



Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής
Σχολή Επιστημών Τροφίμων
Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ, ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Βιώσιμες εναλλακτικές πηγές πρωτεϊνών τελευταίας γενιάς: Μέθοδοι επεξεργασίας και ιδιότητες για εφαρμογή σε τρόφιμα»

MSc Thesis

State-of-the-art sustainable alternative protein sources: Processing paths and properties for food applications.



ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ/NAME OF STUDENT

Κυριάκου Χριστίνα / Kyriakou Christina

ΟΝΟΜΑ ΕΙΣΗΓΗΤΗ/NAME OF THE SUPERVISOR

Επαμεινώνδας Ξανθάκης / Erameinondas Xanthakis



Faculty of Food Sciences
Department of Food Science and Technology

Master of Science

FOOD INNOVATION, QUALITY AND SAFETY

MSc THESIS

State-of-the-art sustainable alternative protein sources: Processing paths and properties for food applications.

NAME OF STUDENT: CHRISTINA KYRIAKOU

Registration Number 22009

email: xri_kr@yahoo.com

SUPERVISOR

EPAMEINONDAS XANTHAKIS

AIGALEO 2024

Επιτροπή Αξιολόγησης Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας

Οι υπογράφοντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία (master thesis) με τίτλο 'Βιώσιμες εναλλακτικές πηγές πρωτεϊνών τελευταίας γενιάς: Μέθοδοι επεξεργασίας και ιδιότητες για εφαρμογή σε τρόφιμα' που παρουσιάστηκε από την Κυριάκου Χριστίνα, υποψηφίας για τον μεταπτυχιακό τίτλο σπουδών στην ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ, ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

Ημερομηνία 23/09/2024

Ψηφιακή Υπογραφή

Όνομα επιβλέποντος: Ξανθάκης Επαμεινώνδας, Επίκουρος Καθηγητής

Ψηφιακή Υπογραφή

Ονόματα μέλους επιτροπής:

Γώγου Ελένη, Επίκουρη Καθηγήτρια

Λάζου Ανδριάνα, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

Δήλωση περί λογοκλοπής/Copyright

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η Κυριάκου Χριστίνα κάτωθι υπογεγραμμένη του Δημητρίου, με αριθμό μητρώου 22009 φοιτήτρια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών (Π.Μ.Σ.) «ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ, ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ» του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων της Σχολής Επιστημών Τροφίμων, του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της 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

Περιεχόμενα

Επιτροπή Αξιολόγησης Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας	3
Δήλωση περί λογοκλοπής/Copyright	4
Περιεχόμενα.....	5
Πίνακας Εικόνων	7
Πίνακες	8
Περίληψη	8
Abstract	10
Εισαγωγή.....	11
Κεφάλαιο 1.....	12
1.1 Πρωτεΐνες ζωικής προέλευσης	12
1.1.1 Βιταμίνες και ιχνοστοιχεία κρέατος.....	12
1.1.2 Λιπαρά κρέατος	13
1.1.3 Φυσική χλωρίδα κρέατος.....	13
1.1.4 Γάλα και Γαλακτοκομικά προϊόντα	14
1.1.4.1 Πρωτεΐνες γάλακτος.....	14
1.1.4.2 Λιπαρά γάλακτος	15
1.1.5 Αυγό.....	15
1.1.5.1 Πρωτεΐνες αυγού.....	16
1.1.5.2 Λιπαρά αυγού.....	17
1.1.5.3 Βιταμίνες / μέταλλα αυγού.....	17
1.1.6 Ιχθυρά.....	17
1.1.6.1 Πρωτεΐνη ψαριού	17
1.1.6.2 Ιχνοστοιχεία ψαριού.....	18
1.1.6.3 Λιπαρά ψαριού.....	20
Κεφάλαιο 2.....	21
Περιβαλλοντικό αποτύπωμα ζωικών προϊόντων	21
2.1 Αέρια θερμοκηπίου (GHG).....	21
2.2 Ύδατα και έδαφος.....	24
2.3 Αύξηση του πληθυσμού (επιρροή διατροφικών απαιτήσεων).....	28
Κεφάλαιο 3.....	30
Νέες εναλλακτικές πηγές πρωτεΐνης.....	30
3.1 Κατηγορίες εναλλακτικών πηγών πρωτεΐνης	31
3.1.1 Πρωτεΐνες φυτικής προέλευσης.....	31

3.1.1.1 Πρωτεΐνη σόγιας	31
3.1.1.2 Πρωτεΐνη οσπρίων	32
3.1.1.3 Πρωτεΐνη Σίτου.....	34
3.1.2 Μονοκυτταρική πρωτεΐνη (Single cell protein).....	36
3.1.3 Βρώσιμα έντομα (edible insects)	40
3.1.4 Καλλιεργημένο κρέας (cultured meat).....	42
3.1.5 Παραπροϊόντα ή υποπροϊόντα (agri-food side-streams).....	44
Κεφάλαιο 4.....	47
Περιβαλλοντικό αποτύπωμα πρωτεϊνικών εκχυλισμάτων.....	47
Κεφάλαιο 5.....	50
Κανονιστικά πλαίσια στην Ε.Ε. (Επιτρεπόμενες πηγές πρωτεΐνης. Τάσεις για έγκριση στο κοντινό μέλλον).....	50
5.1 Γενικές αρχές τροφίμων πριν την κυκλοφορία τους στην αγορά	50
5.2 Νομοθεσία για εναλλακτικές πηγές πρωτεΐνης (φυτικής προέλευσης)	51
5.3 Πρωτεΐνες εντόμων ως συμπληρωματική πρωτεΐνη στις ζωοτροφές	55
Κεφάλαιο 6.....	58
Αποδοχή από τους καταναλωτές.....	58
6.1 Εναλλακτικές πρωτεΐνες και αποδοχή.....	58
6.2 Ηθική και εναλλακτικές πρωτεΐνες.....	60
Συμπεράσματα	62
Βιβλιογραφία.....	64
Ελληνικά.....	64
Αγγλικά.....	64
Παράρτημα	81

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1. Απεικόνιση πληθυσμών του 2023 έως 2050 επιλεγμένων χωρών/περιοχών του κόσμου (Smith K. et al., 2023).....	11
Εικόνα 2. Δομή ταυρίνης (Tacon A. G. & Metian, 2013).	18
Εικόνα 3. Δομή σεληνίου (Yamashita & Yamashita, 2010).	19
Εικόνα 4. Παραγωγή κρέατος και κλιματική αλλαγή. Απεικόνιση των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG) ανά κατηγορία τροφίμων. Οι τροφές ζωικής προέλευσης αποτελούν την κύρια πηγή αερίων του θερμοκηπίου στο σύστημα διατροφής και η σημασία τους αναμένεται να αυξηθεί στο μέλλον (M. Springmann, et al., 2016).....	23
Εικόνα 5. Ποσοστό αντλήσεων γλυκού νερού (m FAO AquaStat 2016, www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm).....	25
Εικόνα 6. Επίδραση της παραγωγής κρέατος στη βιοποικιλότητα (M. N. Macedo et al., 2012).....	26
Εικόνα 7. Απεικόνιση προόδου στην επιστήμη και τεχνολογία φυτικών πρωτεϊνών (S. Y. Jie Sim et al., 2021).	30
Εικόνα 8. Η συμβολή των διαφόρων ομάδων οσπρίων στην παγκόσμια παραγωγή κατά την περίοδο 2014-2019 αποτυπώνεται σε εκατομμύρια τόνους (Mt). Παρόλο που η σόγια και τα φιστίκια κατέχουν την κορυφαία θέση στην παγκόσμια παραγωγή, μόνο περίπου το 6% της σόγιας χρησιμοποιείται απευθείας ως τρόφιμο, κυρίως στην Ασία, ενώ περίπου το 50% των φιστικιών μεταποιείται σε μαγειρικό έλαιο (Semba, R. et al., 2021).....	32
Εικόνα 9. Ιδιότητες και εφαρμογή της SCP (Saejung, C. & Sanusan, W. 2021).	36
Εικόνα 10. Επιλογές για κάθε στάδιο επεξεργασίας στις απομονώσεις πρωτεϊνών εντόμων (A. Gravel, A. Doyen, 2020).....	41
Εικόνα 11. Διαδικασία παραγωγής καλλιεργημένου κρέατος (Tuomisto H.L., 2018).	43
Εικόνα 12. Πηγές πρωτεϊνών φυτικής προέλευσης (Nikbakht Nasrabadi M et al., 2021).....	47
Εικόνα 13. Χρήση γης και εκπομπές GHG (υποθέτοντας καθαρές μηδενικές εκπομπές που σχετίζονται με την ενέργεια) για πουλερικά και έξι εναλλακτικές πρωτεΐνες(Poore J. & Nemecek T., 2018; Cumberlege, T. et al., 2016; Sillman, J. et al., 2019).....	48
Εικόνα 14. Μειώσεις CO ₂ και δέσμευσης CO ₂ (Poore J. & Nemecek T., 2018).....	48
Εικόνα 16. Παράγοντες που επηρεάζουν την αποδοχή των καταναλωτών και την αγοραστική συμπεριφορά των εντόμων ως τροφής (Laroche M. et al., 2019)	60

Πίνακες

Πίνακας 1. Τα είδη εντόμων και οι διάφορες μορφές που έχουν εγκριθεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή βάσει του Κανονισμού (ΕΕ) Αρ. 2015/2283) για την διατροφή ζώων και τροφίμων 56

Πίνακας 2. Μικροοργανισμοί εγκεκριμένοι ως τρόφιμα στην Ε.Ε. *Καταναλώνεται σε χώρες της Ε.Ε (EFSA, 2023). 81

Περίληψη

Η ασφάλεια των τροφίμων και τα περιβαλλοντικά προβλήματα έχουν εξελιχθεί σε παγκόσμιες κρίσεις που απαιτούν ριζικές λύσεις. Ο παγκόσμιος πληθυσμός αναμένεται να φτάσει τα 9,8 δισεκατομμύρια μέχρι το 2050, και η πλειονότητα αυτών των ανθρώπων θα ζει σε αναπτυσσόμενες χώρες της Αφρικής και της Ασίας. Η αυξανόμενη κατανάλωση κρέατος σε παγκόσμιο επίπεδο συνδέεται με αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όπως η αύξηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, που συμβάλλουν στην υπερθέρμανση του πλανήτη, καθώς και η αυξημένη χρήση νερού και γης.

Καθώς η παραγωγή ζωικών προϊόντων γίνεται ολοένα και λιγότερο βιώσιμη, είναι απαραίτητο να βρεθούν γρήγορα εναλλακτικές πηγές πρωτεΐνης. Οι εναλλακτικές πρωτεΐνες αποτελούν «λύση» στην επιστήμη των τροφίμων. Αυτές προέρχονται από καλλιεργημένο κρέας, φυτικές πηγές, έντομα και από μονοκύτταρους οργανισμούς. Ειδικότερα, στην παρούσα εργασία γίνεται ανασκόπηση γύρω από τις ζωικής μορφής πρωτεΐνων, και πως έχει «αναγκαστεί» η επιστήμη των τροφίμων να δημιουργήσει νέες μορφές εναλλακτικών πηγών πρωτεΐνης με απώτερο σκοπό ένα βιώσιμο περιβάλλον.

Επιπλέον, παρουσιάζονται Κανονισμοί και Νομοθεσίες που έχουν τεθεί σε ισχύ μετά από έρευνες, σε συνδυασμό με την βιωσιμότητα και τη μειωμένη εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου, συγκριτικά με την παραγωγή ζωικών προϊόντων όπως είναι γνωστή έως και σήμερα. Τέλος, γίνεται αναφορά στη προτίμηση των καταναλωτών, η οποία απαιτεί περεταίρω έρευνα σχετικά με τα κριτήρια αλλά και την ηθική πλευρά του κάθε ατόμου για την αγορά ή όχι, προϊόντων που περιέχουν «καλλιεργημένο κρέας», φυτικές πρωτεΐνες, πρωτεΐνες από έντομα ή από μονοκύτταρους οργανισμούς.

Λέξεις κλειδιά

Εναλλακτικές πρωτεΐνες, καλλιεργημένο κρέας, φυτικές πρωτεΐνες, πρωτεΐνες από έντομα, μονοκυτταρική πρωτεΐνη.

Abstract

Food safety and environmental problems have evolved into global crises that require radical solutions. The world population is expected to reach 9.8 billion by 2050, and the majority of these people will live in developing countries in Africa and Asia. Increasing global meat consumption is linked to negative environmental impacts, such as increased greenhouse gas emissions, which contribute to global warming, as well as increased water and land use.

As the production of animal products has been characterized as less sustainable, it is necessary to quickly find alternative sources of edible protein. Alternative proteins are a "solution" in food science. They come from cultured meat, plant-based sources, insects and single-cell organisms. These include cultured meat, plant-based meat, protein from insects and protein from single-celled organisms. In particular, in this paper, a review is made around the animal form of proteins, and how food science has been "forced" to create new forms of alternative protein sources with the ultimate goal of a sustainable environment.

In addition, Regulations and Legislation that have come into force after research are presented, in combination with sustainability and the reduced emission of greenhouse gases, compared to the production of animal products as it is known to date. Finally, reference is made to consumer preference, which requires further research into the criteria and the ethical considerations of each individual for buying or not buying products containing 'cultured meat', plant-based proteins, insect-based proteins or proteins from single-cell organisms.

Key Words

Alternative proteins, cultured meat, plant-based proteins, insect-based proteins, single-cell protein.

Εισαγωγή

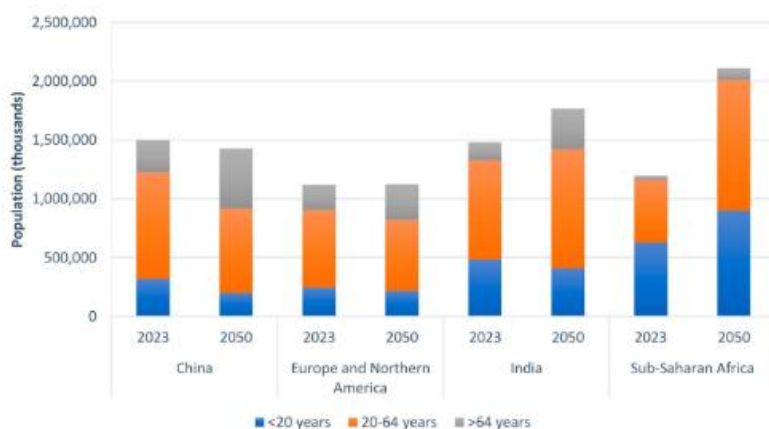
Το σώμα μας χρειάζεται συνεχώς θρεπτικά συστατικά όπως: βιταμίνες, μέταλλα, πρωτεΐνες, φυτικές ίνες και υδατάνθρακες. Αυτά τα θρεπτικά συστατικά προέρχονται είτε από φυτικές είτε από ζωικές πηγές, ενίοτε και από και τα δύο μαζί. Μεταξύ αυτών, οι πρωτεΐνες έχουν ξεχωριστό ρόλο, καθώς συμβάλλουν στην κυτταρική οικοδόμηση και την αναδόμηση ιστών στο σώμα (Hermann JR, 2002).

Οι πρωτεΐνες αποτελούν ένα ουσιώδες θρεπτικό στοιχείο της ανθρώπινης διατροφής, το οποίο είναι ζωτικής σημασίας για την επιβίωση. Η κύρια λειτουργία των πρωτεϊνών στη διατροφή είναι να παρέχουν επαρκείς ποσότητες αμινοξέων στο σώμα. Αυτά τα αμινοξέα λειτουργούν ως δομικά στοιχεία του οργανισμού, συμβάλλοντας στην ανάπτυξη, τη συντήρηση και την ανακατασκευή κυττάρων και ιστών (Neelesh K. M. & Radha K., 2019).

Μια διαίτα πλούσια σε πρωτεΐνες συνιστάται για όσους επιθυμούν να αναπτύξουν μυϊκή μάζα ή να ενισχύσουν το σώμα τους. Εάν το σώμα έχει έλλειψη υδατανθράκων και λιπών, τότε οι πρωτεΐνες χρησιμοποιούνται για ενέργεια, αντί να εκτελούν τον ρόλο τους στη μυϊκή ανάπτυξη (Hermann JR, 2002).

Καθώς ο πληθυσμός συνεχώς αυξάνεται, η ζήτηση για πρωτεΐνη θα αυξηθεί επίσης στις επόμενες δεκαετίες (Εικόνα 1). Αυτή η εκτίμηση υποδεικνύει την πιθανή έλλειψη συμβατικών πηγών πρωτεΐνης στο μέλλον, με αποτέλεσμα τον αυξημένο ενδιαφέρον για μη συμβατικές πρωτεΐνες. Είναι ζωτικής σημασίας να εξεταστούν εναλλακτικές πηγές πρωτεΐνης για την ανθρώπινη κατανάλωση με σεβασμό στην υγεία και το περιβάλλον (Neelesh K. M. & Radha K., 2019; Akhtar Y. & Isman M.B., 2018).

Κάποιες από αυτές περιλαμβάνουν πρωτεΐνες που δεν χρησιμοποιούνται προς το παρόν ως ζωοτροφές, καθώς και πρωτεΐνες που επί του παρόντος χρησιμοποιούνται για ζωοτροφές, όπως πρωτεΐνες κοτόπουλου (συμπυκνωμένες από υποπροϊόντα σφαγείου), ολόκληρο αυγό (ελαττωματικά, σπασμένα, ραγισμένα), πρωτεΐνη κρέατος (συμπυκνωμένη από υποπροϊόντα σφαγείου χοίρου και βοδινού, σκύωτι κοτόπουλου κ.α. Επιπλέον, υπάρχουν και πρωτεΐνες που χρησιμοποιούνται σήμερα ως ζωοτροφές που τροποποιούνται και βελτιώνονται με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι κατάλληλες για ανθρώπινη κατανάλωση (Γεώργιος Κ. Παπαδόπουλος, 1998; Neelesh K. M. & Radha K., 2019; Akhtar Y. & Isman M.B., 2018).



Εικόνα 1. Απεικόνιση πληθυσμών του 2023 έως 2050 επιλεγμένων χωρών/περιοχών του κόσμου (Smith K. et al., 2023).

Κεφάλαιο 1.

1.1 Πρωτεΐνες ζωικής προέλευσης

Το κρέας είναι μια πλούσια πηγή πρωτεϊνών και αμινοξέων, οι οποίες είναι σημαντικές για τη συντήρηση και την ανάπτυξη των μυών. Η πρωτεΐνη στο κρέας περιέχει όλα τα απαραίτητα αμινοξέα σε σωστές αναλογίες, κάτι που το καθιστά ιδανικό για την υποστήριξη της μυϊκής ανάπτυξης και τη διατήρηση της μυϊκής μάζας. Είναι απαραίτητο να περιλαμβάνεται κρέας ή άλλες πηγές υψηλής πρωτεΐνης στη διατροφή ώστε να διασφαλίζεται η σωστή λειτουργία του μυϊκού συστήματος και της γενικής υγείας (Sandoval-Insausti H., *et al.*, 2016).

Πέρα από τα βασικά αμινοξέα, το κρέας περιέχει επίσης αρκετά σημαντικές βιοδραστικές ενώσεις και μεταβολίτες που παίζουν σημαντικό ρόλο στη φυσιολογία του σώματος. Η ταυρίνη, για παράδειγμα, έχει σημαντική συμβολή στη λειτουργία του νευρικού συστήματος και στην υγεία της καρδιάς, ενώ η κρεατίνη παίζει καίριο ρόλο στην παραγωγή ενέργειας κατά τη διάρκεια της αναερόβιας δραστηριότητας (Wu G., 2020).

1.1.1 Βιταμίνες και ιχνοστοιχεία κρέατος

Πέρα από τις πρωτεΐνες, το κρέας παρέχει επίσης σημαντικές ποσότητες μετάλλων και βιταμινών. Για παράδειγμα, η μέση κατανάλωση 189 γραμμαρίων κρέατος από τους ενήλικες συμβάλλει περίπου στο 19%, 52%, 28% και 38% των συνιστώμενων ημερήσιων ποσοστώςσεων για σίδηρο, ψευδάργυρο, σελήνιο και φώσφορο, αντίστοιχα (Council N. 2012; Wyness L., *et al.*, 2011; Food D., 2020). Διατροφικά πρότυπα σε χαμηλές ποσότητες πρόσληψης σε ζωικά είδη μπορεί να αποτρέπουν την επαρκή πρόσληψη ψευδαργύρου, επομένως, ο σίδηρος απορροφάται καλύτερα από την κατανάλωση κρέατος, σε σχέση με άλλες πηγές σιδήρου. Ο αιμικός σίδηρος που περιέχεται στο κρέας απορροφάται σε ποσοστό περίπου 23%, ενώ ο μη αιμικός σίδηρος απορροφάται σε πολύ μικρότερο ποσοστό, μόνο 2-8% (Kalpalathika P., *et al.*, 1991; Czerwonka M., & Tokarz A., 2017). Συνεπώς, το κόκκινο κρέας θεωρείται παραδοσιακά μια από τις καλύτερες πηγές σιδήρου στη διατροφή.

Εκτός από την υψηλότερη διαθεσιμότητα του αιμικού σιδήρου, το κρέας περιέχει και άλλους παράγοντες που αυξάνουν την απορρόφηση σιδήρου από άλλες τροφές, γνωστούς ως "παράγοντες κρέατος" (Hurrell R.F., *et al.*, 2006; Kristensen M.B., *et al.*, 2005). Επιπλέον, το κρέας είναι σημαντική πηγή βιταμινών του συμπλέγματος Β. Το κρέας, το ψάρι και άλλα ζωικά προϊόντα είναι τα μόνα τρόφιμα που παρέχουν φυσική βιταμίνη Β12, μιας και δεν υποστέλλονται από ζύμωση. Στην πραγματικότητα, το κρέας και τα προϊόντα κρέατος αποτελούν περίπου το 30% της συνολικής διατροφικής πρόσληψης βιταμίνης Β12 (Wyness L., *et al.*, 2011).

1.1.2 Λιπαρά κρέατος

Το λίπος στο κόκκινο κρέας κυρίως αποτελείται από περίπου 40% κορεσμένα λιπαρά οξέα, 50% μονοακόρεστα λιπαρά οξέα, 5% trans λιπαρά οξέα και 4% πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (Food D., 2020). Παλαιότερες μελέτες έχουν δείξει συσχετισμό των κορεσμένων λιπαρών με αυξημένο κίνδυνο καρδιαγγειακών νοσημάτων και διαβήτη. Ωστόσο, πιο πρόσφατες μελέτες υποδεικνύουν ότι αυτό ενδεχομένως να συνδέεται με τα βιομηχανικά trans λιπαρά στις μαργαρίνες. Οι προσπάθειες μείωσης των κορεσμένων λιπαρών στο κρέας έχουν οδηγήσει σε πολλές επιτυχημένες προσεγγίσεις για την ρύθμιση της σύνθεσης λιπαρών οξέων του χοιρινού και του βοείου κρέατος μέσω διατροφικών προσεγγίσεων (Wood J.D., *et al.*, 2008).

Επίσης, η σύνθεση των λιπαρών οξέων στο κρέας των μονογαστρικών ζώων όπως οι χοίροι είναι διαφορετική από αυτήν των μηρυκαστικών όπως τα βοοειδή, καθώς επηρεάζεται από τις διαφορετικές διατροφικές συνήθειες και τις διαδικασίες πέψης που λαμβάνουν χώρα στο πεπτικό σύστημα τους, όπως η ζύμωση και η βιοϋδρογόνωση. Αν και είναι δυνατόν να επιτευχθεί ένα πιο ευνοϊκό προφίλ ακόρεστων λιπαρών οξέων στο χοιρινό και το βόειο κρέας μέσω διατροφικών προσεγγίσεων, η αύξηση της αναλογίας ακόρεστων λιπαρών συχνά έχει δυσμενείς επιπτώσεις στην ποιότητα του κρέατος (Wood J.D., *et al.*, 2008).

Προϊόντα κρέατος με υψηλή αναλογία ακόρεστων λιπαρών είναι πιο επιρρεπή στην οξειδωση και έχουν λιγότερο σταθερή δομή, με αποτέλεσμα να μην προτιμώνται από τους καταναλωτές. Στο κρέας από μηρυκαστικά περιέχονται ιδιαίτερα λιπαρά οξέα (εμβοκενικό και το ρουμενικό οξύ) που δεν βρίσκονται συνήθως στο κρέας άλλων ζώων. Αυτά τα λιπαρά οξέα παράγονται λόγω της μοναδικής πέψης που λαμβάνει χώρα στο σύστημα των μηρυκαστικών. Επιπλέον, συμμετέχουν στο μεταβολισμό και, συνεπώς, έχουν συσχετιστεί με αρκετές θετικές επιπτώσεις στην υγεία (Burnett D.D. *et al.*, 2020; Vahmani P., *et al.*, 2020).

1.1.3 Φυσική χλωρίδα κρέατος

Το μικροβίωμα των πτηνών παίζει σημαντικό ρόλο τόσο για την υγεία τους όσο και ως μέσω τροφής για τον άνθρωπο. Τα μικρόβια που ζουν μέσα και πάνω μας είναι πολύ σημαντικά για την πέψη, την παραγωγή βιταμινών (βιταμίνη Κ, βιταμίνες συμπλέγματος Β) και την προστασία από τυχόν ασθένειες. Επομένως, η υγεία και η ανάπτυξη των πτηνών που εκτρέφονται με σκοπό να γίνουν τροφή προς ανθρώπινη κατανάλωση επηρεάζεται από το μικροβίωμά τους, κάτι που με τη σειρά του επηρεάζει και την ποιότητα του κρέατος, καθώς οι μικροοργανισμοί και τα προϊόντα τους μπορούν να μεταφερθούν μέσω της τροφικής αλυσίδας προσβάλλοντας την υγεία των ανθρώπων (Broom L.J. & Kogut M.H., 2018).

Πολλοί μικροοργανισμοί υπάρχουν ως φυσιολογικοί και παθητικοί συμβιωτές εντός του εντέρου των πτηνών, συμπεριλαμβανομένων παθογόνων οργανισμών όπως: *E. coli*, *Campylobacter* και *Salmonella*. Αυτοί οι μικροοργανισμοί μπορούν να προκαλέσουν ασθένειες τόσο στα πτηνά όσο και στους ανθρώπους που καταναλώνουν τα πτηνά ως τροφή ή έρχονται σε επαφή με τα προϊόντα τους (Marmion M. *et al.*, 2021).

Το FCR (Feed Conversion Ratio) αναφέρεται στην αναλογία μεταξύ του συνολικού βάρους τροφής που καταναλώνει ένα ζώο και του βάρους του ζώου που αυτό παράγει. Υψηλότερο FCR υποδεικνύει χαμηλότερη απόδοση στην παραγωγή. Επομένως, τα πτηνά με υψηλό FCR έχουν υψηλότερο αριθμό διαφόρων ειδών σε μικροοργανισμούς, συμπεριλαμβανομένων των: *Acinetobacter*, *Bacteroides*, *Clostridium*, *Lactobacillus* και

Streptococcus, σε σύγκριση με τα γένη *Salmonella*, *Escherichia* και *Shigella* (Ding J., *et al.*, 2016).

1.1.4 Γάλα και Γαλακτοκομικά προϊόντα

Το βόειο γάλα και τα γαλακτοκομικά προϊόντα αποτελούν παραδοσιακά σημαντικό μέρος της ανθρώπινης διατροφής από τη γέννηση έως τη τρίτη ηλικία, εδώ και χιλιετίες. Το γάλα, ιδιαίτερα το αγελαδινό, αποτελείται κυρίως από νερό, περίπου 87%. Επιπλέον, περιέχει περίπου 3%-4% λίπος, 3,5% πρωτεΐνη, περίπου 5% λακτόζη και περίπου 1,2% μέταλλα, με μικρές διακυμάνσεις ανάλογα με τη φυλή της αγελάδας (Muehlhoff E., *et al.*, 2013).

Το γάλα και τα γαλακτοκομικά προϊόντα παρέχουν μια πληθώρα θρεπτικών συστατικών που απαιτούνται για τη δημιουργία ισχυρών οστών κατά την παιδική ηλικία και τη διατήρησή τους στην ενήλικη ζωή, με στόχο την πρόληψη της οστεοπόρωσης και των καταγμάτων σε μεγαλύτερη ηλικία. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, η πρωτεΐνη, το ασβέστιο, ο φώσφορος, το μαγνήσιο, το μαγγάνιο, ο ψευδάργυρος, η βιταμίνη D και η βιταμίνη K είναι απαραίτητα για τη διατήρηση φυσιολογικών οστών. Εκτός από τη βιταμίνη D, όλα αυτά τα θρεπτικά συστατικά βρίσκονται σε σημαντικές ποσότητες στο γάλα και στα γαλακτοκομικά προϊόντα (Rizzoli R., 2018).

Το γάλα και τα προϊόντα γαλακτοκομίας αποτελούν εξαιρετικές πηγές υψηλής ποιότητας πρωτεΐνης (Gilbert J.A., *et al.*, 2011; Bendtsen L.Q. *et al.*, 2013). Η πρωτεΐνη που προέρχεται από γαλακτοκομικά είναι πλούσια σε απαραίτητα αμινοξέα, τα οποία συμβάλλουν στη σύνθεση πρωτεϊνών των μυών, βοηθώντας έτσι στη διατήρηση της μυϊκής μάζας κατά την απώλεια βάρους (Astrup A., *et al.*, 2015).

1.1.4.1 Πρωτεΐνες γάλακτος

Το 80% της πρωτεΐνης που περιέχεται στο γάλα αποτελείται από τις αs1-, αs2-, β- και κ-καζεΐνες, ενώ περίπου το 20% κατατάσσεται ως πρωτεΐνη ορού γάλακτος. Αυτή η πρωτεΐνη ορού γάλακτος κυρίως περιλαμβάνει α-λακταλβουμίνη, β-λακτοσφαιρίνη και λευκωματίνη ορού. Η πρωτεΐνη που αποτελεί τη μεμβράνη των σφαιρινών του γάλακτος (MFGM) αποτελεί μικρό μέρος της συνολικής πρωτεΐνης και αναλύεται στην ενότητα Λιπίδια παρακάτω (Moughan, P. J. *et al.*, 2014).

Ο Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών έχει εισηγηθεί μια νέα μέθοδο αξιολόγησης που κατατάσσει τις πρωτεΐνες με βάση τη βιοδιαθεσιμότητα των αμινοξέων τους. Αυτή η μέθοδος περιλαμβάνει την πρωτεΐνη γάλακτος στον κατάλογό της. Το Digestible Indispensable Amino Acid Score υποδεικνύει ότι η πεπτικότητα της πρωτεΐνης γάλακτος (95%) και της καζεΐνης (94,1%) είναι υψηλότερη σε σύγκριση με αυτήν της σόγιας, του μπιζελιού, του σιταριού, του λούπινου και των πρωτεϊνών ελαιοκράμβης (84–91,5%). Επιπλέον, πεπτίδια που προέρχονται από το γάλα έχουν αποδειχθεί ότι είναι βιοενεργά και έχουν ενσωματωθεί σε εμπορικά προϊόντα όπως τα αναψυκτικά (Mills, S., *et al.*, 2011).

1.1.4.2 Λιπαρά γάλακτος

Στο εμπορικά διαθέσιμο γάλα για άμεση κατανάλωση, η περιεκτικότητα σε λιπαρά συνήθως τυποποιείται σε συγκεκριμένα επίπεδα, όπως προβλέπει ο νόμος, για τους τρεις κύριους τύπους γάλακτος: πλήρες (>3,5%), ημιαποβουτυρωμένο (1,5%-1,8%) και αποβουτυρωμένο (<0,5%) (Taylor M.W. & MacGibbon AKH, 2011). Το λίπος στο γάλα παρουσιάζεται σε σφαιρικές δομές, με διάμετρο από 0,1 έως 10 μικρόν, και περιβάλλεται από μια μεμβράνη γνωστή ως μεμβράνη λιποσφαιρίων γάλακτος (MFGM). Αυτή η μεμβράνη αποτελείται από πολλά στρώματα φωσφολιπιδίων και περίπου 40 διαφορετικές πρωτεΐνες (Martone AM. *et al.*, 2017).

Περίπου το 60% του συνολικού λίπους που περιέχεται στο γάλα αποτελείται από κορεσμένα λιπαρά οξέα. Αυτά τα οξέα κυρίως αποτελούνται από παλμιτικό οξύ (16:0), το οποίο αντιστοιχεί περίπου στο 30% του συνολικού λίπους οξέων. Στη συνέχεια, ακολουθούν τα μυριστικό και στεατικό οξέα (14:0 και 18:0 αντίστοιχα), τα οποία αντιπροσωπεύουν περίπου το 10% και το 12% του συνολικού λίπους οξέων αντίστοιχα. Περίπου το 10% των λιπαρών οξέων στο γάλα είναι κορεσμένα οξέα βραχείας αλυσίδας (με 4, 6, 8 ή 10 άνθρακες), τα οποία σπανίως συναντώνται σε άλλα διαδεδομένα τρόφιμα (Taylor M.W. & MacGibbon AKH, 2011).

Αναφορικά με τα ακόρεστα λιπαρά οξέα, το ελαϊκό οξύ (18:1) ξεχωρίζει, καθώς αντιστοιχεί στο 25%-30% των συνολικών λιπαρών οξέων. Επιπλέον, τα απαραίτητα λιπαρά οξέα όπως το λινολεϊκό (18:2 της σειράς n-6) και το άλφα-λινολενικό (18:3 n-3) είναι παρόντα στο αγελαδινό γάλα (Taylor M.W. & MacGibbon AKH, 2011).

1.1.5 Αυγό

Τα αυγά κοτόπουλου είναι μια εξαιρετικά θρεπτική επιλογή, καθώς περιέχουν σχεδόν όλα τα αναγκαία θρεπτικά συστατικά για την ανθρώπινη διατροφή, εκτός από τη βιταμίνη C και τις διαιτητικές ίνες, περιέχουν επίσης καροτένια και πολλά από τα απαραίτητα μέταλλα, όπως ασβέστιο, σίδηρο και φώσφορο. Η ποιότητα του αυγού εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ποιότητα των ζωοτροφών που καταναλώνουν τα κοτόπουλα (Sharma, M., *et al.*, 2020; Ruxto C., 2010).

Ωστόσο, λόγω της περιεκτικότητάς τους σε χοληστερόλη (220-240 mg), γι' αυτό συνιστάται η κατανάλωση 2-3 τεμαχίων την εβδομάδα, σύμφωνα με τις περισσότερες προτάσεις και συστάσεις. Οι άνθρωποι που πάσχουν από υψηλά λιπίδια στο αίμα μπορεί να είναι καλύτερα να περιορίζουν την κατανάλωσή τους. Σε υγιείς ανθρώπους, ωστόσο, έχει αναφερθεί ότι η κατανάλωση αυγών δεν επηρεάζει τα επίπεδα λιπιδίων στο αίμα (Sharma, M., *et al.*, 2020; Sugano M. & Matsuoka R., 2021). Αυτό συμβαίνει διότι, ακόμη και αν η διατροφή περιλαμβάνει χοληστερόλη, το σώμα έχει μηχανισμούς που ρυθμίζουν τα επίπεδα της, μειώνοντας τη σύνθεσή της στο ήπαρ (Ezaki O. *et al.*, 2005).

Επίσης, ορισμένες μελέτες έχουν εστιάσει στις πρωτεΐνες που προέρχονται από τον κρόκο του αυγού. Ο κρόκος περιέχει πλούσια πηγή πρωτεΐνης και άλλων θρεπτικών συστατικών, συμπεριλαμβανομένων των αντιοξειδωτικών (Sophie R.G. *et al.*, 2019).

Οι πρωτεΐνες του αυγού κατανέμονται ουσιαστικά εξίσου μεταξύ του ασπραδιού και του κρόκου του αυγού. Ωστόσο, τα λιπίδια, οι βιταμίνες και τα μέταλλα συγκεντρώνονται κυρίως στον κρόκο. Το νερό αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος του αυγού, ενώ παρατηρείται ότι

δεν περιέχει ίνες. Η περιεκτικότητά τους σε μέταλλα, βιταμίνες ή συγκεκριμένα λιπαρά οξέα μπορεί να διαφέρει, αλλά παραμένει συγκρίσιμη σχετικά με τα κύρια συστατικά, όπως το νερό, οι πρωτεΐνες, τα λιπίδια και οι υδατάνθρακες (Seuss-Baum I. *et al.*, 2011).

Τα κύρια θρεπτικά συστατικά του αυγού παραμένουν σταθερά και εξαρτώνται από την αναλογία του ασπραδιού προς τον κρόκο, ενώ τα δευτερεύοντα συστατικά επηρεάζονται από ποικίλους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένης της διατροφής των κοτόπουλων. Συνολικά, το «ωμό» και «φρεσκογεννημένο» αυγό αποτελείται κυρίως από: νερό, πρωτεΐνες, λίπη, υδατάνθρακες και τέφρα, συνθέτοντας περίπου το 76,1%, 12,6%, 9,5%, 0,7% και 1,1% αντίστοιχα (USDA, 2018).

1.1.5.1 Πρωτεΐνες αυγού

Ο κρόκος του αυγού περιέχει περίπου:

- 68% λιποπρωτεΐνες χαμηλής πυκνότητας (LDL),
- 16% λιποπρωτεΐνες υψηλής πυκνότητας (HDL),
- 10% λιβετίνες και άλλες διαλυτές πρωτεΐνες, καθώς
- και περίπου 4% φωσβιτίνες (Anton M. 2013; Anton M. & Gandemer G., 1997).

