



ΙΟΝΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΙΤΛΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ:

<<Ενισχυτικά γεύσης & οσμής>>



ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ: Κουβέλη-Παντζή Μαρία (Α.Μ. 15063)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Ευσταθία Σκώττη

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Ευχαριστίες

Περίληψη

Η παρούσα μελέτη αφορά μια βιβλιογραφική ανασκόπηση για τα ενισχυτικά γεύσης και οσμής που χρησιμοποιούνται στην επιστήμη των τροφίμων. Έρευνες αποδεικνύουν ότι η αποδοχή των τροφίμων από το καταναλωτικό κοινό κρίνεται πρωταρχικά από το οργανοληπτικό προφίλ του τροφίμου. Κατ'επέκταση είναι ένας μεγάλος κλάδος που απασχολεί την βιομηχανία των τροφίμων αλλά και το νομοθετικό πλαίσιο που τα πλαισιώνει, συμπεριλαμβανόμενα στα πρόσθετα τροφίμων. Τα ενισχυτικά γεύσης χημικά διακρίνονται στα αμινοξέα και τα άλατα όπως το γλουταμικό οξύ και τα νουκλεοτίδια όπως είναι το μονοφωσφωρικό μονονάτριο. Καθοριστικής σημασίας κρίνεται η συνέργεια μεταξύ των διαφορετικών συστατικών σε ένα σύστημα τροφίμων, ενώ αναφορικά με τη σύνθεση του γλουταμικού οξέος αυτή βασίζεται στην βιομετατροπή της γλυκόζης. Επιπρόσθετα, τα ενισχυτικά γεύσης και οσμής παρουσιάζουν ευρεία χρήση ιδιαίτερα σε προϊόντα κρέατος, προϊόντα ασιατικής κουζίνας, ζωμούς, σούπες και προϊόντα instant όπως noodles. Για την ενσωμάτωση των ενισχυτικών κρίσιμες είναι οι χαρακτηριστικές χημικές και φυσικές ιδιότητες τους, ιδίως η διαλυτότητα τους με το MSG να παρουσιάζει την υψηλότερη διαλυτότητα στο νερό. Τέλος, η χρήση τους πρέπει να γίνεται με σύνεση δεδομένου των πιθανών επιβλαβών επιπτώσεων που παρουσιάζουν όπως νευροτοξικότητα, ηπατοτοξικότητα, σχετίζονται με την παχυσαρκία και τον διαβήτη και την γονιδιατοξικότητα.

Abstract

The present study is a literature review on enhanced flavors and odors reported in food science. Research proves that the acceptance of food by the consumer public is primarily judged by the organoleptic profile of the food. Extension is a large branch that concerns the food industry as well as the legislative framework that frames them, including food additives. Enhanced chemical flavors are distinguished in amino acids and salts such as glutamic acid and nucleotides such as monophosphorus. Of decisive importance is the synergy between the different components in a food system, while with regard to the synthesis of glutamic acid, this is based on the biotransformation of glucose. In addition, flavor and aroma enhancers are widely used especially in meat products, Asian cuisine products, broths, soups and instant products such as noodles. For the incorporation of enhancers, their characteristic chemical and physical properties are crucial, especially their solubility, with MSG showing the highest solubility in water. Finally, their use should be done with caution given the possible harmful effects they present such as neurotoxicity, hepatotoxicity, obesity and diabetes related and genotoxicity.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	2
Περίληψη	3
Abstract	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ	8
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
Ενισχυτικά γεύσης και οσμής & νομοθεσία	10
Ιστορικό υπόβαθρο	12
Κεφάλαιο 2: Κατηγορίες των Ενισχυτικών Γεύσης και Οσμής	13
2.1 Αμινοξέα και Άλατα	14
2.2.1 Χημικές Ιδιότητες	16
2.2.2 Φυσικές Ιδιότητες	18
2.2 Νουκλεοτίδια	18
2.2.1 Χημικές Ιδιότητες	19
Συνέργεια	20
2.3. Παραγωγή	28
Κεφάλαιο 3. Χρήση των ενισχυτικών γεύσης και οσμής	31
Εισαγωγή	31
3.1. Σε ποια τρόφιμα χρησιμοποιούνται	34
3.2. Μέθοδοι Χρήσης	47
3.3. Βιομηχανίες στην Ελλάδα που χρησιμοποιούν ενισχυτικά	48
Κεφάλαιο 4. Ενισχυτικά γεύσης και Οσμής & Ανθρώπινη Υγεία	50
4.1. Απορρόφηση και Μεταβολισμός	50
4.2. Επιπτώσεις ενισχυτικών γεύσης και οσμής	51
Παχυσαρκία και διαβήτης	52
Επίδραση στο καρδιαγγειακό σύστημα	53
Οξειδωτικό στρες και ηπατοτοξικότητα	53
Νευροτοξικότητα	54
Επίδραση στο ανοσοποιητικό	54
Αναπαραγωγική τοξικότητα	54
Γονιδοτοξικότητα	54
Επιδράσεις στο απεκκριτικό σύστημα	55

Διαταραχή της αναπνοής στον ύπνο (SDB)	55
Συμπεράσματα	56
Βιβλιογραφία	57
Baines D. & Seal R. (2012), Natural Food Additives, Ingredients and Flavourings, ISBN	57

Περιεχόμενα διαγραμμάτων

Figure 1. Διαγραμματική αναπαράσταση καταναλωτικών επιρροών- Παράγοντες που διαμορφώνουν τις καταναλωτικές προτιμήσεις (Clark J., 1998)	9
Figure 2. Χημικές δομές γλουταμικού οξέος και άλλων αλάτων αμινοξέων με γεύση umami (Baines, D., 2016)	17
Figure 3. Χημικές δομές νουκλεοτιδίων ινοσινικό δινάτριο (IMP) και γουανυλικό δινάτριο (GMP) (Baines, D., 2016)	19
Figure 4. Απεικόνιση αλληλεπιδράσεων (Russell S.J et al., 2003)	26
Figure 5. Απεικόνιση μικροβιακών μεταβολικών διεργασιών προς παραγωγή γλουταμινικού οξέος (Sanchez, S., 2014)	29
Figure 6. Μεταβολική οδός για την παραγωγή γλουταμινικού οξέος από το <i>Corynebacterium glutamicum</i> (Gopinath V., 2014)	30
Figure 7. Επιβλαβείς επιδράσεις του MSG στην ανθρώπινη υγεία (Hajihassani M. M. et al., 2020)	52

Περιεχόμενα εικόνων

Εικόνα 1. Απεικόνιση γευστικών καλύκων (Zeece M., 2020)	32
--	----

Περιεχόμενα πινάκων

Πίνακας 1. Κατάλογος με ενισχυτικά/βελτιωτικά γεύσης (ΕΚ 1333/2008)	12
Πίνακας 2. Φυσική περιεκτικότητα σε γλουταμικό σε ποικίλα τρόφιμα (Baines, D., 2016)	15
Πίνακας 3. Ποσοτικοποίηση γεύσης umami των ενώσεων που απεικονίζονται στο Figure 2. (Baines, D., 2016)	17
Πίνακας 4. Ο ρόλος κάθε συστατικού στη γεύση των συνθετικών εκχυλισμάτων θαλασσινών Fuke S. & Ueda Y. (1996)	23
Πίνακας 5. Περιεκτικότητα σε IMP, GMP και AMP σε διάφορα τρόφιμα (Baines, D., 2016)	27
Πίνακας 6. Μέσες συγκεντρώσεις κατωφλίου ανίχνευσης για νουκλεοτίδια παρουσία διαφορετικών συγκεντρώσεων MSG (Baines, D., 2016)	28
Πίνακας 7. Η επίδραση της αύξησης της αναλογίας MSG προς IMP ή GMP σε σχετική ένταση umami (Baines, D., 2016)	28

Πίνακας 8. Σχετική γλυκύτητα διαφόρων ενώσεων (Zeece M., 2020).....	34
Πίνακας 9. Υποκατάστατα σακχάρων και σχετική γλυκύτητα (Zeece M., 2020)	35
Πίνακας 10. Πικρή γεύση και προσδιορισμός πικράδας (Zeece M., 2020).....	36
Πίνακας 11. Γλουταμινικό στα τρόφιμα (mg/100g)	36
Πίνακας 12. Τρόφιμα με ενισχυτικά γεύσης ή οσμής (Baines D., 2016)	37
Πίνακας 13. Νουκλεοτίδια στα τρόφιμα (mg/100g) (Zeece M., 2020)	38
Πίνακας 14. Τρόφιμα, οξέα και αίσθηση ξινού (Zeece M., 2020)	38
Πίνακας 15. Χρήσεις ενισχυτικών γεύσης και οσμής (Khodjaeva U. et al., 2013)	39

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αποδοχή των τροφίμων επηρεάζεται από πλήθος παραμέτρων, οι οποίοι μπορεί να καθορίζονται τόσο από τον άνθρωπο, το ίδιο το φαγητό είτε από τον χώρο, όπου καταναλώνεται το φαγητό αυτό. Η αποδοχή μπορεί να οριστεί ως ένα υποκειμενικό μέτρο που, στον πυρήνα της, βασίζεται στην ευχαρίστηση και επομένως επηρεάζεται από τις αισθητηριακές ιδιότητες του φαγητού, την προηγούμενη έκθεση σε τρόφιμα ή επακόλουθες προσδοκίες, σχετικούς παράγοντες, προσωπική κουλτούρα, φυσιολογικές συνθήκες και πολλές άλλες μεταβλητές. Η μέτρηση της αποδοχής των τροφίμων είναι μια εξαιρετικά περίπλοκη διαδικασία που βασίζεται σε ψυχομετρικά (κλίμακες) ή/και μοντέλα συμπεριφοράς (μοντέλα επιλογής τροφίμων) (Murray J.M., 2003).

Η κατανάλωση τροφίμων γίνεται για πλήθος αιτιών. Ο πιο προφανής και σημαντικός λόγος είναι η διασφάλιση της υγείας μας, ενώ όπως κάθε έμβιο ον, χρειαζόμαστε τροφή για να παραμείνουμε ζωντανοί. Ωστόσο, σε μια κοινωνία όπου η προσφορά τροφίμων, η ασφάλεια και η διατροφή είναι δεδομένα, αλλά τα ζητήματα έχουν προτεραιότητα. Η επιλογή των τροφίμων από τους καταναλωτές έχει γίνει πιο σημαντική. Μια καθοριστική παράμετρος επιλογής είναι η απόλαυση που προσφέρει η κατανάλωση ενός τροφίμου. Στην πραγματικότητα, πολλά τρόφιμα καταναλώνονται σχεδόν εξ ολοκλήρου για την αξία ευχαρίστησης που προσφέρουν. Προϊόντα όπως ο καφές, η σοκολάτα, το παγωτό και το αλκοόλ είναι τυπικά πρότυπα κατανάλωσης τροφίμων και ποτών που ενισχύουν τις θετικές ψυχικές καταστάσεις διεγείροντας τις αισθήσεις των καταναλωτών (Clark J., 1998).

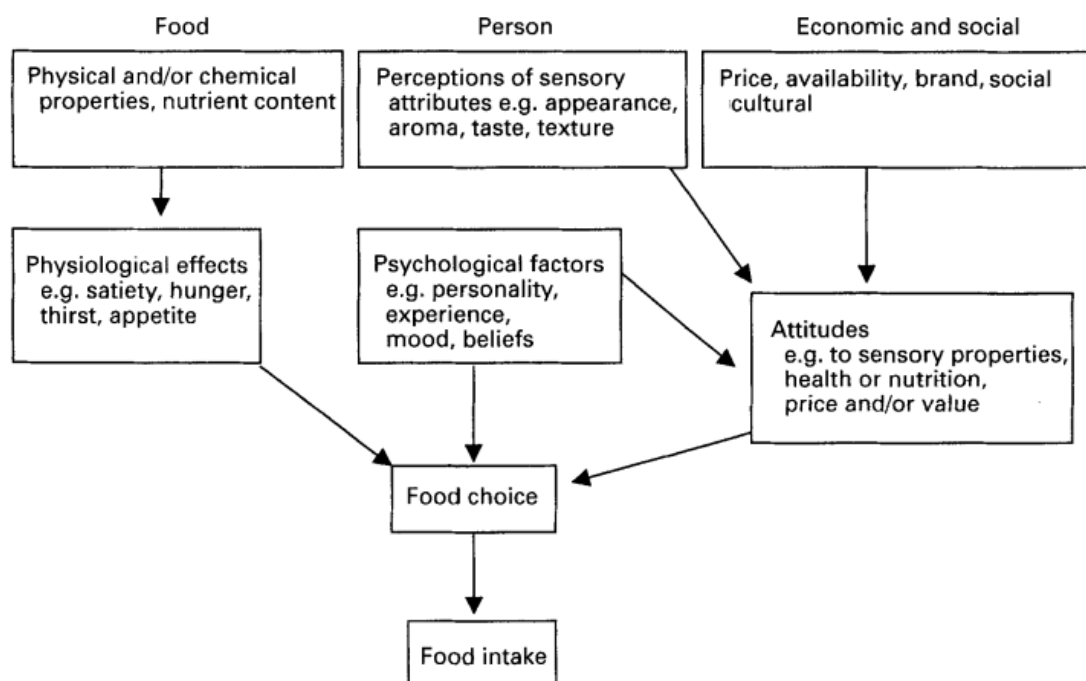


Figure 1. Διαγραμματική αναπαράσταση καταναλωτικών επιρροών- Παράγοντες που διαμορφώνουν τις καταναλωτικές προτιμήσεις (Clark J., 1998)

Πολλά μοντέλα, όπως αυτό που φαίνεται στο Figure 1., έχουν αναπτυχθεί για να λάβουν υπόψη διάφορους παράγοντες, όπως ποιοτικά χαρακτηριστικά, που επηρεάζουν την επιλογή των τροφίμων από τους καταναλωτές. Το συνολικό οργανοληπτικό προφίλ ενός τροφίμου κρίνεται πρώτιστης σημασίας για την αποδοχή από τους καταναλωτές (Clark J., 1998).

Πολλά συστατικά τροφίμων, συμπεριλαμβανομένου του γλουταμινικού νατρίου (MSG), του NaCl και των γλυκαντικών, έχουν χρησιμοποιηθεί ως «βελτιωτικά γεύσης» στα τρόφιμα. Τα βελτιωτικά γεύσης και οσμής αποτελούν πρόσθετα μόρια που δημιουργούν επιπλέον αισθήσεις γεύσης ή όσφρησης διεγείροντας γευστικούς κάλυκες ή/και οσφρητικούς υποδοχείς. Αξίζει, ωστόσο, να σημειωθεί ότι τα ενισχυτικά γεύσης όπως το γλουταμινικό, το αλάτι και τα γλυκαντικά δεν ενισχύουν στην πραγματικότητα άλλες χημειοαισθητηριακές ιδιότητες, αλλά μπορεί να συμβάλλουν σε άλλες ιδιότητες, δηλαδή χαρακτηριστική γεύση κρέατος, αλμυρή ή γλυκιά, αντίστοιχα γεύση (Schiffman S.S., 2003).

Παράλληλα, η χρήση των ενισχυτικών γεύσης και οσμής βασίζεται στην τάση της εποχής όπου οι καταναλωτές επικεντρώνουν την προσοχή τους και στρέφονται σε πιο υγιεινές επιλογές. Τα εναλλακτικά τρόφιμα λοιπόν και νέες προτιμήσεις των καταναλωτών αλλά και διεθνείς στόχοι προς βελτίωση των διατροφικών επιλογών, εντείνουν τον προβληματισμό των βιομηχανιών τροφίμων για τα εξής ζητήματα. Όπως πως θα μειώσουν την περιεκτικότητα σε λίπος ή σακχάρων στα τρόφιμα χωρίς να υποβαθμιστούν οι οργανοληπτικές ιδιότητες (Clark J., 1998).

Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η μείωση της χρήσης θερμιδικών γλυκαντικών σε ροφήματα με ζάχαρη, ενώ η διατήρηση της γλυκύτητας αποτελεί μείζον μέλημα στη βιομηχανία τροφίμων, καθώς πολλοί καταναλωτές σε όλο τον κόσμο πρέπει να μειώσουν την πρόσληψη ζάχαρης λόγω της αυξανόμενης παγκόσμιας κρίσης παχυσαρκίας. Ορισμένα πτητικά που απομονώνονται από φρούτα φαίνεται να προσφέρουν έναν πολλά υποσχόμενο τρόπο ενίσχυσης της αντίληψης της γλυκύτητας χωρίς να αυξάνεται το θερμιδικό φορτίο της τροφής. Ωστόσο, ενώ τα αυξανόμενα εμπειρικά στοιχεία υποδηλώνουν ότι αυτή είναι μια πολλά υποσχόμενη στρατηγική, υπάρχουν ακόμα αναπάντητα ερωτήματα που πρέπει να απαντηθούν για να βελτιστοποιηθεί η επίδραση της προσθήκης πτητικών γεύσεων στη γλυκύτητα. Μια άλλη ενδιαφέρουσα ερώτηση είναι εάν τα πτητικά συνδέονται μόνο με γευστικές ιδιότητες ως αποτέλεσμα της συνειρμικής μάθησης ή εάν υπάρχει κάποια μυρωδιά, για παράδειγμα, φυσική γλυκύτητα (Spence C., 2021).

Ενισχυτικά γεύσης και οσμής & νομοθεσία

Η νομοθεσία (ΕΚ 1333/2008) ορίζει ως ενισχυτικά γεύσης τις ουσίες που βελτιώνουν τη γεύση ή την οσμή των τροφίμων (Νομοθεσία). Η «ποιότητα» της γεύσης είναι ένας περιγραφικός όρος που ομαδοποιεί τις αισθήσεις που προκαλούνται από γευστικές ενώσεις. Υπάρχουν πέντε βασικές γεύσεις που δοκιμάζουμε: γλυκό, ξινό, αλμυρό, πικρό και umami (Russell S.J et al., 2003).

Τα ενισχυτικά γεύσης και οσμής αναφέρονται στα πρόσθετα τροφίμων στο άρθρο 33. Η Ευρωπαϊκή Κοινότητα έχει καθιερώσει ένα σύστημα αρίθμησης των επιτρεπομένων προσθέτων κατά το νομοθετικό πλαίσιο και αποτελεί ένα διεθνές σύστημα κωδικοποίησης. Η κωδική ονομασία κάθε προσθέτου συνοδεύεται και από το γράμμα E το οποίο ακριβώς δηλώνει ότι είναι επιτρεπόμενο και ακολουθεί ένας αριθμός, του οποίου το πρώτο ψηφίο δείχνει την κατηγορία του προσθέτου όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

Κατηγορία	Αριθμός E
Χρωστικές	E100-180
Συντηρητικά και αντιοξειδωτικά	E 200-321
Γαλακτωματοποιητές, σταθεροποιητές, πηκτωματοποιητές	E322-495
Παράγοντες επεξεργασίας (πυκνωτικά μέσα, μέσα οξίνισης, αντισυσσωματικά, υγροσκοπικά μέσα, διογκωτικά κ.ά.)	E500-585
Ενισχυτικά γεύσης	E620-640
Υλικά επικάλυψης	E900-914
Βελτιωτικά αλεύρων	E920-928
Αέρια συσκευασίας	E941-948
Γλυκαντικά	E950-967
Βελτιωτικά γεύσης	Δεν χαρακτηρίζονται με αριθμό E

Η νομοθεσία ορίζει ως «πρόσθετο τροφίμων» κάθε ουσία που κανονικά δεν καταναλώνεται από μόνη της ως τρόφιμο και δεν χρησιμοποιείται συνήθως ως χαρακτηριστικό συστατικό τροφίμου, είτε έχει θρεπτική αξία είτε όχι, και η οποία προστίθεται σκόπιμα σε ένα τρόφιμο με τεχνολογικό στόχο, κατά την παραγωγή, την επεξεργασία, τη προετοιμασία, την επεξεργασία, τη συσκευασία, τη μεταφορά ή αποθήκευση αυτού του τροφίμου έχει ως αποτέλεσμα, ή εύλογα αναμένεται, η ουσία ή τα παράγωγά της να γίνουν άμεσα ή έμμεσα συστατικό αυτών των τροφίμων (ΕΚ 1333/2008).

Πίνακας 1. Κατάλογος με ενισχυτικά/βελτιωτικά γεύσης (ΕΚ 1333/2008)

E 620	Γλουταμικό οξύ	10 g/kg, μόνα τους ή σε συνδυασμό, υπολογιζόμενα ως γλουταμικό οξύ
E 621	Οξινο γλουταμινικό νάτριο	
E 622	Οξινο γλουταμινικό κάλιο	
E 623	Οξινο γλουταμινικό ασβέστιο	
E 624	Οξινο γλουταμινικό αμμώνιο	
E 625	Οξινο γλουταμινικό μαγνήσιο	
E 626	Γουανιλικό οξύ	500 mg/kg, μόνα τους ή σε συνδυασμό, υπολογιζόμενα ως γουανιλικό οξύ
E 627	Γουανιλικό νάτριο	
E 628	Γουανιλικό κάλιο	
E 629	Γουανιλικό ασβέστιο	
E 630	Ινοσινικό οξύ	
E 631	Ινοσινικό νάτριο	
E 632	Ινοσινικό κάλιο	
E 633	Ινοσινικό ασβέστιο	
E 634	Άλατα με ασβέστιο των 5'-ριβονουκλεοτιδίων	
E 635	Άλατα με νάτριο των 5'-ριβονουκλεοτιδίων	

Ιστορικό υπόβαθρο

Τα πρόσθετα τροφίμων χρησιμοποιούνται εδώ και αιώνες, και υπάρχουν πολλά διαφορετικά είδη διαθέσιμα σήμερα. Μερικά χρησιμοποιούνται για να βελτιώσουν τη γεύση του φαγητού, ενώ άλλα χρησιμοποιούνται για να κάνουν τα τρόφιμα πιο ασφαλή για κατανάλωση. Η ποιότητα των τροφίμων και των ποτών είναι απαραίτητη για τη βελτίωση της συνολικής διατροφικής εμπειρίας. Η παλαιότερη καταγραφή στην ιστορία της προσθήκης προσθέτων τροφίμων ανάγεται στον αρχαίο αιγυπτιακό πάπυρο γύρω στο 1500 π.Χ., όπου τα πρόσθετα

τροφίμων προστίθενται στα τρόφιμα κατά την παρασκευή ή τη συσκευασία για να τροποποιήσουν χημικές, βιολογικές, αισθητηριακές ή φυσικές ιδιότητες και τα περισσότερα από αυτά δεν περιέχουν πολύτιμα θρεπτικά συστατικά. (Shafaq A. et al., 2020).

Είναι ενδιαφέρον ότι στα τέλη του 1900, το umami αναγνωρίστηκε παγκοσμίως ως το πέμπτο απαραίτητο άρωμα που βασίζεται σε ψυχοφυσικές, ηλεκτροφυσιολογικές και βιοχημικές μελέτες. Εντοπίστηκαν τρεις υποδοχείς umami (T1R1 + T1R3, mGluR4 και mGluR1) και ταυτοποιήθηκαν (Kenzo K., 2015).

Το γλουταμινικό οξύ απομονώθηκε για πρώτη φορά από ένα όξινο προϊόν υδρόλυσης γλουτένης σίτου από τον Γερμανό χημικό Karl Ritthausen το 1866. 42 χρόνια αργότερα, το 1908, ο Ιάπωνας βιοχημικός Kikunae Ikeda ανακάλυψε το MSG σε μια προσπάθειά του να απομονώσει και να αντιγράψει την αλμυρή γεύση του kumibu (βρώσιμο ιαπωνικό φύκι, που χρησιμοποιείται ως βάση για πολλές σούπες). Το IMP είναι το δινάτριο άλας του ινοσινικού οξέος, που ανακαλύφθηκε το 1913 από τον Ιάπωνα χημικό Shintaro Kodama. Ένας μαθητής του Kikunae Ikeda, σε νιφάδες παλαμίδας (Katsuoibushi, που χρησιμοποιείται παραδοσιακά ως αρωματικό στην Ιαπωνία). Το GMP είναι το δινάτριο άλας του γουανυλικού οξέος, που ανακαλύφθηκε το 1960 από τον Ιάπωνα χημικό Akira Kuninaka σε ένα ζωμό από μανιτάρια shiitake που χρησιμοποιούνται στην Ιαπωνία εδώ και αιώνες και αυτά σαν αρωματικά. Τέλος, το 1898 έγινε γνωστό ότι το γουανυλικό οξύ έχει αντιφλεγμονώδεις και αντιοξειδωτικές ιδιότητες (Baines, D., 2016).

Κεφάλαιο 2: Κατηγορίες των Ενισχυτικών Γεύσης και Οσμής

Ένα ενισχυτικό γεύσης είναι μια ένωση που ενισχύει το γευστικό αποτέλεσμα ενός συνόλου γευστικών ενώσεων. Μπορεί να το κάνει αυτό εντείνοντας την αίσθηση γεύσης, βελτιώνοντας τη συνολική γεύση ή προσθέτοντας νέες, μοναδικές γεύσεις. Βασίζονται, σε μεγάλο βαθμό, σε αμινοξέα και νουκλεοτίδια. Ωστόσο, χρησιμοποιούνται ως άλατα νατρίου ή ασβεστίου. Τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα βελτιωτικά γεύσης είναι τα άλατα γλυκίνης, γλουταμινικό

μονονάτριο (MSG) και δινάτριου 5'-ινοσίνης (IMP) και 5'-γουανοσίνης δινάτριου (GMP) (Baines, D., 2016).

2.1 Αμινοξέα και Άλατα

Γλουταμινικό οξύ

Το γλουταμινικό οξύ είναι ένα αμινοξύ που αποτελείται από ένα άτομο α-άνθρακα και δύο άτομα γ-άνθρακα. Είναι ένα από τα 20 κοινά αμινοξέα που βρίσκονται στην πρωτεΐνη. Το γλουταμινικό οξύ βρίσκεται, φυσικά, σε πολλά τρόφιμα, συμπεριλαμβανομένων των κρεάτων, των τυριών και των λαχανικών. Επίσης, ιδιαίτερα διαδεδομένο σε τρόφιμα όπως το kombu, το τυρί παρμεζάνα, το τυρί ροκφόρ, η σάλτσα σόγιας, το εκχύλισμα μαγιάς και οι ντομάτες. (Πίνακας 2.) Είναι υπεύθυνο για το umami, μια εκ των πέντε γεύσεων που αισθάνεται ο άνθρωπος.

Ως ενισχυτικό γεύσεων και οσμών, χρησιμοποιείται με τη μορφή άλας νατρίου, γνωστό και ως γλουταμινικό νάτριο (MSG). Ωστόσο δεν υπάρχει μόνο ως άλας νατρίου, αλλά και ως άλατα καλίου, ασβεστίου και αμμωνίου, ανάλογα με το ποια κατιόντα είναι διαθέσιμα για σύνδεση με το γλουταμινικό οξύ. (Baines, D., 2016).

Πίνακας 2. Φυσική περιεκτικότητα σε γλουταμικό σε ποικίλα τρόφιμα (Baines, D., 2016)

<i>Food</i>	<i>Glutamate content (mg 100g⁻¹)</i>
Kombu (kelp)	1608
Parmesan cheese	1680
Emmentaler cheese	308
Cheddar cheese	182
Chicken	22
Beef	10
Pork	9
Alaskan king crab	72
Shrimp	20
Scallop	140
Sweet corn	106
Tomato	246
Potato	10
Spinach	48
Cabbage	50
Green peas	106
Shiitake mushroom (fresh)	71
Soy sauce (Korea)	1246
Fish sauce (Vietnam)	1370
Natto/soybeans (Japan)	136
Douche/soybeans (China)	476
Soumnara/locust beans (West Africa)	1700

Όξινο γλουταμινικό μονονάτριο

Το γλουταμινικό μονονάτριο (MSG) είναι ένα από τα πιο άφθονα αμινοξέα στη φύση. Υπάρχει σε ετερογενείς ομάδες τροφίμων ως ενισχυτικό γεύσης και χρησιμοποιείται είτε ως πρόσθετο τροφίμων (E621) με τη μορφή υδρολυμένης πρωτεΐνης είτε ως καθαρό μονονάτριο άλας (Kazmi et al., 2017).

Έχει μια έντονη γεύση που μοιάζει με τη γεύση της πρωτεΐνης και ως εκ τούτου χρησιμοποιείται, συνήθως, σε τρόφιμα που περιέχουν πρωτεΐνες, όπως κρέας, ψάρια και κοτόπουλο.

Το MSG διεγείρει ειδικούς υποδοχείς που βρίσκονται στους γευστικούς κάλυκες όπως ο υποδοχέας αμινοξέων T1R1/T1R3 ή και άλλους υποδοχείς γλουταμινικού τύπου όπως mGuR4 και mGluR1, οι οποίοι προκαλούν την γεύση “umami”. Η γεύση του γλουταμινικού οξέως προέρχεται από την ελεύθερη μορφή του, στην οποία δε δεσμεύεται από άλλα αμινοξέα σε

πρωτεΐνες. Ωστόσο, από μόνο του το MSG, δεν προσδίδει έντονη τη γεύση umami και γι αυτό είναι σύνηθες, για την ενίσχυση της γεύσης, να αναμειγνύεται με μονοφωσφορική γουανουσίνη(GMP) ή ιονισικό δινάτριο (IMP).

2.2.1 Χημικές Ιδιότητες

Ως πρόσθετο τροφίμων, το γλουταμινικό οξύ έχει χημικές ιδιότητες που βελτιώνουν τη γεύση και την οσμή. Είναι ένα αμφοτερικό μόριο, δηλαδή μπορεί να δέχεται ή να αποδίδει ιόντα υδρογόνου (H^+) ανάλογα με το περιβάλλον του pH. Αλληλεπιδρά εύκολα με άλλα συστατικά καθώς έχει επιφανειακή δράση, δηλαδή αλληλεπιδρά με την επιφάνεια άλλων τροφίμων επιτρέποντας την ανάδευση του MSG όπως απλώνεται ομοιόμορφα στην επιφάνειά τους και βελτιώνει τη γεύση τους. Μεταξύ άλλων χημικών ιδιοτήτων περιλαμβάνονται και η αλληλεπίδραση με οξέα και άλατα και η σταθεροποίηση των τροφίμων.

