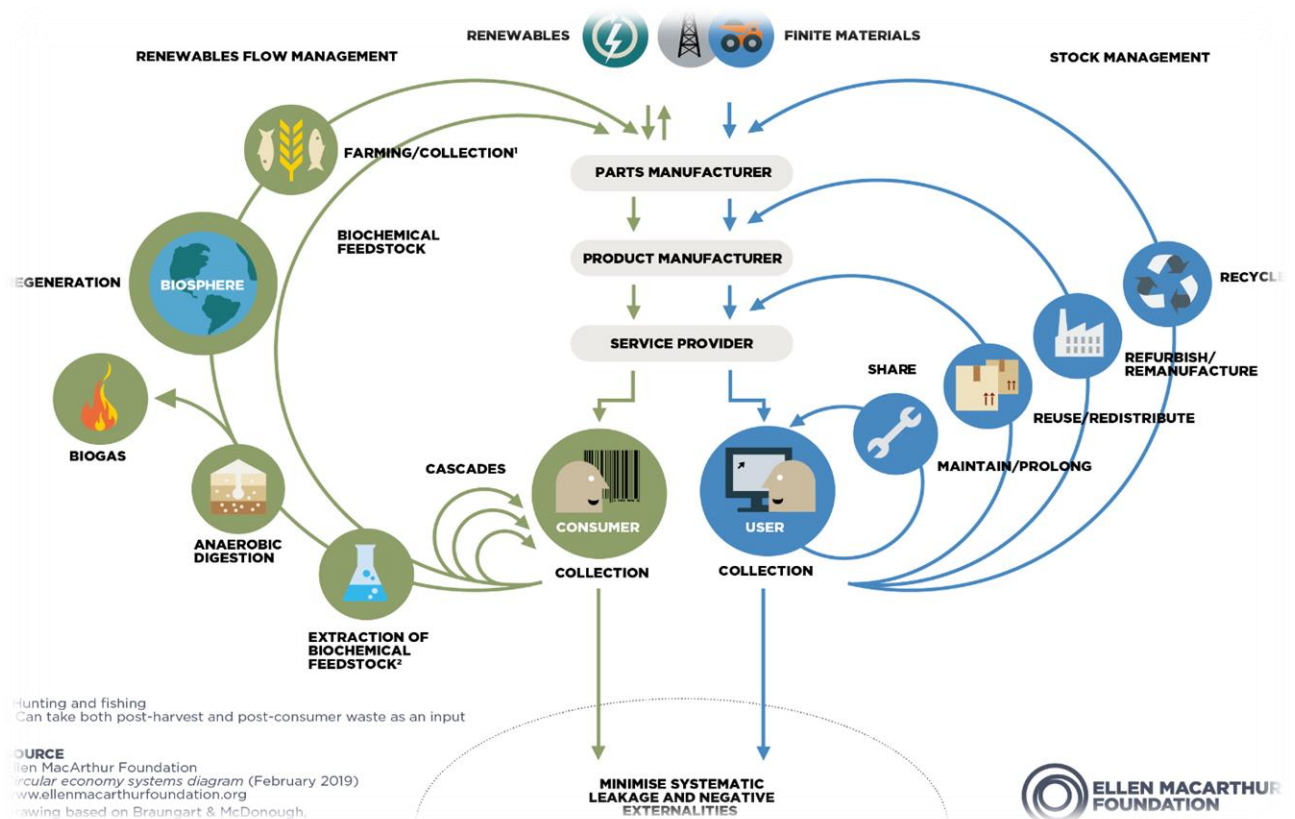
απορριμμάτων τροφίμων και πάρα-προϊόντων, όπως ανακύκλωση απόβλητων τροφίμων για την παραγωγή κομπόστ ή βιοαερίου, η χρήση βιοδιασπώμενων υλικών στις συσκευασίες τροφίμων, και η παραγωγή οργανικών τροφίμων. Τα οργανικά υλικά κινούνται φυσικά στα οικοσυστήματα μέσω συνεχών κυκλικών ροών υλικών και ενέργειας, όπου η έννοια των αποβλήτων δεν λαμβάνεται υπόψη. Η κυκλική οικονομία βρίσκει εφαρμογές στην αξιοποίηση και άλλων προϊόντων, όπως κινητά τηλέφωνα, πλυντήρια ρούχων και οχήματα (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

Η κυκλική οικονομία υιοθετεί θεωρίες και αρχές από τη βιομηχανική οικολογία, με στόχο τον κλειστό κύκλο των υλικών και των ουσιών, καθώς και τη μείωση της κατανάλωσης πόρων και των απορρίψεων στο περιβάλλον. Η βιομηχανική οικολογία εστιάζει ιδιαίτερα στην ιδέα των βιομηχανικών συστημάτων που μιμούνται τη λειτουργία φυσικών οικοσυστημάτων. Η κυκλική οικονομία αποτελεί ένα είδος βιομηχανικής οικονομίας που ανταποκρίνεται στη φύση με τη βελτίωση των συστημάτων και την αποκατάσταση της περιβαλλοντικής ισορροπίας. Οι αρχές που εφαρμόζονται στην κυκλική οικονομία περιλαμβάνουν τη χρήση αποβλήτων ως πρώτες ύλες για την παραγωγή νέων προϊόντων, την εκμετάλλευση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, και την εφαρμογή διαδοχικών ροών υλικών και ενέργειας (Jurgilevich et al 2016). Η πιο καινοτόμα ιδέα της κυκλικής οικονομίας, που υιοθετήθηκε από τη βιομηχανική, είναι πως τα απόβλητα στο τέλος της ζωής τους πρέπει να απελευθερώνονται στον βιομηχανικό τροφικό ιστό, τόσο ως υλικά όσο και ως ενέργεια. Μέσω αυτής προωθείται η μετάβαση από ανοιχτούς (γραμμικό σύστημα) σε κλειστούς (κυκλική οικονομία) κύκλους υλικών και ενέργειας, με αποτέλεσμα ελάχιστες βιομηχανικές σπατάλες (Ghisellini et al 2016). Πρόκειται, σαφώς, για πιο βιώσιμες πρακτικές που εφαρμόζονται στο σύστημα των τροφίμων, αφού οι πόροι τείνουν να εξαντλούνται, η οικονομία να δυσχεραίνει και το περιβάλλον να γίνεται ολοένα και φτωχότερο.

Ο οικολογικός οικονομολόγος Boulding το 1966, εισήγαγε την έννοια της κυκλικής οικονομίας ως ένα σύστημα απαραίτητο για τη διατήρηση της βιωσιμότητας σε παγκόσμιο επίπεδο, αφού το κλειστό αυτό σύστημα δεν επιτρέπει ουσιαστικές ανταλλαγές της ύλης με το εξωτερικό περιβάλλον. Η κυκλική οικονομία στηρίζεται σε 3 βασικές αρχές -ή αλλιώς- τα 3R : Reduce – Reuse – Recycle , δηλαδή στη μείωση των απορριμμάτων, στην επαναχρησιμοποίηση των υλικών και στην ανακύκλωση.

1. **Reduce – Η αρχή της μείωσης:** αναφέρεται στην ελαχιστοποίηση της χρήσης φυσικών πόρων, συμπεριλαμβανομένων των πρώτων υλών και των αποβλήτων, τόσο στην παραγωγή όσο και στην κατανάλωση των προϊόντων.
  - ✓ Η μείωση των αποβλήτων μπορεί να επιτευχθεί με την αντικατάσταση των πρώτων υλών ή υλικών που μπορούν να παράγουν μεγάλες ποσότητες απορριμμάτων. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με την επιλογή προϊόντων που φέρουν ανακυκλώσιμη συσκευασία, με την αποφυγή χρήσης και αγοράς προϊόντων που παράγουν μεγάλες ποσότητες απορριμμάτων και μέσω της μείωσης της χρήσης απορριπτόμενων υλικών (Dewilda, Yommi, et al 2023).
2. **Reuse – Η αρχής της επαναχρησιμοποίησης:** αναφέρεται σε οποιαδήποτε λειτουργία με την οποία προϊόντα ή εξαρτήματα που δεν είναι πλέον χρήσιμα ή απόβλητα χρησιμοποιούνται ξανά για τον ίδιο σκοπό για τον οποίο σχεδιάστηκαν.
  - ✓ Για παράδειγμα, υπολείμματα από ζυμαρικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ζωοτροφές, καθώς είναι πλούσια σε βιταμίνες, μέταλλα, πρωτεΐνες και άμυλο. Η εκμετάλλευση ανακυκλωμένων τροφίμων για την παραγωγή ζωοτροφών είναι μια αποτελεσματική μέθοδος, καθώς θα καθιστά τη χώρα ανεξάρτητη από τις ζωοτροφές και έτσι θα διατηρείται το περιβάλλον καθαρό (Dewilda, Yommi, et al 2023).
3. **Recycle – Η αρχή της ανακύκλωσης:** αναφέρεται σε οποιαδήποτε διαδικασία ανάκτησης, όπου τα απόβλητα υλικά επαναεπεξεργάζονται σε προϊόντα, υλικά ή ουσίες για τον αρχικό ή άλλους σκοπούς, αλλά δεν περιλαμβάνει την ανάκτηση ενέργειας ή την επανεπεξεργασία σε υλικά που χρησιμοποιούνται ως καύσιμα ή για άλλους σκοπούς.
  - ✓ Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα ανακύκλωσης στο επίπεδο της βιομηχανίας τροφίμων περιλαμβάνει τα κατάλοιπα των γλυκοπατάτων που χρησιμοποιούνται την παραγωγή σίπς, άλευρου και υγρής ζάχαρης. Αυτό είναι σύμφωνο με την έρευνα των Aryan (2017) και Ulya (2018), που ανακάλυψαν ότι τα κατάλοιπα των γλυκοπατάτων περιέχουν υψηλή διατροφική αξία όπως πρωτεΐνη, λίπος, ασβέστιο και υδατάνθρακες (Dewilda, Yommi, et al 2023).

Αξίζει να σημειωθεί πως δεν πρέπει να ταυτίζεται με την έννοια της βιωσιμότητας -παρόλο που αποτελεί βιώσιμο μοντέλο οικονομίας- ή της ανακύκλωσης. Πολλές φορές μάλιστα, η αρχή της ανακύκλωσης, μπορεί να είναι η λιγότερο βιώσιμη λύση σε σύγκριση με τις άλλες αρχές της (μείωση και επαναχρησιμοποίηση) όσον αφορά στην αποδοτικότητα των πόρων και στην κερδοφορία (Ghisellini et al 2016).



Εικόνα 14. Το διάγραμμα της πεταλούδας/ Πηγή: Ellen MacArthur Foundation

Στην εικόνα 14 απεικονίζεται το διάγραμμα του συστήματος κυκλικής οικονομίας, γνωστό ως διάγραμμα πεταλούδας, και απεικονίζει τη συνεχή ροή υλικών σε μια κυκλική οικονομία. Υπάρχουν δύο κύριοι κύκλοι - ο τεχνικός κύκλος και ο βιολογικός κύκλος. Στον τεχνικό κύκλο, τα προϊόντα και τα υλικά διατηρούνται σε κυκλοφορία μέσω διαδικασιών όπως η επαναχρησιμοποίηση, η επισκευή, η ανακατασκευή και η ανακύκλωση. Σ' αυτόν περιλαμβάνονται οι διαδικασίες μέσω των οποίων διέρχονται τα προϊόντα και τα υλικά προκειμένου να διατηρήσουν την υψηλότερη δυνατή αξία τους. Στον βιολογικό κύκλο, τα θρεπτικά συστατικά από



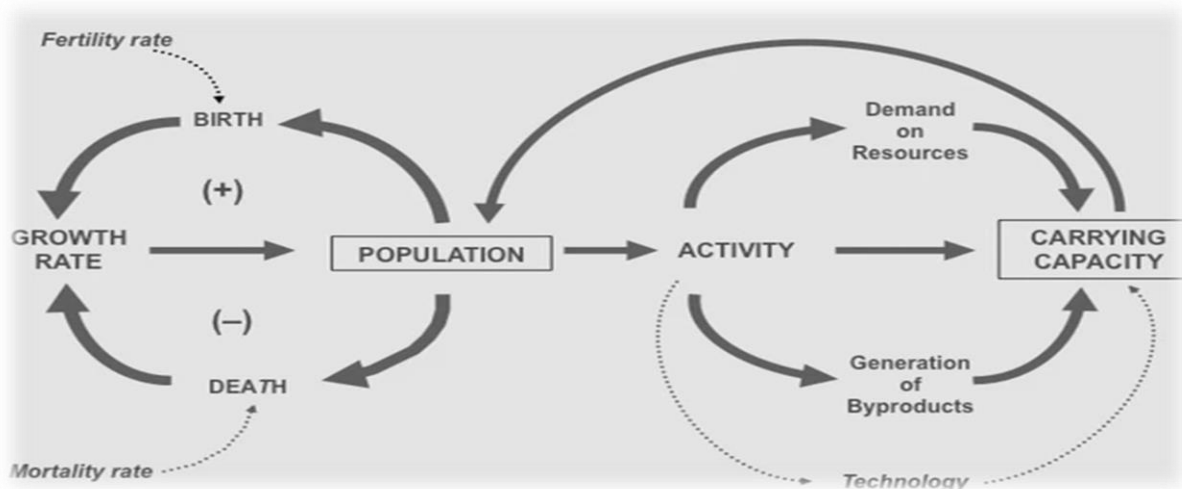
βιοαποδομήσιμα υλικά επιστρέφουν στη Γη για να αναγεννήσουν τη φύση. Σ' αυτόν περιλαμβάνονται διαδικασίες όπως η κομποστοποίηση και η αναερόβια χώνευση που μαζί βοηθούν στην αναγέννηση του φυσικού κεφαλαίου. Η διαδικασία της κομποστοποίησης είναι μια διαδικασία αερόβιας ζύμωσης σε στερεά υλικά, η οποία επιτυγχάνεται με τη βοήθεια μικροοργανισμών. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, διάφορα οργανικά υλικά μετατρέπονται σε πιο σταθερές ενώσεις. Αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι το κομπόστ, το οποίο συμβάλλει στη βελτίωση των φυσικών, χημικών και βιολογικών ιδιοτήτων του εδάφους. Οι κύριες πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται για την κομποστοποίηση είναι τα γεωργικά και αγροτοβιομηχανικά απόβλητα, όπως φυτικά υπολείμματα φλούδες, στάχυα, φύλλα δημητριακών, κοπριά ζώων και απόβλητα τροφίμων από αλεύρι, ζάχαρη, καθώς και τα οργανικά υπολείμματα οικιακού και βιομηχανικού χαρακτήρα (Sánchez et al 2018).

### 4.3. Η έννοια της Βιωσιμότητας

Η έννοια της βιωσιμότητας – sustainability, έκανε την εμφάνισή της στα τέλη της δεκαετίας του 1970-1980 και δημιουργήθηκε προκειμένου να τεθούν όρια στο δυτικό αναπτυξιακό μοντέλο. Η υπέρμετρη ανθρώπινη εκμετάλλευση πόρων συνδέθηκε στενά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, τη ρύπανση καθώς και την κλιματική αλλαγή. Το ανθρώπινο αποτύπωμα θα συνεχίσει να επεκτείνεται στον πλανήτη και η κλιματική αλλαγή θα απασχολεί το ανθρώπινο είδος -πιθανόν- για πάντα. Η επίδρασή του έχει ήδη αρχίσει να φαίνεται στα φυσικά οικοσυστήματα και στο περιβάλλον με ανησυχητικούς τρόπους, όπως τα ακραία καιρικά φαινόμενα, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας που προκαλείται από το λιώσιμο των πάγων, η υπερθέρμανση του πλανήτη κλπ. Είναι κατανοητό πως η ανθρώπινη δραστηριότητα, προκειμένου να καλύψει τις ανάγκες του συνεχώς αυξανόμενου πληθυσμού, είναι δύσκολο να τιθασευτεί. Συνεπώς, πρέπει να βρεθεί μια λύση ώστε οι πόροι να αξιοποιούνται με τρόπο και ρυθμό που δεν επιβαρύνουν το φυσικό περιβάλλον. Η βιωσιμότητα ή αειφορία αποτελεί μια προσέγγιση που φαίνεται να καλύπτει πρακτικές πιο φιλικές προς το περιβάλλον. Ο Jeremy L. Caradonna (2022) σε μια εκτενέστερη ανάλυση, αντιμετωπίζει τη βιωσιμότητα ως ένα σύστημα οικονομικοβιομηχανικό που στοχεύει στην καταπολέμηση των δημιουργούμενων κοινωνικών ανισοτήτων, της εξάντλησης των φυσικών πόρων και οικοσυστημάτων, καθώς και στην άνοδο των παγκόσμιων χρηματοπιστωτικών συστημάτων. Για παράδειγμα, οι τράπεζες και οι

χρηματοπιστωτικοί φορείς δημιουργούν χρηματοοικονομικά προϊόντα που προωθούν τη βιωσιμότητα, όπως τα πράσινα ομόλογα που χρηματοδοτούν έργα για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Επίσης, προωθούνται επενδύσεις σε επιχειρήσεις και έργα που επικεντρώνονται στην αειφορία, όπως οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η καθαρή τεχνολογία και η πράσινη υποδομή. Η βιώσιμη προσέγγιση, δηλαδή, δίνει έμφαση στη χρήση ανανεώσιμων πόρων και στην πρακτική της αειφορίας, γεγονός που αντιτίθεται στο υπάρχον γραμμικό μοντέλο που εστιάζει στην ανεξάντλητη εξόρυξη και εκμετάλλευση των φυσικών πόρων και συχνά οδηγεί σε εξάντληση τους και περιβαλλοντική ρύπανση.

Ο Ben-Eli (2018) ορίζει τη βιωσιμότητα ως μια «δυναμική ισορροπία κατά τη διαδικασία αλληλεπίδρασης μεταξύ ενός πληθυσμού και της φέρουσας ικανότητας του περιβάλλοντός του, έτσι ώστε ο πληθυσμός να αναπτύσσεται για να εκφράσει το πλήρες δυναμικό του χωρίς να παράγει μη αναστρέψιμες δυσμενείς επιπτώσεις στη φέρουσα ικανότητα του περιβάλλοντος από το οποίο εξαρτάται». Αναφέρει πως πρόκειται για ένα σύστημα δύο μεταβλητών που δρουν ταυτόχρονα σε έναν κυκλικό αμφίδρομο βρόχο και αλληλοεπιδρούν. Όπως φαίνεται στο γράφημα, η επίδραση ενός πληθυσμού στην αντοχή του περιβάλλοντός του εξαρτάται από τον ρυθμό και την ένταση των δραστηριοτήτων του. Αυτές οι δραστηριότητες μπορούν να παρουσιάζονται με διάφορους τρόπους, αλλά ουσιαστικά συγκεντρώνονται σε δύο βασικά κανάλια: τη ζήτηση πόρων και την παραγωγή υπο- ή πάρα-προϊόντων. Για να επιτευχθεί μια κατάσταση βιωσιμότητας για το σύστημα συνολικά, είναι απαραίτητο να υπάρχει ισορροπία μεταξύ του ρυθμού κατανάλωσης και ανανέωσης πόρων, καθώς και του ρυθμού παραγωγής και απορρόφησης παρα-προϊόντων. Η ακόλουθη φωτογραφία 15 συνοψίζει την έννοια της βιωσιμότητας, όπως προσεγγίζεται από τον Ben Elli.



Εικόνα 15. Σχέση πληθυσμού και φέρουσας ικανότητας – Αλληλεπίδραση των 2 μεταβλητών του συστήματος / Πηγή: Ben-Eli (2018)

Καταλήγοντας, η εισαγωγή της έννοιας της βιωσιμότητας ως βασικής αρχής οργάνωσης στον κόσμο, θα πρέπει να έχει ως στόχο την προώθηση μιας αρμονικής σχέσης μεταξύ ατόμων, κοινωνίας, οικονομίας και της ανανεωτικής ικανότητας των οικοσυστημάτων του πλανήτη που διασφαλίζουν τη συνέχιση της ζωής.

#### 4.4. Η βιωσιμότητα στο σύστημα των τροφίμων

Το ενδιαφέρον για το υπάρχον σύστημα των τροφίμων επικεντρώνεται στις ανησυχίες που σχετίζονται με το περιβάλλον, την επισιτιστική ασφάλεια (Αντζέντα του 2030-Καταπολέμηση της πείνας), τη χρήση των πόρων καθώς και με θέματα διατροφής που αφορούν στην υγεία του καταναλωτή. Αναλυτικότερα, το σημερινό σύστημα αντιμετωπίζει μεγάλο πρόβλημα ως προς τη διατροφική κάλυψη του διαρκώς αυξανόμενου πληθυσμού, τόσο σε ποσότητα όσο και σε ποιότητα παραγόμενων προϊόντων. Οι διαθέσιμες για τη γεωργία πρώτες ύλες μειώνονται και η κλιματική αλλαγή αναμένεται να περιορίσει περαιτέρω την παραγωγικότητα των βασικών καλλιεργειών σε αρκετές περιοχές του κόσμου (Béné et al 2019). Μια άλλη ανησυχία εστιάζει στις ανισότητες που δημιουργούνται σχετικά με τη πρόσβαση των οικονομικά ασθενέστερων πολιτών στη τροφική αλυσίδα. Τέλος, όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι μέθοδοι παραγωγής και εκμετάλλευσης των πόρων ουδεμία σχέση έχουν με βιώσιμες εφαρμογές, αντιθέτως επιβαρύνουν σε υπερβολικό βαθμό το περιβάλλον.

Ένα βιώσιμο σύστημα τροφίμων αποβλέπει στην αντιμετώπιση όλων των παραπάνω προβλημάτων και στοχεύει στην παροχή ασφαλών τροφίμων, άρρηκτα συνδεδεμένων με την υγεία. Για να επιτευχθεί αυτό, αρχικά πρέπει να συνδυαστεί η παραγωγικότητα με την ποιότητα προκειμένου να αντιμετωπιστεί το θέμα της επισιτιστικής ασφάλειας και οι καταναλωτές να τρέφονται με τρόφιμα που δεν επιβαρύνουν την ανθρώπινη υγεία. Αυτά θα παράγονται, σαφώς, με διαδικασίες φιλικές προς το περιβάλλον. Τα βιώσιμα συστήματα τροφίμων θα πρέπει να είναι σε θέση να αντιμετωπίσουν αποτελεσματικά τις δημιουργούμενες προκλήσεις της κλιματικής αλλαγής. Συνεπώς θα πρέπει να γίνουν ανθεκτικά σε θέματα μείωσης παραγωγικότητας που θα επηρεάσουν, όπως φαίνεται, μεγάλο μέρος των καλλιεργήσιμων εκτάσεων. Τα ακραία καιρικά φαινόμενα προκαλούν καταστροφές οι οποίες συνεπάγονται οικονομικές επιπτώσεις στο ζήτημα του εφοδιασμού τροφίμων με αποτέλεσμα την άνοδο των τιμών, που καθιστά δύσκολη την πρόσβαση ασθενών κοινωνικών ομάδων στην αγορά προϊόντων, εντείνει το πρόβλημα της πείνας και δημιουργεί ανισότητες.

