



2020-2021

Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής
Σχολή Επιστημών Τροφίμων
Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων
Εργαστήριο Χημείας, Ανάλυσης και Σχεδιασμού Διεργασιών Επεξεργασίας Τροφίμων

Πτυχιακή εργασία

Μέθοδοι επεξεργασίας υποκατάστατων κρέατος βασισμένων σε φυτικές πηγές

Όνοματεπώνυμο: Διονύσιος Χατζηιωάννου

A.M: 16118

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Ανδριάννα Ε. Λάζου

Αιγάλεω 2021

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Ανδριάννα Ε. Λάζου

Μέλος επιτροπής: Ευσταθία Τσάκαλη

Μέλος επιτροπής: Μαρία Γιαννακούρου

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/η κάτωθι υπογεγραμμένος/η Χατζηγιάννου Διονύσιος του Κωνσταντίνου-Ριχάρδου, με αριθμό μητρώου 16118 φοιτητής/τρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστημών Τροφίμων του Τμήματος Επιστήμη και Τεχνολογία Τροφίμων, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

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

Ο/Η Δηλών/ούσα



Περιεχόμενα

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ/ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	2
Περιεχόμενα	3
1 Δήλωση περί λογοκλοπής/Copyright	10
2 Ευχαριστίες	11
3 Περίληψη	12
4 Εισαγωγή.....	14
5 Παραδοσιακές εναλλακτικές λύσεις για το κρέας	16
5.1 Tofu	16
5.2 Tempeh	18
5.3 Kinema	20
5.4 Seitan	21
5.5 Quorn	22
6 Σύσταση των υποκατάστατων κρέατος.....	24
6.1 Κατηγορίες Πρωτεϊνών	25
6.2 Πρωτεΐνη σόγιας.....	27
6.3 Γλουτένη σίτου.....	29
6.4 Πρωτεΐνη οσπρίων.....	29
6.5 Άλλες πρωτεΐνες από ελαιούχους σπόρους.....	31
6.6 Λίπη και έλαια.....	32
6.7 Συνδετικοί παράγοντες (Binding agents).....	33
6.8 Αρωματικά και ενισχυτικά γεύσης	34
6.9 Χρωστικοί παράγοντες.....	35
7 Παραγωγική διαδικασία των υποκατάστατων κρέατος βασισμένων σε φυτικές πηγές.....	38
7.1 Η διεργασία της εξώθησης	38
7.1.1 Τύποι εξωθητήρων	38
7.1.2 Εξωθητήρες μονού κοχλία.....	38
7.1.3 Εξωθητήρες διπλού κοχλία.....	39
7.1.4 Εξώθηση χαμηλής υγρασίας.....	40
7.1.5 Εξώθηση υψηλής υγρασίας.....	43
7.2 Τεχνολογία διάτμησης κυττάρων	46
7.3 Τεχνολογία στροβιλισμού (Spinning processes).....	55
7.3.1 Υγρός στροβιλισμός (Wet spinning)	55
7.3.2 Τεχνολογία ηλεκτροστροβιλισμού (Electrospinning) και ηλεκτροψεκασμού (Electrospraying).....	56
8 Μετέπειτα επεξεργασία: Χρόνος ζωής και συσκευασία	60

9	Παράγοντες υγείας και διατροφής.....	61
10	Περιβαλλοντικά οφέλη	64
11	Προοπτικές αγοράς.....	66
11.1	Υποκατάστατα κρέατος που βρίσκονται στην αγορά.....	67
12	Σημαντικοί περιορισμοί και μελλοντικές προκλήσεις.....	79
13	Συμπεράσματα.....	81
14	Βιβλιογραφία	82

Συγκεντρωτικός πίνακας εικόνων και πινάκων που βρίσκονται στην εργασία:

Εικόνα 1	Προϊόν Firm tofu (King International Pty Ltd, Αυστραλία)	Σελίδα 17, Kingland and Pureland Tofu (kingintl.com.au)
Εικόνα 2	Προϊόν Silken tofu (King International Pty Ltd, Αυστραλία)	Σελίδα 17, Kingland and Pureland Tofu (kingintl.com.au)
Εικόνα 3	Προϊόν tempeh	Σελίδα 19, (Nout and Kiers 2005)
Εικόνα 4	Συσκευασία προϊόντος Tempeh (πάνω) και το προϊόν σεβριτισμένο σε πιάτο έτοιμο για κατανάλωση (κάτω) (Turtle Island Foods, ΗΠΑ)	Σελίδα 19, http://www.tofurky.com/index.html#
Εικόνα 5	Προϊόντα Quorn (Φωτογραφία από την Marlow Foods)	Σελίδα 23, (Marilyn G. Wiebe, 2004) Vegetarian & Vegan Products, Meat Free Recipes & News Quorn
Εικόνα 6	Εξωθητήρας μονού κοχλία	Σελίδα 39, (Λάζος Ευάγγελος Σ., Λάζου Ανδριάννα Ε. 2016)
Εικόνα 7	Εξωθητήρας μονού κοχλία (Πάνω), εξωθητήρας διπλού κοχλία (Κάτω)	Σελίδα 40, (Λάζος Ευάγγελος Σ., Λάζου Ανδριάννα Ε. 2016)
Εικόνα 8	Χαμηλής υγρασίας υποκατάστατο κρέατος LMMA	Σελίδα 41, (Riaz, 2011)
Εικόνα 9	Φωτογραφίες υποκατάστατων κρέατος χαμηλής υγρασίας χωρίς γλουτένη σίτου που εξωθείται σε ταχύτητες κοχλία 150 (a) και 200 rpm (b), και υποκατάστατων με προστιθέμενη γλουτένη σίτου στις ίδιες ταχύτητες κοχλία [150 (c) και 200 rpm (d)]	Σελίδα 42, (Sasimaporn et al, 2019)
Εικόνα 10	Υψηλής υγρασίας υποκατάστατο κρέατος HMMA	Σελίδα 44, (Riaz, 2011)
Εικόνα 11	Φωτογραφίες υποκατάστατων κρέατος υψηλής υγρασίας χωρίς [(a) και (b)] και με προσθήκη [(c) και (d)] γλουτένης σίτου που εξωθείται σε κοχλίες 150 και 200 rpm αντίστοιχα	Σελίδα 45, (Sasimaporn et al 2019)

Εικόνα 12	Οριζόντιες (πάνω) και κάθετες (κάτω) διατομές του κελιού Couette. 1 - Εξωτερικός κύλινδρος. 2 - θάλαμος θέρμανσης του εξωτερικού κυλίνδρου. 3 - αισθητήρας θερμοκρασίας PT100. 4 - άνοιγμα πλήρωσης και θέση θερμοστοιχείου τύπου J. 5 - ζώνη διάτμησης. 6 - θάλαμος θέρμανσης του εσωτερικού κυλίνδρου. 7 - εσωτερικός κύλινδρος R_i (ακτίνα εσωτερικού κυλίνδρου) = 0,0425 m, R_o (ακτίνα εξωτερικού κυλίνδρου) = 0,0485 m και H (ύψος και των δύο κυλίνδρων) = 0,085 m	Σελίδα 48, (Krintiras et al., 2015)
Εικόνα 13	Κάτοψη του Couette Cell με βέλη που δείχνουν την είσοδο και την έξοδο του υγρού μεταφοράς θερμότητας. 1 - Εξωτερικός κύλινδρος. 2 - περιστροφική άρθρωση 3 - αισθητήρας θερμοκρασίας PT100. 4 - θερμοστοιχείο τύπου J. 5 – καπάκι	Σελίδα 49, (Krintiras et al., 2015)
Εικόνα 14	Φωτομικρογραφίες SEM 30% κ.β. SPI (300 μm): (a) κάθετη διατομή, (b) παράλληλη διατομή	Σελίδα 50, (Grabowska et al., 2014)
Εικόνα 15	Φωτομικρογραφίες SEM 30% κ.β. SPI gel σε μικρότερες κλίμακες. (α) δίκτυο κατασκευασμένο από σφαιρικούς τομείς που περιέχουν θραύσματα κυτταρικού τοιχώματος (500 nm), (β) δίκτυο που αποτελείται από τομείς που μοιάζουν με χορδές (500 nm). Και οι δύο μορφολογίες συνυπάρχουν στην ίδια δομή	Σελίδα 51, (Grabowska et al., 2014)
Εικόνα 16	Οπτική εμφάνιση δομής από 45% κ.β. SPC επεξεργασμένο με 30 rpm για 15 λεπτά σε διαφορετική θερμοκρασία θέρμανσης (a) 120°C, εύθραυστο, χωρίς στρώσεις με πολύ λεπτές ίνες, (b) 130°C , σε στρώσεις και μερικές μικρές ίνες,(c) 140°C , προφανές στρωματοποιημένο δομημένο με παχιές ίνες	Σελίδα 52, (Grabowska et al., 2016)

Εικόνα 17	Οπτική εμφάνιση υλικών SPC μετά από δόμηση τους στους 140°C, 30 rpm, 15 min, (a) 35% κ.β SPC - ισοτροπική γέλη, (b) 40% κ.β SPC - γέλη, στρώσεις (c) 45% κ.β SPC - ίνες και στρώσεις, (d) 50% κ.β SPC – λεπτές ίνες	Σελίδα 53, (Grabowska et al., 2016)
Εικόνα 18	Οπτική εμφάνιση δομών κατασκευασμένων από 45% κ.β SPC επεξεργασμένο στους 140°C για 15 min, με διαφορετική ταχύτητα περιστροφής, (a) χωρίς διάτμηση, curd like structure, (b) 10 rpm, υπάρχουν πολύ μικρές ίνες, δεν υπάρχουν προφανείς στρώσεις, (c) 30 rpm, στρώσεις και κάποια ινώδης δομή όταν τεντώνεται, (d) 50 rpm, χωρίς στρώσεις, μικρές ίνες, (e) 100 rpm, μικρές ίνες φαίνονται κυρίως στον εξωτερικό δακτύλιο της δομής, χωρίς εμφανή στρώση	Σελίδα 54, (Grabowska et al., 2016)
Εικόνα 19	Τεχνολογία υγρού στροβιλισμού για την παραγωγή ινιδίων	Σελίδα 56, (Kyriakopoulou et al 2019)
Εικόνα 20	Τεχνολογία ηλεκτροστροβιλισμού για την παραγωγή ινιδίων	Σελίδα 58, (Kyriakopoulou et al 2019)
Εικόνα 21	Μια διάταξη ηλεκτροστροβιλισμού εργαστηριακής κλίμακας. Η εσωτερική εικόνα δείχνει την ψηφιακή εικόνα και την αναπαράσταση της διαδικασίας ηλεκτροστροβιλισμού	Σελίδα 59, (Anu Bhushani & Anandharamakrishnan, 2014)
Εικόνα 22	Μια τυπική ρύθμιση ηλεκτροψεκασμού. Η εσωτερική εικόνα εμφανίζει την ψηφιακή εικόνα και αναπαράσταση της διαδικασίας ηλεκτροψεκασμού	Σελίδα 59, (Anu Bhushani & Anandharamakrishnan, 2014)
Εικόνα 23	Λογότυπο της εταιρείας Valsoia (πάνω) και προϊόντα υποκατάστατων κρέατος της εταιρείας Valsoia (κάτω)	Σελίδα 67-68, http://www.valsoia.it/moduli/catalogo/famiglia.php?codice=9
Εικόνα 24	Λογότυπο της εταιρείας Fry Group Foods	Σελίδα 69, http://www.frysvegetarian.co.za/product-range/frys-special/

Εικόνα 25	Προϊόν Braai-Styles Sausages (πάνω) και The Big Fry Burger (κάτω)	Σελίδα 69-70, http://www.frysvegetarian.co.za/product-range/frys-special/
Εικόνα 26	Λογότυπο της εταιρείας Topas	Σελίδα 70, http://www.wheaty.de/de/sortiment.html
Εικόνα 27	Προϊόν Vegan Superhero Burger	Σελίδα 71, http://www.wheaty.de/de/sortiment.html
Εικόνα 28	Προϊόν Vegane Slices Salami	Σελίδα 71, http://www.wheaty.de/de/sortiment.html
Εικόνα 29	Λογότυπο της εταιρείας Viana	Σελίδα 72, http://www.viana.de/en/our-products/
Εικόνα 30	Προϊόντα tofu (πάνω) και χορτοφαγικών σνίτσελ (κάτω)	Σελίδα 73, http://www.viana.de/en/our-products/
Εικόνα 31	Λογότυπο της εταιρείας Vegi-Service AG	Σελίδα 73, http://www.vegiservice.ch/de/shop/shop.php Vegusto vegan Vegi-Shop (vegi-service.ch)
Εικόνα 32	Προϊόν Vegi Burger Classic	Σελίδα 74, http://www.vegiservice.ch/de/shop/shop.php Vegusto vegan Vegi-Shop (vegi-service.ch)
Εικόνα 33	Προϊόν Vegi-Maxi wurst Cerlyone	Σελίδα 74, http://www.vegiservice.ch/de/shop/shop.php Vegusto vegan Vegi-Shop (vegi-service.ch)
Εικόνα 34	Λογότυπο της εταιρείας Turtle Island Foods	Σελίδα 75, http://www.tofurky.com/index.html#
Εικόνα 35	Συσκευασία προϊόντος (πάνω) και το προϊόν Plant Based Burger της εταιρείας Turtle Island Foods (κάτω)	Σελίδα 76, http://www.tofurky.com/index.html#
Εικόνα 36	Λογότυπο της εταιρείας Impossible	Σελίδα 77, https://www.impossiblefoods.com/
Εικόνα 37	Impossible burger (Impossible Foods, ΗΠΑ)	Σελίδα 78, https://www.impossiblefoods.com/
Εικόνα 38	Λογότυπο της εταιρείας Beyond Meat	Σελίδα 78, http://beyondmeat.com/
Εικόνα 39	Προϊόν Beyond Burger (Beyond Meat, ΗΠΑ)	Σελίδα 79, http://beyondmeat.com/

Πίνακας 1	Κύριες πηγές φυτικών πρωτεϊνών	Σελίδα 27, (Kyriakopoulou et al 2019)
-----------	--------------------------------	---------------------------------------

1 Δήλωση περί λογοκλοπής/Copyright

Έχοντας πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικής ιδιοκτησίας, δηλώνω ότι είμαι αποκλειστικός συγγραφέας της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Δηλώνω, επίσης, ότι αναλαμβάνω όλες τις συνέπειες, όπως αυτές νομίμως ορίζονται, στην περίπτωση που διαπιστωθεί διαχρονικά ότι η εργασία μου αυτή ή τμήμα αυτής αποτελεί προϊόν λογοκλοπής.

Διονύσιος Χατζηιωάννου

2 Ευχαριστίες

Η συγγραφή της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Χημείας, Ανάλυσης και Σχεδιασμού Διεργασιών Επεξεργασίας Τροφίμων του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής. Το θέμα της πτυχιακής εργασίας ανατέθηκε από την επίκουρη καθηγήτρια του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής Ανδριάννα Ε. Λάζου, την οποία ευχαριστώ για την καθοδήγηση και τη στήριξη.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, την επίκουρη καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής Ευσταθία Τσάκαλη και την καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής Μαρία Γιαννακούρου.

Θερμές ευχαριστίες στην μεταπτυχιακή φοιτήτρια κ. Ζωή Κολιού για τις πολύ χρήσιμες συμβουλές και παρατηρήσεις κατά τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας.

3 Περίληψη

Η συγκεκριμένη εργασία αφορά την έρευνα των υποκατάστατων κρέατος βασισμένων σε φυτικές πηγές, με βασικό σκοπό την ανάλυση των μεθόδων επεξεργασίας τους. Η εργασία αποτελεί βιβλιογραφική ανασκόπηση, καθώς πραγματοποιήθηκε έρευνα σε διαδικτυακές βιβλιοθήκες και εξετάστηκαν επιστημονικά άρθρα. Αρχικά, περιγράφονται προϊόντα όπως είναι το tofu, tempeh, seitan, kinema, quorn, τα οποία αποτελούν παραδοσιακές εναλλακτικές λύσεις για το κρέας. Στη συνέχεια πραγματοποιείται περιγραφή της σύστασης των υποκατάστατων κρέατος, όπου για τις πρωτεΐνες προκύπτει ότι η σόγια και η γλουτένη σίτου έχουν την κυρίαρχη θέση στην παραγωγή φυτικών πρωτεϊνών. Όσον αφορά τις διεργασίες που εφαρμόζονται, η εξώθηση είναι η διεργασία με την μεγαλύτερη εφαρμογή, σε αντίθεση με την τεχνολογία διάτμησης κυττάρων που έχει μικρότερη εφαρμογή, ενώ οι τεχνολογίες στροβιλισμού βρίσκονται ακόμη σε αρχικά στάδια. Τα υποκατάστατα κρέατος είναι δυνατόν να είναι επιρρεπή σε αλλοιώσεις όπως είναι οι μικροβιακές, λόγω της υψηλής ενεργότητας ύδατος που έχουν (περίπου 1) αλλά και λόγω των θρεπτικών στοιχείων που διαθέτουν. Τέτοιες αλλοιώσεις έχουν και τα προϊόντα κρέατος για αυτό τον λόγο τα υποκατάστατα κρέατος προτείνεται να αποθηκεύονται και να συσκευάζονται σε συνθήκες παρόμοιες με το συμβατικό κρέας. Όσον αφορά την ανθρώπινη υγεία, τα υποκατάστατα κρέατος έχουν σαφές προβάδισμα απέναντι στα προϊόντα κρέατος, διότι έχουν πολλαπλά οφέλη όπως είναι η αντικαρκινική δράση. Επίσης ο περιβαλλοντικός παράγοντας συζητήθηκε στην εργασία, με τα υποκατάστατα κρέατος να έχουν τις λιγότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε σχέση με τα συμβατικά προϊόντα κρέατος. Η δημοτικότητα των υποκατάστατων κρέατος αυξάνεται διαρκώς και ειδικότερα στις χώρες της Ευρώπης, ενώ η Ασία στο μέλλον είναι πιθανό να αποτελέσει αγορά για την εξαγωγή των προϊόντων αυτών. Φυσικά, υπάρχουν ορισμένοι περιορισμοί στα προϊόντα αυτά, όπως είναι η μίμηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών (γεύση, οσμή κτλ) με το κρέας, αλλά και η αντιστοιχία στην διατροφική αξία των προϊόντων αυτών με το κρέας. Συμπερασματικά, τα υποκατάστατα κρέατος είναι προϊόντα τα οποία μπορούν να προσφέρουν πολλά οφέλη στον άνθρωπο και στο περιβάλλον οπότε θα ήταν πολύ σημαντικό κάθε άνθρωπος να τα εντάξει στη διατροφή του.

Abstract

The present paper concerns the research on meat substitutes based on plant sources, with a view to analyzing their processing methods. The work is a literature review. Initially, products such as tofu, tempeh, seitan, kinema, quorn, which are traditional alternatives to meat, are described. The composition of meat substitutes is analyzed, where it appears that soy and wheat gluten have the dominant position in the production of vegetable proteins. Concerning the processes applied for the production of meat analogues, extrusion is the process with the largest application, in contrast to shear cell technology which is less applied, while spinning technologies are still in their infancy. Meat substitutes may be prone to microbial spoilages, due to their high level of water activity (approximately 1) but also due to the nutrients they contain. These changes are similar to those for meat products, so it is recommended that meat substitutes to be stored and packaged in similar conditions to those of conventional meat. In terms of human health, meat substitutes have a clear advantage over meat products because they have multiple benefits such as anti-cancer action. The environmental factor is also discussed in this review, with meat substitutes having the minimum environmental impact compared to conventional meat products. The popularity of meat substitutes is constantly increasing, especially in European countries, while Asia is likely to be a market for the export of these products in the future. Meat substitutes have some limitations concerning their sensory properties, especially the simulation of meat taste and smell. In conclusion, meat substitutes are products that can offer many benefits to human health and the environment, and it would therefore be very important to be included in the human diet.

4 Εισαγωγή

Η παγκόσμια κοινότητα αντιμετωπίζει την πρόκληση της παροχής επαρκούς ποσότητας τροφίμων για τον συνεχώς αυξανόμενο πληθυσμό του πλανήτη. Τον 20^ο αιώνα πραγματοποιήθηκε διατροφική μετάβαση, η οποία έθεσε ως βασική πηγή πρωτεΐνης τα ζώα, παγκοσμίως (Delgado et al., 2001, Grigg, 1995). Η παραγωγή πρωτεϊνούχων τροφίμων θα πρέπει να αυξηθεί σημαντικά έτσι ώστε να συντηρήσει την αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού και την ευημερία του στις επόμενες δεκαετίες. Παρόλα αυτά, προϊόντα ζωικής προέλευσης και πιο συγκεκριμένα το κρέας, δημιουργούν περιβαλλοντικά προβλήματα καθώς απαιτούν μεγάλες ποσότητες νερού και γης, συνεισφέρουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, και οι απαιτήσεις τους σε ενέργεια είναι υψηλές (Steinfeld et al., 2006). Επίσης, δημιουργούν ανησυχίες σχετικά με την ανθρώπινη υγεία αλλά και στην ευημερία των ζώων (Sadler, 2004, VK Joshi & Kumar, 2015, Tziva et al., 2020, Shimshony & Chaudry, 2005).

Η ποσότητα φυτικής πρωτεΐνης που απαιτείται για την παραγωγή ζωικής πρωτεΐνης είναι δυσανάλογα μεγάλη. Κατά μέσο όρο, απαιτούνται 6 kg φυτικής πρωτεΐνης για 1 kg ζωικής πρωτεΐνης (Aiking, 2011, Pimentel & Pimentel, 2003). Αντίστοιχα, οι απαιτούμενες ποσότητες είναι 3.3, 6.4 και 25 kg για πουλερικά, χοιρινά και μοσχάρια (Alexander et al., 2016). Είναι εμφανές ότι οι παραπάνω παράγοντες οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η κατανάλωση κρέατος είναι ανάγκη να μειωθεί (Clark et al., 2017, McAfee et al., 2010, Micha et al., 2010).

Αν και οι καταναλωτές γνωρίζουν τα ζητήματα που αφορούν το περιβάλλον, την ευημερία των ζώων και για την ανθρώπινη υγεία, μόλις ένα μικρό ποσοστό του πληθυσμού επιλέγει χορτοφαγική διατροφή (Stiftung, Boll, H., Terre, A. de la Alvarez-Kalverkamp et al., 2014). Οι περισσότεροι άνθρωποι καταναλώνουν κρέας διότι είναι εύγεστο, υγιεινό και θρεπτικό και είναι βαθιά ενσωματωμένο σε πολλούς πολιτισμούς (Schösler et al., 2012).

Συνεπώς, είναι απαραίτητο να δημιουργηθούν προϊόντα τα οποία θα μειώσουν την κατανάλωση του κρέατος, τα οποία θα είναι κατάλληλα δομημένα και θα αποτελούν υποκατάστατα κρέατος, όπως είναι για παράδειγμα το tofu, tempeh, seitan, kinema τα οποία παράγονται και καταναλώνονται στην ανατολική Ασία για αιώνες (Birgit L. Dekkers et al 2018).

Τα υποκατάστατα κρέατος ή ανάλογα κρέατος, τα οποία μπορούν να αντικαταστήσουν το κρέας ως προς τη λειτουργικότητά του, είναι προϊόντα με παρόμοιες ιδιότητες με το κρέας και μπορούν επίσης να υποστούν προετοιμασία από τους καταναλωτές σαν να ήταν κρέας. Η ομοιότητα των προϊόντων αυτών με το κρέας με όρους όπως η εμφάνιση, η γεύση, η οσμή και η υφή παίζουν μεγάλο ρόλο στην αποδοχή των προϊόντων αυτών από τους καταναλωτές οι οποίοι επιλέγουν κυρίως το κρέας (Hoek, Luning, et al., 2011).

Χωρίς αμφιβολία, η ζήτηση για εναλλακτικές πηγές πρωτεΐνης εξαπλώνεται παγκοσμίως. Χώρες της Ευρώπης, και πιο συγκεκριμένα χώρες όπως Γαλλία, Γερμανία, Ολλανδία, Ηνωμένο Βασίλειο, Σουηδία και Ιταλία βρίσκονται στην κορυφή της έρευνας και της καινοτομίας για τα υποκατάστατα κρέατος, ενώ αντιπροσωπεύουν το 40% των πωλήσεων παγκοσμίως (Askew, 2017). Βεβαίως, η έρευνα και ανάπτυξη της παραγωγής υποκατάστατων κρέατος είναι συνεχής και η ανάπτυξη αυτή αναμένεται να προσφέρει πολλές ευκαιρίες σε όσους έχουν σκοπό να εισέλθουν στην αγορά αυτή στο μέλλον (Kyriakopoulou et al 2019).

5 Παραδοσιακές εναλλακτικές λύσεις για το κρέας

5.1 Tofu

Η κατανάλωση των σπόρων σόγιας πραγματοποιείται παραδοσιακά σε μεγάλες ποσότητες, στον κόσμο, και ειδικότερα στην Ασία. Το πήγμα της σόγιας, ή αλλιώς tofu, αποτελεί προϊόν υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη, το οποίο καταναλώνεται ευρέως σε χώρες της Ασίας και πιο συγκεκριμένα από ανθρώπους που είναι χορτοφάγοι/(vegetarians) (VK Joshi & Kumar, 2015). Σύμφωνα με τον Tsai et al (1981), οι κατηγορίες του tofu είναι 3 και συγκεκριμένα είναι το μαλακό, το σκληρό και το ξηρό tofu. Το μαλακό tofu, όπως λέει και το όνομά του, έχει μαλακή υφή και είναι υπερβολικά μαλακό για να μπορέσει να κοπεί. Συνηθίζεται γενικά να καταναλώνεται με την προσθήκη σάλτσας σόγιας. Το σκληρό tofu είναι σκληρότερο από το μαλακό και κατά την παραγωγή του πιέζει προς τα έξω περισσότερο νερό. Συνεπώς, η υφή του είναι σταθερότερη, η ποσότητα του νερού είναι μικρότερη και φυσικά είναι εφικτό να κοπεί σε ένα μεγάλο εύρος μεγεθών ώστε να μαγειρευτεί και να τηγανιστεί. Το ξηρό tofu, αποτελεί την σταθερότερη ποικιλία κινέζικου tofu. Συνήθως το ξηρό tofu δέχεται βρασμό μέσα σε ένα μείγμα από σάλτσα σόγιας και ποικιλίας καρυκευμάτων για να χαρακτηριστεί ως αλμυρό tofu. Παρατηρείται ότι το συγκεκριμένο tofu παρουσιάζει μια ευρεία χρωματική περιοχή, η οποία αρχίζει από ανοικτό καφέ έως σκούρο καφέ. Αναφέρεται ότι το tofu αυτό είχε λαστιχωτή και κρεατώδη υφή όπως η δομημένη πρωτεΐνη σόγιας (textured soy protein) (TSP) (Tsai et al., 1981).

Το tofu προετοιμάζεται μέσω της πρωτεϊνικής πήξης του θερμαινόμενου γάλακτος με ένα πηκτικό μέσο ($\text{CaSO}_4, \text{MgCl}_2$) ακολουθούμενο από τοποθέτηση σε καλούπια και συμπίεση του πήγματος για να δημιουργήσει την επιθυμητή υφή (VK Joshi & Kumar, 2015, Cai & Chang, 1999). Σύμφωνα με τον VK Joshi και Kumar (2015), το tofu αποτελείται από 8% πρωτεΐνες, 4-5% λιπίδια και περίπου 2% από υδατάνθρακες με βάση το καθαρό βάρος. Επίσης το tofu έχει μεγάλη διατροφική αξία καθώς περιέχει περίπου 1% διαιτητικές ίνες, η χοληστερόλη απουσιάζει, και είναι χαμηλής ενεργειακής αξίας. Η διατροφική αυτή αξία επεκτείνεται με την υψηλή περιεκτικότητα σε βιταμίνες και μέταλλα (VK Joshi & Kumar, 2015).



Εικόνα 1: Προϊόν Firm tofu (King International Pty Ltd, Αυστραλία) Kingland and Pureland Tofu (kingintl.com.au)



Εικόνα 2: Προϊόν Silken tofu (King International Pty Ltd, Αυστραλία) Kingland and Pureland Tofu (kingintl.com.au)

5.2 Tempeh

Το tempeh είναι ένα ζυμωμένο προϊόν που παράγεται από σπόρους σόγιας οι οποίοι έχουν διαβραχεί και έχει υποστεί βρασμό για να μαλακώσουν (Astuti et al., 2000). Σύμφωνα με τον Dinesh Babu et al (2009), όπως η ζύμη του ψωμιού, και το tempeh απαιτεί ένα αρχικό υπόστρωμα, το οποίο θα προστεθεί στους μαγειρεμένους σπόρους. Το μείγμα αφήνεται για 24 h και το αποτέλεσμα είναι ένα σταθερό προϊόν με γεύση που θυμίζει καρύδια και υφή παρόμοια με μανιταριού (Dinesh Babu et al., 2009).

Καθώς το tempeh είναι σταθερό προϊόν, χρησιμοποιείται σαν υποκατάστατο ζωικών προϊόντων (M.J.R. Nout & F.M. Rombouts, 1990). Αυτό το προϊόν με βάση την σόγια, στην Ινδονησία είναι δημοφιλές και θεωρείται εθνική σπεσιαλιτέ. Φυσικά, η κατανάλωση του tempeh αυξάνεται με ταχύτατους ρυθμούς, όχι μόνο στην Ινδονησία αλλά και στις Ηνωμένες Πολιτείες και στην Ευρώπη. Το tempeh είναι ένα προϊόν πλούσιο σε πρωτεΐνες, διατροφικές ίνες αλλά και θρεπτικές ουσίες. Ακόμα, έχει το πλεονέκτημα ότι περιέχει βιταμίνη B-12, η οποία είναι υποπροϊόν της διεργασίας της ζύμωσης (Dinesh Babu et al., 2009).

Σύμφωνα με τον Dinesh Babu et al (2009), το tempeh είναι το αποτέλεσμα μιας ζύμωσης μικτής καλλιέργειας από μια διαφορετική ομάδα μικροοργανισμών που περιέχουν μύκητες, ζύμες, βακτήρια του γαλακτικού οξέος και διαφορετικά gram αρνητικά βακτήρια. Ως κυρίαρχος μύκητας είναι ο *Rhizopus oligosporus* (Dinesh Babu et al, 2009). Φυσικά, υπάρχουν και άλλοι μύκητες όπως ο *Rhizopus oryzae* και μερικά *Mucor spp*, οι οποίοι έχουν την δυνατότητα να συνεισφέρουν στην υφή, στην γεύση και στην διατροφική αξία (Wiesel et al., 1997).