Το γλουταμινικό οξύ σε ιδανικό pH, έχει τη δυνατότητα να σχηματίσει χαλαρά δεσμευμένο κυκλικό ταυτομέρες μεταξύ των δύο καρβοξυλικών ομάδων Figure 2. (γ). Οι ενώσεις με σχετικές χημικές δομές παρουσιάζουν επίσης κοινές ιδιότητες και έχουν την χαρακτηριστική αίσθηση umami. Παραδείγματα τέτοιων ενώσεων είναι το μονονάτριο D,L-θρεο-β-υδροξυγλουταμινικό Figure 2.(δ), το μονονάτριο D, το L-homocystate (e), το L-ασπαρτικό μονονάτριο (f) και τα L-τριχλωρικό μονονάτριο (g) και L-ιβοτενικό μονονάτριο (η). Η αίσθηση umami που προσδίδει η κάθε επιμέρους ένωση ποσοτικοποιήθηκε και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 3. (Baines, D., 2016)

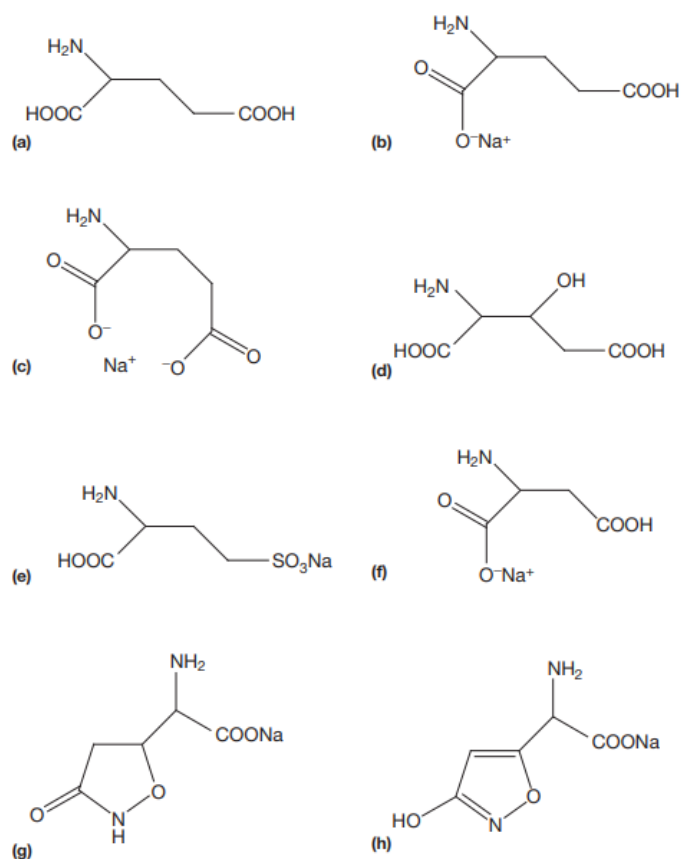


Figure 2. Χημικές δομές γλουταμικού οξέος και άλλων αλάτων αμινοξέων με γεύση umami (Baines, D., 2016)

Πίνακας 3. Ποσοτικοποίηση γεύσης umami των ενώσεων που απεικονίζονται στο Figure 2. (Baines, D., 2016)

<i>Umami substance</i>	<i>Relative umami intensity</i>
MSG	1.00
Monosodium D,L-threo-β-hydroxy glutamate	0.86
Monosodium D,L-homocystate	0.77
Monosodium L-aspartate	0.077
Monosodium L-tricholomate	5–30
Monosodium L-ibotenate	5–30

2.2.2 Φυσικές Ιδιότητες

Το MSG βρίσκεται συνήθως ως λευκή, άοσμη, κρυσταλλική σκόνη. Η οποία διαχωρίζεται σε γλουταμινικό οξύ και ιόντα νατρίου. Το MSG είναι ελεύθερα διαλυτό στο νερό, αλλά δεν είναι υγροσκοπικό και αδιάλυτο σε κοινούς οργανικούς διαλύτες, όπως ο αιθέρας. (Win. C., 1995)

Μια σημαντική ιδιότητα των ενισχυτικών γεύσης είναι η διαλυτότητα, καθώς είναι πρόσθετα τροφίμων και αναμειγνύονται με άλλα συστατικά τροφίμων. Το MSG έχει υψηλή διαλυτότητα σε υγρά. Επίσης, έχει υψηλή αντίσταση στην υγρασία και μπορεί να αποθηκευτεί για μεγάλο χρονικό διάστημα χωρίς να αλλοιωθεί η ποιότητά του. (Baines,D., 2016)

Τέλος, έχει χαμηλό σημείο τήξης και βράσης και σε γενικές γραμμές είναι σταθερό υπό συνθήκες μεταποίησης των τροφίμων, όπως η θερμοκρασία και υψηλή οξύτητα. Σε υψηλές θερμοκρασίες με παρουσία σακχάρων, το MSG δεν διασπάται αλλά παρουσιάζει μία αντίδραση Maillard (μη ενζυμικό καφέτιασμα ή ρόδισμα π.χ. αρτοπαρασκευάσματα, κρέας και πατάτες) . (Ninomiya, Kumiko, 1998)

2.2 Νουκλεοτίδια

Τα νουκλεοτίδια συνδυάζουν μια νουκλεοβάση, ένα σάκχαρο πεντόζης (ριβόζη ή δεοξυριβόζη) και τουλάχιστον μια φωσφορική ομάδα. Το IMP είναι το δινάτριο άλας του ινοσινικού οξέος (Εικόνα 3.) και παίζει σημαντικό ρόλο στο μεταβολισμό. Σχηματίζεται από την απαμίνωση της μονοφωσφορικής αδενοσίνης (AMP). Το GMP είναι το δινάτριο άλας της μονοφωσφορικής γουανοσίνης, που αποτελείται από μια φωσφορική ομάδα, το σάκχαρο ριβόζης πεντόζης και τη νουκλεοβάση γουανίνη (Εικόνα 3.) (Baines, D., 2016).

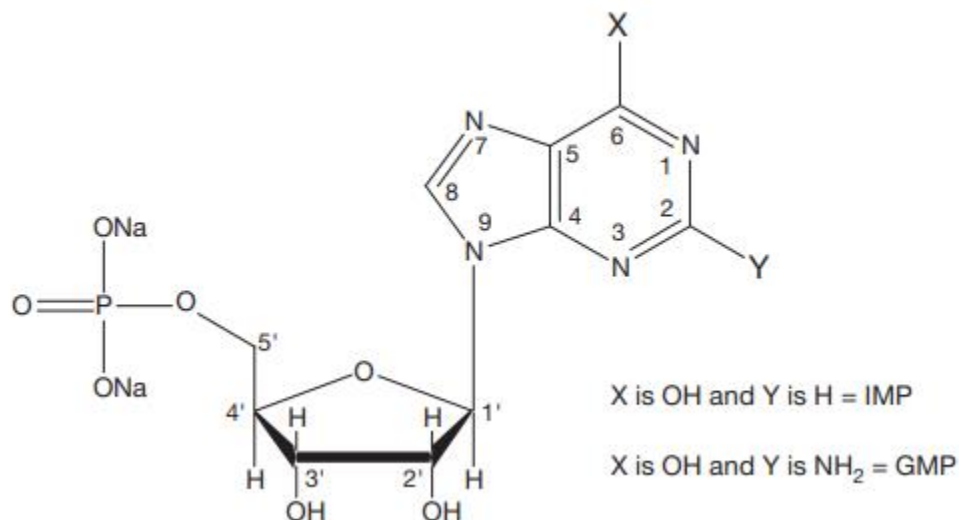


Figure 3. Χημικές δομές νουκλεοτιδίων ινοσινικό δινάτριο (IMP) και γουανυλικό δινάτριο (GMP) (Baines, D., 2016)

2.2.1 Χημικές Ιδιότητες

Ως χημικά ενισχυτικά γεύσης, το IMP και το GMP δίνουν μία «πλούσια» γεύση στα τρόφιμα, ενώ είναι κατάλληλα για βελτίωση της γεύσης των προϊόντων κρέατος, ψαριού και ζυμαρικών. Η χημική ιδιότητα που οδηγεί στην ενίσχυση της γεύσης είναι η ικανότητα να δρουν ως φυσικοί μεταλλάκτες και να αυξάνουν τη γεύση του φαγητού, κυρίως μέσω της αύξησης των αμινοξέων στη γεύση. Το IMP έχει την ιδιότητα να αυξάνει την αντίληψη της γεύσης του αλατιού και της γλυκύτητας στα τρόφιμα καθώς και να βελτιώνει την υφή. Από την άλλη, το GMP βασίζεται κυρίως στη δράση του ως αναμεταδότης γεύσης, καθώς και στην ικανότητα να ενισχύει τη γεύση των αμινοξέων.

2.2.2 Φυσικές Ιδιότητες

Το GMP και IMP έχουν αρκετές φυσικές ιδιότητες που τα καθιστούν χρήσιμα ενισχυτικά γεύσης. Ανάμεσα σε αυτές είναι η υδατοδιαλυτότητα σε νερό αλλά και σε άλλα διαλυτικά, καθώς είναι και τα δύο υδρόφιλα, υψηλή αντοχή στην θερμοκρασία καθώς και η ανθεκτικότητα στις διαδικασίες επεξεργασίας όπως ζέσταμα, ψήσιμο και η κατάψυξη. Επίσης, έχουν υψηλό σημείο τήξης που σημαίνει ότι πρέπει να θερμανθούν σε υψηλές θερμοκρασίες για να λιώσουν, ενώ σε διάφορες συνθήκες PH παρουσιάζουν σταθερότητα.

Συνέργεια

Βελτιώσεις στις οργανοληπτικές ιδιότητες των τροφίμων μπορούν να προκύψουν μέσω συνέργειας, καθώς η συνολική ισχύς του μείγματος είναι μεγαλύτερη από την αναμενόμενη ισχύ με βάση τις επιμέρους συγκεντρώσεις των συστατικών. Έχουν χρησιμοποιηθεί δύο μέθοδοι υπολογισμού του βαθμού συνέργειας: η μία συγκρίνει απλώς τις αντιληπτές εντάσεις των δυαδικών μιγμάτων συγκρίνοντας το άθροισμα των εντάσεων των μη αναμειγμένων συστατικών. Η δεύτερη μέθοδος συγκρίνει την ισχύ ενός δυαδικού μείγματος με τον μέσο όρο των δύο καθαρών συστατικών του μείγματος. Αυτή η συνέργεια κάνει τα γλυκαντικά χαμηλής συγκέντρωσης (όπως η σακχαρίνη ή η ακεσουλφάμη κάλιο) πικρά σε υψηλότερες συγκεντρώσεις, αναμειγμένα με γλυκαντικά που δεν περιέχουν πικρά συστατικά όπως ασπαρτάμη και φρουκτόζη για να επιτευχθεί το επιθυμητό επίπεδο γλυκύτητας. Το συνεργιστικό αποτέλεσμα είναι ετερογενές και ποικίλλει ανάλογα με τη χημική δομή των επιμέρους συστατικών (Schiffman S.S., 2003).

Ανάμεσα σε δύο ή περισσότερα γλυκαντικά υψηλής ισχύος (όπως ασπαρτάμη και ακεσουλφάμη κάλιο), μεταξύ γλυκαντικών υψηλής ισχύος και σακχάρων (όπως ακεσουλφάμη κάλιο και φρουκτόζη) και μεταξύ σακχάρων όπως φρουκτόζη και σακχαρόζη μπορεί να προκύψει συνεργική δράση μεταξύ των δύο γλυκαντικών. Η μεγαλύτερη συνέργεια που βρέθηκε μεταξύ δυαδικών μιγμάτων γλυκαντικών ήταν περίπου 74%. Η μέγιστη συνεργική δράση του τριμερούς μίγματος γλυκαντικού ήταν περίπου 99%. Ο ακριβής μηχανισμός της

συνέργειας είναι άγνωστος. Ωστόσο, η βιοχημική μεταγωγή στα γευστικά κύτταρα μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο (Schiffman S.S., 2003).

Αλληλεπιδράσεις

Συμβαίνουν τρία επίπεδα γευστικών αλληλεπιδράσεων και οι χημικές αλληλεπιδράσεις που συμβαίνουν σε διάλυμα μπορούν να επηρεάσουν άμεσα την αντίληψη της γεύσης. Μια δευτερεύουσα αλληλεπίδραση μεταξύ ενός συστατικού ενός μείγματος και των γευστικών κάλυκων. Οι γνωστικές επιδράσεις των διαφορετικών γευστικών ποιοτήτων θεωρήθηκαν ως σύνολο, όχι μεμονωμένα.

Γλυκό

Τα μείγματα με γλυκαντικά υψηλής έντασης τείνουν να ενισχύουν τη γλυκύτητα. Ένα τυπικό παράδειγμα συνέργειας γλυκύτητας είναι η συνέργεια ασπαρτάμης και ακεσουλφάμης καλίου σε μια σειρά περιεκτικότητας/συγκεντρώσεων. Ακόμα και χαμηλής περιεκτικότητας/συγκέντρωσης ασπαρτάμη με σακχαρίνη.

Umami

Όταν αναμειγνύονται, το γλουταμικό νάτριο (MSG) και το άλας νατρίου ριβονουκλεοτιδίου δινάτριου του 5-δινουκινικού και της γουανυλικής έδειξαν συνέργεια umami/αλμυρού.

Αλμυρό

Τα δεδομένα της μελέτης προέρχονται από τους Breslin και Beauchamp (1995) που μελέτησαν μείγματα NaCl και KCl. Έδειξαν ότι σε χαμηλές συγκεντρώσεις, η αντίληψη της αλμυρότητας ενισχύεται. Αντίθετα, αναστέλλεται σε υψηλότερες συγκεντρώσεις.

Ξινό

Έρευνα των Bartoshuk & Cleveland το 1977 έδειξε ότι η τελική οξύτητα των ασθενών οξέων μετά την αραίωση είναι χαμηλότερη από την αναμενόμενη ξινότητα, που είναι το άθροισμα των μεμονωμένων εντάσεων.

Πικρό

Έρευνα των Bartoshuk & Cleveland το 1977 έδειξε ότι όταν αναμειγνύονται πικρές ενώσεις, η τελική πικράδα είναι χαμηλότερη από το άθροισμα των μεμονωμένων εντάσεων που προβλέπονται. Η ουρία κατέστειλε την πικράδα μιας ποικιλίας πικρών ενώσεων, ενώ το βενζοϊκό δενατόνιο ενίσχυσε την πικρία.

Umami αλληλεπιδράσεις

Ο Woskow (1969) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι τα άλατα νατρίου 5' ριβονουκλεοτιδίων ενισχύουν τις γλυκές και αλμυρές γεύσεις ενώ καταστέλλουν τις ξινές και πικρές γεύσεις σε μέτριες συγκεντρώσεις. Επιπλέον, οι Kemp and Beauchamp (1994) ανέφεραν ότι το MSG δεν είχε καμία επίδραση στις γευστικές ιδιότητες σε επίπεδο κατωφλίου, σε μέτριες/υψηλές συγκεντρώσεις προσέδιδε γλυκύτητα και η πικρία καταστέλλεται, ενώ σε υψηλές συγκεντρώσεις MSG, η αλμυρή γεύση του NaCl ενισχύθηκε τελικά, Keast και Breslin (2002b) βρήκαν ότι το MSG και η μονοφωσφορική αδενosίνη (άλας Na⁺) μπορούν να καταστείλουν την πικρία (Russell S.J et al., 2003).

