



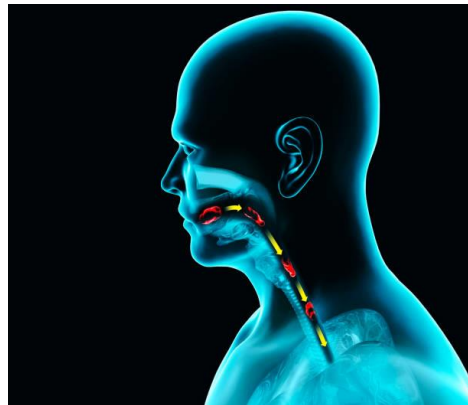
Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής
Σχολή Επιστημών Τροφίμων
Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Τεχνικές Μοριακής Γαστρονομίας στην Ανάπτυξη Τροφίμων για άτομα με Δυσφαγία

English Title

Molecular Techniques in the Production of Food for Dysphagia Patients



ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ/NAME OF STUDENT

Δανάη-Μαρία Λυράκου
Danai-Maria Lyrakou

ΟΝΟΜΑ ΕΙΣΗΓΗΤΗ/NAME OF THE SUPERVISOR

Κρίτση Ευτυχία/ Kritsi Eftichia

ΑΙΓΑΛΕΩ/AIGALEO 2024



Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής
Σχολή Επιστημών Τροφίμων
Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

«Τεχνικές Μοριακής Γαστρονομίας στην Ανάπτυξη Τροφίμων για άτομα με Δυσφαγία»

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η πτυχιακή εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

Α/α	ΟΝΟΜΑ - ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
1	ΕΥΤΥΧΙΑ ΚΡΙΤΣΗ	ΕΠΙΚΟΥΡΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ/ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ	
2	ΣΩΤΗΡΙΟΣ ΜΠΡΑΤΑΚΟΣ	Ε.ΔΙ.Π./ΜΕΛΟΣ	
3	ΝΙΚΗ ΜΑΡΑΓΚΟΥ	ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΟΣ ΥΠΟΤΡΟΦΟΣ/ΜΕΛΟΣ	

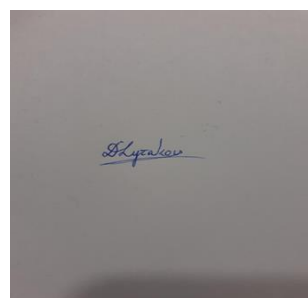
ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη ΔΑΝΑΗ-ΜΑΡΙΑ ΛΥΡΑΚΟΥ του ΠΕΤΡΟΥ με αριθμό μητρώου 21684036 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ του Τμήματος ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

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

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

Η Δηλούσα

A rectangular box containing a handwritten signature in blue ink, which appears to be 'D. Lyra'.

Ευχαριστίες

Για τη διεκπεραίωση της παρούσας πτυχιακής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου Ευτυχία Κρίτση, Επίκουρη Καθηγήτρια του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων της Σχολής Επιστημών Τροφίμων του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, για την ανάθεση του θέματος της πτυχιακής εργασίας αλλά και για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μου πρόσφερε σε όλη τη διάρκεια της εργασίας, αλλά και γενικότερα στις σπουδές μου.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής κα. Κρίτση Ευτυχία, κ. Μπρατάκο Σωτήριο, κα. Μαραγκού Νίκη για τις παρατηρήσεις τους και τη συμμετοχή τους ως μέλη της εξεταστικής επιτροπής της παρούσας εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς τους γονείς μου, που με τη στήριξη τους μέχρι σήμερα φτάνω στο τέλος των σπουδών μου, και τους φίλους μου που μου προσέφεραν την πιο ευχάριστη και υποστηρικτική ακαδημαϊκή πορεία που θα μπορούσα να έχω.

Αφιερώσεις

"Η αλλαγή δεν θα έρθει αν περιμένουμε κάποιο άλλο άτομο ή κάποια άλλη στιγμή. Είμαστε αυτοί που περιμέναμε. Είμαστε η αλλαγή που αναζητούμε." - Μπαράκ Ομπάμα

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία διερευνά την ενσωμάτωση τεχνικών μοριακής γαστρονομίας στην ανάπτυξη προϊόντων διατροφής προσαρμοσμένων σε ασθενείς που πάσχουν από δυσφαγία.

Η δυσφαγία αποτελεί μια παθολογική κατάσταση που επηρεάζει την ικανότητα μάσησης και κατάποσης της τροφής των ατόμων ανεξαρτήτου ηλικίας, θέτοντας σημαντικές προκλήσεις για την επίτευξη τόσο της διατροφικής επάρκειας σε θερμιδικό περιεχόμενο όσο και της γευστικότητας (απόλαυσης σε επίπεδο γεύσης και αρώματος) σε τροποποιημένες δίαιτες, διατροφικών δηλαδή αλλαγών που ικανοποιούν ιατρικές ανάγκες. Βασιζόμενη σε μια ολοκληρωμένη ανασκόπηση της βιβλιογραφίας που αφορά τη μοριακή γαστρονομία και τη διαχείριση της δυσφαγίας, η παρούσα εργασία διερευνά τις δυνατότητες εφαρμογής καινοτόμων μαγειρικών τεχνικών για την αντιμετώπιση των παραπάνω προκλήσεων.

Η εργασία εξετάζει τις βασικές αρχές της μοριακής γαστρονομίας, τον αντίκτυπό της στην Επιστήμη των Τροφίμων και τις εφαρμογές της σε διαφορετικά πολιτιστικά πλαίσια. Εμβαθύνει στις τρέχουσες προσεγγίσεις για τη διατροφή ατόμων με δυσφαγία, δίνοντας έμφαση στους περιορισμούς των μεθόδων που εφαρμόζονται σήμερα. Μοριακές τεχνικές όπως η αντίστροφη σφαιροποίηση, η γαλακτωματοποίηση και η τριδιάστατη εκτύπωση διερευνώνται λεπτομερώς, υποστηριζόμενες από μελέτες περιπτώσεων που υπογραμμίζουν επιτυχημένες εφαρμογές στην τροποποίηση της υφής προϊόντων τροφίμων. Η εργασία αξιολογεί κριτικά τις τεχνικές, αισθητηριακές και ρυθμιστικές προκλήσεις που σχετίζονται με την εφαρμογή μοριακών τεχνικών στη διατροφή ατόμων με δυσφαγία. Επιπλέον, μελετά τη διατροφική επίδραση των μοριακά τροποποιημένων διατροφών και τις προοπτικές των καταναλωτών για την ενίσχυση της αποδοχής τους. Τα ευρήματα όχι μόνο συμβάλλουν στην πρόοδο της διατροφής ατόμων με δυσφαγία, αλλά προσφέρουν επίσης πληροφορίες για τις ηθικές, κοινωνικές και ρυθμιστικές επιπτώσεις της χρήσης της μοριακής γαστρονομίας στην υγειονομική περίθαλψη. Η μελέτη ολοκληρώνεται περιγράφοντας μελλοντικές κατευθύνσεις, δίνοντας έμφαση στη δυνατότητα συνεργασίας μεταξύ της μοριακής γαστρονομίας και της Επιστήμης των Τροφίμων για την εφαρμογή καινοτόμων διατροφικών λύσεων για άτομα που πάσχουν από δυσφαγία.

Λέξεις – Κλειδιά: δυσφαγία, μοριακή γαστρονομία, τροποποίηση υφής, καινοτομία τροφίμων, διατροφολογία, 3D εκτύπωση τροφίμου

Abstract

This thesis explores the integration of molecular gastronomy techniques in the development of food products adapted for patients with dysphagia. Dysphagia, a condition that affects the ability to swallow, poses significant challenges to achieving both nutritional adequacy and palatability in modified diets. Based on a comprehensive literature review in molecular gastronomy and dysphagia management, this research explores the potential of innovative culinary techniques to address these challenges. The study examines the principles of molecular gastronomy, its impact on the food science community, and its applications in different cultural contexts. It delves into current approaches to dysphagia nutrition, emphasizing the limitations of existing methods. Molecular techniques such as inverse spheronization, emulsification, and 3D printing are explored in detail, supported by case studies highlighting successful applications in texture modification. The thesis critically assesses the technical, sensory and regulatory challenges associated with the application of molecular techniques to dysphagia diets. In addition, it explores the nutritional impact of molecularly modified diets and measures consumer perspectives to enhance their acceptance. The findings not only contribute to the advancement of dysphagia nutrition, but also offer insight into the ethical, social and regulatory implications of using molecular gastronomy in healthcare. The study concludes by outlining future directions, emphasizing the potential for collaboration between molecular gastronomy and food science to innovate nutritional solutions for dysphagia.

Keywords: dysphagia, molecular gastronomy, texture modification, food innovation, nutritional science, 3D food printing

Περιεχόμενα

Δήλωση περί λογοκλοπής	iii
Ευχαριστίες	iv
Αφιερώσεις	v
Περίληψη	vi
Abstract	vii
Κεφάλαιο 1. Στόχοι πτυχιακής	14
Κεφάλαιο 2. Δυσφαγία	16
2.1. Ορισμός της Δυσφαγίας.....	16
2.2 Παθοφυσιολογία της Δυσφαγίας.....	16
2.3 Επιπολασμός.....	19
2.4 Κλινικά συμπτώματα.....	21
2.5 Προσυμπτωματικός έλεγχος και Κλινική Αξιολόγηση της Δυσφαγίας.....	25
2.6 Διατροφική διαχείριση στους ασθενείς.....	32
Κεφάλαιο 3. Θεωρητικό υπόβαθρο Μοριακής Γαστρονομίας	37
3.1 Μοριακή Γαστρονομία.....	37
3.1.1 Επισκόπηση και αρχές Μοριακής Γαστρονομίας.....	37
3.1.2 Εφαρμογές στον χώρο της μαγειρικής τέχνης.....	38
3.2 Μοριακή Γαστρονομία και Επιστήμη Τροφίμων.....	44
3.2.1 Αντίκτυπος και τάσεις.....	44
3.2.1.1 Στόχοι της Μοριακής Γαστρονομίας.....	44
3.2.2 Εξελίξεις και εφαρμογές.....	45
3.3 Ηθικές και πολιτιστικές προοπτικές.....	45
3.3.1 Πολιτιστικές προσαρμογές Μοριακής Γαστρονομίας.....	45
3.3.2 Δεοντολογικά ζητήματα στην παραγωγή τροφίμων.....	46
3.4 Προκλήσεις στην τροποποίηση υφής.....	47
3.5 Τρέχουσες προσεγγίσεις στην δυσφαγική διατροφή.....	48

3.5.1	Ιξώδη υγρά και τροποποιημένα στην υφή τρόφιμα.....	48
3.5.2	Υπάρχοντες περιορισμοί και ανησυχίες.....	48
Κεφάλαιο 4. Μοριακές τεχνικές στην παραγωγή τροφίμων για δυσφαγία.....		50
4.1 Επισκόπηση Μοριακών Τεχνικών.....		50
4.1.1	Αντίστροφη σφαιροποίηση.....	50
4.1.2	Πηκτωματοποίηση.....	52
4.1.2.1	Αλγινικά άλατα.....	52
4.1.2.2	Άγαρ-άγαρ.....	53
4.1.2.3	Μεθυλοκυτταρίνες.....	53
4.1.2.4	Πηκτίνη.....	54
4.1.3	Τριδιάστατη εκτύπωση.....	55
4.1.3.1	Καινοτόμο προϊόν για ασθενείς με δυσφαγία.....	55
4.1.3.2	Μέθοδος παρασκευής ενισχυμένου τροφίμου.....	56
4.1.3.3	Προτάσεις βελτίωσης ενισχυμένου τροφίμου.....	57
4.2 Μελέτες περιπτώσεων.....		58
4.2.1	Ένταξη της Μοριακής Γαστρονομίας στη διατροφή δυσφαγίας.....	58
4.2.2	Πολυεπίπεδη παρασκευή μέσω τρισδιάστατης εκτύπωσης.....	58
4.2.2.1	Μέθοδος παρασκευής.....	59
4.3 Βρώσιμα ελαιοπήγματα.....		60
4.3.1	Ο ρόλος της 1,2-αιθανοδιόλης στα βρώσιμα ελαιοπήγματα.....	61
4.4 Προσαρμογή μοριακών τεχνικών στη δυσφαγική διατροφή.....		62
4.5 Αισθητηριακές θεωρήσεις για ασθενείς με διαταραχές κατάποσης.....		64
4.6. Ρυθμιστικά ζητήματα- Συμμόρφωση με τους Κανονισμούς.....		67
Κεφάλαιο 5: Ενσωμάτωση με την Διατροφολογία.....		69
5.1 Διατροφική επίδραση μοριακά τροποποιημένων διατροφών.....		69
5.1.1	Αξιολόγηση της βιοδιαθεσιμότητας των θρεπτικών συστατικών.....	69
5.1.2	Αντιμετώπιση διατροφικών ελλείψεων.....	70

5.2 Προοπτικές καταναλωτή.....	71
5.2.1 Ανατροφοδότηση και προτιμήσεις ασθενών με δυσφαγία.....	71
Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα.....	72
7.1 Περίληψη ευρημάτων.....	72
7.2 Επιπτώσεις για την βιομηχανία τροφίμων και την υγεία.....	73
7.3 Συστάσεις για μελλοντική έρευνα.....	73
*Βιβλιογραφία-Αναφορές.....	75
Πηγές Εικόνων.....	82

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 Συμπτώματα της Δυσφαγίας	22
Πίνακας 2 Μέθοδοι διάγνωσης της Δυσφαγίας.....	26
Πίνακας 3 Περίληψη τεχνικών και εφαρμογών της Μοριακής Γαστρονομίας	37
Πίνακας 4 Ιδιότητες και χρήσεις προσθέτων της κατηγορίας E400-490	54

Κατάλογος Σχημάτων/Εικόνων

Εικόνα 1.1 Prisma flow chart.....	15
Εικόνα 2.1 Ανώτερο γαστρεντερικό σύστημα με οισοφαγογαστρική συμβολή	17
Εικόνα 2.2 (Αριστερά) —54χρονος άνδρας με βήχα κατά την κατάποση.Οι ακτινοσκοπικές εικόνες A, πλευρικές (A) και προσθιοπίσθιες (B) δείχνουν ακτινολογική ανατομία του στοματοφάρυγγα. A = λαρυγγικός προθάλαμος, B = τραχεία, C = πυροειδές κόλπο, D = κοιλότητα, E = κοιλία.....	18
Εικόνα 2.3 (Δεξιά) —54χρονος άνδρας με βήχα κατά την κατάποση.Β, Πλευρικές (A) και προσθιοπίσθιες (B) ακτινοσκοπικές εικόνες δείχνουν ακτινολογική ανατομία του στοματοφάρυγγα. A = λαρυγγικός προθάλαμος, B = τραχεία, C = πυροειδές κόλπο, D = κοιλότητα, E = κοιλία.	18
Εικόνα 2.4 Ένας άντρας 68 ετών εμφάνισε διαλείπουσα οισοφαγική δυσφαγία σε στερεά, σε διάρκεια 5 ετών. Υποβλήθηκε σε κατάποση βαρίου (αριστερά), εντοπίζοντας διόγκωση στην περιοχή του μέσου οισοφάγου (δεξιά, βέλος) που υποδηλώνει εξωτερική συμπίεση με φυσιολογική εμφάνιση γαστρικού και οισοφαγικού βλεννογόνου.....	19
Εικόνα 2.5 Διάγραμμα διασωλήνωσης ασθενούς	Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.
Εικόνα 2.6 Ακτινογραφία θώρακος που δείχνει κυψελιδικές διηθήσεις στα ανώτερα τμήματα του δεξιού κάτω λοβού στην πνευμονία αναρρόφησης.....	25
Εικόνα 2.7 Test Burke's Water Swallow 3-oz	29
Εικόνα 2.8 Απεικόνιση της Ενδοσκοπικής Ιννοσκοπικής Αξιολόγησης της Κατάποσης	31
Εικόνα 2.9 Εκτέλεση της τη Βιντεοφθοροσκοπικής Μελέτης Κατάποσης.....	32
Εικόνα 2.10 Κατάταξη των τροφών και βρώσιμων υγρών σύμφωνα με το πρωτόκολλο IDDSI (απόδοση στην ελληνική γλώσσα)	34

Εικόνα 3.1 Βρώσιμες «πέρλες» παρασκευασμένες από χυμό αχλαδιού	39
Εικόνα 3.2 Γλυκό έδεσμα κρέμας παρασκευασμένο με ζελατίνη	40
Εικόνα 3.3 Μπέικον και παγωτό αυγών τύπου «σκραμπλ»	41
Εικόνα 3.4 Κομμάτια κρέατος σε σφραγισμένες σακούλες υπό κενό έτοιμα για μαγείρεμα σε ελεγχόμενο λουτρό νερού.....	42
Εικόνα 3.5 Ένα από τα πιο κοινά ενθυλακωμένα προϊόντα διατροφής στους καταναλωτές είναι οι μαλακές κάψουλες ιχθυελαίων.....	43
Εικόνα 4.1 Διάγραμμα σφαιροποίησης/ αντίστροφης σφαιροποίησης	51
Εικόνα 4.2 Κάψουλα κοκτέιλ «μοχίτο» παρασκευασμένη με την μέθοδο της αντίστροφης σφαιροποίησης	52
Εικόνα 4.3 Χαρακτηριστικά ομοαξονικής τρισδιάστατης εκτύπωσης σουριμιού κοτόπουλου ενσωματωμένα με διαφορετικά περιεχόμενα γέλης MPI. (A), τυπωμένο ακατέργαστο σουρίμι. (B), τυπωμένο σουρίμι μετά την επεξεργασία. (C), ινώδης δομή μετά από μετα-επεξεργασία.	57
Εικόνα 4.4 Σχηματική αναπαράσταση της διαδικασίας χειροκίνητης εκτύπωσης. (α) Ένα πρώτο στρώμα υλικού απλώνεται στην επιφάνεια του αλγινικού λουτρού, η ζελατινοποίηση εμφανίζεται σε τρεις πλευρές της γεωμετρίας. (β) Προστίθενται επιπλέον στρώματα και η γεωμετρία βυθίζεται στο λουτρό αλλά εξακολουθεί να επιπλέει στην επιφάνεια. (γ) Η γεωμετρία είναι πλήρως βυθισμένη σφραγισμένη και στην κορυφή χάρη στην αντίδραση που συμβαίνει γρήγορα. (δ) Γεωμετρία αστεριών, χυμός φράουλας. (ε) Διάτρητη τετράγωνη γεωμετρία με χυμό φράουλας.....	59
Εικόνα 4.5 Σχηματισμένα διαφανή ελαιοπήγματα 10% (40% β-σιτοστερόλη- 60% γ-ορυζανόλη)	61

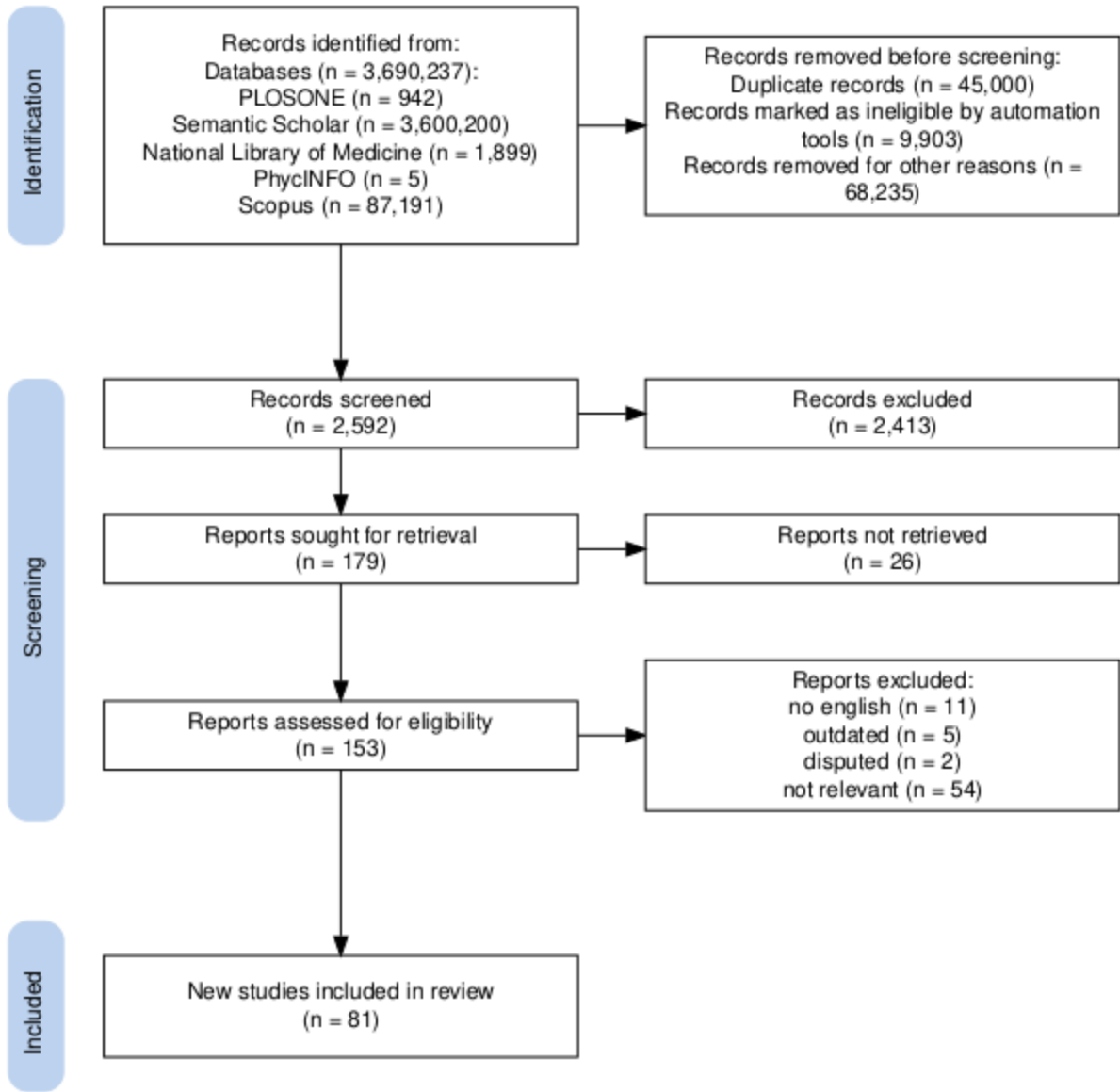
Κεφάλαιο 1. Στόχοι πτυχιακής

Η συγκεκριμένη πτυχιακή αποτελεί μια κριτική ανάλυση των υφιστάμενων προσεγγίσεων στην διατροφή δυσφαγίας, με κεντρικούς στόχους:

- Βαθύτερη κατανόηση της δυσφαγίας και των επιπτώσεων της
- Αξιολόγηση τρέχουσων προσεγγίσεων στη διατροφή δυσφαγίας
- Εξερεύνηση αρχών και τεχνικών Μοριακής Γαστρονομίας
- Αξιολόγηση της εφαρμογής των μοριακών τεχνικών σε δίαιτες δυσφαγίας
- Ανάλυση προκλήσεων και ευκαιριών
- Εξέταση των αποτελεσμάτων διατροφής και γευστικότητας
- Προτάσεις μελλοντικών κατευθύνσεων

Μια συστηματική διαδικτυακή αναζήτηση βιβλιογραφίας στα PLOS ONE, Semantic Scholar, National Library of Medicine, PhysCINFO και Scopus διεξήχθη χρησιμοποιώντας λέξεις κλειδιά που χαρακτηρίζουν τον τομέα της Μοριακής Γαστρονομίας και τη Δυσφαγία, εμφανίζοντας 3,600,200 αποτελέσματα. Στη συνέχεια, χρησιμοποιήθηκε η «λογική Boolean» συνδυάζοντας και συμπεριλαμβάνοντας τους όρους “dysphagia”, “swallowing dysfunction” και όρους σχετικούς με “molecular gastronomy”, “molecular cuisine”, “texture modification”, “diet” στους τίτλους, αποκλείοντας ταυτόχρονα στοιχεία μη σχετικά με το αντικείμενο της εργασίας (dysphagia[Title] OR swallowing dysfunction[Title]) AND (molecular gastronomy[Title] OR molecular cuisine[Title] OR texture modification[Title] OR diet[Title]) NOT dietetics[Title] NOT haute cuisine[Title]. Σε σύνολο, 2,592 άρθρα ικανοποιούσαν τα προαναφερθέντα κριτήρια, από τα οποία με βάση την ανάγνωση τίτλου, περίληψης ή/και χρονολογίας επιλέχθηκαν 179 για περαιτέρω αξιολόγηση. Από αυτά τα 179 άρθρα, στα 26 δεν ήταν δυνατή η πρόσβαση σε όλο το κείμενο, οδηγώντας σε n=153 για τελική αξιολόγηση. Από αυτόν τον πληθυσμό, 72 απορρίφθηκαν (n=11 δεν ήταν στην αγγλική ή γαλλική γλώσσα, n=5 ήταν απαρχαιωμένα, n=2 ήταν υπό επανεξέταση, n=54 ήταν μόνο μερικώς σχετικά με το αντικείμενο που αναμενόταν από τις λέξεις κλειδιά), αφήνοντας 81 πηγές που περιλαμβάνονται σε αυτή την πτυχιακή (Εικόνα 1.1).

