



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΓΩΓΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ-ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

Μελέτη της αντίληψης των ποιοτήτων γεύσης και επίγευσης της ασπαρτάμης

Πτυχιακή εργασία

Καραγιαννάκη Χαρίκλεια



Αθήνα, 2018



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΑΓΩΓΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ-ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Γεώργιος Παπανικολάου (Επιβλέπων)

Λέκτορας, Τμήμα Επιστήμης Διαιτολογίας - Διατροφής,

Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Γεώργιος Μπόσκου

Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Επιστήμης Διαιτολογίας - Διατροφής,

Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Βάιος Καραθάνος

Καθηγητής, Τμήμα Επιστήμης Διαιτολογίας - Διατροφής,

Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Η Καραγιαννάκη Χαρίκλεια

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

1. Είμαι ο κάτοχος των πνευματικών δικαιωμάτων της πρωτότυπης αυτής εργασίας και από όσο γνωρίζω η εργασία μου δε συκοφαντεί πρόσωπα, ούτε προσβάλλει τα πνευματικά δικαιώματα τρίτων.
2. Αποδέχομαι ότι η ΒΚΠ μπορεί, χωρίς να αλλάξει το περιεχόμενο της εργασίας μου, να τη διαθέσει σε ηλεκτρονική μορφή μέσα από τη ψηφιακή Βιβλιοθήκη της, να την αντιγράψει σε οποιοδήποτε μέσο ή/και σε οποιοδήποτε μορφότυπο καθώς και να κρατά περισσότερα από ένα αντίγραφα για λόγους συντήρησης και ασφάλειας.

Στη μαγεία της γνώσης και στο αδερφάκι μου που μου χάρισε το εργαλείο για να την ανακαλύψω

“Pull up a chair. Take a taste. Come join us. Life is so endlessly delicious.”

Ruth Reichl

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την όμορφη εμπειρία που αποκόμισα μέσα από τη συγγραφή αυτής της εργασίας θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέπων μου κύριο Παπανικολάου που με καθοδήγησε με έμπνευση αλλά και με προσγείωνε όποτε χανόμουν επικίνδυνα στην αμέτρητη αυτή γνώση.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κύριο Μπόσκου για την πολύτιμη βοήθειά του στην επεξεργασία των αποτελεσμάτων.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Περίληψη στα Ελληνικά.....	10
Abstract ή Περίληψη στα Αγγλικά	11
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	12
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	13
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	14
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	17
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	19
ΚΕΦ.1: Η αίσθηση της Γεύσης.....	20
1.1. Μηχανισμός Γευστικής λειτουργίας.....	20
1.1.1. Η Μορφολογία της γλώσσας.....	20
1.1.2. Μεταγωγή γευστικού σήματος και αντίληψη γεύσης.....	24
1.1.3. Το γευστικό σήμα στον εγκέφαλο	27
1.2. Γευστικές ποιότητες.....	30
1.2.1. Γλυκιά γεύση	30
1.2.2. Πικρή γεύση	33
1.2.3. Όξινη γεύση.....	34
1.2.4. Αλμυρή γεύση.....	34
1.2.5. Umami.....	35
1.2.6. Μεταλλική γεύση.....	35
1.2.7. Άλλες γευστικές αισθήσεις.....	35
1.2.8. Αλληλεπίδραση γευστικών ποιοτήτων	36
1.3. Παράγοντες που επηρεάζουν τη γευστική αντίληψη	37
1.3.1. Διαταραχές γευστικής και οσφρητικής λειτουργίας.....	37
1.3.2. Ηλικία.....	38
1.3.3. Γενετική προδιάθεση	39
1.3.4. Κατανάλωση καφεΐνης.....	39
1.3.5. Ορμονικό Προφίλ	40
1.3.6. Κάπνισμα.....	42

1.4. Επίγευση	43
ΚΕΦ.2: Υποδοχείς Γεύσης	44
2.1. Υποδοχείς του γλυκού	44
2.2. Υποδοχείς του πικρού.....	46
2.3. Υποδοχείς Umami	47
2.4. Υποδοχείς μεταλλικής γεύσης.....	48
ΚΕΦ.3: Γλυκαντικές ουσίες και η γευστική τους αντίληψη	49
3.1. Γλυκαντικές ουσίες που περιέχουν υδατάνθρακες.....	49
3.1.1. Σουκρόζη.....	50
3.2. Μη θερμιδογόνες γλυκαντικές ουσίες	51
3.2.1. Ασφάλεια και επιδράσεις μη θερμιδογόνων γλυκαντικών στην υγεία.....	52
3.2.2. Σακχαρίνη.....	53
3.2.3. Ασπαρτάμη	55
3.2.4. Ακετοσουλφαμικό Κάλιο	59
3.2.5. Σουκραλόζη.....	60
3.2.6. Στέβια	61
3.3. Γευστική αντίληψη των γλυκαντικών ουσιών	62
3.3.1. Πικρή αίσθηση.....	63
3.3.2. Μεταλλική αίσθηση	66
3.3.3. Αντίληψη των γλυκαντικών ουσιών σε επίπεδο εγκεφάλου.....	67
ΚΕΦ.4: Μεθοδολογία.....	69
4.1. Επιλογή Εθελοντριών και Κριτήρια Αποκλεισμού	69
4.2. Διεξαγωγή Δοκιμών.....	70
4.2.1. Α' επίσκεψη στο εργαστήριο	70
4.2.2. Β' επίσκεψη στο εργαστήριο.....	71
4.3. Μεθοδολογία για την αξιολόγηση των αντιλαμβανόμενων ποιοτήτων γεύσης και επίγευσης	71
4.4. Ανάλυση αποτελεσμάτων	73
ΚΕΦ.5: Αποτελέσματα.....	74

5.1. Αξιολόγηση των ποιοτήτων γεύσης	74
5.2. Αξιολόγηση των ποιοτήτων επίγευσης.....	89
ΚΕΦ.6 : Συζήτηση	104
6.1. Βασικά ευρήματα	104
6.2. Περιορισμοί.....	106
6.3. Τελικό Συμπέρασμα.....	106
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	108
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	116
1. Έντυπο αξιολόγησης ποιοτήτων γεύσης.....	116
2. Έντυπο αξιολόγησης των ποιοτήτων επίγευσης	117

Περίληψη στα Ελληνικά

Η γεύση είναι ένας σημαντικός παράγοντας της καθημερινότητάς μας. Σημαντική για την προστασία μας από δηλητηριάσεις, την ανίχνευση των θρεπτικών ουσιών αλλά και την απόλαυση της τροφής, η αίσθηση αυτή αφορά πέντε βασικές ποιότητες (γλυκιά, πικρή, όξινη, αλμυρή και umami) και εξαρτάται από μία ποικιλία παραγόντων συμπεριλαμβανομένων της ηλικίας, του ορμονικού προφίλ και της παρουσίας ασθενειών.

Η γλυκιά γεύση είναι έμφυτα η πιο αρεστή καθώς φαίνεται πως έχει σχέση με το περιεχόμενο της ενέργειας και των διαθέσιμων υδατανθράκων του τροφίμου. Η αυξημένη αρέσκεια για τη γλυκιά γεύση και η ανάγκη προστασίας της κοινότητας από την παχυσαρκία και τα χρόνια νοσήματα όπως ο Σακχαρώδης Διαβήτης, προσέφερε στην αγορά μία μεγάλη ποικιλία γλυκαντικών ουσιών που παρουσιάζουν γευστιγνωστικά διαφορετικά προφίλ από την κοινή ζάχαρη.

Σκοπός της εργασίας είναι η διερεύνηση των ποιοτήτων της γεύσης και της επίγευσης που γίνονται αντιληπτές μετά την δοκιμή υδατικών διαλυμάτων ασπαρτάμης σε σύγκριση με αυτές μετά την κατανάλωση από τη λήψη υδατικών διαλυμάτων σουκρόζης. Στη βιβλιογραφία δεν έχει μελετηθεί το συγκεκριμένο ζήτημα στον ελληνικό πληθυσμό.

Το πείραμα περιλάμβανε γευστικές δοκιμές υδατικών διαλυμάτων σουκρόζης και ασπαρτάμης και αξιολόγηση σε κλίμακα 9 σημείων των αντιλαμβανόμενων γευστικών ποιοτήτων. Η στατιστική ανάλυση έδειξε τις διαφορές ανάμεσα στις αντιλαμβανόμενες ποιότητες για τις δύο γλυκαντικές ουσίες.

Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι οι δύο γλυκαντικές ουσίες παρουσιάζουν διαφορετικό γευστικό προφίλ αλλά χωρίς σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις αντιληφθείσες γευστικές ποιότητες.

Λέξεις κλειδιά: γεύση, γλυκό, γλυκαντικά, ασπαρτάμη, επίγευση

Abstract ή Περίληψη στα Αγγλικά

Taste is an important factor of our daily life. It is important for our protection of poisonings, the detection of nutritious substances, as well as the delight derived from food. The sense of taste includes five basic qualities: sweet, bitter, salty, sour and umami, and it is affected by a variety of factors such as age, hormones and disease.

Sweet taste is innately the most likeable as it seems that it is related with the energy and available carbohydrate content in food. The strong desire for sweet taste and the need of protection of the community by obesity and chronic disease as Diabetes Mellitus, have led to the appearance of various sweeteners which have different tasting profiles comparing to sucrose.

The aim of this project is to investigate the different taste and aftertaste qualities understood after the tasting of water solutions of aspartame in comparison with those after the tasting of sucrose water solutions

The experiment consisted of tasting tests of water solutions of sucrose and aspartame and evaluation of the perceivable qualities in a 9-point scale. The statistical analysis showed the differences in the recognizable taste qualities between the two substances.

The results revealed that the sweeteners provide overall different taste profiles, but not with significant differences among the five qualities of taste.

Keywords: taste, sweet, sweeteners, aspartame, aftertaste

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Αντιδράσεις νεογέννητου μετά από δοκιμή γλυκού και πικρού διαλύματος. Πηγή: Ventura et al. 2013	31
Εικόνα 2: Εμπορικές ετικέτες μη θερμιδογόνων γλυκαντικών ουσιών	52
Εικόνα 3: Έντυπο αξιολόγησης των ποιοτήτων γεύσης.....	116
Εικόνα 4: Έντυπο αξιολόγησης των ποιοτήτων επίγευσης.....	116

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Μεθοδολογία των γευστικών δοκιμών γεύσης και επίγευσης.....	73
Πίνακας 2: Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία της αξιολόγησης της γεύσης των υδατικών διαλυμάτων σουκρόζης και ασπαρτάμης	74
Πίνακας 3: Πίνακας συχνοτήτων για τη γλυκιά γευστική ποιότητα για τα διαλύματα και των δύο γλυκαντικών ουσιών.....	79
Πίνακας 4: Πίνακας συχνοτήτων των απαντήσεων για την πικρή γεύση στα διαλύματα των δύο γλυκαντικών ουσιών.....	80
Πίνακας 5: Πίνακας συχνοτήτων των απαντήσεων για την ξινή γεύση στα υδατικά διαλύματα των δύο γλυκαντικών ουσιών	81
Πίνακας 6: Πίνακας συχνοτήτων των απαντήσεων για τη μεταλλική γεύση στα υδατικά διαλύματα των δύο γλυκαντικών ουσιών	82
Πίνακας 7: Πίνακας συχνοτήτων των απαντήσεων για οποιαδήποτε άλλη αντιληφθείσα γεύση στα διαλύματα των δύο γλυκαντικών	83
Πίνακας 8: Αποτελέσματα από τον παραμετρικό έλεγχο t-test.....	84
Πίνακας 9: Μη παραμετρικός έλεγχος για την γεύση του υδατικού διαλύματος της σουκρόζης	85
Πίνακας 10: Μη παραμετρικός έλεγχος για τη γεύση του υδατικού διαλύματος ασπαρτάμης ...	85
Πίνακας 11: Αποτελέσματα του Friedman test	86
Πίνακας 13: Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία για την αξιολόγησης των ποιοτήτων επίγευσης των υδατικών διαλυμάτων σουκρόζης και ασπαρτάμης.....	89
Πίνακας 14: Πίνακας συχνοτήτων για τη γλυκιά επίγευση στις δύο γλυκαντικές ουσίες.....	94
Πίνακας 15: Πίνακας συχνοτήτων για την πικρή επίγευση στις δύο γλυκαντικές ουσίες.....	95
Πίνακας 16: Πίνακας συχνοτήτων για την ξινή επίγευση στις δύο γλυκαντικές ουσίες	96
Πίνακας 17: Πίνακας συχνοτήτων για τη μεταλλική επίγευση στις δύο γλυκαντικές ουσίες.....	97
Πίνακας 18: Πίνακας συχνοτήτων για οποιαδήποτε άλλη αντιληφθείσα επίγευση στις δύο γλυκαντικές ουσίες.....	98
Πίνακας 19: Αποτελέσματα παραμετρικών και μη παραμετρικών ελέγχων για τις ποιότητες της επίγευσης	99
Πίνακας 20: Μη παραμετρικοί έλεγχοι για την επίγευση του υδατικού διαλύματος της σουκρόζης	100
Πίνακας 21: Αποτελέσματα του Friedman test	101
Πίνακας 22: Μη παραμετρικοί έλεγχοι για την επίγευση του υδατικού διαλύματος της ασπαρτάμης	102

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Οι θηλές της γλώσσας.	21
Σχήμα 2: Η οργάνωση του ανθρώπινου γευστικού συστήματος. Πηγή: www.rci.rutgers.edu ...	22
Σχήμα 3: Ο γευστικός κάλυκας.....	22
Σχήμα 4: Είδη κυττάρων στο γευστικό κάλυκα.....	23
Σχήμα 5: Η μεταγωγή του γευστικού σήματος μέσω ιοντικών διαύλων.	25
Σχήμα 6: Νεύρωση των θηλών της γλώσσας.	28
Σχήμα 7: Γευστικός φλοιός του εγκεφάλου.	29
Σχήμα 8: Μεταγωγή του γλυκού γευστικού ερεθίσματος. Πηγή: Purves, Neuroscience 2nd edition.	32
Σχήμα 9: Μεταγωγή γλυκού και πικρού.	33
Σχήμα 10: Μεταγωγή αλμυρού και ξινού μέσω ιοντικών διαύλων. Πηγή: Purves, Neuroscience 2nd edition.	34
Σχήμα 11: Οι λειτουργίες του πεπτιδίου GLP-1.....	40
Σχήμα 12: Υποδοχείς TAS1R και TAS2R.	44
Σχήμα 13: Η χημική δομή της σουκρόζης.....	50
Σχήμα 14: Η χημική δομή της σακχαρίνης.....	54
Σχήμα 15: Η χημική δομή της ασπαρτάμης.	56
Σχήμα 16: Η χημική δομή του Ακετοσουλφαμικού Καλίου.	60
Σχήμα 17: : Ιστόγραμμα των αντιλαμβανόμενων ποιοτήτων της γεύσης του υδατικού διαλύματος της σουκρόζης.....	76
Σχήμα 18: : Ιστόγραμμα των αντιλαμβανόμενων ποιοτήτων της γεύσης του υδατικού διαλύματος ασπαρτάμης	76
Σχήμα 19: Διάγραμμα Διασποράς της αξιολόγησης της γεύσης του υδατικού διαλύματος σουκρόζης ανά αριθμό ID	77
Σχήμα 20: Spider chart των απαντήσεων της εθελόντρια με ID 28.....	77
Σχήμα 21: Διάγραμμα Διασποράς της αξιολόγησης της γεύσης του υδατικού διαλύματος ασπαρτάμης ανά αριθμό ID.....	78
Σχήμα 22: Ιστόγραμμα της γλυκιάς γευστικής ποιότητας στο διάλυμα σουκρόζης.....	79
Σχήμα 23: Ιστόγραμμα της γλυκιάς γευστικής ποιότητας στο διάλυμα της ασπαρτάμης.....	79
Σχήμα 24: Ιστόγραμμα των απαντήσεων για την πικρή γεύση στο υδατικό διάλυμα της σουκρόζης	80

Σχήμα 25: Ιστόγραμμα των απαντήσεων για την πικρή γεύση στο υδατικό διάλυμα της ασπαρτάμης	80
Σχήμα 26: Ιστόγραμμα των απαντήσεων για την ξινή γεύση στο υδατικό διάλυμα της ασπαρτάμης	81
Σχήμα 27: Ιστόγραμμα των απαντήσεων για την ξινή γεύση στο υδατικό διάλυμα της σουκρόζης	81
Σχήμα 28: Ιστόγραμμα των απαντήσεων για τη μεταλλική γεύση στο υδατικό διάλυμα της σουκρόζης.....	82
Σχήμα 29: Ιστόγραμμα των απαντήσεων για τη μεταλλική γεύση στο υδατικό διάλυμα ασπαρτάμης	82
Σχήμα 30: Ιστόγραμμα των απαντήσεων για οποιαδήποτε άλλη αντιληφθείσα γευστική ποιότητα στο υδατικό διάλυμα της σουκρόζης	83
Σχήμα 31: Ιστόγραμμα των απαντήσεων για οποιαδήποτε άλλη αντιληφθείσα γευστική ποιότητα στο υδατικό διάλυμα της ασπαρτάμης	83
Σχήμα 32: Radar chart με τις τιμές των αριθμητικών μέσων ανά γευστική ποιότητα για τις δύο γλυκαντικές ουσίες.....	86
Σχήμα 33: Boxplot των γευστικών ποιοτήτων για το διάλυμα της σουκρόζης.....	87
Σχήμα 34: Boxplot των γευστικών ποιοτήτων για το υδατικό διάλυμα ασπαρτάμης	87
Σχήμα 35: Οι ευκλείδειες αποστάσεις για τις απαντήσεις των εθελοντριών στα διαλύματα και των δύο γλυκαντικών ουσιών.....	88
Σχήμα 36: Ιστόγραμμα των αντιλαμβανόμενων ποιοτήτων επίγευσης του υδατικού διαλύματος σουκρόζης.....	91
Σχήμα 37: Ιστόγραμμα των αντιλαμβανόμενων ποιοτήτων επίγευσης του υδατικού διαλύματος ασπαρτάμης	91
Σχήμα 38: Διάγραμμα Διασποράς της αξιολόγησης της επίγευσης του υδατικού διαλύματος σουκρόζης ανά αριθμό ID	92
Σχήμα 39: Διάγραμμα Διασποράς της αξιολόγησης της επίγευσης του υδατικού διαλύματος ασπαρτάμης ανά αριθμό ID	93
Σχήμα 40: Ιστόγραμμα των απαντήσεων για τη γλυκιά επίγευση στο υδατικό διάλυμα της ασπαρτάμης	94
Σχήμα 41: Ιστόγραμμα των απαντήσεων για τη γλυκιά επίγευση στο υδατικό διάλυμα της σουκρόζης.....	94
Σχήμα 42: Ιστόγραμμα των απαντήσεων για τη μεταλλική επίγευση στο υδατικό διάλυμα της ασπαρτάμης	97

Σχήμα 43: Ιστόγραμμα των απαντήσεων για τη μεταλλική επίγευση στο υδατικό διάλυμα της σουκρόζης.....	97
Σχήμα 44: Ιστόγραμμα των απαντήσεων για οποιαδήποτε άλλη επίγευση στο υδατικό διάλυμα της ασπαρταμής	98
Σχήμα 45: Ιστόγραμμα των απαντήσεων για οποιαδήποτε άλλη επίγευση στο υδατικό διάλυμα της σουκρόζης.....	98
Σχήμα 48: Radar chart των τιμών των αριθμητικών μέσων από τις απαντήσεις για τις ποιότητες επίγευσης στα υδατικά διαλύματα των δύο γλυκαντικών ουσιών.....	101
Σχήμα 46: Boxplot των απαντήσεων για τις ποιότητες επίγευσης για το υδατικό διάλυμα σουκρόζης.....	102
Σχήμα 47: Boxplot των απαντήσεων για τις ποιότητες επίγευσης για το υδατικό διάλυμα ασπαρταμής	102
Σχήμα 49: Οι ευκλείδειες αποστάσεις των απαντήσεων των εθελοντριών για την επίγευση των δύο γλυκαντικών ουσιών.....	103
Σχήμα 50: Διάγραμμα απεικόνισης του αριθμού των εθελοντριών που αντιλήφθηκαν γλυκιά σε σχέση με οποιαδήποτε άλλη αίσθηση στα διαλύματα των δύο γλυκαντικών ουσιών κατά τη δοκιμασία της γεύσης.....	104
Σχήμα 51: Διάγραμμα απεικόνισης του αριθμού των εθελοντριών που αντιλήφθηκαν γλυκιά σε σχέση με οποιαδήποτε άλλη αίσθηση στα διαλύματα των δύο γλυκαντικών ουσιών κατά τη δοκιμασία της επίγευσης	105

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

GPRCs	G protein-coupled receptor: υποδοχείς συζευγμένοι με πρωτεΐνες G
PLCβ2	Φωσφολιπάση Cβ2
IP ₃	1,4,5-τριφωφο-Ινοσιτόλη
DAG	Διακυλογλυκερόλη
IP ₃ R ₃	τύπου 3 υποδοχέας της 1,4,5-τριφωφο-ινοσιτόλης
TRPM5	Transient Receptor Potential cation channel subfamily M member 5
ATP	Adenosine Tri-Phosphate: Τριφωσφορική Αδενοσίνη
P2X2	P2X purinoceptor 2
P2X3	P2X purinoceptor 3
cAMP	cyclic Adenosine Monophosphate: κυκλική Μονοφωσφορική Αδενοσίνη
GTP	Guanosine Tri-Phosphate: Τριφωσφορική Γουανοσίνη
AMP	Μονοφωσφορική Αδενοσίνη
PTC	Phenylthiocarbamide: Φαινυλοθειοκαρβαμίδιο
PROP	Προπυλοθειουρακίλη
T1R3	Taste 1 Receptor 3
TAS1R	Taste 1 Receptors
TAS2R	Taste 2 Receptors
GLP-1	Glucagon-like Peptide 1
mGluR1	Metabotropic Glutamate Receptor 1
EFSA	European Food Safety Authority
<i>hT23R1</i>	Human Taste 2 Receptor 1 gene
BMI	Body Mass Index: Δείκτης Μάζας Σώματος
FDA	Food and Drug Administration

HGFS	High Glucose Corn Syrup: Σιρόπι καλαμποκιού υψηλής περιεκτικότητας σε γλυκόζη
HFCS	High Fructose Corn Syrup: Σιρόπι καλαμποκιού υψηλής περιεκτικότητας σε φρουκτόζη
FAO	Food and Agriculture Association
WHO	World Health Organization
GRAS	Generally Recognized As Safe
FFQ	Food Frequency Questionnaire: Ερωτηματολόγιο συχνότητας κατανάλωσης τροφίμων
ZDRS	Zung Depression Rating Scale
STAI	State-Trait Anxiety Inventory

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η γεύση συμμετέχει και διαμορφώνει την κατανάλωση τροφής αλλά και προστατεύει τον οργανισμό από την κατάποση ακατάλληλων προς βρώση ή μεγαλύτερης της κατάλληλης ποσότητας ουσιών, γεγονότα που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε κάποια βλάβη.

Η αίσθηση της γεύσης εμφανίζεται στην καθημερινότητά μας μέσω της τροφής όχι μόνο ως ανάγκη για την επιβίωση αλλά και ως μία από τις μεγαλύτερες απολαύσεις. Συγκεκριμένα, η γλυκιά γεύση θεωρείται ως η πιο αγαπητή και αρεστή και μπορεί να αποτελεί «αδυναμία» μεγάλου μέρους του πληθυσμού.

Η αρέσκεια για τη γλυκιά γεύση και ειδικότερα όταν αυτή υπερβαίνει το μέτρο και οδηγεί σε αυξημένη κατανάλωση ζάχαρης και γλυκών παρασκευασμάτων φαίνεται να αιτιολογεί εν μέρει την αύξηση του επιπολασμού της παχυσαρκίας και χρόνιων νοσημάτων όπως ο Σακχαρώδης Διαβήτης. Στην προσπάθεια της επιστημονικής κοινότητας προς την προστασία και βελτίωση της Δημόσιας Υγείας και σε συνεργασία με την Επιστήμη των Τροφίμων, εμφανίστηκε στην αγορά μία ποικιλία γλυκαντικών ουσιών που παρέχουν λιγότερες από τη ζάχαρη ή και καθόλου θερμίδες. Κάποιες από αυτές τις ουσίες προέρχονται από τη φύση, ενώ κάποιες άλλες έχουν ανακαλυφθεί εκούσια ή και ακούσια στο εργαστήριο. Ένα από τα μειονεκτήματα της χρήσης των ουσιών αυτών είναι το γεγονός ότι δεν προσδίδουν ακριβώς το ίδιο γευστικό αποτέλεσμα με τη ζάχαρη αλλά φαίνεται πως εμφανίζουν και άλλες γευστικές αισθήσεις όπως η πικρή, η μεταλλική και η ξινή που μπορεί να εμμένουν και μετά την απομάκρυνση του γευστικού ερεθίσματος (επίγευση).

Στη βιβλιογραφία φαίνεται πως την ισχυρότερη εμμένουσα επίγευση ανάμεσα στις διάφορες γλυκαντικές διαθέτουν το ακετοσουλφαμικό κάλιο και η σακχαρίνη, ενώ για την ασπαρτάμη συνήθως τα αποτελέσματα την κατατάσσουν κοντά στη σουκρόζη ακόμα και αν παρουσιάζει ποικιλία διαφορετικών γευστικών αισθήσεων εκτός του γλυκού.

Η εργασία αυτή για τη μελέτη της αντίληψης των ποιοτήτων γεύσης και επίγευσης της ασπαρτάμης έχει σκοπό τη διερεύνηση των διαφορετικών γευστικών αισθήσεων που προκύπτουν μετά τη δοκιμή υδατικών διαλυμάτων ασπαρτάμης και σε σύγκριση με την αξιολόγηση ισοδύναμης γλυκύτητας υδατικών διαλυμάτων σουκρόζης.

ΚΕΦ.1: Η αίσθηση της Γεύσης

Η Γεύση, μαζί με την Όσφρηση, την Αφή, την Όραση και την Ακοή, ανήκει στην ομάδα των αισθήσεων. Η αίσθηση της Γεύσης θεωρείται αλληλένδετη με αυτήν της Όσφρησης, καθώς η τελευταία διαδραματίζει το βασικότερο ρόλο στην αντίληψη των γεύσεων κατά την κατανάλωση τροφής. Η Γεύση και η Όσφρηση ονομάζονται και χημειοαισθήσεις, καθώς τα ερεθίσματα που τις προκαλούν αποτελούν χημικές ενώσεις, και τα κύτταρα αισθητήρες τους είναι χημειοϋποδοχείς.

Γενικά θεωρείται πως η αίσθηση της γεύσης εξελίχθηκε ώστε να βοηθά τα ζώα να επιλέγουν την κατάλληλη τροφή ανάλογα με τις ανάγκες του οργανισμού τους (Beauchamp, 2016)

Οι ρόλοι του γευστικού συστήματος περιλαμβάνουν

- την πυροδότηση αντανακλαστικού του πεπτικού που μεταβάλλει τις εκκρίσεις σιέλου, οξέων του στομάχου και των παγκρεατικών ενζύμων
- την βελτίωση των αισθημάτων απόλαυσης και του κορεσμού κατά την κατανάλωση τροφής
- τη δυνατότητα αναγνώρισης της ποιότητας προϊόντων τροφίμων και ο διαχωρισμός θρεπτικών συστατικών που συνήθως έχουν ωραία -γλυκιά- γεύση από πιθανές τοξίνες που συνήθως έχουν άσχημη -πικρή- γεύση (Παναγιωτάκης 2013)

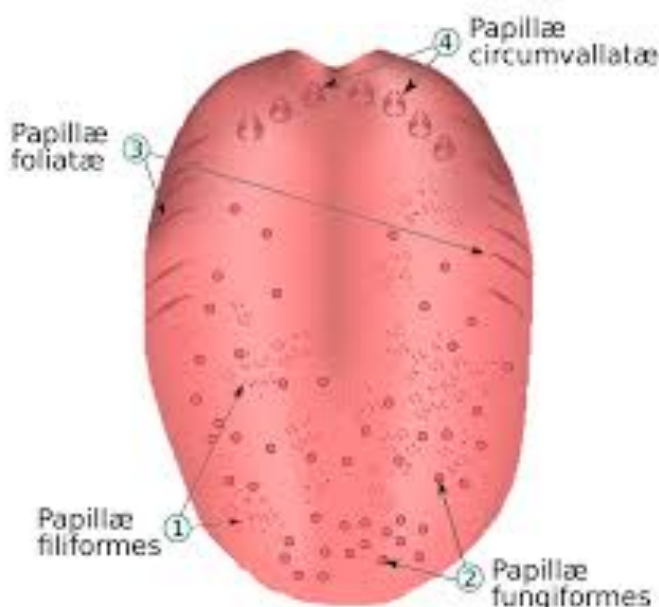
1.1. Μηχανισμός Γευστικής λειτουργίας

1.1.1. Η Μορφολογία της γλώσσας

1.1.1.A. Θηλές και γευστικοί κάλυκες

Το βασικό όργανο της αίσθησης της γεύσης είναι η γλώσσα. Βρίσκεται στη στοματική κοιλότητα και η επιφάνειά της διαθέτει ποικιλία από θηλές, ειδικές δομές που συναντώνται σε συγκεκριμένα μέρη της γλώσσας. Οι θηλές είναι αυτές που προσδίδουν στη γλώσσα την ανώμαλη και τραχειά της όψη. Υπάρχουν διάφορα είδη θηλών, από τα οποία μπορούμε να ξεχωρίσουμε τις μυκητοειδείς, τις περιχαρακωμένες και τις φυλλοειδείς θηλές. Οι φυλλοειδείς θηλές βρίσκονται

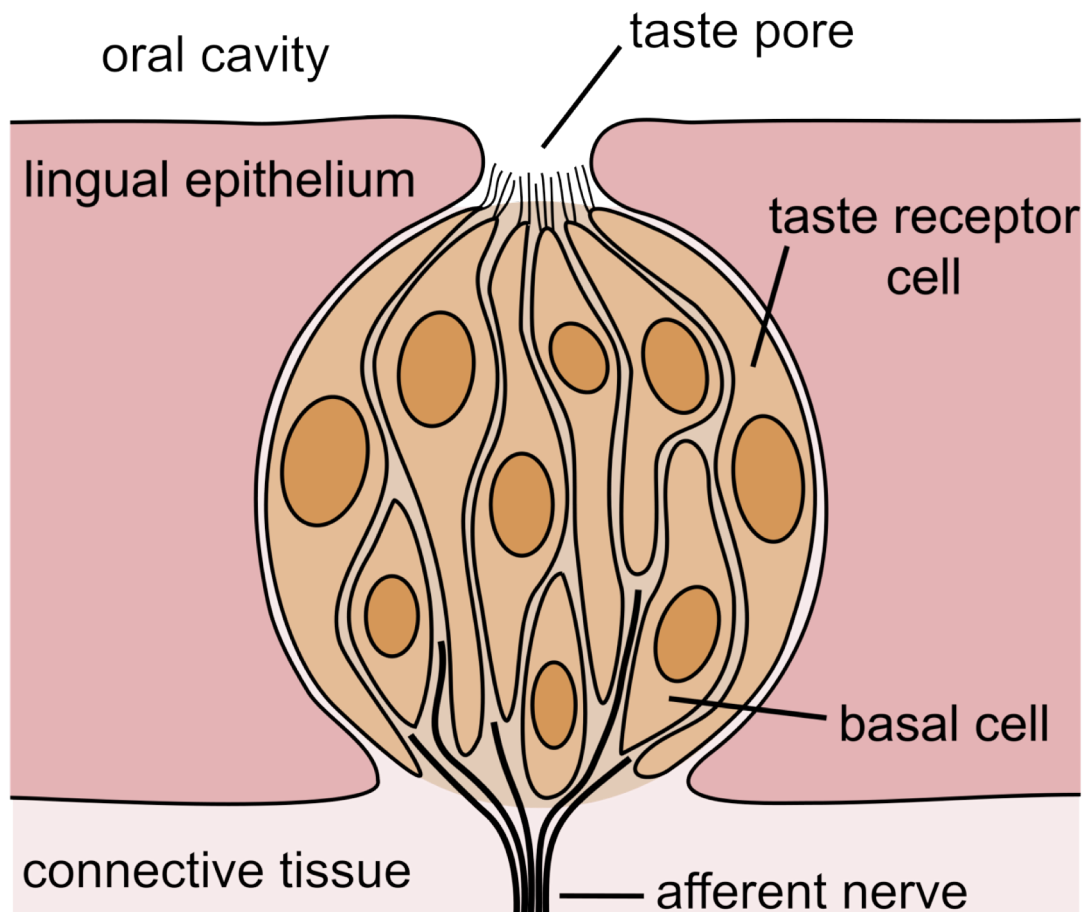
στα πλάγια χείλη της γλώσσας με τους γευστικούς κάλυκες σε πτυχές των θηλών. Οι μυκητοειδείς θηλές υπάρχουν διάσπαρτες στην επιφάνεια της γλώσσας με την πλειοψηφία τους να βρίσκεται στο άκρο αυτής. Λέγονται έτσι επειδή το σχήμα τους θυμίζει μανιτάρι, ενώ έχουν διάφανο χρώμα και συντελούν στην ερυθρή εμφάνιση της γλώσσας, λόγω της υψηλής τους περιεκτικότητας σε αιμοφόρα αγγεία. (Costanzo, 2010)



Σχήμα 1: Οι θηλές της γλώσσας.

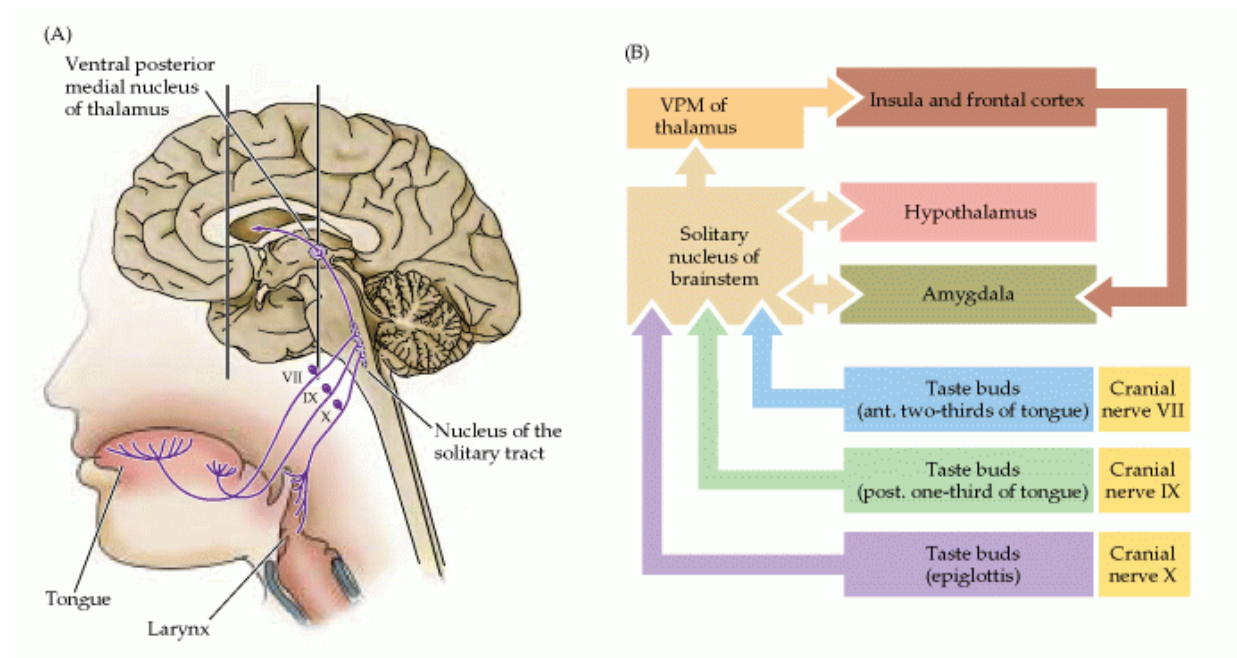
Πηγή: By derivative work: Kjell ANDRÉ (talk)Kieli.svg: Antimoni - Kieli.svg, CC BY-SA 3.0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4612737>

Μέσα στις θηλές συναντώνται οι γευστικοί κάλυκες, οι ευρύτερες δομές στις οποίες ομαδοποιούνται τα γευστικά κύτταρα που φέρουν τους γευστικούς υποδοχείς, μέσω των οποίων ανιχνεύει ο άνθρωπος τη γεύση. Οι γευστικοί κάλυκες δεν είναι ορατοί με γυμνό μάτι, και αποτελούν εστίες από περίπου 100 γευστικά κύτταρα υποδοχείς, που σχηματίζουν ομάδα σε δομές που μοιάζουν με κρεμμύδι (Gilbertson, Damak, & Margolskee, 2000). Οι γευστικοί κάλυκες που βρίσκονται στα εμπρόσθια 2/3 της γλώσσας, οργανώνονται σε μυκητοειδείς θηλές, ενώ οι κάλυκες στο οπίσθιο μέρος της γλώσσας σε φυλλοειδείς και περιχαρακωμένες θηλές. Περίπου 3-5 γευστικοί κάλυκες συναντώνται σε μία μυκητοειδή θηλή οι οποίοι και νευρώνονται αποκλειστικά από τον κλάδο VII και IX της εγκεφαλικής συζυγίας (Costanzo, 2010). Γευστικούς κάλυκες συναντάμε επίσης στην ευρύτερη επιφάνεια της γλώσσας, τον ουρανίσκο ή υπερώα και τον οροφάρυγγα, όπως ονομάζεται το σημείο του φάρυγγα που βρίσκεται κάτω από την υπερώα και άνω της επιγλωττίδας, και είναι σε συνέχεια με τη στοματική κοιλότητα.



Σχήμα 3: Ο γευστικός κάλυκας.

Πηγή: By NEUROtiker - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4145397>

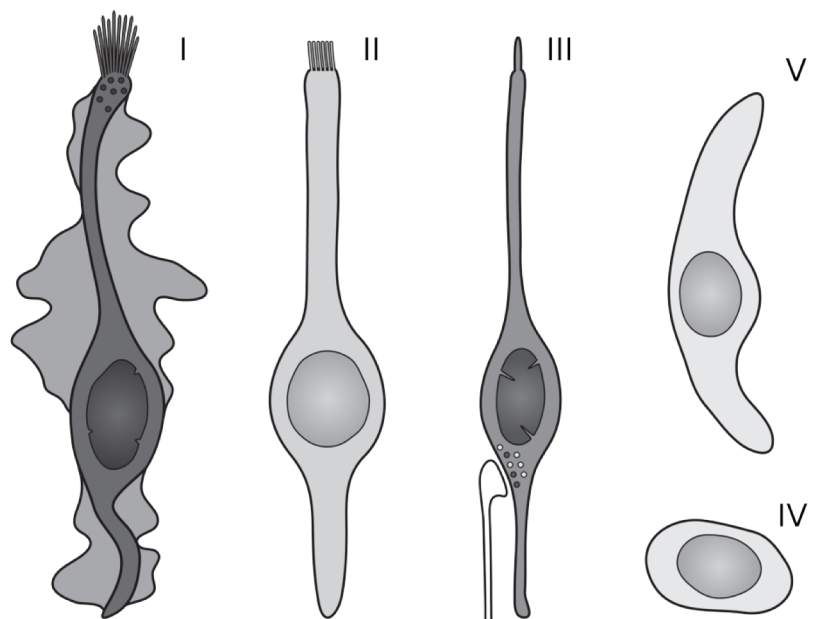


Σχήμα 2: Η οργάνωση του ανθρώπινου γευστικού συστήματος. Πηγή: www.rci.rutgers.edu

1.1.1.B. Τύποι κυττάρων στο γευστικό κάλυκα

Οι γευστικοί κάλυκες είναι υπεύθυνοι για την μεσολάβηση της γλυκιάς, ξινής, πικρής, αλμυρής και μεταλλικής αίσθησης στη γεύση. Ανεξάρτητα από την τοποθεσία του, κάθε γευστικός κάλυκας αποτελείται από τρεις τύπους κυττάρων και ένα πληθυσμό από κύτταρα τα οποία ανανεώνονται συνεχώς, τα οποία αποτελούν προγονικά κύτταρα των γευστικών κυττάρων και ονομάζονται βασικά. (Yoshida et al., 2009)

Τα κύτταρα τύπου I ή αλλιώς στηρικτικά κύτταρα, έχει φανεί πως έχουν έναν στηρικτικό ρόλο, παρόμοιο με τα μικρογλοιακά νευρικά κύτταρα. Η λειτουργία των στηρικτικών κυττάρων δεν έχει πλήρως διευκρινιστεί και θεωρείται πως δεν συμμετέχουν στην απόκριση σε γευστικά ερεθίσματα. Τα κύτταρα τύπου II ή αλλιώς γευστικά κύτταρα-υποδοχείς, περιλαμβάνουν τους συζευγμένους με πρωτεΐνες G υποδοχείς (GPCRs) και άλλους παράγοντες που σχετίζονται με την αντίληψη του γλυκού, του πικρού και του umami. Τα κύτταρα τύπου II, αποτελούν το 30-40% των κυττάρων ενός γευστικού κάλυκα. Το 10-15% των κυττάρων του κάλυκα συμπληρώνεται από κύτταρα τύπου III, τα οποία ονομάζονται και προσυναπτικά. Τα κύτταρα αυτά ανταποκρίνονται στο ξινό και σε κάποια αλμυρά ερεθίσματα. (Yoshida et al., 2009) Τα κύτταρα τύπου II φαίνεται πως επίσης μεταδίδουν σήματα απευθείας στις προσαγωγές νευρικές ίνες, αλλά αυτό μάλλον συμβαίνει χωρίς τη μεσολάβηση τυπικών νευρικών συνάψεων. Και τα κύτταρα τύπου II και αυτά του τύπου III μπορούν να διεγερθούν ηλεκτρικά, διαθέτουν διαύλους Νατρίου και Καλίου, και μπορούν να προκαλούν τη γένεση δυναμικών ενέργειας από τα γευστικά ερεθίσματα. (Stowers et al., 2016)



Σχήμα 4: Είδη κυττάρων στο γευστικό κάλυκα.