Ένα επιπλέον σημαντικό αποτέλεσμα συνδέεται με τον εκσυγχρονισμό των θετικών περιβαλλοντικών και κοινωνικοοικονομικών κύκλων ανατροφοδότησης. Η θετική ανατροφοδότηση μπορεί να αρχίσει από μια νοοτροπία που βασίζεται σε αρχές όπως η υγεία, η οικολογία, η δικαιοσύνη και η φροντίδα. Αυτές οι αρχές εκφράζονται μέσω πρακτικών διαχείρισης της γης χωρίς χρήση φυτοφαρμάκων, η οποία στοχεύει στην αύξηση της γονιμότητας του εδάφους μέσω της κομποστοποίησης και άλλων μεθόδων. Η διαδικασία αυτή οδηγεί σε πιο ανθεκτικά συστήματα καλλιέργειας, μέσω της χρήσης μυκόρριζων μυκήτων και άλλων συμβιωτικών διεργασιών που ενισχύουν τη γεωργική ποικιλομορφία και μπορεί να ελαχιστοποιήσει την περιβαλλοντική υποβάθμιση και την κλιματική αλλαγή. Η συγκεκριμένη οικολογική προσέγγιση αναγνωρίζει τη σημασία της αλληλεξάρτησης με τη φύση και προωθεί σχέσεις αλληλεγγύης στην αλυσίδα εφοδιασμού. Η θετική ανατροφοδότηση πρέπει να είναι σύμφωνη με την προστασία του εδάφους και των φυσικών αποθεμάτων του, την εκθετική αύξηση του πληθυσμού, την αστικοποίηση, την μετανάστευση σε παγκόσμιο επίπεδο και άλλες κρίσιμα σημεία. Μια σημαντική πτυχή αυτής της διαδικασίας θα είναι η μετατροπή της γεωργίας σε ελκυστική και βιώσιμη επιλογή για την επιβίωση των νέων, σε συνδυασμό με την αποτελεσματική ένωση της αγροτικής ζωής και των αλυσίδων εφοδιασμού τροφίμων, δίχως αποκλεισμούς και με βέλτιστη χρήση των

εδαφικών και γεωργικών πόρων (Kretschmer, S., & Kahl, J. (2021). Τα ευνοϊκά αποτελέσματα θα προκύψουν από τη δημιουργία θετικών συνδέσεων μεταξύ των περιβαλλοντικών, κοινωνικών και οικονομικών πτυχών, οι οποίες επιτρέπουν την αποτελεσματική ροή των υλικών, της ενέργειας και των πληροφοριών μεταξύ διαφορετικών συστημάτων. Αυτό σημαίνει ότι οι διάφοροι τομείς, όπως η παραγωγή τροφίμων, η ενέργεια, η κοινωνική πολιτική και η οικονομία, θα πρέπει να συνδυαστούν και να συνεργαστούν για να δημιουργήσουν ένα ολοκληρωμένο και βιώσιμο σύστημα. Μέσω αυτής της συνεργασίας, λοιπόν, οι πόροι θα χρησιμοποιούνται αποδοτικά και θα επιτρέπεται η ανταλλαγή γνώσεων και πρακτικών μεταξύ των διάφορων κοινοτήτων και τομέων, προωθώντας έτσι τη βιώσιμη ανάπτυξη και την αειφορία (Béné et al 2019).

Στην πραγματικότητα, ένα βιώσιμο σύστημα τροφίμων θα αυξήσει την παραγωγικότητα των υπαρχόντων πόρων μετατρέποντας τα απόβλητα και τα παραπροϊόντα σε πόρους για την αξιοποίηση τους σε νέα προϊόντα υψηλής προστιθέμενης αξίας σε μια υποδομή παραγωγής κλειστού βρόχου. Αυτό σημαίνει ότι τα προϊόντα και τα υλικά σχεδιάζονται έτσι ώστε, όταν φτάσουν στο τέλος τους κύκλου ζωής τους, να μπορούν να ανακυκλώνονται ή να επαναχρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες για την παραγωγή νέων προϊόντων ή υλικών. Δημιουργείται έτσι ένας κύκλος όπου οι πόροι δεν απορρίπτονται, αλλά διατηρούνται στο σύστημα οικονομίας, μειώνοντας έτσι τις απώλειες και την ανάγκη για νέες πρώτες ύλες. Αυτή η προσέγγιση συνιστά έναν τρόπο βιώσιμης και αποδοτικής χρήσης των πόρων, καθώς μειώνει την εξάρτηση από την εξόρυξη νέων φυσικών πόρων και ελαχιστοποιεί την παραγωγή αποβλήτων και συνεπώς τη ρύπανση του περιβάλλοντος.

Επιπλέον, η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα μειώσει σε μεγάλο βαθμό τις εκπομπές επιβλαβών ουσιών στην ατμόσφαιρα. Σε αυτό το σημείο δε γίνεται να παραλειφθεί η διαμόρφωση «προτύπων» χρήσης γης με μειωμένη ανθρώπινη παρέμβαση. Τα πρότυπα χρήσης γης με μειωμένη ανθρώπινη παρέμβαση αναφέρονται σε πρακτικές και μεθόδους που εστιάζουν στη βιώσιμη διαχείριση της γης με ελάχιστη επέμβαση ή επιρροή από τον άνθρωπο. Αυτό συχνά σημαίνει την αξιοποίηση φυσικών διαδικασιών και οικοσυστημικών υπηρεσιών για τη διατήρηση και τη βελτίωση της γονιμότητας του εδάφους, την προστασία της βιοποικιλότητας και την προώθηση της οικολογικής ισορροπίας. Οι πρακτικές αυτές μπορεί να περιλαμβάνουν την οργανική γεωργία, τη χρήση φυσικών λιπασμάτων και φυτοπροστατευτικών, την εφαρμογή αγροοικολογικών αρχών, και την υιοθέτηση τεχνικών όπως η περιορισμένη

καλλιέργεια ή η αγροδασολογία. Στόχος είναι η μείωση της εξάρτησης από χημικά λιπάσματα και φυτοφάρμακα και η διατήρηση της φυσικής ισορροπίας του οικοσυστήματος (Tuck, S. L., et al 2014). Όλες αυτές οι πρακτικές υποδηλώνουν το σεβασμό του ανθρώπου και της δραστηριότητας του στο περιβάλλον, αναγνωρίζοντας τη σημαντικότητα του για την εξέλιξη και την υγιή διαβίωση του ανθρώπινου είδους. Τέλος, όπως αναλύθηκε, αντιμετωπίζεται το πρόβλημα του υποσιτισμού, και συνεπώς αυξάνεται το προσδόκιμο ζωής και οι εξαλείφονται οι κοινωνικοοικονομικές ανισότητες.

#### 4.5. Τομείς εφαρμογής της βιωσιμότητας

Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να αναφερθούν οι τομείς όπου βρίσκει εφαρμογή η έννοια της βιωσιμότητας. Ο πίνακας 5 συνοψίζει μερικούς από τους πιο διαδεδομένους.

Πίνακας 5. Τομείς εφαρμογής βιωσιμότητας

Τομείς εφαρμογής βιωσιμότητας	Με ποιον τρόπο	Αναφορές
<b>Κατασκευές</b>	<p>i. Η βιώσιμη κατασκευή συνήθως επικεντρώνεται στη μείωση της αρνητικής επίδρασης στο περιβάλλον και μπορεί να συμπεριλαμβάνει στοιχεία όπως πρόληψη, επαναχρησιμοποίηση και αποτελεσματική διαχείριση αποβλήτων, όπως ξύλο, μέταλλα, τσιμέντο, πλαστικό, γυαλί κ.λπ. Αυτή η προσέγγιση έχει άμεσα οφέλη για την κοινωνία, ενώ επικεντρώνεται λιγότερο στην αποκλειστική επίτευξη οικονομικής κερδοφορίας.</p> <p>ii. Πιστοποίηση πράσινων κτηρίων.</p>	Kiani Mavi, et al (2021)

<p><b>Κοινοτική Ενέργεια</b></p>	<p>i.Χρήση τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (κυρίως ηλιακή, αιολική). ii.Εξοικονόμηση ενέργειας.</p>	<p>Klein, et al (2016)</p>
<p><b>Βιομηχανία Μόδας</b></p>	<p>i.Η υιοθέτηση φυσικών υλικών και διαδικασιών με χαμηλές περιβαλλοντικές επιπτώσεις αποτελεί βελτίωση τόσο στο περιβαλλοντικό προφίλ όσο και στην πραγματική ποιότητα του τελικού προϊόντος. ii.Η χρήση πράσινων και οργανικών ινών και πρώτων υλών. iii.Η χρήση ανακυκλώσιμων συσκευασιών. iv.Η εστίαση στην πλήρη ή μερική επαναχρησιμοποίηση του προϊόντος και ακόμη και στη συσκευασία του.</p>	<p>Caniato, et al (2012)</p>
<p><b>Βιομηχανία Τροφίμων</b></p>	<p>i.Η εκτίμηση κύκλου ζωής του προϊόντος. ii.Τα προϊόντα μεγαλύτερης διάρκειας ζωής. iii.Η διαχείριση των αποβλήτων τροφίμων στην αλυσίδα εφοδιασμού μέσω της μείωσης των απορριμμάτων. iv.Η κυκλική οικονομία v. Η ελαχιστοποίηση του βάρους της συσκευασίας και η μείωση της ποικιλομορφίας των διαδικασιών, καθώς και η προώθηση της χρήσης ανακυκλωμένων υλικών.</p>	<p>Adams, D., et al (2021)</p>

#### 4.6. Οφέλη της Κυκλικής Οικονομίας

Η μετάβαση από την Γραμμική Οικονομία στην Κυκλική Οικονομία είναι κομβικής σημασίας και τα πλεονεκτήματα που απορρέουν από την εφαρμογή ενός τέτοιου συστήματος είναι μείζονος σημασίας, τόσο σε περιβαλλοντικό επίπεδο στοχεύοντας σε μια πιο βιώσιμη ανάπτυξη, όσο και σε οικονομικό.

Όπως παρουσιάζεται από την σύνοδο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής στις Βρυξέλλες (2015), η Κυκλική Οικονομία δημιουργεί τη βάση για υγιή ανταγωνισμό μεταξύ των επιχειρήσεων, βελτιώνοντας τον τρόπο παραγωγής αλλά και κατανάλωσης προϊόντων και παρέχει νέες θέσεις εργασίας, αντιμετωπίζοντας ταυτόχρονα το ζήτημα της ανεργίας. Συμβάλλει, επίσης, στην επενδυτική και κοινωνική αντζέντα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, είναι ένθερμος υποστηρικτής της βιομηχανικής καινοτομίας και οδηγεί τις επιχειρήσεις και τους καταναλωτές στην υιοθέτηση πιο βιώσιμων πρακτικών. Παρατίθεται ακολούθως μια έρευνα από το Ellen MacArthur Foundation (<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/cities-and-circular-economy-for-food>), το οποίο είναι μια μη κερδοσκοπική οργάνωση που ιδρύθηκε το 2010 και παράγει ερευνητικές εργασίες βασισμένες σε αποδείξεις για τα οφέλη μιας κυκλικής οικονομίας και το πώς μπορεί να συμβάλλει στην επίλυση παγκόσμιων προκλήσεων όπως η κλιματική αλλαγή και η απώλεια βιοποικιλότητας.

Η έκθεση λοιπόν, αναφέρεται σε μια πρόβλεψη για το πόσα χρήματα θα μπορούσαν να εξοικονομηθούν ετησίως εάν εφαρμοστούν πρακτικές κυκλικής οικονομίας σε ευρεία κλίμακα. Οι εκτιμήσεις υπολογίζουν την προβλεπόμενη εξοικονόμηση χρημάτων που θα προκύψει από αυτήν τη μείωση των δαπανών για υλικά. Για παράδειγμα, η ανακύκλωση υλικών μπορεί να μειώσει την ανάγκη για νέα πρώτα υλικά, η επαναχρησιμοποίηση προϊόντων μπορεί να αποφέρει οικονομίες σε κόστος και η ανάπτυξη προϊόντων με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής μπορεί να μειώσει τη συχνότητα αντικατάστασης. Τα ποσά που αναφέρονται «340 έως 380 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως για ένα «σενάριο μετάβασης» και 520 έως 630 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως για ένα «προχωρημένο σενάριο» αντιπροσωπεύουν τη συνολική προβλεπόμενη εξοικονόμηση χρημάτων από αυτές τις πρακτικές σε επίπεδο ΕΕ. Αυτά τα ποσά περιλαμβάνουν εξοικονομήσεις από την ανακύκλωση αποβλήτων, την επαναχρησιμοποίηση υλικών και άλλες πρακτικές που προάγουν την αειφορία στη χρήση των πόρων.



Σε περιβαλλοντικό επίπεδο, γίνεται κατανοητή η αδυναμία της Γης να καταναλώνει πόρους με ταχύτερο ρυθμό από αυτόν που τους ανανεώνει. Για τον λόγο αυτό, κρίνεται αναγκαία η εξοικονόμηση ενέργειας και η φιλικότερη προς το περιβάλλον χρήση πόρων με στόχο τη προστασία του κλίματος, των υδατικών και χερσαίων περιοχών. Φυσικά, η εφαρμογή της Κυκλικής Οικονομίας μειώνει τα επίπεδα εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Ακόμη, στοχεύει στον περιορισμό της υγειονομικής ταφής των αποβλήτων και στην επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση αποβλήτων και αστικών απορριμμάτων. Η πολιτική συνοχή μεταξύ εσωτερικών και εξωτερικών δράσεων είναι αναγκαία για την υλοποίηση της ατζέντα 2030 του ΟΗΕ για την αειφόρο ανάπτυξη και η συμμαχία των G7 για την αποδοτικότητα των πόρων. Η Ατζέντα 2030 του ΟΗΕ για την Αειφόρο Ανάπτυξη περιλαμβάνει στόχους και δείκτες που αφορούν τον τομέα τροφίμων με σκοπό την προώθηση της αειφόρου παραγωγής, κατανάλωσης και αλυσίδας εφοδιασμού τροφίμων. Κάποια σημαντικά θέματα που αναφέρονται στην Ατζέντα 2030 για τον τομέα τροφίμων περιλαμβάνουν:

1. **Αειφόρα παραγωγή τροφίμων:** Η ανάπτυξη της γεωργίας και της κτηνοτροφίας πρέπει να γίνεται με σεβασμό στο περιβάλλον και να περιορίζει τις αρνητικές επιπτώσεις στην εναλλαγή του κλίματος, τη βιοποικιλότητα και τη γεωργική γη.
2. **Καταπολέμηση της πείνας:** Ο στόχος είναι να εξασφαλιστεί η πρόσβαση όλων σε ασφαλή, θρεπτικά και επαρκή τροφή, ενώ παράλληλα πρέπει να μειωθεί η απώλεια τροφίμων κατά την παραγωγή, μεταφορά, αποθήκευση και κατανάλωση.
3. **Αειφόρος χρήση των πόρων:** Ο τομέας των τροφίμων πρέπει να μειώσει τη χρήση των φυσικών πόρων, νερού και ενέργειας, και να βελτιώσει την αποδοτικότητα της χρήσης τους.
4. **Προώθηση της βιώσιμης γεωργίας:** Η ανάπτυξη της γεωργίας πρέπει να σέβεται τις κοινότητες και τους εργαζομένους της γης, να προστατεύει τα δικαιώματα των εργαζομένων και να συμβάλλει στην οικονομική ανάπτυξη των αγροτικών κοινοτήτων.

Η συνοχή μεταξύ εσωτερικών και εξωτερικών δράσεων είναι ζωτικής σημασίας για την υλοποίηση αυτών των στόχων, καθώς απαιτεί συνεργασία μεταξύ χωρών και τομέων σε παγκόσμιο επίπεδο. Η συμμαχία των G7 για την αποδοτικότητα των πόρων αποτελεί μέρος αυτής της προσπάθειας, καθώς προωθεί τη βελτίωση της χρήσης των

πόρων και τη μείωση των αρνητικών επιπτώσεών τους στο περιβάλλον. Για την εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας, ωστόσο, θα χρειαστεί μακροπρόθεσμη συμμετοχή σε όλα τα επίπεδα: από τα κράτη μέλη, τις περιφέρειες και τους δήμους μέχρι τις μεμονωμένες επιχειρήσεις και τους πολίτες (Ευρωπαϊκή Επιτροπή).

#### **4.7. Εμπόδια στην εφαρμογή ενός κυκλικού συστήματος**

##### **1. Εμπόδια της αγοράς – κεφαλαίου**

Τα χρηματοοικονομικά εμπόδια για την υιοθέτηση ενός κυκλικού συστήματος οικονομίας περιλαμβάνουν υψηλό κόστος επένδυσης. Πιο συγκεκριμένα, οι τιμές των πρώτων υλών, των πρωτογενών υλικών και της ορυκτής ενέργειας είναι σαφώς χαμηλότερες από αυτές των ανακυκλωμένων υλικών και της ανανεώσιμης ενέργειας. Η προσφορά πρωτογενών υλικών προσαρμόζεται πιο εύκολα στις αλλαγές των τιμών σε σύγκριση με την προμήθεια ανακυκλωμένου υλικού, δηλαδή η παραγωγή νέων υλικών από φυσικούς πόρους (παρθένα υλικά) είναι πιο ευέλικτη και μπορεί να προσαρμοστεί πιο εύκολα στις αλλαγές των τιμών στην αγορά, σε σύγκριση με την προμήθεια υλικών από ανακύκλωση. Αυτό συμβαίνει διότι τα υλικά που προέρχονται από ανακύκλωση εξαρτώνται από το τι έχει χρησιμοποιηθεί προηγουμένως και πώς έχει γίνει η ανακύκλωσή τους. Αυτό δημιουργεί αβεβαιότητα στην προσφορά τους και στις νέες τιμές με τις οποίες εισάγονται στην αγορά. Κατά συνέπεια, η αβεβαιότητα σχετικά με τις τιμές μπορεί να αποθαρρύνει τις επενδύσεις σε αγορές που βασίζονται σε ανακυκλωμένα υλικά, και έτσι η χρήση ανακυκλωμένων υλικών παραμένει χαμηλή σε σύγκριση με τη χρήση παρθένων υλικών (Grafström et al 2021).

Ένα παράδειγμα στον τομέα των τροφίμων είναι η προμήθεια σιτηρών για την παραγωγή αλεύρου. Η παραγωγή αλεύρου από φρέσκο σιτάρι (παρθένα υλικά) είναι συνήθης πρακτική και είναι συνδεδεμένη με τις τρέχουσες τιμές στην αγορά του σιταριού. Ωστόσο, η παραγωγή αλεύρου από ανακυκλωμένα σιτηρά είναι λιγότερο διαδεδομένη και πιο αβέβαιη σε σχέση με την παραγωγή από φρέσκο σιτάρι. Η ποιότητα και η διαθεσιμότητα των ανακυκλωμένων σιτηρών εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, όπως ο τρόπος συλλογής, η επεξεργασία και η αποθήκευσή τους. Επιπλέον, οι τιμές των ανακυκλωμένων σιτηρών μπορεί να διακυμαίνονται περισσότερο σε σχέση με τις τιμές των φρέσκων σιτηρών, λόγω της αβεβαιότητας σχετικά με τη διαθεσιμότητά τους και την ποιότητά τους. Έτσι, η αβεβαιότητα στην προσφορά και τις τιμές των ανακυκλωμένων σιτηρών μπορεί να αποθαρρύνει τις

επενδύσεις σε επιχειρήσεις που βασίζονται σε ανακυκλωμένα σιτηρά, ενώ η χρήση φρέσκων σιτηρών παραμένει συνήθης και πιο προβλέψιμη λόγω της ευκολότερης προσαρμογής στις αλλαγές των τιμών στην αγορά (Cuomo, F., et al 2022).

Αναφέρεται πως οι φόροι των πόρων είναι αρκετά χαμηλοί, επομένως οι εταιρείες προτιμούν να αγοράζουν φθηνότερες πρώτες ύλες παρά να χρησιμοποιούν ανακυκλωμένες, κάτι που συχνά συνεπάγεται συμπληρωματικό κόστος επεξεργασίας. (Rizos, V. et al 2016). Όσον αφορά στις μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις, η έλλειψη κεφαλαίου αποτελεί σημαντικό εμπόδιο, καθώς η μετάβαση από ένα γραμμικό σε ένα κυκλικό μοντέλο απαιτούν αλλαγές σε δραστηριότητες και μηχανισμούς ως προς την παραγωγή προϊόντων. Το ύψος των δαπανών και το κόστος του ανθρώπινου δυναμικού χρειάζονται χρόνο για να καλυφθούν και σε αυτό υπάρχει ελλιπής στήριξη από την πλευρά των κυβερνήσεων. Πέραν του ότι δεν υπάρχουν διαθέσιμες νέες μέθοδοι χρηματοδότησης για την προώθηση καινοτόμων επιχειρηματικών μοντέλων, η μη επαρκής ενημέρωση του προσωπικού των επιχειρήσεων καθιστά δύσκολη την αξιοποίηση των επιχορηγήσεων της Ευρωπαϊκής Ένωσης και των κυβερνήσεων. Τέλος, η εφαρμογή ενός κυκλικού σχεδίου απαιτεί συνεχή παρακολούθηση και βελτίωση του κύκλου ζωής του προϊόντος. Για να επιτευχθεί αυτό ένα σημαντικό μέρος χρημάτων και πόρων της εταιρείας θα πρέπει να είναι «δεσμευμένα» και επομένως δεν θα μπορούν να αξιοποιηθούν σε άλλες ανάγκες της.

## 2. Έλλειψη πληροφοριών, σε καταναλωτές και εταιρείες

Όπως παρουσιάζεται στο άρθρο «Εφαρμογή Επιχειρηματικών Μοντέλων Κυκλικής Οικονομίας από Μικρές και Μεσαίες Επιχειρήσεις (MME): Εμπόδια και Ενεργοποιητές», μια έρευνα σε 300 ευρωπαϊκές επιχειρήσεις που διεξήχθη από το συγχρηματοδοτούμενο από την ΕΕ έργο FUSION έδειξε ότι οι περισσότερες εταιρείες είτε δεν είχαν έρθει σε επαφή ποτέ για τον όρο «κυκλική οικονομία» ή δεν μπορούσαν να κατανοήσουν τη σημασία του. Μια παρόμοια μελέτη που διεξήχθη με τη συμμετοχή 157 εταιρειών στην Κίνα κατέληξε στο συμπέρασμα ότι υπάρχει μια σχετικά καλή κατανόηση της κυκλικής οικονομίας, αλλά εξακολουθεί να υφίσταται ένα αξιοσημείωτο «χάσμα» μεταξύ της κατανόησης αυτής της έννοιας και της πραγματικής συμπεριφοράς μιας επιχείρησης λόγω διαφόρων παραγόντων, όπως οι πολιτισμικές παράμετροι. Συνεπώς το ενδιαφέρον των καταναλωτών ως προς την υιοθέτηση

βιώσιμων πρακτικών εμφανίζεται ελλιπές, γεγονός που καθιστά δύσκολη την μετάβαση σε ένα κυκλικό σύστημα παραγωγής προϊόντων.