Εικόνα 3: Προϊόν tempeh (Nout and Kiers 2005)



Εικόνα 4: Συσκευασία προϊόντος Tempeh (πάνω) και το προϊόν σεβριτισμένο σε πιάτο έτοιμο για κατανάλωση (κάτω) (Turtle Island Foods, ΗΠΑ)

<http://www.tofurky.com/index.html#>

5.3 Kinema

Το kinema είναι ένα τρώσιμο μη αλατισμένο και αλκαλικό, που το υπόστρωμα του είναι στερεό, το οποίο έχει υποστεί ζύμωση. Είναι προϊόν το οποίο καταναλώνεται παραδοσιακά από κατοίκους του Νεπάλ, του Μπουτάν και της Ινδίας (VK Joshi & Kumar, 2015). Το kinema σερβίρεται ως ένα εύγεστο, χαμηλού κόστους πρωτεϊνικό συμπλήρωμα του ρυζιού και ως υποκατάστατο του κρέατος και του ψαριού (Sarkar & Tamang, 1994). Ο *Bacillus* spp είναι εκείνος που προκαλεί ζύμωση, ο οποίοςς μικροοργανισμός συχνά προκαλεί αλκαλικότητα και την επιθυμητή κολλητικότητα στο προϊόν. Γενικότερα, η περιεκτικότητα σε υγρασία του kinema είναι στο 62% σε ξηρό βάρος, περιείχε 48% πρωτεΐνες, 17% λίπος, 28% υδατάνθρακες και 7% τέφρα (VK Joshi & Kumar, 2015). Αναφέρεται ότι, η κατάλληλη ποικιλία για την παραγωγή του kinema είναι από κίτρινους σπόρους σόγιας, σε αντίθεση με τους καφέ ή μαύρους σπόρους (Sarkar & Tamang, 1994). Ένα σύνολο από 502 βακτηριακά στελέχη που αντιπροσωπεύουν τους *Bacillus subtilis* και *Enterococcus faecium*, και ένα σύνολο από 198 στελέχη ζυμών που αντιπροσωπεύουν τις *Candida parapsilosis* και *Geotrichum candidum* απομονώθηκαν από 50 δείγματα του kinema. Ο *Bacillus subtilis* ήταν ο μόνος μικροοργανισμός που ανακτήθηκε από ωμούς σπόρους σόγιας (Sarkar & Tamang & Cook & Owens, 1994). Σύμφωνα με Tamang και Nikkuni (1996), για τον συγκεκριμένο μικροοργανισμό αναφέρεται ότι ήταν ο κύριος μικροοργανισμός της ζύμωσης για το kinema, και ότι οι άλλοι μικροοργανισμοί δεν έχουν ρόλο στην ζύμωση (Tamang J.P & Nikkuni, 1996). Η ποιότητα των παραδοσιακά παρασκευασμένων kinema παρουσιάζει σημαντική διακύμανση λόγω του ποικίλου χρόνου ζύμωσης, της θερμοκρασίας και το μικροβιακό προφίλ, γεγονός που το χαρακτηρίζει ασταθές προϊόν (Tamang J.P & Nikkuni, 1996).

5.4 Seitan

Το seitan είναι γνωστό συχνά ως “κρέας σίτου” ή “γλουτένη σίτου”, και αποτελεί ένα ακόμη κοινό χορτοφαγικό υποκατάστατο κρέατος. Η γλοιαδίνη και η γλουτενίνη είναι τα κύρια πρωτεϊνικά συστατικά που σχηματίζουν τη γλουτένη, τα οποία συστατικά απομονώνονται από τον σίτο ξεπλένοντας την ζύμη σιταριού μέχρι τα συστατικά του αμύλου και του πίτουρου να έχουν ξεπλυθεί με αποτέλεσμα τη λήψη μιας ιξωδοελαστικής μάζας (Schmidinger, 2012, VK Joshi & Kumar, 2015). Το seitan είναι μια από τις πιο αποδοτικές και απλές πρώτες ύλες για την παραγωγή χορτοφαγικών λουκάνικων, “κοτομπουκιών” (nuggets), μπιφτεκιών, σνίτσελ, καθώς και κιμά. Αναφέρεται ότι, η παραγωγή του seitan είναι δυνατόν να συμβεί σε διεθνές επίπεδο, διότι η καλλιέργεια του σιταριού είναι εγγενής και πραγματοποιείται στην πλειονότητα των χωρών σε όλο τον κόσμο (Schmidinger, 2012). Η συνοχή του seitan είναι εξαιρετικά παρόμοια με τις ινώδεις ίνες που συνθέτουν τη συνοχή του κρέατος (Schmidinger, 2012). Το seitan μπορεί να είναι καρυκευμένο και προετοιμασμένο με μια μεγάλη ποικιλία μεθόδων. Κατά την προετοιμασία, ένας κατάλληλος αναγωγικός παράγοντας, πρωτεάση ή γλουταθειόνη μπορεί να προστεθεί για να κόψει τους πεπτιδικούς δεσμούς της ελαστικής γλουτένης σίτου σύμφωνα με τις επιθυμητές φυσικές ιδιότητες (VK Joshi & Kumar, 2015).

Για την διατροφική αξία του seitan αναφέρεται από τους Anwar & El-Chaghaby 2019 ότι για το ωμό seitan η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες ήταν 34.27%, υδατάνθρακες 15.24%, λιπίδια 0.78%, ίνες 0.16%, τέφρα 0.25%. Για το μαγειρεμένο seitan με αλεύρι σίτου ισχύει ότι η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη είναι 21.71%, υδατάνθρακες 22.17%, λιπίδια 6.40%, ίνες 0.02%, τέφρα 1.40%. Για το μαγειρεμένο seitan με αλεύρι ρεβιθιών ισχύει ότι η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη είναι 24.52%, υδατάνθρακες 16.82%, λιπίδια 5.09%, ίνες 0.36%, τέφρα 1.62% (Anwar & El-Chaghaby, 2019). Επίσης, για την διατροφική αξία του seitan, αναφέρεται από την εταιρεία Topas το προϊόν Vegan Seitan Medallions, όπου η διατροφική του αξία για μερίδα των 100g είναι 207 kcal, υδατάνθρακες 4.1%, λίπος 6.6%, πρωτεΐνη 31.4% και αλάτι 1.9%.

5.5 Quorn

Σύμφωνα με τους VK Joshi & Kumar (2015), το Quorn είναι το εμπορικό όνομα των τροφίμων που παράγονται από μυκοπρωτεΐνη (*Fusarium venenatum*) (VK Joshi & Kumar, 2015). Ο μύκητας *Fusarium venenatum* A3/5 (ATCCPTA-2684) που παλαιότερα αναγνωρίζονταν ως *Fusarium graminearum* A3/5 (M.G. Wiebe, 2002, O'Donnell et al., 1998, Yoder & Christianson, 1998). Στα τέλη της δεκαετίας του 1960 πραγματοποιήθηκε έρευνα για πρώτη φορά που αφορούσε τη χρήση μυκοπρωτεΐνης ως πιθανή πηγή πρωτεΐνης για ανθρώπινη κατανάλωση από την βρετανική εταιρεία Rank Hovis McDougall (RHM) (M.G. Wiebe, 2002). Ακολούθησαν περισσότερα από 15 χρόνια έρευνας, ανάπτυξης και ελέγχων τοξικότητας πριν από την έγκριση του νέου προϊόντος διατροφής από το βρετανικό υπουργείο Γεωργίας, Αλιείας και Τροφίμων (MAFF) (Marilyn G. Wiebe, 2004). Η εταιρεία αναζητούσε την ανάπτυξη μια μικροβιακής πηγής πρωτεΐνης, η οποία θα ήταν εύγεστη, θα σύμφερε οικονομικά η παραγωγή της και θα ήταν εύκολη η παραγωγή της με βάση το άμυλο ή την γλυκόζη. Ανακάλυψαν ότι ο νηματοειδής μύκητας παρήγαγε προϊόν με την κατάλληλη υφή και ο *F. Venenatum* A3/5, επιλέχθηκε ως ο καλύτερος μύκητας για περαιτέρω ανάπτυξη προϊόντων μετά από τρία χρόνια διαλογής περίπου 3000 διαφορετικών μυκήτων (M.G. Wiebe, 2002). Για την ένταξη στην αγορά της μυκοπρωτεΐνης από *F.venenatum* A3/5, ήταν απαραίτητο για την RHM να επενδύσει 12 χρόνια στην έρευνα για την ασφάλεια του μικροοργανισμού, το οποίο σημαίνει η πιθανότητα να αποτελεί εκείνος παθογόνος μικροοργανισμός, και για την ασφάλεια του προϊόντος μετατρέποντας την μυκοπρωτεΐνη στο πιο προσεκτικά δοκιμασμένο προϊόν στην ευρωπαϊκή αγορά (Marilyn G. Wiebe, 2004)(M.G. Wiebe, 2002). Οι μυκοπρωτεΐνες που παράχθηκαν από *F.venenatum* A3/5 έγιναν αποδεκτές από το MAFF προς πώληση από το Ηνωμένο Βασίλειο το 1984, αλλά οι δοκιμές για την τοξικότητα συνεχίστηκαν, όπως και οι έρευνες για αλλεργικές αντιδράσεις (M.G. Wiebe, 2002, Marilyn G. Wiebe, 2004, Tee et al., 1993). Συγκεκριμένα, αναφέρεται ότι η μυκοπρωτεΐνη θα μπορούσε να καταναλωθεί από εργαστηριακά ζώα και ανθρώπους εθελοντές χωρίς επιβλαβείς επιδράσεις εάν μειωθεί η περιεκτικότητα του RNA των κυττάρων (Marilyn G. Wiebe, 2004).



Εικόνα 5: Προϊόντα Quorn (Φωτογραφία από την Marlow Foods)(Marilyn G. Wiebe, 2004)
[Vegetarian & Vegan Products, Meat Free Recipes & News | Quorn](#)

6 Σύσταση των υποκατάστατων κρέατος

Στην σημερινή εποχή υπάρχει η τάση για κατανάλωση προϊόντων που μοιάζουν με το κρέας, το λεγόμενο υποκατάστατο ή ανάλογο κρέατος, ώστε να προσφερθεί στο κοινό μια ελκυστική εναλλακτική λύση για το κρέας. Η μεγαλύτερη πρόκληση που έχουν οι παραγωγοί τροφίμων είναι η ανάπτυξη μιας αποδεκτής γεύσης και υφής για τα υποκατάστατα κρέατος. Εάν δοθεί μια γρήγορη ματιά στα ήδη υπάρχοντα υποκατάστατα κρέατος, παρατηρείται ότι τα χαρακτηριστικά τους, γεύση, χρώμα, υφή κτλ, εξαρτώνται από τα συστατικά που χρησιμοποιούνται (Kyriakopoulou et al 2019).

Όσον αφορά την περιεκτικότητα σε διατροφικά στοιχεία αναφέρεται ότι ένα υποκατάστατο κρέατος περιέχει μεγάλη ποσότητα νερού σε ποσοστό 50-80%, δομημένη φυτική πρωτεΐνη σε ποσοστό 10-25% , μη δομημένη πρωτεΐνη σε ποσοστό 4-20%, αρωματικές ύλες σε ποσοστό 3-10%, λίπος σε ποσοστό 0-15%, συνδετικούς παράγοντες σε ποσοστό 1-5% και χρωστικούς παράγοντες σε ποσοστό 0-0.5% (Kyriakopoulou et al 2019). Επίσης αναφέρεται για την περιεκτικότητα σε διατροφικά στοιχεία από τους Fresan et al (2019) ότι τα υποκατάστατα κρέατος έχουν καλή ποσότητα πρωτεΐνης 20-25 g ανά 100 g που αντιπροσωπεύει το 35-55% της ημερήσιας τιμής αναφοράς ενηλίκων (Daily Reference Value). Αναφέρεται ότι τα υποκατάστατα κρέατος είναι χαμηλά σε κορεσμένα λίπη (λιγότερο από 2g/100 g) και δεν έχουν χοληστερόλη. Τα επίπεδα νατρίου σε μερίδες των 100g αναλόγου κρέατος ήταν περίπου κατά μέσο όρο 7-12% του ανώτατου ορίου της ημερήσιας πρόσληψης νατρίου (Fresán et al., 2019). Τα ανάλογα κρέατος με βάση την σόγια είναι πλούσια σε ω3 λιπαρά οξέα και με σημαντικά μέταλλα όπως σίδηρος και ψευδάργυρος. Επίσης, τα προϊόντα αυτά περιέχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε αρκετές από τις βιταμίνες B, καθώς περιέχουν και ισοφλαβονοειδή που προάγουν την υγεία. Επιπλέον, παρατηρώντας το προφίλ των αμινοξέων της σόγιας συμπεραίνεται ότι είναι μια πλήρης πηγή πρωτεΐνης, που περιέχει και τα 9 απαραίτητα αμινοξέα, τα οποία είναι αναγκαία για την διατροφή του ανθρώπου (Fresán et al., 2019, Singh et al., 2008). Τα ανάλογα κρέατος με βάση τα καρύδια ήταν πλούσια σε υγιή μονοακόρεστα λιπαρά οξέα και η τακτική κατανάλωση ξηρών καρπών έχει συσχετιστεί με οφέλη για την υγεία σε πολλές μελέτες (De Souza et al., 2017, Fresán et al., 2019).

Η υψηλή περιεκτικότητα σε νερό, όχι μόνο μειώνει το κόστος του παραγόμενου προϊόντος, αλλά παρέχει και την επιθυμητή υγρασία, δρα ως πλαστικοποιητής κατά την διάρκεια της επεξεργασίας και συνεισφέρει στην γαλακτωματοποίηση. Η λήψη των επιθυμητών

χαρακτηριστικών των υποκατάστατων κρέατος, όπως η υφή, η αίσθηση στο στόμα, η εμφάνιση δεν εξασφαλίζονται μόνο με την προσθήκη πρωτεΐνης, η οποία γίνεται για θρεπτικούς σκοπούς, γεγονός που επεξηγεί την προτίμηση της χρήσεως δομημένων πρωτεϊνών (Kyriakopoulou et al 2019). Η αντικατάσταση κρέατος με χρήση δομημένων πρωτεϊνών μπορεί να συμβεί δύο τρόπους. Αναφέρεται ότι, από την μια πλευρά γίνεται ανάμιξη των δομημένων πρωτεϊνών με το κρέας (meat extender), ενώ από την άλλη πραγματοποιείται πλήρης αντικατάσταση του κρέατος από δομημένες πρωτεΐνες με υφή για να σχηματίσουν πλήρως χορτοφαγικά προϊόντα (Riaz & Texas, 2004), προϊόντα τα οποία απασχολούν την συγκεκριμένη εργασία. Τα meat extenders, όταν υποστούν θερμική επεξεργασία (πχ μαγείρεμα), δεν μοιάζουν με το κρέας στην εμφάνιση, υφή και γεύση, αλλά όταν γίνει ανάμιξη με το κρέας βελτιώνονται οι συνολικές λειτουργικές ιδιότητες του τρόφιμου. Από την άλλη πλευρά, τα ανάλογα κρέατος έχουν στόχο να μοιάζουν στην εμφάνιση, γεύση, υφή και στο χρώμα του κρέατος ως σύνολο όταν ενυδατώνονται και μαγειρεύονται χωρίς συστατικά που περιέχουν κρέας (Riaz & Texas, 2004, Singh et al., 2008). Επομένως, δευτερεύοντα συστατικά ή χημικές ουσίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την βελτίωση της τελικής υφής ή να βοηθήσουν στην δημιουργία υφής των πρώτων υλών. Οι απομονωμένες πρωτεΐνες και τα πρωτεϊνικά συμπυκνώματα σόγιας (Soy protein isolates and concentrates), η γλουτένη σίτου, το ασπράδι αυγού και άλλοι συνδετικοί παράγοντες όπως άμυλα και υδροκολλοειδή προστίθενται για να βελτιώσουν ιδιότητες όπως η ικανότητα συγκράτησης νερού, την υφή και τις ιδιότητες γαλακτωματοποίησης εντός του προϊόντος, καθώς και να επηρεάσουν συνθήκες επεξεργασίας (Kyriakopoulou et al 2019). Τέλος οι Hoek et al (2011) αναφέρουν ότι, η υφή, η γεύση και η εμφάνιση του προϊόντος έχουν καθοριστικό ρόλο για την αποδοχή του από τον καταναλωτή (Hoek, Luning, et al., 2011).

6.1 Κατηγορίες Πρωτεϊνών

Οι πρωτεΐνες που βρίσκονται στα τρόφιμα αποτελούν ένα από τα πιο σημαντικά συστατικά της διατροφής του ανθρώπου για πολλούς λόγους, όπως η διατροφική τους συμβολή και άλλες συγκεκριμένες λειτουργίες. Η αύξηση της ζήτησης και η ανάγκη προμήθειας πρωτεϊνών τροφίμων από συμβατικές πηγές, δημιούργησαν την ανάγκη διερεύνησης μη συμβατικών πηγών πρωτεΐνης και έτσι διερευνήθηκε η περιεκτικότητα τους σε πρωτεΐνες, η λειτουργικότητα και η πιθανή εφαρμογή τους (Haque, M.A., Timilsena, Y.P., 2016).

Αναφέρεται από τους Haque et al (2016) ότι η σύγχρονη αγορά πρωτεϊνών αποτελείται κυρίως από πρωτεΐνες του γάλακτος, του σιταριού και της σόγιας, αν και υπάρχει έντονο ενδιαφέρον από τις βιομηχανίες να ανακαλύψουν νέες εμπορικές εφαρμογές για άλλες πρωτεΐνες (πχ σαρκοπλασματικές, αιμοσφαιρίνες, πρωτεΐνη πλάσματος, κολλαγόνο, ελαστίνη, φύκη, μυκοπρωτεΐνες) (Haque, M.A., Timilsena, Y.P., 2016). Η πραγματική ζήτηση για νέες λειτουργικές πρωτεΐνες καθορίζεται από αρκετούς παράγοντες, όπως η τιμή, η διαθεσιμότητα, η καταλληλότητα ενσωμάτωσης σε νέα προϊόντα και πιο σημαντικά, οι λειτουργικές τους ιδιότητες (Haque, M.A., Timilsena, Y.P., 2016, Kyriakopoulou et al 2019).

Οι λειτουργικές ιδιότητες των πρωτεϊνών, είναι απαραίτητες για τον σχηματισμό δομής των υποκατάστατων κρέατος. Οι λειτουργικές ιδιότητες περιλαμβάνουν την ικανότητα συγκράτησης νερού και ελαίου, τον αφρισμό, την ικανότητα γαλακτωματοποίησης, τη διαλυτότητα, τις ιδιότητες ζελατινοποίησης κλπ. Οι λειτουργικές ιδιότητες καθορίζονται από τον τύπο της πρωτεΐνης (δηλαδή από την χημική σύνθεση, την αλληλουχία των αμινοξέων, τη δευτεροταγή δομή και τις ανώτερης τάξης δομές). Φυσικά, η δομή της πρωτεΐνης είναι δυνατόν να μεταβληθεί μέσω περιβαλλοντικών παραγόντων όπως θερμοκρασία, pH, ιοντική ισχύς κτλ, με συνέπεια να αλλάζουν και οι λειτουργικότητές της (Kyriakopoulou et al 2019).

Η έρευνα για την εύρεση νέων πρωτεϊνών βασίζεται στην κατανόηση της σχέσης διεργασίας-δομής-λειτουργίας των πρωτεϊνών και πως μπορούν να βελτιώσουν την ποιότητα και την λειτουργικότητα αυτών καθαυτών και των τροφίμων που βρίσκονται (Haque, M.A., Timilsena, Y.P., 2016). Έως τώρα, ως κυρίαρχη θεωρείται η πρωτεΐνη της σόγιας στα ανάλογα κρέατος λόγω των χαμηλών τιμών της και των ειδικών ιδιοτήτων της. Φυσικά, εκτός από την σόγια για την παραγωγή ανάλογων κρέατος, υπάρχουν πρωτεΐνες και από άλλες καλλιέργειες ελαιούχων σπόρων, καθώς και πρωτεΐνες που παράγονται με τη διαδικασία της ζύμωσης με βάση ποικίλα υποστρώματα και μικροοργανισμούς, τα οποία έχουν ήδη ενσωματωθεί στην παραγωγή αναλόγων κρέατος (Kim et al., 2011). Επίσης οι Kumar et al (2017) αναφέρουν ότι διερευνώνται τρόποι για βιομηχανική παραγωγή υποκατάστατων κρέατος από πρόδρομα υλικά τα οποία είναι πλούσια σε πρωτεΐνες όπως, για παράδειγμα το ρύζι, το σιτάρι, ο αραβόσιτος, απολιπασμένοι ελαιούχοι σπόροι, δημητριακά και αλεύρια φασολιών, γεύματα και παράγωγα (πχ απολιπασμένο αλεύρι σόγιας, συμπυκνώματα πρωτεΐνης σόγιας, αλεύρι σίτου) (Kumar et al., 2017). Τέλος, τα φύκια αποτελούν νέες πιθανές πηγές πρωτεϊνών αλλά δεν έχουν αξιοποιηθεί για δημιουργία δομημένων πρωτεϊνών στην παραγωγή υποκατάστατων κρέατος (Kyriakopoulou et al 2019). Στον Πίνακα 1 συνοψίζονται οι κύριες πηγές φυτικών πρωτεϊνών.

Πίνακας 1: Κύριες πηγές φυτικών πρωτεϊνών (Kyriakopoulou et al 2019)

Πηγή	Είδη
Πρωτεΐνες ελαιούχου σπόρου	Σόγια, ελαιοκράμβη / canola, βαμβακόσπορος, φυστίκη/αραχίδα, ηλιόσπορος, σουσάμι, λιναρόσπορος, Κενταύριο (safflower)
Πρωτεΐνη δημητριακών	Σίτος, καλαμπόκι, ρύζι, κριθάρι, βρώμη, σόργο (sorghum) και αμάραντος σιτηρών
Πρωτεΐνη οσπρίων	Φασόλια, ρεβίθια, γκουάρ (guar), φακές, λούπινα(lupines) και μιτζέλια
Πρωτεΐνες φύλλων	Αλφάλφα, λουκέρνη, καπνός, μουριά, γρασίδι, ζαχαροκάλαμο, ζαχαρότευτλα και τριφύλλια

6.2 Πρωτεΐνη σόγιας

Η σόγια μπορεί να χρησιμοποιηθεί με 3 τρόπους σε συνταγές υποκατάστατων κρέατος. Συγκεκριμένα, υπάρχουν τα αλεύρια σόγιας (soy flour), συμπυκνώματα πρωτεϊνών σόγιας (soy protein concentrate) και απομονωμένη πρωτεΐνη σόγιας (soy protein isolate). Οι λειτουργικές ιδιότητες όπως ικανότητα συγκράτησης νερού, ικανότητα σχηματισμού πηκτής, η ικανότητα γαλακτωματοποίησης και απορρόφησης λίπους, καθιστούν τα συστατικά σόγιας ως τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα συστατικά υποκατάστατων κρέατος (Kyriakopoulou et al 2019).

Τα άλευρα και η χονδροαλεσμένη σόγια (grits) είναι οι λιγότερο εξευγενισμένες μορφές πρωτεϊνών, τα οποία ποικίλλουν ως προς την περιεκτικότητα λίπους, στο μέγεθος σωματιδίων, στην υφή και στον βαθμό θερμικής επεξεργασίας. Στα αλεύρια, γίνεται άλεση των νιφάδων σόγιας σε μέγεθος 0.157mm ή λεπτότερα, ενώ οι κόκκοι είναι πιο χονδροί. Για τα υλικά αυτά, η ελάχιστη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες κυμαίνεται σε 40-54%, ανάλογα με την περιεκτικότητα σε λιπαρά (Singh et al., 2008, Wolf, 1970).

Για τα συμπυκνώματα πρωτεΐνης σόγιας ισχύει σύμφωνα με τους Singh et al (2008) ότι είναι πιο εξευγενισμένα από το αλεύρι και τους κόκκους σόγιας και περιέχουν τουλάχιστον 70% περισσότερες πρωτεΐνες σε ξηρή βάση. Αναφέρεται ότι τα συμπυκνώματα πρωτεΐνης σόγιας μπορούν να παρασκευαστούν από απολιπανθείσες νιφάδες ή αλεύρι απομακρύνοντας τους ολιγοσακχαρίτες, μέρους της τέφρας και μερικών δευτερευόντων συστατικών με εφαρμογή μιας από τρεις μεθόδους που αναφέρονται παρακάτω (Singh et al., 2008).

Συγκεκριμένα, οι μέθοδοι είναι η εκχύλιση νιφάδων με υδατική αιθυλική αλκοόλη 20-80%, η όξινη έκπλυση των νιφάδων ή του αλευριού, και η μετουσίωση της πρωτεΐνης με υγρή θερμότητα και εκχύλιση με νερό (Riaz, 2011, Singh et al., 2008, Lusas & Rhee, 1995). Αν και τα συμπυκνώματα που παρασκευάζονται με οποιαδήποτε από αυτές τις μεθόδους περιέχουν, όπως αναφέρθηκε, τουλάχιστον 70% πρωτεΐνες, οι φυσικές τους ιδιότητες διαφέρουν ανάλογα με την μέθοδο παρασκευής (Wolf, 1970). Παρατηρήθηκε μειωμένο επίπεδο γεύσης στα υποκατάστατα κρέατος που παρασκευάστηκαν με χρήση συμπυκνωμάτων πρωτεΐνης σόγιας σε σύγκριση με αλεύρια και κόκκους, καθώς οι διαδικασίες συμπύκνωσης αφαιρούν ορισμένα από τα συστατικά γεύσης (Singh et al., 2008).

Σύμφωνα με τους Singh et al (2008), οι πιο εξευγενισμένες μορφές πρωτεϊνών σόγιας είναι τα προϊόντα απομόνωσης, τα οποία περιέχουν τουλάχιστον 90% πρωτεΐνες (Singh et al., 2008). Υπάρχουν διάφοροι τρόποι παραγωγής απομονωμένης πρωτεΐνης σόγιας, παρόλα αυτά η μόνη διεργασία που χρησιμοποιείται σήμερα είναι η εκχύλιση χωρίς λίπους νιφάδων σόγιας ή αλεύρου σόγιας με νερό, ακολουθούμενη από φυγοκέντρηση (Riaz, 2011). Τα προϊόντα απομόνωσης είναι δυνατόν να περιέχουν περισσότερο από 95% πρωτεΐνη, αλλά περιέχουν 2-5% τέφρα και 3-4% ελάσσονα συστατικά. Τα προϊόντα απομόνωσης σόγιας αλλά και τα συμπυκνώματα, παρέχουν πολύ συμπυκνωμένες πηγές πρωτεΐνης, υψηλή περιεκτικότητα σε λυσίνη, ήπια γεύση και μείωση των σακχάρων, τα οποία μπορούν να οδηγήσουν στην βελτίωση της εικόνας του τελικού προϊόντος (Singh et al., 2008).

Επιπλέον οι Singh et al 2008 αναφέρουν ότι, ένα γενικό όρο αποτελεί ο όρος ‘δομημένη πρωτεΐνη σόγιας ή texturized soy protein (TSP), ο οποίος αναφέρεται σε χωρίς λίπος άλευρα ή συμπυκνώματα σόγιας που υποβάλλονται σε μηχανική επεξεργασία με εξωθητήρες για την λήψη ελαστικών υφών που μοιάζουν με το κρέας όταν ενυδατώνονται και μαγειρεύονται (Singh et al., 2008). Χρειάζεται να αναφερθεί ότι πριν την ενυδάτωση του TSP έχουμε το προϊόν δομημένης φυτικής πρωτεΐνης (texturized vegetable protein TVP), ή αλλιώς κρέας σόγιας. Το TVP παράγεται με θερμή εξώθηση απολιπανθέντων πρωτεϊνών σόγιας, όπου οι μετουσιωμένες πρωτεΐνες δίνουν υφές TVP παρόμοιες με το κρέας. Το ινώδες, αδιάλυτο και πορώδες TVP είναι ικανό να απορροφήσει νερό και άλλα υγρά σε πολλαπλάσιο του βάρους του (VK Joshi & Kumar, 2015).

6.3 Γλουτένη σίτου

Σύμφωνα με τον Riaz (2011), από τις διάφορες πηγές δημητριακών, το πιο συνηθισμένο συστατικό το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί ως φυτική πρωτεΐνη είναι η γλουτένη από σίτο. Η γλουτένη σίτου και το άμυλο σίτου είναι οικονομικώς σημαντικά προϊόντα που παράγονται κατά την υγρή επεξεργασία του αλεύρου σίτου (Riaz, 2011). Οι Peter R Shewry et al (2003) αναφέρουν ότι η γλουτένη παράγεται συνήθως με έκπλυση του ζυμαριού, το οποίο παρασκευάστηκε από λευκό αλεύρι με νερό. Προκύπτει ένα κλάσμα το οποίο περιέχει περίπου 70% πρωτεΐνη, ενώ το υπόλοιπο αποτελείται από λιπίδια, άμυλο και άλλα συστατικά. Η παραγόμενη γλουτένη σχηματίζει με αυτό τον τρόπο μια ιξωδοελαστική μάζα, παρόλα αυτά, όμως, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η γλουτένη σχηματίζει ένα συνεχές διασπαρμένο δίκτυο στο ζυμάρι (Peter R Shewry, Nigel G Halford, 2003). Συγκεκριμένα, για την ανάπτυξη ενός τρισδιάστατου δικτύου, απαραίτητο χαρακτηριστικό της γλουτένης σίτου αποτελεί ο σχηματισμός των διαμοριακών δισουλφιδικών δεσμών (Ooms et al., 2018), καθιστώντας την γλουτένη βασικό συστατικό για σχηματισμό ινώδους δομής (Krintiras et al., 2015, Nawrocka et al., 2017, Pietsch et al., 2017, Kyriakopoulou et al 2019). Οι πρωτεΐνες της γλουτένης χωρίζονται σε διαλυτά σε αλκοόλη (γλοιαδίνες) και σε αδιάλυτα (γλουτενίνες) κλάσματα, τα οποία διαχωρίζονται περαιτέρω με ηλεκτροφόρηση (Peter R Shewry, Nigel G Halford, 2003). Μέσω τεχνολογίας εξώθησης αναπτύχθηκε η δομημένη γλουτένη σίτου, η οποία μπορεί να μιμηθεί το στοματικό αίσθημα, το μάσημα και τη γεύση του κρέατος. Τα συγκεκριμένα προϊόντα κρέατος που δημιουργήθηκαν με αυτή την διαδικασία είναι κατάλληλα για έτοιμα φαγητά, ως γέμιση σάντουιτς ή για γαρνιτούρες πίτσας και σαλάτας. Επίσης η γλουτένη έχει δράση συνδετικού υλικού και παρέχει σε ‘veggie burgers’ δομή τύπου κρέατος (Day et al., 2006).