Οι κόκκοι είναι το μη διαλυτό πρωτεϊνικό σύσσωμα του αυγού που αποτελεί το κεντρικό κομμάτι του κρόκου. Αυτοί οι κόκκοι αντιπροσωπεύουν περίπου το 19-23% της στερεής ύλης του αυγού και περίπου το 50% των πρωτεϊνών του αυγού. Περιέχουν επίσης λιπαρά, βιταμίνες και άλλες θρεπτικές ουσίες που είναι σημαντικές για τη διατροφή. Το υπόλοιπο 77-81% (πλάσμα: Egg White) αποτελεί τη στερεή ύλη του αυγού. Το πλάσμα είναι το διαυγές κίτρινο υγρό που περιβάλλει τους κόκκους, και αποτελείται κυρίως από νερό και πρωτεΐνες. Οι πρωτεΐνες του πλάσματος είναι γνωστές ως αλβουμίνες και περιέχουν όλα τα απαραίτητα αμινοξέα που απαιτούνται από τον ανθρώπινο οργανισμό (Anton M. 2013; Anton M. & Gandemer G., 1997).

Περισσότερο από το 80% των συνολικών πρωτεϊνών του κρόκου αυγού αποτελούν:

- η απολιποπρωτεΐνη Β,
- η αποβιτελενίνη-1,
- οι βιτελογενίνες,
- η λευκωματίνη ορού,
- οι ανοσοσφαιρίνες,
- η ωολευκωματίνη και
- η ωοτρανσφερίνη (Rehault-Godbert S. & Guyot N., 2018).

1.1.5.2 Λιπαρά αυγού

Τα λιπίδια αποτελούν μέρος των λιποπρωτεϊνών που βρίσκονται στον κρόκο του αυγού. Η δομή τους περιλαμβάνει έναν πυρήνα τριγλυκεριδίων και εστέρων χοληστερόλης, που περιβάλλεται από ένα στρώμα φωσφολιπιδίων και χοληστερόλης, εντός της οποίας ενσωματώνονται οι αποπρωτεΐνες.

Τα κυριότερα είναι :

- λινολεϊκό οξύ (κρόκο αυγού)
- μυριστικό οξύ
- λινελαϊκό οξύ (Sophie R. *et al.*, 2019)

1.1.5.3 Βιταμίνες / μέταλλα αυγού

Το αυγό, και ειδικότερα ο κρόκος του αυγού, είναι μια πλούσια πηγή βιταμινών, περιλαμβάνοντας όλες τις βιταμίνες εκτός από τη βιταμίνη C (ασκορβικό οξύ). Ο κρόκος του αυγού περιέχει υψηλές ποσότητες βιταμινών A, D, E, K, B1, B2, B5, B6, B9 και B12, ενώ το ασπράδι περιέχει υψηλές ποσότητες βιταμινών B2, B3 και B5, καθώς και σημαντικές ποσότητες βιταμινών B1, B6, B8, B9 και B12 (Chatterjee I.B., 1973).

1.1.6 Ιχθυρά

Τα ψάρια θεωρούνται αναπόσπαστο μέρος της υγιεινής ανθρώπινης διατροφής, κυρίως λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε πολυακόρεστα n-3 λιπαρά οξέα μακράς αλυσίδας. Αυτά τα λιπαρά οξέα είναι ουσιώδη για τη διατροφή μας καθώς αποτελούν κρίσιμα συστατικά των κυτταρικών μεμβρανών, του καρδιαγγειακού συστήματος, του εγκεφάλου και του νευρικού ιστού (Khalili Tilami S., & Sampels S., 2017).

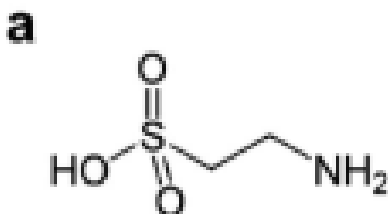
Τα ψάρια και τα θαλάσσια είδη παρέχουν σημαντική διατροφική αξία, παρέχοντας επαρκείς ποσότητες πρωτεΐνης, λιπιδίων και βασικών μικροθρεπτικών συστατικών. Τα ζωικά τρόφιμα που προέρχονται από υδάτινο περιβάλλον είναι εξαιρετικά πλούσια σε πρωτεΐνες, έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε θερμίδες και περιέχουν υψηλά επίπεδα ωμέγα-3 λιπαρών οξέων μακράς αλυσίδας αντίθετα με τα ζωικά τρόφιμα από το χερσαίο περιβάλλον. Πέραν των υψηλών επιπέδων λιπαρών οξέων, αυτά τα συστατικά περιλαμβάνουν αμινοξέα και αναλογίες ταυρίνης και χολίνης, ενώ παρέχουν επίσης βιταμίνη D και B2, μέταλλα όπως φώσφορο, ιώδιο και σελήνιο. Επιπλέον, τα ψάρια και τα θαλασσινά παρέχουν σημαντικές αναλογίες βιταμίνης A, σιδήρου και ψευδαργύρου (Tacon A. G. & Metian M, 2013; Dyerberg J., 1985; Calder P., 2004; Rudkowska I. *et al.*, 2010; Lund E., 2013).

1.1.6.1 Πρωτεΐνη ψαριού

- Ταυρίνη

Ειδικότερα, η ταυρίνη είναι ένα αμινοξύ που παρουσιάζει διαφορετική δομή σε σχέση με τα συνηθισμένα αμινοξέα όπως τα απαραίτητα αμινοξέα που απαρτίζουν τις πρωτεΐνες. Η ταυρίνη δεν περιέχει την τυπική καρβοξυλική ομάδα που χαρακτηρίζει τα αμινοξέα, αντίθετα έχει ένα σουλφονικό οξύ στη δομή της, το οποίο προέρχεται από την κυστεΐνη, ένα άλλο

αμινοξύ. Αυτή η ιδιομορφία της ταυρίνης την καθιστά ξεχωριστή από τα υπόλοιπα αμινοξέα. Η ταυρίνη είναι σημαντική για πολλά είδη ζώων και έχει σημαντικό ρόλο στον οργανισμό τους. Ωστόσο, σε αντίθεση με ορισμένα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (VLC-PUFA), η ταυρίνη μπορεί να παραχθεί από τον ανθρώπινο οργανισμό, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι οι περισσότεροι ενήλικες άνθρωποι, μπορούν να την παράγουν από άλλες θρεπτικές ουσίες που προέρχονται από τη διατροφή τους (Tacon A. G. & Metian, 2013).



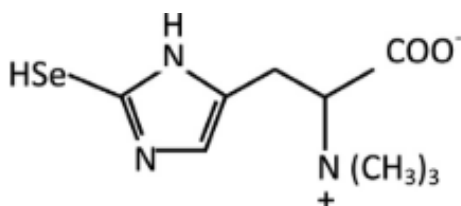
Εικόνα 2. Δομή ταυρίνης (Tacon A. G. & Metian, 2013).

1.1.6.2 Ιχνοστοιχεία ψαριού

Η κατανάλωση ψαριών συνδέεται με πολλά οφέλη λόγω των διαφόρων βιταμινών που περιέχουν, όπως η βιταμίνη A, E, B και άλλες. Αυτές οι θρεπτικές ουσίες προωθούν την υγιή όραση, την υγιή επιδερμίδα και το ανοσοποιητικό σύστημα, και επίσης συμβάλλουν στην αναπαραγωγική διαδικασία. Επιπλέον, είναι σημαντική για την υγεία της καρδιάς, των νεφρών, των πνευμόνων και άλλων οργάνων, βοηθώντας στη σωστή τους λειτουργία (Sarojnalini, C., & Hei, A., 2019).

<ul style="list-style-type: none"> • Βιταμίνη D
<p>Τα λιπαρά ψάρια, αποτελούν πλούσια πηγή βιταμίνης D. Αν και μπορεί να παραχθεί στο δέρμα μας υπό τη δράση του ηλιακού φωτός, η διατροφή είναι επίσης σημαντική πηγή αυτής της ορμόνης, ιδιαίτερα σε πληθυσμούς που ζουν σε βόρειες γεωγραφικές περιοχές, όπου η ηλιακή έκθεση είναι πιο περιορισμένη τους χειμερινούς μήνες. Έρευνες του Zgaga και συνεργατών (2011) έχουν αναγνωρίσει τη σημασία της διατροφής στην πρόσληψη βιταμίνης D σε αυτούς τους πληθυσμούς. Τα ψάρια μπορούν να συμβάλλουν στην παραγωγή της βιταμίνης D από τον ανθρώπινο οργανισμό, αλλά αυτό απαιτεί την έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία για να γίνει η διαδικασία αποτελεσματική (Holick, M. F., 2008; Zgaga L. <i>et al.</i>, 2011).</p>
<p>Η υπεριώδης ακτινοβολία, η οποία απορροφάται αποτελεσματικά από το νερό, πιθανόν αποτελεί μεγάλο μέρος πηγής βιταμίνης D στα ψάρια. Επίσης, όπως συμβαίνει με τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFA) που περιέχονται στα ψάρια, η διατροφική βιταμίνη D προέρχεται κυρίως από το πλαγκτόν, το οποίο αποτελεί πηγή τόσο της βιταμίνης D2 όσο και της D3 (Holick, M. F., 2008).</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Βιταμίνη E και συμπλέγματος B
<p>Η βιταμίνη E έχει πιθανές αντιοξειδωτικές και αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες, καταπολεμά τις ελεύθερες ρίζες και προλαμβάνει ασθένειες. Το σύμπλεγμα των βιταμινών B, που αποτελείται από τις οκτώ βιταμίνες του, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διατήρηση του σώματος μας λειτουργικό. Αυτά τα θρεπτικά συστατικά υποβοηθούν σημαντικά το μεταβολισμό και τη μετατροπή της τροφής σε ενέργεια, στο ανθρώπινο σώμα (Sarojnalini, C., & Hei, A. 2019).</p>

<ul style="list-style-type: none"> • Φώσφορος, <p>Ο φωσφόρος που παρέχεται από την κατανάλωση ψαριού είναι ουσιώδης για πολλές φυσιολογικές λειτουργίες του ανθρώπινου οργανισμού. Συγκεκριμένα, είναι δομικό συστατικό των οστών και των δοντιών, συμβάλλοντας στην πρόληψη της οστεοπόρωσης και της απώλειας οδοντικού σμάλτου. Συμμετέχει στη δημιουργία τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP), η οποία είναι η κύρια μορφή ενέργειας που χρησιμοποιείται από τα κύτταρα του οργανισμού (Sarojnalini, C., & Hei, A., 2019; Hays V.W. & Swenson M.J., 1985).</p> <p>Επιπλέον, συμβάλλει στη λειτουργία των φωσφορυλιωμένων μεταβολικών ενδιάμεσων προϊόντων και των νουκλεϊκών οξέων, κρίσιμων για τον μεταβολισμό των κυττάρων. Συνεπώς τα ψάρια αποτελούν σημαντική πηγή πρόσληψης φωσφόρου, που βοηθά στη γενική υγεία του σκελετού, τον ενεργειακό μεταβολισμό και τη γενική λειτουργία των κυττάρων του οργανισμού (Malhotra VK (1998; Murray R.K., <i>et al.</i>, 2000).</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Ιώδιο <p>Το ιώδιο αποτελεί βασικό συστατικό της τετραϊωδοθυρονίνης ή της θυρεοειδικής ορμόνης, αποτελώντας το 65% του μοριακού της βάρους. Χωρίς την παρουσία ιωδίου, η σύνθεση θυρεοειδικών ορμονών δεν είναι δυνατή. Το ιώδιο είναι σπάνιο στη διατροφή, γι' αυτόν τον λόγο ο εμπλουτισμός του επιτραπέζιου αλατιού με ιώδιο έχει καθιερωθεί ως υποχρεωτικό μέτρο δημόσιας υγείας σε πολλές χώρες. Η περιεκτικότητα ιωδίου στα ψάρια εμφανίζει μεγάλες διαφοροποιήσεις. Έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην Πορτογαλία σχετικά με την περιεκτικότητα σε ιώδιο σε διαφορετικά είδη ψαριών, εμφάνισε 19 μg για τον κονσερβοποιημένο τόνο, 16,7 μg για τον φρέσκο τόνο, 10,5 μg για τον σολομό, 40,5 μg για το σκουμπρί, 26 μg για τη σαρδέλα και 56 μg για τον μπακαλιάρο (ανά 100 g ψάρι) (WHO, 2018).</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Σελήνιο <p>Τα ψάρια αποτελούν σημαντική πηγή σεληνίου. Το σελήνιο, είναι ένα ιχνοστοιχείο για τον οργανισμό, το οποίο μπορεί να βρεθεί σε διάφορες μορφές. Οι οργανικές μορφές του σεληνίου είναι πιο εύκολα απορροφήσιμες από το σώμα μας σε σύγκριση με τις ανόργανες μορφές. Δύο από αυτές τις οργανικές μορφές είναι η σεληνοθειονίνη και η σεληνοστεΐνη. Πρόσφατα, οι επιστήμονες ανακάλυψαν μια νέα μορφή οργανικού σεληνίου, την οποία ονομάζουν σεληνονεΐνη. Αυτή η μορφή βρέθηκε στον τόνο. Τα οφέλη της σεληνονεΐνης για την υγεία μας δεν είναι ακόμα πλήρως κατανοητά, καθώς οι επιστήμονες δεν έχουν ολοκληρωμένη εικόνα για το πώς ακριβώς επηρεάζει τον οργανισμό (Fox T. <i>et al.</i>, 2004).</p> <p>Παρ' όλα αυτά, τα πρώτα στοιχεία από τις έρευνες δείχνουν ότι η σεληνονεΐνη έχει ισχυρή αντιοξειδωτική δράση. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να βοηθήσει στην προστασία των κυττάρων από τις βλάβες που προκαλούν οι ελεύθερες ρίζες, οι οποίες είναι ασταθή μόρια που μπορούν να βλάψουν τα κύτταρα και σχετίζονται με διάφορες ασθένειες και τη γήρανση (Yamashita Y. & Yamashita M., 2010).</p>



Εικόνα 3. Δομή σεληνίου (Yamashita & Yamashita, 2010).

<ul style="list-style-type: none"> • Βιταμίνη Α
<p>Ορισμένα μικρά ψάρια διαθέτουν βιταμίνη Α διπλάσια από αυτή που υπάρχει στα καρότα ή το σπανάκι. Αυτό σημαίνει ότι, ανά μονάδα βάρους, αυτά τα μικρά ψάρια παρέχουν πολύ περισσότερη βιταμίνη Α σε σύγκριση με τα λαχανικά. Μεγαλύτερη ποσότητα βιταμίνης Α στα ψάρια, βρίσκεται κυρίως στα μάτια και στα σπλάχνα τους. Επειδή η βιταμίνη Α συγκεντρώνεται σε συγκεκριμένα μέρη του ψαριού, τα είδη ψαριών που καταναλώνονται ολόκληρα (μαζί με τα μάτια και τα σπλάχνα) αποτελούν σημαντική πηγή βιταμίνης Α για τη διατροφή μας. (Roos N., 2001).</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Σίδηρο
<p>Κάποια ψάρια έχουν υψηλή συγκέντρωση σιδήρου. Ο σίδηρος συγκεντρώνεται κυρίως στο κεφάλι και τα σπλάχνα τους, δηλαδή στα μέρη του ψαριού που συνήθως δεν τρώμε. Η περιεκτικότητα σε σίδηρο στα ψάρια μπορεί να προσδιοριστεί μέσω μεθόδων καθαρισμού. Για παράδειγμα, αν αφαιρέσουμε το κεφάλι ή τα σπλάχνα του ψαριού, μπορούμε να μελετήσουμε ποια είναι η περιεκτικότητα σε σίδηρο. Σε μια έρευνα που διεξήχθη στην Καμπότζη, μελετήθηκε το ψάρι "chanwa phlieng" (<i>Esomus longimanus</i>). Αυτό το ψάρι βρέθηκε να έχει υψηλή περιεκτικότητα σε σίδηρο στα μέρη του που είναι κατάλληλα για κατανάλωση (Roos N. <i>et al.</i>, 2007 c).</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Ψευδάργυρο
<p>Τα μικρά ψάρια που καταναλώνονται ολόκληρα είναι πλούσια σε ψευδάργυρο σε σύγκριση με άλλα ζωικά τρόφιμα και μεγάλα είδη ψαριών. Στην Καμπότζη, τα μικρά ψάρια χαμηλής αξίας που καταναλώνονται κυρίως από φτωχούς ανθρώπους, είναι ιδιαίτερα πλούσια σε ψευδάργυρο. Για παράδειγμα, το τοπικό είδος «chanwa phlieng» (<i>Esomus longimanus</i>), περιέχει 20,3 mg ψευδαργύρου ανά 100 g ωμά βρώσιμα μέρη (Roos N. <i>et al.</i>, 2007 b).</p>

1.1.6.3 Λιπαρά ψαριού

- Ω-3 λιπαρά οξέα

Η σύνθεση λίπους των ψαριών είναι μοναδική, καθώς περιλαμβάνει PUFAs (πολυακόρεστα λιπαρά οξέα) όπως: το αραχιδονικό οξύ (C20:4n-6), το εικοσαπεντανοϊκό οξύ (C20:5n-3) και το εικοσιδωδεκανοϊκό οξύ (C22:6n-3). Αυτά τα οξέα δεν βρίσκονται σε τόσο υψηλά επίπεδα σε άλλα ζώα, όπως το βόειο κρέας, το οποίο περιέχει κυρίως ακόρεστα λιπαρά οξέα.

Τα ψάρια έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε συγκεκριμένα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFAs), όπως τα ωμέγα-3 EPA και DHA, για παράδειγμα ο τόνος περιέχει υψηλά επίπεδα PUFAs. Τα μικρού μεγέθους πελαγικά ψάρια όπως ο γαύρος και η σαρδέλα είναι επίσης πλούσια σε PUFAs. Ωστόσο, τα φυτικά έλαια είναι πλούσια σε βασικά λιπαρά οξέα όπως το λινολεϊκό οξύ (C18:2n-6) και το α-λινοελενικό οξύ (C18:3n-3). Επομένως, αν συγκρίνουμε τη συνολική ποσότητα των PUFAs που έχουν τα ψάρια με αυτή των φυτικών ελαίων, τότε συμπεραίνουμε ότι τα ψάρια έχουν μικρότερη συνολική περιεκτικότητα σε PUFAs (Tacon & Metian, 2009).

Κεφάλαιο 2.

Περιβαλλοντικό αποτύπωμα ζωικών προϊόντων

Το ερώτημα, εάν η παραγωγή κρέατος είναι περισσότερο ή λιγότερο επιβλαβής για το περιβάλλον σε σύγκριση με άλλα είδη τροφίμων είναι πολύπλοκη λόγω της διαφορετικότητας των συστημάτων παραγωγής κρέατος από την πρωτογενή παραγωγή και εκτροφή έως και την παρασκευή μεταποιημένων ζωικών τροφίμων. Αυτό οφείλεται σε ένα βαθμό και στο γεγονός ότι η παραγωγή κρέατος μπορεί να ανταγωνίζεται ή όχι πόρους που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή άλλων ειδών τροφίμων. Επιπλέον, η επίδρασή της στο περιβάλλον εξαρτάται επίσης από τη μεθοδολογία αξιολόγησης και τις παραμέτρους που περιλαμβάνει η ποσοτικοποίηση της επίπτωσης (M. Springmann *et al.*, 2016; L. Aleksandrowicz *et al.*, 2016; D. Tilman & M. Clark, 2014).

2.1 Αέρια θερμοκηπίου (GHG)

Η εκτροφή ζώων, ιδιαίτερα βοοειδών, προβάτων και αιγών, παράγει μεγάλα ποσά μεθανίου (CH₄), το οποίο είναι ένα ισχυρό αέριο θερμοκηπίου. Το μεθάνιο εκπέμπεται κατά τη διαδικασία της πέψης των ζώων (εντερική ζύμωση) αλλά και από τη διαχείριση της κοπριάς. Επιπλέον, η εκτροφή ζώων εντείνει την παραγωγή άλλων ρύπων, όπως το οξείδιο του αζώτου (N₂O) από τη χρήση λιπασμάτων και την αποσύνθεση της κοπριάς, καθώς και διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) από την αποψίλωση δασών για δημιουργία βοσκοτόπων. Σε πολλές περιοχές, η εκτροφή ζώων απαιτεί μεγάλες ποσότητες νερού, όχι μόνο για το πότισμα των ζώων αλλά και για την καλλιέργεια ζωοτροφών. (M. M. Mekonnen & A. Y. Hoekstra, 2012).

Αυτό μπορεί να επιβαρύνει τα διαθέσιμα υδάτινα αποθέματα. Ακόμη η υπερβόσκηση, δηλαδή η υπερβολική χρήση γης για βοσκή, μπορεί να οδηγήσει σε διάβρωση του εδάφους. Με την διάβρωση φθείρεται η άνω επιφάνεια που είναι και το πιο γόνιμο μέρος του εδάφους, καθιστώντας το έδαφος λιγότερο παραγωγικό και κατ' επέκταση συμβάλλοντας στην ερημοποίηση (M. M. Mekonnen & A. Y. Hoekstra, 2012).

Ωστόσο, η κτηνοτροφία απασχολεί πολλούς ανθρώπους και αποτελεί βασικό κομμάτι της οικονομίας σε πολλές χώρες (FAO, 2015). Κατά τις τελευταίες δύο δεκαετίες, πολλές μελέτες ανάλυσης κύκλου ζωής προσπάθησαν να αξιολογήσουν τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (GHG) από διαφορετικά συστήματα παραγωγής κρέατος (P. J. Gerber *et al.*, 2013; FAO, 2006).

Το κρέας σχετίζεται με περισσότερες εκπομπές ανά μονάδα ενέργειας σε σύγκριση με τρόφιμα από φυτικές πηγές, καθώς χάνεται ενέργεια σε κάθε τροφικό επίπεδο (Εικόνα 4). Ειδικότερα, το κρέας παράγει περισσότερες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά μονάδα ενέργειας (θερμίδες ή πρωτεΐνες) σε σύγκριση με τις φυτικές πηγές. Αυτό σημαίνει ότι για την ίδια ποσότητα διατροφικής ενέργειας, η παραγωγή κρέατος είναι πιο επιβλαβής για το περιβάλλον από την παραγωγή φυτικών τροφών (FAO, 2006).

Τα τροφικά επίπεδα αναφέρονται στις διάφορες βαθμίδες της τροφικής αλυσίδας. Οι φυτικοί οργανισμοί (π.χ., φυτά) βρίσκονται στο πρώτο τροφικό επίπεδο ως παραγωγοί, τα φυτοφάγα ζώα (π.χ., αγελάδες) στο δεύτερο επίπεδο ως πρωτοβάθμιοι καταναλωτές, και τα

σαρκοφάγα ζώα στο τρίτο ή τέταρτο επίπεδο ως δευτεροβάθμιοι ή τριτοβάθμιοι καταναλωτές. Σε κάθε μετάβαση από ένα τροφικό επίπεδο στο επόμενο, χάνεται ενέργεια. Οι φυτοφάγοι καταναλωτές δεν μπορούν να μετατρέψουν όλη την ενέργεια που λαμβάνουν από τα φυτά σε σωματική ενέργεια (λίπος, μυς κ.λπ.). Ένα μεγάλο ποσοστό της ενέργειας χάνεται μέσω της αναπνοής, της θερμότητας, και των αποβλήτων. Αυτός είναι ο λόγος που τα σαρκοφάγα ζώα χρειάζονται μεγαλύτερες ποσότητες φυτοφάγων ζώων για να καλύψουν τις ενεργειακές τους ανάγκες (FAO, 2006).

Συνεπώς, η παραγωγή κρέατος είναι πιο ενεργοβόρα και παράγει περισσότερες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου ανά μονάδα ενέργειας σε σύγκριση με τις φυτικές πηγές. Η απώλεια ενέργειας σε κάθε τροφικό επίπεδο εξηγεί γιατί η κατανάλωση ζωικής τροφής είναι λιγότερο αποδοτική ενεργειακά. Τα μηρυκαστικά ζώα συνεισφέρουν περισσότερο στις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου σε σύγκριση με τα μη μηρυκαστικά και τα πουλερικά, τα οποία είναι λιγότερο επιβλαβή για το περιβάλλον (FAO, 2006).

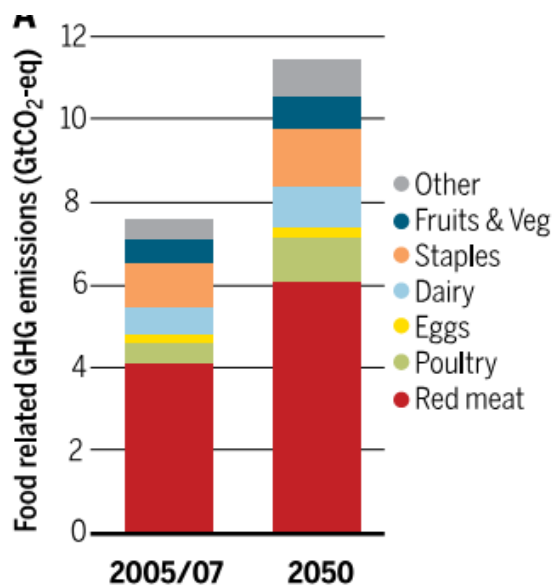
Συγκεκριμένα, στους διάφορους τύπους κρέατος, η παραγωγή μηρυκαστικών συνήθως οδηγεί σε περισσότερες εκπομπές από ό,τι η παραγωγή μονογαστρικών θηλαστικών και πουλερικών. Ωστόσο, η παραγωγή πουλερικών συνήθως προκαλεί λιγότερες εκπομπές από εκείνη των άλλων μονογαστρικών. Η εντατική εκτροφή τείνει να παράγει λιγότερες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (GHG) ανά μονάδα παραγωγής σε σύγκριση με τα πιο εκτεταμένα συστήματα. Ωστόσο, αυτή η πρακτική μπορεί να συνοδεύεται από άλλα σημαντικά μειονεκτήματα (FAO, 2006).

Σημαντικά μειονεκτήματα αποτελούν τα ακόλουθα:

- Τα ζώα σε εντατικές εκτροφές συχνά έχουν περιορισμένο χώρο κίνησης και ζουν σε συνθήκες που μπορεί να προκαλέσουν στρες, τραυματισμούς ή ασθένειες.
- Επίσης, στην εντατική εκτροφή συνήθως απαιτείται και χρήση αντιβιοτικών για την πρόληψη και τη θεραπεία ασθενειών λόγω των πυκνών συνθηκών διαβίωσης.
- Ακόμη, μέσω αυτού τρόπου παραγωγής ζώων, δημιουργούνται μεγάλες ποσότητες αποβλήτων (κοπριά, ουρία), τα οποία μολύνουν το έδαφος, τα υπόγεια και επιφανειακά ύδατα. Η συγκέντρωση αυτών των αποβλήτων σε μικρές περιοχές μπορεί να οδηγήσει σε τοπική ρύπανση και προβλήματα όσμωσης.
- Επιπλέον, η εντατική εκτροφή απαιτεί μεγάλες ποσότητες νερού και ενέργειας για την καλλιέργεια ζωοτροφών, τη λειτουργία εγκαταστάσεων και τη διαχείριση αποβλήτων. Αυτό με τη σειρά του μπορεί να αυξήσει την πίεση στους φυσικούς πόρους επιβαρύνοντας το περιβάλλον (FAO, 2006).

Βασικές διαφορές εντατικής και εκτεταμένης εκτροφής:

- ❖ Η εντατική εκτροφή είναι πιο παραγωγική ανά μονάδα έκτασης και ανά ζώο, ενώ η εκτεταμένη εκτροφή έχει χαμηλότερη παραγωγικότητα.
- ❖ Η εντατική εκτροφή έχει υψηλότερες τοπικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ενώ η εκτεταμένη εκτροφή είναι πιο φιλική προς το περιβάλλον αλλά καταλαμβάνει μεγαλύτερη έκταση γης.
- ❖ Η ευημερία των ζώων είναι γενικά καλύτερη στην εκτεταμένη εκτροφή λόγω των φυσικότερων συνθηκών διαβίωσης συγκριτικά με την εντατική εκτροφή.
- ❖ Η εντατική εκτροφή απαιτεί περισσότερους πόρους (ζωοτροφές, νερό, ενέργεια) σε σύγκριση με την εκτεταμένη εκτροφή, η οποία στηρίζεται περισσότερο στους φυσικούς πόρους της περιοχής (L. Latruffe *et al.*, 2023).



Εικόνα 4. Παραγωγή κρέατος και κλιματική αλλαγή. Απεικόνιση των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG) ανά κατηγορία τροφίμων. Οι τροφές ζωικής προέλευσης αποτελούν την κύρια πηγή αερίων του θερμοκηπίου στο σύστημα διατροφής και η σημασία τους αναμένεται να αυξηθεί στο μέλλον (M. Springmann, *et al.*, 2016).

Τα πιο σημαντικά αέρια θερμοκηπίου είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το μεθάνιο και το υποξείδιο του αζώτου (N₂O) (P. J. Gerber *et al.*, 2013, Herrero, M., *et al.*, 2011). Η παραγωγή κρέατος προκαλεί εκπομπές αυτών των τριών, με κυριότερο εκείνο του μεθανίου. Χρησιμοποιώντας τον σύνθετο δείκτη ισοδυνάμων CO₂ (CO₂e), η κτηνοτροφική παραγωγή αποτελεί περίπου το 15% του συνόλου των εκπομπών αερίων (P. J. Gerber *et al.*, 2013). Συγκεκριμένα, το 15% αναφέρεται στο ποσοστό των συνολικών παγκόσμιων εκπομπών αερίων θερμοκηπίου που προέρχονται από την κτηνοτροφική παραγωγή. Αυτό σημαίνει ότι η παραγωγή κρέατος και άλλων ζωικών προϊόντων ευθύνεται για το 15% των εκπομπών όπως το μεθάνιο (CH₄), το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και το υποξείδιο του αζώτου (N₂O). Ωστόσο, ο υπολογισμός του CO₂e μπορεί να είναι παραπλανητικός επειδή εξαρτάται από τον χρόνο παραμονής των αερίων στην ατμόσφαιρα. Για το CO₂, οι συσσωρευμένες εκπομπές είναι ουσιώδεις, ενώ για το μεθάνιο είναι ο ρυθμός εκπομπής (R. T. Pierrehumbert & G. Eshel, 2015).

Σήμερα, τα ζώα συμβάλλουν περίπου στο 5% των συνολικών εκπομπών περίπου 37 γιγα-μετρικών τόνων CO₂ που προστίθενται στην ατμόσφαιρα κάθε χρόνο. Οι συνολικές εκπομπές των τριάντα επτά γιγα-μετρικών τόνων εκτιμάται ότι προκαλούν αύξηση της θερμοκρασίας κατά 2°C. Έτσι, η ζωική παραγωγή CO₂, με τις σημερινές προϋποθέσεις, προκαλεί μια μικρή αλλά μετρήσιμη αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη, περίπου 0,1°C, κατά τη διάρκεια 100 ετών. Η παραγωγή κρέατος συμβάλλει επί του παρόντος στην προσθήκη περίπου 0,15 γιγα-μετρικών τόνων μεθανίου και 0,0065 γιγα-μετρικών τόνων N₂O στην ατμόσφαιρα κάθε χρόνο (R. T. Pierrehumbert & G. Eshel, 2015).

Εάν το κλιματικό σύστημα μπορούσε να επιτύχει ισορροπία με αυτό το επίπεδο εκπομπής και αποσύνθεσης των αερίων θερμοκηπίου (που θα απαιτούσε περίπου μία δεκαετία για το μεθάνιο και περίπου έναν αιώνα για το N₂O), τότε η γη θα ήταν περίπου 0,44°C θερμότερη. Όταν επιτευχθεί αυτή η ισορροπία, οι εκπομπές μεθανίου και N₂O συνεχίζονται στο ίδιο επίπεδο, χωρίς να οδηγούν σε περαιτέρω θέρμανση. Ωστόσο, το CO₂ είναι διαφορετικό επειδή η επίδρασή του στη θέρμανση θα αυξηθεί όσο οι παρούσες εκπομπές του CO₂ συνεχίζονται, ακόμα και αν οι εκπομπές δεν αυξηθούν περαιτέρω (R. T. Pierrehumbert & G. Eshel, 2015).

Αυτές οι εκτιμήσεις υποδηλώνουν ότι η παραγωγή κρέατος παίζει ουσιαστικό ρόλο στους υπολογισμούς της μελλοντικής υπερθέρμανσης του πλανήτη. Ωστόσο, είναι πολύ σημαντικό για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής να διακρίνουν τις επιπτώσεις των διαφόρων τύπων αερίων του θερμοκηπίου. Περίπου το 4% του παγκόσμιου κρέατος και το 8% του βόειου κρέατος παράγονται σε συστήματα εκτάσεων, όπου τα ζώα τρέφονται αποκλειστικά με χορτάρι, το οποίο χρησιμοποιείται επίσης ως πηγή τροφής σε συστήματα μεικτής καλλιέργειας (R. T. Pierrehumbert & G. Eshel, 2015; M. Herrero *et al.*, 2013).

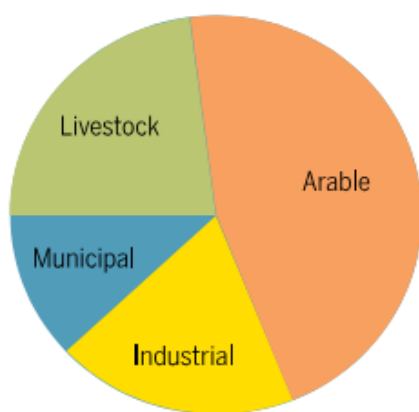
Η βοσκή επηρεάζει με πολυσύνθετο τρόπο τους υπολογισμούς του άνθρακα. Μπορεί να ενισχύσει τα φυτά να διατεθούν περισσότεροι πόροι κάτω από το έδαφος, κάτι που βοηθάει στην κατάσχεση του άνθρακα, ενώ τα περιττώματα των ζώων μπορεί να προάγουν την ανάπτυξη των φυτών και τη σταθεροποίηση του άνθρακα, κάνοντάς το άζωτο πιο διαθέσιμο για την επόμενη γενιά φυτών (αν και μέρος αυτού του αζώτου χάνεται μέσω εκπομπών N₂O) (P. J. Gerber *et al.*, 2013, B. Henderson *et al.*, 2015).

Συγκεκριμένα, η βοσκή επηρεάζει τον κύκλο άνθρακα στο περιβάλλον, καθώς και τους υπολογισμούς του άνθρακα που γίνονται για τις παγκόσμιες εκπομπές θερμοκηπίου. Μέσω της βόσκησης τα φυτά τείνουν να αναπτύσσουν ισχυρότερο ρίζωμα για να απορροφούν περισσότερους πόρους από το έδαφος (νερό, θρεπτικά στοιχεία). Η δημιουργία πιο ισχυρού ριζώματος λόγω της βοσκής οδηγεί σε μεγαλύτερη κατάσχεση άνθρακα από τα φυτά. Αυτό με τη σειρά του παίζει σημαντικό ρόλο στη διατήρηση του άνθρακα στο έδαφος, αποτρέποντας την απελευθέρωσή του προς την ατμόσφαιρα σε μορφή διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Συνεπώς, αυτός ο πολυσύνθετος τρόπος επίδρασης της βοσκής καθιστά σημαντικό τον ρόλο της στην οικολογική ισορροπία και τη διαχείριση του άνθρακα στο περιβάλλον (P. J. Gerber *et al.*, 2013, B. Henderson *et al.*, 2015).

Αλλά αυτό πρέπει να εξισορροπηθεί με τις άμεσες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (GHG) από τα ζώα, καθώς και τις έμμεσες εκπομπές που προκαλούνται από την υπερβόσκηση και τη διάβρωση, καθώς και τις εναλλακτικές δυνατότητες χρήσης της γης, συμπεριλαμβανομένης της δέσμευσης άνθρακα μέσω της φυσικής ανάπτυξης των φυτών ή της αναδάσωσης. Υπάρχουν σημαντικές αναφορές που υποστηρίζουν ότι η εκτροφή ζώων μέσω της βόσκησης μπορεί να συμβάλει στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής μέσω της αποθήκευσης διοξειδίου του άνθρακα (Savory Institute, 2013).

2.2 Ύδατα και έδαφος

Η γεωργία χρησιμοποιεί περισσότερο γλυκό νερό από οποιαδήποτε άλλη ανθρώπινη δραστηριότητα, με το γλυκό νερό να αποτελεί το ένα τρίτο της συνολικής χρήσης νερού, και σχεδόν το ένα τρίτο αυτού να απαιτείται για την κτηνοτροφία (Εικόνα 5) (A. Y. Hoekstra & M. M. Mekonnen, 2012). Η πλειονότητα του νερού που χρησιμοποιείται στην κτηνοτροφία είναι σε μεγάλο βαθμό (87,2%) "πράσινο νερό". Αυτό σημαίνει ότι το νερό που χρησιμοποιείται στην κτηνοτροφία προέρχεται κυρίως από τη βροχή και άλλες μορφές βροχοπτώσεων που πέφτουν άμεσα στο έδαφος (M. M. Mekonnen & A. Y. Hoekstra, 2012).