Identification of new studies via databases and registers



Εικόνα 1.1 Prisma flow chart

Κεφάλαιο 2. Δυσφαγία

2.1. Ορισμός της Δυσφαγίας

Η δυσφαγία δεν αφορά μια απλή δυσκολία στην κατάποση αλλά περικλείει ένα φάσμα βλαβών στις στοματικές, φαρυγγικές και οισοφαγικές φάσεις κατά τη μεταφορά του βλωμού στο στομάχι. Οι βλάβες αυτές μπορούν να είναι αποτέλεσμα διαφορετικών αιτιολογιών, περιλαμβάνοντας από νευρολογικές διαταραχές, όπως Αγγειακά Εγκεφαλικά Επεισόδια (ΑΕΕ) έως δομικές ανωμαλίες στους μύες που συμμετέχουν στην κατάποση και αλλαγές που σχετίζονται με το γήρας. Η κατανόηση της δυσφαγίας απαιτεί την αναγνώριση της περίπλοκης αλληλεπίδρασης των φυσιολογικών μηχανισμών που διέπουν την απρόσκοπτη μεταφορά τροφής και υγρών από την στοματική κοιλότητα στο στομάχι. (Dobak και Kelly (2020) και Cichero et al. (2016))

2.2 Παθοφυσιολογία της Δυσφαγίας

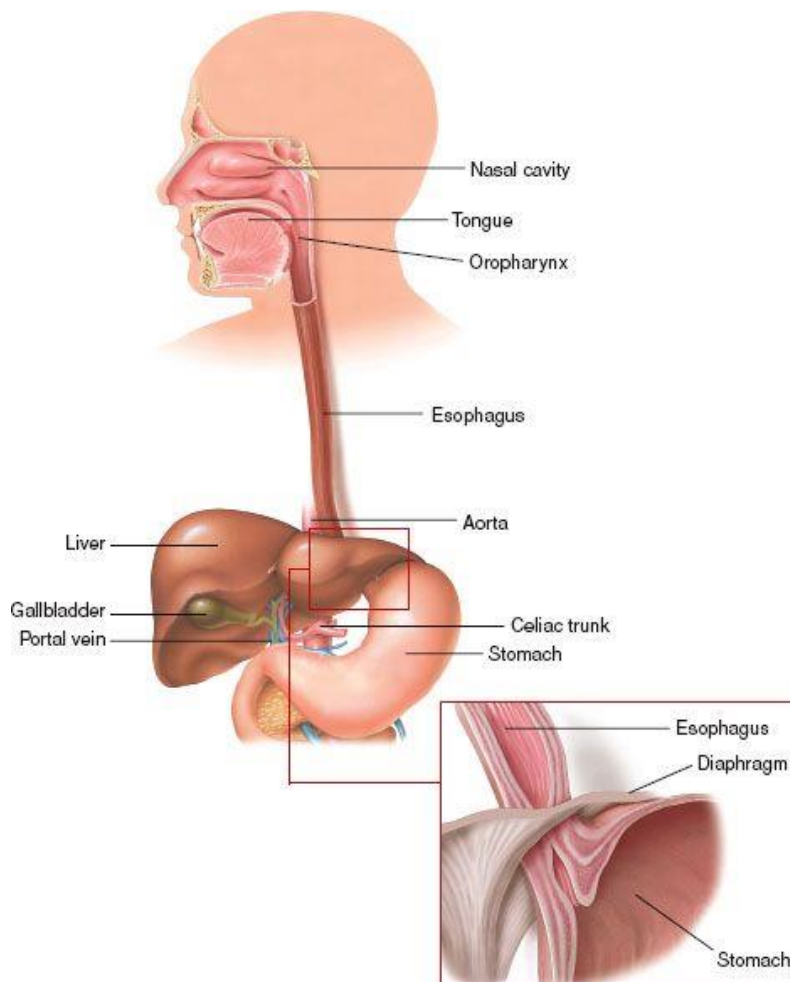
Ο φυσιολογικός μηχανισμός κατάποσης περιλαμβάνει μια σύνθετη, συντονισμένη δράση των μυών και των νεύρων του στόματος, του φάρυγγα και του οισοφάγου (Εικόνα 2.1). Η ανώτερη αεροπεπτική οδός εκτελεί δύο λειτουργίες μέσω της ίδιας ανατομικής οδού: αναπνοή και κατάποση. Η απόκριση της στοματοφαρυγγικής κατάποσης (OSR) εξαρτάται από την διαμόρφωση στοματοφαρυγγικών δομών που αλλάζουν από μια αναπνευστική σε μια πεπτική οδό, για να πραγματοποιηθεί η διέλευση του βλωμού από τη στοματική κοιλότητα στον οισοφάγο και ύστερα να αναδιαρθρωθεί προς την αναπνευστική οδό. Αυτή η πολύπλοκη διαδικασία περιλαμβάνει πολλά αλληλεπιδρώντα αισθητήρια και κινητικά στοιχεία, συμπεριλαμβανομένων 40 μυών.

Η διαδικασία αποκόλλησης μπορεί να περιγραφεί σε τρεις διαδοχικές φάσεις.

- Η στοματική φάση περιλαμβάνει εθελοντικές και αντανακλαστικές ενέργειες.

Κατά τη στοματική προπαρασκευαστική φάση, ένα ομοιογενές τμήμα τροφής γίνεται βλωμός και στη συνέχεια συλλέγεται στην πρόσθια γλώσσα. Κατευθύνεται προς το οπίσθιο τμήμα του στόματος από οπίσθια και ανώτερη γλωσσική κίνηση.

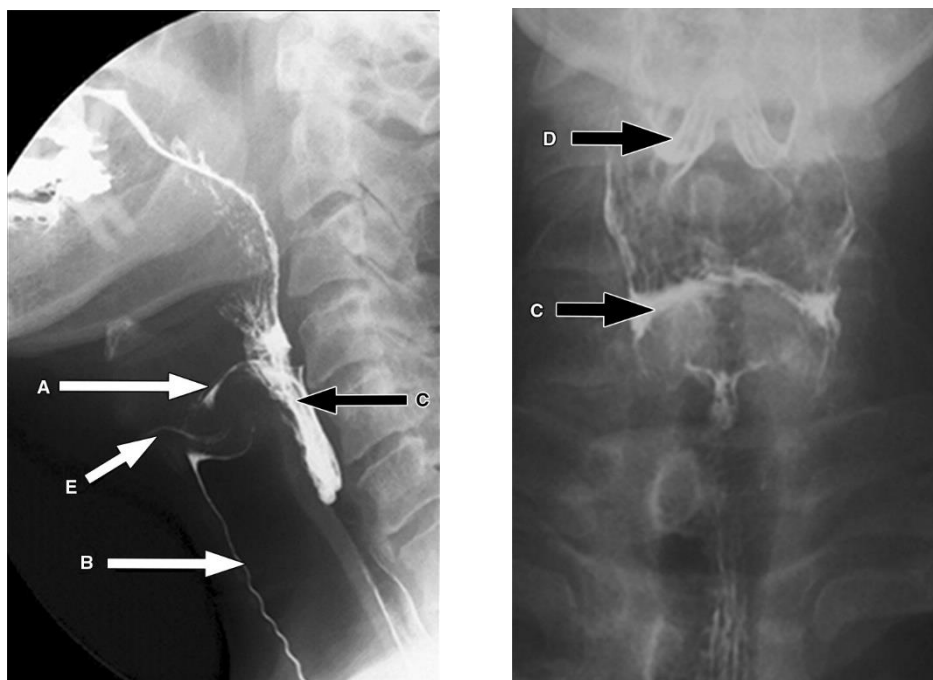
- Στην ακούσια φάση του φάρυγγα, η μαλακή υπερώα ανεβαίνει για να κλείσει το ρινοφάρυγγα και να αποτρέψει τις ρινικές παλινδρώσεις. Το υοειδές οστό ανεβαίνει, φέρνοντας τον λάρυγγα προς τα πάνω, ενώ η επιγλωττίδα κλείνει την είσοδο του λάρυγγα. Η γλώσσα έρχεται σε επαφή με το τοίχωμα του φάρυγγα, ταυτόχρονα με το υοειδές που κινείται προς τα εμπρός, συμπιπτοντας με τη χαλάρωση του κρικοφαρυγγικού μυός και το άνοιγμα του άνω οισοφαγικού σφιγκτήρα (UES).
- Μόλις ο βλωμός περάσει από το UES, αρχίζει η ακούσια οισοφαγική φάση, μετακινώντας τον βλωμό στο στομάχι με περισταλτικές κινήσεις.



Εικόνα 2.1 Ανώτερο γαστρεντερικό σύστημα με οισοφαγογαστρική συμβολή

Η δυσφαγία μπορεί να ταξινομηθεί σε στοματοφαρυγγικούς (Εικόνες 2.2 και 2.3) και οισοφαγικούς τύπους (Εικόνα 2.4) με βάση τη θέση της διαταραχής σε αυτή τη διαδικασία. Η

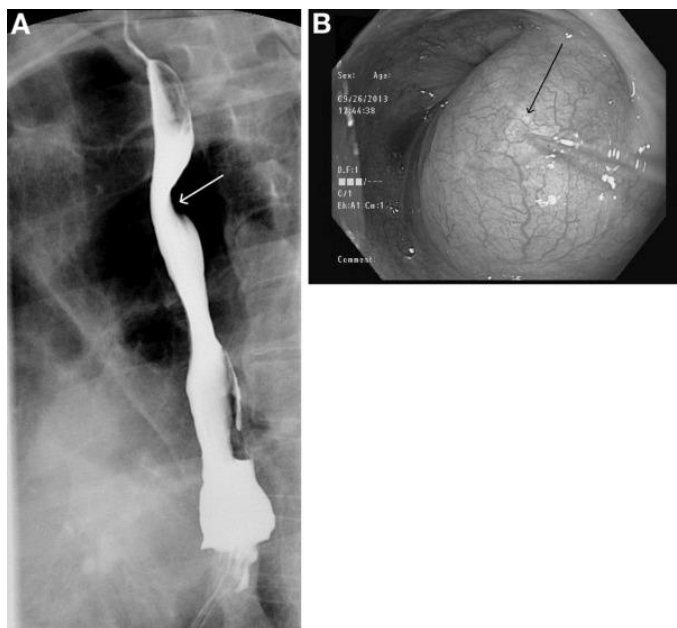
στοματοφαρυγγική δυσφαγία (δυσκολία στην έναρξη της κατάποσης) συχνά συνδέεται με νευρολογικές διαταραχές, όπως το εγκεφαλικό επεισόδιο ή η νόσος του Πάρκινσον, ενώ η οισοφαγική δυσφαγία (στένεμα του αυλού) μπορεί να προκληθεί από δομικά ζητήματα, όπως στενώματα ή όγκοι. Και στους δύο τύπους δυσφαγίας η κατάποση διαρκεί παραπάνω από τα 600-1000 ms που χρειάζεται ένα υγιές άτομο, αυξάνοντας τον κίνδυνο επιπλοκών, ειδικότερα της αναρρόφησης και της πνευμονίας. Συχνός είναι και ο συνδυασμός με το σύνδρομο globus pharyngis, που είναι η επίμονη αίσθηση ενός ανεπιθύμητου ξένου σώματος στον λαιμό, φλέγματος ενώ δεν υπάρχει κανένα (κατηγοριοποίηση ICD-9-CM 306.4¹) (Baijens et al., 2016)



Εικόνα 2.2 (Αριστερά) — 54χρονος άνδρας με βήχα κατά την κατάποση. Οι ακτινοσκοπικές εικόνες A, πλευρικές (A) και προσθιοπίσθιες (B) δείχνουν ακτινολογική ανατομία του στοματοφάρυγγα. A = λαρυγγικός προθάλαμος, B = τραχεία, C = πυροειδές κόλπο, D = κοιλότητα, E = κοιλία.

Εικόνα 2.3 (Δεξιά) — 54χρονος άνδρας με βήχα κατά την κατάποση. B, Πλευρικές (A) και προσθιοπίσθιες (B) ακτινοσκοπικές εικόνες δείχνουν ακτινολογική ανατομία του στοματοφάρυγγα. A = λαρυγγικός προθάλαμος, B = τραχεία, C = πυροειδές κόλπο, D = κοιλότητα, E = κοιλία.

¹ ICD: International Classification of Diseases by WHO



Εικόνα 2.4 Ένας άντρας 68 ετών εμφάνισε διαλείπουσα οισοφαγική δυσφαγία σε στερεά, σε διάρκεια 5 ετών. Υποβλήθηκε σε κατάποση βαρίου (αριστερά), εντοπίζοντας διόγκωση στην περιοχή του μέσου οισοφάγου (δεξιά, βέλος) που υποδηλώνει εξωτερική συμπίεση με φυσιολογική εμφάνιση γαστρικού και οισοφαγικού βλεννογόνου.

2.3 Επιπολασμός

Ο επιπολασμός της δυσφαγίας είναι σημαντικός διότι επηρεάζει διάφορες δημογραφικές ομάδες. Ως πιο χαρακτηριστικοί πληθυσμοί ορίζονται άτομα που αναρρώνουν από Αγγειακό Αιμορραγικό Επεισόδιο ή Αγγειακό Ισχαιμικό Επεισόδιο (Crary et al., 2013) και άτομα που αντιμετωπίζουν παθήσεις, όπως η εγκεφαλική παράλυση (Yi et al., 2019). Οι ηλικιωμένοι πληθυσμοί, όπως τονίζεται και από τους Masaki και Kawamoto (2019), παρουσιάζουν αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης δυσφαγίας, που συχνά επιδεινώνεται από παθολογικές καταστάσεις, όπως η σαρκοπενία.

Η Στοματοφαρυγγική Δυσφαγία κατηγοριοποιείται κύρια ως γηριατρικό σύνδρομο, εξαιτίας της ιδιαίτερα υψηλής συχνότητας στον ηλικιωμένο πληθυσμό: σε ευρωπαϊκό επίπεδο, το 30%-40% των ηλικιωμένων, το 44% των εισαγωγών σε οξεία γηριατρική φροντίδα και το 60% των ηλικιωμένων ασθενών σε ιδρύματα έχουν προβλήματα κατάποσης. Οι ασθενείς που ανήκουν σε αυτά τα ποσοστά διαχωρίζονται και σε επιμέρους ομάδες, ασθενών νευρολογικών ασθενειών και ασθενών με σαρκοπενία, που παρουσιάζουν ακόμα πιο δυσμενή στατιστικά δεδομένα. (European Society for Swallowing Disorders, 2016)

Δυσφαγία και νευρολογικές ασθένειες

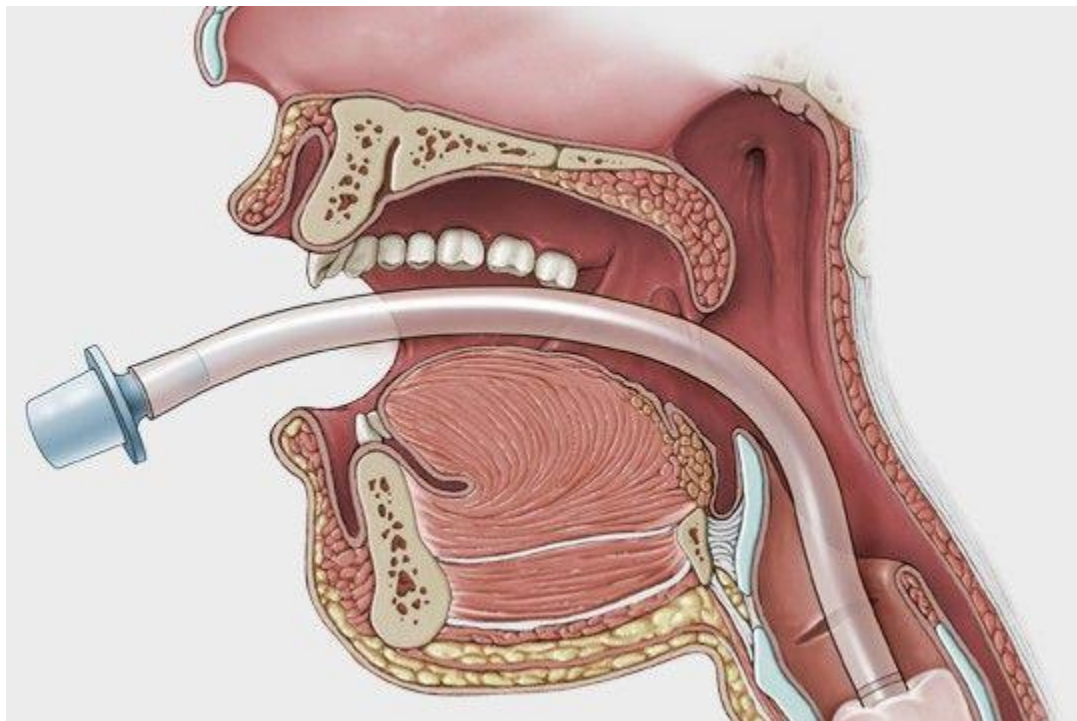
Στα άτομα που έχουν υποστεί ένα ή περισσότερα ΑΕΕ, το 29%-64% θα παρουσιάσει συγχρόνως και οροφαρυγγική δυσφαγία (Sura et al., 2012), ενώ στους ασθενείς με άνοια τα ποσοστά κλιμακώνονται στο 80%-93% των περιπτώσεων. Μάλιστα, οι πιθανότητες εμφάνισης δυσκολιών στην κατάποση διαφοροποιούνται από τον τύπο της άνοιας, με ποσοστό 26% στην μετωποκροταφική άνοια, 20% στην σημασιολογική άνοια και 7% στη νόσο Αλτσχάιμερ σε κλινική έρευνα (Logemann et al, 2018). Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται και στη νόσο του Πάρκινσον, αφού το 39% των ασθενών εμφανίζει προδιάθεση για αναρρόφηση και το 20% ταυτόχρονο συνδυασμό δυσαρθρίας ή/και σιελορροίας. (Yi et al., 2019)

Σαρκοπενική Δυσφαγία

Ο τύπος αυτός χαρακτηρίζεται από δυσκολία στην κατάποση λόγω της σαρκοπενίας των γενικευμένων σκελετικών μυών και των μυών που συμμετέχουν στην κατάποση. Η σαρκοπενία δημιουργεί μυϊκές δομικές ανωμαλίες προκαλώντας ατροφία τους και είναι ένας από τους πέντε «γίγαντες» («giants» σύμφωνα με την ιατρική βιβλιογραφία) του γηραίου πληθυσμού, μαζί με την ακινησία, την αστάθεια, την ακράτεια και τη νοητική ανεπάρκεια. Είναι ο μοναδικός τύπος μη-νευρολογικής δυσφαγίας διότι το κύριο αίτιο που την προκαλεί είναι η απώλεια πίεσης από τη γλώσσα, με αποτέλεσμα τη μειωμένη βελτίωση των ασθενών σε σχέση με τους υπόλοιπους. Η γηριατρική πάθηση της συρρίκνωσης και σταδιακής απώλειας της λειτουργικότητας των μυών αφορά το 10%-16% του παγκόσμιου πληθυσμού ηλικίας 65 ετών και άνω, αυξάνοντας τον δημογραφικό πληθυσμό που επηρεάζεται από την σαρκοπενική δυσφαγία. (Yuan et al., 2023)

Ένα μικρό αλλά αξιοσημείωτο ποσοστό του παγκόσμιου πληθυσμού εμφανίζει διαταραχές στην κατάποση λόγω ιατρογενών αιτιών. Αναλυτικότερα, η ερευνητική ομάδα από το Πανεπιστήμιο του Bern με επικεφαλής τον Zuercher το 2019, μελετώντας την Μονάδα Εντατικής Θεραπείας του πανεπιστημιακού νοσοκομείου σύλλεξε στατιστικά δεδομένα για έναν ελάχιστο μελετημένο τύπο δυσφαγίας, αυτή μετά-την-αποσωλήνωση ή PED (Post-Extubation Dysphagia). Αμέσως μετά την αποσωλήνωση των ασθενών, το ποσοστό θνησιμότητας ανερχόταν στο 9.2% για διάστημα 90 ημερών και χρειάστηκαν νοσηλεία αυξημένη κατά 1.64 ημέρες κατά μέσο όρο σε σχέση με τους υπόλοιπους διασωληνωμένους ασθενείς. Οι ιατρικές διαδικασίες που

κατηγορούνται ότι αυξάνουν το ρίσκο είναι η διασωλήνωση (Εικόνα 2.5), η τραχειοτομή, χειρουργικές επεμβάσεις σε κρανίο και λάρυγγα καθώς και οι ραδιοθεραπείες.



Εικόνα 2.5 Διάγραμμα διασωλήνωσης ασθενούς

Στην πιο σύγχρονη βιβλιογραφία, ερευνάται η δυσφαγία που προκαλείται από την χορηγία αντιψυχωτικών φαρμάκων σε ενήλικες (AD-induced dysphagia, για λόγους ευχέρειας θα αναφέρεται ως δυσφαγία AD). Παρόλο που η δυσφαγία AD είναι γνωστή στην ιατρική κοινότητα από το 1950, μόλις το 2005 ο FDA ανακοίνωσε την ανάγκη γραπτής προειδοποίησης στα νέα αντιψυχωτικά φάρμακα δεύτερης γενιάς (SGAPS, Second Generation Antipsychotics). Τα άτομα με ψυχικές ασθένειες, όπως για παράδειγμα η σχιζοφρένεια, έχουν 8 με 20 φορές μεγαλύτερη πιθανότητα πνιγμού και πνευμονίας εξαιτίας της δυσφαγίας λόγω των αλλοστερικών μηχανισμών των φαρμάκων με τους υποδοχείς νευροδιαβιβαστών σεροτονίνης. (Cicala et al., 2019)

2.4 Κλινικά συμπτώματα

Τα κύρια συμπτώματα της δυσφαγίας περιλαμβάνουν αναρρόφηση, υπολείμματα, υπερβολικό καθαρισμό του λαιμού, βήχα, βραχνή φωνή, ανώμαλα μοτίβα αναπνοής και

επαναλαμβανόμενη κατάποση. Αυτά τα συμπτώματα μπορεί να οδηγήσουν σε σοβαρές επιπλοκές, όπως υποσιτισμό, αφυδάτωση και πνευμονία από εισρόφηση, ιδιαίτερα στον ηλικιωμένο πληθυσμό. (WHO, 2010)

Τα συμπτώματα αποδίδονται περιληπτικά στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1 Συμπτώματα της Δυσφαγίας

Συμπτώματα	Περιγραφή	Κλινική σημασία
Δυσκολία στην κατάποση	Δυσκολία στην προώθηση της τροφής από το στόμα στον οισοφάγο	Σημαντικός δείκτης υποκείμενων νευρολογικών ή μυϊκών διαταραχών
Βήχας ή πνιγμός κατά την κατάποση	Εμφάνιση βήχα ή πνιγμού κατά την κατάποση υγρών ή στερεών	Κίνδυνος εισρόφησης και ανάπτυξης πνευμονίας
Αίσθηση ξένου σώματος στο λαιμό	Αίσθηση ότι κάτι έχει κολλήσει στο λαιμό	Μπορεί να υποδηλώνει απόφραξη ή σπασμό
Πόνος κατά την κατάποση (οδυνοφαγία)	Πόνος κατά την κατάποση	Σημαντικός δείκτης φλεγμονής ή έλκους
Ανεξήγητη απώλεια βάρους	Μείωση σωματικού βάρους λόγω μειωμένης πρόσληψης τροφής	Υποδηλώνει χρόνια δυσφαγία και κίνδυνο υποσιτισμού

1) Αναρρόφηση

Η αναρρόφηση συμβαίνει όταν τροφή ή υγρό εισέρχεται στον αεραγωγό αντί του οισοφάγου, οδηγώντας σε πιθανές λοιμώξεις του αναπνευστικού, όπως η πνευμονία. Αυτό το σύμπτωμα είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο καθώς μπορεί να είναι σιωπηλό, που σημαίνει ότι το άτομο μπορεί να μην εμφανίσει άμεσα σημάδια πνιγμού ή δυσφορίας, αυξάνοντας έτσι τον κίνδυνο σοβαρών αναπνευστικών επιπλοκών. (Dobak, S., & Kelly, D. 2020)

2) Υπολείμματα και αναποτελεσματική κατάποση

Το υπόλειμμα αναφέρεται στα υπολείμματα σωματιδίων τροφής στο στόμα ή στο λαιμό μετά την κατάποση, υποδεικνύοντας ατελή κατάποση. Το γεγονός αυτό μπορεί να οδηγήσει σε σπασμωδικό βήχα για να καθαρίσει ο ασθενής το στόμα και τον λαιμό, οδηγώντας σε κόπωση κατά τη διάρκεια του φαγητού και αυξάνοντας τον κίνδυνο αναρρόφησης με επακόλουθες καταπώσεις. (Crary et al., 2013)

3) Καθαρισμός λαιμού και βήχας

Η συχνή κάθαρση του λαιμού (globus pharyngis) και ο βήχας είναι κοινές αντανακλαστικές ενέργειες σε άτομα με δυσφαγία, με στόχο τον καθαρισμό των αεραγωγών. Ωστόσο, ο επίμονος βήχας μπορεί να βλάψει τις φωνητικές χορδές και να οδηγήσει σε βραχνή φωνή. Αυτά τα συμπτώματα συχνά συνοδεύουν την αναρρόφηση και είναι δείκτες ενός εξασθενημένου μηχανισμού κατάποσης. (Crary et al., 2013)

4) Βραχνή φωνή

Μια βραχνή φωνή μπορεί να προκύψει από επαναλαμβανόμενο βήχα και καθαρισμό του λαιμού, καθώς και από τον ερεθισμό που προκαλείται από την είσοδο τροφής ή υγρού στον αεραγωγό. Αυτό το σύμπτωμα σχετίζεται επίσης με τη χρόνια εισρόφηση και ενδέχεται να υποδεικνύει υποκείμενα προβλήματα με τη λειτουργία των φωνητικών χορδών. (Crary et al., 2013)