Πηγή: By Jonas Töle - Own work, CC0,
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=30501455>

1.1.1.Γ. Γευστικά κύτταρα υποδοχείς

Τα γευστικά κύτταρα υποδοχείς ή αλλιώς κύτταρα τύπου II, είναι οι χημειουποδοχείς του γευστικού συστήματος, συναντώνται στην επιφάνεια των γευστικών καλύκων και περιλαμβάνουν μικροκροσσούς που εξέχουν των γευστικών πόρων. Η παρουσία των μικροκροσσών εξυπηρετεί στην αύξηση της διαθέσιμης επιφάνειας για την αντίχνευση των γευστικών ερεθισμάτων. Τα κύτταρα αυτά δεν αποτελούν νευρώνες αλλά εξειδικευμένα επιθηλιακά κύτταρα που μετατρέπουν τα χημικά ερεθίσματα που λαμβάνουν σε ηλεκτρικά τα οποία μεταδίδονται στο Κεντρικό Νευρικό Σύστημα μέσω των προσαγωγών ινών που νευρώνουν τους γευστικούς υποδοχείς. (Costanzo, 2010) Είναι αποκλειστικά ευαίσθητοι σε χημικές ουσίες, καθώς τα γευστικά κύτταρα τύπου II αποτελούν κύτταρα που συνδέονται με το νευρικό σύστημα μέσω χημικών συνάψεων. (Moller, 2007)

Τα γευστικά κύτταρα-υποδοχείς έχουν μικρή διάρκεια ζωής. Η απόπτωση συμβαίνει περίπου κάθε 10 ημέρες και τα παλιά αντικαθίστανται από νέα κύτταρα. Αυτή η διαδικασία επιτρέπει στο γευστικό σύστημα να αναρρώνει από διάφορες πιθανές βλάβες και εξηγεί και την αντοχή των γευστικών συστημάτων στην πάροδο του χρόνου. Βέβαια ο αριθμός των γευστικών κυττάρων μειώνεται με την ηλικία και σταδιακά μειώνεται και η αίσθηση της γεύσης. (National Center for Health Statistics, 2013) Τα διάφορα γευστικά κύτταρα που συναντώνται μια δεδομένη στιγμή στους γευστικούς κάλυκες μπορεί να είναι κύτταρα σε διαφορετικό στάδιο ανάπτυξης (Moller, 2007)

Οι γευστικοί υποδοχείς δεν είναι παρόντες μόνο στην στοματική κοιλότητα, αλλά και κατά μήκος του γαστρεντερικού σωλήνα. Τα δεδομένα προτείνουν πως τα μόρια που δρουν ως γευστικά ερεθίσματα στην στοματική κοιλότητα μέσω της ενεργοποίησης των γευστικών υποδοχέων, μπορεί να δρουν και ως αγωνιστές των ίδιων υποδοχέων και σε άλλους ιστούς. Οι υποδοχείς αυτοί φαίνεται να διαδραματίζουν σημαντικούς επιπρόσθετους ρόλους στο αναπνευστικό, το πεπτικό, το κεντρικό νευρικό σύστημα και ίσως και το αναπαραγωγικό σύστημα των ανδρών.

1.1.2. Μεταγωγή γευστικού σήματος και αντίληψη γεύσης

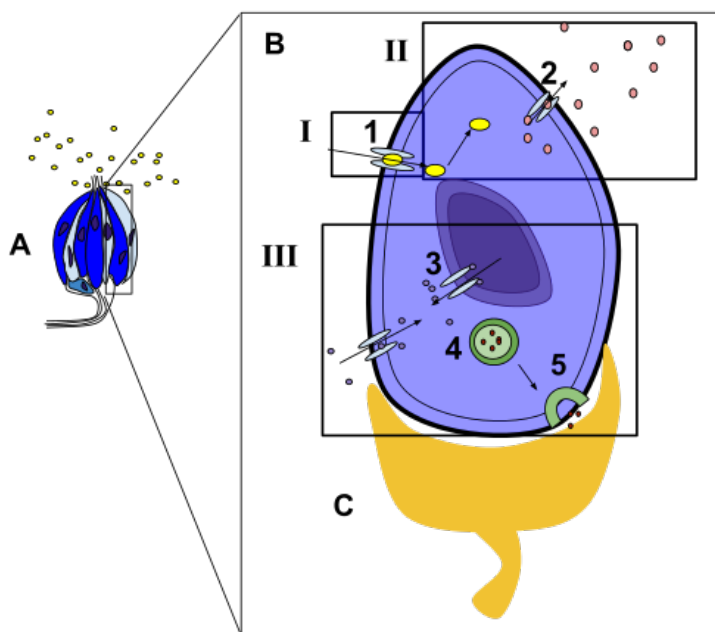
Η αντίληψη των πέντε βασικών γεύσεων βασίζεται στη διαφορετική ευαισθησία των διάφορων περιοχών της γλώσσας στα γευστικά ερεθίσματα. Και οι πέντε γεύσεις μπορούν να

γίνουν αντιληπτές από τη συνολική επιφάνεια της γλώσσας αν και κάθε περιοχή παρουσιάζει διαφορετικό κατώφλι στην αντίληψη της κάθε γευστικής ποιότητας (Costanzo, 2010)

Το πρώτο γεγονός στη γευστική διαδικασία είναι η επαφή μεταξύ της προς βρώση ή δοκιμή ουσίας και ενός σημείου των μικροκροσσών το οποίο προεξέχει από το γευστικό κύτταρο. Οι μηχανισμοί μεταγωγής του σήματος είναι πολύ διαφορετικοί ανά τις γευστικές ποιότητες, και μπορούν να διαιρεθούν σε δύο ομάδες ανάλογα με τη φύση των μορίων που αποτελούν τα γευστικά ερεθίσματα: τα άλατα και τα όξινα οξέα αποτελούνται από φορτισμένα σωματίδια, ενώ τα γλυκά και πικρά ερεθίσματα έχουν συγκεκριμένα μοριακά σχήματα που προσδένονται στους γευστικούς υποδοχείς. (National Center for Health Statistics, 2013)

1.1.2.A. Μεταγωγή του γευστικού ερεθίσματος μέσω ιοντικών διαύλων

Αυτός ο τύπος μεταγωγής λαμβάνει χώρα στην όξινη και την αλμυρή γεύση. Η όξινη γεύση μεσολαβείται από κατιόντα υδρογόνου H^+ , τα οποία εισέρχονται στον υποδοχέα διαμέσου ειδικών διαύλων. Προκαλείται σύγκλιση (αποκλεισμός) των διαύλων καλίου και εκπόλωση της μεμβράνης. Η αλμυρή γευστική ποιότητα μεσολαβείται από κατιόντα νατρίου Na^+ , τα οποία εισέρχονται στον υποδοχέα μέσω των ομόνυμων τους διαύλων, και η εκπόλωση είναι άμεση. (Costanzo, 2010)



Σχήμα 5: Η μεταγωγή του γευστικού σήματος μέσω ιοντικών διαύλων.

Πηγή: By Hldavis4 - Own work & Template:Purves, Dale. Taste Receptors and the Transduction of Taste Signals. U.S. National Library of Medicine, n.d. Web. May-June 2015., CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=40676683>

1.1.2.B. Μεταγωγή του γευστικού ερεθίσματος μέσω υποδοχών συζευγμένων σε πρωτεΐνες G

Η αντίληψη του γλυκού, του πικρού και του umami διαμεσολαβείται από υποδοχείς συζευγμένους σε πρωτεΐνες G. Η διαδικασία ξεκινά από την σύνδεση του προσδέτη με τον υποδοχέα, την οποία ακολουθεί η ενεργοποίηση μίας πρωτεΐνης G, που περιλαμβάνει την G_{α} -γευσίνη και την $G\beta\gamma 13$. Η σύνδεση με τον υποδοχέα προκαλεί στην ενεργοποίηση της φωσφολιπάσης $C\beta 2$ ($PLC\beta 2$), η οποία με τη σειρά της ενεργοποιεί ως δεύτερα μηνύματα την 1,4,5-τριφωσφορική ινositόλη (IP_3) και την διακυλογλυκερόλη (DAG), της οποίας η δράση δεν είναι ακόμα σαφής. Η IP_3 βρίσκεται στο κυτοσόλιο και συνδέεται με τον τύπου 3 υποδοχέα της (IP_3R3) που βρίσκεται στο ενδοπλασματικό δίκτυο. Αυτό, οδηγεί στην απελευθέρωση κατιόντων ασβεστίου Ca^{2+} από τις ενδοκυτταρικές αποθήκες, και την κατά συνέπεια ενεργοποίηση των διαύλων $TRPM5$. Η εισροή ιόντων νατρίου Na^+ διαμέσω αυτών των διαύλων προκαλεί την εκπόλωση της μεμβράνης, που με τη σειρά της οδηγεί σε ενεργοποίηση των τασεοευαίσθητων διαύλων Na^+ , την γένεση δυναμικών ενέργειας και την απελευθέρωση ATP μέσω αντίστοιχων τασεοευαίσθητων διαύλων. Το ATP που απελευθερώθηκε συνδέεται και ενεργοποιεί τους πουρινεργικούς υποδοχείς $P2X2$ και $P2X3$ στις προσαγωγές ίνες, για να μεταδώσουν την γευστική πληροφορία στον εγκέφαλο. (Stowers et al., 2016)

Όταν ενεργοποιείται η α -γευσίνη, ενεργοποιούνται μία ή περισσότερες φωσφοδιεστεράσες οι οποίες μειώνουν τα επίπεδα της ενδοκυτταρικής κυκλικής μονοφωσφορικής αδενοσίνης ($cAMP$) και αποτρέπουν την φωσφορυλίωση μέσω κινασών. Έτσι τα γευστικά κύτταρα διατηρούνται ενεργά ώστε να ανταποκρίνονται στα γευστικά ερεθίσματα με ισχυρά μηνύματα Ca^{2+} . Όσον αφορά τα γλυκά ερεθίσματα, εκεί φαίνεται πως τα επίπεδα της $cAMP$ αυξάνονται αντί να μειώνονται, και ο μηχανισμός βρίσκεται υπό μελέτη. (Stowers et al., 2016)

Γνωρίζουμε ότι οι χημικές ουσίες στις οποίες ανταποκρίνονται οι γευστικοί υποδοχείς είναι σε υγρή φυσική κατάσταση ή διαλύονται στην σίελο και μεταφέρονται στους γευστικούς κάλυκες στις θηλές της γλώσσας ώστε να έρθουν σε επαφή με τα γευστικά κύτταρα που προεξέχουν του γευστικού πόρου. Αξίζει να σημειωθεί πως οι χημικές ουσίες που πρέπει να διαλυθούν στην σίελο μπορεί να ενεργοποιούν γευστικούς υποδοχείς σε βαθμό που εξαρτάται και από τη διαλυτότητα τους. Αυτό μπορεί να σημαίνει και καθυστέρηση στην απόκριση του γευστικού ερεθίσματος ανάλογα με το χρόνο που χρειάζεται κάθε χημική ουσία να διαλυθεί,

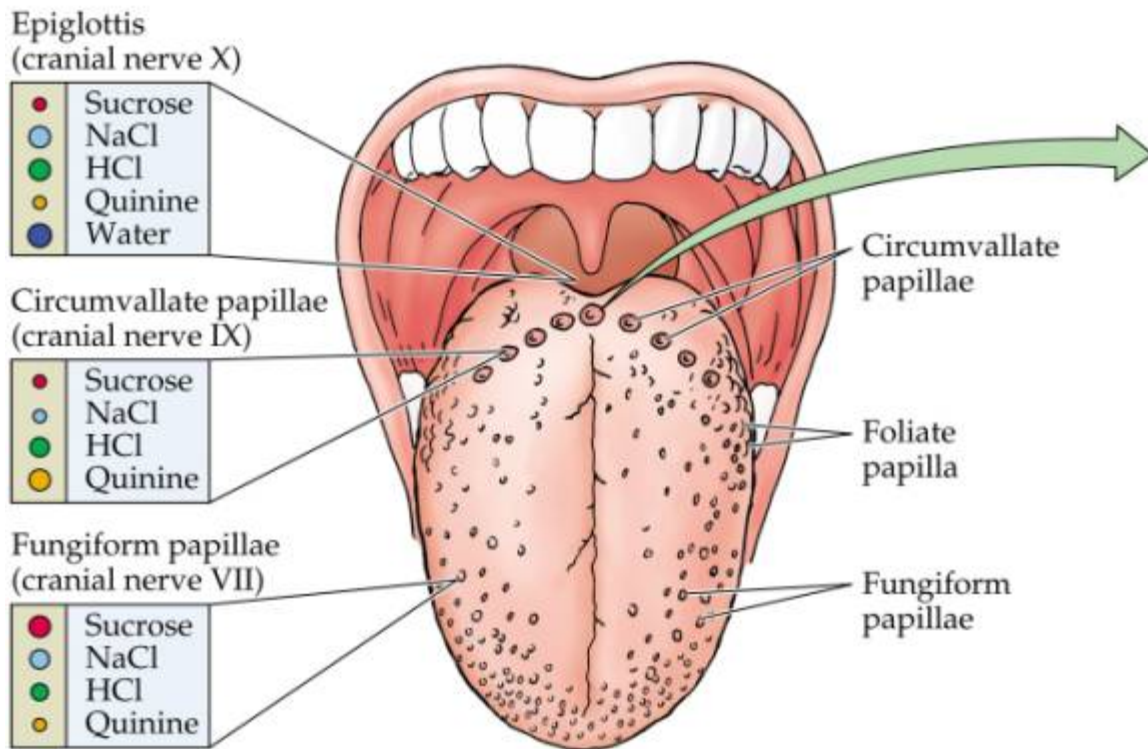
επομένως υπάρχει ποικιλία στην ανταπόκριση των γευστικών υποδοχέων στα ερεθίσματα. Πρωτεΐνες που περιέχονται στη σίελο μπορεί να συμβάλλουν σε αυτή τη διαδικασία μέσω δέσμευσης στις ουσίες αυτές και παράδοσή τους στα γευστικά κύτταρα ή και το αντίθετο. (Moller, 2007)

1.1.3. Το γευστικό σήμα στον εγκέφαλο

Τα κύτταρα τύπου II δεν διαθέτουν ούτε τασσεοευαίσθητους διαύλους κατιόντων ασβεστίου ούτε προσυναπτικές πρωτεΐνες. Αντίθετα, η επικοινωνία μεταξύ των μεμβρανών των κυττάρων αυτών και των προσαγωγών νευρικών ινών μάλλον πραγματοποιείται μέσω του ATP, το οποίο φαίνεται να είναι απαραίτητο για την αντίληψη όλων των βασικών γευστικών ερεθισμάτων (πικρό, γλυκό, umami, ξινό και αλμυρό). (Stowers et al., 2016)

Η επαφή μεταξύ των γευστικών κυττάρων και των προσαγωγών νευρικών ινών αποτελεί μορφολογικά μια χημική σύναψη. (Moller, 2007) Σε αυτό το σημείο φαίνεται πως τα γευστικά ερεθίσματα κωδικοποιούνται. Κάθε γευστική ίνα εμφανίζει διαφορετική απόκριση στα διάφορα είδη ερεθισμάτων με αυξημένη ευαισθησία και μεγαλύτερη ανταπόκριση σε ένα συγκεκριμένο τύπο ερεθίσματος και μικρότερη σε όλους τους υπόλοιπους τύπους ερεθισμάτων. Επομένως μια τέτοια ίνα μπορεί να ανταποκρίνεται σε μεγαλύτερο βαθμό στο γλυκό παρά στο πικρό ερέθισμα, και σε μία άλλη ίνα να συμβαίνει το αντίστροφο. Οι πληροφορίες που φτάνουν σε κάθε ίνα προέρχονται από πολλούς γευστικούς υποδοχείς και ακολουθούν ένα πρότυπο από απαντήσεις το οποίο όταν αφορά περισσότερες από μία γευστικές ίνες κωδικοποιεί μία συγκεκριμένη γευστική ποιότητα. (Costanzo, 2010)

Οι άξονες από τα γευστικά κύτταρα εκτείνονται σε τρία κρανιακά νεύρα. (Moller, 2007). Το γλωσσοφαρυγγικό νεύρο (IX) νευρώνει το πιο ευαίσθητο στο πικρό και στο ξινό οπίσθιο μέρος της γλώσσας. Το προσωπικό (VII) νεύρου είναι υπεύθυνο για τη νεύρωση του εμπρόσθιου μέρους της γλώσσας, το οποίο παρουσιάζει αυξημένη ευαισθησία στο γλυκό, το αλμυρό και το umami. Τέλος, οι κάλυκες που βρίσκονται στο οπίσθιο τμήμα του φάρυγγα και την επιγλωττίδα νευρώνονται από το πνευμονογαστρικό νεύρο (X) (Gilbertson et al., 2000)



Σχήμα 6: Νεύρωση των θηλών της γλώσσας.

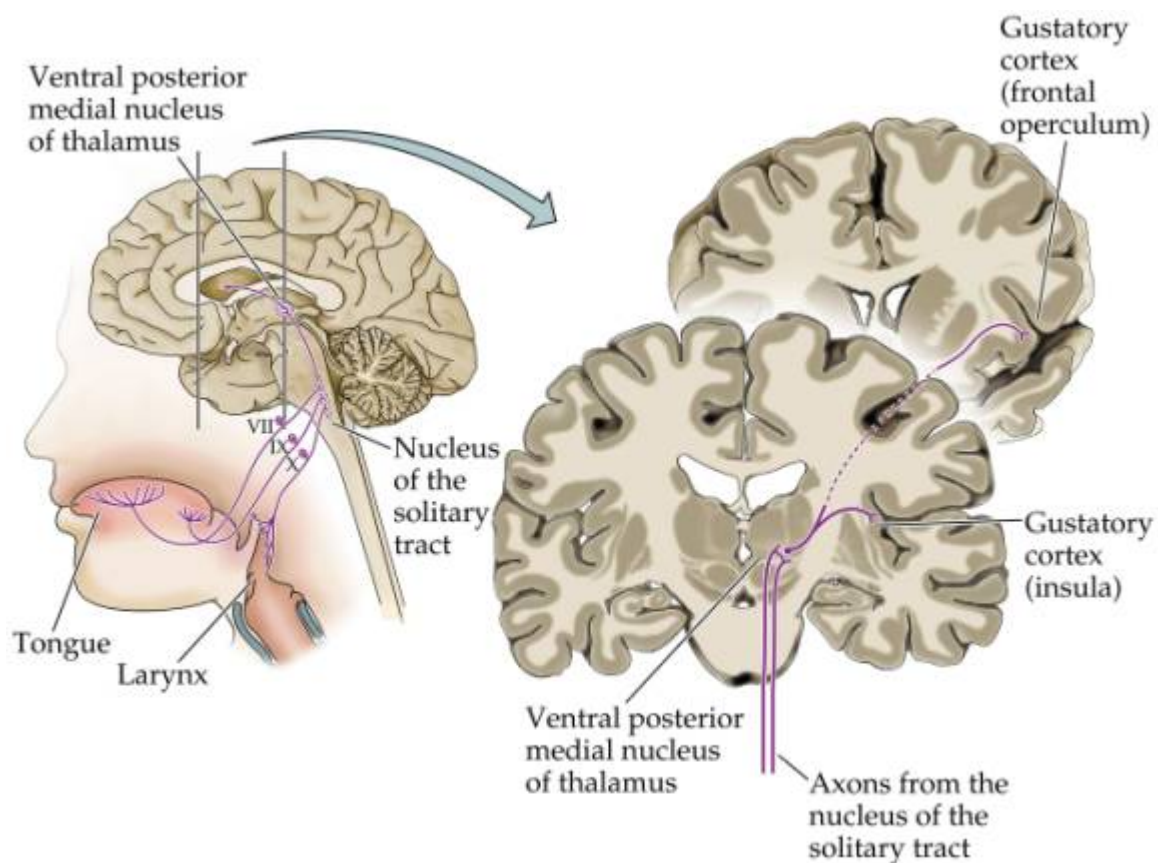
Πηγή: <https://www.rci.rutgers.edu/~uzwiak/AnatPhys/ChemicalSomaticSenses.htm>.

Τα τρία αυτά κρανιακά νεύρα εισέρχονται στο στέλεχος του εγκεφάλου, ακολουθούν ανιούσα πορεία διαμέσου της μονήρους δεσμίδας και καταλήγουν στους νευρώνες δεύτερης τάξης στον πυρήνα της μονήρους δεσμίδας στον προμήκη μυελό. Οι νευρώνες δεύτερης τάξης προβάλλουν ομόπλευρα στον έσω οπίσθιο κοιλιακό πυρήνα του θαλάμου και οι νευρώνες τρίτης τάξης στη συνέχεια εγκαταλείπουν το θάλαμο και κατευθύνονται προς το γευστικό φλοιό. (Costanzo, 2010)

Οι περιοχές του εγκεφάλου που δέχονται απευθείας τις πληροφορίες που αφορούν τις αισθήσεις από τον θάλαμο ονομάζονται πρωτεύοντα αισθητικά πεδία, και ακόμη και αν αυτές οι περιοχές έχουν κατοχυρωθεί, η τοποθεσία του πρωτεύοντος γευστικού φλοιού μέχρι πρόσφατα βρισκόταν υπό συζήτηση. Σε μία πρόσφατη δημοσίευση δείχθηκε ότι η εμπρόσθια/μεσαία πλευρά της νήσου σχετίζεται με την πρωτογενή αίσθηση της γεύσης, ενώ η οπίσθια πλευρά της έχει περισσότερο ρόλο δευτερεύουσας γευστικής απόκρισης, συνδεδεμένη περισσότερο με την υποκειμενική αντίληψη του ερεθίσματος. (Iannilli, Noennig, Hummel, & Schoenfeld, 2014)

Η αντίληψη της γλυκιάς γεύσης μπορεί να μετρηθεί είτε ηδονικά, σύμφωνα με την αρέσκεια όσο και με την κινητήρια δύναμη της επιθυμίας. Η γευστική ευχαρίστηση ή αρέσκεια

ποικίλλει ανάλογα με το γλυκό ερέθισμα αλλά και ανάμεσα στα διαφορετικά άτομα, αλλά έχει φανεί πως είναι περισσότερο ανεξάρτητη σε σχέση με την επιθυμία. Ενεργοποιείται ένα εγκεφαλικό κύκλωμα που σχετίζεται με την απόλαυση, όπου και εγείρονται η αντίληψη της γλυκιάς γεύσης και η ηδονή. (Mennella, Bobowski, & Reed, 2017) Δεν είναι όμως τελείως κατανοητό το ποιες δομές του εγκεφαλικού κυκλώματος ανταμοιβής επακριβώς διαμεσολαβούν την αρέσκεια στα γευστικά ερεθίσματα. (Frank et al., 2008) Μάλιστα, υπάρχουν στοιχεία πως η ενεργοποίηση του κυκλώματος εκείνου του εγκεφάλου διαρκεί μόνο τόσο όσο η γεύση είναι στο στόμα και δεν παραμένει μετά την απομάκρυνση του ερεθίσματος. (Kringelbach, de Araujo, & Rolls, 2004)



Σχήμα 7: Γευστικός φλοιός του εγκεφάλου.

Πηγή: <http://www.zoology.ubc.ca/~gardner/ch15f10.gif>

1.2. Γευστικές ποιότητες

Υπάρχουν πέντε βασικές όπως θεωρούνται γεύσεις, η γλυκιά, η πικρή, η αλμυρή, η ξινή και το umami. Η κωδικοποίηση των ποιοτήτων της γεύσης είναι πολύ σημαντική για την επιβίωση. Η αναγνώριση των διαφορετικών ποιοτήτων αντί αυτές να μπλέκονται και να χάνονται η μία στην άλλη εξυπηρετεί στην αποφυγή κατανάλωσης τοξικών ουσιών. Η προσαρμογή είναι ένα άλλο φαινόμενο που εξυπηρετεί στη διατήρηση του διαχωρισμού των διαφορετικών γεύσεων.

Έχουν προταθεί από τους ερευνητές ενδεικτικά κριτήρια για την κατάταξη μιας γευστικής ποιότητας στις βασικές, και αυτά είναι:

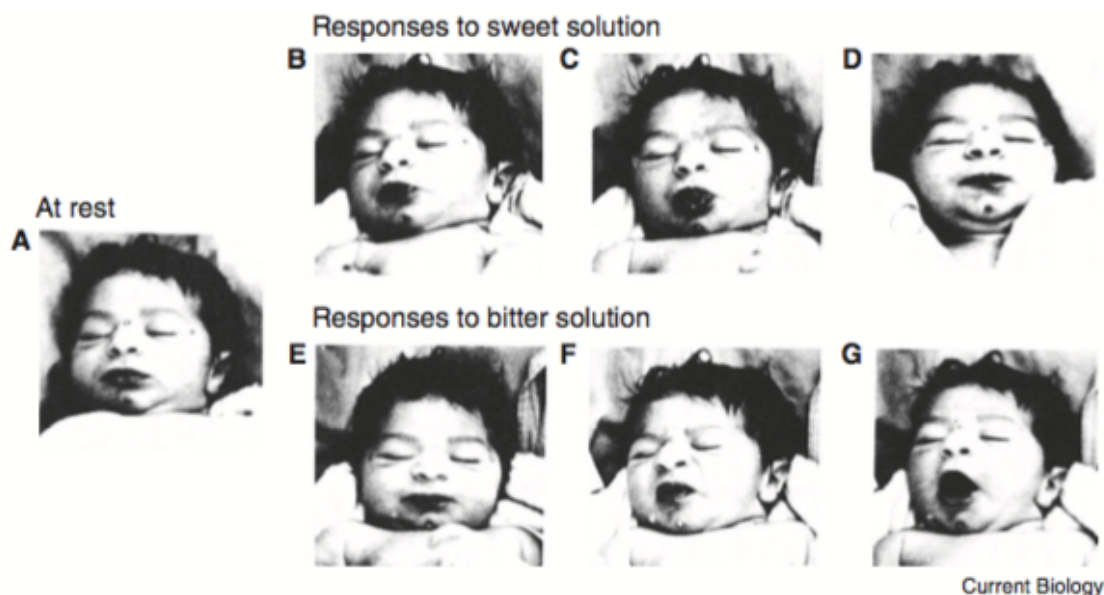
- 1) πως η ποιότητα προς μελέτη παρουσιάζει οικολογική σημασία
- 2) προσλαμβάνεται από χαρακτηριστικές χημικές ενώσεις
- 3) ενεργοποιεί ειδικούς υποδοχείς
- 4) ανιχνεύεται από τα γευστικά νεύρα και επεξεργάζεται στα γευστικά κέντρα
- 5) διακρίνεται από μία ποιότητα που δεν αλληλοεπικαλύπτεται από άλλες βασικές γευστικές ποιότητες
- 6) προκαλεί φυσιολογική ή και συμπεριφορική απόκριση (Running, Craig, & Mattes, 2015)

1.2.1. Γλυκιά γεύση

Η γλυκιά γεύση αντιπροσωπεύει τη γεύση των σακχάρων τα οποία είναι βιολογικά χρήσιμα στον άνθρωπο όπως η σουκρόζη, η φρουκτόζη και η γλυκόζη. Τα σάκχαρα προκαλούν την ηδονική ευχάριστη και έντονη αίσθηση της γλυκύτητας, ενώ παράλληλα προμηθεύουν τον οργανισμό, ως πηγές γλυκόζης, με το απαραίτητο για την εγκεφαλική του λειτουργία καύσιμο. Άλλες ενώσεις που προκαλούν τη γλυκιά γεύση είναι γλυκόλες, αλκοόλες, αμίδια, ορισμένα αμινοξέα, αλδεύδες, κετόνες, ανόργανα άλατα, διπεπτίδια και πρωτεΐνες.

Ο άνθρωπος έχει έμφυτη προτίμηση στη γεύση αυτή, καθώς υποδηλώνει την ύπαρξη ενέργειας στο τρόφιμο που γεύεται. Είναι χαρακτηριστικές οι εικόνες νεογέννητου που γεύεται για πρώτη φορά τη γλυκιά γεύση και αντιδρά εξαιρετικά ευχάριστα σε σχέση με τις υπόλοιπες γεύσεις. Η υπόθεση αυτή ίσως ενισχύεται με το γεγονός πως η γεύση του πρώτου μητρικού γάλακτος (πρωτόγαλα) είναι επίσης γλυκιά, και αυτό πιθανόν να εξυπηρετεί την άμεση μετά τη γέννηση γαλουχία. (National Center for Health Statistics, 2013) Η αντίληψη αυτή επικρατεί στη

βιβλιογραφία αν και μία τελευταία ανασκόπηση αντιτίθεται, υποστηρίζοντας η γλυκύτητα δεν θα έπρεπε να θεωρείται παράγοντας ανίχνευσης της ενέργειας ενός τροφίμου με την εξήγηση πως τα γλυκά τρόφιμα δεν είναι τα ενεργειακά πλουσιότερα, σε αντίθεση με τρόφιμα που περιέχουν άμυλο ή λίπος και τα οποία δεν είναι γλυκά. Οι ερευνητές πρότειναν πως αυτός ο λόγος γλυκό/πικρό μπορεί να υποδείξει τις τροφές που ένα ζώο μπορεί να καταναλώσει άφοβα και σε μεγάλη ποσότητα (όταν επικρατεί το γλυκό) σε αντίθεση με αυτές που σε μεγάλη ποσότητα μπορεί να το βλάψουν (όταν επικρατεί το πικρό στοιχείο). Βέβαια στα φυτά συναντάται και η όξινη αίσθηση, η οποία απουσιάζει από αυτή την υπόθεση. (Beauchamp, 2016)



Εικόνα 1: Αντιδράσεις νεογέννητου μετά από δοκιμή γλυκού και πικρού διαλύματος. Πηγή: Ventura et al. 2013

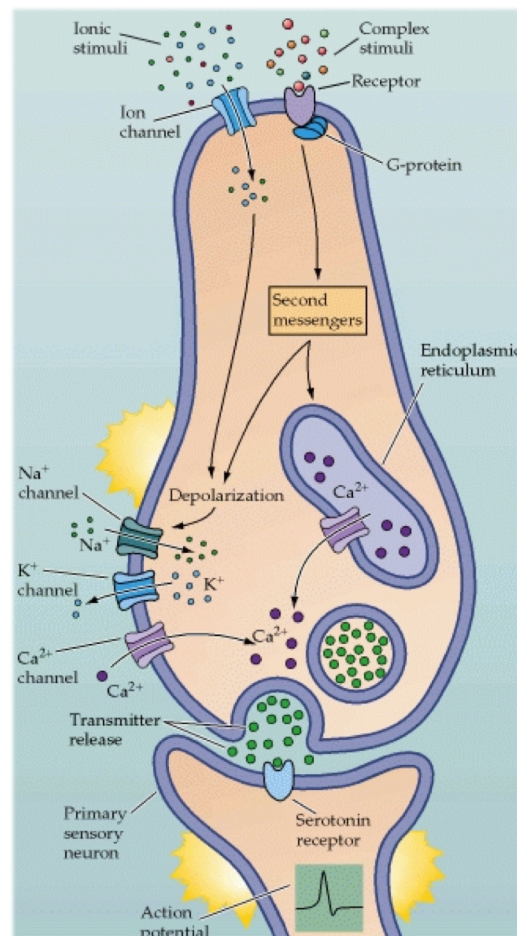
Ενδιαφέρον είναι, πως το γλυκό φαίνεται όχι μόνο να είναι αρεστό αλλά και να λειτουργεί ως αναλγητικό, ειδικά στην παιδική ηλικία. Αυτό έχει σχέση με την απελευθέρωση ενδογενών οπιοειδών. (Beauchamp, 2016) (Ramenghi, Evans, & Levene, 1999) Πάνω στο θέμα αυτό, έχει φανεί πως η τοποθέτηση κάποιας γλυκιάς ουσίας στη γλώσσα ενός νεογέννητου που κλαίει έχει άμεσο ηρεμιστικό αποτέλεσμα το οποίο διαρκεί αρκετά λεπτά. Η δράση αυτή δεν περιορίζεται μόνο με χρήση σουκρόζης αλλά και με μη θερμιδογόνες γλυκαντικές ουσίες όπως η ασπαρτάμη με παρόμοιο αποτέλεσμα. Αυτό μάλλον μας δείχνει πως υπεύθυνα είναι προσαγωγή

σήματα εκ της στοματικής κοιλότητας και όχι γαστρικές ή μεταβολικές αλλαγές, και πως το αποτέλεσμα δεν σχετίζεται με το θερμιδικό περιεχόμενο της γλυκαντικής. Βέβαια στη μελέτη υπογραμμίζεται ότι το φαινόμενο αυτό εξαρτάται από τις επικρατούσες συνθήκες καθώς δεν βρέθηκε το ίδιο αποτέλεσμα σε πόνο που προκύπτει σε διαδικασίες που περιλαμβάνουν τρύπημα με βελόνα. (Mennella et al., 2017)

1.2.1.A. Μεταγωγή του γλυκού γευστικού ερεθίσματος

Όπως αναλύθηκε παραπάνω, τα γλυκά γευστικά μόρια δεσμεύονται σε υποδοχείς συζευγμένους με πρωτεΐνες G και προκαλούν εκπόλωση της μεμβράνης μέσω ενός καταρράκτη αντιδράσεων. (Costanzo, 2010) Το δεύτερο μήνυμα στη μεταγωγή σήματος της γλυκιάς γεύσης φαίνεται να είναι το εκ αδενυλικής κυκλάσης cAMP και εκ PLCβ2 IP_3 . Βιοχημικές μελέτες έχουν δείξει πως η σουκρόζη προκαλεί μία εξαρτώμενη από το GTP αύξηση του cAMP, ενώ κάποια γλυκαντικά οδηγούν στην παραγωγή IP_3 .

Η γευσίνη είναι μία πρωτεΐνη G που μοιάζει με την τρανδουσίνη και εκφράζεται επιλεκτικά στο 20-30% των γευστικών κυττάρων υποδοχέων στην υπερώα και σε όλες τις γευστικές θηλές, όπως και σε χημειοαισθητικά κύτταρα που βρίσκονται στο έντερο. Έχει φανεί πως η πρωτεΐνη αυτή διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στις αποκρίσεις των γευστικών υποδοχέων σε πολλές πικρές ενώσεις. (Gilbertson et al., 2000) Η γευσίνη φαίνεται να εμπλέκεται και στην απόκριση στο γλυκό αλλά και σε αυτή στο πικρό. Έχει μάλιστα φανεί πως ένας αριθμός τεχνητών γλυκαντικών ουσιών αναστέλλει ανταγωνιστικά την μέσω υποδοχέα του πικρού ενεργοποίηση της γευσίνης, προτείνοντας πως αυτές οι ουσίες μπορεί να δρουν ως ανταγωνιστές του πικρού. (Gilbertson et al., 2000)

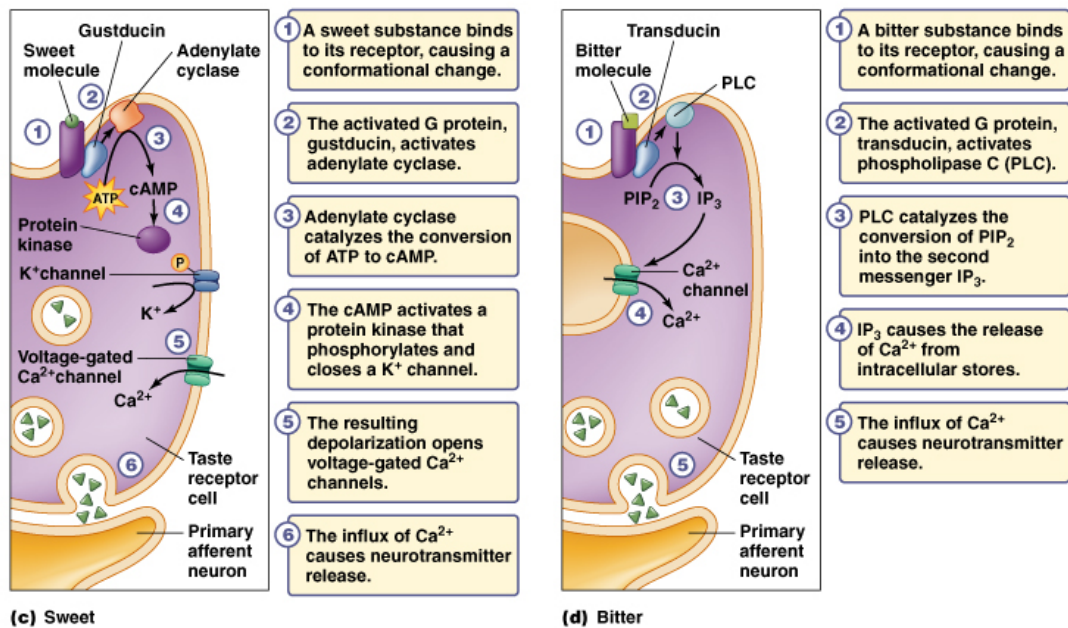


Σχήμα 8: Μεταγωγή του γλυκού γευστικού ερεθίσματος. Πηγή: Purves, Neuroscience 2nd edition.

1.2.2. Πικρή γεύση

Η πικρή γεύση συνδέεται με πολλά δηλητήρια. Είναι η γεύση που έμφυτα ο άνθρωπος αποστρέφεται για την αυτοπροστασία του από βλαβερές και τοξικές ουσίες οι περισσότερες από τις οποίες προκαλούν έντονη πικρή γεύση. Παράγοντες που προκαλούν την συγκεκριμένη γευστική αίσθηση αποτελούν οργανικές ενώσεις.

Η πικρή γεύση γίνεται περισσότερο αντιληπτή στη ρίζα της γλώσσας. Η δέσμευση των γευστικών μορίων σε υποδοχείς συζευγμένους με πρωτεΐνες G στη μεμβράνη του γευστικού υποδοχέα προκαλεί την διάνοιξη διαύλων, δια της μεσολάβησης του μηχανισμού της 1,4,5-τριφωσφορικής ινοσιτόλης/ Ca^{2+} , όπως ακριβώς και στη γλυκιά γεύση, και στη συνέχεια εκπόλωση της μεμβράνης. (Costanzo, 2010)



Copyright © 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Σχήμα 9: Μεταγωγή γλυκού και πικρού.

Πηγή: http://www.zoology.ubc.ca/~gardner/sensory_receptors.htm

1.2.3. Όξινη γεύση

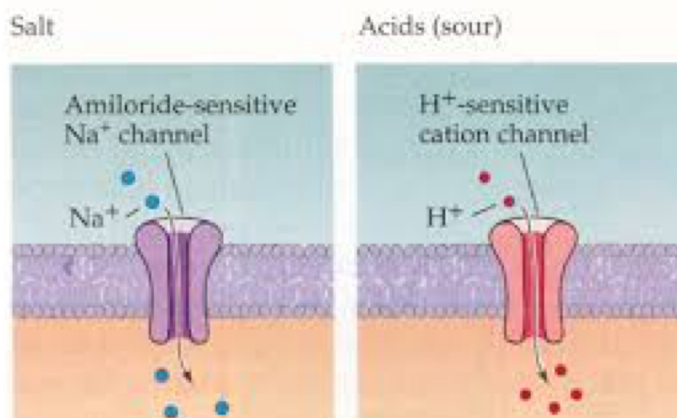
Όξινη είναι η γεύση των οξέων, τα οποία σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορούν να προκαλέσουν βλάβες στους ιστούς. Η γεύση αυτή είναι αποδεκτή σε χαμηλές συγκεντρώσεις και με τη βοήθειά της ανιχνεύονται αλλοιώσεις τροφών συντελώντας στην διατήρηση της υγείας και την επιβίωση. Η όξινη γεύση γίνεται περισσότερο αντιληπτή στα πλάγια χείλη της γλώσσας.

Η ξινή γεύση μεσολαβείται από ιόντα υδρογόνου τα οποία εισέρχονται στον υποδοχέα μέσω ειδικών διαύλων. Προκαλείται σύγκλιση των διαύλων καλίου και εκπόλωση. (Costanzo, 2010) Μάλιστα, θεωρείται πως στην αντίληψη του ξινού συμμετέχουν τα κύτταρα τύπου III, που ονομάζονται και προσυναπτικά, καθώς εκφράζουν έναν υποδοχέα ο οποίος συσχετίζεται με την γευστική αυτή ποιότητα

1.2.4. Αλμυρή γεύση

Η αλμυρή γεύση είναι εκείνη του νατρίου, ενός ιχνοστοιχείου απαραίτητου σε σχετικά μεγάλες συγκεντρώσεις ώστε να διατηρηθεί η νευρική και μυϊκή λειτουργία. Η αίσθηση του αλμυρού αναπτύσσεται μετά τη γέννηση και ο μοριακός μηχανισμός της συγκεκριμένης γευστικής αίσθησης δεν έχει διευκρινιστεί πλήρως.

Η αλμυρή γεύση μεσολαβείται από ιόντα νατρίου τα οποία εισέρχονται στο κύτταρο μέσω αντίστοιχου διαύλου και η εκπόλωση είναι άμεση. (Costanzo, 2010)



Σχήμα 10: Μεταγωγή αλμυρού και ξινού μέσω ιοντικών διαύλων. Πηγή: Purves, Neuroscience 2nd edition.