6.4 Πρωτεΐνη οσπρίων

Σύμφωνα με τους Kyriakopoulou et al (2019), οι πρωτεΐνες οσπρίων, όπως αρακάς, ρεβίθια, φακές, λούπινο και άλλοι τύποι φασολιών, εξετάστηκαν ως προς τις λειτουργικές ιδιότητές τους (γαλακτωματοποίηση, σχηματισμός πηκτής, σχηματισμός αφρού), με την πιο υποσχόμενη για ανάλογα κρέατος να αποτελεί η πρωτεΐνη από αρακά, η οποία πρωτεΐνη

δομείται με εξώθηση υψηλής υγρασίας. Ωστόσο, οι δομές με βάση τον αρακά είναι πιο μαλακές σε σύγκριση με προϊόντα με βάση τη σόγια (Kyriakopoulou et al 2019). Επομένως, διερευνάται πώς είναι δυνατόν η αντοχή του πήγματος να αυξηθεί μέσω τροποποίησης δεσμών υδρογόνου, (Sun & Arntfield, 2012), ή βελτιστοποιώντας τις συνθήκες της επεξεργασίας, όπως είναι η θερμοκρασία, το μέγεθος των σωματιδίων πρωτεΐνης κτλ (Osen et al., 2014). Αναφέρεται από την έρευνα των Sun & Arntfield (2012) ότι υπάρχουν καλές ενδείξεις ότι για την πρωτεΐνη αρακά που απομονώνεται με εκχύλιση άλατος και καταβυθίζεται με αραίωση, οι μη ομοιοπολικοί δεσμοί έχουν βασικό ρόλο στο σχηματισμό πηκτής και δεν απαιτούνται δισουλφιδικοί δεσμοί για το σχηματισμό πηκτής. Υπό ορισμένες συνθήκες αναφέρεται ότι οι δισουλφιδικοί δεσμοί είχαν έναν μικρό ρόλο. Ο ρόλος αυτός αποδείχθηκε ότι επηρεάζει την ελαστικότητα της πηκτής, αλλά όχι την ακαμψία της. Ενώ οι ηλεκτροστατικές και υδρόφοβες αλληλεπιδράσεις συνέβαλλαν στην αρχική ανάπτυξη της δομής κατά τον σχηματισμό πηκτής, οι δεσμοί υδρογόνου φάνηκαν να είναι υπεύθυνοι για την ενίσχυση της πηκτής κατά την ψύξη (Sun & Arntfield, 2012).

Από τα ευρήματα των Osen et al (2014), τα προϊόντα απομόνωσης πρωτεΐνης αρακά είναι πολύτιμα συστατικά πρωτεΐνης για την ανάπτυξη εναλλακτικών κρέατος πλήρους μυός, δημιουργώντας έτσι ένα ευρύ φάσμα προϊόντων για διαφορετικές απαιτήσεις καταναλωτών (Osen et al., 2014).

Ο αρακάς είναι πλούσιος σε πρωτεΐνες (23.1-30.9 %) και υδατάνθρακες, χαμηλός σε λιπαρά, και περιέχει έναν σημαντικό αριθμό από μέταλλα και βιταμίνες (Boye J & Zare et al., 2010, Lam et al., 2018). Οι δυο κυρίαρχες κατηγορίες πρωτεϊνών στον αρακά είναι οι αλβουμίνες και οι γλοβουλίνες, που αντιπροσωπεύουν το 10-20% και 70-80% αντίστοιχα, της συνολικής πρωτεΐνης που βρίσκεται στον σπόρο (Lam et al., 2018, Asli Can Karaca, Nicholas Low, 2011).

Από την έρευνα των Boye et al (2010) πάνω σε ρεβίθια, φακές και λούπινο, παρατηρήθηκε ότι αυτά τα όσπρια έδειξαν καλή ικανότητα γαλακτωματοποίησης και σταθεροποίησης αφρού, που ήταν συγκρίσιμες με αυτές της σόγιας (Boye J.I & Aksayet al., 2010). Όμως, σύμφωνα με τους Batista et al (2005), οι πρωτεΐνες αυτές παρουσιάζουν χαμηλότερη ικανότητα σχηματισμού πηκτής από τη σόγια (Batista et al., 2005), με εξαίρεση την πρωτεΐνη από ρεβίθια (Boye J.I & Aksay et al., 2010).

6.5 Άλλες πρωτεΐνες από ελαιούχους σπόρους

Η χρήση πρωτεϊνών ελαιούχων σπόρων σε τροφές ανθρώπων και ζώων έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια, λόγω της βελτιωμένης τεχνολογίας επεξεργασίας και των βελτιωμένων λειτουργικών ιδιοτήτων στα άλευρα, τα συμπυκνώματα πρωτεϊνών και τα προϊόντα απομόνωσης πρωτεΐνης (Sosulski, 1979). Πρωτεΐνες από ελαιούχους σπόρους λαμβάνονται από την ελαιοκράμβη και την κανόλα, με την ελαιοκράμβη να αποτελεί μια από τις πιο σημαντικές καλλιέργειες ελαιούχων σπόρων (Yoshie-Stark et al., 2008). Σύμφωνα με τους Naczk et al (1998) η παγκόσμια παραγωγή ελαιοκράμβης, συμπεριλαμβανομένων και των ποικιλιών κανόλα, κατατάσσεται τρίτη στις καλλιέργειες ελαιούχων σπόρων (Naczk et al., 1998). Η σταυραντίνη (12S γλοβουλίνη) και η ναπίνη (2S αλβουμίνη) είναι οι κύριες πρωτεΐνες που εντοπίζονται στην απομονωμένη ελαιοκράμβη (Larré et al., 2006). Όταν εφαρμόζεται υψηλή θερμοκρασία ή πίεση σε πρωτεΐνες ελαιοκράμβης είναι ικανές να σχηματίσουν πηκτή που μπορούν να προάγουν υφές που θυμίζουν το κρέας (He et al., 2014).. Η κανόλα αναμεμειγμένη με κ-καρραγενάνη, είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία πολύ ισχυρών και ελαστικών δικτύων που δείχνουν ότι η πρωτεΐνη κανόλα είναι ικανή να δράσει ως δομικός παράγοντας (F.O. Uruakpa, 2004). Επίσης σύμφωνα με τους He et al (2014), υπάρχει το προϊόν απομόνωσης πρωτεΐνης ελαιοκράμβης που παράγεται κανονικά από άλεσμα ελαιοκράμβης και θεωρείται κατάλληλη πηγή διαιτητικής πρωτεΐνης, σε σύγκριση με άλλους σπόρους οσπρίων, λόγω της υψηλής βιοδιαθεσιμότητας και της εξαιρετικής ισορροπίας που επιτυγχάνεται μεταξύ της βασικής σύνθεσης των αμινοξέων, όπως είναι τα υψηλά επίπεδα λυσίνης, μεθειονίνης και κυστεΐνης (He et al., 2014, Tan et al., 2011). Ακόμα, οι He et al (2014) αναφέρουν ότι υπάρχουν αρκετές έρευνες που επιβεβαιώνουν ότι το προϊόν απομόνωσης πρωτεΐνης ελαιοκράμβης έχει κάποιες καλές λειτουργικές ιδιότητες, όπως ικανότητα συγκράτησης νερού, ικανότητα δέσμευσης ελαίου και ικανότητα γαλακτωματοποίησης (He et al., 2014). Σε αυτή την κατηγορία πρωτεϊνών βρίσκονται και οι πρωτεΐνες ηλίανθου που έχουν οργανοληπτικές και λειτουργικές ιδιότητες, οι οποίες είναι ικανές να διευρύνουν το φάσμα των χρήσεων σε τρόφιμα για συμπυκνωμένες πρωτεΐνες σπόρων (Sosulski, 1979). Επίσης, ο Sosulski (1979) αναφέρει ότι σε δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν για τις λειτουργικές ιδιότητες των πρωτεϊνών του ηλίανθου, αποδείχθηκε ότι έχουν ικανοποιητική απορρόφηση νερού και υψηλά χαρακτηριστικά γαλακτωματοποίησης ελαίου, τα οποία χαρακτηριστικά είναι πιθανό να συνδέονται με την εξαιρετική ευελιξία και σταθερότητα αφρού των πρωτεϊνών ηλίανθου (Sosulski, 1979).

6.6 Λίπη και έλαια

Σύμφωνα με τους Benjamin M Bohrer (2019) αναφέρεται ότι παραδοσιακά, τα υποκατάστατα κρέατος έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε λιπίδια. Στην πράξη παρατηρείται ότι η περιεκτικότητα των σύγχρονων αναλόγων κρέατος είναι περίπου ίση με τα παραδοσιακά προϊόντα κρέατος (Benjamin M. Bohrer, 2019). Γενικά, μια ποικιλία από συστατικά λιπιδίων (λίπη/έλαια) χρησιμοποιείται για την παραγωγή υποκατάστατων κρέατος. Τα συστατικά λιπιδίων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή σύγχρονων υποκατάστατων κρέατος είναι το έλαιο κανόλα (ελαιοκράμβη), έλαιο καρύδας, ηλιέλαιο, αραβοσιτέλαιο, σησαμέλαιο, βούτυρο κακάο, και πολλές άλλες πηγές φυτικών ελαίων. Στο έλαιο κανόλα, επικρατούν τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα με περιεκτικότητα 63,28g μονοακόρεστου λίπους/100g προϊόντος, στο έλαιο καρύδας επικρατούν τα κορεσμένα λιπαρά οξέα με 82,48g κορεσμένου λίπους/100g προϊόντος, στο αραβοσιτέλαιο επικρατούν τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα με 57,14g πολυακόρεστου λίπους/100g προϊόντος (Benjamin M. Bohrer, 2019). Το ηλιέλαιο μπορεί να διαφέρει σε μεγάλο βαθμό στην σύνθεση των λιπαρών οξέων, με μια τυπική συνταγή να αναφέρει ότι επικρατούν τα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα με 53,33g μονοακόρεστου/100g προϊόντος (Benjamin M. Bohrer, 2019).

Υπάρχουν διάφορα πλεονεκτήματα με την προσθήκη λίπους ή φυτικού ελαίου σε υποκατάστατα κρέατος καθώς, τα συστατικά αυτά συμβάλουν στο χυμώδες, στην τρυφερότητα, την αίσθηση στο στόμα και την απελευθέρωση της γεύσης του τροφίμου. Τα παραπάνω αποτελούν πολύ σημαντικούς παράγοντες για τους καταναλωτές που επιλέγουν προϊόντα κρέατος (Kyriakopoulou et al 2019).

Επιπλέον, η προσθήκη συστατικών λίπους/ελαίου κατά την διάρκεια της επεξεργασίας, επηρεάζει τον σχηματισμό των ινωδών δομών. Έρευνες έδειξαν ότι, κατά την διάρκεια της επεξεργασίας με εξώθηση, οι τυποποιήσεις που είχαν τουλάχιστον 15% κ.β περιεκτικότητα ελαίου, οδηγήθηκαν σε λίπανση του υλικού, η οποία επηρέασε αρνητικά την ευθυγράμμιση των μακρομορίων (Gwiazda et al., 1987, Kyriakopoulou et al 2019). Σύμφωνα με τους Cheftel et al (1992), η λίπανση αυτή είναι ικανή να μετατρέψει το προϊόν σε πιο ολισθηρό, με αποτέλεσμα να υπάρχουν επιπτώσεις στις δυνάμεις διάτμησης που δρουν κατά την διάρκεια της εξώθησης (Cheftel et al., 1992).

6.7 Συνδετικοί παράγοντες (Binding agents)

Σύμφωνα με τους Kyriakopoulou et al (2019), οι συνδετικοί παράγοντες σε ένα ανάλογο κρέατος είναι δυνατόν να αποτελούν συστατικά φυτικής ή ζωικής προέλευσης τα οποία χρησιμεύουν τόσο σαν συνδετικά ύδατος όσο και σαν συνδετικά λίπους. Τέτοια συστατικά είναι η απομονωμένη πρωτεΐνη σόγιας και το συμπύκνωμα πρωτεΐνης σόγιας, η γλουτένη σίτου, καρραγενάνη, πρωτεΐνες γάλακτος, αυγά, κόμμι ξανθάνης και άλλα συστατικά (Kyriakopoulou et al 2019). Ανάλογα με τις ποσότητες, τα συστατικά αυτά είναι δυνατόν να δράσουν ως συνδετικοί παράγοντες για τα υποκατάστατα κρέατος αλλά και ως meat extenders. Τα συστατικά που περιέχουν υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες έχουν ως βασικό ρόλο την δέσμευση νερού και τον σχηματισμό δικτύου πρωτεϊνών, ενώ συστατικά όπως άλευρα και άμυλα, που διαθέτουν χαμηλό ή καθόλου επίπεδο πρωτεΐνης, έχουν τον ρόλο των πληρωτικών (fillers) παρά τις ιδιότητες δέσμευσης νερού και λίπους μέσω φυσικής παγίδευσης (Kyriakopoulou et al 2019).

Σύμφωνα με τους Agora et al (2017), τα χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος επηρεάζονται από την συγκέντρωση των συνδετικών παραγόντων. Σε αυτή την έρευνα μελετήθηκε η επίδραση της καρραγενάνης, του συμπυκνώματος πρωτεΐνης σόγιας, της καζεΐνης και του κόμμι ξανθάνης σε ανάλογα λουκάνικων με βάση τα μανιτάρια παρασκευασμένα με κορεσμένο λίπος 5% (Agora et al., 2017). Η μελέτη αυτή έδειξε ότι όλοι οι συνδετικοί παράγοντες παρουσίασαν βελτίωση στις ιδιότητες δέσμευσης νερού και στη σταθερότητα του γαλακτώματος. Οι φυσικές ιδιότητες και οι ιδιότητες υφής των λουκάνικων με βάση τα μανιτάρια βελτιώθηκαν, με την αύξηση της συγκέντρωσης των συνδετικών παραγόντων. Καλύτερα αποτελέσματα στη μείωση της απώλειας καθαρισμού, στην απώλεια μαγειρέματος και στην αύξηση της σταθερότητας του γαλακτώματος έδειξε η καρραγενάνη, βελτιώνοντας με αυτό τον τρόπο την συνολική απόδοση της διαδικασίας. Υποσχόμενα αποτελέσματα έδειξαν τα δείγματα με πρόσθετο κόμμι ξανθάνης για την παροχή ιδιοτήτων δέσμευσης νερού (Agora et al., 2017).

Για την γλουτένη σίτου αναφέρεται ότι θεωρείται πολλά υποσχόμενη συνδετική ουσία, λόγω της συνεκτικής και ιξωδοελαστικής της φύσης και παρουσιάζει δυνατότητες δέσμευσης, σχηματισμού ζυμαριού και διόγκωσης (M.A. Asgar, A. Fazilah, Nurul Huda, Rajeev Bhat, 2010, Nawrocka et al., 2017). Ακόμη, η γλουτένη σίτου μειώνει τις απώλειες μαγειρέματος κατά την επεξεργασία και την προετοιμασία και βελτιώνει τα χαρακτηριστικά του τεμαχισμού (Malav et al., 2015).

Άλλα συστατικά που έχουν χρησιμοποιηθεί είναι τα αλεύρια σόγιας, τα συμπυκνώματα σόγιας και τα προϊόντα απομόνωσης σόγιας, με το προϊόν απομόνωσης να προτιμάται περισσότερο, καθώς απουσιάζει η γεύση φασιολιού (beany taste) (Kyriakopoulou et al 2019).

6.8 Αρωματικά και ενισχυτικά γεύσης

Η αποδοχή των υποκατάστατων κρέατος από τον μέσο καταναλωτή βασίζεται σε σημαντικό βαθμό από την γεύση τους και το άρωμα τους (Kyriakopoulou et al 2019). Από τους Kumar et al (2017) τονίζεται ότι η γεύση είναι μια οργανοληπτική ιδιότητα που καθορίζει την αποδοχή ενός τροφίμου, με το ανάλογο κρέατος να έχει την απαίτηση της κρεατώδους γεύσης στο στόμα (Kumar et al., 2017). Για τα ανάλογα κρέατος χρησιμοποιούνται σήμερα αλμυρά καρυκεύματα, αλμυρές γευστικές-οσμηρές ουσίες καθώς και πρόδρομοι τους, χρησιμοποιούνται επί του παρόντος μαζί με σύμπλοκα σιδήρου, για παράδειγμα σιδηρούχος χλωροφυλλίνη (ferrous chlorophyllin) ή πρωτεΐνες που περιέχουν αίμη (Fraser et al., 2017, Kyriakopoulou et al 2019).

Υπάρχουν αρκετές έρευνες υπό εξέλιξη για την ανάπτυξη τεχνητών γεύσεων κρέατος (Kumar et al., 2017). Σε μια από αυτές αναφέρεται ότι ενισχύθηκε η γεύση υποκατάστατων κρέατος μέσω προϊόντων φυτικής πρωτεΐνης και χημικών καρυκευμάτων (5-ριβονουκλεοτίδια και γλουταμινικό οξύ) (Kumar et al., 2017). Μια άλλη έρευνα από τους Hsieh et al (1980) αναφέρει ότι μέσω μεθοδολογίας επιφανειακής απόκρισης αναπτύχθηκε μια συνθετική γεύση κρέατος, η οποία μεθοδολογία αποτελούνταν από ένα μείγμα απλών σακχάρων, αμινοξέων, γλυκοπρωτεΐνης, γλουταμινικού νατρίου και άλατος, με το λίπος να αποτελεί προαιρετικό συστατικό. Σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη της γεύσης έπαιξαν τα αμινοξέα που περιέχουν θείο και τα απλά σάκχαρα, ενώ τα άλλα συστατικά είτε κάλυψαν την έντονη γεύση του θείου είτε αύξησαν την γεύση του κρέατος (Hsieh et al., 1980).

Κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας με εξώθηση η ανάπτυξη του αρώματος είναι μια πολύπλοκη διαδικασία λόγω των φυσικοχημικών αλλαγών που λαμβάνουν χώρα κατά την διάρκεια της επεξεργασίας. Οι χημικές αλλαγές των πρώτων υλών κατά την θέρμανση επηρεάζουν τα αρώματα και τα μπαχαρικά που προστίθενται στο προρυθμισμένο μίγμα (premix). Επίσης, ανάλογα με την φύση αυτών των ενώσεων, είναι δυνατόν να εμφανιστούν πολύπλοκες χημικές αντιδράσεις, ενώ με εφαρμογή υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης

πτητικά συστατικά απελευθερώνονται από το υλικό που οδηγεί σε αλλαγές στην αντίληψη της γεύσης (Kyriakopoulou et al 2019).

Η θερμική επεξεργασία μαζί με αλλαγές στην οργανοληπτική εμφάνιση του προϊόντος, προωθεί τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των συστατικών γεύσης όπως άλατα, σάκχαρα και όξινες ενώσεις με το πρωτεϊνικό δίκτυο που επηρεάζει τη δομή του προϊόντος και τον σχηματισμό υφής (Kyriakopoulou et al 2019). Για παράδειγμα υπάρχει η χημική αντίδραση Maillard που είναι ικανή να δημιουργήσει νέες χαρακτηριστικές αρωματικές ουσίες από αμινοξέα και σάκχαρα. Η αντίδραση Maillard είναι η μη ενζυμική αμαύρωση των τροφίμων, είναι θεμελιώδους σημασίας για τους χημικούς τροφίμων και τους μεταποιητές τροφίμων, καθώς η αντίδραση αυτή συμβαίνει σχεδόν σε όλα τα τρόφιμα όταν θερμαίνονται. Είναι δυνατόν να συμβεί κατά την αποθήκευση ορισμένων προϊόντων σε θερμοκρασίες περιβάλλοντος ή χαμηλότερες (Ames, 1990). Αναφέρεται ότι ο συνδυασμός χρόνος-θερμοκρασία παίζει μεγάλο ρόλο για την αντίδραση Maillard, διότι ο κάθε συνδυασμός χρόνου-θερμοκρασίας δημιουργεί ένα μοναδικό άρωμα, το οποίο είναι πολύ πιθανό να μην μπορεί να δημιουργηθεί με άλλον συνδυασμό θερμικής επεξεργασίας (Ames, 1990).

Επιπλέον, υπάρχουν έρευνες που μελέτησαν τα συστατικά των πτητικών αρωμάτων που παράγονται κατά το μαγείρεμα του κρέατος (Moon et al., 2006, Varavinita et al 2000). Οι Wu et al (2000) παράγααν άρωμα που μοιάζει με κοτόπουλο αλλά και άρωμα που μοιάζει με μοσχαρίσιο κρέας από την ίδια ενζυμικά υδρολυμένη φυτική πρωτεΐνη με βάση τη σόγια επηρεάζοντας το pH των αντιδράσεων, ενώ ψημένα αρώματα φασολιού, σάλτσας μήλου, μελάσας, αυγού έγιναν αντιληπτά σε χαμηλή ένταση υπό βέλτιστες συνθήκες (Wu Y.F et al., 2000, Wu & Cadwallader, 2002). Στη συνέχεια, ενώσεις όπως φουράνια και θειοφαίνια (thiophenes) που περιέχουν θείο, διαθέτουν ισχυρά αρώματα τύπου κρέατος που μπορούν να γίνουν αντιληπτά σε εξαιρετικά χαμηλές τιμές (Mottram et al 1995).

6.9 Χρωστικοί παράγοντες

Το χρώμα των προϊόντων κρέατος θεωρείται συχνά το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό για την πρόθεση αγοράς από μέρους των καταναλωτών (Resurreccion, 2004, Benjamin M. Bohrer, 2019). Επομένως, ένα ανάλογο κρέατος πρέπει να έχει παρόμοιο χρώμα με το κρέας, με τους χρωστικούς παράγοντες να αποτελούν ένα σημαντικό πρόσθετο στο προϊόν κρέατος

(Kyriakopoulou et al 2019). Εκτός από το χαρακτηριστικό χρώμα των ωμών προϊόντων κρέατος, για παράδειγμα έντονο κερασοκόκκινο για το βόειο κρέας, ροδοκόκκινο για το χοιρινό και γαλαζωπό λευκό για τα πουλερικά, το χρώμα των προϊόντων κρέατος υφίσταται μεταβολές κατά το μαγείρεμα καθώς οι πρωτεΐνες που είναι υπεύθυνες για το χαρακτηριστικό χρώμα του κρέατος (κυρίως μυοσφαιρίνη) υφίστανται χημικές μεταβολές (Mancini & Hunt, 2005, Benjamin M. Bohrer, 2019).

Τα συστατικά τα οποία χρησιμοποιούνται στα σύγχρονα υποκατάστατα προϊόντα κρέατος που αφορούν τη βελτίωση του χαρακτηριστικού χρώματος των προϊόντων, ποικίλουν από προϊόν σε προϊόν. Σύμφωνα με την Kyriakopoulou et al (2019), επί του παρόντος χρησιμοποιούνται θερμοσταθερά συστατικά χρωματισμού, όπως χρώματα καραμέλας, βύνης ή annatto, turmin, κύμινο και καροτένιο (Kyriakopoulou et al 2019). Σύμφωνα με τους Benjamin M Bohrer et al (2019), τα συστατικά χρώματος πρέπει να είναι συγκρίσιμα με το προϊόν που προσομοιώνεται. Αναφέρονται παραδείγματα όπως το προϊόν Beyond Burger που χρησιμοποιεί εκχύλισμα χυμού τεύτλων, και το προϊόν Morning Stars Farms Burger που χρησιμοποιεί τομάτα (Benjamin M. Bohrer, 2019). Μια άλλη ιδέα που εφαρμόζεται για την επίτευξη επιθυμητού χρώματος των αναλόγων κρέατος, που θα είναι παρόμοιο με τα παραδοσιακά προϊόντα κρέατος, είναι η χρήση σαρκοπλασματικών πρωτεϊνών που έχουν αντίστοιχη χημική δομή με την πρωτεΐνη που δεσμεύει το σίδηρο και το οξυγόνο που βρίσκεται στον μυϊκό ιστό, η οποία πρωτεΐνη είναι η μυοσφαιρίνη (Benjamin M. Bohrer, 2019).

Όπως συμβαίνει και στο μαγείρεμα του κρέατος, ο μετασχηματισμός της νιτροζυλομυοσφαιρίνης (nitrosylmyoglobin) σε νιτροζυλόχρωμα (nitrosylhemochrome) έχει ως αποτέλεσμα αλλαγή χρώματος από κόκκινο σε ρόδινο σε θερμοκρασία περίπου 65°C. Τέτοιες μεταβολές του χρώματος κατά το μαγείρεμα μπορούν να αποβούν ωφέλιμες για τα ανάλογα κρέατος. Για τη δημιουργία χρώματος που να θυμίζει ωμό και μαγειρεμένο κρέας αντίστοιχα, οι θερμικά ασταθείς χρωστικές και τα ανάγοντα σάκχαρα χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό και ανάλογα με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος. Τα θερμικά ασταθή χρώματα υποβαθμίζονται σε υψηλές θερμοκρασίες (Kyriakopoulou et al 2019). Τα προτεινόμενα χρώματα για τα ανάλογα κρέατος περιλαμβάνουν εκχυλίσματα από βετανίνη (betanine) και από ρίζες τεύτλων (Kyriakopoulou et al 2019, Kyed, M.-H., Rusconi, 2009).

Επίσης, η αντίδραση Maillard, ή μη ενζυμική αμαύρωση, προκαλεί χρωματικές μεταβολές στο προϊόν (Ames, 1990). Η θερμική επεξεργασία προκαλεί την συγκεκριμένη αντίδραση, με εξαίρεση τα μικροκύματα, δημιουργώντας έτσι ένα πρόβλημα που καλείται να αντιμετωπίσει η βιομηχανία τροφίμων. Σε ορισμένες περιπτώσεις η χρωματική επίδραση της αντίδρασης αυτής είναι ανεπιθύμητη, όπως όταν σκουραίνει το χρώμα των αφυδατωμένων τροφίμων (Ames, 1990).

Σύμφωνα με την Kyriakopoulou et al (2019), παρά την διαθεσιμότητα που υπάρχει στις χρωστικές αλλά και τις μεθοδολογίες ενσωμάτωσης, το χρώμα των υποκατάστατων κρέατος δεν είναι πάντοτε υψηλής ποιότητας. Αυτό είναι δυνατόν να οφείλεται στο γεγονός ότι το βέλτιστο εύρος pH του χρώματος δεν συνάδει με το pH του υποκατάστατου κρέατος (Kyriakopoulou et al 2019). Μια λύση για την επίλυση αυτού του προβλήματος είναι η ρύθμιση του pH χρησιμοποιώντας μέσα οξύνσεως όπως είναι για παράδειγμα το κιτρικό οξύ, γαλακτικό οξύ, οξικό οξύ και συνδυασμοί τους (Orcutt et al., 2008). Ωστόσο, η χρησιμότητα ενός τέτοιου διαλύματος μπορεί να είναι περιορισμένη καθώς μια μεταβολή στο pH μεταβάλλει τις δομικές ιδιότητες της πρωτεΐνης καθώς και τη γεύση του τελικού προϊόντος. Επίσης, η ύπαρξη βοηθητικών κατακράτησης χρωμάτων όπως μαλτοδεξτρίνη και ένυδρο αλγινικό συνεισφέρουν στην αναστολή ή τον έλεγχο της μετανάστευσης χρώματος από τη χρωματισμένη δομή του αναλόγου κρέατος (Kyriakopoulou et al 2019, Orcutt et al., 2008).

7 Παραγωγική διαδικασία των υποκατάστατων κρέατος βασισμένων σε φυτικές πηγές

7.1 Η διεργασία της εξώθησης

Η εξώθηση είναι μια θερμο-μηχανική επεξεργασία η οποία είναι ικανή να συνδυάζει μια σειρά από βασικές φυσικές διεργασίες όπως ανάμειξη, μάλαξη, σχηματοποίηση, διάτμηση και μορφοποίηση. Αποτελεί μια επεξεργασία με την οποία ενυδατωμένα, επεκτάσιμα, αμυλούχα και πρωτεϊνούχα τρόφιμα πλαστικοποιούνται και ωθούνται μέσω ενός καλουπιού ή μήτρας με συνδυασμό θερμότητας, μηχανικής διάτμησης και πίεσης. Αναφέρεται ότι μια τυπική διάταξη ενός εξωθητήρα είναι η εξής: σύστημα προετοιμασίας, σύστημα τροφοδοσίας, ένα ή δυο κοχλίες, ένα χιτώνιο, μια μήτρα ή καλούπι και ένα μηχάνημα κοπής (Maurya & Said, 2014, Λάζος Ευάγγελος Σ., 2016).

Κατά την διαδικασία της εξώθησης, το ξηρό ή προετοιμασμένο υλικό στο οποίο έχει ρυθμιστεί η περιεκτικότητα υγρασίας, τροφοδοτείται στον εξωθητήρα μέσω τροφοδοτικού, φτάνοντας στην ζώνη τροφοδοσίας. Πηγαίνοντας από τη ζώνη τροφοδοσίας στον κοχλία το υλικό αναμειγνύεται, ομογενοποιείται και μεταφέρεται στη ζώνη συμπίεσης. Σε αυτή την ζώνη, ο κοχλίας έχει μειωμένο βάθος και κλίση, και πραγματοποιείται αύξηση του ρυθμού διάτμησης, της θερμοκρασίας και της πίεσης. Αυτή η μεταβολή στις συνθήκες επεξεργασίας μετατρέπει το στερεό υλικό σε υγρό τήγμα. Πριν από την έξοδο από τον εξωθητήρα, επιτυγχάνεται η μέγιστη θερμοκρασία και πίεση οδηγώντας σε άμεση μείωση του ιξώδους του εξωθημένου υλικού. Το υλικό υπό υψηλή πίεση αποβάλλεται από την μήτρα, και σε επαφή με ατμοσφαιρική πίεση, διαστέλλεται στην τελική του μορφή και ψύχεται γρήγορα (Maurya & Said, 2014, Kyriakopoulou et al 2019).