5) Ανώμαλα μοτίβα αναπνοής και επαναλαμβανόμενη κατάποση

Τα ανώμαλα μοτίβα αναπνοής, όπου υπάρχει διαταραχή του φυσιολογικού συντονισμού αναπνοής-κατάποσης, μπορεί να οδηγήσουν σε αναπνευστική δυσχέρεια. Η

επαναλαμβανόμενη κατάποση είναι συχνά ένας αντισταθμιστικός μηχανισμός για την απομάκρυνση των υπολειμμάτων, αλλά μπορεί να οδηγήσει σε παρατεταμένους χρόνους γευμάτων και αυξημένη κόπωση. (Dobak, S., & Kelly, D. 2020)

Επιπλοκές της Δυσφαγίας

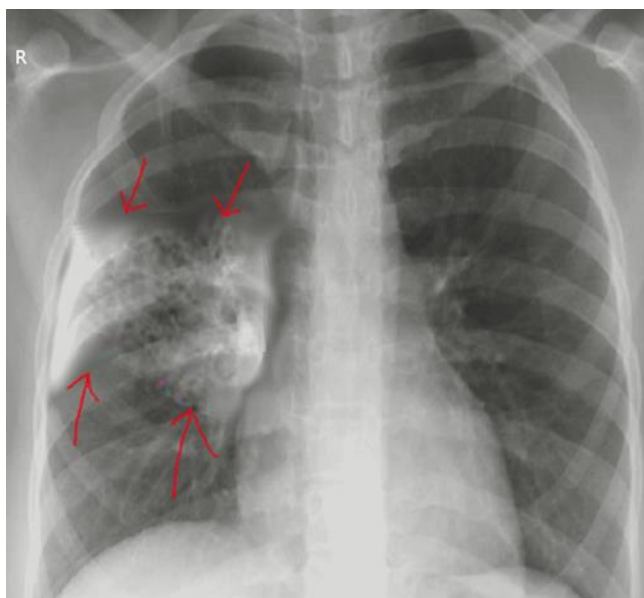
Η δυσφαγία συνδέεται με αρκετές σοβαρές επιπλοκές. Ο υποσιτισμός και η αφυδάτωση συμβαίνουν λόγω της ανεπαρκούς πρόσληψης θρεπτικών ουσιών και υγρών. Η πνευμονία από εισρόφηση είναι μια συχνή και σοβαρή επιπλοκή, ιδιαίτερα στους ηλικιωμένους, που οδηγεί σε αυξημένα ποσοστά επανεισαγωγών στο νοσοκομείο και θνησιμότητα. (Rofes et al., 2011)

A) Υποσιτισμός και αφυδάτωση

Η αδυναμία αποτελεσματικής κατάποσης μπορεί να οδηγήσει σε ανεπαρκή πρόσληψη θρεπτικών συστατικών, οδηγώντας σε υποσιτισμό. Η αφυδάτωση είναι ένας άλλος σημαντικός κίνδυνος, καθώς τα άτομα μπορεί να αποφεύγουν να καταναλώνουν υγρά για να αποτρέψουν τον βήχα ή τον πνιγμό. Και οι δύο καταστάσεις μπορούν να επιδεινώσουν τα υπάρχοντα προβλήματα υγείας και να μειώσουν τη συνολική σωματική και γνωστική λειτουργία. (Rofes et al., 2011)

B) Πνευμονία από εισρόφηση

Η πνευμονία από εισρόφηση είναι η κύρια αιτία νοσηρότητας και θνησιμότητας σε ασθενείς με δυσφαγία. Η κατάσταση εμφανίζεται όταν εισπνέεται τροφή, υγρό ή σάλιο στους πνεύμονες, προκαλώντας μόλυνση (Εικόνα 2.6). Αυτός ο κίνδυνος είναι αυξημένος σε άτομα με εξασθενημένο ανοσοποιητικό σύστημα, όπως οι ηλικιωμένοι ή άτομα με χρόνιες ασθένειες. (Rofes et al., 2011)



Εικόνα 2.6 Ακτινογραφία θώρακος που δείχνει κυψελιδικές διηθήσεις στα ανώτερα τμήματα του δεξιού κάτω λοβού στην πνευμονία αναρρόφησης.

2.5 Προσυμπτωματικός έλεγχος και Κλινική Αξιολόγηση της Δυσφαγίας

Δεδομένης της πολυπλοκότητας των συνθηκών υγείας των ηλικιωμένων, συνιστάται μια ολοκληρωμένη γηριατρική αξιολόγηση (CGA) για αυτούς τους ασθενείς. Λόγω των φυσιολογικών και ανατομικών αλλαγών που σχετίζονται με τη γήρανση, της άτυπης εμφάνισης ασθενειών και της υψηλής συχνότητας αρκετών γηριατρικών συνδρόμων, είναι απαραίτητη μια διαφορετική διαγνωστική και θεραπευτική προσέγγιση. Η CGA είναι μια πολυδιάστατη, διεπιστημονική διαγνωστική διαδικασία που έχει σχεδιαστεί για να προσδιορίσει τις ιατρικές, ψυχολογικές και λειτουργικές δυνατότητες των αδύναμων ηλικιωμένων ατόμων για να αναπτυχθεί ένα συντονισμένο και ολοκληρωμένο σχέδιο θεραπείας και μακροπρόθεσμης παρακολούθησης. Οι θετικές επιδράσεις της CGA σε ηλικιωμένους ασθενείς στα νοσοκομεία έχουν αποδειχθεί, συμπεριλαμβανομένης της μειωμένης θνησιμότητας ή του ποσοστού εισαγωγής σε ιδρύματα και της βελτιωμένης φυσικής λειτουργίας. (Kikawada et al., 2005)

Παρά τον υψηλό επιπολασμό και τις σοβαρές επιπλοκές της στοματοφαρυγγικής δυσφαγίας (OD), παραμένει ανεξερεύνητη και συχνά μη ανιχνεύσιμη, με τους περισσότερους ασθενείς να μην έχουν διαγνωστεί ή αντιμετωπιστεί. Η διάγνωση της OD απαιτεί μια προσέγγιση τριών

σταδίων: κλινικός έλεγχος, κλινική αξιολόγηση και ενόργανη αξιολόγηση (Kikawada et al., 2005).
 Στον Πίνακα 2 συνοψίζονται οι κυριότερες μέθοδοι διάγνωσης.

Πίνακας 2 Μέθοδοι διάγνωσης της Δυσφαγίας

Μέθοδος Διάγνωσης	Περιγραφή	Πλεονεκτήματα	Περιορισμοί
Κλινική Αξιολόγηση	Αξιολόγηση από γιατρό ή λογοθεραπευτή μέσω παρατήρησης και τεστ κατάποσης	Άμεση και μη επεμβατική	Μπορεί να μην ανιχνεύει όλες τις περιπτώσεις δυσφαγίας
Βιντεοακτινοσκοπική Μελέτη Κατάποσης (VFS)	Χρήση ακτινοσκόπησης για την παρακολούθηση της κατάποσης σε πραγματικό χρόνο	Παρέχει λεπτομερείς πληροφορίες για την κινητικότητα της κατάποσης	Απαιτεί ειδικό εξοπλισμό και ακτινοβολία
Ενδοσκοπική Αξιολόγηση Κατάποσης με Ελαστικό Ενδοσκόπιο (FEES)	Χρήση εύκαμπτου ενδοσκοπίου για την παρακολούθηση του φάρυγγα και του λάρυγγα	Άμεση απεικόνιση και δυνατότητα παρέμβασης	Απαιτεί εξειδικευμένη κατάρτιση και είναι επεμβατική
Τεστ Κατάποσης Νερού 3 oz	Ασθενής καταπίνει 3 oz νερού και αξιολογείται για βήχα ή ασφυξία	Απλό και γρήγορο τεστ	Χαμηλή ευαισθησία και ειδικότητα

Κλινικός έλεγχος

Ο στόχος του προσυμπτωματικού ελέγχου είναι να εντοπιστούν έγκαιρα οι ασθενείς που διατρέχουν κίνδυνο OD, ώστε να μπορούν να παραπεμφθούν για αξιολογήσεις κατάποσης για την πρόληψη της εισρόφησης ή του υποσιτισμού. Ο κλινικός έλεγχος στοχεύει στην ανίχνευση της πλειονότητας των ασθενών που διατρέχουν κίνδυνο OD, ιδιαίτερα σε επίπεδο πρωτοβάθμιας περίθαλψης. Ο προσυμπτωματικός έλεγχος θα πρέπει να είναι εύκολος στην εκτέλεση, ταχύς, χαμηλού κόστους και χαμηλού κινδύνου, καθιστώντας τον προσβάσιμο σε γενικούς ιατρούς, νοσηλευτές και άλλους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης χωρίς ειδική εκπαίδευση στην OD. Η υψηλή ευαισθησία είναι ζωτικής σημασίας σε αυτό το στάδιο λόγω των κινδύνων μη ανιχνεύσιμης δυσφαγίας. Η διαδικασία στοχεύει στην επιλογή ασθενών που αποτυγχάνουν στο τεστ προσυμπτωματικού ελέγχου και χρειάζονται περαιτέρω κλινική ή/και οργανική αξιολόγηση. (Kikawada et al., 2005)

Τρία ερωτηματολόγια ειδικά για την αποκόλληση είναι παραδείγματα αποτελεσματικών εργαλείων προσυμπτωματικού ελέγχου για την OD:

1. EAT-10: Ένα αυτοαναφερόμενο ερωτηματολόγιο για τα συμπτώματα OD, που δείχνει εσωτερική συνέπεια, αναπαραγωγικότητα και εγκυρότητα. Μια βαθμολογία EAT-10 ≥ 2 θεωρείται μη φυσιολογική, με 89% ευαισθησία και 82% ειδικότητα για OD.
2. Ερωτηματολόγιο κατάποσης του Σίδνεϋ: Αξιολογεί τη σοβαρότητα της OD σε ασθενείς με νευρομυογενή δυσφαγία χρησιμοποιώντας μια οπτική αναλογική κλίμακα για 17 ερωτήσεις. Έχει δείξει καλές ψυχομετρικές ιδιότητες και συσχετίζεται στενά με μια ανεξάρτητη συνολική βαθμολογία σοβαρότητας αξιολόγησης.
3. Ερωτηματολόγιο Διαταραχών Κατάποσης: Ένα αυτοσυμπληρώμενο ερωτηματολόγιο 15 σημείων "ναι/όχι" για τις διαταραχές κατάποσης, με 79,7% ευαισθησία και 73% ειδικότητα στον εντοπισμό ασθενών με διαταραχές κατάποσης που προκύπτουν από διάφορες αιτιολογίες.

Κλινική Αξιολόγηση

Η κλινική αξιολόγηση στοχεύει στην αξιολόγηση της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητας της κατάποσης και στην ανίχνευση σιωπηλών αναρροφήσεων κατά την κατάκλιση του ασθενούς. Θα πρέπει να είναι αξιόπιστο, εύκολο στη χρήση και ασφαλές στην εκτέλεση. Οι ειδικοί θα πρέπει να διεξάγουν κλινικές αξιολογήσεις τακτικά, ανάλογα με την εξέλιξη της νόσου. Στόχος είναι να αξιολογηθούν δύο συστατικά της κατάποσης:

1. Αποτελεσματικότητα: Η ικανότητα του ασθενούς να καταναλώνει την απαραίτητη ποσότητα θερμίδων και νερού για να τρέφεται καλά και να ενυδατώνεται.
2. Ασφάλεια: Η ικανότητα του ασθενούς να καταναλώνει όλες τις απαιτούμενες θερμίδες και νερό χωρίς αναπνευστικές επιπλοκές. (Kikawada et al., 2005)

Υπάρχουν διάφορα τεστ αξιολόγησης κατάποσης, το καθένα με διαφορετική ευαισθησία και ειδικότητα. Οι παραδοσιακές κλινικές δοκιμές αξιολόγησης για OD περιλαμβάνουν:

- Test Burke's Water Swallow 3-oz: Οι ασθενείς καταπίνουν 3 oz νερού (= 88,72 ml) με μία κίνηση (Εικόνα 2.7). Η μη φυσιολογική κατάποση αναγνωρίζεται με τον βήχα κατά τη διάρκεια ή μετά την κατάποση, την ποιότητα της υγρής/βραχνης φωνής ή τον αργό ρυθμό κατάποσης (<10 mL/s). Αυτό το τεστ έχει ευαισθησία 76% και ειδικότητα 59% για την ανίχνευση αναρρόφησης.



Εικόνα 2.7 Test Burke's Water Swallow 3-oz

- Δοκιμή χρονομετρημένης κατάποσης και τυποποιημένη αξιολόγηση κατά την κατάκλιση: Οι ασθενείς καταπίνουν 50, 150 ή 60 mL νερού. Η μη φυσιολογική κατάποση αναγνωρίζεται από παρόμοια σημεία, όπως στο τεστ Burke. Η τυποποιημένη αξιολόγηση κατάποσης κατά την κατάκλιση έδειξε ευαισθησία που κυμαίνεται από 47% έως 68% και ειδικότητα από 67% έως 86%, ανάλογα με το αν τη χορήγησε γιατρός ή λογοπαθολόγος.

Ωστόσο, αυτές οι κλινικές δοκιμές περιλαμβάνουν την κατάποση μεγάλων ποσοτήτων υγρού, δημιουργώντας κίνδυνο αναρρόφησης. Επιπλέον, ορισμένες μελέτες σε τεστ κατά την κατάκλιση για OD στερούνται μεθοδολογικής ποιότητας, γεγονός που καθιστά δύσκολο τον ακριβή προσδιορισμό των ψυχομετρικών ιδιοτήτων των υπό μελέτη διαδικασιών. (ESSD, 2013)

Ενόργανη Αξιολόγηση

Οι ενόργανες αξιολογήσεις διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη λήψη κλινικών αποφάσεων παρέχοντας λεπτομερείς πληροφορίες που είναι απαραίτητες για τον προγραμματισμό της θεραπείας ή της αποκατάστασης για ασθενείς με δυσφαγία. Αυτές οι αξιολογήσεις είναι ιδιαίτερα χρήσιμες για την επιβεβαίωση των διαγνώσεων και τη διαμόρφωση πρωτόκολλων

θεραπείας σε περιπτώσεις που οι κλινικές παρατηρήσεις υποδεικνύουν πιθανή δυσφαγία. Οι ενόργανες αξιολογήσεις βοηθούν στην κατανόηση της παθοφυσιολογίας των διαταραχών της κατάποσης, στην παρακολούθηση της εξέλιξης της νόσου και στην αξιολόγηση των ανταποκρίσεων στη θεραπεία. Κατά την επιλογή μιας οργανικής αξιολόγησης, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη διάφοροι παράγοντες, όπως η γνωστική-γλωσσική κατάσταση και η συνολική υγεία του ασθενούς. (Kikawada et al., 2005)

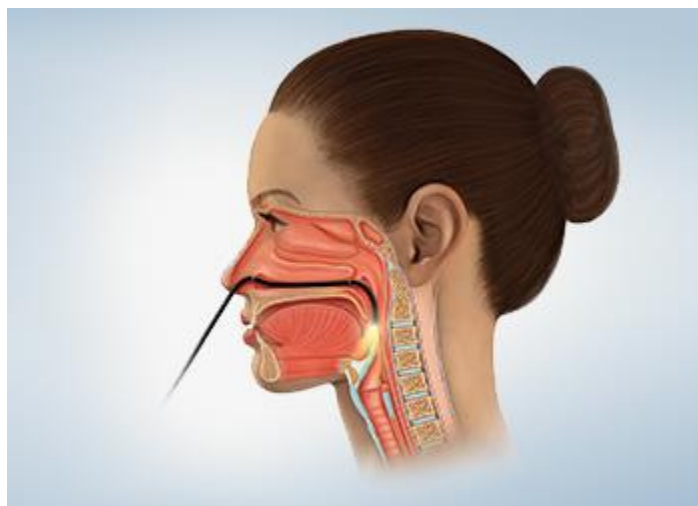
Οι συνήθεις μέθοδοι αξιολόγησης οργάνων περιλαμβάνουν τη Βιντεοφθοροσκοπική Μελέτη Κατάποσης (VFS), την Ενδοσκοπική Ιννοσκοπική Αξιολόγηση της Κατάποσης (FEES), τον υπέρηχο και τη μανομετρία. Αυτές οι τεχνικές αξιολογούν τις δομικές και λειτουργικές πτυχές των μυών και των δομών που εμπλέκονται στην κατάποση, συμπεριλαμβανομένου του οισοφάγου και εξετάζουν τον συντονισμό μεταξύ της προστασίας των αεραγωγών και της αναπνοής κατά την κατάποση. Επιπλέον, αξιολογούν τα αποτελέσματα των τροποποιήσεων του βλωμού, των αλλαγών στη χορήγηση βλωμού και των θεραπευτικών ελιγμών που έχουν σχεδιαστεί για να προστατεύουν τον αεραγωγό και να βελτιώνουν την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα της κατάποσης. (Kikawada et al., 2005)

Ορισμένες ενόργανες διαδικασίες εστιάζουν σε συγκεκριμένες πτυχές της κατάποσης, κάνοντας πολυδιάστατη αξιολόγηση χρησιμοποιώντας διάφορα εργαλεία ενδεδειγμένα για μια ολοκληρωμένη κατανόηση της παθοφυσιολογίας της κατάποσης. Αυτή η προσέγγιση υποστηρίζει αποτελεσματική λήψη κλινικών αποφάσεων και σχεδιασμό θεραπείας. Ωστόσο, η πρόσβαση στην υγειονομική περίθαλψη και τις οργανικές αξιολογήσεις για τη δυσφαγία ποικίλλει στις διάφορες περιοχές και επηρεάζεται από κοινωνικούς, οικονομικούς παράγοντες και παράγοντες πολιτικής υγείας. (Kikawada et al., 2005)

Η Ευρωπαϊκή Εταιρεία για τις Διαταραχές Κατάποσης (ESSD) συνιστά στους ασθενείς με υποψία δυσφαγίας ή μειωμένης προστασίας των αεραγωγών να υποβάλλονται σε οργανικές αξιολογήσεις όπως VFS ή FEES. Αυτές οι αξιολογήσεις διεξάγονται από εκπαιδευμένο προσωπικό σύμφωνα με τυποποιημένα πρωτόκολλα. Παρά την έλλειψη συναίνεσης σχετικά με

τον συγκεκριμένο αριθμό δοκιμών κατάποσης, όγκους βλωμού και συνεκτικότητα που θα χρησιμοποιηθούν σε αυτές τις δοκιμές, στόχος είναι να αξιολογηθούν οι φυσιολογικές βλάβες και να εντοπιστούν πιθανές θεραπευτικές μέθοδοι. (Kelly et al., 2006)

Το FEES επιτρέπει την άμεση οπτικοποίηση του φάρυγγα και του λάρυγγα κατά τη διάρκεια και μετά την κατάποση, καθιστώντας δυνατό τον εντοπισμό ζητημάτων, όπως υπολείμματα στους κοιλιακούς και πυροειδείς κόλπους, ανεξέλεγκτος βλωμός, πρόωρη απώλεια υγρών, διείσδυση, αναρρόφηση και αποσπασματική αποκόλληση (Εικόνα 2.8). Το FEES είναι καλά ανεκτό από τον ασθενή, εύκολο στην εκτέλεση από το προσωπικό, επαναλαμβανόμενο και μπορεί να πραγματοποιηθεί κατά την κατάκλιση. (Kelly et al., 2006)



Εικόνα 2.8 Απεικόνιση της Ενδοσκοπικής Ιννοσκοπικής Αξιολόγησης της Κατάποσης

Σκοπός του VFS είναι να αξιολογήσει την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα της κατάποσης, να χαρακτηρίσει τις βλάβες και να βοηθήσει στην επιλογή και την αξιολόγηση θεραπειών. Το VFS πρέπει να εκτελείται σε πλάγια προβολή με εικόνες που καταγράφουν τα χείλη, το στόμα, τον φάρυγγα, την αυχενική μοίρα της σπονδυλικής στήλης και τον οισοφάγο (Εικόνα 2.9). Τα βίντεο θα πρέπει να ελέγχονται πολλές φορές με κανονική ταχύτητα και καρέ-καρέ για να διασφαλιστεί η ακριβής ερμηνεία, η οποία βελτιώνεται με την εμπειρία και την εκπαίδευση του κλινικού γιατρού. Η χρήση τυποποιημένων λιστών ελέγχου για VFS και FEES μπορεί να βελτιώσει

τις τελικές κλινικές αναφορές και να διευκολύνει τη σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ των ασθενών. (Kelly et al., 2006)



Εικόνα 2.9 Εκτέλεση της Βιντεοφθοροσκοπικής Μελέτης Κατάποσης

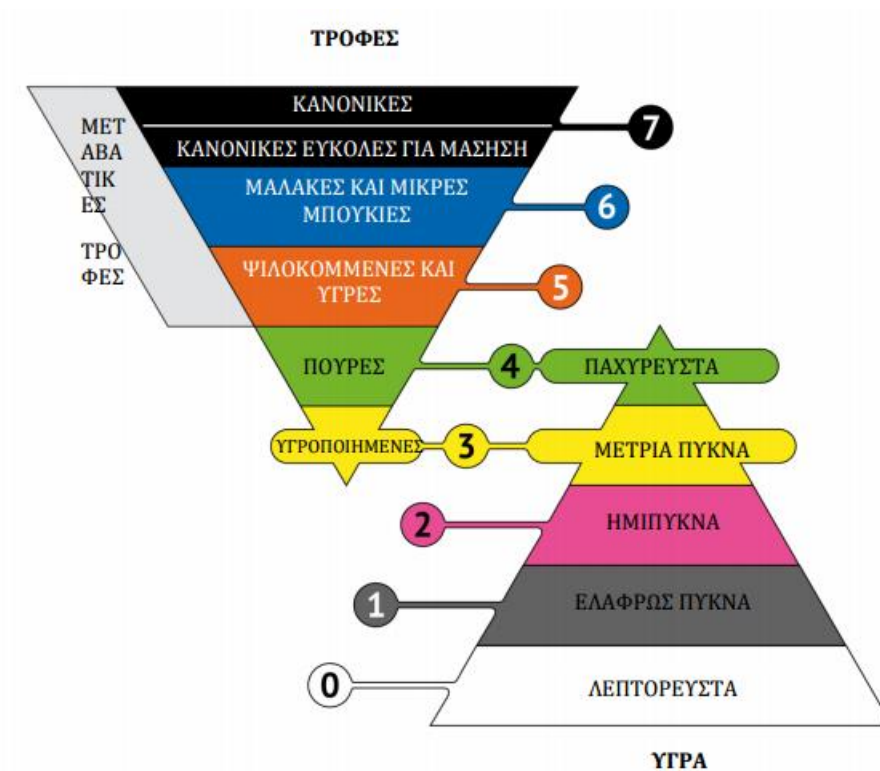
2.6 Διατροφική διαχείριση στους ασθενείς

Οι διατροφικές τροποποιήσεις είναι κρίσιμες για τη διαχείριση της δυσφαγίας για να διασφαλιστεί ότι οι ασθενείς λαμβάνουν επαρκή τροφή και ενυδάτωση, ελαχιστοποιώντας παράλληλα τον κίνδυνο εισρόφησης. Οι διατροφές με τροποποιημένη υφή προσαρμόζονται στις συγκεκριμένες ικανότητες κατάποσης των ασθενών, που κυμαίνονται από πολτοποιημένες έως μηχανικά τροποποιημένες. Η International Dysphagia Diet Standardization Initiative (IDDSI) παρέχει ένα πλαίσιο για την τυποποίηση αυτών των διατροφών, διευκολύνοντας τη συνεπή φροντίδα σε διαφορετικά περιβάλλοντα διαβίωσης των παθόντων. (Smith et al., 2022)

Το πλαίσιο IDDSI κατηγοριοποιεί τις υφές των τροφίμων σε επίπεδα με βάση το πάχος και τη συνεκτικότητά τους, παρέχοντας μια τυποποιημένη προσέγγιση για την κάλυψη των αναγκών των ασθενών με δυσφαγία (Εικόνα 2.10). Αυτό το πλαίσιο κυμαίνεται από το Επίπεδο 0 για τα αραιά υγρά έως το Επίπεδο 7 για τα κανονικά τρόφιμα. Κάθε επίπεδο καθορίζει σαφή κριτήρια για την τροποποίηση της υφής, ώστε να διασφαλίζεται η ασφάλεια κατά την κατάποση. (Cichero et al., 2016)

Η τήρηση αυτών των οδηγιών IDDSI είναι κρίσιμη για την ανάπτυξη μοριακά τροποποιημένων τροφίμων που είναι ασφαλή και κατάλληλα για ασθενείς με δυσφαγία. Για παράδειγμα, το Επίπεδο 4 καθορίζει υγρά ήπιας πυκνότητας που απαιτούν ελεγχόμενο ιξώδους για την πρόληψη της αναρρόφησης, ενώ το Επίπεδο 5 περιγράφει μέτρια παχύρρευστα υγρά και πολτοποιημένα τρόφιμα που πρέπει να διατηρούν μια συνεκτική υφή χωρίς να είναι κολλώδη ή να απαιτούν υπερβολική προσπάθεια μάσησης (Cichero et al., 2016). Αυτά τα πρότυπα διασφαλίζουν ότι τα τροποποιημένα τρόφιμα όχι μόνο πληρούν τα απαραίτητα κριτήρια ασφάλειας, αλλά παρέχουν επίσης επαρκή διατροφική υποστήριξη, αντιμετωπίζοντας τις συγκεκριμένες προκλήσεις που αντιμετωπίζουν τα άτομα με δυσκολίες κατάποσης.