### 3. Τεχνολογία και Καινοτομία

Ο τρόπος με τον οποίο είναι κατασκευασμένα τα προϊόντα πολλές φορές παρουσιάζεται ως εμπόδιο για την εφαρμογή πρακτικών που στηρίζονται στην κυκλική οικονομία, όπως η επαναχρησιμοποίηση ή η ανακύκλωση τους. Όπως αναφέρει και το ίδρυμα Ellen MacArthur (2017), ο σχεδιασμός για επέκταση της διάρκειας ζωής του προϊόντος ή ο σχεδιασμός για ευκαιρίες επισκευής είναι ζωτικής σημασίας, σε αντίθεση π.χ. με τη λογική της «γρήγορης μόδας». Συχνά, δεν επιτυγχάνεται σωστός διαχωρισμός των απορριμμάτων, γεγονός που προκαλεί πρόβλημα σχετικά με το ποια ανακυκλώμενα υλικά είναι κατάλληλα για επαναχρησιμοποίηση. Ταυτόχρονα, δεν υπάρχει ούτε από την πλευρά του καταναλωτή προθυμία να αγοράσει ανακυκλωμένα προϊόντα, επειδή αυτά ίσως στερούνται κατάλληλων προτύπων, γεγονός που σχετίζεται με τον ανεπαρκή διαχωρισμό τους. Φυσικά, δε γίνεται να παραλειφθεί πως δεν έχουν αναπτυχθεί οι κατάλληλες τεχνολογίες, αλλά και οι επαγγελματίες που ασχολούνται με αυτές στερούνται βασικής τεχνογνωσίας. Η έλλειψη πληροφοριών σχετικά με τη χρήση παραπροϊόντων ως συστατικών σε νέα προϊόντα διατροφής αποτελεί σημαντικό εμπόδιο στην προσπάθεια της βιομηχανίας τροφίμων να περιορίσει τη σπατάλη τροφίμων. Για να αξιολογηθούν αυτά τα προϊόντα από τους καταναλωτές, είναι απαραίτητο να κατανοηθούν οι αντίστοιχες αντιλήψεις τους, προκειμένου να μειωθούν οι κίνδυνοι ανεπιτυχών εισαγωγών των προϊόντων στην αγορά. Επιπλέον, για να αντιμετωπιστεί η σπατάλη τροφίμων στο στάδιο της κατανάλωσης, είναι απαραίτητο οι καταναλωτές να εμπλακούν ενεργά στη λήψη αποφάσεων και στις στρατηγικές που σχετίζονται με την αγορά και την επαναχρησιμοποίηση τροφίμων. Κυβερνητικές οντότητες, εκπαιδευτικά ιδρύματα και η βιομηχανία τροφίμων θα πρέπει να επενδύσουν σε εκστρατείες ευαισθητοποίησης και εκπαίδευσης για την αύξηση της ενημέρωσης των καταναλωτών σχετικά με τις πολιτικές της κυκλικής οικονομίας και τη βιώσιμη ανάπτυξη. Αυτά τα μέτρα θα μπορούσαν να δημιουργήσουν εμπιστοσύνη και να έχουν θετικό αντίκτυπο στη στάση των καταναλωτών και, στη συνέχεια, στη συμπεριφορά τους προς την αγορά και την κατανάλωση αυτών των προϊόντων (Sousa, P et al 2021).

#### 4. Νομοθετικά Εμπόδια

Ένα άλλο εμπόδιο για την υλοποίηση της κυκλικής οικονομίας αφορά στα νομικά πλαίσια που πρέπει να τροποποιηθούν. Για παράδειγμα σε μια έρευνα που έγινε ένας ερωτώμενος απάντησε το εξής: «θέλουμε να ανακυκλώσουμε τον βακελίτη μας που είναι απόβλητο, και βρήκαμε μια εταιρεία στο Βέλγιο που μπορεί να το κάνει αυτό, αλλά δεν μας επιτρέπεται να μεταφέρουμε αυτόν τον βακελίτη πέρα από τα σύνορα» (Kirchherr et al 2018). Ακόμη για τις μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις, σε σχέση με τις μεγάλες, είναι δυσκολότερο να συμμορφωθούν με την περιβαλλοντική νομοθεσία. Πολλές επιχειρήσεις αντιμετωπίζουν προκλήσεις διότι, η νομοθεσία προκαλεί αβεβαιότητα σχετικά με τις απαιτήσεις που πρέπει να εκπληρώσει μια επιχείρηση για να συμμορφωθεί με τους κανονισμούς, αλλά και επειδή υπάρχει ανεπαρκής γνώση σχετικά με τους κανονισμούς.

#### 4.8. Τομείς εφαρμογής της Κυκλικής Οικονομίας

Στον πίνακα 6 που ακολουθεί αναφέρονται μερικοί ενδεικτικοί τομείς που η ανθρώπινη δραστηριότητα βρίσκει εφαρμογή, ακολουθώντας το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας.

Πίνακας 6. Τομείς εφαρμογής της Κυκλικής Οικονομίας

Τομείς Εφαρμογής της Κυκλικής Οικονομίας	Με ποιον τρόπο	Αναφορές
<b>Λύματα</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>i. Χρήση της βιομάζας από τα λύματα για την παραγωγή βιοαερίου ή βιοκαυσίμων (βιοντίζελ, βιοϋδρογόνου).</li><li>ii. Εφαρμογή σύγχρονων τεχνολογιών επεξεργασίας λυμάτων, που βελτιώνει την αποτελεσματικότητα και την αξιοποίηση των πόρων.</li><li>iii. Η επαναφορά θρεπτικών συστατικών που εξάγονται από τα αστικά λύματα στη γεωργία στηρίζει τον κύκλο των θρεπτικών στοιχείων</li></ul>	Guerra-Rodríguez, S., et al (2020)

	<p>ως ορυκτά και οργανικές ενώσεις. Αυτός είναι ο λόγος που τα αστικά λύματα αναδεικνύονται ως σημαντική εναλλακτική πηγή θρεπτικών ουσιών.</p>	
<p><b>Βιομηχανία Τροφίμων</b></p>	<p>i. Κομποστοποίηση των τροφικών αποβλήτων για την παραγωγή λιπασμάτων.</p> <p>ii. Κομποστοποίηση γεωργικών αποβλήτων για τη δημιουργία εδαφικών βελτιωτικών.</p> <p>iii. Η ενέργεια, το νερό και τα απόβλητα τροφίμων μετατρέπονται σε χρήσιμους αξιοποιήσιμους πόρους για την παραγωγή βιοπροϊόντων.</p> <p>v. Η αξιοποίηση των πάρα-προϊόντων των τροφίμων για την παραγωγή νέων προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας, όπως τα λειτουργικά τρόφιμα.</p>	<p>Zhang, Q., et al (2022)</p>
<p><b>Βιομηχανία Αυτοκινήτων</b></p>	<p>i. Σχεδιασμός αυτοκινήτων με λιγότερα υλικά και ευκολία στον διαχωρισμό των υλικών.</p> <p>ii. Ανακύκλωση αυτοκινήτων και επαναχρησιμοποίηση ή ανακατασκευή εξαρτημάτων.</p> <p>iii. Επαναχρησιμοποίηση υλικών σκραπ, επιμήκυνση της διάρκειας ζωής και πιο αποδοτική χρήση αυτοκινήτων μέσω κοινής χρήσης και ομαδοποίησης του.</p>	<p>He, Z., et al. (2023)</p>

<p><b>Βιομηχανία Ρούχων</b></p>	<p>i.Οι περισσότερες ανακυκλωμένες ίνες επαναχρησιμοποιούνται σε άλλες εφαρμογές, όπως υφάσματα καθαρισμού, χαλιά, γέμιση στρωμάτων.</p> <p>ii.Επαναχρησιμοποίηση ρούχων.</p> <p>iii.Παραγωγή ρούχων από ανακυκλώσιμα υλικά.</p> <p>iv.Σχεδιασμός ρούχων με έμφαση στην ανθεκτικότητα και ευκολία επισκευής.</p> <p>v.Μεταπώληση ή ενοικίαση ρούχων.</p>	<p>Chen, X., et al (2021)</p>
<p><b>Κατασκευαστική Υποδομή Κτηρίων</b></p>	<p>i.Επαναχρησιμοποίηση ολόκληρων εξαρτημάτων που αφαιρούνται κατά την κατεδάφιση κατασκευών ή στοχευμένη ανακύκλωση δομικών υλικών για νέες χρήσεις.</p> <p>ii.Κατασκευή κτηρίων με ανακυκλώσιμα υλικά και βιώσιμες διαδικασίες</p>	<p>Munaro, et al (2020)</p>
<p><b>Τεχνολογία Ηλεκτρονικών Προϊόντων</b></p>	<p>Ηλεκτρονικά Απόβλητα (e-waste): Η ανακύκλωση και η επαναχρησιμοποίηση συσκευών ηλεκτρονικής και η ανάπτυξη βιώσιμων τεχνολογιών αποτελούν βασικό στοιχείο. Επιπλέον, η σχεδίαση προϊόντων για ευκολότερη ανακύκλωση και αναβάθμιση είναι κρίσιμη.</p>	<p>Bründl, P., et al (2024)</p>
<p><b>Υδατοκαλλιέργειες</b></p>	<p>i.Χρήση υποπροϊόντων αλιείας για την παραγωγή συστατικών ζωοτροφών.</p> <p>ii.Τα οργανικά απόβλητα των οποίων το περιεχόμενο σε θρεπτικά συστατικά τα καθιστά κατάλληλα για χρήση ως λιπάσματα.</p> <p>iii.Η χρήση κλειστών συστημάτων αποκαλείται "υδροπονική εκτροφή" ή "υδατοκαλλιέργεια". Σε αυτά τα συστήματα, το νερό κυκλοφορεί και επαναχρησιμοποιείται εντός του</p>	<p>Regueiro, L., et al (2022)</p>

	συστήματος, μειώνοντας την ανάγκη για συνεχή εισαγωγή φρέσκου νερού και την παραγωγή αποβλήτων.	
--	---	--

#### 4.9. Η Κυκλική Οικονομία στα τρόφιμα

Στον πίνακα 7 παρουσιάζονται ετικέτες τροφίμων που ακολουθούν τις αρχές της κυκλικής οικονομίας. Πρόκειται για προϊόντα που φέρουν πράσινες ετικέτες ή ετικέτες με μηδενικό ανθρακικό αποτύπωμα. Ορισμένα ενδεικτικά παραδείγματα των συγκεκριμένων τροφίμων αναλύονται παρακάτω:

- ❖ Βιολογικά φρούτα και λαχανικά: Τα φρούτα και τα λαχανικά που καλλιεργούνται χωρίς τη χρήση χημικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων συνήθως έχουν μικρότερο ανθρακικό αποτύπωμα λόγω της μειωμένης εκπομπής θερμοκηπίου κατά την παραγωγή τους.
- ❖ Τοπικά παραγόμενα τρόφιμα: Τα τρόφιμα που προέρχονται από τοπικές φάρμες ή παραγωγούς μπορούν να έχουν μικρότερο ανθρακικό αποτύπωμα επειδή η μεταφορά τους στην αγορά απαιτεί λιγότερη ενέργεια.
- ❖ Οργανικά αυγά και κρέας: Τα ζώα που καλλιεργούνται για την παραγωγή οργανικών αυγών και κρέατος συνήθως τρέφονται με φυσικά τρόφιμα και η εκτροφή τους μπορεί να περιορίσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.
- ❖ Κακάο από δασικές περιοχές: Ορισμένες εταιρείες προσφέρουν κακάο που παράγεται σε δασικές περιοχές και φέρουν ετικέτες που υποδεικνύουν την προστασία των ιθαγενών κοινοτήτων και του δασικού περιβάλλοντος (Poore, J., & Nemecek, T. (2018)).



Πίνακας 7. Ετικέτες και Κυκλική Οικονομία

Ετικέτα Τροφίμου	Επεξήγηση ετικέτας	Πηγές
	<p>Ελαχιστοποίηση των χημικών εκπομπών κατά την παραγωγή αγαθών</p>	<p><a href="https://www.freepik.com/free-vector/hand-drawn-carbon-footprint-labels_26411393.htm">https://www.freepik.com/free-vector/hand-drawn-carbon-footprint-labels_26411393.htm</a></p>
	<p>Πρώθηση της βιώσιμης γεωργίας για να βοηθηθούν οι αγρότες, προστατεύοντας παράλληλα το τοπικό περιβάλλον</p>	<p><a href="https://www.rainforest-alliance.org/insights/what-does-rainforest-alliance-certified-mean/">https://www.rainforest-alliance.org/insights/what-does-rainforest-alliance-certified-mean/</a></p>
	<p>❖ <u>Βιολογική Καλλιέργεια</u>: Οι πράσινες ετικέτες που φέρουν την έκφραση “bio ή organic” υποδεικνύουν ότι το προϊόν προέρχεται από βιολογική καλλιέργεια, δηλαδή καλλιέργεια χωρίς</p>	<p><a href="https://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/eco-products-bio-food-labels-organic-gluten-free-vector-30449398">https://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/eco-products-bio-food-labels-organic-gluten-free-vector-30449398</a></p>

τη χρήση χημικών λιπασμάτων ή φυτοφαρμάκων.

❖ Βιώσιμη

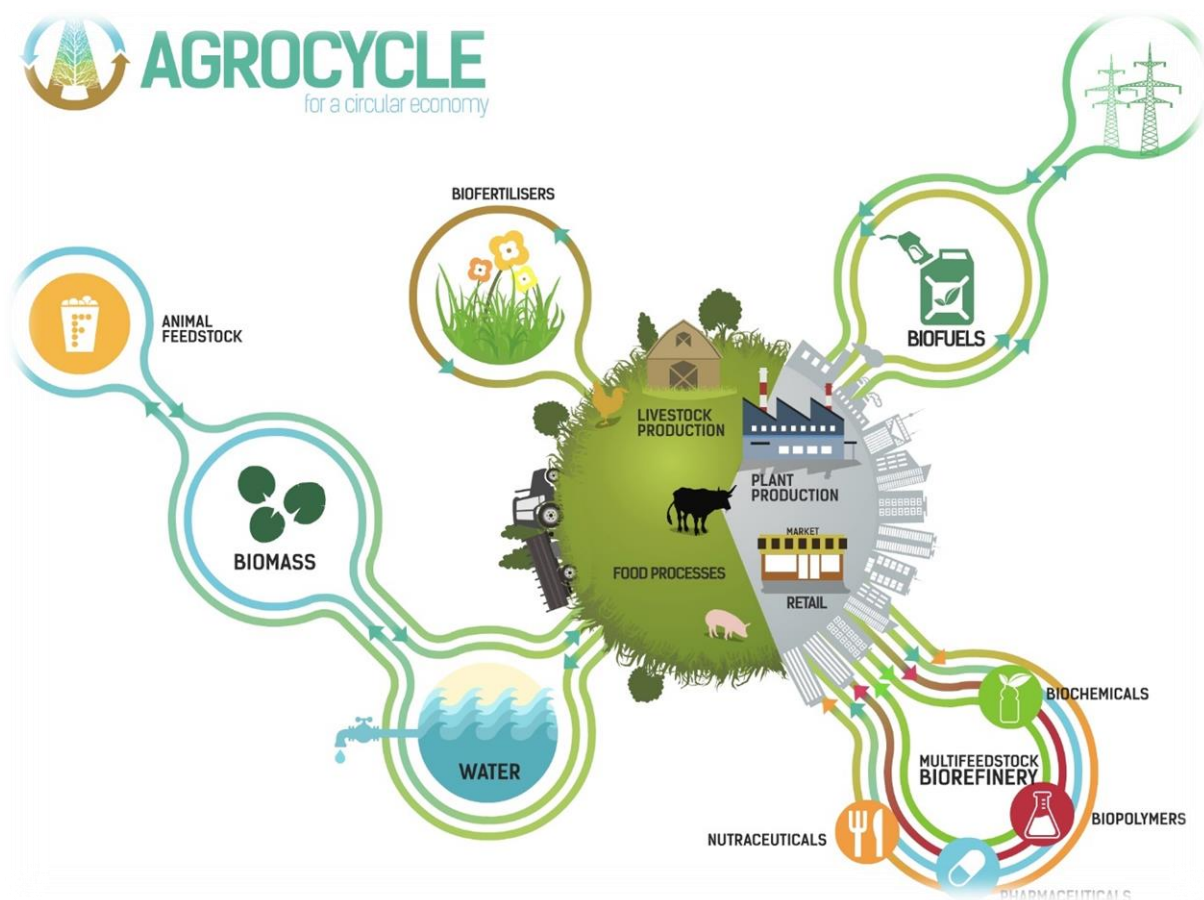
Παραγωγή: Οι πράσινες ετικέτες που φέρουν την έκφραση “eco” υποδηλώνουν πως η παραγωγή του προϊόντος έχει γίνει με βιώσιμες μεθόδους που δεν προκαλούν σημαντικές βλάβες στο περιβάλλον ή αξιοποιούν φυσικούς πόρους με σύνεση.

## Κεφάλαιο 3°

### Κυκλική Οικονομία – Βιωσιμότητα & Λειτουργικά τρόφιμα

#### *Πώς ένα βιώσιμο μοντέλο τροφίμων στηριζόμενο στην κυκλική οικονομία εφαρμόζεται στα λειτουργικά τρόφιμα*

Η βιομηχανία τροφίμων μπορεί να αναπτυχθεί προς μια κατεύθυνση πιο φιλική προς το περιβάλλον και αποδοτική όσον αφορά στους πόρους, υιοθετώντας μια προσέγγιση κυκλικής οικονομίας. Αυτή η προσέγγιση μπορεί να οδηγήσει στον μετασχηματισμό ανεπιθύμητων ή μη χρησιμοποιούμενων παραπροϊόντων αγροδιατροφής σε προϊόντα προστιθέμενης αξίας, προωθώντας τη βιωσιμότητα και ελαχιστοποιώντας την απόρριψη αποβλήτων. Η προσέγγιση αυτή στηρίζεται στο γεγονός ότι τα αγροδιατροφικά παραπροϊόντα παράγουν τεράστιες ποσότητες αποβλήτων, πλούσιων όμως σε θρεπτικά, λειτουργικά και βιοενεργά συστατικά. Άρα, αυτά τα παραπροϊόντα μπορούν να αποτελέσουν πολύτιμη πηγή για τη δημιουργία καινοτόμων διατροφικών προϊόντων.



Εικόνα 16. Αγροδιατροφικός Κύκλος και αξιοποίηση παραπροϊόντων  
<https://nrre.cperi.certh.gr/sustainable-technologies-for-exploitation-and-reuse-of-by-products-from-the-agricultural-supply-chain-agrocycle-funded-by-european-commission-%CE%B72020-waste-2015-g-a-690142-2/>

## 5.1. Αγροδιατροφικά Παραπροϊόντα

Με γνώμονα τις παγκόσμιες ανησυχίες για το περιβάλλον και τη σπανιότητα των φυσικών πόρων, η βιομηχανία τροφίμων κατανοεί όλο και περισσότερο τη σπουδαιότητα των βιώσιμων πρακτικών και της ανάγκης για μείωση των αγροδιατροφικών απορριμμάτων. Έχει επισημανθεί ότι τα αγροδιατροφικά παραπροϊόντα (agro-food by-products) παρουσιάζουν σημαντική αξία ως αναξιοποίητοι πόροι με δυνατότητες επαναξιοποίησης τους. Η εφαρμογή ενός συστήματος κυκλικής οικονομίας, που όπως έχει αναφερθεί, στοχεύει στη μείωση, την επαναχρησιμοποίηση, την ανάκτηση και την ανακύκλωση υλικών και ενέργειας, με απώτερο σκοπό την αύξηση της αξίας των αγαθών, των υλικών και των πόρων, καθώς και την παράταση της οικονομικά ωφέλιμης ζωής τους, είναι ένας τρόπος για την επίτευξη της βιωσιμότητας και στον τομέα των τροφίμων. Επιστημονικές έρευνες έχουν αποδείξει ότι τα αγροτικά απόβλητα χαμηλής αξίας και τα παραπροϊόντα συμβάλλουν θετικά στην ποιότητα του εδάφους με διάφορους τρόπους και αποτελούν αναπόσπαστο μέρος για το κλείσιμο του βρόχου των θρεπτικών ουσιών, δηλαδή για να λειτουργεί το σύστημα σε ένα κύκλο, με τη χρήση πόρων που ανακυκλώνονται και επαναχρησιμοποιούνται, αντί να απορρίπτονται ως απόβλητα. Στο σημείο αυτό, είναι σημαντικό να γίνουν μερικές αναφορές ως προς το τι ορίζεται ως απόβλητο (food waste) και παραπροϊόν (by-products) ,προκειμένου να κατανοηθεί καλύτερα το προς ανάλυση ζήτημα (Raḡu, R. N., V et al 2023).

