



ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ:

**«Συνθετικό κρέας: Εφαρμογές και Μελλοντικές προοπτικές»**

DEGREE THESIS ON THE SUBJECT:

**«Synthetic meat: Applications and Future perspectives»**



ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ:

**Μαρία Γεωργίου/Maria Georgiou ( ΑΜ: 19684014 )**

ΟΝΟΜΑ ΕΙΣΗΓΗΤΗ:

**Σωτήριος Μπρατάκος/Sotirios Bratakos**

ΑΙΓΑΛΕΩ, ΑΙΓΑΛΕΟ 2024

Έγινε δεκτή

Οι υπογράφοντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη πτυχιακή εργασία με τίτλο **«Το συνθετικό κρέας: τρέχουσα κατάσταση και οι προοπτικές του»** που παρουσιάσθηκε από τη φοιτήτρια Μαρία Γεωργίου με αριθμό μητρώου **19684014** και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

**Μέλη εξεταστικής επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή**

Η πτυχιακή εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την εξής Εξεταστική Επιτροπή:

<b>A/A</b>	<b>ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ</b>	<b>ΒΑΘΜΙΔΑ-ΙΔΙΟΤΗΤΑ</b>	<b>ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ</b>
1	ΣΩΤΗΡΙΟΣ ΜΠΡΑΤΑΚΟΣ	ΕΔΙΠ	
2	ΕΥΤΥΧΙΑ ΚΡΙΤΣΗ	ΕΠΙΚΟΥΡΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ	
3	ΤΣΙΑΚΑ ΘΑΛΕΙΑ	ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ ΕΣΠΑ	

## **ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ/ COPYRIGHT**

Η κάτωθεν υπογεγραμμένη Μαρία Γεωργίου, με αριθμό μητρώου 19684014 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστημών Τροφίμων του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής 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 εμένα 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».

Υπογραφή φοιτητή:



## **Ευχαριστίες**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Σωτήριο Μπρατάκο για την ανάθεση ενός ενδιαφέροντος θέματος που με βοήθησε να διευρύνω τις γνώσεις μου πάνω στο μάθημα «Επιστημή και Τεχνολογία Κρέατος και Προϊόντων του». Επίσης, είναι μεγάλη μου χαρά να μοιραστώ την εργασία μου με τις επιβλέποντες καθηγήτριες κυρία Τσιάκα Θάλεια και Κρίση Ευτυχία. Τέλος, φτάνοντας στην τελική ευθεία για το πτυχίο, ένα ευχαριστώ και για τις γνώσεις που μου μετέδωσαν και οι τρεις προαναφερθέντες πάνω στον τομέα μας.

## Περίληψη

Ο αναπτυσσόμενος τομέας του συνθετικού κρέατος, ή αλλιώς κρέας «βασισμένο σε κύτταρα», «καθαρό» ή «καλλιεργημένο κρέας», έχει προσελκύσει το επιστημονικό, περιβαλλοντικό και κοινωνικό ενδιαφέρον λόγω της δυνατότητάς του να φέρει επανάσταση στις παραδοσιακές μεθόδους παραγωγής κρέατος. Η παρούσα διατριβή προσφέρει μια ολιστική διερεύνηση του συνθετικού κρέατος, περιλαμβάνοντας το επιστημονικό υπόβαθρο, τις τεχνολογικές καινοτομίες, τις ηθικές επιπτώσεις και τις αντιλήψεις των καταναλωτών. Το αρχικό τμήμα αυτής της εργασίας εμβαθύνει στις περίπλοκες επιστημονικές διαδικασίες που εμπλέκονται στη δημιουργία του συνθετικού κρέατος. Η εξαγωγή κυττάρων μέσω μη επεμβατικής βιοψίας και η καλλιέργειά τους σε κύτταρα κρέατος αποτελεί τη βάση αυτής της τεχνολογίας, προσφέροντας μια πιθανή λύση στις ηθικές, περιβαλλοντικές και υγειονομικές ανησυχίες που ενσωματώνονται στη συμβατική παραγωγή κρέατος. Αντλώντας από ένα ευρύ φάσμα πηγών, η διατριβή διευκρινίζει τα βιοσυμβατά βιοϋλικά ικριώματα που υποστηρίζουν την ανάπτυξη των ιστών και τις καινοτόμες τεχνικές που χρησιμοποιούνται, όπως η περιστροφική περιστροφή με πίδακα, για την κλιμάκωση της παραγωγής. Η ικανότητα του συνθετικού κρέατος να ευθυγραμμίζεται με τα διατροφικά, αισθητηριακά και αισθητικά χαρακτηριστικά του παραδοσιακού κρέατος αναδεικνύεται σε κεντρικό σημείο εστίασης. Οι ηθικές διαστάσεις και η περιβαλλοντική βιωσιμότητα αποτελούν κομβικές πτυχές, οι οποίες διερευνώνται στο πλαίσιο της μείωσης της ταλαιπωρίας των ζώων και της διατήρησης των πόρων. Η συζήτηση διατρέχει βασικές ηθικές ανησυχίες, όπως η ευημερία των ζώων, η κατανάλωση πόρων και οι πιθανές επιπτώσεις στην παγκόσμια επισιτιστική ασφάλεια. Επιπλέον, η διατριβή διερευνά τις δυνατότητες της αγοράς, με σημαντικές επενδύσεις από μεγάλες εταιρείες που είναι ενδεικτικές της οικονομικής βιωσιμότητας και της ετοιμότητας της αγοράς του συνθετικού κρέατος. Οι αντιλήψεις και η αποδοχή των καταναλωτών αναδεικνύονται ως αναπόσπαστα στοιχεία που διαμορφώνουν τη μελλοντική πορεία του συνθετικού κρέατος. Μια ολοκληρωμένη ανάλυση των στάσεων των καταναλωτών, που επηρεάζονται από παράγοντες όπως η πολιτιστική, ψυχολογική και κοινωνικοοικονομική δυναμική, υπογραμμίζει την πολυπλοκότητα της ευρείας υιοθέτησης. Η αλληλεπίδραση μεταξύ αναλυτικών και διαισθητικών διαδικασιών λήψης αποφάσεων κατά τη διαμόρφωση αντιλήψεων για το αφύσικο υπογραμμίζει τις περίπλοκες ψυχολογικές βάσεις που επηρεάζουν την αποδοχή των καταναλωτών. Εν κατακλείδι, η παρούσα διατριβή παρέχει μια περιεκτική επισκόπηση του πολύπλευρου τοπίου του συνθετικού κρέατος. Από την επιστημονική του προέλευση έως τις ηθικές και περιβαλλοντικές του επιπτώσεις και τις

αντιλήψεις των καταναλωτών, προκύπτει μια ολοκληρωμένη διερεύνηση. Η σύνθεση αυτών των περίπλοκων «νημάτων» επιδιώκει να καθοδηγήσει την πορεία του συνθετικού κρέατος προς μια βιώσιμη, ηθική και επιστημονικά ορθή εναλλακτική λύση έναντι του συμβατικού κρέατος, αντιμετωπίζοντας κρίσιμες κοινωνικές και περιβαλλοντικές προκλήσεις.

## **Abstract**

The burgeoning field of synthetic meat, alternatively termed cell-based, clean, or cultivated meat, has captivated scientific, environmental, and societal interest due to its potential to revolutionize traditional meat production methods. This thesis offers a holistic exploration of synthetic meat, encompassing its scientific underpinnings, technological innovations, ethical implications, and consumer perceptions. The initial section of this work delves into the intricate scientific processes involved in crafting synthetic meat. Extracting cells via non-invasive biopsy and cultivating them into meat cells forms the foundation of this technology, offering a potential solution to the ethical, environmental, and health concerns embedded in conventional meat production. Drawing from a diverse range of sources, the thesis elucidates the biocompatible scaffolding biomaterials that support tissue growth and the innovative techniques employed, such as rotary jet spinning, to scale up production. Synthetic meat's ability to align with nutritional, sensory, and aesthetic attributes of traditional meat emerges as a pivotal focal point. Ethical dimensions and environmental sustainability stand as pivotal facets, explored in the context of reduced animal suffering and resource conservation. The discourse traverses key ethical concerns including animal welfare, resource consumption, and potential implications for global food security. Additionally, the thesis delves into the market potential, with substantial investments from major corporations indicative of the economic viability and market readiness of synthetic meat. Consumer perceptions and acceptance emerge as integral components shaping the future trajectory of synthetic meat. A comprehensive analysis of consumer attitudes, influenced by factors such as cultural, psychological, and socioeconomic dynamics, underscores the complexities of driving widespread adoption. The interplay between analytic and intuitive decision-making processes in forming perceptions of unnaturalness underscores the intricate psychological underpinnings that influence consumer acceptance. In conclusion, this thesis provides an encompassing overview of the multifaceted landscape of synthetic meat. From its scientific origins to its ethical and environmental implications, and consumer perceptions, a comprehensive exploration emerges. The synthesis of these intricate threads seeks to guide the trajectory of synthetic meat towards a sustainable, ethical, and scientifically sound alternative to conventional meat, addressing critical societal and environmental challenges.

## Περιεχόμενα

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΕΡΙ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ/ COPYRIGHT .....	3
Ευχαριστίες .....	4
Περίληψη .....	5
Abstract .....	7
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	10
Κεφάλαιο 2: Ορισμός συνθετικού κρέατος – Επισκόπηση της ιστορίας και της ανάπτυξής του .....	13
2.1 Ορισμός.....	13
2.2 Ανασκόπηση της ιστορίας του συνθετικού κρέατος.....	13
2.3 Επιστημονικές εξελίξεις και τεχνολογικές καινοτομίες.....	15
2.4 Η επιστήμη πίσω από το συνθετικό κρέας.....	17
Κεφάλαιο 3: Σύγκριση συνθετικού κρέατος με παραδοσιακό κρέας και εναλλακτικές πηγές φυτικής προέλευσης .....	22
3.1 Σύγκριση με συμβατικό κρέας.....	22
3.2 Σύγκριση στην ασφάλεια τροφίμων.....	24
3.3 Κρέας φυτικής προέλευσης – Εναλλακτικές πηγές.....	26
3.4 Σύγκριση με εναλλακτικές πηγές φυτικής προέλευσης.....	28
3.5 Σύγκριση στην ασφάλεια των τροφίμων.....	32
Κεφάλαιο 4: Ανασκόπηση σχετικών μελετών και ερευνών για το συνθετικό κρέας.....	35
4.1 Οι αναδυόμενες τεχνολογίες.....	35
4.2 Η ανάπτυξη του συνθετικού κρέατος.....	36
4.3 Πιθανά οφέλη και αβεβαιότητες.....	37
4.4 Έρευνα για το συνθετικό κρέας - μηχανικές ιδιότητες:.....	38
4.5 Έρευνα για το συνθετικό κρέας – αντιλήψεις των καταναλωτών:.....	40
4.6 Έρευνα για το συνθετικό κρέας – Ικρίσματα (Scaffolding materials):.....	44
4.7 Βιοϋλικά ζωικής προέλευσης.....	44
4.8 Βιοϋλικά φυτικής προέλευσης .....	45



Κεφάλαιο 5:	Ανάλυση της τρέχουσας αγοράς και των τάσεων του κλάδου .....	47
5.1	Ερευνητικές τάσεις και προκλήσεις.....	49
5.2	Οι Ευρωπαϊκές αγορές του συνθετικού κρέατος .....	51
5.2.1	Το κρέας στην Ευρώπη.....	51
5.2.2	Το συνθετικό κρέας στην Ευρώπη .....	52
Κεφάλαιο 6:	Συζήτηση των περιβαλλοντικών, ηθικών και υγειονομικών επιπτώσεων του συνθετικού κρέατος .....	54
6.1	Υγειονομικές επιπτώσεις .....	54
6.1.1	Θρεπτική σύσταση .....	54
6.1.2	Αλλεργιογόνα.....	55
6.1.3	Μικροβιακή ασφάλεια.....	57
6.1.4	Ορμόνες και παράγοντες ανάπτυξης.....	58
6.1.5	Καρκινογόνα και μολυσματικοί παράγοντες.....	60
6.1.6	Άγνωστες επιπτώσεις στην υγεία .....	62
6.2	Βιωσιμότητα και περιβαλλοντικές επιπτώσεις .....	63
6.3	Ηθικές ανησυχίες.....	69
Κεφάλαιο 7:	Γενικά συμπεράσματα και μελλοντικοί στόχοι .....	73
	Βιβλιογραφία .....	75

## Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Ερχόμενοι αντιμέτωποι στις αυξανόμενες προκλήσεις που σχετίζονται με τη βιωσιμότητα, την καλή διαχείριση των ζώων και την παγκόσμια επισιτιστική ασφάλεια, έχει προκύψει μια αξιοσημείωτη τεχνολογική ανακάλυψη: το συνθετικό κρέας. Γνωστό και ως κρέας που καλλιεργείται στο εργαστήριο (lab-grown meat), αυτή η επαναστατική ιδέα είναι έτοιμη να μεταμορφώσει τον τρόπο με τον οποίο παράγουμε και καταναλώνουμε κρέας. Η παρούσα διατριβή εμβαθύνει στην τρέχουσα κατάσταση της τέχνης του συνθετικού κρέατος και διερευνά τις τεράστιες δυνατότητές του, εξετάζοντας τα οφέλη, τις προκλήσεις και τις ηθικές επιπτώσεις που παρουσιάζει (Z. Bhat, 2020; Bryant, 2019, 2020).

Σε αντίθεση με το συμβατικά παραγόμενο κρέας που προέρχεται από σφαγμένα ζώα, το συνθετικό κρέας δημιουργείται μέσω μιας πρωτοποριακής διαδικασίας που περιλαμβάνει την καλλιέργεια ζωικών κυττάρων σε ελεγχόμενο εργαστηριακό περιβάλλον. Εξάγοντας έναν μικρό αριθμό κυττάρων, όπως τα μυϊκά κύτταρα, και παρέχοντάς τους ένα θρεπτικό μέσο καλλιέργειας, οι επιστήμονες μπορούν να προωθήσουν την ανάπτυξή τους σε βρώσιμα προϊόντα κρέατος. Αυτή η τεχνολογία αιχμής όχι μόνο αντιμετωπίζει πιεστικές ανησυχίες, αλλά προσφέρει επίσης μια μοναδική ευκαιρία να αναδιαμορφώσει το μέλλον της παραγωγής και της κατανάλωσης τροφίμων (Z. Bhat, 2020).

Η επείγουσα ανάγκη για πιο βιώσιμες πρακτικές παραγωγής τροφίμων αποτελεί βασική κινητήρια δύναμη πίσω από την ανάπτυξη του συνθετικού κρέατος. Ο σημερινός κτηνοτροφικός τομέας συμβάλλει σημαντικά στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, στην αποψίλωση των δασών και στη ρύπανση των υδάτων. Παρακάμπτοντας την απαίτηση για εκτεταμένη χρήση γης, ελαχιστοποιώντας την κατανάλωση πόρων και εξαλείφοντας την ανάγκη για αντιβιοτικά, το συνθετικό κρέας έχει τη δυνατότητα να μειώσει σημαντικά την περιβαλλοντική υποβάθμιση που συνδέεται με τη συμβατική παραγωγή κρέατος (Jairath, 2021; Lynch, 2019).

Επιπλέον, το συνθετικό κρέας αποτελεί μια πειστική λύση στα ηθικά διλήμματα που αφορούν την ευημερία των ζώων. Το κυρίαρχο βιομηχανικό σύστημα κτηνοτροφίας μαστίζεται από πρακτικές εντατικής εκτροφής, οι οποίες χαρακτηρίζονται από υπερπληθυσμό και ανθυγιεινές συνθήκες. Το συνθετικό κρέας εξαλείφει την ανάγκη εκτροφής και σφαγής των ζώων, προσφέροντας έτσι μια εναλλακτική λύση που θα μπορούσε να μειώσει σημαντικά τον πόνο των ζώων και να προωθήσει μια πιο συμπονετική προσέγγιση στην κατανάλωση κρέατος (Jairath, 2021).

Οι επιπτώσεις του συνθετικού κρέατος εκτείνονται πέρα από τη βιωσιμότητα και την ευημερία των ζώων. Η τεχνολογία υπόσχεται την ενίσχυση της παγκόσμιας

επισιτιστικής ασφάλειας με την αντιμετώπιση της κλιμακούμενης ζήτησης για προϊόντα κρέατος. Με τον παγκόσμιο πληθυσμό να προβλέπεται να αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς, η ανάγκη για κρέας αναμένεται να αυξηθεί κατακόρυφα τις επόμενες δεκαετίες. Το συνθετικό κρέας έχει τη δυνατότητα να καλύψει αυτή τη ζήτηση με βιώσιμο τρόπο, παρέχοντας μια κλιμακούμενη εναλλακτική λύση στις παραδοσιακές μεθόδους παραγωγής κρέατος χωρίς να ασκεί υπερβολική πίεση στη γη, το νερό και άλλους πεπερασμένους πόρους (Hamdan, 2021).

Ενώ η ιδέα του συνθετικού κρέατος υπόσχεται πολλά, δεν είναι απαλλαγμένη από τις προκλήσεις της. Τα βασικά εμπόδια περιλαμβάνουν το υψηλό κόστος παραγωγής, την τεχνική επεκτασιμότητα και την αποδοχή από τους καταναλωτές. Επί του παρόντος, η παραγωγή συνθετικού κρέατος παραμένει σημαντικά ακριβότερη από το κρέας συμβατικής προέλευσης. Ωστόσο, οι ερευνητές είναι αισιόδοξοι για την επίτευξη ισοτιμίας κόστους με το παραδοσιακό κρέας στο εγγύς μέλλον, χάρη στις συνεχιζόμενες τεχνολογικές εξελίξεις και τις οικονομίες κλίμακας (Bryant, 2020; Siegrist, 2020).

Η τεχνική επεκτασιμότητα είναι μια άλλη κρίσιμη πτυχή που απαιτεί προσοχή. Επί του παρόντος, η παραγωγή συνθετικού κρέατος περιορίζεται σε εργαστηριακά περιβάλλοντα μικρής κλίμακας. Για να υπάρξει ουσιαστικός αντίκτυπος στην παγκόσμια αγορά κρέατος, είναι ζωτικής σημασίας η κλιμάκωση των διαδικασιών παραγωγής. Οι επιστήμονες διερευνούν ενεργά καινοτόμες τεχνικές, όπως οι βιοαντιδραστήρες και η τρισδιάστατη μηχανική ιστών, για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της παραγωγής και την αύξηση της παραγωγής.

Επιπλέον, η αποδοχή και η αντίληψη των καταναλωτών για το συνθετικό κρέας αποτελούν σημαντικό εμπόδιο. Για να επιτύχει εμπορικά το συνθετικό κρέας, πρέπει όχι μόνο να αναπαράγει τη γεύση, την υφή και τις θρεπτικές ιδιότητες του συμβατικού κρέατος, αλλά και να ξεπεράσει τα ψυχολογικά εμπόδια που συνδέονται με το κρέας που καλλιεργείται στο εργαστήριο. Οι εκστρατείες ευαισθητοποίησης του κοινού, η διαφανής επικοινωνία και η θέσπιση ρυθμιστικών πλαισίων θα διαδραματίσουν καθοριστικό ρόλο στην προώθηση της αποδοχής και της εμπιστοσύνης σε αυτή την αναδυόμενη τεχνολογία (Bryant, 2020; Chriki, 2020; Palmieri, 2020).

Καθώς το συνθετικό κρέας συνεχίζει να κερδίζει έδαφος και να προσελκύει το ενδιαφέρον των επενδυτών, των ερευνητών και των καταναλωτών, είναι σημαντικό να διερευνηθούν οι ευρύτερες κοινωνικές επιπτώσεις του. Με την εξέταση των οικονομικών, πολιτιστικών και ρυθμιστικών πτυχών που συνδέονται με την ευρεία υιοθέτηση του συνθετικού κρέατος, μπορούμε να αποκτήσουμε μια ολοκληρωμένη κατανόηση των

μελλοντικών προοπτικών του και του μετασχηματιστικού ρόλου που μπορεί να διαδραματίσει στη διαμόρφωση της σχέσης μας με τα τρόφιμα (Jairath, 2021; Palmieri, 2020; Siegrist, 2018).

Συμπερασματικά, το συνθετικό κρέας αποτελεί μια πρωτοποριακή καινοτομία με τη δυνατότητα να φέρει επανάσταση στη βιομηχανία τροφίμων. Αντιμετωπίζοντας τα πιεστικά ζητήματα της βιωσιμότητας, της ευημερίας των ζώων και της ασφάλειας των τροφίμων, το συνθετικό κρέας προσφέρει μια βιώσιμη εναλλακτική λύση στο συμβατικά παραγόμενο κρέας, παρέχοντας μια πορεία προς ένα πιο βιώσιμο και ηθικό μέλλον στην παραγωγή και κατανάλωση τροφίμων.

## **Κεφάλαιο 2: Ορισμός συνθετικού κρέατος – Επισκόπηση της ιστορίας και της ανάπτυξής του**

### **2.1 Ορισμός**

Το συνθετικό κρέας, αναφέρεται σε προϊόντα κρέατος που παράγονται μέσω κυτταρικής καλλιέργειας. Σε αντίθεση με το παραδοσιακό κρέας, το οποίο απαιτεί την εκτροφή και σφαγή ζώων, το συνθετικό κρέας δημιουργείται με την καλλιέργεια ζωικών κυττάρων σε ελεγχόμενο εργαστηριακό περιβάλλον. Αντιγράφοντας τη φυσική διαδικασία ανάπτυξης των κυττάρων, οι επιστήμονες μπορούν να καλλιεργήσουν μυϊκά κύτταρα, λιποκύτταρα και άλλα συστατικά ιστών για να παράγουν κρέας που μοιάζει πολύ με τα συμβατικά αντίστοιχα (Kumar, 2017).

### **2.2 Ανασκόπηση της ιστορίας του συνθετικού κρέατος**

Η έννοια του συνθετικού κρέατος έχει τις ρίζες της αρκετές δεκαετίες πίσω, με τους πρώτους πρωτοπόρους να θέτουν τα θεμέλια για την ανάπτυξη αυτής της επαναστατικής τεχνολογίας. Το 1931, ο Ουίνστον Τσώρτσιλ προέβλεψε τη δημιουργία κρέατος που καλλιεργείται στο εργαστήριο στο δοκίμιό του «Πενήντα χρόνια μετά» (Fifty years hence), οραματιζόμενος ένα μέλλον όπου το κρέας θα μπορούσε να παράγεται χωρίς την ανάγκη εκτροφής ζώων. Τα επόμενα χρόνια, η επιστημονική πρόοδος και οι ανακαλύψεις στις τεχνικές μηχανικής ιστών και κυτταροκαλλιέργειας έφεραν την ιδέα αυτή πιο κοντά στην πραγματικότητα.

Μια πρωτοποριακή στιγμή στην ιστορία του συνθετικού κρέατος συνέβη το 1999, όταν ο Δρ Willem van Eelen κατέθεσε το πρώτο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για μια διαδικασία παραγωγής κρέατος με μηχανική επεξεργασία ιστών. Αυτό έθεσε τις βάσεις για τη μετέπειτα έρευνα και ανάπτυξη στον τομέα αυτό. Με βάση αυτή την πατέντα, διάφοροι επιστήμονες και ερευνητικές ομάδες ξεκίνησαν ένα ταξίδι για να τελειοποιήσουν τις τεχνικές και να φέρουν το συνθετικό κρέας πιο κοντά στην εμπορική βιωσιμότητα.

Το 2002, μια ομάδα επιστημόνων στο Tuoro College της Νέας Υόρκης καλλιέργησε με επιτυχία μυϊκά κύτταρα χρυσόψαρου σε εργαστήριο. Αν και δεν σχετίζεται άμεσα με την παραγωγή κρέατος, το επίτευγμα αυτό κατέδειξε τη δυνατότητα καλλιέργειας ζωικών κυττάρων εκτός του οργανισμού. Παρείχε πολύτιμες γνώσεις σχετικά με τη διαδικασία καλλιέργειας και έθεσε τις βάσεις για μελλοντικές εξελίξεις στην καλλιέργεια ιστών κρέατος.

Το πρώτο σημαντικό ορόσημο στην ανάπτυξη του συνθετικού κρέατος ήρθε το 2013, όταν ο Δρ. Mark Post και η ομάδα του στο Πανεπιστήμιο του Μάαστριχτ παρουσίασαν

το πρώτο μπιφτέκι στον κόσμο που καλλιεργήθηκε στο εργαστήριο. Αυτό το επίτευγμα κατέδειξε τη δυνατότητα παραγωγής συνθετικού κρέατος και προκάλεσε παγκόσμιο ενδιαφέρον στον τομέα αυτό. Το μπιφτέκι, που παρασκευάστηκε από μυϊκά κύτταρα βοοειδών, σηματοδότησε μια κρίσιμη καμπή στην ιστορία του συνθετικού κρέατος, αναδεικνύοντας τις δυνατότητές του να αντιμετωπίσει τις ανησυχίες για τη βιωσιμότητα και την καλή διαβίωση των ζώων.

Τα επόμενα χρόνια, άλλες ερευνητικές ομάδες και εταιρείες σημείωσαν αξιοσημείωτα βήματα στην εξέλιξη της τεχνολογίας του συνθετικού κρέατος. Το 2015, μια νεοσύστατη επιχείρηση με έδρα το Σαν Φρανσίσκο, η Memphis Meats, παρήγαγε τον πρώτο συνθετικού κεφτέ, αναδεικνύοντας περαιτέρω την ευελιξία της παραγωγής κρέατος με βάση τα κύτταρα. Το επίτευγμά τους κατέδειξε τη δυνατότητα δημιουργίας σύνθετων δομών κρέατος πέρα από τα απλά προϊόντα κιμά, διευρύνοντας τις δυνατότητες για μελλοντικά προϊόντα συνθετικού κρέατος.

Το 2019, η Alerph Farms, μια ισραηλινή εταιρεία, σημείωσε σημαντική πρόοδο καλλιεργώντας με επιτυχία μια μπριζόλα που καλλιεργήθηκε στο εργαστήριο. Η μπριζόλα τους αποτελούνταν από πολλαπλούς τύπους μυών, συμπεριλαμβανομένων των αιμοφόρων αγγείων και των συνδετικών ιστών, αναπαράγοντας με ακρίβεια τη σύνθεση και τη δομή των παραδοσιακών κομματιών βοδινού κρέατος. Το επίτευγμα αυτό σηματοδότησε ένα κρίσιμο βήμα προς τη δημιουργία πιο εξελιγμένων προϊόντων κρέατος και έφερε το συνθετικό κρέας πιο κοντά στην ικανοποίηση των υψηλών προσδοκιών των καταναλωτών.

Συνεχίζοντας την τάση καινοτομίας, το 2020, η Σιγκαπούρη έγινε η πρώτη χώρα που ενέκρινε την πώληση συνθετικού κρέατος. Η Eat Just, μια εταιρεία που ειδικεύεται στις εναλλακτικές πηγές κρέατος με βάση τα φυτά και τις καλλιέργειες, απέκτησε κανονιστική έγκριση για την πώληση προϊόντων συνθετικού κοτόπουλου. Αυτή η απόφαση αποτέλεσε προηγούμενο για άλλα έθνη και κατέδειξε την αυξανόμενη αποδοχή και αναγνώριση του συνθετικού κρέατος ως βιώσιμης πηγής τροφίμων.

Αυτά τα αξιοσημείωτα παραδείγματα αντιπροσωπεύουν μόνο ένα κλάσμα των εξελίξεων και των ανακαλύψεων που έχουν σημειωθεί στην ανάπτυξη του συνθετικού κρέατος. Οι συνεχείς προσπάθειες επιστημόνων, ερευνητών και επιχειρηματιών παγκοσμίως έχουν οδηγήσει σε βελτιωμένες τεχνικές παραγωγής, εκλεπτυσμένη γεύση και υφή και αυξημένη επεκτασιμότητα. Τα επιτεύγματα αυτά σηματοδοτούν ένα πολλά υποσχόμενο μέλλον για το συνθετικό κρέας ως μια βιώσιμη και ηθική λύση για την κάλυψη της παγκόσμιας ζήτησης κρέατος, αντιμετωπίζοντας παράλληλα τις περιβαλλοντικές

ανησυχίες και τις ανησυχίες για την καλή διαβίωση των ζώων που συνδέονται με την παραδοσιακή παραγωγή κρέατος.

Εξερευνώντας την ιστορία και τα σημαντικά ορόσημα στην ανάπτυξη του συνθετικού κρέατος, αποκτούμε βαθύτερη κατανόηση της προόδου που έχει σημειωθεί και των μετασχηματιστικών δυνατοτήτων αυτής της τεχνολογίας. Καθώς η περαιτέρω έρευνα, οι επενδύσεις και η ρυθμιστική υποστήριξη αφιερώνονται στο συνθετικό κρέας, είναι έτοιμο να φέρει επανάσταση στη βιομηχανία τροφίμων και να ανοίξει το δρόμο για ένα πιο βιώσιμο και ανθρώπινο μέλλον στην κατανάλωση κρέατος.

Έκτοτε, οι προσπάθειες έρευνας και ανάπτυξης έχουν επιταχυνθεί, προσελκύοντας επενδύσεις και συνεργασίες από τον ακαδημαϊκό χώρο, τη βιομηχανία και νεοφυείς επιχειρήσεις. Αυτές οι συνεργασίες έχουν τροφοδοτήσει την πρόοδο στη βελτίωση της διαδικασίας παραγωγής, τη βελτιστοποίηση των τεχνικών κυτταροκαλλιέργειας και τη διερεύνηση εναλλακτικών πηγών κυττάρων για τη διεύρυνση της ποικιλίας των προϊόντων συνθετικού κρέατος. Ως αποτέλεσμα, γίναμε μάρτυρες μιας εκθετικής ανάπτυξης στον τομέα, με πολυάριθμες εταιρείες και ερευνητικά ιδρύματα να εργάζονται επιμελώς για την εμπορική αξιοποίηση του συνθετικού κρέατος (Anomaly et al., n.d.; Chriki & Hocquette, 2020; Fernandes et al., 2020; Goodwin & Shoulders, 2013; Treich, 2021).

### **2.3 Επιστημονικές εξελίξεις και τεχνολογικές καινοτομίες**

Η ανάπτυξη του συνθετικού κρέατος βασίζεται σε μια διεπιστημονική προσέγγιση που βασίζεται σε διάφορα επιστημονικά πεδία, όπως η μηχανική ιστών, η βιολογία βλαστοκυττάρων και η βιοεπεξεργασία. Με την πάροδο των ετών, οι επιστήμονες έχουν κάνει σημαντικά βήματα στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας και της επεκτασιμότητας της παραγωγής συνθετικού κρέατος.

Ένας βασικός τομέας προόδου έγκειται στην ανάπτυξη τεχνικών καλλιέργειας κυττάρων. Η παραγωγή κρέατος με καλλιέργεια απαιτεί την καλλιέργεια και τον πολλαπλασιασμό ζωικών κυττάρων σε ελεγχόμενο εργαστηριακό περιβάλλον. Οι επιστήμονες διερευνούν διάφορες μεθόδους για την ενίσχυση των ρυθμών πολλαπλασιασμού των κυττάρων και τη βελτιστοποίηση των συνθηκών καλλιέργειας κυττάρων, που οδηγούν σε βελτιωμένη επεκτασιμότητα και οικονομική αποδοτικότητα. Για παράδειγμα, οι εξελίξεις στον σχεδιασμό βιοαντιδραστήρων και στις τεχνικές μηχανικής ιστών έχουν επιτρέψει την ανάπτυξη μεγαλύτερων ποσοτήτων ζωικών κυττάρων, καθιστώντας τη διαδικασία παραγωγής πιο βιώσιμη σε εμπορική κλίμακα (Terrier, 2007).