Εικόνα 5. Ποσοστό αντλήσεων γλυκού νερού (m FAO AquaStat 2016, www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm)

Παρόλο που οι αντλήσεις “μπλε νερού” για την κτηνοτροφική παραγωγή, δηλαδή από ποτάμια, λίμνες και υπόγεια ύδατα, αντιπροσωπεύουν μόνο το 7% της συνολικής χρήσης νερού, είναι ιδιαίτερα σημαντικές διότι ανταγωνίζονται πιο άμεσα άλλες μορφές χρήσης νερού, συμπεριλαμβανομένης της ανάγκης για διατήρηση των υδάτινων οικοσυστημάτων. Το νερό που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ζωοτροφών αποτελεί το 98% του συνολικού υδατικού αποτυπώματος της κτηνοτροφικής παραγωγής. Αυτό σημαίνει ότι η μεγαλύτερη ποσότητα νερού που απαιτείται στην κτηνοτροφία χρησιμοποιείται για την παραγωγή των ζωοτροφών που τρέφουν τα ζώα. Το ποσοστό του συνολικού νερού που χρησιμοποιείται για άλλους σκοπούς είναι πολύ μικρότερο:

- Για πόσιμο (πόσιμο νερό για τα ζώα): 1,1%
- Για εξυπηρέτηση (νερό για πλύσιμο κλπ.): 0,8%
- Για ανάμιξη ζωοτροφών: 0,03% (M. M. Mekonnen & A. Y. Hoekstra, 2012).

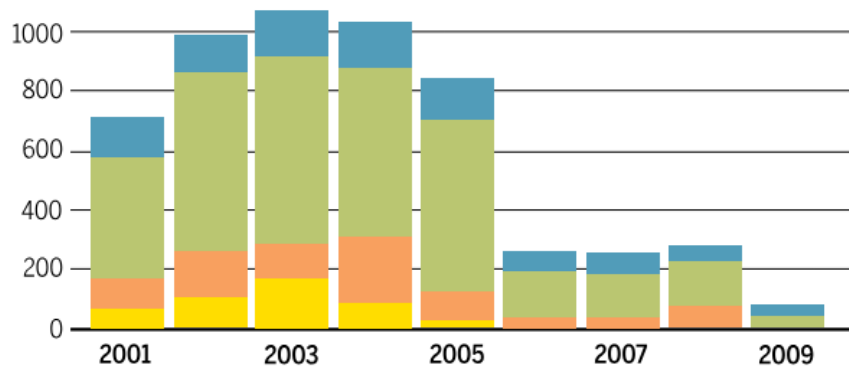
Οι συνέπειες της μεγάλης άντλησης του “μπλε νερού” μπορεί να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στους υδάτινους πόρους, όπως στον υδροφόρο ορίζοντα High Plains στις κεντρικές Ηνωμένες Πολιτείες. Εκεί, η αυξανόμενη παραγωγή βοοειδών που τρέφονται με αρδευόμενο καλαμπόκι έχει ως αποτέλεσμα τη σοβαρή εξάντληση του υδροφόρου ορίζοντα (D. R. Steward *et al* 2013).

Σε αντίθεση με τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, που επηρεάζουν το κλίμα με τον ίδιο τρόπο από όπου κι αν εκπέμπονται, ο αντίκτυπος της κατανάλωσης νερού εξαρτάται από την πηγή, την τοποθεσία και την εποχή χρήσης του νερού. Υπάρχει επίσης, σημαντική διακύμανση στο υδατικό αποτύπωμα μεταξύ των διαφόρων τύπων κρέατος και των συστημάτων παραγωγής. Κατά μέσο όρο, η εκτροφή βοοειδών απαιτεί περισσότερο από τριπλάσια ποσότητα νερού σε σύγκριση με την παραγωγή κοτόπουλου ανά κιλό κρέατος (M. M. Mekonnen & A. Y. Hoekstra, 2012; G. Eshel *et al.*, 2005).

Το άζωτο και ο φώσφορος από την κοπριά των ζώων προσθέτουν θρεπτικά φορτία στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα, προκαλώντας βλάβες στα υδάτινα οικοσυστήματα και την ανθρώπινη υγεία (M. H. Ward *et al.*, 2005). Η απόθεση των αποβλήτων των ζώων που χρησιμοποιούνται σε εκτροφή αποτελούν κίνδυνο για τη μόλυνση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων (D. Tilman, K. *et al.*, 2002).

Η πιο σημαντική άμεση επίδραση της παραγωγής κρέατος στη βιοποικιλότητα είναι μέσω της μετατροπής της γης σε γεωργική χρήση (Εικόνα 6). Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει

μετατροπή των φυσικών οικοσυστημάτων σε λιβάδια και βοσκότοπους, καθώς και μετατροπή ακατάλληλων εκτάσεων σε αρόσιμη γη για την καλλιέργεια σιτηρών και σόγιας που χρησιμοποιούνται ως τροφή για τα ζώα στην κτηνοτροφική παραγωγή (N. Ramankutty, *et al.*, 1999).



Εικόνα 6. Επίδραση της παραγωγής κρέατος στη βιοποικιλότητα (M. N. Macedo *et al.*, 2012).

Στην Εικόνα 6, αναλύεται από μελέτη ο τρόπος με τον οποίο η ανθρώπινη δραστηριότητα επηρεάζει την αποψίλωση των δασών και την κερδοφορία από τη γεωργία στη Βραζιλία. Συγκεκριμένα, η μελέτη χρησιμοποίησε δεδομένα από το σύστημα PRODES για τις εκκενώσεις γης και χρονοσειρές MODIS EVI για να αξιολογήσει την αποψίλωση. Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα σε επίπεδο κράτους για την ανάλυση της κερδοφορίας της σόγιας, με βάση την τιμή και το κόστος παραγωγής. Επιπλέον, συσχέτισε την κερδοφορία από τη σόγια με την αποψίλωση των δασών μέχρι το 2007, χρησιμοποιώντας τον συντελεστή προσδιορισμού (R^2) για να μετρήσει την ισχύ της συσχέτισης και τον αριθμό παρατηρήσεων (n).

Εξήγηση των χρωμάτων στις μπάρες που απεικονίζει το γράφημα:

- Κίτρινο χρώμα: καλλιεργήσιμη γη
- Ροζ χρώμα: δεν χρησιμοποιείται για παραγωγή
- Πράσινο χρώμα: βοσκή

Σύμφωνα με τη συγκεκριμένη μελέτη, οι αλλαγές στη χρήση γης παρουσίασαν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις περιόδους 2001–2005 και 2006–2010. Στην πρώτη περίοδο σημειώθηκε έντονη αύξηση στην καλλιέργεια σόγιας, με την καλλιεργούμενη έκταση να διπλασιάζεται από 3 σε 6 εκατομμύρια εκτάρια και την παραγωγή να αυξάνεται κατά 85%, δηλαδή κατά 8 εκατομμύρια τόνους. Το ένα τρίτο αυτής της αύξησης στην έκταση (~1 εκατομμύριο εκτάρια) και στην παραγωγή (~3 εκατομμύρια τόνοι) σημειώθηκε στο δάσος του Αμαζονίου, όπου η καλλιεργούμενη έκταση υπερτριπλασιάστηκε την ίδια περίοδο (M. N. Macedo *et al.*, 2012).

Η κύρια εξάπλωση των καλλιεργειών σόγιας έγινε σε περιοχές που προηγουμένως χρησιμοποιούνταν για την εκτροφή βοοειδών, δηλαδή σε βοσκοτόπια. Κατά μέσο όρο, κάθε χρόνο το 12% των εκτάσεων που αποψιλώθηκαν από τη φυσική τους βλάστηση μετατρέπονταν σε καλλιεργήσιμη γη. Αυτό το ποσοστό αντιπροσωπεύει περισσότερα από 25 εκτάρια γης που αποψιλώνονταν κάθε χρόνο. Αυτές οι εκτάσεις μετατρέπονταν απευθείας από δασικές περιοχές σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις, χωρίς ενδιάμεσα στάδια χρήσης της γης. Τα αποτελέσματά επιβεβαιώνουν από προηγούμενες αναφορές για την περίοδο 2001-2005, με ποσοστό αποψίλωσης των δασών να φτάνει σε 18,5%, το 2003 (M. N. Macedo *et al.*, 2012).

Την περίοδο από το 2005 έως το 2010, παρουσιάζεται μια πολύ διαφορετική εικόνα, καθώς, οι συνθήκες και τα δεδομένα σχετικά με την καλλιέργεια σόγιας άλλαξαν δραματικά σε σύγκριση με το πρώτο μισό της δεκαετίας. Η περιοχή που χρησιμοποιούνταν για την καλλιέργεια σόγιας μειώθηκε κατά σχεδόν 1 εκατομμύριο εκτάρια. Η έκταση που φυτεύτηκε με σόγια αυξανόταν κάθε χρόνο. Παρά την ετήσια αύξηση, η συνολική έκταση καλλιέργειας σόγιας το 2010 δεν είχε ακόμα φτάσει την καθοριστική τιμή που έφτασε το 2005. Αυτό αναφέρεται στο γεγονός ότι η έκταση καλλιέργειας σόγιας έφτασε σε ένα μέγιστο σημείο το 2003. Παρά τις συνολικές μειώσεις στην αποψίλωση των δασών η δασική περιοχή του Mato Grosso (MT) σημείωσε καθαρή αύξηση της ετήσιας παραγωγής κατά 750.000 τόνους μεταξύ των συγκομιδών του 2005 και του 2009, που αντιπροσωπεύει περίπου το 25% της αύξησης που παρατηρήθηκε στο πρώτο μισό της δεκαετίας. Χρησιμοποιώντας δεδομένα από το δορυφόρο MODIS¹ και έναν κρατικό χάρτη που δείχνει τη βλάστηση, οι ερευνητές καταγράφουν κάθε χρόνο στοιχεία σχετικά με τη ποσότητα της σόγιας που παράγεται και πόση έκταση καλλιεργείται με σόγια σε κάθε δήμο. Τα χωρικά δεδομένα δείχνουν την ακριβή θέση και το μέγεθος των καλλιεργειών σόγιας, ενώ τα ετήσια δεδομένα δείχνουν τις αλλαγές που συμβαίνουν από χρόνο σε χρόνο. (M. N. Macedo *et al.*, 2012).

Η συνδυασμένη ανάλυση δεδομένων χρήσης γης από το MODIS και τις κρατικές στατιστικές για τη γεωργία και την αποψίλωση των δασών παρείχε λεπτομερή χωρική κατανόηση των μεταβάσεων στη χρήση γης που συνδέονται με τη μείωση της αποψίλωσης και την αύξηση της γεωργικής παραγωγής στη δασική περιοχή του Mato Grosso (MT) από το 2006 έως το 2010. Από την ανάλυση προκύπτουν τρία κύρια συμπεράσματα (M. N. Macedo *et al.*, 2012).

Πρώτον, μετά το 2005, η αύξηση στην παραγωγή σόγιας οφείλεται εν μέρει σε υψηλές αποδόσεις, όπως το 2008, αλλά κυρίως στην επέκταση της καλλιέργειας σόγιας σε ήδη εκκαθαρισμένων εκτάσεων από τη φυσική βλάστηση συγκριτικά με την πρώτη μισή της δεκαετίας. Αυτά τα πρότυπα δείχνουν ότι είναι δυνατό να επιτευχθούν ταυτόχρονα οι στόχοι διατήρησης των δασών και της γεωργικής παραγωγής σε περιοχές όπου υπάρχει επαρκής εκκαθάριση της γης και κίνητρα που ενθαρρύνουν την παραγωγική χρήση αυτής της γης αντί για επέκταση σε δασικές περιοχές. Αν και η χρήση ήδη εκκαθαρισμένων περιοχών για εντατική γεωργική παραγωγή είναι θετική για τη διατήρηση των δασών και την παραγωγή τροφίμων, υπάρχουν πιθανές προκλήσεις και ευκαιρίες που πρέπει να εξεταστούν. Αυτές περιλαμβάνουν τους δυνητικούς αρνητικούς αντίκτυπους (όπως περιβαλλοντική υποβάθμιση ή κοινωνικά ζητήματα) και τις θετικές συνέργειες (όπως βελτίωση της παραγωγικότητας και αποδοτικότερη χρήση των πόρων) που μπορεί να προκύψουν από την εντατικοποίηση της παραγωγής ακόμα και σε περιοχές που έχουν ήδη εκκαθαριστεί. (M. N. Macedo *et al.*, 2012).

Δεύτερον, η αποψίλωση των δασών για καλλιεργήσιμες εκτάσεις στη MT παρέμεινε χαμηλή παρά την αύξηση της κερδοφορίας που προέκυψε με την επέκταση της καλλιέργειας της σόγιας. Το 2008, η κερδοφορία έφτασε σε επίπεδα που ανταγωνίζονταν αυτά της περιόδου 2000-2005, ενώ η αποψίλωση των δασών για την καλλιέργεια σόγιας συνέχισε να μειώνεται. Οι μειώσεις στην παραγωγή σόγιας ή στις καλλιεργούμενες εκτάσεις μπορεί να οφείλονται εν μέρει στην αύξηση των μεταβλητών εξόδων παραγωγής, καθιστώντας την παραγωγή πιο ακριβή και λιγότερο προσιτή για τους καλλιεργητές. Παράλληλα, αυτή η μείωση στην παραγωγή συνέπεσε με την εφαρμογή πολιτικών που είχαν ως στόχο να μειώσουν την

¹ MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer): είναι ένας δορυφόρος που παρέχει δεδομένα σχετικά με την επιφάνεια της Γης. Χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση της κατανομής καλλιεργειών, όπως η σόγια.

αποψίλωση των δασών και να βελτιώσουν τη διαφάνεια και βιωσιμότητα στις αλυσίδες εφοδιασμού των μεγάλων εξαγωγέων σόγιας. (M. N. Macedo *et al.*, 2012).

2.3 Αύξηση του πληθυσμού (επιρροή διατροφικών απαιτήσεων)

Οι προβλέψεις των "Ηνωμένων Εθνών" για την ραγδαία αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού κατά σχεδόν 50% από το 2000 έως το 2050, φαίνεται να είναι ευρέως αποδεκτές (United Nations, 2015). Πέραν της αύξησης της ζήτησης για τρόφιμα λόγω της αύξησης του πληθυσμού, άλλες αλλαγές όπως η αύξηση των εισοδημάτων και η αστικοποίηση θα οδηγήσουν σε αλλαγές στα πρότυπα κατανάλωσης τροφίμων. Έτσι, όχι μόνο θα αλλάξει η ποσότητα της απαιτούμενης τροφής, αλλά και ο τύπος των τροφίμων που ζητούνται και η σχετική συνεισφορά τους στη διαίτα. Η αυξημένη ζήτηση για πρωτεΐνες παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, με προβλέψεις που δείχνουν ότι η παγκόσμια ζήτηση για πρωτεΐνες ζωικής προέλευσης αναμένεται να διπλασιαστεί έως το 2050 (FAO, 2017). Αυτό προκαλεί ανησυχίες σχετικά με τη βιωσιμότητα και την επισιτιστική ασφάλεια, καθώς είναι γνωστό ότι τα ζωικά προϊόντα συνήθως παράγουν υψηλότερα επίπεδα αερίων θερμοκηπίου από τα φυτικά, γεγονός που συνδέεται με την κλιματική αλλαγή (Tilman D. & Clark M., 2014).

Αυτό το πρόβλημα επιδεινώνεται από την αυξημένη ζήτηση για πρωτεΐνες ζωικής προέλευσης, καθώς αυτό προκαλεί αυξημένη πίεση στη γη λόγω της ανάγκης παραγωγής περισσότερων ζωοτροφών. Αυτό οδηγεί σε μια συνεχιζόμενη διαδικασία μετατροπής δασών, υγροτόπων και φυσικών λιβαδικών εκτάσεων με αρνητικές συνέπειες (εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου) στη βιοποικιλότητα και σε άλλες σημαντικές λειτουργίες του οικοσυστήματος (Van Zanten H. *et al.*, 2016).

Στην πραγματικότητα, η κοινωνία έχει φτάσει σε ένα κρίσιμο σημείο όπου περισσότερο από το μισό της θεωρείται πλέον μεσαίας τάξης ή ακόμα και πλουσιότερης, με την πλειονότητα των ανθρώπων να κατοικεί σε αστικές περιοχές (FAO, 2009). Προβλέπεται ότι έως το 2030, αυτό το ποσοστό θα αυξηθεί στα δύο τρίτα. Σύμφωνα με τις τρέχουσες εκτιμήσεις, θα χρειαστεί να παράγονται περίπου 70% περισσότερα τρόφιμα από τα σημερινά επίπεδα. Καθώς οι οικονομίες αναπτύσσονται, οι άνθρωποι επιδιώκουν διατροφές με μεγαλύτερη ενεργειακή πυκνότητα, οι οποίες συχνά περιλαμβάνουν περισσότερη πρωτεΐνη (Ridoutt B., *et al.*, 2021).

Μια δυσκολία που αντιμετωπίζει το σημερινό σύστημα διατροφής είναι η περιορισμένη ποικιλία. Σε παγκόσμιο επίπεδο, υπάρχει εξάρτηση από έναν περιορισμένο αριθμό τροφίμων, με το 75% της παγκόσμιας προσφοράς να προέρχεται από μόνο 12 είδη φυτών και 5 ζώων (FAO, 1999). Μόνο τρία είδη φυτών (ρύζι, καλαμπόκι και σιτάρι) αποτελούν σχεδόν το 60% των θερμίδων από φυτική πηγή στην ανθρώπινη διατροφή. Αυτή η έλλειψη ποικιλίας μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την υγεία μας (Aiking, H. & de Boer J., 2020).

Παρότι άτομα με μέσο εισόδημα μπορεί να καλύπτουν τις ανάγκες τους σε θερμίδες, οι δίαιτες που παρουσιάζονται να περιέχουν υψηλή ενέργεια με αποτέλεσμα να συνδέονται με την παχυσαρκία. Αντίθετα, η περιορισμένη ποικιλία τροφών δεν προσφέρει τις απαραίτητες βιταμίνες και μέταλλα, οδηγώντας σε υποσιτισμό (Rouhani, M., *et al.*, 2016). Επιπλέον, η πρόσβαση σε μεγαλύτερη φυτική ποικιλότητα μέσω ενός ευρύτερου γονιδιακού φάσματος στα γεωργικά μας συστήματα θα ενίσχυε την ανθεκτικότητά τους έναντι παρασίτων, ασθενειών, κλιματικής αλλαγής και ακραίων καιρικών συνθηκών, βελτιώνοντας έτσι την επισιτιστική ασφάλεια (Aiking, H. & de Boer J., 2020).

Η καταστροφή της βλάστησης και των φυσικών βιότοπων για να δημιουργηθεί χώρος για περισσότερες φάρμες κρέατος έχει γίνει θέμα κλιματικών συζητήσεων τόσο σε εθνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο. Ως αποτέλεσμα, στην αναζήτηση εναλλακτικών για να καλυφθούν οι αυξημένες απαιτήσεις σε πρωτεΐνες, έχει δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στην αντικατάσταση του κόκκινου κρέατος με φυτικές πηγές πλούσιες σε πρωτεΐνες (Van V. S. *et al.*, 2015; Harwatt, H. 2018).

Τα τελευταία χρόνια, οι φυτικές πρωτεΐνες έχουν κερδίσει δημοτικότητα λόγω της μεταβολής συγκεκριμένων διατροφικών συνηθειών που προσαρμόζουν πολλοί άνθρωποι. Αυτή η τάση ενισχύεται κυρίως από την αυξημένη ποσότητα ερευνών που εστιάζουν στις φυτικές πρωτεΐνες, καθιστώντας σαφές τα σημαντικά οφέλη τους για την υγεία σε σύγκριση με τα ζωικά τρόφιμα (Richter, C. K. *et al.*, 2015; Shams-White, M. M. *et al.*, 218; Van V. S. *et al.*, 2015).

Κεφάλαιο 3.

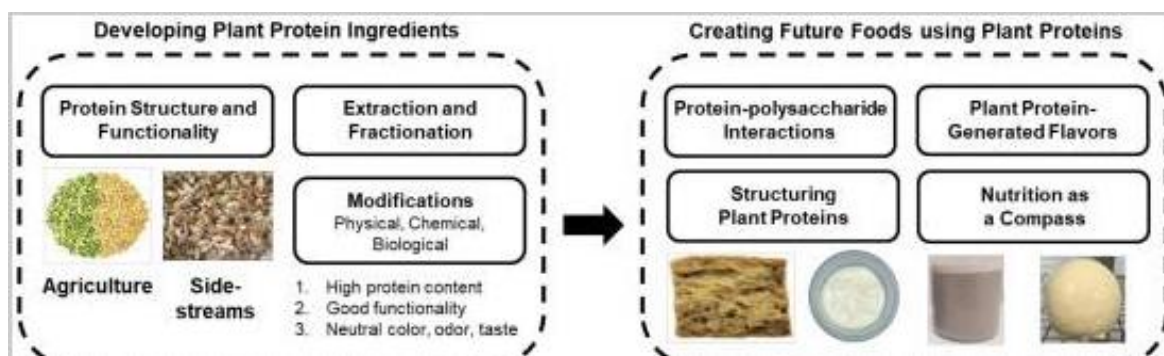
Νέες εναλλακτικές πηγές πρωτεΐνης

Οι νέες εναλλακτικές πηγές πρωτεΐνης, όπως: τα φυτικά υποπροϊόντα, τα έντομα και οι μικροοργανισμοί, έχουν τραβήξει την προσοχή της επιστημονικής κοινότητας, καθώς δεν απαιτούν καλλιεργήσιμη γη και μπορούν να παραχθούν χρησιμοποιώντας ανανεώσιμες πηγές πρώτης ύλης (ροές αποβλήτων και/ή υποπροϊόντων) που προέρχονται από διάφορα αγροδιατροφικά υπολείμματα (Spanoghe, J., *et al.*, 2021).

Η προτίμηση για φυτική πρωτεΐνη έχει περιβαλλοντική βάση, καθώς σχετίζεται με μικρότερη ανάγκη χρήσης γης. Είναι γνωστό ότι τα φυτικά τρόφιμα παράγουν χαμηλότερα επίπεδα αερίων θερμοκηπίου (GHG), τα οποία είναι συνδεδεμένα με την κλιματική αλλαγή, σε σύγκριση με τα ζωικά προϊόντα. Οι φυτικές πηγές προσφέρουν αξιολόγητα θρεπτικά συστατικά, όπως φυτικές ίνες και τα ω-3 λιπαρά οξέα μικρής αλυσίδας (Tilman D., 2014).

Η σόγια, το σιτάρι και σε μικρότερο βαθμό το μιζέλι και η πατάτα παραμένουν κυρίαρχες φυτικές πηγές πρωτεϊνών. Η σόγια προσφέρει ένα σχεδόν πλήρες προφίλ αμινοξέων όπως έχει το βόειο κρέας και τα γαλακτοκομικά προϊόντα, υποδηλώνοντας, ότι έχουν εν δυνάμει παρόμοια διατροφική αξία για τον άνθρωπο (Michelle L. C., *et al.*, 2021).

Στην εικόνα 7, παρουσιάζεται ένα σχηματικό διάγραμμα της γενικής προσέγγισης για την αξιοποίηση των φυτικών πρωτεϊνών, με έμφαση στην ανάπτυξη φυτικών πρωτεϊνικών συστατικών και στην μελλοντική παραγωγή τροφίμων.



Εικόνα 7. Απεικόνιση προόδου στην επιστήμη και τεχνολογία φυτικών πρωτεϊνών (S. Y. Jie Sim *et al.*, 2021).

3.1 Κατηγορίες εναλλακτικών πηγών πρωτεΐνης

3.1.1 Πρωτεΐνες φυτικής προέλευσης

Οι φυτικές πρωτεΐνες είναι πρωτεΐνες που προέρχονται από φυτικές τροφές, όπως τα δημητριακά, τα όσπρια και οι ξηροί καρποί. Μεταξύ αυτών, η πρωτεΐνη σόγιας από τα όσπρια σόγιας, που απαντάται ιστορικά στην ασιατική περιοχή, θεωρείται σημαντική πηγή για την κάλυψη των πρωτεϊνικών αναγκών του ανθρώπινου σώματος. Λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων της, η κατανάλωση και η παραγωγή πρωτεΐνης σόγιας έχουν αυξηθεί σημαντικά στις δυτικές χώρες, ιδιαίτερα στις Ηνωμένες Πολιτείες (ΗΠΑ), με διάφορα διατροφικά προϊόντα να διατίθενται στην αγορά (Rizzo, G., & Baroni, L., 2018).

Επιπλέον, οι διατροφές αυστηρής χορτοφαγίας (vegan έχουν αναδείξει τα πρωτεϊνικά προϊόντα με βάση τη σόγια ως το βασικό υποκατάστατο του ζωικού κρέατος, χάρη στην υψηλή περιεκτικότητά τους σε πρωτεΐνη και τα πιθανά οφέλη για την υγεία (Natarajan, S., et al., 2013; Sui, X. et al., 2020).

3.1.1.1 Πρωτεΐνη σόγιας

Η σόγια είναι ένα είδος οσπρίου, το οποίο καλλιεργείται στην Ασία εδώ και πολλούς αιώνες. Στις αρχές της δεκαετίας του '90, η σόγια ήταν ήδη γνωστή για την υψηλή της περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και τα άλλα θρεπτικά της οφέλη (S.S. Hashemi & K. Karimi, M.J., 2022). Οι σπόροι σόγιας περιέχουν περίπου 35-40% πρωτεΐνη, 20% λιπίδια, 9% διαιτητικές ίνες και 8,5% υγρασία με βάση το ξηρό βάρος των ώριμων ακατέργαστων σπόρων (KV & N.S., 2022).

Οι μέθοδοι προκατεργασίας σόγιας περιλαμβάνουν τον καθαρισμό, την αποφλοιώση και την απολίπανση, που συνήθως γίνεται με μηχανική εκχύλιση ή εκχύλιση με διαλύτη (πχ εξάνιο) (Monteiro, SR, Lopes-da-Silva, JA, 2019). Η απομόνωση των πρωτεϊνών πραγματοποιείται συχνά με τη χρήση υδατικής εκχύλισης, ακολουθούμενη από ρύθμιση του pH (αλκαλική ή όξινη καταβύθιση) για την απομόνωση συμπυκνώματος ή απομονωμένης πρωτεΐνης σόγιας. Προηγμένες τεχνικές όπως η διήθηση με μεμβράνη ή η υπερδιήθηση βελτιώνουν την καθαρότητα της πρωτεΐνης. Ενζυματική υδρόλυση και θερμικές επεξεργασίες εφαρμόζονται μερικές φορές για την τροποποίηση της δομής των πρωτεϊνών για βελτιωμένη λειτουργικότητα (Thirunavookarasu, N., Kumar, S., Anandharaj, A. et al., 2024).

Η αλκαλική εκχύλιση τείνει να αποδίδει την υψηλότερη ποσότητα απομονωμένης πρωτεΐνης σόγιας (SPI), αν και μπορεί να μετουσιώσει ευαίσθητα πρωτεϊνικά κλάσματα. Διαφορετικές επεξεργασίες επηρεάζουν τη διαλυτότητα, τη γαλακτωματοποιητική ικανότητα και τη ζελατινοποίηση. Για παράδειγμα, η ενζυμική υδρόλυση βελτιώνει τη διαλυτότητα, ενώ οι θερμικές επεξεργασίες μπορεί να ενισχύσουν τις πηκτικές ιδιότητες αλλά να μειώσουν τη διαλυτότητα. Η επεξεργασία μπορεί να επηρεάσει τη γεύση και την υφή. Για παράδειγμα, η θερμική επεξεργασία μπορεί να μειώσει τις ανεπιθύμητες γεύσεις φασολιού, αλλά μπορεί επίσης να οδηγήσει σε πικρή γεύση λόγω μετουσίωσης των πρωτεϊνών (Yang, J., Zhang, S., Chu, Y., Chen, L., 2023).

Τρόφιμα με βάση την απομονωμένη πρωτεΐνη: Οι απομονωμένες πρωτεΐνες σόγιας χρησιμοποιούνται συνήθως σε φυτικές εναλλακτικές λύσεις κρέατος, ροφήματα πρωτεΐνης και

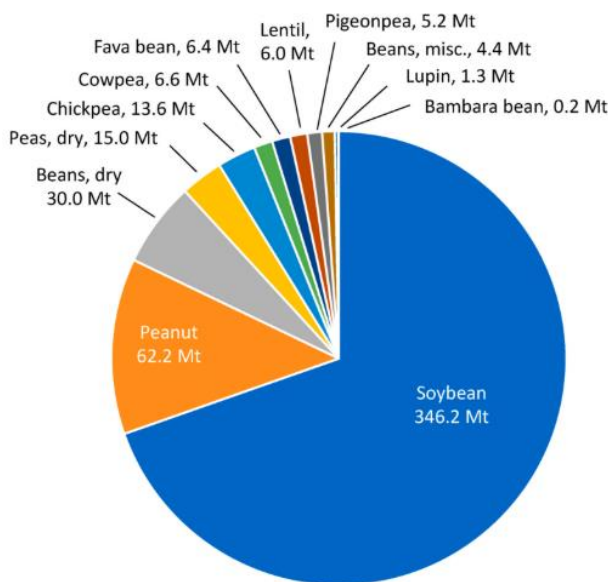
μπάρες πρωτεΐνης λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε πρωτεΐνες και των λειτουργικών ιδιοτήτων τους, όπως η γαλακτωματοποίηση και η δέσμευση νερού.

Τρόφιμα εμπλουτισμένα με απομονωμένη πρωτεΐνη σόγιας περιλαμβάνουν τα προϊόντα αρτοποιίας, τα εναλλακτικά γαλακτοκομικά προϊόντα (π.χ. γάλα σόγιας, γιαούρτι) και τα σνακ όπου εμπλουτίζονται συχνά με απομονωμένη πρωτεΐνη σόγιας για να ενισχυθεί η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη χωρίς να μεταβληθεί σημαντικά η γεύση ή η υφή. Χρησιμοποιείται επίσης σε ροφήματα και σούπες για τη βελτίωση του διατροφικού προφίλ (Dhiman, A., Thakur, K., Parmar, V. et al., 2023).

3.1.1.2 Πρωτεΐνη οσπρίων

Τα όσπρια είναι γνωστά από τη λατινική λέξη "puls," που σημαίνει χυλός. Ανήκουν στην οικογένεια *Leguminosae*, της δεύτερης μεγαλύτερης οικογένειας φυτών (σπόρων) που περιλαμβάνει 600 γένη και ~13.000 είδη. Παγκοσμίως, η σόγια κατέχει την πρώτη θέση στην παραγωγή οσπρίων, ακολουθούμενη από τα φιστίκια, τα ξηρά φασόλια, τα ξηρά μπιζέλια, τα ρεβίθια, τα κουκιά, τις φακές, το λούπινο, διάφορα φασόλια και το καλαμπόκι (*pigeonpea*), Εικόνα 5 (Semba, R. et al., 2021).

Τα όσπρια περιέχουν περισσότερες πρωτεΐνες σε σύγκριση με τα δημητριακά, καθιστώντας τα μια βασική πηγή αμινοξέων για τον άνθρωπο. Οι πρωτεΐνες που προέρχονται από τα όσπρια αποτελούν μια σημαντική φυτική πηγή πρωτεΐνης, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτική λύση στις ζωικές πρωτεΐνες. Οι πρωτεΐνες αντιπροσωπεύουν περίπου 20% στα περισσότερα όσπρια, αυξάνονται δε μέχρι το 40% στους σπόρους της σόγιας (Carbonaro M. et al., 2021).



Εικόνα 8. Η συμβολή των διαφόρων ομάδων οσπρίων στην παγκόσμια παραγωγή κατά την περίοδο 2014-2019 αποτυπώνεται σε εκατομμύρια τόνους (Mt). Παρόλο που η σόγια και τα φιστίκια κατέχουν την κορυφαία θέση στην παγκόσμια παραγωγή, μόνο περίπου το 6% της σόγιας χρησιμοποιείται απευθείας ως τρόφιμο, κυρίως στην Ασία, ενώ περίπου το 50% των φιστικιών μεταποιείται σε μαγειρικό έλαιο (Semba, R. et al., 2021).

Στη μηχανική μέθοδο προκατεργασίας τα όσπρια συνήθως καθαρίζονται, αποφλοιώνονται και μερικές φορές απολιπαίνονται για να βελτιωθεί η εκχύλιση των πρωτεϊνών. Για παράδειγμα, η ξηρή κλασμάτωση (άλεση ακολουθούμενη από ταξινόμηση με

αέρα) χρησιμοποιείται για τη λήψη συμπυκνωμάτων πρωτεϊνών χωρίς τη χρήση νερού ή χημικών ουσιών.

Η υγρή κλασμάτωση είναι μια από τις πιο κοινές μεθόδους απομόνωσης, η οποία περιλαμβάνει εκχύλιση με διαλύτη (συνήθως νερό), ακολουθούμενη από ισοηλεκτρική κατακρήμνιση, όπου οι πρωτεΐνες διαχωρίζονται με βάση τη διαλυτότητά τους σε διαφορετικά επίπεδα pH. Μετά την καταβύθιση, οι πρωτεΐνες πλένονται, εξουδετερώνονται και ξηραίνονται. Η υγρή κλασματοποίηση οδηγεί σε υψηλή καθαρότητα πρωτεϊνών, συχνά πάνω από 80%.

Στην ενζυμική υδρόλυση, τα ένζυμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διάσπαση πολύπλοκων πρωτεϊνικών δομών, βελτιώνοντας την αποτελεσματικότητα της εκχύλισης, τη διαλυτότητα και τη βιοδιαθεσιμότητα. Αυτή η μέθοδος σχετίζεται με την ενίσχυση της λειτουργικότητας με παράλληλη ελαχιστοποίηση της χρήσης χημικών ουσιών.

Οι αναδυόμενες τεχνολογίες περιλαμβάνουν τεχνικές όπως η υπερδιήθηση, η υπερκρίσιμη εκχύλιση CO₂, τα παλμικά ηλεκτρικά πεδία (PEF) και η επεξεργασία υπό υψηλή πίεση (HPP) διερευνώνται για τη βελτίωση της απόδοσης των πρωτεϊνών με παράλληλη διατήρηση της λειτουργικότητας. Για παράδειγμα, η υπερδιήθηση μπορεί να συμπυκνώσει τις πρωτεΐνες, αφαιρώντας συστατικά μικρού μοριακού βάρους (B. Prandi, C. Zurlini, C. Maria et al., 2021).

Όσον αφορά την απόδοση των παραπάνω τεχνολογιών, εφαρμογές έχουν δείξει ότι η ξηρή κλασμάτωση παράγει συμπυκνώματα πρωτεϊνών με μέτρια περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες (~60-65%), αλλά είναι η πιο φιλική προς το περιβάλλον σε σύγκριση με τις υγρές μεθόδους. Η υγρή κλασμάτωση τυπικά αποδίδει απομονωμένες πρωτεΐνες υψηλότερης καθαρότητας (70-90%), αλλά με αυξημένη κατανάλωση νερού και ενέργειας. Οι ενζυμικές επεξεργασίες μπορούν να βελτιώσουν τις αποδόσεις και τη λειτουργικότητα των πρωτεϊνών, καθώς διασπών τα δομικά εμπόδια για ευκολότερη εκχύλιση (B. Prandi, C. Zurlini, C. Maria et al., 2021).

Μέσω των διεργασιών αυτών παρέχονται σημαντικές τεχνολογικές ιδιότητες όπως:

- Διαλυτότητα: προκατεργασίες όπως η θερμότητα και η ενζυμική υδρόλυση βελτιώνουν τη διαλυτότητα των πρωτεϊνών, σημαντική για τις εφαρμογές σε τρόφιμα όπως τα ποτά και τα γαλακτώματα.
- Γαλακτωματοποίηση και ζελατινοποίηση: Οι πρωτεΐνες που έχουν υποστεί επεξεργασία υπό υψηλή πίεση ή υπερήχους συχνά παρουσιάζουν βελτιωμένες ικανότητες γαλακτωματοποίησης και σχηματισμού πηκτωμάτων, καθιστώντας τις κατάλληλες για ανάλογα κρέατος και υποκατάστατα γαλακτοκομικών προϊόντων.
- Αφρισμός: Οι ενζυμικά υδρολυμένες πρωτεΐνες οσπρίων συχνά παρουσιάζουν καλύτερη ικανότητα αφρισμού, χρήσιμες σε προϊόντα αρτοποιίας (N. Malterre, F. Bot, E. Larda et al., 2024).

Σε οργανοληπτικό επίπεδο, οι θερμικές επεξεργασίες μπορούν να μειώσουν τις πικρές νότες γεύσης, αλλά η υψηλή θερμότητα, μπορεί να υποβαθμίσει τα απαραίτητα αμινοξέα, μειώνοντας τη διατροφική αξία. Οι επεξεργασίες υψηλής πίεσης και οι ενζυματικές επεξεργασίες είναι πιο πιθανό να διατηρήσουν ή και να βελτιώσουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των πρωτεϊνών οσπρίων (B. Prandi, C. Zurlini, C. Maria et al., 2021).

Τρόφιμα με βάση την απομονωμένη πρωτεΐνη:

- Προσομοιώσεις κρέατος: οι απομονωμένες πρωτεΐνες οσπρίων, ιδίως από μπιζέλια και φακές, χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο σε κρέατα φυτικής προέλευσης. Η πηκτωματοποιητική τους ικανότητα και η ικανότητα συγκράτησης νερού βοηθούν στην προσομοίωση της υφής του κρέατος.
- Μπάρες πρωτεΐνης και ροφήματα: Λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε πρωτεΐνες, οι απομονωμένες πρωτεΐνες οσπρίων (π.χ. από μπιζέλια, ρεβίθια) χρησιμοποιούνται σε ροφήματα και σνακ πλούσια σε πρωτεΐνες. Τα προϊόντα αυτά επωφελούνται από τις ιδιότητες γαλακτωματοποίησης και διαλυτότητας των απομονωμένων οσπρίων (Huamani-Perales, C., Vidaurre-Ruiz, J., Salas-Valerio, W. *et al.*, 2024).