### 5.1.1. Απόβλητα – Food Waste

Ως απόβλητο – waste (Food Waste FW) ορίζεται ένα τρόφιμο που παράγεται ή μεταποιείται αρχικά για ανθρώπινη κατανάλωση αλλά δεν καταναλώνεται από άτομο. Ο όρος αυτός, περιλαμβάνει τρόφιμα που ήταν βρώσιμα όταν πετάχτηκαν και αλλοιώθηκαν πριν από την απόρριψή τους, είτε σε οικιακό, είτε σε επιχειρησιακό, είτε σε επίπεδο καταναλωτικών οργανισμών (π.χ. νοσοκομεία). Για παράδειγμα σε αυτά περιλαμβάνονται, τρόφιμα που δεν καταναλώθηκαν πριν την ημερομηνία λήξης τους,

υπολείμματα φαγητού από τα πιάτα ή απορρίψεις από καταστήματα εστίασης. Ουσιαστικά, ο όρος «απόβλητο τροφής» αντιπροσωπεύει την απόρριψη που συμβαίνει στα στάδια της διανομής, της προώθησης (μάρκετινγκ) και κατανάλωσης του τροφίμου (Ishangulyyev et al 2019). Οι παρακάτω περιπτώσεις εξαιρούνται από το πεδίο εφαρμογής του νόμου 2008/98/ΕΚ, της 19<sup>ης</sup> Νοεμβρίου 2008, που αφορά στα απόβλητα, και σύμφωνα με τον νομικό ορισμό ορίζει τα απόβλητα ως: *«κάθε ουσία ή αντικείμενο το οποίο ο κάτοχός του απορρίπτει ή προτίθεται ή υποχρεούται να απορρίψει,»*

α) τα αέρια αποβλήτων που απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα,

β) τα εδάφη (επί τόπου) που περιλαμβάνουν μολυσμένες γης που δεν έχουν ακόμη εκσκαφεί και τα κτίρια που είναι μόνιμα συνδεδεμένα με τα εδάφη,

γ) μη μολυσμένο έδαφος και άλλα φυσικά υλικά που έχουν εκσκαφεί κατά τη διάρκεια κατασκευαστικών εργασιών, εφόσον είναι εξασφαλισμένο ότι το υλικό αυτό θα χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή στη φυσική του κατάσταση, στον χώρο από τον οποίο έγινε η εκσκαφή,

δ) τα ραδιενεργά απόβλητα,

ε) τα αποχαρακτηρισμένα εκρηκτικά,

στ) τα περιττώματα που δεν καλύπτονται από την παράγραφο 2, σημείο β), όπως το άχυρο και άλλα φυσικά ακίνδυνα υλικά που προέρχονται από τη γεωργία ή τη δασοκομία. Αυτά τα υλικά χρησιμοποιούνται στη γεωργία, τη δασοκομία ή για την παραγωγή ενέργειας από βιομάζα, χρησιμοποιώντας διαδικασίες ή μεθόδους που δεν προκαλούν περιβαλλοντική βλάβη ή απειλούν την ανθρώπινη υγεία.

Τα απόβλητα τροφίμων αποτελούν ένα καίριο ζήτημα για την παγκόσμια επισιτιστική ασφάλεια και τη σωστή περιβαλλοντική διαχείριση, ενώ φαίνεται πως η απόθεσή και απόρριψή τους είναι στενά συνδεδεμένη με περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όπως η κλιματική αλλαγή και η εξάντληση των πόρων, με οικονομικές επιπτώσεις, όπως η διακύμανση των τιμών διαφόρων προϊόντων και το αυξανόμενο κόστος πρώτων υλών και προϊόντων, και τέλος με κοινωνικές επιπτώσεις, όπως η υγεία των καταναλωτών και η ισότιμη πρόσβαση τους σε τρόφιμα. Ποικίλες μελέτες δείχνουν ότι μεταξύ του 1/3 και του 1/2 της παγκόσμιας παραγωγής τροφίμων δεν καταναλώνεται, και μετατρέπεται σε απόβλητα, επιφέροντας προβλήματα σε ολόκληρη την αλυσίδα εφοδιασμού τροφίμων, συμπεριλαμβανομένων των νοικοκυριών. Συνεπώς, η ανάγκη να προληφθεί και να μειωθεί ο όγκος των αποβλήτων τροφίμων για να γίνει η μετάβαση σε μια αποτελεσματική σε πόρους Ευρώπη, είναι επιτακτική (Stenmarck et al 2016).

### **5.1.2. Παραπροϊόντα – By-products**

Παραδοσιακά, τα απόβλητα τροφίμων συνήθως αποτεφρώνονται ή απορρίπτονται σε χώρους υγειονομικής ταφής, προκαλώντας ρύπανση του αέρα και του νερού, καθώς και μόλυνση του εδάφους και των παραγόμενων τροφίμων. Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων, η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) προωθεί τη μείωση των απορριμμάτων τροφίμων και ενθαρρύνει την αναζήτηση νέων τελικών χρήσεων για τα παραπροϊόντα τροφίμων. Τα φυτικά παραπροϊόντα περιλαμβάνουν φλούδες, μίσχους, σπόρους, κοχύλια, πίτουρο και υπολείμματα που παραμένουν μετά την εκχύλιση χυμού, λαδιού, αμύλου και ζάχαρης, και άλλα παραπροϊόντα επεξεργασίας κρασιού όπως η οινολάσπη που υπάρχει ως ίζημα στο βαρέλι με το τέλος της ζύμωσης. Ακολουθώντας αυτές τις προτάσεις, τα απόβλητα τροφίμων που προέρχονται από διάφορους κλάδους της βιομηχανίας αγροδιατροφής, όπως για παράδειγμα, λαχανικά, φρούτα, ποτά, ζάχαρη, κρέας, υδατοκαλλιέργειες, θαλάσσια προϊόντα κ.λ.π, αποτελούν μια ενδιαφέρουσα και οικονομικά προσιτή πηγή δυνητικά λειτουργικών ή βιοδραστικών ενώσεων. Τα παραπροϊόντα τροφίμων μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν στους τομείς της διατροφής και της φαρμακευτικής βιομηχανίας, ενώ είναι δυνατόν να μετατραπούν σε προϊόντα που χρησιμοποιούνται στη διατροφή των ζώων. Ακόμη, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για κομποστοποίηση και διασπορά στο έδαφος. Αξίζει να σημειωθεί πως λόγω της φύσης τους, τα φυσικά βακτήρια και οι μύκητες μπορούν να υποστηρίξουν την αποσύνθεση της οργανικής ύλης που περιέχεται στα παραπροϊόντα τροφίμων, μετατρέποντάς την σε χρήσιμα πρόσθετα για το έδαφος. Επιπλέον, αυτά τα παραπροϊόντα μπορούν να εφαρμοστούν και στον τομέα των καλλυντικών και της βιοτεχνολογίας. Αξίζει να σημειωθεί πως ενώ για τα απόβλητα τροφίμων ακολουθείται συγκεκριμένο κανονιστικό πλαίσιο για την αξιοποίησή τους, για τα παραπροϊόντα δεν υπάρχει νομοθετημένος ορισμός και οδηγίες (Comunian et al 2021).

### **5.2. Ανάγκη αξιοποίησης αγροδιατροφικών παραπροϊόντων**

Είναι γνωστό πως ο αγροδιατροφικός τομέας αντιμετωπίζει σημαντικές περιβαλλοντικές προκλήσεις, σχετιζόμενες με τη διαχείριση των αποβλήτων και τις επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η χρήση παραπροϊόντων έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να συμβάλει στη μείωση της παραγωγής αποβλήτων και των εκπομπών αερίων του

θερμοκηπίου, καθώς και στην αποδοτικότερη χρήση πόρων, ελαχιστοποιώντας το οικολογικό αποτύπωμα της βιομηχανίας. Σύμφωνα με την έκθεση του Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (FAO), τα φυτικά απόβλητα προκαλούν υψηλότερο «αποτύπωμα άνθρακα», με τη σπατάλη φρούτων να ξεχωρίζει ως η κυριότερη αιτία, ιδίως στις βιομηχανικές χώρες της Ευρώπης και της Ασίας, όπου η παράγωγη και η μεταφορά τροφίμων είναι εντονότερες. Ο FAO υπολογίζει παγκοσμίως πως το 1/3 των παραγόμενων τροφίμων σπαταλάται ή χάνεται, με τη βιομηχανία φρούτων, λαχανικών και θαλασσινών να έχει το μεγαλύτερο ποσοστό ετησίως, και αυτή την απώλεια τροφίμων να ανέρχεται σε ένα τρισεκατομμύριο δολάρια.



Εικόνα 17. Ποσοστά σπατάλης στην αλυσίδα τροφίμων/ Πηγή: <https://gr.pinterest.com/pin/236227942939426005/>

Τα αγροβιομηχανικά παραπροϊόντα παράγονται σε όλα τα στάδια της αλυσίδας εφοδιασμού τροφίμων, περιλαμβανομένης της γεωργικής παραγωγής, της μεταποίησης και της διανομής. Αυτά αποτελούνται κυρίως από σπόρους, φλούδες, μίσχους, φύλλα και άχρηστο πολτό από φρούτα και άλλες πηγές λαχανικών. Έως και το 42% των αποβλήτων και παραπροϊόντων τροφίμων εμφανίζεται εντός του νοικοκυριού, το 39% στον τομέα της παραγωγής τροφίμων, το 14% στη βιομηχανία υπηρεσιών τροφίμων (εστιατόρια και έτοιμα προς κατανάλωση τρόφιμα) και το 5% κατά την παράδοση. Για όλους τους παραπάνω λόγους, ο FAO υπογραμμίζει τη



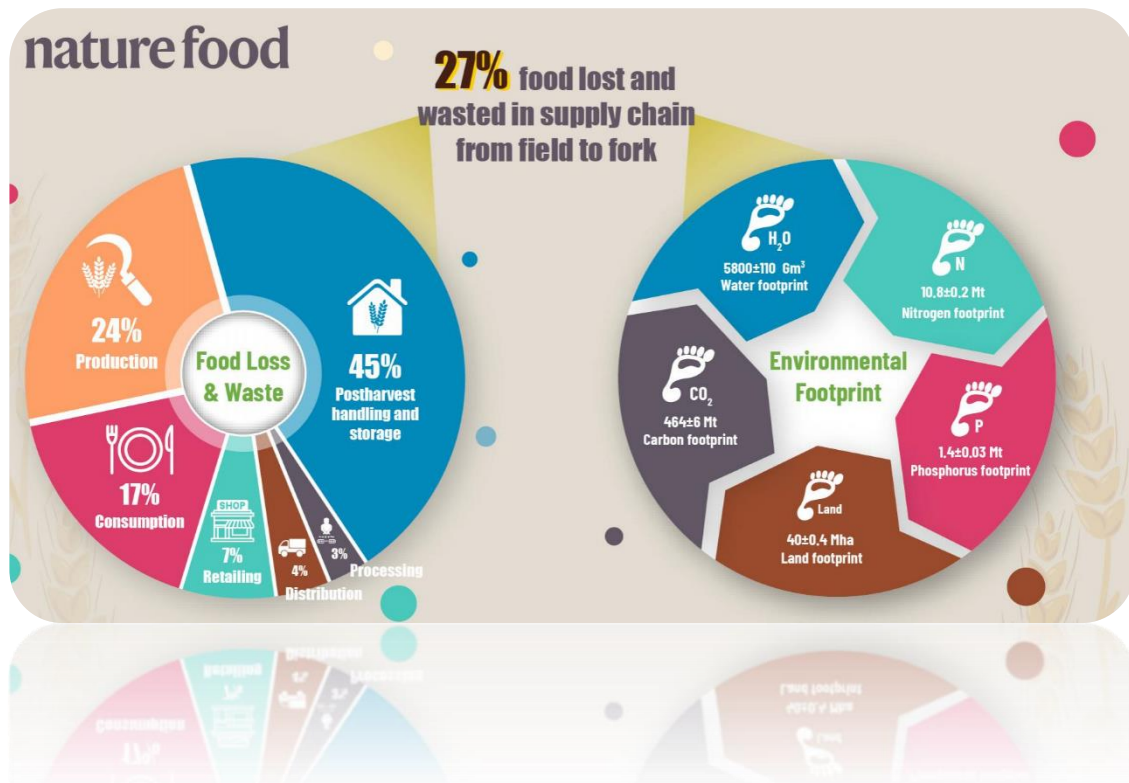
σημασία λήψης κατάλληλων μέτρων για την ελαχιστοποίηση των αποβλήτων στον αγροδιατροφικό τομέα προς την επίτευξη των "Στόχων Βιώσιμης Ανάπτυξης" (Raşu et al 2023).

Τα αγροδιατροφικά παραπροϊόντα αποτελούν μια σημαντική πηγή περιβαλλοντικής ρύπανσης λόγω του υψηλού βαθμού βιοδιασπασιμότητάς τους, η οποία συνδέεται με το υψηλό ποσοστό υγρασίας που περιέχουν, προκαλώντας αυξημένα μικροβιακά φορτία. Αναφέρεται πως η αναερόβια βιολογική αποδόμηση της οργανικής ύλης αποτελεί την τρίτη μεγαλύτερη ανθρωπογενή πηγή ατμοσφαιρικών εκπομπών μεθανίου, φθάνοντας περίπου τα 32 εκατομμύρια τόνους παγκοσμίως το 2010, αντιπροσωπεύοντας 800 εκατομμύρια τόνους CO<sub>2</sub>. Επειδή τα περισσότερα αγροβιομηχανικά παραπροϊόντα χρησιμοποιούνται ελάχιστα και συμβάλλουν σε αυτά τα προβλήματα, υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον για την αξιοποίησή τους με σκοπό περιορισμό αυτών των επιπτώσεων όσο το δυνατόν περισσότερο. Τέλος, ορισμένες παθήσεις στον τομέα της αναπνευστικής υγείας μπορεί να προκληθούν από τοξικούς ρύπους που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα, επιδρώντας αρνητικά στην ποιότητα ζωής των ανθρώπων.

Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει προσπάθειες για τη χρήση των παραπροϊόντων της αγροβιομηχανίας, που καθίστανται χρήσιμα λόγω των βιοενεργών ενώσεων που περιέχουν. Πιο συγκεκριμένα, λειτουργούν ως θρεπτικά συστατικά και συνήθως χρησιμοποιούνται από τα φυτά για να προστατεύουν τον εαυτό τους από ασθένειες, έντομα και μικροοργανισμούς. Με βάση τη δράση τους στο μεταβολισμό των φυτών, αυτά τα μόρια χωρίζονται κυρίως σε δύο ομάδες: πρωτογενή και δευτερογενή συστατικά ή μεταβολίτες. Τα πρωτογενή συστατικά περιλαμβάνουν σάκχαρα, αμινοξέα, πρωτεΐνες και χλωροφύλλες, ενώ τα δευτερογενή συστατικά περιλαμβάνουν αλκαλοειδή, φλαβονοειδή, σαπωνίνες, τανίνες, καροτενοειδή, φαινολικές ενώσεις και πολλές άλλες. Επιπλέον, αυτά τα βιολογικά μόρια έχουν διάφορες εφαρμογές, ιδιαίτερα στην προώθηση της ανθρώπινης υγείας. Πράγματι, έχει αναφερθεί θετική συσχέτιση με την κατανάλωση αυτών των μορίων, μειώνοντας τον κίνδυνο αρκετών χρόνιων ασθενειών, συμπεριλαμβανομένης της παχυσαρκίας, των καρδιαγγειακών παθήσεων και ορισμένων τύπων καρκίνου. Τέλος, αυτά τα βιολογικά μόρια έχουν αποδειχθεί ότι έχουν ευρείες εφαρμογές στη βιομηχανία καλλυντικών,



κλωστοϋφαντουργίας και τροφίμων, ως λειτουργικά τρόφιμα ή πρόσθετα, αλλά και φαρμάκων και συμπληρωμάτων διατροφής (Gómez-García et al 2021).



Εικόνα 18. Σχηματική κατά προσέγγιση απεικόνιση των ποσοστών σπατάλης τροφίμων στην εφοδιαστική αλυσίδα/ Πηγή: <https://coe.sustech.edu.cn/en/News-detail-id-420.html>

### 5.3. Σχέση Κυκλικής Οικονομίας και αξιοποίησης αγροδιατροφικών παραπροϊόντων

Στο πλαίσιο της εξάντλησης πόρων, της κλιματικής, της περιβαλλοντικής υποβάθμισης και της αυξημένης ζήτησης για τρόφιμα, η Κυκλική Οικονομία αναδύεται ως μια ελπιδοφόρα στρατηγική για την υποστήριξη βιώσιμων, ανακυκλώσιμων και αναγεννητικών πρακτικών στον τομέα της γεωργίας. Η διαχείριση των παραπροϊόντων της γεωργικής βιομηχανίας τροφίμων και η αντιμετώπιση των αποβλήτων αποτελεί αντικείμενο μελέτης από πλευράς ακαδημαϊκών, ρυθμιστικών αρχών, επιχειρήσεων και καταναλωτών. Ο αγροδιατροφικός τομέας, τα τελευταία χρόνια, έχει δώσει ιδιαίτερη προσοχή σε θέματα όπως η ασφάλεια των τροφίμων, η ιχνηλασιμότητα της παραγωγής, η ποιότητα των προϊόντων και ο σεβασμός στο περιβάλλον. Αυτό οδήγησε τα συστήματα παραγωγής να κινηθούν προς πιο βιώσιμες προσεγγίσεις. Η

παραγωγή αποβλήτων κατά μήκος της παγκόσμιας εφοδιαστικής αλυσίδας το 2019 ανήλθε συνολικά σε περίπου 1,3 δισεκατομμύρια τόνους, λόγω κακής διαχείρισης πόρων και διαδικασιών, καθώς και μη βιώσιμων καταναλωτικών προτύπων. Ως εκ τούτου, η προώθηση της ανάπτυξης νέων τεχνολογιών για την ενθάρρυνση της αλλαγής προς την ανακύκλωση και επαναξιοποίηση των αγροδιατροφικών παραπροϊόντων είναι υψίστης σημασίας. Στο ίδιο πλαίσιο, στόχοι όπως η μείωση των αποβλήτων, η διατήρηση του φυσικού κεφαλαίου, η βιοποικιλότητα και οι οικοσυστημικές υπηρεσίες, όπως για παράδειγμα τα υδάτινα οικοσυστήματα που παρέχουν νερό για πόση, γεωργία, βιομηχανία και άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες, η μείωση της χρήσης γης και η βελτίωση της ποιότητας του εδάφους, είναι θεμελιώδεις για την υλοποίηση της λεγόμενης "αποσύνδεσης", δηλαδή του διαχωρισμού της περιβαλλοντικής υποβάθμισης από την οικονομική ανάπτυξη. Γίνεται εμφανώς αντιληπτό πως η προστασία των φυσικών πόρων και της ανθρώπινης υγείας αποτελούν βασικές πτυχές της ίδιας της οικονομικής ανάπτυξης (Esposito et al 2020).

Προκειμένου να επιτευχθούν οι προαναφερθέντες στόχοι, εμφανίζεται η ανάγκη για έναν ριζικό επανασχεδιασμό της παραδοσιακής γραμμικής οικονομικής πορείας, παραγωγής και κατανάλωσης. Σε αυτό το πλαίσιο, η κυκλική οικονομία αναδύεται ως μια πιθανή στρατηγική που είναι σε θέση να αντιμετωπίσει αυτά τα κρίσιμα ζητήματα. Παρόλο που η βιομηχανική δραστηριότητα επιδιώκει οικονομικά οφέλη, επηρεάζει το φυσικό περιβάλλον, για παράδειγμα μέσω της παραγωγής απορριμμάτων σε ένα γραμμικό σύστημα. Η θεώρηση των προϊόντων στο τέλος του κύκλου ζωής τους ως πόρους και όχι ως απόβλητα συνεπάγεται τη διαχείριση τους ως πηγές υλικών που μπορούν να αξιοποιηθούν εκ νέου ή να επαναχρησιμοποιηθούν, λαμβάνοντας από αυτά τη μέγιστη αξία τους. Αυτή η προσέγγιση της διαχείρισης της αξίας των πόρων αντίκειται στη συμβατική προσέγγιση "διαχείρισης αποβλήτων" στην επικρατούσα γραμμική οικονομία και δεν καθιστά διάκριση μεταξύ "αποβλήτου" και "πόρου" - η φύση δεν κάνει διάκριση μεταξύ αυτών των δύο-. Αν υποθεθεί πως εφαρμόζεται ένα πλαίσιο κυκλικής οικονομίας, θα παρατηρηθεί μείωση της ταχύτητας εξάντλησης των πόρων και της παραγωγής αποβλήτων. Σε ένα σενάριο με ραγδαία αύξηση του πληθυσμού, η ταχύτητα εξάντλησης πόρων αναμένεται να είναι υψηλότερη σε μια γραμμική οικονομία συγκριτικά με μια κυκλική οικονομία. Ταυτόχρονα, η παραγωγή αποβλήτων θα εμφανίζει υψηλότερο ρυθμό σε μια γραμμική οικονομία σε σχέση με μια κυκλική. Από την άλλη, σε ένα σενάριο κυκλικής οικονομίας, η

προσέγγιση εστιάζει στη μείωση της σπατάλης και την αποτελεσματική χρήση των πόρων. Αντί να εξαντλούνται οι πόροι με γραμμικό τρόπο, η κυκλική οικονομία επιδιώκει τη διατήρηση και ανακύκλωση των υλικών. Συνεπώς, σε ένα σενάριο κυκλικής οικονομίας, η ταχύτητα εξάντλησης των πόρων θα είναι χαμηλότερη σε σχέση με ένα γραμμικό μοντέλο. Αντί για τη δημιουργία μεγάλου όγκου αποβλήτων, η παραγωγή θα επικεντρώνεται στη μείωση, την ανακύκλωση και την ανανέωση των υλικών, με αποτέλεσμα να μειώνεται η περιβαλλοντική επιβάρυνση και να προωθείται η βιωσιμότητα. Κατά συνέπεια, η κυκλική οικονομία θα μπορούσε να συμβάλει στη διατήρηση των πόρων και στη μείωση της πίεσης στο περιβάλλον (Lieder et al 2016).

Επειδή οι έννοιες που εξετάζονται είναι η κυκλική οικονομία ως βιώσιμη πρακτική, θα ήταν ωφέλιμο να επεξηγηθεί η διαφορά της κυκλικής οικονομίας και της βιωσιμότητας ως προς την αξιοποίηση των αγροδιατροφικών παραπροϊόντων. Το μοντέλο του κυκλικού οικονομικού συστήματος θεωρείται στη βιβλιογραφία ως κινητήρας της βιωσιμότητας, ενώ οι όροι κυκλική οικονομία και βιωσιμότητα συνδέονται στενά. Ωστόσο, η κυκλική οικονομία επικεντρώνεται στα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη, συμπεριλαμβανομένων και των κοινωνικών πτυχών. Παρόλο που και η βιωσιμότητα αποσκοπεί στη βελτίωση του περιβάλλοντος, της οικονομίας και της κοινωνίας, το κυκλικό σύστημα επιδιώκει την αναβάθμιση των παραδοσιακών προσεγγίσεων βιωσιμότητας. Συνδυάζοντας οικονομικά οφέλη, μείωση κόστους εισροών και αντιμετώπιση κινδύνων εφοδιασμού, το οικονομικό αυτό μοντέλο προωθεί μια πιο βιώσιμη και πράσινη οικονομία μέσω κατάλληλης και οικολογικής χρήσης πόρων και καινοτόμων επιχειρηματικών μοντέλων (Zuñiga-Martínez et al 2022).