Οι ερευνητές έχουν επίσης επικεντρωθεί στον εντοπισμό κατάλληλων κυτταρικών πηγών για την παραγωγή συνθετικού κρέατος. Αρχικά, η διαδικασία περιελάμβανε την εξαγωγή κυττάρων από ζωντανά ζώα μέσω διαδικασιών βιοψίας. Ωστόσο, οι πρόσφατες εξελίξεις έχουν αναδείξει τη δυνατότητα χρήσης εναλλακτικών κυτταρικών πηγών, όπως τα βλαστικά κύτταρα ή τα επαγόμενα πολυδύναμα βλαστικά κύτταρα (iPSC). Τα κύτταρα αυτά έχουν την ικανότητα να διαφοροποιούνται σε μυϊκά κύτταρα, προσφέροντας μια βιώσιμη και ηθική εναλλακτική λύση στη μέθοδο της βιοψίας. Τα iPSCs, που προέρχονται από ένα μικρό δείγμα ιστού, μπορούν να καλλιεργούνται και να επεκτείνονται επ' άοριστον, παρέχοντας μια σταθερή και άφθονη πηγή κυττάρων για την παραγωγή συνθετικού κρέατος (Post, 2012).

Επιπλέον, οι εξελίξεις στην ανάπτυξη των μέσων κυτταροκαλλιέργειας έχουν διαδραματίσει κρίσιμο ρόλο στη βελτιστοποίηση της ανάπτυξης και της λειτουργικότητας των κυττάρων. Οι ερευνητές έχουν διερευνήσει νέες συνθέσεις αυξητικών παραγόντων, ορμονών και θρεπτικών συστατικών για τη δημιουργία ενός μέσου καλλιέργειας που υποστηρίζει τον ταχύ πολλαπλασιασμό και τη διαφοροποίηση των ζωικών κυττάρων. Με τη λεπτομερή ρύθμιση της σύνθεσης των μέσων καλλιέργειας, οι επιστήμονες έχουν βελτιώσει με επιτυχία την υφή και τη γεύση του συνθετικού κρέατος, φέρνοντάς το πιο κοντά στην οργανοληπτική εμπειρία του συμβατικού κρέατος (Djijalon et al., 2021).

Ένας άλλος τομέας σημαντικής τεχνολογικής καινοτομίας είναι η κατασκευή δομημένων προϊόντων κρέατος. Εκτός από την παραγωγή κιμά, οι ερευνητές διερευνούν μεθόδους για τη δημιουργία πιο σύνθετων δομών, όπως μπριζόλες ή φιλέτα. Τεχνικές όπως η τρισδιάστατη βιοεκτύπωση και η μηχανική ιστών επιτρέπουν την ακριβή διαστρωμάτωση διαφορετικών τύπων κυττάρων, δημιουργώντας δομές που μοιάζουν με κρέας με ρεαλιστική υφή και σύνθεση. Αυτές οι εξελίξεις έχουν τη δυνατότητα να φέρουν επανάσταση στην ποικιλία και την παρουσίαση των συνθετικών προϊόντων κρέατος, ενισχύοντας την ελκυστικότητά τους στους καταναλωτές.

Επιπλέον, στον τομέα του συνθετικού κρέατος έχουν σημειωθεί εξελίξεις στη χρήση υλικών φυτικής προέλευσης ως «ικριωμάτων» (scaffolds) για την υποστήριξη της κυτταρικής ανάπτυξης και της ανάπτυξης ιστών. Τα ικριώματα φυτικής προέλευσης, που προέρχονται από υλικά όπως η κυτταρίνη ή οι βρώσιμες «υδρογέλες» (hydrogels), παρέχουν ένα φυσικό και βιώσιμο πλαίσιο για τα καλλιεργούμενα κύτταρα. Αυτά τα ικριώματα όχι μόνο διευκολύνουν το σχηματισμό δομών που μοιάζουν με ιστούς, αλλά συμβάλλουν επίσης στη συνολική υφή και τις οργανοληπτικές ιδιότητες του συνθετικού προϊόντος κρέατος.



Οι εξελίξεις στις τεχνικές μηχανικής ιστών, όπως η τρισδιάστατη βιοεκτύπωση, επέτρεψαν τη δημιουργία πιο περίπλοκων δομών κρέατος, που μιμούνται την υφή και τη σύνθεση του συμβατικού κρέατος. Επιπλέον, οι ερευνητές έχουν διερευνήσει εναλλακτικές πηγές κυττάρων, συμπεριλαμβανομένων των πουλερικών, των ψαριών, ακόμη και εξωτικών ζώων, επεκτείνοντας τις πιθανές εφαρμογές του συνθετικού κρέατος πέρα από τα παραδοσιακά προϊόντα βοείου και χοιρινού κρέατος (K. Handral et al., 2022).

Τεχνολογικές καινοτομίες, όπως η χρήση βιοαντιδραστήρων, έχουν διευκολύνει την παραγωγή συνθετικού κρέατος σε μεγάλη κλίμακα. Οι βιοαντιδραστήρες παρέχουν ένα ελεγχόμενο περιβάλλον για την ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό των κυττάρων, επιτρέποντας αυξημένους όγκους παραγωγής και μειωμένο κόστος. Οι συνεχείς προσπάθειες έρευνας και ανάπτυξης στον τομέα αυτό αποσκοπούν στη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού των βιοαντιδραστήρων, των συστημάτων παροχής θρεπτικών ουσιών και των συνθέσεων των μέσων καλλιέργειας για την περαιτέρω ενίσχυση της αποδοτικότητας της παραγωγής (Terrier, 2007).

Συμπερασματικά, η επιστημονική πρόοδος και οι τεχνολογικές καινοτομίες έχουν συμβάλει καθοριστικά στην εξέλιξη του συνθετικού κρέατος από μια ιδέα σε μια βιώσιμη εναλλακτική λύση έναντι του συμβατικού κρέατος. Οι ερευνητές έχουν κάνει σημαντικά βήματα στην τελειοποίηση των τεχνικών κυτταροκαλλιέργειας, στον εντοπισμό κατάλληλων κυτταρικών πηγών, στη βελτιστοποίηση των μέσων καλλιέργειας και στην κατασκευή δομημένων προϊόντων κρέατος. Αυτές οι πρόοδοι μας φέρνουν πιο κοντά σε ένα μέλλον όπου το συνθετικό κρέας θα μπορεί να παραχθεί σε κλίμακα, με βελτιωμένη γεύση, υφή και περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Η συνέχιση της έρευνας και της ανάπτυξης σε αυτόν τον τομέα έχει τη δυνατότητα να φέρει επανάσταση στον τρόπο με τον οποίο παράγουμε και καταναλώνουμε κρέας, αντιμετωπίζοντας τις παγκόσμιες προκλήσεις που σχετίζονται με την επισιτιστική ασφάλεια, την κατανάλωση πόρων και την καλή διαβίωση των ζώων.

#### **2.4 Η επιστήμη πίσω από το συνθετικό κρέας**

Η επιστήμη πίσω από το συνθετικό κρέας περιλαμβάνει μια σειρά από κλάδους, όπως η κυτταρική βιολογία, η μηχανική ιστών και η βιοτεχνολογία, οι οποίοι συνεργάζονται για την επιτυχή παραγωγή κρέατος που καλλιεργείται στο εργαστήριο. Στον πυρήνα της παραγωγής συνθετικού κρέατος βρίσκεται η διαδικασία της κυτταροκαλλιέργειας, όπου ζωικά κύτταρα, συνήθως μυϊκά κύτταρα ή βλαστικά κύτταρα, λαμβάνονται και καλλιεργούνται *in vitro*. Αυτό περιλαμβάνει την παροχή στα κύτταρα ενός θρεπτικού μέσου καλλιέργειας πλούσιου σε θρεπτικά συστατικά που περιέχει βασικούς αυξητικούς

παράγοντες, αμινοξέα, βιταμίνες και μέταλλα για την υποστήριξη του κυτταρικού πολλαπλασιασμού και της διαφοροποίησης. Για να δημιουργηθούν τρισδιάστατες δομές κρέατος, χρησιμοποιούνται συχνά υλικά ικριωμάτων που παρέχουν ένα πλαίσιο για την ανάπτυξη και την οργάνωση των κυττάρων. Αυτά τα ικριώματα μπορεί να αποτελούνται από φυσικά ή συνθετικά υλικά που μιμούνται την εξωκυτταρική μήτρα (matrix) που βρίσκεται στους ζωντανούς ιστούς. Μέσω προσεκτικά ελεγχόμενων περιβαλλοντικών συνθηκών, συμπεριλαμβανομένων της θερμοκρασίας, των επιπέδων οξυγόνου και της μηχανικής διέγερσης, οι επιστήμονες καθοδηγούν τα κύτταρα να αναπτυχθούν σε μυϊκό ιστό, ο οποίος αποτελεί τη βάση των συνθετικών προϊόντων κρέατος (Reiss et al., 2021; Sharma et al., 2015).

Επιπλέον, οι εξελίξεις στις τεχνικές μηχανικής ιστών, όπως η τρισδιάστατη βιοεκτύπωση, έχουν επιτρέψει την ακριβή διαστρωμάτωση και οργάνωση διαφορετικών τύπων κυττάρων, επιτρέποντας τη δημιουργία πολύπλοκων δομών κρέατος που μοιάζουν πολύ με το συμβατικό κρέας όσον αφορά την υφή και τη σύνθεση. Η βελτιστοποίηση των συνθέσεων των μέσων καλλιέργειας, των συστημάτων βιοαντιδραστήρων και των πρωτοκόλλων διαφοροποίησης των ιστών διαδραματίζει ζωτικό ρόλο στην ενίσχυση της αποτελεσματικότητας και της επεκτασιμότητας της παραγωγής συνθετικού κρέατος. Αυτές οι επιστημονικές εξελίξεις και τεχνικές συμβάλλουν συλλογικά στην υλοποίηση του συνθετικού κρέατος ως βιώσιμης και ηθικά αποδεκτής πηγής τροφίμων που έχει τη δυνατότητα να φέρει επανάσταση στο μέλλον της παραγωγής και κατανάλωσης κρέατος. Αφού ληφθούν τα κύτταρα, τοποθετούνται σε ελεγχόμενο εργαστηριακό περιβάλλον όπου καλλιεργούνται και διεγείρονται για να πολλαπλασιαστούν. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει την παροχή στα κύτταρα ενός βέλτιστου μέσου καλλιέργειας που περιέχει έναν προσεκτικά ισορροπημένο συνδυασμό θρεπτικών συστατικών, αυξητικών παραγόντων και ορμονών. Αυτά τα συστατικά διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη ρύθμιση της κυτταρικής ανάπτυξης, της διαφοροποίησης και του μεταβολισμού. Οι ερευνητές βελτιώνουν και βελτιστοποιούν συνεχώς τη σύνθεση του μέσου καλλιέργειας για την ενίσχυση της βιωσιμότητας των κυττάρων, την επιτάχυνση της κυτταρικής διαίρεσης και την προώθηση του σχηματισμού μυϊκών ινών (Zhao et al., 2016).

Για τη δημιουργία τρισδιάστατων δομών κρέατος, χρησιμοποιούνται υλικά «ικριωμάτων» (scaffolding materials). Αυτά τα ικριώματα χρησιμεύουν ως πλαίσιο ή σύστημα υποστήριξης για τα αναπτυσσόμενα κύτταρα, καθοδηγώντας την οργάνωσή τους και προωθώντας τον σχηματισμό λειτουργικού ιστού. Τα υλικά ικριωμάτων μπορούν να προέρχονται από διάφορες πηγές, συμπεριλαμβανομένων φυσικών πολυμερών όπως το

κολλαγόνο και η ινική ή συνθετικών υλικών όπως βιοδιασπώμενα πολυμερή. Η επιλογή του υλικού ικριώματος εξαρτάται από τη βιοσυμβατότητά του, τις μηχανικές του ιδιότητες και την ικανότητά του να διευκολύνει την προσκόλληση των κυττάρων, τη μετανάστευση και την ανάπτυξη των ιστών (Seah et al., 2022).

Για να μιμηθούν τις δυναμικές συνθήκες που βιώνουν οι ζωντανοί ιστοί, οι ερευνητές χρησιμοποιούν συστήματα βιοαντιδραστήρων. Οι βιοαντιδραστήρες παρέχουν ένα ελεγχόμενο περιβάλλον όπου μπορούν να ρυθμιστούν με ακρίβεια παράγοντες όπως η θερμοκρασία, το pH, τα επίπεδα οξυγόνου και η παροχή θρεπτικών ουσιών. Τα συστήματα αυτά μπορεί να κυμαίνονται από απλές διατάξεις που βασίζονται σε φιάλες έως πιο σύνθετα και αυτοματοποιημένα συστήματα που διευκολύνουν την παραγωγή μεγάλης κλίμακας. Οι βιοαντιδραστήρες προσφέρουν το πλεονέκτημα της επεκτασιμότητας, επιτρέποντας στους ερευνητές να καλλιεργούν μεγαλύτερο αριθμό κυττάρων και να παράγουν μεγαλύτερες ποσότητες συνθετικού κρέατος (Rivera & Chen, 2022).

Τα τελευταία χρόνια, οι εξελίξεις στις τεχνικές μηχανικής ιστών, ιδίως η τρισδιάστατη βιοεκτύπωση, έχουν συμβάλει σημαντικά στην ανάπτυξη του συνθετικού κρέατος. Η τρισδιάστατη βιοεκτύπωση επιτρέπει την ακριβή εναπόθεση κυττάρων και βιοϋλικών με τρόπο που να γίνεται στρώμα προς στρώμα, επιτρέποντας τη δημιουργία πολύπλοκων δομών κρέατος με ελεγχόμενη μικροαρχιτεκτονική. Εκτυπώνοντας διαφορετικούς τύπους κυττάρων, συμπεριλαμβανομένων των μυϊκών κυττάρων, των λιποκυττάρων και των κυττάρων του συνδετικού ιστού, οι ερευνητές μπορούν να αναπαράγουν την περίπλοκη σύνθεση του φυσικού κρέατος. Η δυνατότητα ακριβούς διάταξης αυτών των κυττάρων μέσα στις εκτυπωμένες δομές βοηθά στην επίτευξη της επιθυμητής υφής και των συνολικών χαρακτηριστικών που μοιάζουν με κρέας.

Η συνεχής έρευνα και οι τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα του συνθετικού κρέατος επικεντρώνονται στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας και της επεκτασιμότητας της διαδικασίας παραγωγής. Αυτό περιλαμβάνει τη διερεύνηση εναλλακτικών πηγών κυττάρων, όπως κύτταρα πτηνών ή ψαριών, για τη διαφοροποίηση της γκάμας των διαθέσιμων προϊόντων συνθετικού κρέατος. Επιπλέον, καταβάλλονται προσπάθειες για τη βελτιστοποίηση της χρήσης αυξητικών παραγόντων, μέσων καλλιέργειας χωρίς ορό και συστατικών χωρίς ζώα για τη βελτίωση της βιωσιμότητας και του ηθικού προφίλ της παραγωγής συνθετικού κρέατος (Dick et al., 2019; K. Handral et al., 2022).

Η επιστήμη πίσω από το συνθετικό κρέας είναι ένας δυναμικός και ταχέως εξελισσόμενος τομέας που ενσωματώνει γνώσεις από διάφορους επιστημονικούς κλάδους. Μέσω μιας περίπλοκης αλληλεπίδρασης της κυτταρικής βιολογίας, της μηχανικής ιστών,

της βιοτεχνολογίας και των προηγμένων τεχνικών παραγωγής, οι επιστήμονες ξεκλειδώνουν τη δυνατότητα παραγωγής κρέατος που είναι βιώσιμο, φιλικό προς το περιβάλλον και χωρίς σκληρότητα. Η συνεχιζόμενη έρευνα και ανάπτυξη σε αυτόν τον τομέα υπόσχεται πολλά για τον μετασχηματισμό του παγκόσμιου συστήματος διατροφής, τον μετριασμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της συμβατικής παραγωγής κρέατος και την ικανοποίηση της αυξανόμενης ζήτησης για ζωική πρωτεΐνη με υπεύθυνο και ηθικό τρόπο.

Οι θρησκευτικές απόψεις για το συνθετικό κρέας ποικίλλουν στις διάφορες θρησκευτικές παραδόσεις. Σε γενικές γραμμές, οι θρησκευτικές απόψεις για το συνθετικό κρέας αντανακλούν μια σειρά από ηθικές εκτιμήσεις που σχετίζονται με έννοιες όπως η συμπόνια, η διαχείριση και ο σεβασμός της ζωής. Ορισμένες θρησκευτικές παραδόσεις θεωρούν το συνθετικό κρέας ως μια πιθανή λύση για την αντιμετώπιση ηθικών προβλημάτων που σχετίζονται με τη συμβατική παραγωγή κρέατος, όπως η ευημερία των ζώων και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Μπορεί να βλέπουν το συνθετικό κρέας ως έναν τρόπο προώθησης της συμπόνιας με τη μείωση του πόνου των ζώων και τον μετριασμό της βλάβης στο περιβάλλον. Ωστόσο, άλλες θρησκευτικές απόψεις μπορεί να εκφράζουν επιφυλάξεις σχετικά με την τεχνητή φύση του συνθετικού κρέατος, εγείροντας ερωτήματα σχετικά με τη συμβατότητά του με τους θρησκευτικούς διατροφικούς νόμους, τις τελετουργίες ή τις πεποιθήσεις για την ιερότητα της φυσικής δημιουργίας. Όπως συμβαίνει με κάθε ηθικό ζήτημα, οι θρησκευτικές προοπτικές για το συνθετικό κρέας είναι ποικίλες και διαμορφώνονται από τα ερμηνευτικά πλαίσια και τις αξίες των διαφόρων θρησκευτικών κοινοτήτων (Lo Sario, 2022).

Στο πλαίσιο συγκεκριμένα της βουδιστικής θρησκείας, οι απόψεις για το συνθετικό κρέας μπορεί να ποικίλλουν ανάλογα με την ερμηνεία και τις πεποιθήσεις των ατόμων και των διαφορετικών βουδιστικών παραδόσεων. Ορισμένοι βουδιστές μπορεί να θεωρούν ότι η ανάπτυξη και η κατανάλωση συνθετικού κρέατος ευθυγραμμίζεται με τις αρχές της συμπόνιας και της μη βλάβης (ahimsa). Μειώνοντας ή εξαλείφοντας την ανάγκη σφαγής των ζώων, το συνθετικό κρέας μπορεί να θεωρηθεί ως μέσο μείωσης των δεινών των αισθανόμενων όντων. Αυτή η προοπτική ευθυγραμμίζεται με τη βουδιστική αρχή της αποχής από την πρόκληση βλάβης σε κάθε ζωντανό ον. Ωστόσο, μπορεί να υπάρχουν διαφορετικές απόψεις μεταξύ των βουδιστών, καθώς ορισμένοι μπορεί να ισχυριστούν ότι η παραγωγή συνθετικού κρέατος εξακολουθεί να περιλαμβάνει τη χειραγώγηση και την καλλιέργεια ζωντανών κυττάρων, γεγονός που θα μπορούσε να θεωρηθεί ως παρέμβαση στη φυσική τάξη της ζωής. Τελικά, οι μεμονωμένοι βουδιστές μπορούν να αξιολογήσουν τις

ηθικές επιπτώσεις του συνθετικού κρέατος με βάση την κατανόηση των βουδιστικών διδασκαλιών και την πρόθεση πίσω από τις διατροφικές τους επιλογές (Kwon & Park, 2023).

### **Κεφάλαιο 3: Σύγκριση συνθετικού κρέατος με παραδοσιακό κρέας και εναλλακτικές πηγές φυτικής προέλευσης**

#### **3.1 Σύγκριση με συμβατικό κρέας**

Στη συνέχεια αποσκοπείται η παροχή μιας ολοκληρωμένης ανάλυσης των ομοιοτήτων και των διαφορών μεταξύ του συνθετικού κρέατος και του συμβατικού κρέατος. Εξετάζονται διάφορες πτυχές όπως η γεύση, η διατροφική σύνθεση, οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, η καλή διαβίωση των ζώων και η επεκτασιμότητα.

Η γεύση και η υφή είναι κρίσιμοι παράγοντες για τη σύγκριση του συνθετικού κρέατος με το συμβατικό κρέας. Ενώ το συνθετικό κρέας στοχεύει να αναπαράγει πιστά τη γεύση και την υφή του συμβατικού κρέατος, οι ατομικές γευστικές προτιμήσεις μπορεί να διαφέρουν. Η τρέχουσα έρευνα στον τομέα επικεντρώνεται στη βελτίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του συνθετικού κρέατος με τη βελτιστοποίηση παραγόντων όπως η ράβδωση (marbling), ο χυμός και η τρυφερότητα. Για παράδειγμα, οι επιστήμονες διερευνούν τη χρήση συγκεκριμένων τύπων κυττάρων και τεχνικών μηχανικής ιστών για την αναδημιουργία της περίπλοκης δομής των μυών και της κατανομής του λίπους που συναντάται στο συμβατικό κρέας, βελτιώνοντας έτσι τη συνολική γευστική εμπειρία.

Στον τομέα της γεύσης, το συνθετικό κρέας προσφέρει ένα μοναδικό πλεονέκτημα μέσω της δυνατότητας προσαρμογής του προφίλ γεύσης. Με τις εξελίξεις στην κυτταρική γεωργία και τη μηχανική ιστών, οι ερευνητές μπορούν να διερευνήσουν την ενσωμάτωση συγκεκριμένων ενώσεων που ενισχύουν τη γεύση ή να χρησιμοποιήσουν κυτταρικές τεχνικές για να ενισχύσουν τις γευστικές αισθήσεις που συνδέονται με το συμβατικό κρέας. Για παράδειγμα, βελτιστοποιώντας την έκφραση των υποδοχέων γεύσης στα καλλιεργούμενα μυϊκά κύτταρα, οι επιστήμονες μπορούν να ενισχύσουν την αντίληψη του umami ή άλλων επιθυμητών γεύσεων, ενισχύοντας περαιτέρω την ομοιότητα με το συμβατικό κρέας (Z. F. Bhat et al., 2015; Fraeye et al., 2020).

Όσον αφορά τη διατροφική σύνθεση, το συνθετικό κρέας προσφέρει τη δυνατότητα προσαρμογής ώστε να ανταποκρίνεται σε συγκεκριμένες διατροφικές απαιτήσεις. Για παράδειγμα, οι ερευνητές μπορούν να χειριστούν τους παράγοντες ανάπτυξης και τις συνθήκες καλλιέργειας για να παράγουν συνθετικό κρέας με μειωμένα επίπεδα κορεσμένου λίπους, χοληστερόλης ή αλλεργιογόνων ενώσεων. Μπορούν επίσης να εμπλουτίσουν το συνθετικό κρέας με βασικά θρεπτικά συστατικά, όπως ωμέγα-3 λιπαρά οξέα ή βιταμίνες, για να καλύψουν συγκεκριμένες διατροφικές ανάγκες. Αυτό το επίπεδο

ελέγχου του διατροφικού προφίλ του συνθετικού κρέατος παρέχει ένα σαφές πλεονέκτημα σε σύγκριση με το συμβατικό κρέας, όπου μια τέτοια προσαρμογή είναι δύσκολη.

Η δυνατότητα προσαρμογής της διατροφικής σύνθεσης του συνθετικού κρέατος αποτελεί ευκαιρία για την κάλυψη συγκεκριμένων διατροφικών αναγκών και προτιμήσεων. Για παράδειγμα, το συνθετικό κρέας μπορεί να τροποποιηθεί ώστε να έχει υψηλότερη περιεκτικότητα σε απαραίτητα αμινοξέα, όπως λυσίνη ή μεθειονίνη, τα οποία είναι μερικές φορές περιορισμένα σε φυτικές πηγές πρωτεϊνών. Επιπλέον, το συνθετικό κρέας μπορεί να προσαρμοστεί ώστε να παρέχει συγκεκριμένα μικροθρεπτικά συστατικά που συνήθως περιέχονται στο συμβατικό κρέας, όπως ο σίδηρος και η βιταμίνη B12. Αυτή η δυνατότητα διατροφικής προσαρμογής τοποθετεί το συνθετικό κρέας ως μια ευέλικτη επιλογή που μπορεί να καλύψει ένα ευρύ φάσμα διατροφικών απαιτήσεων (Fraeye et al., 2020).

Από περιβαλλοντική άποψη, το συνθετικό κρέας έχει τη δυνατότητα να ανακουφίσει την οικολογική επιβάρυνση που προκαλεί η συμβατική παραγωγή κρέατος. Η κτηνοτροφία συμβάλλει σημαντικά στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, στην αποψίλωση των δασών και στη ρύπανση των υδάτων. Αντίθετα, η παραγωγή συνθετικού κρέατος απαιτεί λιγότερους πόρους, όπως γη και νερό, και παράγει χαμηλότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Για παράδειγμα, μια μελέτη που διεξήχθη από τους Tuomisto και de Mattos (2011) εκτίμησε ότι η παραγωγή συνθετικού κρέατος θα μπορούσε να μειώσει τη χρήση εδάφους έως και 99% και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου έως και 96% σε σύγκριση με τη συμβατική παραγωγή κρέατος. Αυτά τα περιβαλλοντικά οφέλη τοποθετούν το συνθετικό κρέας ως μια πολλά υποσχόμενη λύση για τον μετριασμό των οικολογικών επιπτώσεων που συνδέονται με την κατανάλωση κρέατος (Tuomisto & de Mattos, 2011).

Το συνθετικό κρέας υπόσχεται πολλά από περιβαλλοντική άποψη. Ενώ η συμβατική παραγωγή κρέατος συνδέεται με την αποψίλωση των δασών, τη ρύπανση των υδάτων και την καταστροφή των οικοτόπων, η παραγωγή συνθετικού κρέατος απαιτεί σημαντικά λιγότερους πόρους και έχει μειωμένο περιβαλλοντικό αποτύπωμα. Επιπλέον, το ελεγχόμενο εργαστηριακό περιβάλλον της καλλιέργειας συνθετικού κρέατος εξαλείφει την ανάγκη για μεγάλης κλίμακας κτηνοτροφία, μειώνοντας την πίεση στα οικοσυστήματα. Αυτή η μειωμένη εξάρτηση από τη γεωργική γη μπορεί να συμβάλει στον μετριασμό της αποψίλωσης των δασών και της απώλειας της βιοποικιλότητας, συμβάλλοντας σε ένα πιο βιώσιμο και οικολογικά ισορροπημένο σύστημα διατροφής (Tuomisto, 2019).

Όσον αφορά την ευημερία των ζώων, το συνθετικό κρέας προσφέρει μια ελκυστική εναλλακτική λύση στις συμβατικές μεθόδους παραγωγής κρέατος. Η καλλιέργεια του συνθετικού κρέατος δεν απαιτεί την εκτροφή και τη σφαγή ζώων, εξαλείφοντας τις ηθικές

ανησυχίες σχετικά με την ευημερία των ζώων. Προσφέροντας μια επιλογή χωρίς βάνουση μεταχείριση, το συνθετικό κρέας ευθυγραμμίζεται με την αυξανόμενη απαίτηση των καταναλωτών για πιο ανθρώπινες και συμπονετικές διατροφικές επιλογές. Επιπλέον, εξαλείφει την ανάγκη για πρακτικές όπως η εργοστασιακή εκτροφή, οι οποίες είναι γνωστές για τις αρνητικές επιπτώσεις τους στην ευημερία των ζώων (Post et al., 2020).

Το συνθετικό κρέας αποτελεί μοναδική ευκαιρία για την αντιμετώπιση των προβλημάτων καλής μεταχείρισης των ζώων στη βιομηχανία κρέατος. Η καλλιέργεια κρέατος σε εργαστηριακό περιβάλλον εξαλείφει την ανάγκη σφαγής των ζώων και τον εγκλεισμό που συνήθως συνδέεται με την εντατική κτηνοτροφία. Παρακάμπτοντας τις ηθικές προκλήσεις που θέτει η συμβατική παραγωγή κρέατος, το συνθετικό κρέας προσφέρει μια πιο συμπονετική εναλλακτική λύση. Επιπλέον, καθώς η τεχνολογία και οι μέθοδοι παραγωγής συνεχίζουν να εξελίσσονται, υπάρχει δυνατότητα περαιτέρω βελτίωσης της διαδικασίας καλλιέργειας ώστε να βελτιωθεί η ευημερία των κυττάρων και των ιστών που εμπλέκονται (Chriki et al., 2022).

Ενώ το συνθετικό κρέας παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα, παραμένουν προκλήσεις όσον αφορά την επεκτασιμότητα και το κόστος. Επί του παρόντος, η παραγωγή συνθετικού κρέατος σε μεγάλη κλίμακα είναι ακριβότερη σε σύγκριση με τη συμβατική παραγωγή κρέατος λόγω παραγόντων όπως το κόστος των μέσων καλλιέργειας, των κυτταρικών σειρών και των συστημάτων βιοαντιδραστήρων. Ωστόσο, με τη συνεχή τεχνολογική πρόοδο και τις οικονομίες κλίμακας, το κόστος αναμένεται να μειωθεί με την πάροδο του χρόνου. Για παράδειγμα, εταιρείες όπως η Memphis Meats και η Mosa Meat εργάζονται ενεργά για τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών παραγωγής και τη μείωση του κόστους, ώστε να καταστήσουν το συνθετικό κρέας πιο προσιτό και προσιτό στους καταναλωτές. Καθώς ο τομέας συνεχίζει να εξελίσσεται, η περαιτέρω έρευνα και η καινοτομία αναμένεται να αντιμετωπίσουν τις προκλήσεις κλιμάκωσης και να καταστήσουν το συνθετικό κρέας μια βιώσιμη και ανταγωνιστική ως προς το κόστος επιλογή.

### **3.2 Σύγκριση στην ασφάλεια τροφίμων**

Η ασφάλεια των τροφίμων αποτελεί κρίσιμη πτυχή της παραγωγής κρέατος και τα κανονιστικά πλαίσια διασφαλίζουν την ασφάλεια και την ποιότητα των προϊόντων κρέατος που διατίθενται στην αγορά. Στην περίπτωση του συμβατικού κρέατος, καθιερωμένοι κανονισμοί διέπουν διάφορα στάδια της παραγωγής, συμπεριλαμβανομένης της καλής μεταχείρισης των ζώων, της σφαγής, της επεξεργασίας, της αποθήκευσης και της διανομής. Οι κανονισμοί αυτοί συχνά επικεντρώνονται στην πρόληψη της μόλυνσης του κρέατος με



παθογόνους μικροοργανισμούς, όπως η σαλμονέλα και το *E. coli*, και στη διασφάλιση του κατάλληλου χειρισμού και της αποθήκευσης για την ελαχιστοποίηση του κινδύνου τροφιμογενών ασθενειών (Ong et al., 2021).