Τρόφιμα εμπλουτισμένα με πρωτεΐνες οσπρίων:

- Προϊόντα αρτοποιίας: Τα απομονωμένα πρωτεϊνικά συστατικά οσπρίων προστίθενται σε ψωμί, μπισκότα και άλλα αρτοσκευάσματα για την ενίσχυση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες χωρίς να μεταβάλλεται σημαντικά η υφή ή η γεύση.
- Εναλλακτικές λύσεις γαλακτοκομικών προϊόντων: Οι απομονωμένες πρωτεΐνες μπιζελιού χρησιμοποιούνται συχνά σε σκευάσματα μη γαλακτοκομικού γάλακτος και γιαουρτιού για την ουδέτερη γεύση τους και τις γαλακτωματοποιητικές τους ιδιότητες.
- Δημητριακά και σνακ: Οι πρωτεΐνες οσπρίων χρησιμοποιούνται σε σκευάσματα σνακ, προσφέροντας βελτιωμένο διατροφικό προφίλ (υψηλότερη πρωτεΐνη) και, όταν υδρολύονται, καλύτερο προφίλ γεύσης (N. Malterre, F. Bot, E. Larda *et al.*, 2024).

3.1.1.3 Πρωτεΐνη Σίτου

Το σιτάρι (*Triticum aestivum L.*), το οποίο ανήκει στην πολύ ποικιλόμορφη και σημαντική οικογένεια Poaceae, αποτελεί την κύρια καλλιέργεια δημητριακών για την πλειοψηφία του παγκόσμιου πληθυσμού. Τα πολλαπλά είδη σιταριού, που καλλιεργούνται σε όλο τον κόσμο, αποτελεί πηγή περίπου των μισών θερμίδων που καταναλώνονται παγκοσμίως. Τα κύρια συστατικά του σιταριού είναι συγκεντρωμένα στο ενδοσπέρμιο, το οποίο περιέχει άμυλο και πρωτεΐνη (S. Wang *A.*, 2015).

Είναι πλούσιο σε πρωτεΐνες (γλουτένη), μέταλλα (Cu, Mg, Zn, P και Fe), βιταμίνες (ομάδα B και E), ριβοφλαβίνη, νιασίνη, θειαμίνη και διαιτητικές ίνες. Το σιτάρι παρέχει περίπου το 55% των υδατανθράκων και το 21% των θερμίδων που καταναλώνονται σε τρόφιμα παγκοσμίως (Riaz *MW et al.*, 2021; Breiman *A & Graur D.*, 1995; Ali *A et al.*, 2012).

Μέθοδοι και τεχνολογίες προκατεργασίας και απομόνωσης των πρωτεϊνών:

- Μηχανικός διαχωρισμός: Η κύρια μέθοδος για την εξαγωγή πρωτεϊνών σίτου περιλαμβάνει την άλεση των κόκκων σίτου για το διαχωρισμό του αμύλου από τις πρωτεΐνες γλουτένης. Χρησιμοποιείται ευρέως η υγρή άλεση, κατά την οποία το αλεύρι σίτου αναμιγνύεται με νερό για να σχηματιστεί μια ζύμη, η οποία στη συνέχεια ζυμώνεται κάτω από νερό για να ξεπλυθεί το άμυλο, αφήνοντας πίσω τη γλουτένη.
- Εκχύλιση με υδατική αλκοόλη: Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται για τον διαχωρισμό της γλιαδίνης και της γλουτενίνης, των δύο κύριων πρωτεϊνών του σιταριού, με βάση τη διαλυτότητά τους. Οι γλιαδίνες είναι διαλυτές στην αλκοόλη, ενώ οι γλουτενίνες όχι.

- Διήθηση με μεμβράνη: Αυτή η τεχνική υιοθετείται για τη συγκέντρωση πρωτεϊνών, με την υπερδιήθηση να χρησιμοποιείται για την επιλεκτική συγκράτηση των πρωτεϊνών, ενώ απομακρύνονται μικρότερα μόρια όπως το νερό και τα σάκχαρα.
- Ενζυματική υδρόλυση: Οι πρωτεάσες χρησιμοποιούνται μερικές φορές για τη διάσπαση των πρωτεϊνών γλουτένης σε πεπτίδια, βελτιώνοντας τη λειτουργικότητά τους και καθιστώντας τις κατάλληλες για εξειδικευμένες εφαρμογές τροφίμων (Z. Wang, F. Sun, 2023).
- Αναδυόμενες τεχνολογίες: Οι επεξεργασίες υψηλής πίεσης (HPP) και παλμικού ηλεκτρικού πεδίου (PEF) έχουν πρόσφατα συσχετιστεί με την ικανότητά τους να τροποποιούν τις δομές των πρωτεϊνών, οδηγώντας σε βελτιωμένη διαλυτότητα και λειτουργικότητα χωρίς χημικές επεξεργασίες (A. Dewan, B.S. Khatkar, 2023).

Σε σχέση με τις παραπάνω μεθόδους, η υγρή άλεση οδηγεί σε υψηλή ανάκτηση πρωτεϊνών (έως και 80%) και είναι η πιο κοινή μέθοδος που χρησιμοποιείται στην εμπορική παραγωγή γλουτένης. Η εκχύλιση με υδατική αλκοόλη αποδίδει ένα πιο καθαρό πρωτεϊνικό κλάσμα, αλλά μπορεί να έχει χαμηλότερη συνολική ανάκτηση λόγω των απωλειών κατά την κλασματοποίηση (Z. Wang, F. Sun, 2023).

Με τις παραπάνω διαδικασίες εξασφαλίζονται ιδιότητες όπως η διαλυτότητα, όπου βελτιώνεται σημαντικά με την ενζυμική υδρόλυση και τη διάσπαση των μεγαλύτερων μορίων πρωτεΐνης σε μικρότερα, πιο διαλυτά πεπτίδια: Η γλουτένη σχηματίζει ισχυρές, ελαστικές πηκτές, καθιστώντας την ιδανική για την ανάπτυξη ζύμης στην αρτοποιία. Διαφορετικές μέθοδοι επεξεργασίας μπορούν να επηρεάσουν τις ιξωδοελαστικές ιδιότητες για παράδειγμα, οι επεξεργασίες υψηλής πίεσης μπορούν να ενισχύσουν ή να αποδυναμώσουν την αντοχή της γέλης ανάλογα με την ένταση και τη διάρκεια της πίεσης. Επιπλέον, οι πρωτεΐνες σιταριού διαθέτουν μέτριες γαλακτωματοποιητικές και αφριστικές ιδιότητες, οι οποίες μπορούν να ενισχυθούν με ενζυμική επεξεργασία ή ανάμιξη υψηλής διάτμησης (Z. Wang, F. Sun, 2023). Η ενζυμική υδρόλυση μπορεί να οδηγήσει σε πικρή γεύση, ενώ οι θερμικές επεξεργασίες μπορεί να επηρεάσουν την υφή. Ωστόσο, η τροποποίηση της πρωτεΐνης σιταριού μπορεί να μειώσει την επικινδυνότητα αλλεργιογόνων που αντιμετωπίζουν πολλοί καταναλωτές.

Τρόφιμα με βάση την απομονωμένη πρωτεΐνη σίτου:

- Seitan: Μια παραδοσιακή φυτική εναλλακτική λύση κρέατος που παρασκευάζεται εξ ολοκλήρου από γλουτένη σιταριού. Η υψηλή ελαστικότητα και η μασητικότητα του το καθιστούν κατάλληλο για την προσομοίωση της υφής του κρέατος.

Τρόφιμα εμπλουτισμένα με απομονωμένη πρωτεΐνη σίτου:

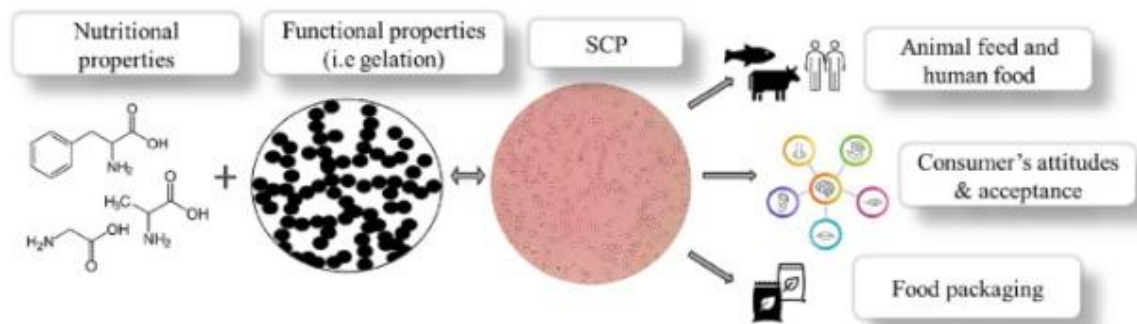
- Τρόφιμα χωρίς γλουτένη: Οι υδρολυμένες πρωτεΐνες σιταριού χρησιμοποιούνται μερικές φορές σε προϊόντα χωρίς γλουτένη για να αναπαράγουν την ελαστικότητα και την υφή των αντίστοιχων προϊόντων που περιέχουν γλουτένη.
- Προϊόντα αρτοποιίας - Αρτοσκευάσματα: Απομονωμένες πρωτεΐνες σίτου χρησιμοποιούνται συνήθως για τον εμπλουτισμό της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες σε προϊόντα ψωμιού, ζυμαρικών και ζαχαροπλαστικής, ενώ παράλληλα βελτιώνουν το χειρισμό και την ελαστικότητα της ζύμης.
- Πρωτεϊνικά ροφήματα και μπάρες: Η απομονωμένη πρωτεΐνη σίτου προστίθεται επίσης σε συμπληρώματα πρωτεΐνης, ιδίως σε προϊόντα που απευθύνονται σε χορτοφάγους ή vegan καταναλωτές.

- Επεξεργασμένα κρέατα: Η γλουτένη σίτου χρησιμοποιείται συχνά ως πληρωτικό ή συνδετικό υλικό σε επεξεργασμένα προϊόντα κρέατος, όπως τα λουκάνικα, ενισχύοντας την υφή και την κατακράτηση νερού (Z. Wang, F. Sun, 2023).

3.1.2 Μονοκυτταρική πρωτεΐνη (Single cell protein)

Μεταξύ αυτών των μη συμβατικών πηγών, οι μικροοργανισμοί ξεχωρίζουν για την αυξημένη περιεκτικότητά τους σε πρωτεΐνη. Η ξηρή κυτταρική βιομάζα έχει χαρακτηριστεί ως «μονοκυτταρική πρωτεΐνη» (SCP) ή «μικροβιακή πρωτεΐνη». Η SCP προέρχεται κυρίως από μικροοργανισμούς και είναι ένα περιβαλλοντικά φιλικό υποκατάστατο των ζωικών πρωτεϊνών. Καθώς η παγκόσμια ζήτηση για πρωτεΐνες συνεχώς αυξάνεται, η πρόοδος στην τεχνολογία επεξεργασίας τροφίμων πιθανόν να αυξήσει τη σημασία της SCP, παρόλο που αυτή τη στιγμή κατέχει μικρό μερίδιο της αγοράς. Η παραγωγή SCP είναι εύκολη, καθώς τα μικροβιακά κύτταρα αναπτύσσονται γρήγορα, έχουν υψηλές αποδόσεις και μπορούν να χρησιμοποιήσουν ένα ευρύ φάσμα υποστρωμάτων ζύμωσης (Spanoghe, J. et al., 2021; KV & N.S. 2022)

Τα βιομηχανικά απόβλητα, όπως τα λύματα από χαρτοβιομηχανίες, η μεθανόλη, το λάδι, τα απόβλητα λατέξ και η ακατέργαστη γλυκερόλη, έχουν χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά ως μη συμβατικά υποστρώματα για την παραγωγή SCP. Άλλα απόβλητα από τη βιομηχανία τροφίμων, όπως τα απόβλητα από μαγειρικά έλαια, φαίνεται να έχουν επίσης μεγάλες προοπτικές (J. Khumchai, A. Et al., 2022; K. Spalvins, et al., 2018; N. Kornochalart, et al., 2014; Yan, J., et al., 2018; K. Spalvins, et al., 2020). Επιπλέον, απόβλητα φρούτων (φλούδες ή εκχυλίσματα), ο χυμός φύλλων, τα απόβλητα από πτηνοτροφία και σφαγεία, καθώς και τα λιγνοκυτταρινικά απόβλητα, έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή SCP, όπως φαίνεται στην Εικόνα 9 (A. Raziq 2020; Mensah, J. et al., 2016; Zhou, Y.-M. et al., 2019; A.N. Dunuweera et al., 2021; Rages, A. A., & Haider, M. M. 2021; Saejung, C. & Sanusan, W. 2021).



Εικόνα 9. Ιδιότητες και εφαρμογή της SCP (Saejung, C. & Sanusan, W. 2021).

Η επεξεργασία για την εκχύλιση πρωτεΐνης συνήθως περιλαμβάνει τρία στάδια:

- Απομάκρυνση λίπους του δείγματος,
- εκχύλιση πρωτεϊνών και
- καταβύθιση πρωτεϊνών.

Στο στάδιο της απομάκρυνσης λίπους, χρησιμοποιούνται διαλύτες όπως ο πετρελαϊκός αιθέρας, το ν-εξάνιο και το ν-πεντάνιο. Αυτοί οι διαλύτες διαλυτοποιούν και απομακρύνουν τα λιπαρά άλλα μη πολικά συστατικά από το δείγμα, αφήνοντας πίσω την πρωτεΐνη και άλλα μη λιποδιαλυτά συστατικά. Η εκχύλιση είναι η διαδικασία απομόνωσης της πρωτεΐνης από το δείγμα μετά την απομάκρυνση λίπους. Η πρωτεΐνη μπορεί να εκχυλιστεί χρησιμοποιώντας κατάλληλους διαλύτες ή μεθόδους που διαχωρίζουν την πρωτεΐνη από τα υπόλοιπα συστατικά του δείγματος (Bose U. *et al.*, 2019).

- Παραδοσιακές μέθοδοι: Αυτές περιλαμβάνουν τη χρήση απλών χημικών και φυσικών μέσων όπως νερό, αλάτι, διαλύτες, απορρυπαντικά και αλκαλικά διαλύματα.
- Μη παραδοσιακές μέθοδοι: Αυτές περιλαμβάνουν πιο σύγχρονες τεχνολογίες όπως μικροκύματα, παλμικά ηλεκτρικά πεδία, τεχνικές με τη βοήθεια ενζύμων, υψηλή πίεση, ομογενοποίηση και υπέρηχοι. Αυτές οι μέθοδοι μπορούν να είναι πιο αποτελεσματικές στη διάσπαση των κυτταρικών τοιχωμάτων και στην απελευθέρωση των πρωτεϊνών (Shanthakumar P., *et al.*, 2022).

Οι μικροοργανισμοί που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή SCP αναπτύσσονται σε συστήματα ελεγχόμενης ζύμωσης με βελτιστοποιημένα θρεπτικά συστατικά, pH και θερμοκρασία. Αυτό το στάδιο είναι κρίσιμο για την επίτευξη της επιθυμητής κυτταρικής πυκνότητας, η οποία επηρεάζει άμεσα την απόδοση του SCP (S. Reihani, K. Khosravi-Darani, Kianoush, 2019).

➤ **Μηχανικές Μέθοδοι :**

- ✓ Ομογενοποίηση υψηλής πίεσης : Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιεί αντλίες υψηλής πίεσης για τη ρήξη των μικροβιακών κυτταρικών τοιχωμάτων, η οποία χρησιμοποιείται συνήθως σε μεγάλης κλίμακας παραγωγή καθώς είναι αποτελεσματική και επεκτάσιμη.
- ✓ Διάσπαση σφαιριδίων : Τα μικροβιακά κύτταρα διαταράσσονται με την άλεση τους με μικρά σφαιρίδια σε ένα θάλαμο. Αυτό είναι αποτελεσματικό για κύτταρα που δύσκολα λύνονται όπως η ζύμη, αλλά μερικές φορές μπορεί να οδηγήσει σε μερική μετουσίωσή της πρωτεΐνης.

➤ **Μη μηχανικές μέθοδοι :**

- ✓ Ενζυματική υδρόλυση : Ένζυμα όπως η λυσοζύμη στοχεύουν τα μικροβιακά κυτταρικά τοιχώματα, ιδιαίτερα αποτελεσματικά για θετικά κατά Gram βακτήρια και ζυμομύκητες. Θεωρείται πιο ήπια διεργασία από τις μηχανικές μεθόδους, διατηρώντας τη δομή της πρωτεΐνης.
- ✓ Χημικές θεραπείες : Ήπια οξέα ή αλκάλια χρησιμοποιούνται μερικές φορές για να αποδυναμώσουν τα κυτταρικά τοιχώματα. Ωστόσο, αυτή η προσέγγιση μπορεί να αλλάξει τη γεύση ή τις λειτουργικές ιδιότητες του SCP, επομένως χρησιμοποιείται με προσοχή σε εφαρμογές τροφίμων (H. Shahzad, Z. Asim, K. Mahmoud et al., 2024).

Για την εκχύλιση χρησιμοποιούνται οι εξής μέθοδοι:

- **Φυγοκέντρωση και διήθηση :**

- Φυγοκέντρωση: Μετά τη διάσπαση των κυττάρων, η φυγοκέντρωση βοηθά στο διαχωρισμό των πρωτεϊνών από τα κυτταρικά υπολείμματα. Αυτό το βήμα συμπυκνώνει την πρωτεΐνη αλλά μπορεί να μην είναι πλήρως αποτελεσματικό για μεγαλύτερες παρτίδες παραγωγής.
- Διήθηση μεμβράνης (Ultrafiltration): Η υπερδιήθηση διαχωρίζει τις πρωτεΐνες από τα μικρά μόρια, επιτυγχάνοντας υψηλότερη συγκέντρωση πρωτεΐνης. Η απομονωμένη πρωτεΐνη θεωρείται κατάλληλη για χρήση σε τρόφιμα με SCP καθώς δεν απαιτεί τη χρήση χημικών ουσιών και βοηθά στη διατήρηση των τεχνολοιουργικών ιδιοτήτων .

Η καταβύθιση είναι η διαδικασία κατά την οποία η πρωτεΐνη απομονώνεται από ένα διάλυμα εκχύλισης. Μπορεί να επιτευχθεί μέσω αλλαγής των συνθηκών του διαλύματος, όπως το pH ή η θερμοκρασία, ή με την προσθήκη παραγόντων καταβύθισης καθιστώντας τη πρωτεΐνη έτοιμη για την απομόνωση της από το διάλυμα. Η απομονωμένη πρωτεΐνη εμπλουτίζεται, συμπυκνώνεται ή καταβυθίζεται (Bose U. *et al.*, 2019).

Αξίζει να σημειωθεί ότι η παραγωγή συμπυκνώματος ή απομόνωσης της πρωτεΐνης μπορεί επίσης να περιλαμβάνει ένα επιπλέον στάδιο, που αφορά την όξινη καταβύθιση της πρωτεΐνης στο ισοηλεκτρικό της pH, το οποίο διευκολύνει τη διαδικασία συμπύκνωσης και ξήρανσης (Berghout J., *et al.*, 2014).

- **Τεχνικές καθίζησης :**

- Ισοηλεκτρική καταβύθιση: Οι πρωτεΐνες καταβυθίζονται ρυθμίζοντας το pH στα ισοηλεκτρικά σημεία τους, επιτρέποντάς τους να διαχωριστούν από το υπόλοιπο κυτταρικό υλικό. Αυτή η τεχνική είναι αποτελεσματική αλλά μπορεί να απαιτήσει περαιτέρω βήματα καθαρισμού για την απομάκρυνση των υπολειμμάτων.
- Καταβύθιση αλάτων (καταβύθιση θειικού αμμωνίου): Η προσθήκη αλάτων μπορεί να απομονώσει πρωτεΐνες μειώνοντας τη διαλυτότητα. Αυτή είναι μια αποτελεσματική μέθοδος, αλλά είναι λιγότερο συνηθισμένη στην παραγωγή SCP για τρόφιμα, λόγω της ανάγκης για εκτεταμένη αφαλάτωση.

- **Χρωματογραφία :**

- Χρωματογραφία ανταλλαγής ιόντων: Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιεί φορτισμένες ρητίνες για τη σύνδεση πρωτεϊνών με βάση το φορτίο τους, επιτρέποντας τον εκλεκτικό καθαρισμό. Ενώ παρέχει υψηλή καθαρότητα, είναι πιο συνηθισμένο στην παραγωγή SCP σε εργαστηριακή κλίμακα λόγω κόστους και πολυπλοκότητας.
- Χρωματογραφία αποκλεισμού μεγέθους (SEC): Το SEC διαχωρίζει τις πρωτεΐνες κατά μέγεθος, το οποίο μπορεί να βελτιώσει τα μείγματα πρωτεϊνών για να επιτύχει υψηλότερη ποιότητα. Συνήθως χρησιμοποιείται για έρευνα, αλλά μπορεί να κλιμακωθεί σε εφαρμογές τροφίμων υψηλής ποιότητας όπου η καθαρότητα πρωτεΐνης έχει προτεραιότητα (Gravel & Doyen, 2020).

Ξήρανση και Σταθεροποίηση:

- Ξήρανση με ψεκασμό : Το SCP σε υγρή μορφή ψεκάζεται και στεγνώνει γρήγορα χρησιμοποιώντας ζεστό αέρα, κάτι που είναι κοινό στην παραγωγή μεγάλης κλίμακας. Η ξήρανση με ψεκασμό διατηρεί τις λειτουργικές ιδιότητες του SCP, καθιστώντας το κατάλληλο για ενσωμάτωση σε προϊόντα διατροφής.

- Κρυοξήρανση: Επίσης γνωστή ως λυοφιλίωση, όπου αφαιρείται το νερό σε χαμηλή θερμοκρασία υπό κενό, διατηρώντας τη δομή και τη βιοδραστικότητα των πρωτεϊνών. Συχνά χρησιμοποιείται για SCP υψηλής αξίας, αλλά υψηλότερο κόστος από την ξήρανση με ψεκασμό.

Επίδραση της προκατεργασίας στις ιδιότητες των τροφίμων:

- Τεχνολογικές Ιδιότητες : Μέθοδοι όπως η υπερδιήθηση και η ενζυματική λύση είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικές στη διατήρηση των ιδιοτήτων γαλακτωματοποίησης, κατακράτησης νερού και ζελατινοποίησης, οι οποίες είναι επιθυμητές σε εφαρμογές τροφίμων.
- Οργανοληπτικές Ιδιότητες : Οι χημικές επεξεργασίες, εάν χρησιμοποιηθούν, μπορεί να αλλάξουν τη γεύση και το άρωμα, επομένως η παραγωγή SCP για τρόφιμα ευνοεί ήπιες τεχνικές όπως η ενζυματική λύση και η μηχανική επεξεργασία.

Τρόφιμα με βάση μονοκυτταρικές πρωτεΐνες περιλαμβάνουν:

Υποκατάστατα κρέατος

Mycoprotein (Quorn) : Αυτό είναι *Fusarium venenatum* (M. Blanter, S. Cambier, M. De Bondt et al., 2022)

Υποκατάστατα κρέατος με βάση τη μαγιά : *Saccharomyces cerevisiae* και *Candida utilis* (V. Jawa, F. Terry, J. Gokemeijer et al., 2020)

Σνακ και συμπληρώματα

Μπάρες και σκόνης πρωτεΐνης : *Chlorella* και *Spirulina* (M. Blanter, S. Cambier, M. De Bondt et al., 2022)

Λειτουργικά ροφήματα: Algae SCP

Εναλλακτικά γαλακτοκομικά προϊόντα

Γιαούρτια και τυριά μη γαλακτοκομικά : *F Kluyveromyces lactis*

Εναλλακτικές λύσεις γάλακτος : Co (V. Jawa, F. Terry, J. Gokemeijer et al., 2020)

Ζυμαρικά και Αρτοσκευάσματα

Ζυμαρικά με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες
Ενισχυμένα ψωμιά και κράκερ : SCP

Αναδυόμενα τρόφιμα

Εναλλακτικά ψάρια και θαλασσινά
Σνακς

Τρόφιμα εμπλουτισμένα με μονοκυτταρικές πρωτεΐνες:

Ψωμί και δημητριακά

Ψωμί και κράκερς : *Saccharomyces cerevisiae* or *Kluyveromyces* species

Δημητριακά πρωινού : *Spirulina* & *Chlorella* (M. Blanter, S. Cambier, M. De Bondt et al., 2022)

Προϊόντα με βάση τα γαλακτοκομικά

Ενισχυμένα γιαούρτια και τυριά
Γάλα και φυτικά γάλατα

Σνακ και εύκολες τροφές

Σνακ και μπάρες (SCP)

Τσιπς και αλμυρά σνακς (SCP *Aspergillus* ή μαγιά όπως το *Candida utilis*)

Ζυμαρικά και poodles με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες

Λειτουργικά ποτά και smoothies

Protein Shakes

Χυμοί και ενισχυμένα νερά (M. Blanter, S. Cambier, M. De Bondt et al., 2022)

3.1.3 Βρώσιμα έντομα (edible insects)

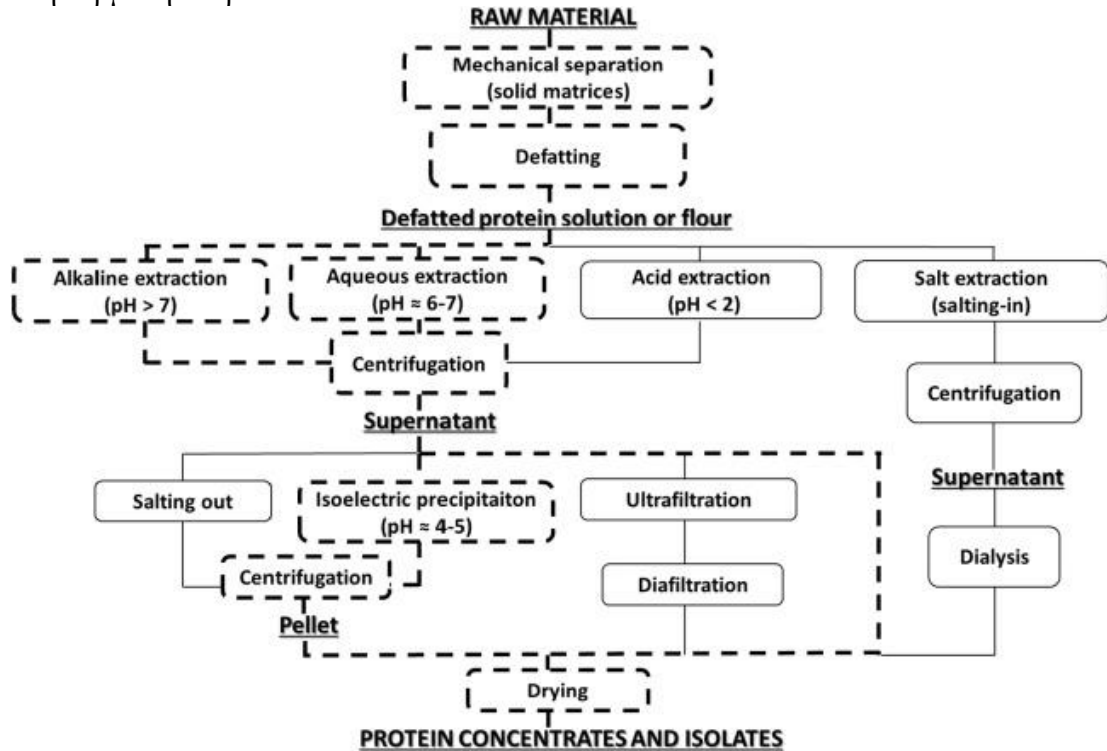
Τα εδώδιμα έντομα αναγνωρίζονται ως πολύτιμη πηγή τροφής υψηλής διατροφικής αξίας. Η κατανάλωσή τους είναι διαδεδομένη σε πολλές περιοχές του κόσμου, όπως στην Αφρική, την Ασία, την Αυστραλία, την Ωκεανία και τη Λατινική Αμερική. Σε αυτές τις περιοχές, τα έντομα αντιπροσωπεύουν σημαντική πηγή θρεπτικών συστατικών για την ανθρώπινη διατροφή και έχουν αναγνωριστεί επίσης για τις φαρμακευτικές τους ιδιότητες (Nowakowski A.C et al., 2022; Ordoñez-Araque R. & Egas-Montenegro E., 2021; Costa-Neto E.M. & Dunkel E.V., 2016). Πάνω από 2000 διαφορετικά είδη εντόμων έχουν αναγνωριστεί ως κατάλληλα για κατανάλωση από τον άνθρωπο. Μερικά από τα πιο δημοφιλή είναι τα σκαθάκια, οι μέλισσες, οι σφήκες, τα μυρμήγκια, οι ακρίδες, οι γρύλοι κ.α. (Orkusz A., 2021).

Τα έντομα αποτελούν πλούσια πηγή θρεπτικών συστατικών, όπως πρωτεΐνη υψηλής ποιότητας, απαραίτητα αμινοξέα, μονο- και πολυακόρεστα λίπη, βιταμίνες και μέταλλα. Η σύνθεσή τους σε θρεπτικά συστατικά μπορεί να διαφέρει σημαντικά ανάλογα με το είδος τους. Ωστόσο, η πρωτεϊνική και λιπαρή περιεκτικότητά τους είναι εκείνες που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο μέρος της δομής τους (Mishyna M. & Glumac M., 2021). Επιπλέον, τα εδώδιμα έντομα είναι μια περιβαλλοντικά φιλική πηγή τροφίμων, καθώς χρειάζονται λιγότερη τροφή, νερό και γη για την παραγωγή τους. Επίσης, εκπέμπουν λιγότερα αέρια θερμοκηπίου σε σύγκριση με τις παραδοσιακές πηγές ζωικής πρωτεΐνης. Όπως αναφέρει ο Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (FAO), τα εδώδιμα έντομα είναι μια ανεκμετάλλευτη πηγή με μεγάλες δυνατότητες να αποτελέσει μια καινοτόμο τροφή, προσφέροντας πολλά οφέλη για τον άνθρωπο (Kuljanic N. & Gregory-Manning S., 2020; FAO, 2021). Αυτή τη στιγμή μάλιστα, έχουν ήδη εγκριθεί έντομα προς ανθρώπινη κατανάλωση όπως οι προνύμφες Mealworm (*Tenebrio molitor*) σε κατεψυγμένη, αποξηραμένη και κονιοποιημένη μορφή, η αποδημητική ακρίδα (*Locusta migratoria*) σε κατεψυγμένη, αποξηραμένη και κονιοποιημένη μορφή, ο οικιακός γρύλος (*Acheta domesticus*) σε κατεψυγμένες, αποξηραμένες, κονιοποιημένες και μερικώς απολιπανμένες μορφές σκόνης, οι προνύμφες σκαθαριού (*Alphitobius diaperionus*) κατεψυγμένες, πάστας, αποξηραμένες και σε σκόνη, ενώ ακόμη εκκρεμούν οκτώ αιτήσεις για έντομα που προορίζονται για εμπορία σε διαφορετικές μορφές, οι οποίες επί του παρόντος υποβάλλονται σε αξιολόγηση ασφάλειας από την EFSA (FAO, 2023).

Η αρχική προκατεργασία είναι η ξήρανση, η οποία βοηθά στη μείωση της περιεκτικότητας σε υγρασία και είναι κρίσιμη για την αύξηση της απόδοσης πρωτεΐνης και βελτίωση της σταθερότητας των πρωτεϊνών. Η ξήρανση πραγματοποιείται με τις εξής μεθόδους:

- Κρυοξήρανση (λυοφιλίωση): Διατηρεί τη θρεπτική αξία και τη δομή της πρωτεΐνης με ξήρανση σε χαμηλές θερμοκρασίες υπό κενό.

- Ξήρανση με ζεστό ρεύμα αέρα: Περιλαμβάνει στένγωμα σε ελεγχόμενες θερμοκρασίες (π.χ. 60–80°C), αλλά μπορεί να οδηγήσει σε ένα βαθμό στην μετουσίωσή της πρωτεΐνης.
- Ξήρανση σε φούρνο μικροκυμάτων: Ταχεία αφυδάτωση που μπορεί να βοηθήσει στη διατήρηση της δομής της πρωτεΐνης, αν και μπορεί να επηρεάσει ορισμένα ευαίσθητα στη θερμότητα θρεπτικά συστατικά.



Εικόνα 10. Επιλογές για κάθε στάδιο επεξεργασίας στις απομονώσεις πρωτεϊνών εντόμων (A. Gravel, A. Doyen, 2020).

Η εκχύλιση των πρωτεϊνών των εντόμων γίνεται με τις παρακάτω μεθόδους:

- Υγρή κλασμάτωση με αλκαλική διαλυτοποίηση σε συνδυασμό με ισοηλεκτρική καταβύθιση. Το άλευρο εντόμων διαλυτοποιείται σε αλκαλικό pH (8–11) για να διαλυτοποιηθούν οι πρωτεΐνες και ακολουθεί φυγοκέντριση για διαχωρισμό των διαλυτών πρωτεϊνών σε διάλυμα. Το διάλυμα διαλυτής πρωτεΐνης συλλέγεται και το εναπομένον ίζημα απορρίπτεται, στη συνέχεια το pH ρυθμίζεται στο ισοηλεκτρικό σημείο (pI) για την καθίζηση των πρωτεϊνών.
- Υγρή κλασμάτωση με μηχανικό διαχωρισμό, για διάκριση διαφορετικών κλασμάτων όπως λίπος και πρωτεΐνη σε ξεχωριστά στρώματα. Το άλευρο εντόμων αναμιγνύεται με ασκορβικό οξύ ή υδροξείδιο του νατρίου και με ανοξείδωτο κόσκινο φίλτρου κατάλληλου μεγέθους πόρων διαχωρίζει τις πρωτεΐνες, από το κλάσμα λίπους που συλλέγεται από την κορυφή του υπερκειμένου μετά τη φυγοκέντρωση.
- Με χρήση υπερήχων που οδηγεί σε εκχυλίσματα με περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη που κυμαίνεται μεταξύ 35% και 94%. Η υποβοηθούμενη με υπερήχους εκχύλιση δεν αλλάζει το προφίλ αμινοξέων του προκύπτοντος εκχυλίσματος, αν και η τελική περιεκτικότητά του σε πρωτεΐνη μπορεί να ανέλθει σε υψηλότερα επίπεδα από αυτή της αλκαλικής διαλυτοποίησης σε συνδυασμό με την ισοηλεκτρική καθίζηση.
- Με παλμικά ηλεκτρικά πεδία, που είναι μία τεχνολογία μη θερμικής επεξεργασίας και μπορεί να ενισχύσει την απομόνωση πρωτεϊνών και το λίπος που συνεπάγεται αυξημένη απόδοση της εκχύλισης (Z. Ma, M. Mondor, F. Goycoolea Valencia et al., 2023).

Στη συνέχεια των παραπάνω προκύπτουν συμπυκνώματα πρωτεϊνών που φέρουν ορισμένες τεχνολογικές και οργανοληπτικές ιδιότητες. Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ πρωτεϊνών και νερού καθορίζουν τη διαλυτότητά τους. Αρνητικά φορτισμένα και πολικά αμινοξέα στην επιφάνεια της πρωτεΐνης αυξάνουν τη διαλυτότητα, ενώ τα μη πολικά αμινοξέα μειώνουν τη διαλυτοποίηση. Η μορφή της πρωτεΐνης παίζει και αυτή ρόλο, μια συμπαγής και μικρή σε μέγεθος πρωτεΐνη, δρα ωφέλιμα για τη διαλυτότητα, όπως και οι συνθήκες επεξεργασίας κατά τις παραπάνω διαδικασίες. Παράμετροι όπως η αύξηση της θερμοκρασίας, οι υψηλές τιμές pH αλλά και η χαμηλή ιοντική ισχύς βελτιώνουν τη διαλυτότητα (Gravel & Doyen, 2020). Αυτοί οι παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν εκτός από τη διαλυτότητα και τη γαλακτωματοποίηση. Αντίθετα με τη διαλυτότητα όμως, η γαλακτωματοποιητική ικανότητα αυξάνεται με την παρουσία υδρόφοβων αμινοξέων στην επιφάνεια της πρωτεΐνης, καθώς η παρουσία τους είναι απαραίτητη για την πρόσδεση στο έλαιο του γαλακτώματος. Η θερμοκρασία έχει αναδειχθεί ως βασικός παράγοντας και στη ζελατινοποίηση, καθώς απαιτείται θερμότητα για το ξεδίπλωμα και μετουσίωση της πρωτεΐνης και ακολούθως το σχηματισμό γέλης, όπως επίσης και στην ικανότητα συγκράτησης νερού (Gravel & Doyen, 2020).

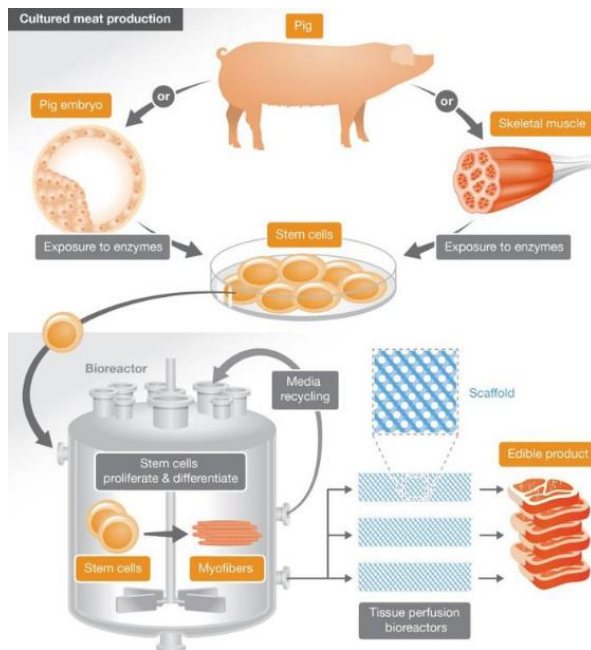
Μελέτες και νέες εφαρμογές προκύπτουν για τον εμπλουτισμό των τροφίμων με πρωτεΐνες εντόμων. Πιο συγκεκριμένα σε προϊόντα κρέατος αν και αρχικά υπήρξαν προβληματισμοί σχετικά με την υγρασία των τροφίμων, τελικώς κατάφεραν να ενσωματωθούν σε προϊόντα όπως π.χ. το λουκάνικο. Επιπλέον συναντώνται σε σνακ, ζυμαρικά, προϊόντα αρτοποιίας και δημητριακών προσδίδοντας θρεπτικές ιδιότητες και σημαντικά καλή υφή, έχοντας επιλέξει ορθές μεθόδους επεξεργασίας (Gravel & Doyen, 2020).