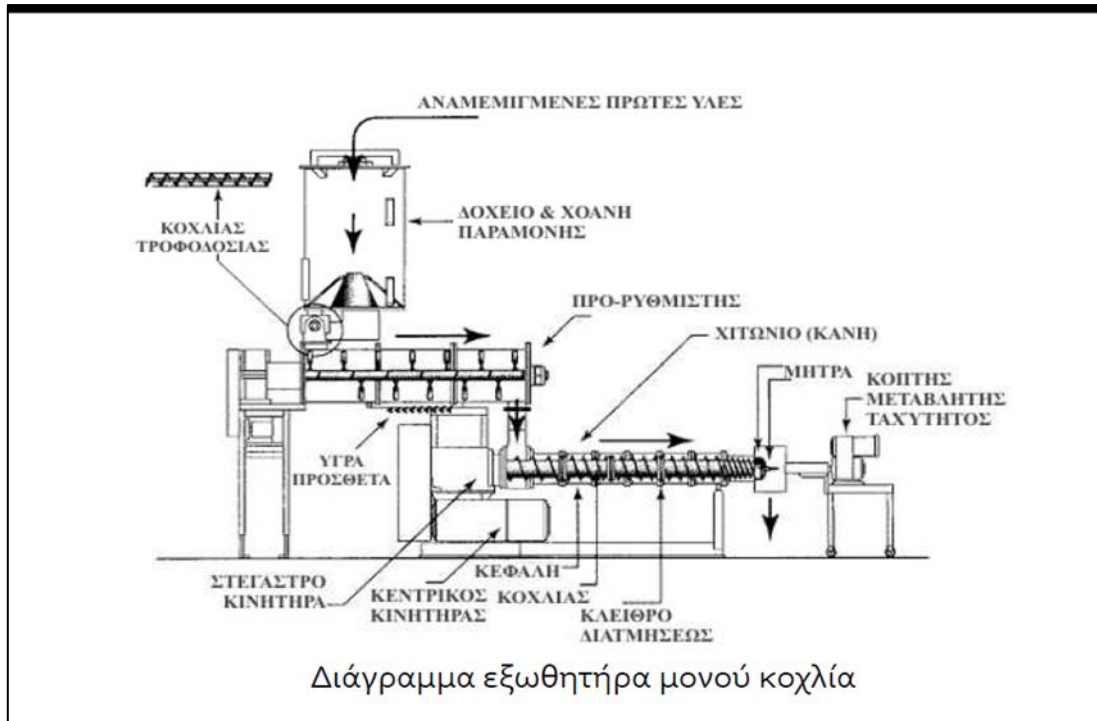
7.1.1 Τύποι εξωθητήρων

Υπάρχουν δυο τύποι εξωθητήρων που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή εξωθημένων προϊόντων: 1) εξωθητήρες μονού κοχλία, 2) εξωθητήρες διπλού κοχλία

7.1.2 Εξωθητήρες μονού κοχλία

Οι εξωθητήρες αυτοί έχουν μόνο έναν κοχλία (βίδα) και είναι οι πιο συνηθισμένοι εξωθητήρες στην βιομηχανία τροφίμων. Είναι δυνατόν να ταξινομηθούν με βάση διάφορα

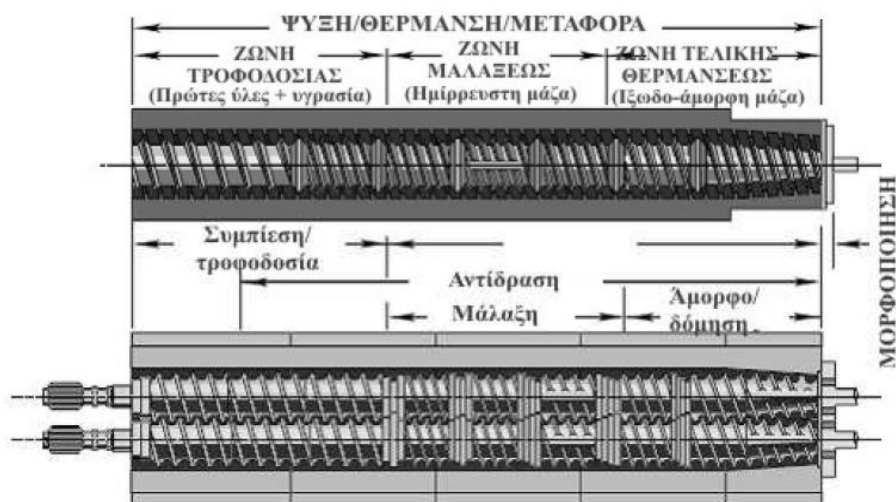
χαρακτηριστικά, όπως η περιεκτικότητα υγρασίας (ξηροί ή υγροί), συμπαγής ή τεμαχισμένος κοχλίας, επιθυμητός βαθμός διάτμησης και πηγή θερμότητας (Maurya & Said, 2014, Λάζος Ευάγγελος Σ., 2016).



Εικόνα 6: Εξωθητήρας μονού κοχλίας (Λάζος Ευάγγελος Σ., Λάζου Ανδριάνα Ε. 2016)

7.1.3 Εξωθητήρες διπλού κοχλίας

Αυτοί οι εξωθητήρες χρησιμοποιούνται για υψηλής υγρασίας εξώθηση, για προϊόντα τα οποία περιέχουν υψηλές ποσότητες συστατικών όπως λίπη, ίνες και για προϊόντα που θεωρούνται πιο εκλεπτυσμένα. Οι εξωθητήρες αυτοί αποτελούνται από δυο άξονες που περιστρέφονται μέσα σε ένα λείο χιτώνιο. Ανάλογα με την θέση των κοχλιών και την κατεύθυνση της περιστροφής τους, είναι δυνατόν να υπάρχουν 4 διαφορετικοί τύποι διαμορφώσεων: 1) συστρεφόμενοι ενδιάμεσοι κοχλίες, 2) συστρεφόμενοι μη ενδιάμεσοι κοχλίες, 3) αντιστρόφου περιστροφής ενδιάμεσοι κοχλίες, 4) αντιστρόφου περιστροφής μη ενδιάμεσοι κοχλίες (Maurya & Said, 2014).



Ζώνες επεξεργασίας σε εξωθητήρες μονού και διπλού κοχλίου

Εικόνα 7: Εξωθητήρας μονού κοχλίου (Πάνω), εξωθητήρας διπλού κοχλίου (Κάτω) (Λάζος Ευάγγελος Σ., Λάζου Ανδριάνα Ε. 2016)

7.1.4 Εξώθηση χαμηλής υγρασίας

Σύμφωνα με τον Riaz (2011), με τη χαμηλής υγρασίας εξώθηση, αλεύρια ή συμπυκνώματα με χαμηλή περιεκτικότητα υγρασίας μετατρέπονται σε δομημένες φυτικές πρωτεΐνες (textured vegetable proteins- TVP). Σε αυτή την διαδικασία, η προετοιμασία και η ψύξη δεν αποτελούν σημαντικά στάδια στην διαδικασία εξώθησης TVP (Riaz, 2011).

Τα υποκατάστατα κρέατος χαμηλής υγρασίας (low moisture meat analog LMMA) εξωθούνται μέσω εξωθητήρα διπλού κοχλίου χρησιμοποιώντας μια ειδική διαμόρφωση και μήτρα για να δημιουργηθεί μια πολυεπίπεδη/ινώδη δομή, η οποία δομή μπορεί να μιμηθεί την σύνθεση και την υφή κρέατος ολόκληρου μύος. Με ένα κοπτικό μηχάνημα, το προϊόν κόβεται στη μήτρα στο μέγεθος και σχήμα του τελικού προϊόντος και ξηραίνεται μετά από την εξώθηση για ευκολία χειρισμού, σταθερότητας και διατηρησιμότητας. Όσον αφορά το μέγεθος, το LMMA μπορεί να παρασκευαστεί με πάχος 12mm πάχος× 80mm πλάτος, ανάλογα με την εφαρμογή (Riaz, 2011).

Το συγκεκριμένο προϊόν ενυδατώνεται με νερό για να δημιουργήσει διάφορα είδη 'κρέατος'. Αφού πραγματοποιηθεί η ενυδάτωση, στην συνέχεια, η σύνθεση του είναι 60-70% υγρασία, 2-5% λιπαρά και 10-15% πρωτεΐνη. Κατά την ενυδάτωση, η δομή του είναι στρωματοποιημένη και ινώδης, και τα μεγέθη θυμίζουν το κρέας ολόκληρων μυών. Μετά την εξώθηση το LMMA, ξηραίνεται, ψύχεται και συσκευάζεται για αποθήκευση. Όταν κριθεί απαραίτητο, το προϊόν ενυδατώνεται ξανά και στην συνέχεια αρωματίζεται ή επικαλύπτεται με καρυκεύματα. Ένα τυπικό σκεύασμα LMMA περιέχει συμπυκνώματα σόγιας και προϊόν απομόνωσης σόγιας, που έχουν υψηλή διαλυτότητα, γλουτένη σίτου, αλεύρι σόγιας και λάδι από φυτική πηγή (Riaz, 2011).

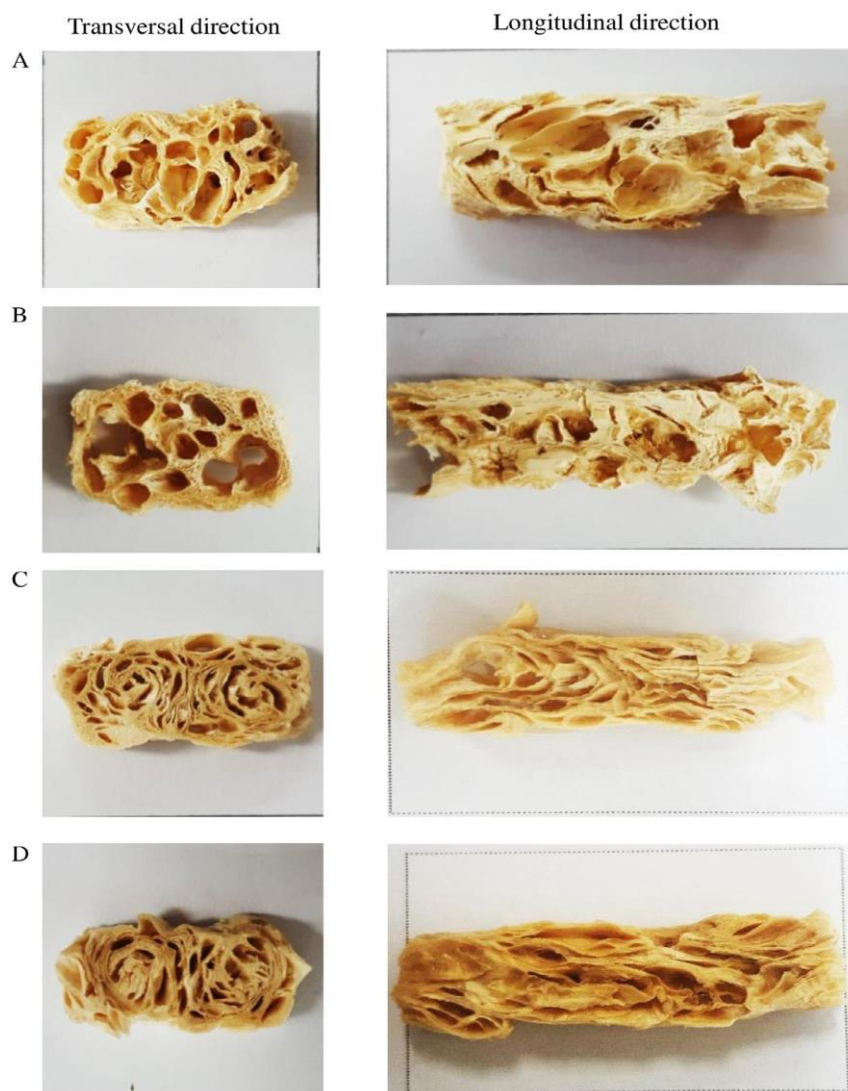


Εικόνα 8: Χαμηλής υγρασίας υποκατάστατο κρέατος LMMA (Riaz, 2011)

Για τα χαμηλής υγρασίας υποκατάστατα κρέατος οι Sasimaporn Samard et al (2019) ερεύνησαν μια συνταγή υποκατάστατων κρέατος αποτελούμενη από απομονωμένη πρωτεΐνη σόγιας (SPI), γλουτένη σίτου (WG) και άμυλο αραβοσίτου (CS). Στην περίπτωση που δεν προστίθενται η γλουτένη σίτου, η αναλογία SPI/CS ήταν 90/10 και αποτελούνταν από 59.12 gkg^{-1} υγρασία και 873.52 gkg^{-1} πρωτεΐνη. Στην περίπτωση που προστίθενται γλουτένη σίτου η αναλογία SPI/WG/CS ήταν 50/40/10 και αποτελούνταν από 63.92 gkg^{-1} υγρασία και 846.01 gkg^{-1} πρωτεΐνη. Αναφέρεται ότι εξετάστηκαν δυο ταχύτητες κοχλίας, συγκεκριμένα 150 και 200 rpm (Sasimaporn et al, 2019).

Για τα χαμηλής υγρασίας υποκατάστατα κρέατος LMMA αναφέρεται ότι με γυμνό μάτι ήταν εμφανής οι δομές τους που έμοιαζαν με σφουγγάρι, κατά την εγκάρσια (transversal) και διαμήκη (longitudinal) κατεύθυνση, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Η χαμηλή υγρασία τροφοδοσίας (300 gkg^{-1}), μαζί με μια μήτρα βραχείας σχισμής, παράγει πορώδη και διευρυμένα υποκατάστατα κρέατος. Στα LMMA παρατηρήθηκε ότι υπήρχε μεγάλος αριθμός κυψελών αέρα, οι οποίες κυψέλες αέρα είχαν μια ευρεία κατανομή, η οποία κατανομή

παρατηρήθηκε σε όλα τα LMMA. Ωστόσο, τα LMMA με προστιθέμενη γλουτένη σίτου [Εικόνα 9 (c) και (d)] είχαν ωσειδές σχήμα και μικρότερες φυσαλίδες από τα LMMA χωρίς γλουτένη σίτου [Εικόνα 9 (a) και (b)]. Επιπλέον, η εγκάρσια τομή των LMMA, με προστιθέμενη γλουτένη σίτου, σε σύγκριση με τα LMMA που δεν είχαν γλουτένη σίτου, παρουσίασε επιπλέον ινώδεις δομικές διατάξεις με τη μορφή μοναδικών σπειροειδών δομών. Αναφέρεται ότι το φαινόμενο αυτό μπορεί να αποδοθεί στις γλοιαδίνες και γλουτενίνες που βρίσκονται στην γλουτένη σίτου που περιέχουν ένδο- και δια-αλυσίδες δισουλφιδικών διασυνδέσεων (intra- and inter-chain disulfide cross-links), και δεσμούς υδρογόνου, ιόντων αλλά και υδρόφοβων δεσμών για την κατασκευή και συντήρηση ινωδών δομών. Είναι πιθανό οι σπειροειδής δομές να αποδίδονται λόγω χρήσης εξωθητήρα με διπλό κοχλία (Sasimarorn et al 2019).



Εικόνα 9: Φωτογραφίες υποκατάστατων κρέατος χαμηλής υγρασίας χωρίς γλουτένη σίτου που εξωθείται σε ταχύτητες κοχλία 150 (a) και 200 rpm (b), και υποκατάστατων με

προστιθέμενη γλουτένη σίτου στις ίδιες ταχύτητες κοχλία [150 (c) και 200 rpm (d)]
(Sasimaporn et al 2019).

7.1.5 Εξώθηση υψηλής υγρασίας

Σύμφωνα με τον Riaz (2011), τα υψηλής υγρασίας υποκατάστατα κρέατος (high moisture meat analogs HMMA), παρασκευάζονται επί του παρόντος σε διάφορες εμπορικές εγκαταστάσεις τόσο για ανθρώπινη κατανάλωση, όσο και για την βιομηχανία παραγωγής τροφίμων κατοικίδιων ζώων. Ένα HMMA σχεδιάζεται έτσι ώστε να μιμείται ιδιότητες όπως η υφή, η γεύση, το θρεπτικό προφίλ και την εμφάνιση ολόκληρου μυσός κρέατος, ειδικά για τα προϊόντα κρέατος που είναι άπαχα ή έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά (Riaz, 2011).

Το HMMA μπορεί να παρασκευαστεί σε διάφορα μεγέθη ξεκινώντας με 12mm πάχος × 80mm πλάτος όπως ήταν στην προηγούμενη περίπτωση με το LMMA. Έχει πυκνή στρωματοποίηση και κάπως ινώδη δομή παρόμοια με εκείνη που βρίσκεται σε ολόκληρα μυϊκά προϊόντα. Όπως αντίστοιχα και το LMMA έτσι και το HMMA περιέχει 60-70% υγρασία, 2-5% λάδι, 10-15% πρωτεΐνη. Στο LMMA οι τιμές αυτές προκύπτουν μετά από ενυδάτωση όπως αναφέρθηκε προηγουμένως. Το τρόφιμο, μόλις παρασκευαστεί πρέπει να καταψυχθεί για αποθήκευση λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε υγρασία ή να μεταφερθεί σε δοχεία για αύξηση του χρόνου ζωής.

Όσον αφορά την παραγωγή του αναφέρεται ότι εφαρμόζεται μια διαδικασία θερμής εξώθησης που βασίζεται σε έναν σχετικά μακρύ εξωθητήρα διπλού κοχλία για ανάμειξη και θέρμανση της μάζας πρωτεΐνης με 60-70% υγρασία. Αυτή η θερμή μάζα αντλείται από τον εξωθητήρα μέσω μιας μακριάς μήτρας ψύξης όπου συμβαίνει δημιουργία υφής. Εκτός από την δημιουργία της υφής, το προϊόν ψύχεται σε θερμοκρασία μικρότερη των 100°C προτού βγει από την μήτρα έτσι ώστε να μην υπάρξει διαστολή, με αποτέλεσμα ένα πολύ πυκνό προϊόν. Επιπλέον, επειδή το προϊόν ψύχεται και αποφεύγεται μεγάλη απώλεια ατμού, το HMMA είναι ένα προϊόν που έχει την δυνατότητα να αρωματιστεί επιτυχώς με ανάμειξη των αρωματικών συστατικών με το πρωτεϊνικό μείγμα.

Το προϊόν είναι ευπαθές όταν εξέρχεται από τον εξωθητήρα και πρέπει να υποστεί μεταχείριση όπως το πραγματικό κρέας. Είναι απαραίτητο να ψυχθεί, να διαμορφωθεί, να υποστεί επεξεργασία στην επιφάνεια και να καταψυχθεί. Αποστείρωση και ασηπτική ή

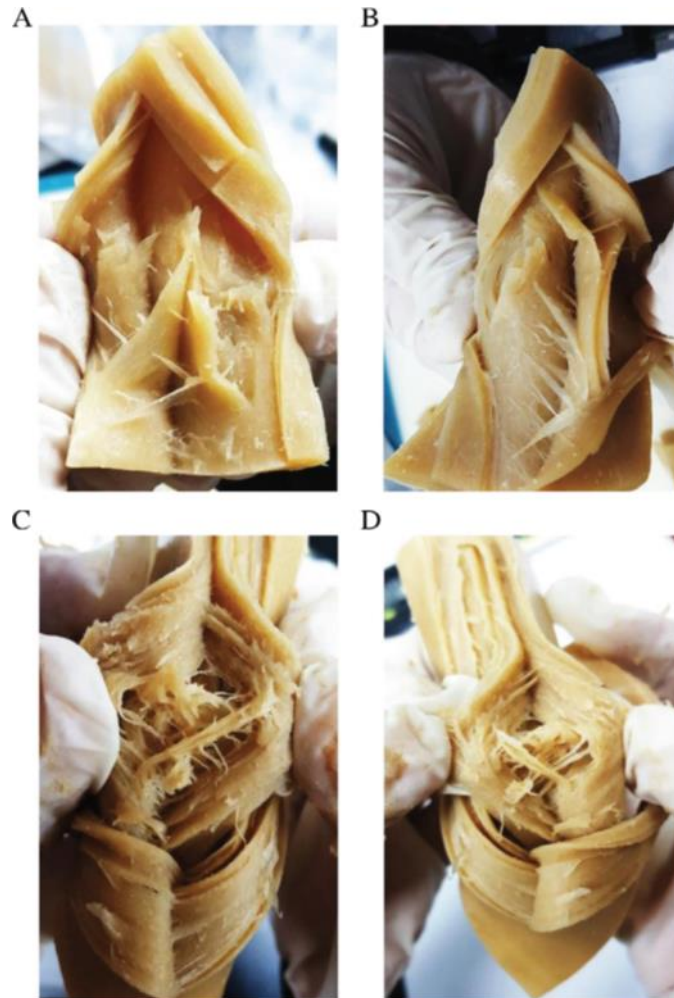
χημική συντήρηση είναι στην επιλογή του παραγωγού. Μια τυπική συνταγή για το ΗΜΜΑ περιέχει συμπυκνώματα σόγιας (υψηλή διαλυτότητα), απομονωμένη σόγια (υψηλή διαλυτότητα/υψηλό ιξώδες), άμυλο (αραβόσιτος ή σιτάρι), και λάδι από φυτική πηγή. Σε ένα παράδειγμα σύνθεσης αναφέρεται ότι τα συμπυκνώματα σόγιας και η απομονωμένη σόγια ήταν στο 45% αντίστοιχα, ενώ το άμυλο σίτου με το φυτικό λάδι βρίσκονταν σε ποσοστό 5% αντίστοιχα (Riaz, 2011).



Εικόνα 10: Υψηλής υγρασίας υποκατάστατο κρέατος ΗΜΜΑ (Riaz, 2011)

Στην έρευνα των Sasimaporn Samard et al (2019), αναφέρονται τα υποκατάστατα κρέατος υψηλής υγρασίας (700 g kg^{-1}) ΗΜΜΑ, τα οποία για την παραγωγή τους χρησιμοποιήθηκε μήτρα ψύξης με μεγάλη σχισμή στο τέλος του εξωθητήρα για να δημιουργηθούν πυκνές, στρωματοποιημένες και ινώδεις δομές όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Αυτή η μήτρα ψύξης έχει μεγάλη σημασία καθώς αποτρέπει την επέκταση του προϊόντος εξώθησης που προκαλείται από εξάτμιση υπερθέρμανσης νερού. Το τμήμα ψύξης της μήτρας αύξησε το ιξώδες του θερμού προϊόντος εξώθησης πριν από την έξοδο και παρείχε την ελαστικότητα και την ρευστότητα για την υφή που οδήγησε σε ένα προϊόν παρόμοιο με το κρέας. Στα ΗΜΜΑ που προστέθηκε γλουτένη σίτου [Εικόνα 11 (c) και (d)], παρατηρήθηκε ότι τα προϊόντα αυτά παρουσίασαν περισσότερες διατάξεις ινών από ότι τα ΗΜΜΑ που δεν προστέθηκε γλουτένη σίτου [Εικόνα 11 (a) και Σχήμα (b)] (Sasimaporn et al 2019). Το

συγκεκριμένο είναι σύμφωνο και από τους Grabowska et al (2014) ότι τα ΗΜΜΑ που παράχθηκαν με συνδυασμό γλουτένης σίτου και απομονωμένη πρωτεΐνη σόγιας, θα μπορούσαν να παράγουν ινώδεις δομές όταν αυτά ευθυγραμμίζονταν οριζόντια στο κελί διάτμησης, ενώ όταν ευθυγραμμίζονταν κάθετα παρουσίαζαν στρωματοποιημένες δομές (Grabowska et al., 2014).



Εικόνα 11: Φωτογραφίες υποκατάστατων κρέατος υψηλής υγρασίας χωρίς [(a) και (b)] και με προσθήκη [(c) και (d)] γλουτένης σίτου που εξωθείται σε κοχλίες 150 και 200 rpm αντίστοιχα (Sasimaporn et al 2019)

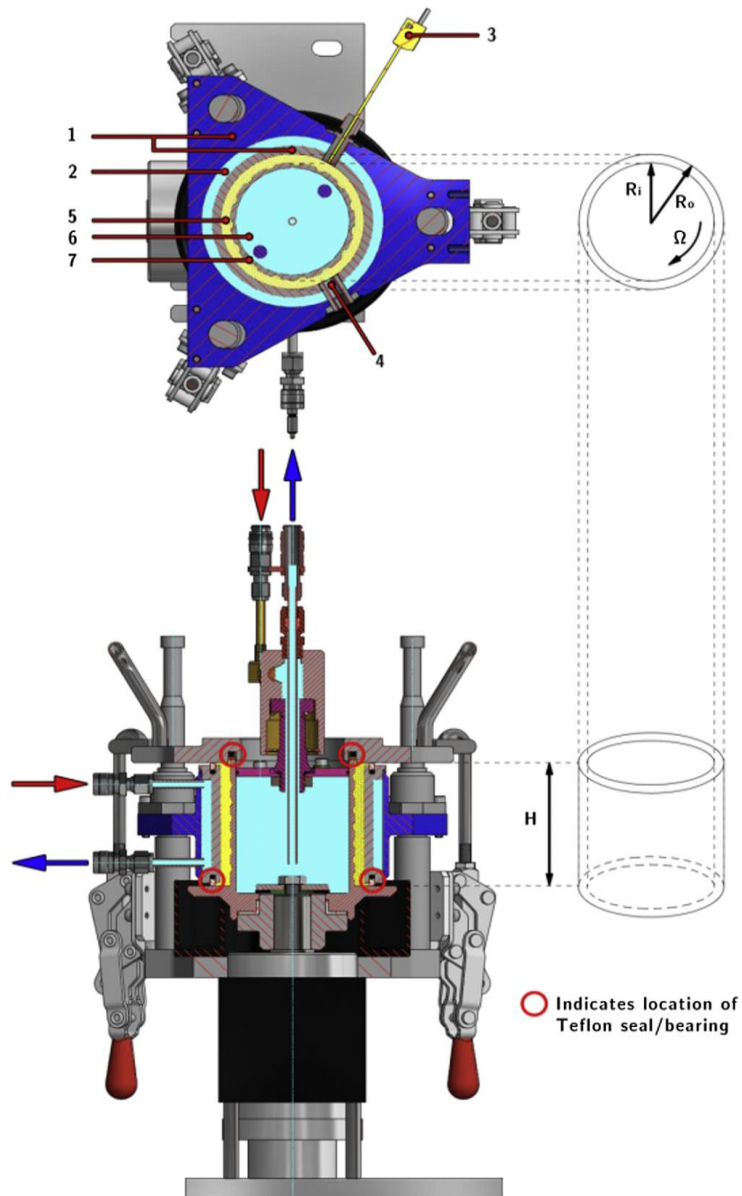
7.2 Τεχνολογία διάτμησης κυττάρων

Πρόσφατα εισήχθη μια νέα τεχνική η οποία βασίζεται στη δομή που προκαλείται επαγωγικά από τη ροή (flow-induced structure) (Krintiras et al., 2015). Για να επιτευχθεί ο σκοπός αυτός, αναπτύχθηκε μια συσκευή κώνου – κώνου που βασίζεται σε ένα ροόμετρο κώνου που αναφέρεται ως κελί διάτμησης (Shear Cell). Όσον αφορά τους κώνους, ο πάνω κώνος είναι ακίνητος ενώ ο κάτω κώνος περιστρέφεται, αλλά και οι δυο κώνοι έχουν την δυνατότητα να θερμανθούν και να ψυχθούν με τη χρήση ελαιόλουτρου. Σε αντίθεση με την διεργασία της εξώθησης, η παραμόρφωση μέσα στην συσκευή είναι καλά καθορισμένη και σταθερή κατά την επεξεργασία. Ο συνδυασμός απλής διάτμησης και θερμότητας αναγκάζει τις πρωτεΐνες να ευθυγραμμίζονται και να σχηματίζουν ινώδεις δομές (Krintiras et al., 2015). Οι Manski et al 2007,2008 αναφέρουν ότι είναι εφικτό να δημιουργηθεί ιώδης δομή στις πρωτεΐνες του γάλακτος όπως είναι το καζεϊνικό ασβέστιο, σε ένα Shear Cell (Manski et al., 2007,Manski et al., 2008). Παρόλα αυτά, ο Krintiras et al 2015 επισημαίνει ότι ο ρυθμός διάτμησης στο Shear Cell δεν είναι σταθερός σε ολόκληρο τον όγκο του δείγματος πρωτεΐνης λόγω της σταδιακά αυξανόμενης απόστασης μεταξύ των κώνων κατά μήκος της ακτίνας. Εξαιρετικά σημαντικό αποτελεί το γεγονός ότι η επεκτασιμότητα (scalability) της διαμόρφωσης αυτής είναι περιορισμένη, η οποία περιορίζει τις εφαρμογές της σε εργαστηριακή κλίμακα (Krintiras et al., 2015).

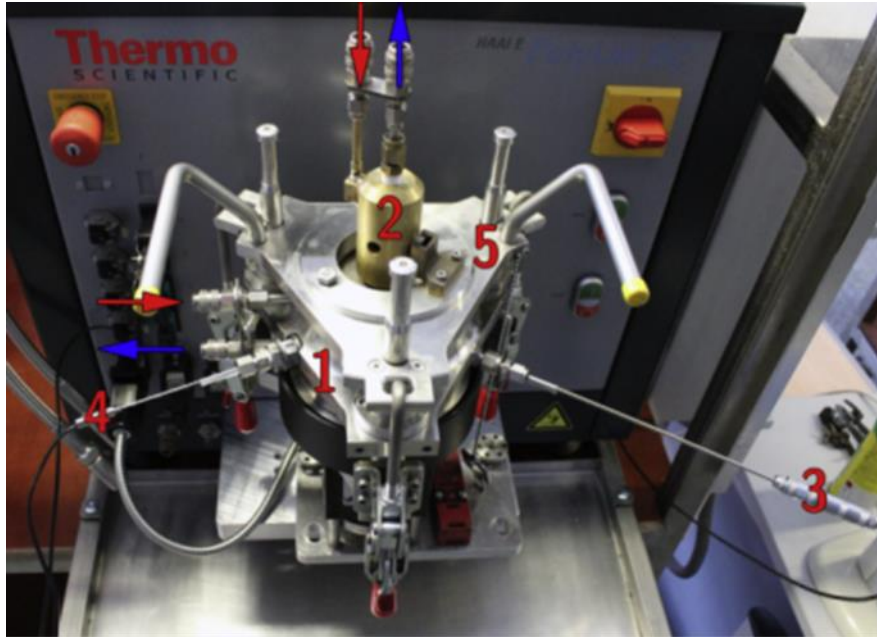
Σε παραγωγικό επίπεδο έχει προταθεί μια συσκευή για την δόμηση που προκαλείται από διάτμηση, που λέγεται Couette Cell ο σχεδιασμός της οποίας ευνοεί το αυξημένο πάχος και χωρητικότητα του προϊόντος αυξάνοντας απλώς το μέγεθος και το μήκος των κυλίνδρων. Επιπλέον, η συσκευή ενδεχομένως να έχει την δυνατότητα στο μέλλον να λειτουργεί σε συνεχή λειτουργία (Krintiras et al., 2015). Η συσκευή αρχικά αναπτύχθηκε για να μελετηθεί η συμπεριφορά της ζύμης σε απλή διάτμηση (Peighambaroudoust et al., 2007), ενώ αργότερα εφαρμόστηκε με επιτυχία για την ανάπτυξη υποκατάστατων κρέατος που λειτουργούσαν σε υψηλές θερμοκρασίες (Kyriakopoulou et al 2019). Επίσης, σε ενεργειακό επίπεδο, η εισαγωγή μηχανικής ενέργειας στη διαδικασία δόμησης με διάτμηση μπορεί να είναι πολύ χαμηλότερη από μια διαδικασία όπως η εξώθηση, και συγκεκριμένα περίπου λιγότερο από 10% (Kyriakopoulou et al 2019,Krintiras et al., 2016).