1.2.5. Umami

Η λέξη Umami έχει Ιαπωνική προέλευση και σημαίνει "νόστιμο". Προκαλείται κυρίως από την ένωση γλουταμινικό μονονάτριο και κάποια αμινοξέα.

Ο υποδοχέας του umami αποτελείται από δύο υπομονάδες, TAS1R1 και TAS1R3 αλλά έχουν προταθεί και επιπρόσθετοι υποδοχείς. (Behrens & Meyerhof, 2011)

1.2.6. Μεταλλική γεύση

Η μεταλλική γεύση έχει επίσης προταθεί προς εισαγωγή στην ομάδα των βασικών γεύσεων. Πολλές φορές θεωρείται μειονέκτημα σε τρόφιμα όπως τα δημητριακά, τα έλαια, τα γαλακτοκομικά και η μπύρα. Οι μεταλλικές γεύσεις προκύπτουν κυρίως από την επαφή με μεταλλικές ενώσεις των συσκευασιών των τροφίμων.

Η μεταλλική γεύση συναντάται και ως σύμπτωμα του burning mouth syndrome (BMS) αλλά και ως παρενέργεια από λήψη φαρμάκων ή την παρουσία ασθενειών. (Lawless, 2004)

Φαίνεται πως η αντίληψη της μεταλλικής γεύσης μάλλον περιλαμβάνει την ενεργοποίηση των διαύλων κατιόντων TRPV1, οι οποίοι ενεργοποιούνται από ερεθίσματα οξέων και θερμότητας, όπως και από μία μεγάλη ποικιλία μορίων που περιλαμβάνουν βανιλλοειδή (όπως οι καψαϊκίνη από την καυτερή πιπεριά τσίλι, ρεσινιφερατοξίνη από κάκτο, τζιντζερόνη από το τζιντζερ και ευγενόλη από το γαρύφαλλο), αλκοόλες, τερπενοειδή, αλδεύδες και λιποειδή. (Riera et al., 2007)

1.2.7. Άλλες γευστικές αισθήσεις

Τα τελευταία χρόνια συζητείται έντονα η ένταξη στις κατοχυρωμένες γευστικές ποιότητες και αυτή του λίπους, καθώς υποστηρίζεται πως διαφέρει από κάθε άλλη γευστική αίσθηση και πως καλύπτει τα 5 από τα 6 προτεινόμενα κριτήρια (1-4 και 6) για τη θεώρηση μιας γευστικής ποιότητας ως βασικής, όπως αυτά αναφέρθηκαν παραπάνω. Σε μελέτη που δημοσιεύθηκε το 2015 προτάθηκε μάλιστα ο όρος "oleogustus" από τα λατινικά συνθετικά "oleo" (λιπαρός) και "gustus" (έχει να κάνει με τη γεύση). Η συγκεκριμένη μελέτη είχε σκοπό να ερευνήσει τη διαφορετικότητα

στη γευστική αντίληψη λιπαρών οξέων μακράς, μέσης και μικρής αλυσίδας από τον άνθρωπο, τόσο σε σχέση με τις άλλες γεύσεις όσο και μεταξύ τους. (Running et al., 2015)

Στη γλώσσα και τη στοματική κοιλότητα εντοπίζονται και απτικοί υποδοχείς οι οποίοι μεταδίδουν πληροφορίες όσον αφορά την υφή της τροφής, η οποία φαίνεται να διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην συνολική γευστική εμπειρία.

Τέλος, υποδοχείς ευαίσθητοι στη θερμοκρασία είναι αντίστοιχα σημαντικοί, καθώς φαίνεται πως ανταποκρίνονται σε καυτερά μπαχαρικά και καρυκεύματα όπως αυτά που περιέχουν καψαϊκίνη. Η τελευταία ενεργοποιεί όχι μόνο υποδοχείς θερμοκρασίας αλλά και υποδοχείς που σχετίζονται με τον πόνο και με το συνδυασμό αυτό προσδίδεται η αίσθηση “καψίματος” στη στοματική κοιλότητα.

1.2.8. Αλληλεπίδραση γευστικών ποιοτήτων

Ένα φαινόμενο που συναντάμε πολύ και στην καθημερινή μας ζωή είναι αυτό της αλληλεπίδρασης των γευστικών ποιοτήτων, με χαρακτηριστικό παράδειγμα το πικρό και το γλυκό. Χρησιμοποιούμε ζάχαρη για να κάνουμε πιο γλυκό ένα πικρό ρόφημα καφεΐνης και αυτό εφαρμόζει και στη φαρμακοβιομηχανία, όπου με προσθήκη γλυκαντικών ουσιών οι πικρές φαρμακευτικές ουσίες γίνονται πιο εύληπτες από τους ασθενείς. Φαίνεται πως η προσθήκη γλυκιάς ένωσης μπορεί να βελτιώσει τη γεύση μιας συνταγής όχι μόνο επειδή εμφανίζει γλυκύτητα αλλά και επειδή είναι ικανή να μειώσει την πικρή αίσθηση κάποιων ενεργών φαρμακευτικών συστατικών (Active Pharmaceutical Ingredient, API), και πως παρόμοιο αποτέλεσμα μπορεί να επιτευχθεί και με την προσθήκη αλάτων. Ο μηχανισμός δράσης για την μείωση της πικρής γεύσης είναι διαφορετικός για τα σάκχαρα και τα άλατα. Τα τελευταία φαίνεται πως επηρεάζουν την πικρή γεύση περιφερειακά, δηλαδή σε επίπεδο υποδοχέα, και πως αυτό το αποτέλεσμα εξαρτάται από τα μόρια που αλληλεπιδρούν κάθε φορά. Τα σάκχαρα φαίνεται πως δρουν σε γνωσιακό επίπεδο, κατά μήκος του κεντρικού γευστικού μονοπατιού, και πως μειώνουν την πικρή αίσθηση ενός μεγάλου αριθμού πικρών μορίων στους ενήλικες.

Τα αποτελέσματα μίας μελέτης που δημοσιεύθηκε το 2015 υποδεικνύουν πως υπάρχει διακύμανση ανά τον πληθυσμό και ανά τα πικρά μόρια που υπάρχουν στη φύση όσον αφορά την ικανότητα των σακχάρων να μειώνουν την πικρή γεύση, αλλά και πως για κάποιους ανθρώπους

και κάποιες ενώσεις η ζάχαρη αποτελεί αδιαφισβήτητα έναν αποτελεσματικό παράγοντα μείωσης της πικρής γεύσης. (Mennella, Reed, Mathew, Roberts, & Mansfield, 2014) (Keast, 2004)

Το νάτριο και το γλουταμινικό και το AMP είναι τα πιο αποτελεσματικά ιόντα στην αναστολή της πικρής αίσθησης, και είναι ασφαλή και αποτελεσματικά και σε χαμηλές συγκεντρώσεις, εύρημα που εμφανίζει μεγάλο φαρμακευτικό ενδιαφέρον. (RS & PA, 2002)

1.3. Παράγοντες που επηρεάζουν τη γευστική αντίληψη

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη γευστική αντίληψη μπορεί να είναι οι διαταραχές οσφρητικής και γευστικής λειτουργίας, η ηλικία, η παρουσία ασθενειών που δε σχετίζονται με τις χημειοαισθήσεις, η λήψη φαρμάκων, το ορμονικό προφίλ, η κατανάλωση καφεΐνης και το κάπνισμα.

1.3.1. Διαταραχές γευστικής και οσφρητικής λειτουργίας

Οι διαταραχές της γευστικής αντίληψης, μαζί με τις διαταραχές της όσφρησης κατατάσσονται σε μια ευρύτερη κατηγορία χημειοαισθητικών διαταραχών. Αυτές μπορεί να παρουσιάζονται εκ γενετής, αλλά συχνότερα προκύπτουν μετά από κάποιο ατύχημα ή ασθένεια.

Οι διαταραχές της γευστικής λειτουργίας δεν απειλούν τη ζωή αλλά επηρεάζουν την ποιότητα αυτής και αυξάνουν τις πιθανότητες δηλητηρίασης. (Costanzo, 2010) Δυσλειτουργίες στην γευστική αντίληψη μπορούν να συντελέσουν σε μεταβολή των τροφικών επιλογών και των μοτίβων κατανάλωσης τροφίμων, καθιστώντας έτσι πιθανές καταστάσεις όπως η απώλεια σωματικού βάρους και ο υποσιτισμός. Κάποιου βαθμού απώλεια της γεύσης μπορεί να οδηγήσει και στην επιθυμία προσθήκης ζάχαρης ή αλατιού στα τρόφιμα, γεγονός που επηρεάζει το σωματικό βάρος αλλά και την υγεία, ειδικότερα σε άτομα με Σακχαρώδη Διαβήτη και Υπέρταση αντίστοιχα. (National Center for Health Statistics, 2013) (Παναγιωτάκης, 2013) Η απουσία της αίσθησης της γεύσης (Αγευσία), η αυξημένη ευαισθησία της γεύσης (Υπεργευσία) και η παρουσία γευστικής αίσθησης απουσία γευστικού ερεθίσματος (Δυσγευσία) είναι οι σημαντικότερες διαταραχές της γευστικής λειτουργίας. (Costanzo, 2010)

Οι διαταραχές στην όσφρηση είναι η συχνότερη αιτία απώλειας ή μείωσης της γευστικής αντίληψης. Η Υποσμία είναι η κατάσταση κατά την οποία το άτομο έχει μειωμένη οσμητική αντίληψη ενώ στην Ανοσμία το άτομο χαρακτηρίζεται από παντελή απουσία της αίσθησης της όσφρησης. Αυτές οι καταστάσεις είναι πολύ συχνότερες από τις μεμονωμένες διαταραχές στην γευστική αντίληψη, ενώ σπάνια συναντώνται ταυτόχρονα. (Hummel, Landis, & Hüttenbrink, 2012) Πολλές συχνές "γεύσεις" (flavors) όπως η σοκολάτα, ο καφές, η φράουλα, το μήλο, το ροδάκινο, η πίτσα και το κοτόπουλο εκφράζουν αισθήσεις που διαμεσολαβούνται από την όσφρηση καθώς τα αρώματα που απελευθερώνονται κατά τη μάσηση προωθούνται προς τους οσφρητικούς υποδοχείς. (National Center for Health Statistics, 2013)

1.3.2. Ηλικία

Η επίδραση της ηλικίας στην γευστική αντίληψη έχει μελετηθεί σε μεγάλο βαθμό. Η πλειοψηφία των μελετών δείχνει μείωση της ευαισθησίας με την πάροδο της ηλικίας. Σύμφωνα με μία μελέτη από το πανεπιστήμιο του Wageningen στην Ολλανδία, κάθε γευστική ποιότητα φαίνεται να μεταβάλλεται διαφορετικά με την πάροδο του χρόνου, με το αλμυρό και το umami να ξεπερνούν το γλυκό και το ξινό στο βαθμό της αλλαγής. (Myers, 2003) Μία άλλη πρόσφατη μελέτη με Ινδούς εθελοντές, έδειξε μείωση της γευστικής αντίληψης ιδιαίτερα της πικρής γεύσης και πρότεινε πως η γλυκιά γεύση παραμένει περισσότερο αντιληπτή με την πάροδο της ηλικίας. (Ng et al., 2004)

Ο αριθμός των γευστικών κυττάρων μειώνεται με την ηλικία λόγω της αδυναμίας της κάθε νευρικής απόληξης να βρει νέο κατάλληλο αναπτυσσόμενο γευστικό κύτταρο για την ίδια ποιότητα γεύσης ώστε να δημιουργηθεί καινούρια σύναψη. Η αίσθηση της γεύσης μειώνεται σταδιακά με την ηλικία, καθώς μετά την ηλικία των 45 ετών παρατηρείται εκφυλισμός πολλών γευστικών καλύκων. (Παναγιωτάκης, 2013)

Στην αντίπερα όχθη, έχει μελετηθεί η αυξημένη σε σχέση με τους ενήλικες επιθυμία των παιδιών προς τη γλυκιά γεύση. Φαίνεται ότι η αρέσκεια προς τη γλυκιά γεύση είναι υψηλότερη σε όλη την παιδική ηλικία μέχρι και την εφηβεία. Αυτό μάλλον δεν συμβαίνει επειδή τα παιδιά δεν είναι ευαίσθητα στο γλυκό αλλά πιθανότατα αιτιολογείται στην ανάπτυξη των παιδιών και στην ανάγκη για ενεργειακά πυκνά τρόφιμα. Μάλιστα υπήρξε συσχέτιση των επιπέδων αρέσκειας της γλυκιάς γεύσης των παιδιών με τη συγκέντρωση στα ούρα N-τελοπεπτιδίων του κολλαγόνου τύπου I, ενός βιοδείκτη για την επαναρρόφηση των οστών και την ανάπτυξη, ενισχύοντας την θεωρία πως η μείωση με την ηλικία της αρέσκειας προς το γλυκό σχετίζεται με την παύση της

ανάπτυξης. Το φαινόμενο αυτό εξυπηρετεί την επιβίωση των παιδιών σε καταστάσεις πείνας και υποσιτισμού, προκαλώντας τους έλξη προς το μητρικό γάλα και αργότερα προς τροφές ενεργειακά πυκνές. Βέβαια, σήμερα πιθανότατα τα κάνει πιο ευάλωτα σε γλυκές λιχουδιές. Είναι προφανές πως αυτό, δεδομένου της αφθονίας τροφής στην εποχή μας, επηρεάζει τις διατροφικές προτιμήσεις και το σωματικό βάρος των παιδιών ανάλογα πάντα με την διατροφική διαπαιδαγώγηση και το οικογενειακό περιβάλλον. (Mennella et al., 2017)

1.3.3. Γενετική προδιάθεση

Μέρος της ικανότητας αντίχνευσης των πικρών γεύσεων φαίνεται να είναι γενετικά καθορισμένη. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η ένωση PTC, για την αντίχνευση του πικρού στην οποία ο γενικός πληθυσμός διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες: non-tasters, tasters και supertasters, με τους τελευταίους να εμφανίζουν την μεγαλύτερη ευαισθησία. Τα άτομα που κατατάσσονται στις δυο τελευταίες ομάδες φαίνεται να αποστρέφονται τις πικρές τροφές περισσότερο από τους non-tasters και μπορεί να υπάρχει ακόμη και σύνδεση της ικανότητας αυτής με την παχυσαρκία και την υγεία. (National Center for Health Statistics, 2013)

1.3.4. Κατανάλωση καφεΐνης

Η καφεΐνη θεωρείται χημική ουσία που διεγείρει την πικρή ποιότητα της γεύσης, και η πιο συχνή και σε μεγαλύτερη συγκέντρωση πηγή προέλευσής της είναι ο καφές. Η καφεΐνη γίνεται αισθητή από πέντε διαφορετικούς υποδοχείς (T2R7, 10, 14, 43 & 46), οι οποίοι ανήκουν στην οικογένεια των υποδοχέων του πικρού.

Η καφεΐνη λειτουργικά θεωρείται ανταγωνιστής της αδενοσίνης, ενός παράγοντα που προάγει τον ύπνο. Υποδοχείς αδενοσίνης υπάρχουν στον εγκέφαλο αλλά και στους γευστικούς κάλυκες οι οποίοι φαίνεται να εκφράζουν υποδοχείς αδενοσίνης του τύπου A2B και A1 αλλά και ένζυμα αδενοσίνης.

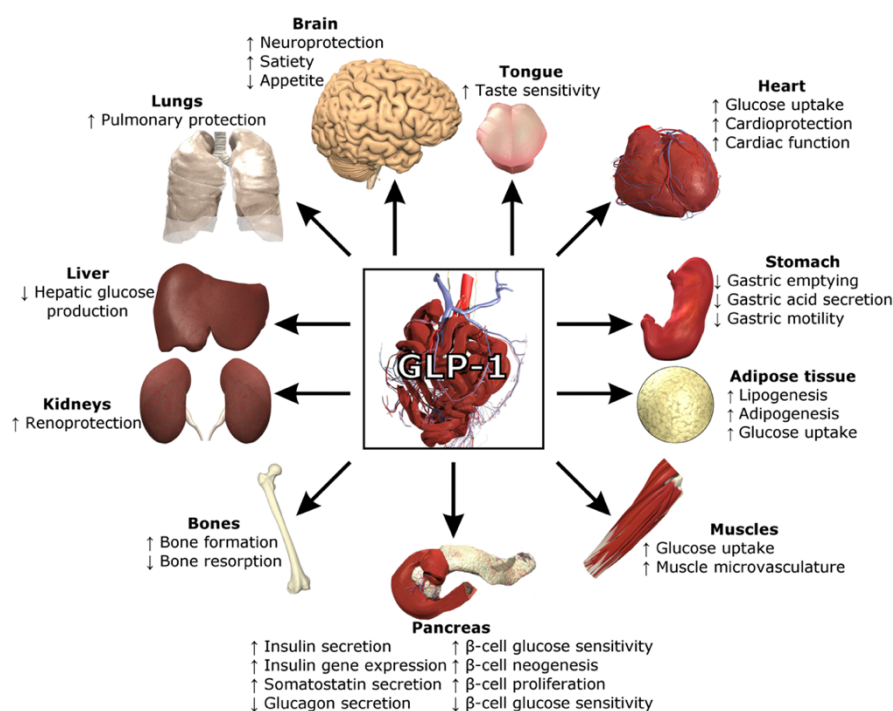
Οι Choo, Picket και Dandoo μελέτησαν την επιρροή της καφεΐνης στην αντίληψη της γλυκιάς γεύσης μέσω ενός πειράματος με διαλύματα κοινού και ντεκαφεινέ καφέ. Η κατανάλωση καφεΐνης μέσω του καφέ οδήγησε σε χαμηλότερη αντίληψη του γλυκού σε διαλύματα σουκρόζης,

χωρίς όμως να επηρεάζει τις υπόλοιπες γευστικές ποιότητες. Με το αποτέλεσμα αυτό φαίνεται να συμφωνεί και η υπόλοιπη βιβλιογραφία, αν και ο Shiffman και η ομάδα του βρήκαν το 1981 ότι η κατανάλωση καφεΐνης ίσως να αυξάνει την ευαισθησία στη γλυκιά γεύση των τεχνητών γλυκαντικών ουσιών. (Choo, Picket, & Dando, 2017)

1.3.5. Ορμονικό Προφίλ

1.3.5.A. Ορμόνες που σχετίζονται με το μεταβολισμό

Η λεπτίνη είναι μία ορμόνη που παράγεται κυρίως στα κύτταρα του λιπώδους ιστού. Ρυθμίζει την πρόσληψη τροφής, την ενεργειακή δαπάνη και το σωματικό βάρος. Θεωρείται μάλιστα πως είναι ένας ανορεξιογόνος διαμεσολαβητής που μειώνει την πρόσληψη τροφής δρώντας στους υποθαλαμικούς υποδοχείς. Καταστέλλει την ανταπόκριση στη γλυκιά γεύση μάλλον μέσω του υποδοχέα λεπτίνης Ob-Rb, ο οποίος εκφράζεται στα γευστικά κύτταρα. Ο υποδοχέας Ob-Rb εκφράζεται σε αφθονία στον υποθάλαμο αλλά και σε περιφερειακά όργανα όπως οι λεμφαδένες, το ήπαρ, οι πνεύμονες, η μήτρα, ο λιπώδης ιστός, οι νεφροί και το πάγκρεας. Τα επίπεδα λεπτίνης ακολουθούν ένα ημερήσιο μοτίβο, ξεκινούν να αυξάνονται πριν το μεσημέρι και φτάνουν στο μέγιστο σημείο μεταξύ 23.00 και 01.00, ενώ στη συνέχεια παρατηρείται μείωση μέχρι τις πρωινές ώρες. Αυτό το μοτίβο μπορεί να επηρεάζει και το κατώφλι για τη γλυκιά γεύση μέσα στην ημέρα. (Jyotaki, Shigemura, & Ninomiya, 2010)



Το πεπτίδιο GLP-1 είναι μία ιγκρετίνη η οποία επηρεάζει την μεταφορά, το μεταβολισμό και την ομοιόσταση της γλυκόζης. Μέσω της παρακρινούς της δράσης διατηρεί ή ενισχύει την ευαισθησία στη γλυκιά γεύση.

Σχήμα 11: Οι λειτουργίες του πεπτιδίου GLP-1.

Πηγή: By Lithoms11 - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://en.wikipedia.org/w/index.php?curid=55236027>

Τα ενδοκανναβινοειδή είναι ορεξιογόνοι διαμεσολαβητές που ενισχύουν την όρεξη και διεγείρουν την πρόσληψη τροφής μέσω υποδοχέων τους στον υποθάλαμο. Από πειράματα σε ποντίκια φάνηκε πως τα ενδοκανναβινοειδή στο περιφερικό σύστημα της γεύσης ανταγωνίζονται τη δράση της λεπτίνης και ενισχύουν τις αποκρίσεις στη γλυκιά γεύση.

Η λεπτίνη και τα ενδοκανναβινοειδή φαίνεται λοιπόν πως ρυθμίζουν όχι μόνο την πρόσληψη της τροφής μέσω του κεντρικού νευρικού συστήματος αλλά και την ευγευστότητα των τροφών μεταβάλλοντας την ευαισθησία στη γλυκιά γεύση.

1.3.5.B. Ορμόνες φύλου

Η γευστική αντίληψη φαίνεται να μεταβάλλεται και κατά τη διάρκεια της κύησης στη ζωή μιας γυναίκας. Η αλλαγή αυτή μπορεί να επηρεάσει τη διατροφική κατάσταση της εγκύου αλλά και τη συνολική υγεία του εμβρύου. Προς το παρόν, το γεγονός φαίνεται να οφείλεται στις ορμονικές αλλαγές που λαμβάνουν χώρα καθώς και σε αλλαγές στο νευρικό σύστημα της εγκύου.

Οι μεταβολές αυτές στη γεύση συντελούν στην άμυνα του εμβρύου αλλά και της ίδιας της εγκύου καθώς η αντίληψη του πικρού είναι εντονότερη, προστατεύοντας έτσι από τοξικές ουσίες και φυτοφάρμακα που όπως αναφέρθηκε παραπάνω έχουν κυρίως πικρή γεύση. Η αίσθηση του πικρού φαίνεται να είναι πιο έντονη κυρίως στους πρώτους μήνες της κύησης, όταν και συμβαίνει το κρισιμότερο μέρος της εμβρυικής ανάπτυξης. Μάλιστα αυτό φαίνεται να συνδέεται με την μεγαλύτερη αποστροφή προς το τσιγάρο και την ευκολότερη διακοπή του καπνίσματος. Σε μία περιγραφική μελέτη που δημοσιεύθηκε το 2016 βρέθηκε ότι το κατώφλι της αντίληψης της γλυκιάς γεύσης είναι αυτό που μεταβάλλεται σε μεγαλύτερο βαθμό, και το οποίο μάλιστα μειώνεται και φτάνει το ελάχιστο στο τελευταίο τρίμηνο της εγκυμοσύνης με στατιστικά σημαντικές διαφορές. (Ochsenbein-Kolble, Mering, Zimmermann, & Hummel, 2005)

Παλαιότερες μελέτες έχουν δείξει πως η μορφολογία της γλώσσας στον άνδρα και τη γυναίκα διαφέρουν, με υποψήφιο το σενάριο οι αλλαγές αυτές να οφείλονται στις γυναικείες ορμόνες προγεστερόνη και οιστρογόνα. Οι ορμόνες αυτές επηρεάζουν συνολικά την διαιτητική πρόσληψη κατά τον καταμήνιο κύκλο της γυναίκας, και συμβάλλουν στην πρόσληψη και της εγκύου. Η προγεστερόνη έχει φανεί πως αυξάνει τη διαιτητική πρόσληψη ενώ τα οιστρογόνα τη μειώνουν, μετά από μελέτες που συσχέτισαν διαφορετική πρόσληψη τροφής ανάλογα με την φάση

του έμμηνου κύκλου. Βέβαια χρειάζονται περισσότερες μελέτες για να κατοχυρωθεί ο μηχανισμός με τον οποίο αυτό συμβαίνει. (Faas, Melgert, & de Vos, 2009)

1.3.6. Κάπνισμα

Το κάπνισμα φαίνεται να είναι μία συνήθεια που επηρεάζει τη γευστική αντίληψη. Η αντίληψη μάλιστα της διατήρησης του σωματικού βάρους με μεγαλύτερη ευκολία στους καπνιστές αλλά και τα δεδομένα που δείχνουν ότι οι καπνιστές ήταν πιο αδύνατοι από τους μη καπνιστές, (Redington, 1984) υποδεικνύουν πως υπάρχει μία σχέση ανάμεσα στο κάπνισμα και τη διαιτητική πρόσληψη η οποία έχει να κάνει με τη γεύση. Σε μελέτη που δημοσιεύθηκε το 2007 και χρησιμοποίησε δείγμα γυναικών φάνηκε ότι οι καπνίστριες εμφάνισαν υψηλότερα κατώφλια για τη γλυκιά γεύση ή με άλλα λόγια μειωμένη ευαισθησία στο γλυκό σε σχέση με τις μη καπνίστριες.

Έχουν αναπτυχθεί αρκετές υποθέσεις για το πως το κάπνισμα επηρεάζει τη γευστική αντίληψη. Η πρώτη αφορά τη στοματική υγιεινή του καπνιστή, η οποία διαταράσσεται ευκολότερα λόγω του καπνού που δρα στο επιθήλιο της γλώσσας και ερεθίζει τους σιελογόνους αδένες, αυξάνοντας τον κίνδυνο για περιοδοντίτιδα. Με βάση αυτή την υπόθεση, η γευστική αντίληψη των καπνιστών μπορεί να βελτιωθεί με την φροντίδα της στοματικής υγείας.

Η δεύτερη υπόθεση εμπλέκει την ικανότητα της νικοτίνης να αναστέλλει νευρώνες του μονήρους πυρήνα (?), τον πρώτο αποδέκτη στο μονοπάτι μεταγωγής του γευστικού σήματος που διαδραματίζει βασικό ρόλο στην αντίληψη των γευστικών ποιοτήτων.

Μία άλλη ενδιαφέρουσα οπτική συνδέει το κάπνισμα με την γενετικά καθορισμένη γενετική ευαισθησία σε πικρά μόρια όπως το PTC και το PROP, που έχουν αναφερθεί και παραπάνω. Σύμφωνα με αυτή την υπόθεση, αυξημένη ευαισθησία στις ενώσεις αυτές μπορεί να προστατεύει από την πιθανότητα υιοθέτησης της συνήθειας του καπνίσματος, και πιθανόν να αποτελεί εκείνη την αιτία αντίχενωσης διαφορετικών επιπέδων ευαισθησίας στη γεύση.

Το κάπνισμα μπορεί να μεταβάλλει τα κατώφλια αντίληψης της γλυκιάς αλλά και της πικρής γεύσης λόγω της επιφέρουσας από τη νικοτίνη αλλαγή στο μόριο της σεροτονίνης, ενός νευροδιαβιβαστή που συμμετέχει στις κυτταρικές αποκρίσεις των γευστικών υποδοχέων. Το

ιστορικό καπνίσματος έχει φανεί πως μειώνει τα επίπεδα της σεροτονίνης. (Pepino & Mennella, 2007)

Το κάπνισμα φαίνεται επίσης πως επηρεάζει τη μορφολογία των μυκητοειδών θηλών σε επίπεδο των τριχοειδών αγγείων αλλά σε μελέτη του 2010 φάνηκε ότι αυτή η μορφολογική αλλαγή μάλλον δεν επηρεάζει τα αποτελέσματα αντίληψης της έντασης της γεύσης, και πως ίσως η γευστική λειτουργία να φέρει μεγαλύτερη αντίσταση στις συνέπειες εκ του καπνίσματος. (Konstantinidis, Chatziavramidis, Printza, Metaxas, & Constantinidis, 2010)

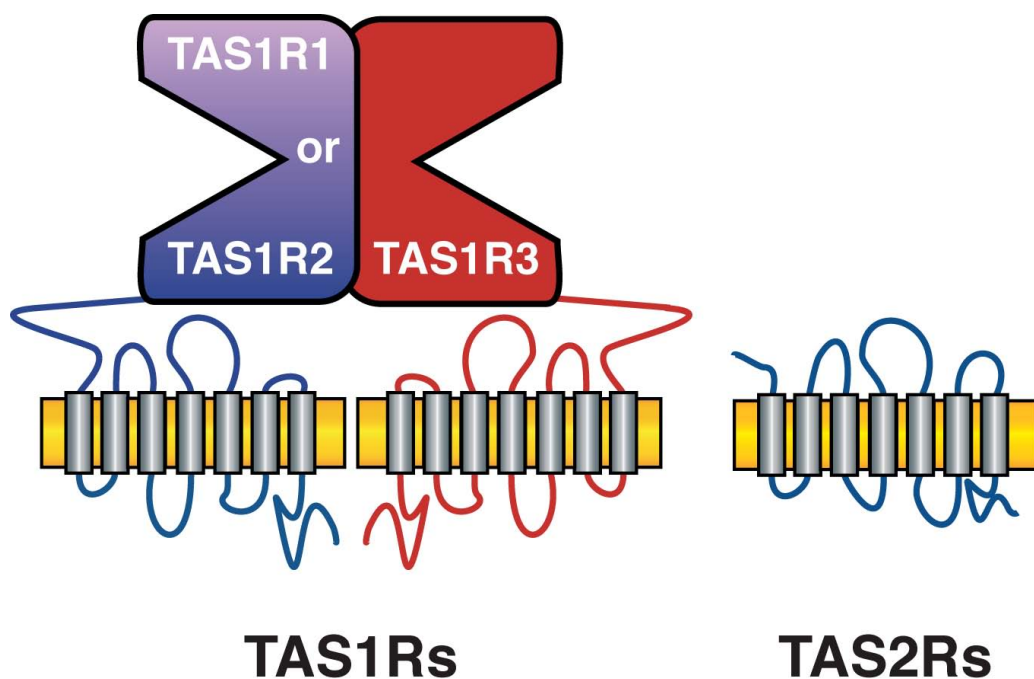
1.4. Επίγευση

Με τον όρο επίγευση (aftertaste) ονομάζουμε την ένταση του ερεθίσματος που γίνεται αντιληπτή τις στιγμές αμέσως μετά την απομάκρυνση αυτού. Για το λόγο αυτό και διαφοροποιείται από το φαινόμενο της προσαρμογής, που αφορά παρόν ερέθισμα. Σε αισθήσεις όπως η όραση και η ακοή, αυτός ο τύπος της πληροφορίας μπορεί να μην είναι πολύ σημαντικός καθώς το ερέθισμα απομακρύνεται πολύ γρήγορα, ενώ στη γεύση δημιουργείται ένα ξεκάθαρο μετά-αποτέλεσμα το οποίο ποικίλλει σημαντικά ανάλογα με το χρόνο και επιφέρει και αλλαγές στην ευγευστότητα των τροφών. Συγκεκριμένες γευστικές αντιλήψεις φαίνεται πως έχουν μεγαλύτερη διάρκεια από άλλες, που μπορεί να εξαφανίζονται σχεδόν αμέσως.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η γευσιγνωσία κρασιών, κατά την οποία τα προϊόντα διακρίνονται με τους όρους short tail και long tail ανάλογα με το αν η γεύση τους διαρκεί και ωριμάζει στο στόμα. Επίσης, ειδικοί μανιταριών χρησιμοποιούν την επίγευση, ειδικά πικρής ποιότητας, ως δείκτη της βρωσιμότητας του κάθε είδους, καθώς εάν η γεύση διαρκεί και είναι πολύ δυνατή για αρκετά λεπτά αυτό μπορεί να σημαίνει πως το μανιτάρι δεν είναι κατάλληλο προς κατανάλωση. (Neely & Borg, 1999)

ΚΕΦ.2: Υποδοχείς Γεύσης

Η γλυκιά, η πικρή και umami γεύση γίνονται αντιληπτές μέσω υποδοχέων που συνδέονται με πρωτεΐνες G (GPCRs) και ανήκουν στις οικογένειες TAS1R και TAS2R. Η οικογένεια TAS1R αποτελείται από 3 μέλη, τα TAS1R1, TAS1R2 και TAS1R3, ενώ η οικογένεια TAS2R αποτελείται από μεγάλο αριθμό υποδοχέων ανάλογα με το είδος του οργανισμού.



Σχήμα 12: Υποδοχείς TAS1R και TAS2R.

Πηγή: By Bubbl - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9942250>

2.1. Υποδοχείς του γλυκού

Η ανάγκη για την ανίχνευση πιθανώς τοξικών και βλαβερών ουσιών έχει παράγει μία μεγάλη ποικιλία από υποδοχείς, τους T2R ή υποδοχείς του πικρού, ενώ αντίθετα, η αρέσκεια στη γλυκιά γεύση των γλυκών μορίων ρυθμίζεται στα θηλαστικά από έναν μοναδικό ετεροδιμερή υποδοχέα (T1R2-T1R3). (P. A. Temussi, 2011)

Ο υποδοχέας της γλυκιάς γεύσης είναι μία διαμεμβρανική πρωτεΐνη που συναντάται στην κυτταρική μεμβράνη και συνδέεται σε μια πρωτεΐνη G (δεύτερο μήνυμα), και συγκεκριμένα προέρχεται από διμερισμό δύο διαμεμβρανικών πρωτεϊνών υποδοχέων που συνδέονται με πρωτεΐνες G, των T1R2 και T1R3. (Renwick & Molinary, 2010) Αυτός ο μοναδικός υποδοχέας είναι αρκετός για να επεξηγήσει τη γλυκιά γεύση που προκαλούν μικρά αλλά και μεγάλα γλυκά μόρια. Όπως αναλύθηκε και σε προηγούμενη ενότητα, τα μόρια που προκαλούν τη γλυκιά γευστική αίσθηση είναι πολλά και με διαφορετικές ιδιότητες ως προς την χημική δομή, τις διαστάσεις και τη φύση τους ως ενώσεις. Με την ανακάλυψη του υποδοχέα της γλυκιάς γεύσης αποκτήθηκε θεμελιώδης γνώση πάνω στη γεύση αλλά ταυτόχρονα άφησε πίσω αναπάντητα ερωτήματα προς μελέτη, με ένα από αυτά να αφορά την ανίχνευση από τον ίδιο υποδοχέα τόσο διαφορετικών μορίων όπως οι μεγάλου μοριακού βάρους γλυκές πρωτεΐνες αλλά και οι μικρού μοριακού βάρους τεχνητές γλυκαντικές ουσίες. Έχει βέβαια φανεί πως όλα τα γλυκά μόρια αλληλεπιδρούν με τον ίδιο T1R2-T1R3 υποδοχέα, ο οποίος περιλαμβάνει δύο όμοιες αλλά όχι πανομοιότυπες πρωτεΐνες (T1R2 & T1R3) και πως μόνο το ετεροδιμερές T1R2-T1R3 μπορεί να λειτουργήσει ως υποδοχέας του γλυκού για όλες τις τάξεις των γλυκών βιομορίων.

Η ενεργή διαμόρφωση του υποδοχέα περιλαμβάνει δύο κοιλότητες που μπορούν να φιλοξενήσουν προσδέτες (ligands), μία μικρότερη στο κλειστό πρωτομερές και μία μεγαλύτερη στο ανοιχτό πρωτομερές. Βάσει αυτού έχει διατυπωθεί και η υπόθεση πως τα περισσότερα γλυκαντικά αλληλεπιδρούν με τον υποδοχέα με βέλτιστη εφαρμογή σε μία ή και στις δύο από αυτές τις κοιλότητες. Ιταλοί ερευνητές, με δημοσίευσή τους το 2005, έδειξαν πως όλα τα ενεργά σημεία των δύο ενεργών πρωτομερών μπορούν στην πραγματικότητα να χρησιμοποιηθούν για να εξηγηθεί η γλυκύτητα ενός μεγάλου αριθμού από γλυκά μόρια.

Η σύνδεση γλυκού υποστρώματος στον υποδοχέα προκαλεί μία δομική μεταβολή στην πρωτεΐνη-υποδοχέα που επηρεάζει τη σύνδεσή του με την πρωτεΐνη G. Η πρωτεΐνη G που συνδέεται με τον υποδοχέα της γλυκιάς γεύσης είναι η α -γευσίνη η οποία, όπως και οι περισσότερες πρωτεΐνες της τάξης της, συνίσταται από α , β και γ υπομονάδες. Η σύνδεση ενός γλυκού γευστικού μορίου στον υποδοχέα προκαλεί την αποσύνδεση της α -γευσίνης από τον υποδοχέα, γεγονός που πυροδοτεί ενδοκυτταρικά γεγονότα όπως η διάνοιξη των ιοντικών διαύλων. Η διέγερση του T1R2-T1R3 υποδοχέα ενεργοποιεί περιφερικά γευστικά νεύρα και στη συνέχεια εγκεφαλικά γευστικά μονοπάτια. (Renwick & Molinary, 2010) Ο μηχανισμός της μεταγωγής του γευστικού σήματος μετά τη σύνδεση του μορίου-ερεθίσματος με τον υποδοχέα βρίσκεται αναλυτικά στο 1ο κεφάλαιο.

Σε μελέτη που δημοσιεύθηκε το 2001 εξετάστηκε επίσης αν ο T1R3 μόνος του μπορεί να αποκριθεί στα γλυκά ερεθίσματα. Βρέθηκε πως η δομική αυτή υπομονάδα του υποδοχέα του γλυκού αποκρίνεται μόνη της στις πολύ υψηλές συγκεντρώσεις των φυσικών γλυκαντικών ουσιών αλλά όχι σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις (<300mM) ή σε τεχνητές γλυκαντικές ουσίες. Αυτά τα αποτελέσματα υποδεικνύουν τον T1R3 ως έναν χαμηλής συγγένειας υποδοχέα σακχάρων και υποστηρίζουν πως τα T1R3 κύτταρα μπορεί να λειτουργούν από μόνα τους ως επιπρόσθετοι αισθητήρες του γλυκού. Αυτή η εν μέρει κυτταρική απομόνωση της αίσθησης των φυσικών και τεχνητών γλυκαντικών μπορεί να βοηθήσει στην εξήγηση του γιατί τα τεχνητά γλυκαντικά δεν επιτυγχάνουν τα επίπεδα γλυκύτητας που προσφέρουν οι υψηλές συγκεντρώσεις των φυσικών γλυκαντικών, καθώς στην μία περίπτωση ενεργοποιούνται τα T1R2+3 κύτταρα και στην άλλη τα T1R2+3 και τα T1R3 ξεχωριστά. Αν αυτά τα κύτταρα διαφοροποιούνται στα μονοπάτια ή διεγείρουν ποιοτικά διαφορετικά νευρωνικά σήματα, τότε αυτό μπορεί να συμβάλλει στην διαφοροποίηση μεταξύ των τεχνητών και των φυσικών γλυκαντικών ουσιών.

(G. Q. Zhao et al., 2003)

Στη μελέτη του υποδοχέα αυτού βοήθησε το γεγονός πως συγκεκριμένος υποδοχέας παρουσιάζει ομοιότητα με τον mGluR1, ένα μεταβοτροπικό υποδοχέα του γλουταμινικού οξέος. (P. Temussi, 2007)

Μέσω των υποδοχέων φαίνεται να δικαιολογείται και η λεπτή σχέση μεταξύ της γλυκιάς και της πικρής γευστικής ποιότητας, με παράδειγμα την ύπαρξη ζεύγων οπτικών ισομερών που μεταξύ τους προκαλούν “αντίθετη” γευστική ποιότητα. Έχει μάλιστα αναφερθεί πως γλυκά μόρια μπορούν να μετατραπούν σε πικρά μέσω αναστροφής του κέντρου, αλλά και υπάρχουν γλυκά μόρια που εμφανίζουν μια χαρακτηριστική πικρή επίγευση, όπως τα τεχνητά γλυκαντικά. (P. A. Temussi, 2011) Η πικρή αίσθηση που πιθανά παρατηρείται μετά την κατανάλωση τεχνητών γλυκαντικών θα αναλυθεί στο επόμενο κεφάλαιο.

2.2. Υποδοχείς του πικρού

Σε αντίθεση με τη γλυκιά γεύση, το πλήθος πικρών μορίων που βρίσκουμε στη φύση αναγνωρίζονται από μία οικογένεια περισσότερων από 30 γευστικών υποδοχέων, που ονομάζονται συνολικά T2Rs, είναι πρωτεΐνες με 7 διαμεμβρανικές έλικες και βραχεία αμινοτελικά

άκρα και συναντώνται εντός των περιχαρακωμένων θηλών. (Behrens & Meyerhof, 2011) Είναι διαφορετικοί από τους T1Rs του γλυκού, καθώς δεν διαθέτουν εκτεταμένο προεξέχων εξωκυτταρικό τομέα, αλλά ουσιαστικά μόνο τον 7-διαμεμβρανικό τομέα (7TM). Κάθε T2R μπορεί να ανιχνεύει μια ευρεία ποικιλία από πικρά μόρια εξυπηρετώντας την ανάγκη του ανθρώπου και των περισσότερων θηλαστικών να αναγνωρίζουν πολλά πικρά μόρια με ένα σχετικά μικρό αριθμό υποδοχέων. Κάποιοι από αυτούς τους υποδοχείς ενεργοποιούνται από ποικίλα, χημικά διαφορετικά πικρά μόρια ή ακόμα και από ένα μεγάλο ποσοστό των συνολικά μελετημένων πικρών ουσιών. (Behrens & Meyerhof, 2011)

Υπάρχουν 25 γονίδια για τους υποδοχείς του πικρού στον άνθρωπο, τα TAS2Rs, τα οποία παρουσιάζουν μάλιστα μεγάλο αριθμό πολυμορφισμών σε σχέση με το υπόλοιπο γονιδίωμα. Οι περισσότεροι T2Rs συνεκφράζονται στο ίδιο υποσύνολο των γευστικών υποδοχέων στη γλώσσα και το επιθήλιο της υπερώας. Υπάρχουν επίσης δεδομένα που υποδεικνύουν πως οι συγκεκριμένοι υποδοχείς συνεκφράζονται με την γευσίνη καθώς και ότι μπορούν να ενεργοποιούν τη συγκεκριμένη πρωτεΐνη *in vitro*. (Zhang et al., 2003)

2.3. Υποδοχείς Umami

Η γεύση του umami στον άνθρωπο είναι κυρίως συνδεδεμένη με έναν ενιαίο τύπο προσδεδεμένης ένωσης (ligand) που στην πραγματικότητα αντιπροσωπεύουν δύο συγκεκριμένα μόρια, το γλουταμινικό και το ασπαραγινικό οξύ. Βασικός εκπρόσωπος της γευστικής αυτής ποιότητας είναι το γλουταμινικό μονονάτριο το οποίο λόγω της περιεκτικότητάς του σε νάτριο διεγείρει και την αλμυρή και την umami γεύση. (G. Q. Zhao et al., 2003)

Ο υποδοχέας του umami αποτελείται από δύο υπομονάδες, TAS1R1 και TAS1R3 αλλά έχουν προταθεί και επιπρόσθετοι υποδοχείς. (Behrens & Meyerhof, 2011) Ο TAS1R1/TAS1R3 δεν ενεργοποιείται μόνο από το L-γλουταμινικό αλλά η ενεργοποίησή του αυξάνει σημαντικά παρουσία 5'-ριβονουκλεοτιδίων, γεγονός που θεωρείται σήμα κατατεθέν της γευστικής ποιότητας του umami.