Παρότι συχνά τα παραπροϊόντα της αγροβιομηχανίας χρησιμοποιούνται ως ζωοτροφές, κομπόστ ή απλά απορρίπτονται, έρευνες την τελευταία δεκαετία έχουν αποκαλύψει ότι αυτά τα παραπροϊόντα είναι πλούσια σε βιοδραστικές ενώσεις, όπως φαινολικές ενώσεις, αντιοξειδωτικά, διαιτητικές ίνες, καροτενοειδή, φυσικές χρωστικές ουσίες και πρωτεΐνες, μεταξύ άλλων. Αυτές οι περιεχόμενες ενώσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία νέων και βιώσιμων λειτουργικών τροφίμων με υψηλή θρεπτική αξία. Επιπλέον, η έρευνα για φυσικές βιοδραστικές ενώσεις έχει γίνει προτεραιότητα για τη διαχείριση και την πρόληψη ασθενειών, καθώς αυτές οι ενώσεις μπορούν να συμβάλουν στην υγεία με διάφορους τρόπους, όπως η αλληλεπίδραση με βιολογικά μόρια, όπως πρωτεΐνες και DNA, η αντιμετώπιση της οξειδωσης από ελεύθερες ρίζες, η επίδραση στη σύνθεση και τη δραστηριότητα της εντερικής

μικροχλωρίδας, καθώς και η ρύθμιση των επιπέδων λιπιδίων και γλυκόζης στο αίμα. Αυτά τα συστατικά αποτελούν εξαιρετική πηγή για την ανάπτυξη θρεπτικών ουσιών, λειτουργικών τροφίμων και προσθέτων τροφίμων, κάτι που αντικατοπτρίζει τον αυξανόμενο ενδιαφέρον των καταναλωτών για υγιεινά προϊόντα από φυσικές πηγές, τα οποία μπορούν να βοηθήσουν στη μείωση του κινδύνου ασθενειών. Μια ενδιαφέρουσα προσέγγιση για την αύξηση της κατανάλωσης αυτών των ενώσεων είναι η ανάπτυξη λειτουργικών τροφίμων που βασίζονται σε παραδοσιακά δημοφιλή τρόφιμα. Ο εμπλουτισμός των υπαρχόντων τροφίμων με αυτά τα παραπροϊόντα μπορεί να αυξήσει τη θρεπτική τους αξία, παρέχοντας οφέλη για την υγεία των καταναλωτών. Ταυτόχρονα επιτυγχάνεται η επαναχρησιμοποίηση παραπροϊόντων που συνήθως απορρίπτονται ως απόβλητα ή χρησιμοποιούνται ελάχιστα, και έτσι αυξάνεται η αποδοτικότητα των αγροβιομηχανιών, αφού μειώνονται οι ποσότητες των απορριμάτων τροφίμων, συμβάλλοντας έτσι στη μείωση του οικονομικού κόστους και του αντίκτυπου στο περιβάλλον, προωθώντας τη βιωσιμότητα στο πλαίσιο ενός κυκλικού οικονομικού συστήματος (Zuñiga-Martínez et al 2022).

#### **5.4. Παραπροϊόντα φυτικής προέλευσης και βιοδραστικές ενώσεις**

Οι δύο κύριες κατηγορίες αγροτοβιομηχανικών υποπροϊόντων περιλαμβάνουν τα γεωργικά και τα βιομηχανικά. Τα υπολείμματα χωραφιού και τα υπολείμματα διεργασιών αποτελούν επιπλέον υποκατηγορίες για τα γεωργικά υπολείμματα. Τα υπολείμματα χωραφιού είναι παραπροϊόντα της συγκομιδής καλλιεργειών που παραμένουν στο χωράφι, και περιλαμβάνουν ενδεικτικά φλοιούς, σπόρους, φύλλα, άχυρο, μελάσα, κοχύλια, φλούδες και ρίζες. Χρησιμοποιούνται κυρίως για την παραγωγή λιπασμάτων, ζωοτροφών και πολλών άλλων χρήσεων. Αντίθετα, τα υπολείμματα διαδικασιών παραμένουν ακόμη και μετά την επεξεργασία της καλλιέργειας και αποτελούνται από φύλλα, μίσχους, και λοβούς. Ο πολτός, η φλούδα, οι σπόροι, το δέρμα, ο πυρήνας, οι φλοιοί, οι λοβοί και οι μίσχοι αποτελούν παραδείγματα υποπροϊόντων που παράγονται στη βιομηχανία φρούτων και λαχανικών, και αντιπροσωπεύουν την πλειοψηφία των παραπροϊόντων αγροδιατροφής. Αυτά τα υποπροϊόντα, που παράγονται σε μεγάλες ποσότητες, μπορούν να ανακτηθούν και να χρησιμοποιηθούν ως προϊόντα προστιθέμενης αξίας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως είναι πλούσια σε διαιτητικές ίνες, βιοδραστικές

ενώσεις όπως πολυφαινόλες, καροτενοειδή, και γλυκοζινολικά, πρωτεΐνες, υδατάνθρακες και λιπίδια. Παρέχουν ελκυστικές δυνατότητες για τον τομέα των τροφίμων όσον αφορά στη δημιουργία συστατικών υψηλής θρεπτικής αξίας, με σημαντική συμβολή στην οικονομία και στην επίτευξη ενός βιώσιμου συστήματος τροφίμων.

Ο FAO (2019) αναφέρει πως τα φυτικά προϊόντα είναι ιδιαίτερα ευάλωτα και απαιτούν κατάλληλες πρακτικές μετά τη συγκομιδή για να διατηρηθεί η ποιότητά τους, καθώς αντιμετωπίζουν υψηλά ποσοστά σπατάλης. Σε αυτά τα φυτικά υποπροϊόντα εντοπίζονται διάφορες ομάδες ενώσεων, όπως φαινολικές ενώσεις, καροτενοειδή, βιταμίνες, βιοδραστικοί πολυσακχαρίτες και διαιτητικές ίνες, αποτελώντας παραδείγματα πιθανών βιοδραστικών ενώσεων. Παρακάτω, παρατίθενται τα αποτελέσματα μιας έρευνας που συλλέχθηκαν σχετικά με το περιεχόμενο των βιοδραστικών ενώσεων των πιο πολυχρησιμοποιημένων αγροδιατροφικών παραπροϊόντων (Reguengo et al 2022).

#### **5.4.1.Φρούτα**

Τα γεωργικά υποπροϊόντα φυτικής προέλευσης έχουν εκδηλώσει ως μία από τις κυρίαρχες πηγές για την εξαγωγή διαφόρων βιοδραστικών ενώσεων τα τελευταία χρόνια. Επιπλέον, τα υποπροϊόντα φρούτων κατέχουν την πρωτοκαθεδρία, με τη φλούδα και τον πυρήνα να ξεχωρίζουν. Αυτά περιλαμβάνουν τα υπολείμματα από την παραγωγή πολτού και χυμού, ενώ στη συνέχεια ακολουθούν σε σημασία οι σπόροι και οι απορριπτόμενοι καρποί. Στον πίνακα 8 αναφέρονται ορισμένες από τις κυριότερες κατηγορίες φρούτων, των οποίων οι βιοδραστικές ενώσεις των παραπροϊόντων τους απασχολούν ιδιαίτερα τη βιομηχανία.



Εικόνα 19. Τύποι φρούτων/ Πηγή: <https://www.onlyfoods.net/category/fruits>

Πίνακας 8. Κύρια παραπροϊόντα φρούτων και οι βιοδραστικές τους ενώσεις

Πηγή: Reguengo et al 2022, Agro-industrial by-products: Valuable sources of bioactive compounds. Food Research International, 152, 110871.

Κατηγορία Φρούτου	Κύρια Παραπροϊόντα	Βιοδραστικές Ενώσεις
Εσπεριδοειδή	Πυρήνας πορτοκαλιού	Αιθέραια έλαια, βιταμίνες και φλαβονοειδή με κυριότερα την εσπεριδίνη, την ναριρουτίνη και την ναριγγίνη
Σταφύλι ( <i>Vitis Vinifera</i> L.)	Σπόροι, φλοιός, πυρηνέλαιο, οινολάσπη	Σάκχαρα, μέταλλα και φαινολικές ενώσεις

<b>Ρόδι (<i>Punica granatum</i> L.)</b>	Φλούδα και σπόροι	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b><u>Στην φλούδα:</u></b> ελλαγιταννίνες, ειδικότερα πουνικαλίνη και πουνικαλαγίνη, καθώς και ελλαγικό οξύ και πρωτεΐνες</li> <li>✓ <b><u>Στους σπόρους:</u></b> ολικό φαινολικό, φλαβονοειδή και συμπυκνωμένες τανίνες, γ-τοκοφερόλη και α-τοκοτριενόλη</li> </ul>
<b>Ροδάκινο (<i>Prunus persica</i> L. Batsch)</b>	Πυρήνας, φλούδα, και ανώριμοι/αραιωμένοι καρποί	Χλωρογενικά και νεοχλωρογενικά οξέα, πολυφαινόλες, φλαβονοειδή
<b>Βύσσινο (<i>Prunus cerasus</i> L.)</b>	Σπόροι	Λιπαρά οξέα, πλούσια σε λινολεϊκό και ελαϊκό οξύ, καθώς και σε γ-τοκοφερόλη, β-σιποστερόλες και σκουαλένιο
<b>Αχλάδια (<i>Pyrus communis</i> L.)</b>	Φλούδα, σπόροι και καρποί	Γαλλικό οξύ και ρουτίνη ως κύριες φαινολικές ενώσεις

<b>Μήλα (Malus Mill)</b>	Πυρηνέλαιο	Παρουσιάζει σημαντική περιεκτικότητα σε α-τοκοφερόλη (εκτός από την ποικιλία Bernu Prieks, η οποία είναι πλούσια σε δ-τοκοφερόλη), εικοσιεννιάνιο , εικοσιεννια-10-όλη και β-σιτοστερόλη (εκτός από την ποικιλία Bernu Prieks, η οποία είναι πλούσια σε στιγμαστερόλη
<b>Σύκο (<i>Ficus carica</i> L.)</b>	Φλούδα	Κερκετίνη-3-Ο-ρουτινοσίδη, 5-Ο-καφεοϋλκινικό οξύ και, μαλονυλοδι-δεοξυεξοζίτη του βανιλικού οξέος



<b>Ακτινίδια</b>	Φλούδα και φύλλα	<p>✓ <b><u>Στη φλούδα:</u></b> τοκοφερόλες, ιδίως α-τοκοφερόλη, οργανικά οξέα, επικατεχίνη, παράγωγα βιταμίνης C, χλωροφύλλη και καροτενοειδή</p> <p>✓ <b><u>Στα φύλλα:</u></b> χλωρογενικά οξέα, γλυκοζυλιωμένη κερσετίνη και παράγωγα καμφερόλης</p>
<b>Πεπόνι</b>	Φλούδα	Κυρίαρχο φαινολικό συστατικό είναι το 3-υδροξυβενζοϊκό οξύ, ενώ ακολουθούν η απιγενίνη-7-γλυκοσίδη και το ισοβανιλλικό οξύ
<b>Χουρμάδες</b>	Καρποί	Φερουλικό και βανιλικό οξύ, ανθοκυανίνες, φλαβονόλες, προανθοκυανιδίνες και ασκορβικό οξύ

<p><b>Μάνγκο - <i>Mangifera indica</i> L.</b></p>	<p>Πυρήνας σπόρων και φλούδα</p>	<p>✓ <b><u>Στον πυρήνα:</u></b> γαλλοϋλγλυκοζίτες, του γαλλικού οξέος, του καφεϊκού οξέος και ρουτίνης</p> <p>✓ <b><u>Στη φλούδα:</u></b> διαλυτές ίνες και φαινολικές ενώσεις καθώς και υψηλές συγκεντρώσεις γαλλικού οξέος και ρουτίνης</p>
<p><b>Παπάγια - <i>Carica papaya</i> L.</b></p>	<p>Σπόροι</p>	<p>Φερουλικό, αμυγδαλικό και βανιλικό οξύ</p>
<p><b>Αβοκάντο - <i>Persea americana</i> Mill</b></p>	<p>Φλούδα και πυρήνας</p>	<p>✓ <b><u>Στη φλούδα:</u></b> κατεχίνη, επικατεχίνη και καφεοϋλκινικά οξέα</p> <p>✓ <b><u>Στον πυρήνα:</u></b> φαινολικά οξέα, όπως το υδροξυβενζοϊκό και το υδροξυκινναμικό οξύ</p>

## 5.4.2. Ελαιόφοροι Καλλιέργειες

### 1. Ξηροί καρποί και σπόροι

Τα παραπροϊόντα από ξηρούς καρπούς μπορεί να περιλαμβάνουν μονοακόρεστα λιπαρά οξέα και μια ποικιλία φυτοχημικών που δρουν ως φυσικά αντιοξειδωτικά σε διάφορες βιολογικές λειτουργίες. Συνεπώς, η φλούδα, το κέλυφος και/ή το εκχυλισμένο κέικ (υπολείμματα από την παραγωγή λαδιού) αποτελούν τα βασικά υποπροϊόντα των ξηρών καρπών. Η φαινολική σύνθεση αυτής της ομάδας περιλαμβάνει φαινολικά οξέα, κυρίως γαλλικό, πρωτοκατεχουικό, π-κουμαρικό, βανιλικό, καθώς και προανθοκυανιδίνες, ιδιαίτερα κατεχίνη και επικατεχίνη.

Το κέικ με ξηρούς καρπούς αποτελεί ένα ιδιαίτερα ενδιαφέρον παραπροϊόν, καθώς περιέχει πλούσιες ποσότητες πολικών φαινολικών ενώσεων. Εκτός από τις ενώσεις που έχουν ήδη αναφερθεί για το φαινολικό προφίλ των ξηρών καρπών, τα κέικ με καρύδια πεκάν προσφέρουν επιπλέον πλούσιο περιεχόμενο σε υδρολυόμενες τανίνες. Το φαινολικό προφίλ του κέικ σπόρων επικεντρώνεται επίσης σε φαινολικά οξέα και τα σχετικά παράγωγά τους, όπως η σιναπίνη, το σιναπτικό οξύ και η κανολόλη για το άλευρο canola (Reguengo et al 2022).

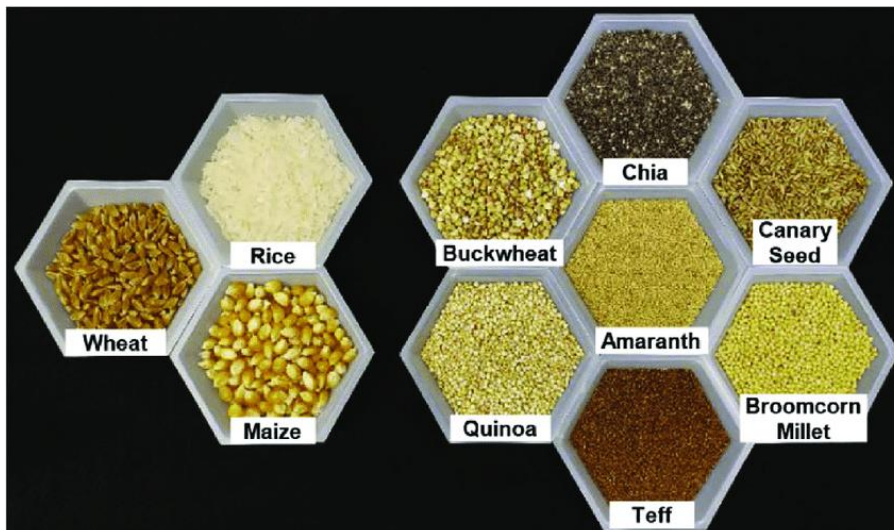
### 2. Ελιά

Το διφασικό σύστημα φυγοκέντρωσης παράγει ένα ημιστερεό υγρό υποπροϊόν, γνωστό ως ελαιοπυρήνα. Αντίθετα, ο πυρήνας τριφασικών συστημάτων μύλου έχει χαμηλότερη αντιοξειδωτική δράση και περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες, η οποία συνδέεται με την προσθήκη καυτού νερού κατά την παραγωγή ελαιολάδου, που επιφέρει τη μεταφορά πολλών βιοδραστικών ενώσεων στα λύματα. Το ακατέργαστο πυρηνέλαιο ανακτάται από τον ελαιοπυρήνα. Το πυρηνέλαιο, ένα είδος φυτικού ελαίου που παράγεται από τους πυρήνες ή τους κουκούτσια ορισμένων φρούτων ή καρπών, όπως το αβοκάντο, η ή καρύδα, παρουσιάζει φαινολικό προφίλ κυρίως με υδροξυτυροσόλη-4-γλυκοσίδη και υδροξυτυροσόλη. Επιπλέον, περιλαμβάνει κομσελογοσίδη, παράγωγα ελενολικού (elenolic acid) οξέος, μικρές ποσότητες ολεοσίδων (oleosides riboside), βερμπασκοσίδη, τυροσόλη, σαλιδροσίδη, λουτεολίνη και ρουτίνη. Τα παραπροϊόντα του ελαιοτριβείου περιέχουν, επίσης, τριτερπενικά οξέα, α-τοκοφερόλη, β-σιτοστερόλη,

σκουαλένιο, καθώς και φαινολικές ενώσεις, όπως το π-κουμαρικό οξύ, υδροξυτυροσώλη-1-γλυκόζη και βανιλικό οξύ (Reguengo et al 2022).

### 5.4.3. Δημητριακά και Όσπρια

Η επεξεργασία των σπόρων δημητριακών και των σπόρων με πλούσια περιεκτικότητα σε έλαια, αποτελεί σημαντική γεωργική δραστηριότητα που παράγει διάφορα υποπροϊόντα, συμπεριλαμβανομένων του πίτουρου και του φλοιού. Αυτά τα υποπροϊόντα μπορούν ενδεχομένως να αξιοποιηθούν για την παραλαβή βιοδραστικών ενώσεων. Στον πίνακα 9 αναφέρονται κάποιες κατηγορίες δημητριακών και οσπρίων, με τα κύρια παραπροϊόντα τους.



Εικόνα 20. Ενδεικτικά Δημητριακά των οποίων τα παραπροϊόντα αξιοποιούνται από τη βιομηχανία / Πηγή: [https://www.researchgate.net/figure/Image-of-major-staple-cereal-grains-and-seven-selected-underutilized-pseudocereal\\_fig1\\_342542252](https://www.researchgate.net/figure/Image-of-major-staple-cereal-grains-and-seven-selected-underutilized-pseudocereal_fig1_342542252)

Πίνακας 9. Κύρια παραπροϊόντα δημητριακών και οσπρίων και οι βιοδραστικές τους ενώσεις

Πηγή: Reguengo et al 2022, Agro-industrial by-products: Valuable sources of bioactive compounds. Food Research International, 152, 110871

Δημητριακά και Όσπρια	Κύρια Παραπροϊόντα	Βιοδραστικές Ενώσεις
<b>Ρύζι (<i>Oryza sativa</i> L.)</b>	Πίτουρο ρυζιού	Υψηλές συγκεντρώσεις φαινολικών ενώσεων, με κυριότερες το φερουλικό οξύ και το π-κουμαρικό οξύ. Σε πίτουρα άλλων ειδών όπως το κόκκινο και το μαύρο ρύζι, παρατηρείται παρόμοια πλούσια περιεκτικότητα σε φερουλικό οξύ, ενώ στο μαύρο πίτουρο ρυζιού παρεμβάλλεται και η κυανιδίνη-3-γλυκοσίδη
<b>Σιτάρι</b>	Ο αραβόσιπος, το σόργο, το πίτουρο και η αλευρόνη	Διαιτητικές ίνες, κυρίως αραβινοξυλάνες, που μόνες τους επιδρούν θετικά ως πρεβιοτικά., έχουν επιπλέον σημαντική περιεκτικότητα σε φαινολικά οξέα, ιδιαίτερα φερουλικό οξύ

<b>Σόγια (Glycine max (L.) Merr.)</b>	Ένα από τα κύρια υποπροϊόντα παραγωγής γάλακτος σόγιας και τοφού (ένα τυπικό ιαπωνικό τρόφιμο) είναι η okara	Ισοφλαβόνες
---------------------------------------	--	-------------

#### 5.4.4. Καφές, κακάο και αφεψήματα

Ο καφές (*Coffea L.*), το κακάο (*Theobroma cacao L.*) και τα αφεψήματα αποτελούν μερικά από τα πιο δημοφιλή καταναλωτικά προϊόντα παγκοσμίως, ειδικά ως ροφήματα. Χημικά, το κακάο, το τσάι (*Camellia sinensis*) και ο καφές αποτελούν πολύπλοκα μείγματα δευτερογενών μεταβολιτών των φυτών.

Η ασημένια επιδερμίδα του καφέ αντιπροσωπεύει το εξωτερικό στρώμα των πράσινων κόκκων καφέ, το οποίο απομακρύνεται κατά τη διαδικασία καβουρδίσματος και αποτελεί το κύριο παραπροϊόν των εταιρειών καβουρδίσματος καφέ. Αυτό το πολύτιμο παραπροϊόν διαθέτει πλούσιο φαινολικό προφίλ, με κύρια συστατικά τα χλωρογενικά οξέα (κυρίως το 5-O-καφεοϋλκινικό οξύ), την καφεΐνη και το καφεϊκό οξύ. Το άλεσμα του καφέ, που αντιστοιχεί περίπου στο 43% του συνολικού βάρους του καρπού, και το άνθος θεωρούνται επίσης ως παραπροϊόντα στη βιομηχανία του καφέ. Το φαινολικό προφίλ του άνθους του καφέ περιλαμβάνει τριγωνελίνη, καφεΐνη, πρωτοκατεχουϊκό οξύ και γαλλικό οξύ. Επίσης, ο φλοιός από τους κόκκους κακάο, όπως και η ασημένια επιδερμίδα του καφέ, αποτελούν τα κύρια παραπροϊόντα κατά το στάδιο του ψησίματος στην αλυσίδα παραγωγής κακάο. Σύμφωνα με τη μελέτη των Hernández-Hernández et al. (2019), το φαινολικό προφίλ του φλοιού του κόκκου κακάο κυριαρχείται κυρίως από θεοβρωμίνη, επικατεχίνη και κατεχίνη (Reguengo et al 2022).

#### 5.4.5. Λαχανικά

Τα λαχανικά, μαζί με τα φρούτα, ανήκουν στις κατηγορίες τροφίμων με υψηλότερο ποσοστό αποβλήτων και παραπροϊόντων και απασχολούν επίσης αρκετά τη βιομηχανία. Στον πίνακα 10 παρατίθενται ενδεικτικές κατηγορίες λαχανικών και των αξιοποιήσιμων βιοδραστικών ενώσεων που προέρχονται από τα παραπροϊόντα τους.