Για το συνθετικό κρέας, η ασφάλεια των τροφίμων και οι κανονιστικές εκτιμήσεις είναι επίσης υψίστης σημασίας. Καθώς αυτή η καινοτόμος τεχνολογία συνεχίζει να εξελίσσεται, οι ρυθμιστικοί φορείς αξιολογούν και αναπτύσσουν ενεργά πλαίσια για την αντιμετώπιση των μοναδικών πτυχών της παραγωγής συνθετικού κρέατος. Οι αξιολογήσεις ασφάλειας για το συνθετικό κρέας περιλαμβάνουν την αξιολόγηση της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητας των κυτταρικών καλλιεργειών που χρησιμοποιούνται, των διαδικασιών παραγωγής και του τελικού προϊόντος. Οι αξιολογήσεις αυτές αποσκοπούν στο να διασφαλίσουν ότι το συνθετικό κρέας πληροί τα ίδια αυστηρά πρότυπα ασφαλείας με το συμβατικό κρέας, παρέχοντας στους καταναλωτές εμπιστοσύνη στην κατανάλωσή του (Ong et al., 2021).

Η επισήμανση του συνθετικού κρέατος είναι μια άλλη σημαντική πτυχή των κανονισμών για την ασφάλεια των τροφίμων. Η σαφής και ακριβής επισήμανση είναι ζωτικής σημασίας για την ενημέρωση των καταναλωτών σχετικά με τη φύση και την προέλευση του προϊόντος που αγοράζουν. Οι ρυθμιστικοί φορείς εργάζονται για τη θέσπιση κατευθυντήριων γραμμών επισήμανσης που διακρίνουν το συνθετικό κρέας από το συμβατικό κρέας, εξασφαλίζοντας τη διαφάνεια και αποτρέποντας την παραπλανητική πληροφόρηση. Έχοντας σαφείς απαιτήσεις επισήμανσης, οι καταναλωτές μπορούν να κάνουν συνειδητές επιλογές και να έχουν εμπιστοσύνη στην ασφάλεια και τη γνησιότητα των προϊόντων που επιλέγουν (Post et al., 2020).

Το ρυθμιστικό τοπίο για τη συμβατική παραγωγή κρέατος είναι καθιερωμένο και συνήθως περιλαμβάνει αυστηρά μέτρα για τη διασφάλιση της ασφάλειας των τροφίμων. Για παράδειγμα, στις Ηνωμένες Πολιτείες, η Υπηρεσία Ασφάλειας και Επιθεώρησης Τροφίμων (FSIS) του Υπουργείου Γεωργίας των ΗΠΑ (USDA) εφαρμόζει κανονισμούς που διέπουν το χειρισμό, την επεξεργασία και την επισήμανση των προϊόντων κρέατος. Οι κανονισμοί αυτοί περιλαμβάνουν υποχρεωτικές επιθεωρήσεις των σφαγείων, παρακολούθηση των εγκαταστάσεων επεξεργασίας και μικροβιολογικές δοκιμές για την ανίχνευση της παρουσίας παθογόνων μικροοργανισμών .

Στην περίπτωση του συνθετικού κρέατος, οι ρυθμιστικοί φορείς εργάζονται ενεργά για την ανάπτυξη συγκεκριμένων κατευθυντήριων γραμμών και προτύπων ώστε να διασφαλιστεί η ασφάλεια και η ορθή επισήμανσή του. Για παράδειγμα, ο Οργανισμός Τροφίμων και Φαρμάκων των ΗΠΑ (FDA) και το Υπουργείο Γεωργίας των ΗΠΑ (USDA)

επιβλέπουν από κοινού τη ρύθμιση του συνθετικού κρέατος στις Ηνωμένες Πολιτείες. Ο FDA ρυθμίζει κυρίως τα αρχικά στάδια της καλλιέργειας κυττάρων, ενώ το USDA αναλαμβάνει τα επόμενα στάδια επεξεργασίας και επισήμανσης. Οι εν λόγω οργανισμοί συνεργάζονται για τη διενέργεια αξιολογήσεων ασφαλείας, την αξιολόγηση των μεθόδων παραγωγής και τη θέσπιση κριτηρίων για την επισήμανση, με στόχο τη διασφάλιση της ασφάλειας και της αυθεντικότητας των προϊόντων συνθετικού κρέατος (Sachs & Kettenmann, 2019).

Ένα πραγματικό παράδειγμα ρυθμιστικής δράσης είναι η έγκριση του πρώτου προϊόντος συνθετικού κρέατος στη Σιγκαπούρη. Τον Δεκέμβριο του 2020, η Υπηρεσία Τροφίμων της Σιγκαπούρης (SFA) χορήγησε ρυθμιστική έγκριση για την πώληση συνθετικού κοτόπουλου που παράγεται από την Eat Just, Inc. Η έγκριση αυτή ακολούθησε μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση της ασφάλειας, συμπεριλαμβανομένων αυστηρών δοκιμών για πιθανά αλλεργιογόνα και μικροβιακές προσμίξεις. Η απόφαση της SFA κατέδειξε τη δέσμευση για τη διασφάλιση της ασφάλειας του συνθετικού κρέατος και τη δημιουργία ενός ρυθμιστικού πλαισίου για την υποστήριξη της εμπορίας του.

Οι κανονισμοί επισήμανσης είναι επίσης ζωτικής σημασίας για τη διαφοροποίηση του συνθετικού κρέατος από το συμβατικό κρέας. Η σαφής και ακριβής επισήμανση ενημερώνει τους καταναλωτές σχετικά με τη φύση και την προέλευση του προϊόντος που αγοράζουν. Για παράδειγμα, το ρυθμιστικό πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης απαιτεί το συνθετικό κρέας να επισημαίνεται με όρους όπως «συνθετικό» (cultured) ή «παραγόμενο από κύτταρα» (cell-cultured) για να αποφεύγεται η σύγχυση. Αυτές οι απαιτήσεις επισήμανσης βοηθούν τους καταναλωτές να κάνουν ενημερωμένες επιλογές και προωθούν τη διαφάνεια στην αγορά.

### **3.3 Κρέας φυτικής προέλευσης – Εναλλακτικές πηγές**

Το κρέας φυτικής προέλευσης, γνωστό και ως υποκατάστατο κρέατος ή ανάλογο κρέατος, έχει αναδειχθεί σε έναν ταχέως αναπτυσσόμενο τομέα της βιομηχανίας τροφίμων. Με την άνοδο της χορτοφαγίας, του βιγκανισμού και την αυξανόμενη συνειδητοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της συμβατικής παραγωγής κρέατος, το κρέας φυτικής προέλευσης προσφέρει μια πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση για τους καταναλωτές που αναζητούν πιο βιώσιμες και ηθικές διατροφικές επιλογές. Τα προϊόντα κρέατος φυτικής προέλευσης έχουν σχεδιαστεί για να μιμούνται τη γεύση, την υφή και την εμφάνιση του συμβατικού κρέατος, ενώ προέρχονται εξ ολοκλήρου από φυτικές πηγές.

Η ανάπτυξη του κρέατος φυτικής προέλευσης περιλαμβάνει τη χρήση διαφόρων φυτικών πρωτεϊνών, όπως η σόγια, το σιτάρι, ο αρακάς και οι φακές, ως βασικά συστατικά. Αυτές οι πρωτεΐνες επεξεργάζονται και συνδυάζονται με άλλα φυτικά συστατικά, συμπεριλαμβανομένων ελαίων, ινών και αρωματικών ουσιών, για τη δημιουργία προϊόντων που μοιάζουν πολύ με την οργανοληπτική εμπειρία της κατανάλωσης συμβατικού κρέατος. Η τεχνολογική πρόοδος και οι επιστημονικές καινοτομίες έχουν διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο στη βελτίωση της γεύσης, της υφής και του διατροφικού προφίλ του κρέατος φυτικής προέλευσης, καθιστώντας τα πιο ελκυστικά σε ένα ευρύτερο φάσμα καταναλωτών (Newton & Blaustein-Rejto, 2021).

Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα του κρέατος φυτικής προέλευσης είναι οι μειωμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις του σε σύγκριση με το συμβατικό κρέας. Η παραγωγή κρέατος φυτικής προέλευσης απαιτεί σημαντικά λιγότερους πόρους, συμπεριλαμβανομένων της γης, του νερού και της ενέργειας. Το αποτύπωμα άνθρακα που σχετίζεται με το κρέας φυτικής προέλευσης είναι συνήθως χαμηλότερο, καθώς παράγει λιγότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου σε σύγκριση με τις εντατικές γεωργικές πρακτικές που εφαρμόζονται στην κτηνοτροφία. Με τη στροφή προς το κρέας φυτικής προέλευσης, τα άτομα μπορούν να συμβάλουν στον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής, στη μείωση της αποψίλωσης των δασών και στη διατήρηση των υδάτινων πόρων, καθιστώντας το μια πιο βιώσιμη επιλογή.

Ένα άλλο βασικό πλεονέκτημα του κρέατος φυτικής προέλευσης είναι η δυνατότητα βελτίωσης των αποτελεσμάτων για την υγεία. Τα προϊόντα κρέατος φυτικής προέλευσης έχουν γενικά χαμηλότερη περιεκτικότητα σε κορεσμένα λιπαρά και χοληστερόλη και δεν περιέχουν ορμόνες ή αντιβιοτικά που συνήθως απαντώνται στο συμβατικό κρέας. Επιπλέον, το κρέας φυτικής προέλευσης προσφέρει τη δυνατότητα ενσωμάτωσης πιο υγιεινών συστατικών, όπως τα δημητριακά ολικής αλέσεως, τα όσπρια και τα λαχανικά, παρέχοντας απαραίτητα θρεπτικά συστατικά, βιταμίνες και διαιτητικές ίνες. Αυτά τα χαρακτηριστικά καθιστούν το κρέας φυτικής προέλευσης μια βιώσιμη επιλογή για τα άτομα που επιθυμούν να υιοθετήσουν μια πιο συνειδητή για την υγεία διατροφή ή να διαχειριστούν ορισμένες συνθήκες υγείας (Onwezen et al., 2021).

Τα τελευταία χρόνια, η βιομηχανία κρέατος φυτικής προέλευσης έχει γνωρίσει σημαντική ανάπτυξη και επέκταση της αγοράς. Εταιρείες που ειδικεύονται σε εναλλακτικές πηγές κρέατος φυτικής προέλευσης, όπως η Beyond Meat και η Impossible Foods, έχουν κερδίσει ευρεία προσοχή και έχουν εξασφαλίσει συνεργασίες με μεγάλες αλυσίδες λιανικής πώλησης τροφίμων και εστιατορίων. Η διαθεσιμότητα και η ποικιλία των προϊόντων

κρέατος φυτικής προέλευσης έχουν αυξηθεί, από μπιφτέκια μπιφτεκιών, λουκάνικα και κεφτεδάκια μέχρι ακόμη και εναλλακτικές πηγές θαλασσινών. Τα προϊόντα αυτά στοχεύουν να καλύψουν διαφορετικές πολιτισμικές κουζίνες και διατροφικές προτιμήσεις, ενισχύοντας την προσβασιμότητα και την αποδοχή των καταναλωτών.

Η αποδοχή και η γεύση των καταναλωτών είναι καθοριστικοί παράγοντες για την επιτυχία και την ευρεία υιοθέτηση του κρέατος φυτικής προέλευσης. Καθώς οι προτιμήσεις των καταναλωτών στρέφονται προς πιο βιώσιμες και ηθικές επιλογές τροφίμων, η ζήτηση για κρέας φυτικής προέλευσης συνεχίζει να αυξάνεται. Οι εξελίξεις στην επιστήμη και την τεχνολογία των τροφίμων έχουν επιτρέψει στους κατασκευαστές να δημιουργήσουν προϊόντα κρέατος φυτικής προέλευσης που μοιάζουν πολύ με τη γεύση και την υφή του συμβατικού κρέατος, απευθυνόμενα τόσο στους χορτοφάγους όσο και στους «flexitarians». Παρέχοντας μια εναλλακτική λύση που αναπαράγει την οργανοληπτική εμπειρία της κατανάλωσης κρέατος, το κρέας φυτικής προέλευσης παίζει καθοριστικό ρόλο στη διευκόλυνση της μετάβασης προς μια πιο φυτοκεντρική διατροφή (Hwang et al., 2020; Siddiqui et al., 2022).

Συμπερασματικά, το κρέας φυτικής προέλευσης αποτελεί σημαντική πρόοδο στο πεδίο των βιώσιμων και ηθικών εναλλακτικών τροφίμων. Με την ικανότητά του να μιμείται τη γεύση και την υφή του συμβατικού κρέατος, προσφέροντας παράλληλα περιβαλλοντικά και υγειονομικά οφέλη, το φυτικό κρέας έχει κερδίσει έδαφος μεταξύ μιας ποικιλόμορφης ομάδας καταναλωτών. Η συνεχής έρευνα και καινοτομία στον τομέα αυτό θα βελτιώσει περαιτέρω την ποιότητα και την ποικιλία των προϊόντων κρέατος φυτικής προέλευσης, συμβάλλοντας σε ένα πιο βιώσιμο και συμπονετικό παγκόσμιο σύστημα τροφίμων.

### **3.4 Σύγκριση με εναλλακτικές πηγές φυτικής προέλευσης**

Αυτό το υποκεφάλαιο επικεντρώνεται στη σύγκριση του συνθετικού κρέατος με τις εναλλακτικές πηγές κρέατος φυτικής προέλευσης, τονίζοντας τις ομοιότητες και τις διαφορές τους. Διερευνά παράγοντες όπως η γεύση, η διατροφική σύνθεση, η βιωσιμότητα και η αποδοχή από τους καταναλωτές.

Κατά τη σύγκριση του συνθετικού κρέατος με τα εναλλακτικά προϊόντα κρέατος φυτικής προέλευσης, η γεύση και η υφή είναι αξιοσημείωτοι παράγοντες διαφοροποίησης. Τα προϊόντα κρέατος φυτικής προέλευσης, που συχνά παρασκευάζονται από συστατικά όπως η πρωτεΐνη σόγιας, σιταριού και μπιζελιού, προσφέρουν μοναδικές γεύσεις και υφές που μπορεί να διαφέρουν από το συμβατικό κρέας. Από την άλλη πλευρά, το συνθετικό κρέας είναι κατασκευασμένο έτσι ώστε να μοιάζει περισσότερο με τη γεύση, την υφή και

την αίσθηση του στόματος του παραδοσιακού κρέατος, παρέχοντας ένα πιθανό πλεονέκτημα για τα άτομα που αναζητούν μια οργανοληπτική εμπειρία παρόμοια με την κατανάλωση του (Starowicz et al., 2022).

Τα φυτικά εναλλακτικά προϊόντα κρέατος προσφέρουν ένα ευρύ φάσμα γεύσεων, ενώ ορισμένα προϊόντα έχουν σχεδιαστεί για να μιμούνται συγκεκριμένα είδη κρέατος, όπως μοσχάρι, κοτόπουλο ή θαλασσινά. Αυτές οι εναλλακτικές πηγές συχνά ενσωματώνουν φυσικές αρωματικές ουσίες, μπαχαρικά και συστατικά που συμβάλλουν στο επιθυμητό γευστικό προφίλ. Αντίθετα, το συνθετικό κρέας προσπαθεί να αναδημιουργήσει την αυθεντική γεύση του συμβατικού κρέατος, εστιάζοντας στις κυτταρικές και μοριακές πτυχές της γεύσης του κρέατος. Η προσέγγιση του συνθετικού κρέατος επιτρέπει μια πιο ακριβή αναπαραγωγή της γευστικής εμπειρίας, με στόχο να παρέχει μεγαλύτερη ομοιότητα με τα γευστικά προφίλ των παραδοσιακών προϊόντων κρέατος (Chen et al., 2022).

Η διατροφική σύνθεση είναι μια άλλη πτυχή της σύγκρισης μεταξύ του συνθετικού κρέατος και του κρέατος φυτικής προέλευσης. Οι εναλλακτικές πηγές κρέατος φυτικής προέλευσης είναι γενικά χαμηλές σε κορεσμένα λιπαρά, χωρίς χοληστερόλη και πλούσιες σε φυτικές πρωτεΐνες και φυτικές ίνες. Συχνά απευθύνονται σε άτομα που αναζητούν επιλογές με μειωμένα λιπαρά ή σε άτομα που ακολουθούν συγκεκριμένα διατροφικά πρότυπα. Το συνθετικό κρέας, ενώ βρίσκεται ακόμη σε εξέλιξη, μπορεί να προσφέρει δυνατότητες προσαρμογής ώστε να ανταποκρίνεται σε συγκεκριμένες διατροφικές ανάγκες. Μπορεί να προσαρμοστεί ώστε να έχει την επιθυμητή αναλογία πρωτεϊνών προς λίπος ή να ενσωματώνει ευεργετικά θρεπτικά συστατικά όπως ωμέγα-3 λιπαρά οξέα ή βιταμίνες που συνήθως βρίσκονται στο συμβατικό κρέας (Fraeye et al., 2020; Onwezen et al., 2021).

Οι εναλλακτικές πηγές κρέατος φυτικής προέλευσης αναγνωρίζονται συχνά για τη χαμηλότερη περιεκτικότητά τους σε κορεσμένα λιπαρά και την απουσία χοληστερόλης σε σύγκριση με το συμβατικό κρέας. Τείνουν επίσης να είναι πλούσια σε διαιτητικές ίνες και φυτικές πρωτεΐνες, καθιστώντας τα ελκυστικές επιλογές για άτομα που αναζητούν μια πιο συνειδητή εναλλακτική λύση για την υγεία. Από την άλλη πλευρά, το συνθετικό κρέας έχει τη δυνατότητα να προσφέρει ένα ευρύτερο φάσμα διατροφικής προσαρμογής, όπως η διαμόρφωση της αναλογίας συγκεκριμένων λιπαρών οξέων ή η ενσωμάτωση ευεργετικών ενώσεων όπως τα ωμέγα-3 λιπαρά οξέα. Αυτή η ευελιξία στη διατροφική σύνθεση επιτρέπει στο συνθετικό κρέας να ανταποκρίνεται σε συγκεκριμένες διατροφικές ανησυχίες και προτιμήσεις.

Όσον αφορά τη βιωσιμότητα, τόσο το συνθετικό κρέας όσο και οι εναλλακτικές πηγές κρέατος φυτικής προέλευσης συμβάλλουν στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της παραγωγής κρέατος σε σύγκριση με το συμβατικό κρέας. Οι εναλλακτικές πηγές φυτικής προέλευσης απαιτούν λιγότερους πόρους, όπως γη και νερό, και παράγουν χαμηλότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Η παραγωγή συνθετικού κρέατος, με τη δυνατότητα μειωμένης χρήσης εδάφους, μειωμένης κατανάλωσης νερού και αποτελεσματικής χρήσης των πόρων, υπόσχεται επίσης περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Η δυνατότητα παραγωγής συνθετικού κρέατος χωρίς την ανάγκη γεωργίας και κτηνοτροφίας μεγάλης κλίμακας μπορεί να συμβάλει στην αντιμετώπιση των οικολογικών προκλήσεων που συνδέονται με τη συμβατική παραγωγή κρέατος (Post et al., 2020).

Τόσο το συνθετικό κρέας όσο και οι εναλλακτικές πηγές κρέατος φυτικής προέλευσης συμβάλλουν στην επίτευξη ενός πιο βιώσιμου συστήματος διατροφής. Οι εναλλακτικές πηγές κρέατος φυτικής προέλευσης έχουν μικρότερο περιβαλλοντικό αντίκτυπο λόγω των μειωμένων απαιτήσεων σε γη και νερό, καθώς και των μειωμένων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Έχουν επίσης το πλεονέκτημα της χρήσης ανανεώσιμων φυτικών πόρων. Το συνθετικό κρέας, ενώ απαιτεί λιγότερη γη και νερό σε σύγκριση με το συμβατικό κρέας, έχει επίσης τη δυνατότητα για ακόμη μεγαλύτερη αποδοτικότητα των πόρων. Το ελεγχόμενο περιβάλλον της παραγωγής συνθετικού κρέατος επιτρέπει την ακριβή αξιοποίηση των θρεπτικών συστατικών και τη μείωση των αποβλήτων, καθιστώντας το μια ελκυστική επιλογή για ένα πιο βιώσιμο μέλλον (Kumar, 2017; Post et al., 2020).

Η αποδοχή και η εξοικείωση των καταναλωτών είναι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την υιοθέτηση εναλλακτικών προϊόντων κρέατος. Τα εναλλακτικά προϊόντα κρέατος φυτικής προέλευσης έχουν κερδίσει σημαντική απήχηση τα τελευταία χρόνια, με έναν αυξανόμενο αριθμό καταναλωτών να αγκαλιάζουν και να απολαμβάνουν τα προϊόντα τους. Εταιρείες όπως η Beyond Meat και η Impossible Foods δημιούργησαν με επιτυχία προϊόντα κρέατος φυτικής προέλευσης που μοιάζουν πολύ με τη γεύση, την υφή και την εμφάνιση του συμβατικού κρέατος, προσελκύοντας έτσι ένα ευρύτερο κοινό. Συγκριτικά, το συνθετικό κρέας βρίσκεται ακόμη σε πρώιμο στάδιο ανάπτυξης και αποδοχής από τους καταναλωτές. Ωστόσο, καθώς η έρευνα εξελίσσεται και το συνθετικό κρέας γίνεται πιο προσιτό, η εκπαίδευση και η ευαισθητοποίηση των καταναλωτών σχετικά με τις μεθόδους παραγωγής, τα διατροφικά οφέλη και τη βιωσιμότητά του μπορεί να συμβάλει στην αποδοχή του στην αγορά.

Οι εναλλακτικές πηγές κρέατος φυτικής προέλευσης έχουν κερδίσει σημαντική απήχηση τα τελευταία χρόνια, προσελκύοντας έναν αυξανόμενο αριθμό καταναλωτών που έχουν συνείδηση των περιβαλλοντικών και ηθικών επιπτώσεων της κατανάλωσης κρέατος. Αυτές οι εναλλακτικές πηγές έχουν γίνει πιο προσιτές, με ευρεία διαθεσιμότητα σε εστιατόρια και παντοπωλεία. Το συνθετικό κρέας, αν και βρίσκεται ακόμη σε πρώιμο στάδιο ανάπτυξης, έχει συγκεντρώσει το ενδιαφέρον και την περιέργεια. Καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται και το προϊόν γίνεται πιο εκλεπτυσμένο, η αποδοχή των καταναλωτών είναι πιθανό να αυξηθεί. Οι συνεχείς προσπάθειες για την ενημέρωση των καταναλωτών σχετικά με τα οφέλη και τα χαρακτηριστικά του συνθετικού κρέατος θα διαδραματίσουν καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση των αντιλήψεων των καταναλωτών και στην προώθηση της αποδοχής στην αγορά (Motoki et al., 2022).

Εν κατακλείδι, οι συγκρίσεις μεταξύ συνθετικού και συμβατικού κρέατος, καθώς και εναλλακτικών προϊόντων κρέατος φυτικής προέλευσης, παρέχουν μια λεπτή κατανόηση των διακριτών χαρακτηριστικών τους. Το συνθετικό κρέας προσπαθεί να αναπαράγει την οργανοληπτική εμπειρία του συμβατικού κρέατος, προσφέροντας παράλληλα πιθανή διατροφική προσαρμογή και οφέλη βιωσιμότητας. Από την άλλη πλευρά, τα εναλλακτικά προϊόντα κρέατος φυτικής προέλευσης παρέχουν μια σειρά επιλογών για άτομα που αναζητούν εναλλακτικές πηγές με μειωμένα λιπαρά και φυτική βάση. Τόσο το συνθετικό κρέας όσο και τα εναλλακτικά προϊόντα κρέατος φυτικής προέλευσης συμβάλλουν στη διαφοροποίηση του τοπίου των εναλλακτικών πρωτεϊνών, παρέχοντας επιλογές που ευθυγραμμίζονται με διάφορες διατροφικές προτιμήσεις και στόχους βιωσιμότητας. Η συνεχής έρευνα, η τεχνολογική πρόοδος και η αποδοχή από τους καταναλωτές είναι ζωτικής σημασίας για την περαιτέρω ανάπτυξη και την ευρεία υιοθέτηση τόσο του συνθετικού κρέατος όσο και των εναλλακτικών προϊόντων κρέατος φυτικής προέλευσης ως βιώσιμων και αειφόρων επιλογών στο παγκόσμιο σύστημα τροφίμων.

Με την εξέταση αυτών των συγκεκριμένων θεμάτων, οι συγκρίσεις μεταξύ του συνθετικού κρέατος και του συμβατικού κρέατος και των εναλλακτικών προϊόντων κρέατος φυτικής προέλευσης παρέχουν μια πληρέστερη κατανόηση των μοναδικών χαρακτηριστικών και των πιθανών επιπτώσεών τους. Αυτές οι πρόσθετες παράγραφοι προσφέρουν περαιτέρω πληροφορίες σχετικά με τα ξεχωριστά πλεονεκτήματα και τις εκτιμήσεις που σχετίζονται με το συνθετικό κρέας, διευκολύνοντας μια πιο διαφοροποιημένη εξέταση των πιθανών επιπτώσεών του στη βιομηχανία τροφίμων και πέραν αυτής.

### 3.5 Σύγκριση στην ασφάλεια των τροφίμων

Οι εναλλακτικές πηγές κρέατος φυτικής προέλευσης εμπίπτουν επίσης στους υφιστάμενους κανονισμούς για την ασφάλεια των τροφίμων, με τους ρυθμιστικούς φορείς να παρακολουθούν την ασφάλεια και την ποιότητα αυτών των προϊόντων. Οι κανονισμοί επικεντρώνονται σε πτυχές όπως η προμήθεια συστατικών, οι μέθοδοι επεξεργασίας, η επισήμανση και η πρόληψη της διασταυρούμενης μόλυνσης. Πρωταρχικό μέλημα είναι να διασφαλιστεί ότι τα προϊόντα κρέατος φυτικής προέλευσης δεν ενέχουν κινδύνους για την υγεία των καταναλωτών και ότι παρασκευάζονται σύμφωνα με τα πρότυπα υγιεινής και ασφάλειας (Hadi & Brightwell, 2021).

Οι κανονισμοί επισήμανσης διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη διαφοροποίηση των εναλλακτικών προϊόντων κρέατος φυτικής προέλευσης από το συμβατικό κρέας και στη διασφάλιση της ακριβούς αναπαράστασης του προϊόντος. Η χρήση σαφούς και κατατοπιστικής επισήμανσης βοηθά τους καταναλωτές να αναγνωρίζουν τα προϊόντα κρέατος φυτικής προέλευσης και να κατανοούν τη σύνθεση και τα διατροφικά χαρακτηριστικά τους. Οι ρυθμιστικοί φορείς εργάζονται για τη θέσπιση κατευθυντήριων γραμμών που αποτρέπουν παραπλανητικές πρακτικές επισήμανσης και διασφαλίζουν ότι τα εναλλακτικά προϊόντα κρέατος φυτικής προέλευσης διατίθενται στην αγορά με ειλικρίνεια, χωρίς να υπονοείται ότι παρασκευάζονται από ζωικές πηγές (Choudhury et al., 2020).

Καθώς το συνθετικό κρέας κερδίζει έδαφος, οι ρυθμιστικοί φορείς ασχολούνται ενεργά με την ανάπτυξη ειδικών κανονισμών για την αντιμετώπιση των μοναδικών πτυχών του. Διατυπώνονται αξιολογήσεις ασφάλειας και κατευθυντήριες γραμμές επισήμανσης για να διασφαλιστεί η ασφάλεια, η ποιότητα και η ορθή αναγνώριση των προϊόντων συνθετικού κρέατος. Η αυστηρή ρυθμιστική προσέγγιση έχει ως στόχο να παρέχει στους καταναλωτές εμπιστοσύνη στην ασφάλεια του συνθετικού κρέατος και να αποτρέψει οποιαδήποτε παραποίηση ή σύγχυση.

Συνολικά, οι κανονισμοί για την ασφάλεια των τροφίμων τόσο για το συνθετικό κρέας όσο και για τα εναλλακτικά προϊόντα κρέατος φυτικής προέλευσης έχουν σχεδιαστεί για να διασφαλίζουν την υγεία των καταναλωτών και να εξασφαλίζουν διαφάνεια στην αγορά. Οι κανονισμοί αυτοί αποσκοπούν στη διατήρηση υψηλών προτύπων ποιότητας, στην πρόληψη τροφιμογενών ασθενειών και στην παροχή στους καταναλωτές της δυνατότητας να κάνουν συνειδητές επιλογές με βάση την ακριβή επισήμανση. Καθώς ο τομέας του εναλλακτικού κρέατος συνεχίζει να εξελίσσεται, η συνεχής συνεργασία μεταξύ των ρυθμιστικών φορέων, των ενδιαφερόμενων μερών του κλάδου και των επιστημονικών



εμπειρογνομόνων θα είναι απαραίτητη για τη δημιουργία ισχυρών ρυθμιστικών πλαισίων που θα στηρίζουν την ανάπτυξη και την ασφάλεια του συνθετικού κρέατος και των εναλλακτικών προϊόντων κρέατος φυτικής προέλευσης (Hadi & Brightwell, 2021; Hwang et al., 2020).

Το ρυθμιστικό πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης εφαρμόζεται στα προϊόντα κρέατος φυτικής προέλευσης, απαιτώντας την τήρηση των προτύπων ασφάλειας τροφίμων και των κανονισμών επισήμανσης. Οι παραγωγοί κρέατος φυτικής προέλευσης οφείλουν να συμμορφώνονται με τις πρακτικές υγιεινής, τα μέτρα ελέγχου των αλλεργιογόνων και τα μικροβιολογικά κριτήρια για την πρόληψη τροφιμογενών ασθενειών.

Ένα παράδειγμα ρυθμιστικής δράσης στον τομέα του κρέατος φυτικής προέλευσης είναι η ρυθμιστική εποπτεία από το FDA και το USDA των ΗΠΑ στις Ηνωμένες Πολιτείες. Οι εν λόγω οργανισμοί παρακολουθούν στενά την παραγωγή κρέατος φυτικής προέλευσης για να διασφαλίσουν τη συμμόρφωση με τους κανονισμούς για την ασφάλεια των τροφίμων. Διεξάγουν επιθεωρήσεις, εξετάζουν τις διαδικασίες παραγωγής και διενεργούν δοκιμές για να εξακριβώσουν την απουσία παθογόνων και αλλεργιογόνων. Αυτή η κανονιστική εποπτεία συμβάλλει στη διατήρηση της ασφάλειας και της ποιότητας των προϊόντων κρέατος φυτικής προέλευσης που διατίθενται στην αγορά (Grossman, 2019; Sachs & Kettenmann, 2019).

Οι κανονισμοί επισήμανσης είναι ζωτικής σημασίας για τη διάκριση των εναλλακτικών προϊόντων κρέατος φυτικής προέλευσης από το συμβατικό κρέας και τη διασφάλιση της ακριβούς αναπαράστασης. Για παράδειγμα, ο FDA των ΗΠΑ παρέχει οδηγίες σχετικά με την επισήμανση των προϊόντων κρέατος φυτικής προέλευσης, απαιτώντας σαφή και ακριβή επισήμανση που να αποφεύγει παραπλανητικούς ισχυρισμούς. Αυτές οι κατευθυντήριες γραμμές αποσκοπούν στην αποφυγή της σύγχυσης μεταξύ των καταναλωτών και τους επιτρέπουν να κάνουν συνειδητές επιλογές με βάση ακριβείς πληροφορίες σχετικά με τη φύση και τη σύνθεση του προϊόντος (Grossman, 2019; Hadi & Brightwell, 2021).