Ο υποδοχέας T1R1+ T1R3 λειτουργεί μέσω του μηχανισμού που έχει ήδη αναλυθεί για τους υποδοχείς συζευγμένους με πρωτεΐνες G, ενώ η δραστηριότητά του ενισχύεται από τα IMP

και GMP, τους δυο πιο γνωστούς ενεργοποιητές της umami γεύσης in vivo. (G. Q. Zhao et al., 2003)

Τέλος, παρατηρείται διαφορετική αντίληψη της συγκεκριμένης ποιότητας ανά τα διαφορετικά είδη. (Behrens & Meyerhof, 2011)

Αν παρατηρήσουμε πως οι ποιότητες γλυκό και umami διαμεσολαβούνται από την ίδια οικογένεια γευστικών κυττάρων-υποδοχέων, τους T1Rs και ότι μάλιστα ο υποδοχέας του γλυκού είναι ένα ετεροδιμερές T1R2 + T1R3 ενώ ο υποδοχέας για το umami αποτελείται από τους T1R1 + T1R3, τότε είναι προφανές πως οι δυο αυτές ποιότητες μοιράζονται έναν κοινό τύπο γευστικού κυττάρου, το T1R3 και κοινή εξελικτική προέλευση. (G. Q. Zhao et al., 2003)

2.4. Υποδοχείς μεταλλικής γεύσης

Φαίνεται πως η αντίληψη της μεταλλικής γεύσης μάλλον περιλαμβάνει την ενεργοποίηση των διαύλων κατιόντων TRPV1. Οι υποδοχείς αυτοί συναντώνται στα γευστικά κύτταρα και στους αισθητηριακούς νευρώνες στη στοματική κοιλότητα όπου ενεργοποιούνται από ερεθίσματα οξέων και θερμότητας, όπως και από μία μεγάλη ποικιλία μορίων που περιλαμβάνουν βανιλλοειδή (όπως οι καψαϊκίνη από την καυτερή πιπεριά τσίλι, ρεσινιφερατοξίνη από κάκτο, τζιντζερόνη από το τζίντζερ και ευγενόλη από το γαρύφαλλο), αλκοόλες, τερπενοειδή, αλδεύδες και λιποειδή. Οι συγκεκριμένοι υποδοχείς φαίνεται ότι ενεργοποιούνται επίσης από μόρια που προέρχονται από φυτά όπως η καμφορά και η πιπερίνη από το μαύρο πιπέρι αλλά και στην εξωκυτταρική πλευρά από υψηλές συγκεντρώσεις ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου. Τα δύο αυτά ιχνοστοιχεία περιγράφονται γευστικά ως παρόμοια και κυρίως πικρά με επιπρόσθετες αισθήσεις όπως αλμυρή, μεταλλική, στυφή, ξινή και γλυκιά. Οι TRPV1 ενεργοποιούνται επίσης από τα CuSO₄, ZnSO₄ και FeSO₄, τρία άλατα γνωστά για την παραγωγή μεταλλικής γευστικής αίσθησης. (Riera, Vogel, Simon, & Coutre, 2007)

ΚΕΦ.3: Γλυκαντικές ουσίες και η γευστική τους αντίληψη

Οι γλυκαντικές ουσίες διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, τις υψηλής έντασης μη-θερμιδογόνες γλυκαντικές ουσίες και τις γλυκαντικές ουσίες που αποδίδουν ενέργεια. Τα υψηλής έντασης γλυκαντικά ρυθμίζονται σε νομοθετικό επίπεδο ως πρόσθετα τροφίμων, εκτός αν θεωρούνται γενικά ασφαλή (Generally Recognized As Safe, GRAS). (Mooradian, Smith, & Tokuda, n.d.)

Η ισχύς της γλυκύτητας των γλυκαντικών ουσιών ορίζεται ως ο λόγος της συγκέντρωσης της σουκρόζης προς της ισοδύναμα γλυκιάς συγκέντρωσης του γλυκαντικού. Γλυκαντικές ουσίες χαμηλής ισχύος όπως η σουκρόζη και η γλυκόζη παρουσιάζουν τιμή αυτού του λόγου μικρότερη από 1 (0,6-0,7), ενώ υψηλής ισχύος γλυκαντικές ουσίες όπως η ασπαρτάμη και η σακχαρίνη έχουν λόγο που ξεπερνάει την τιμή 10. Η ισχύς αυτή υπολογίζεται κυρίως στα κατωφλικά όρια του γλυκαντικού και της σουκρόζης. (Wu et al., 2016)

Παράδοξο είναι πως, τα γλυκαντικά χαμηλής ισχύος (low-potency) όπως η σουκρόζη εμφανίζουν μεγαλύτερη ένταση στη γλυκύτητα σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις σε σχέση με τα υψηλής ισχύος γλυκαντικά. Για το λόγο αυτό και τα γλυκαντικά χαμηλής ισχύος ονομάζονται και γλυκαντικά υψηλής έντασης (high-intensity). (Yasuura, Tahara, Ikezaki, & Toko, 2014)

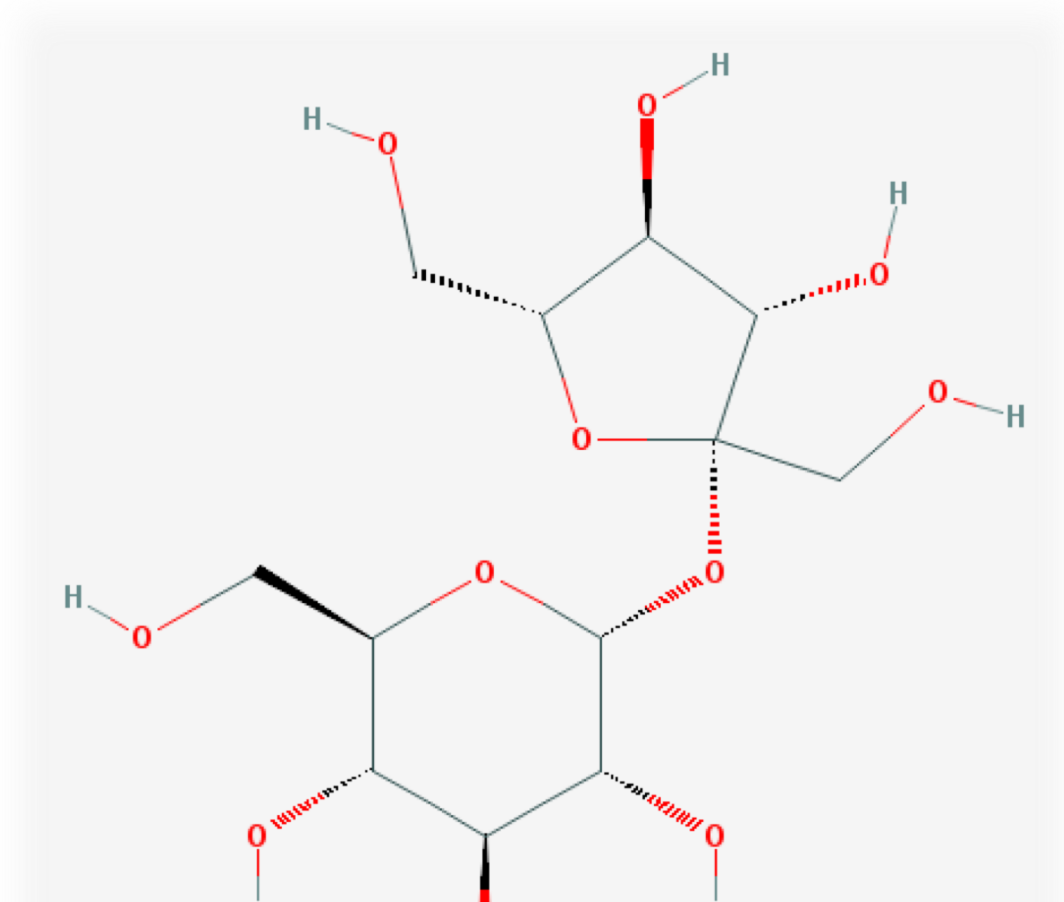
Οι παραπάνω ιδιότητες είναι ο λόγος για τον οποίο τα χαμηλής ισχύος γλυκαντικά συνδυάζονται συχνά με τα υψηλής ισχύος σε φαρμακευτικά προϊόντα για να συμπληρώσουν τη γλυκύτητα και να βελτιώσουν την ευκολία στην κατάποση. (Wu et al., 2016)

3.1. Γλυκαντικές ουσίες που περιέχουν υδατάνθρακες

Τέτοιες γλυκαντικές ουσίες είναι η σουκρόζη, τα σιρόπια υψηλής περιεκτικότητας σε φρουκτόζη ή σουκρόζη (HFCS/ HSCS) και οι σακχαρικές αλκοόλες. Οι σακχαρικές αλκοόλες (πολυόλες ή πολυδρικές αλκοόλες) είναι παράγωγα σακχάρων που προκύπτουν με αντικατάσταση μιας αλδευδομάδας με μια υδροξυλομάδα, ενώ συναντώνται εκ φύσης σε μικρές ποσότητες στα φρούτα αλλά και σε ορισμένα λαχανικά όπως τα μανιτάρια και ρυθμίζονται ως γενικά αποδεκτά ασφαλή ή ως πρόσθετα τροφίμων. (Grembecka, 2015)

3.1.1. Σουκρόζη

Η σουκρόζη αποτελεί τη βασική γλυκαντική ύλη ανά τον κόσμο και είναι γνωστή ως σακχαρόζη ή ζάχαρη. Είναι ένας δισακχαρίτης με δομικές μονάδες τη γλυκόζη και τη φρουκτόζη συνδεδεμένες διαμέσου των ανωμερικών ατόμων άνθρακα τους, αποτελούμενος από 12 άτομα άνθρακα και με χημικό τύπο $C_{12}H_{22}O_{11}$. Είναι μία λευκή, άοσμη, κρυσταλλική ή σε μορφή πούδρας στερεή ουσία, με μεγαλύτερη πυκνότητα από το νερό. Το μοριακό βάρος της σουκρόζης είναι ίσο με 342.297 g/mol και η διαλυτότητά της είναι μεγαλύτερη ή ίση με 100 mg/mL στους 18 βαθμούς Κελσίου.



Σχήμα 13: Η χημική δομή της σουκρόζης.

Πηγή: National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Database; CID=5988

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/sucrose#section=Top>

Χρησιμοποιείται ως γλυκαντικό σε τρόφιμα και αναψυκτικά, στην παρασκευή σιροπιών, καραμέλας σε γλυκίσματα, μαρμελάδες και κομπόστες, και φαρμακευτικά προϊόντα. Συναντάται επίσης σε μικρές συγκεντρώσεις στο μέλι και το σιρόπι σφενδάμου. Πέραν της ιδιότητας της ως γλυκαντικό, η σουκρόζη χρησιμοποιείται στα τρόφιμα και ως συντηρητικό, αντιοξειδωτικό, ρυθμιστής της υγρασίας, σταθεροποιητής και ως πυκνωτικό μέσο. Η ετήσια παγκόσμια παραγωγή σουκρόζης προέρχεται από τον χυμό του σακχαροκάλαμου (20%) και του σακχαρότευτλου (17%). Βρίσκεται σε αφθονία σε σπόρους, φύλλα, φρούτα, άνθη και ρίζες φυτών, όπου λειτουργεί ως αποθήκη ενέργειας και ως πηγή άνθρακα.

Παρουσία σουκρόζης συναντάται στα βιολογικά υγρά όπως το αίμα, τα κόπρανα, η σίελος, ο ιδρώτας και τα ούρα αλλά και σε ποικίλους ιστούς όπως ο λιπώδης ιστός, οι μύες, τα νευρικά κύτταρα, ο πλακούντας, οι νεφροί, η ουροδόχος κύστη και άλλοι. Φυσιολογικά βρίσκεται εξωκυτταρικά. (PubChem Compound Database)

3.2. Μη θερμιδογόνες γλυκαντικές ουσίες

Με την αύξηση του επιπολασμού της παχυσαρκίας και των άλλων μεταβολικών νοσημάτων όπως ο Σακχαρώδης Διαβήτης, αναδύθηκε στην αγορά πληθώρα προϊόντων με σκοπό την ενίσχυση της απώλειας βάρους. Στα πλαίσια αυτά σχεδιάστηκαν και κυκλοφόρησαν και οι μη θερμιδογόνες γλυκαντικές ουσίες, είτε αυτούσιες προς χρήση σε σπιτικά παρασκευάσματα είτε συχνότερα ως συστατικό των συσκευασμένων τροφίμων και ποτών όπως τα αναψυκτικά, αρτοσκευάσματα, επιδόρπια γιαουρτιού, σοκολάτες, σάλτσες για σαλάτες και άλλα τρόφιμα.

Η βιομηχανία των γλυκαντικών προωθεί τα προϊόντα της χρησιμοποιώντας τις αποδεδειγμένα ή και μη βλαβερές συνέπειες της ζάχαρης στην υγεία. Σε αυτές περιλαμβάνονται η στοματική υγεία με κύρια ομάδα-στόχο τα παιδιά, αλλά και η μεταβολική υγεία και οι νοσούντες από Σακχαρώδη Διαβήτη. Σήμερα διατίθεται μεγάλη ποικιλία από γλυκαντικά, τα οποία μπορεί να διαφέρουν μεταξύ τους ως προς την θερμιδική αξία, την ένταση και την ισχύ τους. Κάποια από αυτά είναι η σακχαρίνη, η σουκραλόζη, η ασπαρτάμη, το ακετοσουλφαμικό κάλιο, η στέβια, το εκχύλισμα από το φρούτο monk, η rebiana, η ταγκατόζη και η αντβαντάμη.

Τα μη θερμιδογόνα γλυκαντικά είναι περισσότερο γλυκά από την σουκρόζη κατά 30 έως 13.000 φορές. Αυτή η αυξημένη γλυκύτητα συντελεί στο προβάδισμα των γλυκαντικών καθώς

χρειάζεται εξαιρετικά μικρότερη ποσότητα μιας γλυκαντικής ουσίας για να ισοδυναμεί ως προς την γλυκύτητα με τη σουκρόζη. Για το λόγο αυτό, ακόμη και αν κάποιες από τις γλυκαντικές ουσίες έχουν θερμιδικό περιεχόμενο, θεωρούνται μη θερμιδογόνες καθώς η τελική ενέργεια που παρέχουν στην ποσότητα την οποία χρησιμοποιούνται είναι ελάχιστη.



Εικόνα 2: Εμπορικές ετικέτες μη θερμιδογόνων γλυκαντικών ουσιών

Πηγή: <https://flic.kr/p/53aUXp>

3.2.1. Ασφάλεια και επιδράσεις μη θερμιδογόνων γλυκαντικών στην υγεία

Η υπερβολική χρήση των γλυκαντικών ουσιών μπορεί να επιφέρει συνέπειες στην υγεία, και για το λόγο αυτό έχουν καθοριστεί όρια ασφαλείας για την κατανάλωση από τον άνθρωπο. Παράδειγμα αποτελεί το κυκλαμικό νάτριο, ένα τεχνητό γλυκαντικό, που απορρίφθηκε από την Αμερικάνικη Επιτροπή FDA καθώς οι μελέτες σε ζωικά πρότυπα έδειξαν καρκινογόνο δράση. Πλέον στην αγορά κυκλοφορούν γλυκαντικά που είναι ασφαλή για όλες τις ομάδες, ακόμη και για τα παιδιά.

Περιορισμένος αριθμός μελετών κατευθύνει το ενδιαφέρον προς τις πιθανές δυσμενείς μεταβολικές επιπτώσεις της κατανάλωσης -ειδικότερα των μη θερμιδογόνων- γλυκαντικών. Τα τελευταία χρόνια, η κατανάλωση μη θερμιδογόνων γλυκαντικών ουσιών, ειδικά μέσω αναψυκτικών, φαίνεται πως συσχετίζεται με την παχυσαρκία, αντίθετα με τον αρχικό σκοπό της ανάπτυξης της αγοράς των γλυκαντικών όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Χωρίς επαρκή δεδομένα

προς την εξαγωγή συμπεράσματος για τον άνθρωπο, τρεις πιθανοί μηχανισμοί έχουν προταθεί για να εξηγήσουν το παράδοξο μεταξύ της κατανάλωσης μη θερμιδογόνων γλυκαντικών και των μεταβολικών διαταραχών που έχουν παρατηρηθεί στις επιδημιολογικές μελέτες.

Ο πρώτος αφορά την αποσύνδεση της γλυκύτητας με την πρόσληψη θερμίδων, η οποία μπορεί να παρεμβαίνει στις θεμελιώδεις φυσιολογικές αποκρίσεις που εξελίχθηκαν για τον έλεγχο της ομοιόστασης.

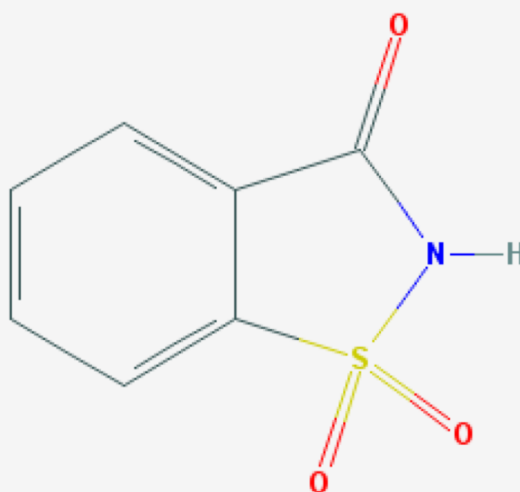
Ο δεύτερος μηχανισμός βασίζεται στην υπόθεση πως τα μη θερμιδογόνα γλυκαντικά μπορεί να μεταβάλλουν το γαστρεντερικό περιβάλλον και συνεπώς και την εντερική μικροχλωρίδα σε ευπαθή άτομα (Nettleton, Reimer, & Shearer, 2016) , κατάσταση που μπορεί να πυροδοτήσει δυσανοχή στη γλυκόζη. Αυτή η απόκριση μπορεί να σχετίζεται με το πλεονέκτημα των γλυκαντικών αυτών να μην προκαλούν βλάβες στα δόντια. Η ικανότητα αυτή της σακχαρίνης, της ασπαρτάμης και της στέβιας δεν οφείλεται μόνο στο γεγονός ότι ως ενώσεις είναι ανθεκτικές στη ζύμωση από τα βακτήρια της στοματικής κοιλότητας, αλλά και παρουσιάζουν βακτηριοστατικές ιδιότητες οι οποίες φαίνεται να επηρεάζουν τη μικροχλωρίδα της στοματικής κοιλότητας αλλά και του εντέρου.

Σύμφωνα με τον τρίτο μηχανισμό, τα μη θερμιδογόνα γλυκαντικά αλληλεπιδρούν με υποδοχείς του γλυκού που βρίσκονται σε άλλους ιστούς όπως το έντερο και το πάγκρεας και οι οποίοι μπορούν να επηρεάσουν την έκκριση της ινσουλίνης. Στον άνθρωπο έχουν αξιολογηθεί οι δύο τελευταίοι μηχανισμοί, (Perino, 2015) και μάλιστα η επιστημονική αναφορά του 2015 ως προς τις διατροφικές οδηγίες συμπεριελάμβανε πως μελλοντικές επιστημονικές μελέτες θα πρέπει να εξετάσουν τη συσχέτιση μεταξύ της κατανάλωσης αναψυκτικών με τεχνητά γλυκαντικά και των βιοδεικτών ινσουλινοαντίστασης και άλλων βιοδεικτών που σχετίζονται με το Σακχαρώδη Διαβήτη. (Nettleton et al., 2016)

3.2.2. Σακχαρίνη

Η σακχαρίνη (ή ζαχαρίνη) διατίθεται στην αγορά για πάνω από 100 χρόνια όντας το παλαιότερο μη θερμιδογόνο γλυκαντικό. Ανακαλύφθηκε το 1879 στο Πανεπιστήμιο John Hopkins από τους Remsen και Fahlberg. Έχει χημικό τύπο $C_7H_5NO_3S$ και μοριακό βάρος 183.181 g/mol. Είναι μία άοσμη ή με ανεπαίσθητη οσμή λευκή κρυσταλλική σκόνη. Μάλιστα, η γλυκιά ισχύ της

σακχαρίνης παραμένει παρά την κατεργασία με θέρμανση, γεγονός που την καθιστά κατάλληλη για αντικατάσταση της σουκρόζης σε όλες τις μορφές.



Σχήμα 14: Η χημική δομή της σακχαρίνης.

Πηγή: National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Database; CID=5143

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5143>

Είναι 200-700 φορές πιο γλυκιά από την σουκρόζη και χρησιμοποιείται ευρέως σε αναψυκτικά, αρτοσκευάσματα, μαρμελάδες, κονσερβοποιημένα φρούτα, γλυκά, σάλτσες για σαλάτες, σιρόπια και τσίχλες, ενώ διατίθεται και αυτούσια για επιτραπέζια χρήση. Επίσης, συναντάται σε προϊόντα όπως οδοντόκρεμες, στοματικά διαλύματα, βιταμίνες και φαρμακευτικά προϊόντα.

Η σακχαρίνη δεν μεταβολίζεται στον γαστρεντερικό σωλήνα και συνεπώς δεν επηρεάζει τα επίπεδα της ινσουλίνης στο αίμα, επομένως κρίνεται κατάλληλο για πάσχοντες από Σακχαρώδη Διαβήτη.

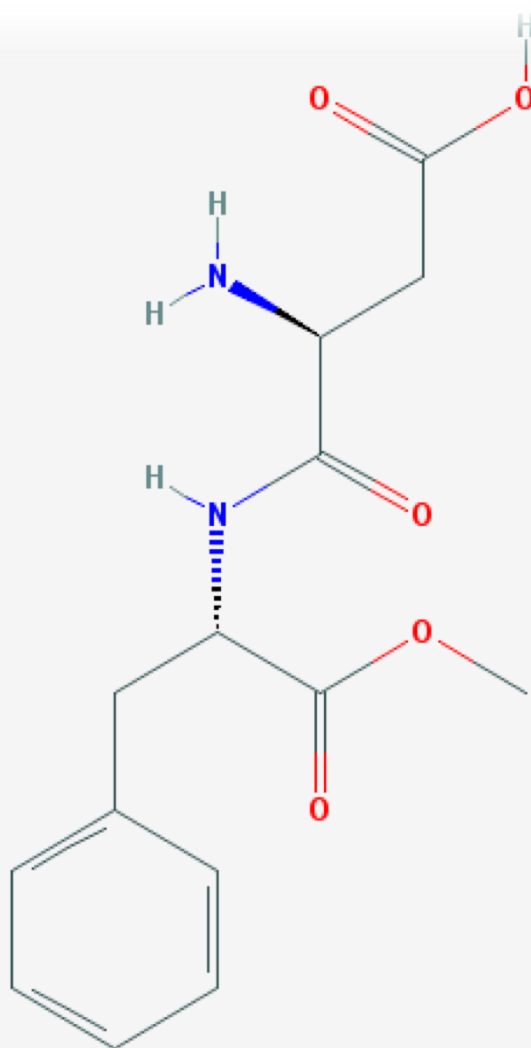
Η επιτρεπόμενη πρόσληψη σακχαρίνης έχει οριστεί ίση με 5mg/ κιλό σωματικού βάρους για ενήλικες και παιδιά. Σύμφωνα με μία αναφορά του 2010 ένα άτομο θα έπρεπε να καταναλώσει 800 κουτάκια αναψυκτικού τύπου light που περιέχουν σακχαρίνη για να φτάσει τα επίπεδα που προκαλούν καρκινογένεση. Αντίθετες στο ότι ο πληθυσμός είναι σχεδόν αδύνατο να ξεπεράσει την ποσότητα αυτή φαίνονται να είναι κάποιες μελέτες που έλαβαν χώρα στην Ινδία, δίνοντας αφορμή για περαιτέρω μελέτη. Η σακχαρίνη πάντως θεωρείται ασφαλής προς κατανάλωση από παιδιά και ενήλικες, ακόμα και γυναίκες σε περίοδο εγκυμοσύνης και ασθενείς με Σακχαρώδη Διαβήτη εφόσον η πρόσληψη δεν ξεπερνά τα όρια της προτεινόμενης ασφαλούς.

Στο παρελθόν, η σακχαρίνη ήταν το γλυκαντικό υψηλής ισχύος που χρησιμοποιούταν κατά βάση, η χρήση της τώρα έχει ελαττωθεί εξαιτίας της πικρής της επίγευσης.(Miele et al., 2017)

3.2.3. Ασπαρτάμη

Η ασπαρτάμη ανακαλύφθηκε από τον James Schallatter το 1965 και εγκρίθηκε από το FDA το 1981. Είναι ένας μεθυλεστέρας από δύο αμινοξέα, το ασπαρτικό οξύ και τη φαινυλαλανίνη, για το λόγο αυτό παρέχει 4 Kcal/γραμμάριο. Στην ευρωπαϊκή ένωση είναι γνωστή με τον κωδικό E951. Ο μοριακός της τύπος είναι $C_{14}H_{18}N_2O_5$ και το μοριακό της βάρος ίσο με 294.307 g/mol. Έχει διαλυτότητα στο νερό ίση με 1.0×10^{-4} mg/L σε περιβάλλον με pH 3 και θερμοκρασία δωματίου. (TOXNET, n.d.)

Η ασπαρτάμη είναι μία άοσμη, έντονα γλυκιά και κρυσταλλική σκόνη και αποτελεί σημαντικό συστατικό πολλών προϊόντων χαμηλών σε θερμίδες και ζάχαρη, ως ένα από τα περισσότερο ευρείας χρήσης μη θερμιδογόνα γλυκαντικά. Τέτοια προϊόντα μπορεί να είναι τσίχλες, αναψυκτικά διαίτης, μίγματα για ροφήματα, επιδόρπια γιαουρτιού, έτοιμα προϊόντα τσαγιού και καφέ, αλλά η ουσία φαίνεται να εμφανίζεται και σε προϊόντα τα οποία δεν είναι τύπου light αλλά απευθύνονται στο ευρύ κοινό, όπως σε φαρμακευτικά σκευάσματα.



Σχήμα 15: Η χημική δομή της ασπαρτάμης.

Πηγή: National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Database; CID=134601

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/134601>

Παρουσία υγρασίας, υδρολύεται σε ασπαρτυλφαινυλαλανίνη και ένα δικετοπιπεραζονινο παράγωγο, με αποτέλεσμα την απώλεια μέρους της γλυκύτητας. (TOXNET, n.d.)

Κατά βάρος, η ασπαρτάμη αποδίδει την ίδια ενέργεια (4 Kcal/g) με τη σουκρόζη αλλά, λόγω της κατά πολύ υψηλότερης γλυκιάς της έντασης κατά 200 φορές, χρησιμοποιείται σε πολύ μικρότερες ποσότητες από αυτή για το ίδιο αποτέλεσμα, και η θερμιδική απόδοση είναι ελάχιστη.

Η αποδεκτή ημερήσια πρόσληψη έχει τεθεί ίση με 40 mg/ κιλό σωματικού βάρους από την EFSA, η οποία θεωρείται ασφαλής για τον πληθυσμό εκτός των ατόμων που πάσχουν από φαινυλκετονουρία. Η έκθεση των καταναλωτών στην ασπαρτάμη είναι χαμηλότερη από την αποδεκτή. Σύμφωνα με το FDA η επιτρεπόμενη πρόσληψη είναι ίση με 50 mg/κιλό σωματικού βάρους για ενήλικες και παιδιά.

Ενδιαφέρον είναι το γεγονός πως, ασπαρτάμη δεν γίνεται αντιληπτή ως γλυκιά ουσία από όλα τα ζώα. Φαίνεται μάλιστα πως τα περισσότερα θηλαστικά δεν την αντιλαμβάνονται όπως ο άνθρωπος και τα κοντινά του πρωτεύοντα. Συμπεριφοριστική προτίμηση και απόκριση των γευστικών νεύρων μετά από κατανάλωση της γλυκαντικής έχει φανεί να προκαλούνται στους γορίλλες και την οικογένεια των κερκοπιθηκίδων, ενώ σε ζώα όπως τα ποντίκια, οι αγελάδες, οι χοίροι και τα χάμστερ η ασπαρτάμη δεν διεγείρει καμία τέτοια απάντηση.

3.2.3.A. Ασφάλεια

Η ασφαλής κατανάλωση της ασπαρτάμης έχει συζητηθεί και μελετηθεί εκτενώς και παραμένει ακόμη και σήμερα από τα πιο αμφιλεγόμενα γλυκαντικά στο κοινό. Το μεγαλύτερο πεδίο έρευνας αφορά στις πιθανότητες της τοξικότητας από τους μεταβολίτες της στο πλάσμα, όπως αναλύεται παρακάτω. (A. Y. Onaolapo, Onaolapo, & Nwoha, 2016)

Συγκεκριμένα, η ασφάλεια της ασπαρτάμης έχει μελετηθεί σε εκατοντάδες μελέτες ως προς τα βραχυπρόθεσμα ή μακροπρόθεσμα αποτελέσματα της κατανάλωσής της συμπεριλαμβανομένων των ενδεχομένων εμφάνισης καρκίνου ή νευροτοξικότητας αλλά και την επιρροή της ουσίας στην αναπαραγωγική λειτουργία, την εμβρυική ανάπτυξη και την περίπτωση πρόκλησης βλάβης στα γονίδια μας. Η από κοινού άποψη της επιτροπής EFSA ήταν πως η ποιότητα αλλά και ο αριθμός των μελετών σε ζωικά πρότυπα ήταν επαρκώς υψηλός για να επιτρέψει την εξαγωγή συμπερασμάτων : Όσον αφορά την βλάβη στο γενετικό υλικό και τις νεοπλασίες, οι ειδικοί απέρριψαν αυτό το ενδεχόμενο βασιζόμενοι σε μελέτες σε ζωικά πρότυπα αλλά και στον ανθρώπινο πληθυσμό. Επίσης σύμφωνα με την επιτροπή, η κατανάλωση ασπαρτάμης δεν προκαλεί καμία βλάβη στον εγκέφαλο ούτε συμπεριφοριστικές συνέπειες όπως η υπερκινητικότητα.

3.2.3.B. Πέψη και Απορρόφηση της Ασπαρτάμης

Ως προς την διάσπαση και απορρόφησή της, δεν εκκινεί την ίδια απόκριση με τη σουκρόζη όσον αφορά τον εγκέφαλο και το πάγκρεας αλλά μεταβολίζεται σε φαινυλαλανίνη (50%), ασπαρτικό οξύ (40%) και μεθανόλη (10%) στο γαστρεντερικό σωλήνα. (A. Y. Onaolapo et al., 2016) Η φύση των προϊόντων αυτών είναι και αυτή που εγείρει τις ανησυχίες ως προς την ασφάλεια της ουσίας. Άτομα που πάσχουν από τη μεταβολική νόσο φαινυλκετονουρία πρέπει να αποφεύγουν την κατανάλωση ασπαρτάμης λόγω της αδυναμίας τους να διασπούν την φαινυλαλανίνη σε τυροσίνη.

Γνωρίζουμε ότι οι πρωτεΐνες της τροφής μας κατά την πέψη διασπώνται στα δομικά τους αμινοξέα με τη βοήθεια ειδικών ενζύμων διάσπασης των πρωτεϊνών. Τα αμινοξέα αυτά στη συνέχεια απορροφώνται και μπορούν να αποτελέσουν νέους δομικούς λίθους νέων πρωτεϊνών τα οποία θα χρησιμοποιηθούν από τον οργανισμό. Σύμφωνα με την αναφορά της Ευρωπαϊκής Επιτροπής Ασφάλειας Τροφίμων EFSA η ασπαρτάμη αποτελείται από δύο φυσικά προκύπτοντα αμινοξέα, τη φαινυλαλανίνη και το ασπαρτικό οξύ, τα οποία αποτελούν και δομικά στοιχεία των πρωτεϊνών του οργανισμού και της τροφής μας. Η γλυκιά γεύση της ασπαρτάμης είναι αποτέλεσμα μιας ελαφριάς μετατροπής του μορίου της φαινυλαλανίνης με την προσθήκη μιας μεθυλομάδας. Η ασπαρτάμη διασπάται εξ ολοκλήρου σε ασπαρτικό οξύ και φαινυλαλανίνη τα οποία απορροφώνται από τον οργανισμό, ενώ η πρόσθετη μεθυλομάδα της τροποποιημένης φαινυλαλανίνης απελευθερώνεται στο έντερο για να σχηματίσει μεθανόλη, η οποία επίσης απορροφάται από το σώμα και σε μεγαλύτερο ποσοστό χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας. Τα επιστημονικά δεδομένα, όπως υπογραμμίζεται στην αναφορά, έχουν δείξει πως η ασπαρτάμη διασπάται γρήγορα και ολοκληρωτικά, χωρίς να αφήνει ίχνη της στο αίμα ή σε οποιοδήποτε όργανο μετά την κατάποση. Έτσι, ο μόνος τρόπος να προκληθεί οποιαδήποτε συνέπεια στον οργανισμό είναι μέσω των τριών συστατικών της, του ασπαρτικού οξέος, της φαινυλαλανίνης ή της μεθανόλης.

Οι συνέπειες που μπορεί να επιφέρει η μεθανόλη ως μεταβολίτης της ασπαρτάμης μελετήθηκαν καθώς μπορεί να αποτελέσει έναν παράγοντα κινδύνου όταν η έκθεση στην ουσία είναι εξαιρετικά υψηλή, όπως κατά την κατανάλωση υψηλόβαθμων αλκοολικών ποτών. Η μεθανόλη συναντάται επίσης σε τρόφιμα όπως τα φρούτα και τα λαχανικά, αλλά περίπου το 90% αυτής παράγεται στον ανθρώπινο οργανισμό με την κατανάλωση φρούτων που περιέχουν πηκτίνες όπως τα μήλα και τα εσπεριδοειδή. Οι ειδικοί της ευρωπαϊκής επιτροπής κατέληξαν στο

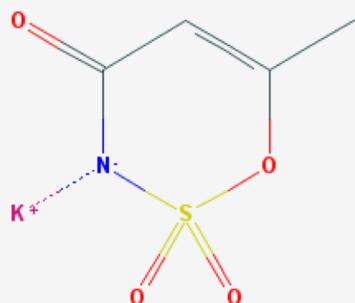
ότι η διαιτητική έκθεση στη μεθανόλη συμπεριλαμβανομένης αυτής μέσω της ασπαρτάμης δεν προκαλεί δυσμενή αποτελέσματα καθώς αποτελεί μόνο ένα μικρό μέρος της μεθανόλης που παράγεται φυσιολογικά στον οργανισμό καθώς επίσης και πως η μεθανόλη που προκύπτει από την ασπαρτάμη μεταβολίζεται στο σώμα με τον ίδιο ακριβώς τρόπο με την μεθανόλη που προκύπτει από άλλες διαιτητικές πηγές.

Η φαινυλαλανίνη είναι ένα αμινοξύ το οποίο συμμετέχει στις πρωτεΐνες που συναντώνται σε πολλά τρόφιμα. Είναι γνωστό πως μπορεί να είναι τοξική όταν η πρόσληψη είναι υψηλή, ειδικά σε αναπτυσσόμενα έμβρυα γυναικών που πάσχουν από φαινυλκετονουρία.

Το ασπαρτικό οξύ επίσης συναντάται ως αμινοξύ στις πρωτεΐνες. Ο οργανισμός μπορεί να μετατρέπει το ασπαρτικό οξύ σε γλουταμικό το οποίο σε υψηλά επίπεδα μπορεί να προκαλέσει βλάβες στο νευρικό σύστημα, αλλά οι ειδικοί της ευρωπαϊκής επιτροπής δεν είχαν στοιχεία που να συνδέουν το περιεχόμενο στην ασπαρτάμη ασπαρτικό οξύ με νευροτοξικότητα, επομένως συμπέραναν πως δεν τίθεται τέτοιου είδους κίνδυνος προς το καταναλωτικό κοινό. (EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS), 2013) (PubChem Compound Database, 2005)

3.2.4. Ακετοσουλφαμικό Κάλιο

Το ακετοσουλφαμικό κάλιο ανακαλύφθηκε το 1967 από τη φαρμακευτική εταιρεία Hoechst. Η γλυκύτητά του ξεπερνά αυτή της σουκρόζης κατά 200 φορές και χρησιμοποιείται ευρέως σε πολλά κράτη και πληθώρα προϊόντων. Το 1998 το γλυκαντικό εγκρίθηκε από το FDA για τη χρήση σε αναψυκτικά. Το ακετοσουλφαμικό κάλιο παραμένει σταθερό σε κατεργασία με θερμότητα και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη μαγειρική και το ψήσιμο.



Σχήμα 16: Η χημική δομή του Ακετοσουλφαμικού Καλίου.

Πηγή: National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Database; CID=11074431

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/11074431>

Το ακετοσουλφαμικό κάλιο απεκκρίνεται μέσω των νεφρών αφού κυκλοφορήσει αμετάβλητο στον οργανισμό. Ένα από τα παραπροϊόντα της διάσπασής του, το ακετοακεταμίδιο, θεωρείται τοξικό σε μεγάλες δόσεις αλλά η ποσότητα του γλυκαντικού που χρησιμοποιείται ως πρόσθετο είναι πολύ μικρή και δεν αποτελεί κίνδυνο. (Miele et al., 2017) Η επιτρεπόμενη πρόσληψη είναι ίση με 15mg/κιλό σωματικού βάρους, και έχει φανεί πως στις Ηνωμένες πολιτείες η πραγματική πρόσληψη φτάνει περίπου το 20% της επιτρεπόμενης στη διάρκεια της ζωής. Έτσι η χρήση και η κατανάλωσή του καθίστανται ασφαλείς.

Το ακετοσουλφαμικό κάλιο συνήθως συναντάται σε τρόφιμα σε συνδυασμό με άλλα γλυκαντικά προς την επίτευξη του βέλτιστου γευστικού αποτελέσματος, και συνδυαζόμενο συχνότερα με ασπαρτάμη ή σουκραλόζη για μία πιο “κοντά στη σουκρόζη” αίσθηση. Η ουσία εμφανίζει σημαντική πικρή και μεταλλική γεύση όμοια με αυτή της σακχαρίνης. (Miele et al., 2017)

3.2.5. Σουκραλόζη

Το τεχνητό αυτό γλυκαντικό ανακαλύφθηκε το 1976 και έλαβε έγκριση το 1998 προς χρήση ως υποκατάστατο της ζάχαρη σε 15 κατηγορίες τροφίμων και ποτών. Η σουκραλόζη έχει γευστικό προφίλ πολύ παρόμοιο με αυτό της σουκρόζης χωρίς να έχει φανεί να παρουσιάζει κάποια ανεπιθύμητη επίγευση. Επιπρόσθετα, φαίνεται να είναι σταθερή σε υψηλές θερμοκρασίες και οξύτητα. Ενώ είναι όμοια με τη ζάχαρη πλεονεκτεί ως προς το γεγονός ότι δεν προκαλεί

οδοντικές αλλοιώσεις. Μετά από εκτεταμένες μελέτες η σουκραλόζη έχει κατοχυρωθεί ως ασφαλής προς κατανάλωση από όλες τις ομάδες, συμπεριλαμβανομένων των εγκύων και θηλαζουσών γυναικών.

Η σουκραλόζη είναι 600 φορές πιο γλυκιά από την ζάχαρη και απορροφάται σε τόσο μικρό βαθμό κατά την πέψη που δεν αναγνωρίζεται ως υδατάνθρακας ενώ κυκλοφορεί στον οργανισμό σχεδόν στην αρχική μορφή της.

3.2.6. Στέβια

Η στέβια είναι ένα μη θερμιδογόνο γλυκαντικό φυτικής προέλευσης που απομονώνεται από το φυτό *Stevia Rebaudiana Bertoni* και χρησιμοποιείται ευρέως στην Ιαπωνία για περισσότερα από 20 χρόνια, ενώ εγκρίθηκε πολύ πρόσφατα για τη χρήση ως γλυκαντική ουσία στην Ευρώπη και τις Ηνωμένες Πολιτείες. Οι γλυκοζίτες στεβιόλης (E 960) προέρχονται από τα φύλλα του φυτού στέβια και είναι αυτοί που χρησιμοποιούνται ως γλυκαντική ουσία. Με 300 φορές μεγαλύτερη δύναμη γλυκύτητας από τη ζάχαρη και σχεδόν αμελητέα επίδραση στα επίπεδα της γλυκόζης του αίματος, το γλυκαντικό αυτό θεωρείται ένα καλό υποκατάστατο της ζάχαρης.