3.1.4 Καλλιεργημένο κρέας (cultured meat)

Η ιδέα της παραγωγής κρέατος σε εργαστηριακές συνθήκες έχει αναδειχθεί από επιστήμονες και υποστηριχθεί από πολιτικούς τα τελευταία χρόνια. Αυτή η ιδέα πλέον υλοποιείται τεχνικά, καθώς το καλλιεργημένο κρέας άρχισε πρόσφατα να κυκλοφορεί στην αγορά. Το καλλιεργημένο κρέας αναφέρεται στην παρασκευή κρέατος χωρίς τη συμμετοχή ζώων, δηλαδή σε εργαστηριακές συνθήκες (*in vitro*). Συγκεκριμένα, το καλλιεργημένο κρέας δημιουργείται από ζωικά κύτταρα που αναπτύσσονται σε ένα θρεπτικό μέσο εντός βιοαντιδραστήρων, αντί να προέρχεται άμεσα από θανατωμένα ζώα. Συνεπώς, η διαδικασία παραγωγής του καλλιεργημένου κρέατος διαφέρει ριζικά από τις παραδοσιακές μεθόδους κτηνοτροφίας. (Post M. J. *et al.* 2020; Rubio N. R. *et al.* 2020).

Η κύρια τεχνική που εφαρμόζεται για την παραγωγή καλλιεργημένου κρέατος βασίζεται στη μηχανική ιστών. Αυτή η μέθοδος έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς σε ιατρικές εφαρμογές, όπως η αναγεννητική ιατρική, και σε μη ζωικά μοντέλα *in vitro* που χρησιμοποιούνται στην τοξικολογία και την ανάπτυξη φαρμάκων. Η παραγωγή καλλιεργημένου κρέατος δεν έχει ακόμη επεκταθεί σε βιομηχανική κλίμακα, καθιστώντας δύσκολο να γνωρίζουμε ακριβώς τις εστιασμένες δραστηριότητες των νεοφυών επιχειρήσεων. Παρ' όλα αυτά, οι γενικές αρχές είναι γνωστές. Μια συνοπτική παρουσίαση αυτών παρέχεται στην Εικόνα 10² (Tuomisto H. L., 2018).

² Αποτελεί μόνο ένα πιθανό μοντέλο για την παραγωγή καλλιεργημένου κρέατος, αλλά υπάρχουν και άλλες επιλογές. Για παράδειγμα, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν διαφορετικοί τύποι βιοαντιδραστήρων.



Εικόνα 11. Διαδικασία παραγωγής καλλιεργημένου κρέατος (Tuomisto H.L., 2018).

Στο σχήμα αυτό της εικόνας 11, παρουσιάζονται τα τρία κύρια στάδια της διαδικασίας παραγωγής καλλιεργημένου κρέατος. Αρχικά, τα βλαστοκύτταρα προέρχονται από μυϊκό ιστό ή έμβρυα, τα κύτταρα πολλαπλασιάζονται και στη συνέχεια διαφοροποιούνται σε μυϊκά κύτταρα. Εν συνεχεία, αυτά τα κύτταρα αυξάνονται περαιτέρω σε βιοαντιδραστήρα και στο τελικό στάδιο μεταφέρονται σε μήτρες για να μορφοποιηθούν σε μυϊκές ίνες και πιο μεγάλους ιστούς.

Επί της ουσίας τα βλαστοκύτταρα λαμβάνονται από μυϊκό ιστό ή έμβρυα, αναπτύσσονται και στη συνέχεια διαφοροποιούνται σε μυϊκά κύτταρα. Αυτά τα κύτταρα τοποθετούνται σε βιοαντιδραστήρα, όπου πολλαπλασιάζονται και μεταφέρονται σε μια κατάλληλη μήτρα για να αναπτυχθούν σε μυϊκές ίνες και μεγαλύτερους ιστούς. Το μέσο ανάπτυξης φαίνεται να είναι η κρίσιμη πτυχή, όσον αφορά το κόστος (Specht L., 2020; Post M. J. et al., 2020).

Για την απομόνωση και εκχύλιση πρωτεϊνών οι διαδικασίες έρευνας συνεχίζουν με ταχείς ρυθμούς. Έως σήμερα γνωρίζουμε τις παρακάτω μεθόδους:

- Πρωτεΐνες του μέσου κυτταρικής καλλιέργειας: Οι αυξητικοί παράγοντες και οι πρωτεΐνες στο μέσο κυτταροκαλλιέργειας υποστηρίζουν τον πολλαπλασιασμό των κυττάρων. Η απομόνωση αυτών των πρωτεϊνών, συνήθως μέσω βιοσύνθεσης, είναι κρίσιμη για την αποτελεσματική παραγωγή. Οι εναλλακτικές λύσεις περιλαμβάνουν ανασυνδυασμένες πρωτεΐνες από φυτικά ή μικροβιακά συστήματα για τη μείωση του κόστους.
- Πρωτεΐνες ικρίωματος: Τα ικρίωματα παρέχουν μια δομή πάνω στην οποία τα κύτταρα μπορούν να αναπτυχθούν, λαμβάνοντας υπόψιν το περιβάλλον των ιστών. Το κολλαγόνο και η μυοσίνη, μπορούν να εξαχθούν από φυσικές πηγές ή να παραχθούν με τη χρήση ανασυνδυασμένων τεχνικών.
- Υδρόλυση πρωτεϊνών: Οι πρωτεΐνες μπορούν να υδρολυθούν ενζυμικά για να παραχθούν πεπτίδια που μπορούν να λειτουργήσουν ως βιοδραστικές ενώσεις, οι οποίες επηρεάζουν την ανάπτυξη των κυττάρων, την υφή και το θρεπτικό προφίλ. Η υδρόλυση

επηρεάζει το μοριακό μέγεθος των πρωτεϊνών και συνεπώς τις λειτουργικές τους ιδιότητες (Ng & Kurisawa, 2021).

- Τρισδιάστατη βιοεκτύπωση και ηλεκτροστατικής ινοποίησης (electrospinning): Αυτές οι τεχνικές επιτρέπουν τον ακριβή έλεγχο της κατανομής των πρωτεϊνών, ενισχύοντας την υφή και τις δομικές ιδιότητες. Οι πρωτεϊνικές ίνες και οι πηκτές, που δημιουργούνται μέσω ηλεκτροστατικής ινοποίησης ή άλλων μεθόδων, λειτουργούν ως ικριώματα που μπορούν να ενισχύσουν τη δομική ακεραιότητα του κρέατος (Levi et al., 2022).

Στην πηκτωματοποίηση, οι πρωτεΐνες, ιδίως το κολλαγόνο και άλλες ινώδεις πρωτεΐνες, επηρεάζουν την υφή. Η υδρόλυση των πρωτεϊνών μπορεί να βελτιώσει τις ιδιότητες γαλακτωματοποίησης, που είναι ζωτικής σημασίας για τη δέσμευση του λίπους στη μήτρα του κρέατος. Με την ικανότητα συγκράτησης νερού (WHC), πρωτεΐνες όπως η μυοσίνη, όταν απομονώνονται αποτελεσματικά, βελτιώνουν την WHC, με αποτέλεσμα πιο ζουμερό και τρυφερό καλλιεργημένο κρέας.

Όσον αφορά τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, οι πρωτεΐνες του μέσου καλλιέργειας κυττάρων επηρεάζουν τη γεύση, καθώς τα αμινοξέα και τα πεπτίδια που απελευθερώνονται κατά την υδρόλυση συμβάλλουν στη γεύση umami του κρέατος.

Η μυοσφαιρίνη, η οποία μπορεί να παραχθεί μέσω ανασυνδυασμένων τεχνικών, παρέχει την κόκκινη απόχρωση στο κρέας. Ο προσεκτικός έλεγχος των μεθόδων επεξεργασίας των πρωτεϊνών διασφαλίζει τη φυσική ανάπτυξη του χρώματος, βελτιώνοντας την ελκυστικότητα για τον καταναλωτή.

Προϊόντα καλλιεργημένου κρέατος βρίσκουν εφαρμογή σε προϊόντα αλεσμένου κρέατος, όπως μπιφτέκια, νάγκετς και λουκάνικα, όπου οι απομονωμένες πρωτεΐνες παρέχουν δομή και αίσθηση στο στόμα. Οι απομονωμένες πρωτεΐνες μπορούν να προστεθούν σε άλλα τρόφιμα για την ενίσχυση των επιπέδων πρωτεΐνης. Για παράδειγμα, απομονωμένες πρωτεΐνες από το μέσο θα μπορούσαν να εμπλουτίσουν σνακ ή μπάρες υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες, προσφέροντας μια βιώσιμη πηγή πρωτεΐνης με προφίλ αμινοξέων παρόμοιο με τις ζωικές πρωτεΐνες (Ng & Kurisawa, 2021).

3.1.5 Παραπροϊόντα ή υποπροϊόντα (agri-food side-streams)

Τα τελευταία χρόνια, παρατηρείται μια ολοένα αυξανόμενη τάση προς την ανακύκλωση και τη μείωση των απορριμμάτων. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή προωθεί αυτή την τάση, ενθαρρύνοντας την αντιμετώπιση των «αποβλήτων» (συμπεριλαμβανομένων και των παράπλευρων ροών γεωργικών προϊόντων) ως νέους πόρους μέσω της επαναχρησιμοποίησης και της ανακύκλωσης. Ροές παραπροϊόντων κατά την παραγωγή που δεν είναι κατάλληλες για εφαρμογές τροφίμων μπορούν να μετατραπούν από έντομα σε νέα πρώτη ύλη για τρόφιμα ή/και ζωοτροφές. (European Commission 2011; DeFoliart G.R., 1989).

Σύμφωνα με τον DeFoliart, «Σχεδόν κάθε οργανική ουσία, συμπεριλαμβανομένης της κυτταρίνης, καταναλώνεται από ένα ή περισσότερα είδη εντόμων, επομένως είναι θέμα χρόνου να αναπτυχθούν αποτελεσματικά συστήματα ανακύκλωσης». Εξαιτίας της χαμηλότερης αναλογίας τροφοδοσίας προς βρώσιμη βιομάζα των εντόμων σε σύγκριση με άλλα ζώα

εκτροφής (των yellow mealworm και lesser mealworm³), τα έντομα όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο αποτελούν μια πολλά υποσχόμενη πηγή πρωτεΐνης για το μέλλον. (DeFoliart G.R., 1989; Van Broekhoven 2015; Oonincx D.G.,2015; Van Huis A., 2013; Veldkamp T., 2012).

Οι περισσότερες εταιρείες εκτροφής εντόμων χρησιμοποιούν εμπορικές ζωοτροφές ή πρώτες ύλες που βασίζονται σε δημητριακά, διότι δεν υπάρχουν ακόμη εμπορικά διαθέσιμες διαιτητικές επιλογές που να είναι κατάλληλες για όλα τα είδη εντόμων. Οι αλευροσκώληκες συνήθως εκτρέφονται με δίαιτες που περιλαμβάνουν μικτά δημητριακά. Από τη μια πλευρά, τα συστατικά των δημητριακών που χρησιμοποιούνται σε αυτές αναμειγνύονται, με σιτηρά που μπορούν να θεωρηθούν ωφέλιμα επειδή χρησιμοποιούνται άμεσα στην παραγωγή τροφίμων και, συνεπώς, δεν απαιτούν επιπλέον προφυλάξεις σχετικά με τη νομοθεσία για την ασφάλεια τροφίμων/ζωοτροφών (Varelas V., 2019; Van Broekhoven S.,2015; Hosen M., 2004).

Προηγούμενες έρευνες έχουν εξετάσει τη χρήση παραπροϊόντων (side-stream) για την εκτροφή αλευροσκουλήκων. Συγκεκριμένα, ο Oonincx και συνεργάτες του (2015) δοκίμασαν μείγμα λυοφιλοποιημένων παραπροϊόντων, όπως μαγιά μύρας και υπολείμματα μπισκότων, με άλλα συστατικά το οποίο ευνόησε την ανάπτυξη των αλευροφόρων σκουληκιών. Σε σύγκριση με μια δίαιτα αναφοράς, το μείγμα επέτρεψε παρόμοιο ποσοστό επιβίωσης του αλευροσκουλήκου (84% καλλιέργεια αναφοράς έναντι 79% για το μείγμα παραπροϊόντων) και μείωσε τον χρόνο ανάπτυξης (116 ημέρες έναντι 145 ημερών). (Oonincx D.G., 2015).

Τα υποπροϊόντα στον αγροδιατροφικό τομέα συχνά περιέχουν σημαντική περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες που μπορούν να απομονωθούν και να χρησιμοποιηθούν για ανθρώπινη κατανάλωση ή ως τροφή για μικροοργανισμούς και έντομα. Παραδείγματα τέτοιων υποπροϊόντων περιλαμβάνουν:

Κέικ και άλευρα ελαιούχων σπόρων: Τα υποπροϊόντα από την εξαγωγή λαδιού (π.χ. από σόγια, ηλιάνθο) διατηρούν υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες μετά την αφαίρεση του λαδιού.

Αχρησιμοποίητο σιτάρι ζυθοποιίας (BSG): Ένα υποπροϊόν της βιομηχανίας ζυθοποιίας, είναι πλούσιο σε φυτικές ίνες και πρωτεΐνες και χρησιμοποιείται συνήθως ως ζωοτροφή, αλλά έχει επίσης δυνατότητες για την εξαγωγή πρωτεϊνών.

Πυρήνες φρούτων και λαχανικών: Τα υποπροϊόντα από την παραγωγή χυμών και πουρέδων (π.χ. πυρήνας μήλου, ντομάτας, καρότου) περιέχουν πρωτεΐνες, φυτικές ίνες και βιοδραστικές ενώσεις.

Πρωτεΐνη πατάτας: Η πρωτεΐνη της πατάτας, που εξάγεται από τα δευτερεύοντα ρεύματα της παραγωγής αμύλου πατάτας, έχει υψηλή περιεκτικότητα σε απαραίτητα αμινοξέα.

Ορός γάλακτος και καζεΐνη από γαλακτοκομικά προϊόντα: Ο ορός γάλακτος είναι ένα γνωστό πλούσιο σε πρωτεΐνες υποπροϊόν από την παραγωγή τυριού, ενώ η καζεΐνη είναι μια άλλη πολύτιμη πρωτεΐνη που προέρχεται από το γάλα (Salvatore et al., 2024).

Στην έμμεση παραγωγή πρωτεϊνικών πηγών μέσω της χρήσης παραπροϊόντων για την καλλιέργεια μικροοργανισμών, τα υποπροϊόντα χρησιμοποιούνται ως υποστρώματα για την καλλιέργεια μικροοργανισμών πλούσιων σε πρωτεΐνες (π.χ. μαγιά, φύκια, βακτήρια). Για παράδειγμα, το λιγνοκυτταρινούχο περιεχόμενο των φυτικών υποπροϊόντων μπορεί να

³ Τα yellow mealworms και lesser mealworms είναι προνύμφες σκαθαριού *Tenebrio molitor* και *Alphitobius diaperinus* αντίστοιχα. Αποτελούν δυνητική πηγή πρωτεΐνης για την ανθρώπινη διατροφή λόγω της αποδοτικής του μετατροπής οργανικών αποβλήτων σε βρώσιμη βιομάζα (Van Huis A. 2013).

μετατραπεί σε θρεπτικό μέσο πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη μικροοργανισμών.

Τα έντομα, όπως οι μαύρες μύγες στρατιώτες και οι αλευρώδεις, μπορούν να εκτραφούν σε γεωργικά υποπροϊόντα. Μετατρέπουν τα χαμηλής αξίας οργανικά απόβλητα σε πρωτεΐνες υψηλής ποιότητας, οι οποίες μπορούν στη συνέχεια να απομονωθούν και να υποστούν επεξεργασία για εφαρμογές σε τρόφιμα ή ζωοτροφές.

Οι διαδικασίες που προτείνονται για την βελτιστοποίηση της απόδοσης της απομόνωσης των πρωτεϊνών και των λειτουργικών ιδιοτήτων είναι οι εξής:

- Μηχανική προεπεξεργασία: Διαδικασίες όπως η άλεση ή η άλεση αυξάνουν την επιφάνεια, καθιστώντας την εκχύλιση των πρωτεϊνών πιο αποτελεσματική.
- Ενζυματική υδρόλυση: Τα ένζυμα διασπούν πολύπλοκες δομές, απελευθερώνοντας πρωτεΐνες και αυξάνοντας την απόδοση. Η μέθοδος αυτή επηρεάζει επίσης τη γεύση και τη διαλυτότητα της πρωτεΐνης.
- Αλκαλική ή όξινη εκχύλιση: Οι πρωτεΐνες διαλύονται σε συγκεκριμένα επίπεδα pH και στη συνέχεια καθιζάνουν με ρύθμιση του pH. Αυτή η μέθοδος επηρεάζει την καθαρότητα των πρωτεϊνών και τις λειτουργικές ιδιότητες, όπως η ζελατινοποίηση και η γαλακτωματοποίηση.
- Υπερδιήθηση: Αυτή η τεχνική διαχωρίζει τις πρωτεΐνες με βάση το μοριακό μέγεθος και μπορεί να συμπυκνώσει τις πρωτεΐνες χωρίς να μεταβάλει τη δομή τους, διατηρώντας τις λειτουργικές τους ιδιότητες.
- Θερμική επεξεργασία: Η θερμική επεξεργασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μετουσίωση αντιδιατροφικών παραγόντων. Ωστόσο, η υψηλή θερμοκρασία μπορεί να υποβαθμίσει τη δομή των πρωτεϊνών και να μειώσει την πεπτικότητα.

Η ενζυμική υδρόλυση και η υπερδιήθηση τείνουν να αποδίδουν υψηλότερες συγκεντρώσεις πρωτεΐνης ελαχιστοποιώντας τις απώλειες. Οι μηχανικές προεκατεργασίες μπορούν να βελτιώσουν την αρχική εκχύλιση αλλά μπορεί να μην επηρεάσουν άμεσα την απόδοση. Επεξεργασίες όπως η ενζυμική υδρόλυση μπορούν να βελτιώσουν τη διαλυτότητα, ενώ η αλκαλική επεξεργασία μπορεί να ενισχύσει τη ζελατινοποίηση. Η θερμική επεξεργασία και οι ρυθμίσεις του pH μπορούν να επηρεάσουν τη γεύση, την οσμή και το χρώμα. Για παράδειγμα, οι ενζυμικές επεξεργασίες μπορεί να βελτιώσουν την γεύση διασπώντας πεπτίδια με πικρή γεύση (Salvatore et al., 2024).

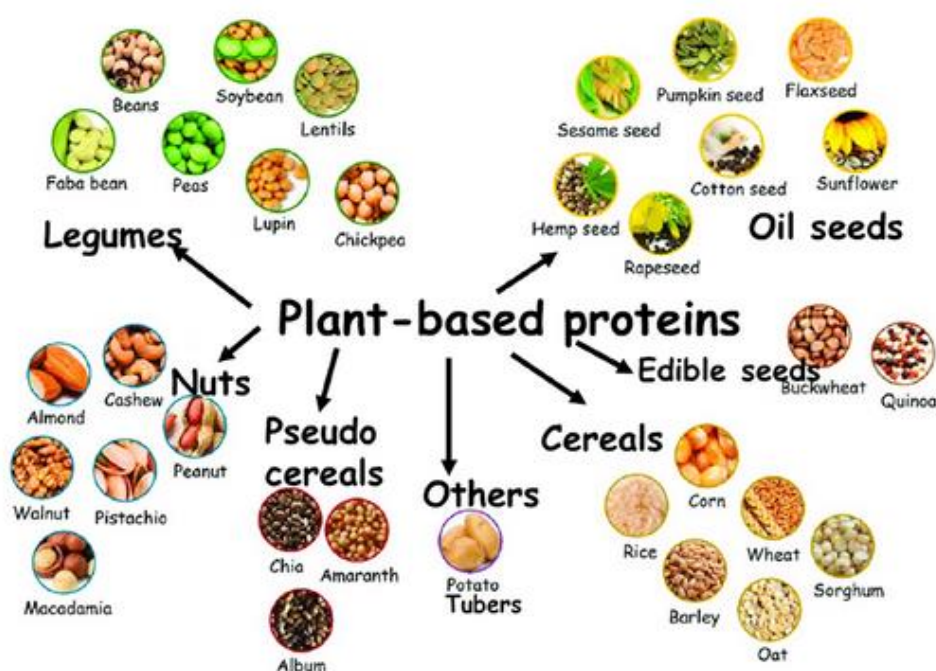
Απομονωμένες πρωτεΐνες βρίσκουν εφαρμογή στην ανάπτυξη τροφίμων με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, όπως εναλλακτικά προϊόντα κρέατος φυτικής προέλευσης, μπάρες πρωτεΐνης και ροφήματα.

Οι απομονωμένες πρωτεΐνες από υποπροϊόντα μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τον εμπλουτισμό υφιστάμενων τροφίμων, όπως ζυμαρικά, είδη αρτοποιίας και σνακ, για τη βελτίωση της περιεκτικότητάς τους σε πρωτεΐνες (Salvatore et al., 2024).

Κεφάλαιο 4.

Περιβαλλοντικό αποτύπωμα πρωτεϊνικών εκχυλισμάτων

Οι φυτικές πηγές πρωτεΐνης (Εικόνα 12) θεωρούνται ως οι πιο περιβαλλοντικά βιώσιμες και ανανεώσιμες εναλλακτικές σε σχέση με τις ζωικές. Η παραγωγή τους συνδέεται με μειωμένη διεργασία αποψίλωσης δασών και μικρότερο αντίκτυπο στην κλιματική αλλαγή, καθώς απαιτεί λιγότερες εκτάσεις γης, εκπέμποντας σε ελάχιστο ποσοστό αέρια θερμοκηπίου συγκριτικά με την κτηνοτροφία. Οι φυτικές πρωτεΐνες μπορούν να απομονωθούν από φιλικές προς το περιβάλλον και οικονομικές πηγές, όπως τα υποπροϊόντα των φυτικών και ελαιουργικών βιομηχανιών, καθώς και από γεωργικά απόβλητα φυτικής προέλευσης, συμβάλλοντας στη μείωση της σπατάλης τροφίμων. Ωστόσο, για να μπορέσουν οι φυτικές πρωτεΐνες να χρησιμοποιηθούν ως εναλλακτικές, πρέπει να απομονωθούν και να αξιολογηθούν ως προς τις λειτουργικές τους ιδιότητες (Nikbakht Nasrabadi M et al., 2021)

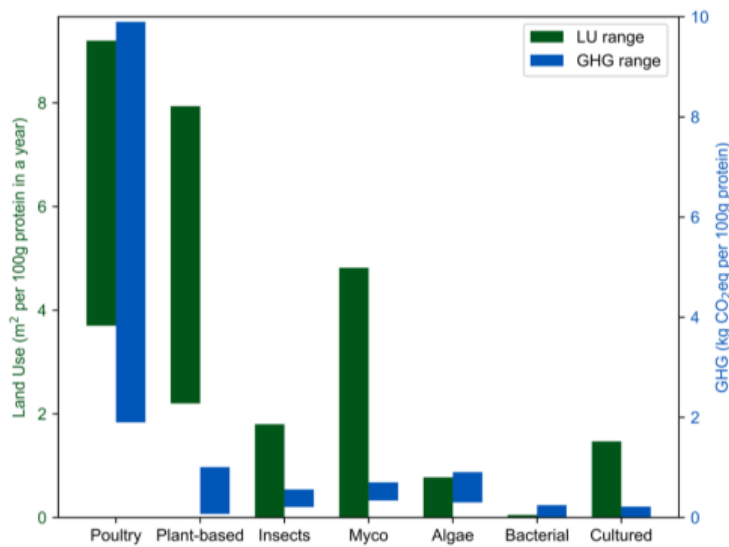


Εικόνα 12. Πηγές πρωτεϊνών φυτικής προέλευσης (Nikbakht Nasrabadi M et al., 2021).

Εκτιμάται ότι η χρήση εναλλακτικών πηγών θα πρόσφεραν μείωση στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (GHG), καθώς θα απαιτούνταν λιγότερες εκτάσεις γης, συνεπώς το συνολικό περιβαλλοντικό αντίκτυπο θα ήταν κατά πολύ λιγότερο, παρατηρώντας τις μέσες τιμές (Εικόνα 13) σε περίπτωση μετάβασης σε μια διατροφή με λιγότερα ζωικά προϊόντα και περισσότερες εναλλακτικές πηγές πρωτεΐνης (Poore J. & Nemecek T., 2018).

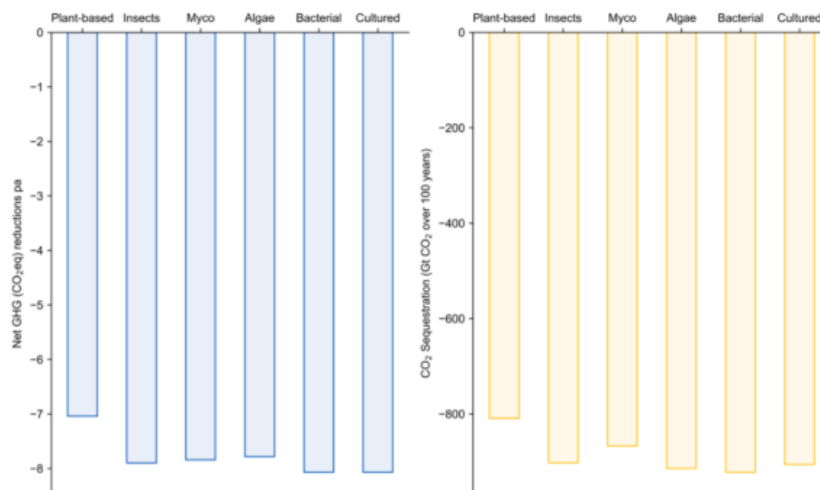
Η ετήσια εξοικονόμηση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG) λόγω της κατανάλωσης ενός προϊόντος που έχει μικρότερες απαιτήσεις γης και χαμηλότερες εκπομπές GHG, αναφέρεται στην ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που δεσμεύεται ή αφαιρείται

από την ατμόσφαιρα μέσω φυσικών διαδικασιών (Εικόνα 14), (Poore J. & Nemecek T., 2018; Cumberlege, T. et al., 2016; Sillman, J. et al., 2019).



Εικόνα 13. Χρήση γης και εκπομπές GHG (υποθέτοντας καθαρές μηδενικές εκπομπές που σχετίζονται με την ενέργεια) για πουλερικά και έξι εναλλακτικές πρωτεΐνες (Poore J. & Nemecek T., 2018; Cumberlege, T. et al., 2016; Sillman, J. et al., 2019).

Η Εικόνα 13, δείχνει ότι η χρήση γεωργικής γης για την παραγωγή εναλλακτικών πρωτεϊνών μπορεί να είναι χαμηλότερη από αυτήν που απαιτείται για τις παραδοσιακές πρωτεΐνες φυτικής προέλευσης. Για παράδειγμα, τα έντομα χρησιμοποιούν φυτική τροφοδοσία για την ανάπτυξη τους, η οποία μπορεί να προέρχεται από απόβλητα τροφίμων, δηλαδή χωρίς την ανάγκη άμεσης εκμετάλλευσης γεωργικής γης. Η μυκοπρωτεΐνη, από την άλλη πλευρά, μπορεί να παράγεται χρησιμοποιώντας αέριο ή φυτική πρώτη ύλη, έχοντας έτσι μεγάλο εύρος χρήσης γης. Τα φύκη και οι βακτηριακές πρωτεΐνες ενδέχεται να απαιτούν ελάχιστη γη, καθώς δεν χρειάζονται φυτική πρώτη ύλη για την παραγωγή τους.



Εικόνα 14. Μειώσεις CO₂ και δέσμευσης CO₂ (Poore J. & Nemecek T., 2018).

Στην εικόνα 14, αριστερά απεικονίζονται οι πιθανές μειώσεις των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (CO₂) ετησίως για τον άνθρωπο εάν αντικατασταθούν πλήρως τα προϊόντα ζωϊκής προέλευσης με εναλλακτικές πρωτεΐνες στη διατροφή τους (υποθέτοντας μηδενικές

εκπομπές CO₂ που σχετίζονται με την ενέργεια). Δεξιά απεικονίζεται η πιθανότητα δέσμευσης CO₂ για ένα διάστημα 100 ετών, εάν η γη χρησιμοποιηθεί για γεωλογική δέσμευση άνθρακα (GGR). Απλή αντικατάσταση πρωτεΐνης χωρίς να λαμβάνεται υπόψη τη διατροφή.

Ένα σημείο που πρέπει να επισημανθεί από την εικόνα 13, είναι ότι ακόμη και η μετάβαση σε παραδοσιακές πρωτεΐνες φυτικής προέλευσης οδηγεί σε μείωση της χρήσης γης. Ωστόσο, η καλλιέργεια κρέατος μπορεί να απαιτεί από ένα ζώο-δότη να παρέχει κύτταρα και μέσο ανάπτυξης. Παραμένει υψηλή η αβεβαιότητα γύρω από αυτό, αλλά ενδέχεται να έχει σημαντικές επιπτώσεις στη χρήση γης και τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου. (Kadim I. *et al.*, 2015; Stephens N. *et al.*, 2018).

Με την προϋπόθεση μηδενικών εκπομπών που σχετίζονται με την ενέργεια, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από εναλλακτικές πρωτεΐνες διαφέρουν ανάλογα με την πρώτη ύλη, το μέσο ανάπτυξης και τη διαδικασία παραγωγής. Για τις φυτικές πρωτεΐνες, η ποικιλία των εκπομπών οφείλεται κυρίως στις αλλαγές στη χρήση της γης που απαιτούνται για την καλλιέργεια. Οι εκπομπές που συνδέονται με τα φύκια οφείλονται στη χρήση λιπασμάτων. Επίσης, οι εκπομπές από λιπάσματα αποτελούν ένα ποσοστό των συνολικών εκπομπών φυτικής πρώτης ύλης για τις μυκοπρωτεΐνες και για τα έντομα (Stephens N. *et al.*, 2018).

Επιπλέον, οι εκπομπές στις περιπτώσεις των βακτηριακών πρωτεϊνών και του καλλιεργημένου κρέατος ενδέχεται να είναι αμελητέες σε περίπτωση που όλες οι εκπομπές που σχετίζονται με την ενέργεια αποκαθίστανται και το καλλιεργημένο κρέας δεν απαιτεί μεγάλο πλήθος δοτών δείγματος. Ακόμα όμως και στη περίπτωση που απαιτείται μεγάλο πλήθος δοτών δείγματος, οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από το καλλιεργημένο κρέας θα μπορούσαν να επωφεληθούν από τις μειώσεις στις εκπομπές που σχετίζονται με τη χρήση λιπασμάτων και τις βελτιώσεις στη μείωση των εκπομπών από τα αέρια του εντερικού μικροβιώματος των βοοειδών (Stephens N. *et al.*, 2018).

Κεφάλαιο 5.

Κανονιστικά πλαίσια στην Ε.Ε. (Επιτρεπόμενες πηγές πρωτεΐνης. Τάσεις για έγκριση στο κοντινό μέλλον)

Σύμφωνα με τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας του ΟΗΕ (FAO, 2016), «οι βιώσιμες δίαιτες διαφυλάσσουν και σέβονται τη βιοποικιλότητα και τα οικοσυστήματα, είναι πολιτισμικά αποδεκτές, προσβάσιμες, οικονομικά δίκαιες και διαθέσιμες· διατροφικά επαρκείς, ασφαλείς και υγιεινές· και βελτιστοποιούν τη χρήση φυσικών και ανθρώπινων πόρων». Δεδομένου ότι ο κτηνοτροφικός τομέας απαιτεί πολλούς πόρους (Gerber P.J *et al.*, 2013) και οι αρνητικές περιβαλλοντικές και ηθικές επιπτώσεις της βιομηχανίας κρέατος συνεχίζουν να αυξάνονται (Scollan D. *et al.*, 2011), αναζητούνται εναλλακτικές πρωτεΐνες (Post M. 2012).

5.1 Γενικές αρχές τροφίμων πριν την κυκλοφορία τους στην αγορά

Σύμφωνα με την αρχή της προφύλαξης η οποία εφαρμόζεται όταν υπάρχει η δυνατότητα σοβαρής ή ανεπανόρθωτης ζημιάς, ακόμη και αν η επιστημονική γνώση δεν είναι πλήρης ή οριστική, καθορίζεται στο άρθρο 191, παράγραφος 2, της Συνθήκης για τη Λειτουργία της Ευρωπαϊκής Ένωσης (γνωστή και ως Συνθήκη του Μάαστριχτ). Αρχικά, η αρχή της προφύλαξης επικεντρωνόταν κυρίως στην προστασία του περιβάλλοντος. Ωστόσο, η νομολογία της ΕΕ (αποφάσεις των δικαστηρίων και οι νομικές ερμηνείες) έχει επεκτείνει την εφαρμογή αυτής της αρχής (Tosun J., 2013).

Πλέον, η αρχή της προφύλαξης δεν περιορίζεται μόνο στην προστασία του περιβάλλοντος αλλά εφαρμόζεται σε όλους τους τομείς υγείας και ασφάλειας. Επομένως, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την προστασία της ανθρώπινης υγείας και της ασφάλειας σε διάφορους τομείς, όπως η ασφάλεια τροφίμων, η υγειονομική περίθαλψη, η βιομηχανική ασφάλεια κ.ά. (Tosun J., 2013).

Η προληπτική προσέγγιση της ΕΕ ισχύει για όλα τα νέα τρόφιμα, συμπεριλαμβανομένων των γενετικά τροποποιημένων τροφίμων. Τέτοια τρόφιμα απαιτούν έγκριση πριν από την κυκλοφορία. Ο κανονισμός για τα νέα τρόφιμα ξεκίνησε το 1997 (Κανονισμός (ΕΚ) 258/1997) με κύριο στόχο τη ρύθμιση των γενετικά τροποποιημένων τροφίμων (Ballke C., 2014).

Σύμφωνα με τον Γενικό Κανονισμό Τροφίμων της ΕΕ (Κανονισμός (ΕΚ) 178/2002), οι διαδικασίες προώλησης πρέπει να βασίζονται σε επιστημονική αξιολόγηση κινδύνου και πρέπει να είναι διαφανείς (European Commission 2020).

5.2 Νομοθεσία για εναλλακτικές πηγές πρωτεΐνης (φυτικής προέλευσης)

- Προϊόντα κυτταρικής γεωργίας (cellular agriculture)

Στην κυτταρική γεωργία χρησιμοποιείται βιομάζα από μικροβιακά, φυτικά ή ζωικά κύτταρα, τα οποία επεξεργάζονται για να απομονωθούν οι πρωτεΐνες ή άλλα θρεπτικά συστατικά. Αυτή η διαδικασία ενδέχεται να επηρεάσει το θρεπτικό περιεχόμενο της αρχικής ύλης και το τελικό προϊόν μπορεί να αποτελεί νέα τροφή, αν και οι οργανισμοί παραγωγής δεν καλύπτονται απαραίτητα από τον κανονισμό, (ΕΕ) 2015/2283 για τα νέα τρόφιμα. Ο Κανονισμός (ΕΕ) 2015/2283, είναι σχεδιασμένος για να εξασφαλίσει ότι τα νέα τρόφιμα που φτάνουν στην αγορά της ΕΕ είναι ασφαλή για την ανθρώπινη κατανάλωση και συμμορφώνονται με υψηλά πρότυπα ασφάλειας και διατροφικής αξιολόγησης (Hilderbrand G. *et al.*, 2020; Rahman M. M. & Lamsal B. P., 2021).

- Μονοκυτταρικές πρωτεΐνες (SCPs)

Οι μονοκυτταρικές πρωτεΐνες (SCPs) προέρχονται από την καλλιέργεια μικροβιακών κυτταρικών σειρών, συμπεριλαμβανομένων εκείνων από ζυμομύκητες, μύκητες και βακτήρια. Επιπλέον, τα φωτοσυνθετικά μικροφύκη και τα κυανοβακτήρια αντιπροσωπεύουν μια ελπιδοφόρα εναλλακτική πηγή πρωτεΐνης: αυτοί οι οργανισμοί αναπτύσσονται και πολλαπλασιάζονται χρησιμοποιώντας την ενέργεια του φωτός (Grossmann L., *et al.*, 2020).

Παρακάτω, στον Πίνακα 1, αναφέρονται οι μικροοργανισμοί που είναι εγκεκριμένοι για χρήση σε τρόφιμα στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Μερικοί από αυτούς, όπως: η μαγιά αρτοποιίας (*Saccharomyces cerevisiae*), έχουν μακρά ιστορία χρήσης στη διατροφή στις χώρες μέλη της ΕΕ. Ένα από τα πιο επιτυχημένα προϊόντα μικροβιακής πρωτεΐνης είναι το Quorn, το οποίο παράγεται από τη μυκοπρωτεΐνη του μικρομύκητα *Fusarium venenatum*. Το Quorn έγινε διαθέσιμο στην αγορά το 1985 στο Ηνωμένο Βασίλειο και διανεμήθηκε ευρύτερα στην Ευρώπη κατά τη δεκαετία του 1990 (Wiebe M. G., 2004).