Παραδείγματα κανονισμών επισήμανσης στην πραγματική ζωή περιλαμβάνουν τον κανονισμό της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την ορολογία του κρέατος φυτικής προέλευσης. Η ΕΕ θέσπισε πρόσφατα νομοθεσία που περιορίζει τη χρήση όρων όπως "μπιφτέκι" ή "λουκάνικο" αποκλειστικά για προϊόντα που προέρχονται από ζωικές πηγές. Ο κανονισμός αυτός διασφαλίζει ότι τα εναλλακτικά προϊόντα κρέατος φυτικής προέλευσης δεν διατίθενται στην αγορά με όρους που παραδοσιακά συνδέονται με το συμβατικό κρέας,

βοηθώντας έτσι τους καταναλωτές να διακρίνουν τα δύο προϊόντα και να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις (Grossman, 2019).

Με την επιβολή των κανονισμών για την ασφάλεια των τροφίμων και την καθιέρωση σαφών κατευθυντήριων γραμμών επισήμανσης, τόσο το συνθετικό κρέας όσο και τα εναλλακτικά προϊόντα κρέατος φυτικής προέλευσης μπορούν να διαβεβαιώσουν τους καταναλωτές για την ασφάλεια, την ποιότητα και τη σωστή αναγνώρισή τους. Τα παραδείγματα αυτά καταδεικνύουν τις συνεχιζόμενες προσπάθειες των ρυθμιστικών φορέων να προσαρμόσουν τα υφιστάμενα πλαίσια και να αναπτύξουν ειδικούς κανονισμούς που αντιμετωπίζουν τις μοναδικές πτυχές του συνθετικού κρέατος και των εναλλακτικών προϊόντων κρέατος φυτικής προέλευσης.

## **Κεφάλαιο 4: Ανασκόπηση σχετικών μελετών και ερευνών για το συνθετικό κρέας**

Η έρευνα που διεξήχθη από τον Post και τους συνεργάτες του στο Πανεπιστήμιο του Μάαστριχτ έθεσε τα θεμέλια για περαιτέρω εξελίξεις στην παραγωγή συνθετικού κρέατος. Το 2013 δημοσιεύθηκε το θεμελιώδες έργο τους με τίτλο «Cultured Beef: medical technology to produce food», το οποίο όχι μόνο απέδειξε τη σκοπιμότητα του κρέατος που καλλιεργείται στο εργαστήριο, αλλά παρείχε επίσης πολύτιμες πληροφορίες για την περιβαλλοντική βιωσιμότητα της τεχνολογίας. Η μελέτη διεξήγαγε μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση του κύκλου ζωής, συγκρίνοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της παραγωγής συνθετικού βόειου κρέατος με αυτές του συμβατικά παραγόμενου βόειου κρέατος. Τα ευρήματά τους αποκάλυψαν ότι η παραγωγή συνθετικού βόειου κρέατος απαιτούσε σημαντικά λιγότερους πόρους γης και νερού και εξέπεμπε ένα κλάσμα των αερίων του θερμοκηπίου που συνδέονται με την παραδοσιακή παραγωγή βόειου κρέατος. Η έρευνα αυτή υπογράμμισε τη δυνατότητα του συνθετικού κρέατος να αντιμετωπίσει τις περιβαλλοντικές προκλήσεις που θέτει η συμβατική κτηνοτροφία (Post, 2014).

### **4.1 Οι αναδυόμενες τεχνολογίες**

Το συνθετικό κρέας βρίσκεται εν μέσω μιας συνομοταξίας αναδυόμενων τεχνολογιών, τις οποίες τα μέσα μαζικής ενημέρωσης συχνά παρουσιάζουν ως πιθανές λύσεις σε πιεστικά δημόσια ζητήματα, παρόλο που ο πραγματικός τους αντίκτυπος παραμένει αβέβαιος. Εκτεταμένη έρευνα έχει διεξαχθεί σχετικά με την ειδησεογραφική κάλυψη άλλων αναδυόμενων τεχνολογιών, όπως η νανοτεχνολογία, η βιοτεχνολογία και οι τεχνολογίες επικοινωνίας. Η αντιμετώπιση αυτών των τεχνολογιών από τα μέσα μαζικής ενημέρωσης έχει εμφανίσει έναν ορισμένο βαθμό ασάφειας, με θετικούς και αρνητικούς τόνους να παρατηρούνται σε διάφορες μελέτες (Donk et al., 2012; Dudo et al., 2011).

Ιστορικά, μια "αρνητική προκατάληψη" ήταν συχνά εμφανής στην κάλυψη των νέων τεχνολογιών από τα μέσα ενημέρωσης κατά τη διάρκεια των δεκαετιών του 1980 και του 1990, που κάλυπτε τη βιοτεχνολογία, ακόμη και την εισαγωγή της τεχνολογίας του τηλέγραφου. Πιο πρόσφατα, ωστόσο, οι απεικονίσεις των αναδυόμενων τεχνολογιών από τα μέσα ενημέρωσης παρουσίασαν μια στροφή προς τη θετικότητα, δίνοντας έμφαση στα ιατρικά, επιστημονικά και οικονομικά οφέλη τους. Η κάλυψη της βιοτεχνολογίας από τα αμερικανικά μέσα ενημέρωσης, για παράδειγμα, ήταν συντριπτικά θετική, εστιάζοντας σε θέματα επιστημονικής προόδου και οικονομικών προοπτικών. Οι συζητήσεις για τα βλαστοκύτταρα στα μέσα ενημέρωσης χαρακτηρίζονταν επίσης από μια αξιοσημείωτη

προκατάληψη προς το μέλλον, αναδεικνύοντας οράματα ουτοπίας και δυστοπίας και εκείνους που διεκδικούν εξουσία στη διαμόρφωση αυτών των οραμάτων (Bauer et al., 1996; Marks et al., 2001).

Σύμφωνα με την έρευνα, η πρόσφατη κάλυψη της τεχνητής νοημοσύνης (AI) ήταν κυρίως θετική, τοποθετώντας την AI ως μια ικανή λύση σε διάφορα δημόσια ζητήματα χωρίς να εμβαθύνει στις τρέχουσες συζητήσεις σχετικά με τις πιθανές επιπτώσεις της. Η πρώιμη κάλυψη του Twitter παρουσίαζε επίσης αισιοδοξία, εκθειάζοντας τις δυνατότητές του να δημιουργήσει πολύτιμες επιχειρηματικές επαφές, να διευκολύνει την πολιτική κινητοποίηση και να παρέχει πρόσβαση σε πολιτικές πληροφορίες (Brennen, 2018; Metag & Marcinkowski, 2014).

Ενώ οι απεικονίσεις των μέσων ενημέρωσης παίζουν ρόλο στη διαμόρφωση της στάσης του κοινού απέναντι στις αναδυόμενες τεχνολογίες, η σχέση μεταξύ των απεικονίσεων των μέσων ενημέρωσης και των αντιδράσεων του κοινού δεν είναι απλή. Το δημόσιο αίσθημα καθοδηγείται από ένα συνδυασμό γνώσης και συναισθήματος - τεχνικής κατανόησης και συναισθηματικών πλαισίων γύρω από τις τεχνολογίες. Τα πλαίσια των μέσων ενημέρωσης χρησιμεύουν ως γνωστικές συντομεύσεις ή ευρετικές λειτουργίες, επιτρέποντας στο κοινό να επεξεργάζεται αποτελεσματικά τις πληροφορίες, ιδίως όταν έχει να κάνει με άγνωστα ζητήματα. Η πλαισίωση των αναδυόμενων τεχνολογιών μπορεί να επηρεάσει τις στάσεις του κοινού, επηρεάζοντας την αποδοχή ή την απόρριψη αυτών των τεχνολογιών (Painter et al., 2020).

#### **4.2 Η ανάπτυξη του συνθετικού κρέατος**

Η πρώιμη έρευνα για το συνθετικό κρέας, που ξεκίνησε από τις αρχές της δεκαετίας του 2000, εκτυλίχθηκε κυρίως στο πλαίσιο βιοϊατρικών ακαδημαϊκών πλαισίων. Ωστόσο, το τοπίο άλλαξε δραματικά μετά τη δημόσια παρουσίαση του μπιφτεκιού που καλλιεργήθηκε στο εργαστήριο τον Αύγουστο του 2013. Αυτό το γεγονός-ορόσημο τράβηξε την παγκόσμια προσοχή, σηματοδοτώντας την εφαρμογή καθιερωμένων βιοϊατρικών τεχνολογιών, όπως η μηχανική ιστών, σε έναν νέο τομέα - την παραγωγή τροφίμων. Ο καθηγητής Mark Post από το Πανεπιστήμιο του Μάαστριχτ παρουσίασε ένα μπιφτέκι πέντε ουγκιών που κατασκευάστηκε από 20.000 λωρίδες μυϊκών κυττάρων, προκαλώντας σημαντικό ενθουσιασμό και παγκόσμια κάλυψη από τα μέσα ενημέρωσης (Stephens et al., 2019).

Στον απόηχο αυτού του πρωτοποριακού γεγονότος, εμφανίστηκαν πολυάριθμες νεοφυείς επιχειρήσεις, οι οποίες υποστηρίχθηκαν από διάφορες πηγές επιχειρηματικών κεφαλαίων. Από το 2015, οι επενδύσεις και η καινοτομία στον τομέα του συνθετικού

κρέατος έχουν αυξηθεί εκθετικά, παρά το γεγονός ότι προέρχονται από μια σχετικά μικρή βάση. Σύμφωνα με μια έκθεση του Ιουνίου 2019 από το Good Food Institute (GFI), μια ομάδα πίεσης που υποστηρίζει εναλλακτικές λύσεις για το συμβατικό κρέας, οι επενδύσεις σε εταιρείες συνθετικού κρέατος αυξήθηκαν από περίπου 2 εκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ το 2015/2016 σε σχεδόν 50 εκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ το 2018. Αυτή η σημαντική αύξηση των επενδύσεων προήλθε κυρίως από ιδιωτικές πηγές, με κάποια συμμετοχή από κρατικά χρηματοδοτούμενους οργανισμούς σε χώρες όπως η Κίνα, η Σιγκαπούρη και η Ιαπωνία (Cameron et al., 2019).

Ο τομέας του συνθετικού κρέατος γνώρισε αξιοσημείωτη επέκταση, με τον αριθμό των χρηματοδοτούμενων εταιρειών σε τρεις ηπείρους να αυξάνεται σε τουλάχιστον 30 έως το 2018. Οι εταιρείες αυτές αναπτύσσουν επιμελώς εναλλακτικές λύσεις για το συμβατικό κρέας και τα ψάρια, καθώς και υποκατάστατα δέρματος, χρησιμοποιώντας κυτταρική τεχνολογία. Κατά συνέπεια, τα ρυθμιστικά πλαίσια στις ΗΠΑ και την Ευρώπη έχουν εντείνει την εστίασή τους σε θέματα όπως η επισήμανση και η ασφάλεια των τροφίμων για να εξυπηρετήσουν αυτόν τον αναπτυσσόμενο τομέα (Cameron et al., 2019; Stephens et al., 2019).

#### **4.3 Πιθανά οφέλη και αβεβαιότητες**

Οι υποστηρικτές του συνθετικού κρέατος υποστηρίζουν ότι η τεχνολογία αυτή θα μπορούσε να έχει σημαντικό θετικό αντίκτυπο στο περιβάλλον, την υγεία και την ευημερία των ζώων, αντιμετωπίζοντας παράλληλα τις προκλήσεις της διατροφής ενός αυξανόμενου παγκόσμιου πληθυσμού. Έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες μετρήσεις για τη σύγκριση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του συνθετικού κρέατος με την παραδοσιακή παραγωγή κρέατος από ζώα. Οι αρχικές μελέτες έδειξαν ότι το συνθετικό κρέας θα μπορούσε δυνητικά να οδηγήσει σε 78-96% χαμηλότερες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, 99% λιγότερη χρήση γης και 82-96% λιγότερη κατανάλωση νερού σε σχέση με τη συμβατική κτηνοτροφία (Tuomisto & de Mattos, 2011).

Ωστόσο, οι πρόσφατες έρευνες ήταν πιο προσεκτικές, αναγνωρίζοντας ότι οι πραγματικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από το συνθετικό κρέας μπορεί να ποικίλλουν, ανάλογα με παράγοντες όπως οι πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή. Ειδικές εκτιμήσεις κύκλου ζωής (AKZ) είναι απαραίτητες για τον προσδιορισμό των πραγματικών περιβαλλοντικών ανταλλαγμάτων σε σύγκριση με τη συμβατική κτηνοτροφία (Tuomisto, 2019).

Εκτός από τα περιβαλλοντικά οφέλη του, το συνθετικό κρέας προβάλλεται συχνά ως μια πιο ανθρώπινη και ηθική μέθοδος παραγωγής κρέατος, καθώς μειώνει την ταλαιπωρία των ζώων. Επιπλέον, το αποστειρωμένο περιβάλλον παραγωγής και η περιορισμένη χρήση αντιβιοτικών στην παραγωγή κρέατος με καλλιέργεια αναφέρονται ως πιθανά πλεονεκτήματα για την υγεία σε σχέση με το συμβατικό κρέας. Επιπλέον, το συνθετικό κρέας υπόσχεται να αποτελέσει λύση στην παγκόσμια πρόκληση της παροχής επαρκούς τροφής για τον ταχέως αυξανόμενο πληθυσμό, καθώς η ζήτηση κρέατος κλιμακώνεται παγκοσμίως.

Παρά τα εν λόγω δυνητικά οφέλη, το συνθετικό κρέας αντιμετωπίζει πολυάριθμες τεχνικές προκλήσεις, όπως η επιλογή της κατάλληλης κυτταρικής πηγής, η βελτιστοποίηση των μέσων καλλιέργειας και η κλιμάκωση της βιοεπεξεργασίας για εμπορική παραγωγή. Επιπλέον, το ρυθμιστικό τοπίο παραμένει αβέβαιο και η στάση του κοινού απέναντι στο συνθετικό κρέας εξακολουθεί να αποτελεί σημαντικό άγνωστο παράγοντα. Η αποδοχή του κοινού παίζει καθοριστικό ρόλο στον καθορισμό της επιτυχίας και του μέλλοντος της τεχνολογίας του συνθετικού κρέατος, αλλά οι υπάρχουσες μελέτες σχετικά με τη στάση των καταναλωτών απέναντι στο συνθετικό κρέας παρουσιάζουν ανάμεικτα αποτελέσματα (Painter et al., 2020).

#### **4.4 Έρευνα για το συνθετικό κρέας - μηχανικές ιδιότητες:**

Η ανεπαρκής μέθοδος για την καλλιέργεια προσκολλημένων κυττάρων με τεχνικές ασφαλείς για τα τρόφιμα είναι ένας θεμελιώδης παράγοντας που περιορίζει τη σκοπιμότητα των προϊόντων βοείου κρέατος που παράγονται σε βιοαντιδραστήρες. Αυτό είναι σημαντικό, δεδομένου ότι το κρέας αποτελείται από μυϊκό, λιπώδη και συνδετικό ιστό σε διαφορετικές αναλογίες ανάλογα με την πηγή του ιστού, καθένα από τα οποία περιέχει ένα ευρύ φάσμα θρεπτικών συστατικών που παράγονται από τα συστατικά κύτταρα. Οι τύποι κυττάρων του κρέατος μπορούν να καλλιεργηθούν *in vitro*, ωστόσο η κλίμακα παραγωγής περιορίζεται λόγω της απαίτησης αγκύρωσης αυτών των κυττάρων, η οποία απαιτεί προσκόλληση σε υποστρώματα καλλιέργειας για επιβίωση, πολλαπλασιασμό και ωρίμανση. Η απαίτηση αυτή είναι πιο αυστηρή κατά τη διάρκεια της μυϊκής ανάπτυξης, όταν παρατηρείται πυκνή ευθυγράμμιση των μυϊκών ινών. Κατά συνέπεια, η ρύθμιση των κυτταρικών φαινοτύπων σε ογκομετρικές καλλιέργειες αποτελεί μείζον πρόβλημα για τη βιοεπεξεργασία προσκολλημένων κυττάρων, συμπεριλαμβανομένων των νέων τεχνολογιών παραγωγής κρέατος (Bridge et al., 2018).

Στους φυσικούς ιστούς, τα πρωτεϊνικά ικρίσματα της εξωκυτταρικής μήτρας (extracellular matrix, ECM), συμπεριλαμβανομένου του κολλαγόνου, διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην υποστήριξη της αγκύρωσης των κυττάρων και της συναρμολόγησης των ιστών μέσω των ιντεγκρινών και άλλων θέσεων πρόσδεσης. Το κολλαγόνο αποτελεί περίπου το 1-10% του ξηρού βάρους της μυϊκής μάζας και είναι η πιο άφθονη πρωτεΐνη ECM στους σκελετικούς μύες. Λόγω της βιοσυμβατότητάς τους, της βιοαποικοδομησιμότητάς τους και της ασθενούς αντιγονικότητάς τους, το κολλαγόνο και οι ζελατίνες που προέρχονται από κολλαγόνο βρίσκουν εφαρμογές στη βιομηχανία τροφίμων και στη φαρμακευτική βιομηχανία. Αυτές οι «ζελατίνες» βελτιώνουν επίσης την προσκόλληση των κυττάρων σε μικροφορείς σε εναιώρημα, υποδεικνύοντας τη δυνατότητα επέκτασης των κυττάρων σε ογκομετρικά εναιωρήματα με βάση τους μικροφορείς. Ωστόσο, οι σημερινοί μικροφορείς δεν διαθέτουν την ινώδη αρχιτεκτονική των φυσικών μυών, γεγονός που καθιστά αναγκαίο τον διαχωρισμό των κυττάρων από τα υποστρώματα μετά την καλλιέργεια, γεγονός που περιπλέκει τις διαδικασίες καλλιέργειας και συγκομιδής. Ενώ η ινώδης ζελατίνη μπορεί να αναπαράγει την ινώδη αρχιτεκτονική, η επεκτασιμότητά της για την παραγωγή τροφίμων περιορίζεται από τους χαμηλούς ρυθμούς παραγωγής με τη χρήση μεθόδων ηλεκτροκίνησης ή διαχωρισμού φάσεων (Tavassoli et al., 2018).

Για να αντιμετωπίσουν αυτούς τους περιορισμούς και να επιτύχουν σημαντικά υψηλότερους ρυθμούς παραγωγής ινών, οι ερευνητές ανέπτυξαν διάφορα συστήματα παραγωγής ινών, όπως η περιστροφική περιστροφή με βύθιση (immersion rotary jet spinning, iRJS), ένα σύστημα υγρής περιστροφής με ξηρό πίδακα. Το iRJS, ειδικά σε μια ενιαία διάταξη εργαστηριακής κλίμακας με μια δεξαμενή περιστροφής που φορτώνεται από πάνω, παράγει ίνες σε πολύ υψηλότερους ρυθμούς σε σύγκριση με τα παραδοσιακά συστήματα ηλεκτροκύκλωσης (electrospinning) και είναι ισότιμο με τα εμπορικά συστήματα ηλεκτροκύκλωσης με την υψηλότερη απόδοση. Επιπλέον, το iRJS δεν εξαρτάται από την αγωγιμότητα του διαλύματος ή τους ηλεκτρικά γειωμένους συλλέκτες, επιτρέποντας την παραγωγή ενός ευρύτερου φάσματος βιοϋλικών με τη χρήση διαλυμάτων και διαλυτών ασφαλών για τρόφιμα. Οι ερευνητές υπέθεσαν ότι οι ίνες ζελατίνης που παράγονται με υψηλούς ρυθμούς από το iRJS θα μπορούσαν να υποστηρίξουν τη μηχανική μυϊκού ιστού σε βρώσιμα ικρίσματα, διευκολύνοντας την παραγωγή συνθετικού κρέατος σε κλίμακα που απαιτείται για εμπορικές εφαρμογές (Gonzalez et al., 2017).

Για να επικυρώσουν την καταλληλότητα των ινών ζελατίνης που παράγονται από το iRJS για τη μηχανική μυϊκού ιστού, οι ερευνητές έπλεξαν μικροϊνώδη ικρίσματα ζελατίνης και τα έσπειραν με λεία μυϊκά κύτταρα βοοειδούς αορτής (BAOSMCs) και σκελετικά

μυοβλαστικά κύτταρα κουνελιού (RbSkMC). Η ζελατίνη που χρησιμοποιήθηκε ήταν χοιρινή και παράγεται από επεξεργασία με ήπιο οξύ, με τιμή ανθοφορίας που εκτιμάται ότι είναι περίπου 300 (Sigma G2500). Για την προώθηση της διασταύρωσης, μια ασφαλής για τρόφιμα μικροβιακή τρανσγλουταμινάση (ActivaT1 mTG) αναμίχθηκε με τη ζελατίνη πριν από την περιστροφή. Οι πίδακες του διαλύματος ζελατίνης αφυδατώθηκαν γρήγορα από την αιθανόλη στο λουτρό καθίζησης, με αποτέλεσμα το σχηματισμό στερεών ινών που προαιρετικά διασυνδέθηκαν με χημικές ή ενζυμικές μεθόδους. Οι ερευνητές αξιολόγησαν τις ιξωδοελαστικές ιδιότητες των διαλυμάτων ζελατίνης με και χωρίς μικροβιακή διασύνδεση χρησιμοποιώντας ρεομετρία, ανέλυσαν τη χημική σύνθεση της ίνας με φασματοσκοπία υπέρυθρου μετασχηματισμού Fourier (FT-IR) και εξέτασαν τη δομή της ίνας χρησιμοποιώντας ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης (SEM) (Bridge et al., 2018; Gonzalez et al., 2017).

Στο επόμενο βήμα, οι ερευνητές καλλιέργησαν BAOSMC και RbSkMC στα ικρίωματα και επιβεβαίωσαν την προσκόλληση των κυττάρων μέσω ανοσοϊστοχημικής χρώσης. Παρατήρησαν ότι οι μικρού μήκους ίνες προωθούσαν τη συσσωμάτωση των κυττάρων, ενώ οι μακριές ίνες ενθάρρυναν τον σχηματισμό ευθυγραμμισμένου ιστού. Ωστόσο, οι ιστοί που καλλιεργήθηκαν δεν είχαν την ώριμη συσταλτή αρχιτεκτονική που παρατηρείται στους φυσικούς σκελετικούς μύες, παρόλο που παρουσίαζαν παρόμοια έκφραση κολλαγόνου ή πρωτεϊνών που μοιάζουν με κολλαγόνο με τα προϊόντα κρέατος. Για την περαιτέρω αξιολόγηση της ποιότητας του συνθετικού κρέατος, διεξήχθησαν μηχανική συμπίεση και ανάλυση προφίλ υφής (TPA), επιτρέποντας συγκρίσεις μεταξύ του συνθετικού κρέατος και της υφής του φυσικού κρέατος με τη χρήση μεθόδων δοκιμών της βιομηχανίας τροφίμων. Συνολικά, η ικανότητα ελέγχου της συσσωμάτωσης και της ευθυγράμμισης των κυττάρων σε ελεύθερα επιπλεκόμενα βρώσιμα ικρίωματα, σε συνδυασμό με την επεκτασιμότητα της παραγωγής για την ανάλυση TPA, τοποθετεί την ινώδη ζελατίνη ως ένα πολλά υποσχόμενο ικρίωμα για την παρασκευή συνθετικού κρέατος (MacQueen et al., 2019).

#### **4.5 Έρευνα για το συνθετικό κρέας – αντιλήψεις των καταναλωτών:**

Η ακαδημαϊκή κοινότητα έχει επίσης επιδείξει σημαντικό ενδιαφέρον για αυτή την τεχνολογία, με τους κοινωνικούς επιστήμονες και τους ψυχολόγους να μελετούν την αποδοχή των καταναλωτών. Οι έρευνες δείχνουν σχετικά υψηλά επίπεδα αποδοχής, με περίπου τα δύο τρίτα των συμμετεχόντων να εκφράζουν προθυμία να δοκιμάσουν συνθετικό κρέας σε διάφορες μελέτες (Bekker et al., 2017- Bryant & Barnett, 2018- Wilks et al., 2019- Wilks & Phillips, 2017). Η αποδοχή τείνει να είναι υψηλότερη μεταξύ των ατόμων



που ανήκουν στην πολιτική αριστερά, των ανδρών, των νεότερων ατόμων, των κατοίκων των πόλεων και των ατόμων με υψηλότερο μορφωτικό επίπεδο (Hocquette et al., 2015- Tucker, 2014- Wilks & Phillips, 2017). Ορισμένες ψυχολογικές μεταβλητές, όπως ο συνωμοσιολογικός ιδεασμός, η ευαισθησία στην αηδία, η νεοφοβία των τροφίμων και η προσκόλληση στο κρέας, συνδέονται με πιο αρνητικές στάσεις απέναντι στο συνθετικό κρέας (Bryant et al., 2019- Wilks et al., 2019). Διαπολιτισμικές μελέτες στην Κίνα και την Ινδία έδειξαν επίσης παρόμοια αποτελέσματα (Bryant et al., 2019).

Παρά τις γενικά θετικές προοπτικές, ορισμένες στάσεις και πεποιθήσεις λειτουργούν ως εμπόδια στην αποδοχή του συνθετικού κρέατος. Αυτές περιλαμβάνουν ανησυχίες για την ασφάλεια και την υγεία, ανησυχίες για την απώλεια των παραδοσιακών γεωργικών θέσεων εργασίας και πρακτικών και την αντίληψη ότι το συνθετικό κρέας είναι αηδιαστικό και αφύσικο (Laestadius & Caldwell, 2015- Marcu et al., 2015- Verbeke et al., 2015- Wilks & Phillips, 2017). Μεταξύ αυτών, η αντίληψη του αφύσικου ξεχωρίζει ως το πιο διαδεδομένο εμπόδιο. Πολυάριθμες μελέτες έχουν καταδείξει ότι πολλά άτομα θεωρούν ότι το συνθετικό κρέας είναι αφύσικο και η αντίληψη αυτή συσχετίζεται έντονα με αρνητικές στάσεις απέναντί του (Siegrist et al., 2018- Siegrist & Sütterlin, 2017). Για παράδειγμα, οι κίνδυνοι για την υγεία που συνδέονται με το συνθετικό κρέας θεωρούνται λιγότερο αποδεκτοί σε σύγκριση με τους ίδιους κινδύνους από το κρέας εκτροφής, κυρίως λόγω της πεποίθησης ότι το συνθετικό κρέας είναι αφύσικο (Siegrist & Sütterlin, 2017).

Οι ερευνητές έχουν προσπαθήσει να αντιμετωπίσουν αυτό το εμπόδιο μέσω στρατηγικών ανταλλαγής μηνυμάτων, αλλά με περιορισμένη επιτυχία. Ορισμένες μελέτες επικεντρώθηκαν στην αφύσικη φύση άλλων μεθόδων παραγωγής τροφίμων, με αποτέλεσμα να σημειωθούν μικρές βελτιώσεις στη στάση απέναντι στο συνθετικό κρέας (Anderson & Bryant, 2018- Macdonald & Vivalt, 2017). Ωστόσο, άλλες στρατηγικές αποδείχθηκαν αναποτελεσματικές ή ακόμη και αντιπαραγωγικές, καθώς η μάθηση για το συνθετικό κρέας βελτίωσε μερικές φορές τη στάση απέναντι στο κρέας που εκτρέφεται παραδοσιακά (Siegrist et al., 2018).

Με βάση τις θεωρίες διπλής διαδικασίας επεξεργασίας πληροφοριών, δύο οδοί οδηγούν τα άτομα να αντιλαμβάνονται το συνθετικό κρέας ως αφύσικο: μια αναλυτική και μια διαισθητική οδός. Ο αναλυτικός συλλογισμός περιλαμβάνει συνειδητή, τεκμηριωμένη και επίπονη σκέψη, ενώ ο διαισθητικός συλλογισμός είναι γρήγορος, συναισθηματικός και συχνά λειτουργεί εκτός συνειδητής επίγνωσης (Chaiken & Trope, 1999- Kahneman, 2011- Slovic, 1996- Slovic et al., 2004). Τα στοιχεία δείχνουν ότι ορισμένοι άνθρωποι καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι το συνθετικό κρέας είναι αφύσικο μέσω διαισθητικών, μη αναλυτικών

διαδικασιών, βασιζόμενοι σε ενστικτώδη συναισθήματα. Αυτές οι διαισθήσεις μπορεί στη συνέχεια να εκλογικεύονται εκ των υστέρων χρησιμοποιώντας τη γλώσσα της «αφύσικότητας» (Haidt, 2001).

Η κατανόηση του κατά πόσον η αντίληψη της αφύσικης κατάστασης αναπτύσσεται αναλυτικά ή διαισθητικά έχει πρακτικές συνέπειες. Εάν προέρχεται από αναλυτική συλλογιστική, η εκπαίδευση και οι νέες πληροφορίες θα μπορούσαν ενδεχομένως να αλλάξουν αυτές τις αντιλήψεις, καθιστώντας τις ενημερωτικές εκστρατείες αποτελεσματικές στην αλλαγή της στάσης απέναντι στο συνθετικό κρέας. Ωστόσο, εάν οι διαισθητικές διαδικασίες καθοδηγούν την κρίση της φυσικότητας, η αντιμετώπιση αυτών των πιο συναισθηματικών και ενστικτώδων αντιδράσεων, όπως η αηδία, καθίσταται απαραίτητη (π.χ. αηδία). Πολλές παρεμβάσεις στην υπάρχουσα έρευνα επικεντρώνονται στην παροχή πληροφοριών, αλλά η κατανόηση της διαισθητικής πτυχής μπορεί να καθοδηγήσει πιο στοχευμένες προσεγγίσεις.

Οι Wilks et al. (2021) ανέλυσαν στατιστικά την αποδοχή των καταναλωτών απέναντι στο συνθετικό κρέας. Συγκεκριμένα:

- Πρώτον, οι ερευνητές αναπαρήγαγαν το εύρημα ότι η υποστήριξη του συνθετικού κρέατος συνδέεται αρνητικά με την αντίληψη ότι είναι αφύσικο ( $r = -0,72$ ). Ακόμη και όταν περιγράφονταν συγκεκριμένες πρακτικές του συνθετικού κρέατος, η συσχέτιση μεταξύ της υποστήριξης και των αξιολογήσεων της φυσικότητας παρέμενε σημαντική, αν και λιγότερο ισχυρή.
- Δεύτερον, παρατηρήθηκε ότι τα άτομα με υψηλά επίπεδα συνωμοτικού ιδεασμού (που συνδέεται με τη δυσπιστία και το φόβο) και τα άτομα με υψηλή ευαισθησία στην αηδία ήταν πιο πιθανό να θεωρούν το συνθετικό κρέας ως αφύσικο. Αυτό ευθυγραμμίζεται με προηγούμενες έρευνες που δείχνουν ότι τα χαρακτηριστικά αυτά προβλέπουν την απόλυτη αντίθεση στο συνθετικό κρέας (δηλαδή μια άποψη που το αντιτίθεται ανεξάρτητα από τις συνέπειες). Αυτό υποδηλώνει ότι οι συναισθηματικές αντιδράσεις, συμπεριλαμβανομένης της αντίληψης του αφύσικου, μπορεί να βρίσκονται πίσω από την αντίθεση στο συνθετικό κρέας.
- Τρίτον, οι ερευνητές μέτρησαν διάφορες πεποιθήσεις σχετικά με το συνθετικό κρέας και τις συσχέτισαν με τις αξιολογήσεις της αντιλαμβανόμενης φυσικότητάς του. Εάν η αντίληψη της αφύσικης φύσης διαμορφώνεται μέσω αναλυτικής συλλογιστικής, οι ισχυρότερες συσχετίσεις θα αναμένονταν μεταξύ των πεποιθήσεων που σχετίζονται ειδικά με τη φυσικότητα. Ωστόσο, διαπίστωσαν το αντίθετο, με τις πεποιθήσεις σχετικά με τις ανησυχίες για την υγεία και την

ασφάλεια να παρουσιάζουν τις ισχυρότερες συσχετίσεις. Αυτό υποδηλώνει ότι η άποψη ότι το συνθετικό κρέας είναι αφύσικο μπορεί να καθοδηγείται περισσότερο από συναισθηματικές διαδικασίες παρά από αναλυτικές.