Πίνακας 10. Κύρια παραπροϊόντα λαχανικών και οι βιοδραστικές τους ενώσεις

Πηγή: Reguengo et al 2022, Agro-industrial by-products: Valuable sources of bioactive compounds. Food Research International, 152, 110871

Είδος Λαχανικού	Κύρια Παραπροϊόντα	Βιοδραστικές Ενώσεις
<p><b>Η οικογένεια brassica: κουνουπίδι ( Brassica oleracea L. var. botrytis) και μπρόκολο ( Brassica oleracea L. var. Parthenon)</b></p>	<p>Φύλλα, μίσχοι, λοβοί</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b><u>Στα φύλλα:</u></b>                      υψηλές συγκεντρώσεις τοκοφερολών, καροτενοειδών, χλωροφύλλων, γλυκοσινολικού και ολικού φαινολικού</li> <li>✓ Τα εκχυλίσματα υπολειμμάτων κουνουπιδιού χαρακτηρίζονται από υψηλή περιεκτικότητα σε φλαβονοειδείς γλυκοζίτες, που προέρχονται κυρίως από καμφερόλη και κερσετίνη. Επιπλέον, το σιναπικό και το φερουλικό οξύ είναι τα κύρια φαινολικά οξέα</li> </ul>

		που ανιχνεύονται στα εκχυλίσματα υπολειμμάτων κουνουπιδιού.
<b>Αγκινάρα</b>	Μίσχοι, φύλλα, βρώσιμο μέρος, και εξωτερικά βράκτια	Σχετικά με το φαινολικό προφίλ, καφεοϋλοκινικό, κινικό, και χλωρογενικό οξύ περιέχονται σε υποπροϊόντα αγκινάρας, όπως στους μίσχους, στα φύλλα, στο βρώσιμο μέρος, και εξωτερικά βράκτια. Επιπλέον, το νεοχλωρογενικό οξύ παρατηρήθηκε μόνο στα βράκτια, ενώ το κρυπτοχλωρογενικό οξύ στα δοχεία. Άλλες φαινολικές ενώσεις, όπως η απιγενίνη και οι γλυκοσίδες λουτεολίνης, επίσης ανιχνεύτηκαν σε φύλλα και βράκτια αγκινάρας



<b>Κρεμμύδια</b>	Αποξηραμένη φλούδα κρεμμυδιού	Πλούσια σε φλαβονοειδή, με την κερσετίνη και τα παράγωγά της, καθώς και την καμφερόλη και το πρωτοκατεχουϊκό οξύ, να αποτελούν τις κύριες ενώσεις της
<b>Ντομάτα</b>	Ο πυρήνας τομάτας, που προκύπτει ως υπόλειμμα της βιομηχανικής της επεξεργασίας, περιλαμβάνει ένα μείγμα φλοιού και σπόρων ντομάτας, καθώς και ένα μικρό κλάσμα του πολτού	Καροτενοειδή, ιδίως λυκοπένιο, καθώς και λουτεΐνη και β-καροτένιο, ωμέγα-3 λιπαρά οξέα, και ιδιαίτερα λινολεϊκό οξύ, ισομερείς γλυκοζίτες του καφεϊκού οξέος, χλωρογενικά, νεοχλωρογενικό και ισοχλωρογενικό οξύ, η κερκετίνη-τριγλυκοσίδη, η ρουτίνη, το 3,4,5-τρι-καφεοϋλκινικό οξύ, η ναρινγκενίνη και η χαλκόνη
<b>Πατάτα (<i>Solanum tuberosum</i> L.)</b>	Φλούδα	Φαινολικών οξέα και γλυκοαλκαλοειδή

## 5.5. Εφαρμογές αγροδιατροφικών παραπροϊόντων στη βιομηχανία τροφίμων

### 5.5.1. Ως συστατικά λειτουργικών τροφίμων και ως πρόσθετα

Πολλά από τα παραπροϊόντα και τα απόβλητα που προκύπτουν από τη βιομηχανία φρούτων παράγονται κυρίως μετά το πάτημα του χυμού ή μετά την παραγωγή άλλων προϊόντων προστιθέμενης αξίας, όπως μαρμελάδες, ζελέ, κ.λπ. Η διαδικασία παραγωγής ποτών στη βιομηχανία τροφίμων δημιουργεί μεγάλους όγκους απορριμμάτων, κυρίως σε μορφή πυρήνα (μίγμα πολτού, φλοιού, σπόρων και στελέχους). Είναι συχνό φαινόμενο ο πυρήνας να περιέχει υψηλότερες ποσότητες βιοδραστικών ενώσεων σε σύγκριση με τον ίδιο τον χυμό φρούτων. Πιο συγκεκριμένα, φλούδες από σταφύλια, μήλα, εσπεριδοειδή, σπόρους αβοκάντο, αναφέρονται να περιέχουν περισσότερο από 15% υψηλότερη περιεκτικότητα σε πολυφαινολικές ενώσεις σε σχέση με τον πολτό. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα παραπροϊόντων που βρίσκει εφαρμογή στη βιομηχανία τροφίμων είναι ο πυρήνας φρούτων από μήλο και μούρα που προτείνεται ως πρόσθετο σε αρτοποιία και γαλακτοκομικά προϊόντα για την ενίσχυση της φυσικής τους περιεκτικότητας σε αντιοξειδωτικά και διαιτητικές ίνες. Επιπλέον είναι γνωστό πως το μήλο (*Malus domestica Borkh*) αποτελεί ένα δημοφιλές φρούτο, λόγω της την εξαιρετικής του γεύσης και του άρωματός του, καθώς και για τα αποδεδειγμένα οφέλη του για την υγεία. Ένα σημαντικό ποσοστό της παραγωγής μήλων χρησιμοποιείται είτε ωμό, είτε ως πρώτες ύλες για προϊόντα υψηλής προστιθέμενης αξίας, όπως ο επεξεργασμένος χυμός ή ο μηλίτης. Αυτό οδηγεί στην παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων πυρηνέλαιου ως παραπροϊόντος. Πέρα από την παραδοσιακή χρήση του, ως ζωοτροφή και λίπασμα, ο πυρήνας του μήλου αναδεικνύεται ως σημαντική πηγή πηκτίνης. Η πηκτίνη μήλου βρίσκει ευρεία εφαρμογή στις βιομηχανίες τροφίμων, καλλυντικών και φαρμακευτικών προϊόντων, λειτουργώντας ως, πηκτικός παράγοντας ή/και ως σταθεροποιητής τροφίμων (Ben-Othman et al 2020).

Επιπλέον, ορισμένα παραπροϊόντα τροπικών φρούτων διαθέτουν αντιοξειδωτικές δραστηριότητες που μπορούν να επιβραδύνουν την υπεροξειδωση των λιπιδίων, όπως φαίνεται σε εφαρμογές ηλιέλαιου ή συσκευασίας τροφίμων. Η υπεροξειδωση των λιπιδίων είναι μια χημική αντίδραση που συμβαίνει όταν τα λιπαρά συστατικά τροφών έρχονται σε επαφή με τον οξυγόνο του αέρα. Αυτή η αντίδραση οξειδώνει τα λιπίδια, δημιουργώντας πτητικές ουσίες που μπορούν να δώσουν στα

τρόφιμα μια δυσάρεστη γεύση και μυρωδιά, και μπορεί να μειώσει τη θρεπτική τους αξία. Τα αντιοξειδωτικά είναι ουσίες που μπορούν να αναστείλουν ή να ελαχιστοποιήσουν την υπεροξειδωση των λιπιδίων, προστατεύοντας τα τρόφιμα από την αποσύνθεση λόγω της οξειδωσης. Τα τροπικά φρούτα περιέχουν φυσικά αντιοξειδωτικά, όπως φυτοχημικά και βιταμίνες, που μπορούν να προστατεύσουν τα λιπίδια από την υπεροξειδωση. Συνεπώς, όταν αυτά τα παραπροϊόντα τροπικών φρούτων προστίθενται σε εφαρμογές όπως η συσκευασία τροφίμων ή η παραγωγή ηλιέλαιου, οι φυσικές αντιοξειδωτικές τους ιδιότητες μπορούν να βοηθήσουν στην προστασία των λιπιδίων από την υπεροξειδωση, επιμηκύνοντας έτσι τη διάρκεια ζωής τους και διατηρώντας τη φρεσκάδα και την ποιότητά τους. Στην κατηγορία των εσπεριδοειδών, όπου πάλι παράγεται μεγάλο ποσοστό αποβλήτων, η πηκτίνη που προέρχεται από τις φλούδες των εσπεριδοειδών θεωρείται ιδιαίτερη σημαντική για τις λειτουργικές της ιδιότητες. Συνήθως χρησιμοποιείται ως πηκτωματοποιητής, πυκνωτικό τροφίμων και σταθεροποιητής. Εκτός αυτού, έχει ευρεία εφαρμογή στις βιομηχανίες καλλυντικών και φαρμακευτικών προϊόντων (Ben-Othman et al 2020).

Η αξιοποίηση παραπροϊόντων από φρούτα φαίνεται να κατέχει υψηλή θέση στην χρήση τους ως συστατικά λειτουργικών τροφίμων. Για παράδειγμα, η προσθήκη πυρήνελαιου σταφυλιού μπορεί να επεκτείνει τη διάρκεια ζωής των γαλακτοκομικών προϊόντων, βελτιώνοντας την ικανότητα αποθήκευσής τους. Επιπλέον, η προσθήκη πυρήνα σταφυλιού μπορεί να ενισχύσει την αντιοξειδωτική δράση και τη συνολική περιεκτικότητα σε φαινολικά συστατικά, που συνήθως λείπουν από τα γαλακτοκομικά προϊόντα. Ένα άλλο παράδειγμα αποτελεί η προσθήκη πυρήνα σταφυλιού από την ποικιλία Chardonnay σε ημίσκληρα και σκληρά τυριά που αυξάνει την περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες, ενώ στη βιομηχανία ζυθοποιίας, η προσθήκη πυρήνα σταφυλιού από την ποικιλία Solaris μπορεί να επηρεάσει θετικά τις αισθητηριακές ιδιότητες της μπίρας με αύξηση της συγκέντρωσης πτητικών συστατικών. Τα φρούτα, όπως τα μήλα, αυξάνουν τη συγκέντρωση οργανικών οξέων στη μπίρα, όπως του τρυγικού και του μηλικού, ενώ ταυτόχρονα μειώνουν τη συγκέντρωση σακχάρων σε αυτή (Raṭu et al 2023).

Τα λαχανικά αποτελούν σημαντική πηγή φυτοθρεπτικών συστατικών με ευεργετικές ιδιότητες για την προαγωγή της υγείας και την πρόληψη ασθενειών. Τα υποπροϊόντα και τα απόβλητα που προκύπτουν κυρίως από τα μη βρώσιμα μέρη των λαχανικών αντιπροσωπεύουν μια πολύτιμη πηγή αυτών των φυτοθρεπτικών

συστατικών και παραμένουν ανεκμετάλλευτα. Κατά τη βιομηχανική επεξεργασία τροφίμων, όπως η πατάτα, η ντομάτα και το καρότο, παράγονται σημαντικές ποσότητες απορριμμάτων. Για παράδειγμα, το κλάσμα που προκύπτει από τα υπολείμματα του καρότου, εμπλουτισμένο με πηκτίνη, επιδεικνύει υψηλή αντιοξειδωτική ικανότητα λόγω της παρουσίας α- και β-καροτενίων, λουτεΐνης και τοκοφερολών (Ben-Othman et al 2020).

Ακόμη, οι πολυφαινόλες και τα καροτενοειδή που προέρχονται από υπολείμματα φρούτων και λαχανικών έχουν χρησιμοποιηθεί ως φυσικά συντηρητικά τροφίμων, καθώς συμβάλλουν στην επέκταση της διάρκειας ζωής του τελικού προϊόντος και ενισχύουν την αντιοξειδωτική του ικανότητα. Ένα παράδειγμα βιοδραστικό μορίου με σημαντικές βιολογικές δράσεις είναι η υδροξυτυροσόλη, που εξάγεται από τα απόβλητα ελαιολιπιδίου, και έχει χρησιμοποιηθεί ως συντηρητικό τροφίμων και λειτουργικό συστατικό στο ψωμί. Επιπλέον, ένα υδατοδιαλυτό εκχύλισμα από σπόρους μπρόκολου (*Brassica oleracea* var. *italica*) έχει χρησιμοποιηθεί ως συντηρητικό τροφίμων, επιδεικνύοντας αποτελεσματική μείωση της μόλυνσης από μύκητες στα δημητριακά (Ben-Othman et al 2020).

Τέλος, τα κελύφη των κόκκων κακάο αποτελούν ένα από τα βασικά υποπροϊόντα που προκύπτουν από την επεξεργασία των κόκκων κακάο. Ενώ αποτελούν ένα οικονομικά προσιτό συστατικό για την αντικατάσταση του κακάο ή την προσθήκη αρωματικών στοιχείων σε τρόφιμα, παράλληλα μπορούν να αποτελέσουν και πολύτιμο συστατικό ή πρόσθετο για καινοτόμα και λειτουργικά τρόφιμα και ποτά. Για παράδειγμα, πολλοί ερευνητές έχουν αξιοποιήσει τις αντιοξειδωτικές ιδιότητές τους με σκοπό την πρόληψη της οξείδωσης των λιπιδίων.

### **5.5.2. Φαρμακολογικές και βιοϊατρικές εφαρμογές**

Το έλαιο σταφυλιού έχει χρησιμοποιηθεί ως βάση για νανοφορείς λιπιδίων με σκοπό τη βελτιστοποίηση της θεραπευτικής αποτελεσματικότητας των αντικαρκινικών φαρμάκων και τη μείωση της τοξικότητάς τους. Άλλα συστατικά του ελαίου σταφυλιού, όπως η ρεσβερατρόλη, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην πρόκληση οξειδωτικής βλάβης στις πλασματικές μεμβράνες των βακτηρίων, καθιστώντας αυτό το παραπροϊόν αποτελεσματικό κατά τις αντιμικροβιακές θεραπείες. Ακόμη, μπορεί να

χρησιμοποιηθεί ως συστατικό σε προϊόντα ενυδάτωσης δέρματος με απαλή υφή, δίνοντας τη δυνατότητα για αποτελεσματική εφαρμογή χωρίς να αφήνει υπολείμματα, και χωρίς πιθανές αλλεργικές αντιδράσεις (Raṭu et al 2023).

Ένα άλλο παράδειγμα, είναι τα εκχυλίσματα αλεσμένου καφέ που φαίνεται να εμφανίζουν είναι ελπιδοφόρα αποτελέσματα ως υποψήφιοι παράγοντες για ενσωμάτωση σε βιώσιμα καλλυντικά προϊόντα, καταπολεμώντας την γήρανση και την αντιμετώπιση του δέρματος. Εκτός από τις θρεπτικές ιδιότητες που αποδίδονται στα υποπροϊόντα της βιομηχανίας επεξεργασίας κακάο, αρκετές μελέτες, που αξιολογήθηκαν εκτενώς έχουν προτείνει εναλλακτικές χρήσεις αυτών των υποπροϊόντων σε φαρμακευτικές βιομηχανίες λόγω διαφόρων δράσεών τους όπως η αντικαρκινική δράση, οι επιδράσεις κατά του διαβήτη και κατά των νευροεκφυλιστικών διαταραχών, τα οφέλη στην καρδιαγγειακή υγεία, και η δράση τους ως αντιμικροβιακοί παράγοντες (Socas-Rodríguez et al 2021).

Στα μήλα, η πηκτίνη αναγνωρίζεται για την εξαιρετική της αξία ως συστατικό συμπληρωμάτων διατροφής, συμβάλλοντας στη μείωση των επιπέδων χοληστερόλης στο αίμα, στη γλυκαιμική απόκριση μετά το γεύμα, καθώς και στην αύξηση του αίσθηματος κορεσμού. Τα υποπροϊόντα που προέρχονται από το μήλο περιέχουν σημαντικές ποσότητες φλωριζίνης, γνωστής για τον ρόλο της ως αντιδιαβητικός παράγοντας. Η φλωριζίνη αποδείχθηκε αποτελεσματική στην αναστολή της μεταφοράς γλυκόζης μέσω της δέσμευσης του τμήματος γλυκόζης στον συν-μεταφορέα γλυκόζης SGLT2. Πρόσφατες μελέτες επίσης αναφέρουν ότι η διαιτητική φλωριζίνη και η φλορετίνη μπορούν να λειτουργήσουν ως θεραπευτικοί παράγοντες για την αναστολή της γεροντικής οστεοπόρωσης σε μοντέλα ποντικών με βάση τα κύτταρα από ηλικιωμένους (Ben-Othman et al 2020).

Τα εσπεριδοειδή επίσης φαίνεται πως έχουν κερδίσει μεγάλο ενδιαφέρον ως προς την αξιοποίηση των παραπροϊόντων τους. Η τροποποιημένη πηκτίνη εσπεριδοειδών (Modified Citrus Pectin - MCP) αποτελεί ένα είδος πηκτίνης που έχει υποστεί τροποποίηση για να έχει βελτιωμένες ιδιότητες ή να προσφέρει επιπρόσθετα οφέλη στην ανθρώπινη υγεία. Η τροποποίηση αυτή μπορεί να περιλαμβάνει χημική επεξεργασία με οξύ ή αλκάλιο, ενζυμική μετατροπή ή θερμική επεξεργασία. Αυτές οι διαδικασίες μπορούν να προσαρμοστούν για να παράγουν επιθυμητές ιδιότητες ή να βελτιώσουν την ενσωμάτωση της πηκτίνης σε διαφορετικές εφαρμογές. Στις

Ηνωμένες Πολιτείες, το MCP έχει καταχωρηθεί ως συμπλήρωμα διατροφής. Επιπλέον, αρκετές κλινικές δοκιμές έχουν επιβεβαιώσει τις δυνατότητές του ως αντικαρκινικού παράγοντα σε θηλαστικά. Η αντικαρκινική δράση του MCP προκαλείται από συγκεκριμένες μοριακές αλληλεπιδράσεις με τη γαλεκτίνη-3, μια λεκτίνη που δεσμεύει β-γαλακτοσιδάση και έχει ποικίλες βιολογικές λειτουργίες. Η εξωκυτταρική γαλεκτίνη-3 θεωρείται κρίσιμη για την εξέλιξη και τη μετάσταση των όγκων, καθώς διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της δομής και της λειτουργίας του ιστού, και συνεπώς στη ρύθμιση της ανάπτυξης και της μετάστασης των κυττάρων, κάτι που είναι κρίσιμο για την κανονική φυσιολογία του οργανισμού και την ανάπτυξη καρκίνου (Ben-Othman et al 2020).

### 5.6. Αξιοποίηση αγροδιατροφικών παραπροϊόντων ως συστατικά λειτουργικών τροφίμων

Ένας αρκετά διαδεδομένος τρόπος αξιοποίησης αγροδιατροφικών υποπροϊόντων είναι η ενσωμάτωση τους ως συστατικά τροφίμων. Οι βιοδραστικές ενώσεις που απομονώνονται από τα παραπροϊόντα καθιστούν τα παραγόμενα τρόφιμα λειτουργικά, προσδίδοντας τους ιδιότητες που δρουν υπέρ της υγείας του καταναλωτή. Στον ακόλουθο πίνακα 11, παρουσιάζονται ορισμένα λειτουργικά τρόφιμα τα οποία έχουν εμπλουτιστεί με συγκεκριμένα αγροδιατροφικά παραπροϊόντα.

Πίνακας 11. Λειτουργικά τρόφιμα από αγροδιατροφικά παραπροϊόντα

Λειτουργικό Τρόφιμο	Υποπροϊόν	Αναφορές
<b>Ψωμί</b>	Πυρήνας ντομάτας και ελιάς Πάστα ελαιουργείου Σκόνη πράσινης μπανάνας Φλούδα μάνγκο και ρεβυθιού Φλούδα και σπόροι πεπονιού Φλούδα και σπόροι καρπουζιού Φλούδα και σπόροι παπάγιας	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ahmad, et al (2020)</li> <li>• Comunian, et al. (2021)</li> <li>• Rațu, R.et al . (2023)</li> </ul>

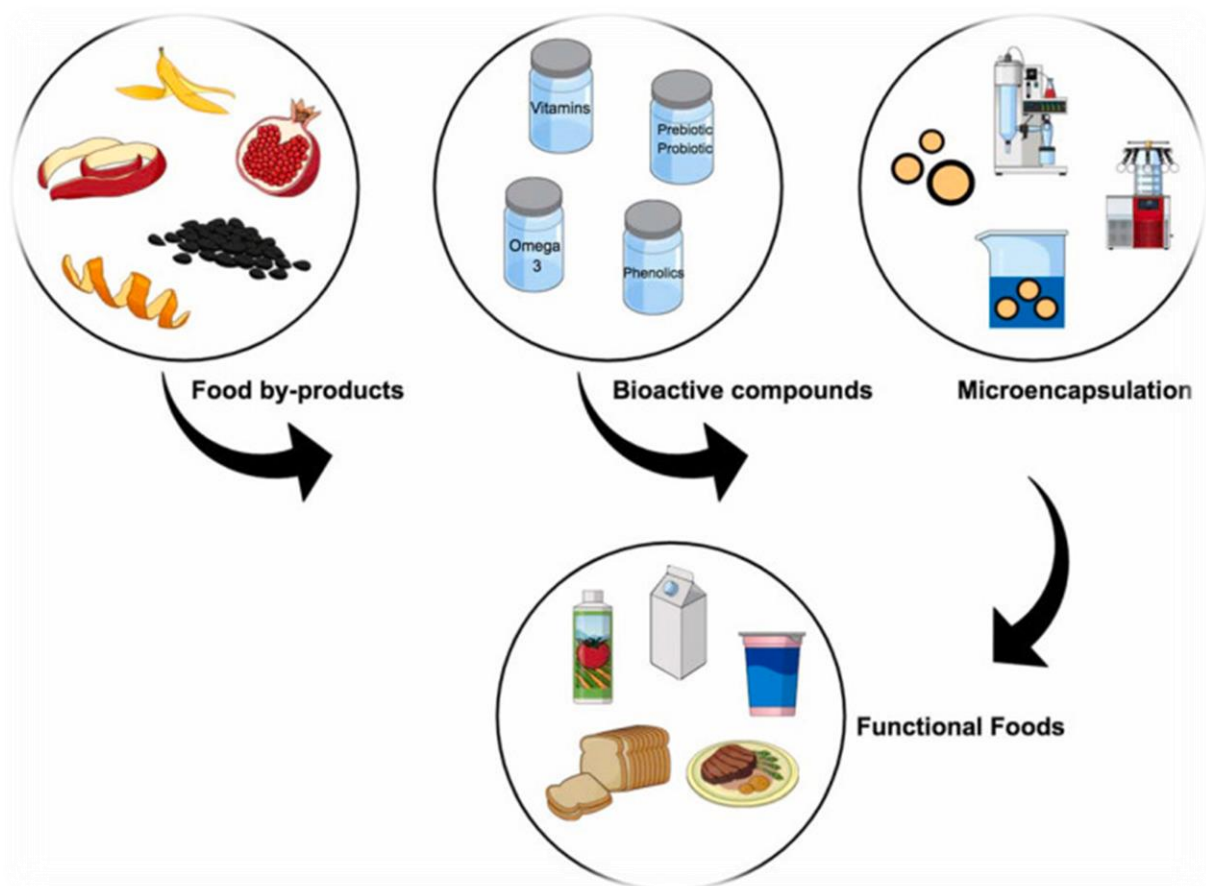
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reguengo, et al (2022)</li> </ul>
<b>Μπισκότα</b>	<p>Πυρήνας ελιάς  Λευκός πυρήνας σταφυλιού  Σκόνη φλοιού καρπουζιού  Πυρήνας μήλου  Φλούδα και πυρήνας ανανά  Φλούδα και σπόροι πεπονιού</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ahmad, et al (2020)</li> <li>• Comunian et al (2021)</li> <li>• Raṭu, et al (2023)</li> <li>• Reguengo, et al (2022)</li> </ul>
<b>Κέικ</b>	<p>Πυρήνας καρότου  Φλούδες πράσινου μπιζελιού  Υπολείμματα πορτοκαλιού  Φλούδες πατάτας  Πυρήνας μήλου  Φλούδα και σπόροι πεπονιού  Φλούδα και σπόροι καρπουζιού</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ahmad, et al (2020)</li> <li>• Comunian, et al (2021)</li> </ul>
<b>Muffins</b>	<p>Πορτοκαλί μπαγάσας  Σκόνη μήλου  Πυρήνας βύσσινου  Υποπροϊόν φράουλα  Πυρήνας βατόμουρου  Πυρήνας ντομάτας</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raṭu, et al (2023)</li> <li>• Reguengo, et al (2022)</li> </ul>
<b>Γάλα που έχει υποστεί ζύμωση</b>	<p>Πυρήνας μήλου  Εκχύλισμα και αλεύρι από πυρηγίσκο κρασιού</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raṭu, et al (2023)</li> </ul>
<b>Κασικίσιο γάλα που έχει υποστεί ζύμωση</b>	<p>Υποπροϊόντα πορτοκαλιού, γκουάβα και passion fruit</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reguengo, et al. (2022)</li> </ul>
<b>Γιαούρτι</b>	<p>Εκχύλισμα σπόρων σταφυλιού  Αλεύρι από φλούδα σταφυλιού  Ίνες πορτοκαλιού</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ahmad, et al (2020)</li> </ul>