Το *Fungi Fusarium venenatum* είναι ένα από τα δημοφιλέστερα εμπορικά είδη μυκήτων SCP και χρησιμοποιείται για την παραγωγή του εναλλακτικού κρέατος Quorn™. Κυκλοφόρησε επιτυχώς το 1985 και αποτελεί ένα από τα πιο γνωστά προϊόντα SCP σήμερα. Στη Φινλανδία, δημιουργήθηκε η διαδικασία Pekilo κατά τις δεκαετίες του 1970 και 1980 για την παραγωγή πρωτεϊνών τροφής από τα σάκχαρα που περιέχονται στα θειώδη απόβλητα υγρών εκροών χαρτοποιίας, χρησιμοποιώντας τον νηματοειδή μικρομύκητα *Paecilomyces variotii*. Παρά την αρχική διάθεσή του στην αγορά ως ζωοτροφή, το προϊόν έχει δοκιμαστεί (Bajić B. *et al.*, 2023).

Ο μύκητας *Rhizopus oryzae* έχει χρησιμοποιηθεί τόσο σε υγρή όσο και σε στερεή κατάσταση ζύμωσης για τη μετατροπή υπολειμμάτων φρούτων και λαχανικών, σύμφωνα με μελέτη που έχει πραγματοποιηθεί. Άλλα είδη μυκήτων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή SCP σε διάφορα υποστρώματα περιλαμβάνουν τα *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *A. ochraceus*, *A. oryzae*, *Cladosporium cladosporioides*, *Monascus ruber*, *Penicillium citrinum* και *Trichoderma viride*. Ωστόσο, η πιθανότητα παραγωγής μυκοτοξινών με ορισμένα είδη μυκήτων, όπως τα είδη *Fusarium*, *Alternaria* και *Aspergillus*, κατά τη διάρκεια της καλλιέργειας απαιτεί προσεκτική εξέταση (Bajić B. *et al.*, 2023).

Το PEKILO⁴ ήταν σε εμπορική παραγωγή μέχρι το 1991 και σήμερα, η παραγωγή PEKILO ανήκει σε μια νεοσύστατη εταιρεία. Παρόλο που αρχικά αναπτύχθηκε για ζωοτροφές πλούσιες σε πρωτεΐνες, έχουν επίσης μελετηθεί οι ιδιότητές του ως συστατικό τροφής. Η χρήση μικροβιακών πρωτεϊνών ως ζωοτροφές μπορεί να διαδραματίσει καίριο ρόλο στην εξέλιξη μικροβιακών πρωτεϊνών για ανθρώπινη κατανάλωση. Ο κατάλογος ζωοτροφών της ΕΕ περιλαμβάνει πολλά υλικά μικροβιακής προέλευσης (Κανονισμός (ΕΕ) αριθ. 68/2013 της Επιτροπής). Επιπλέον, το νομοθετικό πλαίσιο για τις ζωοτροφές καθορίζει τα αποδεκτά υποστρώματα ανάπτυξης για κάθε μικροβιακό στέλεχος. (Koivurinta J *et al.*, 1979; Koivurinta J 1980).

Το χρησιμοποιημένο υπόστρωμα μπορεί να επηρεάσει σημαντικά το θρεπτικό περιεχόμενο και την πιθανή περιεκτικότητα σε ρύπους των προϊόντων SCP, καθώς και να επηρεάζει τη βιωσιμότητα και τον άνθρακα που παράγεται από τα SCP. Από την άποψη της ασφάλειας των ζωοτροφών, η ρύθμιση κατάλληλων υποστρωμάτων και μεθόδων παραγωγής για τα SCP είναι αναγκαία, αλλά ταυτόχρονα αυξάνει το ρυθμιστικό φράγμα για τις νέες τεχνολογίες και τα νέα SCP.

Τυποποιημένες διαδικασίες για τις μεθόδους αναγνώρισης και ανάλυσης είναι κρίσιμες για την εξασφάλιση της ασφάλειας των τροφίμων και των προϊόντων ζωοτροφών που περιλαμβάνουν Μονοκύτταρες Πρωτεΐνες (SCP). Για να αντιμετωπιστεί αυτό το θέμα, η Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA) έχει συστήσει μια τεχνική επιτροπή για τα φύκη και τα προϊόντα τους, με στόχο τη θέσπιση πρακτικών και προτύπων για μικρο- και μακρο-φύκη. Ωστόσο, είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη κοινά πρότυπα και πρακτικές για όλα τα SCP. Επιπλέον, στο μέλλον, η Ευρωπαϊκή Ένωση ίσως χρειαστεί να αποφασίσει εάν ο κανονισμός για τα SCP θα επικεντρωθεί στο ίδιο το τελικό προϊόν ή αν χρειάζεται να ρυθμίσει τη χρήση διαφόρων υποστρωμάτων ανάπτυξης στο στάδιο της παραγωγής. Ωστόσο, μελέτες αναφέρουν, ότι το ευρωπαϊκό ρυθμιστικό πλαίσιο είναι ανεπαρκές σε σύγκριση με τις προοπτικές για μικροφύκη στις Ηνωμένες Πολιτείες (Enzing C., *et al.*, 2014).

Η Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA) διατηρεί έναν τακτικά επικαιροποιημένο κατάλογο μικροοργανισμών που θεωρούνται ασφαλείς για χρήση σε τρόφιμα και ζωοτροφές εντός της ΕΕ. Η διαχείριση του καταλόγου αυτού γίνεται βάσει του πλαισίου του αναγνωρισμένου τεκμηρίου ασφάλειας (QPS), το οποίο αξιολογεί την ασφάλεια των μικροοργανισμών με βάση ένα σύνολο αναφορών και δημοσιευμένων επιστημονικών γνωμοδοτήσεων (EFSA BIOHAZ, 2023).

Η πιο πρόσφατη επικαιροποίηση περιλαμβάνει μια ποικιλία μικροοργανισμών σε διάφορες κατηγορίες, όπως βακτήρια, φύκια και ζύμες (πλήρης λίστα περιλαμβάνεται στο παράρτημα της διπλωματικής). Βασικά παραδείγματα από την τελευταία επικαιροποίηση περιλαμβάνουν:

- *Haematococcus lacustris* (φύκια) - εγκεκριμένο μόνο για σκοπούς παραγωγής.
- *Bacillus circulans* (βακτήρια) - μόνο για σκοπούς παραγωγής, με την προϋπόθεση της απουσίας κυτταροτοξικής δράσης.
- *Bacillus paralicheniformis* (βακτήρια) - εγκεκριμένο με την προϋπόθεση της μη τοξινογόνου δράσης και της απουσίας παραγωγής βακιτρακίνης.
- *Ogataea polymorpha* (ζύμη) - επίσης εγκεκριμένο μόνο για σκοπούς παραγωγής.

Αυτοί οι μικροοργανισμοί και άλλοι έχουν αξιολογηθεί διεξοδικά ως προς την ασφάλειά τους σε εφαρμογές τροφίμων και ζωοτροφών. Ο κατάλογος QPS επικαιροποιείται συχνά για

⁴ PEKILO: Το *Paecilomyces variotii* (μυκοπρωτεΐνη PEKILO®) είναι νηματοειδείς μύκητες πλούσιοι σε β-γλυκάνη και νουκλεοτίδια με περιεκτικότητα σε ακατέργαστη πρωτεΐνη (CP) 60–70%.

να ενσωματώσει νέα ευρήματα και οι όποιες αλλαγές βασίζονται σε ολοκληρωμένες αξιολογήσεις κινδύνου που πραγματοποιούνται από την ομάδα BIOHAZ της EFSA.

Οι περισσότεροι μικροοργανισμοί που δεν καλύπτονται από τον Κανονισμό (ΕΕ) 2015/2283, επειδή καταναλώνονταν ήδη στις χώρες της ΕΕ πριν από την εισαγωγή του κανονισμού ως νέα τρόφιμα, είναι κυρίως κυανοβακτήρια και μικροφύκη. Αυτοί περιλαμβάνουν τα τρία είδη: *Chlorella*, *Arthrospira platensis* και *Spirulina sp.* Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει διάφορα είδη που διατίθενται στην αγορά ως σπιρουλίνα και ένα είδος κυανοβακτηρίου, το *Aphanizomenon flosaquae*. (Enzing C., et al. (2014)

Ένα άλλο παράδειγμα των SCPs είναι η PEKIL0, μια μυκοπρωτεΐνη από το *Raecilomyces variotii*, η οποία αναπτύχθηκε ήδη στη δεκαετία του 1960 για την αξιοποίηση παραπροϊόντων από τη βιομηχανία χαρτιού και χαρτοπολτού, παράγοντας τροφή πλούσια σε πρωτεΐνες για ψάρια και πουλερικά (Koivurinta J., et al., 1980).

- Καλλιεργημένο κρέας (Cultured meat)

Για την παραγωγή καλλιεργημένου κρέατος ή θαλασσινών, τα κύτταρα λαμβάνονται από ένα ζωντανό ζώο και τοποθετούνται σε βιοαντιδραστήρα. Εκεί, τροφοδοτούνται με ένα μέσο ανάπτυξης που επιτρέπει στα κύτταρα να αναπτυχθούν και να διαιρεθούν. Το καλλιεργημένο κρέας παράγεται από αυτά τα διαφοροποιημένα κύτταρα μέσω της μηχανικής ιστών (Tuomisto H. & Teixeira de Mattos M. J 2011; Stephens N. et al., 2018).

Σε σύγκριση με την παραγωγή κρέατος, η διαδικασία του καλλιεργημένου κρέατος έχει τη δυνατότητα να μειώσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, προσφέροντας ταυτόχρονα ασφαλέστερα και πιο υγιεινά τρόφιμα, χωρίς τον κίνδυνο ζωνόσων. Δεν περιλαμβάνει επίσης υπολείμματα αντιβιοτικών ή ορμόνες ανάπτυξης. Τον Δεκέμβριο του 2020, η Υπηρεσία Τροφίμων της Σιγκαπούρης εξουσιοδότησε το κοτόπουλο που καλλιεργήθηκε σε εργαστήριο από την αμερικανική νεοφυή επιχείρηση Eat Just. Αυτή ήταν η πρώτη έγκριση για καλλιέργεια κρέατος στον κόσμο. Άλλες εταιρείες που ασχολούνται με το καλλιεργημένο κρέας περιλαμβάνουν τη Mosa Meat, τη Memphis Meats, τη JUST Meat και τη Aleph Farms (Lucas A., 2020).

Ο GourmeY, αναφέρει επίσης τη Σιγκαπούρη ως χώρα που καλωσορίζει το καλλιεργημένο κρέας και θεωρεί ότι ο ευρωπαϊκός κανονισμός για τα νέα τρόφιμα προσφέρει μια σαφή διαδικασία (Lucas A., 2020).

Από έρευνα, έχει επισημανθεί επισημαίνει ότι ο κανονισμός της ΕΕ για τα νέα τρόφιμα χρειάζεται περαιτέρω ανάπτυξη ώστε να εξεταστεί η σχέση του με το καλλιεργημένο κρέας (Petetin L.,2014). Σύμφωνα με άλλο ερευνητή η προληπτική προσέγγιση που εφαρμόζει η ΕΕ για το καλλιεργημένο κρέας ενδέχεται να επιβάλλει αυστηρές απαιτήσεις στους παραγωγούς που δεν είναι εφικτό να πληρούν (Norton T.,2015). Από την άλλη πλευρά, σε παρόμοια έρευνα, αναφέρεται ότι η ρύθμιση του καλλιεργημένου κρέατος ως θέμα της φυσικής επιστήμης μπορεί να είναι μη δημοκρατική, αδιαφανής και αποκλειστική (Lee A., 2018,).

- Εναλλακτικές πρωτεΐνες φυτικής προέλευσης(Plant-based alternative proteins)

Φυτικές πρωτεΐνες όπως τα όσπρια και πολλά άλλα φυτά δεν αποτελούν νέα τρόφιμα στην ΕΕ. Αυτό ισχύει για παραδείγματα όπως η σόγια, τα ρεβίθια, οι φακές, ο αρακάς και η φάβα. Σύμφωνα με μελέτη, τα όσπρια αποτελούν εναλλακτικές πηγές πρωτεΐνης για το κρέας με πιο εύκολη πρόσβαση στις αγορές της ΕΕ. (van der Weele C., et al., 2019)

Η πρωτεΐνη mung, η οποία παράγεται ως νέο συστατικό διατροφής πλούσιο σε πρωτεΐνες φυτικής προέλευσης από την αμερικανική start-up JUST, έχει κατοχυρωθεί στις Ηνωμένες Πολιτείες. Αυτή η πρωτεΐνη έχει χρησιμοποιηθεί κυρίως ως εναλλακτική λύση για ομελέτα, ενώ η εταιρεία σκοπεύει να την ενσωματώσει σε μια ποικιλία προϊόντων, από κράκερ και σνακ έως ποτά. Για να αποκτήσει πρόσβαση στις αγορές της ΕΕ, η εταιρεία υπέβαλε αίτηση για διαβούλευση σχετικά με τον προσδιορισμό της κατάστασης ενός νέου τροφίμου, σύμφωνα με το άρθρο 4 παράγραφος 2 του κανονισμού για τα νέα τρόφιμα (UK Food Standards Agency, 2020).

- Τρόφιμα με βάση έντομα (Insect-based foods)

Ο ευρωπαϊκός τομέας που ασχολείται με την καλλιέργεια εντόμων θεωρεί τη νομοθεσία περί τροφίμων και ζωοτροφών ως έναν κύριο παράγοντα που επηρεάζει την ανάπτυξη του. Σύμφωνα με το IPIFF (International Platform for Insects as Food and Feed), που εκπροσωπεί τον συγκεκριμένο κλάδο, "προσπαθεί να επεκτείνει τις διαθέσιμες ευκαιρίες" (IPIFF 2018). Για να υποστηρίξει τον τομέα των εντόμων, ιδιαίτερα στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού Κανονισμού για τα Νέα Τρόφιμα, το IPIFF δημοσίευσε το ενημερωτικό του έγγραφο και δημιούργησε μια βάση δεδομένων με μελέτες για την ασφάλεια των εντόμων (IPIFF 2019).

Για μερικά χρόνια, ορισμένα κράτη μέλη της ΕΕ επέτρεπαν τη χρήση των εντόμων ως τροφή και είχαν θεσπίσει εθνικούς κανονισμούς για αυτόν τον σκοπό. Ωστόσο, ο νέος Ευρωπαϊκός Κανονισμός για τα Νέα Τρόφιμα και η κεντρική διαδικασία αδειοδότησης τέθηκαν σε ισχύ στις αρχές του 2018. Αυτός ο κανονισμός καλύπτει την εμπορία ολόκληρων εντόμων, μερών εντόμων, αλεύρου εντόμων ή εκχυλισμάτων εντόμων στην αγορά της ΕΕ. Μια μεταβατική περίοδος εφαρμόστηκε για την άδεια ολόκληρων εντόμων και των παρασκευασμάτων τους στο Ηνωμένο Βασίλειο, τη Δανία, την Ολλανδία και τη Φινλανδία, καθώς αυτές οι χώρες ερμήνευσαν ότι η χρήση ολόκληρων εντόμων δεν περιλαμβανόταν στον παλιό κανονισμό για τα νέα τρόφιμα (IPIFF 2019).

Σύμφωνα με το νέο κανονισμό για τα νέα τρόφιμα (άρθρο 35.2), εάν τα τρόφιμα διατέθηκαν νόμιμα στην αγορά έως την 1η Ιανουαρίου 2018 σε ένα κράτος μέλος και υποβλήθηκε αίτηση ή κοινοποίηση για νέα τρόφιμα έως την 1η Ιανουαρίου 2019, επιτρέπεται η εμπορία τους μέχρις ότου εκδοθεί απόφαση από την Επιτροπή σχετικά με την αίτηση ή την κοινοποίηση (IPIFF 2019).

Το Βέλγιο, η Αυστρία και η Τσεχική Δημοκρατία εξακολουθούν να επιτρέπουν τη χρήση εντόμων ως τροφή βάσει των δικών τους κανόνων. Αυτό σημαίνει ότι πολλά είδη εντόμων παραμένουν στην αγορά της ΕΕ ως τρόφιμα χωρίς την άδεια για νέα τρόφιμα, αλλά μόνο σε ορισμένες από τις εν λόγω χώρες της ΕΕ (IPIFF 2019).

Λαμβάνοντας υπόψη τον κανονισμό (ΕΕ) 2015/2283 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, που εκδόθηκε στις 25 Νοεμβρίου 2015, σχετικά με τα νέα τρόφιμα, καθώς και την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΕ) αριθ. 1169/2011 και την κατάργηση των κανονισμών (ΕΚ) αριθ. 258/97 και (ΕΚ) αριθ. 1852/2001, και ειδικότερα το άρθρο 12 (ΕΕ, 2022).

Ο κανονισμός (ΕΕ) 2015/2283 καθορίζει ότι μόνο νέα τρόφιμα που έχουν εγκριθεί και περιλαμβάνονται στον κατάλογο της Ένωσης μπορούν να διατίθενται στην αγορά των χωρών μελών. Σύμφωνα με το άρθρο 8 του κανονισμού (ΕΕ) 2015/2283, εκδόθηκε ο εκτελεστικός κανονισμός (ΕΕ) 2017/2470 της Επιτροπής για την κατάρτιση καταλόγου εγκεκριμένων νέων τροφίμων (ΕΕ, 2022).

Ύστερα λοιπόν από αιτήσεις της εταιρείας Fair Insects B.V. στην Επιτροπή σύμφωνα με το άρθρο 10 παράγραφος 1 του κανονισμού (ΕΕ) 2015/2283 για την έγκριση κατεψυγμένων, αποξηραμένων και σκόνης μορφών του *Acheta domesticus* όπως και του *Locusta migratoria* στην αγορά της Ένωσης ως νέα τρόφιμα.

Η Αρχή κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι κατεψυγμένες, αποξηραμένες και σκόνης μορφές του *Acheta domesticus* είναι ασφαλείς για τις προτεινόμενες χρήσεις και επίπεδα όπως και οι αντίστοιχες μορφές της *Locusta migratoria* ως σνακ και ως συστατικό σε ορισμένα διατροφικά προϊόντα για τον γενικό πληθυσμό (ΕΕ, 2021). Ως εκ τούτου, η γνώμη της Αρχής παρέχει επαρκείς λόγους για να διαπιστωθεί ότι αυτές οι μορφές πληρούν τις προϋποθέσεις διάθεσης στην αγορά σύμφωνα με το άρθρο 12 παράγραφος 1 του κανονισμού (ΕΕ) 2015/2283 (ΕΕ, 2022).

Εξίσου ενεργή με τη σειρά της και η εταιρεία Fair Insects B.V. υπέβαλε αίτηση στην Επιτροπή σύμφωνα με το άρθρο 10 παράγραφος 1 του κανονισμού (ΕΕ) 2015/2283 για την έγκριση κατεψυγμένων, αποξηραμένων και σκόνης μορφών του κίτρινου αλευροσκώληκα (*Tenebrio molitor larva*) στην αγορά της Ένωσης ως νέο τρόφιμο (ΕΕ, 2022). Η Αρχή κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι κατεψυγμένες, αποξηραμένες και σκόνης μορφές του κίτρινου αλευροσκώληκα είναι ασφαλείς για τις προτεινόμενες χρήσεις και επίπεδα, πληρούν τις προϋποθέσεις για τη διάθεσή τους στην αγορά σύμφωνα με το άρθρο 12 παράγραφος 1 του κανονισμού (ΕΕ) 2015/2283 (ΕΕ, 2022).

Ακολουθεί η εταιρεία Ynsect NL B.V. (προηγουμένως γνωστή ως Proti-Farm Holding NV) όπου αιτείται την έγκριση διάθεσης στην αγορά της ΕΕ κατεψυγμένων, πάστας, αποξηραμένων και σε μορφή σκόνης προνυμφών του είδους *Alphitobius diaperinus* (μικρό αλευροσκουλήκι) ως νέο τρόφιμο. Στη γνωμοδότησή της, η Αρχή παρέχει επαρκείς λόγους για να υποστηριχθεί ότι οι κατεψυγμένες, πάστας, αποξηραμένες και σε μορφή σκόνης προνύμφες του *Alphitobius diaperinus* πληρούν τις απαιτήσεις για διάθεση στην αγορά, σύμφωνα με το άρθρο 12 παράγραφος 1 του κανονισμού (ΕΕ) 2015/2283.

5.3 Πρωτεΐνες εντόμων ως συμπληρωματική πρωτεΐνη στις ζωοτροφές

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει η βιομηχανία πουλερικών είναι η παροχή τροφής που χρειάζεται να περιέχει όλα τα διατροφικά συστατικά που απαιτούνται για την ταχεία ανάπτυξη σε σύντομο χρονικό διάστημα (Oyegoke O. *et al.*, 2006). Το σογιάλευρο, η κύρια πηγή πρωτεΐνης, παρέχεται μαζί με το ιχθυάλευρο, το οποίο καλύπτει την ανεπάρκεια αμινοξέων (ΑΟ) που σχετίζεται με τις φυτικές πρωτεΐνες. Ωστόσο, αυτές οι δύο πηγές ζωοτροφών έχουν προβλήματα, γεγονός που καθιστά τα έντομα μια όλο και πιο ελκυστική επιλογή τροφής για τα πουλερικά (Makinde O.J, 2015). Η πρωτεΐνη των εντόμων περιλαμβάνει τα απαραίτητα ΑΟ (λυσίνη, μεθειονίνη και λευκίνη) τα οποία είναι περιορισμένα σε πρωτεΐνες φυτικής προέλευσης. Τα υψηλά επίπεδα πρωτεΐνης (40-44%) και τα προφίλ ΑΑ είναι καλύτερα από το σόγιαλευρο και είναι συγκρίσιμο με το ιχθυάλευρο (IPIFF 2019).

Τα πιο χρησιμοποιούμενα είδη εντόμων στις ζωοτροφές είναι η «μαύρη μύγα», ο «κίτρινος αλευροσκώληκας» και οι προνύμφες της κοινής «οικιακής μύγας». Οι δυνατότητες τροφοδοσίας με πρωτεΐνες εντόμων σε ορισμένα ζωικά είδη είναι πλέον σε ισχύ χάρη στην άρση κάποιων κανόνων της ΕΕ για την «απαγόρευση χρήσης εντόμων σε ζωοτροφές». Οι πρωτεΐνες που προέρχονται από έντομα επιτρέπονται πλέον για χρήση σε χοίρους ή πουλερικά, από τις 7 Σεπτεμβρίου 2021. Ωστόσο, οι πρωτεΐνες που προέρχονται από έντομα δεν μπορούν

να συμπεριληφθούν στη διατροφή των μηρυκαστικών σύμφωνα με τον κανονισμό της ΕΕ (ΕΕ Κανονισμός 2015/ 2283) (IPIFF 2019).

Τα άγρια πτηνά και τα πουλερικά ελευθέρως βοσκής καταναλώνουν φυσικά έντομα από την τάξη των Ορθοπτέρων (*Orthoptera*). Έχει παρατηρηθεί ότι η αργινίνη και η μεθειονίνη στο *Acheta domesticus* βελτίωσαν την αναλογία μετατροπής της τροφής στις ζωοτροφές πουλερικών, γεγονός που υποστηρίζεται από πολλούς ερευνητές, όπως φαίνεται στον Πίνακα 1. Θετικά αποτελέσματα έχουν παρατηρηθεί όταν το 15% της ακρίδας (*Acridia cinerea*) (Wang D. *et al.*, 2007) ή γρύλου (*Anabrux simplex/Gryllus testaceus*) προστέθηκε στη διατροφή κοτόπουλων κρεατοπαραγωγής. (Wang D. *et al.*, 2005).

Πίνακας 1. Τα είδη εντόμων και οι διάφορες μορφές που έχουν εγκριθεί από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή βάσει του Κανονισμού (ΕΕ) Αρ. 2015/2283 για την διατροφή ζώων και τροφίμων

Insect	Inclusion (%)	% protein content in diet	References
Supplemented with fish meal			
Black soldier fly (<i>Hermetia illucens</i> , L.)	33–100	38–39	Belghit <i>et al.</i> (2019)
	18.5–37.5	50.20–50.87	Caimi <i>et al.</i> (2020)
	10–50	39.98–40.27	Cardinaletti <i>et al.</i> (2019)
	10–30	49.03 – 49.88	Terova <i>et al.</i> (2019); Terova <i>et al.</i> (2019)
	10–60	-	Gaudio <i>et al.</i> (2021)
	14.5–29	18.1	Vongvichith <i>et al.</i> (2020)
	-	39	Li <i>et al.</i> (2020)
	25–75	4.76–5.66	Fawole <i>et al.</i> (2020)
	-	50–51	Huyben <i>et al.</i> (2019)
	-	56.01	Fisher <i>et al.</i> (2020)
10–30	49.3–50.6	Guerreiro <i>et al.</i> (2020)	
20	46.1–55.4	Basto <i>et al.</i> (2020)	
House cricket (<i>Acheta domesticus</i>)	15	47.18	Estévez <i>et al.</i> (2022)
Yellow Mealworm (<i>Tenebrio molitor</i>)	50	41–54	Antonopoulou <i>et al.</i> (2019)
	20	56.3–68.9	Basto <i>et al.</i> (2020)
	5–20	43.07–44.25	Chemello <i>et al.</i> (2020)
	5–25	48.5	Rema <i>et al.</i> (2019)
	-	30.95–34.13	Tubin <i>et al.</i> (2020)
-	47	Hoffmann <i>et al.</i> (2020)	
Locusta migratoria meal	20	24.2	Basto <i>et al.</i> (2020)
Black soldier fly (<i>Hermetia illucens</i> , L.) and yellow mealworm (<i>Tenebrio molitor</i>)	18	43–44	Melenchón <i>et al.</i> (2022)
-	16.3	Gasco <i>et al.</i> (2019)	
Nauphoeta cinerea meal, Zophobas morio larvae meal, Gromphadorhina portentosa meal. (NOT APPROVED FOR ANIMAL FEED)	10	31.30–36.29	Fontes <i>et al.</i> (2019)

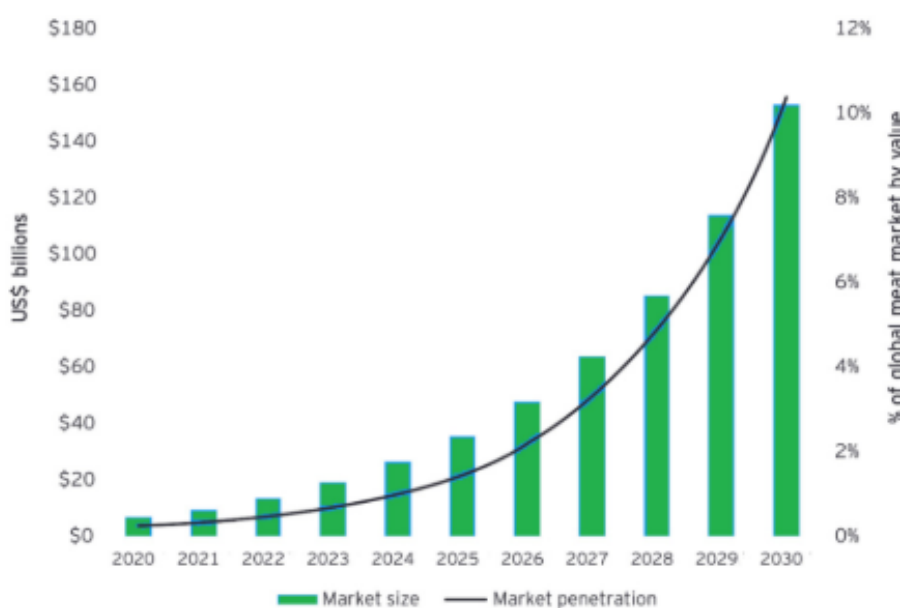
ANIMAL FEED)			
Gryllus assimilis meal	10	31.30–36.29	Fontes et al. (2019)
Tenebrio molitor larvae meal			
Supplemented with animal feed			
Black soldier fly (<i>Hermetia illucens</i> , L.)	-	-	Biasato et al. (2019)
	3–9	20.1–24.8	Gariglio et al. (2019)
	7.3–14.6		Moniello et al. (2019)
	10–15	19.5–20	Dalle Zotte et al. (2019)
	10	80.6–87.0	Cullere et al. (2019)
	25–100	18.5–19.2	Mbhele et al. (2019)
	11–55	43.90	Onsongo et al. (2018)
	4–8	14.53	Yu et al. (2019)
	-	27.2	Sypniewski et al. (2020)

Από μελέτες, που πραγματοποιήθηκαν σε χοίρους, παρατηρήθηκε πως η κατανάλωση τροφής με βάση τη «μαύρη μύγα» με 4–8% πλήρες λίπος σε συνδυασμό με τα συμβατικά γεύματά τους, προκάλεσε αυξημένη ομοιόσταση του ανοσοποιητικού βλεννογόνου, λόγω της εναλλαγής του αριθμού των βακτηρίων και των μεταβολιτών τους. Είναι ένα είδος εντόμου γνωστό για την υψηλή περιεκτικότητά του σε πρωτεΐνες και θρεπτικά συστατικά (*Hermetia illucens*), χρησιμοποιείται ως υποπροϊόν για την παραγωγή αλεύρου. Αυτά τα υποπροϊόντα μετατρέπονται σε άλευρο εντόμων (insect meal), το οποίο χρησιμοποιείται στη ζωοτροφή. Το άλευρο εντόμων από τη μαύρη μύγα χρησιμοποιείται ως υποκατάστατο για τα παχυντικά υποκατάστατα γάλακτος, που είναι συνήθως μείγματα γαλακτικών προϊόντων και λιπών για τη διατροφή των ζώων. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να αντικαταστήσει τα παραδοσιακά συστατικά που χρησιμοποιούνται για την πάχυνση των υποκατάστατων γάλακτος. Επιπλέον, το άλευρο εντόμων χρησιμοποιείται ως συμπληρωματική τροφή για νεαρά ζώα, προσφέροντας επιπλέον θρεπτικά συστατικά που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξή τους. (Yu M. et al., 2019). Επίσης, τα μηρυκαστικά δεν μπορούν να λαμβάνουν διαίτα με βάση τα έντομα, σύμφωνα με τον Κανονισμό της ΕΕ (Κανονισμός ΕΕ 2015/2283) (Astuti D.A. & K.G. Wiryawan, 2022; Renna M. et al. ., 2022)

Κεφάλαιο 6.

Αποδοχή από τους καταναλωτές

Ένα σημαντικό μέρος του πληθυσμού είναι πλέον πιο διατεθειμένο να υιοθετήσει χορτοφαγικές, ευέλικτες και vegan δίαιτες. Ως αποτέλεσμα, αυτή η μετατόπιση της καταναλωτικής ζήτησης αποτελεί τη μεγαλύτερη κινητήρια δύναμη στην αγορά σήμερα. Η τρέχουσα αγορά εναλλακτικών πρωτεϊνών, που εκτιμάται στα περίπου 2,2 δισεκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ, αναμένεται να συνεχίσει να αυξάνεται και να φτάσει σε μέγεθος άνω των 150 δισεκατομμυρίων δολαρίων ΗΠΑ έως το 2030 (Εικόνα 15) (Kent G. *et al.*, 2022).



Εικόνα 15. Προβολή ανάπτυξης της αγοράς εναλλακτικών πρωτεϊνών. Προσαρμογή από την EY Parthenon Analysis, 2021 (EY Parthenon Analysis. Protein Reimagined, 2021)

6.1 Εναλλακτικές πρωτεΐνες και αποδοχή

Σε μια πρόσφατη έρευνα του HSG FoodTech Lab στο Πανεπιστήμιο St.Gallen, το 54% των καταναλωτών ανέφεραν ότι είναι πρόθυμοι να αντικαταστήσουν το κρέας με εναλλακτικές πηγές πρωτεΐνης. Οι επιστήμονες του Πανεπιστημίου του Wageningen σημείωσαν επίσης ότι οι παράγοντες που επηρεάζουν την ευρεία υιοθέτηση εναλλακτικών πηγών πρωτεΐνης σχετίζονται κυρίως με το προϊόν, συμπεριλαμβανομένης της γεύσης, της ευκολίας, των περιβαλλοντικών οφελών, της εμφάνισης και της υγείας. Καθώς αυξάνεται η ζήτηση για εναλλακτικές πρωτεΐνες, οι λύσεις της επιστήμης και της τεχνολογίας τροφίμων θα παίξουν κρίσιμο ρόλο στην ενίσχυση των πρωτεϊνών και των σχετικών ιδιοτήτων των προϊόντων, προσφέροντας περισσότερες επιλογές στους καταναλωτές που επιθυμούν να διαφοροποιήσουν τη διατροφή τους ή να ακολουθήσουν μια ευέλικτη προσέγγιση στην πρόσληψη πρωτεΐνης (Ziyne Boz, 2023).

Αντίστοιχα, η βιομηχανία τροφίμων προσπαθεί να ακολουθήσει τη ζήτηση, τροποποιώντας τις συνταγές των προϊόντων και χρησιμοποιώντας διάφορες τεχνολογίες επεξεργασίας τροφίμων για την παραγωγή βιώσιμων προϊόντων εναλλακτικών πρωτεϊνών, παρά τις προκλήσεις που υπάρχουν στην εμπορευματοποίησή τους (Ziynet Boz ,2023).

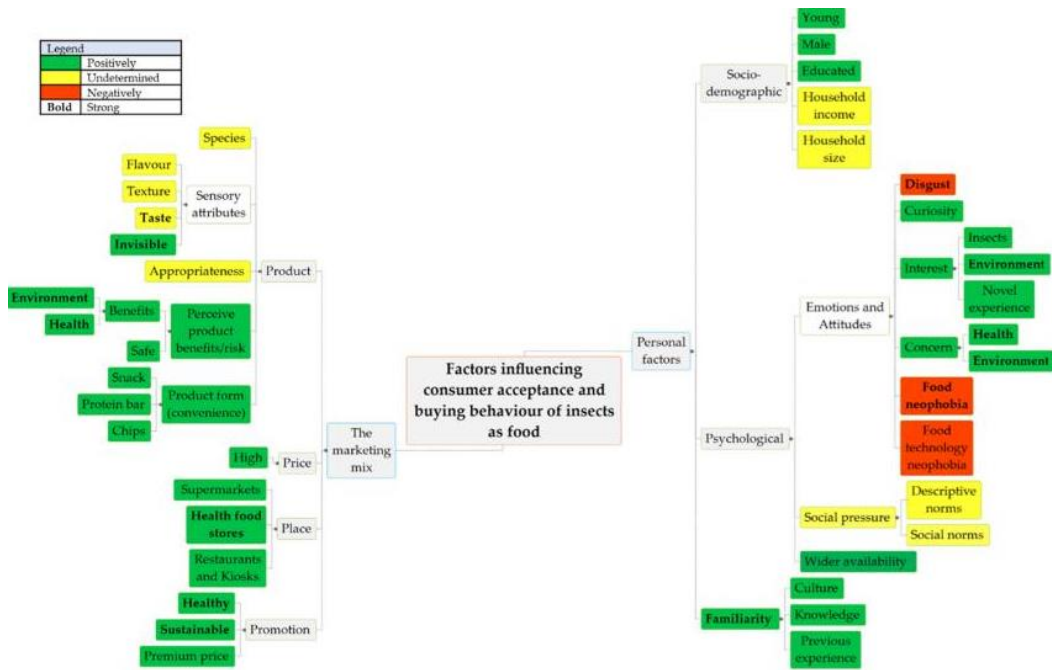
Παρά το γεγονός ότι οι ευκαιρίες για εναλλακτικές πηγές πρωτεΐνης, όπως τα φυτά, τα έντομα και άλλες νέες πηγές πρωτεΐνης, έχουν αυξηθεί τόσο στις αναπτυσσόμενες όσο και στις ανεπτυγμένες αγορές, μελέτες έχουν δείξει την ύπαρξη αντίστασης από ένα σημαντικό μέρος του πληθυσμού προς αυτές τις πηγές (Bashi Z., *et al.*, 2019; Lähteenmäki-Uutela A., 2021; Balfany C. *et al.*, 2023). Η τροφική νεοφοβία (η απροθυμία να δοκιμάσουμε νέα τρόφιμα) και η αίσθηση προκατειλημμένης αποστροφής προς συγκεκριμένους εναλλακτικούς τομείς πρωτεϊνών, όπως οι πρωτεΐνες με βάση τα έντομα και οι καλλιεργημένες πρωτεΐνες, έχουν αναγνωριστεί ως οι δύο κύριοι παράγοντες που εμποδίζουν την ανάπτυξη της αγοράς (Siegrist M. & Hartmann C., 2023; Wood & Tavan, 2022).

Ειδικότερα, μη επιθυμητές οργανοληπτικές ιδιότητες, όπως οι άχαρες γεύσεις και η δυσάρεστη υφή, έχουν επίσης αναφερθεί ως εμπόδια όσον αφορά την αποδοχή των εναλλακτικών πρωτεϊνών (Malek & Umberger, 2023; Mancini & Antonioli, 2019). Το ενδιαφέρον της αγοράς έχει οδηγήσει την έρευνα και την ανάπτυξη προς την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων και την εξασφάλιση ευρείας πρόσβασης και αποδοχής των εναλλακτικών πρωτεϊνών.