Η επιτρεπόμενη πρόσληψη είναι ίση με 4mg ισοδυνάμων της στεβιόλης/κιλό σωματικού βάρους/ ημέρα. Τον Απρίλιο του 2010 η EFSA δημοσίευσε αναφορά στην οποία η στέβια χαρακτηρίστηκε ως μη καρκινογόνος, γενοτοξική ή συνδεδεμένη με οποιαδήποτε αναπαραγωγική ή αναπτυξιακή τοξικότητα. Η επιτροπή για τα πρόσθετα της EFSA (ANS Panel) εξήγαγε το συμπέρασμα πως οι γλυκοζίτες στεβιόλης δεν παρουσιάζουν ούτε γενοτοξική ούτε καρκινογόνο δράση εάν τηρείται η μέγιστη ασφαλής πρόσληψη, η οποία βρίσκεται μάλιστα και σε συμφωνία με τις συστάσεις της επιτροπής του FAO/WHO (2008). Βέβαια υπογραμμίστηκε πως αυτή η δόση εύκολα ξεπερνάται από ενήλικες αλλά και ανήλικους καταναλωτές εάν το γλυκαντικό χρησιμοποιείται στα μέγιστα επίπεδα που προτάθηκαν από τους αιτώντες της επιστημονικής έγκρισης. (EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS), 2012)

3.3. Γευστική αντίληψη των γλυκαντικών ουσιών

Η γευστική αντίληψη των γλυκαντικών ουσιών δεν είναι ίδια ανά κάθε διαφορετικό μόριο αλλά ούτε και ίδια για κάθε δοκιμαστή. Τα γευστιγνωστικά αποτελέσματα αξιολογούνται συνήθως με σημείο αναφοράς τη σουκρόζη, καθώς η όλη προσπάθεια της βιομηχανίας των γλυκαντικών είναι να λανσάρει προϊόντα στα οποία εκείνη έχει αντικατασταθεί αλλά με ταυτόχρονη διατήρηση του ίδιου γευστικού αποτελέσματος. Αφορμή για μελέτη του φαινομένου φαίνεται να είναι το γεγονός πως η αντικατάσταση της σουκρόζης με γλυκαντικά σε ένα προϊόν δε φέρει τόσο ισχυρή αλλαγή στη γλυκύτητα, αλλά στην συνολική γευστική αντίληψη του προϊόντος. (F Nahon, Graaf, & Roozen, 2003)

Οι Schiffman, Sattely-Miller, and Bishay έδειξαν ότι ο χρόνος μέχρι τη μέγιστη γλυκύτητα μειώνεται με τη χρήση πολλών γλυκαντικών ουσιών σε σύγκριση με τη χρήση ενός σε ένα τρόφιμο. (Schiffman, Sattely-Miller, & Bishay, 2007) Το επιθυμητό -κοντά στη σουκρόζη- αποτέλεσμα, είναι δύσκολο να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας μόνο ένα γλυκαντικό, καθώς κάθε μη θερμιδογόνος ουσία που δεν αποτελεί καν σάκχαρο, διαθέτει διαφορετικές φυσικοχημικές ιδιότητες και προκαλεί διαφορετική γευστική απόκριση στον οργανισμό, όπως είδαμε αναλύοντας παραπάνω τις γλυκαντικές ουσίες.

Επίσης φαίνεται πως η ισχύς των γλυκαντικών εξαρτάται από την συγκέντρωση της ουσίας αλλά και το συνολικό σύστημα του τροφίμου στο οποίο προστίθεται. Για τους λόγους αυτούς τις περισσότερες φορές χρησιμοποιούνται μίγματα όπου τα γλυκαντικά λειτουργούν συνεργιστικά.

Τέτοιοι συνδυασμοί είναι:

1. σακχαρίνη/κυκλαμικό οξύ
2. ακετοσουλφαμικό κάλιο/κυκλαμικό οξύ
3. ασπαρτάμη/σακχαρίνη
4. ασπαρτάμη/ακετοσουλφαμικό κάλιο

Η τεχνική αυτή φαίνεται να βοηθά στην βελτίωση της γευστικής ποιότητας και την σταθερότητα των προϊόντων, και επομένως στη μείωση του κόστους των προϊόντων. (Choi & Chung, 2015)

Τα γλυκαντικά που παρέχουν υδατάνθρακες χαρακτηρίζονται από άμεση αντίληψη της γλυκιάς γεύσης και μικρό χρονικό διάστημα εξάλειψης αυτής, ενώ τα γλυκαντικά υψηλής ισχύος (high potency sweeteners) διεγείρουν διαφορετικές εντάσεις, διάρκειες της γλυκύτητας και εκδηλώσεις της εμμένουσας γεύσης, που ποικίλουν ανάλογα με την συγκέντρωσή τους, την

οξύτητα και άλλες συνθήκες που επηρεάζουν τη γεύση όπως η θερμοκρασία. (Cardoso & Bolini, 2007)

Γνωρίζουμε ότι αν και οι χημικές δομές των πικρών γευστικών μορίων και των μη υδατανθρακικών γλυκαντικών είναι πολύ διαφορετικές, όλα αυτά τα μόρια είναι αμφιφιλά, δηλαδή περιέχουν και υδροφοβικές και υδροφιλικές περιοχές. Έχει διατυπωθεί πως η ιδιότητα αυτή τους επιτρέπει να αλληλεπιδρούν με λιποσώματα και να επηρεάζουν με τον τρόπο αυτό τα δυναμικά της μεμβράνης. Τα αμφίφιλα πικρά και γλυκά μόρια μπορεί κάτω από κάποιες συνθήκες να προκαλούν εκπόλωση στις μεμβράνες των κυττάρων και να ωθούν μονοπάτια μεταγωγής και φυσιολογικές αποκρίσεις σε πολλά κύτταρα και ιστούς που δεν σχετίζονται με τα γευστικά κύτταρα και είναι επομένως απίθανο να περιέχουν γευστικούς υποδοχείς. (Peri et al., 2000)

Πολλές γλυκαντικές ουσίες υψηλής ισχύος συχνά εμφανίζουν άσχημες γευστικές αισθήσεις (off-taste), καθυστέρηση στην έναρξη της μέγιστης γλυκύτητας και μία εμμένουσα γλυκιά αίσθηση, ακόμη και αν η σύσταση των γλυκαντικών είναι εντυπωσιακά όμοιες με τη σουκρόζη στη γευστική ποιότητα. (Miele et al., 2017) Η απωθητικές αυτές γεύσεις αποτελούν και ένα μειονέκτημα της χρήσης των τεχνητών γλυκαντικών, και χαρακτηρίζεται σε γευσιγνωστικό επίπεδο ως πικρή ή/και μεταλλική. Σε αντίθεση με τη σουκρόζη, οι τεχνητές γλυκαντικές ουσίες δεν γίνονται αντιληπτές ως γλυκιές σε όλες τις συγκεντρώσεις αλλά όσο αυξάνεται η συγκέντρωσή τους, η γευστική αντίληψη μεταβάλλεται από ευχάριστη (γλυκιά) σε δυσάρεστη (πικρή ή μεταλλική). Η πικρή επίγευση που συνοδεύει τα τεχνητά γλυκαντικά φαίνεται πως περιλαμβάνει την ενεργοποίηση των T2R υποδοχέων του πικρού. Η ενεργοποίηση των υποδοχέων TRPV1 θα μπορούσε να συμβάλει στην αίσθηση της μεταλλικής γεύσης.

Επιπλέον γευστικές αισθήσεις που σχετίζονται με την επίγευση που προκαλείται από τα τεχνητά γλυκαντικά έχουν αποδοθεί στη διάχυση των ουσιών στα γευστικά κύτταρα υποδοχείς όπου μπορούν να τροποποιούν τα ενδοκυτταρικά σήματα μεταγωγής. (Riera et al., 2007)

3.3.1. Πικρή αίσθηση

Μία αρκετά παλαιότερη δημοσίευση μελέτησε την αίσθηση του πικρού που προσδίδουν τα διάφορα γλυκαντικά ανάλογα με τη συγκέντρωσή τους σε ένα διάλυμα. Βρέθηκε πως η απόκριση της πικρής αίσθησης ανάλογα με τη συγκέντρωση διέφερε όσο άλλαζε η χημική δομή του γλυκαντικού. Η πικρή γεύση μπορεί να αυξάνει ή να μειώνεται σε ένταση όσο αυξάνει η

συγκέντρωση του γλυκαντικού, με την αύξηση να παρατηρείται συνήθως στα γλυκαντικά μεγαλύτερης ισχύος από τη σουκρόζη και τη μείωση στα γλυκαντικά χαμηλότερης ισχύος από τη σουκρόζη. Το τελικό συμπέρασμα που εξήγαγαν οι ερευνητές ήταν πως η πικρή αίσθηση των γλυκών γευστικών μορίων εξαρτάται από την ίδια την ένωση και την σχετική ισχύ ως προς τη γλυκύτητα. (Schiffman, Booth, Losee, Pecore, & Warwick, 1995)

Σε δημοσίευση από το Ινστιτούτο Χημικής Τεχνολογίας της Πράγας σχετικά με τα γευσιγνωστικά προφίλ των γλυκαντικών ουσιών (ακετοσουλφαμικό κάλιο, ασπαρτάμη, νεοτάμη, και σακχαρίνη) σε υδατικά διαλύματα αναφέρεται πως η κατάταξη της πικρής γεύσης ήταν υψηλότερη για τα συνθετικά γλυκαντικά σε σχέση με τη ζάχαρη που παρουσίασε πολύ χαμηλή πικρή αίσθηση. Τα διαλύματα ασπαρτάμης βρέθηκαν λιγότερο πικρά σε σχέση με αυτά των άλλων γλυκαντικών, με το ακετοσουλφαμικό κάλιο να παρουσιάζει την περισσότερο πικρή γεύση. (Sediva, Panovska, & Pokorny, 2006)

Στη βιβλιογραφία φαίνεται επίσης πως η αντιλαμβανόμενη γλυκύτητα της ασπαρτάμης αναπτύσσεται με χαμηλότερο ρυθμό σε σχέση με τα φυσικά σάκχαρα. (Moskowitz & Dubose, 2013) Οι Wiet και Beyts το 1992 ανέφεραν μία ελαφριά επίγευση που δεν αφορά το γλυκό για υδατικά διαλύματα ασπαρτάμης σε σύγκριση με υδατικά διαλύματα σουκρόζης. Οι Portmann και Kilcast το 1996 βρήκαν υψηλότερα επίπεδα του παράγοντα της πικρής γεύσης και επίγευσης σε σύγκριση με σουκρόζη ή μαλτιτόλη. (Wiet & Beyts, 1992) Οι Matysiak και Noble το 1991, εξέτασαν την εξαρτώμενη από το χρόνο αντίληψη της γλυκύτητας και της φρουτένιας αίσθησης σε συστήματα με ασπαρτάμη ή σουκρόζη, αρωματισμένα με άρωμα πορτοκαλιού. Τα αποτελέσματά τους υπέδειξαν πως η ασπαρτάμη έχει μακρύτερη διάρκεια στην γλυκιά αίσθηση, αλλά και ότι η γλυκύτητά της ενισχύθηκε από το άρωμα πορτοκαλιού. Η φρουτένια μάλιστα αίσθηση φάνηκε να διατηρείται για περισσότερο στα δείγματα ασπαρτάμης σε σχέση με εκείνα της σουκρόζης. Σε μελέτη του 1998, σε σύγκριση με την σουκρόζη, οι μέσες τιμές για την ασπαρτάμη ήταν υψηλότερες για τους παράγοντες “ξινό”, “χημική αίσθηση” και “επίγευση”, ενώ ο παράγοντας για τη γλυκιά γεύση ήταν σε παρόμοια επίπεδα. (Nahon, Roozen, & de Graaf C, 1998)

Σε άλλη δημοσίευση, αναφέρεται πως η σακχαρίνη (Köhler et al., 2007) και το ακετοσουλφαμικό κάλιο φαίνεται να έχουν αισθητή πικρή επίγευση, ενώ για το ακετοσουλφαμικό κάλιο έχει γραφεί πως την γλυκύτητα ακολουθεί ταχύτατα μία σχετικά έντονη και εμμένουσα επίγευση. Για την ασπαρτάμη και τη σουκραλόζη έχει αναφερθεί πως έχουν σχετικά καθαρή

γλυκιά γεύση με μικρή επιμονή στην πικρή αίσθηση. Η σουκραλόζη εμφανίζει μία εμμένουσα γλυκύτητα και ξηροστομία αντίστοιχη της σουκρόζης. (L. Zhao & Tepper, 2007)

3.3.1.A. Πιθανός μηχανισμός

Το γεγονός αυτό της πικρής αίσθησης εξηγείται από την ενεργοποίηση σε χαμηλές συγκεντρώσεις των ευαίσθητων στο γλυκό υποδοχείς με πρωτεΐνες G (GPCRs) T1R2/T1R3 ενώ την ενεργοποίηση σε υψηλότερες συγκεντρώσεις των ευαίσθητων στο πικρό GPCRs, T2R43 και T2R44 για τη σακχαρίνη και το ακετοσουλφαμικό κάλιο.

Επίσης, οι υποδοχείς που κωδικοποιούνται από τα γονίδια *TAS2R31* και *TAS2R44* έχει φανεί πως *in vitro* ενεργοποιούνται από τη σακχαρίνη και το ακετοσουλφαμικό Κάλιο, καθώς και το ότι η πικρή αίσθηση των δύο αυτών γλυκαντικών ουσιών μπορεί να μειωθεί σημαντικά με έκθεση (cross-adaptation) στο αριστολογικό οξύ, ένα καθαρά πικρό αγωνιστή των hT2R31/hT2R43. (Allen, McGearry, Knopik, & Hayes, 2013)

Συζητείται επίσης πως, τα φυσικά σάκχαρα και η ασπαρτάμη συνδέονται πιο ευνοϊκά στην ενεργό πλευρά του hT1R2 σε σχέση με οποιαδήποτε άλλη διαθέσιμη θέση στην ενεργό-κλειστή διαμόρφωση. (Li et al., 2011) Η ασπαρτάμη αναγνωρίζεται από την εξωκυτταρική περιοχή του T1R2 ενώ το κυκλαμικό οξύ από την διαμεμβρανική περιοχή του T1R3. Οι γλυκές πρωτεΐνες έχει φανεί πως αλληλεπιδρούν με την εξωκυτταρική περιοχή του T1R3. (Fujiiwara et al., 2012) Οι υποθέσεις αυτές για την πρόσδεση στον υποδοχέα μπορεί να συμβάλλουν και στην εξήγηση της συνέργειας μεταξύ των γλυκαντικών όπως αυτή αναφέρθηκε παραπάνω, και στους κατάλληλους συνδυασμούς τους προς επίτευξη του επιθυμητού – πιο κοντά στη σουκρόζη- αποτελέσματος. (“Unraveling the biochemistry of sweet and umami tastes,” 2004)

Σε γενετικό επίπεδο, ερευνητές δημοσίευσαν το 2011 πως ένας απλότυπος 5 ισχυρά συνδεδεμένων TAS2Rs στο χρωμόσωμα 12 συσχετίζεται με την πικρή αίσθηση της σακχαρίνης και του ακετοσουλφαμικού Καλίου, (Roudnitzky et al., 2011) ενώ μελέτη από τις Ηνωμένες Πολιτείες που δημοσιεύθηκε το 2013 είχε αποτελέσματα που υποδεικνύουν πως πολλαπλοί υποδοχείς της πικρής γεύσης σε δύο διαφορετικά χρωμοσώματα (7 και 12) συμβάλλουν στην αντιλαμβανόμενη πικρή αίσθηση του ακετοσουλφαμικού Καλίου στον άνθρωπο. (Allen et al.,

2013) Η αντίληψη της πικρής γεύσης του ακετοσουλφαμικού Καλίου και της σακχαρίνης ποικίλει ανάμεσα στα άτομα και αυτό το γεγονός έχει γενετική βάση. (Allen et al., 2013)

Μάλιστα η πικρή γεύση της προπυλοθειουρακίλης (PROP) βρέθηκε να συσχετίζεται θετικά με την γλυκύτητα αλλά όχι την πικρή αίσθηση του ακετοσουλφαμικού Καλίου. Η πικρή αίσθηση της ένωσης αυτής θεωρείται δείκτης για την αυξημένη γευστική απόκριση στις διάφορες ποιότητες. Για τη γλυκύτητα, αυτό βρίσκεται σε συμφωνία με δεδομένα που δείχνουν ότι η πικρή γεύση της προπυλοθειουρακίλης συσχετίζεται θετικά με τη γλυκύτητα της σουκρόζης, της ασπαρτάμης και των γλυκών τροφίμων. (Allen et al., 2013)

3.3.2. Μεταλλική αίσθηση

Στην ίδια δημοσίευση από το Ινστιτούτο Χημικής Τεχνολογίας της Πράγας σχετικά με τα γευσιγνωστικά προφίλ των γλυκαντικών ουσιών που αναφέρεται και παραπάνω, το διάλυμα της ασπαρτάμης είχε περισσότερο έντονη μεταλλική γεύση σε σχέση με το διάλυμα σουκρόζης, αλλά λιγότερο έντονη σε σχέση με τα υπόλοιπα τεχνητά γλυκαντικά που μελετήθηκαν (ακετοσουλφαμικό κάλιο, ασπαρτάμη, νεοτάμη, και σακχαρίνη). (Sediva et al., 2006)

Σε μελέτη που δημοσιεύθηκε το 2007 βρέθηκε πως οι υποδοχείς TRPV1 ενεργοποιούνται από τα τεχνητά γλυκαντικά αλλά και από επιλεγμένα μεταλλικά άλατα και επομένως μπορεί να διαδραματίζουν κάποιο ρόλο στην ενοχλητική και μεταλλική αντίληψη της επίγευσης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα τεχνητά γλυκαντικά ασπαρτάμη, σακχαρίνη, ακετοσουλφαμικό κάλιο και κυκλαμικό ενεργοποιούν τους TRPV1 με δόσοεξαρτώμενη σχέση αλλά και ότι οι νευρώνες που αποκρίνονται στην καψαϊκίνη αποκρίνονται επίσης και στα τεχνητά γλυκαντικά. Οι TRPV1 ενεργοποιούνται επίσης από τα CuSO_4 , ZnSO_4 και FeSO_4 , τρία άλατα γνωστά για την παραγωγή μεταλλικής γευστικής αίσθησης. (Riera et al., 2007)

3.3.3. Αντίληψη των γλυκαντικών ουσιών σε επίπεδο εγκεφάλου

Η κατανάλωση ζάχαρης από τον άνθρωπο, δημιουργεί την αίσθηση της γλυκιάς γεύσης και μία ανατροφοδότηση από το κύκλωμα ανταμοιβής του εγκεφάλου (Gottfried, Katz, & Sadacca, 2011). Καθώς τα μη θερμιδογόνα τεχνητά γλυκαντικά διεγείρουν αυτή τη γλυκιά γευστική αίσθηση, χωρίς όμως να προσφέρουν ενέργεια, ήταν ενδιαφέρον να διερευνηθεί αν η κατανάλωση αυτών προκαλεί το ίδιο αίσθημα ανταμοιβής και την ευχαρίστηση σε σύγκριση με τη σουκρόζη. (Low, Lacy, & Keast, 2014) Φαίνεται πως η κατανάλωση σουκρόζης μάλλον διεγείρει περισσότερο το κύκλωμα αυτό της ανταπόδοσης σε σχέση με μη θερμιδογόνες γλυκαντικές ουσίες. (Delogu et al., 2016)

Πρόσφατη δημοσίευση που μελέτησε τα μονοπάτια που ενεργοποιούνται μετά από κατανάλωση σουκρόζης και σουκραλόζης έδειξε πως και οι δύο γλυκαντικές ουσίες ενεργοποιούν κοινά γευστικά μονοπάτια, αλλά πως ο βασικός γευστικός φλοιός όπως και το κύκλωμα ανταμοιβής ενεργοποιούνται σε μεγαλύτερο βαθμό για την σουκρόζη σε σχέση με τη σουκραλόζη. Αντίθετα, η ενεργοποίηση λόγω της σουκραλόζης δημιουργεί ισχυρότερη σύνδεση μεταξύ των περιοχών των γευστικών μονοπατιών χωρίς να φτάνει το βεληνεκές της εγκεφαλικής απόκρισης για τη σουκρόζη. Το γεγονός αυτό μπορεί να υποδεικνύει ότι η σουκραλόζη ενεργοποιεί τα γευστικά κυκλώματα ανταμοιβής αλλά μάλλον δεν ικανοποιεί την επιθυμία για κατανάλωση φυσικών γλυκαντικών ουσιών με θερμιδικό περιεχόμενο. Ουσιαστικά, η μελέτη αυτή υποδεικνύει πως η -με θερμιδικό περιεχόμενο- σουκρόζη σε σχέση με τη σουκραλόζη που δεν διαθέτει θερμιδικό περιεχόμενο, ενεργοποιεί πιο έντονα περιοχές του γευστικού μονοπατιού. Αυτό μπορεί να υποδεικνύει ότι η σουκρόζη είναι ικανή να προκαλεί διαφορετική φυσιολογική εγκεφαλική απόκριση σε σχέση με τη σουκραλόζη με κινητοποίηση περισσότερων περιοχών που σχετίζονται με την ανταπόδοση από την τροφή. Ένας πιθανός μηχανισμός για την πιο έντονη ενεργοποίηση των περιοχών του εγκεφάλου από το ερέθισμα της σουκρόζης σε σχέση με αυτό της σουκραλόζης μπορεί να είναι πως η σουκρόζη δρα σε περισσότερους από απλά τους T1R3 υποδοχείς όπως έχει ήδη αναλυθεί, σε σχέση με τη σουκραλόζη που ως τεχνητό γλυκαντικό μάλλον δρα μόνο σε αυτούς. Μία ακόμα εξήγηση σύμφωνα με τους συγγραφείς θα μπορούσε να αποτελεί μαθησιακό παράγοντα, καθώς οι τροφικές μας προτιμήσεις επηρεάζονται ισχυρά γενετικά αλλά και από το περιβάλλον μας, και στη φύση του ανθρώπου είναι η βρώση φυσικών γλυκαντικών ουσιών και όχι των τεχνητών. Είναι επομένως πιθανό τα συνδεδεμένα με την τροφή

μονοπάτια του ανθρώπου να αντιδρούν πιο ισχυρά κάτω από συνθήκες ερεθισμάτων οικείων και με θερμιδικό περιεχόμενο. Μία άλλη πρόταση που παρουσιάστηκε το 2006 είναι πως ο εγκέφαλος πιθανό να ανιχνεύει τα επίπεδα της γλυκόζης του αίματος, και αυτή να είναι η αιτία που η απόκριση στη σουκρόζη είναι πιο έντονη σε κατάσταση πείνας. Η συγκεκριμένη μελέτη επίσης υπέδειξε μία μεγαλύτερη απόκριση του αριστερού ημισφαιρίου του εγκεφάλου μετά το ερέθισμα της σουκρόζης σε σχέση με την σουκραλόζη επιβεβαιώνοντας παλαιότερα δεδομένα που πρότειναν ημισφαιρική ασυμμετρία με την επεξεργασία από το αριστερό ημισφαίριο της παρασυμπαθητικής δραστηριότητας, της θρέψης και της όρεξης. Υπάρχει λοιπόν πιθανότητα ισχυρότερης ενεργοποίησης του αριστερού ημισφαιρίου σε σχέση με το δεξιό ως απάντηση βασικών ερεθισμάτων όρεξης και αρέσκειας απέναντι στην τροφή. Οι συγγραφείς υπογραμμίζουν πως η επεξεργασία της γεύσης και της ανταπόδοσης είναι αποτέλεσμα μιας συγκροτημένης αλληλεπίδρασης μεταξύ διάφορων διαφορετικών περιοχών του εγκεφάλου. (Frank et al., 2008)

ΚΕΦ.4: Μεθοδολογία

Οι δοκιμές για την αντίληψη των ποιοτήτων γεύσης και επίγευσης ήταν μέρος μίας ευρύτερης μελέτης που αφορούσε την αντίληψη της γλυκιάς γεύσης σε Ελληνίδες εθελόντριες. Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκαν αναλυτικές μέθοδοι οργανοληπτικού ελέγχου, δηλαδή συνδυασμός μεθόδων που σκοπό έχουν τη μελέτη των ιδιοτήτων των τροφίμων. Συγκεκριμένα εφαρμόστηκαν δοκιμές διάκρισης οι οποίες στοχευμένα καταγράφουν αν διακρίνεται διαφορά μεταξύ τροφίμων (μέθοδοι διαφοράς) ή αν μπορεί να ανιχνευθεί κάποιο συγκεκριμένο χαρακτηριστικό σε ένα τρόφιμο (μέθοδοι ευαισθησίας).

Οι γευστικές δοκιμασίες γεύσης και επίγευσης που αφορούν τη δεδομένη εργασία έλαβαν χώρα στο δεύτερο μέρος της διαδικασίας για κάθε εθελόντρια, όπως αναφέρεται παρακάτω.

4.1. Επιλογή Εθελοντριών και Κριτήρια Αποκλεισμού

Η επιλογή του δείγματος των εθελοντών έγινε υπό ορισμένα κριτήρια που είχαν αποφασιστεί για να εξυπηρετούν τους σκοπούς της έρευνας. Συγκεκριμένα, αναζητήθηκαν γυναίκες, Ελληνίδες, 18-33 ετών, φυσιολογικού βάρους έως υπέρβαρο ($BMI < 30$), οι οποίες έπρεπε να είναι μη καπνίζουσες, να μην είναι ασθενείς ψυχικής ή άλλης συστηματικής νόσου, να μη λαμβάνουν κάποια συστηματική φαρμακευτική αγωγή (εκτός από αντισυλληπτικά χάπια), να μην καταναλώνουν συστηματικά αλκοόλ και τέλος να μη βρίσκονται σε εγκυμοσύνη ή γαλουχία. Τα παραπάνω κριτήρια σχετίζονται με τους βασικότερους παράγοντες που δυνητικά μπορούν να επηρεάσουν τη γεύση, όπως αναφέρθηκαν στο πρώτο κεφάλαιο, και γι' αυτό τέθηκαν υπό περιορισμό καθώς η έρευνα εστιάζει το ενδιαφέρον της σε γενετικούς παράγοντες. Το δείγμα ήταν τυχαίο, αν και η πλειοψηφία των εθελοντριών αποτελούσε φοιτήτριες του Χαροκοπείου Πανεπιστημίου. Οι εθελόντριες επιλέχθηκαν ύστερα από τη θετική τους ανταπόκριση σε σχετική ανακοίνωση μέσω του διαδικτύου και αφού είχαν συμπληρώσει τη φόρμα επικοινωνίας. Οι ομάδες που μελετήθηκαν αποτελούνταν από 10 άτομα ώστε να υπάρχει επάρκεια στο χώρο των δοκιμών αλλά και καλύτερος έλεγχος.

4.2. Διεξαγωγή Δοκιμών

Οι δοκιμές όπου κάθε εθελόντρια κλήθηκε να παρουσιαστεί και να συμμετέχει ήταν δύο (Α' και Β' δοκιμή). Έτσι ήταν δυνατό να χωριστεί η συνολική διαδικασία σε δύο μέρη με κοινά και μη κοινά στοιχεία. Η προετοιμασία των δειγμάτων γινόταν την προηγούμενη της εκάστοτε δοκιμής ενώ η τελική τοποθέτηση των δειγμάτων σε ποτηράκια και δίσκους γινόταν λίγες ώρες πριν. Στις θέσεις των δοκιμαστών τοποθετούνταν από ένας δίσκος με ποτηράκια, ένα πτυελοδοχείο, ένα ποτήρι με εμφιαλωμένο νερό και μια χαρτοπετσέτα. Επιπρόσθετα πριν από κάθε δοκιμή γινόταν αρίθμηση όλων των εγγράφων προς συμπλήρωση για τον κάθε εθελοντή ξεχωριστά και τοποθετούνταν σε πλατό. Ο αριθμός (ID) που δόθηκε σε κάθε εθελοντή ήταν τυχαίος. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι, ο χώρος αναμονής των δοκιμαστών δεν επικοινωνούσε άμεσα με το χώρο των δοκιμών κι έτσι ήταν εφικτό να γίνουν όλες οι απαραίτητες ετοιμασίες και να επιλυθούν τυχόν προβλήματα. Η τελική συλλογή και κατηγοριοποίηση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε έχοντας ολοκληρώσει το μεγαλύτερο ποσοστό των οργανοληπτικών ελέγχων και μετρήσεων. Στη συνολική μελέτη συμμετείχαν 40 εθελόντριες, ενώ στις δοκιμασίες γεύσεις και επίγευσης οι 30 από αυτές. Από τους αριθμούς ID 01-40 που δόθηκαν συνολικά στις εθελόντριες, στις δοκιμασίες γεύσης και επίγευσης δεν συμμετείχαν οι εθελόντριες με αριθμούς ID: 03, 12, 13, 16, 18, 20, 21, 25, 27 και 32. Αυτό αιτιολογείται καθώς οι δοκιμές γεύσεις και επίγευσης που αφορούν αυτή την εργασία ξεκίνησαν αργότερα από το αρχικό πείραμα, και κάποιες από τις εθελόντριες δεν κατάφεραν να επανέλθουν στο εργαστήριο για να ολοκληρώσουν όλες τις δοκιμασίες.

4.2.1. Α' επίσκεψη στο εργαστήριο

Στην πρώτη επίσκεψη οι εθελόντριες κλήθηκαν αρχικά να διαβάσουν και να υπογράψουν την συγκατάθεση για τη συμμετοχή τους στη μελέτη. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκαν με τη σειρά που αναφέρονται τα εξής:

- Ολιγόλεπτη ομιλία καλωσορίσματος και επεξηγήσεων
- Συμπλήρωση εγγράφων δημογραφικών στοιχείων, ιστορικού, κριτηρίων ένταξης κι αποκλεισμού στη μελέτη καθώς κι ερωτηματολόγιο διατροφικών συνηθειών και FFQ
- Συμπλήρωση δύο ψυχομετρικών εγγράφων: ερωτηματολόγιο ZDRS και STAI
- Συλλογή σιέλου

- Λήψη DNA
- Συμπλήρωση κλίμακας κορεσμού
- Γευστικές δοκιμασίες (πρώτες δύο σειρές)
- Διάλειμμα – Συμπλήρωση εγγράφου ανάκλησης 24ώρου
- Γευστικές δοκιμασίες (επόμενες δύο σειρές)
- Ανθρωπομετρικές μετρήσεις
- Φωτογράφιση γλώσσας

4.2.2. Β' επίσκεψη στο εργαστήριο

Η δεύτερη επίσκεψη ήταν συντομότερη και περιλάμβανε τα εξής:

- Συμπλήρωση ψυχομετρικού ερωτηματολογίου STAI
- Συμπλήρωση κλίμακας κορεσμού
- Γευστικές δοκιμασίες (πρώτες δύο σειρές)
- Διάλειμμα
- συμπλήρωση ερωτηματολογίου συχνότητας κατανάλωσης γλυκών τροφίμων (sweet food FFQ)
- Γευστικές δοκιμασίες (επόμενες δύο σειρές)
- Γευστικές δοκιμασίες γεύσης και επίγευσης
- Γευστικές δοκιμασίες έντασης γεύσης

4.3. Μεθοδολογία για την αξιολόγηση των αντιλαμβανόμενων ποιοτήτων γεύσης και επίγευσης

Χρησιμοποιήθηκαν δύο γλυκαντικές ουσίες, η σουκρόζη ή αλλιώς κοινή ζάχαρη και η ασπαρτάμη. Τα υδατικά διαλύματα που παρασκευάστηκαν περιείχαν την εκάστοτε διαλυμένη ουσία και εμφιαλωμένο νερό της ίδιας παρτίδας. Κάθε εθελόντρια μετά το πέρας όλων των τριγωνικών δοκιμών στη Β' δοκιμή, συμμετείχε σε μία ακόμα δοκιμή με δύο σκέλη, ένα που αφορούσε τη γεύση και ένα που αφορούσε την επίγευση των δύο ουσιών. Κάθε δοκιμασία περιλάμβανε ένα δίσκο, όμοιο με των προηγούμενων δοκιμών, με δύο ποτηράκια τα οποία

περιείχαν 5 mL από ισοδύναμης γλυκύτητας διαλύματα σουκρόζης και ασπαρτάμης με τον αντίστοιχο τυχαίο τριψήφιο αριθμό κολλημένο με αυτοκόλλητο πάνω σε κάθε ποτηράκι. Τα ποτηράκια τοποθετούνταν τυχαία σε κάθε δίσκο και κάθε εθελόντρια μπορούσε να ξεκινήσει τη δοκιμασία με όποιο από τα δύο επιθυμούσε, χωρίς να γνωρίζει ποια ουσία περιέχεται σε καθένα από αυτά. Στην πρώτη σκέλος της συνολικής δοκιμασίας, οι εθελόντριες γεύονταν κάθε δείγμα με τη μέθοδο sip & spit όπως ακριβώς και στην τριγωνική δοκιμή. Μετά από την δοκιμή κάθε δείγματος οι εθελόντριες συμπλήρωναν κατάλληλα σχεδιασμένο έντυπο (Εικόνα, Παράρτημα) και βαθμολογούσαν σε κλίμακα 9 σημείων το βαθμό που αντιλαμβάνονταν κάθε γευστική ποιότητα από τις: γλυκιά, πικρή, ξινή, μεταλλική και άλλη γεύση, ώστε να τους δοθεί η ευκαιρία να δηλώσουν οποιαδήποτε άλλη γευστική αίσθηση βίωναν.

Το δεύτερο σκέλος της δοκιμής διέφερε από το πρώτο ουσιαστικά στη μέθοδο, καθώς αυτή τη φορά οι εθελόντριες καλούνταν να καταπιούν το δείγμα (μέθοδος sip & swallow) και να συμπληρώσουν τη φόρμα 20 δευτερόλεπτα μετά την κατάποση. Για να τηρηθεί η συνέπεια στους χρόνους οι εθελόντριες ομαδοποιούνταν και ξεκινούσαν μαζί το δεύτερο σκέλος, και με χρονομέτρηση τους υποδεικνυόταν το κατάλληλο χρονικό σημείο συμπλήρωσης. Το έντυπο αξιολόγησης για τη μελέτη της επίγευσης ήταν όμοια με αυτή της γεύσης με προσθήκη των επιπλέον οδηγιών εφαρμογής της δοκιμής (Εικόνα, Παράρτημα). Τα ποτηράκια που αφορούσαν την επίγευση έφθαναν σε ξεχωριστό δίσκο στις εθελόντριες και διέθεταν διαφορετικό τριψήφιο αριθμό κωδικοποίησης από αυτούς του πρώτου σκέλους, αν και δεν διέφεραν σε ποσότητα των διαλυμάτων και συγκέντρωση των διαλυμένων ουσιών αλλά με σκοπό να μην συνδεθεί κάθε διαλυμένη ουσία στα δύο σκέλη του πειράματος και να υπάρχει μηδενική καθοδήγηση προς τις εθελόντριες.

Παρατίθεται συγκεντρωτικός πίνακας που αφορά τη δοκιμασία που αναλύθηκε παραπάνω.

	ΓΕΥΣΗ	ΕΠΙΓΕΥΣΗ
<i>Μέθοδος</i>	Sip & spit	Sip & swallow
<i>Χρόνος πριν την αξιολόγηση</i>	0’’	20’’
<i>Ποιότητες</i>	Γλυκιά	Γλυκιά
	Πικρή	Πικρή
	Ξινή	Ξινή
	Μεταλλική	Μεταλλική
	Άλλη	Άλλη
<i>Κλίμακα</i>	9-point VAS (επεξεργασία σε spider diagram)	9-point VAS (επεξεργασία σε spider diagram)
<i>Συγκεντρώσεις- Ασπαρτάμη:</i>	0.054% (w/v) → 54 mg/100 mL	0.054% (w/v) → 54 mg/100 mL
<i>Σουκρόζη:</i>	10,8% (σύμφωνα με το 200 φορές λιγότερο γλυκιά από την ασπαρτάμη) Η coca cola περιέχει 9,3. g/100 mL	10,8% (σύμφωνα με το 200 φορές λιγότερο γλυκιά από την ασπαρτάμη)
<i>Αριθμός ποτηριών</i>	1+1 Αξιολόγηση καθενός ξεχωριστά	1+1 Αξιολόγηση καθενός ξεχωριστά
<i>Αριθμός φύλλων για ερωτηματολόγια</i>	1	1

Πίνακας 1: Μεθοδολογία των γευστικών δοκιμών γεύσης και επίγευσης

4.4. Ανάλυση αποτελεσμάτων

Τα έντυπα αξιολόγησης κάθε δείγματος σαρώθηκαν και με τη χρήση του λογισμικού Form Scanner δημιουργήθηκαν δύο βάσεις δεδομένων, μία για τα αποτελέσματα της γεύσης και μία για τα αποτελέσματα της επίγευσης. Τα αποτελέσματα αναλύθηκαν στατιστικά με τη χρήση των λογισμικών Statistica 8 (StatSoft Inc.), R studio και SPSS 25 (IBM).

ΚΕΦ.5: Αποτελέσματα

5.1. Αξιολόγηση των ποιοτήτων γεύσης

Report						
Substance		sweet	bitter	sour	other	metallic
sucrose	Mean	8.03	.40	.43	.00	.67
	N	30	30	30	30	30
	Std. Deviation	1.829	.855	1.073	.000	1.729
	Median	9.00	.00	.00	.00	.00
	Minimum	0	0	0	0	0
	Maximum	9	3	5	0	9
aspartame	Mean	6.63	.33	.37	.10	.50
	N	30	30	30	30	30
	Std. Deviation	2.498	1.124	1.066	.403	.731
	Median	7.00	.00	.00	.00	.00
	Minimum	0	0	0	0	0
	Maximum	9	6	5	2	2

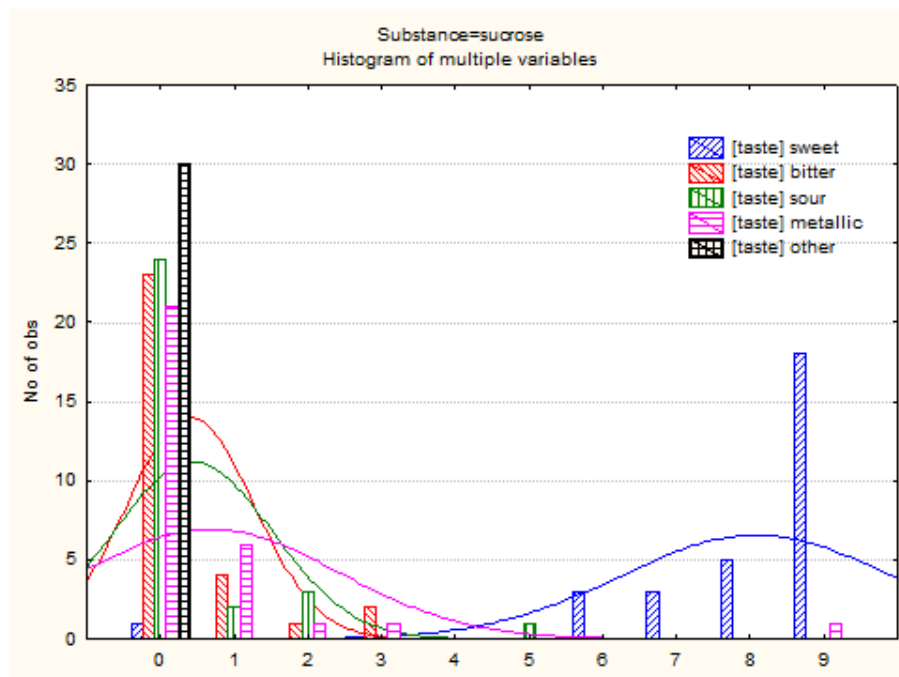
Πίνακας 2: Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία της αξιολόγησης της γεύσης των υδατικών διαλυμάτων σουκρόζης και ασπαρτάμης

Στον πίνακα 2 βλέπουμε τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία της αξιολόγησης της γεύσης του υδατικού διαλύματος της σουκρόζης σε σύγκριση με αυτό της ασπαρτάμης από τις 30 εθελόντριες.

Παρατηρούμε ότι για το διάλυμα σουκρόζης ο μέσος όρος (mean) για τη γλυκιά γευστική ποιότητα είναι 8.03 ο οποίος είναι κατά πολλές μονάδες μεγαλύτερος από τους μέσους όρους των υπόλοιπων γευστικών ποιοτήτων. Η διάμεσος (median) για τη γλυκιά γεύση έχει την τιμή 9, τη μέγιστη δηλαδή τιμή της κλίμακας αξιολόγησης. Οι υπόλοιπες γευστικές ποιότητες έχουν μηδενική τιμή διαμέσου. Αυτό σημαίνει πως, εφόσον ο αριθμός του δείγματος είναι άρτιος, η τιμή 9 αποτελεί το μέσο όρο των δύο κεντρικών παρατηρήσεων. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η στήλη του πίνακα με τις μέγιστες τιμές (maximum) που σημειώθηκαν στις κλίμακες από τις εθελόντριες συνολικά, με τη γλυκιά ποιότητα να αγγίζει το μέγιστο (9/9), αλλά και την μεταλλική ποιότητα

να εμφανίζει την τιμή 9. Η μέγιστη απάντηση για την πικρή αίσθηση ήταν η τιμή 3 ενώ για την όξινη η τιμή 5.