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η συσκευή Couette Cell, η οποία βασίζεται στο κοινό ομόκεντρο κυλίνδρου ροόμετρο. Η συσκευή είναι συνδεδεμένη με μια μονάδα μέτρησης ροής (rheodrive unit - Haake PolyLab QC, Thermo Fisher Scientific, Karlsruhe, Germany), η οποία χρησιμοποιείται για την καταγραφή της θερμοκρασίας και της ροπής διατηρώντας ταυτόχρονα τη γωνιακή ταχύτητα του περιστρεφόμενου εσωτερικού κυλίνδρου σταθερή. Ο εξωτερικός κύλινδρος παραμένει σε ακινησία. Οι εσωτερικοί αλλά αντίστοιχα και οι εξωτερικοί κύλινδροι θερμαίνονται με λάδι. Το υλικό του δείγματος τοποθετείται στο χώρο ανάμεσα στους δυο κυλίνδρους, ο οποίος χώρος ονομάζεται χώρος διάτμησης (shearing zone). Στη ζώνη αυτή η θερμοκρασία μετριέται σε δυο θέσεις στη μέση του συνολικού ύψους (Krintiras et al., 2015).

Στη συσκευή Couette Cell χρησιμοποιούνται δυο λουτρά λαδιού, ένα ‘θερμό’ λουτρό για να θερμανθεί η συσκευή πριν και κατά την διάρκεια ενός πειράματος, και ένα ‘κρύο’ λουτρό για να ψυχθεί το Couette Cell μετά την διάτμηση. Για τη μέτρηση της θερμοκρασίας χρησιμοποιείται ένας αισθητήρας PT100, ο οποίος τοποθετείται στο τοίχωμα του εξωτερικού κυλίνδρου με το άκρο του να βρίσκεται στο εσωτερικό τοίχωμα του εξωτερικού κυλίνδρου. Αναφέρεται ότι ο αισθητήρας αυτός είναι συνδεδεμένος στο λουτρό θερμού λαδιού για να καταστεί δυνατή η ανάγνωση της θερμοκρασίας και ο έλεγχος του Couette Cell. Η θερμοκρασία του θερμού λουτρού λαδιού ελέγχεται από λογισμικό Lauda Wintherm (Lauda DR. R. Wobser GmbH & Co. KG, Lauda-Königshofen, Γερμανία) σε έναν υπολογιστή συνδεδεμένο στο λουτρό θερμού λαδιού μέσω ενός συνδέσμου (connector) R232. Στη συνέχεια υπάρχει ένα θερμοστοιχείο τύπου J το οποίο τοποθετείται σε μια θέση πλησιέστερα στην είσοδο του υγρού μεταφοράς θερμότητας στη μέση του βύσματος για να μπορέσει να σφραγίσει την οπή πλήρωσης, όπως μπορεί να γίνει αντιληπτό από τις παρακάτω εικόνες (Εικόνα 12,13) (Krintiras et al., 2015).



Εικόνα 12: Οριζόντιες (πάνω) και κάθετες (κάτω) διατομές του κελιού Couette. 1 - Εξωτερικός κύλινδρος. 2 - θάλαμος θέρμανσης του εξωτερικού κυλίνδρου. 3 - αισθητήρας θερμοκρασίας PT100. 4 - άνοιγμα πλήρωσης και θέση θερμοστοιχείου τύπου J. 5 - ζώνη διάτμησης. 6 - θάλαμος θέρμανσης του εσωτερικού κυλίνδρου. 7 - εσωτερικός κύλινδρος R_i (ακτίνα εσωτερικού κυλίνδρου) = 0,0425 m, R_o (ακτίνα εξωτερικού κυλίνδρου) = 0,0485 m και H (ύψος και των δύο κυλίνδρων) = 0,085 m (Krintiras et al., 2015)



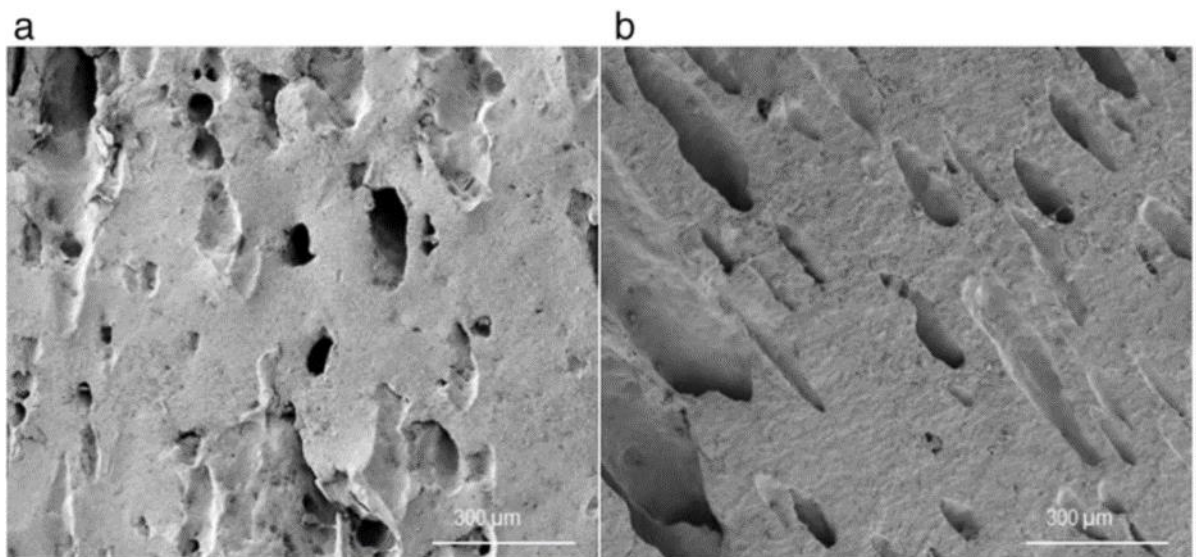
Εικόνα 13: Κάτοψη του Couette Cell με βέλη που δείχνουν την είσοδο και την έξοδο του υγρού μεταφοράς θερμότητας. 1 - Εξωτερικός κύλινδρος. 2 - περιστροφική άρθρωση 3 - αισθητήρας θερμοκρασίας PT100. 4 - θερμοστοιχείο τύπου J. 5 – καπάκι (Krintiras et al., 2015)

Μια ποικιλία από δομές παρουσιάστηκε σε δείγματα SPI, WG αλλά και σε μείγματα SPI-WG, μέσω εφαρμογής διάτμησης (Grabowska et al., 2014). Επαρκής θεωρήθηκε η θέρμανση για να μπορέσει να σχηματιστεί μια μαλακή στερεά δομή, ενώ ο συνδυασμός θέρμανσης και διάτμησης ήταν απαραίτητος για να σχηματιστεί μια ανισοτροπική δομή. Το SPI δεν έδινε ανισοτροπία, ενώ το WG έδινε μια έντονη ινώδη δομή. Χωρίς διάτμηση το WG έδινε τυχαία προσανατολισμένες μικρές ίνες. Ο συνδυασμός SPI, WG έδωσε ευθυγραμμισμένη δομή που περιέχει ίνες οριζώντιου προσανατολισμού που ήταν μακρύτερες και παχύτερες από τις τυχαία προσανατολισμένες ίνες που βρέθηκαν σε μη διατμημένα δείγματα WG (Grabowska et al., 2014).

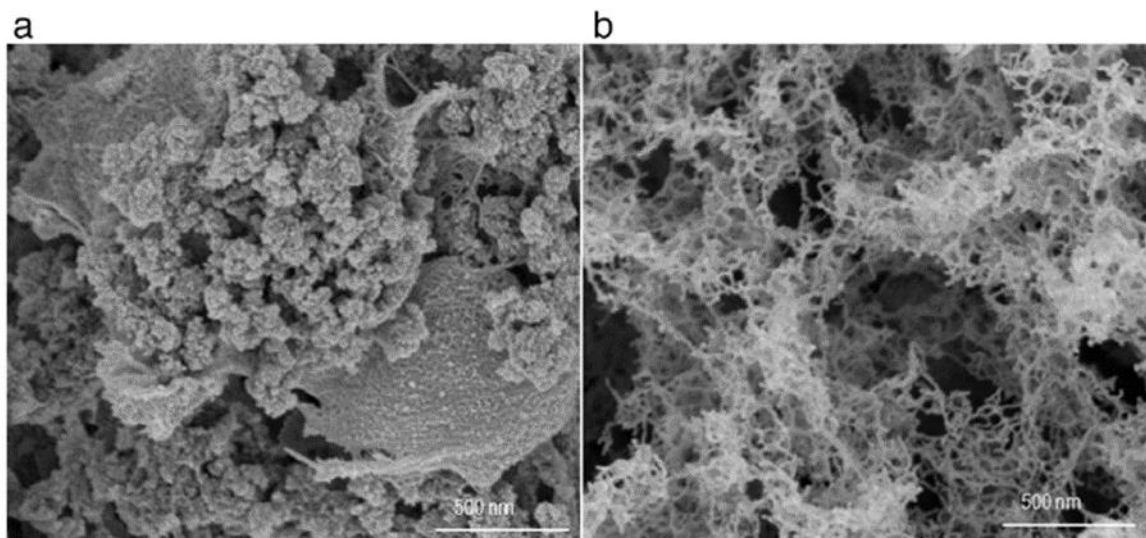
Στην έρευνα των Grabowska et al (2014) αναφέρεται ότι για το SPI απαιτούνταν μια ελάχιστη συγκέντρωση για να σχηματιστεί μια μαλακή και στερεά γέλη και για αυτό μελετήθηκαν διάφορες συγκεντρώσεις του SPI, συγκεκριμένα από 12.5 – 40% κ.β. Συγκεκριμένα, οι συγκεντρώσεις κάτω από 25% κ.β σχημάτισαν ένα ισοτροπικό υλικό, ενώ σε συγκέντρωση άνω των 25% κ.β δημιουργήθηκαν ανισοτροπικές δομές, οι οποίες αποτελούνταν από μικρές κάθετες στοιβάδες. Όμως, σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις (από 35% και άνω), υπήρξε ημιτελής ενυδάτωση που οδήγησε σε ένα μη συνεκτικό υλικό το οποίο έσπασε κατά την διάτμηση. Το φαινόμενο ήταν ακόμη πιο έντονο σε ακόμη

μεγαλύτερες συγκεντρώσεις (40-45% κ.β) όπου η επεξεργασία των δειγμάτων ήταν αδύνατη λόγω έλλειψης πλαστικότητας που προκαλείται από υψηλή ανεπάρκεια νερού (Grabowska et al., 2014). Οπότε προέκυψε ότι το SPI δεν κατάφερε να σχηματίσει ινώδες υλικό, το οποίο αντιστοιχεί με μελέτες που έγιναν στην εξώθηση (J. C. Cheftel et al., 1992, Jean Claude Cheftel, 1986).

Για την μικροδομή του SPI και σε δείγμα 30% κ.β, η μορφολογία της δομής έγινε εμφανής μέσω ηλεκτρονικής μικροσκοπίας σάρωσης SEM, οι οποίες φαίνονται στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 14). Η παράλληλη διατομή δείχνει επιμήκεις πεπλατυσμένους πόρους και η κάθετη διατομή έδειξε στρογγυλούς πόρους. Αναφέρεται ότι οι πόροι αυτοί δημιουργήθηκαν πιθανότατα μέσω εξάτμισης του νερού κατά την προετοιμασία του δείγματος, οι οποίοι πόροι φαίνονταν να επηρεάζονται από τη ροή διάτμησης. Σε μικρότερη κλίμακα (Εικόνα 15), το SPI που δέχτηκε διάτμηση παρουσίασε συνύπαρξη δυο διαφορετικών πρωτεϊνικών δικτύων. Το ένα ήταν γεμάτο με σφαιρικούς τομείς (μορφολογία κουνουπιδιού), ενώ το άλλο είχε τομείς που μοιάζουν με χορδές (μορφολογία ιστού αράχνης). Η παρουσία και των δυο μορφολογιών είναι τυπική για σχηματισμό πηκτής σφαιρικών πρωτεϊνών (Grabowska et al., 2014, Doi, 1993).



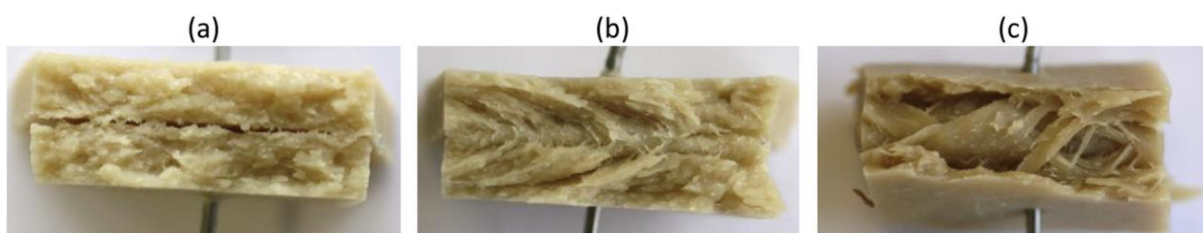
Εικόνα 14: Φωτομικρογραφίες SEM 30% κ.β. SPI (300 μm): (a) κάθετη διατομή , (b) παράλληλη διατομή (Grabowska et al., 2014)



Εικόνα 15: Φωτομικρογραφίες SEM 30% κ.β. SPI gel σε μικρότερες κλίμακες. (α) δίκτυο κατασκευασμένο από σφαιρικούς τομείς που περιέχουν θραύσματα κυτταρικού τοιχώματος (500 nm), (β) δίκτυο που αποτελείται από τομείς που μοιάζουν με χορδές (500 nm). Και οι δύο μορφολογίες συνυπάρχουν στην ίδια δομή (Grabowska et al., 2014)

Για τον σχηματισμό δομής με γλουτένη σίτου WG, αναφέρεται ότι για να παραχθεί ένα μαλακό στερεό υλικό από το WG, απαιτείται υψηλότερη συγκέντρωση WG σε σύγκριση με το SPI (Grabowska et al., 2014). Μια συγκέντρωση κάτω από 30% κ.β οδήγησε στον σχηματισμό μιας υδατικής φάσης, λόγω της χαμηλής απορροφητικότητας νερού του WG (1.9 g νερού/1g WG). Το WG αποτελείται από διαφορετικές πρωτεΐνες από τις οποίες οι γλουτενίνες και οι γλιαδίνες είναι οι πιο σημαντικές (Grabowska et al., 2014). Παρατηρήθηκε ότι η WG σχηματίζει ίνες αυθόρμητα κατά την ανάμειξη με νερό (Abang Zaidel et al., 2008, Grabowska et al., 2014). Μια πραγματική ινώδης δομή λήφθηκε από ένα μείγμα 30% κ.β WG όταν το WG διατηρήθηκε με 30 rpm στους 95 °C για 30 λεπτά. Οι ίνες οργανώθηκαν παράλληλα με την ροή διάτμησης που εφαρμόστηκε. Παρατηρήθηκε ότι ο σχηματισμός μια ινώδους δομής φαίνεται να μειώνει τις ιδιότητες συγκράτησης του νερού επειδή μια ποσότητα του νερού εκδιώχθηκε από την WG κατά την επεξεργασία. Τα μείγματα με υψηλότερη συγκέντρωση (35 και 40% κ.β) οδήγησαν σε μια στρωματοποιημένη δομή (η λεγόμενη ελασματική δομή lamellar structure). Ορισμένες ίνες θα μπορούσαν να διακριθούν, αν και δεν μπορεί να αποκλειστεί ότι αυτές οι ίνες αποκτήθηκαν με σχίσσιμο ενός στρώματος κατά την διάρκεια οπτικών παρατηρήσεων. Ως αποτέλεσμα, συνήχθη το συμπέρασμα ότι η WG μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον σχηματισμό ινωδών υλικών αλλά σε πολύ στενό εύρος συγκέντρωσης (Grabowska et al., 2014).

Στην έρευνα των Grabowska et al (2016) έγινε ανάλυση δειγμάτων συμπυκνώματος πρωτεΐνης σόγιας (SPC), όπου εξετάστηκε η επίδραση διαφόρων παραγόντων στην δημιουργία δομής, όπως είναι η θερμοκρασία, η συγκέντρωση SPC και η ταχύτητα διάτμησης (Grabowska et al., 2016). Για την θερμοκρασία, εξετάστηκαν τρεις διαφορετικές τιμές, συγκεκριμένα 120, 130, 140°C (Εικόνα 16). Μετά από θέρμανση στην χαμηλότερη από τις προαναφερθείσες θερμοκρασίες, τα δείγματα που ελήφθησαν ήταν εύθραυστα και ομοιογενή. Σε αύξηση 10°C τα δείγματα ήταν πιο σφιχτά και περιείχαν ορισμένες στρώσεις. Στην υψηλότερη θερμοκρασία (140°C) τα δείγματα είχαν μια καθαρή στρωματοποιημένη δομή που περιείχε έναν αριθμό παχιών ινών που παρατηρήθηκαν κατά το τέντωμα. Αναφέρεται ότι η θερμοκρασία επηρέασε το χρώμα των δειγμάτων, με τις θερμοκρασίες 120, 130°C τα δείγματα ήταν μπεζ, ενώ στους 140°C τα δείγματα έδειξαν ένα καφέτιασμα. Επίσης, έγιναν δοκιμές εφελκυσμού οι οποίες έδειξαν ότι τα δείγματα στους 130 και 140°C ήταν σαφώς ισχυρότερα από εκείνα που δέχτηκαν θερμική επεξεργασία στους 120°C. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η υψηλή θερμοκρασία είναι απαραίτητη για να προκαλέσει αλλαγές στο υλικό, οι οποίες οδηγούν σε αυξημένη αντοχή μετά την επεξεργασία. Το γεγονός ότι το υλικό έγινε ισχυρότερο οδήγησε επίσης σε υψηλότερες δυνάμεις διάτμησης στο υλικό, οι οποίες θα μπορούσαν να έχουν θετική επίδραση στο σχηματισμό μιας ανισοτροπικής δομής (Grabowska et al., 2016).

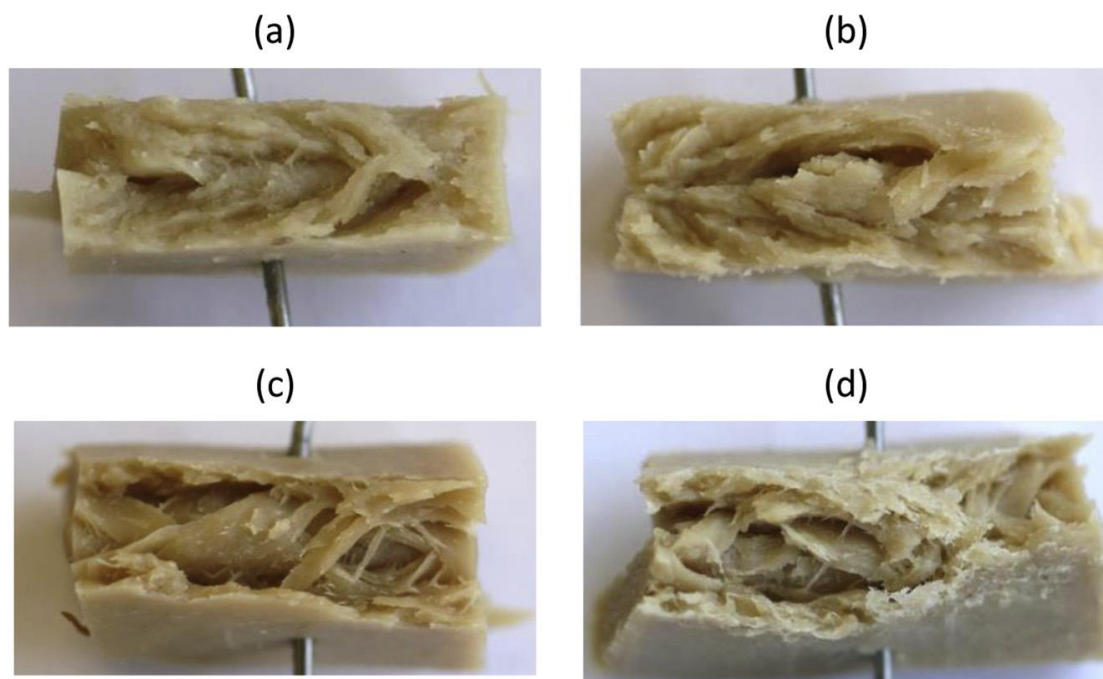


Εικόνα 16: Οπτική εμφάνιση δομής από 45% κ.β. SPC επεξεργασμένο με 30 rpm για 15 λεπτά σε διαφορετική θερμοκρασία θέρμανσης (a) 120°C, εύθραυστο, χωρίς στρώσεις με πολύ λεπτές ίνες, (b) 130°C , σε στρώσεις και μερικές μικρές ίνες,(c) 140°C , προφανές στρωματοποιημένο δομημένο με παχιές ίνες (Grabowska et al., 2016)

Για την συγκέντρωση SPC αναφέρεται ότι είχε σαφή επίδραση στον σχηματισμό δομής των δειγμάτων (Εικόνα 17). Χρησιμοποιήθηκαν συγκεντρώσεις SPC 35,40,45 και 50% κ.β, και χρησιμοποιήθηκε ταχύτητα περιστροφής 30 rpm και η θερμοκρασία της διεργασίας ήταν

140°C. Στην χαμηλότερη συγκέντρωση, το μείγμα μετατράπηκε σε ένα κολλώδες και εύκαμπτο τζελ, το 40% κ.β είχε στρωματοποιημένη δομή, ενώ το 45% κ.β έγινε στρώσεις και ίνες. Για την μεγαλύτερη συγκέντρωση, το χαρακτηριστικό γνώρισμα ήταν η παρουσία πολύ μικρών και λεπτών ινών (Grabowska et al., 2016).

Αναφέρεται ότι η τάση κατά τον εφελκυσμό αυξήθηκε με την αύξηση του SPC. Τα δείγματα είχαν κοπεί παράλληλα και κάθετα προς την κατεύθυνση διάτμησης. Η μεγαλύτερη διαφορά στην τάση μεταξύ κάθετης και παράλληλης διάτμησης παρατηρήθηκε στο δείγμα 40% κ.β. όμως στο δείγμα 50 % κ.β, οι διαφορές στην τάση εξαφανίστηκαν. Η παραμόρφωση κατά τον εφελκυσμό μειώθηκε σε υψηλή συγκέντρωση SPC. Αυτό υποδηλώνει ότι μια υψηλότερη συγκέντρωση SPC (50% κ.β) είχε ως αποτέλεσμα περισσότερο εύθραυστο υλικό, το οποίο θα μπορούσε να οφείλεται σε ατελή ενυδάτωση. Το δείγμα με 40% κ.β SPC είχε επίσης διαφορετική τάση εφελκυσμού σε σχέση με την κατεύθυνση διάτμησης και είχε πιο έντονες ανισοτροπικές ιδιότητες. Ενδεχομένως, το δείγμα 40% κ.β δίνει ακόμη πλήρως ενυδατωμένο υλικό που οδήγησε σαφώς σε ανισοτροπία με μηχανικούς όρους (Grabowska et al., 2016).

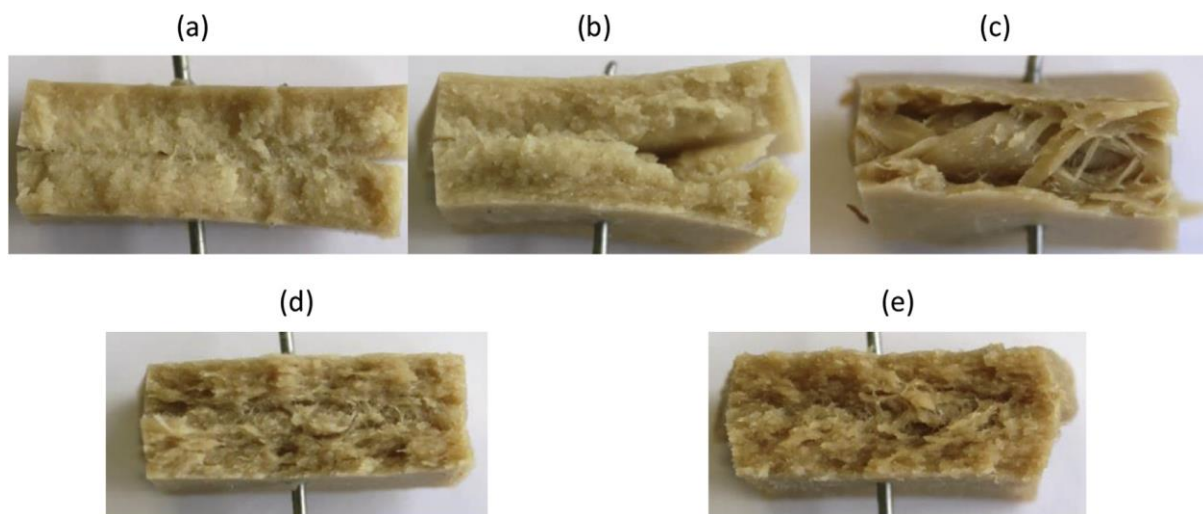


Εικόνα 17: Οπτική εμφάνιση υλικών SPC μετά από δόμηση τους στους 140°C, 30 rpm, 15 min, (a) 35% κ.β SPC - ισοτροπική γέλη, (b) 40% κ.β SPC - γέλη, στρώσεις (c) 45% κ.β SPC - ίνες και στρώσεις, (d) 50% κ.β SPC - λεπτές ίνες (Grabowska et al., 2016)

Για την ταχύτητα διάτμησης αναφέρεται ότι, μέσω οπτικής επιθεώρησης τα δείγματα που λήφθηκαν με διαφορετικές ταχύτητες περιστροφής είχαν διαφορές στη δομή (Εικόνα 18).

Χωρίς διάτμηση παρατηρήθηκε ένα ομοιογενές πήγμα χωρίς ίνες ή στρώσεις. Στα 10 grm τα δείγματα είχαν μικροσκοπικές ίνες. Η αύξηση της ταχύτητας σε 30 grm έδωσε μια στρωτή δομή και παχιές ίνες που έγιναν ορατές κατά το τέντωμα του δείγματος. Οι στρώσεις εξαφανίστηκαν με περαιτέρω αύξηση της ταχύτητας περιστροφής σε 50 grm, αλλά εμφανίστηκαν μικρές ίνες. Οι δομές που έγιναν στα 100 grm περιείχαν μόνο μικρές ίνες.

Αναφέρεται ότι οι δομές που σχηματίστηκαν με 10 και 30 grm είχαν μεγαλύτερες μέσες τιμές τάσης εφελκυσμού σε κατεύθυνση ροής διάτμησης. Είναι πιθανό ότι η διάτμηση είχε ως αποτέλεσμα επιμήκυνση και επακόλουθη ενίσχυση του υλικού στην κατεύθυνση διάτμησης, τα οποία συμβαίνουν συχνά και σε διαδικασίες στροβιλισμού. Οι δομές που σχηματίστηκαν σε 50 grm είχαν παρόμοιες παραμορφώσεις εφελκυσμού σε κατεύθυνση ροής διάτμησης με υλικά που δεν παραμορφώθηκαν, ενώ τα 100 grm έδειξαν ορισμένα σημεία ανισοτροπίας. Είναι δυνατόν να συναχθεί το συμπέρασμα ότι η ταχύτητα περιστροφής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία ενός συγκεκριμένου εύρους δομών με παρόμοια σύνθεση (Grabowska et al., 2016).