Το ενδιαφέρον για τη διερεύνηση της αποδοχής των εντόμων ως τροφής από τους καταναλωτές έχει αυξηθεί σημαντικά την τελευταία δεκαετία. Εντοπίσαμε τέσσερις ανασκοπήσεις σε αυτό το θέμα με διαφορετικές προσεγγίσεις, στόχους και κριτήρια. Οι προηγούμενες ανασκοπήσεις επικεντρώθηκαν σε ανεπτυγμένες χώρες, χωρίς να χρησιμοποιούν ένα συνεπές πλαίσιο για την αναφορά των αποτελεσμάτων. Μία εξαίρεση ήταν μελέτες των Onwezen *et al.*, που υιοθέτησαν το πλαίσιο του Siegrist για την αποδοχή των νέων τροφίμων από τους καταναλωτές. (Van Huis A., 2020; Mancini S. *et al.*, 2019; Onwezen M.C. *et al.*, 2021; Siegrist M., 2008).

Όσο γνωρίζουμε, μόνο δύο συγκεκριμένα πλαίσια έχουν αναπτυχθεί για την ανάλυση των παραγόντων που επηρεάζουν την αποδοχή της κατανάλωσης εντόμων από τους καταναλωτές. Το πλαίσιο των Lensvelt και Steenbekkers, για την αποδοχή της εντομοφαγίας από τους καταναλωτές προσδιόρισε τρεις κατηγορίες: (1) χαρακτηριστικά προϊόντος (π.χ. τιμή, ποιότητα, οφέλη/κίνδυνοι για την υγεία, φυσικότητα και ευκολία), (2) εμπιστοσύνη και κοινωνικοί κανόνες, και (3) ψυχολογικούς παράγοντες (στάσεις και κουλτούρα). Επίσης, οι Kauppi *et al.* προσδιόρισαν δύο κατηγορίες: παράγοντες καταναλωτή και εμπορικές δυνατότητες του προϊόντος. (Lensvelt E. & Steenbekkers L.P., 2014; Kauppi S.-M., Pettersen I.N. & Boks C., 2019).

Στην εικόνα 16, απεικονίζονται οι παράγοντες που επηρεάζουν την αποδοχή και την αγοραστική συμπεριφορά των καταναλωτών για τρόφιμα από έντομα. Αυτοί θα μπορούσαν να ταξινομηθούν σε (i) προσωπικούς παράγοντες (κοινωνικο-δημογραφικοί, ψυχολογικοί και αξιολογικοί) και (ii) τα στοιχεία του μείγματος μάρκετινγκ (προϊόν, τιμή, προώθηση και τόπος).



Εικόνα 15. Παράγοντες που επηρεάζουν την αποδοχή των καταναλωτών και την αγοραστική συμπεριφορά των εντόμων ως τροφής (Laroche M. et al., 2019)

Τα βρώσιμα έντομα θα μπορούσαν να συμβάλουν στην επίλυση σημαντικών παγκόσμιων ζητημάτων, όπως η επισιτιστική ανασφάλεια και η υπερθέρμανση του πλανήτη. Ωστόσο, η αποδοχή των καταναλωτών παραμένει χαμηλή, ιδίως στις δυτικές και ανεπτυγμένες χώρες, όπου έχουν πραγματοποιηθεί οι περισσότερες αναθεωρημένες μελέτες.

Θεωρείται πως περισσότερη έρευνα χρειάζεται για την εξερεύνηση της πιθανής αγοράς αυτής της εναλλακτικής πηγής πρωτεΐνης σε διάφορα πλαίσια, τόσο στις ανεπτυγμένες όσο και ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες. Οι αναπτυσσόμενες χώρες είναι πιο πιθανό από τις πλούσιες χώρες να επηρεαστούν σοβαρά από την επισιτιστική ανασφάλεια και την κλιματική αλλαγή (Alhujaili A. et al., 2023).

6.2 Ηθική και εναλλακτικές πρωτεΐνες

Το καλλιεργημένο κρέας παράγεται με την καλλιέργεια ζωικών κυττάρων σε εργαστήριο, πράγμα το οποίο δημιουργεί ανησυχίες ότι η διαδικασία λήψης κυττάρων από ζώα για την παραγωγή καλλιεργημένου κρέατος μπορεί να βλάψει τα ζώα αυτά.

Παρά το γεγονός ότι το καλλιεργημένο κρέας προωθείται ως ένας πιο ηθικός τρόπος παραγωγής κρέατος χωρίς σφαγή, η λήψη των αρχικών κυττάρων μπορεί να προκαλέσει πόνο ή δυσφορία στα ζώα. Υπάρχουν ανησυχίες ότι η βιομηχανία των εναλλακτικών πηγών πρωτεΐνης, όπως το καλλιεργημένο κρέας, μπορεί να ελεγχθεί από επιχειρηματικούς παράγοντες που ενδιαφέρονται κυρίως για το κέρδος και όχι για την ηθική ευημερία των ζώων ή των καταναλωτών. Ωστόσο, από την άλλη μεριά, οι πρωτοπόροι σε αυτόν τον τομέα, οι οποίοι συχνά είναι vegan και προωθούν αυτές τις τεχνολογίες για ηθικούς λόγους (όπως η μείωση της κακομεταχείρισης των ζώων και η προστασία του περιβάλλοντος), μπορεί να δουν τα οράματά τους να υπονομεύονται αν η βιομηχανία ελεγχθεί από άτομα ή εταιρείες με διαφορετικές προτεραιότητες (Bryant C. & Barnett J., 2018, Circus V.E. & Robison R., 2019) (Van der Weele C. & Driessen C., 2019, Stephens N. et al., 2018). Ωστόσο, φαίνεται πιο συνηθισμένο οι καταναλωτές να έχουν γενικές ηθικές ανησυχίες για το καλλιεργημένο κρέας,

οι οποίες πιθανόν να σχετίζονται με την αίσθηση της αφύσικότητας (Circus V.E. & Robison R., 2019).

Οι Koch et al. (Koch J. et al., 2018) διαπίστωσαν ότι ένας βασικός μηχανισμός που οδήγησε στην απόρριψη του καλλιεργημένου κρέατος ήταν η ηθική αποστροφή, η οποία συνδέεται με την παραβίαση κανόνων. Σχετικά, οι Bryant et al. (Bryant C. et al., 2019) βρήκαν σημαντικά υψηλότερα επίπεδα αποδοχής του καλλιεργημένου κρέατος από «κανονικά» ζωικά είδη τροφίμων (όπως αγελάδες, χοίρους, κοτόπουλα και ψάρια στη Δύση) σε σύγκριση με το καλλιεργημένο κρέας από ζώα που δεν καταναλώνονται συνήθως στον πολιτισμό, όπως άλογα και σκύλοι.

Παρά το γεγονός ότι δεν υπάρχει ουσιαστική ηθική διαφορά μεταξύ της κατανάλωσης καλλιεργημένου κρέατος από χοίρο και καλλιεργημένου κρέατος από σκύλο, είναι προφανές ότι η ασυνήθιστη φύση του τελευταίου καθιστά λιγότερους τους ανθρώπους που θα ήταν διατεθειμένοι να το καταναλώσουν. Αυτό το εύρημα είναι σημαντικό διότι υποδηλώνει ότι, ενώ οι συζητήσεις για καλλιεργημένο κρέας από ασυνήθιστα είδη είναι φιλοσοφικά ενδιαφέρουσες, τα προϊόντα από μη παραδοσιακά είδη κρέατος φαντάζει απίθανο να βρουν ευρεία καταναλωτική βάση ενώ μπορεί να προκαλέσουν ή να εντείνουν τις ηθικές ανησυχίες σχετικά με το καλλιεργημένο κρέας (Milburn J., 2016).

Συμπεράσματα

Οι εναλλακτικές πηγές πρωτεϊνών αποτελούν μια πολλά υποσχόμενη ευκαιρία για την άμβλυνση των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων που συνδέονται με τη συμβατική κτηνοτροφική παραγωγή, η οποία χαρακτηρίζεται από υψηλή κατανάλωση ενέργειας και νερού, σημαντικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και σημαντική παραγωγή αποβλήτων.

Οι εναλλακτικές πηγές πρωτεϊνών τείνουν να παράγουν λιγότερα απόβλητα, με ορισμένες ακόμα να προσφέρουν οφέλη κυκλικής οικονομίας χρησιμοποιώντας τα απόβλητα ως πηγή άλλων χρήσιμων συστατικών, η αξιοποίηση του δυναμικού τους δεν έχει ακόμα επιτευχθεί πλήρως και απαιτεί περαιτέρω έρευνα. Η δυνατότητα των εναλλακτικών πρωτεϊνών να αντικαταστήσουν τις συμβατικές πηγές πρωτεΐνης εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Χρειάζεται περισσότερη διερεύνηση η διατροφική τους συμβολή στη διατροφή των ανθρώπων και των ζώων. Πόσο ικανοποιούν τις διαιτητικές ανάγκες και προσφέρουν τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά είναι κρίσιμο για την αποδοχή τους από τους καταναλωτές.

Επιπλέον, η τιμή των εναλλακτικών πρωτεϊνών, η ρύθμιση που τυχόν υφίστανται από κρατικούς φορείς ή άλλες αρχές, καθώς και η γενική αποδοχή από την κοινωνία, παίζουν σημαντικό ρόλο. Το εάν οι καταναλωτές είναι έτοιμοι να υιοθετήσουν αυτές τις νέες πηγές πρωτεΐνης στη διατροφή τους εξαρτάται από την αναγκαιότητα, την εύκολη πρόσβαση και την αποδοχή τους. Τέλος, η επιτυχία των εναλλακτικών πρωτεϊνών εξαρτάται και από το επίπεδο επενδύσεων στην έρευνα και ανάπτυξη, την εμπορική και τεχνολογική ωριμότητα των διαθέσιμων τεχνολογιών, καθώς και από τη βιομηχανική ικανότητα να παραχθούν μεγάλες ποσότητες με βιώσιμο τρόπο.

Η παραγωγή εντόμων για τρόφιμα και ζωοτροφές προσφέρει αρκετά οφέλη σε σχέση με τα παραδοσιακά ζώα, όπως τα βοοειδή, ειδικά όταν τα έντομα τρέφονται με οργανικά απόβλητα. Ειδικότερα, τα έντομα παρέχουν υψηλής ποιότητας πρωτεΐνη, η οποία μπορεί να είναι κατάλληλη για τη διατροφή ζώων, όπως πουλερικών και άλλων ζώων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή τροφής. Ακόμη είναι σημαντικό που τα προφίλ αμινοξέων των εντόμων είναι παρόμοια με αυτά του αλεύρου σόγιας, κάνοντάς τα κατάλληλα για μερική αντικατάσταση των παραδοσιακών πηγών πρωτεΐνης στη διατροφή των ζώων για βέλτιστη απόδοση ανάπτυξης. Συνολικά, η παραγωγή εντόμων προσφέρει μια βιώσιμη εναλλακτική λύση στις συμβατικές πηγές πρωτεΐνης, με χαμηλότερο αντίκτυπο στο περιβάλλον και υψηλή διατροφική αξία για τα ζώα.

Η μικροβιακή ζύμωση προσφέρει τη δυνατότητα να μειωθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ειδικά όσον αφορά τη χρήση γης και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Οι μυκοπρωτεΐνες θα μπορούσαν εν δυνάμει να συνεισφέρουν στις διατροφικές ανάγκες, προσφέροντας μια γευστική και θρεπτική εναλλακτική λύση στο κρέας, με το πρόσθετο όφελος των ευεργετικών μικροθρεπτικών συστατικών. Ωστόσο, η ανεπαρκής βιομηχανική ικανότητα παραγωγής τέτοιων τροφίμων αποτελεί εμπόδιο για την επέκταση της μικροβιακής ζύμωσης, στην ΕΕ και αλλού.

Εν κατακλείδι, το καλλιεργημένο κρέας μπορεί να προσφέρει περιβαλλοντικά οφέλη σε σύγκριση με τις συμβατικές ζωικές πρωτεΐνες, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για την παραγωγή βοείου κρέατος. Παρόλο που η διαδικασία καλλιέργειας κρέατος απαιτεί ενέργεια, αυτή μπορεί να παραχθεί με βιώσιμο τρόπο. Η καλλιέργεια κρέατος χρησιμοποιεί λιγότερη γη και νερό και μπορεί να εκπέμπει λιγότερα αέρια θερμοκηπίου σε σύγκριση με τη συμβατική παραγωγή κρέατος.

Τα διατροφικά προφίλ του καλλιεργημένου κρέατος ενδέχεται να είναι παρόμοια με αυτά των συμβατικών ζωικών πρωτεϊνών, με δυνατότητα προσαρμογής για τη μείωση ανεπιθύμητων συστατικών όπως η χοληστερόλη και τα κορεσμένα λίπη. Ωστόσο, κανένα προϊόν καλλιέργειας κρέατος δεν έχει ακόμα εγκριθεί για την αγορά στην Ευρωπαϊκή Ένωση, καθώς επίσης υπάρχουν περιορισμοί όπως το υψηλό κόστος και η αποδοχή των καταναλωτών.

Υπάρχει συνεχής πρόοδος στην τεχνολογία παραγωγής πρωτεϊνών, μέσω εντόμων, μικροβιακής ζύμωσης και καλλιεργημένου κρέατος, με σημαντικές προκλήσεις στον τρόπο παραγωγής, στον χώρο (εκτάσεις) καθώς επίσης και στις εγκαταστάσεις. Βασικός στόχος της τεχνολογίας είναι και η αποδοχή των καταναλωτών για τις μη-συμβατικές ζωικές πρωτεΐνες, βελτιώνοντάς τες σε οικονομικό και σε γευστικό επίπεδο.

Βιβλιογραφία

Ελληνικά

Γεώργιος Κ. Παπαδόπουλος. (1998). Τεχνολογία Ζωοτροφών Ποιοτικός Έλεγχος. Αθήνα: Αθ. Σταμούλης.

Αγγλικά

A. C. Y. Lam, A. Can Karaca, R. T. Tyler and M. T. (2018). Nickerson, Pea protein isolates: Structure, extraction, and functionality, *Food Rev. Int.*, 34, 126–147.

A. Y. Hoekstra & M. M. Mekonnen (2012). The water footprint of humanity. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 109, 3232–3237. doi: 10.1073/pnas.1109936109; pmid: 22331890.

A. Raziq (2020). Single cell protein (SCP) production and potential substrates: a comprehensive review. *Pure Appl. Biol.*, 9, pp. 1743-1754. <http://dx.doi.org/10.19045/bspab.2020.90185>.

A.N. Dunuweera, D.N. Nikagolla, K. Ranganathan (2021). Fruit waste substrates to produce single-cell proteins as alternative human food supplements and animal feeds using baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*). *J. Food Qual.*, 2021 (2021), pp. 1-6. <https://doi.org/10.1155/2021/9932762>.

Aiking, H. & de Boer J. (2020). The next protein transition. *Trends Food Sci. Technol.* 105, 515– 522, DOI: 10.1016/j.tifs.2018.07.008.

Akhtar Y., Isman M.B. (2018). *Proteins in Food Processing*. 2nd ed. Elsevier Inc.; Amsterdam, The Netherlands. Insects as an Alternative Protein Source; pp. 263–288.

Alhujaili A., Nocella G. & Macready A. (2023). Insects as Food: Consumers' Acceptance and Marketing. *Feb*; 12(4): 886. Published online 2023 Feb 19. doi: 10.3390/foods12040886

Ali A, Khaliq T, Ahmad A, Ahmad S, Malik A, Rasul F. (2012). How Wheat responses to nitrogen in the field. *Crop Environ.* 3:71–6.

Anton M. & Gandemer G. (1997). Composition, Solubility and Emulsifying Properties of Granules and Plasma of Egg Yolk. *J. Food Sci.* 62:484–487. doi: 10.1111/j.1365-2621.1997.tb04411.x.

Anton M. Egg yolk (2013): Structures, functionalities and processes. *J. Sci. Food Agric.* 93:2871–2880. doi: 10.1002/jsfa.6247.

Astrup A, Raben A, Geiker N. (2015). The role of higher protein diets in weight control and obesity-related comorbidities. *Int J Obes (Lond)* 39(5):721–6.

- B. Henderson, Gerber, P. J., Hilinski, T. E., Falcucci, A., Ojima, D. S., Salvatore, M., & Conant, R. T. (2015). Greenhouse gas mitigation potential of the world's grazing lands: Modeling soil carbon and nitrogen fluxes of mitigation practices. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 207, 91–100. doi:10.1016/j.agee.2015.03.029.
- Balfany C., Gutierrez J., Moncada M. & Komarnytsky S. Current Status and Nutritional Value of Green Leaf Protein. *Nutrients* 2023, 15, 1327. <https://doi.org/10.3390/nu15061327>.
- Ballke, C. (2014). The new novel food regulation - reform 2.0. *European Food and Feed Law Review*, 9, 285–292.
- Bajić B., Vučurović D., Vasić D., Jevtić-Mučibabić R. & Dodić S. (2023). Biotechnological Production of Sustainable Microbial Proteins from Agro-Industrial Residues and By-Products. 2023 Jan; 12(1): 107. Published online 2022 Dec 25. doi: 10.3390/foods12010107.
- Bashi Z., Mccullough R., Ong L. & Ramirez M. (2019). Alternative Proteins: The Race for Market Share Is on. 2019. Available online: <https://www.mckinsey.com/industries/agriculture/our-insights/alternative-proteins-the-race-for-market-share-is-on> (accessed on 12 July 2023).
- Bendtsen LQ, Lorenzen JK, Bendtsen NT, Rasmussen C, Astrup A. (2013). Effect of dairy proteins on appetite, energy expenditure, body weight, and composition: a review of the evidence from controlled clinical trials. *Adv Nutr.* 4(4):418–38.
- Berghout J., Boom R.M. & van der Goot A.J. (2014). The potential of aqueous fractionation of lupin seeds for high-protein foods. *Food Chemistry*, 159, 64–70.
- Blanter M, Cambier S, De Bondt M, Vanbrabant L, Pörtner N, Abouelasrar Salama S, Metzemaekers M, Marques PE, Struyf S, Proost P and Gouwy M (2022) Method Matters: Effect of Purification Technology on Neutrophil Phenotype and Function. *Front. Immunol.* 13:820058. doi: 10.3389/fimmu.2022.820058
- Bose U., Broadbent J. A., Byrne K., Hasan S., Howitt C. A. & Colgrave M. L. (2019). Optimisation of protein extraction for in-depth profiling of the cereal grain proteome. *Journal of Proteomics*. doi:10.1016/j.jprot.2019.02.009.
- Boye J.I. & Barbana C. (2012). Protein processing in food and bio-product manufacturing and techniques for analysis. In: *Food and Industrial Bioproducts and Bioprocessing*. Pp. 85–114 Chapter: 3. New York: Wiley-Blackwell.
- Breiman A & Graur D. (1995). Wheat evolution. *Israel J Plant Sci.* 43:85–98. doi: 10.1080/07929978.1995.10676595.
- Broom L.J. & Kogut M.H. (2018). The role of the gut microbiome in shaping the immune system of chickens. doi.org/10.1016/j.vetimm.2018.10.002.
- Bryant C. & Barnett J. (2018)/ Consumer acceptance of cultured meat: A systematic review. *Meat Sci.* 2018, 143, 8–17.
- Bryant C., Szejda K. & Parekh N. (2019). Desphande, V.; Tse, B. A Survey of Consumer Perceptions of Plant-Based and Clean Meat in the USA, India, and China. *Front. Sustain. Food Syst.* 2019, 3.

Burnett D.D., Legako J.F., Phelps K.J., Gonzalez J.M. (2020). Biology, strategies, and fresh meat consequences of manipulating the fatty acid composition of meat. *J. Anim. Sci.* 98:033. doi: 10.1093/jas/skaa033.

Calder, P. C. (2004). n-3 fatty acids and cardiovascular disease: Evidence explained and mechanisms explored. *Clin. Sci.*, 107: 1–11.

Carbonaro M. Nutraceutical perspectives of pulses. In: Tiwari B.K., Gowen A., Mckenna B., editors. *Pulse Foods: Processing, Quality and Nutraceutical Applications*. 2nd ed. Academic Press; Cambridge, MA, USA: Elsevier; Oxford, UK: 2021. pp. 423–460.

Chatterjee I.B. (1973). Evolution and the biosynthesis of ascorbic acid. *Science*. 182:1271–1272. doi: 10.1126/science.182.4118.1271.

Circus V.E. & Robison R. (2019). Exploring perceptions of sustainable proteins and meat attachment. *Br. Food J.* 2019, 121, 533–545.

Costa-Neto E.M. & Dunkel E.V. (2016). Insects as Food: History, Culture, and Modern Use around the World. In: Dossey A.T., Morales-Ramos J.A., Rojas M.G., editors. *Insects as Sustainable Food Ingredients*. 1st ed. Academic Press; Cambridge, MA, USA. pp. 29–60.

COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) 2022/188. (2022). Authorising the placing on the market of frozen, dried and powder forms of *Acheta domesticus* as a novel food under Regulation (EU) 2015/2283 of the European Parliament and of the Council, and amending Commission Implementing Regulation (EU) 2017/2470.

COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) 2021/1975. (2021). authorising the placing on the market of frozen, dried and powder forms of *Locusta migratoria* as a novel food under Regulation (EU) 2015/2283 of the European Parliament and of the Council and amending Commission Implementing Regulation (EU) 2017/2470.

COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) 2022/169. (2022). authorising the placing on the market of frozen, dried and powder forms of yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food under Regulation (EU) 2015/2283 of the European Parliament and of the Council and amending Commission Implementing Regulation (EU) 2017/2470.

Council N. (2012). *Nordic Nutrition Recommendations 2012: Integrating Nutrition and Physical Activity*. Nordic Co-Operation; Copenhagen, Denmark: 2014

Cumberlege, T., Blenkinsopp T. & J. Clark (2016). “Assessment of environmental impact of FeedKind protein,” Carbon Trust.

Czerwonka M., Tokarz A. (2017). Iron in red meat—friend or foe. *Meat Sci.*123:157–165. doi: 10.1016/j.meatsci.2016.09.012.

Dewan, A., Khatkar, B.S. Wheat polymeric proteins isolation and characterization: microstructural, thermal, configurational and spectroscopic approach. *Eur Food Res Technol* 249, 1797–1806 (2023). <https://doi.org/10.1007/s00217-023-04254-5>

D. Scollan, Paul L. Greenwood, Charles James Newbold & David R Yáñez-Ruiz. (2011). Future research priorities for animal production in a changing world. *Production Science*, 51, 1–5.

D. Tilman & M. Clark (2014). Global diets link environmental sustainability and human health. *Nature* 515, 518–522. doi: 10.1038/nature13959; pmid: 25383533.

D. Tilman, K. G. Cassman, P. A. Matson, R. Naylor, S. Polasky, Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418, 671–677. doi: 10.1038/nature01014; pmid: 12167873.

D. Wang, S.W. Zhai, C.X. Zhang, Q. Zhang, H. Chen.(2007).Nutrition value of the Chinese grasshopper *Acrida cinerea* (Thunberg) for broilers.

D. Wang, S.W. Zhai, C.X. Zhang, Y.Y. Bai, S.H. An & Y.N. Xu.(2005).Evaluation on nutritional value of field crickets as a poultry feedstuff.

D.A. Astuti & K.G. Wiryawan. (2022).Black soldier fly as feed ingredient for ruminants *Animal Bioscience*, 35 (2), p. 356<https://doi.org/10.5713/2022-0460>

DeFoliart G.R. (1989).The human use of insects as food and as animal feed. *Bull. Entomol. Soc. Am.* 35, 22–36.

Dhiman, A., Thakur, K., Parmar, V. *et al.* New insights into tailoring physicochemical and techno-functional properties of plant proteins using conventional and emerging technologies. *Food Measure* 17, 3845–3873 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11694-023-01919-3>

Ding J., Zhao L., Wang L., Zhao W., Zhai Z., Leng L., Wang Y., He C., Zhang Y., Zhang H., Li H., Meng H. (2016). Divergent selection-induced obesity alters the composition and functional pathways of chicken gut microbiota *Genet. Sel. Evol.*, 48, p. 93, 10.1186/s12711-016-0270-5.

Dr. Ziyneet Boz, PhD. (2023). Alt-proteins: A promising future. https://doi.org/10.1002/fsat.3701_10.x.

Dyerberg, J. (1985). Coronary health aspects of fish food lipids. *Voeding*, 46: 388–391.

Enzing C., M. Ploeg, M. Barbosa, L. & Sijtsma (2014). Microalgae-based products for the food and feed sector: An outlook for Europe. JRC Scientific and Policy Reports. Publications Office of the European Union.

European Commission (2020). Communication from the commission to the European parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions. A Farm to Fork Strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system. COM/2020/381 final.

European Commission EC COMMUNICATION. (2011).Roadmap to a Resource Efficient Europe; European Commission: Brussels, Belgium. p. 32.

EY Parthenon Analysis. Protein Reimagined. 2021. Available online: https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/eycom/en_us/topics/food/ey-alternative-proteins-by-ey.pdf?download (accessed on 4 November 2023).

Ezaki O., Sakono M., Miyake M., Mito N. (2005). Concepts for Reference Intake of Cholesterol in the Japanese Population. *J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.* 58:69–83. doi: 10.4327/jnsnfs.58.69.

FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021). Looking at Edible Insects from a Food Safety Perspective. Challenges and Opportunities for the Sector. FAO; Rome, Italy.

FAO, “Livestock’s Long Shadow,” (FAO, 2006)

Fao. (2016). Plates, pyramids and planets. Developments in national healthy and sustainable dietary guidelines: A state of play assessment. <http://www.fao.org/3/i5640e/I5640E.pdf> Accessed 25 June 2020.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (1999). Women: Users, Preservers and Managers of Agrobiodiversity; FAO: Rome, Italy, <http://www.fao.org/3/y5609e/y5609e02.htm>.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). How to Feed the World in 2050: High-Level Expert Forum; FAO: Rome, Italy, Oct 12–13, 2009.

Food D. (2020) Frida Food Data. [(accessed on 2 September 2020)].

Fox, T. E., Van den Heuvel, E. G., Atherton, C. A., Dainty, J. R., Lewis, D. J., Langford, N. J., et al. (2004). Bioavailability of selenium from fish, yeast and selenate: A comparative study in humans using stable isotopes. *European Journal of Clinical Nutrition*, 58 (2), 343–349.

G. Eshel, A. Shepon, T. Makov, R. (2014). Milo, Land, irrigation water, greenhouse gas, and reactive nitrogen burdens of meat, eggs, and dairy production in the United States. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 111, 11996–12001. doi: 10.1073/pnas.1402183111; pmid: 25049416.

Gerber P.J., Steinfeld H., Henderson B., Mottet A., Opio C., Dijkman J., Falcucci A., & Tempio G. (2013). Tackling climate change through livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Rome: FAO.

Gilbert JA, Bendtsen NT, Tremblay A, Astrup A. (2011). Effect of proteins from different sources on body composition. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 21(Suppl 2):B16–31.

Grossmann L., Hinrichs J., & Weiss J. (2020). Cultivation and downstream processing of microalgae and cyanobacteria to generate protein-based technofunctional food ingredients. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60, 2961–2989.

Hafiz Muhammad Aamir Shahzad, Zukhruf Asim, Khaled A. Mahmoud, Omer M.A. Abdelhadi, Fares Almomani, Kashif Rasool (2024). Optimizing cultural conditions and pretreatment for high-value single-cell protein from vegetable waste, 189, 685-692. doi.org/10.1016/j.psep.2024.06.139

Harwatt, H. (2018). Including animal to plant protein shifts in climate change mitigation policy: a proposed three-step strategy. *Climate Policy*, 1–9. doi:10.1080/14693062.2018.152896.

Hays V.W. & Swenson M.J. (1985). Minerals and Bones. In: *Dukes’ Physiology of Domestic Animals*. 10th ed. London, UK: Cornell University Press;. pp. 449-466.

Hermann JR. (2002). Protein and the Body. Oklahoma Cooperative Extension Service, Division of Agricultural Sciences and Natural Resources. Oklahoma State University: T–3163–1 – T–3163–4.

Herrero, M., Gerber, P., Vellinga, T., Garnett, T., Leip, A., Opio, C., McAllister, T. A. (2011). Livestock and greenhouse gas emissions: The importance of getting the numbers right. *Animal Feed Science and Technology*, 166-167, 779–782. doi: 10.1016/j.anifeeds.2011.04.083.

Hildebrand G., Poojary M. M., O'Donnell C., Lund M., Garcia-Vaquero M., & Tiwari B. (2020). Ultrasound-assisted processing of *Chlorella vulgaris* for enhanced protein extraction. *Journal of Applied Phycology*, 32, 1709–1718.

Holick, M. F. (2008). Sunlight, vitamin D and health: A D-lightful story. In E. Bjertness (Ed.), *Solar radiation and human health*. Oslo, Norway: Norwegian Academy of Science and Letters, p. 147.

Hosen M., Rahman Khan A., Hossain M. (2004). Growth and Development of the Lesser Mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae) on Cereal Flours. *Pak. J. Biol. Sci.* 7, 1505–1508.

Huamaní-Perales, C., Vidaurre-Ruiz, J., Salas-Valerio, W. *et al.* A review of techno-functional properties of legume proteins and their potential for development of new products. *Eur Food Res Technol* 250, 2069–2092 (2024). <https://doi.org/10.1007/s00217-024-04536-6>.

Hurrell R.F., Reddy M.B., Juillerat M., Cook J.D. (2006). Meat Protein Fractions Enhance Nonheme Iron Absorption in Humans. *J. Nutr.* 136:2808–2812. doi: 10.1093/jn/136.11.2808.

H. Charles J. Godfray *et al.*, Meat consumption, health, and the environment. *Science* 361, eaam5324 (2018). DOI: [10.1126/science.aam5324](https://doi.org/10.1126/science.aam5324)

International Platform for Insects as Food and Feed. (2018). The European insect sector today: Challenges, opportunities and regulatory landscape. IPIFF vision paper on the future of the insect sector towards 2030. http://ipiff.org/wp-content/uploads/2018/11/Web-version_IPIFF_Sustainability-consult_Brochure-31-10-1.pdf Accessed 31 January 2020.

International Platform for Insects as Food and Feed. (2019). Regulation (EU) 2015/2283 on novel foods. Briefing paper on the provisions relevant to the commercialization of insect-based products intended for human consumption in the EU. V.2 Brussels, August 2019. http://ipiff.org/wp-content/uploads/2019/08/ipiff_briefing_update_03.pdf Accessed 25 June 2020.

Ismail B.P., Senaratne-Lenagala L., Stube A. & Brackenridge A. (2020). Protein demand: review of plant and animal proteins used in alternative protein product development and production. *Animal Frontiers*, 10, 53–63.

Jawa V, Terry F, Gokemeijer J, Mitra-Kaushik S, Roberts BJ, Tourdot S and De Groot AS (2020) T-Cell Dependent Immunogenicity of Protein Therapeutics Pre-clinical Assessment and Mitigation—Updated Consensus and *Front Immunol.* 11:1301. doi: 10.3389/fimmu.2020.01301

J. Khumchai, A. Wongchai, R. Onuma, A. Sabour, M. Alshiekheid, M. Narayanan, I. Karuppusamy, A. Pugazhendhi, K. Brindhadevi, N. Chi (2022). A viable bioremediation strategy for treating paper and pulp industry effluents and assessing the prospect of resulted bacterial biomass as single cell protein (SCP) using indigenous bacterial species. *Chemosphere*, 304, Article 135246.

K. Smith, A. W. Watson, M. Lonnie, W.M. Peeters, D. Oonincx, N. Tsoutsoura, G. Simon-Mique, K. Szepe, N. Cochetel, A. G. Pearson, O. C. Witard, A. M. Salter, M. Bennett & B. M. Corfe (2023). Meeting the global protein supply requirements of a growing and ageing population. Received: 8 December 2023 / Accepted: 17 February 2024. *European Journal of Nutrition* <https://doi.org/10.1007/s00394-024-03358-2>.

K. Spalvins, L. Zihare, D. Blumberga. (2018). Single cell protein production from waste biomass: comparison of various industrial by-products. *Energy Procedia*, 147, pp. 409-418.

K. Spalvins, Z. Geiba, Z. Kusnere, D. Blumberga. (2020). Waste cooking oil as substrate for single cell protein production by yeast *Yarrowia lipolytica*. *Environ. Climate Technol.*, 24 (3), pp. 457-469. <https://doi.org/10.2478/rtuct-2020-0116>.

Kadim I., Mahgoubm O., Faye B. & Purchas R. (2015). "Cultured meat from muscle stem cells: A review of challenges and prospects," *J. Integr. Agric.*, vol. 14, no. 2, pp. 222–233.

Kalpalathika P.V.M., Clark E.M., Mahoney A.W. (1991). Heme iron content in selected ready-to-serve beef products. *J. Agric. Food Chem.* 39:1091–1093. doi: 10.1021/jf00006a017.

Kauppi S.-M., Pettersen I.N. & Boks C. (2019). Consumer acceptance of edible insects and design interventions as adoption strategy. *Int. J. Food Des.* 4:39–62. doi: 10.1386/ijfd.4.1.39_1.

Kent G. Kehoe L. Flynn A. & Walton J. (2022). Plant-based diets: A review of the definitions and nutritional role in the adult diet. *Proc. Nutr. Soc.* 81, 62–74. <https://doi.org/10.1017/S0029665121003839>.

Khalili Tilami S., & Sampels S. (2017). Nutritional Value of Fish: Lipids, Proteins, Vitamins, and Minerals. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 26(2), 243–253. doi:10.1080/23308249.2017.139910.

Koch J., van Ittersum K. & Bolderdijk W. (2018). Disgusting? No, Just Different. Understanding Consumer Skepticism Towards Sustainable Food Innovations. *Adv. Consumer Res. N. Am. Adv.* 2018, 46, 1–12.

Koivurinta J., Kurkela R. & Koivistoinen P. (1979). Uses of Pekilo, a microfungus biomass from *Paecilomyces varioti* in sausage and meat balls. *International Journal of Food Science and Technology*, 14, 561–570.

Koivurinta J., Kurkela R., Koivistoinen P., Holasova M. & Blattner, I. (1980). Bread baking properties of Pekilo, a microfungus biomass from *Paecilomyces varioti*. *Molecular Nutrition & Food Research*, 24, 597–606.

Kristensen M.B., Hels O., Morberg C., Marving J., Bügel S., Tetens I. (2005). Pork meat increases iron absorption from a 5-day fully controlled diet when compared to a vegetarian diet with similar vitamin C and phytic acid content. *Br. J. Nutr.* 94:78–83. doi: 10.1079/BJN20051417.

Kuljanic N. & Gregory-Manning S. (2020). What If Insects Were on the Menu in Europe? Scientific Foresight Unit. European Parliamentary Research Service.

KV & N.S. (2022). Applications of Microbes in Food Industry. In: Inamuddin, Ahamed, M.I., Prasad, R. (eds) Application of Microbes in Environmental and Microbial Biotechnology. Environmental and Microbial Biotechnology. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-2225-0_10.

L. Aleksandrowicz, R. Green, E. J. Joy, P. Smith, A. Haines (2016). The impacts of dietary change on greenhouse gas emissions, land use, water use, and health: A systematic review. *PLOS ONE* 11, e0165797. doi: 10.1371/journal.pone.0165797; pmid: 27812156.

L. Latruffe, A. Niedermayr, Y. Desjeux & H. Dakpo (2023). Identifying and assessing intensive and extensive technologies in European dairy farming. July 2023 *European Review of Agricultural Economics* 50(2). doi:10.1093/erae/jbad023.

Lähteenmäki-Uutela A., Rahikainen M., Lonkila A. & Yang B. (2021). Alternative proteins and EU food law. *Food Control* 130, 108336. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108336>.

Laroche M., Perreault V., Marciniak A., Gravel A., Chamberland J. & Doyen A. Comparison of conventional and sustainable lipid extraction methods for the production of oil and protein isolate from edible insect meal. *Foods* 2019, 8, 572. <https://doi.org/10.3390/foods8110572>.

Lee A. (2018). Meat-ing demand: Is in vitro meat a pragmatic, problematic, or paradoxical solution? *Canadian Journal of Women and the Law*, 30, 1–41.

Lensvelt E. & Steenbekkers L.P. (2014). A. Exploring Consumer Acceptance of Entomophagy: A Survey and Experiment in Australia and the Netherlands. *Ecol. Food Nutr.* 2014; 53:543–561. doi: 10.1080/03670244.2013.879865.

Levi, Shira Yen, Feng Chun Baruch, Limor Machluf, Marcelle (2022). Scaffolding technologies for the engineering of cultured meat: Towards a safe, sustainable, and scalable production. 126, 13-25. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.05.011>.

Lucas A. (2020). Singapore issues first regulatory approval for lab-grown meat to Eat Just. *CNBC News* 1 Dec 2020.

Lund, E. K. (2013). Health benefits of seafood; Is it just the fatty acids? *Food Chem.*, 140: 413–420.

M. H. Ward, deKok, T. M., Levallois, P., Brender, J., Gulis, G., Nolan, B. T., & VanDerslice, J. (2005). Workgroup Report: Drinking-Water Nitrate and Health—Recent Findings and Research Needs. *Environmental Health Perspectives*, 113(11), 1607–1614. doi:10.1289/ehp.8043.

M. Herrero, P. Havlík, H. Valin, An Notenbaert, M. C. Rufino, P. K. Thornton, M. Blümmel, F. Weiss, D. Grace & M. Obersteiner (2013). Biomass use, production, feed efficiencies, and greenhouse gas emissions from global livestock systems. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 110, 20888–20893. doi: 10.1073/pnas.1308149110; pmid: 24344273.