Τα Επίπεδα βαθμολογούνται με βάση μια βαρυτική δοκιμή ροής του υγρού με την χρήση σύριγγας ολίσθησης των 10ml ποσοτικοποιώντας την κατηγορία ροής στο διάστημα των 10 δευτερολέπτων, τη Δοκιμασία Στάγδην από Πιρούνι ή την Δοκιμασία Κλίσης Κουταλιού. Τα Επίπεδα, όπως διατυπώνονται στην Ελληνική Γλώσσα από την Παρασκευή Δετοπούλου (2022), είναι τα ακόλουθα:



1. Επίπεδο 0: Λεπτόρευστα υγρά

- Περιγραφή: Πρόκειται για υγρά με σύσταση παρόμοια με το νερό. Ρέουν γρήγορα και απαιτούν ελάχιστη προσπάθεια για την κατάποση.
- Χαρακτηριστικά: Είναι διάφανα και μπορούν εύκολα να περάσουν από ένα καλαμάκι.
- Ανησυχίες για την ασφάλεια: Λόγω του χαμηλού ιξώδους τους, υπάρχει αυξημένος κίνδυνος αναρρόφησης για άτομα με προβλήματα κατάποσης.

2. Επίπεδο 1: Ελαφρώς παχύρρευστα υγρά

- Περιγραφή: Υγρά που έχουν ελαφρώς παχυνθεί σε σύσταση ελαφρώς παχύτερη από το νερό.
- Χαρακτηριστικά: Ρέουν πιο αργά από τα αραιά υγρά αλλά εξακολουθούν να περνούν εύκολα μέσα από ένα καλαμάκι.
- Προβλήματα ασφάλειας: Αν και παχύτερα από το Επίπεδο 0, εξακολουθούν να αποτελούν κίνδυνο αναρρόφησης, ειδικά για εκείνους με πιο σοβαρές διαταραχές στην κατάποση.

3. Επίπεδο 2: Ήπια παχύρρευστα/ ημίπυκνα υγρά

- Περιγραφή: Υγρά παχύρρευστα σε σύσταση παρόμοια με το νέκταρ ή το μέλι.
- Χαρακτηριστικά: Μια κουταλιά μπορεί να ριχθεί ελεγχόμενα και απαιτείται λίγη προσπάθεια για ρούφηγμα από καλαμάκι.
- Ανησυχίες σχετικά με την ασφάλεια: Αυτά τα υγρά μειώνουν τον κίνδυνο αναρρόφησης σε σύγκριση με τα πιο λεπτά υγρά, αλλά μπορεί να εξακολουθούν να αποτελούν προκλήσεις για άτομα με σημαντικές δυσκολίες στην κατάποση.

4. Επίπεδο 3: Υγρά μέτριας πυκνότητας/ υγροποιημένες τροφές

- Περιγραφή: Υγρά παχύρρευστα σε συνοχή μεταξύ μελιού και πουτίγκας.
- Χαρακτηριστικά: Είναι πιο συνεκτικά και μπορούν να καταναλωθούν με ελεγχόμενο σχηματισμό βλωμού.
- Ανησυχίες για την ασφάλεια: Αυτά τα υγρά είναι πιο ασφαλή για άτομα με μέτρια δυσφαγία, καθώς μειώνουν τον κίνδυνο εισόδου υγρού στον αεραγωγό.

5. Επίπεδο 4: Πουρέδες/ εξαιρετικά παχύρρευστα υγρά

- Περιγραφή: Υγρά παχύρρευστα σε υφή που μοιάζει με πουτίγκα.
- Χαρακτηριστικά: Δεν ρέουν ελεύθερα και απαιτούν ελεγχόμενη προσπάθεια για να καταναλωθούν.
- Ανησυχίες για την ασφάλεια: Αν και είναι λιγότερο πιθανό να αναρροφηθούν, μπορεί να εξακολουθούν να αποτελούν προκλήσεις για άτομα με σοβαρές διαταραχές στην κατάποση.

6. Επίπεδο 5: Ψιλοκομμένες και υγρές τροφές

- Περιγραφή: Στερεά τρόφιμα που έχουν λιώσει ή τεμαχιστεί σε μικρά, ομοιόμορφα κομμάτια και έχουν υγρανθεί με σάλτσα ή υγρό.
- Χαρακτηριστικά: Απαιτούν ελάχιστο μάσημα και πολτοποιούνται εύκολα με ένα πιρούνι.
- Ανησυχίες για την ασφάλεια: Αυτά τα τρόφιμα μειώνουν τον κίνδυνο πνιγμού και αναρρόφησης σε σύγκριση με τα κανονικά στερεά, αλλά εξακολουθούν να απαιτούν προσοχή στην προετοιμασία και την κατανάλωση.

7. Επίπεδο 6: Μαλακές και μικρές μπουκιές

- Περιγραφή: Στερεές τροφές που είναι μαλακές και μπορούν εύκολα να πολτοποιηθούν με ένα πιρούνι, αλλά δεν απαιτούν μάσημα.
- Χαρακτηριστικά: Είναι μαλακά, υγρά και μπορούν εύκολα να χωριστούν σε μικρότερα κομμάτια.
- Ανησυχίες για την ασφάλεια: Αυτές οι τροφές είναι ασφαλείς για άτομα με κάποια ικανότητα μάσησης, αλλά μπορεί να εξακολουθούν να αποτελούν κίνδυνο για όσους έχουν σημαντικές διαταραχές στην κατάποση.

8. Επίπεδο 7: Κανονικές τροφές/ κανονικές εύκολες για μάσηση

- Περιγραφή: Τρόφιμα που σερβίρονται χωρίς τροποποίηση.
- Χαρακτηριστικά: Είναι τυπικές στερεές τροφές που απαιτούν μάσηση.
- Ανησυχίες για την ασφάλεια: Αυτά τα τρόφιμα μπορεί να ενέχουν κίνδυνο πνιγμού και

αναρρόφησης για άτομα με δυσκολία στην κατάποση και γενικά δεν συνιστώνται για άτομα με σοβαρή δυσφαγία.

Είναι εξαιρετικά κρίσιμης σημασίας το τρόφιμο που ελέγχεται να δοκιμάζεται στη θερμοκρασία στην οποία θα σερβιριστεί στον ασθενή και στην περίπτωση που η ροή δεν είναι συνεχής αλλά σταματάει ξαφνικά, να κατηγοριοποιείται ως ακατάλληλο για κατανάλωση. Επιπρόσθετα, αν το τρόφιμο προορίζεται για βρέφος με δυσκολία κατάποσης, το δείγμα Επιπέδου 5 πρέπει να είναι μικρότερο από το μέγιστο πλάτος του πέμπτου νυχιού του δακτύλου, διότι αντιστοιχεί στην πρόβλεψη της εσωτερικής διαμέτρου του ενδοτραχειακού σωλήνα του. (Turkistani et al, 2009)

Κεφάλαιο 3. Θεωρητικό υπόβαθρο Μοριακής Γαστρονομίας

3.1 Μοριακή Γαστρονομία

Στόχος του κεφαλαίου είναι η εξερεύνηση της εξέλιξης της Μοριακής Γαστρονομίας, αναζητώντας τις ρίζες της δια μέσου του συγγραφικού έργου των Hervé This, von Kintza and others (2021). Η εξέταση των μεθόδων περιλαμβάνει τεχνικές όπως η σφαιροποίηση, η γαλακτωματοποίηση και η ζελατινοποίηση, όπως υπογραμμίζονται από τους D'Angelo et al. και τους Rogers et al. (2014). Μέσω αυτής της οδού δίνεται η δυνατότητα κατανόησης των τρόπων με τους οποίους η Μοριακή Γαστρονομία ενδέχεται να συνεισφέρει στη διατροφή των ατόμων με αδυναμία κατάποσης.

3.1.1 Επισκόπηση και αρχές Μοριακής Γαστρονομίας

Η Μοριακή Γαστρονομία αποτελεί έναν σχετικά νέο επιστημονικό κλάδο, ο οποίος ξεπερνά τα όρια των κλασικών μαγειρικών τεχνών. Η Μοριακή Γαστρονομία είναι η επιστημονική δραστηριότητα που αφορά την ενδεδειγμένη μελέτη των μηχανισμών των φαινομένων που παράγονται κατά την προετοιμασία και κατανάλωση των πιάτων. Η εφαρμογή της Μοριακής Γαστρονομίας για την προετοιμασία του πιάτου χαρακτηρίζεται ως «Μοριακή κουζίνα» ή «επιστημονική μαγειρική» (Carrozzino & Formisano, 2015). Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται οι κυριότερες τεχνικές και εφαρμογές της Μοριακής Γαστρονομίας.

Πίνακας 3 Περίληψη τεχνικών και εφαρμογών της Μοριακής Γαστρονομίας

Τεχνική	Περιγραφή	Κύρια Χρησιμοποιούμενα Πρόσθετα	Παραδείγματα Εφαρμογών
Σφαιροποίηση	Δημιουργία ζελατινώδων σφαιρών με υγρά κέντρα	Αλγινικό νάτριο	Χαβιάρι φρούτων, μαργαριτάρια ελαιολάδου

Πηκτωματοποίηση	Μετατροπή υγρών σε ζελέ	Άγαρ-άγαρ, Ζελατίνη	Ζελατινοποιημένα ζυμαρικά, στρώματα επιδορπίων
Γαλακτωματοποίηση	Ανάμιξη δύο μη αναμίξιμων υγρών	Λεκιθίνη	Αφροί, αέρια, γαλακτωματοποιημένες σάλτσες
Μαγείρεμα Sous-Vide	Μαγείρεμα τροφίμων σε σφραγισμένες σακούλες σε χαμηλή θερμοκρασία	Δεν απαιτεί πρόσθετα (βασίζεται στην τεχνική)	Τρυφερά κρέατα, εμποτισμένα λαχανικά
Ενθυλάκωση	Εγκλεισμός συστατικών σε προστατευτικό περίβλημα	Αλγινικό νάτριο	Κάψουλες γεύσης, ελεγχόμενη απελευθέρωση γεύσεων

3.1.2 Εφαρμογές στον χώρο της μαγειρικής τέχνης

Έχουν ήδη καταγραφεί ποικίλες εφαρμογές της μοριακής γαστρονομίας στον ευρύτερο γαστρονομικό τομέα. Κάποια χαρακτηριστικά παραδείγματα των πιο γνωστών τεχνικών της μοριακής γαστρονομίας είναι:

Σφαιροποίηση

Μία από τις πιο γνωστές τεχνικές στη μοριακή γαστρονομία είναι η σφαιροποίηση. Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει τη δημιουργία σφαιρών με υγρό εσωτερικό, που μιμείται την εμφάνιση και την υφή του χαβιαριού. Για την επίτευξη αυτού του αποτελέσματος χρησιμοποιούνται συνήθως αλγινικό νάτριο και χλωριούχο ασβέστιο. Για παράδειγμα, ο Ferran Adrià, ένας πρωτοπόρος σεφ στη μοριακή γαστρονομία, χρησιμοποίησε τη σφαιροποίηση για να δημιουργήσει σφαίρες γεμάτες υγρό που σκάνε στο στόμα, προσφέροντας μια έντονη γευστική εμπειρία (Εικόνα 3.1). (Caporaso et al., 2015)



Εικόνα 3.1 Βρώσιμες «πέρλες» παρασκευασμένες από χυμό αχλαδιού

Ζελατινοποίηση

Η ζελατινοποίηση είναι μια άλλη βασική τεχνική όπου τα υγρά μετατρέπονται σε πηκτώματα (τζελ) χρησιμοποιώντας πηκτικούς παράγοντες, όπως άγαρ-άγαρ και ζελατίνη (Εικόνα 3.2). Αυτή η μέθοδος επιτρέπει στους σεφ να δημιουργήσουν μια ποικιλία υφών, από σταθερά έως απαλά τζελ. Για παράδειγμα, η μεθυλοκυτταρίνη χρησιμοποιείται για να σχηματίσει μια επίστρωση γέλης στο παγωτό, μια τεχνική που αντιστρέφει την τυπική διαδικασία σχηματισμού γέλης στερεοποιώντας όταν θερμαίνεται αντί να ψύχεται. Αυτή η καινοτόμος προσέγγιση ενισχύει τόσο την οπτική έλξη όσο και την αισθητηριακή εμπειρία του πιάτου. (Gomes et al., 2020)



Εικόνα 3.2 Γλυκό έδεσμα κρέμας παρασκευασμένο με ζελατίνη

Γαλακτωματοποίηση

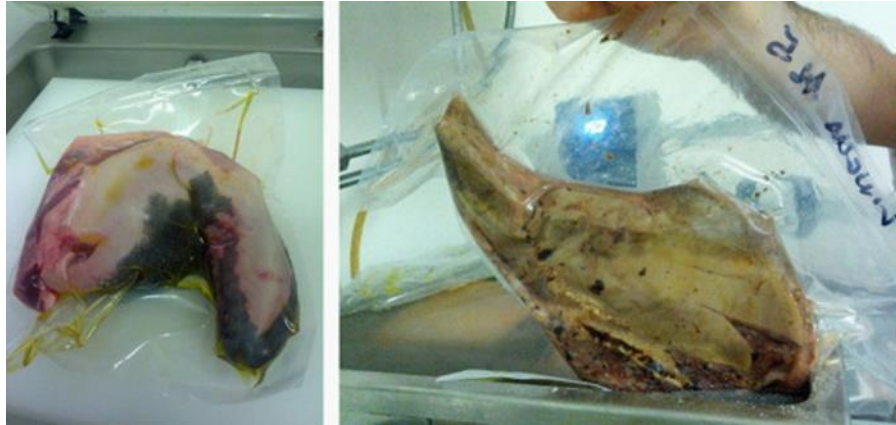
Η γαλακτωματοποίηση περιλαμβάνει την ανάμειξη δύο μη αναμίξιμων υγρών, όπως έλαιο και νερό, για να δημιουργηθεί ένα σταθερό γαλάκτωμα. Αυτή η τεχνική είναι απαραίτητη για τη δημιουργία αφρού και αερίων, που προσθέτουν μοναδική υφή και γεύση στα πιάτα. Ο Heston Blumenthal, ένας διάσημος σεφ μοριακής γαστρονομίας, είναι γνωστός για τη χρήση της γαλακτωματοποίησης για τη δημιουργία καινοτόμων πιάτων, όπως μπέικον και παγωτό αυγών (Εικόνα 3.3), όπου απροσδόκητοι γευστικοί συνδυασμοί εκπλήσσουν και ευχαριστούν τους δοκιμαστές. (Gomes et al., 2020)



Εικόνα 3.3 Μπέικον και παγωτό αυγών τύπου «σκραμπλ»

Μαγειρική Sous-Vide

Το Sous-vide, μια τεχνική που περιλαμβάνει το μαγείρεμα φαγητού σε σακούλες με κενό αέρος σε ακριβείς, χαμηλές θερμοκρασίες, αποτελεί βασικό στοιχείο της μοριακής γαστρονομίας. Αυτή η μέθοδος εξασφαλίζει ομοιόμορφο μαγείρεμα και διατηρεί την υγρασία και τη γεύση του φαγητού. Μελέτες έχουν δείξει ότι το sous-vide μπορεί να ενισχύσει τόσο τις θρεπτικές όσο και τις αισθητηριακές ιδιότητες των τροφίμων. Για παράδειγμα, η παρασκευή sous-vide του "bollito misto non-bollito" βελτιώνει το παραδοσιακό ιταλικό πιάτο ενισχύοντας τη γεύση και την υφή του διατηρώντας παράλληλα τη θρεπτική του αξία (Εικόνα 3.4). (Caporaso et al., 2015)



Εικόνα 3.4 Κομμάτια κρέατος σε σφραγισμένες σακούλες υπό κενό έτοιμα για μαγείρεμα σε ελεγχόμενο λουτρό νερού.

Ενθυλάκωση

Η ενθυλάκωση (encapsulation), που χρησιμοποιείται συχνά για τη διατήρηση της γεύσης, περιλαμβάνει τον εγκλεισμό συστατικών εντός κελυφούς για την απελευθέρωση των γεύσεων σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα. Αυτή η τεχνική μπορεί να καλύψει τις δυσάρεστες γεύσεις και να παρατείνει τη διάρκεια ζωής των προϊόντων. Σε μια μελέτη για την ενθυλάκωση χρησιμοποιώντας αλγινικό νάτριο, οι επιστήμονες δημιούργησαν κάψουλες γεύσης που απελευθερώνουν το περιεχόμενό τους κατά το δάγκωμα, προσφέροντας μια ελεγχόμενη έκρηξη γεύσης. Αυτή η εφαρμογή προσφέρει σημαντικές δυνατότητες τόσο στον κλάδο της μαγειρικής όσο και στον κλάδο της επιστήμης τροφίμων (Εικόνα 3.5). (Gomes et al., 2020)



Εικόνα 3.5 Ένα από τα πιο κοινά ενθυλακωμένα προϊόντα διατροφής στους καταναλωτές είναι οι μαλακές κάψουλες ιχθυελαίων

Συνδυασμός τροφίμων και ενίσχυση γεύσης

Η μοριακή γαστρονομία διερευνά επίσης την επιστήμη του συνδυασμού τροφίμων (food pairing), όπου τα συστατικά συνδυάζονται με βάση τις μοριακές τους ενώσεις για να ενισχύσουν τη συνέργεια γεύσης. Αυτή η προσέγγιση οδήγησε στη δημιουργία νέων και αρμονικών συνδυασμών γεύσεων που συνήθως δεν θα λαμβάνονταν υπόψη. Για παράδειγμα, ο συνδυασμός σοκολάτας και μπλε τυριού, που μοιράζονται παρόμοιες γευστικές ενώσεις, οδηγεί σε μια μοναδική και εκπληκτικά συμβατή γευστική εμπειρία. (Caroraso et al., 2015)

Καινοτόμες παρουσιάσεις και αισθητηριακές εμπειρίες

Ο στόχος της μοριακής γαστρονομίας εκτείνεται πέρα από τη γεύση και περιλαμβάνει τη συνολική αισθητηριακή εμπειρία του φαγητού. Οι σεφ χρησιμοποιούν τεχνικές όπως το flash freezing με υγρό άζωτο για να δημιουργήσουν καινοτόμες παρουσιάσεις και υφές. Αυτή η μέθοδος μπορεί να παγώσει αμέσως τα υλικά, δημιουργώντας μια τραγανή υφή που έρχεται σε αντίθεση με πιο απαλά στοιχεία στο πιάτο. Η οπτική και αισθητηριακή επίδραση τέτοιων

τεχνικών συμβάλλει στη γευστική εμπειρία, καθιστώντας την αξέχαστη και ελκυστική. (Caroraso et al., 2015)

3.2 Μοριακή Γαστρονομία και Επιστήμη Τροφίμων

Εμβαθύνοντας στις επιπτώσεις και τις τάσεις που σχετίζονται με την ενσωμάτωση της μοριακής γαστρονομίας στην ευρύτερη κοινότητα της επιστήμης των τροφίμων, οι Caroraso (2021) και Kim (2021) παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τη μετασχηματιστική επιρροή των μοριακών τεχνικών στα «παραδοσιακά» παραδείγματα επιστήμης τροφίμων. Η εξερεύνηση ξεκινά με την εξέταση της συνολικής επίδρασης της μοριακής γαστρονομίας στην έρευνα τροφίμων, την καινοτομία (R&D) και τη συνολική εξέλιξη του κλάδου της επιστήμης των τροφίμων. (Caroraso N., 2021)

3.2.1 Αντίκτυπος και τάσεις

Ποικίλες τάσεις έχουν εμφανιστεί στην κοινότητα της επιστήμης των τροφίμων ως άμεσο αποτέλεσμα της ενσωμάτωσης της μοριακής γαστρονομίας σε βιομηχανικό, οικιακό περιβάλλον και στον χώρο της εστίασης. Από τις γνώσεις μοριακού επιπέδου σχετικά με τις αλληλεπιδράσεις των συστατικών έως τις ευρύτερες εκτιμήσεις του σχεδιασμού και της παρουσίασης των τροφίμων, η παρούσα ενότητα έχει ως στόχο να τονίσει τη δυναμική φύση της επίδρασης της μοριακής γαστρονομίας. Εφίσταται η προσοχή στο μεταβαλλόμενο τοπίο των ερευνητικών προτεραιοτήτων, των προτύπων χρηματοδότησης και των διεπιστημονικών συνεργασιών, όπως έχουν συζητήσει μελετητές, όπως οι Caroraso και Formisano (2016).

3.2.1.1 Στόχοι της Μοριακής Γαστρονομίας

Οι στόχοι του κλάδου αυτού διαφοροποιούνται ανάλογα με το δημογραφικό κοινό. Ειδικότερα, για τους επιστήμονες ο σκοπός είναι ο μαγειρικός διαφωτισμός, για τους σεφ είναι η μαγειρική έμπνευση ενώ για τους λάτρεις της κουζίνας (foodies) η γαστρονομική εκπαίδευση. Επιπλέον, μπορεί να θεωρηθεί ότι ο ύψιστος στόχος είναι η αυξημένη πολυπλοκότητα των γεύσεων να μπορέσει να προσδώσει μεγαλύτερο κορεσμό και ικανοποίηση από την παραδοσιακή μαγειρική.

3.2.2 Εξελίξεις και εφαρμογές

Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας επικεντρώνεται στις συνεχιζόμενες εξελίξεις και εφαρμογές των τεχνικών μοριακής γαστρονομίας στην κοινότητα της επιστήμης των τροφίμων. Αυτή η ενότητα επιδιώκει να προσδιορίσει τις εξελίξεις αιχμής που διαμορφώνουν το μέλλον της μοριακής γαστρονομίας, με ιδιαίτερη έμφαση στη συνάφειά τους με την επιστήμη των τροφίμων.

Οι Burke et al. (2021) συμβάλλουν στην κατανόηση των τελευταίων εξελίξεων στη μοριακή γαστρονομία, παρέχοντας μια ολοκληρωμένη εξερεύνηση νέων μεθοδολογιών, τεχνολογιών και πειραματικών προσεγγίσεων. Δημιουργώντας μια εγκυκλοπαίδεια της Μοριακής Γαστρονομίας, ακολουθείται η σύγχρονη επιθυμία της διασύνδεσης της μαγειρικής τέχνης, της επιστημονικής μεθοδολογίας και της μεταλαμπάδευσης των νέων γνώσεων μέσω παιδαγωγικής μεθόδου.

Όπως διερευνήθηκε από τους Precup et al. (2021) και Gomes et al. (2020), η ανασκόπηση περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών στον τομέα της επιστήμης των τροφίμων, από τις καινοτόμες γαστρονομικές δημιουργίες έως τις εξελίξεις στην επεξεργασία τροφίμων και τη χρήση παραπροϊόντων. Ακόμα και οι μικρότερες ποσότητες χυμών φρούτων ή ζωμών, που θα παρέμεναν ανεπαρκείς για τις παραδοσιακές συνταγές, με την ανάμιξη με άγαρ-άγαρ μετατρέπονται σε εναλλακτικά «σπαγγέτι», αφρούς και βρώσιμες μεμβράνες που προσθέτουν υφή και οπτικό ενδιαφέρον στα πιάτα. Με τη χρήση πηκτίνης, φυσικός πηκτωματοποιητής από φρούτα όπως τα μήλα, είναι πιθανή η παρασκευή τζελ και πάστες φρούτων που μπορούν να χρησιμεύσουν ως γέμιση για αρτοσκευάσματα ή ως αυτόνομα επιδόρπια, προσφέροντας μια πιο υγιεινή εναλλακτική στα παραδοσιακά γλυκά με υψηλή περιεκτικότητα σε ζάχαρη. (Burke et al., 2021)

3.3 Ηθικές και πολιτιστικές προοπτικές

3.3.1 Πολιτιστικές προσαρμογές Μοριακής Γαστρονομίας

Οι ηθικές και πολιτισμικές διαστάσεις της μοριακής γαστρονομίας διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο στην παγκόσμια εφαρμογή της. Οι Božić and Đurović (2019) και Alpaslan et al. (2020) παρέχουν πολύτιμες γνώσεις σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο οι τεχνικές μοριακής γαστρονομίας προσαρμόζονται και ενσωματώνονται σε διαφορετικά πολιτιστικά πλαίσια παγκοσμίως. Η

εξερεύνηση της μοριακής γαστρονομίας από τους Βοζιό και Θυρονιό ως νέα τάση στην επιχείρηση εστιατορίων προσφέρει μια κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι σεφ ενσωματώνουν καινοτόμες τεχνικές λαμβάνοντας υπόψη τις πολιτιστικές προτιμήσεις. Επιπλέον, η έρευνα των Alraslan et al. σχετικά με τον αντίκτυπο της μοριακής γαστρονομίας στα αιγυπτιακά εστιατόρια ρίχνει φως στην πολιτισμική προσαρμοστικότητα αυτών των τεχνικών σε συγκεκριμένα τοπικά πλαίσια.

Επιπλέον, οι Elsayed et al. (2022) συμβάλλουν στη συζήτηση εξετάζοντας τη σχέση μεταξύ της μοριακής γαστρονομίας και του ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος στα αιγυπτιακά εστιατόρια. Η μελέτη τους δίνει έμφαση στην πολιτιστική προοπτική, υποδεικνύοντας ότι η υιοθέτηση τεχνικών μοριακής γαστρονομίας δεν είναι μόνο μια γαστρονομική επιλογή αλλά και μια στρατηγική απόφαση που επηρεάζεται από πολιτιστικούς και ανταγωνιστικούς παράγοντες. Η κατανόηση αυτών των πολιτισμικών προσαρμογών είναι ζωτικής σημασίας όταν εξετάζεται η ενσωμάτωση τεχνικών μοριακής γαστρονομίας στην παραγωγή προϊόντων διατροφής για ασθενείς με δυσφαγία.