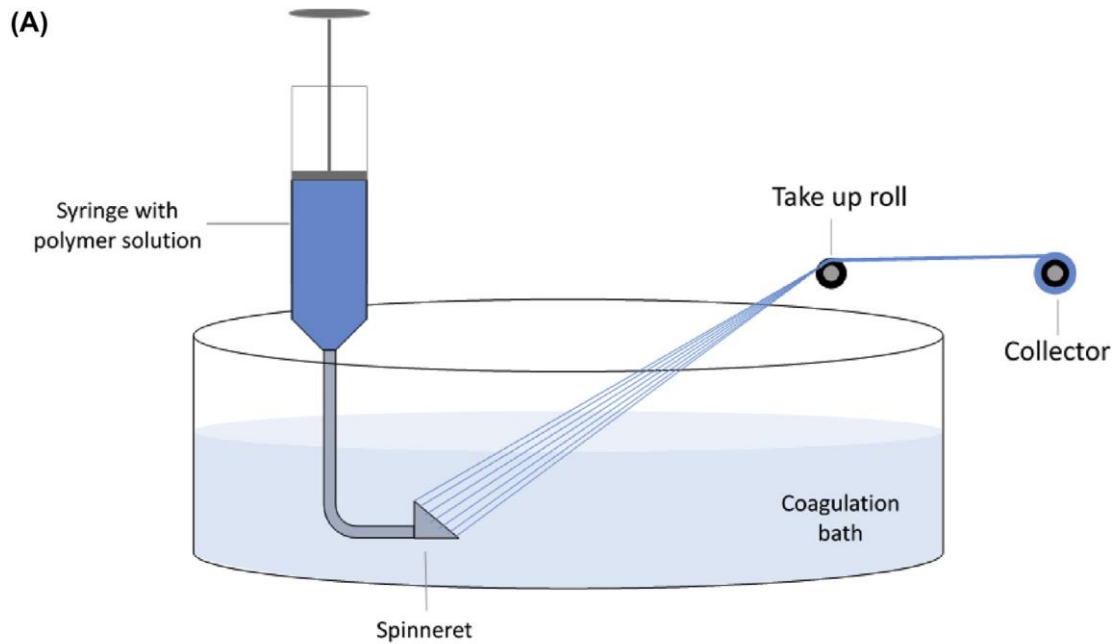


Εικόνα 18: Οπτική εμφάνιση δομών κατασκευασμένων από 45% κ.β SPC επεξεργασμένο στους 140°C για 15 min, με διαφορετική ταχύτητα περιστροφής, (a) χωρίς διάτμηση, curd like structure, (b) 10 grm, υπάρχουν πολύ μικρές ίνες, δεν υπάρχουν προφανείς στρώσεις, (c) 30 grm, στρώσεις και κάποια ινώδης δομή όταν τεντώνεται, (d) 50 grm, χωρίς στρώσεις, μικρές ίνες, (e) 100 grm, μικρές ίνες φαίνονται κυρίως στον εξωτερικό δακτύλιο της δομής, χωρίς εμφανή στρώση (Grabowska et al., 2016)

7.3 Τεχνολογία στροβιλισμού (Spinning processes)

7.3.1 Υγρός στροβιλισμός (Wet spinning)

Η τεχνολογία αυτή εξωθεί μέσω στροβιλισμού (spinneret) ένα παχύρευστο πολυμερικό διάλυμα που περιέχει πρωτεΐνη (εικόνα 19) και συνεπώς οδηγεί σε τεντωμένες και ευθυγραμμισμένες ίνες. Στη συνέχεια, βυθίζονται σε λουτρό πήξης άλατος, οξέος ή αλκαλίου μετατρέποντας έτσι το στάδιο του πλυσίματος απαραίτητο, το οποίο οδηγεί σε μεγάλες ποσότητες αποβλήτων (Kyriakopoulou et al 2019). Αναφέρεται ότι η εναλλαγή διαλυτών και μη διαλυτών (non solvent) οδηγεί σε καταβύθιση και στερεοποίηση της εξωθιμένης πρωτεϊνικής φάσης, σχηματίζοντας τεντωμένα νήματα με πάχος της τάξης των 20 μm (Rampon et al., 1999, Birgit L. Dekkers et al 2018). Ο τύπος της δομής που σχηματίζεται εξαρτάται από τον μηχανισμό στερεοποίησης, όπου οι ίνες λαμβάνονται όταν η διεσπαρμένη φάση στερεοποιείται και η συνεχής φάση μπορεί να ξεπλυθεί. Επίσης, τριχοειδείς πηκτές λαμβάνονται όταν η συνεχής φάση στερεοποιείται και η διεσπαρμένη φάση παραμένει υγρή, και πηκτές γεμισμένες με ίνες λαμβάνονται όταν στερεοποιούνται τόσο οι διεσπαρμένες όσο και οι συνεχείς φάσεις. Η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον για την δημιουργία μεμονωμένων ινών και αποτελεί μια από τις τυπικές τεχνικές για την παραγωγή μεμβρανών για βιομηχανικούς διαχωρισμούς (Birgit L. Dekkers et al 2018). Αξίζει να αναφερθεί ότι αρκετές μελέτες έδειξαν την παραγωγή τροφίμων με ίνες με φυτικά υλικά όπως σόγια, αρακάς και φασόλια (Rampon et al., 1999, Gallant et al., 1984).



Εικόνα 19: Τεχνολογία υγρού στροβιλισμού για την παραγωγή ινιδίων (Kyriakopoulou et al 2019)

7.3.2 Τεχνολογία ηλεκτροστροβιλισμού (Electrospinning) και ηλεκτροψεκασμού (Electrospraying)

Σύμφωνα με τους Anu Bhushani et al 2014, ο ηλεκτροστροβιλισμός και ο ηλεκτροψεκασμός είναι ηλεκτροϋδροδυναμικές διεργασίες, όπου ένα διάλυμα πολυμερούς μπορεί να περιστραφεί ή να ψεκαστεί με την εφαρμογή ηλεκτρικού πεδίου υψηλού δυναμικού για την λήψη ινών ή σωματιδίων αντίστοιχα (Anu Bhushani & Anandharamakrishnan, 2014). Η τυπική ρύθμιση για τις δυο τεχνικές αποτελείται από 4 συστατικά. Συγκεκριμένα είναι, 1) πηγή υψηλής τάσης 1-30kV όπου συνηθίζεται να λειτουργεί με συνεχές ρεύμα, αν και η λειτουργία του εναλλασσόμενου ρεύματος είναι επίσης δυνατή (Kessick et al., 2004), 2) βελόνα ή τριχοειδές από ανοξείδωτο ατσάλι με αμβλεία άκρα, 3) αντλία σύριγγας και 4) γειωμένο συλλέκτη ή επίπεδη πλάκα ή περιστρεφόμενο τύμπανο. Αυτά φαίνονται στις παρακάτω εικόνες (Εικόνες 20,21,22) (Anu Bhushani & Anandharamakrishnan, 2014).

Οι δυο αυτές τεχνολογίες θεωρούνται ‘αδελφές’ τεχνολογίες. Παρόλα αυτά υπάρχουν ορισμένες διαφορές που τις ξεχωρίζουν μεταξύ τους. Στον ηλεκτροστροβιλισμό, το διάλυμα

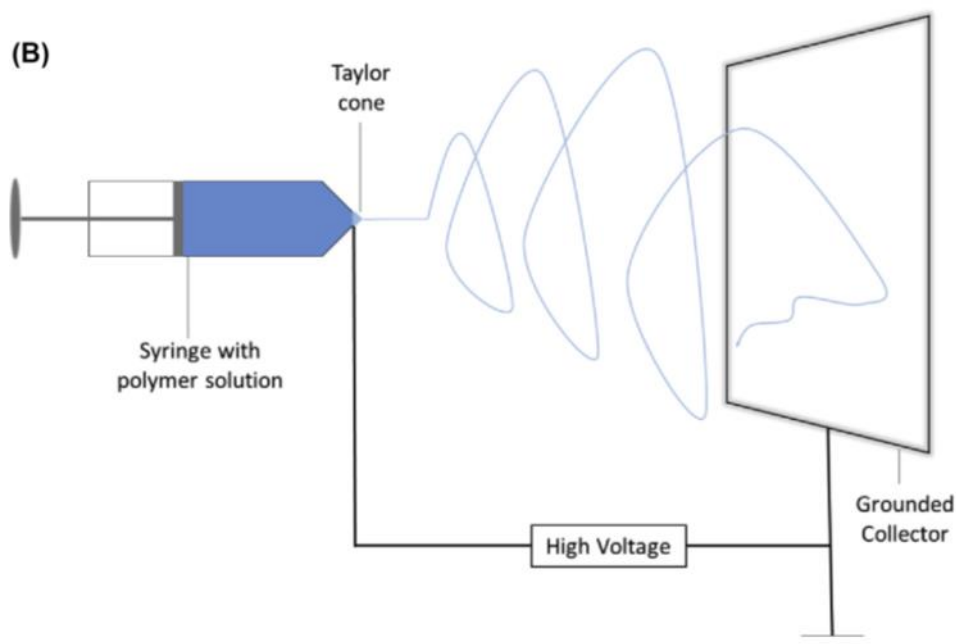
πολυμερούς στο τριχοειδές προκαλείται με ελεύθερα φορτία από δυναμικό υψηλής τάσης. Στην άκρη του τριχοειδούς, λόγω δυο σημαντικών ηλεκτροστατικών δυνάμεων, συγκεκριμένα ηλεκτροστατική παρόμοιων φορτίων και η δύναμη Coulomb, η ημισφαιρική επιφάνεια του σταγονιδίου παραμορφώνεται σε κωνικό σχήμα, το οποίο είναι γνωστό ως κώνος Taylor. Μόλις η ηλεκτροστατική δύναμη εξουδετερώσει την επιφανειακή τάση, ένας φορτισμένος πολυμερικός πίδακας (charged polymer jet) εκτοξεύεται από την άκρη του κώνου Taylor. Καθώς ο πίδακας (jet) οδηγείται προς τον συλλέκτη, τα άνισα κατανομημένα φορτία προκαλούν κίνηση κτυπήματος ή κάμψης του πίδακα (Anu Bhushani & Anandharamakrishnan, 2014).

Συνεπώς, σύμφωνα με τους Anu Bhushani et al 2014, λαμβάνει χώρα επιμήκυνση του πίδακα και ταχεία εξάτμιση του διαλύτη και στερεές, λεπτές ίνες εναποτίθενται στον γειωμένο συλλέκτη ως τυχαία προσανατολισμένη, μη υφασμένη στρώση. Από την άλλη πλευρά ο ηλεκτροψεκασμός αποτελεί μια διαδικασία ψεκασμού υγρού από ηλεκτρικές δυνάμεις. Η διαφορά μεταξύ των δυο τεχνικών βασίζεται στη συγκέντρωση του διαλύματος πολυμερούς. Στην περίπτωση που η συγκέντρωση του διαλύματος είναι υψηλή, η εκτόξευση από τον κώνο Taylor σταθεροποιείται και η επιμήκυνση πραγματοποιείται με μηχανισμό αστάθειας. Όταν είναι χαμηλή η συγκέντρωση, ο πίδακας αποσταθεροποιείται λόγω της αστάθειας των κισρών (varicose) και ως εκ τούτου σχηματίζονται λεπτά σταγονίδια. Αυτά τα πολύ φορτισμένα σωματίδια αυτοδιασπείρονται στον χώρο, αποτρέποντας έτσι τη συσσώρευση και πήξη σταγονιδίων (Anu Bhushani & Anandharamakrishnan, 2014).

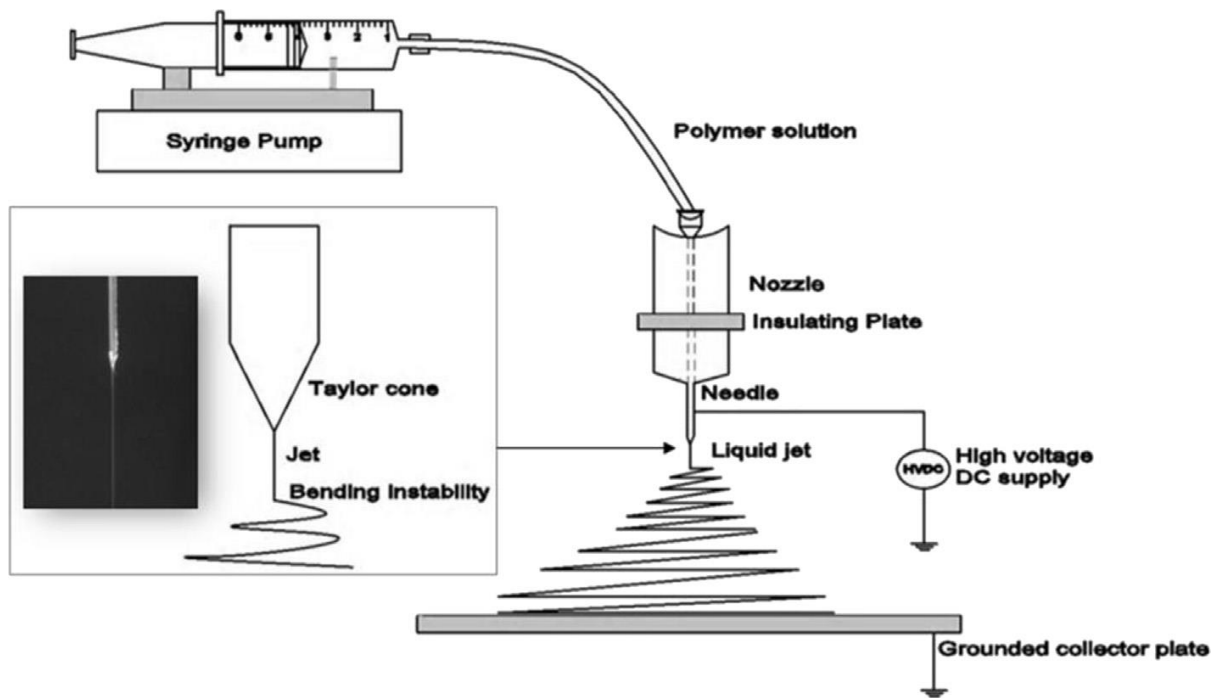
Αναφέρεται ότι, η περαιτέρω εξάτμιση του διαλύτη οδηγεί σε συστολή και στερεοποίηση σταγονιδίων με αποτέλεσμα στερεά πολυμερή σωματίδια που εναποτίθενται στον γειωμένο συλλέκτη (Bock et al., 2012). Πρόσφατα, έχει σημειωθεί πρόοδος στη χρήση ομοαξονικού ηλεκτροστροβιλισμού και ηλεκτροψεκασμού για την παραγωγή προϊόντων με δυο αναμίξιμα ή μη αναμίξιμα υλικά πυρήνα και τοιχώματος. Σε αυτή την μέθοδο, ένας ομόκεντρος ή διπλός κλώστης ακροφυσίων επιτρέπει την παραγωγή ινών ή σωματιδίων πυρήνα-κελύφους περιέχοντας τη βιοδραστική ένωση στο εσωτερικό τριχοειδές και το υλικό τοιχώματος στο εξωτερικό τριχοειδές (Anu Bhushani & Anandharamakrishnan 2014, Zheng et al., 2012).

Ο ηλεκτροστροβιλισμός πρωτεϊνών έχει προταθεί για χρήση σε αρκετές ζωικές πρωτεΐνες όπως ορός γάλακτος, κολλαγόνο, πρωτεΐνη αυγού και ζελατίνη αλλά μόνο με φειδώ για τις φυτικές πρωτεΐνες (Birgit L. Dekkers et al 2018, Anu Bhushani & Anandharamakrishnan, 2014). Η αποθηκευτική πρωτεΐνη του αραβόσιτου ζεΐνη (zein), όταν διαλύθηκε σε διάλυμα

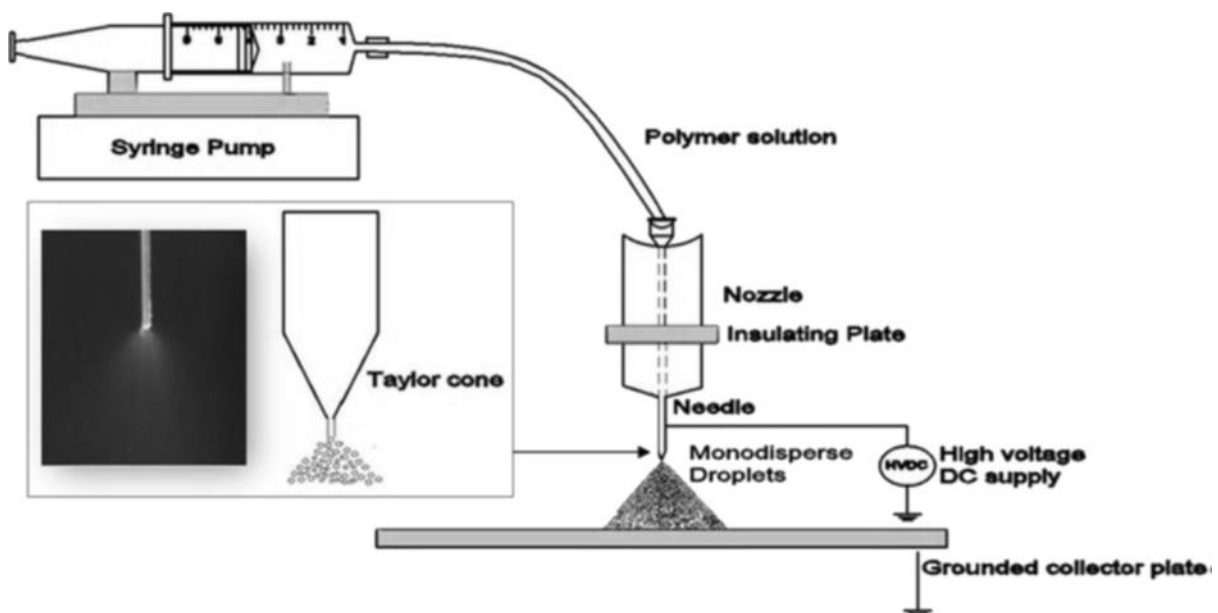
αιθανόλης 80% κ.β στροβιλίστηκε σε ίνες με πάχος σε νανοκλίμακα και επίσης φάνηκε η δυνατότητα χρήσης αυτής της πρωτεΐνης ως φορέα για άλλες πρωτεΐνες όπως είναι η πρωτεΐνη σόγιας. Οι πρωτεΐνες πρέπει να είναι εξαιρετικά διαλυτές και να συμπεριφέρονται σαν μια τυχαία σπείρα (random coil) αντί για σφαιρίνες. Αυτές οι απαιτήσεις δεν πληρούνται γενικά από φυτικές πρωτεΐνες, δεδομένου ότι βρίσκονται στην φυσική τους κατάσταση, δηλαδή είναι σφαιρικές και κατά την μετουσίωση σχηματίζονται αδιάλυτα συσσωματώματα (Birgit L. Dekkers et al 2018).



Εικόνα 20: Τεχνολογία ηλεκτροστροβιλισμού για την παραγωγή ινιδίων (Kyriakopoulou et al 2019)



Εικόνα 21: Μια διάταξη ηλεκτροστροβιλισμού εργαστηριακής κλίμακας. Η εσωτερική εικόνα δείχνει την ψηφιακή εικόνα και την αναπαράσταση της διαδικασίας ηλεκτροστροβιλισμού (Anu Bhushani & Anandharamakrishnan, 2014)



Εικόνα 22: Μια τυπική ρύθμιση ηλεκτροψεκασμού. Η εσωτερική εικόνα εμφανίζει την ψηφιακή εικόνα και αναπαράσταση της διαδικασίας ηλεκτροψεκασμού (Anu Bhushani & Anandharamakrishnan, 2014)

8 Μετέπειτα επεξεργασία: Χρόνος ζωής και συσκευασία

Όσον αφορά την διάρκεια ζωής αλλά και την ασφάλεια των τροφίμων, τα υποκατάστατα κρέατος έχουν σαφές προβάδισμα απέναντι των προϊόντων κρέατος (Kyriakopoulou et al 2019). Οι τρέχουσες διαδικασίες παραγωγής υποκατάστατων κρέατος έχουν ένα στάδιο θερμικής επεξεργασίας, όπως είναι για παράδειγμα η εξώθηση ή το τηγάνισμα, το οποίο στάδιο καθιστά το προϊόν σταθερό σε αυτό το σημείο της επεξεργασίας. Τα προϊόντα αυτά όμως μπορούν να είναι επιρρεπή σε μικροβιακή αλλοίωση, λόγω της ενεργότητας ύδατος τους που βρίσκεται κοντά στο ένα, αλλά και ότι προσφέρουν όλα τα είδη θρεπτικών ουσιών που παρέχουν καλές συνθήκες για την μικροβιακή ανάπτυξη. Επίσης, η μικροβιακή αλλοίωση μπορεί να ευνοηθεί από την ουδέτερη τιμή pH καθώς και από το μέτριο επίπεδο άλατος (Kyriakopoulou et al 2019, Wild, 2016).

Για τις διεργασίες εξώθησης, έχουν αναφερθεί κίνδυνοι σχετικοί με τους ανθεκτικούς σπόρους, οι οποίοι είναι δυνατόν να επανενεργοποιηθούν στα στάδια μετά την διεργασία (Filho et al., 2005, Kyriakopoulou et al 2019), με έναν συγκεκριμένο κίνδυνο να σχετίζεται με ανθεκτικά σπόρια του είδους *Bacillus* σε φυτικά συστατικά (Wild, 2016, Filho et al., 2005). Αναφέρεται ότι η ίδια η διαδικασία της εξώθησης, με έκθεση σε υψηλή θερμοκρασία (μεγαλύτερη από 120°C) σε υψηλή υγρασία (50 – 75%) και για μέτριο χρόνο επεξεργασίας (30 – 90 sec), είναι ικανή να απενεργοποιήσει αποτελεσματικά το μικροβιακό φορτίο από τις πρώτες ύλες (Wild, 2016). Αν και η διαδικασία της εξώθησης έχει επίσης σποροκτόνο αποτέλεσμα, οι επεξεργασίες που εφαρμόζονται μετά την εξώθηση, οι συσκευασίες που χρησιμοποιούνται αλλά και οι συνθήκες αποθήκευσης πρέπει να αναστέλλουν την επανενεργοποίηση των σπόρων (Kyriakopoulou et al 2019, Wild, 2016). Αφού πραγματοποιηθεί η παραγωγή του προϊόντος, οι κίνδυνοι είναι δυνατόν να οφείλονται στην έκθεση της επιφάνειας του προϊόντος στο περιβάλλον ή στη χρήση μη αποστειρωμένων αρωματικών συστατικών όπως μπαχαρικά, μαρινάδες (spices, marinades or breading) (Sagoo et al., 2009).

Προτείνεται η συσκευασία και αποθήκευση των αναλογικών προϊόντων κρέατος να είναι σε συνθήκες και υλικά παρόμοια με τα προϊόντα κρέατος. Επί του παρόντος, η αποθήκευση των υποκατάστατων κρέατος πραγματοποιείται κυρίως σε συνθήκες ψύχους και καταψύξεως, σε κλειστά πλαστικά δοχεία ή σε εύκαμπτους σάκους. Η κατάψυξη του φρέσκου προϊόντος μπορεί να παρατείνει την διάρκεια ζωής του σε 6-18 μήνες, ανάλογα με τα συστατικά και τις συνθήκες επεξεργασίας του. Επίσης, τα ανάλογα κρέατος που διατηρούνται σε ψυχρές

συνθήκες και συσκευάζονται σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα, μπορούν να έχουν διάρκεια ζωής από αρκετές μέρες έως ένα μήνα (Kyriakopoulou et al 2019, Wild, 2016, Redl et al., 2015).

Στην περίπτωση του κρέατος, κατά την αποθήκευση του είναι δυνατόν το προϊόν να εκτίθεται στον αέρα και να οδηγηθεί σε αλλαγές χρώματος οι οποίες αλλαγές χρώματος θεωρούνται ποιοτικό χαρακτηριστικό του κρέατος (Kyriakopoulou et al 2019). Αυτός ο αποχρωματισμός που παρατηρείται κατά την διάρκεια της αποθήκευσης, ακολουθείται κυρίως από οξείδωση των λιπιδίων, η οποία προκαλεί αλλοίωση της γεύσης και δυσάρεστες οσμές (O'Sullivan, 2016). Επίσης, αναφέρεται ότι η οξείδωση μπορεί να συμβεί με την έκθεση στο φως και στην θερμοκρασία, καθώς και με την ψύξη, με την συμπερίληψη των προσθέτων, με το μαγείρεμα και τις συνθήκες συσκευασίας (Kyriakopoulou et al 2019). Αναφέρεται ότι το υλικό της συσκευασίας του κρέατος είναι διαπερατό από τον αέρα και αδιαπέραστο από την υγρασία, επιτρέποντας έτσι στο οξυγόνο να αντιδράσει με την μυοσφαιρίνη για την παραγωγή οξυμυοσφαιρίνης (κερασοκόκκινο χρώμα), αποτρέποντας κάθε απώλεια υγρασίας (Shahidi, 2016). Έτσι, τα υποκατάστατα κρέατος είναι δυνατόν να ωφεληθούν από μια τέτοια συσκευασία, όταν πρόκειται για την αποφυγή απώλειας υγρασίας, το χρώμα όμως θεωρείται σταθερό με την πάροδο του χρόνου. Επομένως, τα υποκατάστατα κρέατος, μέσω χρήσης τροποποιημένης ατμόσφαιρας μπορούν να ωφεληθούν, όπως έχει γίνει πρόταση και για το μαγειρεμένο κρέας, καθώς η αύξηση της περιεκτικότητας σε διοξείδιο του άνθρακα CO₂ και η μείωση του οξυγόνου, μπορούν να μειώσουν την οξείδωση και να επεκτείνουν την διάρκεια ζωής του προϊόντος (Shahidi, 2016, O'Sullivan, 2016). Επιπλέον, αναφέρεται ότι είναι πιθανό η συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας να είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε να προκαλεί παρόμοιες αλλαγές με τα προϊόντα κρέατος όσον αφορά το χρώμα (Kyriakopoulou et al 2019).

9 Παράγοντες υγείας και διατροφής

Ο βασικός σκοπός του κρέατος στη διατροφή είναι η παροχή πρωτεϊνών υψηλής ποιότητας. Εφόσον το κρέας έχει αντικατασταθεί πλήρως από υποκατάστατα κρέατος, είναι απαραίτητο αυτά τα προϊόντα κρέατος να έχουν παρόμοια θρεπτική αξία με τα συμβατικά προϊόντα κρέατος (Kyriakopoulou et al 2019). Έχει βρεθεί ότι ένα υποκατάστατο κρέατος με περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες μέχρι 30% με χαμηλό επίπεδο λιπαρών/λιπιδίων είναι πιθανό

να αποτελεί μια καλή εναλλακτική λύση για το κρέας από διατροφική άποψη. Παρόλα αυτά, η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες είναι ένας παράγοντας που πρέπει να ληφθεί υπόψιν αλλά όχι ο μοναδικός καθώς η συνολική σύνθεση του κρέατος και των υποκατάστατών του και η αναλογία τους, πρέπει να ληφθούν υπόψιν για την αξιολόγηση μιας δίαιτας. Αυτό σημαίνει ότι αν τα ανάλογα κρέατος αντικαταστήσουν εντελώς το κρέας, τότε πρέπει αυτά να παρουσιάζουν παρόμοια Πρωτεϊνική Πεπτικότητα – Διορθωμένο Δείκτη Αμινοξέων (PDCAAS – Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score) με το βόειο κρέας. Ο δείκτης PDCAAS είναι ένα μέτρο της ικανότητας μιας πρωτεΐνης να παρέχει επαρκή επίπεδα απαραίτητων αμινοξέων για τις ανθρώπινες ανάγκες (Hughes et al., 2011). Ο Alexander et al (2017) εξηγεί γιατί η σόγια είναι μια αρκετά ελκυστική επιλογή επειδή η βαθμολογία PDCAAS είναι αρκετά υψηλή (Alexander et al., 2017). Χωρίς την παρουσία της σόγιας, είναι δυνατόν να επιτευχθούν υψηλές βαθμολογίες PDCAAS χρησιμοποιώντας συνταγές πρωτεϊνικών συστατικών με συμπληρωματική σύνθεση αμινοξέων, όπως πρωτεϊνικούς συνδυασμούς δημητριακών και οσπρίων (Kyriakopoulou et al 2019).

Όσον αφορά την επιρροή της πρωτεΐνης σόγιας στην ανθρώπινη υγεία αναφέρεται ότι η σόγια μπορεί να μειώσει τα λιπίδια του αίματος σε σύγκριση με την ζωική πρωτεΐνη (Anderson et al., 1995). Αναφέρεται ότι η μέση κατανάλωση πρωτεΐνης σόγιας 47 g/ημέρα συσχετίστηκε με μείωση της ολικής χοληστερόλης κατά 9.3%, μείωση της LDL χοληστερόλης κατά 12.9 %, μείωση στα τριγλυκερίδια σε ποσοστό 10.5% και υπήρξε μια μη σημαντική αύξηση της HDL χοληστερόλης σε ποσοστό 2.4% (Anderson et al., 1995). Επιπλέον, ο Sadler (2004) επισημαίνει ότι η Αμερικανική Υπηρεσία Τροφίμων και Φαρμάκων το 1999 ισχυρίστηκε ότι οι δίαιτες που είναι χαμηλές σε κορεσμένα λιπαρά και χοληστερόλη που περιλαμβάνουν 25g πρωτεΐνης σόγιας την ημέρα, μπορούν να μειώσουν τον κίνδυνο καρδιακών παθήσεων (Sadler, 2004).

Στην περίπτωση του καρκίνου, αναφέρεται ότι δεδομένα δείχνουν ότι οι πληθυσμοί που καταναλώνουν υψηλές ποσότητες σόγιας τείνουν να έχουν χαμηλά επίπεδα θνησιμότητας από καρκίνο (Sadler, 2004). Οι έρευνες επικεντρώνονται στην πρεβιοτική σταχυόζη και ραφινόζη που βρίσκονται στην σόγια, μαζί με διάφορα άλλα βιολογικά δραστικά συστατικά που μπορούν να προστατεύσουν από τον καρκίνο όπως είναι οι αναστολείς θρυψίνης, φυτικό οξύ, σαπωνίνες, β-σιτοστερόλη και ισοφλαβόνες (Sadler, 2004).

Στη συνέχεια, η μυκοπρωτεΐνη αποτελεί μια πρωτεΐνη που είναι κατάλληλη για μείωση των λιπιδίων σε μια δίαιτα, λόγω της χαμηλής περιεκτικότητας σε ολικά λιπαρά και λόγω της

χαμηλής περιεκτικότητας σε κορεσμένα λιπαρά αλλά και στην υψηλή περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες. Παρατηρήθηκε ότι η μυκοπρωτεΐνη προκάλεσε μείωση κατά 13% στην ολική χοληστερόλη στον ορό (serum cholesterol), μια μείωση 9% στην LDL χοληστερόλη, και αύξηση κατά 12% της HDL χοληστερόλη. Αντιθέτως, στην ομάδα ατόμων που κατανάλωσαν κρέας δεν παρατηρήθηκε καμία αλλαγή στην ολική χοληστερόλη, υπήρξε 12% αύξηση της LDL χοληστερόλης και 11% μείωση της HDL χοληστερόλης (Sadler, 2004).

Γενικότερα, αναφέρεται ότι οι δίαιτες που βασίζονται σε φυτικές πρωτεΐνες έχουν πολλά οφέλη για την ανθρώπινη υγεία, για παράδειγμα βοηθώντας στην μεταβολική δυσλειτουργία που προκαλείται από την παχυσαρκία (Wanezaki et al 2015), στις καρδιαγγειακές παθήσεις (Craig, 2010), που έχουν αντικαρκινική, αντιφλεγμονώδη δραστηριότητα και ανοσολογική δραστηριότητα (Nakata et al., 2017) και η βελτίωση κλινικών δεικτών στον διαβήτη τύπου 2 (Clifton, 2011, Zhang et al., 2016).

Ωστόσο, τόσο οι ζωικές πηγές πρωτεϊνών όσο και τα τρόφιμα φυτικής προέλευσης περιέχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε πουρίνες. Οι πουρίνες όπως είναι η αδενίνη και η υποξανθίνη θεωρούνται εξαιρετικά ουρογενείς και είναι απαραίτητο να αποφεύγονται από υπερουριχαιμικά (hyperuricaemic) άτομα (Grygiel-Górniak & Puszczewicz, 2014). Επιπλέον, καθαρισμένες πρωτεΐνες απομονωμένες ή συμπυκνώματα από μη παραδοσιακές πηγές όπως για παράδειγμα η σόγια, το σιτάρι, τα μπιζέλια και οι μύκητες, έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε πουρίνες και μπορούν να αποτελέσουν μια ελκυστική επιλογή για την ανάπτυξη νέων προϊόντων (Havlik et al., 2010). Ένα άλλο σημείο ανησυχίας, εκτός από την περιεκτικότητα σε πουρίνες, είναι η οξείδωση της πρωτεΐνης που μπορεί να συμβεί κατά την διάρκεια της επεξεργασίας, ή μπορεί να προκληθεί από την παρουσία λίπους σε υποκατάστατα κρέατος όπως συμβαίνει στα προϊόντα κρέατος. Αναφέρεται ότι για το προϊόν απομόνωσης σόγιας, η οξείδωση πρωτεΐνης μπορεί να μειώσει την ποσότητα των διαθέσιμων αμινοξέων, συνοδευόμενη από μείωση της ευαισθησίας στην πεπτική πρωτεόλυση (Kyriakopoulou et al 2019, Chen et al., 2013, Lu et al., 2017).