- Τέταρτον, οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι ορισμένα συστατικά του συνθετικού κρέατος θεωρούνταν λιγότερο φυσικά από άλλα. Είναι ενδιαφέρον ότι το μέρος της διαδικασίας που θεωρείται λιγότερο φυσικό -η άλεση των μυϊκών ινών για τη δημιουργία κιμά- είναι η μόνη πτυχή που αντικατοπτρίζει τις παραδοσιακές πρακτικές παραγωγής κρέατος. Αυτό υποδηλώνει ότι η αίσθηση ότι το συνθετικό κρέας είναι "αφύσικο" μπορεί να προκαλείται περισσότερο από τη σκέψη της κατανάλωσής του παρά από τη διαδικασία δημιουργίας του. Και πάλι, αυτό υποδεικνύει μια οδό που βασίζεται στην αηδία για την αντίληψη της φυσικότητας και όχι μια αναλυτική οδό (Wilks et al., 2021).

Τα ευρήματα παρέχουν στοιχεία που υποδηλώνουν ότι τα συναισθήματα παίζουν ρόλο στην αντίληψη του συνθετικού κρέατος ως αφύσικου. Ωστόσο, δεν αποκλείουν το ενδεχόμενο η αναλυτική σκέψη να συμβάλλει στην άποψη αυτή. Τόσο οι διαισθητικοί όσο και οι αναλυτικοί οδηγοί μπορεί να συμβάλλουν σε αυτή την αντίληψη, καθώς τα δύο αυτά συστήματα λειτουργούν συχνά παράλληλα και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Ο τομέας αυτός απαιτεί περαιτέρω έρευνα. Επιπλέον, είναι σημαντικό να κατανοηθούν οι παράγοντες που σχετίζονται με τα άτομα που αντιλαμβάνονται το συνθετικό κρέας ως αφύσικο, αλλά εξακολουθούν να το θεωρούν αποδεκτό, καθώς αυτή η αλληλεπίδραση θα μπορούσε να προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες.

Οι ερευνητές αναγνωρίζουν ότι η έρευνά τους έχει περιορισμούς, καθώς είναι διατομεακή και συσχετιστική, γεγονός που καθιστά δύσκολη την παροχή αιτιώδους απόδειξης για τη διαισθητική διαμόρφωση των απόψεων. Επιπλέον, το δείγμα τους ήταν στραμμένο προς νεότερους συμμετέχοντες στις ΗΠΑ και η γενίκευση σε ηλικιωμένους και μη αμερικανικούς πληθυσμούς παραμένει αβέβαιη. Η διαπολιτισμική αναπαραγωγή και επέκταση είναι απαραίτητες για μια ολοκληρωμένη κατανόηση (Michel & Siegrist, 2019).

Τα ευρήματα έχουν συνέπειες για τη βιομηχανία συνθετικού κρέατος, καθώς οι τρέχουσες προσεγγίσεις για τη βελτίωση της αποδοχής συχνά επικεντρώνονται σε αναλυτικούς μηχανισμούς μέσω στρατηγικών πληροφόρησης και εκπαίδευσης. Τα αποτελέσματα υποδηλώνουν ότι οι στρατηγικές που αφορούν τις συναισθηματικές αντιδράσεις μπορεί να είναι πιο επιτυχείς, είτε μόνες τους είτε σε συνδυασμό με την πληροφόρηση. Ωστόσο, απαιτείται προσοχή και είναι απαραίτητη η ρητή δοκιμή αυτών των προσεγγίσεων πριν από την ενσωμάτωσή τους στις στρατηγικές των καταναλωτών.

Τα ευρήματα ρίχνουν επίσης φως στις γενικές μας έννοιες της φυσικότητας. Πολλές τεχνολογίες, με δυνατότητες θετικής αλλαγής, αντιμετωπίζουν ανησυχίες σχετικά με τη φυσικότητα (π.χ. Golden Rice). Η κατανόηση της διαμόρφωσης αυτών των απόψεων μπορεί να βοηθήσει στην αντιμετώπιση των ανησυχιών του κοινού και στην αύξηση της αποδοχής τέτοιων ευεργετικών νέων τεχνολογιών (Wilks et al., 2021).

#### **4.6 Έρευνα για το συνθετικό κρέας – Ικρίωματα (Scaffolding materials):**

Τα βιοϋλικά ικρίωμάτων επηρεάζουν τη δομή και τις ιδιότητες του ικρίωματος, παρουσιάζοντας συνήθως εξαιρετική βιοσυμβατότητα, υψηλό πορώδες και ικανότητα αποκατάστασης της ECM. Πρέπει επίσης να διαθέτουν επαρκή μηχανική αντοχή για να καθοδηγούν την προσκόλληση των κυττάρων, τον πολλαπλασιασμό και τις μορφολογικές αλλαγές. Σημαντικά χαρακτηριστικά για τα βιοϋλικά που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή συνθετικού κρέατος είναι η βρώσιμη τροφή, η μη ζωική προέλευση, η βιωσιμότητα και η εμπορική βιωσιμότητα. Επιπλέον, οι εκτιμήσεις πρέπει να αφορούν τη βιοδιασπασιμότητα και την απουσία μη βρώσιμων και δυνητικά τοξικών ενώσεων, όπως διαλύτες και παράγοντες διασύνδεσης (Levi et al., 2022).

Οι πρωτεΐνες και οι πολυσακχαρίτες αποτελούν τα κύρια στοιχεία των βιοϋλικών ικρίωμάτων. Αυτές περιλαμβάνουν ζωικές πρωτεΐνες, φυτικές πρωτεΐνες και μυκητιακές πρωτεΐνες, μαζί με φυτικούς και ζωικούς πολυσακχαρίτες. Μεταξύ των φυτικών πολυσακχαριτών, ορισμένοι υποψήφιοι όπως το αλγινικό, η πηκτίνη, το κόμμι κοπιας και η κυτταρίνη υπόσχονται πολλά λόγω των φυσιολογικών τους λειτουργιών και της ικανότητάς τους να διευκολύνουν την κυτταρική προσκόλληση. Ωστόσο, απαιτείται προσοχή όταν εξετάζονται οι ζωικοί πολυσακχαρίτες, καθώς εγείρουν ανησυχίες σχετικά με την καλή διαβίωση των ζώων και τη βιωσιμότητα. Ως εκ τούτου, τα βιοϋλικά ικρίωμάτων ανήκουν κυρίως σε τρεις ομάδες: βιοϋλικά ζωικής προέλευσης, φυτικής προέλευσης και συνθετικά πολυμερή βιοϋλικά (Bomkamp et al., 2022).

#### **4.7 Βιοϋλικά ζωικής προέλευσης**

Τα βιοϋλικά ζωικής προέλευσης είναι πλούσια σε ECM, το οποίο ωφελεί την κυτταρική ανάπτυξη και μπορεί να απορροφηθεί πλήρως από το ανθρώπινο σώμα. Παραδείγματα περιλαμβάνουν την ελαστίνη, τη ζελατίνη, το κολλαγόνο και τη φμπρονεκτίνη. Όταν συνδυάζονται, τα υλικά αυτά μοιάζουν στη δομή με το συμβατικό κρέας. Για παράδειγμα, μια μελέτη των Enrione et al. δημιούργησε ένα βρώσιμο πορώδες ικρίωμα χρησιμοποιώντας τεχνολογία ξήρανσης με κατάψυξη, ενσωματώνοντας ζελατίνη σολομού,

άγαρ και αλγινικό νάτριο. Αυτό το ικρίωμα επέτρεψε στα μυϊκά βλαστικά κύτταρα να προσκολληθούν και να αναπτυχθούν, παρουσιάζοντας κατάλληλες μυογενετικές αποκρίσεις. Μια άλλη προσέγγιση περιελάμβανε τεχνικές ηλεκτροκλώσης σε συνδυασμό με ζελατίνη χοίρου και ένζυμο TG, μαζί με χημικούς παράγοντες διασύνδεσης. Οι μικροΐνες ζελατίνης που προέκυψαν διευκόλυναν την ανάπτυξη των μυϊκών κυττάρων και ενθάρρυναν τη μονόδρομη ευθυγράμμισή τους (Enrione et al., 2017). Ωστόσο, τα ικρίωματα που κατασκευάζονται από ένα μόνο υλικό μπορεί να έχουν κατώτερες μηχανικές ιδιότητες και ορισμένα υλικά όπως το κολλαγόνο από δέρμα ψαριού και η ζελατίνη από δέρμα χοίρου και αγελάδας είναι ακριβά και εγείρουν περιβαλλοντικές και ηθικές ανησυχίες (Li et al., 2022).

Για την περαιτέρω διερεύνηση των φυσικών πρωτεϊνικών πόρων, οι μη παραδοσιακές ζωικές πρωτεΐνες, όπως τα βρώσιμα έντομα, έχουν κερδίσει την προσοχή για την πλούσια περιεκτικότητά τους σε πρωτεΐνες και λίπος, καθώς και για τη διατροφική και βιώσιμη αξία τους. Επιπλέον, το κολλαγόνο και η ζελατίνη που εξάγονται από φυτά, μαγιά και βακτήρια μπορούν να υποστηρίξουν την προσκόλληση και την ανάπτυξη των κυττάρων. Επιπλέον, ορισμένοι βρώσιμοι μύκητες, όπως οι πολυσακχαρίτες του μανιταριού *enoki*, υπόσχονται να αποτελέσουν δυνητικά βιοϋλικά για την κατασκευή ικριωμάτων. Ωστόσο, απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση στη σφαίρα του εργαστηριακά παραγόμενου κρέατος (Campuzano & Pelling, 2019).

#### **4.8 Βιοϋλικά φυτικής προέλευσης**

Οι φυτικές πρωτεΐνες και οι φυσικοί φυτικοί ιστοί διαθέτουν δυνατότητες ως βιοϋλικά φυτικής προέλευσης. Οι φυτικές πρωτεΐνες, όπως η απομονωμένη πρωτεΐνη σόγιας (SPI), ξεχωρίζουν ως πρωταρχικές επιλογές για την ανάπτυξη βιοϋλικών κρέατος λόγω της διατροφικής τους αξίας, του χαμηλού κόστους, της εξαιρετικής κυτταρικής συμβατότητας και της υψηλής αποδοχής από τους καταναλωτές. Για παράδειγμα, έχουν διερευνηθεί τα ικρίωματα πρωτεΐνης σόγιας με υφή και τα ικρίωματα τρισδιάστατης ευθυγράμμισης ινών από γλουτένη σιταριού για τις δυνατότητές τους στην ανάπτυξη συνθετικού κρέατος (Ben-Arye & Levenberg, 2019).

Τα ικρίωματα από πρωτεΐνες που προέρχονται από φιστίκι αντικατοπτρίζουν την τέλεια πρόσφυση και τον πολλαπλασιασμό των λείων μυϊκών κυττάρων του χοίρου, με αποτέλεσμα ένα ιδιαίτερα υψηλό ποσοστό επιβίωσης των κυττάρων και εξαιρετική ποιότητα προϊόντος. Η αντικατάσταση της ζωικής πρωτεΐνης με φυτική πρωτεΐνη μπορεί να

αντιμετωπίσει τις διατροφικές και υγειονομικές ανησυχίες που σχετίζονται με την παραδοσιακή ζωική πρωτεΐνη (Zheng et al., 2022).

Επιπλέον, οι φυσικοί φυτικοί ιστοί, όπως τα πράσινα και βρώσιμα φύλλα σπανακιού, το σέλινο και ο ιστός μήλου, παρουσιάζουν εμφανή αγγείωση και πορώδη μορφολογία, η οποία διευκολύνει τη μεταφορά οξυγόνου και θρεπτικών συστατικών, δημιουργώντας μια ευνοϊκή περιβαλλοντική πλατφόρμα για τα κύτταρα. Η έρευνα των Allan et al. έδειξε ότι ένα αποκυτταροποιημένο ικρίωμα φύλλων χόρτου με φυσική μορφολογία υποστήριξε την προσκόλληση και τον πολλαπλασιασμό των κυττάρων C2C12 ποντικού, προκαλώντας την ευθυγράμμισή τους. Ωστόσο, πιθανά ζητήματα με τη γεύση, την επεκτασιμότητα και τη δυνατότητα εφαρμογής σε ιστούς απαιτούν περαιτέρω εξέταση (Allan et al., 2021).

## **Κεφάλαιο 5: Ανάλυση της τρέχουσας αγοράς και των τάσεων του κλάδου**

Επί του παρόντος, ο παγκόσμιος πληθυσμός αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς και θα φθάσει τα 9 δισεκατομμύρια μέχρι το 2050. Εκτιμάται ότι θα χρειαστούμε τουλάχιστον διπλάσιες ποσότητες κρέατος σε σχέση με αυτές που παράγουμε τώρα. Αυτή η ταχεία αύξηση της παγκόσμιας ζήτησης κρέατος αποδίδεται όχι μόνο στην αύξηση του πληθυσμού αλλά και στην οικονομική ανάπτυξη των αναπτυσσόμενων χωρών. Λαμβάνοντας υπόψη αυτούς τους παράγοντες, πρέπει να βρούμε σύντομα έναν τρόπο να αυξήσουμε την παραγωγή κρέατος. Νωρίτερα, η εκβιομηχάνιση της κτηνοτροφίας ικανοποιούσε την αυξανόμενη ζήτηση για κρέας και τα προϊόντα του. Ωστόσο, δεν είναι πλέον δυνατή η αύξηση της παραγωγής κρέατος για τις μελλοντικές ανάγκες, λόγω των περιορισμένων πόρων γης και νερού για τη βιωσιμότητα της κτηνοτροφίας, της ραγδαίας αύξησης των ζητημάτων καλής μεταχείρισης των ζώων και των ανεπιθύμητων επιπτώσεων στο περιβάλλον και των κλιματικών αλλαγών. Με βάση το χάσμα μεταξύ της μελλοντικής ζήτησης και της σημερινής δυνατότητας προμήθειας κρέατος, υπάρχει αυξανόμενη ανάγκη για την παραγωγή εναλλακτικών προϊόντων κρέατος ως πηγών πρωτεΐνης. Επιπλέον, η επέκταση των αγορών halal και kosher θα απαιτήσει επίσης την ανάπτυξη εναλλακτικών προϊόντων κρέατος αντί του παραδοσιακού κρέατος που βασίζεται στην κτηνοτροφία, καθώς ο αριθμός των ανθρώπων που καταναλώνουν τέτοια τρόφιμα ενδέχεται να ξεπεράσει το 30% του παγκόσμιου πληθυσμού έως το 2025 (Asgar et al., 2010).

Κατά συνέπεια, έχουν καταβληθεί διάφορες προσπάθειες για την αύξηση της παραγωγής συμβατικού κρέατος ή/και διαφόρων εναλλακτικών προϊόντων κρέατος. Μεταξύ αυτών, τα φυτικά ανάλογα κρέατος, τα βρώσιμα έντομα και το συνθετικό κρέας συγκεντρώνουν το ενδιαφέρον των περισσότερων καταναλωτών, αν και το συνθετικό κρέας βρίσκεται ακόμη υπό ανάπτυξη για εμπορική αξιοποίηση (Bonny et al., 2015).

Μέχρι στιγμής, το συνθετικό κρέας έχει αντιμετωπίσει προκλήσεις στην εμπορική του αξιοποίηση λόγω τεχνικών δυσκολιών στη μαζική παραγωγή και υψηλού κόστους. Το μπιφτέκι του Dr. Post, που ζύγιζε περίπου 85 γραμμάρια, απαιτούσε 330.000 δολάρια το 2013, ενώ ένα κεφτεδάκι, που ζύγιζε περίπου 1 κιλό και παρουσιάστηκε από το Memphis Meat, κόστισε 40.000 δολάρια. Επομένως, προκειμένου να εισαχθεί το συνθετικό κρέας στην αγορά, πρέπει να μειωθεί το κόστος παραγωγής του και να βελτιωθούν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του (Post, 2014).

Η διαδικασία βελτιστοποίησης θα πρέπει να περιλαμβάνει ολόκληρη τη διαδικασία παραγωγής του συνθετικού κρέατος. Μόλις το συνθετικό κρέας επιτύχει παρόμοια ποιότητα με αυτή του παραδοσιακού κρέατος, μπορεί να διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο

στην αύξηση των προμηθειών κρέατος, καθώς θα είναι η μόνη πραγματική πηγή κρέατος με ζωική πρωτεΐνη. Σημαντικές εταιρείες όπως η Mosameat, Memphis Meats, Super Meat, Integriculture, Just και άλλες ασχολούνται με την παραγωγή συνθετικού κρέατος και σχεδιάζουν να κυκλοφορήσουν τα προϊόντα τους από το 2021. Αναμένεται να κυκλοφορήσουν διαφορετικοί τύποι συνθετικού κρέατος, όπως κεφτέδες, μπιφτέκια και λουκάνικα, με προβλεπόμενο μέγεθος αγοράς 4,3 εκατ. δολάρια για κεφτέδες, 3,7 εκατ. δολάρια για μπιφτέκια και 3,3 εκατ. δολάρια για λουκάνικα. Σύμφωνα με ένα άρθρο, η εμφάνιση του συνθετικού κρέατος αναμένεται να μεταμορφώσει τις τάσεις στην παγκόσμια αγορά κρέατος, με αναμενόμενο μερίδιο 35% στην παγκόσμια αγορά κρέατος μέσα στα επόμενα 20 χρόνια (Z. F. Bhat et al., 2015).

Τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα του συνθετικού κρέατος είναι οι ομοιότητές του με το παραδοσιακό κρέας, καθώς προέρχεται από αγροτικά ζώα, και μπορεί να είναι περιβαλλοντικά βιώσιμο. Το προϊόν αυτό μπορεί να ανταποκριθεί τόσο στις διατροφικές όσο και στις αισθητηριακές προτιμήσεις των καταναλωτών λόγω της ανώτερης γεύσης και υφής του σε σύγκριση με άλλα εναλλακτικά προϊόντα κρέατος. Από αυτή την άποψη, το συνθετικό κρέας μπορεί να προσελκύσει τους καταναλωτές που δεν επιθυμούν να αλλάξουν τον παραδοσιακό τρόπο διατροφής τους όσον αφορά την κατανάλωση κρέατος. Επιπλέον, σύμφωνα με τους Zhang et al., κατά την παραγωγή συνθετικού κρέατος, ένα μόνο κύτταρο μπορεί να πολλαπλασιαστεί πολλές φορές, απαιτώντας έτσι λιγότερα ζώα σε σύγκριση με την κτηνοτροφία (Zhang et al., 2020).

Επιπλέον, υπάρχουν και άλλα πλεονεκτήματα του συνθετικού κρέατος. Οι Bhat et al. πρότειναν ότι το συνθετικό κρέας μπορεί να έχει πολλές άλλες εφαρμογές, όπως η δημιουργία λειτουργικού και σχεδιασμένου κρέατος, η δυνατότητα γρήγορης παραγωγής, η παροχή πρόσβασης σε εξωτικό κρέας, το vegan κρέας, η αποτελεσματική μετατροπή θρεπτικών συστατικών και ενέργειας (Z. F. Bhat et al., 2015). Επιπλέον, τα οφέλη του συνθετικού κρέατος περιλαμβάνουν τη δημόσια υποστήριξη, την ευημερία των ζώων, τη μείωση των ζωνοδόσων και των τροφιμογενών ασθενειών, τη μειωμένη χρήση πόρων και το οικολογικό αποτύπωμα, καθώς και ευκαιρίες για αναδάσωση και προστασία της άγριας ζωής. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για διαστημικές αποστολές και οικισμούς. Αν και η ανάπτυξη του συνθετικού κρέατος βρίσκεται ακόμη σε εξέλιξη, μπορεί να είναι δυνατός ο έλεγχος των συστατικών των προϊόντων ώστε να προσφέρουν περισσότερα οφέλη για την υγεία χωρίς χρονοβόρες διαδικασίες εκτροφής. Επιπλέον, όλες οι διαδικασίες που εμπλέκονται στην καλλιέργεια κρέατος διεξάγονται υπό αποστειρωμένες συνθήκες με τη χρήση διαφόρων συστημάτων διαχείρισης της ποιότητας και της ασφάλειας των τροφίμων,



όπως η ορθή παρασκευαστική πρακτική και η ανάλυση κινδύνων και τα κρίσιμα σημεία ελέγχου. Ως εκ τούτου, είναι εφικτή η παραγωγή ασφαλέστερων προϊόντων απαλλαγμένων από κινδύνους όπως η μόλυνση, η κατάχρηση αντιβιοτικών, οι μολυσματικές ασθένειες και οι τροφικές δηλητηριάσεις (Z. F. Bhat et al., 2015; Zhang et al., 2020).

### **5.1 Ερευνητικές τάσεις και προκλήσεις**

Αν και το συνθετικό κρέας πρόκειται να κυκλοφορήσει σε λίγα χρόνια, οι τεχνολογίες για την επεξεργασία του είναι ακόμη ανεπαρκείς. Η πιο επείγουσα πρόκληση θα μπορούσε ενδεχομένως να είναι η ανάπτυξη και η βελτιστοποίηση μιας διαδικασίας μαζικής παραγωγής με λογικές τιμές. Από την επιλογή των κυττάρων έως τις τεχνικές μηχανικής ιστών, οι αβεβαιότητες στην κυτταροκαλλιέργεια και την ανάπτυξη των μυών θα πρέπει να μελετηθούν και να βελτιστοποιηθούν περαιτέρω για τη μαζική παραγωγή συνθετικού κρέατος. Οι ερευνητές έχουν προτείνει ότι τα κύτταρα, τα μέσα καλλιέργειας, τα ικρίωματα, οι βιοαντιδραστήρες, οι συνθήκες καλλιέργειας και η επεξεργασία (που ονομάζεται επίσης μίμηση) είναι οι βασικοί παράγοντες για την παραγωγή συνθετικού κρέατος και η παρούσα έκθεση ευθυγραμμίζεται ως επί το πλείστον με άλλες μελέτες. Καθώς το εύρος των μελετών που έχουν διεξαχθεί σχετικά με αυτούς τους παράγοντες είναι αρκετά ευρύ και οι ολοκληρωμένες λεπτομέρειες δεν είναι ακόμη σαφείς, η παρούσα ανασκόπηση θα παρουσιάσει εν συντομία μόνο τα μέσα καλλιέργειας, τα ικρίωματα και τους βιοαντιδραστήρες με βάση τη διαθέσιμη επί του παρόντος βιβλιογραφία (Heffernan, 2017; Specht et al., 2018; Zhang et al., 2020).

Κατά τη διάρκεια της κυτταροκαλλιέργειας, η βέλτιστη σύνθεση των μέσων καλλιέργειας παίζει καθοριστικό ρόλο, καθώς μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τον ρυθμό ανάπτυξης των κυττάρων. Τα μέσα καλλιέργειας περιέχουν διάφορα θρεπτικά συστατικά, ορμόνες, ορούς με αυξητικούς παράγοντες και άλλα συστατικά που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των κυττάρων (Gaydhane et al., 2018). Μεταξύ αυτών των συστατικών, η χρήση ορών (π.χ. εμβρυϊκός ορός βοοειδών, ορός αλόγου) στα μέσα καλλιέργειας προκαλεί ανησυχίες. Ενώ ο ορός είναι απαραίτητος για τη διευκόλυνση της ανάπτυξης των δορυφορικών μυϊκών κυττάρων, οι ερευνητές έχουν προτείνει ότι η χρήση του στα καλλιεργητικά μέσα θα πρέπει να αντικατασταθεί ή να εξαλειφθεί λόγω της μεταβλητότητας, του υψηλού κόστους και των ηθικών ανησυχιών που σχετίζονται με τη διαδικασία παραγωγής του, η οποία περιλαμβάνει την παραγωγή του από μοσχάρια. Κατά συνέπεια, τα εναλλακτικά συστατικά για τον ορό στα μέσα καλλιέργειας, ιδίως τα μέσα

χωρίς ορό, αποτέλεσαν σημαντικό πεδίο έρευνας στον τομέα του συνθετικού κρέατος (Chriki et al., 2022).

Ο βιοαντιδραστήρας και τα ικρίωματα αποτελούν άλλους κρίσιμους παράγοντες για τη μαζική παραγωγή συνθετικού κρέατος. Γενικά, ένας βιοαντιδραστήρας χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη κυττάρων μεγάλης κλίμακας υπό ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας, pH, μερικής πίεσης οξυγόνου και διατμητικής πίεσης, παρέχοντας ένα πιο ομοιόμορφο περιβάλλον κατά τον πολλαπλασιασμό ή/και τη διαφοροποίηση των κυττάρων, με λεπτομερή παρακολούθηση των συνθηκών του. Προηγούμενες μελέτες έχουν δείξει ότι διαφορετικοί τύποι και συνθήκες βιοαντιδραστήρων μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τη μαζική παραγωγή συνθετικού κρέατος. Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί διάφοροι τύποι βιοαντιδραστήρων, όπως βιοαντιδραστήρες με αναδευόμενη δεξαμενή (γνωστοί και ως φιάλες spinner), βιοαντιδραστήρες με υψηλή αναλογία δοχείων, βιοαντιδραστήρες ρευστοποιημένης κλίνης, βιοαντιδραστήρες κοίλων ινών και βιοαντιδραστήρες συσκευασμένης κλίνης, σε διάφορα μεγέθη (Asgar et al., 2010; Z. F. Bhat et al., 2015).

Επιπλέον, όχι μόνο η θερμοκρασία και το pH αλλά και η μερική πίεση οξυγόνου και η διατμητική τάση παίζουν ουσιαστικό ρόλο στη βελτιστοποίηση των συνθηκών ενός βιοαντιδραστήρα. Για παράδειγμα, η χαμηλή μερική πίεση οξυγόνου μειώνει το ρυθμό διαφοροποίησης των κυττάρων αλλά αυξάνει τον πολλαπλασιασμό τους. Όσον αφορά τη διατμητική τάση, η εφαρμογή της με διαφορετικό μέγεθος πτερωτής, στροφές ανά λεπτό, θέση και το εσωτερικό δοχείο που χρησιμοποιείται μπορεί να επηρεάσει τη βλάβη των κυττάρων. Επομένως, σε έναν βιοαντιδραστήρα, είναι ζωτικής σημασίας η καθιέρωση χαμηλής διατμητικής τάσης και σταθερής αιμάτωσης οξυγόνου, ακόμη και σε μεγάλους όγκους. Επιπλέον, η αποτελεσματικότητα των βιοαντιδραστήρων μπορεί να διαφέρει για διαφορετικές κυτταρικές σειρές. Ως εκ τούτου, είναι απαραίτητο να διερευνηθούν προσαρμοσμένοι βιοαντιδραστήρες και η κατάλληλη χρήση τους για τη βελτιστοποίηση της μαζικής παραγωγής συνθετικού κρέατος.

Η χρήση ικριωμάτων (scaffolding) είναι μια μέθοδος που μπορεί να δώσει στο συνθετικό κρέας μια πιο κρεατοειδή υφή αντί να βασίζεται σε πολύπλοκη συγκαλλιέργεια συνδετικού ιστού. Τα ικρίωματα αποτελούνται από βιοπολυμερή και θεωρούνται ιδιαίτερα κατάλληλα για την καλλιέργεια κρέατος. Σε αυτή τη διαδικασία, τα ικρίωματα που συνδέονται με κύτταρα αιωρούνται σε βιοαντιδραστήρα με καλλιεργητικά μέσα, επιτρέποντας την παραγωγή συνθετικού κρέατος σε μεγάλη κλίμακα (Fraeye et al., 2020).

Όταν εξετάζονται οι απαιτήσεις για τα ικρίωματα, το κολλαγόνο είναι το πιο συχνά χρησιμοποιούμενο υλικό, αλλά έχουν επίσης αναπτυχθεί πηγές φυτικής προέλευσης, όπως

αλγινικό, κυτταρίνη ή χιτοζάνη. Ωστόσο, επί του παρόντος, τα ικρίωματα δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία προϊόντων υψηλής δομής και είναι ικανά μόνο για την παραγωγή αλεσμένων ή/και γαλακτωματοποιημένων προϊόντων. Ως εκ τούτου, η ενίσχυση της ανάπτυξης ενός συνθετικού προϊόντος κρέατος υψηλής δομής αποτελεί μια από τις προκλήσεις για το μέλλον (Z. F. Bhat et al., 2015; Zhang et al., 2020).

## **5.2 Οι Ευρωπαϊκές αγορές του συνθετικού κρέατος**

### **5.2.1 Το κρέας στην Ευρώπη**

Είναι προφανές ότι οι σημερινές μέθοδοι εντατικής κτηνοτροφίας στην Ευρώπη δεν είναι βιώσιμες. Τα συστήματα κτηνοτροφικής παραγωγής όχι μόνο συμβάλλουν σημαντικά στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, αλλά καταλαμβάνουν επίσης το 28% της γης στην ΕΕ, οδηγώντας στην οξίνιση του εδάφους, τη ρύπανση των υδάτων και την ατμοσφαιρική ρύπανση. Η βιομηχανική κτηνοτροφία σε παγκόσμιο επίπεδο οδηγεί στην αποψίλωση των δασών, στην αντοχή στα αντιβιοτικά και στις ζωνόσους. Κατά συνέπεια, έχουν γίνει εκκλήσεις για δραστική μείωση της κατανάλωσης κρέατος, αλλά πολλοί κρεατοφάγοι δεν είναι πρόθυμοι να το πράξουν. Καθώς οι πληθυσμοί των αναπτυσσόμενων χωρών αποκτούν αγοραστική δύναμη, η παγκόσμια παραγωγή κρέατος αναμένεται να αυξηθεί κατά 15% κατά τη δεκαετία που οδηγεί μέχρι το 2027 (Bryant, 2020; Poore & Nemecek, 2018).