M. M. Mekonnen & A. Y. Hoekstra.(2012). A global assessment of the water footprint of farm animal products. *Ecosystems* (N. Y.) 15, 401–415. doi: 10.1007/s10021-011-9517-8.

- M. Springmann, H. C. J. Godfray & M. Rayner, P. (2016). Scarborough, Analysis and valuation of the health and climate change cobenefits of dietary change. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 113, 4146–4151. doi: 10.1073/pnas.1523119113; pmid: 27001851.
- M. Renna, L. Rastello, L. Gasco (2022). Can insects be used in the nutrition of ruminants *Journal of Insects as Food and Feed*, 8 (10), pp. 1041-1045.
- M. Yu, Z. Li, W. Chen, T. Rong, G. Wang, X. Ma (2019). *Hermetia illucens* larvae as a potential dietary protein source altered the microbiota and modulated mucosal immune status in the colon of finishing pigs *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 10 (50) (2019), pp. 1-16
- Ma, Zidan Mondor, Martin Goycoolea Valencia, Francisco Hernández-Álvarez, Alan Javier. Current state of insect proteins: extraction technologies, bioactive peptides and allergenicity of edible insect proteins. DOI: [10.1039/D3FO02865H](https://doi.org/10.1039/D3FO02865H) (Review Article) *Food Funct.*, 2023, **14**, 8129-8156
- Macedo, M. N., DeFries, R. S., Morton, D. C., Stickler, C. M., Galford, G. L., & Shimabukuro, Y. E. (2012). Decoupling of deforestation and soy production in the southern Amazon during the late 2000s. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(4), 1341–1346. doi:10.1073/pnas.1111374109.
- Malek L & Umberger W.J. (2023). Protein source matters: Understanding consumer segments with distinct preferences for alternative proteins. *Future Foods*, 7, 100220. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2023.100220>.
- Malhotra VK (1998). *Biochemistry for Students*. 10th ed. New Delhi, India: Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd;
- Malterre N, Bot F, Lerda E, Arendt EK, Zannini E, O'Mahony JA. Enhancing the Techno-Functional Properties of Lentil Protein Isolate Dispersions Using In-Line High-Shear Rotor-Stator Mixing. *Foods*. 2024; 13(2):283. <https://doi.org/10.3390/foods13020283>
- Mancini M.C.& Antonioli F. (2019). Exploring consumers- attitude towards cultured meat in Italy. *Meat Sci*, 150, 101–110. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.12.014>.
- Mancini S., Moruzzo R., Riccioli F. & Paci G. (2019). European consumers' readiness to adopt insects as food. A review. *Food Res. Int.* 122:661–678. doi: 10.1016/j.foodres.2019.01.041.
- Marmion, M., Ferone, M. T., Whyte, P., & Scannell, A. G. M. (2021). The changing microbiome of poultry meat; from farm to fridge. *Food Microbiology*, 99, 103823. doi:10.1016/j.fm.2021.103823
- Martone AM, Marzetti E, Calvani R, Picca A, Tosato M, Santoro L, Di Giorgio A, Nesci A, Sisto A, Santoliquido A, Landi F. (2017). Exercise and protein intake: A synergistic approach against Sarcopenia. *Biomed Res Int.* 1–7. doi:10.1155/2017/2672435.
- Mensah, J. K. M., & Twumasi, P. (2016). Use of pineapple waste for single cell protein (SCP) production and the effect of substrate concentration on the yield. *Journal of Food Process Engineering*, 40(3), e12478. doi:10.1111/jfpe.12478.

Michelle L. C., Sonja D., Aarti B. T., Regine Stockmann, Cedric S., Crispin A. H., Damien P. B., Cate P., & Thomas V. (2021). Perspectives on Future Protein Production. 69(50): 15076–15083. Published online 2021 Dec 9. doi: 10.1021/acs.jafc.1c05989.

Milburn J. (2016). Chewing Over In Vitro Meat: Animal Ethics, Cannibalism and Social Progress. *Res. Publica* 2016, 22, 249–265.

Mills, S.; Ross, R. P.; Hill, C.; Fitzgerald, G. F.; Stanton, C. (2011). Milkintelligence: mining milk for bioactive substances associated with human health. *Int. Dairy J.* 21, 377–401.

Mishyna M. & Glumac M. (2021). So different, yet so alike Pancrustacea: Health benefits of insects and shrimps. *J. Funct. Foods.* 76:104316. doi: 10.1016/j.jff.2020.104316.

Monteiro, S.R., Lopes-da-Silva, J.A. Critical evaluation of the functionality of soy protein isolates obtained from different raw materials. *Eur Food Res Technol* **245**, 199–212 (2019). <https://doi.org/10.1007/s00217-018-3153-x>

Moughan, P. J.; Gilani, S.; Rutherford, S. M.; Tomé, D. (2014). True ileal amino acid digestibility coefficients for application in the calculation of Digestible Indispensable Amino Acid Score (DIAAS) in human nutrition. Report of a Sub-Committee of the 2011 FAO Consultation on Protein Quality Evaluation in Human Nutrition; <http://www.fao.org/ag/humannutrition/36216-04a2f02ec02eafd4f457dd2c9851b4c45.pdf>

Muehlhoff E, Bennett A, McMahon D. (2013). Food and Agriculture Organisation of the United Nations (FAO). Milk and Dairy Products in Human Nutrition. Rome (Italy): Food and Agriculture Organisation of the United Nations; doi:10.1186/1471-2458-11-95

Murray R.K., Granner D.K., Mayes P.A. & Rodwell V.W. (2000). Harper's Biochemistry. 25th ed. USA: McGraw-Hill, Health Profession Division;

N. Ramankutty, J. A. Foley. (1999). Estimating historical changes in global land cover: Croplands from 1700 to 1992. *Global Biogeochem. Cycles* 13, 997–1027. doi: 10.1029/1999GB900046.

N. Kornochalart, D. Kantachote, S. Chairapat, S. Techkarnjanaruk. (2014). Use of *Rhodospseudomonas palustris* P1 stimulated growth by fermented pineapple extract to treat latex rubber sheet wastewater to obtain single cell protein. *Ann. Microbiol.*, 64, pp. 1021-1032.

Natarajan, S., Luthria, D., Bae, H., Lakshman, D., & Mitra, A. (2013). Transgenic Soybeans and Soybean Protein Analysis: An Overview. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(48), 11736–11743. doi:10.1021/jf402148e

Neelesh K. M. & Radha K. (2019). Novel Protein Foods: Alternative Sources of Protein for Human Consumption. In book: *Research Trends in Food Technology and Nutrition Vol-4* (pp.129-42).

Ng, Shengyong Kurisawa, Motoichi (2021). *Acta Biomaterialia*: Integrating biomaterials and food biopolymers for cultured meat production, 124, 108-129. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2021.01.017>

- Nikbakht Nasrabadi M., Sedaghat Doost A. & Mezzenga, R.(2021). Modification approaches of plant-based proteins to improve their techno-functionality and use in food products. *Food Hydrocolloids*, 118, 106789.
- Norton T. (2015). From the lab to the supermarket: In vitro meat as a viable alternative to traditional meat production. *Journal of Food Law & Policy*, 11(1), 157–180.
- Nowakowski A.C., Miller A.C., Miller M.E., Xiao H., Wu X. (2022). Potential health benefits of edible insects. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*; 62:3499–3508. doi: 10.1080/10408398.2020.1867053.
- O.J. Makinde (2015). Maggot meal: A sustainable protein source for livestock production- A review. <https://core.ac.uk/download/pdf/234687131.pdf>.
- Onwezen M.C., Bouwman E.P., Reinders M.J. & Dagevos H. (2021). A systematic review on consumer acceptance of alternative proteins: Pulses, algae, insects, plant-based meat alternatives, and cultured meat. *Appetite*. 159:105058. doi: 10.1016/j.appet.2020.105058.
- Oonincx D.G., Van Broekhoven S., Van Huis A., Van Loon J.J.A. (2015). Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. e0222043, doi:10.1371/journal.pone.0144601.
- Ordoñez-Araque R. & Egas-Montenegro E. (2021). Edible insects: A food alternative for the sustainable development of the planet. *Int. J. Gastron. Food Sci.*; 23:100304. doi: 10.1016/j.ijgfs.2021.100304.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), FAO, *Agricultural Outlook 2015* (OECD Publishing, 2015).
- Orkusz A. (2021). Edible Insects versus Meat—Nutritional Comparison: Knowledge of Their Composition Is the Key to Good Health. *Nutrients*. 13:1207. doi: 10.3390/nu13041207.
- Oyegoke O. O., Akintola A. J. & Fasoranti J. O. (2006). Dietary potentials of the edible larvae of *Cirina forda* (westwood) as a poultry feed. *African Journal of Biotechnology*, 5(19), 1799–1802. <http://www.academicjournals.org/AJB>
- P. J. Gerber, H. Steinfeld, B. Henderson, A. Mottet, C. Opio, J. Dijkman, A. Falcucci & G. Tempio (2013). “Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities”
- Petetin L. (2014). Frankenburgers, risks and approval. *European Journal of Risk Regulation*, 2, 168–186.
- Poore J. & Nemecek T. (2018). “Reducing food’s environmental impacts through producers and consumers: Supplementary Materials,” *Science*, vol. 360, no. 6392, pp. 987–992.
- Post M. (2012). Cultured meat from stem cells: Challenges and prospects. *Meat Science*, 29, 297–301.
- Post M. J., Levenberg S., Kaplan D. L., Genovese N., Fu J., Bryant C. J., Moutsatsou, P. (2020). Scientific, sustainability and regulatory challenges of cultured meat. *Nature Food*, 1(7), 403–415. doi:10.1038/s43016-020-0112-z

Prandi B, Zurlini C, Maria CI, Cutroneo S, Di Massimo M, Bondi M, Brutti A, Sforza S and Tedeschi T (2021) Targeting the Nutritional Value of Proteins From Legumes By-Products Through Mild Extraction Technologies. *Front. Nutr.* 8:695793. doi: 10.3389/fnut.2021.695793

R. T. Pierrehumbert & G. Eshel (2015). Climate impact of beef: An analysis considering multiple time scales and production methods without use of global warming potentials. *Environ. Res. Lett.* 10, 085002. doi: 10.1088/1748-9326/10/8/085002

Rages, A. A., & Haider, M. M. (2021). Alkaline hydrolysis of olive fruits wastes for the production of single cell protein by *Candida lipolytica*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 33, 101999.

Rahman M. M. & Lamsal B. P. (2021). Ultrasound-assisted extraction and modification of plant-based proteins: Impact on physicochemical, functional, and nutritional properties. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12709>. Epub ahead of print.

Rehault-Godbert S. & Guyot N. (2018). Vitellogenesis and Yolk Proteins, Birds. In: Skinner M., editor. *Encyclopedia of Reproduction*. Volume 6 Elsevier; Amsterdam, The Netherlands: London, UK: 2018.

Reihani, S. Fatemeh S.Khosravi-Darani, Kianoush (2019). Influencing factors on single-cell protein production by submerged fermentation: A review. Volume 37 *Electronic Journal of Biotechnology*. pp34-40. <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2018.11.005>

Riaz MW, Yang L, Yousaf MI, Sami A, Mei XD, Shah L, et al. (2021). Effects of heat stress on growth, physiology of plants, yield and grain quality of different spring wheat (*Triticum Aestivum* L.) genotypes. *Sustainability*. 13:2972. doi: 10.3390/su13052972.

Richter, C. K., Skulas-Ray, A. C., Champagne, C. M., & Kris-Etherton, P. M. (2015). Plant Protein and Animal Proteins: Do They Differentially Affect Cardiovascular Disease Risk? *Advances in Nutrition*, 6(6), <https://doi.org/10.3945/an.115.009654>

Ridoutt B. G., Baird D. & Hendrie G. A. (2021). Diets within planetary boundaries: What is the potential of dietary change alone? *Sustainable Production and Consumption* 2021, 28, 802–810, DOI: 10.1016/j.spc.2021.07.009.

Rizzo, G., & Baroni, L. (2018). Soy, Soy Foods and Their Role in Vegetarian Diets. *Nutrients*, 10(1), 43. doi:10.3390/nu10010043.

Rizzoli R. Dairy products, yogurts, and bone health. *Am J Clin Nutr.* 2014;99(5 Suppl):1256S–62S.

Roos N., Chamnan C., Loeung D., Jakobsen J. & Thilsted, S. H. (2007c). Freshwater fish as a dietary source of vitamin A in Cambodia. *Food Chemistry*, 103 (4): 1104 - 1111.

Roos N., Wahab M.A., Chamnan C. & Thilsted S. H. (2007b). The role of fish in food-based strategies to combat Vitamin A and mineral deficiencies in developing countries, *The journal of Nutrition*, 137, 1106 -1109

Roos, N. (2001). Fish consumption and aquaculture in rural Bangladesh: Nutritional contribution and production potential of culturing small indigenous fish species (SIS) in pond

polyculture with commonly cultured carps. Ph.D. Thesis, Department of Human Nutrition, The Royal Veterinary and Agricultural University, Denmark.

Rouhani, M. H., Haghghatdoost F., Surkan, P. J. & Azadbakht L. (2016). Associations between dietary energy density and obesity: A systematic review and meta-analysis of observational studies. *Nutrition* 2016, 32, 1037– 1047, DOI: 10.1016/j.nut.2016.03.017.

Rubio NR, Xiang N, Kaplan DL. (2020). Plant-based and cell-based approaches to meat production. *Nat Commun.* 11:6276

Rudkowska, I., B. Marcotte, G. Pilon, C. Lavigne, A. Marette, and M. C. Vohl. (2010). Fish nutrients decrease expression levels of tumor necrosis factor-alpha in cultured human macrophages. *Physiol. Genomics*, 40: 189–194.

Ruxto C. Recommendation for the use of egg in the diet. *Nurs. Stand.* 24:47–55. doi: 10.7748/ns.24.37.47.s53

S. Wang A. (2015). Opassathavorn, F.J. Zhu, *Texture Stud.* 46, 281–292.

S. Y. Jie Sim, Akila SRV, J. H. Chiang & C. J. Henry (2021). Plant Proteins for Future Foods: A Roadmap. 10(8): 1967. Published online 2021 Aug 23. doi: 10.3390/foods10081967

S.S. Hashemi & K. Karimi, M.J. (2022). Taherzadeh, Valorization of vinasse and whey to protein and biogas through an environmental fungi-based biorefinery. 303 114-138. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114138>.

Saejung, C. & Sanusan, W. (2021) Valorization of Lignocellulosic Wastes and Nutrient Recovery by Anoxygenic Photosynthetic Bacteria. *Waste Biomass Valor* 12, 4835–4844. <https://doi.org/10.1007/s12649-021-01351-y>

Salvatore, I. Leue-Rüegg, R. Beretta, C. Müller, N. (2024). Valorisation potential and challenges of food side product streams for food applications: A review using the example of Switzerland, 9, 100325. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100325>

Sandoval-Insausti H., Pérez-Tasigchana R.F., López-García E., García-Esquinas E., Rodríguez-Artalejo F., Guallar-Castillón P. (2016). Macronutrients Intake and Incident Frailty in Older Adults: A Prospective Cohort Study. *J. Gerontol. Ser. A Biol. Sci. Med Sci.*71:1329–1334. doi: 10.1093/gerona/glw033.

Sarojnalini, C., & Hei, A. (2019). Fish as an Important Functional Food for Quality Life. *Functional Foods.* doi:10.5772/intechopen.81947.

Savory Institute (2013). “Restoring the climate through capture and storage of soil carbon through holistic planned grazing”.

Semba, R. D., Ramsing, R., Rahman, N., Kraemer, K., & Bloem, M. W. (2021). Legumes as a sustainable source of protein in human diets. *Global Food Security*, 28, 100520. doi:10.1016/j.gfs.2021.100520.

Seuss-Baum I., Nau F. & Guérin-Dubiard C (2011). The nutritional quality of eggs. In: Nys Y., Bain M., Van Immerseel F., editors. *Improving the Safety and Quality of Egg and Egg Products.*

Woodhead Publishing Limited; Cambridge, UK. pp. 201–236. Volume 2 Egg Safety and Nutritional Quality.

S. Fatemeh S. Reihani, Kianoush Khosravi-Darani (2019). Influencing factors on single-cell protein production by submerged fermentation: A review. *Electronic Journal of Biotechnology*, pp.34-40 Volume 37. <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2018.11.005>

Shams-White, M. M., Chung, M., Fu, Z., Insogna, K. L., Karlsen, M. C., LeBoff, M. S., ... Weaver, C. M. (2018). Animal versus plant protein and adult bone health: A systematic review and meta-analysis from the National Osteoporosis Foundation. *PLOS ONE*, 13(2), e0192459. doi:10.1371/journal.pone.0192459.

Sharma, M. K., Dinh, T., and Adhikari, P. A. (2020). Production performance, egg quality, and small intestine histomorphology of the laying hens supplemented with phyto-genic feed additive. *Journal of Applied Poultry Research*, 29, 362-371.

Shanthakumar P., Klepacka J., Bains A., Chawla P., Bala Dhull S. & Najda A. (2022). The Current Situation of Pea Protein and Its Application in the Food Industry. *Molecules* 2022, 27(16), 5354; <https://doi.org/10.3390/molecules27165354> Submission received: 30 June 2022 / Revised: 10 August 2022 / Accepted: 16 August 2022 / Published: 22 August 2022.

Siegrist M. & Hartmann C. (2023). Why alternative proteins will not disrupt the meat industry. *Meat Sci.*, 203, 109223. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109223>.

Siegrist M. (2008). Factors influencing public acceptance of innovative food technologies and products. *Trends Food Sci. Technol.* 2008; 19:603–608. doi: 10.1016/j.tifs.2008.01.017.

Sillman, J., Nygren, L., Kahiluoto, H., Ruuskanen, V., Tamminen, A., Bajamundi, C., Ahola, J. (2019). “Bacterial protein for food and feed generated via renewable energy and direct air capture of CO₂ : Can it reduce land and water use?,” *Glob. Food Sec.*, vol. 22, pp. 25–32.

Smith, J., Petrovic, P., Rose, M., De Souza, C., Muller, L., Nowak, B., & Martinez, J. (2021). Placeholder Text: A Study. *The Journal of Citation Styles*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.citation.2021.101010>

Sophie R. G., Nicolas G., and Yves N. (2019). The Golden Egg: Nutritional Value, Bioactivities, and Emerging Benefits for Human Health. 11(3): 684. Published online 2019 Mar 22. doi: 10.3390/nu11030684.

Spanoghe, J., Vermeir, P., & Vlaeminck, S. E. (2021). Microbial food from light, carbon dioxide and hydrogen gas: Kinetic, stoichiometric and nutritional potential of three purple bacteria. *Bioresource Technology*, 337, 125364. doi:10.1016/j.biortech.2021.125364.

Specht L. (2020) An analysis of culture medium cost and production volumes for cultivated meat. The Good Food Institute. Technical report. <https://gfi.org/wp-content/uploads/2021/01/clean-meat-production-volume-and-medium-cost.pdf>.

Stephens N., Di Silvio L., Dunsford I., Ellis A. Glencross, & Sexton A. (2018). “Bringing cultured meat to market: Technical, socio-political, and regulatory challenges in cellular agriculture,” *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 78, pp. 155–166.

Steward, D. R., Bruss, P. J., Yang, X., Staggenborg, S. A., Welch, S. M., & Apley, M. D. (2013). Tapping unsustainable groundwater stores for agricultural production in the High Plains

- Aquifer of Kansas, projections to 2110. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(37), E3477–E3486. doi:10.1073/pnas.1220351110.
- Sugano M. & Matsuoka R. (2021). Nutritional viewpoint on egg and cholesterol. *Food*. 10:494. doi: 10.3390/foods10030494
- Sui, X., Zhang, T., & Jiang, L. (2020). Soy Protein: Molecular Structure Revisited and Recent Advances in Processing Technologies. *Annual Review of Food Science and Technology*, 12(1). doi:10.1146/annurev-food-
- Tacon A. G. & Metian M. (2009). Fishing for feed or fishing for food: increasing global competition for small pelagic forage fish. *Ambio*, 38(6), 294 – 302.
- Tacon, A. G. J. & Metian M. (2013). Fish matters: importance of aquatic foods in human nutrition and global food supply. *Rev. Fisher. Sci.*, 21: 22–38.
- Taylor MW, MacGibbon AKH. (2011). Milk lipids & fatty acids. In: Fuquay J, Fox P, McSweeney P, editors. *Encyclopedia of Dairy Sciences*. 2nd ed. New York (NY): Elsevier Ltd. p.655–659. doi:10.1016/B978-0-12-374407-4.00332-0.
- Thirunavookarasu, N., Kumar, S., Anandharaj, A. *et al.* Enhancing Functional Properties of Soy Protein Isolate—Rice Starch Complex Using Ultrasonication and its Characterization. *Food Bioprocess Technol* 17, 2619–2630 (2024). <https://doi.org/10.1007/s11947-023-03280-1>
- Tilman D. & Clark M. (2014). Global diets link environmental sustainability and human health. *Nature*. 515:518–522. doi: 10.1038/nature13959.
- Tosun J. (2013). How the EU handles uncertain risks: Understanding the role of the precautionary principle. *Journal of European Public Policy*, 20, 1517–1528. <https://doi.org/10.1080/13501763.2013.834549>.
- Tuomisto H.L. (2018) The eco-friendly burger. *EMBO Reports* 20, 1, First published: 14 December 2018. <https://doi.org/10.15252/embr.201847395>.
- Tuomisto H. & Teixeira de Mattos M. J. (2011). Environmental impacts of cultured meat production. *Environmental Science and Technology*.
- Uk Food Standards Agency. (2020). Application file for mung bean protein. https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/novel-food_consult-status_mung-bean-protein.pdf.
- United Nations 2015 Revision of World Population Prospects, United Nations. [(accessed on 25 April 2016)]; Available online: <https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/keyfindingswpp2015.pdf>
- USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 1. U.S. Department of Agriculture. (2018). Food Group: Dairy and Egg Products; Beltsville, MD, USA.
- Vahmani P., Ponnampalam E.N., Kraft J., Mapiye C., Bermingham E.N., Watkins P.J., Proctor S.D., Dugan M.E. (2020). Bioactivity and health effects of ruminant meat lipids. *Invited Review. Meat Sci.* 165:108114. doi: 10.1016/j.meatsci.2020.108114.

- Van Broekhoven, S., Oonincx D.G., van Huis A., van Loon J.J.A. (2015). Growth performance and feed conversion efficiency of three edible mealworm species (Coleoptera: Tenebrionidae) on diets composed of organic by-products. *J. Insect Physiol.* 73, 1–10.
- Van der Weele C. & Driessen C. (2019). How normal meat becomes stranger as cultured meat becomes more normal; Ambivalence and ambiguity below the surface of behaviour. *Front. Sustain. Food Syst.* 2019, 3, 69.
- Van der Weele C., Feindt P., van der Goot A. J., van Mierlo B., & van Boekel M. (2019). Meat alternatives: An integrative comparison. *Trends in Food Science & Technology*, 88, 505–512.
- Van Huis A, Van Itterbeeck J., Klunder H., Mertens E., Halloran A., Muir G., Vantomme P. (2013). *Edible Insects. Future Prospects for Food and Feed Security*; FAO: Rome, France.
- Van Huis A. (2020). Insects as food and feed, a new emerging agricultural sector: A review. *J. Insects Food Feed.* 6:27–44. doi: 10.3920/JIFF2019.0017.
- Van Vliet, S., Burd, N. A., & van Loon, L. J. (2015). The Skeletal Muscle Anabolic Response to Plant- versus Animal-Based Protein Consumption. *The Journal of Nutrition*, 145(9), 1981–1991. doi:10.3945/jn.114.204305.
- Van Zanten H.H.E., Mollenhorst H., Klootwijk C.W., van Middelaar C.E. & de Boer I.J.M. (2016-). Global food supply: Land use efficiency of livestock systems. *Int. J. Life Cycle Assess.* 21:747–758. doi: 10.1007/s11367-015-0944-1.
- Varelas V. (2019). Food wastes as a potential new source for edible insect mass production for food and feed: A review. *Fermentation*, 5, 81, doi:10.3390/fermentation5030081.
- Veldkamp T., van Duinkerken G., van Huis A., Lakemond C.M.M., Ottevanger E., Bosch G., van Boekel T. (2012). *Insects As a Sustainable Feed Ingredient in Pig and Poultry Diets—A Feasibility Study*; Wageningen University: Wageningen, The Netherlands.
- Wang Z, Sun F. Effects of Processing Technology on Protein Separation, Quality, and Functional Characteristics. *Foods*. 2023; 12(20):3841. <https://doi.org/10.3390/foods12203841>
- Westhoek and Colleagues. [(accessed on 17 July 2017)]; Available online: http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/animalwelfare/Protein_Puzzle_web_1.pdf
- WHO. (2018). Scientific update on the iodine content of Portuguese foods. 2018. Accessed May 25, 2021. www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/392877/iodine-portugal.pdf?ua=1
- Wiebe M. G. (2004). Quorn™ Myco-protein - Overview of a successful fungal product. *Mycologist*, 18, 17–20.
- Wood J.D., Enser M., Fisher A.V., Nute G.R., Sheard P.R., Richardson R.I., Hughes S.I., Whittington F.M. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Sci.* 78:343–358. doi: 10.1016/j.meatsci.2007.07.019.
- Wood P. & Tavan M. (2022). A review of the alternative protein industry. *Curr. Opin. Food Sci.* 47, 100869. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.100869>.

- Wu G. (2020). Important roles of dietary taurine, creatine, carnosine, anserine and 4-hydroxyproline in human nutrition and health. *Amino Acids*;52:329–360. doi: 10.1007/s00726-020-02823-6.
- Wyness L., Weichselbaum E., O'Connor A., Williams E.B., Benelam B., Riley H., Stanner S. (2011). Red meat in the diet: An update. *Nutr. Bull.* 36:34–77. doi: 10.1111/j.1467-3010.2010.01871.x.
- Yamashita, Y., & Yamashita, M. (2010). Identification of a novel selenium-containing compound, selenoneine, as the predominant chemical form of organic selenium in the blood of bluefin tuna. *The Journal of Biological Chemistry*, 285 (24), 18134–18138
- Yan, J., Han, B., Gui, X., Wang, G., Xu, L., Yan, Y., ... Jiao, L. (2018). Engineering *Yarrowia lipolytica* to Simultaneously Produce Lipase and Single Cell Protein from Agro-industrial Wastes for Feed. *Scientific Reports*, 8(1). doi:10.1038/s41598-018-19238-9.
- Yang, J., Zhang, S., Chu, Y., Chen, L. (2023). Effects of Extraction Technologies on the Functionalities and Applications of Plant Proteins. In: Hernández-Álvarez, A.J., Mondor, M., Nosworthy, M.G. (eds) *Green Protein Processing Technologies from Plants*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-16968-7_13
- Zgaga, L., Theodoratou, E., Farrington, S. M., Agakov, F., Tenesa, A., Walker, M., et al. (2011). Diet, environmental factors, and lifestyle underlie the high prevalence of vitamin D deficiency in healthy adults in Scotland, and supplementation reduces the proportion that are severely deficient. *The Journal of Nutrition*, 141(8), 1535–1542.
- Zhou Y.-M., Chen, Y.-P., Guo, J.-S., Shen, Y., Yan, P., & Yang, J.-X. (2019). Recycling of orange waste for single cell protein production and the synergistic and antagonistic effects on production quality. *Journal of Cleaner Production*, 213, 384–392. doi:10.1016/j.jclepro.2018.12.168

Παράρτημα

Πίνακας 2. Μικροοργανισμοί εγκεκριμένοι ως τρόφιμα στην Ε.Ε. *Καταναλώνεται σε χώρες της Ε.Ε (EFSA, 2023).

Microbiological Group	Microbiological Subgroup	Family	Genus	Species
Bacteria	Gram-negative bacteria		<i>Cupriavidus</i>	<i>Cupriavidus necator</i>
Bacteria	Gram-negative bacteria		<i>Gluconobacter</i>	<i>Gluconobacter oxydans</i>
Bacteria	Gram-negative bacteria		<i>Komagataeibacter</i>	<i>Komagataeibacter</i>
Bacteria	Gram-negative bacteria		<i>Xanthomonas</i>	<i>Xanthomonas campestris</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Bifidobacterium</i>	<i>Bifidobacterium adolescentis</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Bifidobacterium</i>	<i>Bifidobacterium animalis</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Bifidobacterium</i>	<i>Bifidobacterium bifidum</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Bifidobacterium</i>	<i>Bifidobacterium breve</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Bifidobacterium</i>	<i>Bifidobacterium longum</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Carnobacterium</i>	<i>Carnobacterium divergens</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Companilactobacill</i>	<i>Companilactobacillus alimentarius</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Companilactobacill</i>	<i>Companilactobacillus farciminis</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Corynebacterium</i>	<i>Corynebacterium ammoniagenes</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Corynebacterium</i>	<i>Corynebacterium glutamicum</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Fructilactobacillus</i>	<i>Fructilactobacillus</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Lacticaseibacillus</i>	<i>Lacticaseibacillus casei</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Lacticaseibacillus</i>	<i>Lacticaseibacillus paracasei</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Lacticaseibacillus</i>	<i>Lacticaseibacillus rhamnosus</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Lactiplantibacillus</i>	<i>Lactiplantibacillus paraplantarum</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Lactiplantibacillus</i>	<i>Lactiplantibacillus pentosus</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Lactiplantibacillus</i>	<i>Lactiplantibacillus argentoratensis</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Lactiplantibacillus</i>	<i>Lactiplantibacillus plantarum</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Lactobacillus</i>	<i>Lactobacillus acidophilus</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Lactobacillus</i>	<i>Lactobacillus amylolyticus</i>

Microbiological Group	Microbiological Subgroup	Family	Genus	Species
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Lactobacillus</i>	<i>Lactobacillus amylovorus</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Lactobacillus</i>	<i>Lactobacillus crispatus</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Lactobacillus</i>	<i>Lactobacillus delbrueckii</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Lactobacillus</i>	<i>Lactobacillus gallinarum</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Lactobacillus</i>	<i>Lactobacillus gasseri</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Lactobacillus</i>	<i>Lactobacillus helveticus</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Lactobacillus</i>	<i>Lactobacillus johnsonii</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Lactobacillus</i>	<i>Lactobacillus kefirifaciens</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Lactococcus</i>	<i>Lactococcus lactis</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Latilactobacillus</i>	<i>Latilactobacillus curvatus</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Latilactobacillus</i>	<i>Latilactobacillus sakei</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Lentilactobacillus</i>	<i>Lentilactobacillus buchneri</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Lentilactobacillus</i>	<i>Lentilactobacillus diolivorans</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Lentilactobacillus</i>	<i>Lentilactobacillus hilgardii</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Lentilactobacillus</i>	<i>Lentilactobacillus kefirii</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Lentilactobacillus</i>	<i>Lentilactobacillus parafarraginis</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Leuconostoc</i>	<i>Leuconostoc citreum</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Leuconostoc</i>	<i>Leuconostoc lactis</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Leuconostoc</i>	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Leuconostoc</i>	<i>Leuconostoc</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Levilactobacillus</i>	<i>Levilactobacillus brevis</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Ligilactobacillus</i>	<i>Ligilactobacillus animalis</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Ligilactobacillus</i>	<i>Ligilactobacillus aviarius</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Ligilactobacillus</i>	<i>Ligilactobacillus salivarius</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Limosilactobacillus</i>	<i>Limosilactobacillus fermentum</i>

Microbiological Group	Microbiological Subgroup	Family	Genus	Species
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Limosilactobacillus</i>	<i>Limosilactobacillus mucosae</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Limosilactobacillus</i>	<i>Limosilactobacillus panis</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Limosilactobacillus</i>	<i>Limosilactobacillus pontis</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Limosilactobacillus</i>	<i>Limosilactobacillus reuteri</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Loigolactobacillus</i>	<i>Loigolactobacillus coryniformis</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Lopidilactobacillus</i>	<i>Lopidilactobacillus dextrinicus</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Microbacterium</i>	<i>Microbacterium imperiale</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Oenococcus</i>	<i>Oenococcus oeni</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Pediococcus</i>	<i>Pediococcus acidilactici</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Pediococcus</i>	<i>Pediococcus parvulus</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Pediococcus</i>	<i>Pediococcus pentosaceus</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Propionibacterium</i>	<i>Propionibacterium acidipropionici</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Propionibacterium</i>	<i>Propionibacterium freudenreichii</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Secundilactobacillus</i>	<i>Secundilactobacillus collinoides</i>
Bacteria	Gram-positive non-		<i>Streptococcus</i>	<i>Streptococcus thermophilus</i>
Bacteria	Gram-positive spore-		<i>Alkalihalobacillus</i>	<i>Alkalihalobacillus clausii</i>
Bacteria	Gram-positive spore-		<i>Bacillus</i>	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>
Bacteria	Gram-positive spore-		<i>Bacillus</i>	<i>Bacillus atrophaeus</i>
Bacteria	Gram-positive spore-		<i>Bacillus</i>	<i>Bacillus licheniformis</i>
Bacteria	Gram-positive spore-		<i>Bacillus</i>	<i>Bacillus mojavensis</i>
Bacteria	Gram-positive spore-		<i>Bacillus</i>	<i>Bacillus paralicheniformis</i>
Bacteria	Gram-positive spore-		<i>Bacillus</i>	<i>Bacillus pumilus</i>
Bacteria	Gram-positive spore-		<i>Bacillus</i>	<i>Bacillus smithii</i>
Bacteria	Gram-positive spore-		<i>Bacillus</i>	<i>Bacillus subtilis</i>
Bacteria	Gram-positive spore-		<i>Bacillus</i>	<i>Bacillus vallismortis</i>

Microbiological Group	Microbiological Subgroup	Family	Genus	Species
Bacteria	Gram-positive spore-		<i>Bacillus</i>	<i>Bacillus vallismortis</i>
Bacteria	Gram-positive spore-		<i>Bacillus</i>	<i>Bacillus velezensis</i>
Bacteria	Gram-positive spore-		<i>Geobacillus</i>	<i>Geobacillus stearothermophilus</i>
Bacteria	Gram-positive spore-		<i>Geobacillus</i>	<i>Geobacillus thermodenitrificans</i>
Bacteria	Gram-positive spore-		<i>Lederbergia</i>	<i>Lederbergia lentus</i>
Bacteria	Gram-positive spore-		<i>Lysinibacillus</i>	<i>Lysinibacillus fusiformis</i>
Bacteria	Gram-positive spore-		<i>Niallia</i>	<i>Niallia circulans</i>
Bacteria	Gram-positive spore-		<i>Paenibacillus</i>	<i>Paenibacillus illinoisensis</i>
Bacteria	Gram-positive spore-		<i>Parageobacillus</i>	<i>Parageobacillus</i>
Bacteria	Gram-positive spore-		<i>Pasteuria</i>	<i>Pasteuria nishizawae</i>
Bacteria	Gram-positive spore-		<i>Priestia</i>	<i>Priestia flexa</i>
Bacteria	Gram-positive spore-		<i>Priestia</i>	<i>Priestia megaterium</i>
Bacteria	Gram-positive spore-		<i>Weizmannia</i>	<i>Weizmannia coagulans</i>
Protists/ Algae	Algae	Chlorodendraceae	<i>Tetraselmis</i>	<i>Tetraselmis chuii</i>
Protists/ Algae	Algae	Euglenaceae	<i>Euglena</i>	<i>Euglena gracilis</i>
Protists/ Algae	Algae	Haematococcaceae	<i>Haematococcus</i>	<i>Haematococcus lacustris</i>
Protists/ Algae	Protists	Thraustochytriaceae	<i>Aurantiochytrium</i>	<i>Aurantiochytrium limacinum</i>
Viruses	Insect viruses	Baculoviridae		
Viruses	Plant viruses	Alphaflexiviridae		
Viruses	Plant viruses	Potyviridae		
Yeasts	Yeasts		<i>Candida</i>	<i>Limtongozyma cylindracea</i>
Yeasts	Yeasts		<i>Cyberlindnera</i>	<i>Cyberlindnera jadinii</i>
Yeasts	Yeasts		<i>Debaryomyces</i>	<i>Debaryomyces hansenii</i>
Yeasts	Yeasts		<i>Hanseniaspora</i>	<i>Hanseniaspora uvarum</i>
Yeasts	Yeasts		<i>Kluyveromyces</i>	<i>Kluyveromyces lactis</i>

Microbiological Group	Microbiological Subgroup	Family	Genus	Species
Yeasts	Yeasts		<i>Kluyveromyces</i>	<i>Kluyveromyces marxianus</i>
Yeasts	Yeasts		<i>Komagataella</i>	<i>Komagataella phaffii</i>
Yeasts	Yeasts		<i>Komagataella</i>	<i>Komagataella pastoris</i>
Yeasts	Yeasts		<i>Ogataea</i>	<i>Ogataea angusta</i>
Yeasts	Yeasts		<i>Ogataea</i>	<i>Ogataea polymorpha</i>
Yeasts	Yeasts		<i>Saccharomyces</i>	<i>Saccharomyces bayanus</i>
Yeasts	Yeasts		<i>Saccharomyces</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
Yeasts	Yeasts		<i>Saccharomyces</i>	<i>Saccharomyces pastorianus</i>
Yeasts	Yeasts		<i>Schizosaccharomyc</i>	<i>Schizosaccharomyces pombe</i>
Yeasts	Yeasts		<i>Wickerhamomyces</i>	<i>Wickerhamomyces anomalus</i>
Yeasts	Yeasts		<i>Xanthophyllomyces</i>	<i>Xanthophyllomyces dendrorhous</i>
Yeasts	Yeasts		<i>Yarrowia</i>	<i>Yarrowia lipolytica</i>
Yeasts	Yeasts		<i>Zygosaccharomyce</i>	<i>Zygosaccharomyces rouxii</i>