	Βλαστοί από σπαράγγια Υπολείμματα καφέ Φλούδα και πυρήνας ανανά	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunian, et al (2021)</li> <li>• Rațu, et al (2023)</li> <li>• Reguengo, et al . (2022)</li> </ul>
<b>Τυρί</b>	Πυρήνας μήλου Υποπροϊόντα πορτοκαλιού Φλούδα ροδιού Φλούδα ντομάτας Σπόροι σταφυλιού Πυρήνας σταφυλιού Πυρήνας κρασιού	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rațu, et al (2023)</li> </ul>
<b>Βούτυρο</b>	Φλούδα ντομάτας	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rațu, et al (2023)</li> </ul>
<b>Παγωτό</b>	Φλούδα ροδιού	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rațu, et al (2023)</li> </ul>
<b>Πάστα φουντουκιού</b>	Φλούδα ροδιού	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ahmad, et al (2020)</li> </ul>
<b>Κοτόπουλο</b>	Αλεύρι βρώμης Φλούδα μήλου και μπανάνας	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ahmad, et al (2020)</li> <li>• Reguengo, et al (2022)</li> </ul>
<b>Λουκάνικο Χοιρινός κιμάς Μπιφτέκια</b>	Φλούδα ντομάτας Φλούδα και πυρήνας ανανά Σπόρος σταφυλιού Φλούδα ροδιού Φλούδα πορτοκαλιού	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunian, et al . (2021)</li> <li>• Rațu, et al (2023)</li> <li>• Reguengo, et al (2022)</li> </ul>
<b>Μπουρεκάκια αρνίσιου κρέατος</b>	Πυρήνας ντομάτας Πυρήνας σταφυλιού Πυρήνας ροδιού	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rațu, et al (2023)</li> </ul>



<b>Τόνος γαρίδας</b>	Φλούδα ροδιού	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Raṭu, et al (2023)</li> </ul>
----------------------	---------------	--

Η εικόνα 21, συνοψίζει σχηματικά την αξιοποίηση των βιοδραστικών ενώσεων των αγροδιατροφικών προϊόντων που προκύπτουν στα διάφορα στάδια της παραγωγής διαδικασίας. Τα λειτουργικά τρόφιμα που παράγονται με την μέθοδο της μικροενθυλάκωσης παρουσιάζουν βελτιωμένες ιδιότητες και συμβάλλουν στην ομαλή λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού.



Εικόνα 21. Σχηματική παραγωγή λειτουργικών τροφίμων με χρήση παραπροϊόντων τροφίμων. / Πηγή: Comunian, T. A., Silva, M. P., & Souza, C. J. (2021). The use of food by-products as a novel for functional foods: Their use as ingredients and for the encapsulation process. Trends in Food Science & Technology, 108, 269-280.

Στο σημείο αυτό, μία μικρή αναφορά ως προς τα προϊόντα που αναφέρθηκαν και προέκυψαν από την ενσωμάτωση αγροδιατροφικών παραπροϊόντων θα βοηθήσει να γίνει πιο κατανοητή η μορφή των βελτιωμένων πλέον λειτουργικών τροφίμων, με τα νέα χαρακτηριστικά:

- ❖ **Ψωμί:** Παρόλο που η προσθήκη διαιτητικών ινών μειώνει τη σταθερότητα της ζύμης, ακόμη και σε υψηλές συγκεντρώσεις, δεν υπάρχει αρνητικό αποτέλεσμα στα χαρακτηριστικά του ψωμιού, καθώς παρουσιάζει υψηλό επίπεδο απαραίτητων αμινοξέων και μετάλλων, βελτιώνοντας έτσι τη θρεπτική του αξία.
- ❖ **Μπισκότα:** Η προσθήκη διαιτητικών ινών και φαινόλης στα μπισκότα βελτιώνει την οργανοληπτική τους ποιότητα, μειώνει τον γλυκαιμικό δείκτη των προϊόντων και η αυξημένη περιεκτικότητα σε φαινόλη παρέχει αντιοξειδωτική δράση.
- ❖ **Κέικ:** Ο πυρήνας καρότου, οι φλούδες μπιζελιού και πατάτες, γενικότερα οι διαιτητικές ίνες, βελτιώνουν αισθητηριακά το νέο προϊόν.
- ❖ **Muffins:** Η ενσωμάτωση φυτικών παραπροϊόντων στα muffins μειώνει το γλυκαιμικό δείκτη και αυξάνει την αίσθηση κορεσμού των προϊόντων.
- ❖ **Ζυμωμένα γάλατα:** τα προϊόντα αυτά έχουν αυξημένη προβιοτική προστασία και βελτιωμένη υφή.
- ❖ **Γιαούρτι:** Η παρουσία φυτικών ινών και ασβεστίου αυξάνει τη συνεκτικότητα και το pH της πηκτής και δίνει ακλύτερα αισθητηριακά αποτελέσματα. Επιπλέον, καθυστερείται η οξείδωση των λιπιδίων και τα φαινολικά στοιχεία αυξάνουν την αντιοξειδωτική δράση του γιαουρτιού.
- ❖ **Τυρί:** Το προϊόν παρουσιάζει αυξημένη περιεκτικότητα σε φαινόλες, υψηλή προβιοτική προστασία και αυξημένη αντιοξειδωτική και αντιμικροβιακή ικανότητα.
- ❖ **Βούτυρο:** Τα λειτουργικά βούτυρα έχουν υψηλή αντιοξειδωτική δράση.
- ❖ **Παγωτό:** Η χρωστική ουσία βελτιώνει το χρώμα του παραγόμενου προϊόντος.
- ❖ **Μπουρεκάκια από κρέας κοτόπουλου – Χορινός Κιμάς – Κεφτέδες-Λουκάνικα – Τόνος Γαρίδας:** Η προσθήκη φυτικών παραπροϊόντων στα παραπάνω προϊόντα τα καθιστά ανθεκτικά σε καταστάσεις οξείδωσης, ενισχύονται τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, όπως το χρώμα και η υφή, και τα νέα προϊόντα είναι ανθεκτικά έναντι βακτηριδίων.

### 5.7. Πώς τα λειτουργικά τρόφιμα συνδέονται με την κυκλική οικονομία;

Η τρέχουσα αλυσίδα εφοδιασμού γεωργικών προϊόντων διατροφής επηρεάζεται από διαφορετικά προβλήματα οικονομικής, κοινωνικής και περιβαλλοντικής φύσης, γεγονός που την καθιστά μη βιώσιμη. Η ενσωμάτωση των αρχών της κυκλικής οικονομίας στον τομέα της παραγωγής λειτουργικών τροφίμων, αξιοποιώντας τα αγροδιατροφικά παραπροϊόντα, φαίνεται να αποτελεί μια σημαντική και αναγκαία αλλαγή, με στόχο τον μετασχηματισμό της κοινωνίας προς πιο βιώσιμες επιλογές και την αντιμετώπιση των μελλοντικών προκλήσεων. Πράγματι, η κυκλική οικονομία αποτελεί ένα οικονομικό σύστημα που στηρίζεται στην μείωση, στην επαναχρησιμοποίηση και στην ανακύκλωση των αποβλήτων. Κατανοεί την αδυναμία της φύσης να παράγει πόρους με ταχύτερο ρυθμό από αυτόν που τους εξαντλεί, λαμβάνοντας την μέγιστη αξία από κάθε υλικό και για αυτό έχει αποκτήσει σημαντικό ενδιαφέρον ως μέσο για την υλοποίηση της βιώσιμης ανάπτυξης. Κεντρική έννοια, δηλαδή, για την επίτευξη πιο κυκλικών συστημάτων παραγωγής, κοινοτήτων και πόλεων είναι η μετάβαση σε ένα οικονομικό μοντέλο που επικεντρώνεται στην εξοικονόμηση και ανάκτηση πόρων. Η αλυσίδα αξίας των γεωργικών προϊόντων διατροφής πρέπει να εξετάσει πολλές πτυχές για να επιτύχει τη βιωσιμότητα και την κυκλικότητα, με την ανάκτηση πόρων να αποτελεί μία από τις σημαντικότερες. Η υιοθέτηση ενός συστήματος αλυσίδας εφοδιαστικής κλειστής ροής υλικών και ενέργειας αποτελεί μια αποτελεσματική στρατηγική για τη δράση σε αυτόν τον τομέα (Chiaraluce et al 2021).

Τα ζητήματα που αφορούν στα παραπροϊόντα της γεωργικής βιομηχανίας τροφίμων και η παραγωγή αποβλήτων οδήγησαν την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) να υιοθετήσει την πρωτοβουλία για μια οικονομία μηδενικών αποβλήτων έως το 2025. Αυτό έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον ερευνητών, ρυθμιστικών αρχών, βιομηχανίας και καταναλωτών. Η Πράσινη Συμφωνία, πρωτοβουλία που προωθήθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή τον Δεκέμβριο του 2019, αποτελεί ένα σημαντικό πλαίσιο για την επιτάχυνση της μετάβασης σε μια κυκλική οικονομία. Η ΕΕ στοχεύει να γίνει η πρώτη κλιματικά ουδέτερη ήπειρος έως το 2050, ενισχύοντας την ανταγωνιστικότητα της ευρωπαϊκής βιομηχανίας και εξασφαλίζοντας μια βιώσιμη μετάβαση για το περιβάλλον, την οικονομία και την κοινωνία.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή αναγνωρίζει αυτήν τη σύνδεση μεταξύ του «from farm to fork», προωθώντας δράσεις για την υποστήριξη βιώσιμων μεθόδων παραγωγής και κυκλικών επιχειρηματικών μοντέλων στον αγροδιατροφικό τομέα. Η πρωτοβουλία περιλαμβάνει τη δημιουργία της Ευρωπαϊκής Πλατφόρμας Ενδιαφερομένων για την Κυκλική Οικονομία (ECESP), η οποία συνδέει φορείς που δραστηριοποιούνται στον τομέα, στηρίζοντας την υλοποίηση του Σχεδίου Δράσης για την Κυκλική Οικονομία του 2015. Ωστόσο, η εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας διαφέρει ανάμεσα στα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, λόγω διαφορετικών προσεγγίσεων και πολιτικών. Η Ολλανδία, με στόχο να υλοποιήσει ένα κυκλικό μοντέλο έως το 2050, προσβλέπει σε μείωση κατά 50% της χρήσης πρωτογενών πρώτων υλών έως το 2030. Η Γαλλία, με τον νόμο για την ενεργειακή μετάβαση και τον οδικό χάρτη για μια κυκλική οικονομία, έχει θεσπίσει πολλά μέτρα για τη διαχείριση και πρόληψη των αγροδιατροφικών αποβλήτων. Στην Ιταλία, το «Collegato Ambientale» και άλλα ρυθμιστικά μέτρα, μαζί με τη Στρατηγική Βιοοικονομίας, αποτελούν μέρος της προσπάθειας για την προώθηση της κυκλικής οικονομίας. Η Ιταλική Πλατφόρμα Ενδιαφερομένων για την Κυκλική Οικονομία (ICESP) δημιουργήθηκε το 2018 ως αντίστοιχο του ECESP (Chiaraluce et al 2021).

Η επιστημονική κοινότητα θα πρέπει να εντάξει την ανάπτυξη της βιοοικονομίας στους ερευνητικούς της στόχους. Οι επιχειρήσεις μπορούν να προσθέσουν αξία με την καινοτομία και την ανάπτυξη τεχνολογίας για τη δημιουργία επιχειρηματικών έργων που θα συνδυάζουν αποτελεσματικότητα και βιωσιμότητα. Ταυτόχρονα, η κοινωνία πρέπει να συνειδητοποιήσει ότι η βιοοικονομία, όπως αυτή προτείνεται στο πλαίσιο της Κυκλικής Οικονομίας, υιοθετεί αρχές βιωσιμότητας και αποδοτικότητας, και χρειάζεται καινοτόμες τεχνολογίες που θα πρέπει να αναγνωρίζονται και να ενσωματώνονται στις αγοραστικές επιλογές όταν τα αγαθά εισέρχονται στην αγορά. Από πολιτικής άποψης, έχουν εμφανιστεί δύο συνεργιστικές κατευθύνσεις δράσης: η παροχή πληροφοριών από τους παραγωγούς και ο σεβασμός των ατομικών πεποιθήσεων των πολιτών/καταναλωτών. Οι κατευθυντήριες γραμμές για την πολιτική και οι παραγωγοί πρέπει να εστιάσουν στην υλοποίηση πρακτικών που προάγουν τη βιωσιμότητα, όπως η αναγέννηση των πόρων, η ανακύκλωση και η επαναχρησιμοποίηση. Κατά τη λήψη αποφάσεων, πρέπει να ληφθούν υπόψη οι συνολικές επιπτώσεις και η βιωσιμότητα του συστήματος. Σε αυτό το πλαίσιο, η αποδοχή νέων προϊόντων διατροφής από τους καταναλωτές, με συστατικά που

προηγουμένως έχουν χαθεί στην αλυσίδα εφοδιασμού, είναι θεμελιώδης για την τελική απορρόφηση όλων των προϊόντων στην αγορά. Η πρόκληση σε αυτό το πλαίσιο είναι η προσπάθεια προκειμένου να επηρεαστούν οι προτιμήσεις των καταναλωτών για τέτοια προϊόντα, λαμβάνοντας υπόψη τη νεοφοβία για τα τρόφιμα, δηλαδή φόβο ή την αντίσταση που κάποιο άτομο εμφανίζει απέναντι σε νέα τρόφιμα ή συστατικά τροφίμων που δεν έχει δοκιμάσει ή δεν είναι εξοικειωμένο με αυτά, τη νεοφοβία της τεχνολογίας τροφίμων, ή την πιθανή γενική δυσπιστία τους, καθώς όλα αυτά τα στοιχεία μπορούν να επηρεάσουν την αποδοχή του συγκεκριμένου προϊόντος διατροφής.

Η κυκλική οικονομία στοχεύει στη μείωση των αποβλήτων και την αποτελεσματική χρήση των πόρων μέσω της ανακύκλωσης και της επαναχρησιμοποίησης. Σε αυτό το πλαίσιο, τα λειτουργικά τρόφιμα που παράγονται από αγροδιατροφικά παραπροϊόντα μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο. Αντί να θεωρούνται απλά απόβλητα, αυτά τα παραπροϊόντα μπορούν να αξιοποιηθούν για την παραγωγή λειτουργικών τροφίμων, προσθέτοντας οικονομική και περιβαλλοντική αξία στην αλυσίδα παραγωγής τροφίμων. Με αυτόν τον τρόπο, συμβάλλουν στη δημιουργία ενός πιο βιώσιμου συστήματος παραγωγής και κατανάλωσης τροφίμων, ενθαρρύνοντας την ανακύκλωση και την αποδοτική χρήση των πόρων. Επιπλέον, η ενσωμάτωση των αγροδιατροφικών παραπροϊόντων στην παραγωγή λειτουργικών τροφίμων ενισχύει τις πρακτικές της βιώσιμης γεωργίας και να προάγει την προστασία του περιβάλλοντος. Τέλος, η παραγωγή λειτουργικών τροφίμων από αγροδιατροφικά παραπροϊόντα μπορεί δημιουργεί νέες αγορές για τους αγρότες και τους παραγωγούς, ενθαρρύνοντας την αειφόρο ανάπτυξη. Όπως γίνεται κατανοητό, ο συνδυασμός της αξιοποίησης των αγροδιατροφικών αποβλήτων και των αρχών της κυκλικής οικονομίας στηρίζει τη στροφή σε ένα βιώσιμο σύστημα τροφίμων, με σεβασμό προς το περιβάλλον, την οικονομία και τον καταναλωτή.

## 6. Συμπεράσματα

Συμπερασματικά, η αλλαγή προς την κυκλική οικονομία είναι απαραίτητη για τη σωστή διαχείριση των υποπροϊόντων στο αγροδιατροφικό σύστημα με στόχο την παραγωγή λειτουργικών τροφίμων. Τα λειτουργικά τρόφιμα είναι πλούσια σε βιοενεργά συστατικά που οφελούν την ανθρώπινη υγεία και ευεξία, και γι' αυτό απασχολούν ιδιαίτερα τη βιομηχανία τροφίμων και τους καταναλωτές τα τελευταία χρόνια. Το μοντέλο του γραμμικού οικονομικού συστήματος, που εφαρμόζεται παγκοσμίως στις περισσότερες επιχειρήσεις αποτελεί μη βιώσιμη λύση, που δεν αναγνωρίζει τα όρια της εξάντλησης των φυσικών πόρων, δυσχεραίνοντας το περιβάλλον και την οικονομία. Η αξιοποίηση των υποπροϊόντων που παράγονται σε όλα τα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας, κρίνεται συνεπώς αναγκαία. Αυτά είναι πλούσια σε βιοδραστικές ενώσεις, οι οποίες αφού παραλαμβάνονται ή εκχυλίζονται, ενσωματώνονται σε νέα προϊόντα, τα οποία καλούνται λειτουργικά τρόφιμα, προσθέτοντας σε αυτά ευεργετικές ιδιότητες για την υγεία των καταναλωτών,.

Η κυκλική οικονομία υπόσχεται να είναι αποτελεσματική επιλογή μεσοπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα για την πρόληψη, την επαναχρησιμοποίηση ή την ανάκτηση φυσικών πόρων και των παραγόμενων υποπροϊόντων. Ο στόχος της είναι να επανέλθουν τα υποπροϊόντα στη γραμμή παραγωγής ως πρώτη ύλη, χρησιμοποιώντας τα για τη δημιουργία νέων προϊόντων με υψηλή θρεπτική αξία και προστιθέμενη αξία στη βιομηχανία. Η διαδικασία αυτή μπορεί να υποστηριχθεί από βιώσιμες τεχνολογίες που επιτρέπουν την αποδοτική παραλαβή θρεπτικών συστατικών από τα υποπροϊόντα. Αυτή η προσέγγιση συνδυάζει την οικονομική αποδοτικότητα με τη βιώσιμη χρήση των πόρων, προωθώντας τη δημιουργία κλειστού βρόχου όπου τα υποπροϊόντα δεν θεωρούνται απλώς απόβλητα, αλλά χρησιμοποιούνται εκ νέου ως πηγή υλικών για νέα προϊόντα, όπως η περίπτωση των λειτουργικών τροφίμων.

Η κυκλική γεωργία αναδεικνύεται ως πυλώνας της οικονομίας στο πλαίσιο της Κυκλικής Οικονομίας, καθιστώντας τη μια ουσιαστική συνιστώσα για την οικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Η επίτευξη των παραπάνω στόχων απαιτεί αναμφίβολα στενή συνεργασία όλων των εμπλεκόμενων φορέων, των βιομηχανιών, των επιχειρήσεων, των γεωργών, της πολιτείας και των καταναλωτών. Το παραγωγικό και οικονομικό σύστημα έτσι θα καταφέρει να επιτύχει και η στροφή σε ένα βιώσιμο

μοντέλο, για την παραγωγή λειτουργικών τροφίμων βασισμένο στις αρχές της Κυκλικής Οικονομίας θα αποτελεί πλέον πραγματικότητα.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ**

Adams, D., Donovan, J., & Tople, C. (2021). Achieving sustainability in food manufacturing operations and their supply chains: Key insights from a systematic literature review. *Sustainable Production and Consumption*, 28, 1491-1499.

Ahmad, F., Zaidi, S., & Ahmad, S. (2020). Role of by-products of fruits and vegetables in functional foods. *Functional food products and sustainable health*, 199-218.

Alongi, M., & Anese, M. (2021). Re-thinking functional food development through a holistic approach. *Journal of Functional Foods*, 81, 104466.

Arshad, M. S., & Ahmad, M. H. (Eds.). (2021). *Functional Foods: Phytochemicals and Health Promoting Potential*. BoD–Books on Demand.

Aschemann-Witzel, J., & Stangherlin, I. D. C. (2021). Upcycled by-product use in agri-food systems from a consumer perspective: A review of what we know, and what is missing. *Technological Forecasting and Social Change*, 168, 120749.

Ayaz, M., Sadiq, A., Junaid, M., Ullah, F., Ovais, M., Ullah, I., ... & Shahid, M. (2019). Flavonoids as prospective neuroprotectants and their therapeutic propensity in aging associated neurological disorders. *Frontiers in aging neuroscience*, 11, 155.

Baldassano, S., Accardi, G., Aiello, A., Buscemi, S., Di Miceli, G., Galimberti, D., ... & Vasto, S. (2018). Fibres as functional foods and the effects on gut hormones: The example of  $\beta$ -glucans in a single arm pilot study. *Journal of Functional Foods*, 47, 264-269.

Barreca, D., Trombetta, D., Smeriglio, A., Mandalari, G., Romeo, O., Felice, M. R., ... & Nabavi, S. M. (2021). Food flavonols: Nutraceuticals with complex health benefits and functionalities. *Trends in Food Science & Technology*, 117, 194-204.

Becerra, M. O., Contreras, L. M., Lo, M. H., Díaz, J. M., & Herrera, G. C. (2020). Lutein as a functional food ingredient: Stability and bioavailability. *Journal of Functional Foods*, 66, 103771.