Η γεύση του MSG ή του ελεύθερου γλουταμινικού οξέος σε διαλύματα ή τρόφιμα ενισχύεται από την παρουσία πολύ μικρών ποσοτήτων νουκλεοτιδίων. Υπάρχει μια ισχυρή γευστική συνέργεια μεταξύ του MSG και των νουκλεοτιδίων και όταν γλουταμινικό οξύ και νουκλεοτίδια προστίθενται σε συνδυασμό, η αύξηση umami υπερβαίνει το άθροισμα της έντασης umami κάθε συστατικού. Επιπλέον, υπάρχουν κάποιες ενδείξεις ότι τα νουκλεοτίδια μπορεί να

μειώσουν το όριο γεύσης του MSG, το οποίο με τη σειρά του μειώνει το ουδό γεύσης του IMP (Πίνακας 2.). (Fuke S. & Ueda Y., 1996).

***Πίνακας 4.** Ο ρόλος κάθε συστατικού στη γεύση των συνθετικών εκχυλισμάτων θαλασσινών
Fuke S. & Ueda Y. (1996)*

Component removed	Effect on synthetic extract				
	Sea urchin ^b	Snow crab ^c	Scallop ^d	Short-necked clam ^e	Dried skipjack ^e
Glutamate	Umami ↓ Sweetness ↑	Umami ↓ Sweetness ↓ Character ↓	Umami ↓ Sweetness ↓ Palatability ↓	Umami ↓ Sweetness ↓ Palatability ↓	Umami ↓ Sweetness ↓
AMP	No effect	Umami ↓	Umami ↓ Sweetness ↓ Palatability ↓	Umami ↓ Sweetness ↓ Palatability ↓	No effect
IMP	Umami ↓ Aftertaste ↓	No effect	No effect	No effect	Umami ↓ Sweetness ↓ Palatability ↓
Glycine	Sweetness ↓ Character ↓ Bitterness ↑	Umami ↓ Sweetness ↓	Sweetness ↓ Palatability ↓	Sweetness ↓	No effect
Alanine	Sweetness ↓ Bitterness ↑	Sweetness ↓	Sweetness ↓	No effect	No effect
Arginine	Umami ↑ Sweetness ↑	Character ↓ Palatability ↓	Character ↓	Character ↓	No effect
Na ⁺	NA	Sweetness ↓ Umami ↓ Character ↓	Umami ↓ Character ↓ Palatability ↓	Sweetness ↓ Umami ↓ Sourness ↓	Sourness ↓ Character ↓ Palatability ↓
Cl ⁻	NA	Palatability ↓	Sweetness ↓ Umami ↓ Palatability ↓	Sweetness ↓ Umami ↓ Palatability ↓	Sourness ↓ Character ↓ Palatability ↓

^a 'Character' refers to the specific characteristic flavor of the seafood. The descriptors used were: umami, sweetness, bitterness, specific flavor, aftertaste, sourness, saltiness, palatability, no effect. Effects on saltiness are not shown

^b Data taken from Ref. 18

^c Data taken from Ref. 2

^d Data taken from Ref. 19

^e Data taken from Ref. 20

↑ indicates flavor characteristic increased when component removed
 ↓ indicates flavor characteristic decreased when component removed
 NA, Not analysed

Γλυκές αλληλεπιδράσεις

Σε χαμηλές συγκεντρώσεις, τα αποτελέσματα των δυαδικών μιγμάτων που περιέχουν ενώσεις που προσδίδουν γλυκύτητα και άλλες βασικές γευστικές ιδιότητες ήταν ποικίλες (αναφορές ενίσχυσης και αναστολής). Σε μέτριες και υψηλές συγκεντρώσεις, η γλυκύτητα ήταν ανασταλτική, ενώ σε υψηλές συγκεντρώσεις, η αλληλεπίδραση μεταξύ πικρής και ξινής γεύσης και γλυκύτητας ήταν ανασταλτική.

Αλμυρές αλληλεπιδράσεις

Τα αλμυρά και ξινά μείγματα επηρεάζουν την ένταση συμμετρικά. Έχει ανασταλτική δράση σε υψηλή συγκέντρωση, αντίθετα, έχει ενισχυμένη δράση σε χαμηλή συγκέντρωση. Όσον αφορά την πικράδα, καταστέλλεται από το αλάτι, και η γεύση του αλατιού δεν επηρεάζεται από την πικράδα. Άλλα στοιχεία δείχνουν ότι το αλάτι ενισχύει τη γλυκύτητα σε χαμηλές συγκεντρώσεις και καταστέλλει τη γλυκύτητα σε μέτρια επίπεδα αλμυρού.

Ξινές αλληλεπιδράσεις

Τα αλμυρά και ξινά μείγματα επηρεάζουν την ένταση συμμετρικά. Υπάρχει ανασταλτικό αποτέλεσμα σε υψηλές συγκεντρώσεις, και αντίστροφα, υπάρχει επίδραση ενίσχυσης σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Σε χαμηλές εντάσεις, η ξινίλα είχε διαφορετική επίδραση στη γλυκύτητα, ενώ σε υψηλότερες συγκεντρώσεις, ένα μείγμα ξινής και γλυκύτητας καταστέλλεται. Τα μείγματα ξινών και πικρών ενώσεων αλληλοενισχύονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις, ενώ σε μέτριες συγκεντρώσεις καταστέλλεται η πικρία και ενισχύεται η ξινίλα.

Πικρές αλληλεπιδράσεις

Οι πικρές αλληλεπιδράσεις είναι επίσης πολύ μεταβλητές. Η πικρία καταστέλλεται από το αλάτι, ενώ η αλμύρα δεν επηρεάζεται από την πικρία. Τα πικρά και τα γλυκά μείγματα επηρεάστηκαν σε διάφορους βαθμούς σε χαμηλές συγκεντρώσεις, ενώ τα μείγματα μεσαίας και υψηλής έντασης αναστέλλουν το ένα το άλλο. Σε χαμηλές συγκεντρώσεις, το μείγμα πικρών και ξινών ενώσεων ενισχύει το ένα το άλλο, και σε μέτριες συγκεντρώσεις, το πικρό ενισχύει την ξινίλα, ενώ το ξινό καταστέλλει την πικράδα. Αντίθετα, σε υψηλές συγκεντρώσεις, η ξινίλα καταστέλλεται από την πικράδα, η οποία επηρεάζεται διαφορετικά από την ξινίλα (Russell S.J et al., 2003).

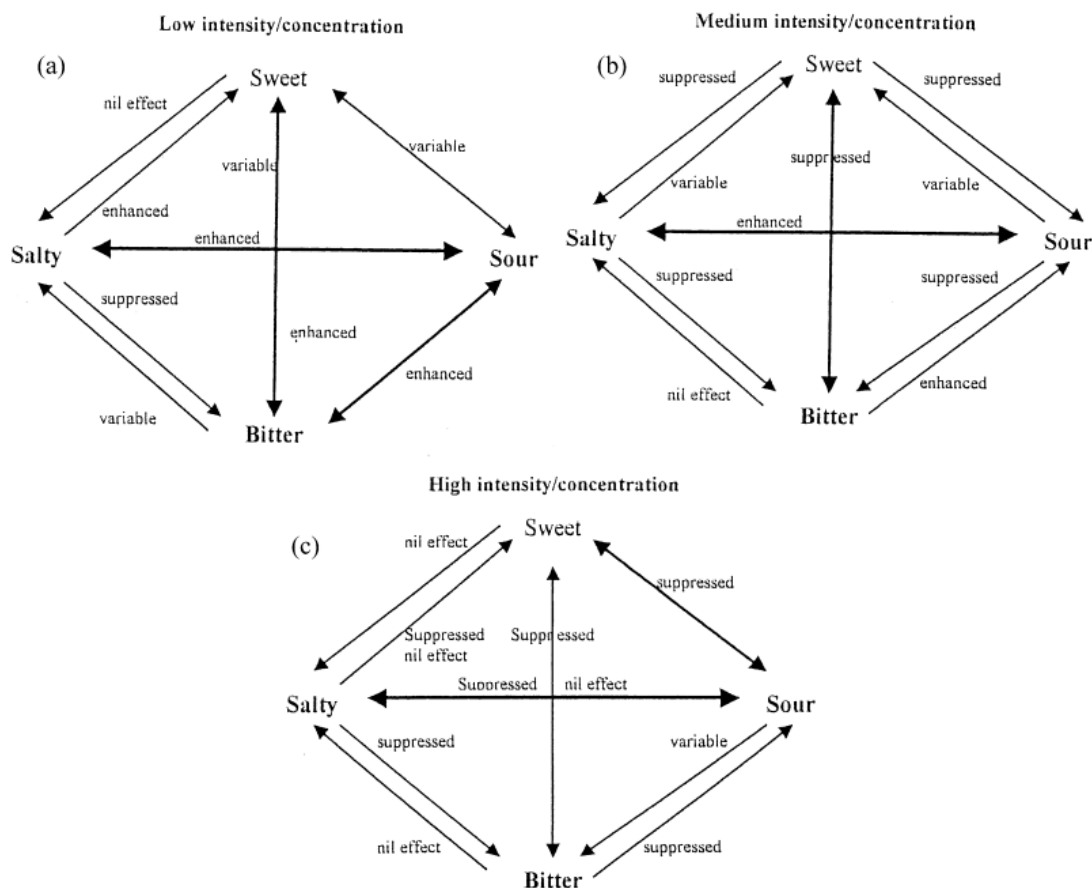


Figure 4. Απεικόνιση αλληλεπιδράσεων (Russell S.J et al., 2003)

Αλληλεπίδραση μεταξύ γλυκύτητας της σακχαρόζης και ξυνής αίσθησης τρυγικού και κιτρικού οξέος

Μια μελέτη που διερεύνησε τις επιδράσεις διαφορετικών οξέων στις αλληλεπιδράσεις γλυκόζης-όξινης γεύσης έδειξε ότι τόσο το κιτρικό όσο και το τρυγικό οξύ παρουσίασαν παρόμοια συνολικά αποτελέσματα καταστολής της γλυκύτητας με τη σακχαρόζη. Ομοίως, η σακχαρόζη έδειξε μια συνολική οξινοκατασταλτική δράση των κιτρικών και τρυγικών οξέων. Παρόμοια αποτελέσματα οξύτητας για το κιτρικό και το τρυγικό οξύ (Junge Jonas Yde; Bertelsen et al., 2020).

Επιπρόσθετα δεδομένα

Τα αποτελέσματα από πολλαπλές μελέτες σχετικά με τα επίπεδα κατωφλίου των τριών κύριων επαγωγέων umami παρουσιάζονται στον Πίνακα 5. Όταν το IMP και το GMP συνδυάζονται με το MSG, η γεύση "umami" ενισχύεται συνεργιστικά (Baines, D., 2016).

Πίνακας 5. Περιεκτικότητα σε IMP, GMP και AMP σε διάφορα τρόφιμα (Baines, D., 2016)

<i>Food</i>	<i>IMP content (mg 100g⁻¹)</i>	<i>GMP content (mg 100g⁻¹)</i>	<i>AMP^a content (mg 100g⁻¹)</i>
Beef	70	4	8
Pork	200	2	9
Chicken	200	5	13
Squid	ND	ND	184
Tuna	286	ND	6
Bonito	285	–	Trace
Snow crab	5	4	32
Scallop	ND	ND	172
Tomato	ND	ND	21
Green peas	ND	ND	2
Shiitake mushroom (dried)	ND	150	–
Porcini mushroom	ND	10	–
Oyster mushroom	ND	10	–
Morel mushroom (dried)	ND	40	–

^aAMP = adenosine monophosphate.

Υπάρχει επίσης μια συνεργιστική επίδραση μεταξύ των νουκλεοτιδίων. Ένα μείγμα 50:50 IMP και GMP μείωσε τα όρια και για τα δύο ενισχυτικά γεύσης κατά περίπου 50%. Ωστόσο, ο συνδυασμός χαμηλών επιπέδων MSG με μεμονωμένα νουκλεοτίδια διαφοροποίησε τα επίπεδα κατωφλίου ανίχνευσης. Αντίθετα, η προσθήκη μικρής ποσότητας IMP στο MSG μείωσε το όριο ανίχνευσης του MSG (Πίνακας 6). Το όριο των νουκλεοτιδίων είναι χαμηλότερο από αυτό του MSG. Τέλος, οι χαμηλές συγκεντρώσεις IMP και GMP μπορούν να μειώσουν σημαντικά την ποσότητα MSG που προστίθεται στα τρόφιμα, με αποτέλεσμα ένα ισοδύναμο αποτέλεσμα umami (Πίνακας 7.) (Baines, D., 2016).

Πίνακας 6. Μέσες συγκεντρώσεις κατωφλίου ανίχνευσης για νουκλεοτίδια παρουσία διαφορετικών συγκεντρώσεων MSG (Baines, D., 2016)

<i>Flavor enhancer</i>	<i>Threshold levels (water) (%)</i>	<i>In 0.1% MSG solution</i>	<i>In 0.01% IMP solution</i>
IMP	0.012	0.0001%	–
GMP	0.0035	0.00003%	–
MSG	0.03	–	0.002%

Πίνακας 7. Η επίδραση της αύξησης της αναλογίας MSG προς IMP ή GMP σε σχετική ένταση umami (Baines, D., 2016)

<i>Ratio of</i>		<i>Relative umami intensity</i>	<i>Ratio of</i>		<i>Relative umami intensity</i>
<i>MSG</i>	<i>IMP</i>		<i>MSG</i>	<i>GMP</i>	
1	0	1.0	1	0	1.0
1	1	7.0	1	1	30.0
10	1	5.0	10	1	18.8
20	1	3.5	20	1	12.5
50	1	2.5	50	1	6.4
100	1	2.0	100	1	5.4

2.3. Παραγωγή

Πολλοί οργανισμοί που ανήκουν σε ένα ευρύ φάσμα ταξινομικά συγγενών γενών, συμπεριλαμβανομένων των *Micrococcus*, *Corynebacterium*, *Brevibacterium* και το *Microbacterium* είναι ικανά να παράγουν γλουταμικό. Τα *Brevibacterium lactofermentum* και το *Brevibacterium flavum* αναταξινομούνται πλέον ως υποείδη *C. glutamicum*. Αυτοί οι οργανισμοί ακολουθούν την γλυκολυτική οδό Embden–Meyerhof–Parnas (EMP), τη μονοφωσφορική εξόζη (HMP), τον κύκλο TCA και την παράκαμψη γλυοξυλικού (Figure 5.). Ο κύκλος TCA, γνωστός και ως κύκλος του Krebs, απαιτεί συνεχή αναπλήρωση σε οξαλοξικό για να αντικαταστήσει τα ενδιάμεσα προϊόντα που καταναλώνονται για τη σύνθεση βιομάζας και άλλων αμινοξέων.