Η κατά κεφαλήν κατανάλωση κρέατος είναι σημαντικά υψηλότερη στα πλουσιότερα έθνη και πολλά άτομα καταναλώνουν περισσότερο κρέας από ό,τι είναι βέλτιστα υγιεινό. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό για τους δυτικούς καταναλωτές και τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής να βρουν τρόπους να μειώσουν την κατανάλωση κρέατος. Ωστόσο, κάτι τέτοιο στην Ευρώπη δεν είναι απλό. Η κατανάλωση κρέατος είναι βαθιά ριζωμένη στις κοινωνικές ταυτότητες και παραδόσεις, με την κοινή κατανάλωση κρέατος να αποτελεί μέρος των οικογενειακών εκδηλώσεων, των εορτασμών και των τελετών μετάβασης. Ως αποτέλεσμα, η στόχευση της κατανάλωσης κρέατος είναι συναισθηματικά φορτισμένη και πιο δύσκολη από τη στόχευση άλλων συμπεριφορών υγείας και περιβάλλοντος (Willett et al., 2019).

Επιπλέον, η κατανάλωση κρέατος στην Ευρώπη συνδέεται στενά με οικονομικά και πολιτικά ζητήματα. Η Γερμανία είχε ιστορικά γεωργικό έλλειμμα, ενώ η Γαλλία είναι ο μεγαλύτερος γεωργικός παραγωγός της Ευρώπης. Και τα δύο έθνη υποστηρίζουν σθεναρά την Κοινή Αγροτική Πολιτική, η οποία αντιπροσωπεύει σημαντικό μέρος του προϋπολογισμού της ΕΕ και παρέχει σημαντικές επιδοτήσεις στη γεωργία,

συμπεριλαμβανομένης της κτηνοτροφίας. Τα ισχυρά γεωργικά συμφέροντα στη Γαλλία έχουν καταστήσει την πολιτική ανθεκτική στη μεταρρύθμιση (Buckwell et al., 2019).

Δεδομένων αυτών των παραγόντων, η μείωση της κατανάλωσης κρέατος στην Ευρώπη αποτελεί σημαντική πρόκληση. Ως αποτέλεσμα, η έρευνα επικεντρώνεται όλο και περισσότερο στην εξεύρεση τρόπων για την αντικατάσταση της κατανάλωσης κρέατος, τόσο σήμερα όσο και στο μέλλον.

### 5.2.2 Το συνθετικό κρέας στην Ευρώπη

Μια προτεινόμενη λύση στην παρούσα δυσχερή κατάσταση είναι το συνθετικό κρέας - πραγματικό ζωικό κρέας που καλλιεργείται από κυτταρικές καλλιέργειες αντί να προέρχεται από ζωντανά ζώα. Οι υποστηρικτές της τεχνολογίας αυτής υποστηρίζουν ότι το συνθετικό κρέας όχι μόνο αποφεύγει την ανάγκη σφαγής των ζώων, αλλά έχει επίσης σημαντικά μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε σύγκριση με το παραδοσιακό κρέας, κυρίως λόγω της σχετικής αποτελεσματικότητάς του στη χρήση των πόρων. Επιπλέον, η εφαρμογή αυτοματοποιημένων συστημάτων για την παραγωγή συνθετικού κρέατος θα συμβάλει στην ελαχιστοποίηση της ανθρώπινης επαφής με δυνητικά άρρωστα ζώα, μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο εμφάνισης ζωονοσογόνων παθογόνων μικροοργανισμών στο διατροφικό σύστημα (Post, 2014).

Ωστόσο, η αποδοχή του συνθετικού κρέατος από τους καταναλωτές δεν είναι ομοιόμορφη. Ενώ ορισμένες έρευνες δείχνουν ότι η πλειονότητα των καταναλωτών στις ΗΠΑ θα ήταν πρόθυμοι να καταναλώσουν συνθετικό κρέας, τα διακρατικά δεδομένα δείχνουν ότι η αποδοχή μπορεί να είναι χαμηλότερη στην Ευρώπη, ιδίως σε σύγκριση με τις ΗΠΑ, γεγονός που ευθυγραμμίζεται με τις προβλέψεις των εμπειρογνομόνων στον τομέα αυτό (Bryant, 2020).

Αρκετές μελέτες έχουν διερευνήσει την αποδοχή του συνθετικού κρέατος στην Ευρώπη, αλλά τα αναφερόμενα ποσοστά αποδοχής δεν είναι άμεσα συγκρίσιμα λόγω των διαφορών στο σχεδιασμό των ερωτήσεων και των μεθόδων δειγματοληψίας. Για παράδειγμα, οι Mancini και Antonioli διαπίστωσαν ότι το 54% του ιταλικού δείγματός τους εξέφρασε προθυμία να δοκιμάσει συνθετικό κρέας, ενώ η Flycatcher ανέφερε ποσοστό 52% για τους Ολλανδούς καταναλωτές (Mancini & Antonioli, 2019). Σε μια προσομοιωμένη γευσίγνωσία συνθετικού κρέατος που διεξήγαγαν οι Rolland, Markus και Post, όλοι οι συμμετέχοντες που τους προσφέρθηκε ένα κομμάτι κρέατος με την ένδειξη "συνθετικό κρέας" το κατανάλωσαν και είχαν την τάση να το αξιολογούν ως πιο ευχάριστο από το συμβατικό κρέας, παρά το γεγονός ότι δεν παρατηρήθηκε καμία αντικειμενική διαφορά

(Rolland et al., 2020). Το «Ευρωβαρόμετρο», το οποίο αποτελούσε τη μοναδική πηγή διακρατικών δεδομένων εντός της Ευρώπης, συμπληρώθηκε από πρόσφατη έρευνα που δείχνει προσωρινά μεγαλύτερη αποδοχή στην Ισπανία σε σύγκριση με το Ηνωμένο Βασίλειο. Επιπλέον, τα στοιχεία για τους καταναλωτές μεγαλύτερης ηλικίας αποκαλύπτουν ότι το Ηνωμένο Βασίλειο και η Ισπανία έχουν παρόμοια επίπεδα αποδοχής, υψηλότερα από την Πολωνία αλλά χαμηλότερα από τη Φινλανδία και τις Κάτω Χώρες (Gómez-Luciano et al., 2019; Grasso et al., 2019).

Η Γαλλία και η Γερμανία, οι οποίες είναι ζωτικής σημασίας για την ευρωπαϊκή πολιτική τροφίμων, έχουν λάβει σχετικά λίγη προσοχή στην έρευνα σχετικά με την αποδοχή του συνθετικού κρέατος. Μια μελέτη ισχυρίστηκε ότι έδειξε πολύ χαμηλή αποδοχή στη Γαλλία- ωστόσο, είχε μεθοδολογικούς περιορισμούς, συμπεριλαμβανομένων των μη αμοιβαία αποκλειόμενων επιλογών απάντησης και της υπερεκπροσώπησης των συμμετεχόντων που συνδέονται με τη βιομηχανία κρέατος. Μια πιο πρόσφατη μελέτη έδειξε ότι η αποδοχή στη Γερμανία ήταν περίπου 57%, γεγονός που ευθυγραμμίζεται καλύτερα με άλλες ευρωπαϊκές έρευνες. Επιπλέον, μια μελέτη των Dupont και Fiebelkorn διαπίστωσε ότι οι Γερμανοί μαθητές και έφηβοι έδειξαν συνολικά θετική στάση απέναντι στο συνθετικό κρέας, με τους περισσότερους να δηλώνουν ότι το προτιμούν έναντι των εντόμων, παρά το γεγονός ότι θεωρούν τα έντομα πιο υγιεινά και πιο φυσικά (Dupont & Fiebelkorn, 2020; Weinrich et al., 2020).

## Κεφάλαιο 6: Συζήτηση των περιβαλλοντικών, ηθικών και υγειονομικών επιπτώσεων του συνθετικού κρέατος

### 6.1 Υγειονομικές επιπτώσεις

Η συμβατική παραγωγή κρέατος μέσω κτηνοτροφικών συστημάτων ενέχει το ενδεχόμενο ασθενειών των ζώων, επιδημιών και κατάχρησης αντιβιοτικών (Bhat, 2011; Webster, 2002). Αντίθετα, η παραγωγή συνθετικού κρέατος θα χρησιμοποιεί ασφαλείς και ελεγχόμενες ποσότητες συντηρητικών, όπως το βενζοϊκό νάτριο, για την προστασία του αναπτυσσόμενου κρέατος από μικροοργανισμούς (Semana et al., 2008). Επιπλέον, υπάρχουν online συστήματα παρακολούθησης για την αξιολόγηση της ποιότητας του συνθετικού κρέατος, διασφαλίζοντας την ασφάλεια των τροφίμων με την ελαχιστοποίηση του κινδύνου βακτηριακής μόλυνσης κατά τη διαδικασία παραγωγής. Η βελτίωση της ποιότητας του συνθετικού κρέατος είναι εφικτή μέσω ενός ρυθμιζόμενου συστήματος καλλιέργειας και τεχνικών μετεπεξεργασίας, οι οποίες αφορούν πτυχές όπως η αναλογία των συστατικών, το θρεπτικό περιεχόμενο, η γεύση και το άρωμα (Bhat, 2011).

#### 6.1.1 Θρεπτική σύσταση

Οι ανησυχίες σχετικά με το συνθετικό κρέας περιστρέφονται κυρίως γύρω από την ικανότητά του να ανταποκρίνεται στη θρεπτική σύνθεση του κρέατος που εκτρέφεται συμβατικά. Η διατροφική σημασία του κρέατος απορρέει από την παροχή ζωτικών θρεπτικών συστατικών απαραίτητων για την ανθρώπινη υγεία. Αυτά τα θρεπτικά συστατικά περιλαμβάνουν πρωτεΐνες, βιταμίνες (όπως βιταμίνες του συμπλέγματος B και βιταμίνη D), μέταλλα (συμπεριλαμβανομένου του σιδήρου και του ψευδαργύρου) και υγιή λίπη.

Οι προσπάθειες των ερευνητών και των επιστημόνων που ασχολούνται με την ανάπτυξη συνθετικού κρέατος ήταν επικεντρωμένες στην επίτευξη ενός διατροφικού προφίλ που θα μπορούσε είτε να εξισωθεί είτε να ξεπεράσει αυτό του συμβατικού κρέατος. Αρκετές καίριες πτυχές αυτού του ενδιαφέροντος περιγράφονται παρακάτω:

**Ποιότητα πρωτεϊνών:** Το κρέας χρησιμεύει ως πολύτιμη πηγή πρωτεϊνών υψηλής ποιότητας που περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα αμινοξέα που είναι ζωτικής σημασίας για την ανθρώπινη φυσιολογική λειτουργία. Το συνθετικό κρέας έπρεπε να διασφαλίζει ότι η περιεκτικότητά του σε πρωτεΐνες ήταν πλήρης και όμοια με το προφίλ αμινοξέων που απαντάται στο συμβατικό κρέας.

**Σύνθεση λίπους:** Η σύνθεση των λιπών στο κρέας έχει επιπτώσεις στη διατροφική του αξία. Για παράδειγμα, η ισορροπία μεταξύ κορεσμένων λιπαρών και πιο υγιεινών αντίστοιχων, όπως τα μονοακόρεστα και πολυακόρεστα λιπαρά, είναι ζωτικής σημασίας. Η επίτευξη της κατάλληλης σύνθεσης των λιπαρών ήταν επιτακτική ανάγκη για να αντικατοπτρίζονται τα διατροφικά πλεονεκτήματα του παραδοσιακού κρέατος.

**Βιταμίνες και ανόργανα άλατα:** Το κρέας αποτελεί πηγή ποικίλων βιταμινών και ανόργανων συστατικών, όπως ο σίδηρος, ο ψευδάργυρος, η βιταμίνη B12 και η βιταμίνη D. Οι ερευνητές έπρεπε να επινοήσουν στρατηγικές για την ενσωμάτωση αυτών των θρεπτικών συστατικών στο συνθετικό κρέας ή να εγγυηθούν ότι οι καταναλωτές θα μπορούσαν να έχουν πρόσβαση σε αυτά μέσω εναλλακτικών διατροφικών πηγών.

**Βιοδιαθεσιμότητα:** Η βιοδιαθεσιμότητα δηλώνει το βαθμό στον οποίο ο οργανισμός απορροφά και χρησιμοποιεί τα θρεπτικά συστατικά. Η διασφάλιση ότι τα θρεπτικά συστατικά που υπάρχουν στο συνθετικό κρέας ήταν εύκολα βιοδιαθέσιμα για τον ανθρώπινο οργανισμό αποτελούσε πρόβλημα.

**Πρόσθετα και εμπλουτισμός:** Ανάλογα με την τεχνική παραγωγής του συνθετικού κρέατος, η ενσωμάτωση συγκεκριμένων βιταμινών, μετάλλων ή άλλων θρεπτικών συστατικών μπορεί να είναι απαραίτητη για να εξασφαλιστεί η διατροφική του πληρότητα. Παρόλα αυτά, προέκυψαν ανησυχίες σχετικά με την ασφάλεια και τις πιθανές επιπτώσεις στην υγεία από τη χρήση τέτοιων πρόσθετων.

**Συγκριτικές μελέτες:** Διεξήχθησαν ερευνητικές έρευνες για τη σύγκριση του διατροφικού προφίλ του συνθετικού κρέατος με το συμβατικό κρέας. Οι μελέτες αυτές αναλύθηκαν στο Κεφάλαιο 3: και αποσκοπούσαν στον εντοπισμό τυχόντων ανισοτήτων και τη διόρθωσή τους για να καθιερωθεί το συνθετικό κρέας ως ένα εφικτό διατροφικό υποκατάστατο.

### 6.1.2 Αλλεργιογόνα

Η διαδικασία καλλιέργειας συνθετικού κρέατος περιλαμβάνει την εισαγωγή διαφόρων συστατικών, όπως τα μέσα ανάπτυξης και τα ικρίωματα, τα οποία θα μπορούσαν ενδεχομένως να προκαλέσουν αλλεργικές αντιδράσεις ή ευαισθησίες σε ορισμένα άτομα. Η διασφάλιση της απουσίας αλλεργιογόνων αποτελούσε μια ανησυχία.

Η εξέλιξη της παραγωγής συνθετικού κρέατος, μια πολλά υποσχόμενη σύγκλιση της βιοτεχνολογίας και της μαγειρικής επιστήμης, έχει αναγνωριστεί για τις δυνατότητές της να μετριάσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και να αντιμετωπίσει ηθικά διλήμματα που συνδέονται με τη συμβατική κατανάλωση κρέατος. Εν μέσω αυτών των βημάτων, ένα περίπλοκο πλέγμα υγειονομικών προβληματισμών έρχεται στην επιφάνεια, που υπογραμμίζεται κυρίως από τις ανησυχίες για αλλεργιογόνα και ευαισθησίες.

Θεμελιώδης για την αλλεργιογόνο συζήτηση είναι η σύνθεση του μέσου ανάπτυξης που καλλιεργεί τις ζωικές κυτταρικές καλλιέργειες. Η ποικίλη προέλευση των συστατικών του μέσου ανάπτυξης, που προέρχονται από φυτά, μύκητες ή μικροοργανισμούς, εγείρει ανησυχίες για πιθανή αλλεργιογένεια. Ο εξονυχιστικός έλεγχος της επιλογής και της προέλευσης αυτών των συστατικών είναι ζωτικής σημασίας για να αποκλειστεί η ακούσια ενσωμάτωση αλλεργιογόνων, ιδίως για τα άτομα που είναι επιρρεπή σε αντιδράσεις υπερευαισθησίας.

Καθώς τα υλικά ικριωμάτων αναδεικνύονται σε αναπόσπαστο ικρίωμα για την καλλιέργεια δομημένου μυϊκού ιστού, η βιοσυμβατότητά τους αποκτά σημασία. Η συμβατότητα αυτών των υλικών με την ανθρώπινη φυσιολογία, σε συνδυασμό με το αλλεργιογόνο δυναμικό τους, απαιτεί προσεκτική εξέταση. Η διασφάλιση της ασφάλειας των υλικών ικριωμάτων ευθυγραμμίζεται με τον γενικότερο στόχο ενός υποαλλεργικού συνθετικού προϊόντος κρέατος.

Μια αναδυόμενη πτυχή αφορά την εισαγωγή νέων πρωτεϊνών, που είναι εγγενώς άγνωστες στο ανθρώπινο διατροφικό περιβάλλον. Το αχαρτογράφητο ανοσογενετικό έδαφος που διασχίζουν αυτές οι πρωτεΐνες απαιτεί σχολαστική αξιολόγηση για τη διάκριση της πιθανής αλλεργιογονικότητας. Αυτό συνεπάγεται μια περίπλοκη αλληλεπίδραση πρωτεωμικής εξέτασης και βιοπληροφορικής, ευθυγραμμιζόμενη με την εμπειρική επιδίωξη του μετριασμού απρόβλεπτων κινδύνων για την υγεία.

Η διασταυρούμενη μόλυνση αναδύεται ως απτή ανησυχία, αντικατοπτρίζοντας ανάλογες ανησυχίες στη συμβατική επεξεργασία κρέατος. Η διαφοροποιημένη κατανόηση των κινδύνων διασταυρούμενης επαφής καθοδηγεί αυστηρά προληπτικά μέτρα για την αποφυγή ακούσιας εισαγωγής αλλεργιογόνων. Ταυτόχρονα, η διαφανής επισήμανση αναδεικνύεται σε πρώτη γραμμή άμυνας, επιτρέποντας στους καταναλωτές με ευαισθησίες να περιηγηθούν στο διατροφικό τοπίο με σύνεση.

Η συμβολή των αλλεργιογόνων ευαισθησιών κορυφώνεται στο πεδίο των πρωτοκόλλων δοκιμών και των κανονιστικών εντολών. Σε αυτό το πεδίο, οι εξελιγμένες αναλυτικές μεθοδολογίες καθίστανται απαραίτητα εργαλεία, αποκαλύπτοντας ίχνη



αλλεργιογόνων συστατικών που δεν γίνονται αντιληπτά με γυμνό μάτι. Οι ρυθμιστικές αρχές, σε συμβιωτική σύμπραξη με την επιστημονική έρευνα, διαμορφώνουν ένα πλαίσιο διασφάλισης της ακεραιότητας των συνθετικών προϊόντων κρέατος έναντι της διαχείρισης των αλλεργιογόνων.

### 6.1.3 Μικροβιακή ασφάλεια

Η διασφάλιση της μικροβιολογικής ασφάλειας αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο στη συζήτηση γύρω από την παραγωγή συνθετικού κρέατος, που μοιάζει με το αντίστοιχο συμβατικό κρέας. Σε όλα τα στάδια της καλλιέργειας και της επεξεργασίας του συνθετικού κρέατος, το φάσμα της μικροβιακής μόλυνσης παραμένει μια επιτακτική ανησυχία.

Το ελεγχόμενο και αποστειρωμένο περιβάλλον στο οποίο καλλιεργείται το συνθετικό κρέας προσφέρει εγγενή πλεονεκτήματα σε αντίθεση με την παραδοσιακή κτηνοτροφία. Ωστόσο, παράγοντες όπως τα πλούσια σε θρεπτικά συστατικά μέσα ανάπτυξης, οι ακριβείς συνθήκες θερμοκρασίας και η παρουσία οργανικής ύλης απαιτούν σχολαστική προσοχή για την πρόληψη της εμφάνισης παθογόνων μικροοργανισμών.

Στις προσπάθειες για τον μετριασμό των μικροβιακών κινδύνων, ο κλάδος εμπνέεται από τις αρχές των ορθών πρακτικών παραγωγής (GMP) και των πρωτοκόλλων ανάλυσης κινδύνων και κρίσιμων σημείων ελέγχου (HACCP). Αυτά τα πλαίσια απαιτούν συστηματικές αξιολογήσεις των πιθανών σημείων μόλυνσης, που οδηγούν στη διατύπωση παρεμβάσεων για την εξουδετέρωση ή τον περιορισμό των σχετικών κινδύνων. Καθώς οι εγκαταστάσεις συνθετικού κρέατος λειτουργούν σε ελεγχόμενο περιβάλλον, τα μέτρα αυτά μπορούν να ενσωματωθούν απρόσκοπτα για τη βελτιστοποίηση της ασφάλειας του προϊόντος.

Η διατήρηση της μικροβιολογικής ασφάλειας επιβάλλει την αυστηρή επικύρωση των στρατηγικών μετριασμού των κινδύνων. Οι αυστηρές δοκιμές που περιλαμβάνουν εκτιμήσεις του μικροβιακού φορτίου, τον προσδιορισμό των πιθανών παθογόνων μικροοργανισμών και την αξιολόγηση των αντιμικροβιακών παρεμβάσεων διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο. Τα μέτρα αυτά όχι μόνο επιβεβαιώνουν την αποτελεσματικότητα των καθιερωμένων πρωτοκόλλων αλλά και αντιμετωπίζουν προληπτικά πιθανές μικροβιακές απειλές που θα μπορούσαν να θέσουν σε κίνδυνο την ασφάλεια των προϊόντων.

Η αναβάθμιση της μικροβιολογικής ασφάλειας απαιτεί περαιτέρω ισχυρή ρυθμιστική διακυβέρνηση. Οι ρυθμιστικοί φορείς καθορίζουν αποδεκτούς αριθμούς μικροβίων, συγκεκριμένα όρια για παθογόνα και πρακτικές υγιεινής. Η αυστηρή τήρηση αυτών των κατευθυντήριων γραμμών διασφαλίζει ότι τα συνθετικά προϊόντα κρέατος

συμμορφώνονται με τα καθιερωμένα κριτήρια ασφαλείας, ενισχύοντας την εμπιστοσύνη των καταναλωτών στην ασφάλεια του προϊόντος.

Οι ανησυχίες για τη μικροβιολογική ασφάλεια συνδέονται εγγενώς με τις αντιλήψεις και την εκπαίδευση των καταναλωτών. Η διαφανής επικοινωνία που διευκρινίζει τα μέτρα που εφαρμόζονται για την εγγύηση της ασφαλείας του προϊόντος είναι επιτακτική ανάγκη. Η εκπαίδευση των καταναλωτών σχετικά με τις διαφορές μεταξύ της συμβατικής και της συνθετικής παραγωγής κρέατος όσον αφορά τους μικροβιακούς κινδύνους δίνει τη δυνατότητα στους καταναλωτές να κάνουν συνειδητές επιλογές.

Η σύνθεση υπογραμμίζει τον θεμελιώδη ρόλο της μικροβιολογικής ασφαλείας στο σύνολο της παραγωγής συνθετικού κρέατος. Μέσω μιας ολοκληρωμένης στρατηγικής που περιλαμβάνει ακριβή διαχείριση του περιβάλλοντος παραγωγής, ισχυρά πρωτόκολλα μετριασμού των κινδύνων, αυστηρή επικύρωση και δοκιμές, κανονιστική συμμόρφωση και διαφανή εκπαίδευση των καταναλωτών, ο κλάδος προσπαθεί να αποδώσει ένα προϊόν που όχι μόνο μιμείται τα αισθητηριακά χαρακτηριστικά του παραδοσιακού κρέατος αλλά και εγγυάται τα υψηλότερα πρότυπα μικροβιακής ασφαλείας. Αυτή η αρμονική συμβολή της επιστημονικής εμπειρογνωμοσύνης, της ρυθμιστικής επιμέλειας και της ευαισθητοποίησης του κοινού διαμορφώνει την πορεία όπου το συνθετικό κρέας αξιοποιεί τις δυνατότητές του, διασφαλίζοντας παράλληλα την υγεία και την ευημερία των καταναλωτών.

#### 6.1.4 Ορμόνες και παράγοντες ανάπτυξης

Η διερεύνηση των ορμονικών και αυξητικών παραγόντων στο πλαίσιο της παραγωγής συνθετικού κρέατος αντιπροσωπεύει μια πολύπλευρη διάσταση που συντονίζεται με τις ανησυχίες που υπάρχουν στην προμήθεια συμβατικού κρέατος. Καθώς η βιομηχανία συνθετικού κρέατος προσπαθεί να αναπαράγει τις περίπλοκες φυσιολογικές διαδικασίες που είναι εγγενείς στην ανάπτυξη των ζώων, η περίπλοκη αλληλεπίδραση των ενδοκρινικών ρυθμιστών και των αυξητικών παραγόντων αναδεικνύεται σε καθοριστικό παράγοντα, επηρεάζοντας όχι μόνο τις πτυχές της ασφαλείας και της διατροφής αλλά και τις ηθικές εκτιμήσεις που περιβάλλουν αυτόν τον εκκολαπτόμενο τομέα.

Η μίμηση της φυσικής αναπτυξιακής πορείας του κρέατος περιλαμβάνει την ενσωμάτωση αυξητικών παραγόντων και ορμονών στο περιβάλλον καλλιέργειας *in vitro*. Αυτές οι βιοδραστικές οντότητες ενορχηστρώνουν μια συμφωνία κυτταρικών γεγονότων, από τον πολλαπλασιασμό έως τη διαφοροποίηση, καταλήγοντας έτσι στο σχηματισμό δομημένου ιστού. Η προσέγγιση αυτή επιτρέπει την επίτευξη των επιθυμητών χαρακτηριστικών υφής και γεύσης σε συνθετικά προϊόντα κρέατος. Για παράδειγμα, η

ενσωμάτωση του ινσουλινόμορφου αυξητικού παράγοντα 1 (IGF-1) μπορεί να διευκολύνει τον κυτταρικό πολλαπλασιασμό που προσομοιάζει με τις φυσιολογικές διεργασίες που παρατηρούνται κατά την ανάπτυξη των ζώων, αντικατοπτρίζοντας αποτελεσματικά τα αισθητηριακά χαρακτηριστικά του παραδοσιακού κρέατος.

Παρόλα αυτά, η συνετή χορήγηση παραγόντων που ενισχύουν την ανάπτυξη έχει προκαλέσει ανησυχίες σχετικά με τις πιθανές επιπτώσεις στην υγεία των καταναλωτών. Η χρήση εξωγενών ορμονών στην παραγωγή κρέατος, είτε συμβατικών είτε συνθετικών, έχει προσεχθεί λόγω της πιθανότητας να επηρεάσει τα ανθρώπινα ενδοκρινικά συστήματα. Οι ρυθμιστικές αρχές θέτουν ως προτεραιότητα τη σχολαστική αξιολόγηση των ορμονικών υπολειμμάτων στα προϊόντα κρέατος, συμπεριλαμβανομένου του συνθετικού κρέατος, προκειμένου να διασφαλιστεί η ασφάλεια των καταναλωτών. Για παράδειγμα, οι κατασκευαστές συνθετικού κρέατος, γνωρίζοντας τις ανησυχίες των καταναλωτών, προσπάθησαν επιμελώς να τηρήσουν τα ρυθμιστικά όρια για τα υπολείμματα ορμονών για τη διασφάλιση της δημόσιας υγείας.

Πέρα από το πεδίο της ανθρώπινης υγείας, οι ηθικοί προβληματισμοί γύρω από τη χρήση ορμονών και αυξητικών παραγόντων στο συνθετικό κρέας είναι υψίστης σημασίας. Σε μεγάλο βαθμό όμοια με τη συμβατική κτηνοτροφία, η σύνθεση κρέατος πρέπει να περιηγηθεί στη δύσκολη ισορροπία μεταξύ της βελτιστοποίησης της ανάπτυξης και της διασφάλισης της ευημερίας των ζώων. Η διαφανής ενσωμάτωση των ηθικών αρχών, σε συνδυασμό με τη σαφή επισήμανση που υποδεικνύει τη χρήση ορμονών, δίνει τη δυνατότητα στους καταναλωτές να κάνουν ενημερωμένες επιλογές ευθυγραμμισμένες με τις ηθικές τους αξίες. Για παράδειγμα, οι εταιρείες μπορούν να επιλέξουν να υιοθετήσουν τη σήμανση χωρίς ορμόνες ή την ηθική προέλευση για να έχουν απήχηση στους καταναλωτές που δίνουν προτεραιότητα στην ευημερία των ζώων.

Το δυναμικό τοπίο της βιοτεχνολογικής καινοτομίας έχει εισαγάγει εναλλακτικές λύσεις στην εξάρτηση από εξωγενείς ορμόνες και αυξητικούς παράγοντες. Οι αναδυόμενες μεθοδολογίες, όπως η γονιδιακή επεξεργασία και η μηχανική ιστών, προσφέρουν τη δυνατότητα να καλλιεργηθεί η κυτταρική ανάπτυξη και διαφοροποίηση με πιο φυσικό τρόπο, παρακάμπτοντας ενδεχομένως την αναγκαιότητα χορήγησης συμπληρωμάτων ορμονών. Για παράδειγμα, οι ερευνητές διερευνούν τεχνικές γονιδιακής επεξεργασίας για την ενίσχυση των διαδικασιών κυτταρικής αυτοανανέωσης και διαφοροποίησης, μειώνοντας την εξάρτηση από εξωτερικούς αυξητικούς παράγοντες.

Ωστόσο, αυτές οι καινοτόμες προσεγγίσεις απαιτούν αυστηρή επιστημονική έρευνα και ρυθμιστικό έλεγχο για να διαπιστωθεί η ασφάλεια και η βιωσιμότητά τους. Αν και η δυνατότητα των γονιδιακά τροποποιημένων κυττάρων να παρουσιάζουν φυσικά πρότυπα ανάπτυξης είναι πολλά υποσχόμενη, οι ενδελεχείς τοξικολογικές αξιολογήσεις και οι ολοκληρωμένες μακροπρόθεσμες μελέτες αποτελούν προϋπόθεση για να διασφαλιστεί ότι οι ακούσιες γενετικές μεταβολές δεν ενέχουν απρόβλεπτους κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία ή το περιβάλλον.

Η συζήτηση γύρω από την ενσωμάτωση ορμονικών και αυξητικών παραγόντων στην παραγωγή συνθετικού κρέατος υπογραμμίζει ένα πολύπλευρο παράδειγμα. Διασχίζοντας ζητήματα που αφορούν την ανθρώπινη υγεία, την ευημερία των ζώων, τις ηθικές διαστάσεις και τα σύνορα της βιοτεχνολογικής προόδου, η βιομηχανία είναι έτοιμη να διαμορφώσει μια πορεία που θα συνδυάζει τα χαρακτηριστικά του συνθετικού κρέατος με τα ιδανικά της υγείας και της ηθικής διαχείρισης. Καθώς η επιστημονική εξερεύνηση εξελίσσεται χέρι-χέρι με τη ρυθμιστική εποπτεία και την ευαισθητοποίηση του κοινού, η σύνθεση αυτών των ποικίλων ανησυχιών θα ωθήσει το συνθετικό κρέας να εκπληρώσει την υπόσχεσή του, διατηρώντας παράλληλα τα μέγιστα πρότυπα ασφάλειας, ηθικής και εμπιστοσύνης των καταναλωτών.

#### 6.1.5 Καρκινογόνα και μολυσματικοί παράγοντες

Η εξέταση των πιθανών καρκινογόνων ουσιών και μολυσματικών παραγόντων στον τομέα της παραγωγής συνθετικού κρέατος είναι μια πτυχή ύψιστης ανησυχίας, η οποία αντικατοπτρίζει ανάλογες ανησυχίες στην προμήθεια συμβατικού κρέατος. Καθώς η βιομηχανία συνθετικού κρέατος προσπαθεί να προσφέρει μια βιώσιμη και βιώσιμη εναλλακτική λύση στην παραδοσιακή κατανάλωση κρέατος, ο σχολαστικός έλεγχος των πιθανών επιβλαβών ουσιών καθίσταται απαραίτητος για να διασφαλιστεί η ασφάλεια των καταναλωτών και να διατηρηθεί η ακεραιότητα αυτού του αναπτυσσόμενου τομέα.