3.3.2 Δεοντολογικά ζητήματα στην παραγωγή τροφίμων

Οι ηθικοί προβληματισμοί στην παραγωγή τροφίμων, ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιούνται τεχνικές μοριακής γαστρονομίας, είναι θεμελιώδεις για τη διασφάλιση υπεύθυνων γαστρονομικών πρακτικών. Οι Precup et al. (2021) και Shemet et al. (2021) εμβαθύνουν στις ηθικές συνέπειες της αλλαγής των παραδοσιακών μεθόδων παρασκευής τροφίμων. Η εξέταση των ηθικών προοπτικών για τη μοριακή γαστρονομία από τους Precup et al. στο πλαίσιο της μόδας των τροφίμων συμβάλλει στην κατανόηση των ευρύτερων συνεπειών πέρα από τις πολιτισμικές προσαρμογές.

Η εξερεύνηση των φυσικοχημικών πτυχών της μοριακής γαστρονομίας από τους Shemet et al. ρίχνει φως στις ηθικές διαστάσεις που σχετίζονται με τις επιλογές συστατικών και τη χειραγώγηση. Καθώς η πτυχιακή διερευνά την παραγωγή τροφής για ασθενείς με δυσφαγία, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι ηθικές πτυχές, όπως η προμήθεια συστατικών, οι πρακτικές δίκαιου εμπορίου και η περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Με την ενσωμάτωση γνώσεων από αυτές τις μελέτες, η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας παρέχει μια ολοκληρωμένη κατανόηση των ηθικών

θεωρήσεων που θα πρέπει να καθοδηγούν την ενσωμάτωση της μοριακής γαστρονομίας στη διατροφή της δυσφαγίας.

3.4 Προκλήσεις στην τροποποίηση υφής

Η τροποποίηση της υφής, ένα κεντρικό συστατικό της διαχείρισης της δυσφαγίας μέσω διατροφικών παρεμβάσεων, παρουσιάζει περίπλοκες προκλήσεις στην προσπάθεια επίτευξης ισορροπίας μεταξύ ασφάλειας και γευστικότητας. Το έργο των Xu et al. (2023) υπογραμμίζει τις τεχνικές πολυπλοκότητες που εμπλέκονται στην τροποποίηση της υφής, ειδικά κατά την εξερεύνηση των ρεολογικών, της γέλης και των δομικών ιδιοτήτων των τροποποιημένων τροφίμων. Η έρευνά τους σε εκχυλίσματα πρωτεΐνης μπιζελιού που επηρεάζονται από υπερήχους και NaCl ρίχνει φως στις λεπτομερείς εκτιμήσεις που απαιτούνται για την επίτευξη βέλτιστων τροποποιήσεων υφής.

Η μελέτη των Chao et al. (2022) της ομοαξονικής τρισδιάστατης εκτύπωσης σουρίμι κοτόπουλου ενσωματωμένου με απομόνωση πρωτεΐνης αλευρου σκουληκιού εισάγει μια καινοτόμο προοπτική. Αυτή η τεχνική όχι μόνο αντιμετωπίζει τις προκλήσεις της τροποποίησης της υφής, αλλά τονίζει επίσης τη δυνατότητα για νέες μεθόδους για τη δημιουργία τροφών κατάλληλων για διατροφές δυσφαγίας. Οι προκλήσεις εκτείνονται πέρα από το εργαστήριο, με τους Aoyagi et al. (2020) και Frajkoná et al. (2020) δίνοντας έμφαση στο εξελισσόμενο τοπίο των ανησυχιών που σχετίζονται με τη δυσφαγία, ειδικά στο πλαίσιο των αναδυόμενων προκλήσεων για την υγεία, όπως η πανδημία COVID-19.

Επιπλέον, η ανασκόπηση των Smith et al. (2022) σχετικά με τον αντίκτυπο του σχεδιασμού των τροφίμων σε άτομα με αναπηρίες στην κατάποση εφιστά την προσοχή στις αισθητηριακές διαστάσεις της τροποποίησης της υφής. Η διερεύνηση του Stading (2021) της ρεολογίας του βλωμού σε τρόφιμα τροποποιημένα με υφή υπογραμμίζει τη σημασία της κατανόησης των φυσικών ιδιοτήτων των τροποποιημένων τροφίμων για επιτυχή εφαρμογή στη διατροφή της δυσφαγίας.

Συνοπτικά, οι προκλήσεις στην τροποποίηση της υφής για τη διατροφή της δυσφαγίας είναι πολύπλευρες, περιλαμβάνοντας τεχνικές περιπλοκές, καινοτόμες προσεγγίσεις και μια λεπτή κατανόηση των αισθητηριακών και φυσικών πτυχών των τροποποιημένων τροφίμων. Μια ολοκληρωμένη διερεύνηση αυτών των προκλήσεων είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη αποτελεσματικών και εύγευστων τροφίμων τροποποιημένων στην υφή που καλύπτουν τις διαφορετικές ανάγκες των ατόμων με δυσφαγία.

3.5 Τρέχουσες προσεγγίσεις στην δυσφαγική διατροφή

3.5.1 Ιξώδη υγρά και τροποποιημένα στην υφή τρόφιμα

Για την αντιμετώπιση της διατροφής ατόμων με δυσφαγία, οι συμβατικές προσεγγίσεις περιλαμβάνουν κυρίως τη χρήση παχύρρευστων υγρών και τροφών με τροποποιημένη υφή. Οι Hadde και Chen (2020) παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την επικρατούσα πρακτική των παχύρρευστων υγρών για την τροποποίηση της συνεκτικότητάς τους, επιτρέποντας ασφαλέστερη κατάποση για άτομα με δυσφαγία. Οι Raheem et al. (2021) συνεισφέρουν σε αυτή τη συζήτηση αναθερώνοντας το ολοκληρωμένο τοπίο της τροφής με τροποποιημένη υφή για δυσφαγικούς ασθενείς. Αυτές οι προσεγγίσεις στοχεύουν να ενισχύσουν την ασφάλεια της από του στόματος πρόσληψης προσαρμόζοντας την υφή και τη συνεκτικότητα τόσο των υγρών όσο και των στερεών τροφών, ευθυγραμμίζοντας με τις συστάσεις που περιγράφονται στο πλαίσιο Διεθνούς Πρωτοβουλίας Προτυποποίησης Διατροφής Δυσφαγίας (IDDSI) από τους Cichero et al. (2016).

Παρά την ευρεία χρήση τους, τα παχύρρευστα υγρά και τα τρόφιμα με τροποποιημένη υφή εμπεριέχουν προκλήσεις. Η βιβλιογραφία αποκαλύπτει πιθανά μειονεκτήματα, όπως περιορισμένη γευστικότητα, αλλοιωμένο διατροφικό περιεχόμενο και δυσκολίες στην επίτευξη συνεκτικότητας μεταξύ διαφορετικών τροφίμων. Οι περιορισμοί αυτών των συμβατικών μεθόδων υπογραμμίζουν την ανάγκη για καινοτομία στη διατροφή με δυσφαγία για την αντιμετώπιση των ποικίλων ανησυχιών που εγείρονται από άτομα με δυσκολίες στην κατάποση.

3.5.2 Υπάρχοντες περιορισμοί και ανησυχίες

Οι τρέχουσες προσεγγίσεις στη διατροφή της δυσφαγίας, αν και έχουν υιοθετηθεί ευρέως, συνοδεύονται από εγγενείς περιορισμούς και ανησυχίες. Οι Buckley et al. (2011) διερευνούν τις

προκλήσεις που σχετίζονται με την αξιοποίηση λειτουργικών στρατηγικών τροφίμων για τη διατροφή των αστροναυτών, ρίχνοντας φως στις δυσκολίες στην επίτευξη τόσο της διατροφικής επάρκειας όσο και της αισθητηριακής ικανοποίησης σε τροποποιημένες δίαιτες. Οι Smith et al. (2022) εμβαθύνουν στον αντίκτυπο του σχεδιασμού των τροφίμων σε άτομα με αναπηρίες στην κατάποση, τονίζοντας τη σημασία της εξέτασης των αισθητηριακών πτυχών των τροποποιημένων τροφίμων.

Μια σημαντική ανησυχία είναι ο πιθανός συμβιβασμός της θρεπτικής αξίας σε δίαιτες με τροποποιημένη υφή. Το έργο των Xu et al. (2023) και Chao et al. (2022) υπογραμμίζει την περίπλοκη ισορροπία που απαιτείται για την τροποποίηση της υφής διατηρώντας παράλληλα τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά. Η μελέτη των Smith et al. (2022) τονίζει περαιτέρω ότι η επίτευξη ισορροπίας μεταξύ ασφάλειας και αισθητηριακής ικανοποίησης παραμένει μια επίμονη πρόκληση στη διατροφή ατόμων με δυσφαγία.

Επιπλέον, οι περιορισμοί των υφιστάμενων προσεγγίσεων επεκτείνονται στη συμμόρφωση των ασθενών και στη συνολική ποιότητα ζωής. Η μελέτη των Baijens et al. (2016) συζητά τη στοματοφαρυγγική δυσφαγία ως γηριατρικό σύνδρομο, δίνοντας έμφαση στον ευρύτερο αντίκτυπο στην ευημερία των προσβεβλημένων ατόμων. Οι Mizuno et al. (2021) διερευνούν τη διατροφή αποκατάστασης για άτομα με δυσφαγία, αναγνωρίζοντας τη σημασία της εξέτασης παραγόντων ποιότητας ζωής πέρα από την απλή διατροφική πρόσληψη.

Υπό το πρίσμα αυτών των περιορισμών και των ανησυχιών, προκύπτει μια κρίσιμη ανάγκη να διερευνηθούν καινοτόμες προσεγγίσεις στη διατροφή της δυσφαγίας. Η ενσωμάτωση των τεχνικών μοριακής γαστρονομίας αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη οδό για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων ενισχύοντας πιθανώς τη θρεπτική αξία, τη γευστικότητα και τη συνολική ικανοποίηση των ασθενών. Καθώς η βιβλιογραφία υπογραμμίζει τις ελλείψεις των τρεχουσών πρακτικών, υπογραμμίζει τη σημασία της αναζήτησης νέων λύσεων για την αριστοποίηση της διατροφής ατόμων με δυσφαγία για βελτιωμένα αποτελέσματα των ασθενών.

Κεφάλαιο 4. Μοριακές τεχνικές στην παραγωγή τροφίμων για δυσφαγία

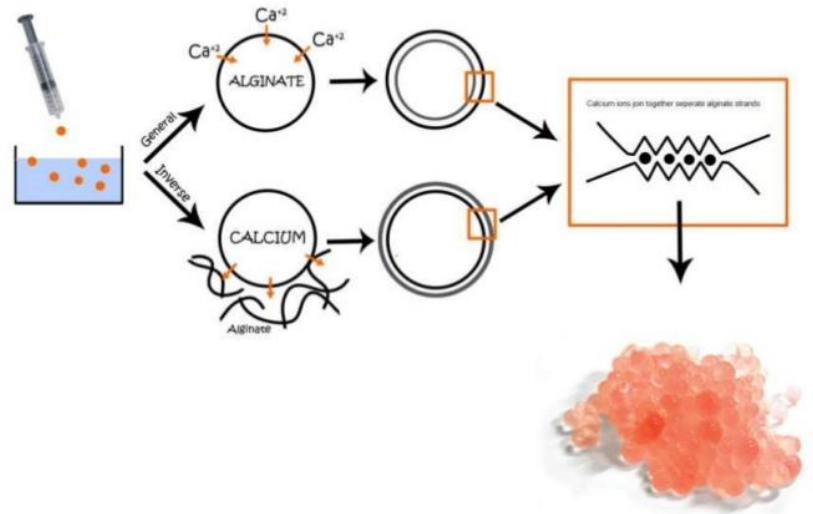
4.1 Επισκόπηση Μοριακών Τεχνικών

Στην αναζήτηση καινοτόμων λύσεων για την εξατομικευμένη διατροφή της δυσφαγίας, οι μοριακές τεχνικές αναδεικνύονται ως μια σημαντική λύση για την παρασκευή τροφίμων βελτιωμένης υφής έναντι της απλής πολτοποίησης. Αυτές οι τεχνικές, που έχουν τις ρίζες τους στις αρχές της μοριακής γαστρονομίας, εισάγουν μια νέα διάσταση στην παραγωγή τροφών προσαρμοσμένων σε άτομα με δυσκολίες στην κατάποση, με καλύτερη γεύση και μηχανικές ιδιότητες. (Burke et al., 2021)

4.1.1 Αντίστροφη σφαιροποίηση

Η αντίστροφη σφαιροποίηση αποτελεί μία σημαντική μοριακή τεχνική στην παραγωγή διατροφικών προϊόντων που αντιμετωπίζουν τη δυσφαγία. Ο D'angelo και οι συνεργάτες του (2016) εμβαθύνουν στην εφαρμογή της αντίστροφης σφαιροποίησης στην παρασκευή τροφίμων με στοιβάδες. Η συγκεκριμένη τεχνική περιλαμβάνει τη δημιουργία ζελατινωδών σφαιρών με ενσωματωμένα θρεπτικά συστατικά και κατάλληλες γεύσεις και υφές (Εικόνα 4.1). Η ικανότητα ελέγχου του πάχους της εξωτερικής στοιβάδας διατηρώντας παράλληλα ένα υγρό εσωτερικό επιτρέπει ποικίλες εφαρμογές, καθιστώντας το μια δυναμικά πολύτιμη μέθοδο για την παρασκευή τροποποιημένων τροφίμων που καλύπτουν τις ειδικές ανάγκες των ασθενών με δυσφαγία. (Zheng et al., 2023)

Spherification / Reverse



Εικόνα 4.1 Διάγραμμα σφαιροποίησης/ αντίστροφης σφαιροποίησης

Η αντίστροφη σφαιροποίηση είναι η διαδικασία ενθυλάκωσης ενός αρωματισμένου υγρού σε βρώσιμες σφαίρες αλγινικού ασβεστίου. Χαρακτηριστικά παραδείγματα διευρυμένης χρήσης είναι η ενθυλάκωση αλκοολούχων υγρών, προϊόντων πλούσιων σε ασβέστιο (γαλακτοκομικά) ή χυμών (Εικόνα 4.2). Σε περιβάλλον εστίασης αλλά και σε οικιακές κουζίνες που εμφανίζεται ενδιαφέρον για την μέθοδο αυτή για παράδειγμα, συχνά αξιοποιείται το γιαούρτι ως πρώτη ύλη, καθώς με το υψηλό του περιεχόμενο ασβέστιο είναι ένα ιδανικό υγρό για αντίστροφη σφαιροποίηση. Επιπλέον, σε χώρους νυχτερινής διασκέδασης με εξειδικευμένο προσωπικό (mixologists), με τα αλγινικά άλατα δημιουργούνται εύγευστα και εντυπωσιακά σε εμφάνιση σφαιρίδια κοκτέιλ. (Central European Management Journal, 2023)



Εικόνα 4.2 Κάψουλα κοκτέιλ «μοχίτο» παρασκευασμένη με την μέθοδο της αντίστροφης σφαιροποίησης

4.1.2 Ζελατινοποίηση

Η ζελατινοποίηση, μια άλλη βασική μοριακή τεχνική, έχει τη δυνατότητα να μεταμορφώσει την υφή και τη γευστικότητα των τροποποιημένων τροφίμων. Οι Gomes et al. (2021) αναλύουν διεξοδικά τα πιο δημοφιλή πηκτικά της σειράς E400-490, δηλαδή τα αλγινικά, το άγαρ-άγαρ, τις μεθυλοκυτταρίνες και την πηκτίνη. Στον Πίνακα 4, παρατίθενται οι ιδιότητες και οι χρήσεις των πρόσθετων αυτών. Παρ'όλο που εξάγονται από φυσικές πηγές, όπως φύκη και φυτικούς ιστούς, με ευρεία χρήση στη βιομηχανία τροφίμων στην παραγωγή παγωτών, γιαουρτιών και σαλτσών, παράλληλα μελετάται και η ασφαλής χρήση τους για την παρασκευή τροφίμων τροποποιημένης υφής, καθώς και η ευχάριστη στοματική αίσθηση και σταθερότητα που μπορούν να αξιοποιηθούν σε εξειδικευμένες διατροφές, όπως αυτή της δυσφαγίας. (Zheng et al., 2023)

4.1.2.1 Αλγινικά άλατα

Τα αλγινικά άλατα είναι ένας τύπος υδατοδιαλυτού πολυσακχαρίτη που χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία τροφίμων ως πυκνωτικός, σταθεροποιητικός και πηκτικός παράγοντας. Τα συγκεκριμένα πρόσθετα προέρχονται από καφέ φύκη, καθιστώντας τα μια φυσική και βιώσιμη επιλογή για την επεξεργασία τροφίμων. Τα αλγινικά άλατα είναι κατάλληλα για χρήση σε προϊόντα όπως ζελέ, πουτίγκες και γέμιση κέικ, λόγω της ικανότητάς τους να σχηματίζουν σταθερά πηκτώματα παρουσία ιόντων ασβεστίου. Επιπλέον, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να τροποποιήσουν την υφή και την αίσθηση του στόματος των τροφίμων χωρίς να επηρεάζουν τη γεύση ή το θρεπτικό τους περιεχόμενο, καθιστώντας τα ένα ευέλικτο και ιδιαίτερα περιζήτητο συστατικό στη σύγχρονη παραγωγή τροφίμων. (Campo et al., 2009)

4.1.2.2 Άγαρ-άγαρ

Το άγαρ-άγαρ είναι ένας φυσικός πολυσακχαρίτης που προέρχεται από κόκκινα φύκη και χρησιμοποιείται συνήθως ως πυκνωτικός και πηκτικός παράγοντας στην επεξεργασία τροφίμων. Σε αντίθεση με άλλα πηκτικά, το άγαρ-άγαρ είναι φιλικό για χορτοφάγους και κατάλληλο για χρήση τόσο σε γλυκά όσο και σε αλμυρά πιάτα. Οι μοναδικές ιδιότητές του το καθιστούν επίσης ιδιαίτερα κατάλληλο για εφαρμογές Μοριακής Γαστρονομίας, όπως η δημιουργία σφαιρών που ομοιάζουν με χαβιάρι ή νουντλς που ομοιάζουν με σπαγγέτι. Ωστόσο, υπήρξαν ανησυχίες σχετικά με την πιθανή παρουσία τοξικών μετάλλων στο άγαρ-άγαρ, που οδήγησε σε πρόσφατες αναθεωρήσεις στα καθορισμένα μέγιστα όρια για αυτές τις ουσίες. Παρά το γεγονός αυτό, το άγαρ-άγαρ παραμένει ένα δημοφιλές και ευέλικτο συστατικό στη σύγχρονη παραγωγή τροφίμων, βραβευμένο για την ικανότητά του να ενισχύει την υφή, τη σταθερότητα και την οπτική έλξη μιας ευρείας γκάμας προϊόντων. (Campo et al., 2009)

4.1.2.3 Μεθυλοκυτταρίνες

Η μεθυλοκυτταρίνη είναι ένα συνθετικό παράγωγο της κυτταρίνης, που χρησιμοποιείται συνήθως ως πυκνωτικό, γαλακτωματοποιητής και πηκτικό στην επεξεργασία τροφίμων. Παράγεται με επεξεργασία κυτταρίνης με αλκαλικό διάλυμα παρουσία μεθυλοχλωριδίου, με αποτέλεσμα την αντικατάσταση των υπολειμμάτων υδροξυλίου με μεθοξυ ομάδες. Ο βαθμός υποκατάστασης (DS) της μεθυλοκυτταρίνης καθορίζει τις ιδιότητές της, οι οποίες κυμαίνονται από τη δράση ως πυκνωτικό και γαλακτωματοποιητή έως το σχηματισμό γέλης όταν θερμαίνεται,

καθιστώντας την ιδιαίτερα κατάλληλη για την παραγωγή βρώσιμων μεμβρανών και πιάτων μοριακής γαστρονομίας. Ενώ υπήρξαν ανησυχίες σχετικά με την τοξικότητα παραγώγων κυτταρίνης όπως η μεθυλοκυτταρίνη, μελέτες δεν έχουν δείξει οξεία τοξικότητα σε μικρές ποσότητες. Ως εκ τούτου, παραμένει ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο και ευέλικτο συστατικό στη σύγχρονη παραγωγή τροφίμων, βραβευμένο για την ικανότητά του να τροποποιεί την υφή και τη σταθερότητα των τροφίμων χωρίς να επηρεάζει το θρεπτικό τους περιεχόμενο. (Campo et al., 2009)

4.1.2.4 Πηκτίνη

Η πηκτίνη είναι ένας υδατοδιαλυτός ετεροπολυσακχαρίτης που βρίσκεται συνήθως στα κυτταρικά τοιχώματα των φυτών. Χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία τροφίμων ως πυκνωτικό, πηκτικό και σταθεροποιητής λόγω της ικανότητάς του να σχηματίζει γέλη παρουσία ζάχαρης και οξέος. Η πηκτίνη χρησιμοποιείται συνήθως για την παραγωγή μαρμελάδων, ζελέ και άλλων κονσερβών φρούτων, καθώς και σε γαλακτοκομικά προϊόντα και αρτοσκευάσματα. Ο βαθμός εστεροποίησης (DE) της πηκτίνης καθορίζει τις ιδιότητές της, με χαμηλή περιεκτικότητα σε DE πηκτίνη να χρησιμοποιείται για προϊόντα που απαιτούν μαλακή, επαλειφόμενη σύσταση, ενώ η υψηλή σε περιεκτικότητα πηκτίνη χρησιμοποιείται για προϊόντα που απαιτούν πιο σφιχτή υφή που ομοιάζει με τζελ. Η πηκτίνη μπορεί επίσης να τροποποιηθεί με χρήση ενζύμων ή χημικών μέσων για να παράγει μια ποικιλία λειτουργικών ιδιοτήτων, όπως αυξημένη διαλυτότητα ή αυξημένη αντίσταση στη θερμότητα και την οξύτητα. Ως φυσικό και ευέλικτο συστατικό, η πηκτίνη εκτιμάται ιδιαίτερα από τη βιομηχανία τροφίμων για την ικανότητά της να βελτιώνει τόσο την υφή όσο και το θρεπτικό περιεχόμενο των τροφίμων. (Campo et al., 2009)

Πίνακας 4 Ιδιότητες και χρήσεις προσθέτων της κατηγορίας E400-490

Πρόσθετο	Χημικές Ιδιότητες	Συνήθεις Χρήσεις	Οφέλη για την Υγεία	Παραδείγματα
Αλγινικό νάτριο	Δημιουργεί ζελέ παρουσία ιόντων ασβεστίου	Σφαιροποίηση, πάχυνση	Βελτιώνει την υφή, εγκλείει γεύσεις	Χαβιάρι φρούτων, χαβιάρι

				αλκοολούχων ποτών
Άγαρ-άγαρ	Ζελατινοποίηση, ανθεκτικό στη θερμότητα	Ζελατινοποίηση, πάχυνση	Χορτοφαγική εναλλακτική στη ζελατίνη	Χορτοφαγικό ζελέ, ζυμαρικά από άγαρ
Μεθυλοκυτταρίνη	Θερμοαναστρέψιμη ζελατινοποίηση	Αφροποίηση, σταθεροποίηση, επικάλυψη	Βελτιώνει την υφή, δημιουργεί θερμά ζελέ	Θερμή ζελατινώδης επικάλυψη για παγωτό
Πηκτίνη	Ζελατινοποίηση, πάχυνση	Ζελέ με χαμηλή περιεκτικότητα σε ζάχαρη, σταθεροποίηση	Μειώνει την περιεκτικότητα σε ζάχαρη, υψηλή σε ίνες	Ζελέ φρούτων με χαμηλή ζάχαρη

4.1.3 Τριδιάστατη εκτύπωση

Η τομή της μοριακής γαστρονομίας και της τεχνολογικής καινοτομίας παρουσιάζεται στην εφαρμογή της τριδιάστατης εκτύπωσης στην παραγωγή τροφίμων. Επεκτείνοντας αυτή την έννοια στη διατροφή ατόμων με δυσφαγία, η μελέτη των Chao et al. (2022) εισάγει την έννοια της ομοαξονικής τριδιάστατης εκτύπωσης σουρίμι κοτόπουλου, που ενσωματώνει απομόνωση πρωτεΐνης αλευροσκουληκιού. Αυτή η καινοτόμος προσέγγιση όχι μόνο αντιμετωπίζει τις προκλήσεις της τροποποίησης της υφής, αλλά ανοίγει επίσης δρόμους για τη δημιουργία οπτικά ελκυστικών και θρεπτικών τροφίμων προσαρμοσμένων στις διατροφικές απαιτήσεις των ασθενών με δυσφαγία. (Chao et al., 2022)