10 Περιβαλλοντικά οφέλη

Η παραγωγή τροφίμων αποτελεί μια ανθρώπινη δραστηριότητα που προκαλεί μεγάλο αντίκτυπο στο περιβάλλον. Η ίδια η γεωργία είναι υπεύθυνη για το 70-85 % του αποτυπώματος νερού (water footprint) και για το 30% των παγκόσμιων εκπομπών αερίων θερμοκηπίου. Αναφέρεται ότι η ζήτηση τροφίμων αναμένεται να αυξηθεί κατά 70% μέχρι το 2050, που θα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των επιπτώσεων (Smetana et al., 2015). Η παραγωγή κρέατος έχει το μεγαλύτερο αντίκτυπο στην παραγωγή τροφίμων (Steinfeld et al., 2006). Ταυτόχρονα, η κατανόηση του περιβαλλοντικού και οικονομικού κόστους της παραγωγής κρέατος οδήγησε στην ανάπτυξη υποκατάστατων κρέατος και στην επιτυχή εισαγωγή τους στην αγορά και την παραγωγή (Smetana et al., 2015). Μεγάλη ανησυχία έχει προκληθεί λόγω περιβαλλοντικών και κοινωνικοοικονομικών ζητημάτων όπως είναι η ασφάλεια των τροφίμων, η αποκοπή των δασών, η ρύπανση κλπ. Όλο και περισσότεροι καταναλωτές αναζητούν βιώσιμα τρόφιμα και φιλικές προς το περιβάλλον μεθόδους παραγωγής, παρακινώντας με αυτό τον τρόπο τους καταναλωτές να υιοθετήσουν μια χορτοφαγική διατροφή ή να μειώσουν την εβδομαδιαία κατανάλωση κρέατος (Dagevos & Voordouw, 2013).

Η λιγότερη κατανάλωση κρέατος είναι ικανή να μειώσει τη ζήτηση φυσικών πόρων καθώς και να μειώσει τις εκπομπές που σχετίζονται με την παραγωγή κρέατος (Harry Aiking, 2014). Συνεπώς, τα οφέλη της μετάβασης σε μια φυτική διατροφή που είναι θρεπτική φαίνεται να είναι πολλαπλά (Kyriakopoulou et al 2019). Αρκετές μελέτες έδειξαν ότι τα υποκατάστατα κρέατος προκαλούσαν χαμηλότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον από ότι τα προϊόντα κρέατος (Smetana et al., 2015). Για παράδειγμα, η παραγωγή υποκατάστατου κρέατος με βάση τη σόγια και με βάση τη γλουτένη αναφέρθηκε ως πιο φιλική προς το περιβάλλον από ότι το κοτόπουλο, τους αντικαταστάτες κρέατος που αναπτύχθηκαν εργαστηριακά και από τους αντικαταστάτες κρέατος από μυκοπρωτεΐνες (Smetana et al., 2015), ενώ το υποκατάστατο κρέατος με βάση τα μπιζέλια παρουσίασε χαμηλότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις από το χοιρινό (Zhu & van Ierland, 2004).

Ωστόσο, δόθηκε μεγάλη προσοχή στην ενσωμάτωση της θρεπτικής ποιότητας των υποκατάστατων κρέατος σε μελέτες εκτίμησης του κύκλου ζωής (Life Cycle Assessment LCA) και στην αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της ενίσχυσης των υποκατάστατων κρέατος έτσι ώστε να επιτευχθεί ίση θρεπτική ποιότητα με το κρέας (Van Mierlo et al., 2017). Οι Van Mierlo et al. (2017) εξέτασαν υποκατάστατα κρέατος με ίση

θρεπτική αξία με το κρέας και ανέφεραν μειωμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις για τις εναλλακτικές λύσεις από φυτικές πηγές σε ορισμένες κατηγορίες. Επίσης, δεν παρέμειναν μόνο στην σύνθεση αντικαταστατών του κρέατος, με ισοδύναμη θρεπτική αξία με το κοτόπουλο και το βόειο κρέας, αλλά εστίασαν και στην ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων όσον αφορά την κλιματική αλλαγή, τη χρήση νερού, τη χρήση γης και την εξάντληση ορυκτών καυσίμων. Στην μελέτη τους οι αντικαταστάτες παρουσίασαν τη μεγαλύτερη δυνατότητα μείωσης των επιπτώσεων για όλους τους δείκτες, με εξαίρεση τη χρήση νερού (Van Mierlo et al., 2017).

Παρόλα αυτά, οι Van Kernebeek et al. (2016) υπολόγισαν ότι η χρήση γης μιας χορτοφαγικής διατροφής είναι υψηλότερη από εκείνη μιας δίαιτας με μικρές ποσότητες ζωικών πρωτεϊνών. Στη μελέτη τους, ο αποτελεσματικός ρόλος των ζώων ήταν να μετατρέψουν φυτικά υλικά ή βιομάζες που δεν είναι κατάλληλες για ανθρώπινη κατανάλωση, σε τρόφιμα που αποτελούν κατάλληλα για ανθρώπινη κατανάλωση. Ως εκ τούτου, η περιορισμένη συμπερίληψη ζωικών προϊόντων βοηθά στην αποφυγή απώλειας καλλιεργειών και κατά συνέπεια στην διατήρηση μεγαλύτερου πληθυσμού σε σύγκριση με το αυστηρό σενάριο της χορτοφαγικής διατροφής (Van Kernebeek et al., 2016).

Οι Macdiarmid et al. (2012), ισχυρίζονται ότι η μείωση ή ακόμα και η πλήρης εξάλειψη του κρέατος έχει τη δυνατότητα να μειώσει σημαντικά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις μιας διατροφής (Macdiarmid et al., 2012). Οι Tyszler et al. (2014) εξέτασαν τις δυνατότητες διαφορετικών συνδυασμών τροφίμων για την ελαχιστοποίηση του προβλήματος της έλλειψης ορισμένων απαραίτητων αμινοξέων, λόγω της ύπαρξης μιας αυστηρής χορτοφαγικής διατροφής (Tyszler et al., 2014). Στη μελέτη τους, μια μερίδα ψαριών προτάθηκε να εξασφαλίσει την πρόσληψη περιορισμένων αμινοξέων, όπως είναι η λυσίνη και η μεθειονίνη, και ενσωματώθηκε στην ανάλυση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των διαιτών με βάση τη σόγια χωρίς κρέας. Η προτεινόμενη δίαιτα παρουσίασε χαμηλότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις από τη διατροφή κρέατος (Tyszler et al., 2014). Παρόλα αυτά, περισσότερες μελέτες έδειξαν ότι μια πλήρης διατροφή για χορτοφάγους με φυτικά προϊόντα δεν παρουσίασε μόνο τις χαμηλότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, αλλά σαφώς και η ποσότητα του κρέατος και ή άλλων ζωικών προϊόντων παραμένει μάλλον περιορισμένη (Kyriakopoulou et al 2019).

11 Προοπτικές αγοράς

Τα τελευταία έτη έχουν αναπτυχθεί νόστιμα και υγιεινά υποκατάστατα κρέατος, τόσο για την κάλυψη των αναγκών των χορτοφάγων καταναλωτών, όσο και για την ικανοποίηση των πιο απαιτητικών καταναλωτών κρέατος (Kyriakopoulou et al 2019). Χωρίς αμφιβολία, η δημοτικότητα των υποκατάστατων κρέατος αυξάνεται καθώς αυξάνεται ο αριθμός των καταναλωτών που αναζητούν εναλλακτικές πηγές πρωτεΐνης. Συγκεκριμένα, χώρες όπως η Γερμανία, η Γαλλία, η Ολλανδία, η Ιταλία, το Ηνωμένο Βασίλειο και η Σουηδία συγκαταλέγονται μεταξύ των κορυφαίων χωρών στην έρευνα και ανάπτυξη εναλλακτικών πρωτεϊνών κρέατος, με την Ευρώπη να κυριαρχεί στην παγκόσμια αγορά υποκατάστατων κρέατος (Ismail et al., 2020). Για το Ηνωμένο Βασίλειο συγκεκριμένα, η λιανική αγορά για εναλλακτικά του κρέατος είναι μια από τις πιο ανεπτυγμένες στον κόσμο. Αναφέρεται ότι η αγορά εναλλακτικών προϊόντων με απλή ψύξη είναι διπλάσια από εκείνη των κατεψυγμένων προϊόντων, αντικατοπτρίζοντας την επιθυμία των καταναλωτών για προϊόντα που θεωρούνται ‘φρέσκα’, ‘φυσικά’ και υψηλής ποιότητας (Sadler, 2004). Οι βασικοί λόγοι που αναπτύχθηκε η αγορά περιλαμβάνουν την ανησυχία των καταναλωτών σχετικά με την ασφάλεια των ζωικών προϊόντων, η αύξηση των χορτοφάγων και εκείνων που επιθυμούν να μειώσουν την κατανάλωση κρέατος, αύξηση ενδιαφέροντος στην υγιεινή διατροφή που περιλαμβάνει ενσωμάτωση τροφίμων από φυτικές πηγές στην δίαιτα τους και η επιθυμία για υψηλότερης ποιότητας εναλλακτικές πηγές κρέατος (Sadler, 2004).

Το αυξανόμενο δυναμικό της αγοράς έχει δώσει ώθηση στην ανάπτυξη ενός ευρέως φάσματος συστατικών που προσφέρουν βελτιωμένη γεύση και ποιότητα διατροφής που προσομοιώνουν την υφή του κρέατος. Προκύπτει ότι η αγορά χαρακτηρίζεται από μια μεγαλύτερη ποικιλία καταναλωτικών προϊόντων που βασίζονται σε ένα ευρύτερο φάσμα συστατικών που περιλαμβάνουν σόγια, μυκοπρωτεΐνες, παράγωγα σίτου, λαχανικά και όσπρια (Sadler, 2004). Ωστόσο, αναφέρεται ότι οι καινοτομίες στον τομέα της παραγωγής και της διαδικασίας προετοιμασίας των υποκατάστατων κρέατος, έχουν διευκολύνει τη χρήση εναλλακτικών συστατικών όπως είναι το λούπινο, διαφορετικούς τύπους οσπρίων, όπως για παράδειγμα φασόλια, και άλλες καλλιέργειες ελαιούχων σπόρων όπως είναι η ελαιοκράμβη και ο ηλίανθος.

Το ενδιαφέρον για πιο τοπικά παραγόμενες πρωτεϊνούχες καλλιέργειες, μαζί με την αυξανόμενη έρευνα σχετικά με τη δημιουργία δομής που θυμίζει κρέας, ευνόησε τον

συνδυασμό πολλών πρωτεϊνικών συστατικών για την ανάπτυξη νέων προϊόντων με προηγμένες ιδιότητες (Kyriakoulou et al 2019).

Η πλειοψηφία των βιομηχανιών παραγωγής υποκατάστατων κρέατος συγκεντρώνεται κυρίως στις δυτικές χώρες. Η χαμηλή αποδοχή μεταξύ των αναλόγων κρέατος σε ορισμένες ασιατικές χώρες οφείλεται στη νεοφοβία των τροφίμων. Ωστόσο, το φαινόμενο αυτό αναφέρεται ότι συμβαίνει μεταξύ των πολιτισμών, και η αποδοχή για νέα τρόφιμα θα αυξηθεί με την πάροδο του χρόνου, διότι οι καταναλωτές θα εξοικειώνονται περισσότερο με τα νέα προϊόντα. Πραγματοποιήθηκε έρευνα για την αποδοχή εναλλακτικών προϊόντων κρέατος από τους καταναλωτές, σε ΗΠΑ, Ινδία και Κίνα και προέκυψε ότι η Κίνα (95.6%) και η Ινδία (94.5%) κατέγραψαν τη μεγαλύτερη αποδοχή σε εναλλακτικά κρέατος σε σχέση με τις ΗΠΑ (74.7%). Ως εκ τούτου, οι ασιατικές χώρες θα μπορούσαν να είναι η σχετική αγορά στο μέλλον για την εξαγωγή αναλογικών προϊόντων κρέατος (Ismail et al., 2020).

11.1 Υποκατάστατα κρέατος που βρίσκονται στην αγορά

Παρακάτω αναφέρονται προϊόντα από εταιρείες που βρίσκονται στην αγορά και είναι δυνατόν να προκαλέσουν το ενδιαφέρον του καταναλωτή. Αποτελούν τελικά προϊόντα για άμεση κατανάλωση (Schmidinger, 2012):

- 1) Όνομα εταιρείας: Valsoia - Όνομα προϊόντος: Valsoia -Χώρα: Ιταλία





Εικόνα 23: Λογότυπο της εταιρείας Valsoia (πάνω) και προϊόντα υποκατάστατων κρέατος της εταιρείας Valsoia (κάτω)

Ιστοσελίδα: <http://www.valsoia.it/moduli/catalogo/famiglia.php?codice=9>

Περιγραφή: Μπορούν να παραχθούν μπιφτέκια, κοτολέτες, κεφτεδάκια και άλλα με βάση την πρωτεΐνη σόγιας και την πρωτεΐνη σίτου. Η διατροφική αξία (σύμφωνα με την Valsoia) για τα διάφορα προϊόντα:

Θερμιδική αξία: 148 – 224 kcal/g

Πρωτεΐνη: 12 - 18%, που περιέχει όλα τα απαραίτητα αμινοξέα

Υδατάνθρακες: 3.4 – 16%

Διαιτητικές ίνες: 2.5 – 7%

Λίπος: 7 – 12%, χαμηλή περιεκτικότητα σε κορεσμένα λιπαρά οξέα

2) Όνομα εταιρείας: Fry Group Foods - Όνομα προϊόντος: Fry's - Χώρα: Νότια Αφρική



Εικόνα 24: Λογότυπο της εταιρείας Fry Group Foods

Ιστοσελίδα: <http://www.frysvegetarian.co.za/product-range/frys-special/>

Περιγραφή: Διατίθεται μεγάλη ποικιλία προϊόντων για χορτοφάγους με βάση την πρωτεΐνη σόγιας και την πρωτεΐνη σίτου. Διατροφική αξία (σύμφωνα με το Fry's) για τα προϊόντα:

Θερμιδική αξία: 123 – 247kcal/100g

Πρωτεΐνη: 11.7 – 20.4%, περιέχει όλα τα απαραίτητα αμινοξέα

Υδατάνθρακες: 5 – 20%

Διαιτητικές ίνες: 1 – 11%

Λίπος: 6 – 14%, υψηλή περιεκτικότητα σε ακόρεστα λιπαρά οξέα





Εικόνα 25: Προϊόν Braai-Styles Sausages (πάνω) και The Big Fry Burger (κάτω)

3) Όνομα εταιρείας: Toras - Όνομα προϊόντος: Wheaty - Χώρα: Γερμανία



Εικόνα 26: Λογότυπο της εταιρείας Toras

Ιστοσελίδα: <http://www.wheaty.de/de/sortiment.html>

Περιγραφή: Λουκάνικα, αλλαντικά, ψητά, γύρος και πολλά άλλα με βάση την πρωτεΐνη σίτου, μερικές φορές σε συνδυασμό με tofu. Η διατροφική αξία (σύμφωνα με την Toras) για τα προϊόντα:

Θερμιδική αξία: 113 – 316 kcal/100g

Πρωτεΐνη: 7.8 – 35.2 %

Υδατάνθρακες: 3.2 – 12 %

Λίπος: 1.2 – 16.8 %



Εικόνα 27: Προϊόν Vegan Superhero Burger



Εικόνα 28: Προϊόν Vegane Slices Salami

4) Όνομα εταιρείας: Viana - Όνομα προϊόντος: Viana - Χώρα: Γερμανία



Εικόνα 29: Λογότυπο της εταιρείας Viana

Ιστοσελίδα: <http://www.viana.de/en/our-products/>

Περιγραφή: Κοτομπουκιές, σνίτσελ, χάμπουργκερ, μπριζόλες, λουκάνικα και πολλά άλλα, βασισμένα κυρίως σε πρωτεΐνες σιταριού και tofu. Η Viana διανέμει επίσης καθαρό tofu, tempeh, seitan. Η διατροφική αξία (σύμφωνα με την Viana) για τα προϊόντα που βασίζονται σε πρωτεΐνες σίτου και tofu:

Θερμιδική αξία: 230 – 290 kcal/100g

Πρωτεΐνη: 19 - 27 %

Υδατάνθρακες: 3 - 12 %

Λίπος: 14 - 19 %, χαμηλά σε κορεσμένα λιπαρά οξέα



Εικόνα 30: Προϊόντα tofu (πάνω) και χορτοφαγικών σνίτσελ (κάτω)

5) Όνομα εταιρείας: Vegi-Service AG - Όνομα προϊόντος: Vegusto - Χώρα: Ελβετία



Εικόνα 31: Λογότυπο της εταιρείας Vegi-Service AG

Ιστοσελίδα: <http://www.veg.iservice.ch/de/shop/shop.php> Vegusto vegan Vegi-Shop (veg-service.ch)

Περιγραφή: Μπιφτέκια, αλλαντικά, λουκάνικα, σνίτσελ, ψητά και άλλα, με βάση την πρωτεΐνη σίτου. Διατροφική αξία (σύμφωνα με την Vegi-Service AG) για τα προϊόντα:

Θερμιδική αξία: 220 – 309 kcal/100g

Πρωτεΐνη: 20.3 – 35.2 %

Υδατάνθρακες: 5.3 – 9.4 %

Λίπος: 8.6 – 20.2 %



Εικόνα 32: Προϊόν Vegi Burger Classic



Εικόνα 33: Προϊόν Vegi-Maxi wurst Cerlyone

6) Όνομα εταιρείας: Turtle Island Foods - Όνομα προϊόντος: Tofurky- Χώρα: ΗΠΑ



Εικόνα 34: Λογότυπο της εταιρείας Turtle Island Foods

Ιστοσελίδα: <http://www.tofurky.com/index.html#>

Περιγραφή: Λουκάνικα, ψητά και άλλα με βάση τη γλουτένη σίτου και το tofu, αλλά και προϊόντα tempeh. Διατροφική αξία (σύμφωνα με Turtle Island Foods) για τα διάφορα προϊόντα:

Θερμιδική αξία: 180 – 270 kcal/100g

Πρωτεΐνη: 16 – 29%

Λίπος: 2 – 16 %, (χαμηλή περιεκτικότητα σε κορεσμένα λιπαρά οξέα)

Υδατάνθρακες: 8 – 25 %

Διαιτητικές ίνες: 5 – 15 %



Εικόνα 35: Συσκευασία προϊόντος (πάνω) και το προϊόν Plant Based Burger της εταιρείας Turtle Island Foods (κάτω)

7) Όνομα εταιρείας: Impossible Foods - Όνομα προϊόντος: Impossible burger- Χώρα: ΗΠΑ

IMPOSSIBLE™

Εικόνα 36: Λογότυπο της εταιρείας Impossible

Ιστοσελίδα: <https://www.impossiblefoods.com/>

Περιγραφή: Τα κύρια συστατικά του προϊόντος είναι πρωτεΐνη σίτου με υφή (textured wheat protein), νερό, λάδι καρύδας, πρωτεΐνη πατάτας, φυσικά αρώματα. Σε ποσοστό 2% ή λιγότερο βρίσκονται τα συστατικά λεγμοσφαιρίνη (σόγια) (Leghemoglobin), αλάτι, εκχύλισμα μαγιάς, προϊόν απομόνωσης πρωτεΐνης σόγιας, κόμμι ξανθάνης, κόμμι κονγιάκ (konjac), ψευδάργυρος, νιασίνη, βιταμίνη C,B1,B2,B6,B12 (Kyriakopoulou et al 2019).

Αναφέρεται από την Impossible Foods ότι για μια μερίδα 113g ισχύει:

Θερμιδική αξία: 240 kcal

Λίπος: 14g, (8g κορεσμένα λιπαρά οξέα)

Πρωτεΐνη: 19g

Υδατάνθρακες: 9g

Διαιτητικές ίνες: 3g



Εικόνα 37: Impossible burger (Impossible Foods, ΗΠΑ)

8) Όνομα εταιρείας: Beyond Meat - Όνομα προϊόντος: The Beyond Burger- Χώρα: ΗΠΑ



Εικόνα 38: Λογότυπο της εταιρείας Beyond Meat

Ιστοσελίδα: <http://beyondmeat.com/>

Περιγραφή: Τα συστατικά που περιέχονται στο προϊόν είναι προϊόν απομόνωσης πρωτεΐνης μπιζελιού, συμπιεσμένο λάδι canola, εξευγενισμένο λάδι καρύδας, εκχύλισμα μαγιάς, νερό, μαλτοδεξτρίνη, φυσικά αρώματα, αραβικό κόμμα, ηλιέλαιο, αλάτι, ηλεκτρικό οξύ (succinic acid), οξικό οξύ, μη GMO τροποποιημένο άμυλο, κυτταρίνη από μπαμπού, μεθυλοκυτταρίνη, άμυλο πατάτας, εκχύλισμα χυμού τεύτλων (για χρώμα), ασκορβικό οξύ (για διατήρηση χρώματος), εκχύλισμα annatto (για χρώμα), εκχύλισμα εσπεριδοειδών (για διατήρηση της ποιότητας), φυτική γλυκερίνη (Kyriakoulou et al 2019).

Αναφέρεται από την Beyond Meat ότι για μια μερίδα 113g ισχύει:

Θερμιδική αξία: 260 kcal

Λίπος: 18g, (5g είναι κορεσμένα λιπαρά οξέα)

Υδατάνθρακες: 5g

Διαιτητικές ίνες: 2g

Πρωτεΐνη: 20g



Εικόνα 39: Προϊόν Beyond Burger (Beyond Meat, ΗΠΑ)

12 Σημαντικοί περιορισμοί και μελλοντικές προκλήσεις

Ο κύριος σκοπός και η τελική πρόκληση της παραγωγής υποκατάστατων κρέατος είναι η παραγωγή ενός προϊόντος που αναδημιουργεί το συμβατικό κρέας σε όλες του τις οργανοληπτικές ιδιότητες, όπως είναι η υφή, η γεύση, η εμφάνιση, η οσμή κλπ. Η έρευνα και ανάπτυξη που έγινε έδειξαν ότι είναι δυνατόν να επιτευχθεί μια δομή που μοιάζει με κρέας με τη χρήση συστατικών από φυτική προέλευση, όπως η σόγια και τα όσπρια, σε συνδυασμό με τεχνολογίες όπως η εξώθηση κλπ (Kyriakoulou et al 2019).

Επί του παρόντος, οι κύριοι περιορισμοί στην ανάπτυξη υποκατάστατων κρέατος είναι η οργανοληπτική ποιότητα, ιδίως η υφή και η γεύση των υποκατάστατων κρέατος που διατίθενται στην αγορά είναι χαμηλότερη από αυτήν του κρέατος (Sadler, 2004, Kumar et al., 2017). Αναφέρεται ότι η κύρια πρόκληση που έχουν να αντιμετωπίσουν οι ερευνητές είναι η ανάπτυξη πρωτοποριακών πρωτεϊνικών τροφίμων/υποκατάστατων κρέατος που διαθέτουν τα

οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του κρέατος (Kumar et al., 2012). Ωστόσο, η επιτυχία των προϊόντων αυτών έχει αμφισβητηθεί από τους Hoek et al. (2011) με βάση ισχυρούς ταξινομικούς παράγοντες που προσκολλώνται στο κρέας ως προϊόν που προέρχεται από ζώο (Hoek, van Boekel, et al., 2011). Ανέφεραν ότι η επιτυχία των υποκατάστατων κρέατος προήλθε από την κατηγοριοποίηση των αντικειμένων που δεν είναι κρέας αλλά μοιάζουν με κρέας, από τους καταναλωτές που ενθουσιάζονται από την δημοτικότητα των εναλλακτικών προϊόντων κρέατος (Hoek, van Boekel, et al., 2011). Η ανταγωνιστικότητα των τιμών των υποκατάστατων κρέατος είναι ένα ζήτημα που αφορά την δημοτικότητα τους (Kumar et al., 2017).

Πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό είναι η αντίληψη του υποκατάστατου προϊόντος κρέατος στο στόμα. Οποιαδήποτε προσπάθεια δημιουργίας της αίσθησης του χυμώδους του κρέατος περιορίζεται στην πρόσθετη ενυδάτωση του προϊόντος, στην ενσωμάτωση του λίπους, ή στην προσθήκη εκχυλισμάτων όπως χυμός παντζαριού. Οπότε, απαιτούνται νέοι τρόποι ενσωμάτωσης νερού και λίπους (Kyriakopoulou et al 2019).

Όσον αφορά τη γεύση, η μίμηση της ακριβούς γεύσης του κρέατος αποτελεί μια μεγάλη πρόκληση, δεδομένου ότι η γεύση του κρέατος περιέχει παραπάνω από 1000 υδατοδιαλυτά και προερχόμενα από λίπος συστατικά (Claeys et al., 2004, Kyriakopoulou et al 2019). Επίσης είναι πολύ σημαντική η εμφάνιση του προϊόντος, και πιο συγκεκριμένα το χρώμα του προϊόντος. Οπότε, θερμοσταθεροί χρωστικοί παράγοντες είναι απαραίτητο να αντικατασταθούν από χρωστικές που μοιάζουν με τα χρώματα που έχει ένα προϊόν κρέατος κατά το μαγείρεμα ή το τηγάνισμα. Οι αλλαγές χρώματος κατά το μαγείρεμα σχετίζονται κυρίως με χημικές αλλαγές και αντιδράσεις Maillard, οι οποίες είναι ικανές να δημιουργήσουν διακεκριμένες γεύσεις όπως μαγειρεμένου, ψημένου αλλά και κρέατος. Αναφέρεται ότι διερευνώνται νέες εξελίξεις των μεταβαλλόμενων χρωματικών ενώσεων και των προδρόμων αρώματος που μπορούν να βοηθήσουν στην ανάπτυξη χαρακτηριστικής εμφάνισης και γεύσης των προϊόντων κρέατος (Kyriakopoulou et al 2019).

Επιπλέον, πρόκληση αποτελεί η δημιουργία προϊόντων που έχουν υψηλή διατροφική αξία όπως το κρέας. Όμως, οι φυτικές πηγές πρωτεϊνών είναι δυνατόν να παρουσιάσουν περιορισμό στα αμινοξέα και ιχνοστοιχεία που διαθέτουν, το οποίο καθιστά πιο δύσκολο να δημιουργηθούν προϊόντα με την θρεπτική αξία του κρέατος. Επί του παρόντος, τα υποκατάστατα κρέατος μπορούν να εμπλουτιστούν με στοιχεία που τους λείπουν, όπως ο

σίδηρος. Τα συστατικά προσθήκης έχουν δημιουργήσει μια συζήτηση μεταξύ των καταναλωτών που έχουν περιβαλλοντική επίγνωση (Kyriakopoulou et al 2019).

13 Συμπεράσματα

Η διεργασία της εξώθησης αποτελεί την μέθοδο με την οποία τα υποκατάστατα κρέατος παράγονται σε μεγαλύτερη κλίμακα. Σημαντικό αντίκτυπο στις φυσικοχημικές ιδιότητες των υποκατάστατων κρέατος είχε ο τύπος της εξώθησης, δηλαδή υψηλής ή χαμηλής υγρασίας εξώθηση και η ενσωμάτωση ή μη ενσωμάτωση της γλουτένης σίτου. Σπογγώδη δομή απέκτησαν τα προϊόντα που υποβλήθηκαν σε εξώθηση χαμηλής υγρασίας, όταν ενσωματώθηκε γλουτένη σίτου. Όμως, η εξώθηση υψηλής υγρασίας σε συνδυασμό με προσθήκη γλουτένης σίτου με περιεκτικότητα 400 g kg^{-1} , είχε ως αποτέλεσμα την δημιουργία μιας πιο χαρακτηριστικής δομής που θυμίζει το κρέας, πυκνή και ινώδης. Η τεχνολογία διάτμησης κυττάρων έχει μικρότερη εφαρμογή, ενώ οι παράγοντες θερμοκρασία, ταχύτητα κοχλία, συγκέντρωση SPC, WG δείχνουν να έχουν καθοριστικό ρόλο στην διαμόρφωση των υποκατάστατων κρέατος. Η τεχνολογία στροβιλισμού αποτελεί μέθοδο η οποία βρίσκεται ακόμη σε αρχικά στάδια, και απαιτείται περαιτέρω έρευνα για την ανάπτυξη της σε βιομηχανική κλίμακα. Τα υποκατάστατα κρέατος είναι προϊόντα τα οποία είναι επιρρεπή σε αλλοιώσεις και είναι απαραίτητο να δοθεί προσοχή στον τρόπο συντήρησής τους, όπου προτείνεται η συσκευασία τους να πραγματοποιείται όπως στα προϊόντα κρέατος. Όσον αφορά τον περιβαλλοντικό παράγοντα, τα υποκατάστατα κρέατος προκαλούν τις λιγότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον και αποτελούν την καλύτερη λύση για την προστασία του. Ο παράγοντας της υγείας απασχολεί έντονα τον καταναλωτή και η ένταξη των υποκατάστατων κρέατος στην διατροφή του ανθρώπου είναι ένα πολύ σημαντικό βήμα για έναν υγιεινό τρόπο ζωής. Κάτι το οποίο είναι δυνατόν να απασχολήσει είναι η επιθυμία του κόσμου να αγοράσει τα προϊόντα αυτά, καθώς υπάρχει και η νεοφοβία, παρόλα αυτά το συγκεκριμένο δεν φαίνεται να αποτελεί πρόβλημα στο μέλλον καθώς η αγορά των προϊόντων αυτών αναπτύσσεται συνεχώς.