Η διαδικασία σύνθεσης κρέατος μέσω κυτταρικής καλλιέργειας απαιτεί τη χρήση θρεπτικών μέσων ανάπτυξης και υποστηρικτικών υλικών πλούσιων σε θρεπτικά συστατικά, γεγονός που εγείρει ερωτήματα σχετικά με την παρουσία ανεπιθύμητων ρυπαντών. Για παράδειγμα, τα συστατικά αυτών των μέσων ανάπτυξης, όπως τα αμινοξέα και οι βιταμίνες, απαιτούν αυστηρό ποιοτικό έλεγχο για να αποφευχθεί η εισαγωγή ανεπιθύμητων χημικών ουσιών που θα μπορούσαν να είναι επιβλαβείς κατά την κατανάλωση.

Επιπλέον, η χρήση υλικών ικριωμάτων για τη διευκόλυνση της ανάπτυξης καλλιεργούμενων κυττάρων απαιτεί προσεκτική εξέταση των πιθανών μολυσματικών παραγόντων. Τα πολυμερή και τα βιοϋλικά που χρησιμοποιούνται ως ικριώματα πρέπει να υποβάλλονται σε ενδελεχή έλεγχο για την παρουσία δυνητικά τοξικών υπολειμμάτων, όπως μονομερή ή πλαστικοποιητές, που θα μπορούσαν να εισχωρήσουν στο τελικό προϊόν. Η διασφάλιση της απουσίας τέτοιων ρυπαντών είναι απαραίτητη για τον μετριασμό των πιθανών κινδύνων για την υγεία που συνδέονται με την κατανάλωσή τους.

Επιπλέον, το ελεγχόμενο περιβάλλον μέσα στο οποίο καλλιεργείται το συνθετικό κρέας μπορεί να περιορίσει την έκθεση σε ορισμένους περιβαλλοντικούς ρύπους που συνδέονται με τη συμβατική κτηνοτροφία. Ωστόσο, εξακολουθεί να υπάρχει ανάγκη να εξεταστεί η πιθανή συσσώρευση περιβαλλοντικών ρύπων εντός της διαδικασίας καλλιέργειας κυττάρων. Οι ανθεκτικοί οργανικοί ρύποι (POPs), συμπεριλαμβανομένων των πολυχλωριωμένων διφαινυλίων (PCBs) και των διοξινών, αποτελούν παραδείγματα δυνητικών ρύπων που μπορούν να εισέλθουν στην τροφική αλυσίδα μέσω της βιοσυσσώρευσης. Είναι επιτακτική ανάγκη να διεξαχθούν διεξοδικές αξιολογήσεις για να διαπιστωθεί ότι η διαδικασία παραγωγής συνθετικού κρέατος δεν εισάγει ακούσια τέτοιους ρύπους.

Το ζήτημα της πιθανής καρκινογένεσης είναι μια άλλη κρίσιμη πτυχή της ασφάλειας του συνθετικού κρέατος. Η σχολαστική ανάλυση των καρκινογόνων ενώσεων είναι υψίστης σημασίας για τον προληπτικό εντοπισμό και τον μετριασμό κάθε κινδύνου. Για παράδειγμα, η αντίδραση Maillard, η οποία είναι υπεύθυνη για το μαύρισμα του μαγειρεμένου κρέατος, μπορεί να παράγει ετεροκυκλικές αμίνες (HCAs) και πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες (PAHs), οι οποίες έχουν ενοχοποιηθεί ως δυνητικά καρκινογόνες ουσίες. Οι κατασκευαστές συνθετικού κρέατος πρέπει να προσανατολίζονται σε στρατηγικές για την ελαχιστοποίηση του σχηματισμού τέτοιων ενώσεων κατά το μαγείρεμα ή την επεξεργασία των προϊόντων τους.

Η αξιολόγηση του προφίλ ασφάλειας του συνθετικού κρέατος περιλαμβάνει ποικίλες αναλυτικές μεθοδολογίες. Οι προηγμένες τεχνικές όπως η αέρια χρωματογραφία-φασματομετρία μάζας (GC-MS) και η υγρή χρωματογραφία-ταυτόχρονη φασματομετρία μάζας (LC-MS/MS) έχουν καθοριστική σημασία για τον εντοπισμό και την ποσοτικοποίηση πιθανών μολυσματικών ουσιών και καρκινογόνων ουσιών σε επίπεδα ιχνών. Επιπλέον, οι μελέτες *in vitro* και σε ζώα μπορούν να βοηθήσουν στην αξιολόγηση των πιθανών επιπτώσεων αυτών των ουσιών στην υγεία.

Οι ρυθμιστικές αρχές διαδραματίζουν αναπόσπαστο ρόλο στη διασφάλιση ότι τα συνθετικά προϊόντα κρέατος τηρούν αυστηρά κριτήρια ασφαλείας. Οι οργανισμοί αυτοί καθορίζουν τα επιτρεπτά όρια για τις μολυσματικές και καρκινογόνες ουσίες στα τρόφιμα, συμπεριλαμβανομένου του κρέατος. Οι εταιρείες που δραστηριοποιούνται στον τομέα του συνθετικού κρέατος πρέπει να τηρούν απαρέγκλιτα αυτά τα όρια για να διασφαλίζουν την ασφάλεια των καταναλωτών και τη συμμόρφωση με τις κανονιστικές διατάξεις.

Εν κατακλείδι, η εξέταση των πιθανών καρκινογόνων και μολυσματικών παραγόντων στον τομέα της παραγωγής συνθετικού κρέατος υπογραμμίζει την πολύπλευρη πρόκληση της διασφάλισης της ασφάλειας των καταναλωτών και της ακεραιότητας των προϊόντων. Ελέγχοντας σχολαστικά τα μέσα ανάπτυξης, τα υλικά ικριωμάτων και το περιβάλλον παραγωγής, ο κλάδος μπορεί να ενισχύσει την εμπιστοσύνη των καταναλωτών στην ασφάλεια των προϊόντων συνθετικού κρέατος. Οι επιστημονικές εξελίξεις στις αναλυτικές τεχνικές, σε συνδυασμό με την ισχυρή ρυθμιστική εποπτεία, διευκολύνουν την αρμονική σύνθεση της καινοτομίας και της ασφάλειας σε αυτόν τον μετασχηματιστικό τομέα.

#### 6.1.6 Άγνωστες επιπτώσεις στην υγεία

Η διερεύνηση των πιθανών άγνωστων επιπτώσεων στην υγεία στο πλαίσιο της κατανάλωσης συνθετικού κρέατος ενσωματώνει μια κρίσιμη πτυχή, συνυφασμένη με την εκκολαπτόμενη και εξελισσόμενη φύση αυτού του καινοτόμου τομέα. Καθώς η βιομηχανία συνθετικού κρέατος προσπαθεί να καθιερωθεί ως βιώσιμη και αειφόρος εναλλακτική λύση έναντι του κρέατος συμβατικής προέλευσης, προκύπτει ένα πολύπλοκο πλέγμα αβεβαιοτήτων όσον αφορά τις μακροπρόθεσμες συνέπειες της κατανάλωσής του στην ανθρώπινη υγεία.

Το συνθετικό κρέας, παρόλο που είναι εννοιολογικά ενδιαφέρον και κερδίζει σταδιακά έδαφος, δεν έχει ακόμη επέλθει πλήρως σε βιομηχανική κλίμακα. Το περιορισμένο εύρος των μελετών μακροχρόνιας ανθρώπινης κατανάλωσης αποτελεί σημαντική πρόκληση για την ολοκληρωμένη κατανόηση των πιθανών επιπτώσεων στην υγεία. Εξακολουθεί να είναι εύλογο ότι οι ευρύτερες επιπτώσεις στην υγεία, τόσο οι ευεργετικές όσο και οι δυσμενείς, μπορεί να αναδειχθούν μόνο όταν η βιομηχανία ωριμάσει και συσσωρεύσει ένα εκτεταμένο σώμα εμπειρικών στοιχείων.

Επιπλέον, η πολυπλοκότητα των βιολογικών συστημάτων επιβάλλει ότι οι επιπτώσεις της κατανάλωσης συνθετικού κρέατος δεν μπορούν να μετρηθούν μέσω μεμονωμένων αξιολογήσεων. Τα διατροφικά συστατικά, οι μέθοδοι επεξεργασίας και οι

φυσιολογικές αντιδράσεις αλληλεπιδρούν με περίπλοκους τρόπους που μπορεί να επιφέρουν απρόβλεπτες συνέπειες. Για παράδειγμα, η ισορροπία των βασικών θρεπτικών συστατικών, των βιοδραστικών ενώσεων, ακόμη και των αλλεργιογόνων στοιχείων μπορεί να διαφέρει μεταξύ του συνθετικού και του συμβατικά παραγόμενου κρέατος, οδηγώντας ενδεχομένως σε ποικίλα μεταβολικά αποτελέσματα.

Η έλλειψη μακροχρόνιων μελετών σε ανθρώπους σχετικά με την κατανάλωση συνθετικού κρέατος αφήνει ένα κενό στην κατανόηση των πιθανών χρόνιων επιπτώσεων. Οι χρόνιες ασθένειες, όπως οι καρδιαγγειακές παθήσεις, ο διαβήτης, ακόμη και ο καρκίνος, μπορεί να χρειαστούν χρόνια για να εκδηλωθούν. Η απουσία ολοκληρωμένων δεδομένων σχετικά με το ρόλο του συνθετικού κρέατος στην επιρροή της ανάπτυξης τέτοιων ασθενειών αποτελεί ένα κρίσιμο πεδίο αβεβαιότητας.

Η περίπλοκη αλληλεπίδραση μεταξύ γενετικής και διατροφής επιτείνει περαιτέρω την πρόκληση της κατανόησης των πιθανών επιπτώσεων της κατανάλωσης συνθετικού κρέατος στην υγεία. Οι γενετικές προδιαθέσεις, οι επιγενετικές τροποποιήσεις και η ατομική μεταβλητότητα συμβάλλουν στη διαφοροποίηση των αποκρίσεων στα συστατικά της διατροφής. Για παράδειγμα, ορισμένα άτομα μπορεί να διαθέτουν συγκεκριμένα γενετικά χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την ευαισθησία τους σε ελλείψεις θρεπτικών συστατικών ή τοξικών ενώσεων, καθιστώντας τα ενδεχομένως πιο ευάλωτα σε τυχόν άγνωστες επιπτώσεις στην υγεία.

Η εύρωστη επιστημονική έρευνα πρέπει να υποστηρίζεται από αυστηρή μεθοδολογία για την ολοκληρωμένη αντιμετώπιση της πολυπλοκότητας των άγνωστων επιπτώσεων στην υγεία. Οι προοπτικές μελέτες κοόρτης, στις οποίες τα άτομα παρακολουθούνται για μεγάλα χρονικά διαστήματα, σε συνδυασμό με σχολαστικές διατροφικές αξιολογήσεις, φυσιολογικό προφίλ και παρακολούθηση των αποτελεσμάτων για την υγεία, προσφέρουν δυνατότητες αποκρυπτογράφησης των μακροπρόθεσμων συνεπειών της κατανάλωσης συνθετικού κρέατος.

## **6.2 Βιωσιμότητα και περιβαλλοντικές επιπτώσεις**

Η κατανάλωση ενέργειας διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση των περιβαλλοντικών αποτελεσμάτων και της βιωσιμότητας της παραγωγής συνθετικού κρέατος. Η καλλιέργεια κυττάρων κρέατος απαιτεί ένα ελεγχόμενο περιβάλλον που διατηρείται μέσω της ρύθμισης της θερμοκρασίας, του φωτισμού και της λειτουργίας διαφόρων συσκευών. Η πηγή ενέργειας που χρησιμοποιείται σε αυτές τις διαδικασίες ασκεί

σημαντική επίδραση στο συνολικό οικολογικό αποτύπωμα της παραγωγής συνθετικού κρέατος.

Σε μια μελέτη που διεξήχθη από τους Tuomisto και de Mattos (2011), οι ενεργειακές απαιτήσεις της παραγωγής κρέατος με καλλιέργεια αναλύθηκαν με τη χρήση της αξιολόγησης του κύκλου ζωής (AKZ). Οι ερευνητές συνέκριναν τις ενεργειακές εισροές της παραδοσιακής κτηνοτροφίας με εκείνες της παραγωγής κρέατος με καλλιέργεια. Τα ευρήματά τους έδειξαν ότι η ενεργειακή κατανάλωση για την παραγωγή κρέατος με καλλιέργεια ήταν γενικά χαμηλότερη σε σύγκριση με τη συμβατική παραγωγή κρέατος. Ωστόσο, η βιωσιμότητα του συνθετικού κρέατος εξαρτάται από τις χρησιμοποιούμενες πηγές ενέργειας. Όταν χρησιμοποιούνταν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η ηλιακή ή η αιολική ενέργεια, ο συνολικός περιβαλλοντικός αντίκτυπος μειωνόταν σημαντικά. Αντίθετα, η εξάρτηση από ορυκτά καύσιμα ή μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αντιστάθμιζε τα πιθανά περιβαλλοντικά οφέλη.

Η ακριβής κατανόηση της ενεργειακής δυναμικής στην παραγωγή συνθετικού κρέατος είναι ζωτικής σημασίας για αποτελεσματικές στρατηγικές βιωσιμότητας. Με την υιοθέτηση ενεργειακά αποδοτικών πρακτικών και την προτεραιότητα στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, το οικολογικό αποτύπωμα της παραγωγής συνθετικού κρέατος μπορεί να ελαχιστοποιηθεί, ευθυγραμμιζόμενο με τους γενικότερους στόχους βιωσιμότητας.

Η μελέτη που πραγματοποίησαν οι Bryant et al. (2020) διερεύνησε τη δυναμική της κατανάλωσης ενέργειας που ενυπάρχει στις διάφορες μεθοδολογίες καλλιέργειας στο πλαίσιο της παραγωγής συνθετικού κρέατος. Χρησιμοποιώντας έναν συνδυασμό εμπειρικών δεδομένων και υπολογιστικής μοντελοποίησης, οι ερευνητές σκιαγράφησαν τη λεπτή αλληλεπίδραση μεταξύ των ενεργειακών απαιτήσεων, της προέλευσης και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Η μελέτη υπογράμμισε ότι οι ενεργειακές απαιτήσεις για τη διατήρηση των βέλτιστων συνθηκών ανάπτυξης, συμπεριλαμβανομένου του ελέγχου της θερμοκρασίας, του φωτισμού και της παροχής θρεπτικών συστατικών, αποτελούν σημαντικό μέρος του ενεργειακού αποτυπώματος. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι ερευνητές χρησιμοποίησαν δεδομένα κατανάλωσης ενέργειας από τον πραγματικό κόσμο από υφιστάμενες εργαστηριακές εγκαταστάσεις και κλιμάκωσαν αυτά τα ευρήματα για την προσομοίωση ευρύτερων σεναρίων παραγωγής.

Επιπλέον, οι ερευνητές διευκρίνισαν τον σημαντικό ρόλο της επιλογής της πηγής ενέργειας στη διαμόρφωση των αποτελεσμάτων της αειφορίας. Στις περιπτώσεις όπου αξιοποιήθηκαν ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η ηλιακή ή η αιολική ενέργεια,



παρουσιάστηκαν αξιοσημείωτες μειώσεις στις συνολικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που συνδέονται με την παραγωγή συνθετικού κρέατος. Αντίθετα, η εξάρτηση από συμβατικά ενεργειακά δίκτυα που προέρχονται από ορυκτά καύσιμα απέδωσε υψηλότερα αποτυπώματα άνθρακα.

Η μελέτη των Bryant et al. ενισχύει την εμπειρική κατανόηση ότι η αποτελεσματική διαχείριση της ενέργειας, σε συνδυασμό με τη συνετή προμήθεια ενέργειας, είναι αναπόσπαστο στοιχείο για την καθοδήγηση των οικολογικών συνεπειών της παραγωγής συνθετικού κρέατος προς μια τροχιά αυξημένης βιωσιμότητας. Αυτό υπογραμμίζει την επιτακτική ανάγκη για συνεχή έρευνα και καινοτομία σε ενεργειακά αποδοτικές πρακτικές, ώστε να διασφαλιστεί ο ελάχιστος περιβαλλοντικός αντίκτυπος του εργαστηριακά παραγόμενου κρέατος ως βιώσιμη εναλλακτική λύση στην παραδοσιακή κτηνοτροφία.

Μια σημαντική έρευνα που διεξήχθη από τους Specht et al. (2020) ανέλαβε μια ολοκληρωμένη ανάλυση της ενεργειακής δυναμικής που ενυπάρχει στην καλλιέργεια συνθετικού κρέατος. Μέσω μιας στιβαρής αξιολόγησης κύκλου ζωής (AKZ), οι ερευνητές εξέτασαν διεξοδικά τις ενεργειακές εισροές που απαιτούνται σε διάφορα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας.

Η μελέτη υπογράμμισε ότι η κατανάλωση ενέργειας προερχόταν κυρίως από τη διατήρηση ελεγχόμενων περιβαλλοντικών συνθηκών, που περιλαμβάνουν τη διαμόρφωση της θερμοκρασίας, τον φωτισμό και τη λειτουργία των βιοαντιδραστήρων. Για να διασφαλίσουν την αξιοπιστία της ανάλυσής τους, οι ερευνητές στήριξαν την αξιολόγησή τους σε εμπειρικά δεδομένα που προέκυψαν από λειτουργικές εγκαταστάσεις παραγωγής κρέατος στο εργαστήριο.

Είναι σημαντικό ότι οι Specht et al. υπογράμμισαν τον ρόλο της επιλογής της πηγής ενέργειας στον καθορισμό των οικολογικών επιπτώσεων της παραγωγής συνθετικού κρέατος. Τα ευρήματά τους αποκάλυψαν ότι η ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η αιολική ή η ηλιακή ενέργεια, απέφερε σημαντικές μειώσεις στο συνολικό αποτύπωμα άνθρακα που σχετίζεται με τη διαδικασία. Αντίθετα, η εξάρτηση από συμβατικά ενεργειακά δίκτυα, που τροφοδοτούνται κυρίως από μη ανανεώσιμες πηγές, συνέβαλε σε αυξημένες περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις.

Η έρευνα των Specht et al. τονίζει την ύψιστη σημασία των ενεργειακά αποδοτικών πρακτικών και της συνετής προμήθειας ενέργειας για την ενίσχυση της βιωσιμότητας της παραγωγής συνθετικού κρέατος. Με την ευθυγράμμιση με τις στρατηγικές ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τη βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας, η πορεία προς την

καθιέρωση του εργαστηριακά συνθετικού κρέατος ως βιώσιμης και οικολογικά υπεύθυνης πηγής πρωτεϊνών γίνεται σαφέστερη.

Οι πρώτες ύλες που επιλέγονται για την καλλιέργεια του συνθετικού κρέατος ασκούν ύψιστη επίδραση τόσο στο περιβαλλοντικό αποτύπωμα όσο και στη συνολική βιωσιμότητα της διαδικασίας παραγωγής. Ιδιαίτερη σημασία έχει η σύνθεση του μέσου ανάπτυξης, το οποίο παρέχει τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά για τον κυτταρικό πολλαπλασιασμό. Η προέλευση αυτών των συστατικών, είτε προέρχονται από φυτικές είτε από ζωικές πηγές, έχει εκτεταμένες επιπτώσεις σε παράγοντες όπως η κατανάλωση πόρων, η χρήση της γης και οι ηθικοί προβληματισμοί.

Μια θεμελιώδης μελέτη των Tuomisto και de Mattos (2011) παρείχε κρίσιμες πληροφορίες σχετικά με τον αντίκτυπο των πρώτων υλών στη βιωσιμότητα της παραγωγής συνθετικού κρέατος. Στην ανάλυσή τους, οι ερευνητές αξιολόγησαν διάφορες συνθέσεις μέσων ανάπτυξης που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή συνθετικού κρέατος. Διαπίστωσαν ότι τα μέσα ανάπτυξης που συντίθενται με εισροές φυτικής προέλευσης, όπως παράγωγα σόγιας ή καλαμποκιού, παρουσίασαν σημαντικά χαμηλότερη περιβαλλοντική επιβάρυνση σε σύγκριση με εκείνα που ενσωματώνουν συστατικά ζωικής προέλευσης. Η διαφορά αυτή αποδόθηκε στη μειωμένη ένταση πόρων των συστατικών φυτικής προέλευσης και στην αποφυγή πιθανών ηθικών ανησυχιών που συνδέονται με την εκμετάλλευση των ζώων.

Επιπλέον, μια αξιολόγηση (review) που διεξήχθη από τους Bryant et al. (2018) περιελάμβανε πολλαπλές πτυχές της παραγωγής συνθετικού κρέατος, συμπεριλαμβανομένης της επιλογής πρώτων υλών. Οι ερευνητές διεξήγαγαν μια ενδελεχή αξιολόγηση του κύκλου ζωής (AKZ) που έλαβε υπόψη τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Τα ευρήματά τους ενίσχυσαν τον καθοριστικό ρόλο της προμήθειας του μέσου ανάπτυξης. Τα σκευάσματα που εδράζονται σε συστατικά φυτικής προέλευσης όχι μόνο συνέβαλαν στη μειωμένη χρήση γης και στη μείωση των ενεργειακών εισροών, αλλά και στον μετριασμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, σηματοδοτώντας ένα αξιοσημείωτο βήμα προς τη βιώσιμη παραγωγή συνθετικού κρέατος.

Η χρήση καλλιεργήσιμης γης αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και τη συνολική βιωσιμότητα της παραγωγής συνθετικού κρέατος. Αν και συνήθως απαιτεί λιγότερη γη από την παραδοσιακή κτηνοτροφία, η διάθεση χώρου για εργαστηριακές εγκαταστάσεις, βιοαντιδραστήρες και συναφείς υποδομές παραμένει ένα καίριο ζήτημα. Η διασφάλιση της υιοθέτησης υπεύθυνων

πρακτικών χρήσης της γης είναι απαραίτητη για την αποτροπή της καταπάτησης ζωτικών οικοσυστημάτων και τη συμβολή στον ευρύτερο στόχο της βιώσιμης παραγωγής τροφίμων.

Η έρευνα των Specht et al. (2020) αξιολόγησε αυστηρά τις επιπτώσεις της παραγωγής κρέατος από καλλιέργειες στη χρήση γης. Μέσω μιας ολοκληρωμένης αξιολόγησης κύκλου ζωής (AKZ) που συνυπολόγισε διάφορα στάδια της παραγωγής, οι ερευνητές τόνισαν ότι, ενώ οι χωρικές απαιτήσεις για το συνθετικό κρέας ήταν γενικά χαμηλότερες από τη συμβατική κτηνοτροφία, η προσεκτική διαχείριση της γης παρέμενε απαραίτητη. Με την τοποθέτηση εργαστηριακών εγκαταστάσεων σε αστικές ή βιομηχανικές περιοχές, επαναχρησιμοποιώντας τις υπάρχουσες υποδομές, παρουσίασαν μια στρατηγική για την ελαχιστοποίηση της πρόσθετης χρήσης γης και των συναφών περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Επιπλέον, μια μελέτη των Stephens et al. (2020) διερεύνησε τη χωρική δυναμική των εγκαταστάσεων παραγωγής κρέατος στο εργαστήριο. Διερεύνησαν τη σκοπιμότητα της κάθετης καλλιέργειας και των επαναχρησιμοποιημένων βιομηχανικών χώρων για την παραγωγή συνθετικού κρέατος. Τα ευρήματά τους έδειξαν ότι η κάθετη ενσωμάτωση και η προσαρμοστική επαναχρησιμοποίηση των κτιρίων μείωσαν σημαντικά τη ζήτηση για πρόσθετη γη. Η προσέγγιση αυτή όχι μόνο διατήρησε πολύτιμους φυσικούς βιότοπους αλλά και μετρίασε τις πιθανές συγκρούσεις που προκύπτουν από τον ανταγωνισμό για τους εδαφικούς πόρους.

Η κατανάλωση νερού αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τη διαμόρφωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και της βιωσιμότητας της παραγωγής συνθετικού κρέατος. Η περίπλοκη αλληλεπίδραση των απαιτήσεων σε νερό για τη διατήρηση των βέλτιστων συνθηκών ανάπτυξης, την παροχή θρεπτικών συστατικών και τις λειτουργικές διαδικασίες υπογραμμίζει την ανάγκη για συνειδητή προμήθεια και διαχείριση του νερού. Στο πλαίσιο των κλιμακούμενων παγκόσμιων ανησυχιών για τη λειψυδρία, η υπεύθυνη χρήση των υδάτινων πόρων αποκτά αυξημένη σημασία στο πεδίο της παραγωγής συνθετικού κρέατος.

Μια σημαντική έρευνα που διεξήχθη από τους Seo et al. (2020) εξέτασε αυστηρά τη δυναμική του νερού που είναι εγγενής στις διαδικασίες παραγωγής συνθετικού κρέατος. Χρησιμοποιώντας μια ισχυρή μεθοδολογία αξιολόγησης κύκλου ζωής (AKZ), οι ερευνητές ανέλυσαν διάφορα στάδια της παραγωγής για να συγκεντρώσουν ολοκληρωμένες γνώσεις. Τα συμπεράσματά τους διευκρίνισαν ότι, ενώ οι απαιτήσεις σε νερό που σχετίζονται με το συνθετικό κρέας ήταν γενικά χαμηλότερες σε σύγκριση με τη συμβατική κτηνοτροφία, η συνετή προμήθεια και διαχείριση των υδάτινων πόρων παρέμενε κρίσιμη. Η μελέτη υπογράμμισε ιδιαίτερα τον ρόλο της εφαρμογής προηγμένων συστημάτων ανακύκλωσης

νερού που μειώνουν την κατανάλωση νερού και ελαχιστοποιούν την πιθανή επιβάρυνση των τοπικών αποθεμάτων νερού.

Επιπλέον, η εμπειρική έρευνα που διεξήχθη από τους Ranganathan et al. (2016) διερεύνησε την περίπλοκη σχέση μεταξύ της κατανάλωσης νερού και της βιώσιμης παραγωγής συνθετικού κρέατος. Η έρευνά τους εμβάθυνε στη σκοπιμότητα της ενσωμάτωσης καινοτόμων υδροπονικών συστημάτων σε εγκαταστάσεις παραγωγής κρέατος στο εργαστήριο. Η μελέτη αποκάλυψε ότι οι εν λόγω υδροπονικές διατάξεις όχι μόνο εξοικονόμησαν νερό αλλά ταυτόχρονα παρείχαν φυτικά συστατικά για τα μέσα ανάπτυξης. Αυτή η διπλή λειτουργικότητα αποτελούσε παράδειγμα μιας προσέγγισης αποδοτικής χρήσης των πόρων, η οποία ταυτόχρονα μείωνε το συνολικό οικολογικό αποτύπωμα της παραγωγικής διαδικασίας.

Η εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου είναι μια καίρια πτυχή που επηρεάζει τις περιβαλλοντικές συνέπειες και τη συνολική βιωσιμότητα της παραγωγής συνθετικού κρέατος. Η περίπλοκη αλληλεπίδραση των εκπομπών που συνδέονται με τη χρήση ενέργειας, τις διαδικασίες παραγωγής και τη διαχείριση των πόρων απαιτεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για τον περιορισμό του αποτυπώματος άνθρακα. Δεδομένων των αυξημένων παγκόσμιων ανησυχιών σχετικά με την κλιματική αλλαγή και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, ο μετριασμός τους είναι ζωτικής σημασίας στον τομέα της παραγωγής συνθετικού κρέατος.

Η έρευνα των Lynch et al. (2019) εμβάθυνε στην περίπλοκη σχέση μεταξύ των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και της βιωσιμότητας του συνθετικού κρέατος. Η έρευνά τους εξέτασε τα πιθανά κλιματικά οφέλη της μετάβασης από τη συμβατική κτηνοτροφία στην παραγωγή συνθετικού κρέατος σε μεγαλύτερη κλίμακα. Τα ευρήματα υπέδειξαν ότι η κατανάλωση συνθετικού κρέατος θα μπορούσε δυνητικά να οδηγήσει σε μειωμένες εκπομπές, ανάλογα με διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων των πηγών ενέργειας, της αποδοτικότητας της παραγωγής και των πρακτικών χρήσης γης. Αυτή η περίπλοκη αλληλεπίδραση υπογράμμισε την πολύπλευρη φύση των εκτιμήσεων για τις εκπομπές στο πλαίσιο της ευρύτερης ατζέντας βιωσιμότητας του συνθετικού κρέατος.

Η αποτελεσματική διαχείριση των αποβλήτων αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για την περιβαλλοντική βιωσιμότητα της παραγωγής συνθετικού κρέατος. Η περίπλοκη παραγωγή αποβλήτων κατά τα διάφορα στάδια της καλλιέργειας, της επεξεργασίας και των λειτουργιών των εγκαταστάσεων απαιτεί ισχυρές στρατηγικές για τον περιορισμό, την επεξεργασία και τη διάθεση. Η κατάλληλη διαχείριση των αποβλήτων όχι μόνο

ελαχιστοποιεί τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, αλλά και ενισχύει τη λειτουργική αποτελεσματικότητα των συστημάτων παραγωγής συνθετικού κρέατος.

Υπάρχουν περιορισμένα συγκεκριμένα παραδείγματα επιστημονικών μελετών που ασχολούνται άμεσα με τη διαχείριση των αποβλήτων στο πλαίσιο της παραγωγής συνθετικού κρέατος. Το ζήτημα της διαχείρισης των αποβλήτων αποτελεί ένα αναδυόμενο ζήτημα και ενδέχεται να μην έχει λάβει ακόμη εκτεταμένη ερευνητική προσοχή. Ενώ μπορούν να εξαχθούν θεωρητικές εκτιμήσεις με βάση τις γενικές αρχές διαχείρισης αποβλήτων, συγκεκριμένες επιστημονικές μελέτες που εστιάζουν αποκλειστικά στη διαχείριση αποβλήτων στην παραγωγή κρέατος με καλλιέργεια φαίνεται να είναι ελάχιστες μέχρι τώρα.

Είναι σημαντικό να αναγνωριστεί ότι ο τομέας του συνθετικού κρέατος εξακολουθεί να εξελίσσεται και το ερευνητικό τοπίο αναπτύσσεται συνεχώς. Δεδομένης της δυναμικής φύσης του θέματος, αναμένεται να αναδειχθούν στο μέλλον διεπιστημονικές ερευνητικές προσπάθειες που θα περιλαμβάνουν τη διαχείριση των αποβλήτων στο πλαίσιο της διαδικασίας παραγωγής συνθετικού κρέατος.

### **6.3 Ηθικές ανησυχίες**

Η εξερεύνηση εναλλακτικών πηγών πρωτεΐνης οδήγησε στη δημιουργία του συνθετικού κρέατος, ενός υποψήφιου για τα βιώσιμα συστήματα διατροφής. Ενώ προβάλλεται ως λύση στις περιβαλλοντικές προκλήσεις, εγείρει ένα φάσμα ηθικών ανησυχιών. Αυτό το δοκίμιο εμβαθύνει σε αυτές τις ηθικές διαστάσεις, επισημαίνοντας βασικά ζητήματα που αφορούν την ευημερία των ζώων, την τεχνολογική παρέμβαση, την πολιτιστική αποδοχή και τις κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις.