4.1.3.1 Καινοτόμο προϊόν για ασθενείς με δυσφαγία

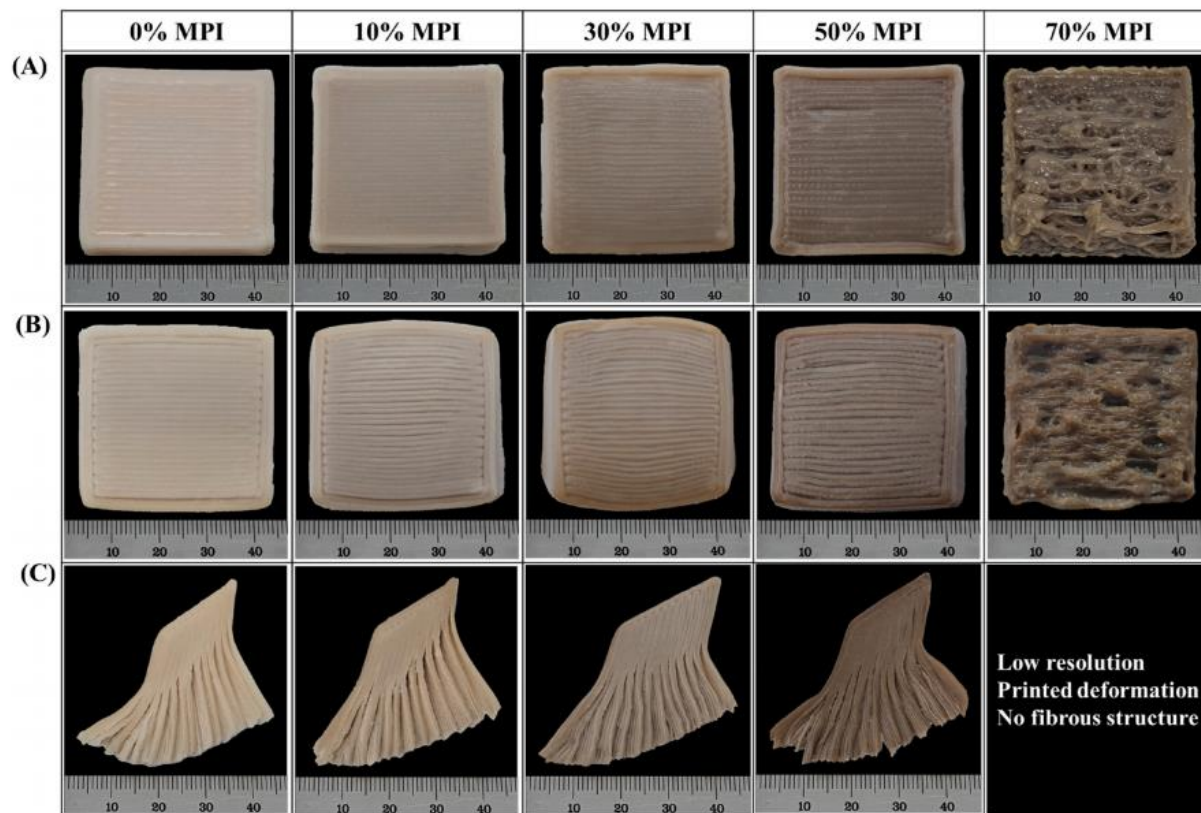
Τροποποιώντας την υφή του σουρίμι κοτόπουλου (πάστα ψίχας κοτόπουλου διαμορφωμένη σε σχήμα «μπαστουιού»), ενσωματώνοντας απομονωμένη πρωτεΐνη αλευροσκουληκιού και στη συνέχεια χρησιμοποιώντας ομοαξονική τριδιάστατη εκτύπωση, δημιουργήθηκε μια ινώδης δομή

ως τροφή για ηλικιωμένους, μια κρίσιμη ομάδα ατόμων με προβλήματα κατάποσης. Τα τρόφιμα τροποποιημένης υφής, τα οποία μαλακώνουν σε υφή και μειώνονται σε μέγεθος σωματιδίων με άλεση ή προσθήκη πηκτικών παραγόντων, συνήθως παρέχονται σε ηλικιωμένα άτομα. Αντί για μια διατροφή που περιλαμβάνει αποκλειστικά υγρά, η τροφή των ηλικιωμένων θα πρέπει να έχει τη μορφή κύριου πιάτου, το οποίο περιέχει πρωτεΐνες και θρεπτικά συστατικά σε υψηλές ποσότητες, ώστε να διασφαλιστεί η επαρκής πρόσληψη θερμίδων. Το οπτικά ελκυστικό φαγητό είναι επίσης απαραίτητο για την τόνωση της όρεξης και την αύξηση της πρόσληψης τροφής, αποφεύγοντας την σαρκοπενία. (Campo et al., 2009)

4.1.3.2 Μέθοδος παρασκευής ενισχυμένου τροφίμου

Για την παρασκευή του σουρίμι κοτόπουλου, ο άπαχος μυς του κοτόπουλου αλέστηκε και στη συνέχεια ομογενοποιήθηκε χρησιμοποιώντας παγωμένο DW σε αναλογία 1:3. Το ομογενές μίγμα φυγοκεντρήθηκε και στη συνέχεια ακολούθησε έκπλυση με διάλυμα NaCl 0,1%. Προστέθηκαν κρυσταλλοπροστατευτικά για να αποτραπεί η μετουσίωσή της πρωτεΐνης κατά την αποθήκευση σε κατάψυξη και η πάστα σουρίμι ωμού κοτόπουλου καταψύχθηκε μέχρι τη χρήση. Η επεξεργασμένη πάστα σουρίμι παρασκευάστηκε επίσης αναμειγνύοντας το σουρίμι με 1% NaCl, 5% PS και ρυθμίζοντας την περιεκτικότητα σε υγρασία με DW. (Chao et al., 2022)

Για να παρασκευαστεί το εκχύλισμα της πρωτεΐνης αλευροσκώληκα MPI (Mealworm Protein Isolate), η ξηρή σκόνη αλευροσκώληκα απολιπώθηκε με 99,9% αιθυλική αλκοόλη σε αναλογία 1:5 w/v, ακολουθούμενη από διασπορά σε διάλυμα NaOH 0,25 M σε αναλογία 1:15 w/v. Το μίγμα στη συνέχεια φυγοκεντρήθηκε, καφέ υπερκείμενο συλλέχθηκε και ρυθμίστηκε το pH στο 4,5 με 1 M HCl. Το λευκό ίζημα του MPI τοποθετήθηκε σε μια μεμβράνη κυτταρίνης (μέγεθος 14 K MWCO) και υποβλήθηκε σε διαπίδυση με DW για 24 ώρες, για να απομακρυνθούν τα ιόντα. Τέλος, φυγοκεντρήθηκε και ακολούθησε λυοφιλοποίηση. Η σκόνη MPI στη συνέχεια επαναδιαλυτοποιήθηκε σε DW και ο συμπυκνωμένος πολτός πρωτεΐνης ρυθμίστηκε σε pH 7,5 με 1 M NaOH. Λήφθηκε η γέλη MPI, η οποία σχημάτισε ένα σταθερό πλέγμα και στη συνέχεια αποθηκεύτηκε (Campo et al., 2009) (Εικόνα 4.3).



Εικόνα 4.3 Χαρακτηριστικά ομοαξονικής τριδιάστατης εκτύπωσης σουριμιού κοτόπουλου ενσωματωμένα με διαφορετικά περιεχόμενα γέλης MPI. (A), τυπωμένο ακατέργαστο σουρίμι. (B), τυπωμένο σουρίμι μετά την επεξεργασία. (C), ινώδης δομή μετά από μετα-επεξεργασία.

Το σουρίμι κοτόπουλου με πρόσθετη γέλη MPI χρησιμοποιήθηκε για τον σχηματισμό της ινώδους δομής του τροφίμου. Το πήκτωμα MPI επανυδατώθηκε σε DW, αναδεύτηκε και ο πολτός πρωτεΐνης ρυθμίστηκε σε pH 7,5 με NaOH 1 M. Το παρασκευασμένο πήκτωμα MPI προστέθηκε στο σουρίμι κοτόπουλου για να η τροποποιημένη υφή που θα χρησιμοποιηθεί για ομοαξονική τριδιάστατη εκτύπωση. Πρόσφατα, παρασκευάστηκαν πέντε διαφορετικά «μελάνια» σουριμι σύμφωνα με την ποσότητα MPI που χρησιμοποιήθηκε. Στη συνέχεια, χρησιμοποιήθηκε ομοαξονική τριδιάστατη εκτύπωση για τη δημιουργία σουριμι τροποποιημένης υφής. (Campo et al., 2009)

4.1.3.3 Προτάσεις βελτίωσης ενισχυμένου τροφίμου

Η χρήση του MPI σε ενισχυμένα τρόφιμα, όπως το σουρίμι που περιγράφηκε, θα μπορούσε να επιτρέψει την αύξηση της διατροφικής πρόσληψης πρωτεϊνών για τους ασθενείς.

Επιπροσθέτως, το ινώδες σχήμα του σουρίμι βελτιώνει την οπτική έλξη του φαγητού, το οποίο με τη σειρά του μπορεί να βοηθήσει στην τόνωση της όρεξης και στην αύξηση της πρόσληψης τροφής από τους πάσχοντες.

Από την άλλη πλευρά, η μελέτη δεν περιελάμβανε αισθητηριακή ανάλυση, η οποία είναι σημαντική για την αξιολόγηση της αποδοχής του προϊόντος από τους καταναλωτές. Και παρόλο που αυτή η μελέτη δείχνει ότι το σουρίμι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτική πηγή πρωτεϊνών για ηλικιωμένους, δεν εφησυχάζει τις ανησυχίες για την ασφάλεια της χρήσης απομονωμένης πρωτεΐνης αλευροσκουληκιού.

4.2 Μελέτες περιπτώσεων

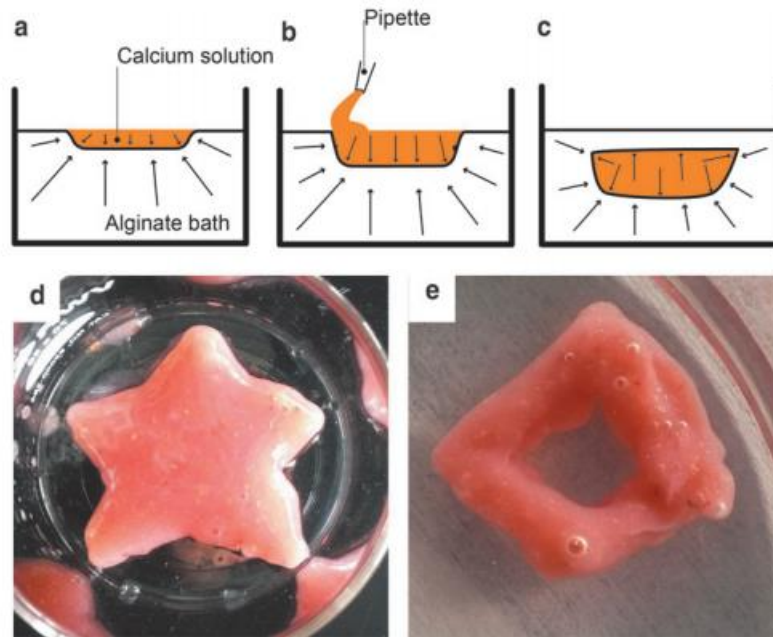
4.2.1 Ένταξη της Μοριακής Γαστρονομίας στη διατροφή δυσφαγίας

Τα άτομα που εμφανίζουν συμπτώματα δυσφαγίας παρουσιάζουν αυξημένο ρίσκο εμφάνισης άλλων προβλημάτων, όπως πνίξιμο με βλωμό, σύγχυση, άγχος και απώλεια όρεξης (Yi et al., 2019). Η διατροφή με τρόφιμα τροποποιημένων υφών παρέχει τη λύση, εξασφαλίζοντας την ασφαλή κατάποση, την επαρκή πρόσληψη θρεπτικών συστατικών και την εύκολη πέψη. Πολλές φορές όμως δεν καλύπτουν επαρκώς τα αισθητηριακά κριτήρια των ασθενών. Χαρακτηριστικές είναι οι δηλώσεις ηλικιωμένων ασθενών «Πάρτε αυτό το σκουπίδι από τον δίσκο μου!» και «Θα το διακινδυνέψω, δεν θέλω αυτό το φρικτό πράγμα...» (τείνοντας το χέρι του για να καταναλώσει μη ασφαλές στερεό τρόφιμο), παρέχοντας μια σαφή εικόνα γιατί το 39.7% των ερωτηθέντων απέρριψαν τις διατροφικές οδηγίες. (Smith et al., 2022)

4.2.2 Πολυεπίπεδη παρασκευή μέσω τριδιάστατης εκτύπωσης (3D printing)

Στον τομέα της μοριακής γαστρονομίας που εφαρμόζεται στη διατροφή ασθενών με δυσφαγία, ξεχωρίζουν οι καινοτομίες στην πολυεπίπεδη παρασκευή μέσω της αντίστροφης σφαιροποίησης και του 3d printing. Η χρήση της μοριακής γαστρονομίας από τον D'angelo και τους συνεργάτες του (2016) συναντά την τριδιάστατη εκτύπωση και υπογραμμίζει την περιπλοκότητα της πολυεπίπεδης παρασκευής (Εικόνα 4.4). Αυτή η τεχνική επιτρέπει τη δημιουργία οπτικά ελκυστικών και ποικίλων τροφών από άποψη υφής, ζωτικής σημασίας στοιχεία για τη βελτίωση της γευστικής εμπειρίας για άτομα με δυσφαγία. Χρησιμοποιώντας την αντίστροφη σφαιροποίηση, μπορούν να παρασκευαστούν προσεκτικά στρώματα διαφορετικών ιξώδων,

προσφέροντας μια νέα προσέγγιση στην τροποποίηση της υφής που υπερβαίνει τις παραδοσιακές μεθόδους. (Alpaslan et al., 2020)



Εικόνα 4.4 Σχηματική αναπαράσταση της διαδικασίας χειροκίνητης εκτύπωσης. (α) Ένα πρώτο στρώμα υλικού απλώνεται στην επιφάνεια του αλγινικού λουτρού, η ζελατινοποίηση εμφανίζεται σε τρεις πλευρές της γεωμετρίας. (β) Προστίθενται επιπλέον στρώματα και η γεωμετρία βυθίζεται στο λουτρό αλλά εξακολουθεί να επιπλέει στην επιφάνεια. (γ) Η γεωμετρία είναι πλήρως βυθισμένη σφραγισμένη και στην κορυφή χάρη στην αντίδραση που συμβαίνει γρήγορα. (δ) Γεωμετρία αστεριών, χυμός φράουλας. (ε) Διάτρητη τετράγωνη γεωμετρία με χυμό φράουλας.

Η συγκεκριμένη μέθοδος ανήκει στην Additive Manufacturing (AM), η οποία επιτρέπει την προσαρμογή σε διαφορετικά επίπεδα διατροφικής ενίσχυσης, υφής, γεωμετρίας διατηρώντας ταυτόχρονα υψηλή ποιότητα και φρεσκάδα. Τα βρώσιμα δημιουργήματα ακολουθούν μια τριδιάστατη γεωμετρία με ένα μονολιθικό υγρό εσωτερικό, εκμεταλλευόμενοι ότι τη στιγμή της επαφής με το υγρό βύθισης (bath) η ζελατινοποίηση σχηματίζεται αποκλειστικά στην εξωτερική περίμετρο του προϊόντος. (D' Angelo, 2016)

4.2.2.1 Μέθοδος παρασκευής

Στο πείραμα των D'angelo et al., μια προσαρμοσμένη ρύθμιση που βασίστηκε σε ένα τροποποιημένο Printrbot-30 χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή τριδιάστατων εδώδιμων σχημάτων. Αυτή η διαμόρφωση επέτρεψε την -ελεγχόμενη από υπολογιστή- κίνηση τριών αξόνων ενός ακροφυσίου εναπόθεσης και έλεγχε τον ρυθμό ροής του διαλύματος ασβεστίου σε ένα λουτρό κόμμι ξανθάνης, νερού και αλγινικού νατρίου.

Για να δημιουργηθούν τα συστατικά της 3D εκτύπωσης, απεσταγμένο νερό, αλγινικό νάτριο (CO_2Na) και χυμός πορτοκαλιού συνδυάστηκαν με γαλακτικό γλυκονικό ασβέστιο ($\text{Ca}(\text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_7)_2$) και κόμμα ξανθάνης. Για πλήρη ενυδάτωση, τα διαλύματα στη συνέχεια σφραγίστηκαν υπό κενό και ψύχθηκαν για όλη τη νύχτα. (D' Angelo, 2016)

Χρησιμοποιήθηκε μια απλή γεωμετρία για την αξιολόγηση της ακρίβειας εναπόθεσης του διαλύματος ασβεστίου στο αλγινικό λουτρό για δοκιμές 2D εκτύπωσης. Δοκιμάστηκαν διαφορετικοί ρυθμοί εξώθησης και ταχύτητες εργαλείου και κάθε συνδυασμός επαναλήφθηκε δύο φορές. Οι εικόνες των εκτυπώσεων ελήφθησαν με μικροσκόπιο USB και αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας το λογισμικό SPIP 6.4.1.

Για την εκτύπωση 3D, χρησιμοποιήθηκε μια διάταξη διπλής εξώθησης για την εναλλαγή στρωμάτων διαλύματος ασβεστίου και αλγινικού διαλύματος. Οι ρυθμοί ροής των διαλυμάτων ελέγχονταν ανεξάρτητα με αντλίες σύριγγας. Δημιουργήθηκε ένας προσαρμοσμένος κωδικός G για την εκτύπωση ενός κύβου $30 \times 30 \times 30$ mm με γραμμική πλήρωση, χρησιμοποιώντας συγκεκριμένες ρυθμίσεις πάχους στρώματος και ταχύτητας εργαλείου. Συνολικά, το πείραμα στόχευε να αξιολογήσουν την ακρίβεια εναπόθεσης και τη σκοπιμότητα της εκτύπωσης τριδιάστατων δομών.

Κατά τη εκτέλεση του πειράματος, παρατηρήθηκε ότι οι δομές δεν μπορούσαν να αποτελούνται από παραπάνω από τρεις συνεχείς στρώσεις υλικού, εξαιτίας των μεταφερόμενων δυνάμεων από το εξωθημένο ασβεστούχο υλικό που χώριζαν τα σφαιρίδια κατά τη διασπορά. Πιθανοί τρόποι αντιμετώπισης του φαινομένου είναι:

- A) εναπόθεση σταγόνων αντί σφαιριδίων
- B) χρήση άκρου ακροφυσίου μικρότερης διαμέτρου
- Γ) χρήση ομοαξονικού άκρου ακροφυσίου αντί απλού

4.3 Βρώσιμα ελαιοπήγματα

Οι εξελίξεις στα βρώσιμα ελαιοπήγματα (γέλες αποτελούμενες από μόρια χαμηλού μοριακού βάρους όπου η συνεχής κινητή φάση είναι βρώσιμο έλαιο) παρουσιάζουν μια αξιοσημείωτη καινοτομία στη μοριακή γαστρονομία με επιπτώσεις στη διατροφή ατόμων με δυσφαγία. Οι

Rogers et al. (2014) εμβαθύνουν στην εφαρμογή των βρώσιμων ελαιοπηκτωμάτων, αποκαλύπτοντας τις δυνατότητές τους στον μετασχηματισμό της υφής και της δομής των τροφίμων (Εικόνα 4.5). Καθώς η δυσφαγία συχνά απαιτεί τροποποιήσεις στο ιξώδες και τη συνεκτικότητα των διαιτητικών συστατικών, τα βρώσιμα ελαιοπήγματα προσφέρουν μια νέα λύση. Η ικανότητα χειρισμού της ζελατινοποίησης των λιπιδίων ανοίγει δρόμους για τη δημιουργία τροφών με βελτιωμένη αίσθηση στο στόμα και γευστικότητα, αντιμετωπίζοντας βασικές ανησυχίες στη διατροφή ατόμων με δυσφαγία. (Rogers et al., 2014)



Εικόνα 4.5 Σχηματισμένα διαφανή ελαιοπήγματα 10% (40% β-σιτοστερόλη- 60% γ-ορυζανόλη) σε ηλιέλαιο.

4.3.1 Ο ρόλος της 1,2-αιθανοδιόλης στα βρώσιμα ελαιοπήγματα

Αυτό το γραμμικό πολυμερές, παράγωγο κυτταρίνης (ethyl glycol- EC), παρουσιάζει αξιοσημείωτη διαλυτότητα σε οργανικά έλαια όταν είναι κατάλληλα υποκατεστημένο. Η θέρμανση του EC σε φυτικό έλαιο πάνω από τη θερμοκρασία μετάπτωσης γυαλιού ξεκινά το σχηματισμό γέλης κατά την ψύξη, οδηγώντας στη δημιουργία στερεών ελαστικών πηκτωμάτων. Αυτά τα ελαιοπήγματα EC έχουν τραβήξει το ενδιαφέρον για τις πιθανές εφαρμογές τους σε διάφορα προϊόντα διατροφής, από αγνά φυτικά έλαια έως ανθεκτική στη θερμότητα σοκολάτα, δημιουργώντας τρόφιμα με επιθυμητές υφές για τη διατροφή ατόμων με προβλήματα κατάποσης. (Dey et al., 2011)

Ωστόσο, η διαδικασία δημιουργίας των ελαιοπηγμάτων EC δεν είναι χωρίς εμπόδια. Οι ανησυχίες σχετικά με την οξείδωση του ελαίου προκύπτουν από την απαίτηση θέρμανσης EC πάνω από τη

θερμοκρασία μετάπτωσης γυαλιού, επηρεάζοντας δυνητικά την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Επιπλέον, η παρουσία επιφανειοδραστικών ουσιών και η θερμική αποδόμηση του EC σε υψηλές θερμοκρασίες θέτουν περαιτέρω προκλήσεις. (Dey et al., 2011)

4.4 Προσαρμογή μοριακών τεχνικών στη δυσφαγική διατροφή

Η ενσωμάτωση των μοριακών τεχνικών στις δυσφαγικές δίαιτες παρουσιάζει ένα νέο, μοναδικό σύνολο τεχνικών προκλήσεων. Ενώ τα θεμέλια της Μοριακής Γαστρονομίας είναι ήδη πολλά υποσχόμενα για τη βελτίωση της συνολικής γευστικής εμπειρίας, η προσαρμογή των τεχνικών αυτών στις ειδικές απαιτήσεις των ασθενών απαιτεί πολύ προσεκτική εξέταση. (Kientza et al., 2021)

Μια κύρια πρόκληση είναι η τροποποίηση της σύστασης υφής χωρίς να διακυβεύεται η διατροφική ακεραιότητα. Η τροποποιημένη αυτή διατροφή συχνά απαιτεί αλλαγή του ιξώδους και της συνεκτικότητας των τροφίμων για να διασφαλιστεί η ασφαλής κατάποση. Αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί μέσω τεχνικών, όπως η σφαιροποίηση και η ζελατινοποίηση, οι οποίες τροποποιούν την υφή των τροφίμων διατηρώντας παράλληλα το θρεπτικό τους περιεχόμενο. Ωστόσο, η επίτευξη της σωστής ισορροπίας μεταξύ τροποποίησης υφής- διατήρησης θρεπτικών συστατικών είναι περίπλοκη και απαιτεί σχολαστικό πειραματισμό και βελτιστοποίηση (Lieberman, 2019). Για παράδειγμα, τεχνικές όπως η σφαιροποίηση, η οποία περιλαμβάνει την ενθυλάκωση υγρών σε μεμβράνες γέλης, μπορούν να δημιουργήσουν καινοτόμες υφές τροφίμων κατάλληλες για τη δυσφαγία. Η τεχνική αυτή, όπως περιγράφεται από τον Hervé This (2019), εκμεταλλεύεται την αλληλεπίδραση μεταξύ αλγινικού νατρίου και χλωριούχου ασβεστίου για τον σχηματισμό σφαιρών γέλης. Αυτές οι σφαίρες είναι ικανές να εγκλωβίσουν υγρά πλούσια σε θρεπτικά συστατικά εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα κατάλληλη υφή για κατάποση και ένα άθικτο θρεπτικό περιεχόμενο. (Lieberman, 2019)

Οι Rogers et al. (2014) μετατόπισαν το ενδιαφέρον στον τρόπο με τον οποίο η γαλακτωματοποίηση και η δημιουργία ελαιοπηκτωμάτων, μπορούν να προσφέρουν τα ανωτέρω χαρακτηριστικά και επιπρόσθετα τη γευστικότητα. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι μοριακές αυτές τεχνικές έχουν δύσκολη πρακτική εφαρμογή σε καθημερινές συνθήκες. Ως παράδειγμα, η

σφαιροποίηση απαιτεί ακριβή έλεγχο των επιπέδων του pH και της συγκέντρωσης των παραγόντων σχηματισμού γέλης, γεγονός που είναι δύσκολο να επιτευχθεί σε κλινικό ή οικιακό περιβάλλον. Η σταθερότητα των σφαιρών με την πάροδο του χρόνου και υπό μεταβαλλόμενες συνθήκες θερμοκρασίας είναι επίσης ανησυχητική, καθώς οι αλλαγές ενδεχομένως επηρεάζουν τόσο την υφή όσο και την ασφάλεια των τροφίμων (D'Angelo et al., 2016). Επιπλέον, ο εξοπλισμός και η τεχνογνωσία που απαιτούνται για τη σφαιροποίηση ενδέχεται να μην είναι άμεσα διαθέσιμα σε όλα τα περιβάλλοντα φροντίδας, περιορίζοντας ενδεχομένως την ευρεία υιοθέτησή του. (O' Hara, P.B, 2019)

Μια άλλη σημαντική πρόκληση έγκειται στη διασφάλιση της συνεκτικότητας των τροφίμων με τροποποιημένη υφή σε διαφορετικές παρτίδες. Για τους ασθενείς με δυσφαγία, η συνέπεια είναι κρίσιμη για την πρόληψη του πνιγμού και τη διασφάλιση της ασφαλούς κατάποσης. Η διακύμανση στη διαδικασία παρασκευής, όπως διαφορές στην ποιότητα των συστατικών ή μικρές αλλαγές στην τεχνική παρασκευής, μπορεί να οδηγήσει σε ασυνέπειες στην υφή. Αυτό το ζήτημα είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τεχνικές όπως η ζελατινοποίηση, που η συγκέντρωση των πηκτικών παραγόντων και οι συνθήκες υπό τις οποίες σχηματίζονται τα πηκτώματα πρέπει να ελέγχονται επακριβώς. Η διασφάλιση ότι αυτές οι παράμετροι πληρούνται με συνέπεια απαιτεί αυστηρή εκπαίδευση και τυποποιημένες διαδικασίες, οι οποίες μπορεί να είναι δύσκολο να εφαρμοστούν σε διάφορα περιβάλλοντα υγειονομικής περίθαλψης (Rogers et al., 2014).