14 Βιβλιογραφία

- Abang Zaidel, D. N., Chin, N. L., Abdul Rahman, R., & Karim, R. (2008). Rheological characterisation of gluten from extensibility measurement. In *Journal of Food Engineering* (Vol. 86, Issue 4, pp. 549–556). <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.11.005>
- Aiking, H. (2011). Future protein supply. In *Trends in Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2010.04.005>
- Alexander, P., Brown, C., Arneth, A., Dias, C., Finnigan, J., Moran, D., & Rounsevell, M. D. A. (2017). Could consumption of insects, cultured meat or imitation meat reduce global agricultural land use? In *Global Food Security* (Vol. 15, pp. 22–32). <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.04.001>
- Alexander, P., Brown, C., Arneth, A., Finnigan, J., & Rounsevell, M. D. A. (2016). Human appropriation of land for food: The role of diet. *Global Environmental Change*. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.09.005>
- Ames, J. M. (1990). Control of the Maillard reaction in food systems. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 1, Issue C, pp. 150–154). [https://doi.org/10.1016/0924-2244\(90\)90113-D](https://doi.org/10.1016/0924-2244(90)90113-D)
- Anderson, J. W., Johnstone, B. M., & Cook-Newell, M. E. (1995). Meta-Analysis of the Effects of Soy Protein Intake on Serum Lipids. In *New England Journal of Medicine* (Vol. 333, Issue 5, pp. 276–282). <https://doi.org/10.1056/nejm199508033330502>
- Anu Bhushani, J., & Anandharamakrishnan, C. (2014). Electrospinning and electrospraying techniques: Potential food based applications. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 38, Issue 1, pp. 21–33). <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2014.03.004>
- Anwar, D., & El-Chaghaby, G. (2019). Nutritional quality, amino acid profiles, protein digestibility corrected amino acid scores and antioxidant properties of fried tofu and seitan. In *Journal of Faculty of Food Engineering* (Vol. 18, Issue 3, pp. 176–190).
- Arora, B., Kamal, S., & Sharma, V. P. (2017). Effect of Binding Agents on Quality Characteristics of Mushroom Based Sausage Analogue. In *Journal of Food Processing and Preservation* (Vol. 41, Issue 5). <https://doi.org/10.1111/jfpp.13134>
- Askew, K. (2017). *Europe leads in innovation as meat-free demand grows*. Foodnavigator.Com.
- Asli Can Karaca, Nicholas Low, M. N. (2011). Emulsifying properties of chickpea, faba bean, lentil and pea proteins produced by isoelectric precipitation and salt extraction. In *Nanomaterials* (Vol. 9,

- Issue 1). <https://doi.org/10.3390/nano9010025>
- Astuti, M., Meliala, A., Dalais, F. S., & Wahlqvist, M. L. (2000). Tempe, a nutritious and healthy food from Indonesia. In *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition* (Vol. 9, Issue 4, pp. 322–325). <https://doi.org/10.1046/j.1440-6047.2000.00176.x>
- Batista, A. P., Portugal, C. A. M., Sousa, I., Crespo, J. G., & Raymundo, A. (2005). Accessing gelling ability of vegetable proteins using rheological and fluorescence techniques. In *International Journal of Biological Macromolecules* (Vol. 36, Issue 3, pp. 135–143). <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2005.04.003>
- Benjamin M. Bohrer. (2019). *An investigation of the formulation and nutritional composition of modern meat analogue products.*
- Birgit L. Dekkers, Remko M. Boom, Atze Jan van der Goot (2018). *Structuring processes for meat analogues - ScienceDirect.* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092422441830311X#bib26>
- Bock, N., Dargaville, T. R., & Woodruff, M. A. (2012). Electro spraying of polymers with therapeutic molecules: State of the art. In *Progress in Polymer Science* (Vol. 37, Issue 11, pp. 1510–1551). <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2012.03.002>
- Boye, J. I., Aksay, S., Roufik, S., Ribéreau, S., Mondor, M., Farnworth, E., & Rajamohamed, S. H. (2010). Comparison of the functional properties of pea, chickpea and lentil protein concentrates processed using ultrafiltration and isoelectric precipitation techniques. In *Food Research International* (Vol. 43, Issue 2, pp. 537–546). <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.07.021>
- Boye, J., Zare, F., & Pletch, A. (2010). Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. In *Food Research International* (Vol. 43, Issue 2, pp. 414–431). <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.003>
- Cai, T., & Chang, K. C. (1999). Processing effect on soybean storage proteins and their relationship with tofu quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* <https://doi.org/10.1021/jf980571z>
- Cheftel, J. C., Kitagawa, M., & Queguiner, C. (1992). New Protein Texturization Processes by Extrusion Cooking at High Moisture Levels. In *Food Reviews International* (Vol. 8, Issue 2, pp. 235–275). <https://doi.org/10.1080/87559129209540940>
- Chen, N., Zhao, M., & Sun, W. (2013). Effect of protein oxidation on the in vitro digestibility of soy

- protein isolate. In *Food Chemistry* (Vol. 141, Issue 3, pp. 3224–3229).
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.05.113>
- Claeys, E., De Smet, S., Balcaen, A., Raes, K., & Demeyer, D. (2004). Quantification of fresh meat peptides by SDS-PAGE in relation to ageing time and taste intensity. In *Meat Science* (Vol. 67, Issue 2, pp. 281–288). <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2003.11.001>
- Clark, B., Stewart, G. B., Panzone, L. A., Kyriazakis, I., & Frewer, L. J. (2017). Citizens, consumers and farm animal welfare: A meta-analysis of willingness-to-pay studies. *Food Policy*.
<https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2017.01.006>
- Craig, W. J. (2010). Nutrition concerns and health effects of vegetarian diets. In *Nutrition in Clinical Practice* (Vol. 25, Issue 6, pp. 613–620). <https://doi.org/10.1177/0884533610385707>
- Dagevos, H., & Voordouw, J. (2013). Sustainability and meat consumption: Is reduction realistic? In *Sustainability: Science, Practice, and Policy* (Vol. 9, Issue 2, pp. 60–69).
<https://doi.org/10.1080/15487733.2013.11908115>
- Day, L., Augustin, M. A., Batey, I. L., & Wrigley, C. W. (2006). Wheat-gluten uses and industry needs. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 17, Issue 2, pp. 82–90).
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2005.10.003>
- Delgado, C., Rosegrant, M., Steinfeld, H., Ehui, S., & Courbois, C. (2001). Livestock to 2020: The Next Food Revolution. *Outlook on Agriculture*. <https://doi.org/10.5367/000000001101293427>
- Dinesh Babu, P., Bhakayaraj, R., & Vidhyalakshmi, R. (2009). A Low Cost Nutritious Food “Tempeh”-A Review. In *World Journal of Dairy & Food Sciences* (Vol. 4, Issue 1, pp. 22–27).
- Doi, E. (1993). Gels and gelling of globular proteins. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 4, Issue 1, pp. 1–5). [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(05\)80003-2](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(05)80003-2)
- F.O. Uruakpa, S. D. A. (2004). *Rheological characteristics of commercial canola protein isolate κ-carrageenan systems.pdf*.
- Filho, G. C. S., Vessoni Penna, T. C., & Schaffner, D. W. (2005). Microbiological quality of vegetable proteins during the preparation of a meat analog. In *Italian Journal of Food Science* (Vol. 17, Issue 3, pp. 269–283).
- Fraser, R., Brown, P. O., Karr, J., Holz-Schietinger, C., & Cohn, E. (2017). *Methods and Compositions for Affecting the Flavor and Aroma Profile of Consumables* (Vol. 2, Issue 12, pp. 1–52).
- Fresán, U., Mejia, M. A., Craig, W. J., Jaceldo-Siegl, K., & Sabaté, J. (2019). Meat analogs from

- different protein sources: A comparison of their sustainability and nutritional content. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 11, Issue 12). <https://doi.org/10.3390/SU11123231>
- Gallant, D., Bouchet, B., & Culioli, J. (1984). Ultrastructural Aspects of Spun Pea and Fababean Proteins. In *Food Structure* (Vol. 3, Issue 2, p. 10).
- Grabowska, K. J., Tekidou, S., Boom, R. M., & van der Goot, A. J. (2014). Shear structuring as a new method to make anisotropic structures from soy-gluten blends. In *Food Research International* (Vol. 64, pp. 743–751). <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.08.010>
- Grabowska, K. J., Zhu, S., Dekkers, B. L., De Ruijter, N. C. A., Gieteling, J., & Van Der Goot, A. J. (2016). Shear-induced structuring as a tool to make anisotropic materials using soy protein concentrate. In *Journal of Food Engineering* (Vol. 188, pp. 77–86). <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.05.010>
- Grigg, D. (1995). The nutritional transition in Western Europe. *Journal of Historical Geography*. <https://doi.org/10.1006/jhge.1995.0018>
- Grygiel-Górniak, B., & Puszczewicz, M. J. (2014). Diet in hyperuricemia and gout - Myths and facts. In *Reumatologia* (Vol. 52, Issue 4, pp. 269–275). <https://doi.org/10.5114/reum.2014.44707>
- Gwiazda, S., Noguchi, A., & Saio, K. (1987). Microstructural Studies of Texturized Vegetable Protein Products: Effects of Oil Addition and Transformation of Raw Materials in Various Sections of a Twin Screw Extruder. In *Food Structure* (Vol. 6, Issue 1, pp. 57–61). <https://digitalcommons.usu.edu/foodmicrostructureAvailableat:https://digitalcommons.usu.edu/foodmicrostructure/vol6/iss1/8>
- Haque, M.A., Timilsena, Y.P., A. (2016). Proteins: Structure and Function. In *Textbook of Biochemistry for Medical Students* (pp. 36–36). https://doi.org/10.5005/jp/books/13014_5
- Harry Aiking. (2014). *Protein production planet, profit, plus people*. American Journal of Clinical Nutrition. <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.071209>
- Havlik, J., Plachy, V., Fernandez, J., & Rada, V. (2010). Dietary purines in vegetarian meat analogues. In *Journal of the Science of Food and Agriculture* (Vol. 90, Issue 14, pp. 2352–2357). <https://doi.org/10.1002/jsfa.4089>
- He, R., He, Hai Yan, Chao, D., Ju, X., & Aluko, R. (2014). Effects of High Pressure and Heat Treatments on Physicochemical and Gelation Properties of Rapeseed Protein Isolate. In *Food and Bioprocess Technology* (Vol. 7, Issue 5, pp. 1344–1353). <https://doi.org/10.1007/s11947-013-1139-z>

- Hoek, A. C., Luning, P. A., Weijzen, P., Engels, W., Kok, F. J., & de Graaf, C. (2011). Replacement of meat by meat substitutes. A survey on person- and product-related factors in consumer acceptance. *Appetite*. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2011.02.001>
- Hoek, A. C., van Boekel, M. A. J. S., Voordouw, J., & Luning, P. A. (2011). Identification of new food alternatives: How do consumers categorize meat and meat substitutes? In *Food Quality and Preference* (Vol. 22, Issue 4, pp. 371–383). <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2011.01.008>
- Hsieh, Y. P. C., Pearson, A. M., & Magee, W. T. (1980). Development of a Synthetic Meat Flavor Mixture By Using Surface Response Methodology. In *Journal of Food Science* (Vol. 45, Issue 5, pp. 1125–1130). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1980.tb06502.x>
- Hughes, G. J., Ryan, D. J., Mukherjea, R., & Schasteen, C. S. (2011). Protein digestibility-corrected amino acid scores (PDCAAS) for soy protein isolates and concentrate: Criteria for evaluation. In *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (Vol. 59, Issue 23, pp. 12707–12712). <https://doi.org/10.1021/jf203220v>
- Ismail, I., Hwang, Y. H., & Joo, S. T. (2020). Meat analog as future food: A review. In *Journal of Animal Science and Technology* (Vol. 62, Issue 2, pp. 111–120). <https://doi.org/10.5187/jast.2020.62.2.111>
- Kessick, R., Fenn, J., & Tepper, G. (2004). The use of AC potentials in electrospraying and electrospinning processes. In *Polymer* (Vol. 45, Issue 9, pp. 2981–2984). <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2004.02.056>
- Kim, K., Choi, B., Lee, I., Lee, H., Kwon, S., Oh, K., & Kim, A. Y. (2011). Bioproduction of mushroom mycelium of *Agaricus bisporus* by commercial submerged fermentation for the production of meat analogue. In *Journal of the Science of Food and Agriculture* (Vol. 91, Issue 9, pp. 1561–1568). <https://doi.org/10.1002/jsfa.4348>
- Kyriakopoulou Konstantina, Birgit Dekkers, A. J. van der Goot (2019). *Plant-Based Meat Analogues*.
- Krintiras G. A., Gadea Diaz J., Van Der Goot A. J., Stankiewicz A. I., & Stefanidis G. D. (2016). On the use of the Couette Cell technology for large scale production of textured soy-based meat replacers. In *Journal of Food Engineering* (Vol. 169, pp. 205–213). <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.08.021>
- Krintiras, G. A., Göbel, J., Van Der Goot, A. J., & Stefanidis, G. D. (2015). Production of structured soy-based meat analogues using simple shear and heat in a Couette Cell. In *Journal of Food Engineering* (Vol. 160, pp. 34–41). <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.02.015>

- Kumar, P., Chatli, M. K., Mehta, N., Singh, P., Malav, O. P., & Verma, A. K. (2017). Meat analogues: Health promising sustainable meat substitutes. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(5), 923–932. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.939739>
- Kumar, P., Sharma, B., Kumar, R., & Kumar, A. (2012). Optimization of the level of wheat gluten in analogue meat nuggets. In *Indian Journal of Veterinary Research (The)* (Vol. 21, Issue 1, pp. 54–59).
- Kyed, M.-H., Rusconi, P. (2009). *Protein Composition for Meat Products or Meat Analog Products*.
- Lam, A. C. Y., Can Karaca, A., Tyler, R. T., & Nickerson, M. T. (2018). Pea protein isolates: Structure, extraction, and functionality. In *Food Reviews International* (Vol. 34, Issue 2, pp. 126–147). <https://doi.org/10.1080/87559129.2016.1242135>
- Larré, C., Mulder, W., Sánchez-Vioque, R., Lazko, J., Bérot, S., Guéguen, J., & Popineau, Y. (2006). Characterisation and foaming properties of hydrolysates derived from rapeseed isolate. In *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* (Vol. 49, Issue 1, pp. 40–48). <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2006.02.009>
- Lu, P., Zhang, X. L., Xue, W. Y., Wu, D. W., Ding, L. R., Wen, C., & Zhou, Y. M. (2017). The protein oxidation of soybean meal induced by heating decreases its protein digestion in vitro and impairs growth performance and digestive function in broilers. In *British Poultry Science* (Vol. 58, Issue 6, pp. 704–711). <https://doi.org/10.1080/00071668.2017.1370535>
- Lusas, E. W., & Rhee, K. C. (1995). Soy Protein Processing and Utilization. In *Practical Handbook of Soybean Processing and Utilization* (pp. 117–160). <https://doi.org/10.1016/b978-0-935315-63-9.50012-7>
- M.A. Asgar, A. Fazilah, Nurul Huda, Rajeev Bhat, and A. A. K. (2010). *Nonmeat Protein Alternatives as Meat Extenders and Meat Analogs*. Institute of Food Technologists®. <https://doi.org/doi:10.1111/j.1541-4337.2010.00124.x>
- M.G. Wiebe. (2002). Myco-protein from *Fusarium venenatum*: a well-established product for human consumption. In *Archivos latinoamericanos de nutricion* (Vol. 23, Issue 2, pp. 171–17185).
- M.J.R. Nout & F.M. Rombouts. (1990). *Recent developments in tempeh research*. Department of Food Science, Agricultural University, Bomenweg 2,6703 HD Wageningen, The Netherlands.
- Macdiarmid, J. I., Kyle, J., Horgan, G. W., Loe, J., Fyfe, C., Johnstone, A., & McNeill, G. (2012). Sustainable diets for the future: Can we contribute to reducing greenhouse gas emissions by eating a healthy diet? In *American Journal of Clinical Nutrition* (Vol. 96, Issue 3, pp. 632–639).

<https://doi.org/10.3945/ajcn.112.038729>

Malav, O. P., Talukder, S., Gokulakrishnan, P., & Chand, S. (2015). Meat Analog: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(9), 1241–1245.

<https://doi.org/10.1080/10408398.2012.689381>

Mancini, R. A., & Hunt, M. C. (2005). Current research in meat color. In *Meat Science* (Vol. 71, Issue 1, pp. 100–121). <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.03.003>

Manski, J. M., van der Goot, A. J., & Boom, R. M. (2007). Formation of fibrous materials from dense calcium caseinate dispersions. In *Biomacromolecules* (Vol. 8, Issue 4, pp. 1271–1279).

<https://doi.org/10.1021/bm061008p>

Manski, J. M., van der Zalm, E. E. J., van der Goot, A. J., & Boom, R. M. (2008). Influence of process parameters on formation of fibrous materials from dense calcium caseinate dispersions and fat. In *Food Hydrocolloids* (Vol. 22, Issue 4, pp. 587–600).

<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2007.02.006>

Marilyn G. Wiebe. (2004). *Quorn™ Myco-protein – Overview of a successful fungal product*.

<https://doi.org/10.1017/S0269915X04001089>

Maurya, A. K., & Said, P. P. (2014). Extrusion Processing on Physical and Chemical Properties of Protein Rich Products-An Overview. In *Journal of Bioresource Engineering and technology* (Vol. 2, Issue 4, pp. 61–67).

McAfee, A. J., McSorley, E. M., Cuskelly, G. J., Moss, B. W., Wallace, J. M. W., Bonham, M. P., & Fearon, A. M. (2010). Red meat consumption: An overview of the risks and benefits. In *Meat Science*. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.08.029>

Micha, R., Wallace, S. K., & Mozaffarian, D. (2010). Red and processed meat consumption and risk of incident coronary heart disease, stroke, and diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. *Circulation*. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.109.924977>

Moon, S. Y., Cliff, M. A., & Li-Chan, E. C. Y. (2006). Odour-active components of simulated beef flavour analysed by solid phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry and -olfactometry. In *Food Research International* (Vol. 39, Issue 3, pp. 294–308).

<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2005.08.002>

Naczki, M., Amarowicz, R., Sullivan, A., & Shahidi, F. (1998). Current research developments on polyphenolics of rapeseed/canola: A review. In *Food Chemistry* (Vol. 62, Issue 4, pp. 489–502).

[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(97\)00198-2](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(97)00198-2)

- Nawrocka, A., Szymańska-Chargot, M., Miś, A., Wilczewska, A. Z., & Markiewicz, K. H. (2017). Aggregation of gluten proteins in model dough after fibre polysaccharide addition. In *Food Chemistry* (Vol. 231, pp. 51–60). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.117>
- O'Donnell, K., Cigelnik, E., & Casper, H. H. (1998). Molecular phylogenetic, morphological, and mycotoxin data support reidentification of the Quorn mycoprotein fungus as *Fusarium venenatum*. *Fungal Genetics and Biology*. <https://doi.org/10.1006/fgbi.1997.1018>
- O'Sullivan, M. G. (2016). The stability and shelf life of meat and poultry. In *The Stability and Shelf Life of Food* (pp. 521–543). <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100435-7.00018-6>
- Ooms, N., Jansens, K. J. A., Pareyt, B., Reyniers, S., Brijs, K., & Delcour, J. A. (2018). The impact of disulfide bond dynamics in wheat gluten protein on the development of fermented pastry crumb. In *Food Chemistry* (Vol. 242, pp. 68–74). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.007>
- Orcutt, M. W., Sandoval, A., Mertle, T. J., Mueller, I., Altemueller, P. A., & Downey, J. (2008). *Meat Compositions Comprising Colored Structured Protein Products*. <https://patents.google.com/patent/US20080260913>
- Osen, R., Toelstede, S., Wild, F., Eisner, P., & Schweiggert-Weisz, U. (2014). High moisture extrusion cooking of pea protein isolates: Raw material characteristics, extruder responses, and texture properties. In *Journal of Food Engineering* (Vol. 127, pp. 67–74). <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.11.023>
- Peighambaroust, S. H., van Brenk, S., van der Goot, A. J., Hamer, R. J., & Boom, R. M. (2007). Dough processing in a Couette-type device with varying eccentricity: Effect on glutenin macro-polymer properties and dough micro-structure. In *Journal of Cereal Science* (Vol. 45, Issue 1, pp. 34–48). <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2006.05.009>
- Peter R Shewry, Nigel G Halford, D. L. (2003). *Genetics of Wheat Gluten proteins*. [https://doi.org/10.1016/S0065-2660\(03\)01003-4](https://doi.org/10.1016/S0065-2660(03)01003-4)
- Pietsch, V. L., Emin, M. A., & Schuchmann, H. P. (2017). Process conditions influencing wheat gluten polymerization during high moisture extrusion of meat analog products. In *Journal of Food Engineering* (Vol. 198, pp. 28–35). <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.10.027>
- Pimentel, D., & Pimentel, M. (2003). Sustainability of meat-based and plant-based diets and the environment. *American Journal of Clinical Nutrition*. <https://doi.org/10.1093/ajcn/78.3.660s>
- Rampon, V., Robert, P., Nicolas, N., & Dufour, E. (1999). Protein structure and network orientation in

- edible films prepared by spinning process. In *Journal of Food Science* (Vol. 64, Issue 2, pp. 313–316). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1999.tb15890.x>
- Redl, A., Feneuil, A., & Vogel, F. (2015). *An inclusion containing proteinaceous meat analogue having an improved texture and an extended shelf-life*. <https://patents.google.com/patent/EP3188606A2/en>
- Resurreccion, A. V. A. (2004). Sensory aspects of consumer choices for meat and meat products. In *Meat Science* (Vol. 66, Issue 1, pp. 11–20). [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00021-4](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00021-4)
- Riaz, M. N. (2011). Texturized vegetable proteins. In *Handbook of Food Proteins* (pp. 395–418). <https://doi.org/10.1533/9780857093639.395>
- Riaz, M. N., & Texas, A. (2004). Texturized soy protein as an ingredient. In *Proteins in food processing* (pp. 517–558). <http://dx.doi.org/10.1533/B978-1-85573-723-5.50026-9>
- Sadler, M. J. (2004). Meat alternatives - Market developments and health benefits. *Trends in Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2003.09.003>
- Sagoo, S. K., Little, C. L., Greenwood, M., Mithani, V., Grant, K. A., McLauchlin, J., de Pinna, E., & Threlfall, E. J. (2009). Assessment of the microbiological safety of dried spices and herbs from production and retail premises in the United Kingdom. In *Food Microbiology* (Vol. 26, Issue 1, pp. 39–43). <https://doi.org/10.1016/j.fm.2008.07.005>
- Sarkar, P. K., & Tamang, J. P. (1994). The influence of process variables and inoculum composition on the sensory quality of kinema. *Food Microbiology*. <https://doi.org/10.1006/fmic.1994.1036>
- Sarkar, P. K., Tamang, J. P., Cook, P. E., & Owens, J. D. (1994). Kinema - A traditional soybean fermented food - Proximate composition and microflora. *Food Microbiology*. <https://doi.org/10.1006/fmic.1994.1007>
- Sasimaporn Samard, Bon-Yeob Gu, Gi-Hyung Ryu (2019). *Effects of extrusion types, screw speed and addition of wheat gluten on physicochemical characteristics and cooking stability of meat analogues.pdf*.
- Schmidinger, K. (2012). *Worldwide Alternatives to Animal Derived Foods – Overview and Evaluation Models* (Issue February).
- Schösler, H., Boer, J. de, & Boersema, J. J. (2012). Can we cut out the meat of the dish? Constructing consumer-oriented pathways towards meat substitution. *Appetite*. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2011.09.009>

- Shahidi, F. (2016). Oxidative Stability and Shelf Life of Meat and Meat Products. In *Oxidative Stability and Shelf Life of Foods Containing Oils and Fats* (pp. 373–389). <https://doi.org/10.1016/B978-1-63067-056-6.00010-0>
- Shimshony, A., & Chaudry, M. M. (2005). Slaughter of animals for human consumption. *OIE Revue Scientifique et Technique*. <https://doi.org/10.20506/rst.24.2.1604>
- Singh, P., Kumar, R., Sabapathy, S. N., & Bawa, A. S. (2008). Functional and edible uses of soy protein products. In *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* (Vol. 7, Issue 1, pp. 14–28). <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2007.00025.x>
- Smetana, S., Mathys, A., Knoch, A., & Heinz, V. (2015). Meat alternatives: life cycle assessment of most known meat substitutes. In *International Journal of Life Cycle Assessment* (Vol. 20, Issue 9, pp. 1254–1267). <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0931-6>
- Sosulski, F. (1979). Food uses of sunflower proteins. In *Journal of the American Oil Chemists' Society* (Vol. 56, Issue 3, pp. 438–442). <https://doi.org/10.1007/BF02671532>
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., & de Haan, C. (2006). Livestock's long shadow: Environmental issues and options. *Renewable Resources Journal*, 24(4), 15–17.
- Stiftung, Boll, H., Terre, A. de la Alvarez-Kalverkamp, M., Bayer, W., Becheva, S., Benning, R., Börnecke, S., Chemnitz, C., Hansen-kuhn, K., Holden, P., Hudson, U., Jensen, A., Mathias, E., Moldenhauer, H., Petrini, C., Reichert, T., Sebastian, M., & Sharma, S. (2014). Meat atlas, Facts and figures about the animals we eat. In *Heinrich Böll Stiftung and Friends of the Earth Europe*.
- Sun, X. D., & Arntfield, S. D. (2012). Molecular forces involved in heat-induced pea protein gelation: Effects of various reagents on the rheological properties of salt-extracted pea protein gels. In *Food Hydrocolloids* (Vol. 28, Issue 2, pp. 325–332). <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.12.014>
- Tamang, J. P., & Nikkuni, S. (1996). Selection of starter cultures for the production of kinema, a fermented soybean food of the Himalaya. In *World Journal of Microbiology and Biotechnology* (Vol. 12, Issue 6, pp. 629–635). <https://doi.org/10.1007/BF00327727>
- Tan, S. H., Mailer, R. J., Blanchard, C. L., & Agboola, S. O. (2011). Canola Proteins for Human Consumption: Extraction, Profile, and Functional Properties. In *Journal of Food Science* (Vol. 76, Issue 1). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01930.x>
- Tee, R. D., Gordon, D. J., Welch, J. A., & Newman Taylor, A. J. (1993). Investigation of possible adverse allergic reactions to mycoprotein ('Quorn'). *Clinical and Experimental Allergy*.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2222.1993.tb00319.x>

- Tsai, S. -J, Lan, C. Y., Kao, C. S., & Chen, S. C. (1981). Studies on the Yield and Quality Characteristics of Tofu. *Journal of Food Science*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1981.tb04474.x>
- Tyszler, M., Kramer, G., & Blonk, H. (2014). Comparing apples with oranges: On the functional equivalence of food products for comparative LCAs. In *International Journal of Life Cycle Assessment* (Vol. 19, Issue 8, pp. 1482–1487). <https://doi.org/10.1007/s11367-014-0762-x>
- Tziva, M., Negro, S. O., Kalfagianni, A., & Hekkert, M. P. (2020). Understanding the protein transition: The rise of plant-based meat substitutes. *Environmental Innovation and Societal Transitions*. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2019.09.004>
- Van Kernebeek, H. R. J., Oosting, S. J., Van Ittersum, M. K., Bikker, P., & De Boer, I. J. M. (2016). Saving land to feed a growing population: consequences for consumption of crop and livestock products. In *International Journal of Life Cycle Assessment* (Vol. 21, Issue 5, pp. 677–687). <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0923-6>
- Van Mierlo, K., Rohmer, S., & Gerdessen, J. C. (2017). A model for composing meat replacers: Reducing the environmental impact of our food consumption pattern while retaining its nutritional value. In *Journal of Cleaner Production* (Vol. 165, pp. 930–950). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.098>
- Varavinita, S., Shobsngob, S., Bhidyachakorawat, M., Suphantharika, M. (2000). Production of Meat-Like Flavor. In *Science Asia* (Vol. 26, Issue 14, pp. 219–224).
- VK Joshi, & Kumar, and S. (2015). *meat analogs plant based alternatives to meat products a review.pdf*.
- Wanezaki, S., Tachibana, N., Nagata, M., Saito, S., Nagao, K., Yanagita, T., Kohno, M. (2015). *Soy b-conglycinin improves obesity-induced metabolic abnormalities in a rat model of nonalcoholic fatty liver disease.pdf*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.orcp.2014.03.005>
- Wiesel, I., Rehm, H. J., & Bisping, B. (1997). Improvement of tempe fermentations by application of mixed cultures consisting of *Rhizopus* sp. and bacterial strains. In *Applied Microbiology and Biotechnology* (Vol. 47, Issue 3, pp. 218–225). <https://doi.org/10.1007/s002530050916>
- Wild, F. (2016). Manufacture of Meat Analogues Through High Moisture Extrusion. In *Reference Module in Food Science*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.03281-9>
- Wolf, W. J. (1970). Soybean Proteins: Their Functional, Chemical, and Physical Properties. In *Journal*

of Agricultural and Food Chemistry (Vol. 18, Issue 6, pp. 969–976).

<https://doi.org/10.1021/jf60172a025>

Wu, Y. F., Baek, H. H., Gerard, P. D., & Cadwallader, K. R. (2000). Development of a meat-like process flavoring from soybean-based enzyme-hydrolyzed vegetable protein (E-HVP). In *Journal of Food Science* (Vol. 65, Issue 7, pp. 1220–1227). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb10269.x>

Wu, Y. F. G., & Cadwallader, K. R. (2002). Characterization of the aroma of a meatlike process flavoring from soybean-based enzyme-hydrolyzed vegetable protein. In *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (Vol. 50, Issue 10, pp. 2900–2907). <https://doi.org/10.1021/jf0114076>

Yoshie-Stark, Y., Wada, Y., & Wäsche, A. (2008). Chemical composition, functional properties, and bioactivities of rapeseed protein isolates. In *Food Chemistry* (Vol. 107, Issue 1, pp. 32–39). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.07.061>

Zhang, X. M., Zhang, Y. B., & Chi, M. H. (2016). Soy protein supplementation reduces clinical indices in type 2 diabetes and metabolic syndrome. In *Yonsei Medical Journal* (Vol. 57, Issue 3, pp. 681–689). <https://doi.org/10.3349/ymj.2016.57.3.681>

Zheng, J., Zhang, H., Zhao, Z., & Han, C. C. (2012). Construction of hierarchical structures by electrospinning or electrospraying. In *Polymer* (Vol. 53, Issue 2, pp. 546–554). <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2011.12.018>

Λάζος Ευάγγελος Σ., Λάζου Ανδριάνα Ε. (2016). *Επεξεργασία τροφίμων 2 Διεργασίες συντηρήσεως με φυσικοχημικές, βιολογικές, νέες και αναδυόμενες τεχνολογίες*. Εκδόσεις Παπαζήση ΑΕΒΕ.