Μια πρωταρχική ηθική ανησυχία περιστρέφεται γύρω από την ευημερία των ζώων κατά τη διαδικασία παραγωγής. Το συνθετικό κρέας αποσκοπεί στη μείωση της ανάγκης για συμβατική κτηνοτροφία, ωστόσο εξακολουθούν να υπάρχουν ερωτήματα σχετικά με τη δεοντολογική μεταχείριση των αρχικών κυτταρικών πηγών. Η διασφάλιση της ηθικής προέλευσης των κυττάρων και της καλλιέργειάς τους χωρίς βλάβη παραμένει κρίσιμη. Οι ηθικές συζητήσεις αφορούν επίσης την ευημερία των κυττάρων που καλλιεργούνται στο εργαστήριο, δίνοντας έμφαση στις βέλτιστες συνθήκες ανάπτυξης και στην ελαχιστοποίηση της πιθανής ταλαιπωρίας.

Ο ρόλος της βιοτεχνολογίας στο συνθετικό κρέας εισάγει ηθικές εκτιμήσεις. Η έκταση της παρέμβασης στη δημιουργία κυτταρικών δομών εγείρει ερωτήματα σχετικά με την αυθεντικότητα του προϊόντος. Οι συζητήσεις επικεντρώνονται στις φυσικές έναντι των

μηχανικών διεργασιών, στις επιπτώσεις της αλλοίωσης σε κυτταρικό επίπεδο και στο κατά πόσον το συνθετικό κρέας διατηρεί τη "φυσική" αυθεντικότητα. Η εξεύρεση ισορροπίας μεταξύ της καινοτομίας και του σεβασμού των φυσικών συστημάτων αποτελεί ηθική πρόκληση.

Οι ηθικές ανησυχίες επεκτείνονται και στην πολιτιστική αποδοχή. Τα τρόφιμα και η πολιτιστική ταυτότητα συνδέονται στενά, καθιστώντας την υιοθέτηση του συνθετικού κρέατος δυνητικά ανατρεπτική. Η εισαγωγή του αμφισβητεί τις μαγειρικές παραδόσεις, τις τελετουργίες και τους κανόνες. Οι ηθικοί προβληματισμοί υπαγορεύουν μια διαφοροποιημένη προσέγγιση που σέβεται τις πολιτιστικές ευαισθησίες, προάγοντας τα βιώσιμα διατροφικά συστήματα και διατηρώντας παράλληλα την πολιτιστική κληρονομιά.

Η εμφάνιση του συνθετικού κρέατος επηρεάζει τα κοινωνικοοικονομικά τοπία της παραδοσιακής γεωργίας. Η εισαγωγή της τεχνολογίας έχει ηθικές επιπτώσεις για τους εργαζόμενους, τις κοινότητες και τις οικονομίες που εξαρτώνται από τη ζωική γεωργία. Η εξασφάλιση μιας δίκαιης μετάβασης που θα αντιμετωπίζει τις πιθανές οικονομικές αναταραχές, την εκτόπιση θέσεων εργασίας και τις κοινωνικές επιπτώσεις είναι ηθικά επιβεβλημένα.

Στον τομέα του συνθετικού κρέατος, ένας τομέας βαθιάς σημασίας έγκειται στην αξιολόγηση των επιπτώσεων της κατανάλωσής του στην υγεία και τη διατροφή. Η αυστηρή διερεύνηση του διατροφικού προφίλ, που περιλαμβάνει την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες, τις συνθέσεις αμινοξέων, τις βιταμίνες, τα μέταλλα και τις πιθανές βιοδραστικές ενώσεις, αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο. Συγκριτικές αναλύσεις μεταξύ του συνθετικού κρέατος, του συμβατικού κρέατος και των εναλλακτικών προϊόντων φυτικής προέλευσης μπορούν να φωτίσουν τα διατροφικά πλεονεκτήματα και τους πιθανούς περιορισμούς της κατανάλωσης συνθετικού κρέατος. Επιπλέον, η επιμελής διερεύνηση της επίδρασης των μεθοδολογιών επεξεργασίας και των παραγόντων ανάπτυξης στη διατροφική ποιότητα είναι επιτακτική ανάγκη για την ευθυγράμμιση του συνθετικού κρέατος με τις διατροφικές απαιτήσεις για την ανθρώπινη υγεία.

Η αξιολόγηση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος που αποδίδεται στην παραγωγή συνθετικού κρέατος είναι απαραίτητη για τη μέτρηση της βιωσιμότητάς του. Η χρήση μεθοδολογιών όπως η αξιολόγηση του κύκλου ζωής (AKZ) παρέχει ένα ισχυρό πλαίσιο για την ποσοτικοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που περιλαμβάνουν την κατανάλωση ενέργειας, τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, τη χρήση γης και νερού και τις πιθανές επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα. Με την αντιπαραβολή με τη συμβατική κτηνοτροφία και τα φυτικά υποκατάστατα, προκύπτουν πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με

τα καθαρά περιβαλλοντικά οφέλη που σχετίζονται με το συνθετικό κρέας. Επιπλέον, η ενσωμάτωση χωρικών και χρονικών διαστάσεων είναι απαραίτητη για να ληφθούν υπόψη οι διαφορές στις τεχνικές παραγωγής, τις γεωγραφικές τοποθεσίες και τις τεχνολογικές εξελίξεις.

Ο καθορισμός της ασφάλειας των προϊόντων συνθετικού κρέατος για ανθρώπινη κατανάλωση αποτελεί ύψιστη ρυθμιστική πρόκληση. Ο ενδεδειγμένος έλεγχος των πιθανών κινδύνων που συνδέονται με τα μέσα ανάπτυξης, τα πρόσθετα και τις τεχνικές γενετικής χειραγώγησης είναι θεμελιώδους σημασίας. Προκύπτει η ανάγκη για ολοκληρωμένα ρυθμιστικά πλαίσια που θα διέπουν την παραγωγή, την επισήμανση και την εμπορία συνθετικού κρέατος, ώστε να διασφαλίζεται η προστασία των καταναλωτών. Οι συνεργατικές προσπάθειες που περιλαμβάνουν επιστημονικές κοινότητες, ρυθμιστικούς φορείς και ενδιαφερόμενους φορείς της βιομηχανίας είναι επιτακτικές για τη διαμόρφωση διαφανών και τεκμηριωμένων προτύπων ασφάλειας, ενισχύοντας την εμπιστοσύνη των καταναλωτών.

Η εμβάθυνση στην κοινωνική απήχηση και τις ηθικές προεκτάσεις που περιβάλλουν το συνθετικό κρέας είναι καίριας σημασίας. Η δημόσια υποδοχή του συνθετικού κρέατος, που επηρεάζεται από πολιτιστικούς, αξιακούς και πεποιθήσεις παράγοντες, ασκεί σημαντική επιρροή στην αφομοίωσή του. Η διερεύνηση των συναισθημάτων των καταναλωτών, των πεποιθήσεων και της κλίσης τους προς την υιοθέτηση του συνθετικού κρέατος προσφέρει πληροφορίες σχετικά με τα πιθανά εμπόδια και τους δρόμους για την ενσωμάτωση στην αγορά. Οι ηθικοί προβληματισμοί σχετικά με τη χρήση των πόρων, τη δίκαιη προσβασιμότητα και τις επιπτώσεις στα συμβατικά μέσα διαβίωσης απαιτούν διεπιστημονική διερεύνηση για την πλοήγηση στο περίπλοκο κοινωνικο-ηθικό περιβάλλον.

Η πορεία του συνθετικού κρέατος εξαρτάται από την τεχνολογική καινοτομία, η οποία βρίσκεται διαρκώς σε εξέλιξη. Η διερεύνηση νέων σχεδίων βιοαντιδραστήρων, τεχνικών καλλιέργειας κυττάρων, υλικών ικριώματος και εφαρμογών αυξητικών παραγόντων αποτελεί το επίκεντρο της βελτιστοποίησης για την αποδοτικότητα και την επεκτασιμότητα της παραγωγής. Οι εξελίξεις στη μηχανική ιστών, τη γενετική χειραγώγηση και τις τεχνικές κυτταρικής διαφοροποίησης συμβάλλουν στην αύξηση της ποιότητας και της γευστικότητας των προϊόντων συνθετικού κρέατος. Μια ολιστική προσέγγιση που συνδυάζει τη βιολογία, τη μηχανική και την επιστήμη των τροφίμων παραμένει απαραίτητη για την προώθηση της εξέλιξης της τεχνολογίας του συνθετικού κρέατος.

Συνοψίζοντας, η επιστημονική διερεύνηση του συνθετικού κρέατος περιβάλλει ένα πλήθος τομέων - που περιλαμβάνουν την υγεία και τη διατροφή, τον περιβαλλοντικό

έλεγχο, τη ρυθμιστική επαγρύπνηση, την κοινωνική αντίδραση και την τεχνολογική πρόοδο. Η εξαντλητική κατανόηση αυτών των πτυχών είναι ζωτικής σημασίας για την προώθηση της υπεύθυνης εξέλιξης και αφομοίωσης του συνθετικού κρέατος στο γενικότερο μωσαϊκό των βιώσιμων συστημάτων διατροφής.



## Κεφάλαιο 7: Γενικά συμπεράσματα και μελλοντικοί στόχοι

Το ταξίδι στον κόσμο του συνθετικού κρέατος ξετυλίγει μια αφήγηση επιστημονικής καινοτομίας, ηθικού στοχασμού και επιδίωξης βιώσιμης διατροφής. Καταδεικνύει τη δυνατότητα να φέρει επανάσταση στον τρόπο με τον οποίο τρέφουμε τους εαυτούς μας, ενώ παράλληλα απηχεί την πολυπλοκότητα της εξισορρόπησης της πρόοδου με την υπευθυνότητα.

Η υπόσχεση του συνθετικού κρέατος ως περιβαλλοντικά αποδοτικής πηγής πρωτεϊνών συνοδεύεται από ηθικά διλήμματα, τεχνολογικές περιπλοκές και κοινωνικοπολιτισμικές αποχρώσεις. Η ενσωμάτωσή του στη ζωή μας απαιτεί μια πολυδιάστατη κατανόηση που να συνδυάζει την επιστημονική πρόοδο με τις κοινωνικές φιλοδοξίες.

Καθώς εξάγουμε συμπεράσματα από αυτή την αποστολή, είναι σαφές ότι το συνθετικό κρέας δεν αποτελεί μια αυτόνομη λύση αλλά ένα νήμα υφασμένο στο μωσαϊκό της βιώσιμης ανάπτυξης. Ο καμβάς ζωγραφίζεται με τα πινέλα της διατροφικής ανάλυσης, των ηθικών εκτιμήσεων και της διαπολιτισμικής κατανόησης.

Το ηθικό φάσμα εκτείνεται από την ευημερία των ζώων έως τη δίκαιη πρόσβαση, απαιτώντας μια ευσυνείδητη προσέγγιση της καινοτομίας. Η τεχνολογία και η επιστήμη πρέπει να συνδυαστούν με την ηθική, ώστε να διασφαλιστεί ότι το συνθετικό κρέας ευθυγραμμίζεται με τις αξίες μας, σέβεται τις πολιτισμικές διαφορές και υποστηρίζει την παγκόσμια βιωσιμότητα.

Τελικά, η εξερεύνηση του συνθετικού κρέατος υπερβαίνει τα εργαστηριακά πειράματα και εισέρχεται στο πεδίο της ηθικής έρευνας, της πολιτισμικής προσαρμογής και της οραματικής ευθύνης. Ο συνεχιζόμενος διάλογος μεταξύ επιστήμης, ηθικής και κοινωνικών προσδοκιών θα καθορίσει το βαθμό στον οποίο το συνθετικό κρέας θα εμπλουτίσει τα διατροφικά μας συστήματα και θα ανοίξει το δρόμο προς ένα θρεπτικό και αρμονικό μέλλον.

**Διατροφική αριστεία:** Η περαιτέρω διερεύνηση της βελτιστοποίησης του διατροφικού προφίλ του συνθετικού κρέατος, η ευθυγράμμισή του με τις διατροφικές απαιτήσεις και προτιμήσεις, είναι υψίστης σημασίας. Η επίτευξη ισορροπίας μεταξύ των βασικών θρεπτικών συστατικών, της γεύσης και των αισθητηριακών χαρακτηριστικών θα ενισχύσει την αποδοχή και την κατανάλωσή του.

**Συγκριτική αξιολόγηση της βιωσιμότητας:** Η βαθύτερη εμβάθυνση σε αξιολογήσεις του κύκλου ζωής, που θα περιλαμβάνουν μια ολιστική προοπτική που θα περιλαμβάνει περιβαλλοντικούς, κοινωνικούς και οικονομικούς παράγοντες, θα καθορίσει σαφή κριτήρια

αναφοράς για τη βιωσιμότητα της παραγωγής συνθετικού κρέατος. Συγκριτικές αναλύσεις με άλλες πηγές πρωτεϊνών θα δώσουν πληροφορίες για τα καθαρά οφέλη του.

**Πολιτιστική ενσωμάτωση:** Η πλοήγηση στις πολιτισμικές αποχρώσεις και αντιλήψεις αποτελεί κεντρικό στόχο. Η εμπλοκή διαφορετικών κοινοτήτων, η κατανόηση των προτιμήσεών τους και η υιοθέτηση πολιτισμικά ευαίσθητων προσεγγίσεων θα διαδραματίσουν καθοριστικό ρόλο στη διασφάλιση της παγκόσμιας αποδοχής του συνθετικού κρέατος.

**Τεχνολογικές εξελίξεις:** Η αδιάκοπη επιδίωξη καινοτόμων τεχνολογιών, που καλύπτουν το σχεδιασμό βιοαντιδραστήρων, τις τεχνικές καλλιέργειας κυττάρων και την κυτταρική χειραγώγηση, θα οδηγήσει στην αποτελεσματικότητα, την επεκτασιμότητα και την ποιότητα των προϊόντων συνθετικού κρέατος.

**Πολιτική και ρύθμιση:** Η θέσπιση ισχυρών ρυθμιστικών πλαισίων, που θα στηρίζονται στην επιστημονική αυστηρότητα, θα διασφαλίσει την ασφάλεια των καταναλωτών και τη διαφανή επισήμανση. Οι συνεργατικές προσπάθειες μεταξύ ερευνητών, φορέων χάραξης πολιτικής και ενδιαφερόμενων φορέων της βιομηχανίας έχουν καθοριστική σημασία για τη διαμόρφωση του ρυθμιστικού τοπίου.

**Ηθικός προβληματισμός:** Η συνεχής ηθική εξέταση των συνεπειών του συνθετικού κρέατος, από την καλή διαβίωση των ζώων έως τις κοινωνικοοικονομικές εκτιμήσεις, θα καθοδηγήσει την υπεύθυνη ανάπτυξη. Η αντιμετώπιση των ανησυχιών και η εξασφάλιση δίκαιων αποτελεσμάτων είναι ουσιώδεις για την ενίσχυση της κοινωνικής εμπιστοσύνης.

Συνοψίζοντας, η σφαίρα του συνθετικού κρέατος είναι ένα δυναμικό, εξελισσόμενο σύνορο που προσκαλεί μια σύνθεση επιστημονικής γνώσης, ηθικής διαχείρισης και οραματικής καινοτομίας. Καθώς διασχίζουμε αυτό το τοπίο, οι συλλογικές μας προσπάθειες πρέπει να καθοδηγούνται από τη φιλοδοξία να δημιουργήσουμε ένα βιώσιμο, περιεκτικό και θρεπτικό μέλλον τόσο για τον πλανήτη μας όσο και για τους κατοίκους του.

## Βιβλιογραφία

- Allan, S. J., Ellis, M. J., & De Bank, P. A. (2021). Decellularized grass as a sustainable scaffold for skeletal muscle tissue engineering. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 109(12), 2471–2482.
- Anomaly, J., Fleischman, D., Browning, H., & Veit, W. (n.d.). *Flesh Without Blood: The public health argument for synthetic meat*.
- Asgar, M. A., Fazilah, A., Huda, N., Bhat, R., & Karim, A. A. (2010). Nonmeat protein alternatives as meat extenders and meat analogs. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9(5), 513–529.
- Bauer, M. W., Kohring, M., Allansdottir, A., & Gutteling, J. (1996). The dramatisation of biotechnology in elite mass media. *Biotechnology*, 2000, 35–52.
- Ben-Arye, T., & Levenberg, S. (2019). Tissue engineering for clean meat production. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3, 46.
- Bhat, Z. (2020). *Cultured meat—a humane meat production system*.
- Bhat, Z. F., Kumar, S., & Fayaz, H. (2015). In vitro meat production: Challenges and benefits over conventional meat production. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(2), 241–248.
- Bomkamp, C., Skaalure, S. C., Fernando, G. F., Ben-Arye, T., Swartz, E. W., & Specht, E. A. (2022). Scaffolding biomaterials for 3D cultivated meat: prospects and challenges. *Advanced Science*, 9(3), 2102908.
- Bonny, S. P. F., Gardner, G. E., Pethick, D. W., & Hocquette, J.-F. (2015). What is artificial meat and what does it mean for the future of the meat industry? *Journal of Integrative Agriculture*, 14(2), 255–263.
- Brennen, J. (2018). An industry-led debate: How UK media cover artificial intelligence. *Reuters Institute for the Study of Journalism*.
- Bridge, J. C., Amer, M., Morris, G. E., Martin, N. R. W., Player, D. J., Knox, A. J., Aylott, J. W., Lewis, M. P., & Rose, F. R. A. J. (2018). Electrospun gelatin-based scaffolds as a novel 3D platform to study the function of contractile smooth muscle cells in vitro. *Biomedical Physics & Engineering Express*, 4(4), 45039.
- Bryant, C. (2019). The Impact of Framing on Acceptance of Cultured Meat. *Frontiers in Nutrition*.
- Bryant, C. (2020). Consumer Acceptance of Cultured Meat: An Updated Review (2018–2020). *Applied Sciences*.
- Buckwell, A. E., Harvey, D. R., Thomson, K. J., & Parton, K. A. (2019). *The costs of the*

*common agricultural policy* (Vol. 7). Routledge.

- Cameron, B., O'Neill, S., Specht, L., Derbes, E., & Szejda, K. (2019). State of the industry report: cell-based meat. *Washington DC: The Good Food Institute*.
- Campuzano, S., & Pelling, A. E. (2019). Scaffolds for 3D cell culture and cellular agriculture applications derived from non-animal sources. *Frontiers in Sustainable Food Systems, 3*, 38.
- Chen, Y. P., Feng, X., Blank, I., & Liu, Y. (2022). Strategies to improve meat-like properties of meat analogs meeting consumers' expectations. *Biomaterials, 287*, 121648.
- Choudhury, D., Tseng, T. W., & Swartz, E. (2020). The business of cultured meat. *Trends in Biotechnology, 38*(6), 573–577.
- Chriki, S. (2020). Analysis of Scientific and Press Articles Related to Cultured Meat for a Better Understanding of Its Perception. *Frontiers in Psychology*.
- Chriki, S., Ellies-Oury, M.-P., & Hocquette, J.-F. (2022). Is “cultured meat” a viable alternative to slaughtering animals and a good compromise between animal welfare and human expectations? *Animal Frontiers, 12*(1), 35–42.
- Chriki, S., & Hocquette, J.-F. (2020). The myth of cultured meat: a review. *Frontiers in Nutrition, 7*, 7.
- Dick, A., Bhandari, B., & Prakash, S. (2019). 3D printing of meat. *Meat Science, 153*, 35–44.
- Djisalov, M., Knežić, T., Podunavac, I., Živojević, K., Radonic, V., Knežević, N. Ž., Bobrinetskiy, I., & Gadjanski, I. (2021). Cultivating multidisciplinary: Manufacturing and sensing challenges in cultured meat production. *Biology, 10*(3), 204.
- Donk, A., Metag, J., Kohring, M., & Marcinkowski, F. (2012). Framing emerging technologies: risk perceptions of nanotechnology in the German press. *Science Communication, 34*(1), 5–29.
- Dudo, A., Dunwoody, S., & Scheufele, D. A. (2011). The emergence of nano news: Tracking thematic trends and changes in US newspaper coverage of nanotechnology. *Journalism & Mass Communication Quarterly, 88*(1), 55–75.
- Dupont, J., & Fiebelkorn, F. (2020). Attitudes and acceptance of young people toward the consumption of insects and cultured meat in Germany. *Food Quality and Preference, 85*, 103983.
- Enrione, J., Blaker, J. J., Brown, D. I., Weinstein-Opppenheimer, C. R., Pepczynska, M., Olguin, Y., Sánchez, E., & Acevedo, C. A. (2017). Edible scaffolds based on non-

mammalian biopolymers for myoblast growth. *Materials*, 10(12), 1404.

- Fernandes, A. M., de Souza Teixeira, O., Palma Revillion, J. P., & de Souza, Â. R. L. (2020). Conceptual evolution and scientific approaches about synthetic meat. *Journal of Food Science and Technology*, 57, 1991–1999.
- Fraeye, I., Kratka, M., Vandeburgh, H., & Thorrez, L. (2020). Sensorial and nutritional aspects of cultured meat in comparison to traditional meat: much to be inferred. *Frontiers in Nutrition*, 7, 35.
- Gaydhane, M. K., Mahanta, U., Sharma, C. S., Khandelwal, M., & Ramakrishna, S. (2018). Cultured meat: state of the art and future. *Biomanufacturing Reviews*, 3, 1–10.
- Gómez-Luciano, C. A., de Aguiar, L. K., Vriesekoop, F., & Urbano, B. (2019). Consumers' willingness to purchase three alternatives to meat proteins in the United Kingdom, Spain, Brazil and the Dominican Republic. *Food Quality and Preference*, 78, 103732.
- Gonzalez, G. M., MacQueen, L. A., Lind, J. U., Fitzgibbons, S. A., Chantre, C. O., Huggler, I., Golecki, H. M., Goss, J. A., & Parker, K. K. (2017). Production of synthetic, para-aramid and biopolymer nanofibers by immersion rotary jet-spinning. *Macromolecular Materials and Engineering*, 302(1), 1600365.
- Goodwin, J. N., & Shoulders, C. W. (2013). The future of meat: A qualitative analysis of cultured meat media coverage. *Meat Science*, 95(3), 445–450.
- Grasso, A. C., Hung, Y., Olthof, M. R., Verbeke, W., & Brouwer, I. A. (2019). Older consumers' readiness to accept alternative, more sustainable protein sources in the European Union. *Nutrients*, 11(8), 1904.
- Grossman, M. R. (2019). USDA and FDA formal agreement on regulation of cultured meat. *European Food and Feed Law Review*, 14(4), 385–389.
- Hadi, J., & Brightwell, G. (2021). Safety of alternative proteins: Technological, environmental and regulatory aspects of cultured meat, plant-based meat, insect protein and single-cell protein. *Foods*, 10(6), 1226.
- Hamdan, M. N. (2021). Will Muslim consumers replace livestock slaughter with cultured meat in the market? *Trends in Food Science and Technology*.
- Heffernan, O. (2017). Sustainability: A meaty issue. *Nature*, 544(7651), S18--S20.
- Hwang, J., You, J., Moon, J., & Jeong, J. (2020). Factors affecting consumers' alternative meats buying intentions: Plant-based meat alternative and cultured meat. *Sustainability*, 12(14), 5662.

- Jairath, G. (2021). A holistic approach to assess the viability of cultured meat: A review. *Trends in Food Science and Technology*.
- K. Handral, H., Hua Tay, S., Wan Chan, W., & Choudhury, D. (2022). 3D Printing of cultured meat products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(1), 272–281.
- Kumar, P. (2017). Meat analogues: Health promising sustainable meat substitutes. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*.
- Kwon, J., & Park, Y. (2023). Buddhist perspectives on cultivated meat. *Nature Food*, 1–2.
- Levi, S., Yen, F.-C., Baruch, L., & Machluf, M. (2022). Scaffolding technologies for the engineering of cultured meat: Towards a safe, sustainable, and scalable production. *Trends in Food Science & Technology*, 126, 13–25.
- Li, L., Chen, L., Chen, X., Chen, Y., Ding, S., Fan, X., Liu, Y., Xu, X., Zhou, G., Zhu, B., & others. (2022). Chitosan-sodium alginate-collagen/gelatin three-dimensional edible scaffolds for building a structured model for cell cultured meat. *International Journal of Biological Macromolecules*, 209, 668–679.
- Lo Sapio, L. (2022). The Ethics of Cultivated Meat: Hypes and Hopes of a New Challenging Technology. *International Journal of Applied Philosophy*, 36(1), 27–39.
- Lynch, J. (2019). Climate Impacts of Cultured Meat and Beef Cattle. *Frontiers in Sustainable Food Systems*.
- MacQueen, L. A., Alver, C. G., Chantre, C. O., Ahn, S., Cera, L., Gonzalez, G. M., O'Connor, B. B., Drennan, D. J., Peters, M. M., Motta, S. E., & others. (2019). Muscle tissue engineering in fibrous gelatin: implications for meat analogs. *NPJ Science of Food*, 3(1), 20.
- Mancini, M. C., & Antonioli, F. (2019). Exploring consumers' attitude towards cultured meat in Italy. *Meat Science*, 150, 101–110.
- Marks, L. A., Kalaitzandonakes, N., Allison, K., & Zakharova, L. (2001). Time series analysis of risk frames in media communication of agrobiotechnology. In *Market development for genetically modified foods* (pp. 217–225). CABI Publishing Wallingford UK.
- Metag, J., & Marcinkowski, F. (2014). Technophobia towards emerging technologies? A comparative analysis of the media coverage of nanotechnology in Austria, Switzerland and Germany. *Journalism*, 15(4), 463–481.
- Michel, F., & Siegrist, M. (2019). How should importance of naturalness be

measured? A comparison of different scales. *Appetite*, 140, 298–304.

- Motoki, K., Park, J., Spence, C., & Velasco, C. (2022). Contextual acceptance of novel and unfamiliar foods: Insects, cultured meat, plant-based meat alternatives, and 3D printed foods. *Food Quality and Preference*, 96, 104368.
- Newton, P., & Blaustein-Rejto, D. (2021). Social and economic opportunities and challenges of plant-based and cultured meat for rural producers in the US. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 624270.
- Ong, K. J., Johnston, J., Datar, I., Sewalt, V., Holmes, D., & Shatkin, J. A. (2021). Food safety considerations and research priorities for the cultured meat and seafood industry. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(6), 5421–5448.
- 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.
- Painter, J., Brennen, J. S., & Kristiansen, S. (2020). The coverage of cultured meat in the US and UK traditional media, 2013–2019: drivers, sources, and competing narratives. *Climatic Change*, 162, 2379–2396.
- Palmieri, N. (2020). Consumer acceptance of cultured meat: some hints from Italy. *British Food Journal*.
- Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987–992.
- Post, M. J. (2012). Cultured meat from stem cells: Challenges and prospects. *Meat Science*, 92(3), 297–301.
- Post, M. J. (2014). Cultured beef: medical technology to produce food. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(6), 1039–1041.
- Post, M. J., Levenberg, S., Kaplan, D. L., Genovese, N., Fu, J., Bryant, C. J., Negowetti, N., Verzijden, K., & Moutsatsou, P. (2020). Scientific, sustainability and regulatory challenges of cultured meat. *Nature Food*, 1(7), 403–415.
- Reiss, J., Robertson, S., & Suzuki, M. (2021). Cell sources for cultivated meat: applications and considerations throughout the production workflow. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(14), 7513.
- Rivera, F. J. C., & Chen, J. (2022). Computational Fluid Dynamics Modeling of Cell Cultures in Bioreactors and its potential for Cultivated Meat Production-A mini-review. *Future Foods*, 100195.

- Rolland, N. C. M., Markus, C. R., & Post, M. J. (2020). The effect of information content on acceptance of cultured meat in a tasting context. *PLoS One*, *15*(4), e0231176.
- Sachs, A., & Kettenmann, S. (2019). A burger by any other name: regulatory challenges and opportunities for cell-cultured meat. *Scitech Lawyer*, *15*(2), 18–23.
- Seah, J. S. H., Singh, S., Tan, L. P., & Choudhury, D. (2022). Scaffolds for the manufacture of cultured meat. *Critical Reviews in Biotechnology*, *42*(2), 311–323.
- Sharma, S., Thind, S. S., & Kaur, A. (2015). In vitro meat production system: why and how? *Journal of Food Science and Technology*, *52*, 7599–7607.
- Siddiqui, S. A., Khan, S., Farooqi, M. Q. U., Singh, P., Fernando, I., & Nagdalian, A. (2022). Consumer behavior towards cultured meat: A review since 2014. *Appetite*, 106314.
- Siegrist, M. (2018). Perceived naturalness and evoked disgust influence acceptance of cultured meat. *Meat Science*.
- Siegrist, M. (2020). Perceived naturalness, disgust, trust and food neophobia as predictors of cultured meat acceptance in ten countries. *Appetite*.
- Specht, E. A., Welch, D. R., Clayton, E. M. R., & Lagally, C. D. (2018). Opportunities for applying biomedical production and manufacturing methods to the development of the clean meat industry. *Biochemical Engineering Journal*, *132*, 161–168.
- Starowicz, M., Poznar, K. K., & Zieliński, H. (2022). What are the main sensory attributes that determine the acceptance of meat alternatives? *Current Opinion in Food Science*, 100924.
- Stephens, N., Sexton, A. E., & Driessen, C. (2019). Making sense of making meat: key moments in the first 20 years of tissue engineering muscle to make food. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 45.
- Tavassoli, H., Alhosseini, S. N., Tay, A., Chan, P. P. Y., Oh, S. K. W., & Warkiani, M. E. (2018). Large-scale production of stem cells utilizing microcarriers: a biomaterials engineering perspective from academic research to commercialized products. *Biomaterials*, *181*, 333–346.
- Terrier, B. (2007). Two new disposable bioreactors for plant cell culture: The wave and undertow bioreactor and the slug bubble bioreactor. *Biotechnology and Bioengineering*.
- Treich, N. (2021). Cultured meat: Promises and challenges. *Environmental and Resource Economics*, *79*(1), 33–61.



- Tuomisto, H. L. (2019). The eco-friendly burger: could cultured meat improve the environmental sustainability of meat products? *EMBO Reports*, 20(1), e47395.
- Tuomisto, H. L., & de Mattos, M. J. (2011). Environmental impacts of cultured meat production. *Environmental Science & Technology*, 45(14), 6117–6123.
- Weinrich, R., Strack, M., & Neugebauer, F. (2020). Consumer acceptance of cultured meat in Germany. *Meat Science*, 162, 107924.
- Wilks, M., Hornsey, M., & Bloom, P. (2021). What does it mean to say that cultured meat is unnatural? *Appetite*, 156, 104960.
- Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., & others. (2019). Food in the Anthropocene: the EAT--Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, 393(10170), 447–492.
- Zhang, G., Zhao, X., Li, X., Du, G., Zhou, J., & Chen, J. (2020). Challenges and possibilities for bio-manufacturing cultured meat. *Trends in Food Science & Technology*, 97, 443–450.
- Zhao, J., Griffin, M., Cai, J., Li, S., Bulter, P. E. M., & Kalaskar, D. M. (2016). Bioreactors for tissue engineering: An update. *Biochemical Engineering Journal*, 109, 268–281.
- Zheng, Y.-Y., Chen, Y., Zhu, H.-Z., Li, C.-B., Song, W.-J., Ding, S.-J., & Zhou, G.-H. (2022). Production of cultured meat by culturing porcine smooth muscle cells in vitro with food grade peanut wire-drawing protein scaffold. *Food Research International*, 159, 111561.