Béné, C., Oosterveer, P., Lamotte, L., Brouwer, I. D., de Haan, S., Prager, S. D., ... & Khoury, C. K. (2019). When food systems meet sustainability—Current narratives and implications for actions. *World Development*, 113, 116-130.



Ben-Eli, M. U. (2018). Sustainability: definition and five core principles, a systems perspective. *Sustainability Science*, 13(5), 1337-1343.

Ben-Othman, S., Jõudu, I., & Bhat, R. (2020). Bioactives from agri-food wastes: Present insights and future challenges. *Molecules*, 25(3), 510.

Bhatt, T., & Patel, K. (2020). Carotenoids: potent to prevent diseases review. *Natural Products and Bioprospecting*, 10, 109-117.

Brigelius-Flohé, R. (2021). Vitamin E research: Past, now and future. *Free Radical Biology and Medicine*, 177, 381-390.

Bründl, P., Scheck, A., Nguyen, H. G., & Franke, J. (2024). Towards a circular economy for electrical products: A systematic literature review and research agenda for automated recycling. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 87, 102693.

Butola, L. K., Kute, P. K., Anjankar, A., Dhok, A., Gusain, N., & Vagga, A. (2020). Vitamin B12-do you know everything. *Journal of Evolution of Medical and Dental Sciences*, 9(42), 3139-47.

Calderón-Oliver, M., & Ponce-Alquicira, E. (2022). The role of microencapsulation in food application. *Molecules*, 27(5), 1499.

Caniato, F., Caridi, M., Crippa, L., & Moretto, A. (2012). Environmental sustainability in fashion supply chains: An exploratory case based research. *International journal of production economics*, 135(2), 659-670.

Caradonna, J. L. (2022). *Sustainability: A history*. Oxford University Press

Carazo, A., Macáková, K., Matoušová, K., Krčmová, L. K., Protti, M., & Mladěnka, P. (2021). Vitamin A update: forms, sources, kinetics, detection, function, deficiency, therapeutic use and toxicity. *Nutrients*, 13(5), 1703.

Carr, A. C., & Maggini, S. (2017). Vitamin C and immune function. *Nutrients*, 9(11), 1211.

Caseiro, M., Ascenso, A., Costa, A., Creagh-Flynn, J., Johnson, M., & Simões, S. (2020). Lycopene in human health. *Lwt*, 127, 109323.

Chen, J., & Liu, H. (2020). Nutritional indices for assessing fatty acids: A mini-review. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(16), 5695.

Chen, X., Memon, H. A., Wang, Y., Marriam, I., & Tebyetekerwa, M. (2021). Circular Economy and sustainability of the clothing and textile Industry. *Materials Circular Economy*, 3, 1-9.

Chiaraluce, G., Bentivoglio, D., & Finco, A. (2021). Circular economy for a sustainable agri-food supply chain: A review for current trends and future pathways. *Sustainability*, 13(16), 9294.

Choudhury, N., Meghwal, M., & Das, K. (2021). Microencapsulation: An overview on concepts, methods, properties and applications in foods. *Food Frontiers*, 2(4), 426-442.

Chugh, B., & Kamal-Eldin, A. (2020). Bioactive compounds produced by probiotics in food products. *Current Opinion in Food Science*, 32, 76-82.

Comunian, T. A., Silva, M. P., & Souza, C. J. (2021). The use of food by-products as a novel for functional foods: Their use as ingredients and for the encapsulation process. *Trends in Food Science & Technology*, 108, 269-280.

Conboy Stephenson, R., Ross, R. P., & Stanton, C. (2021). Carotenoids in milk and the potential for dairy based functional foods. *Foods*, 10(6), 1263.

Cuomo, F., Trivisonno, M. C., Iacovino, S., Messia, M. C., & Marconi, E. (2022). Sustainable re-use of brewer's spent grain for the production of high protein and fibre Pasta. *Foods*, 11(5), 642.

de Oliveira, M. M., Lago, A., & Dal'Magro, G. P. (2021). Food loss and waste in the context of the circular economy: A systematic review. *Journal of Cleaner Production*, 294, 126284

de Paulo Farias, D., de Araújo, F. F., Neri-Numa, I. A., & Pastore, G. M. (2019). Prebiotics: Trends in food, health and technological applications. *Trends in Food Science & Technology*, 93, 23-35.

Dias, D. R., Botrel, D. A., Fernandes, R. V. D. B., & Borges, S. V. (2017). Encapsulation as a tool for bioprocessing of functional foods. *Current Opinion in Food Science*, 13, 31-37.

Díaz, L. D., Fernández-Ruiz, V., & Cámara, M. (2020). An international regulatory review of food health-related claims in functional food products labeling. *Journal of Functional Foods*, 68, 103896.

Donner, M., Gohier, R., & de Vries, H. (2020). A new circular business model typology for creating value from agro-waste. *Science of the Total Environment*, 716, 137065.

Doseděl, M., Jirkovský, E., Macáková, K., Krčmová, L. K., Javorská, L., Pourová, J., ... & OEMONOM. (2021). Vitamin C—sources, physiological role, kinetics, deficiency, use, toxicity, and determination. *Nutrients*, 13(2), 615.

Dullius, A., Goettert, M. I., & de Souza, C. F. V. (2018). Whey protein hydrolysates as a source of bioactive peptides for functional foods—Biotechnological facilitation of industrial scale-up. *Journal of Functional Foods*, 42, 58-74.

Esposito, B., Sessa, M. R., Sica, D., & Malandrino, O. (2020). Towards circular economy in the agri-food sector. A systematic literature review. *Sustainability*, 12(18), 7401.

Fan, B., You, J., Suo, Y., & Qian, C. (2018). A novel and sensitive method for determining vitamin B3 and B7 by pre-column derivatization and high-performance liquid chromatography method with fluorescence detection. *Plos one*, 13(6), e0198102.

Gharibzahedi, S. M. T., & Jafari, S. M. (2017). The importance of minerals in human nutrition: Bioavailability, food fortification, processing effects and nanoencapsulation. *Trends in Food Science & Technology*, 62, 119-132.

Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner production*, 114, 11-32.

Gidley, M. J., & Yakubov, G. E. (2019). Functional categorisation of dietary fibre in foods: Beyond 'soluble' vs 'insoluble'. *Trends in Food Science & Technology*, 86, 563-568.

Godswill, A. G., Somtochukwu, I. V., Ikechukwu, A. O., & Kate, E. C. (2020). Health benefits of micronutrients (vitamins and minerals) and their associated

deficiency diseases: A systematic review. *International Journal of Food Sciences*, 3(1), 1-32.

Gomes, S., Lopes, C., & Pinto, E. (2016). Folate and folic acid in the periconceptual period: recommendations from official health organizations in thirty-six countries worldwide and WHO. *Public health nutrition*, 19(1), 176-189.

Gómez-García, R., Campos, D. A., Aguilar, C. N., Madureira, A. R., & Pintado, M. (2021). Valorisation of food agro-industrial by-products: From the past to the present and perspectives. *Journal of Environmental Management*, 299, 113571.

Górska-Warsewicz, H., Rejman, K., Laskowski, W., & Kowalcze, K. (2019). Food sources of potassium in the average Polish diet. *Nutrients*, 11(12), 2905.

Grafström, J., & Aasma, S. (2021). Breaking circular economy barriers. *Journal of Cleaner Production*, 292, 126002.

Granato, D., Barba, F. J., Bursać Kovačević, D., Lorenzo, J. M., Cruz, A. G., & Putnik, P. (2020). Functional foods: Product development, technological trends, efficacy testing, and safety. *Annual review of food science and technology*, 11, 93-118.

Grgić, J., Šelo, G., Planinić, M., Tišma, M., & Bucić-Kojić, A. (2020). Role of the encapsulation in bioavailability of phenolic compounds. *Antioxidants*, 9(10), 923.

Grochowicz, J., Fabisiak, A., & Nowak, D. (2018). Market of functional food—legal regulations and development perspectives. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 595, 51-67.

Guerra-Rodríguez, S., Oulego, P., Rodríguez, E., Singh, D. N., & Rodríguez-Chueca, J. (2020). Towards the implementation of circular economy in the wastewater sector: Challenges and opportunities. *Water*, 12(5), 1431.

Guimarães, J. T., Balthazar, C. F., Silva, R., Rocha, R. S., Graça, J. S., Esmerino, E. A., ... & Cruz, A. G. (2020). Impact of probiotics and prebiotics on food texture. *Current Opinion in Food Science*, 33, 38-44.

Guiné, R. P., Florença, S. G., Barroca, M. J., & Anjos, O. (2020). The link between the consumer and the innovations in food product development. *Foods*, 9(9), 1317.

Hamam, M., Chinnici, G., Di Vita, G., Pappalardo, G., Pecorino, B., Maesano, G., & D'Amico, M. (2021). Circular economy models in agro-food systems: A review. *Sustainability*, 13(6), 3453.

He, Y., Wang, B., Wen, L., Wang, F., Yu, H., Chen, D., ... & Zhang, C. (2022). Effects of dietary fiber on human health. *Food Science and Human Wellness*, 11(1), 1-10

Hrubša, M., Siatka, T., Nejmanová, I., Vopršalová, M., Kujovská Krčmová, L., Matoušová, K., ... & Oemonom. (2022). Biological properties of vitamins of the B-complex, part 1: Vitamins B1, B2, B3, and B5. *Nutrients*, 14(3), 484.

Huang, Z., Liu, Y., Qi, G., Brand, D., & Zheng, S. G. (2018). Role of vitamin A in the immune system. *Journal of clinical medicine*, 7(9), 258.

Hutkins, R. W., Krumbeck, J. A., Bindels, L. B., Cani, P. D., Fahey Jr, G., Goh, Y. J., ... & Sanders, M. E. (2016). Prebiotics: why definitions matter. *Current opinion in biotechnology*, 37, 1-7.

Ishangulyyev, R., Kim, S., & Lee, S. H. (2019). Understanding food loss and waste-why are we losing and wasting food? *Foods* 8 (8): 297.

Iwatani, S., & Yamamoto, N. (2019). Functional food products in Japan: A review. *Food Science and Human Wellness*, 8(2), 96-101.

John, R., & Singla, A. (2021). Functional Foods: Components, health benefits, challenges, and major projects. *DRC Sustainable Future*, 2(1), 61-72.

Jones, P. J., & Jew, S. (2007). Functional food development: concept to reality. *Trends in Food Science & Technology*, 18(7), 387-390.

Jurgilevich, A., Birge, T., Kentala-Lehtonen, J., Korhonen-Kurki, K., Pietikäinen, J., Saikku, L., & Schösler, H. (2016). Transition towards circular economy in the food system. *Sustainability*, 8(1), 69.

Khadim, R. M., & Al-Fartusie, F. S. (2021, March). Antioxidant vitamins and their effect on immune system. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1853, No. 1, p. 012065). IOP Publishing.

Khoo, H. E., Azlan, A., Tang, S. T., & Lim, S. M. (2017). Anthocyanidins and anthocyanins: Colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food & nutrition research*, 61(1), 1361779.

Kiani Mavi, R., Gengatharen, D., Kiani Mavi, N., Hughes, R., Campbell, A., & Yates, R. (2021). Sustainability in construction projects: A systematic literature review. *Sustainability*, 13(4), 1932.

Kieliszek, M. (2019). Selenium—fascinating microelement, properties and sources in food. *Molecules*, 24(7), 1298.

Kim, J. H., Kim, Y., Kim, Y. J., & Park, Y. (2016). Conjugated linoleic acid: potential health benefits as a functional food ingredient. *Annual Review of Food Science and Technology*, 7, 221-244.

Kirchherr, J., Piscicelli, L., Bour, R., Kostense-Smit, E., Muller, J., Huibrechtse-Truijens, A., & Hekkert, M. (2018). Barriers to the circular economy: Evidence from the European Union (EU). *Ecological economics*, 150, 264-272.

Klein, S. J., & Coffey, S. (2016). Building a sustainable energy future, one community at a time. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 867-880.

Kulczyński, B., Gramza-Michałowska, A., Kobus-Cisowska, J., & Kmiecik, D. (2017). The role of carotenoids in the prevention and treatment of cardiovascular disease—Current state of knowledge. *Journal of Functional Foods*, 38, 45-65.

Lee, G. Y., & Han, S. N. (2018). The role of vitamin E in immunity. *Nutrients*, 10(11), 1614.

Lemes, A. C., Egea, M. B., Oliveira Filho, J. G. D., Gautério, G. V., Ribeiro, B. D., & Coelho, M. A. Z. (2022). Biological approaches for extraction of bioactive compounds from agro-industrial by-products: a review. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9, 802543.

Lieder, M., & Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of cleaner production*, 115, 36-51.

Luo, Y., Jian, Y., Liu, Y., Jiang, S., Muhammad, D., & Wang, W. (2022). Flavanols from nature: A phytochemistry and biological activity review. *Molecules*, 27(3), 719.

MacArthur, E. (2013). Towards the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 2(1), 23-44.

Marcelino, G., Machate, D. J., Freitas, K. D. C., Hiane, P. A., Maldonade, I. R., Pott, A., ... & Guimarães, R. D. C. A. (2020).  $\beta$ -Carotene: preventive role for type 2 diabetes mellitus and obesity: a review. *Molecules*, 25(24), 5803.

Maron, D. J. (2004). Flavonoids for reduction of atherosclerotic risk. *Current atherosclerosis reports*, 6(1), 73-78.

Martirosyan, D., Kanya, H., & Nadalet, C. (2021). Can functional foods reduce the risk of disease? Advancement of functional food definition and steps to create functional food products. *Functional Foods in Health and Disease*, 11(5), 213-221.

Mi, L., Di Pasqua, A. J., & Chung, F. L. (2011). Proteins as binding targets of isothiocyanates in cancer prevention. *Carcinogenesis*, 32(10), 1405-1413.

Mitra, S., Paul, S., Roy, S., Sutradhar, H., Bin Emran, T., Nainu, F., ... & Mubarak, M. S. (2022). Exploring the immune-boosting functions of vitamins and minerals as nutritional food bioactive compounds: A comprehensive review. *Molecules*, 27(2), 555.

Mudgil, D., & Barak, S. (2017). *Functional Foods: Sources and Health Benefits*. Scientific Publishers.

Munaro, M. R., Tavares, S. F., & Bragança, L. (2020). Towards circular and more sustainable buildings: A systematic literature review on the circular economy in the built environment. *Journal of cleaner production*, 260, 121134.

Munin, A., & Edwards-Lévy, F. (2011). Encapsulation of natural polyphenolic compounds; a review. *Pharmaceutics*, 3(4), 793-829.

Ozkan, G., Franco, P., De Marco, I., Xiao, J., & Capanoglu, E. (2019). A review of microencapsulation methods for food antioxidants: Principles, advantages, drawbacks and applications. *Food chemistry*, 272, 494-506.

Panche, A. N., Diwan, A. D., & Chandra, S. R. (2016). Flavonoids: an overview. *Journal of nutritional science*, 5, e47.

Patel, A., Desai, S. S., Mane, V. K., Enman, J., Rova, U., Christakopoulos, P., & Matsakas, L. (2022). Futuristic food fortification with a balanced ratio of dietary  $\omega$ -3/ $\omega$ -

6 omega fatty acids for the prevention of lifestyle diseases. *Trends in Food Science & Technology*, 120, 140-153.

Poli, A., Marangoni, F., Corsini, A., Manzato, E., Marrocco, W., Martini, D., ... & Visioli, F. (2021). Phytosterols, cholesterol control, and cardiovascular disease. *Nutrients*, 13(8), 2810.

Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987-992.

Rashmi, H. B., & Negi, P. S. (2020). Phenolic acids from vegetables: A review on processing stability and health benefits. *Food Research International*, 136, 109298.

Rațu, R. N., Veleșcu, I. D., Stoica, F., Usturoi, A., Arsenoaia, V. N., Crivei, I. C., ... & Brumă, I. S. (2023). Application of Agri-Food By-Products in the Food Industry. *Agriculture*, 13(8), 1559.

Rauf, A., Imran, M., Abu-Izneid, T., Patel, S., Pan, X., Naz, S., ... & Suleria, H. A. R. (2019). Proanthocyanidins: A comprehensive review. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 116, 108999.

Regueiro, L., Newton, R., Soula, M., Mendez, D., Kok, B., Little, D. C., ... & Ferreira, M. (2022). Opportunities and limitations for the introduction of circular economy principles in EU aquaculture based on the regulatory framework. *Journal of Industrial Ecology*, 26(6), 2033-2044.

Reguengo, L. M., Salgaço, M. K., Sivieri, K., & Júnior, M. R. M. (2022). Agro-industrial by-products: Valuable sources of bioactive compounds. *Food Research International*, 152, 110871.

Reque, P. M., & Brandelli, A. (2021). Encapsulation of probiotics and nutraceuticals: Applications in functional food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 114, 1-10.

Rezende, E. S. V., Lima, G. C., & Naves, M. M. V. (2021). Dietary fibers as beneficial microbiota modulators: A proposed classification by prebiotic categories. *Nutrition*, 89, 111217.

Rizos, V., Behrens, A., Van der Gaast, W., Hofman, E., Ioannou, A., Kafyeke, T., ... & Topi, C. (2016). Implementation of circular economy business models by small



and medium-sized enterprises (SMEs): Barriers and enablers. *Sustainability*, 8(11), 1212.

Romeo, L., Iori, R., Rollin, P., Bramanti, P., & Mazzon, E. (2018). Isothiocyanates: An overview of their antimicrobial activity against human infections. *Molecules*, 23(3), 624.

Ruggerio, C. A. (2021). Sustainability and sustainable development: A review of principles and definitions. *Science of the Total Environment*, 786, 147481.

Sánchez, Ó. J., Ospina, D. A., & Montoya, S. (2017). Compost supplementation with nutrients and microorganisms in composting process. *Waste management*, 69, 136-153.

Shahidi, F., Pinaffi-Langley, A. C. C., Fuentes, J., Speisky, H., & de Camargo, A. C. (2021). Vitamin E as an essential micronutrient for human health: Common, novel, and unexplored dietary sources. *Free Radical Biology and Medicine*, 176, 312-321.

Shimizu, T. (2003). Health claims on functional foods: the Japanese regulations and an international comparison. *Nutrition research reviews*, 16(2), 241-252.

Shkempi, B., & Huppertz, T. (2021). Calcium absorption from food products: Food matrix effects. *Nutrients*, 14(1), 180.

Socas-Rodríguez, B., Álvarez-Rivera, G., Valdés, A., Ibáñez, E., & Cifuentes, A. (2021). Food by-products and food wastes: Are they safe enough for their valorization?. *Trends in Food Science & Technology*, 114, 133-147.

Sousa, P. M., Moreira, M. J., de Moura, A. P., Lima, R. C., & Cunha, L. M. (2021). Consumer perception of the circular economy concept applied to the food domain: an exploratory approach. *Sustainability*, 13(20), 11340.

Šovljanski, O., Travičić, V., Tomić, A., Vulić, J., Šaponjac, V. T., Četković, G., & Čanadanović-Brunet, J. (2023). From Agricultural Waste to Functional Food Products: An Overview. *Agricultural Waste: Environmental Impact, Useful Metabolites and Energy Production*, 489-520.

Stach, K., Stach, W., & Augoff, K. (2021). Vitamin B6 in health and disease. *Nutrients*, 13(9), 3229.

Stenmarck, Å., Jensen, C., Quedsted, T., Moates, G., Buksti, M., Cseh, B., ... & Östergren, K. (2016). Estimates of European food waste levels. IVL Swedish Environmental Research Institute.

Szwajgier, D., Borowiec, K., & Pustelniak, K. (2017). The neuroprotective effects of phenolic acids: Molecular mechanism of action. *Nutrients*, 9(5), 477.

Takacs, F., Brunner, D., & Frankenberger, K. (2022). Barriers to a circular economy in small-and medium-sized enterprises and their integration in a sustainable strategic management framework. *Journal of Cleaner Production*, 362, 132227.

Temple, N. J. (2022). A rational definition for functional foods: A perspective. *Frontiers in Nutrition*, 9, 957516.

Terpou, A., Papadaki, A., Lappa, I. K., Kachrimanidou, V., Bosnea, L. A., & Kopsahelis, N. (2019). Probiotics in food systems: Significance and emerging strategies towards improved viability and delivery of enhanced beneficial value. *Nutrients*, 11(7), 1591.

Tolve, R., Cela, N., Condelli, N., Di Cairano, M., Caruso, M. C., & Galgano, F. (2020). Microencapsulation as a tool for the formulation of functional foods: The phytosterols' case study. *Foods*, 9(4), 470.

Tuck, S. L., Winqvist, C., Mota, F., Ahnström, J., Turnbull, L. A., & Bengtsson, J. (2014). Land-use intensity and the effects of organic farming on biodiversity: a hierarchical meta-analysis. *Journal of applied ecology*, 51(3), 746-755.

Upadhayay, S., & Alqassimi, O. (2018). Transition from linear to circular economy. *Westcliff International Journal of Applied Research*, 2(2), 62-74.

Vamanu, E., & Gatea, F. (2020). Correlations between microbiota bioactivity and bioavailability of functional compounds: A mini-review. *Biomedicines*, 8(2), 39.

Wu, P., & Chen, X. D. (2021). Validation of in vitro bioaccessibility assays—A key aspect in the rational design of functional foods towards tailored bioavailability. *Current Opinion in Food Science*, 39, 160-170.

Yang, W., Gage, H., Jackson, D., & Raats, M. (2018). The effectiveness and cost-effectiveness of plant sterol or stanol-enriched functional foods as a primary

prevention strategy for people with cardiovascular disease risk in England: a modeling study. *The European Journal of Health Economics*, 19, 909-922.

Yang, Y. Y., Ma, S., Wang, X. X., & Zheng, X. L. (2017). Modification and application of dietary fiber in foods. *Journal of Chemistry*, 2017.

Ye, Q., Georges, N., & Selomulya, C. (2018). Microencapsulation of active ingredients in functional foods: From research stage to commercial food products. *Trends in Food Science & Technology*, 78, 167-179.

Young, A. J., & Lowe, G. L. (2018). Carotenoids—antioxidant properties. *Antioxidants*, 7(2), 28.

Zduńska, K., Dana, A., Kolodziejczak, A., & Rotsztein, H. (2018). Antioxidant properties of ferulic acid and its possible application. *Skin pharmacology and physiology*, 31(6), 332-336.

Zhang, Q., Dhir, A., & Kaur, P. (2022). Circular economy and the food sector: A systematic literature review. *Sustainable Production and Consumption*, 32, 655-668.

Zuñiga-Martínez, B. S., Domínguez-Avila, J. A., Robles-Sánchez, R. M., Ayala-Zavala, J. F., Villegas-Ochoa, M. A., & González-Aguilar, G. A. (2022). Agro-industrial fruit byproducts as health-promoting ingredients used to supplement baked food products. *Foods*, 11(20), 3181.