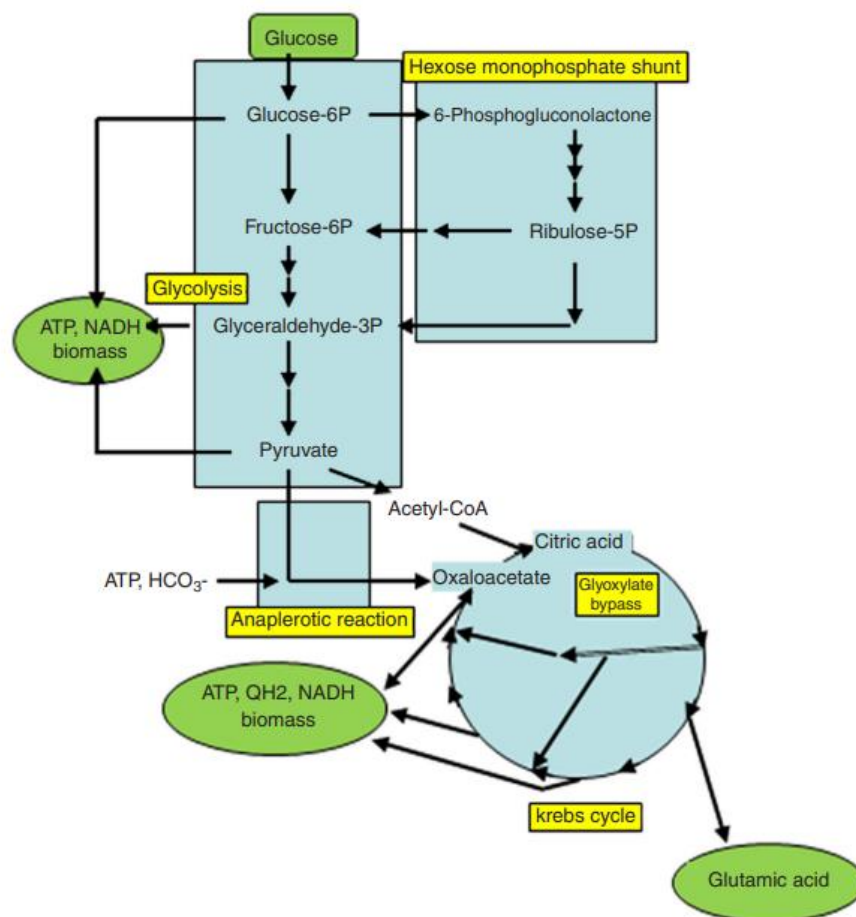


Figure 5. Απεικόνιση μικροβιακών μεταβολικών διεργασιών προς παραγωγή γλουταμινικού οξέος (Sanchez, S., 2014)

Κανονικά, η υπερπαραγωγή γλουταμινικού οξέος δεν θα ήταν δυνατή να συμβεί λόγω του κανονισμού ανατροφοδότησης. Οι έλεγχοι ανάδρασης περιλαμβάνουν την καταστολή της PEP καρβοξυλάσης, της συνθάσης του κιτρικού οξέος και του φωσφορικού δινουκλεοτιδίου νικοτιναμίδης αδενίνης (NADP)-γλουταμινική αφυδρογονάση. Μειώνοντας την αποτελεσματικότητα του φραγμού για την εξωτερική διέλευση, ωστόσο, το γλουταμικό μπορεί να αντλείται έξω από το κύτταρο, επιτρέποντας έτσι τη βιοσύνθεσή του να προχωρήσει αμείωτα. Η απέκκριση του γλουταμινικού απελευθερώνει την οδό του γλουταμινικού από τον έλεγχο της ανάδρασης έως ότου επιτευχθεί ένα πολύ υψηλό επίπεδο συσσώρευσης. Ο εμπορικός τίτλος L-γλουταμινικού είναι 150 g l^{-1} .

Η απέκκριση γλουταμικού μπορεί να επηρεαστεί σκόπιμα από χειρισμούς των συνθηκών ανάπτυξης ως εξής: (1) βιοτίνη ο περιορισμός επιφέρει υπερπαραγωγή γλουταμικού μειώνοντας τη διαπερατότητα της κυτταρικής μεμβράνης που περιορίζει την απέκκριση του γλουταμικού και (2) η προσθήκη πενικιλίνης ή επιφανειοδραστικών λιπαρών οξέων (π.χ. Tween 60) επιτρέπουν στο γλουταμικό να ρέει έξω εύκολα (Sanchez, S., 2014).

Πιο αναλυτικά, η βιολογική παραγωγή του L-γλουταμικού βιοσυντίθεται από τη γλυκόζη μέσω γλυκόλυσης, του οξειδωτικού κλάδου του τρικαρβοξυλικού οξέος (TCA) μέσω της δράσης της γλουταμικής αφυδρογονάσης (GDH) όπως φαίνεται Figure 6. Κατά τη διάρκεια αυτής της αντίδρασης, 1 mol CO₂ ανά mol L-γλουταμινικού που παράγεται μεταφέρεται προς παραγωγή πυροσταφυλικού οξέος με τη δράση της πυροσταφυλικής καρβοξυλάσης (PYC_x), ενώ 2 mol CO₂ απελευθερώνονται από την πυροσταφυλική αφυδρογονάση (PDH) και την ισοκιτρική αφυδρογονάση (ICDH). Το ένζυμο αναστέλλεται ασθενώς από το οξαλοξικό, το 2-οξογλουταρικό και κιτρικό, και αναστέλλεται έντονα από το οξαλοξικό συν γλυοξυλικό (Gopinath, V., 2014)

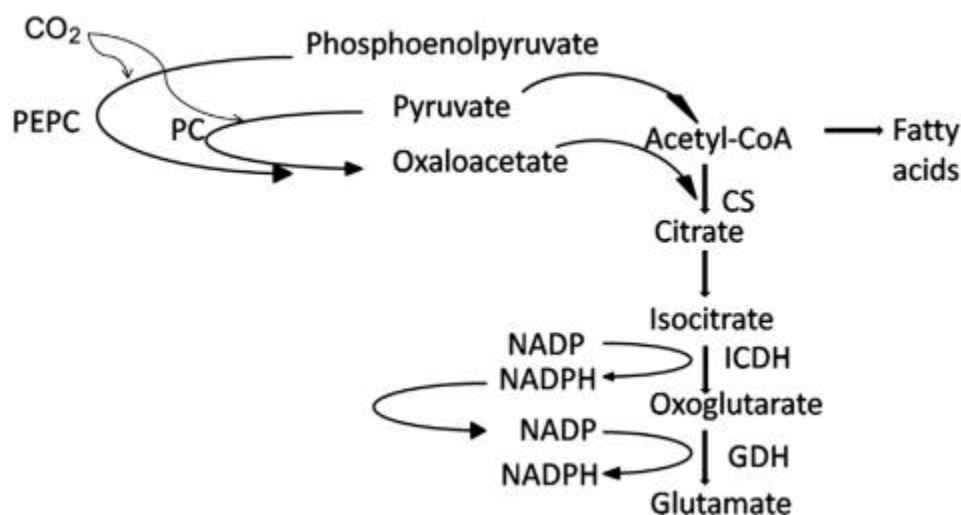
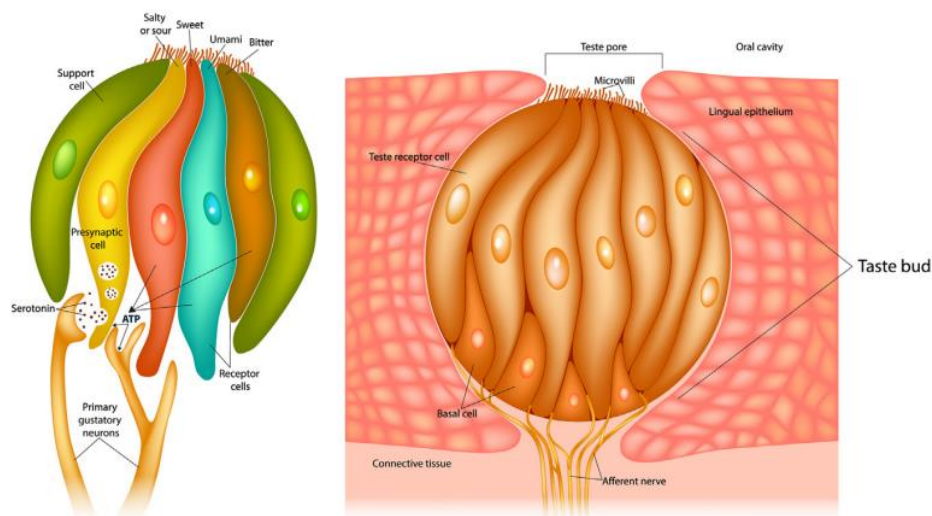


Figure 6. Μεταβολική οδός για την παραγωγή γλουταμινικού οξέος από το *Corynebacterium glutamicum* (Gopinath V., 2014)

Κεφάλαιο 3. Χρήση των ενισχυτικών γεύσης και οσμής

Εισαγωγή

Οι γευστικοί κάλυκες περιέχουν μοριακούς μηχανισμούς που επιτρέπουν την αντίληψη των πέντε βασικών γευστικών αισθήσεων: γλυκό, πικρό, umami, αλμυρό και ξινό. Μπορεί να υπάρχουν υποδοχείς στους οφθαλμούς που μπορούν να ανιχνεύσουν διάφορους τύπους λιπών και υδατανθράκων, αλλά δεν είναι ακόμη σαφές πώς λειτουργούν αυτοί οι υποδοχείς. Οι οφθαλμοί είναι οργάνidia που περιέχουν κύτταρα υποδοχέων ειδικά για διάφορες γεύσεις. Οι γευστικοί κάλυκες για αλάτι, γλυκό, πικρό, umami, αλμυρό και ξινό δεν διαχωρίζονται φυσικά στη γλώσσα. Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι αρκετοί γευστικοί υποδοχείς βρίσκονται σε κάθε γευστικό κάλυκα και οι γευστικοί κάλυκες κατανέμονται στο μπροστινό μέρος, στο πλάι και στο πίσω μέρος της γλώσσας σε δομές που ονομάζονται θηλές. Αυτές οι μικρές κόκκινες κουκκίδες είναι ορατές στο μάτι. Η γλώσσα έχει τρεις τύπους θηλών: περιβαλλοειδή, φυλλώδη και μυκηλιακή. Είναι οργανωμένα με τον ίδιο τρόπο που φαίνεται στην Εικόνα 1.. Οι γευστικοί κάλυκες έχουν μικροσκοπικούς πόρους που περιέχουν μικρολάχνες που εκτίθενται στην επιφάνεια της γλώσσας (Zeese M., 2020).



Εικόνα 1. Απεικόνιση γευστικών καλύκων (Zeece M., 2020)

Η όσφρηση, όπως και η γεύση, εξαρτάται από υποδοχείς σε εξειδικευμένα κύτταρα που επικοινωνούν με τον εγκέφαλο. Η οσμή και η γεύση συνδυάζονται για να σχηματίσουν το χημειοαισθητικό σύστημα που είναι υπεύθυνο για τη γεύση. Ωστόσο, διαφέρει από τη γεύση επειδή έχει περισσότερους υποδοχείς, μεγαλύτερη ευαισθησία και την ικανότητα να διακρίνει έναν μεγάλο αριθμό αρωματικών μορίων. Συμπερασματικά, τα ενισχυτικά γεύσης και οσμής χρησιμοποιούνται για την τόνωση των χημειοαισθητηριακών συστημάτων και τη δημιουργία μιας ευχάριστης γευστικής εμπειρίας για τους καταναλωτές (Zeece M., 2020).

Τα ενισχυτικά τροφίμων ταξινομούνται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

Τα **φυσικά** ενισχυτικά αρώματα:

- Βότανα - Βασιλικός, μέντα
- Μπαχαρικά - Κάρδαμο, γαρύφαλλο, κουρκουμάς
- Αρωματικοί Σπόροι - Γλυκάνισος, Κύμινο
- Φρούτα - Πορτοκάλι, Λεμόνι
- Λαχανικά, Κρεμμύδια, Σκόρδο

Τα **επεξεργασμένα** ενισχυτικά αρώματα:

- Καραμελωμένου
- Ψητού
- Ζυμωμένου
- Φρυγανισμένου
- Ψημένου

Τα **πρόσθετα** ενισχυτικά αρώματα:

- Φυσικό εκχυλισμένο άρωμα

- Αιθέριο Έλαιο

Τα **συνθετικά** ενισχυτικά αρώματα

Τα φυσικά μόρια είναι συχνά εξαιρετικά πολύπλοκα μείγματα πολλών διαφορετικών ουσιών. Μερικές φορές, η γεύση των φυσικών γεύσεων μπορεί να εξαρτάται από μία μόνο ουσία. Για παράδειγμα, η γεύση του γαρίφαλου οφείλεται στη χημική σύσταση της ευγενόλης, η οποία είναι το 85% του γαρυφαλέλαιου. Ή μπορεί να υπάρχει σε πολύ μικρές ποσότητες, όπως η κιτράλη στο έλαιο λεμονιού, που είναι το 5% του ελαίου λεμονιού.

Οι φυσικοί αρωματικοί παράγοντες είναι ενώσεις που αποτελούνται κυρίως από αρωματικές οργανικές ενώσεις, με τη μορφή πτητικών αιθέριων ελαίων ή μη πτητικών συστατικών. Όπως οι ρητίνες και οι ελαιορητίνες. Σχηματίζονται κατά τον φυσιολογικό μεταβολισμό των φυτών (Rajak H., 2020).

Πολλά τρόφιμα περιέχουν απαραίτητα αμινοξέα, ουσίες umami και άλατα. Αυτά τα συστατικά είναι όλα σημαντικά για την παροχή γεύσης και θρεπτικής αξίας. Το χτένι είναι ένα γλυκό οστρακοειδή επειδή έχει υψηλή περιεκτικότητα σε γλυκίνη (1,925mg/100g), αλανίνη και αργινίνη. Τα αυγά του αχινού έχουν μοναδική γεύση λόγω της παρουσίας μεθειονίνης. Αυτό το αμινοξύ είναι υπεύθυνο για τη γεύση των τροφίμων και ο τύπος και η περιεκτικότητα σε αμινοξέα σε ένα τρόφιμο μπορεί να επηρεάσει τη γεύση του. Το γλουταμικό απαντάται φυσικά σε πολλά τρόφιμα είτε προστίθεται συχνά ως ενισχυτικό γεύσης. Τρόφιμα που περιέχουν μεγάλες ποσότητες ελεύθερου γλουταμικού είναι οι ντομάτες, ταμανιτάρια και το τυρί. Το γλουταμικό προστίθεται στα τρόφιμα για την ενίσχυση των φυσικών γεύσεων των κρεάτων, των πουλερικών, των θαλασσινών, των σνακ, επίσης προστίθεται σε σούπες και μαγειρευτά (Kenzo K., 2015).

3.1. Σε ποια τρόφιμα χρησιμοποιούνται

Γλυκό

Ενώ η αντίληψη της γλυκύτητας συχνά αποδίδεται στη ζάχαρη μόνο, άλλες ουσίες, όπως πολυόλες, αμινοξέα, υποκατάστατα ζάχαρης και ορισμένες πρωτεΐνες, έχουν επίσης γλυκιά γεύση (Πίνακας 8.).

Πίνακας 8. Σχετική γλυκύτητα διαφόρων ενώσεων (Zeece M., 2020)

Name	Composition	Relative sweetness ^a	Calories per g
Fructose	Monosaccharide	1.75	4
Sucrose	Glucose, Fructose Disaccharide	1.00	4
Inulin	Fructose Oligosaccharide	0.1	1.5
Lactose	Glucose, Galactose Disaccharide	0.16	4
Maltose	Glucose Disaccharide	0.4	4
Glucitol (Sorbitol)	Polyol	0.6	2.6
Xylitol	Polyol	1.0	2.4
Glucose	Monosaccharide	0.75	4
D Amino Acids	Glycine, Alanine, and Serine	0.8	4

Τα υποκατάστατα ζάχαρης (Πίνακας 9.) είναι ουσίες που συνήθως έχουν 100 φορές πιο γλυκιά γεύση από τη σακχαρόζη. Συνεπώς, προστίθενται σε μικρότερες ποσότητες και αποδίδουν περιορισμένες ή και καθόλου θερμίδες. Υπάρχει επίσης μικρή ή καθόλου επίδραση στον γλυκαιμικό δείκτη. Υποκατάστατα ζάχαρης λαμβάνονται μέσω χημικής σύνθεσης ή εκχύλισης από φυσικές πηγές.

Πίνακας 9. Υποκατάστατα σακχάρων και σχετική γλυκύτητα (Zeece M., 2020)

Name	Compound type	Relative sweetness ^a	Glycemic index
Acesulfame K	Sulfonate (synthetic)	200	0
Aspartame	Dipeptide methyl ester (synthetic)	200	0
Cyclamate	Cyclohexanesulfamic acid (synthetic)	30	0
Saccharin	Benzoic sulfimide (synthetic)	400	0
Sucralose	Chlorinated sucrose (synthetic)	600	0
Brazzein	Plant Protein	1500	0
Thaumatococin	Plant Protein	2000	0
Moellin	Plant Protein	1500–2000	0
Steviol	Plant Glycoside	200	0
Glycyrrhizin	Plant Glycoside	30–50	0
Mogrosin	Plant Glycoside	300	0

Πικρό

Ενώ στη φύση, η πικρία συνδέεται με την αποφυγή φαγητού από φόβο δηλητηρίασης, ορισμένα τρόφιμα εκτιμώνται πραγματικά για την πικρία τους, όπως η ρόκα, το λάχανο, ο καφές, το κακάο, οι φλούδες εσπεριδοειδών, οι ελιές και το κρασί. Η αντίληψη της πικρίας μπορεί να προσδιοριστεί, ενώ το κατώφλι (πίνακας) μπορεί να προσεγγιστεί σε ppm (μέρη ανά εκατομμύριο) (Πίνακας 10.), που αντιπροσωπεύει την ελάχιστη συγκέντρωση που απαιτείται για την πικράδα. Αυτές οι τιμές θα πρέπει να θεωρούνται προσεγγίσεις, καθώς στους ανθρώπους εμφανίζεται ένα ευρύ φάσμα μεταβλητότητας στην ευαισθησία στην πικρή γεύση, για παράδειγμα, η PTU (φαινυλοθειουρία) είναι μια πολύ πικρή ένωση που χρησιμοποιείται ως πρότυπο για την αξιολόγηση της ευαισθησίας στην πικρή γεύση. Περίπου το ένα τέταρτο του πληθυσμού δεν ανιχνεύει την πικρία των PTUs λόγω γενετικών μεταλλάξεων.

Πίνακας 10. Πικρή γεύση και προσδιορισμός πικράδας (Zeese M., 2020)

Compound	Bitterness threshold ^a	Source
Denatonium	0.05	Synthetic, most bitter compound known
Quinine	3	Cinchona tree Malaria treatment, tonic water drinks
Phenylthiourea (PTU) or Phenylthiocarbamide (PTC)	3	Synthetic, (genetically linked bitterness)
Isohumulone	3-5	Hops, Beer
Naringin	20	Citrus fruit
Oleuropein	80	Olives
Amino Acids and Peptides	5-50	Hydrophobic L-amino acids
Caffeine	60-100	Xanthine alkaloid/coffee, tea, chocolate
Tannins	50-500	Wine

Umami

Το γλουταμινικό εντοπίζεται στα τρόφιμα φυσικά είτε αυτά είναι φυτικής είτε ζωικής προέλευσης (Πίνακες 11., 12.).

Πίνακας 11. Γλουταμινικό στα τρόφιμα (mg/100g)

Plant		Animal	
Kombu	1200–3400	Anchovies	630–1440
Nori	1380	Cheese	300–1680
Tomato	150–250	Fish Sauce	620–1380
Garlic	110	Soy Sauce	410–1260
Potato	30–100	Green Tea	220–670
Chinese Cabbage	40–90	Dry-Aged cured ham	340
Onion	20–50	Scallop	140
		Kuruma shrimp	120
		Crab	20–80

Πίνακας 12. Τρόφιμα με ενισχυτικά γεύσης ή οσμής (Baines D., 2016)

<i>Food</i>	<i>Glutamate content (mg 100g⁻¹)</i>
Kombu (kelp)	1608
Parmesan cheese	1680
Emmentaler cheese	308
Cheddar cheese	182
Chicken	22
Beef	10
Pork	9
Alaskan king crab	72
Shrimp	20
Scallop	140
Sweet corn	106
Tomato	246
Potato	10
Spinach	48
Cabbage	50
Green peas	106
Shiitake mushroom (fresh)	71
Soy sauce (Korea)	1246
Fish sauce (Vietnam)	1370
Natto/soybeans (Japan)	136
Douche/soybeans (China)	476
Soumnara/locust beans (West Africa)	1700

Νουκλεοτίδια

Τα νουκλεοτίδια διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην αντίληψη του umami. Στη βιολογία, τα νουκλεοτίδια είναι τα δομικά στοιχεία του ριβονουκλεϊκού οξέος (RNA) και του δεοξυριβονουκλεϊκού οξέος (DNA). Στα τρόφιμα, τα νουκλεοτίδια 5'-μονοφωσφορική ινοσίνη (IMP) και 5'-μονοφωσφορική γουανοσίνη (GMP) παράγονται με ενζυματική διάσπαση των αντίστοιχων νουκλεϊκών οξέων (Πίνακες 13., 14.). Ενώ τα νουκλεοτίδια IMP και GMP δεν διεγείρουν άμεσα το umami, λειτουργούν συνεργικά με το γλουταμικό για να ενισχύσουν την αντίληψή του. Το γλουταμινικό αρχικά διεγείρει το umami μετά τη σύνδεση με τους υποδοχείς T1R. Όταν το νουκλεοτίδιο συνδέεται επίσης με τον υποδοχέα, η γεύση αυξάνεται κατά δύο ή περισσότερους. Επιπλέον, η παλαίωση του κρέατος πριν το μαγείρεμα βοηθά στην ενζυματική διάσπαση των πρωτεϊνών και των νουκλεϊκών οξέων και συμβάλλει στην ενίσχυση του umami.

Παρόμοια ενζυματική διάσπαση συμβαίνει στα ψάρια, τα μανιτάρια και τις πατάτες (Zeece M., 2020)

Πίνακας 13. Νουκλεοτίδια στα τρόφιμα (mg/100g) (Zeece M., 2020)

5'-Inosinate		5' Guanylate	
Dried Bonito	470–800	Dried Shittake	150
Dried Sardine	350–800	Enoki	50
Yellowtail	410–470	Dried Morel	40
Sardine	420	Dried Porcini	10
Tuna	250		
Chicken	230		
Pork	230		
Beef	80		

Πίνακας 14. Τρόφιμα, οξέα και αίσθηση ξινού (Zeece M., 2020)

Food	Acid(s)	Amount of acid (g/L)	pH	Sour taste
Soda Pop	phosphoric, carbonic, citric	9–10	2.3–2.8	+
Lemon	citric, ascorbic, malic	48	2.3–2.5	++++
Vinegar	acetic	9.6	3.0	++++
Grapefruit	citric, ascorbic	25	3.3	+
Orange	citric, ascorbic, malic	17	3.3	+
Wine (red)	tartaric, malic, lactic	5–6	3–4	+
Grapes	malic, tartaric, citric	1.5–5	2.8–3.0	++
Tomato	citric	5	4.5	++
Yogurt	lactic	0.7–1.0	4.7–4.9	+
Coffee	citric, malic, acetic	0.5	4.6	+

Αναφορικά με τα τρόφιμα στο οποίο εφαρμόζεται το κάθε ενισχυτικό γεύσης και οσμής, παρατίθενται αναλυτικά στον παρακάτω πίνακας (Πίνακας 15.):

Πίνακας 15. Χρήσεις ενισχυτικών γεύσης και οσμής (Khodjaeva U. et al., 2013)

Αριθμός ενισχυτικού	Όνομα	Χαρακτηριστικά
E620	Γλουταμικό οξύ	Ένα φυσικό αμινοξύ είναι αυτό που βρίσκεται στα τρόφιμα. Είναι σημαντικά για τον οργανισμό γιατί μπορούν να βοηθήσουν στην παραγωγή πρωτεϊνών. Η μελάσα είναι ένα προϊόν ζύμωσης που παρασκευάζεται από ζαχαροκάλαμο. Παρασκευάζεται στο εμπόριο από χυμό ζαχαροκάλαμου που έχει υποστεί ζύμωση βακτηρίων. Μια φυτική πηγή πρωτεΐνης είναι ένας τύπος πρωτεΐνης που προέρχεται από φυτά, όπως η γλουτένη ή η πρωτεΐνη σόγιας. Όλες οι πρωτεΐνες περιέχουν γλουταμινικό οξύ και γλουταμικά. Αυτά τα μόρια είναι απαραίτητα για τη σωστή λειτουργία των πρωτεϊνών. Τα γλουταμινικά είναι ενισχυτικά γεύσης, υποκατάστατο αλατιού και χρησιμοποιούνται σε πολλά αλμυρά σνακ και φαγητά. Υπάρχουν σε υψηλές συγκεντρώσεις στο ώριμο τυρί, το μητρικό γάλα, τις ντομάτες και τις σαρδέλες.

E621	L-γλουταμινικό (MSG)	μονονάτριο	Γλουταμινικό νάτριο (E620), ένα φυσικό αμινοξύ. Παρασκευάζεται στο εμπόριο από μελάσα που έχει υποστεί ζύμωση βακτηρίων. Προστίθεται σε οποιαδήποτε επεξεργασμένη πρωτεΐνη με αλάτι. Συχνά προστίθεται σε κονσερβοποιημένα λαχανικά, κονσέρβες τόνου, καρυκεύματα και πολλά κατεψυγμένα γεύματα. Οι έγκυες γυναίκες, τα παιδιά, οι υπογλυκαιμικοί, οι ηλικιωμένοι και οι καρδιοπάθειες κινδυνεύουν από αντιδράσεις.
E622	L-γλουταμινικό μονοκάλιο		Γλουταμινικό κάλιο (E620), ένα φυσικό αμινοξύ. Παρασκευάζεται στο εμπόριο από μελάσα που έχει υποστεί ζύμωση βακτηρίων. Παρασκευάζεται επίσης από φυτικές πρωτεΐνες, όπως η γλουτένη ή η πρωτεΐνη σόγιας. Χρησιμοποιείται λιγότερο συχνά και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο αλάτων χαμηλής περιεκτικότητας σε νάτριο. Δεν είναι κατάλληλο για βρέφη κάτω

		των 12 μηνών ή άτομα με κατεστραμμένα νεφρά.
E623	Ασβέστιο δι-L-γλουταμικό	Παρασκευάζεται στο εμπόριο από μελάσα που έχει υποστεί ζύμωση βακτηρίων. γίνεται και από λαχανικά Πρωτεΐνες, όπως γλουτένη ή πρωτεΐνη σόγιας. Ένα υποκατάστατο αλατιού χωρίς γνωστές παρενέργειες αλλά πιθανά προβλήματα για άτομα με άσθμα και άτομα που είναι ευαίσθητα στην ασπιρίνη.
E624	L-γλουταμινικό μονοαμμώνιο	Παρασκευάζεται στο εμπόριο από μελάσα που έχει υποστεί ζύμωση βακτηρίων. Είναι επίσης κατασκευασμένο από πρωτεΐνες φυτικής προέλευσης, όπως η γλουτένη ή η πρωτεΐνη σόγιας. Υποκατάστατο αλατιού, ενισχυτικό γεύσης. Δεν υπάρχουν γνωστές παρενέργειες.
E625	Δι-L-γλουταμινικό μαγνήσιο	Παρασκευάζεται στο εμπόριο από μελάσα που έχει υποστεί ζύμωση βακτηρίων. Παρασκευάζεται επίσης από φυτικές πρωτεΐνες, όπως η γλουτένη ή η πρωτεΐνη σόγιας. Υποκατάστατο αλατιού, ενισχυτικό γεύσης. Χρησιμοποιείται ελάχιστα, μόνο για προϊόντα κρέατος χαμηλής περιεκτικότητας σε νάτριο. Δεν

		υπάρχουν γνωστές παρενέργειες.
E626	Γουανυλικό οξύ	Δεν αναφέρεται για χρήση στην Αυστραλία. Το γουανυλικό είναι ένα φυσικό οξύ που αποτελεί μέρος του RNA. Επομένως, είναι μέρος όλων των κυττάρων σε όλους τους οργανισμούς. Παρασκευάζεται στο εμπόριο από εκχύλισμα μαγιάς ή σαρδέλες. Οι ασθενείς με άσθμα πρέπει να αποφεύγουν τη γουανυλική και τις γουανυλικές ενώσεις. Δεδομένου ότι το γουανυλικό μεταβολίζεται σε πουρίνες, τα άτομα με ουρική αρθρίτιδα πρέπει να τα αποφεύγουν.
E627	Γουανυλικό δινάτριο	Απομονωμένο από εκχύλισμα σαρδέλας ή μαγιάς. Δεν επιτρέπεται στη βρεφική τροφή. Άτομα με ουρική αρθρίτιδα, υπερκινητικότητα, άσθμα και ευαισθησία στην ασπιρίνη πρέπει να το αποφεύγουν. Βρίσκεται σε instant noodles, πατατάκια και σνακ, ρύζι, κονσέρβες λαχανικών, αλλαντικά, σούπες.

E628	5'-Γουανυλικό δικάλιο	Το γουανυλικό δεν έχουν συγκεκριμένη γεύση umami, αλλά ενισχύουν έντονα πολλές άλλες γεύσεις, μειώνοντας την ποσότητα αλατιού που απαιτείται σε ένα προϊόν. Οι ασθενείς με άσθμα πρέπει να αποφεύγουν τη γουανυλική και τις γουανυλικές ενώσεις. Δεδομένου ότι το γουανυλικό μεταβολίζεται σε πουρίνες, τα άτομα με ουρική αρθρίτιδα πρέπει να τα αποφεύγουν. Ωστόσο, οι συγκεντρώσεις που χρησιμοποιούνται είναι συχνά τόσο χαμηλές που δεν αναμένεται κανένα αποτέλεσμα. Το βανυλικό οξύ παράγεται συνήθως από μαγιά, αλλά εν μέρει παράγεται και από ψάρια.
E629	Γουανυλικό ασβέστιο	Το άλας γουανυλικού ασβεστίου (E626), ένα φυσικό οξύ που αποτελεί μέρος του RNA, είναι ένα από τα γενετικά μόρια-φορείς στα κύτταρα. Επομένως, είναι μέρος όλων των κυττάρων σε όλους τους οργανισμούς. Παρασκευάζεται στο εμπόριο από εκχύλισμα μαγιάς ή σαρδέλες. ενισχυτικό γεύσης. Το γουανυλικό και το γουανυλικό οξύ δεν έχουν συγκεκριμένη γεύση umami, αλλά ενισχύουν

		έντονα πολλές άλλες γεύσεις, μειώνοντας την ποσότητα αλατιού που απαιτείται σε ένα προϊόν. Χρησιμοποιείται σε πολλά προϊόντα, ιδιαίτερα σε προϊόντα χαμηλής περιεκτικότητας σε αλάτι/νάτριο. Οι ενώσεις με βάση την αμιδίνη δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται σε προϊόντα που προορίζονται για παιδιά ηλικίας κάτω των 12 εβδομάδων. Οι ασθενείς με άσθμα θα πρέπει να αποφεύγουν τη γουανυλική και τις γουανυλικές ενώσεις. Δεδομένου ότι το γουανυλικό μεταβολίζεται σε πουρίνες, τα άτομα με ουρική αρθρίτιδα πρέπει να τα αποφεύγουν.
E630	Ινοσινικό οξύ	Ένα φυσικό οξύ που βρίσκεται κυρίως σε ζωικούς οργανισμούς. Παρασκευάζεται στο εμπόριο από κρέας ή ψάρι (σαρδέλες). Μπορεί επίσης να παραχθεί από βακτηριακή ζύμωση σακχάρων. Το εξωγενές συμπλήρωμα ινοσινικού οξέος βοηθά στη βελτίωση της ανάπτυξης του κοτόπουλου, στην ποιότητα του κρέατος και στην εναπόθεση ινοσινικού οξέος. Το ινοσινικό οξύ δεν πρέπει να χρησιμοποιείται σε προϊόντα για

		παιδιά ηλικίας κάτω των 12 εβδομάδων. Τα άτομα με άσθμα πρέπει να αποφεύγουν την ινοσίνη. Δεδομένου ότι η ινοσίνη μεταβολίζεται σε πουρίνες, θα πρέπει να αποφεύγεται σε ασθενείς με ουρική αρθρίτιδα. Το ινοσινικό οξύ παράγεται συνήθως από κρέας, αλλά και εν μέρει από ψάρι.
631	Ινοσινικό δινάτριο	Μπορεί να συντεθεί από κρέας ή σαρδέλες. Να μην χρησιμοποιείται σε βρεφικές τροφές. Οι ασθενείς με ουρική αρθρίτιδα αποφεύγουν. Βρίσκεται σε instant noodles, πατατάκια και σνακ, ρύζι, κονσέρβες λαχανικών, αλλαντικά και σουπες. Τα άτομα με άσθμα πρέπει να αποφεύγουν την ινοσίνη. Δεδομένου ότι η ινοσίνη μεταβολίζεται σε πουρίνες, θα πρέπει να αποφεύγεται σε ασθενείς με ουρική αρθρίτιδα. Συνήθως περιέχει MSG (621).
E632	Ινοσινικό δικάλιο	Ινοσινικό κάλιο (E630), ένα φυσικό οξύ που βρίσκεται κυρίως σε ζωικούς οργανισμούς. Παρασκευάζεται στο εμπόριο από κρέας ή ψάρι (σαρδέλες). Μπορεί επίσης να παραχθεί από βακτηριακή ζύμωση σακχάρων. Το ινοσινικό οξύ και τα άλατα

		ινοσίνης δεν έχουν χαρακτηριστική γεύση umami, αλλά ενισχύουν έντονα πολλές άλλες γεύσεις, μειώνοντας έτσι την ποσότητα του αλατιού ή άλλων ενισχυτικών γεύσης. Χρησιμοποιείται σε πολλά προϊόντα. Χρησιμοποιείται κυρίως για προϊόντα χαμηλής περιεκτικότητας σε νάτριο/χαμηλό αλάτι.
E633	Ινοσινικό ασβέστιο	Το ινοσινικό ασβέστιο (E630) είναι ένα φυσικό οξύ που βρίσκεται κυρίως σε ζωικούς οργανισμούς. Παρασκευάζεται στο εμπόριο από κρέας ή ψάρι (σαρδέλες). Μπορεί επίσης να παραχθεί από βακτηριακή ζύμωση σακχάρων. Το ινοσινικό οξύ και τα άλατα ινοσίνης δεν έχουν χαρακτηριστική γεύση umami, αλλά ενισχύουν έντονα πολλές άλλες γεύσεις, μειώνοντας έτσι την ποσότητα του αλατιού ή άλλων ενισχυτικών γεύσης. Χρησιμοποιείται σε πολλά προϊόντα. Χρησιμοποιείται κυρίως για προϊόντα χαμηλής περιεκτικότητας σε νάτριο/χαμηλό αλάτι.
E634	5'-ριβονουκλεοτίδια ασβεστίου	Μίγμα γουανυλικού ασβεστίου (E626) και ινοσινικού (E630) αλάτων. ενισχυτικό γεύσης. Το γουανυλικό και το ινοσινικό οξύ δεν έχουν χαρακτηριστική γεύση

		umami, αλλά ενισχύουν έντονα πολλές άλλες γεύσεις, μειώνοντας την ποσότητα αλατιού ή άλλων ενισχυτικών γεύσης που απαιτείται στο προϊόν. Χρησιμοποιείται σε πολλά προϊόντα. Χρησιμοποιείται κυρίως για προϊόντα χαμηλής περιεκτικότητας σε νάτριο/χαμηλό αλάτι.
E635	5'-ριβονουκλεοτίδιο νατρίου	Μίγμα άλατος νατρίου γουανυλικού (E626) και ινοσινικού οξέος (E630). Ελέγξτε τα εισαγόμενα τρόφιμα. Συχνά περιλαμβάνεται σε φαγητά όπως καρυκευμένες πατάτες, στιγμιαία noodles και πίτες.

3.2. Μέθοδοι Χρήσης

Τα ενισχυτικά γεύσης προστίθενται στα τρόφιμα:

- για να ενισχύσουν την υπάρχουσα γεύση ή/και οσμή ενός τροφίμου
- για να αυξήσουν το συνολικό οργανοληπτικό προφίλ ενός τροφίμου
- για να αυξήσουν την αντίληψη μιας μεμονωμένης γεύσης οδηγώντας προς την τροποποίηση άλλων γευστικών χαρακτηριστικών (Europa, 2014).

Οι ιδιότητες των ενισχυτικών γεύσης και οσμής καθορίζουν τον τρόπο χρήσης τους στα συστήματα τροφίμων. Τα MSG, IMP και GMP είναι όλα κρυσταλλικά στερεά και είναι μη υγροσκοπικά. Η διαλυτότητα των ενισχυτικών γεύσης είναι σημαντική όταν αναμιγνύονται σε σκευάσματα τροφίμων και πιο συγκεκριμένα το MSG είναι πολύ πιο διαλυτό στο νερό από το

IMP ή το GMP (Baines D., 2016). Ακόμη μία τεχνολογία που λαμβάνει χώρα είναι η τεχνική της μικροενθυλάκωσης.

Η μικροενθυλάκωση είναι μια προηγμένη τεχνολογία επεξεργασίας τροφίμων που επιτρέπει την ενθυλάκωση οποιασδήποτε ένωσης σε ένα συγκεκριμένο υλικό για να σχηματίσει μια μικροσκοπική σφαίρα με διάμετρο από 1 μm έως εκατοντάδες 100 μm . Η ενθυλακωμένη ένωση ή ενεργό υλικό ονομάζεται πυρήνας και το υλικό που χρησιμοποιείται για την ενθυλάκωση ονομάζεται ενθυλάκωση. Τα σφραγιστικά μπορεί να είναι πολυμερή ή μη πολυμερή υλικά όπως η κυτταρίνη, η αιθυλενογλυκόλη και η ζελατίνη. Υπάρχουν διάφορες τεχνικές για μικροενθυλάκωση. Η επίστρωση ρευστού στρώματος, η ψύξη με ψεκασμό, η ξήρανση με ψεκασμό, η εξώθηση και η στοίβαξη είναι μερικά μόνο παραδείγματα. Η επιλογή μιας συγκεκριμένης τεχνολογίας εξαρτάται από τις ιδιότητες του υλικού του πυρήνα, την ενθυλάκωση και τις διαφορετικές ιδιότητες και μορφολογίες της επιθυμητής κάψουλας. Η αποτελεσματική και επιτυχημένη ενθυλάκωση μπορεί να χαρακτηριστεί και να βελτιστοποιηθεί μελετώντας την απόδοση της κάψουλας και τις διάφορες ιδιότητες της κάψουλας όπως μορφολογία, μέγεθος, υδροφοβικότητα, υγροσκοπικότητα, διαλυτότητα, επιφανειακή τάση, θερμική συμπεριφορά και μηχανικές ιδιότητες (Choudhury N. et al., 2021).

3.3. Βιομηχανίες στην Ελλάδα που χρησιμοποιούν ενισχυτικά

Η συγκέντρωση του γλουταμικού στα τρόφιμα κυμαίνεται μεταξύ 0,1-0,8% κατά βάρος. Ωστόσο, μαζί με κάποια άλλα πρόσθετα τροφίμων, τα άλατα του γλουταμικού (E620) και του νατρίου (E621), του καλίου (E622), του ασβεστίου (E623), του αμμωνίου (E624) και του μαγνησίου (E625) δεν επιτρέπεται να προστίθενται στο γάλα, το γαλακτωματοποιημένο λίπος και το λάδι, τα ζυμαρικά, τα προϊόντα κακάο/σοκολάτας και χυμούς φρούτων από την Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ).

Το γλουταμινικό δεν βρίσκεται μόνο στα τρόφιμα ως ενισχυτικό γεύσης, αλλά και ως υποπροϊόν υδρολυμένης φυτικής πρωτεΐνης (HVP), που χρησιμοποιείται ευρέως ως αρωματικός και αρωματικός παράγοντας σε κονσερβοποιημένα τρόφιμα, ξηρά μείγματα, σάλτσες και άλλα βιομηχανοποιημένα προϊόντα. Το γλουταμικό συχνά προστίθεται σε επεξεργασμένα τρόφιμα και ανακινείται κατά την προετοιμασία, ειδικά στην ασιατική κουζίνα (Jinap S. & Hajeb P. et al., 2010). Ακόμη, το γλουταμινικό ανιχνεύεται σε φύκια, σε προϊόντα σόγια και σε εκχυλίσματα μαγιάς τα οποία χρησιμοποιούνται συνήθως ως φυσικά ενισχυτικά γεύσης. Τα εκχυλίσματα γίνονται με την αυτόλυση κυττάρων ζυμομύκητα, μετά από πολλαπλασιασμό, είτε με ένζυμα ζύμης είτε με άλλα πρόσθετα ένζυμα όπως πρωτεάσες, πεπτιδάσες, φωσφοδιεστεράσες και απαμινάσες (Baines D. & Seal R., 2012).

Το παγκόσμιο μέγεθος της αγοράς ενισχυτών γεύσης και οσμής τροφίμων αποτιμήθηκε σε 7,92 δισεκατομμύρια δολάρια στις ΗΠΑ το 2020 και προβλέπεται να αυξηθεί 5,9% κατά την περίοδο πρόβλεψης έως το 2030 (Quince Market Insights, 2021).

Κεφάλαιο 4. Ενισχυτικά γεύσης και Οσμής & Ανθρώπινη Υγεία

4.1. Απορρόφηση και Μεταβολισμός

Το γλουταμικό απορροφάται από το έντερο με την ενεργό μεταφορά αμινοξέων. Αυτή η διαδικασία μπορεί να κορεσθεί και επομένως να ανασταλεί ανταγωνιστικά και εξαρτάται από τη συγκέντρωση ιόντων νατρίου. Το γλουταμινικό είναι ένα μη απαραίτητο αμινοξύ, αλλά χρησιμοποιείται για τη σύνθεση της L-αργινίνης, ενός απαραίτητου αμινοξέος για την ενδοκυτταρική πρωτεϊνική σύνθεση. Ερευνητικά στοιχεία υποδηλώνουν ότι το ελεύθερο γλουταμικό δρα ως σήμα για τη ρύθμιση της πρόσληψης πρωτεΐνης και της διατροφικής κατάστασης. Το γλουταμινικό οξύ παίζει σημαντικό ρόλο στη διαθεσιμότητα αζώτου στο σώμα. Το γλουταμινικό υφίσταται απαμίνωση, μια οξειδωτική αντίδραση που παράγει αμμωνία, η οποία στη συνέχεια απεκκρίνεται κυρίως ως ουρία και τρανσαμινώνεται με πυροσταφυλικό για την παραγωγή οξαλοξικού.

Το γλουταμινικό είναι ένας διεγερτικός νευροδιαβιβαστής και αποθηκεύεται σε κυστίδια ως χημικές συνάψεις. Οι νευρικές ώσεις πυροδοτούν την απελευθέρωση γλουταμικού από τα προσυναπτικά κύτταρα και οι υποδοχείς γλουταμικού στα μετασυναπτικά κύτταρα δεσμεύουν το γλουταμινικό. Ενεργοποιημένοι από το γλουταμικό, αυτοί οι υποδοχείς παίζουν ρόλο σε γνωστικές λειτουργίες όπως η μάθηση και η μνήμη.

Το γλουταμινικό είναι ένα βασικό μονομερές που βοηθά στη δημιουργία DNA και RNA στα ανθρώπινα κύτταρα. Βοηθά επίσης στην επικοινωνία μεταξύ του πυρήνα και του

κυτταροπλάσματος. Τα περισσότερα διατροφικά νουκλεοτίδια μεταβολίζονται ταχέως και απεκκρίνονται συχνά. Αυτά τα νουκλεοτίδια έχουν σημαντικές επιδράσεις στους λεμφικούς, εντερικούς και ηπατικούς ιστούς και στον μεταβολισμό των λιπιδίων. Τα νουκλεοτίδια μπορούν επίσης να χρησιμεύσουν ως πρόδρομοι νουκλεϊκών οξέων ή ως πηγή βάσεων πουρίνης και πυριμιδίνης (Baines, D., 2016).

4.2. Επιπτώσεις ενισχυτικών γεύσης και οσμής

Οι επιβλαβείς επιπτώσεις των ενισχυτικών γεύσης και οσμής, χαρακτηριστικά το MSG, σχετίζονται με την νευροτοξικότητα, την ηπατοτοξικότητα, την παχυσαρκία και τον διαβήτη, την γονιδιατοξικότητα, την αναπαραγωγική τοξικότητα, επίδραση στο ανοσοποιητικό, το καρδιαγγειακό και το αναπαραγωγικό σύστημα. Επιπρόσθετα, παρουσιάζει δυσμενείς επιδράσεις στο απεκκριτικό σύστημα και προωθεί την διαταραχή της αναπνοής στον ύπνο (Figure 1.)

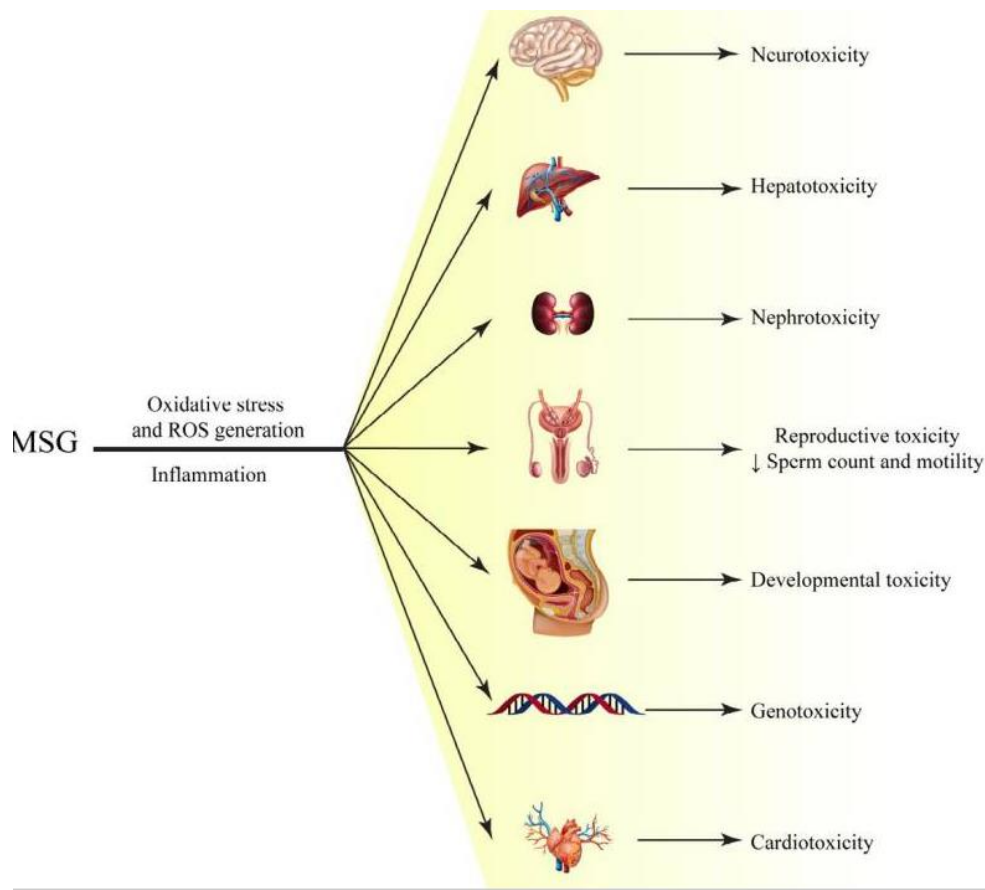


Figure 7. Επιβλαβείς επιδράσεις του MSG στην ανθρώπινη υγεία (Hajihassani M. M. et al., 2020)

Παχυσαρκία και διαβήτης

Η παχυσαρκία έχει γίνει ένα σοβαρό παγκόσμιο πρόβλημα υγείας τις τελευταίες δεκαετίες. Παίζει καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη διαφόρων ανθρώπινων ασθενειών, όπως η δυσλιπιδαιμία, ο διαβήτης, η στεφανιαία νόσος, η υπέρταση και ο καρκίνος. Έχει προταθεί ότι η ανεξέλεγκτη χρήση πρόσθετων τροφίμων όπως το γλουταμινικό νάτριο μπορεί να οδηγήσει σε παχυσαρκία. Το MSG έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλά πειραματικά μοντέλα για την πρόκληση παχυσαρκίας που οδηγεί σε διαβήτη. Η διατροφική κατανάλωση MSG σχετίζεται με την παχυσαρκία και το υπερβολικό βάρος σε υγιείς ενήλικες. Ο πιθανός μηχανισμός της

παχυσαρκίας που προκαλείται από το MSG μπορεί να είναι ότι το MSG ενισχύει τη γευστικότητα διαταράσσοντας τα ενεργά με λεπτή υποθαλαμικά δίκτυα σηματοδότησης, επηρεάζοντας έτσι το ενεργειακό ισοζύγιο (Hajihasaní M. M., 2020).

Επίδραση στο καρδιαγγειακό σύστημα

Προηγούμενα στοιχεία δείχνουν ότι η λήψη MSG για μια χρονική περίοδο οδηγεί σε αυξημένα επίπεδα καρδιακών ενζυμικών δεικτών όπως η γαλακτική αφυδρογονάση (LDH), η ασπαρτική αμινοτρανσφεράση (AST) και η αμινοτρανσφεράση της αλανίνης (ALT). Σε αρουραίους με έμφραγμα του μυοκαρδίου, το MSG προκάλεσε αλλαγές στον καρδιακό ρυθμό και ταχυαρρυθμίες με δοσοεξαρτώμενο τρόπο. Ως εκ τούτου, μελέτες έχουν δείξει ότι το MSG προκαλεί καρδιακές ανωμαλίες, συμπεριλαμβανομένων αλλαγών στα ένζυμα καρδιακών δεικτών, δυσλιπιδαιμία, διαταραχές στην ισορροπία μεταξύ ελεύθερων ριζών και επιπέδων αντιοξειδωτικών, OS, νέκρωση των καρδιομυοκυττάρων και καρδιακές αρρυθμίες (Banerjee A. et al., 2021).

Οξειδωτικό στρες και ηπατοτοξικότητα

Ο μηχανισμός βλάβης του MSG στο ήπαρ, τον εγκέφαλο, τους όρχεις, τα νεφρά και άλλα όργανα σχετίζεται με την πρόκληση οξειδωτικού στρες. Το οξειδωτικό στρες είναι μια κατάσταση κατά την οποία τα επίπεδα ενδοκυτταρικών αντιδραστικών ειδών οξυγόνου (ROS) είναι αυξημένα, με αποτέλεσμα τη διακοπή του κυτταρικού μεταβολισμού και την εξασθένηση των λιπιδίων, των υδατανθράκων, των πρωτεϊνών και των νουκλεϊκών οξέων. Το οξειδωτικό στρες σχετίζεται με πολλές ανθρώπινες ασθένειες, συμπεριλαμβανομένων των νευροεκφυλιστικών ασθενειών, του διαβήτη, των καρδιαγγειακών παθήσεων, της

αθηροσκλήρωσης, της φλεγμονώδους νόσου του εντέρου, της οστεοπόρωσης και της καρκινογένεσης (Hajihassani M. M., 2020).

Νευροτοξικότητα

Το γλουταμικό είναι ένας νευροδιαβιβαστής που είναι γνωστό ότι είναι σημαντικός στο κεντρικό νευρικό σύστημα και η υπερβολική του ποσότητα μπορεί να οδηγήσει σε τοξικότητα που μπορεί να προκαλέσει σοβαρή νευρωνική βλάβη και άλλες επιπλοκές. Οι κοινές διαταραχές περιλαμβάνουν ισχαιμία και τραυματική εγκεφαλική βλάβη. Ωστόσο, μερικοί άνθρωποι αναπτύσσουν χρόνιες παθήσεις, όπως η αμυοτροφική πλευρική σκλήρυνση (ALS), η σκλήρυνση κατά πλάκας (ΣΚΠ) και η νόσος του Πάρκινσον (Kazmi Z. et al., 2016).

Επίδραση στο ανοσοποιητικό

Μελέτες *in vitro* έχουν συνδέσει άμεσα τις επιδράσεις του MSG στο ανοσοποιητικό σύστημα καθιερώνοντας μοντέλα εμβρυϊκής κυτταροκαλλιέργειας. Ωστόσο, δεν υπάρχουν σαφείς ενδείξεις διπλασιασμού και μίτωσης που προκαλείται από MSG σε χρωμοσωμικές ανωμαλίες και αδελφική χρωματιδική ανταλλαγή στα ανθρώπινα λεμφοκύτταρα (Banerjee A. et al., 2021).

Αναπαραγωγική τοξικότητα

Το MSG προκαλεί βλάβη στους όρχεις σε αρουραίους μέσω οξειδωτικού στρες. Η χορήγηση χαμηλής και υψηλής δόσης γλουταμινικού νατρίου προκαλεί αλλαγές στον ιστό των όρχεων αρουραίου που μπορεί να σχετίζονται με τη στειρότητα (Hajihassani M. M., 2020).

Γονιδιατοξικότητα

Πολλές αναφορές υποδεικνύουν ότι πολλά ενισχυτικά γεύσης, συμπεριλαμβανομένου του MSG, είναι γονιδιοτοξικά. Το MSG έχει επίσης αναφερθεί ότι είναι γονιδιοτοξικό και κυτταροτοξικό στα κύτταρα του άκρου της ρίζας των φυτών κρεμμυδιού. Το γλουταμινικό μονονάτριο παρουσιάζει γονοτοξικότητα και μεταλλαξιογένεση στην ανάλυση κρεμμυδιού, εκδηλώνεται ως χρωμοσωμικές ανωμαλίες και επηρεάζει μέσω μιτωτικών δεικτών στις άκρες των ριζών (Hajihasaní M. M., 2020).

Επιδράσεις στο απεκκριτικό σύστημα

Οι νεφροί είναι τα κεντρικά όργανα του απεκκριτικού συστήματος, υπεύθυνα για την απομάκρυνση των τοξικών ουσιών από το σώμα και τη ρύθμιση της ισορροπίας μεταξύ της ποσότητας υγρών και ηλεκτρολυτών στο σώμα. Η χρόνια νεφρική νόσος (ΧΝΝ) είναι μια παγκοσμίως αναγνωρισμένη σημαντική μη μεταδοτική νόσος. Επιπλέον, η μικροχλωρίδα του εντέρου παίζει βασικό ρόλο στην προστασία της ανθρώπινης υγείας, αλλά οι αλλοιώσεις στη μικροχλωρίδα του εντέρου σχετίζονται με χρόνιες ασθένειες όπως η ΧΝΝ. Ωστόσο, με την πρόσληψη MSG, η μικροχλωρίδα του εντέρου των *Megamonas*, *Faecalibacterium* και *Brucella* μειώθηκε μαζί με την αύξηση της *Collinella*. Από την άλλη πλευρά, οι ασθενείς με ΧΝΝ τελικού σταδίου στερούνται *Faecalibacterium*, το οποίο επίσης σχετίζεται με μειωμένο ρυθμό πειραματικής διήθησης (Banerjee A. et al., 2021).

Διαταραχή της αναπνοής στον ύπνο (SDB)

Η τακτική κατανάλωση τροφών με MSG συνδέεται με μερική ή πλήρη διακοπή της αναπνοής και το σύνδρομο αποφρακτικής άπνοιας ύπνου (OSAS), ένα παγκόσμιο πρόβλημα δημόσιας υγείας. Επιπλέον, θα μπορούσε να συμβάλλει θετικά σε πνευμονικές διαταραχές, καρδιαγγειακές διαταραχές όπως νοσηρές καταστάσεις. Εμφανίστηκε λόγω της απόφραξης του φάρυγγα ή της παύσης της αναπνοής ή του ανεπαρκούς αερισμού κατά την περίοδο του ύπνου και προκάλεσε ροχαλητό χωρίς να διαταράξει τον ύπνο (Banerjee A. et al., 2021).

Συμπεράσματα

Συμπερασματικά, τα ενισχυτικά γεύσης και οσμής των τροφίμων διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο κατά το σχεδιασμό και την ανάπτυξη ενός νέου τροφίμου, δεδομένου πως το αισθητηριακό προφίλ του τροφίμου βρίσκεται στην κορυφή των παραμέτρους που διαμορφώνουν την καταναλωτική προτίμηση. Απασχολεί λοιπόν, τόσο τις βιομηχανίες των τροφίμων, όσο και ερευνητικές ομάδες των οποίων τα πορίσματα διαμορφώνουν το νομοθετικό πλαίσιο σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο. Η νομοθεσία είναι συγκεκριμένη και αυστηρή σχετικά με τη χρήση των συγκεκριμένων πρόσθετων, ενώ παράλληλα αποκλείει τη

χρήση τους από συγκεκριμένες κατηγορίες τροφίμων. Παράλληλα, παρά τις πιθανές δυσμενείς επιπτώσεις που παρουσιάζει η παρατεταμένη και ανεξέλικτη χρήση τους στην ανθρώπινη υγεία, τα στατιστικά δεδομένα υποδηλώνουν αύξηση στη χρήση των ενισχυτικών κατά 5,9% έως το 2030.

Βιβλιογραφία

Baines D. & Seal R. (2012), *Natural Food Additives, Ingredients and Flavours*, ISBN
Baines, D. (2016). *Encyclopedia of Food and Health || Flavor Enhancers: Characteristics and Uses.*, 716–723. doi:10.1016/b978-0-12-384947-2.00297-x

Banerjee A., Mukherjee S., Kumar Maji B. (2021). Worldwide flavor enhancer monosodium glutamate combined with high lipid diet provokes metabolic alterations and systemic anomalies: An overview. *Toxicology Reports*, doi:10.1016/j.toxrep.2021.04.009

Choudhury N., Meghwal M., Das K. (2021). Microencapsulation: An overview on concepts, methods, properties and applications in foods. *Food Frontiers*, doi:10.1002/fft2.94

Clark J. (1998). Taste and flavour: their importance in food choice and acceptance, *Proceedings of the Nutrition Society*, 57, 639-643

Europa (2014), https://food.ec.europa.eu/system/files/2016-10/fs_food-improvement-agents_flavourings-guidance_modifying_properties.pdf

Fuke S. & Ueda Y. (1996). Interactions between umami and other flavor characteristics, 7(12), 0–411. doi:10.1016/s0924-2244(96)10042-x

Gopinath V. & Nampoothiri KM (2014). *Encyclopedia of Food Microbiology* || *Corynebacterium glutamicum*, 504–517. doi:10.1016/B978-0-12-384730-0.00076-8

Hajihassani M. M., Soheili V., Zirak M. R., Sahebkar A., Shakeri A. (2020), Natural products as safeguards against monosodium glutamate-induced toxicity, *Basic Med Sci* 2020; 23:416-430. doi: 10.22038/IJBMS.2020.43060.10123

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008R1333-20130206&from=EN>

<https://www.aade.gr/sites/default/files/2020-03/33-iss2.pdf>

Jinap S. & Hajeb P. (2010). *Glutamate. Its applications in food and contribution to health.*, 55(1), 0–10. doi:10.1016/j.appet.2010.05.002

Junge Jonas Yde; Bertelsen, Anne Sjoerup; Mielby, Line Ahm; Zeng, Yan; Sun, Yuan-Xia; Byrne, Derek Victor; Kidmose, Ulla (2020). Taste Interactions between Sweetness of Sucrose and Sourness of Citric and Tartaric Acid among Chinese and Danish Consumers. *Foods*, 9(10), 1425–. doi:10.3390/foods9101425

Kazmi Z., Fatima I., Perveen S., Malik S. S. (2017). *Monosodium glutamate: Review on clinical reports. International Journal of Food Properties*, 10942912.2017.1295260–. doi:10.1080/10942912.2017.1295260

Kenzo K. (2015). *Umami the Fifth Basic Taste: History of Studies on Receptor Mechanisms and Role as a Food Flavor. BioMed Research International*, 2015, 1–10. doi:10.1155/2015/189402

Khodjaeva U., Bojnanska T., Vietoris V., Sytar O., Singh R. (2013), Food Additives as Important Part of Functional Food, *International Journal of Biological Sciences* 2(4)(1-6), ISSN 2278-3202

Murray J.M. (2003). *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition || SENSORY EVALUATION | Food Acceptability and Sensory Evaluation.*, 5130–5136. doi:10.1016/b0-12-227055-x/01372-9

Quince Market Insights, 2021, <https://www.globenewswire.com/news-release/2021/05/27/2237203/0/en/Global-Food-Flavors-and-Enhancers-Market-is-Anticipated-to-Grow-at-a-CAGR-of-5-9-from-2021-to-2030.html>

Rajak H. (2020), Classification of food flavours and uses, 2ND SEM FOOD SCIENCE NOTES, <https://hmhub.in/classification-food-flavours-uses/>

Russell S.J Keast; Paul A.S Breslin (2003). An overview of binary taste–taste interactions., 14(2), 0–124. doi:10.1016/s0950-3293(02)00110-6

Sanchez, S. (2014). *Encyclopedia of Food Microbiology || FERMENTATION (INDUSTRIAL) | Production of Amino Acids,, 778–784.* doi:10.1016/B978-0-12-384730-0.00373-6

Schiffman S.S. (2003). *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition || TASTE ENHANCERS.*, 5734–5737. doi:10.1016/b0-12-227055-x/01180-9

Shafaq A., Muhammed B., Fazlullah K., Kamal N. (2020), Historical Background of Food Additives, Their Advantages and Drawbacks, *Food Additives and Human Health*, 1-17, 978-1-84569-811-9

Spence C. (2021). Factors affecting odour-induced taste enhancement, *Food Quality and Preference* 96(7):104393

Zeece M. (2020). *Introduction to the Chemistry of Food // Flavors*, 213–250. doi:10.1016/B978-0-12-809434-1.00006-2