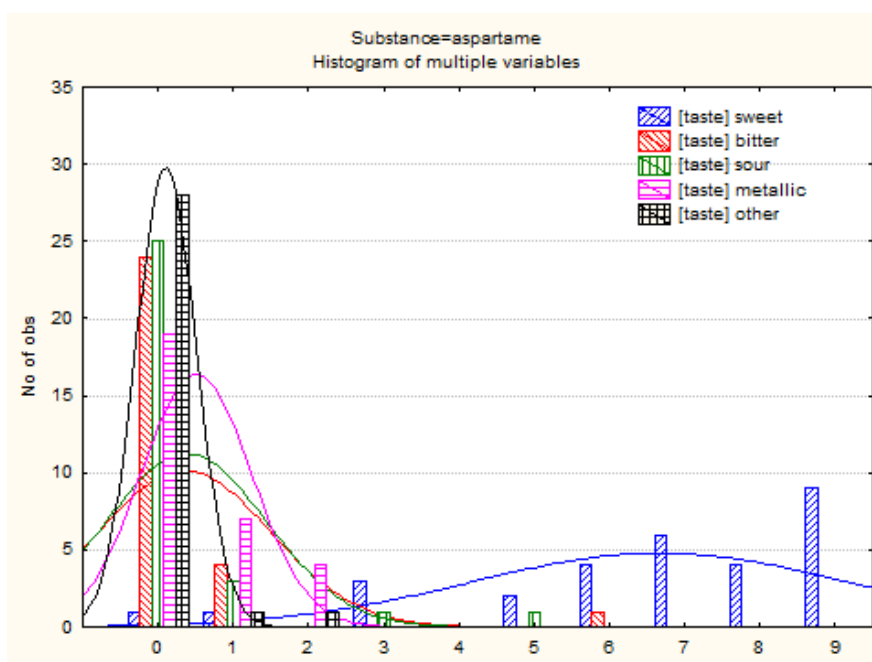
Για το διάλυμα της ασπαρτάμης, παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος (mean) για τη γλυκιά γευστική ποιότητα είναι 7 ο οποίος είναι κατά πολλές μονάδες μεγαλύτερος από τους μέσους όρους των υπόλοιπων γευστικών ποιοτήτων. Η διάμεσος (median) για τη γλυκιά γεύση έχει την τιμή 9, τη μέγιστη δηλαδή τιμή της κλίμακας αξιολόγησης. Οι υπόλοιπες γευστικές ποιότητες έχουν μηδενική τιμή διαμέσου. Αυτό σημαίνει πως, εφόσον ο αριθμός του δείγματος είναι άρτιος, η τιμή 9 αποτελεί το μέσο όρο των δύο κεντρικών παρατηρήσεων.



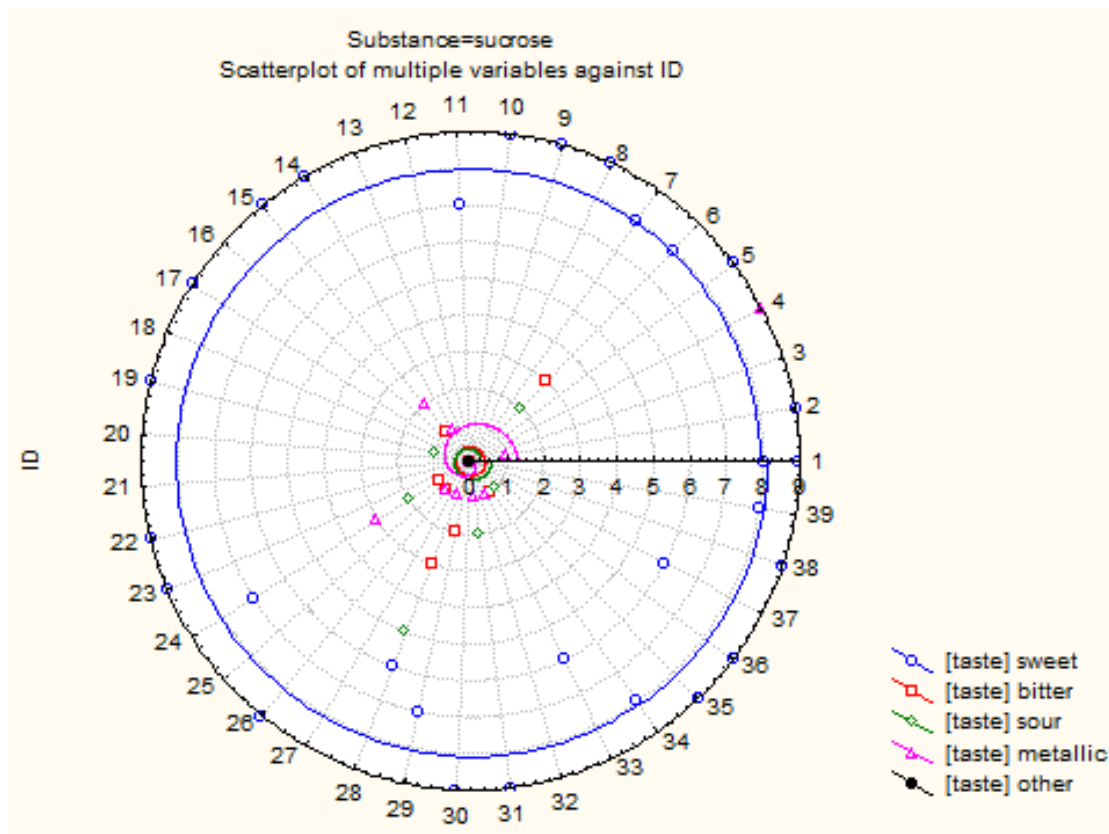
Σχήμα 17: : Ιστόγραμμα των αντιλαμβανόμενων ποιοτήτων της γεύσης του υδατικού διαλύματος της σουκρόζης

Στο ιστόγραμμα που παρατίθεται για την αξιολόγηση των ποιοτήτων της γεύσης του υδατικού διαλύματος της σουκρόζης παρουσιάζεται η συχνότητα των υψηλόβαθμων απαντήσεων για τη γλυκιά γεύση, καθώς και η παρουσία μικρού αριθμού εθελοντριών που ανίχνευαν μεταλλική και ξινή αίσθηση στο διάλυμα.

Στο ιστόγραμμα που παρατίθεται για την αξιολόγηση των ποιοτήτων της γεύσης του υδατικού διαλύματος της ασπαρτάμης επιβεβαιώνεται η συχνότητα των υψηλόβαθμων απαντήσεων για τη γλυκιά γεύση, καθώς και η παρουσία μικρού αριθμού εθελοντριών που ανίχνευαν πικρή και ξινή αίσθηση στο διάλυμα.



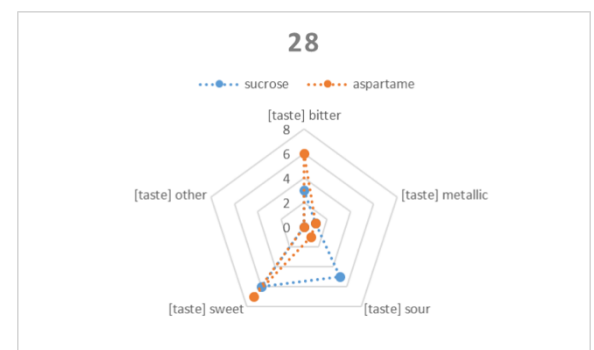
Σχήμα 18: : Ιστόγραμμα των αντιλαμβανόμενων ποιοτήτων της γεύσης του υδατικού διαλύματος ασπαρτάμης



Σχήμα 19: Διάγραμμα Διασποράς της αξιολόγησης της γεύσης του υδατικού διαλύματος σουκρόζης ανά αριθμό ID

Το σχήμα 18 αποτελεί το διάγραμμα διασποράς της αξιολόγησης της γεύσης των υδατικών διαλυμάτων σουκρόζης ανά αριθμό ID. Παρατηρούμε ότι η γλυκιά γευστική ποιότητα παρουσιάζει σχετικά σταθερή τιμή στην κλίμακα αξιολόγησης του υδατικού διαλύματος σουκρόζης και πως, όπως φαίνεται και στον πίνακα με τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία, ο αριθμητικός μέσος για τη γλυκιά γεύση είναι κοντά στην τιμή 8, με πολλές από τις εθελόντριες να έχουν απαντήσει την τιμή 9. Οι εθελόντριες με αριθμό ID 4, 14 και 24 φαίνεται πως έδωσαν τις υψηλότερες τιμές για τη μεταλλική αίσθηση, ενώ εκείνες με ID 5, 28 και 29 τις υψηλότερες για την πικρή γεύση. Παρατηρούμε πως η όξινη γευστική αίσθηση επίσης εμφανίζεται.

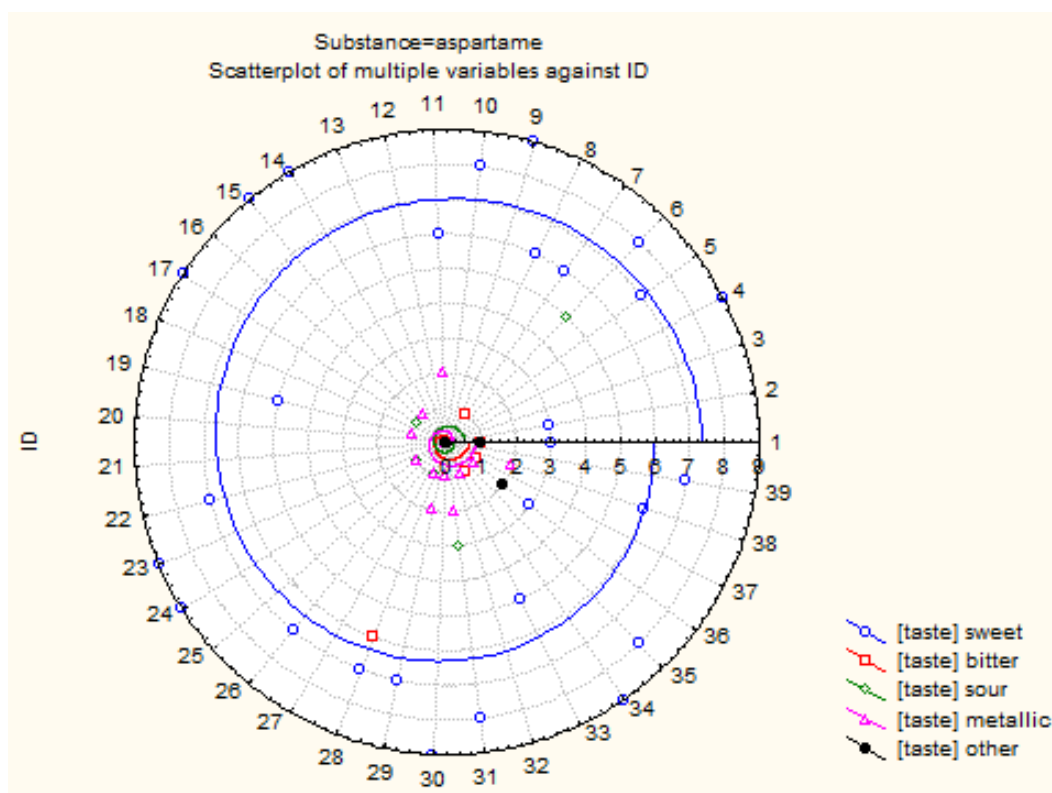
Ενδιαφέρον είναι να αξιολογήσουμε τις απαντήσεις των εθελοντριών 24 και 28, οι οποίες αισθάνθηκαν τη γλυκιά γευστική ποιότητα σε βαθμό χαμηλότερο από το μέσο, και επίσης δήλωσαν πως ένιωσαν και την ξινή αίσθηση. Η εθελόντρια με αριθμό 24 έχει βαθμολογήσει επιπρόσθετα με τιμή 3 την μεταλλική αίσθηση, ενώ εκείνη με αριθμό 28 έχει δώσει την ίδια τιμή στην πικρή αίσθηση.



Σχήμα 20: Spider chart των απαντήσεων της εθελόντρια με ID 28

ID 28

Η εθελόντρια με τον αριθμό 6 παρουσιάζει παρόμοιες απαντήσεις με εκείνη με τον αριθμό 28.



Σχήμα 21: Διάγραμμα Διασποράς της αξιολόγησης της γεύσης του υδατικού διαλύματος ασπαρτάμης ανά αριθμό ID

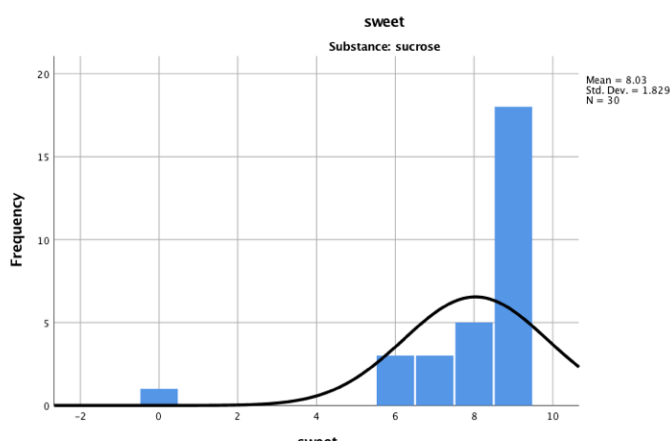
Το σχήμα 20 αποτελεί το διάγραμμα διασποράς της αξιολόγησης της γεύσης του υδατικού διαλύματος ασπαρτάμης ανά αριθμό ID. Παρατηρούμε ότι σε σχέση με το αντίστοιχο διάγραμμα για τη σουκρόζη, οι απαντήσεις για την ασπαρτάμη διαφέρουν, με κύρια οπτική διαφορά την αξιολόγηση της γλυκιάς γευστικής ποιότητας, η οποία παίρνει τιμές χαμηλότερες κατά μέσο όρο από το διάλυμα της σουκρόζης. Βλέπουμε ότι η ξινή ποιότητα δεν εμφανίζεται τόσο έντονα, και πως η μεταλλική εμφανίζεται ελαφρώς σε περισσότερες εθελόντριες αλλά με τιμές κοντά στο 2.

Συγκριτικά για τα δύο διαλύματα, μπορούμε να εξάγουμε το συμπέρασμα κυρίως παρατηρώντας την μεγάλη διαφορά των ατόμων που βρήκαν ως μέγιστα γλυκά τα διαλύματα: 60% για τη σουκρόζη, και ακριβώς το μισό 30% για την ασπαρτάμη.

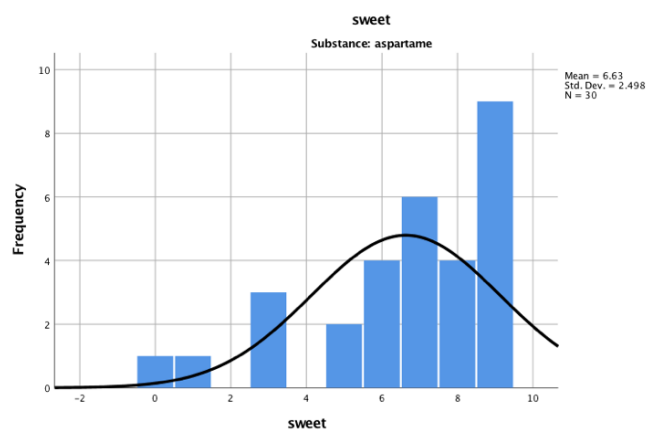
Βλέπουμε πως οι δύο διαλυμένες ουσίες παρουσιάζουν διαφορετικά γευστικά προφίλ, καθώς στο διάλυμα της ασπαρτάμης μάλλον εμφανίζεται παραπάνω η πικρή αίσθηση. Επίσης, είναι εμφανές πως οι απαντήσεις για τη μεταλλική αίσθηση για το διάλυμα της σουκρόζης βρίσκονται πιο χαμηλά στην κλίμακα αλλά είναι ελαφρώς περισσότερες από ότι για το διάλυμα σουκρόζης.

		sweet				
Substance			Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
sucrose	Valid	0	1	3.3	3.3	3.3
		6	3	10.0	10.0	13.3
		7	3	10.0	10.0	23.3
		8	5	16.7	16.7	40.0
		9	18	60.0	60.0	100.0
		Total	30	100.0	100.0	
aspartame	Valid	0	1	3.3	3.3	3.3
		1	1	3.3	3.3	6.7
		3	3	10.0	10.0	16.7
		5	2	6.7	6.7	23.3
		6	4	13.3	13.3	36.7
		7	6	20.0	20.0	56.7
		8	4	13.3	13.3	70.0
		9	9	30.0	30.0	100.0
		Total	30	100.0	100.0	

Πίνακας 3: Πίνακας συχνοτήτων για τη γλυκιά γευστική ποιότητα για τα διαλύματα και των δύο γλυκαντικών ουσιών



Σχήμα 22: Ιστόγραμμα της γλυκιάς γευστικής ποιότητας στο διάλυμα σουκρόζης



Σχήμα 23: Ιστόγραμμα της γλυκιάς γευστικής ποιότητας στο διάλυμα της ασπαρτάμης

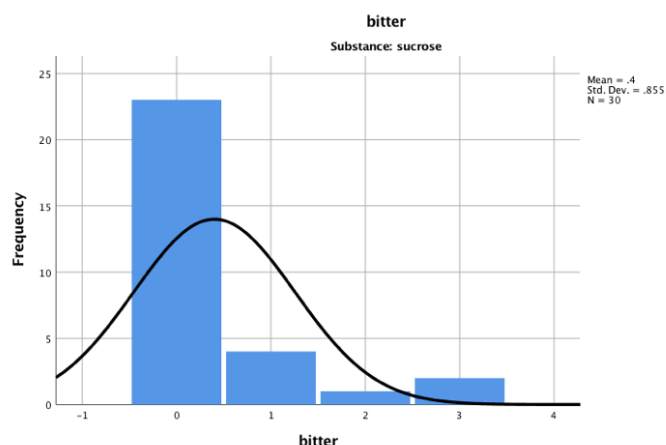
Στον πίνακα 3 παρατίθενται οι συχνότητες των απαντήσεων για τη γλυκιά γεύση και στις δύο γλυκαντικές ουσίες. Παρατηρούμε ότι για την ασπαρτάμη σημειώθηκε μεγαλύτερη ποικιλία στις απαντήσεις σε σχέση με τη σουκρόζη, καθώς και ότι το 60% των εθελοντριών βρήκαν ότι το

διάλυμα της σουκρόζης παρουσιάζει γλυκύτητα στο μέγιστο βαθμό, σε αντίθεση με το 30% που θεώρησαν το ίδιο για την ασπαρτάμη.

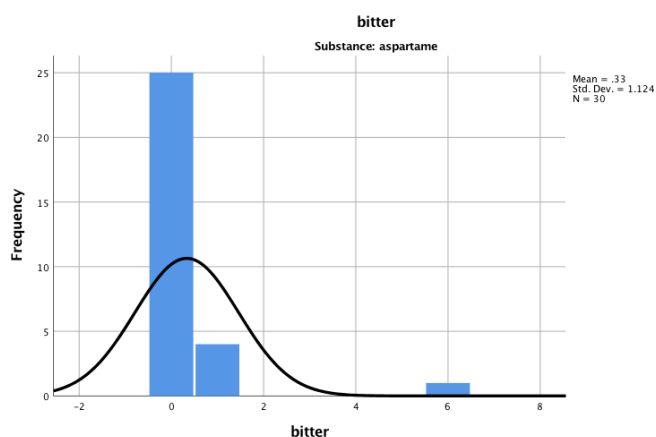
bitter

Substance			Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
sucrose	Valid	0	23	76.7	76.7	76.7
		1	4	13.3	13.3	90.0
		2	1	3.3	3.3	93.3
		3	2	6.7	6.7	100.0
		Total	30	100.0	100.0	
aspartame	Valid	0	25	83.3	83.3	83.3
		1	4	13.3	13.3	96.7
		6	1	3.3	3.3	100.0
		Total	30	100.0	100.0	

Πίνακας 4: Πίνακας συχνοτήτων των απαντήσεων για την πικρή γεύση στα διαλύματα των δύο γλυκαντικών ουσιών



Σχήμα 24: Ιστόγραμμα των απαντήσεων για την πικρή γεύση στο υδατικό διάλυμα της σουκρόζης

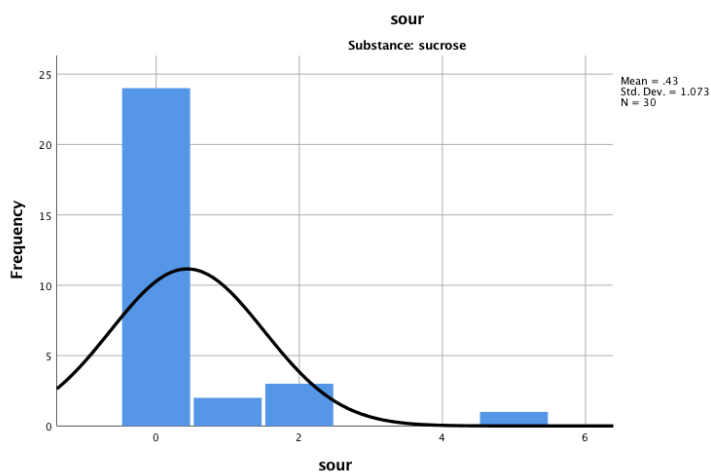


Σχήμα 25: Ιστόγραμμα των απαντήσεων για την πικρή γεύση στο υδατικό διάλυμα της ασπαρτάμης

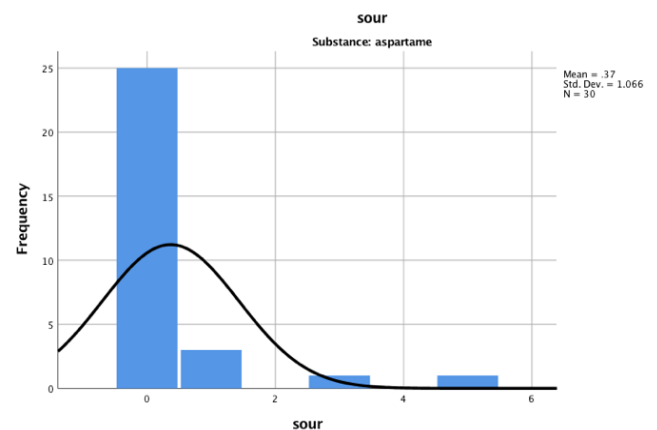
Από τον πίνακα συχνοτήτων και τα ιστογράμματα των απαντήσεων για την πικρή γεύση, παρατηρούμε πως αυτές λίγο διαφέρουν ανάμεσα στις δύο γλυκαντικές.

		sour				
Substance			Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
sucrose	Valid	0	24	80.0	80.0	80.0
		1	2	6.7	6.7	86.7
		2	3	10.0	10.0	96.7
		5	1	3.3	3.3	100.0
		Total	30	100.0	100.0	
aspartame	Valid	0	25	83.3	83.3	83.3
		1	3	10.0	10.0	93.3
		3	1	3.3	3.3	96.7
		5	1	3.3	3.3	100.0
		Total	30	100.0	100.0	

Πίνακας 5: Πίνακας συχνοτήτων των απαντήσεων για την ξινή γεύση στα υδατικά διαλύματα των δύο γλυκαντικών ουσιών



Σχήμα 27: Ιστόγραμμα των απαντήσεων για την ξινή γεύση στο υδατικό διάλυμα της σουκρόζης

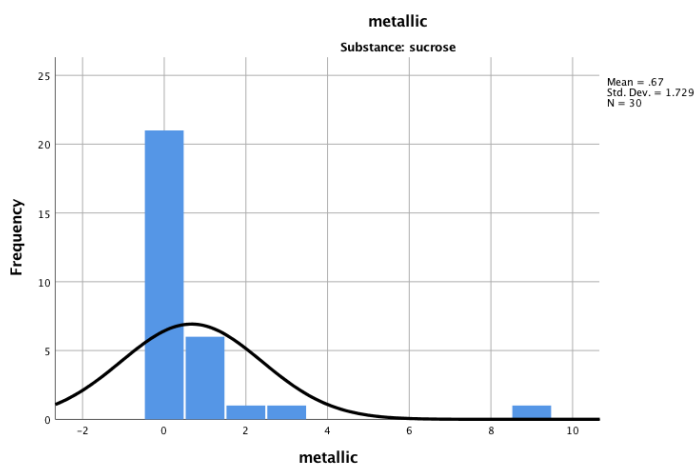


Σχήμα 26: Ιστόγραμμα των απαντήσεων για την ξινή γεύση στο υδατικό διάλυμα της ασπαρτάμης

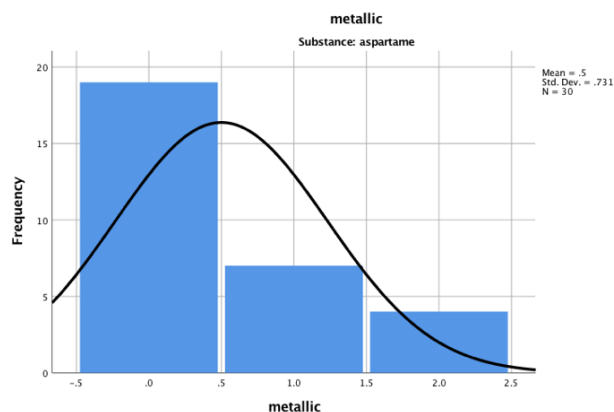
Στον πίνακα συχνοτήτων και τα ιστογράμματα για την ξινή γεύση παρατηρούμε πως δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις απαντήσεις για τη σουκρόζη και την ασπαρτάμη.

			metallic			
Substance			Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
sucrose	Valid	0	21	70.0	70.0	70.0
		1	6	20.0	20.0	90.0
		2	1	3.3	3.3	93.3
		3	1	3.3	3.3	96.7
		9	1	3.3	3.3	100.0
		Total	30	100.0	100.0	
aspartame	Valid	0	19	63.3	63.3	63.3
		1	7	23.3	23.3	86.7
		2	4	13.3	13.3	100.0
		Total	30	100.0	100.0	

Πίνακας 6: Πίνακας συχνοτήτων των απαντήσεων για τη μεταλλική γεύση στα υδατικά διαλύματα των δύο γλυκαντικών ουσιών



Σχήμα 28: Ιστόγραμμα των απαντήσεων για τη μεταλλική γεύση στο υδατικό διάλυμα της σουκρόζης

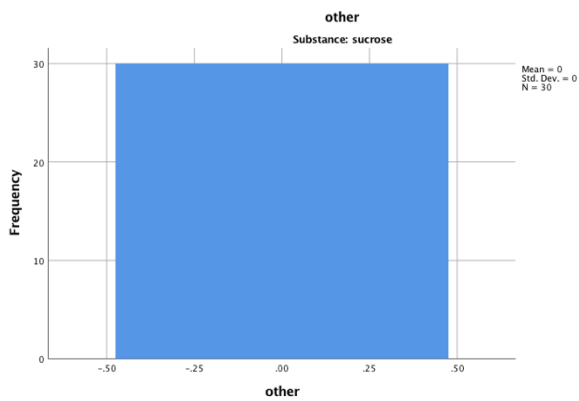


Σχήμα 29: Ιστόγραμμα των απαντήσεων για τη μεταλλική γεύση στο υδατικό διάλυμα ασπαρτάμης

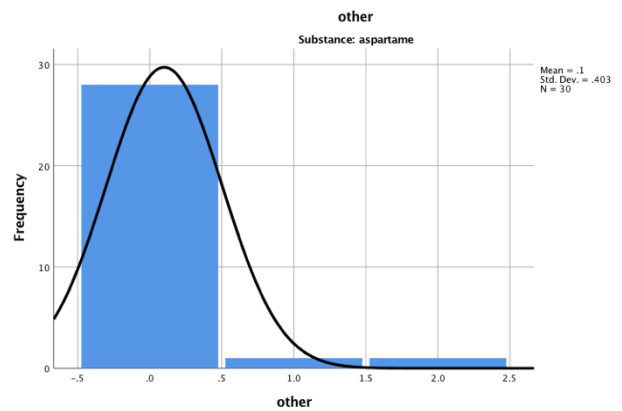
Από τον πίνακα συχνοτήτων και τα ιστογράμματα των απαντήσεων για τη μεταλλική γεύση, παρατηρούμε πως αυτές διαφέρουν ελαφρώς μεταξύ τους και η μεγαλύτερη διακύμανση εμφανίζεται στο διάλυμα της σουκρόζης.

			other			
Substance			Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
sucrose	Valid	0	30	100.0	100.0	100.0
aspartame	Valid	0	28	93.3	93.3	93.3
		1	1	3.3	3.3	96.7
		2	1	3.3	3.3	100.0
		Total	30	100.0	100.0	

Πίνακας 7: Πίνακας συχνοτήτων των απαντήσεων για οποιαδήποτε άλλη αντιληφθείσα γεύση στα διαλύματα των δύο γλυκαντικών



Σχήμα 30: Ιστόγραμμα των απαντήσεων για οποιαδήποτε άλλη αντιληφθείσα γευστική ποιότητα στο υδατικό διάλυμα της σουκρόζης



Σχήμα 31: Ιστόγραμμα των απαντήσεων για οποιαδήποτε άλλη αντιληφθείσα γευστική ποιότητα στο υδατικό διάλυμα της ασπαρτάμης

Στον πίνακα συχνοτήτων και τα ιστογράμματα για τις άλλες γευστικές αισθήσεις παρατηρούμε πως δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις απαντήσεις για τη σουκρόζη και την ασπαρτάμη, αλλά πως 2 εθελόντριες σημείωσαν πως αισθάνθηκαν κάποια διαφορετική γευστική ποιότητα στο διάλυμα της ασπαρτάμης.

Η κανονικότητα της κατανομής ελέγχθηκε για όλες τις μεταβλητές με το στατιστικό εργαλείο Shapiro-Wilks και βρέθηκε πως καμία μεταβλητή δεν ακολουθεί κανονική κατανομή. Αυτό το συμπέρασμα μπορεί να επιβεβαιωθεί και από τα ιστογράμματα για κάθε γευστική ποιότητα.

Σύμφωνα με το Κεντρικό Οριακό Θεώρημα, για αριθμό δείγματος μεγαλύτερο ή ίσο του 30, μπορούμε να θεωρήσουμε πως με γνωστή διάμεσο και τυπική απόκλιση η κατανομή είναι περίπου κανονική. Έτσι εφαρμόστηκε παραμετρικός έλεγχος με το t-test αλλά και μη παραμετρικοί έλεγχοι.

Substance		t	Sig. (2-tailed)	Mean Difference
sucrose	sweet	24.063	.000	8.033
	bitter	2.562	.016	.400
	sour	2.213	.035	.433
	metallic	2.112	.043	.667
aspartame	sweet	14.544	.000	6.633
	bitter	1.624	.115	.333
	sour	1.884	.070	.367
	metallic	3.746	.001	.500
	other	1.361	.184	.100

Πίνακας 8: Αποτελέσματα από τον παραμετρικό έλεγχο t-test

Ο έλεγχος t-test χρησιμοποιήθηκε για να βρεθεί εάν ο αριθμητικός μέσος των μεταβλητών διαφέρει σημαντικά με την τιμή 0. Στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0.05$) βρέθηκε για την γλυκιά γεύση και στις δύο γλυκαντικές ουσίες με διαφορά άνω των 5 μονάδων και για τη μεταλλική στην ασπαρτάμη με διαφορά μικρότερη της 1 μονάδας. Στο διάλυμα της σουκρόζης η πικρή, η ξινή και η μεταλλική γευστική ποιότητα έχουν αποδεκτό επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας με διαφορές των διαμέσων μικρότερες της 1 μονάδας.

Hypothesis Test Summary				
	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The median of sweet equals 0.	One-Sample Wilcoxon Signed Rank Test	.000 ¹	Reject the null hypothesis.
2	The median of bitter equals 0.	One-Sample Wilcoxon Signed Rank Test	.016 ¹	Reject the null hypothesis.
3	The median of sour equals 0.	One-Sample Wilcoxon Signed Rank Test	.026 ¹	Reject the null hypothesis.
4	The median of metallic equals 0.	One-Sample Wilcoxon Signed Rank Test	.006 ¹	Reject the null hypothesis.
5	The median of other equals 0.	One-Sample Wilcoxon Signed Rank Test	1.000 ¹	Retain the null hypothesis.
6	The distribution of sweet is normal with mean 8 and standard deviation 1.829.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.000 ¹	Reject the null hypothesis.
7	The distribution of bitter is normal with mean 0 and standard deviation 0.855.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.000 ¹	Reject the null hypothesis.
8	The distribution of sour is normal with mean 1 and standard deviation 1.073.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.000 ¹	Reject the null hypothesis.
9	The distribution of metallic is normal with mean 0 and standard deviation 1.729.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.000 ¹	Reject the null hypothesis.
10	The distribution of other is normal with mean 0 and standard deviation 0.000.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.	Unable to compute.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is .05.

¹Lilliefors Corrected

Πίνακας 9: Μη παραμετρικός έλεγχος για την γεύση του υδατικού διαλύματος της σουκρόζης

Hypothesis Test Summary				
	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The median of sweet equals 0.	One-Sample Wilcoxon Signed Rank Test	.000 ¹	Reject the null hypothesis.
2	The median of bitter equals 0.	One-Sample Wilcoxon Signed Rank Test	.034 ¹	Reject the null hypothesis.
3	The median of sour equals 0.	One-Sample Wilcoxon Signed Rank Test	.039 ¹	Reject the null hypothesis.
4	The median of metallic equals 0.	One-Sample Wilcoxon Signed Rank Test	.002 ¹	Reject the null hypothesis.
5	The median of other equals 0.	One-Sample Wilcoxon Signed Rank Test	.180 ¹	Retain the null hypothesis.
6	The distribution of sweet is normal with mean 7 and standard deviation 2.498.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.006 ¹	Reject the null hypothesis.
7	The distribution of bitter is normal with mean 0 and standard deviation 1.124.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.000 ¹	Reject the null hypothesis.
8	The distribution of sour is normal with mean 0 and standard deviation 1.066.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.000 ¹	Reject the null hypothesis.
9	The distribution of metallic is normal with mean 0 and standard deviation 0.731.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.000 ¹	Reject the null hypothesis.
10	The distribution of other is normal with mean 0 and standard deviation 0.403.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.000 ¹	Reject the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is .05.

¹Lilliefors Corrected

Πίνακας 10: Μη παραμετρικός έλεγχος για τη γεύση του υδατικού διαλύματος ασπαρτάμης

Οι μη παραμετρικοί έλεγχοι που εφαρμόστηκαν στις απαντήσεις των εθελοντριών για τα δύο διαλύματα (One-Sample Wilcoxon Signed Rank Test και One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test) καταλήγουν στην απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης πως η διάμεσος κάθε ποιότητας ισούται με το 0, με αποδεκτό παράγοντα στατιστικής σημαντικότητας. Εξαίρεση και στα δύο διαλύματα αποτελεί η ποιότητα «other» που αντιπροσωπεύει τις γευστικές ποιότητες που πιθανόν αντιλήφθηκαν οι εθελόντριες εκτός των προτεινόμενων στο έντυπο αξιολόγησης.

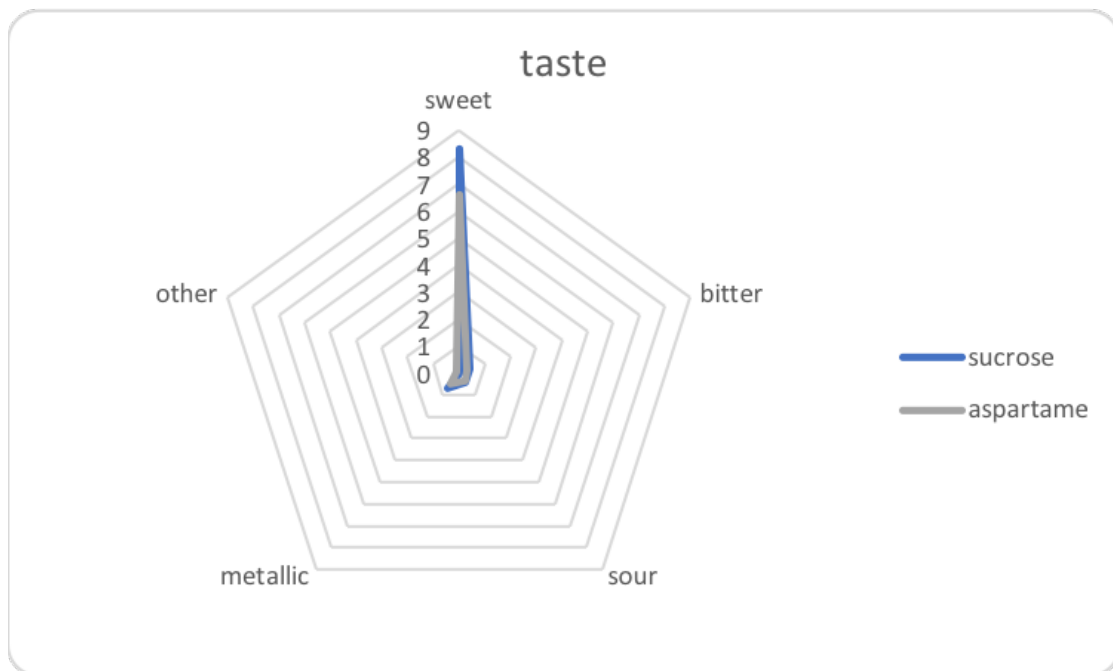
Test Statistics^a

sucrose	N	30
	Chi-Square	87.013
	df	4
	Asymp. Sig.	.000
aspartame	N	30
	Chi-Square	81.427
	df	4
	Asymp. Sig.	.000

Ο τελευταίος μη παραμετρικός έλεγχος Friedman για όλες τις μεταβλητές (γευστικές ποιότητες) έδειξε πως για κάθε γλυκαντική ουσία ξεχωριστά είναι στατιστικά σημαντικά διαφορετική η αντίληψη κάθε γευστικής ποιότητας.

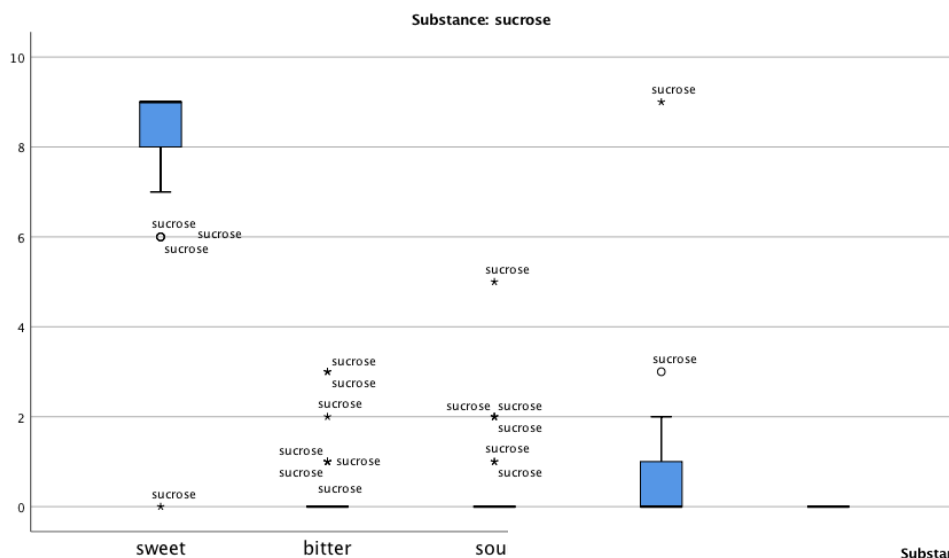
a. Friedman Test

Πίνακας 11: Αποτελέσματα του Friedman test



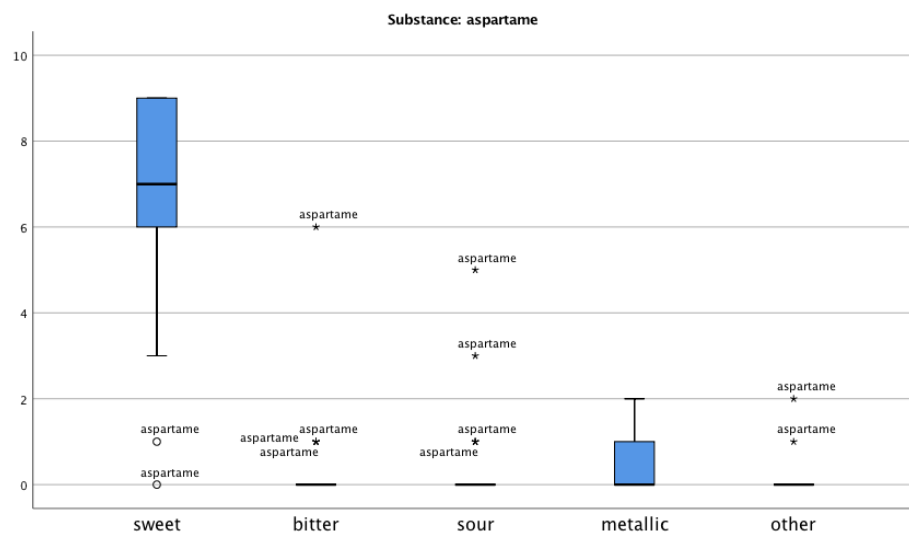
Σχήμα 32: Radar chart με τις τιμές των αριθμητικών μέσων ανά γευστική ποιότητα για τις δύο γλυκαντικές ουσίες

Στο παραπάνω διάγραμμα απεικονίζονται οι αριθμητικοί μέσοι των απαντήσεων των εθελοντριών ανά γευστική ποιότητα συγκριτικά για τα διαλύματα σουκρόζης και ασπαρτάμης. Από το συγκεκριμένο διάγραμμα φαίνεται πως οι απαντήσεις για τις δύο γλυκαντικές ουσίες ακολουθούν παρόμοιο μοτίβο.