Η προσαρμογή των μοριακών τεχνικών σε δίαιτες δυσφαγίας περιλαμβάνει επίσης την αντιμετώπιση αισθητηριακών ζητημάτων και ζητημάτων γευστικότητας. Οι ασθενείς με δυσφαγία συχνά βιώνουν μειωμένη όρεξη και απόλαυση του φαγητού λόγω της περιορισμένης ποικιλίας και της μη ελκυστικής φύσης των παραδοσιακών διατροφών με τροποποιημένη υφή. Χρησιμοποιώντας τη μοριακή γαστρονομία, είναι δυνατό να ενισχυθεί η αισθητική ελκυστικότητα αυτών των τροφίμων. Τεχνικές, όπως η αντίστροφη σφαιροποίηση, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία οπτικά ελκυστικών και γευστικών πιάτων, κάνοντας την εμπειρία του φαγητού πιο ευχάριστη για τους ασθενείς με δυσφαγία. Για παράδειγμα, η αντίστροφη σφαιροποίηση, η οποία περιλαμβάνει το σχηματισμό μιας μεμβράνης γέλης γύρω

από ένα υγρό κέντρο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία μικρών, γευστικών σφαιρών, παρέχοντας μια νέα και ευχάριστη εμπειρία φαγητού. Ωστόσο, η διασφάλιση ότι αυτές οι καινοτομίες είναι αποδεκτές από τους ασθενείς απαιτεί συνεχή ανατροφοδότηση και επαναληπτική βελτίωση (O'Hara, 2021). Αυτή η επαναληπτική διαδικασία είναι ζωτικής σημασίας για την προσαρμογή των υφών και των γεύσεων, ώστε να ανταποκρίνονται στις συγκεκριμένες ανάγκες και προτιμήσεις των ασθενών με δυσφαγία, διασφαλίζοντας τόσο την ασφάλεια όσο και την ικανοποίηση. (Sacchi et al., 2014)

Επιπλέον, η ενσωμάτωση μοριακών τεχνικών στη διατροφή ατόμων με δυσφαγία απαιτεί την εξέταση της επεκτασιμότητας αυτών των μεθόδων. Τεχνικές όπως η τριδιάστατη εκτύπωση τροφίμων, η οποία μπορεί να παράγει προσαρμοσμένα τρόφιμα τροποποιημένης υφής, παρουσιάζουν ευκαιρίες για καινοτομία αλλά και προκλήσεις όσον αφορά το κόστος, την προσβασιμότητα και την ευκολία χρήσης. Η τεχνολογία τριδιάστατης εκτύπωσης απαιτεί εξειδικευμένο εξοπλισμό και υλικά, τα οποία μπορεί να μην είναι άμεσα διαθέσιμα ή οικονομικά προσιτά για όλους τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης ή τους ασθενείς. Επιπλέον, ο χρόνος που απαιτείται για τον σχεδιασμό και την εκτύπωση μεμονωμένων γευμάτων μπορεί να είναι μη πρακτικός για εφαρμογή μεγάλης κλίμακας σε χώρους όπως νοσοκομεία ή γηροκομεία (Yi et al., 2019).

4.5 Αισθητηριακές θεωρήσεις για ασθενείς με διαταραχές κατάποσης

Μία από τις κύριες αισθητηριακές προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι ασθενείς με δυσφαγία είναι η αλλαγή στην αντίληψη της γεύσης. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην υποκείμενη πάθηση που προκαλεί τη δυσφαγία, σε φάρμακα ή στην ίδια τη διαδικασία τροποποίησης της υφής. Για παράδειγμα, οι πηκτικοί παράγοντες που χρησιμοποιούνται για την τροποποίηση της σύστασης του υγρού μπορεί μερικές φορές να επιφέρουν μια δυσάρεστη επίγευση ή να αλλάξουν το προφίλ γεύσης των τροφίμων (Cichero et al., 2016). Για να αντιμετωπιστεί αυτό, μπορούν να χρησιμοποιηθούν τεχνικές μοριακής γαστρονομίας για την ενίσχυση της γεύσης των τροποποιημένων στην υφή τροφίμων. Τεχνικές όπως η γαλακτωματοποίηση και η ενθυλάκωση μπορούν να βοηθήσουν στη διατήρηση και ακόμη και στην ενίσχυση των γεύσεων, καθιστώντας

το φαγητό πιο εύγευστο χωρίς να διακυβεύεται η ασφάλεια (Lieberman, 2019).

Επιπλέον, η μειωμένη στοματική αίσθηση που βιώνουν οι ασθενείς με δυσφαγία μπορεί να κάνει το φαγητό λιγότερο ευχάριστο και ικανοποιητικό. Οι μοριακές τεχνικές προσφέρουν καινοτόμες λύσεις για τη βελτίωση της αίσθησης στο στόμα των τροποποιημένων τροφίμων. Για παράδειγμα, η αντίστροφη σφαιροποίηση μπορεί να δημιουργήσει απαλές υφές που ομοιάζουν με τζελ, προσφέροντας εύκολη κατάποση και μπορούν να μιμηθούν την αίσθηση που βιώνει ο καταναλωτής μετά την κατάποση τροφίμων μη τροποποιημένης υφής (O'Hara, 2021). Με τη αξιοποίηση των προαναφερθέντων τεχνικών, είναι δυνατό να δημιουργηθούν τρόφιμα που όχι μόνο πληρούν τις απαιτήσεις υφής που ορίζονται από το πλαίσιο IDDSI για την ασφάλεια του ασθενούς αλλά και παρέχουν μια πιο ευχάριστη αισθητηριακή εμπειρία.

Μια άλλη κρίσιμη πτυχή είναι η οπτική ελκυστικότητα των τροποποιημένων τροφίμων. Οι δυσφαγικές διατροφές συχνά καταλήγουν σε τροφές που φαίνονται λιγότερο αρεστές. Η διασφάλιση ότι τα μοριακά τροποποιημένα τρόφιμα ευθυγραμμίζονται με τις μοναδικές αισθητηριακές ανάγκες των ασθενών με δυσφαγία απαιτεί μια διεπιστημονική προσέγγιση, με τη συμμετοχή σεφ, διαιτολόγων και επαγγελματιών υγείας. Η συνεχής ανατροφοδότηση από τους ασθενείς είναι ζωτικής σημασίας για τη βελτίωση αυτών των τεχνικών και για τη διασφάλιση ότι το φαγητό όχι μόνο πληροί τα πρότυπα ασφάλειας και διατροφής, αλλά παραμένει και ευχάριστο στην κατανάλωση. Μελέτες έχουν δείξει ότι η ικανοποίηση και η αποδοχή των ασθενών είναι υψηλότερη όταν εμπλέκονται στη διαδικασία ανάπτυξης και δοκιμής νέων διατροφικών τροποποιήσεων (D'angelo et al., 2016).

Τα αρώματα διαδραματίζουν επίσης κρίσιμο ρόλο στην ενίσχυση της αισθητηριακής έλξης των ατόμων που πάσχουν από δυσφαγία. Η όσφρηση συμβάλλει σημαντικά στην αντίληψη της γεύσης και οι ασθενείς με δυσφαγία συχνά παρουσιάζουν απώλειά της λόγω της των μεθόδων παρασκευής του φαγητού τους. Ο O'Hara (2021) προτείνει ότι η χρήση μοριακών τεχνικών για την έγχυση αρωματικών ενώσεων σε τρόφιμα ενδέχεται να βοηθήσει να ξεπεραστεί αυτή η πρόκληση. Τεχνικές όπως το μαγείρεμα του φαγητού, το οποίο περιλαμβάνει σφράγιση υπό κενό

(vacuum sealing) και αργό μαγείρεμα σε ακριβείς θερμοκρασίες, μπορούν να διατηρήσουν και να εντείνουν τα αρώματα, κάνοντας το φαγητό πιο δελεαστικό. (O' Hara, 2021)

Η υφή διαδραματίζει εξίσου σημαντικό ρόλο στην αισθητηριακή εμπειρία. Ενώ ο πρωταρχικός στόχος είναι να διασφαλιστεί η ασφαλής κατάποση, η επίτευξη μιας ευχάριστης αίσθησης στο στόμα είναι απαραίτητη. Ο This (2019) στην εργασία του, συζητά τη δυνατότητα των υδροκολλοειδών, ουσιών που σχηματίζουν πηκτές όταν συνδυαστούν με νερό, για τη δημιουργία ελκυστικότερων υφών. Επιλέγοντας προσεκτικά και συνδυάζοντας τα υδροκολλοειδή, οι σεφ και οι επιστήμονες τροφίμων μπορούν να παράγουν τρόφιμα που είναι τόσο ασφαλή για ασθενείς με δυσφαγία όσο και ευχάριστα. Αυτή η προσέγγιση μπορεί να μετατρέψει τα πολτοποιημένα λαχανικά ή τα παχύρρευστα υγρά σε πιο οικείες υφές χωρίς να διακυβεύεται η ασφάλεια. (Smith et al., 2022)

Επιπλέον, η οπτική ελκυστικότητα του φαγητού μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τη γευστικότητά του. Καινοτόμες τεχνικές μοριακής γαστρονομίας μπορούν να μεταμορφώσουν την εμφάνιση των τροφίμων που έχουν τροποποιηθεί με υφή, καθιστώντας τα πιο ελκυστικά για τους ασθενείς. Οι Rogers et al. (2014) τονίζουν τη χρήση βρώσιμων μεμβρανών και επικαλύψεων για τη βελτίωση της παρουσίασης των πουρέδων ή κιμάδων τροφίμων. Δημιουργώντας οπτικά ελκυστικά στρώματα ή σχήματα, αυτές οι τεχνικές μπορούν να κάνουν τα γεύματα πιο ελκυστικά, ενθαρρύνοντας τους ασθενείς να τρώνε πιο πρόθυμα και βελτιώνοντας έτσι τη διατροφική τους πρόσληψη. (Smith et al., 2022)

Μελέτες περιπτώσεων (case studies) έχουν δείξει την πρακτική εφαρμογή αυτών των στρατηγικών. Για παράδειγμα, η μελέτη των Burke et al. (2021) απέδειξε ότι η χρήση τεχνικών ζελατινοποίησης πολλαπλών στρωμάτων για τη δημιουργία περίπλοκων, οπτικά ελκυστικών σχημάτων βελτίωσε σημαντικά την αποδοχή των τροφίμων με τροποποιημένη υφή μεταξύ των ασθενών με δυσφαγία. Αυτή η προσέγγιση όχι μόνο βελτίωσε το τρόφιμο σε οπτικό επίπεδο, αλλά επέτρεψε επίσης έναν συνδυασμό γεύσεων και υφών σε ένα μόνο πιάτο, ενισχύοντας τη συνολική εμπειρία φαγητού. (Shemet et al., 2021)

4.6. Ρυθμιστικά ζητήματα- Συμμόρφωση με τους Κανονισμούς

Η επέκταση της ενσωμάτωσης των μοριακών τεχνικών σε διατροφή δυσφαγίας συνεπάγεται τη διασφάλιση της συμμόρφωσης με τα καθιερωμένα διατροφικά πρότυπα, ιδιαίτερα αυτά που περιγράφονται από τη Διεθνή Πρωτοβουλία Τυποποίησης Διατροφής Δυσφαγίας (IDDSI). Επιπλέον, κατά την ενσωμάτωση τεχνικών μοριακής κουζίνας για την τροποποίηση της υφής των τροφίμων για τους ασθενείς με δυσφαγία, είναι σημαντικό να διασφαλίζεται ότι αυτές οι προηγμένες μαγειρικές μέθοδοι συμμορφώνονται με τις αρχές HACCP και τους κανονισμούς του FDA. Ορισμένες εκτιμήσεις είναι:

- Ασφάλεια συστατικών: Απαιτείται η χρήση μόνο ουσιών εγκεκριμένων από τον FDA, όπως άγαρ-άγαρ, καραγενάνη και κόμμι ξανθάνης, που είναι διαδεδομένες στη μοριακή γαστρονομία.
- Τεχνικές προετοιμασίας: Πρέπει να επιβεβαιώνεται ότι τεχνικές όπως η σφαιροποίηση, η ζελατινοποίηση και η γαλακτωματοποίηση εκτελούνται υπό αυστηρές συνθήκες υγιεινής και από εκπαιδευμένο προσωπικό.
- Παρακολούθηση και τεκμηρίωση: Υποχρέωση είναι η διατήρηση λεπτομερών αρχείων των πηγών των συστατικών, των μεθόδων παρασκευής και των δοκιμών ποιοτικού ελέγχου για να διασφαλιστεί η ιχνηλασιμότητα. Ειδικές απαιτήσεις για δίαιτες δυσφαγίας:
 - Τροφές με τροποποιημένη υφή: Τα τρόφιμα πρέπει να προετοιμάζονται, ώστε να πληρούν συγκεκριμένες απαιτήσεις υφής για την πρόληψη του πνιγμού και της εισρόφησης σε ασθενείς με δυσφαγία.
 - Συνέπεια και δοκιμή: Τακτικές δοκιμές της συνεκτικότητας των τροφίμων για να διασφαλιστεί ότι πληρούν τα απαιτούμενα πρότυπα ασφάλειας και αποτελεσματικότητας. Με την τήρηση αυτών των προτύπων ασφάλειας τροφίμων, οι πάροχοι υγειονομικής περίθαλψης και οι επαγγελματίες της μαγειρικής μπορούν να ενσωματώσουν με ασφάλεια τη μοριακή κουζίνα σε δίαιτες δυσφαγίας, προσφέροντας στους ασθενείς μια ποικιλία τροφίμων τροποποιημένης υφής που είναι ασφαλή και απολαυστικά. (Ștefănescu, B.E., &

Κεφάλαιο 5: Ενσωμάτωση με τη Διατροφολογία

5.1 Διατροφική επίδραση μοριακά τροποποιημένων διατροφών

Όταν αξιολογείται η επίδραση των μοριακά τροποποιημένων διατροφών ατόμων με δυσφαγία, η αξιολόγηση της βιοδιαθεσιμότητας των θρεπτικών συστατικών είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψη. Χαρακτηριστική είναι η έρευνα των Sacchi et al. (2014), η οποία συσχετίζει το εξαιρετικά παρθένο ελαιόλαδο με τις διάφορες πτυχές της Μοριακής Γαστρονομίας υπογραμμίζοντας την περίπλοκη σχέση μεταξύ της σύνθεσης των τροφίμων και της απορρόφησης των θρεπτικών συστατικών τους. Μελετώντας τα μίγματα μαγειρεμένης τομάτας και έξτρα παρθένου ελαιολάδου, επαναλαμβανόμενος συνδυασμός στη Μεσογειακή Κουζίνα, παρατηρήθηκαν πολλαπλές θετικές αλληλεπιδράσεις με στοιχεία όπως ωμέγα-3, καροτενοειδή, πρωτεΐνες, βελτιώνοντας τη διατροφική αξία και τις αντικαρκινικές ιδιότητες των πιάτων. (Sacchi et al., 2014)

5.1.1 Αξιολόγηση της βιοδιαθεσιμότητας των θρεπτικών συστατικών

Η βιοδιαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών αφορά το ποσοστό των μακρο- και μικρο-στοιχείων που καταναλώνονται, απορροφούνται και μεταβολίζονται από τα μεταβολικά μονοπάτια. Η βιοδιαθεσιμότητα των συστατικών μπορεί να επηρεαστεί από διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων των φυσικοχημικών ιδιοτήτων της εκάστοτε τροφής, την παρουσία άλλων θρεπτικών συστατικών και τη μέθοδο παρασκευής του φαγητού. Η Μοριακή Γαστρονομία, με την στοχοπροσήλωση της στη μετατροπή του τροφίμου σε μοριακό επίπεδο, έχει το δυναμικό να ασκήσει τη μέγιστη επιρροή σε αυτούς τους παράγοντες. (Shemet et al., 2021)

Λαμβάνοντας ως παράδειγμα τη μελέτη των Sacchi et al. (2014), πραγματοποιείται εξέταση των «γαστρονομικών μοριακών» πτυχών του εξαιρετικά παρθένου ελαιολάδου, εστιάζοντας στον τρόπο με τον οποίο η μοριακή δομή του επιδρά στις θρεπτικές ιδιότητές του. Η έρευνα έδειξε ότι η βιοδιαθεσιμότητα κύριων θρεπτικών στοιχείων, όπως οι πολυφαινόλες, ενδέχεται να

επηρεαστεί σε σημαντικό βαθμό από τη μοριακή δομή. Τροποποιώντας την υφή και τη σύνθεση των τροφίμων, η Μοριακή Γαστρονομία είναι ικανή να ενισχύσει τη βιοδιαθεσιμότητα των απαραίτητων θρεπτικών στοιχείων, ενισχύοντας το συνολικό διατροφικό προφίλ των ασθενών. (This H., 2021)

Όπως αναφέρεται από τους Precup et al. (2021), ο αντίκτυπος των μοριακών μετατροπών θα πρέπει να υπολογίζεται με βάση την ανθρώπινη πέψη και τον μεταβολισμό. Για παράδειγμα, η ενθυλάκωση των συστατικών με μεθόδους όπως η σφαιροποίηση μπορεί να προστατέψει ευαίσθητα στοιχεία κατά την πορεία τους στο πεπτικό σύστημα. Χαρακτηριστικά ευαίσθητα στοιχεία είναι οι λιπόφιλες βιταμίνες, όπως η βιταμίνη D που συχνά εμφανίζεται σε έλλειψη στους ασθενείς. Η μετατροπή τους σε μικρο- και νανομόρια έχει συνδεθεί με αυξημένη απορρόφηση από το εντερικό σύστημα και μπορεί η ίδια τακτική να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη αναγκών σε ασβέστιο ή σίδηρο. Με την αξιοποίηση τέτοιου είδους τεχνικών, δίνεται η δυνατότητα για τον σχεδιασμό τροφίμων που ικανοποιούν τις τρεις ανάγκες των ατόμων με δυσφαγία: ασφαλή, εύκολα στην κατάποση και πλούσια σε θρεπτικά συστατικά τρόφιμα. (Precup et al., 2021)

5.1.2 Αντιμετώπιση διατροφικών ελλείψεων

Η αντιμετώπιση των διατροφικών ελλείψεων συνδέεται με τη βαθύτερη κατανόηση των βιοχημικών και φυσιολογικών ορίων που εμποδίζουν την ομαλή απορρόφηση θρεπτικών συστατικών στο συγκεκριμένο τμήμα του πληθυσμού. Οι ασθενείς συχνά εμφανίζουν αλλαγμένες διατροφικές συμπεριφορές και μειωμένη παραγωγή σιέλου, η οποία είναι κρίσιμη κατά τα πρώτα στάδια διάσπασης της τροφής και πέψης. Επιπρόσθετα, ο ίδιος ο μηχανισμός της μάσησης και της κατάποσης είναι διαταραγμένος, επιδρώντας στη βιοδιαθεσιμότητα των συστατικών. Επεμβαίνοντας στις μηχανικές ιδιότητες των τροφίμων σε μοριακό επίπεδο, όπως έχει πραγματοποιηθεί ήδη από τον Sacchi και άλλους ερευνητές, τα εμπόδια αυτά μπορούν να παρακαμφθούν. (Zheng et al., 2023)

Μια πολλά υποσχόμενη πρακτική είναι η χρήση των υδροκολλοειδών και άλλων βιοπολυμερών

για τη δημιουργία γέλης και γαλακτωμάτων υψηλής διατροφικής αξίας. Οι μορφές αυτές μπορούν να διαμορφωθούν σε σταθερές δομές που μιμούνται τη φυσική υφή του τροφίμου ενώ παράλληλα περιέχουν σημαντικές ποσότητες βιταμινών και μετάλλων. Η ίδια μεθοδολογία μπορεί να αξιοποιηθεί με επιτυχία για την ενσωμάτωση πρεβιοτικών και προβιοτικών, για την ενδυνάμωση του εντερικού μικροβιώματος που είναι καίριο για την αυξημένη απορρόφηση των θρεπτικών συστατικών, όπως υπογραμμίζεται από τους Precup et al. (2021).

5.2 Προοπτικές καταναλωτή

5.2.1 Ανατροφοδότηση και προτιμήσεις ασθενών με δυσφαγία

Εκτός από την ενίσχυση της βιοδιαθεσιμότητας των θρεπτικών συστατικών, μια άλλη κρίσιμη πτυχή είναι η εξατομίκευση της διατροφής για την κάλυψη των μεμονωμένων αναγκών του ασθενούς. Η εξατομικευμένη διατροφή, με βάση τα γενετικά, μεταβολικά και μικροβιωματικά προφίλ, επιτρέπει την προσαρμογή των διατροφικών προγραμμάτων για τη βελτιστοποίηση των αποτελεσμάτων υγείας. Οι εξελίξεις στη μοριακή γαστρονομία μπορούν να υποστηρίξουν αυτή την εξατομίκευση επιτρέποντας τον ακριβή έλεγχο της σύνθεσης και της δομής των τροφίμων. Για παράδειγμα, χρησιμοποιώντας τεχνικές όπως η τριδιάστατη εκτύπωση τροφίμων, είναι δυνατό να δημιουργηθούν προσαρμοσμένα γεύματα που καλύπτουν τις συγκεκριμένες διατροφικές απαιτήσεις και προτιμήσεις των ασθενών με δυσφαγία. Αυτό το επίπεδο προσαρμογής διασφαλίζει ότι κάθε γεύμα όχι μόνο πληρεί τα γενικά πρότυπα της διατροφής δυσφαγίας, αλλά ευθυγραμμίζεται και με τις μοναδικές διατροφικές ανάγκες του ατόμου, ενισχύοντας τόσο την αποτελεσματικότητα όσο και την αποδοχή της. (Smith et al., 2022)

Επιπλέον, η συνεχής έρευνα και η καινοτομία είναι ζωτικής σημασίας για τη βελτίωση αυτών των τεχνικών και τη διασφάλιση της πρακτικής εφαρμογής τους σε κλινικά περιβάλλοντα. Οι συνεργασίες μεταξύ επιστημόνων τροφίμων, διατροφολόγων και επαγγελματιών υγείας είναι απαραίτητες για την ανάπτυξη και την επικύρωση νέων μεθόδων για τη βελτίωση της διατροφικής ποιότητας των διαίτων δυσφαγίας.