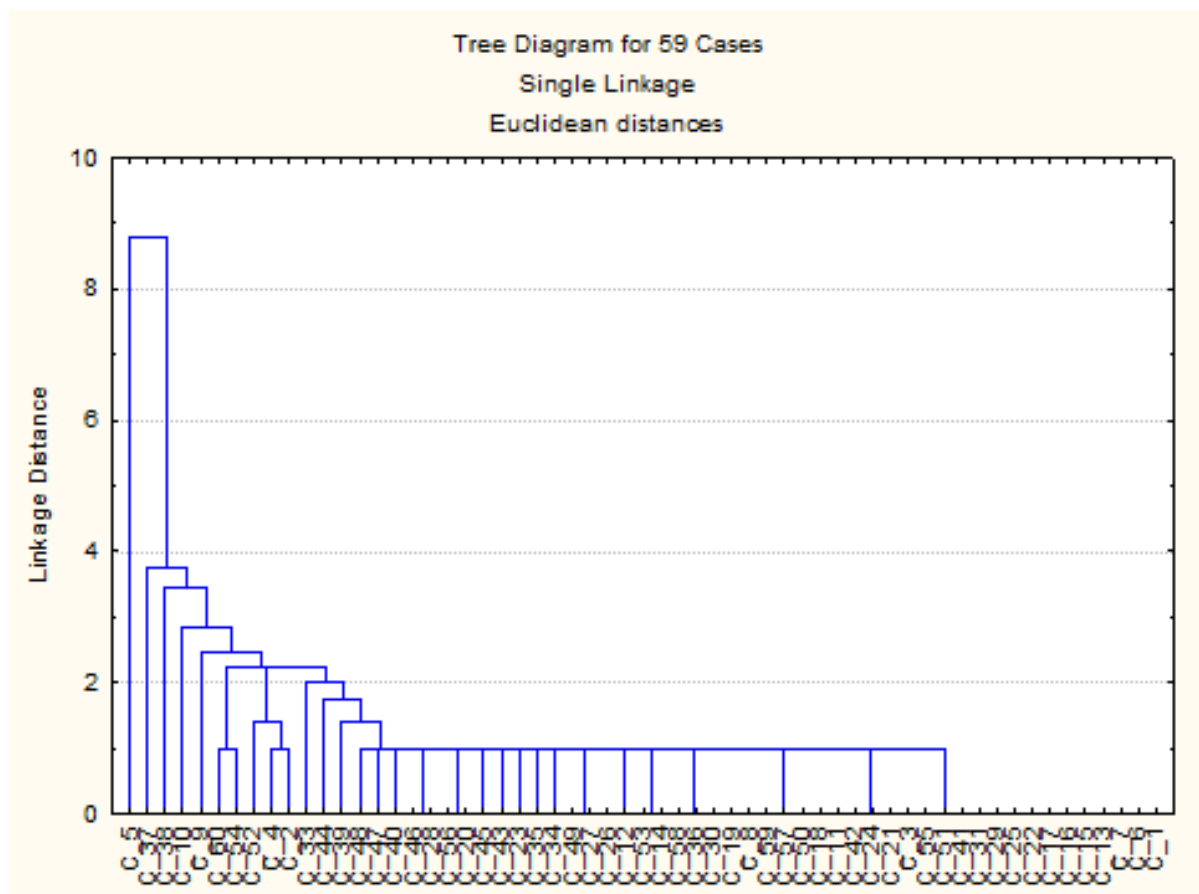


Σχήμα 33: Boxplot των γευστικών ποιοτήτων για το διάλυμα της σουκρόζης

Σχήμα 34: Boxplot των γευστικών ποιοτήτων για το υδατικό διάλυμα ασπαρτάμης



Στα διαγράμματα 33 και 34 μπορούμε να διακρίνουμε την μεγαλύτερη διακύμανση στις απαντήσεις για το βαθμό της γλυκύτητας στο διάλυμα της ασπαρτάμης σε σχέση με αυτό της σουκρόζης, καθώς το πλαίσιο για τη γλυκιά γεύση στη σουκρόζη είναι σχετικά μικρότερο από το αντίστοιχο για την ασπαρτάμη.



Σχήμα 35: Οι ευκλείδειες αποστάσεις για τις απαντήσεις των εθελοντριών στα διαλύματα και των δύο γλυκαντικών ουσιών

Στο σχήμα 35 απεικονίζονται οι ευκλείδειες αποστάσεις των απαντήσεων των εθελοντριών για τη γεύση και των δύο γλυκαντικών ουσιών. Όσο πιο κοντά στο μηδέν βρίσκεται η ευκλείδεια απόσταση τόσο πιο κοντινές απαντήσεις έχουν δώσει οι εθελόντριες.

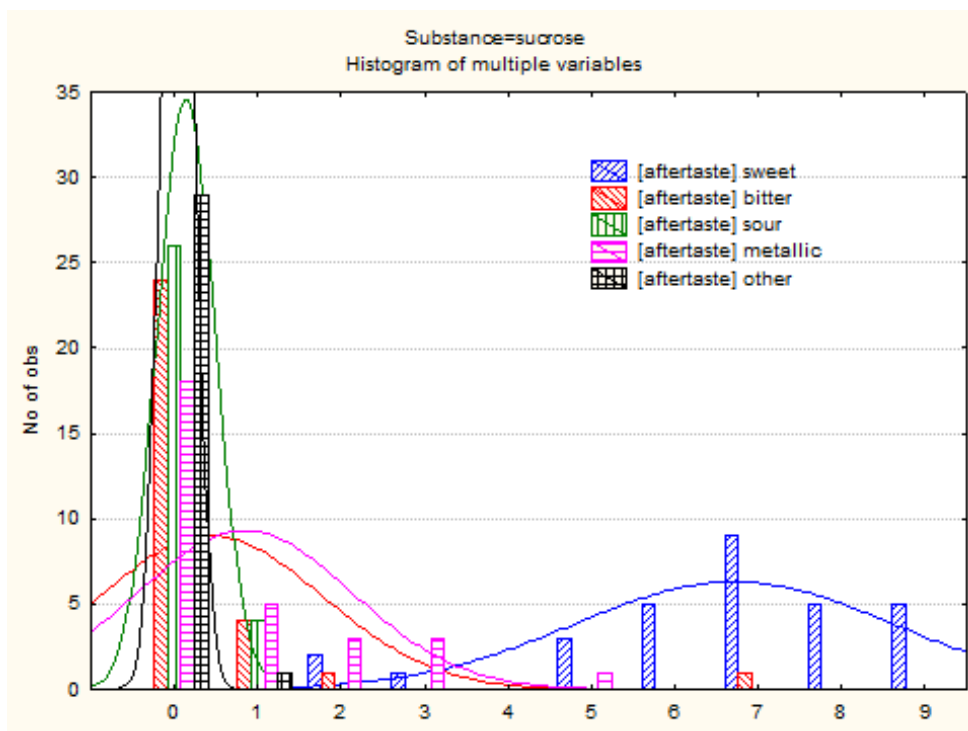
5.2. Αξιολόγηση των ποιοτήτων επίγευσης

		Report				
Substance		sweet	bitter	metallic	sour	other
sucrose	Mean	6.67	.43	.83	.13	.03
	N	30	30	30	30	30
	Std. Deviation	1.900	1.331	1.289	.346	.183
	Median	7.00	.00	.00	.00	.00
	Maximum	9	7	5	1	1
	Minimum	2	0	0	0	0
aspartame	Mean	5.13	.53	.83	.43	.00
	N	30	30	30	30	30
	Std. Deviation	2.738	1.279	1.416	1.040	.000
	Median	6.00	.00	.00	.00	.00
	Maximum	9	6	5	5	0
	Minimum	0	0	0	0	0

Πίνακας 12: Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία για την αξιολόγηση των ποιοτήτων επίγευσης των υδατικών διαλυμάτων σουκρόζης και ασπαρτάμης

Στον πίνακα 7 παρουσιάζονται τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία της αξιολόγησης της επίγευσης των υδατικών διαλυμάτων της σουκρόζης και της ασπαρτάμης. Παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος (mean) για τη γλυκιά γευστική ποιότητα είναι 7 ο οποίος είναι κατά πολλές μονάδες μεγαλύτερος από τους μέσους όρους των υπόλοιπων γευστικών ποιοτήτων. Η διάμεσος (median) για τη γλυκιά αίσθηση έχει επίσης την τιμή 7. Οι υπόλοιπες γευστικές ποιότητες έχουν μηδενική τιμή διαμέσου. Αυτό σημαίνει πως, εφόσον ο αριθμός του δείγματος είναι άρτιος, η τιμή 7 αποτελεί το μέσο όρο των δύο κεντρικών παρατηρήσεων για τη γλυκιά αίσθηση. Για την ασπαρτάμη παρατηρούμε ότι ο μέσος όρος (mean) για τη γλυκιά γευστική ποιότητα είναι 6 ο οποίος είναι κατά πολλές μονάδες μεγαλύτερος από τους μέσους όρους των υπόλοιπων γευστικών ποιοτήτων. Η διάμεσος (median) για τη γλυκιά γεύση έχει την τιμή 7. Οι υπόλοιπες γευστικές ποιότητες έχουν μηδενική τιμή διαμέσου. Αυτό σημαίνει πως, εφόσον ο αριθμός του δείγματος είναι άρτιος, η τιμή 6 αποτελεί το μέσο όρο των δύο κεντρικών παρατηρήσεων για τη γλυκιά επίγευση.

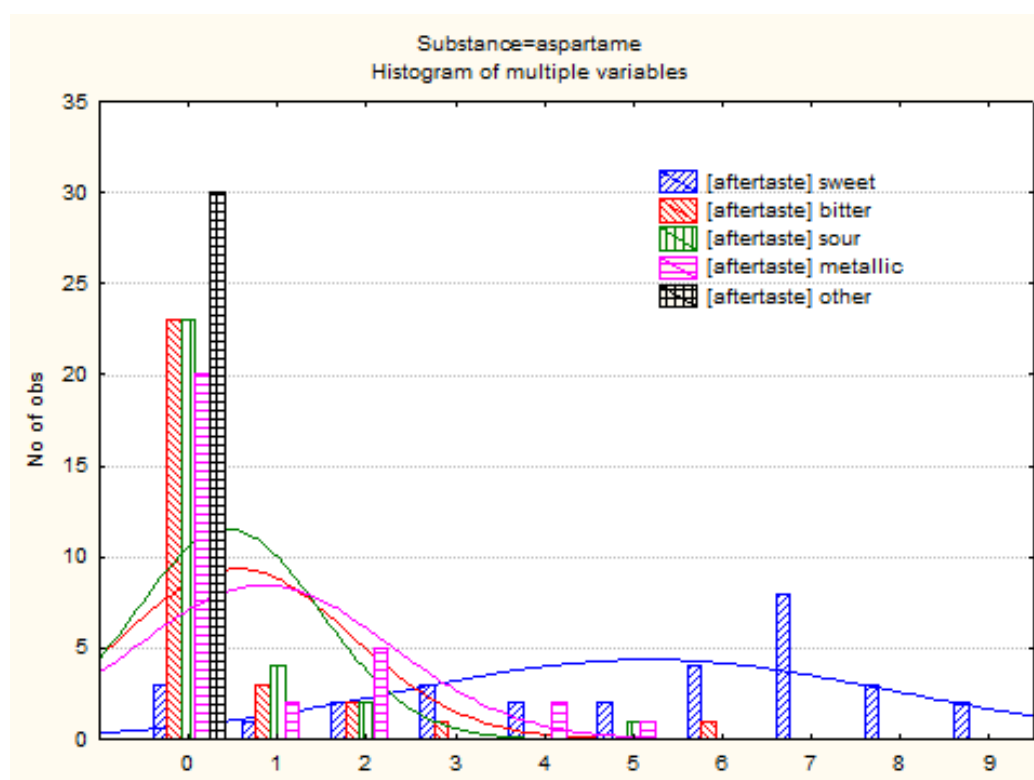
Ενδιαφέρον παρουσιάζει η στήλη του πίνακα με τις μέγιστες τιμές (maximum) που σημειώθηκαν στις κλίμακες από τις εθελόντριες συνολικά, με τη γλυκιά ποιότητα να αγγίζει τη μέγιστη τιμή 9, και να ακολουθούν με φθίνουσα σειρά οι ποιότητες πικρό, μεταλλικό και στα ίδια επίπεδα η ξινή με την «άλλη γευστική αίσθηση». Η μέγιστη απάντηση για την πικρή αίσθηση ήταν η τιμή 7, για τη μεταλλική η τιμή 5 και για την όξινη και την «άλλη γευστική αίσθηση» η τιμή 1. Οι εθελόντριες που αισθάνθηκαν διαφορετική γευστική ποιότητα δεν χαρακτήρισαν το είδος αυτής. Τα ίδια στοιχεία για την ασπαρτάμη δείχνουν τη γλυκιά ποιότητα να αγγίζει το μέγιστο (9/9), και να ακολουθούν με φθίνουσα σειρά οι ποιότητες πικρό, ξινό και μεταλλικό με τις δυο τελευταίες ποιότητες να παρουσιάζουν ίση μέγιστη τιμή το 5.. Η μέγιστη απάντηση για την πικρή αίσθηση ήταν η τιμή 6.



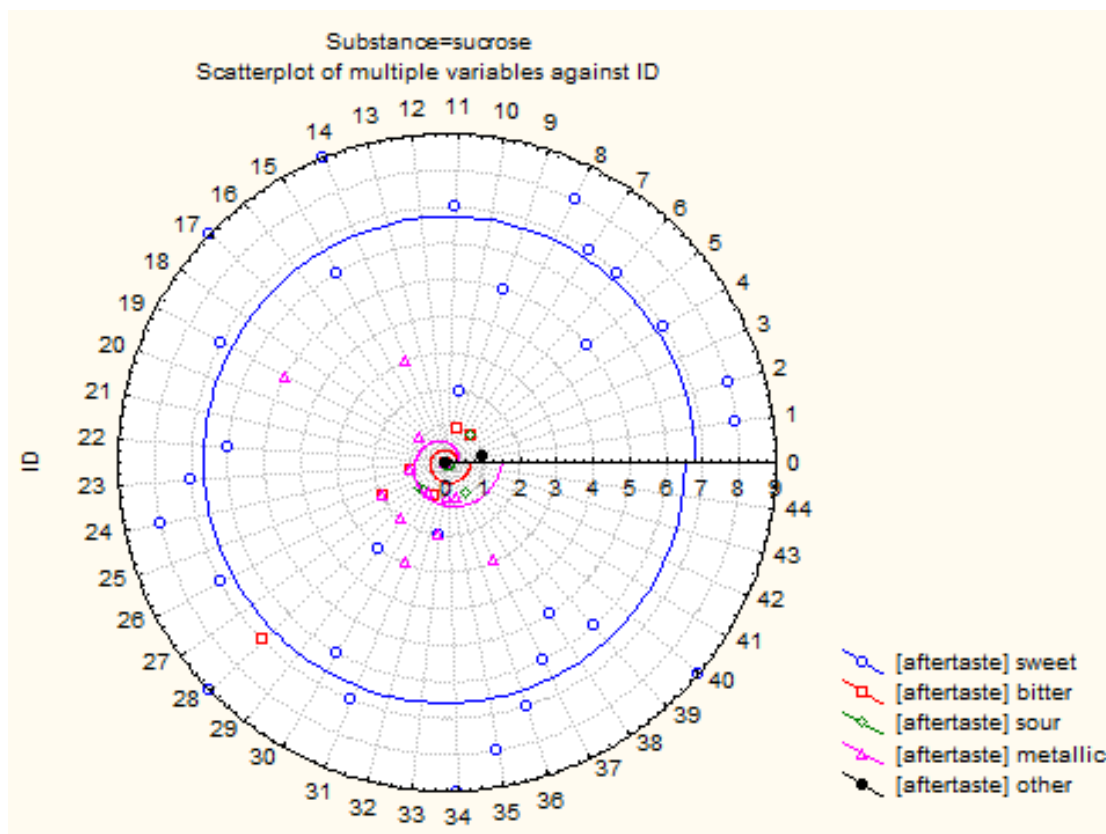
Στο ιστόγραμμα που παρατίθεται για την αξιολόγηση των ποιοτήτων της επίγευσης του υδατικού διαλύματος της σουκρόζης επιβεβαιώνεται η συχνότητα των υψηλόβαθμων απαντήσεων για τη γλυκιά επίγευση, καθώς και η παρουσία μικρού αριθμού εθελοντριών που ανίχνευσαν μεταλλική και πικρή επίγευση στο διάλυμα.

Σχήμα 36: Ιστόγραμμα των αντιλαμβανόμενων ποιοτήτων επίγευσης του υδατικού διαλύματος σουκρόζης

Στο ιστόγραμμα που παρατίθεται για την αξιολόγηση των ποιοτήτων της επίγευσης του υδατικού διαλύματος της ασπαρτάμης επιβεβαιώνεται η συχνότητα των υψηλόβαθμων απαντήσεων για τη γλυκιά επίγευση, καθώς και η παρουσία μικρού αριθμού εθελοντριών που ανίχνευαν πικρή, μεταλλική και ξινή επίγευση στο διάλυμα.

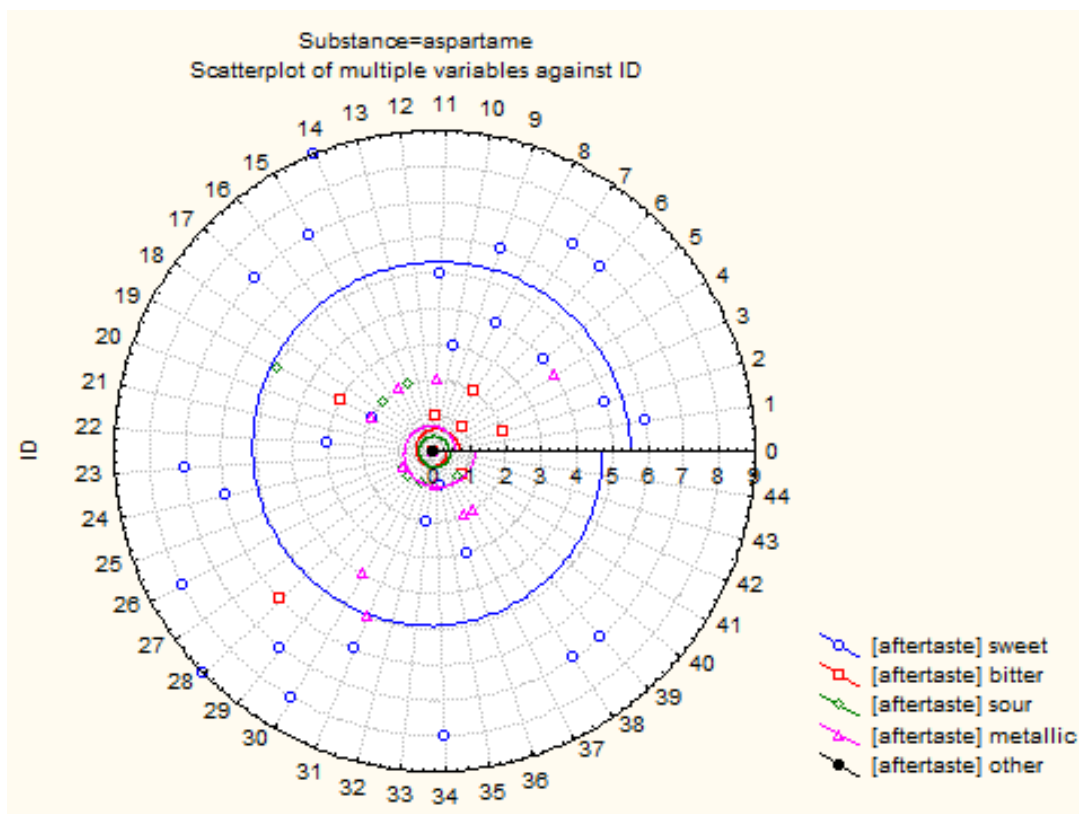


Σχήμα 37: Ιστόγραμμα των αντιλαμβανόμενων ποιοτήτων επίγευσης του υδατικού διαλύματος ασπαρτάμης



Σχήμα 38: Διάγραμμα Διασποράς της αξιολόγησης της επίγευσης του υδατικού διαλύματος σουκρόζης ανά αριθμό ID

Το σχήμα 25 αποτελεί το Διάγραμμα Διασποράς της αξιολόγησης της επίγευσης του υδατικού διαλύματος σουκρόζης ανά αριθμό ID. Παρατηρούμε ότι επικρατεί η γλυκιά αίσθηση με λίγες μόνο εθελόντριες να έχουν σημειώσει υψηλή πικρή και μεταλλική αίσθηση.



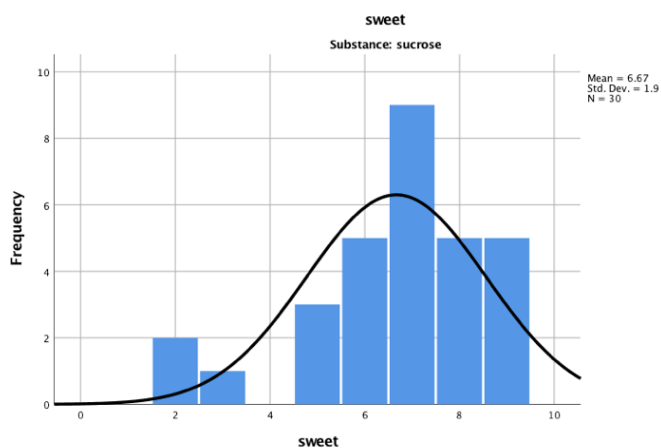
Σχήμα 39: Διάγραμμα Διασποράς της αξιολόγησης της επίγευσης του υδατικού διαλύματος ασπαρτάμης ανά αριθμό ID

Το σχήμα 27 αποτελεί το Διάγραμμα Διασποράς της αξιολόγησης της επίγευσης του υδατικού διαλύματος ασπαρτάμης ανά αριθμό ID. Παρατηρούμε ότι επικρατεί η γλυκιά αίσθηση η οποία εμφανίζει διαφορετικό μοτίβο απαντήσεων σε σχέση με τη σουκρόζη. Όπως φάνηκε και από τα περιγραφικά στατιστικά στοιχεία η γλυκιά γευστική ποιότητα για την επίγευση της ασπαρτάμης εμφανίζει αρκετά χαμηλότερη μέση τιμή, κοντά στο 5. Στο διάγραμμα μπορούμε να διακρίνουμε εθελόντριες να έχουν σημειώσει πικρή και μεταλλική αίσθηση καθώς και ξινή.

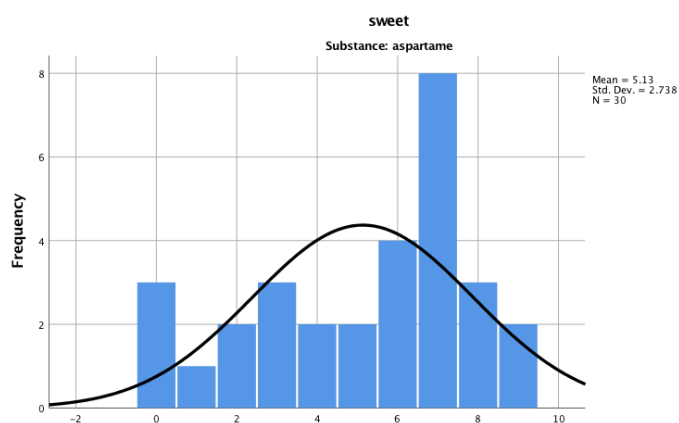
Συγκριτικά για τα δύο διαλύματα, μπορούμε να εξάγουμε το συμπέρασμα κυρίως παρατηρώντας το διαφορετικό γευστικό προφίλ από τα διαγράμματα διασποράς, καθώς στην ασπαρτάμη εμφανίζεται αισθητά παραπάνω η ξινή επίγευση.

			sweet			
Substance			Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
sucrose	Valid	2	2	6.7	6.7	6.7
		3	1	3.3	3.3	10.0
		5	3	10.0	10.0	20.0
		6	5	16.7	16.7	36.7
		7	9	30.0	30.0	66.7
		8	5	16.7	16.7	83.3
		9	5	16.7	16.7	100.0
		Total	30	100.0	100.0	
aspartame	Valid	0	3	10.0	10.0	10.0
		1	1	3.3	3.3	13.3
		2	2	6.7	6.7	20.0
		3	3	10.0	10.0	30.0
		4	2	6.7	6.7	36.7
		5	2	6.7	6.7	43.3
		6	4	13.3	13.3	56.7
		7	8	26.7	26.7	83.3
		8	3	10.0	10.0	93.3
		9	2	6.7	6.7	100.0
		Total	30	100.0	100.0	

Πίνακας 13: Πίνακας συχνοτήτων για τη γλυκιά επίγευση στις δύο γλυκαντικές ουσίες



Σχήμα 41: Ιστόγραμμα των απαντήσεων για τη γλυκιά επίγευση στο υδατικό διάλυμα της σουκρόζης



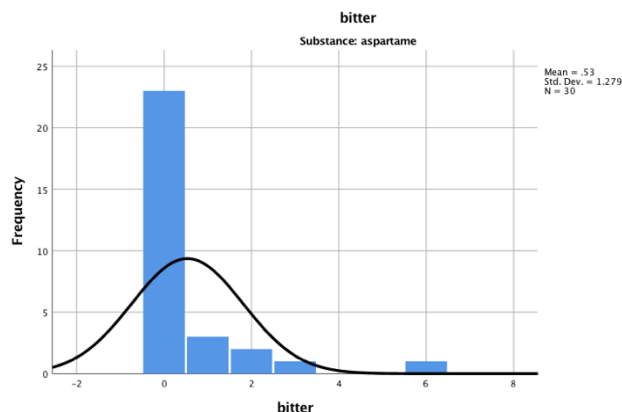
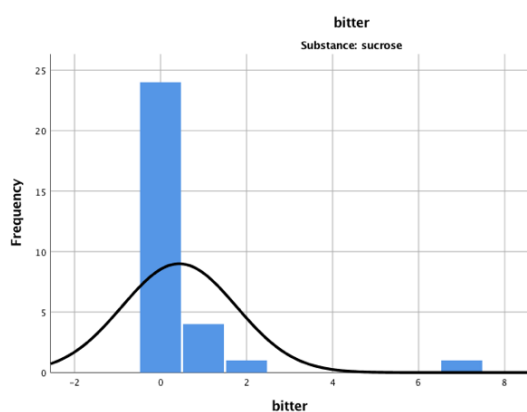
Σχήμα 40: Ιστόγραμμα των απαντήσεων για τη γλυκιά επίγευση στο υδατικό διάλυμα της ασπαρτάμης

Στον πίνακα 3 παρατίθενται οι συχνότητες των απαντήσεων για τη γλυκιά επίγευση και στις δύο γλυκαντικές ουσίες. Παρατηρούμε ότι για την ασπαρτάμη σημειώθηκε ελαφρώς μεγαλύτερη ποικιλία στις απαντήσεις σε σχέση με τη σουκρόζη, καθώς και ότι το 16.7% των

εθελοντριών βρήκαν ότι το διάλυμα της σουκρόζης παρουσιάζει γλυκιά επίγευση στο μέγιστο βαθμό, σε αντίθεση με το 6.7 % που θεώρησαν το ίδιο για την ασπαρτάμη.

		bitter				
Substance			Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
sucrose	Valid	0	24	80.0	80.0	80.0
		1	4	13.3	13.3	93.3
		2	1	3.3	3.3	96.7
		7	1	3.3	3.3	100.0
		Total	30	100.0	100.0	
aspartame	Valid	0	23	76.7	76.7	76.7
		1	3	10.0	10.0	86.7
		2	2	6.7	6.7	93.3
		3	1	3.3	3.3	96.7
		6	1	3.3	3.3	100.0
		Total	30	100.0	100.0	

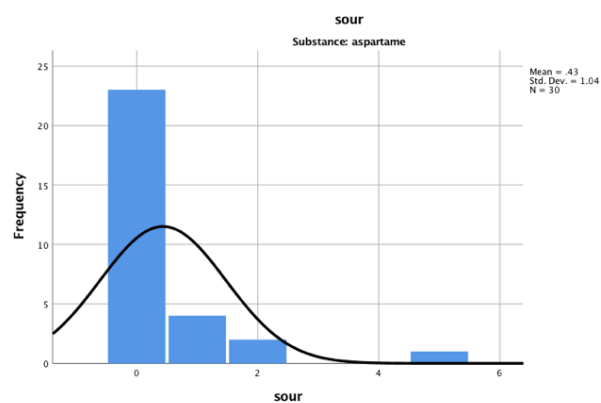
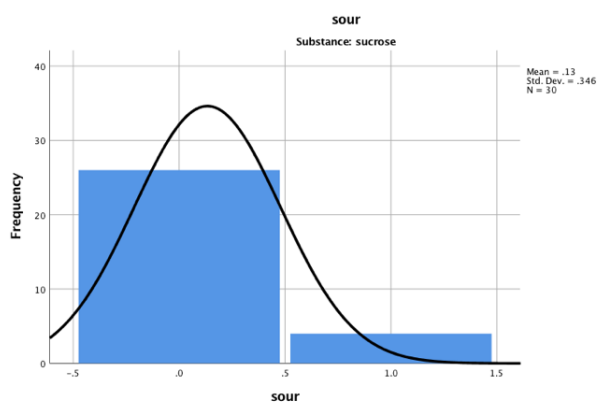
Πίνακας 14: Πίνακας συχνοτήτων για την πικρή επίγευση στις δύο γλυκαντικές ουσίες



Στον πίνακα συχνοτήτων για την πικρή επίγευση αλλά και στα αντίστοιχα ιστογράμματα δεν παρατηρούμε κάποια ιδιαίτερη διαφορά ανάμεσα στις δύο γλυκαντικές ουσίες.

		sour				
Substance			Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
sucrose	Valid	0	26	86.7	86.7	86.7
		1	4	13.3	13.3	100.0
		Total	30	100.0	100.0	
aspartame	Valid	0	23	76.7	76.7	76.7
		1	4	13.3	13.3	90.0
		2	2	6.7	6.7	96.7
		5	1	3.3	3.3	100.0
		Total	30	100.0	100.0	

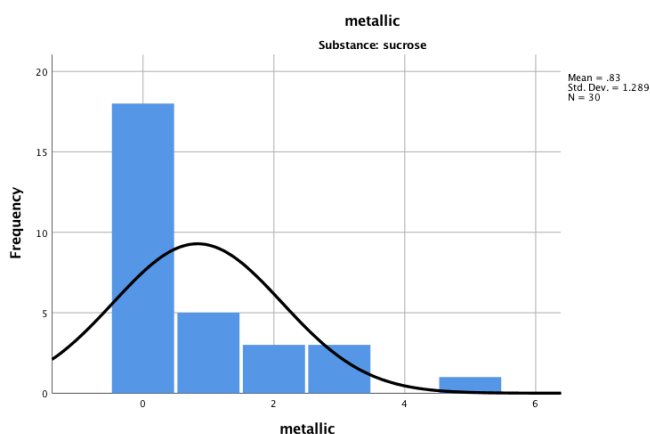
Πίνακας 15: Πίνακας συχνοτήτων για την ξινή επίγευση στις δύο γλυκαντικές ουσίες



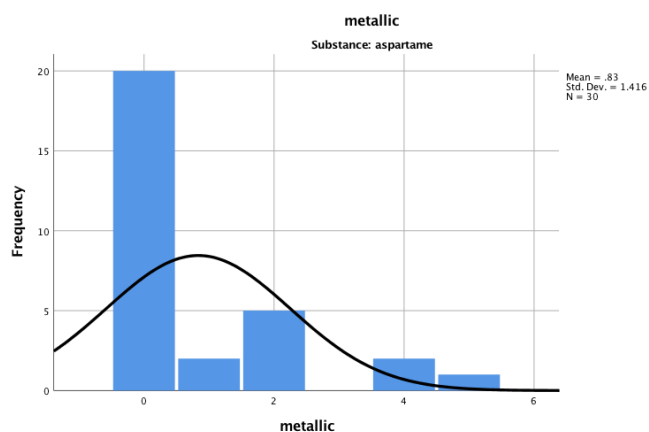
Στον πίνακα συχνοτήτων αλλά και στα αντίστοιχα ιστογράμματα για την ξινή επίγευση παρατηρούμε μεγαλύτερη ποικιλία στις απαντήσεις για το διάλυμα της ασπαρτάμης σε σχέση με αυτό της σουκρόζης. Το 87% περίπου των εθελοντριών απάντησε πως το διάλυμα της σουκρόζης δεν τους άφησε ξινή επίγευση, ενώ για την ασπαρτάμη το αντίστοιχο ποσοστό ήταν περίπου 78%.

		metallic				
Substance			Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
sucrose	Valid	0	18	60.0	60.0	60.0
		1	5	16.7	16.7	76.7
		2	3	10.0	10.0	86.7
		3	3	10.0	10.0	96.7
		5	1	3.3	3.3	100.0
		Total	30	100.0	100.0	
aspartame	Valid	0	20	66.7	66.7	66.7
		1	2	6.7	6.7	73.3
		2	5	16.7	16.7	90.0
		4	2	6.7	6.7	96.7
		5	1	3.3	3.3	100.0
		Total	30	100.0	100.0	

Πίνακας 16: Πίνακας συχνοτήτων για τη μεταλλική επίγευση στις δύο γλυκαντικές ουσίες



Σχήμα 43: Ιστόγραμμα των απαντήσεων για τη μεταλλική επίγευση στο υδατικό διάλυμα της σουκρόζης

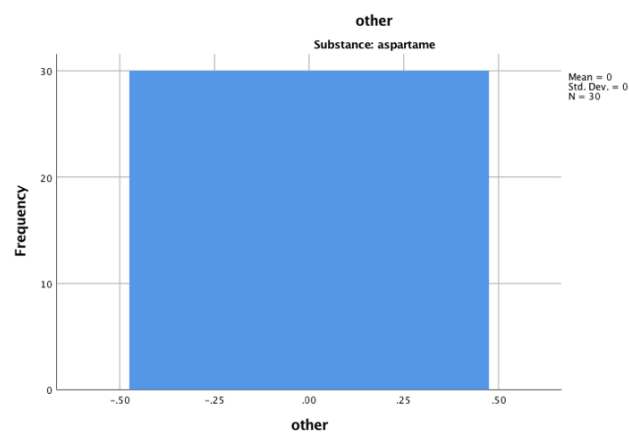
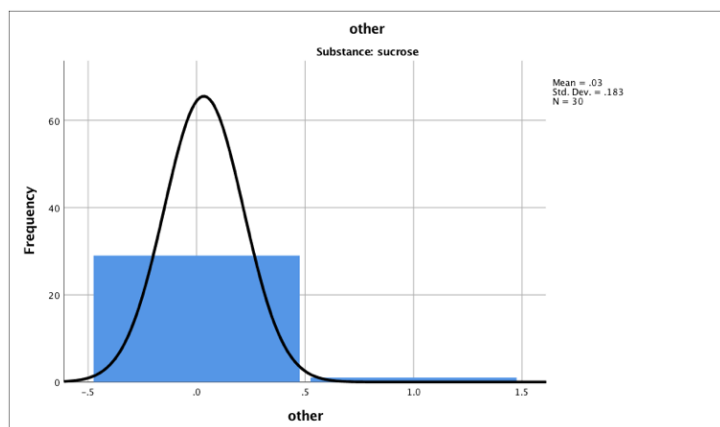


Σχήμα 42: Ιστόγραμμα των απαντήσεων για τη μεταλλική επίγευση στο υδατικό διάλυμα της ασπαρτάμης

Από τον πίνακα συχνοτήτων και τα ιστογράμματα για τη μεταλλική γεύση δεν φαίνονται σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις δύο γλυκαντικές ουσίες

			other			
Substance			Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
sucrose	Valid	0	29	96.7	96.7	96.7
		1	1	3.3	3.3	100.0
		Total	30	100.0	100.0	
aspartame	Valid	0	30	100.0	100.0	100.0

Πίνακας 17: Πίνακας συχνοτήτων για οποιαδήποτε άλλη αντιληφθείσα επίγευση στις δύο γλυκαντικές ουσίες



Σχήμα 45: Ιστόγραμμα των απαντήσεων για οποιαδήποτε άλλη επίγευση στο υδατικό διάλυμα της σουκρόζης

Σχήμα 44: Ιστόγραμμα των απαντήσεων για οποιαδήποτε άλλη επίγευση στο υδατικό διάλυμα της ασπαρταμής

Από τον πίνακα συχνοτήτων και τα ιστογράμματα των απαντήσεων για οποιαδήποτε άλλη επίγευση, μόνο ένα άτομο σημείωσε κάποια άλλη επίγευση σε βαθμό 1/9 στο υδατικό διάλυμα της σουκρόζης σε σχέση με αυτό της ασπαρτάμης που καμία εθελόντρια δεν απάντησε πως ένιωσε κάποια διαφορετική επίγευση από τις προτεινόμενες ποιότητες.

Η κανονικότητα της κατανομής ελέγχθηκε για όλες τις μεταβλητές με το στατιστικό εργαλείο Shapiro-Wilks και βρέθηκε πως καμία μεταβλητή δεν ακολουθεί κανονική κατανομή. Αυτό το συμπέρασμα μπορεί να επιβεβαιωθεί και από τα ιστογράμματα για κάθε γευστική ποιότητα.

Σύμφωνα με το Κεντρικό Οριακό Θεώρημα, για αριθμό δείγματος μεγαλύτερο ή ίσο του 30, μπορούμε να θεωρήσουμε πως με γνωστή διάμεσο και τυπική απόκλιση η κατανομή μπορεί να θεωρηθεί κατά προσέγγιση κανονική. Έτσι εφαρμόστηκε παραμετρικός έλεγχος με το t-test αλλά και μη παραμετρικά κριτήρια. Οι τιμές στατιστικής σημαντικότητας από το t-test φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Substance		t	Sig. (2-tailed) t-test	Mean Difference
sucrose	sweet	19.220	.000	6.667
	bitter	1.783	.085	.433
	sour	2.112	.043	.133
	metallic	3.542	.001	.833
	other	1.000	.326	.033
aspartame	sweet	10.267	.000	5.133
	bitter	2.283	.030	.533
	sour	2.282	.030	.433
	metallic	3.223	.003	.833

Πίνακας 18: Αποτελέσματα παραμετρικών και μη παραμετρικών ελέγχων για τις ποιότητες της επίγευσης

Ο έλεγχος t-test χρησιμοποιήθηκε για να βρεθεί εάν ο αριθμητικός μέσος των μεταβλητών διαφέρει σημαντικά με την τιμή 0. Στατιστικά σημαντική διαφορά ($p < 0.05$) βρέθηκε για την γλυκιά γεύση και στις δύο γλυκαντικές ουσίες με διαφορά άνω των 5 μονάδων και για τις υπόλοιπες ποιότητες -εκτός της «άλλης»- με διαφορά μικρότερη της 1 μονάδας.

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The median of sweet equals 0.	One-Sample Wilcoxon Signed Rank Test	.000 ¹	Reject the null hypothesis.
2	The median of bitter equals 0.	One-Sample Wilcoxon Signed Rank Test	.024 ¹	Reject the null hypothesis.
3	The median of sour equals 0.	One-Sample Wilcoxon Signed Rank Test	.046 ¹	Reject the null hypothesis.
4	The median of metallic equals 0.	One-Sample Wilcoxon Signed Rank Test	.002 ¹	Reject the null hypothesis.
5	The median of other equals 0.	One-Sample Wilcoxon Signed Rank Test	.317 ¹	Retain the null hypothesis.
6	The distribution of sweet is normal with mean 7 and standard deviation 1.900.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.003 ¹	Reject the null hypothesis.
7	The distribution of bitter is normal with mean 0 and standard deviation 1.331.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.000 ¹	Reject the null hypothesis.
8	The distribution of sour is normal with mean 0 and standard deviation 0.346.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.000 ¹	Reject the null hypothesis.
9	The distribution of metallic is normal with mean 1 and standard deviation 1.289.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.000 ¹	Reject the null hypothesis.
10	The distribution of other is normal with mean 0 and standard deviation 0.183.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.000 ¹	Reject the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is .05.

¹Lilliefors Corrected

Οι μη παραμετρικοί έλεγχοι που εφαρμόστηκαν στις απαντήσεις των εθελοντριών για τα δύο διαλύματα (One-Sample Wilcoxon Signed Rank Test και One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test) καταλήγουν στην απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης πως η διάμεσος κάθε ποιότητας ισούται με το 0, με αποδεκτό παράγοντα στατιστικής σημαντικότητας. Εξαίρεση και στα δύο διαλύματα αποτελεί η ποιότητα «other» που αντιπροσωπεύει τις γευστικές ποιότητες που πιθανόν αντιλήφθηκαν οι εθελόντριες εκτός των προτεινόμενων στο έντυπο αξιολόγησης

Πίνακας 19: Μη παραμετρικοί έλεγχοι για την επίγευση του υδατικού διαλύματος της σουκρόζης

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The median of sweet equals 0.	One-Sample Wilcoxon Signed Rank Test	.000 ¹	Reject the null hypothesis.
2	The median of bitter equals 0.	One-Sample Wilcoxon Signed Rank Test	.017 ¹	Reject the null hypothesis.
3	The median of sour equals 0.	One-Sample Wilcoxon Signed Rank Test	.016 ¹	Reject the null hypothesis.
4	The median of metallic equals 0.	One-Sample Wilcoxon Signed Rank Test	.004 ¹	Reject the null hypothesis.
5	The median of other equals 0.	One-Sample Wilcoxon Signed Rank Test	1.000 ¹	Retain the null hypothesis.
6	The distribution of sweet is normal with mean 5 and standard deviation 2.738.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.007 ¹	Reject the null hypothesis.
7	The distribution of bitter is normal with mean 1 and standard deviation 1.279.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.000 ¹	Reject the null hypothesis.
8	The distribution of sour is normal with mean 0 and standard deviation 1.040.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.000 ¹	Reject the null hypothesis.
9	The distribution of metallic is normal with mean 1 and standard deviation 1.416.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.000 ¹	Reject the null hypothesis.
10	The distribution of other is normal with mean 0 and standard deviation 0.000.	One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test	.	Unable to compute.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is .05.