Κεφάλαιο 6: Συμπεράσματα

6.1 Περίληψη ευρημάτων

Στην παρούσα εργασία αναλύονται πρόσφατες εξελίξεις και οι εφαρμογές της μοριακής γαστρονομίας στον τομέα της επιστήμης των τροφίμων, με ιδιαίτερη έμφαση στην ανάπτυξη προϊόντων διατροφής για άτομα που πάσχουν από δυσφαγία. Τα κύρια ευρήματα περιλαμβάνουν την αναγνώριση νέων μεθοδολογιών και τεχνολογιών, καθώς και την εκτενή εφαρμογή αυτών των τεχνικών στην τροποποίηση της υφής των τροφίμων και τη βελτίωση της αισθητηριακής εμπειρίας για τους ασθενείς, που μέχρι πρόσφατα είχαν στη διάθεση της τροφίμα σε μορφή πολτού, που στερούνται κατάλληλης υφής και εμφάνισης, χωρίς άρωμα και γεύση να προσδίδουν θετικά στοιχεία στη διατροφή. (Smith et al., 2022)

Οι μελέτες έδειξαν ότι οι μοριακές τεχνικές, όπως η σφαιροποίηση και η τριδιάστατη εκτύπωση μπορούν να βελτιώσουν την υφή και την εμφάνιση των τροφίμων, διευκολύνοντας την κατάποση και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των ασθενών. Επιπλέον, επιβεβαιώθηκε ότι η χρήση φυσικών πηκτικών, όπως η πηκτίνη και το άγαρ-άγαρ μπορεί να προσφέρει υγιεινές εναλλακτικές λύσεις στα παραδοσιακά προϊόντα υψηλής περιεκτικότητας σε ζάχαρη. Η εξέλιξη αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική όταν η δυσφαγία αποτελεί γηριατρικό σύνδρομο, διότι τα ηλικιωμένα άτομα δείχνουν έντονη προτίμηση στα γλυκά τρόφιμα που θυμίζουν και την παιδική τους ηλικία (πχ. παγωτό). (Yi et al., 2019)

6.2 Επιπτώσεις για την βιομηχανία τροφίμων και την υγεία

Η εισαγωγή των μοριακών τεχνικών στη βιομηχανία τροφίμων έχει σημαντικές επιπτώσεις. Η βελτίωση της υφής και της γεύσης των τροποποιημένων τροφίμων μπορεί να αυξήσει την αποδοχή τους από τους καταναλωτές και να συμβάλει στη βελτίωση της διατροφικής ποιότητας για τα άτομα με δυσφαγία. Οι νέες τεχνικές μπορούν να συμβάλουν στην ανάπτυξη καινοτόμων προϊόντων που πληρούν τις αυστηρές διατροφικές απαιτήσεις και προάγουν την

υγεία και την ευεξία των ασθενών, για παράδειγμα να εμπεριέχουν στοιχεία που ενισχύουν το μικροβίωμα τους. (Kientza et al., 2021)

Η χρήση αυτών των τεχνικών μπορεί επίσης να μειώσει το κόστος παραγωγής και να επιτρέψει την ανάπτυξη πιο προσαρμοσμένων λύσεων για διάφορες διατροφικές ανάγκες. Επιπλέον, η αυξανόμενη αποδοχή και κατανόηση των μοριακών τεχνικών μπορεί να μειώσει τις προκαταλήψεις και τις παρεξηγήσεις σχετικά με τη βιομηχανική παραγωγή τροφίμων (πχ. υψηλό κόστος για τον καταναλωτή «αναίτια», μικρές ποσότητες, πληθώρα τεχνητών συστατικών, χαμηλό θρεπτικό περιεχόμενο, ότι αποτελεί απλά μια παροδική «τάση»). Βέβαια πρέπει να αντιμετωπιστεί το νέο σύνολο προκλήσεων που προκύπτει από την ενσωμάτωση των Μοριακών Τεχνικών στην παραγωγή μεγάλης κλίμακας, όπως η επανεκπαίδευση του προσωπικού, η υιοθέτηση νέων κατάλληλων προτύπων Διαχείρισης Ολικής Ποιότητας και το υψηλό αρχικό κόστος ανανέωσης του εξοπλισμού της γραμμής παραγωγής. Σε συνδυασμό με την εξειδικευμένη διατροφή που απαιτεί η δυσφαγία, οι επιχειρήσεις τροφίμων οφείλουν να εξασφαλίσουν ότι τα προϊόντα διατηρούν ακέραια την υφή και το διατροφικό τους περιεχόμενο έως τη διαθέσή τους στον καταναλωτή. (Lieberman, 2019)

6.3 Συστάσεις για μελλοντική έρευνα

Η συνεχής έρευνα είναι απαραίτητη για τη βελτίωση και την επέκταση των εφαρμογών της μοριακής γαστρονομίας. Προτείνεται η ανάπτυξη νέων μεθόδων για την αξιολόγηση της διατροφικής επίδρασης των μοριακά τροποποιημένων τροφίμων και η διερεύνηση των αντιδράσεων των καταναλωτών στις νέες αυτές προσεγγίσεις. Ειδικά στις περιπτώσεις που τα προϊόντα τροφίμων απευθύνονται σε άτομα με νευρολογικές παθήσεις που δεν επιτρέπουν τη σωστή εκφορά του λόγου, θα προτεινόταν εναλλακτικές κλίμακες οργανοληπτικού ελέγχου, όπως οι απεικονιστικές κλίμακες (σειρά από ζωγραφισμένα πρόσωπα που αποδίδουν δυσαρέσκεια μέχρι ευχαρίστηση) που ήδη δίνουν εξαιρετικά αποτελέσματα όταν χρησιμοποιούνται σε παιδιά προσχολικής ηλικίας.

Επιπλέον, η συνεργασία μεταξύ επιστημόνων τροφίμων, διατροφολόγων και επαγγελματιών υγείας είναι ζωτικής σημασίας για την ανάπτυξη και την επικύρωση νέων μεθόδων και τεχνικών. Η έρευνα πρέπει να επικεντρωθεί επίσης στην ανάπτυξη τυποποιημένων πρωτοκόλλων και κατευθυντήριων γραμμών για τη χρήση των μοριακών τεχνικών σε κλινικά περιβάλλοντα, ώστε να διασφαλιστεί η ασφαλής και αποτελεσματική εφαρμογή τους. Για παράδειγμα, μικρές προσαρμοσμένες κουζίνες στα κέντρα γηριατρικής φροντίδας θα επέτρεπαν την ευκολότερη χρήση του εξοπλισμού Μοριακής Γαστρονομίας από το προσωπικό και ταυτόχρονα την αξιοποίηση του χρόνου, ώστε να σερβιριστεί το γεύμα στην κατάλληλη θερμοκρασία και υφή για τους ασθενείς.

***Βιβλιογραφία-Αναφορές**

1. "Chinese Expert Consensus on Food and Nutrition Management for Dysphagia (2019 Version)." *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, vol. 29, no. 2, 2020, pp. 434-444.
2. "The Impact of Molecular Gastronomy on Customers' Decision to Eat at a Restaurant." *Central European Management Journal*, 2023.
3. Elsayed, Alaa Ibrahim M., Gamal Saad Soliman, and Abd El-Fattah Zohry M. "The Relationship between Molecular Gastronomy and Competitive Advantage of Egyptian Restaurants from the Point Of View of Chefs by Using the Five Forces Model." *مجلة كلية* السياحة والفنادق, جامعة المنصورة*, 2022.
4. Alpaslan, K., H. Pamukçu, and C. Tanrisever. "Moleküler Gastronomi Yöresel Yemeklerde Kullanılabilir mi (Can Molecular Gastronomy Be Useful for Local Food)." *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, vol. 8, 2020, pp. 231-256.
5. Aoyagi, Y., et al. "Oropharyngeal Dysphagia and Aspiration Pneumonia Following Coronavirus Disease 2019: A Case Report." *Dysphagia*, vol. 35, 2020, pp. 545-548.
6. Baijens, L.W., et al. "European Society for Swallowing Disorders – European Union Geriatric Medicine Society White Paper: Oropharyngeal Dysphagia as a Geriatric Syndrome." *Clinical Interventions in Aging*, vol. 11, 2016, pp. 1403-1428.
7. Bath, P.M., H.S. Lee, and L.F. Everton. "Swallowing Therapy for Dysphagia in Acute and Subacute Stroke." *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, vol. 10, 2018, CD000323.
8. Božić, A., and M. Đurović. "Molecular Gastronomy – New Trend in Restaurant Business." *Knowledge International Journal*, 2019.
9. Buckley, N.D., et al. "Harnessing Functional Food Strategies for the Health Challenges of Space Travel—Fermented Soy for Astronaut Nutrition." *Acta Astronautica*, vol. 68, 2011, pp. 731-738.
10. Burke, R.R., et al. *Handbook of Molecular Gastronomy*. 2021.
11. Cabre, M., et al. "Oropharyngeal Dysphagia Is a Risk Factor for Readmission for Pneumonia in Very Elderly Persons: Observational Prospective Study." *Journal of Gerontology: Biological Sciences and Medical Sciences*, vol. 69, no. 3, 2014, pp. 330-337.

12. Cabre, M., et al. "Prevalence and Prognostic Implications of Dysphagia in Elderly Patients with Pneumonia." *Age and Ageing*, vol. 39, no. 1, 2010, pp. 39-45.
13. Campo, V.L., et al. "Carrageenans: Biological Properties, Chemical Modifications and Structural Analysis: A Review." *Carbohydrate Polymers*, vol. 77, no. 2, 2009, pp. 167-180.
14. Caporaso, N. "The Impact of Molecular Gastronomy within the Food Science Community." 2021.
15. Caporaso, N., and D. Formisano. "Developments, Applications, and Trends of Molecular Gastronomy among Food Scientists and Innovative Chefs." *Food Reviews International*, vol. 32, 2016, pp. 417-435.
16. Carrion, S., et al. "Oropharyngeal Dysphagia Is a Prevalent Risk Factor for Malnutrition in a Cohort of Older Patients Admitted with an Acute Disease to a General Hospital." *Clinical Nutrition*, vol. 34, no. 3, 2015, pp. 436-442.
17. Chao, C., et al. "Coaxial 3D Printing of Chicken Surimi Incorporated with Mealworm Protein Isolate as Texture-Modified Food for the Elderly." *Journal of Food Engineering*, 2022.
18. Cho, Y.S., et al. "Prevalence and Clinical Spectrum of Gastroesophageal Reflux: A Population-Based Study in Asan-si, Korea." *American Journal of Gastroenterology*, vol. 100, no. 4, 2005, pp. 747-753.
19. Cicala, G., et al. "A Comprehensive Review of Swallowing Difficulties and Dysphagia Associated with Antipsychotics in Adults." *Expert Review of Clinical Pharmacology*, vol. 12, 2019, pp. 219-234.
20. Cichero, J.A., et al. "Development of International Terminology and Definitions for Texture-Modified Foods and Thickened Fluids Used in Dysphagia Management: The IDDSI Framework." *Dysphagia*, vol. 32, 2016, pp. 293-314.
21. Crary, M.A., et al. "Dysphagia, Nutrition, and Hydration in Ischemic Stroke Patients at Admission and Discharge from Acute Care." *Dysphagia*, vol. 28, 2013, pp. 69-76.
22. D'Angelo, G., H.N. Hansen, and A.J. Hart. "Molecular Gastronomy Meets 3D Printing: Layered Construction via Reverse Spherification." 2016.
23. de Moura, M.R., et al. "Improved Barrier and Mechanical Properties of Novel

Hydroxypropyl Methylcellulose Edible Films with Chitosan/Tripolyphosphate Nanoparticles." *Journal of Food Engineering*, vol. 92, no. 4, 2009, pp. 448-453.

24. Dey, T., D.A. Kim, and A.G. Marangoni. "Edible Oleogels: Structure and Health Implications." *Ethylcellulose Oleogels*, edited by A.G. Marangoni and N. Garti, AOCS Press, 2011, pp. 295-311.

25. Dobak, S., and D. Kelly. "Tough Pill to Swallow: Postextubation Dysphagia and Nutrition Impact in the Intensive Care Unit." *Nutrition in Clinical Practice: Official Publication of the American Society for Parenteral and Enteral Nutrition*, 2020.

26. Dutt, S. "Reducing Plastic Consumption with Molecular Gastronomy." *2022 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC)*, 2022, pp. 327-327.

27. Elsayed, M., S. Soliman, and M.A. Zohry. "The Impact of Applying Molecular Gastronomy Techniques on Achieving Dimensions of Competitive Advantage in Cairo Egyptian Restaurants." *International Journal of Tourism, Archaeology and Hospitality*, 2022.

28. Flacker, J.M. "What Is a Geriatric Syndrome Anyway?" *Journal of the American Geriatrics Society*, vol. 51, no. 4, 2003, pp. 574-576.

29. Frajková, Ž., et al. "Postintubation Dysphagia During COVID-19 Outbreak-Contemporary Review." *Dysphagia*, vol. 35, 2020, pp. 549-557.

30. García-Segovia, P., et al. "Molecular Gastronomy in Spain." *Journal of Culinary Science & Technology*, vol. 12, 2014, pp. 279-293.

31. Gomes, L.R., C. Silva, and C.D. Simões. "Demystifying Emulsifiers as Additives through Molecular Gastronomy: A Contribution to Rise Consumer's Sovereignty." 2021.

32. Gomes, L.R., C.D. Simões, and C. Silva. "Demystifying Thickener Classes Food Additives through Molecular Gastronomy." *International Journal of Gastronomy and Food Science*, vol. 22, 2020, p. 100262.

33. Gravelle, A.J., S. Barbut, and A.G. Marangoni. "Ethylcellulose Oleogels: Manufacturing Considerations and Effects of Oil Oxidation." *Food Research International*, vol. 2, 2012, pp. 578-583.

34. Grover, Y., et al. "Developments and Scope of Space Food." *Current Nutrition & Food*

Science, 2021.

35. Haddaway, N.R., et al. "PRISMA2020: An R Package and Shiny App for Producing PRISMA 2020-Compliant Flow Diagrams, with Interactivity for Optimised Digital Transparency and Open Synthesis." *Campbell Systematic Reviews*, vol. 18, 2022, e1230. <https://doi.org/10.1002/cl2.1230>.

36. Hadde, E.K., and J. Chen. "Texture and Texture Assessment of Thickened Fluids and Texture-Modified Food for Dysphagia Management." *Journal of Texture Studies*, 2020.

37. Hughes, N.E., et al. "Potential Food Applications of Edible Oil Oleogels." *Trends in Food Science & Technology*, vol. 20, no. 10, 2009, pp. 470-480.

38. Hyland, M. "A Taste of the Current Protection Offered by Intellectual Property Law to Molecular Gastronomy." 2017.

39. Kawashima, K., Y. Motohashi, and I. Fujishima. "Prevalence of Dysphagia Among Community-Dwelling Elderly Individuals as Estimated Using a Questionnaire for Dysphagia Screening." *Dysphagia*, vol. 19, no. 4, 2004, pp. 266-271.

40. Kientza, H.T. "The Monthly INRAE-AgroParisTech Seminars on Molecular Gastronomy." 2021.

41. Kientza, H.T., et al. "Introduction to Molecular Gastronomy and Its Applications." 2021.

42. Kikawada, M., T. Iwamoto, and M. Takasaki. "Aspiration and Infection in the Elderly – Epidemiology, Diagnosis and Management." *Drugs & Aging*, vol. 22, no. 2, 2005, pp. 115-130.

43. Kim, I.N., and E.V. Megeda. "Molecular Gastronomy—An Incentive for Innovative Research of Various Aspects Related to the Nutrition Process." *Fisheries*, 2021, pp. 108-114.

44. Ključevšek, A., and L. Krapic. "Discovering Novel Ingredient Pairings in Molecular Gastronomy Using Network Analysis." *ArXiv*, abs/1602.03719, 2016.

45. Li, J.Y., and A.I. Yeh. "Effects of Starch Properties on Rheological Characteristics of Starch/Meat Complexes." *Journal of Food Engineering*, vol. 57, 2003, pp. 287-294. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00309-6](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00309-6).

46. Liberman, V. "Molecular Gastronomy." *Encyclopedia of Food and Agricultural Ethics*, 2019.
47. Lin, L.C., et al. "Prevalence of Impaired Swallowing in Institutionalized Older People in Taiwan." *Journal of the American Geriatrics Society*, vol. 50, no. 6, 2002, pp. 1118-1123.
48. Masaki, S., and T. Kawamoto. "Comparison of Long-Term Outcomes Between Enteral Nutrition via Gastrostomy and Total Parenteral Nutrition in Older Persons with Dysphagia: A Propensity-Matched Cohort Study." *PLOS ONE*, vol. 14, 2019.
49. Mizuno, S., H. Wakabayashi, and F. Wada. "Rehabilitation Nutrition for Individuals with Frailty, Disability, Sarcopenic Dysphagia, or Sarcopenic Respiratory Disability." **Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care**, vol. 25, 2021, pp. 29-36.
50. O'Hara, P.B. "Making Science Palatable with Molecular Gastronomy." *Trends in Chemistry*, 2019.
51. O'Hara, P.B. "Molecular Gastronomy: A Universal Portal to the Molecular Sciences." 2021.
52. Obrenovic, D.M., et al. "Molecular Gastronomy as an Important Segment of Modern Gastronomy in the Catering of Serbia." *Turisticko Poslovanje*, 2019.
53. Peshave, M.A., and S. Dareker. "Molecular Gastronomy for Indian Cuisine." 2019.
54. Precup, G., et al. "Food Processing By-Products and Molecular Gastronomy." 2021.
55. Precup, G., et al. "Ethical Perspectives on Molecular Gastronomy: Food for Tomorrow or Just a Food Fad?" *Professionals in Food Chains*, 2018.
56. Puisieux, F., et al. "Troubles de la Déglutition du Sujet Âgé et Pneumopathies en 14 Questions/Réponses." *Revue des Maladies Respiratoires*, vol. 26, no. 6, 2009, pp. 587-605.
57. Raheem, D., et al. "Texture-Modified Food for Dysphagic Patients: A Comprehensive Review." *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 18, 2021.
58. Rofes, L., et al. "Diagnosis and Management of Oropharyngeal Dysphagia and Its Nutritional and Respiratory Complications in the Elderly." *Gastroenterology Research and Practice*, 2011, p. 818979.

59. Rogers, M.A., et al. "Edible Oleogels in Molecular Gastronomy." *International Journal of Gastronomy and Food Science*, vol. 2, 2014, pp. 22-31.
60. Sacchi, R., et al. "Extra Virgin Olive Oil: From Composition to 'Molecular Gastronomy'." *Cancer Treatment and Research*, vol. 159, 2014, pp. 325-338.
61. Sawalha, H., et al. "The Influence of the Type of Oil Phase on the Self-Assembly Process of γ -Oryzanol + β -Sitosterol Tubules in Oleogel Systems." *European Journal of Lipid Science and Technology*, vol. 115, 2013, pp. 295-300.
62. Shemet, V., O.I. Hulaj, and I. Moroz. "Physicochemical Aspects of Molecular Gastronomy." *Scientific Works of National University of Food Technologies*, 2021.
63. Shimizu, A., et al. "Nutritional Management Enhances the Recovery of Swallowing Ability in Older Patients with Sarcopenic Dysphagia." *Nutrients*, vol. 13, 2021.
64. Sivakumaran, K., and W. Prabodhani. "An Overview of the Applications of Molecular Gastronomy in the Food Industry." *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, vol. 3, 2018, pp. 35-40.
65. Smith, R., et al. "A Review of the Impact of Food Design on the Mealtimes of People with Swallowing Disability Who Require Texture-Modified Food." *International Journal of Food Design*, 2022.
66. Spence, C., and J. Youssef. "Assessing the Long-Term Impact of the Molecular Gastronomy Movement on Haute Cuisine." *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 2018.
67. Speyer, R., et al. "White Paper by the European Society for Swallowing Disorders: Screening and Non-Instrumental Assessment for Dysphagia in Adults." *Dysphagia*, vol. 37, 2021, pp. 333-349.
68. Spjelkavik, A.I., et al. "Forming MOFs into Spheres by Use of Molecular Gastronomy Methods." *Chemistry*, vol. 2029, 2014, pp. 8973-8978.
69. Stading, M. "Bolus Rheology of Texture-Modified Food - Effect of Degree of Modification." *Journal of Texture Studies*, 2021.
70. Stortz, T.A., and A.G. Marangoni. "Heat Resistant Chocolate." *Trends in Food Science and Technology*, vol. 22, 2011, pp. 201-214.

71. Terech, P., et al. "Oleogels and Aerogels of Racemic and Chiral 12-Hydroxyoctadecanoic Acid." *Langmuir*, vol. 10, no. 10, 1994, pp. 3406-3418.
72. Terech, P., et al. "Oleogels and Aerogels of Racemic and Chiral 12-Hydroxyoctadecanoic Acid." *Langmuir*, vol. 10, no. 10, 1994, pp. 3406-3418.
73. This, H. "An Essay on Gastronomics, a Part of Foodomics for Molecular Gastronomy." 2021.
74. Vilgis, T.A. "Hydrocolloids Between Soft Matter and Taste: Culinary Polymer Physics." *International Journal of Gastronomy and Food Science*, vol. 1, 2012, pp. 46-53.
75. Wang, H., and J. Wang. "An Analysis on the Influence of Molecular Gastronomy on the Chinese Cooking Development." *Journal of Culinary Science & Technology*, vol. 14, 2016, pp. 191-197.
76. World Health Organization. *International Classification of Diseases (ICD)*. World Health Organization, 2010.
77. Xie, Y., et al. "Advances in the Potential Application of 3D Food Printing to Enhance Elderly Nutritional Dietary Intake." *Foods*, vol. 12, 2023.
78. Xu, G., et al. "Pea Protein Isolates Affected by Ultrasound and NaCl Used for Dysphagia's Texture-Modified Food: Rheological, Gel, and Structural Properties." *Food Hydrocolloids*, 2023.
79. Yi, Y.G., et al. "Dysphagia-Related Quality of Life in Adults with Cerebral Palsy on Full Oral Diet Without Enteral Nutrition." *Dysphagia*, vol. 34, 2019, pp. 201-209.
80. Youssef, M.K., and S. Barbut. "Effects of Protein Level and Fat/Oil on Emulsion Stability, Texture, Microstructure and Color of Meat Batters." *Meat Science*, vol. 82, 2009, pp. 228-233.
81. Zuercher, P., et al. "Dysphagia in the Intensive Care Unit: Epidemiology, Mechanisms, and Clinical Management." *Critical Care*, vol. 23, 2019.

Πηγές Εικόνων

Εικόνα 1.1 Προσωπικό αρχείο

Εικόνα 2.1 Anatomical Chart Co. (n.d.). Upper Gastrointestinal System drugs. basicmedicalkey.com. <https://basicmedicalkey.com/upper-gastrointestinal-system-drugs/>

Εικόνα 2.2 Nasir M. Jaffer, Edmund Ng, Frederick Wing-Fai Au, & Catriona M. Steele. (2014). Fluoroscopic evaluation of oropharyngeal dysphagia: anatomic, technical, and common etiologic factors. *American Journal of Roentgenology*. <https://doi.org/10.2214/AJR.13.12374>

Εικόνα 2.3 Nasir M. Jaffer, Edmund Ng, Frederick Wing-Fai Au, & Catriona M. Steele. (2014). Fluoroscopic evaluation of oropharyngeal dysphagia: anatomic, technical, and common etiologic factors. *American Journal of Roentgenology*. <https://doi.org/10.2214/AJR.13.12374>

Εικόνα 2.4 Nasir M. Jaffer, Edmund Ng, Frederick Wing-Fai Au, & Catriona M. Steele. (2014). Fluoroscopic evaluation of oropharyngeal dysphagia: anatomic, technical, and common etiologic factors. *American Journal of Roentgenology*. <https://doi.org/10.2214/AJR.13.12374>

Εικόνα 2.5 Rassameehiran, S., Klomjit, S., Mankongpaisarnrung, C., & Rakvit, A. (2015). Postextubation Dysphagia. *Baylor University Medical Center Proceedings*, 28(1), 18–20. <https://doi.org/10.1080/08998280.2015.11929174>

Εικόνα 2.6 O Chaigasame. (2024). Aspiration pneumonia. StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK526116/figure/article-27364.image.f2/?report=objectonly>

Εικόνα 2.7 Lisa Rademakers. (2016, November 16). Water Swallow Test Proves to Be Most Sensitive for Dysphagia. *John Hopkins Medicine*. <https://www.hopkinsmedicine.org/news/articles/2016/11/water-swallow-test-proves-to-be-most-sensitive-for-dysphagia>

Εικόνα 2.8 FEES. (n.d.). [jshcanada.org. https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fzckuo.jshcanada.org%2Farticle%2Ffrmqvda.html&psig=AOvVaw09c7jWUh4c6KTzKhvJDCVB&ust=1722763978128000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CAMQjB1qFwoTcliGzo7C2lCDFQAAAA](https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fzckuo.jshcanada.org%2Farticle%2Ffrmqvda.html&psig=AOvVaw09c7jWUh4c6KTzKhvJDCVB&ust=1722763978128000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CAMQjB1qFwoTcliGzo7C2lCDFQAAAA)

AdAAAAABAJ

Εικόνα 2.9 VideoFluoroscopic swallowing Study – VFSS. (2022, June 26). Medical Graphics. <https://www.medicalgraphics.de/en/project/videofluoroscopic-swallowing-study-vfss/>

Εικόνα 2.10 Παρασκευή Δετοπούλου. (2022). IDDSI_Framework_Descriptors_V2_Final_Greek.

https://iddsi.org/IDDSI/media/images/Translations/IDDSI_Framework_Descriptors_V2_Final_Greek_Feb_2021.pdf

Εικόνα 3.1 Pear Pearls. (n.d.). Special Ingredients Europe. <https://recipes.specialingredientseurope.com/en/pear-pearls-recipe/>

Εικόνα 3.2 What does gelation in pastry consist of? (n.d.). Jordibordas. <https://jordibordas.com/en/blog/en-que-consiste-la-gelificacion-en-pasteleria/>

Εικόνα 3.3 Heston Blumenthal's Egg and Bacon Ice Cream. (2023, June 10). bigspud.co.uk. <https://bigspud.co.uk/heston-blumenthals-egg-and-bacon-ice-cream/>

Εικόνα 3.4 Enrico Vignoli, Yoji Tokuyoshi, Massimo Bottura, Bollito misto non-bollito, International Journal of Gastronomy and Food Science, Volume 2, Issue 1, 2014, Pages 51-54, ISSN 1878-450X, <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2014.01.001>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878450X1400002X>)

Εικόνα 3.5 Will Soutter. (2013, April 11). Nanoencapsulation for nutrient delivery. azonano.com. <https://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=3226>

Εικόνα 4.1 Spherification. (n.d.). Molecular Gastronomy Independent Study. <http://eliseandgraciecookwithscience.blogspot.com/2017/03/spherificaation.html>

Εικόνα 4.2 Cocktail in a Sphere: Mojito spherification recipe. (2018). souschef.co.uk. <https://www.souschef.co.uk/blogs/the-bureau-of-taste/cocktail-in-a-sphere-mojito-spherification>

Εικόνα 4.3 Chao, C., Hwang, J.S., Kim, I., Choi, R., Kim, H.W., & Park, H.J. (2022). Coaxial 3D printing of chicken surimi incorporated with mealworm protein isolate as texture-modified food for the elderly. Journal of Food Engineering. p.4

Εικόνα 4.4 D'angelo, G., Hansen, H.N., & Hart, A.J. (2016). Molecular Gastronomy Meets 3D Printing: Layered Construction via Reverse Spherification. p. 155

Εικόνα 4.5 Rogers, M.A., Strober, T., Bot, A., Toro-Vázquez, J.F., Stortz, T.A., & Marangoni, A.G. (2014). Edible oleogels in molecular gastronomy. International Journal of Gastronomy and Food Science, 2, p.27.