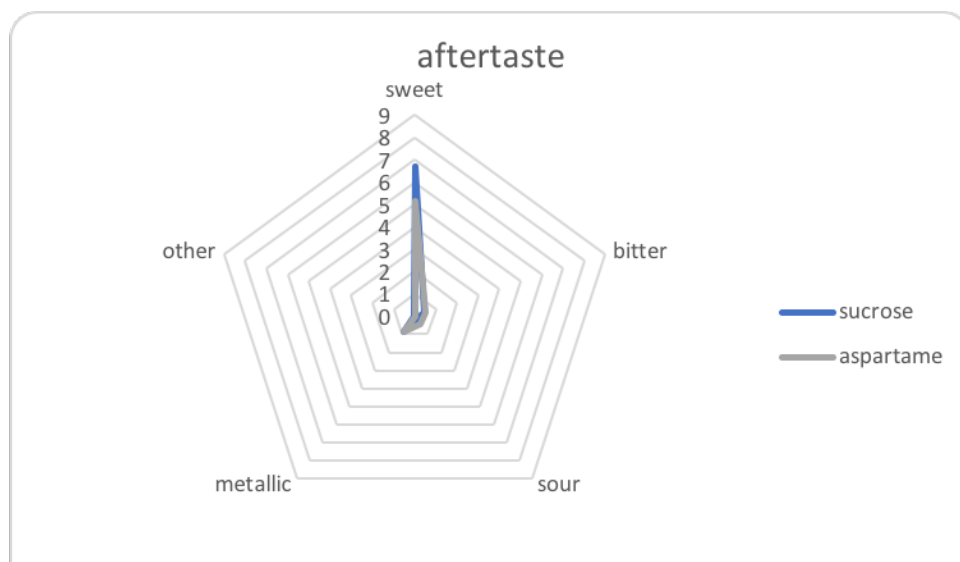
¹Lilliefors Corrected

Test Statistics^a

sucrose	N	30
	Chi-Square	91.000
	df	4
	Asymp. Sig.	.000
aspartame	N	30
	Chi-Square	66.861
	df	4
	Asymp. Sig.	.000

Ο τελευταίος μη παραμετρικός έλεγχος Friedman έδειξε ότι οι δύο ομάδες απαντήσεων της επίγευσης (για τη σουκρόζη και την ασπαρτάμη) διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

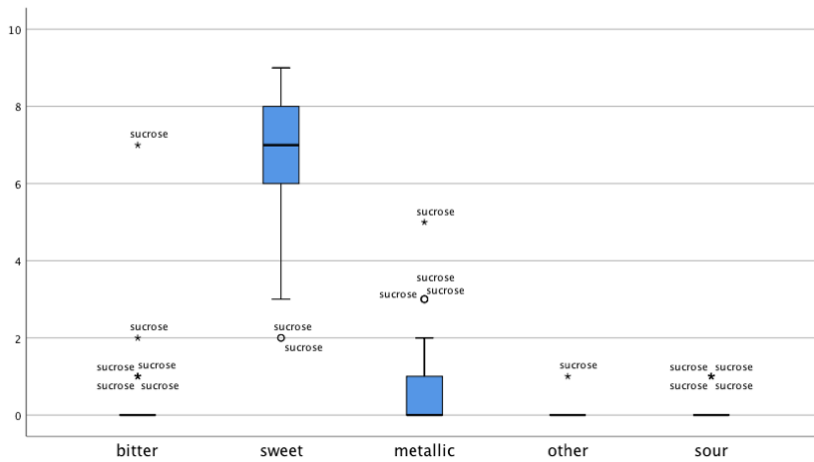
a. Friedman Test



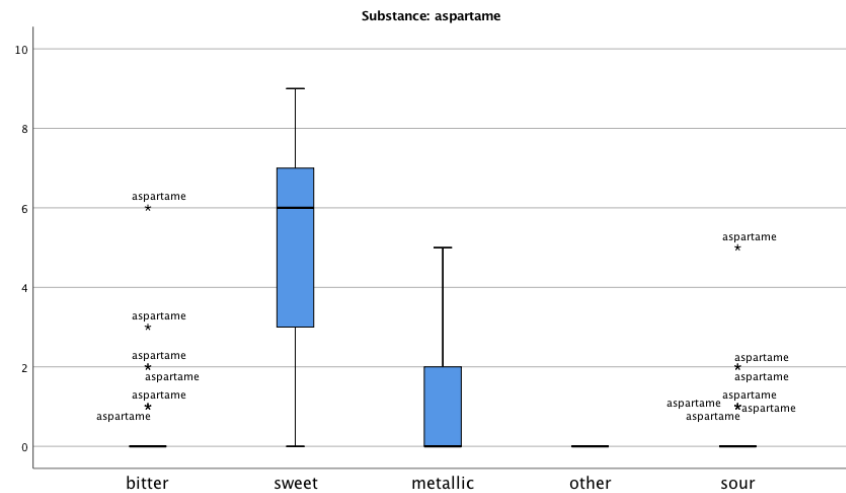
Σχήμα 46: Kadar chart των τιμών των αριθμητικών μέσων από τις απαντήσεις για τις ποιοτικές επίγευσης στα υδατικά διαλύματα των δύο γλυκαντικών ουσιών

Στο παραπάνω διάγραμμα απεικονίζονται οι αριθμητικοί μέσοι των απαντήσεων των εθελοντριών ανά ποιότητα επίγευσης συγκριτικά για τα διαλύματα σουκρόζης και ασπαρτάμης. Από το συγκεκριμένο διάγραμμα φαίνεται πως οι απαντήσεις για τις δύο γλυκαντικές ουσίες ακολουθούν παρόμοιο μοτίβο με την ασπαρτάμη να εμφανίζεται σε χαμηλότερα επίπεδα.

Πίνακας 21: Μη παραμετρικοί έλεγχοι για την επίγευση του υδατικού διαλύματος της ασπαρτάμης

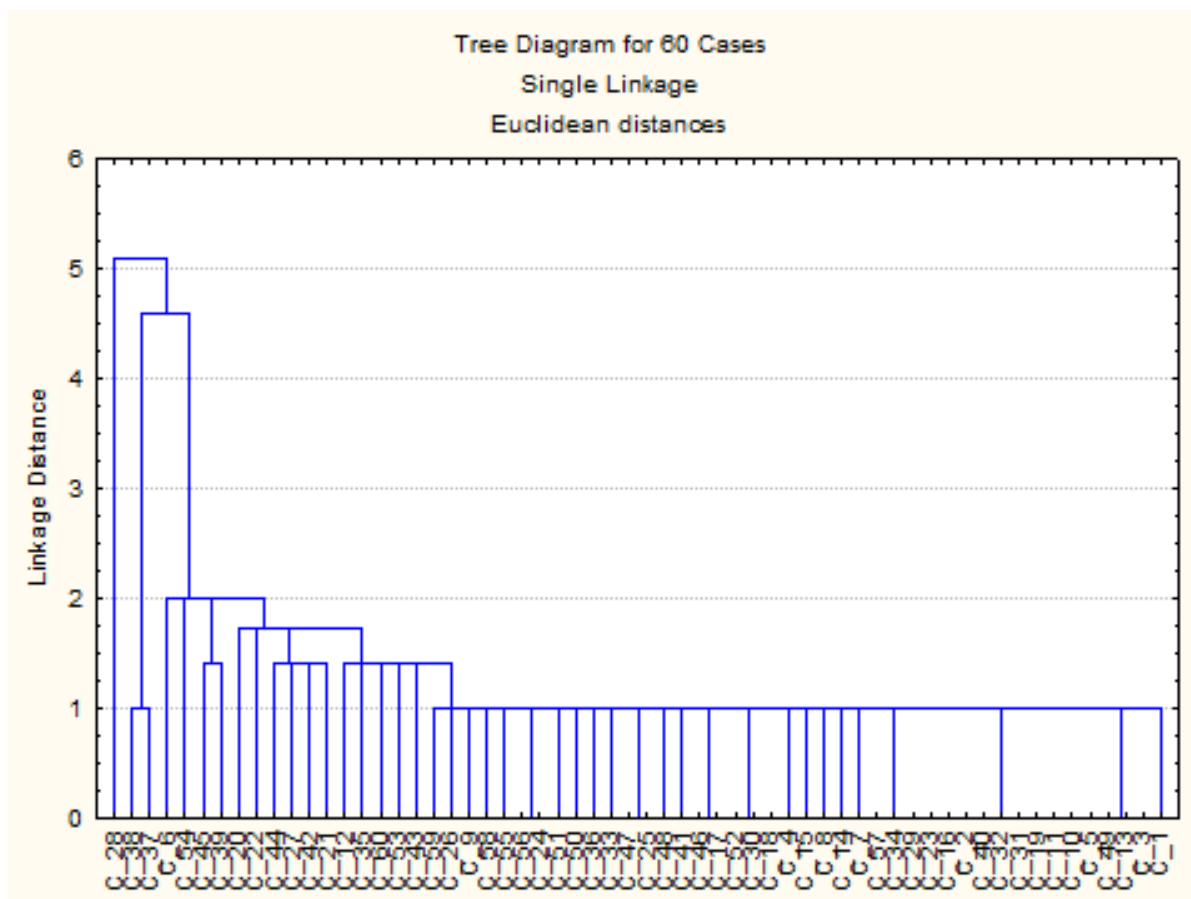


Σχήμα 47: Boxplot των απαντήσεων για τις ποιότητες επίγευσης για το υδατικό διάλυμα σουκρόζης



Σχήμα 48: Boxplot των απαντήσεων για τις ποιότητες επίγευσης για το υδατικό διάλυμα ασπαρτάμης

Στα διαγράμματα 47 και 49 μπορούμε να διακρίνουμε την μεγαλύτερη διακύμανση στις απαντήσεις για το βαθμό της γλυκύτητας στο διάλυμα της ασπαρτάμης σε σχέση με αυτό της σουκρόζης, καθώς το πλαίσιο για τη γλυκιά γεύση στη σουκρόζη είναι σχετικά μικρότερο από το αντίστοιχο για την ασπαρτάμη. Το ίδιο βλέπουμε πως συμβαίνει και για τη μεταλλική γευστική ποιότητα.



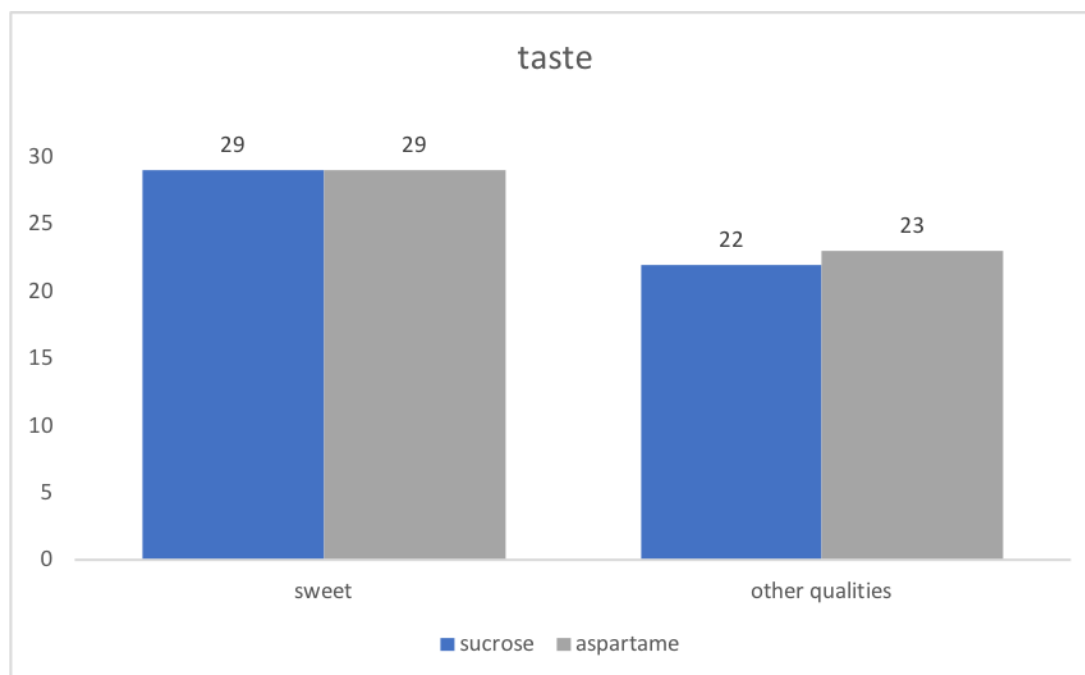
Σχήμα 49: Οι ευκλείδειες αποστάσεις των απαντήσεων των εθελοντριών για την επίγευση των δύο γλυκαντικών ουσιών

Στο σχήμα 35 απεικονίζονται οι ευκλείδειες αποστάσεις των απαντήσεων των εθελοντριών για την επίγευση και των δύο γλυκαντικών ουσιών. Όσο πιο κοντά στο μηδέν βρίσκεται η ευκλείδεια απόσταση τόσο πιο κοντινές απαντήσεις έχουν δώσει οι εθελόντριες.

Η Παραγοντική ανάλυση που θα αποτελούσε το επόμενο βήμα της επεξεργασίας των αποτελεσμάτων δεν ήταν εφικτό να διαχωριστεί ανά γλυκαντική ουσία και επομένως να μας βοηθήσει στην εξαγωγή ενός συμπεράσματος για τη συσχέτιση μεταξύ των ποιοτήτων γεύσης και επίγευσης, πιθανότατα λόγω της φύσης των δεδομένων και της μικρής μεταβλητότητας που αυτά παρουσιάζουν ειδικά όσον αφορά τη γλυκιά ποιότητα.

ΚΕΦ.6 : Συζήτηση

6.1. Βασικά ευρήματα

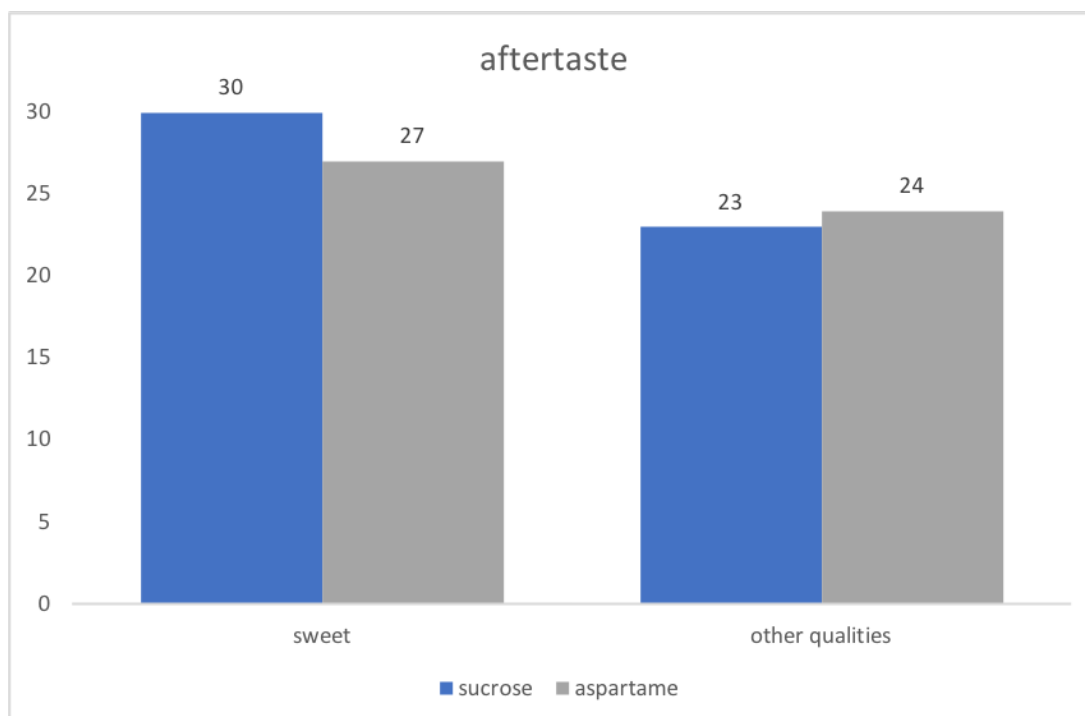


Σχήμα 50: Διάγραμμα απεικόνισης του αριθμού των εθελοντριών που αντιλήφθηκαν γλυκιά σε σχέση με οποιαδήποτε άλλη αίσθηση στα διαλύματα των δύο γλυκαντικών ουσιών κατά τη δοκιμασία της γεύσης

Στο διάγραμμα 49 απεικονίζεται ο αριθμός των εθελοντριών που σημείωσαν πως αντιλήφθηκαν σε οποιοδήποτε βαθμό τη γλυκιά γεύση σε σχέση με τον αριθμό αυτών που σημείωσαν οποιαδήποτε άλλη γεύση (πικρή, ξινή, μεταλλική και «άλλη») σε οποιοδήποτε βαθμό για τα διαλύματα των δύο γλυκαντικών ουσιών. Μπορούμε να συμπεράνουμε πως ανάμεσα στη σουκρόζη και την ασπαρτάμη δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές καθώς και στις δύο περιπτώσεις 29 από τις 30 εθελόντριες αντιλήφθηκαν πως τα διαλύματα είχαν κάποιο βαθμό γλυκύτητας, και τα άτομα που αντιλήφθηκαν και άλλες γευστικές αισθήσεις σε οποιοδήποτε βαθμό ήταν 22 για τη σουκρόζη και 23 για την ασπαρτάμη.

Από τα αποτελέσματα αυτής της εργασίας μπορούμε να καταλάβουμε πως το συνολικό αναλυτικό γευστικό προφίλ της κάθε γλυκαντικής ουσίας είναι διαφορετικό καθώς εμφανίζουν διαφορές στο βαθμό και τις γευστικές ποιότητες, αλλά συνολικά αυτές οι διαφορές φαίνεται να μην είναι σημαντικές στο τελικό γευστικό αποτέλεσμα. Βέβαια η ασπαρτάμη δε χρησιμοποιείται στα διάφορα προϊόντα ως το μοναδικό γλυκαντικό αλλά συνήθως σε συνδυασμό με κάποια άλλη γλυκαντική ουσία προς εμφάνιση συνέργειας. Επομένως εμπορικά, φαίνεται πως αυτές οι

γευστικές διαφορές λαμβάνονται υπόψη, σε συνδυασμό με τους υπόλοιπους παράγοντες που επηρεάζουν τη συμπεριφορά και την αλληλεπίδραση της γλυκαντικής σε ένα παρασκεύασμα.



Σχήμα 51: Διάγραμμα απεικόνισης του αριθμού των εθελοντριών που αντιλήφθηκαν γλυκιά σε σχέση με οποιαδήποτε άλλη αίσθηση στα διαλύματα των δύο γλυκαντικών ουσιών κατά τη δοκιμασία της επίγευσης

Το διάγραμμα 50 αφορά την ίδια απεικόνιση του αριθμού των εθελοντριών που σημείωσαν πως αντιλήφθηκαν σε οποιοδήποτε βαθμό τη γλυκιά επίγευση σε σχέση με τον αριθμό αυτών που σημείωσαν οποιαδήποτε άλλη ποιότητα στην επίγευση (πικρή, ξινή, μεταλλική και «άλλη») σε οποιοδήποτε βαθμό για τα διαλύματα των δύο γλυκαντικών ουσιών. Εδώ παρατηρούμε λίγο μεγαλύτερες διαφορές σε σχέση με τη δοκιμασία της γεύσης αλλά και πάλι ο αριθμός των ατόμων που αντιλήφθηκαν τη γλυκύτητα στα δυο διαλύματα διαφέρει μόνο κατά 3 μονάδες, ενώ για τις άλλες γευστικές ποιότητες η ασπαρτάμη διαθέτει την απάντηση μίας μόνο παραπάνω εθελόντριας.

Όπως και στα πειράματα της γεύσης, και για την επίγευση είναι εμφανές από τα αποτελέσματα πως οι δύο γλυκαντικές ουσίες αφήνουν κάποιου βαθμού επίγευση η οποία διαφέρει ποιοτικά ανάμεσα στις δύο ουσίες, αλλά συνολικά αυτές οι διαφορές δεν φαίνεται να είναι σημαντικές.

6.2. Περιορισμοί

Οι περιορισμοί που αντιμετωπίστηκαν κατά την ολοκλήρωση της συγκεκριμένης εργασίας αφορούσαν τη βιβλιογραφική ανασκόπηση και τη διεξαγωγή του πειράματος.

Όσον αφορά τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, πολλές από τις σχετικές μελέτες με τη γεύση και την επίγευση της ασπαρτάμης ήταν αρκετά παλαιότερες, καθώς αυτή μελετήθηκε εκτενώς τη δεκαετία του '90. Αυτό αποτέλεσε περιορισμό και αποκλεισμό ακόμα παλαιότερων μελετών λόγω αμφιβολίας για την ισχύ των στοιχείων. Αυτές οι μελέτες λήφθηκαν περισσότερο υπόψη στο σχεδιασμό του πειράματος.

Αναφορικά με τη διεξαγωγή του πειράματος, μετά την ανάλυση των δεδομένων και την ολοκλήρωση της μελέτης της βιβλιογραφίας, προέκυψαν σκέψεις προς διόρθωση της ήδη ολοκληρωμένης διαδικασίας, με σκοπό την βελτίωσή της μελλοντικής εκδοχής της. Θα βοηθούσε να προσθέσουμε ακόμα ένα δείγμα στις δοκιμασίες, το οποίο να περιείχε μόνο νερό, ώστε να απομονώσουμε τις γευστικές αισθήσεις που προέρχονται από το διαλύτη αυτό καθαυτό. Με αυτή την προσθήκη θα μπορούσαμε να μελετήσουμε ακόμα τη γευστική αλληλεπίδραση του διαλύτη και της κάθε διαλυμένης γλυκαντικής ουσίας, που μπορεί να είχε ενδιαφέρον. Μία ακόμα προσθήκη θα ήταν η ερώτηση των εθελοντριών ως προς την αρέσκεια τους για κάθε διάλυμα, καθώς έτσι θα είχαμε εικόνα και για τη γενικότερη αντίληψη της γλυκαντικής ουσίας από τις εθελόντριες.

6.3. Τελικό Συμπέρασμα

Τα ευρήματα της εργασίας καταλήγουν στο συμπέρασμα πως οι δύο γλυκαντικές ουσίες εμφανίζουν συνολικά διαφορετικό προφίλ στη γεύση και την επίγευση ενώ διατηρούν τη γλυκύτητα στο υψηλότερο επίπεδο. Φαίνεται ότι εκτός από τη γλυκιά, και οι υπόλοιπες γευστικές ποιότητες διαφέρουν σημαντικά από το μηδέν, αλλά ανάμεσα στις δύο γλυκαντικές ουσίες, συνολικά οι απαντήσεις των εθελοντριών δεν παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές. Αυτό συμπίπτει με την επισκόπηση της βιβλιογραφίας που υποστηρίζει πως η ασπαρτάμη δεν διαφέρει σημαντικά από τη σουκρόζη σε σχέση με άλλα γλυκαντικά όπως η σακχαρίνη και το ακετοσουλφαμικό κάλιο που παρουσιάζουν μη γλυκές αισθήσεις σε μεγαλύτερο βαθμό. Φαίνεται λοιπόν πως και το δείγμα της μελέτης συμφωνεί με τη βιβλιογραφία για την ασπαρτάμη, γεγονός το οποίο σε μεγαλύτερης

κλίμακας μελέτες θα μπορεί να υποδείξει πως ο ελληνικός πληθυσμός ακολουθεί το μοτίβο αντίληψης που παρουσιάζεται στις ήδη υπάρχουσες μελέτες σε μη ελληνικό πληθυσμό.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Allen, A. L., McGeary, J. E., Knopik, V. S., & Hayes, J. E. (2013). Bitterness of the Non-nutritive Sweetener Acesulfame Potassium Varies With Polymorphisms in TAS2R9 and TAS2R31. *Chemical Senses*, 38(5), 379–389. <http://doi.org/10.1093/chemse/bjt017>
- Beauchamp, G. K. (2016). Why do we like sweet taste: A bitter tale? *Physiology & Behavior*, 164, 432–437. <http://doi.org/10.1016/j.physbeh.2016.05.007>
- Behrens, M., & Meyerhof, W. (2011). Gustatory and extragustatory functions of mammalian taste receptors. *Physiology & Behavior*, 105(1), 4–13. <http://doi.org/10.1016/j.physbeh.2011.02.010>
- Cardoso, J. M. P., & Bolini, H. M. A. (2007). Different sweeteners in peach nectar: Ideal and equivalent sweetness. *Food Research International*, 40(10), 1249–1253. <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2007.08.004>
- Choi, J.-H., & Chung, S.-J. (2015). Sweetness potency and sweetness synergism of sweeteners in milk and coffee systems. *Food Research International*, 74(C), 168–176. <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.04.044>
- Choo, E., Pickett, B., & Dando, R. (2017). Caffeine May Reduce Perceived Sweet Taste in Humans, Supporting Evidence That Adenosine Receptors Modulate Taste. *Journal of Food Science*, 82(9), 2177–2182. <http://doi.org/10.1111/1750-3841.13836>
- Costanzo. (2010). ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ (4 ed.).
- Delogu, F., Huddas, C., Steven, K., Hachem, S., Lodhia, L., Fernandez, R., & Logerstedt, M. (2016). A Dissociation Between Recognition and Hedonic Value in Caloric and Non-caloric Carbonated Soft Drinks. *Frontiers in Psychology*, 7, 2071–7. <http://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.00036>

- EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS). (2013). Scientific Opinion on the re-evaluation of aspartame (E 951) as a food additive. *EFSA Journal*, 11(12), 1–263. <http://doi.org/10.2903/j.efsa.2013.3496>
- EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food (ANS). (2012, January 30). Sweeteners. [http://doi.org/10.1002/\(ISSN\)1831-4732](http://doi.org/10.1002/(ISSN)1831-4732)
- F Nahon, D., Graaf, C., & Roozen, J. P. (2003). Sweetness flavour interactions in soft drinks. *Food Chemistry*, 1–7. [http://doi.org/https://doi.org/10.1016/0308-8146\(96\)00025-8](http://doi.org/https://doi.org/10.1016/0308-8146(96)00025-8)
- Faas, M. M., Melgert, B. N., & de Vos, P. (2009). A Brief Review on How Pregnancy and Sex Hormones Interfere with Taste and Food Intake. *Chemosensory Perception*, 3(1), 51–56. <http://doi.org/10.1007/s12078-009-9061-5>
- Frank, G. K. W., Oberndorfer, T. A., Simmons, A. N., Paulus, M. P., Fudge, J. L., Yang, T. T., & Kaye, W. H. (2008). Sucrose activates human taste pathways differently from artificial sweetener. *NeuroImage*, 39(4), 1559–1569. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.10.061>
- Fujiwara, S., Imada, T., Nakagita, T., Okada, S., Nammoku, T., Abe, K., & Misaka, T. (2012). Sweeteners interacting with the transmembrane domain of the human sweet-taste receptor induce sweet-taste synergisms in binary mixtures. *Food Chemistry*, 130(3), 561–568. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.07.073>
- Gilbertson, T. A., Damak, S., & Margolskee, R. F. (2000). The molecular physiology of taste transduction. *Curr Opin Neurobiol.*, 10(4), 519–527.
- Gottfried, J. A., Katz, D. B., & Sadacca, B. F. (2011). Taste, (6). Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK92789/>
- Grembecka, M. (2015). Sugar alcohols—their role in the modern world of sweeteners: a review. *European Food Research and Technology*, 1–14. <http://doi.org/10.1007/s00217-015-2437-7>
- Hummel, T., Landis, B. N., & Hüttenbrink, K.-B. (2012). Smell and taste disorders. *GMS Curr Top Otorhinolaryngol Head Neck Surg*, 1–15. <http://doi.org/10.3205/cto000077>

- Iannilli, E., Noennig, N., Hummel, T., & Schoenfeld, A. M. (2014). Spatio-temporal correlates of taste processing in the human primary gustatory cortex. *Neuroscience*, 273(C), 92–99. <http://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2014.05.017>
- Jyotaki, M., Shigemura, N., & Ninomiya, Y. (2010). Modulation of sweet taste sensitivity by orexigenic and anorexigenic factors. *Endocrine Journal*, 57(6), 467–475.
- Keast, R. S. J. (2004). The Influence of Sodium Salts on Binary Mixtures of Bitter-tasting Compounds. *Chemical Senses*, 29(5), 431–439. <http://doi.org/10.1093/chemse/bjh045>
- Konstantinidis, I., Chatziavramidis, A., Printza, A., Metaxas, S., & Constantinidis, J. (2010). Effects of smoking on taste: Assessment with contact endoscopy and taste strips. *The Laryngoscope*, 120(10), 1958–1963. <http://doi.org/10.1002/lary.21098>
- Köhler, K., Hillebrecht, A., Schulze Wischeler, J., Innocenti, A., Heine, A., Supuran, C. T., & Klebe, G. (2007). Saccharin Inhibits Carbonic Anhydrases: Possible Explanation for its Unpleasant Metallic Aftertaste. *Angewandte Chemie International Edition*, 46(40), 7697–7699. <http://doi.org/10.1002/anie.200701189>
- Kringelbach, M. L., de Araujo, I. E. T., & Rolls, E. T. (2004). Taste-related activity in the human dorsolateral prefrontal cortex. *NeuroImage*, 21(2), 781–788. <http://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2003.09.063>
- Lawless, H. T. (2004). Metallic Taste and Retronasal Smell. *Chemical Senses*, 29(1), 25–33. <http://doi.org/10.1093/chemse/bjh003>
- Li, X., Bachmanov, A. A., Maehashi, K., Li, W., Lim, R., Brand, J. G., et al. (2011). Sweet Taste Receptor Gene Variation and Aspartame Taste in Primates and Other Species. *Chemical Senses*, 36(5), 453–475. <http://doi.org/10.1093/chemse/bjq145>
- Low, Y., Lacy, K., & Keast, R. (2014). The Role of Sweet Taste in Satiation and Satiety. *Nutrients*, 6(12), 3431–3450. <http://doi.org/10.3390/nu6093431>

- Mennella, J. A., Bobowski, N. K., & Reed, D. R. (2017). The development of sweet taste: From biology to hedonics. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*, 1–8.
<http://doi.org/10.1007/s11154-016-9360-5>
- Mennella, J. A., Reed, D. R., Mathew, P. S., Roberts, K. M., & Mansfield, C. J. (2014). “A Spoonful of Sugar Helps the Medicine Go Down”: Bitter Masking by Sucrose Among Children and Adults. *Chemical Senses*, 40(1), 17–25. <http://doi.org/10.1093/chemse/bju053>
- Miele, N. A., Cabisidan, E. K., Plaza, A. G., Masi, P., Cavella, S., & Di Monaco, R. (2017). Carbohydrate sweetener reduction in beverages through the use of high potency sweeteners: Trends and new perspectives from a sensory point of view. *Trends in Food Science & Technology*, 64, 87–93. <http://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.04.010>
- Moller, A. R. (2007). Sensory Systems (pp. 1–488).
- Mooradian, A. D., Smith, M., & Tokuda, M. (n.d.). The role of artificial and natural sweeteners in reducing the consumption of table sugar: A narrative review. *Clin Nutr ESPEN*, 18, 1–8.
<http://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2017.01.004>
- Moskowitz, H. R., & Dubose, C. (2013). Taste Intensity, Pleasantness and Quality of Aspartame, Sugars, and Their Mixtures. *Canadian Institute of Food Science and Technology*, 10(2), 126–131. [http://doi.org/10.1016/S0315-5463\(77\)73470-4](http://doi.org/10.1016/S0315-5463(77)73470-4)
- Nahon, D. F., Roozen, J. P., & de Graaf C. (1998). Sensory evaluation of mixtures of maltitol or aspartame, sucrose and an orange aroma. *Chemical Senses*, 23(1), 59–66.
- National Center for Health Statistics. (2013). Taste and Smell Examination Component Manual 2013, 1–90.
- Neely, G., & Borg, G. (1999). The perceived intensity of caffeine aftertaste: tasters versus nontasters. *Chemical Senses*, 24(1), 19–21.
- Nettleton, J. E., Reimer, R. A., & Shearer, J. (2016). Reshaping the gut microbiota: Impact of low calorie sweeteners and the link to insulin resistance? *Physiology & Behavior*, 164(Part B), 488–493. <http://doi.org/10.1016/j.physbeh.2016.04.029>

- Ng, K., Woo, J., Kwan, M., Sea, M., Wang, A., Lo, R., et al. (2004). Effect of age and disease on taste perception. *Journal of Pain and Symptom Management*, 28(1), 28–34.
<http://doi.org/10.1016/j.jpainsymman.2003.11.007>
- Ochsenbein-Kolble, N., Mering, von, R., Zimmermann, R., & Hummel, T. (2005). Changes in gustatory function during the course of pregnancy and postpartum. *BJOG: an International Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 112(12), 1636–1640. <http://doi.org/10.1111/j.1471-0528.2005.00783.x>
- Onaolapo, A. Y., Onaolapo, O. J., & Nwoha, P. U. (2016). Alterations in behaviour, cerebral cortical morphology and cerebral oxidative stress markers following aspartame ingestion. *Journal of Chemical Neuroanatomy*, 78, 42–56.
<http://doi.org/10.1016/j.jchemneu.2016.08.006>
- Pepino, M. Y. (2015). Metabolic effects of non-nutritive sweeteners. *Physiology & Behavior*, 152, 450–455. <http://doi.org/10.1016/j.physbeh.2015.06.024>
- Pepino, M. Y., & Mennella, J. A. (2007). Effects of Cigarette Smoking and Family History of Alcoholism on Sweet Taste Perception and Food Cravings in Women. *Alcoholism: Clinical and Experimental Research*, 31(11), 1891–1899. <http://doi.org/10.1111/j.1530-0277.2007.00519.x>
- Peri, I., Mamrud-Brains, H., Rodin, S., Krizhanovsky, V., Shai, Y., Nir, S., & Naim, M. (2000). Rapid entry of bitter and sweet tastants into liposomes and taste cells: implications for signal transduction. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 278(1), C17–C25.
<http://doi.org/10.1152/ajpcell.2000.278.1.C17>
- Ramenghi, L., Evans, D., & Levene, M. (1999). “Sucrose analgesia”: absorptive mechanism or taste perception? *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*, 1–3.
- Redington, K. (1984). Taste differences between cigarette smokers and nonsmokers. *Pharmacol Biochem Behav.*, 21(2), 203–208.

- Renwick, A. G., & Molinary, S. V. (2010). Sweet-taste receptors, low-energy sweeteners, glucose absorption and insulin release. *British Journal of Nutrition*, 104(10), 1415–1420. <http://doi.org/10.1017/S0007114510002540>
- Riera, C. E., Vogel, H., Simon, S. A., & Coutre, J. L. (2007). Artificial sweeteners and salts producing a metallic taste sensation activate TRPV1 receptors. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 293(2), R626–R634. <http://doi.org/10.1152/ajpregu.00286.2007>
- Roudnitzky, N., Bufo, B., Thalmann, S., Kuhn, C., Gunn, H. C., Xing, C., et al. (2011). Genomic, genetic and functional dissection of bitter taste responses to artificial sweeteners. *Human Molecular Genetics*, 20(17), 3437–3449. <http://doi.org/10.1093/hmg/ddr252>
- RS, K., & PA, B. (2002). Modifying the Bitterness of Selected Oral Pharmaceuticals with Cation and Anion series of Salts. *Pharm Res*, 1–8.
- Running, C. A., Craig, B. A., & Mattes, R. D. (2015). Oleogustus: The Unique Taste of Fat. *Chemical Senses*, 40(7), 507–516. <http://doi.org/10.1093/chemse/bjv036>
- Schiffman, S. S., Booth, B. J., Losee, M. L., Pecore, S. D., & Warwick, Z. S. (1995). Bitterness of sweeteners as a function of concentration. *Brain Research Bulletin*, 36(5), 505–513.
- Schiffman, S. S., Sattely-Miller, E. A., & Bishay, I. E. (2007). Time to maximum sweetness intensity of binary and ternary blends of sweeteners. *Food Quality and Preference*, 18(2), 405–415. <http://doi.org/10.1016/j.foodqual.2006.04.007>
- Sediva, A., Panovska, Z., & Pokorny, J. (2006). Sensory Profiles of Sweeteners in Aqueous Solutions. *Czech J. Food Sci*, 1–5.
- Stowers, L., Kuo, T.-H., Hansson, B., Wicher, D., Touhara¹, K., Niimura¹, Y., et al. (2016). Chemosensory Transduction: The Detection of Odors, Tastes, and Other Chemostimuli (pp. 1–432). Elsevier Inc.

- Temussi, P. (2007). The sweet taste receptor: a single receptor with multiple sites and modes of interaction. *Adv Food Nutr Res*, 53, 199–239. [http://doi.org/10.1016/S1043-4526\(07\)53006-8](http://doi.org/10.1016/S1043-4526(07)53006-8)
- Temussi, P. A. (2011). New Insights into the Characteristics of Sweet and Bitter Taste Receptors. *International Review Of Cell and Molecular Biology* (1st ed., Vol. 291, pp. 191–226). Elsevier Inc. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-386035-4.00006-9>
- TOXNET. (n.d.). **Aspartame**. Retrieved December 19, 2017, from <https://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search2/r?dbs+hsdb:@term+@rn+@rel+22839-47-0>
- Unraveling the biochemistry of sweet and umami tastes. (2004). Unraveling the biochemistry of sweet and umami tastes, 1–2.
- Wiet, S. G., & Beyts, P. K. (1992). Sensory Characteristics of Sucralose and other High Intensity Sweeteners. *Journal of Food Science*, 57(4), 1014–1019. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1992.tb14345.x>
- Wu, X., Onitake, H., Haraguchi, T., Tahara, Y., Yatabe, R., Yoshida, M., et al. (2016). Quantitative prediction of bitterness masking effect of high-potency sweeteners using taste sensor. *Sensors & Actuators: B. Chemical*, 235, 11–17. <http://doi.org/10.1016/j.snb.2016.05.009>
- Yasuura, M., Tahara, Y., Ikezaki, H., & Toko, K. (2014). Development of a Sweetness Sensor for Aspartame, a Positively Charged High-Potency Sweetener. *Sensors*, 14(4), 7359–7373. <http://doi.org/10.3390/s140407359>
- Yoshida, R., Miyauchi, A., Yasuo, T., Jyotaki, M., Murata, Y., Yasumatsu, K., et al. (2009). Discrimination of taste qualities among mouse fungiform taste bud cells. *The Journal of Physiology*, 587(18), 4425–4439. <http://doi.org/10.1113/jphysiol.2009.175075>
- Zhang, Y., Hoon, M. A., Chandrashekar, J., Mueller, K. L., Cook, B., Wu, D., et al. (2003). Coding of sweet, bitter, and umami tastes: different receptor cells sharing similar signaling pathways. *Cell*, 112(3), 293–301.

Zhao, G. Q., Zhang, Y., Hoon, M. A., Chandrashekar, J., Erlenbach, I., Ryba, N. J. P., & Zuker, C. S. (2003). The receptors for mammalian sweet and umami taste. *Cell*, 115(3), 255–266.

Zhao, L., & Tepper, B. J. (2007). Perception and acceptance of selected high-intensity sweeteners and blends in model soft drinks by propylthiouracil (PROP) non-tasters and super-tasters. *Food Quality and Preference*, 18(3), 531–540.

<http://doi.org/10.1016/j.foodqual.2006.07.004>

Παναγιωτάκης, Σ. (2013). Μελέτη της γεύσης του πικρού στην ουσία PTC σε ομάδα απόμων Ελληνικής καταγωγής., 1–69.

Στις παρακάτω κλίμακες σημειώστε την κουκίδα εκείνη που βρίσκεται πιο κοντά στην ένταση της κάθε γεύσης που αντιλαμβάνεστε στο παρόν δείγμα

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ[illegible]

	HMEPOMHNTA					
	H	H	M	M	E	E
0					1	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						



116

2. Έντυπο αξιολόγησης των ποιοτήτων επίγευσης

ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Μελέτη γενετικών παραγόντων που
σχετίζονται με την αντίληψη του γλυκού

Στις παρακάτω κλίμακες σημειώστε την κουκίδα εκείνη που
βρίσκεται πιο κοντά στην ένταση της κάθε γευστικής ποιότητας που σας έμεινε
από το παρόν δείγμα **μετά την πάροδο 20'' από την κατάποση**

1. Γλυκιά επίγευση

Καθόλου  Έντονη

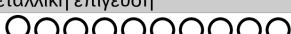
2. Πικρή επίγευση

Καθόλου  Έντονη

3. Ξινή επίγευση

Καθόλου  Έντονη

4. Μεταλλική επίγευση

Καθόλου  Έντονη

5. Άλλη επίγευση: _____

Καθόλου  Έντονη

Δεν αντιλήφθηκα κάποια επίγευση 

ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ

#338 

#889 

ID 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9





ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ

	H	H	M	M	E	E
0					1	6
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΙΓΕΥΣΗΣ