



Σχολή Επιστημών Τροφίμων

Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Φυσικές και Τεχνικές γλυκαντικές ύλες ο ρόλος τους στις
ολιγοθερμικές δίαιτες ως προς την ασφάλεια και υγεία»**

English Title

**"Natural and Technical sweeteners, their role in oligothermic
diets in terms of safety and health"**



Νταγιάντας Νικόλαος 15161

Ntagiantas Nikolaos

Νταγιάντα Βασιλική 17170

Ntagianta Vasiliki

Οι υπογράφοντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη πτυχιακή εργασία με τίτλο «Φυσικές και Τεχνικές γλυκαντικές ύλες ο ρόλος τους στις ολιγοθερμικές δίαιτες ως προς την ασφάλεια και υγεία» που παρουσιάστηκε από τον Νταγιάντα Νικόλαο και την Νταγιάντα Βασιλική και βεβαιώνουμε ότι

Ημερομηνία 05/03/2024

Όνομα επιβλέποντος
Διονύσης Αντωνόπουλος

Ημερομηνία 05/03/2024

Όνομα μέλους επιτροπής
Δήμητρα Χούχουλα

Ημερομηνία 05/03/2024

Όνομα μέλους επιτροπής
Σοφία Λέτσιου

Δήλωση περί λογοκλοπής

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

Νταγιάντας Νικόλαος

Νταγιάντα Βασιλική

Πίνακας εικόνων

Περιεχόμενα

Πίνακας εικόνων	2
Περίληψη	4
Abstract	5
Εισαγωγή.....	6
Κεφάλαιο 1: Οι γλυκαντικές ύλες	8
1.1 Γλυκαντικές ύλες	8
1.2 Φυσικές γλυκαντικές ύλες	9
1.2.1 Σάκχαρα	11
1.2.2 Αλκοόλες ζάχαρης.....	14
1.2.3 Τερπενοειδείς γλυκοζίτες ή γλυκοζίτες στεβιόλης	15
1.2.4 Πρωτεΐνες.....	17
1.3 Οι τεχνητές γλυκαντικές ουσίες.....	18
1.3.1 Ασπαρτάμη.....	19
1.3.2 Ακεσουλφάμη-k.....	21
1.3.3 Σουκραλόζη	23
1.3.4 Σακχαρίνη.....	24
1.3.5 Κυκλαμικό	26
1.3.6 Νεοτάμη.....	27
1.3.7 Αλιτάμη	28
1.3.8 D-ψικόζη.....	29
1.3.9 Ξυλιτόλη.....	31
1.3.10 Tagatose	32
1.3.11 D-αλλόζη	33
1.3.12 Ερυθριτόλη και άλλες πολυόλες	34
1.3.13 Τρεαλόζη	35
1.3.14 Νεοεσπεριδίνη (NHDC).....	35
Κεφάλαιο 2: Ο ρόλος των γλυκαντικών ουσιών στις ολιγοθερμικές δίαιτες ως προς την ασφάλεια και υγεία	36
2.1 Η χρήση και ο ρόλος των γλυκαντικών ουσιών με χαμηλές θερμίδες	36
2.2 Οφέλη των γλυκαντικών υλών χαμηλών θερμίδων για τη διατροφή και την υγεία.....	38
2.2.1 Πείνα, όρεξη και κορεσμός	39
2.2.2 Πρόσληψη ενέργειας.....	40
2.2.3 Διαχείριση βάρους	41
2.2.4 Διαβήτης και ινσουλίνη.....	43
2.2.5 Οι γλυκαντικές ουσίες χαμηλών θερμίδων συμβάλλουν στη στοματική υγεία	44
2.2.6 Μη μεταδοτικές ασθένειες	47
2.2.7 Διαταραχή του χολικού συστήματος.....	48

2.2.8 Νευροαναπτυξιακές διαταραχές στα παιδιά.....	49
2.2.9 Επιδείνωση των γνωστικών ικανοτήτων.....	50
2.2.10 Επιπλοκές κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης	50
2.3 Τεχνητά γλυκαντικά και οφέλη στην υγεία.....	53
2.4 Νομοθεσία της ΕΕ για τις γλυκαντικές ύλες	54
2.5 Αναδυόμενες τεχνολογίες	58
Συζήτηση	60
Συμπεράσματα	62
Βιβλιογραφία.....	64

Περίληψη

Η χρήση ραφιναρισμένης ζάχαρης στην καθημερινή μας ζωή είναι μια κοινή πρακτική και η χρήση της έχει αυξηθεί πολλαπλά τις τελευταίες δεκαετίες. Χρησιμοποιείται συνήθως σε επιδόρπια,

χυμούς, ροφήματα και προϊόντα αρτοποιίας σε όλο τον κόσμο. Ωστόσο, η υπερβολική κατανάλωση είναι απειλητική για την ανθρώπινη υγεία, καθώς η ζάχαρη προκαλεί πολλά προβλήματα υγείας.

Οι τεχνητές γλυκαντικές ουσίες γίνονται όλο και πιο δημοφιλή ως εναλλακτική λύση στη ζάχαρη. Η αυξημένη συχνότητα εμφάνισης της παχυσαρκίας, του διαβήτη και του μεταβολικού συνδρόμου, σε συνδυασμό με την αυξημένη ευαισθητοποίηση των καταναλωτών, έχει οδηγήσει σε μια σταθερή αλλαγή παραδείγματος προς τη χρήση τεχνητών γλυκαντικών υλών χαμηλών θερμίδων. Αυτά τα τεχνητά γλυκαντικά χαρακτηρίζονται από έντονη γλυκύτητα και καθόλου ή λίγες θερμίδες ανά γραμμάριο.

Οι περισσότερες τεχνητές γλυκαντικές ουσίες δεν μεταβολίζονται στο σώμα και, επομένως, θεωρούνται γενικά ασφαλή για κατανάλωση. Ωστόσο, επικρατούν ανησυχίες σχετικά με την τοξικότητα των «μη μεταβολιζόμενων» ενώσεων σε προκλινικές μελέτες.

Λέξεις κλειδιά: φυσικά γλυκαντικά, τεχνητά γλυκαντικά, ασφάλεια, υγεία.

Abstract

The use of refined sugar in our daily lives is a common practice and its use has increased manifold in the last decades. It is commonly used in desserts, juices, beverages, and bakery products all over the world. However, excessive consumption is threatening to human health as sugar causes many health problems.

Artificial sweeteners are becoming increasingly popular as an alternative to sugar. The increased incidence of obesity, diabetes, and metabolic syndrome, combined with increased consumer

awareness, has led to a steady paradigm shift towards the use of low-calorie artificial sweeteners. These artificial sweeteners are characterized by intense sweetness and little or no calories per gram.

Most artificial sweeteners are not metabolized in the body and are therefore generally considered safe to consume. However, there are concerns about the toxicity of 'non-metabolizable' compounds in preclinical studies.

Key words: natural sweeteners, artificial sweeteners, safety, health.

Εισαγωγή

Η πιο επιθυμητή από όλες τις γεύσεις είναι η γλυκιά γεύση, η οποία επηρεάζει τις αισθήσεις και συχνά καθορίζει την αποδοχή ή την απόρριψη ενός τροφίμου. Η γλυκύτητα συνδέεται συχνά με την ενέργεια και τη δύναμη. Τα γλυκαντικά είναι χημικές ενώσεις, που βρίσκονται στη φύση και

συντίθενται χημικά, οι οποίες έχουν μια γλυκιά γεύση που καθορίζει τη χρήση τους ως γλυκαντικούς παράγοντες. Από χιλιάδες χρόνια η ανθρώπινη διατροφή περιλαμβάνει μια ποικιλία φυσικών σακχάρων από φρούτα και μέλι (Weaver et al., 2014).

Ωστόσο, στις αρχές του 20^{ου} αιώνα η σακχαρόζη έγινε το κύριο γλυκαντικό που χρησιμοποιείται από τους καταναλωτές και τη βιομηχανία τροφίμων. Η επιτραπέζια ζάχαρη παράγεται σχεδόν σε 120 χώρες με την παγκόσμια παραγωγή της να ξεπερνά τους 165 εκατομμύρια τόνους ετησίως (Saraiva et al., 2020).

Ωστόσο, τα γλυκαντικά μπορούν να χρησιμοποιηθούν όχι μόνο για να προσδώσουν την κατάλληλη γεύση, αλλά και επειδή επηρεάζουν την υγεία των καταναλωτών. Ως εκ τούτου, οι γλυκαντικοί παράγοντες που υπάρχουν φυσικά ή προστίθενται στα τρόφιμα, είναι εξαιρετικά σημαντικές ενώσεις στην ανθρώπινη διατροφή. Μπορούν να ταξινομηθούν λόγω της προέλευσής τους σε φυσικές ή τεχνικές γλυκαντικές ύλες, της τεχνολογικής λειτουργίας, την υφή τους και της διατροφικής αξίας (Mooradian, Smith & Tokuda, 2017).

Μία από τις σημαντικότερες προκλήσεις που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα είναι η αλλαγή των διατροφικών προτύπων. Σήμερα, σχεδόν ένα δισεκατομμύριο άνθρωποι υποφέρουν από ανεπαρκή διατροφή, η οποία είναι συνήθως υψηλή σε κατανάλωση επεξεργασμένων τροφίμων, πλούσια σε πρόσθετα σάκχαρα και στερεά λιπαρά. Μια τέτοια κατάσταση συμβάλλει στην αύξηση της παχυσαρκίας και της ανάπτυξης μη μεταδοτικών ασθενειών, όπως ο διαβήτης και οι καρδιακές παθήσεις (Asioli et al., 2017).

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ), περίπου το 12% των ενηλίκων ηλικίας < 20 ήταν παχύσαρκοι το 2008. Στην Πολωνία, το 55,7% των ενηλίκων ήταν υπέρβαροι, με μέσο δείκτη μάζας σώματος (ΔΜΣ) ανερχόταν σε 26,7 (άνδρες) και 25,9 (γυναίκες) (WHO, 2021).

Η επιδημική παχυσαρκία και ο διαβήτης ώθησαν στην αλλαγή του τρόπου ζωής του πληθυσμού και την συνειδητοποίηση των τροφίμων που πρέπει να καταναλώνονται για την προαγωγή της καλής υγείας. Τα φυσικά γλυκαντικά είναι αναγνωρισμένες ως ασφαλείς, ωστόσο υπάρχει ανησυχία σχετικά με την αύξηση των γλυκαντικών σε σχέση με τη βέλτιστη διατροφή και την υγεία. Εκτός από το γλυκαντικές ουσίες, οι ουσίες αυτές μπορεί να επηρεάσουν το χρώμα του τροφίμου, τη γεύση, την υφή και τον τρόπο συντήρησής του (Asioli et al., 2017).

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση των φυσικών και τεχνητών γλυκαντικών υλών και τη διερεύνηση του ρόλου τους στις ολιγοθερμικές δίαιτες ως προς την ασφάλεια και την υγεία.

Κεφάλαιο 1: Οι γλυκαντικές ύλες

1.1 Γλυκαντικές ύλες

Με τον όρο **γλυκαντικές ουσίες** ή **γλυκαντικές ύλες** ή **γλυκαντικά**, χαρακτηρίζονται οι οργανικές ενώσεις χαρακτηριστικής γλυκιάς γεύσης που απαντούν σε φυτικούς η ζωικούς οργανισμούς, ουσίες φυσικής ή συνθετικής προέλευσης που χρησιμοποιούνται, είτε για να προσδώσουν γλυκιά γεύση στα τρόφιμα, είτε ως επιτραπέζια γλυκαντικά (Saraiva et al., 2020).

Οι ζαχαρούχες γλυκαντικές ύλες χαρακτηρίζονται ως φυσικής προέλευσης, μεγάλης θρεπτικής αξίας, μονοσακχαρίτες ή δισακχαρίτες ή μίγματα αυτών των υδατανθράκων (Saraiva et al., 2020).

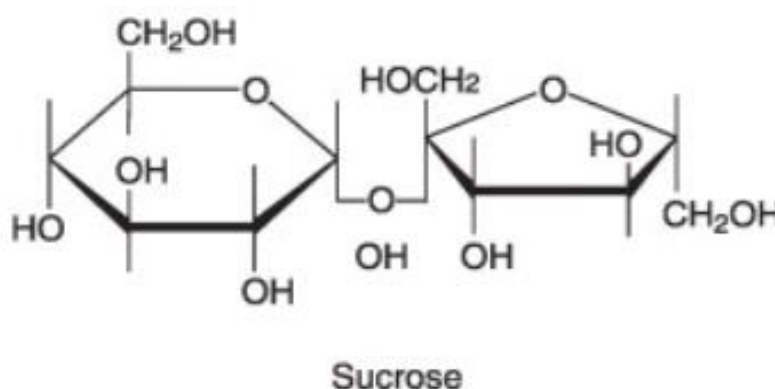
1.2 Φυσικές γλυκαντικές ύλες

Τα τρόφιμα που σχετίζονται με τη γλυκιά γεύση περιέχουν συνήθως απλούς υδατάνθρακες με τη μορφή φρουκτόζης, γλυκόζης και σακχαρόζης, οι οποίοι μεταβολίζονται για την παραγωγή ενέργειας γρήγορα, καθώς και σύνθετους υδατάνθρακες με τη μορφή αμύλου για διατήρηση και αποθήκευση της ενέργειας για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (Saraiva et al., 2020).

Το **μέλι** αποτελεί την πρώτη καταγεγραμμένη γλυκαντική ουσία, ενώ αποτελούσε παλαιότερα το κύριο γλυκαντικό στην ανθρώπινη διατροφή. Υπάρχουν αναφορές στο μέλι σε πολλά αρχαία χειρόγραφα που προέρχονται από τους αρχαίους πολιτισμούς από την Ελλάδα στην Κίνα. Το μέλι είναι ένα αρωματικό, ιξώδες, γλυκό υλικό που προέρχεται από το νέκταρ των φυτών, το οποίο μαζεύουν οι μέλισσες και το μεταβάλλουν για την τροφή τους σε ένα πυκνότερο υγρό και τελικά το αποθηκεύουν στις κηρήθρες τους. Οι μέλισσες συλλέγουν νέκταρ από τα λουλούδια ή φυσικούς χυμούς και το αποθέτουν στην κυψέλη τους. Εκεί χάνει υγρασία και φτάνει στη συνηθισμένη υγρασία του μελιού, από 14-18% (Grembecka, 2015).

Σε εξωτερική χρήση θεραπεύει τα εγκαύματα, τις πληγές και τις ρινοφαρυγγικές παθήσεις χάρη στην ινχιδίνη (inhidine) που του προσδίδει βακτηριοστατικές ιδιότητες, ενώ αποτελεί συστατικό πολλών ιατρικών αλοιφών, εμπλάστρων και καλλωπιστικών κρεμών (Tarry & Le, 2010).

Ωστόσο, τον 18^ο αιώνα, η διαδικασία εξαγωγής **σακχαρόζης** (Εικόνα 1) από ζαχαρότευτλα και ζαχαροκάλαμο αυξήθηκε σε παγκόσμιο επίπεδο. Σήμερα, η σακχαρόζη, ή κοινή επιτραπέζια ζάχαρη, παραμένει η πιο παραδοσιακά χρησιμοποιούμενη γλυκαντική ουσία και είναι διαθέσιμη σε διάφορες ραφινάρισμένες μορφές. Το 2018 και το 2019, η παγκόσμια κατανάλωση σακχαρόζης ανήλθε σε 174 εκατομμύρια μετρικούς τόνους (Saraiva et al., 2020).



Εικόνα 1: Η χημική δομή της σακχαρόζης.

Η ζάχαρη δεν προσφέρει πλεονεκτήματα πέρα από τη γλυκύτητα. Δεν είναι σαφές πότε ακριβώς έγινε η κύρια γλυκαντική ουσία. Πιθανόν τον 17^ο ή 18^ο αιώνα όπου άρχισαν να παράγουν μεγάλες ποσότητες ζάχαρης σε μειωμένες τιμές. Έκτοτε η χρήση της ζάχαρης συνδέεται με την

εκβιομηχάνιση και την αύξηση των επεξεργασμένων τροφίμων. Η ζάχαρη είναι ένας κοινός, φυσικός δισακχαρίτης που προέρχεται από ένα μόριο γλυκόζης ενωμένο με ένα μόριο φρουκτόζης. Η μέση κατά κεφαλήν κατανάλωση σουκρόζης και άλλων σακχάρων στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής (Η.Π.Α.) έχει εκτιμηθεί πως είναι 94g/ημέρα, που αντιστοιχεί στο 22% της ενεργειακής πρόσληψης. Τα διαθέσιμα στοιχεία από τις υπάρχουσες κλινικές μελέτες αποδεικνύουν ότι, η διαιτητική σουκρόζη δεν αυξάνει την γλυκαιμία περισσότερο από όσο θα την αύξανε μια ισοθερμιδική ποσότητα αμύλου (WHO, 2020).

Τα τελευταία χρόνια, η υπερκατανάλωση ζάχαρης έχει γίνει πανδημία, με σοβαρές συνέπειες από πλευράς δημόσιας υγείας. Υπάρχουν σαφείς ενδείξεις για τη συσχέτιση μεταξύ της κατανάλωσης υπερβολικής ποσότητας ζάχαρης και του υψηλότερου κινδύνου για τερηδόνα, σακχαρώδη διαβήτη τύπου II, παχυσαρκία, καρδιαγγειακά νοσήματα, κ.α. (WHO, 2020).

Έχουν αναπτυχθεί πολλές συνθετικές γλυκαντικές ουσίες, αλλά σήμερα η ζήτηση εστιάζει στις φυσικές γλυκαντικές ουσίες, κατά προτίμηση σε εκείνες με χαμηλή θερμιδική συνεισφορά. Το γεγονός αυτό οφείλεται τόσο στην αυξανόμενη ανησυχία των καταναλωτών για τις βλαβερές συνέπειες μιας διατροφής που περιλαμβάνει μεγάλη ποσότητα ζάχαρης, αλλά και από τα προβλήματα που προκύπτουν από τη χρήση τεχνητών πρόσθετων τροφίμων. Παρόλο που πολλά γλυκαντικά χαμηλών θερμίδων είναι άμεσα διαθέσιμα, μόνο λίγα μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τη βιομηχανία τροφίμων, κυρίως λόγω ανησυχιών για την ασφάλεια, αλλά και τεχνολογικών προβλημάτων (Cheron, Marchal & Fiorucci, 2019).

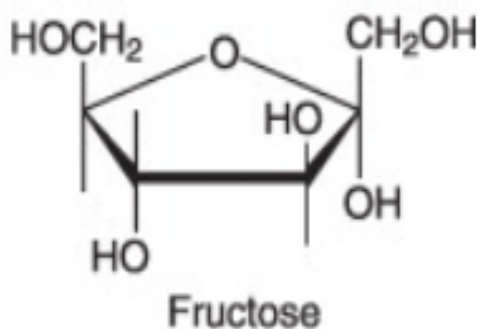
Οι σημαντικότερες πτυχές κατά την επιλογή ενός γλυκαντικού έχουν να κάνουν με τις φυσικοχημικές του ιδιότητες, όπως η θερμική σταθερότητα και η διαλυτότητα στο νερό, αλλά και το κόστος παραγωγής και η ασφάλεια (Kroger, Meister & Kava, 2006). Οι γλυκαντικές ουσίες μπορούν να ταξινομηθούν σύμφωνα με τα εγγενή χαρακτηριστικά τους (θεραπευτική αξία, γλυκαντική ισχύς) και την προέλευσή τους (συνθετικά, ημισυνθετικά και φυσικά) (Carocho, Morales & Ferreira, 2017).

Τα φυσικά γλυκαντικά περιλαμβάνουν ενώσεις ευρείας κλίμακας, όπως σάκχαρα, αλκοόλες σακχάρων, αμινοξέα, πρωτεΐνες, τερπενοειδείς γλυκοζίτες και ορισμένες πολυφαινόλες (Cheron, Marchal & Fiorucci, 2019).

1.2.1 Σάκχαρα

Η σχετική ισχύς γλυκύτητας των υδατανθράκων είναι σταθερά χαμηλότερη από εκείνη της σακχαρόζης, με εξαίρεση τη φρουκτόζη, η οποία είναι το πιο γλυκό φυσικό σάκχαρο (σχετική γλυκύτητα = 1,43), το οποίο υπάρχει σε αφθονία στα φρούτα, στο νέκταρ αγαύης, στο μέλι και σε ορισμένα λαχανικά. Η φρουκτόζη και η γλυκόζη και είναι οι δύο πιο ευρέως υιοθετημένοι μονοσακχαρίτες ως φυσικά γλυκαντικά από τη βιομηχανία τροφίμων (Cheron, Marchal & Fiorucci, 2019).

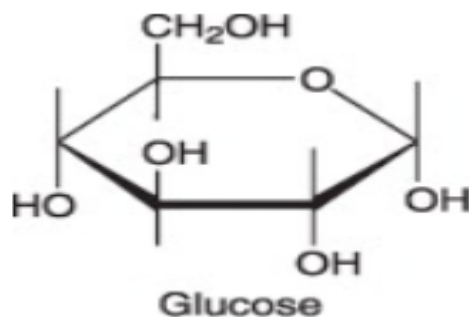
Η **φρουκτόζη** ($C_6H_{12}O_6$) (Εικόνα 2) είναι ένας κοινός, φυσικός μονοσακχαρίτης, στον οποίο εκτιμάται ότι αντιστοιχεί περίπου το 9% της μέσης ενεργειακής πρόσληψης στις Η.Π.Α. Η φρουκτόζη είναι ελαφρώς γλυκύτερη από την σουκρόζη. Η φρουκτόζη ως πρόσθετη γλυκαντική ύλη είναι προϊόν της βιομηχανικής επεξεργασίας του αμύλου του καλαμποκιού και παρασκευάζεται είτε σε μορφή σιροπιού high fructose corn είτε σε κρυσταλλική μορφή, κρυσταλλική φρουκτόζη (Tappy & Le, 2010).



Εικόνα 2: Η χημική δομή της φρουκτόζης.

Η φρουκτόζη αντικαθιστά τη σακχαρόζη σε μια σειρά από τρόφιμα χάρη στον χαμηλότερο γλυκαιμικό δείκτη, τη γλυκαντική της δύναμη και το χαμηλό κόστος, καθώς και την ικανότητά της να βελτιώνει τα συνολικά ποιοτικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος: γεύση, χρώμα, υφή και σταθερότητα στη διάρκεια ζωής. Τα σιρόπια υψηλής περιεκτικότητας σε φρουκτόζη χρησιμοποιούνται ευρέως, κυρίως αυτά που παράγονται με άμυλο καλαμποκιού μέσω μιας περίπλοκης τεχνολογικής διαδικασίας, και λόγω της ενδιαφέρουσας ικανότητας υφήσης, του γευστικού προφίλ τους (Cheron, Marchal & Fiorucci, 2019). Όταν προσλαμβάνονται σε μεγάλες ποσότητες, η δυσασπορόρηση και η μπορεί να εμφανιστούν συνακόλουθες γαστρεντερικές διαταραχές και η υπερβολική πρόσληψη μπορεί να οδηγήσει σε μεταβολικές αλλαγές, π.χ. αντίσταση στην ινσουλίνη, υψηλά τριγλυκερίδια πλάσματος κ.λπ. (Grembecka, 2015).

Η **γλυκόζη** ($C_6H_{12}O_6$) (Εικόνα 3) είναι ένα απλός μονοσακχαρίτης ο οποίος εντοπίζεται στα φυτά. Αποτελεί τον σημαντικότερο υδατάνθρακα στη βιολογία, δεδομένου ότι τα κύτταρα την χρησιμοποιούν ως πρωταρχική πηγή ενέργειας και μέσο μεταβολισμού. Η γλυκόζη είναι η βασική πηγή ενέργειας του ανθρώπινου σώματος, μέσω της αερόβιας αναπνοής, προσφέροντας περίπου 16 θερμίδες ανά γραμμάριο. Μέσω της γλυκόλυσης και αργότερα στις αντιδράσεις του κύκλου του κιτρικού οξέος (TCAC), η γλυκόζη οξειδώνεται για να σχηματίσει τελικά διοξείδιο του άνθρακα και νερό, αποδίδοντας ενέργεια, κυρίως με τη μορφή ATP (Tappy & Le, 2010).



Εικόνα 3: Η χημική δομή της γλυκόζης.

Η **τρεαλόζη** και η **ταταγόζη** αποτελούν δυο ενώσεις οι οποίες εγκρίθηκαν σχετικά πρόσφατα ως νέα συστατικά τροφίμων ή νέα τρόφιμα και εμφανίζονται στην αγορά ως εναλλακτικές της σακχαρόζης. Ο δισακχαρίτης τρεχαλόζη περιλαμβάνει δύο μονάδες γλυκόζης που συνδέονται με έναν α-1,1-γλυκοζιτικό δεσμό και απαντάται φυσικά σε φυτά, μύκητες, έντομα, βακτήρια άλγης και ζύμες (Kroger, Meister & Kava, 2006).

Το εμπορικό προϊόν αποκτάται από το άμυλο ακολουθώντας μια ενζυμική διαδικασία και έχει σχετική δύναμη γλυκύτητας 0,43. Η τρεαλόζη έχει μεγάλη απήχηση επειδή προκαλεί χαμηλή γλυκαιμική απόκριση και συμβάλλει στη διατήρηση της φρεσκάδας των αφυδατωμένων και κατεψυγμένων τροφίμων μέσω της σταθεροποίησης του χρώματος, της υφής και της γεύσης. Μειώνει την επαναποικοδόμηση του αμύλου και δεν συμμετέχει στις αντιδράσεις Maillard. Αποτελεί συστατικό που συναντάται συχνά σε αθλητικά ποτά και μπάρες υγείας (Kroger, Meister & Kava, 2006).

Η ταταγόζη είναι ένα ισομερές φρουκτόζης που απαντάται φυσικά σε ορισμένα φρούτα και γαλακτοκομικά προϊόντα. Θεωρείται πρεβιοτικό και ενισχυτικό γεύσης. Σε βιομηχανικό επίπεδο, παράγεται από τη λακτόζη μετά από ενζυμική διαδικασία πολλών σταδίων, καθώς και από κλασματοποίηση και καθαρισμό. Η ισχύς γλυκύτητάς της πλησιάζει αυτή της σακχαρόζης, 0,92, με το πλεονέκτημα ότι μεταβολίζεται διαφορετικά συμβάλλοντας σε λιγότερες θερμίδες, προκαλεί ασθενέστερη γλυκαιμική απόκριση και δεν ευνοεί την ανάπτυξη τερηδόνας. Καθώς η πέψη της γίνεται μόνο εν μέρει, μπορεί να προκαλέσει διάρροια, κοιλιακή δυσφορία και μετεωρισμό όταν λαμβάνεται σε υψηλές δόσεις. Η ταταγόζη χρησιμοποιείται για την παρασκευή ενεργειακών ράβδων, δημητριακών πρωινού, τσίγλας σοκολάτας, καραμέλας, παγωτού, αναψυκτικών και γιαουρτιού (Kroger, Meister & Kava, 2006; Carcho, Morales & Ferreira, 2017).

1.2.2 Αλκοόλες ζάχαρης

Οι **αλκοόλες ζάχαρης**, ή **πολυόλες**, είναι υδατάνθρακες χαμηλής πέψης που απαντώνται φυσικά στα φρούτα, τα λαχανικά, τα μανιτάρια και τα φύκια και έχουν χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτικός τύπος γλυκαντικού τα τελευταία χρόνια. Οι αλκοόλες ζάχαρης που επιτρέπεται από τη

βιομηχανία τροφίμων να χρησιμοποιούνται ως θρεπτικά γλυκαντικά περιλαμβάνουν τη **μαλτιτόλη**, τη **μαννιτόλη**, τη **σορβιτόλη**, την **ξυλιτόλη**, την **ερυθριτόλη**, την **ισομάλη** και τη **λακτιτόλη**. Ορισμένες άλλες σχετικές ενώσεις που εντάσσονται σε αυτή την κατηγορία είναι η αραβιτόλη και τα υδρολυμένα υδρολυτικά άμυλου, παρά το γεγονός ότι δεν επιτρέπονται στην Ευρωπαϊκή Ένωση (E.E.) (Carocho, Morales & Ferreira, 2017).

Σε γενικές γραμμές λαμβάνονται με καταλυτική υδρογόνωση από τα αντίστοιχα σάκχαρα αλδόζης. Για ορισμένες αλκοόλες σακχάρων, όπως η ερυθριτόλη, χρησιμοποιούνται μέθοδοι που βασίζονται στη ζύμωση ή στην ενζυμική μετατροπή με οσμόφιλες ζύμες ή μύκητες. Παρεμπιπτόντως, η μαννιτόλη, η σορβιτόλη και η μαλτιτόλη εξάγονται εύκολα από καφέ φύκια (π.χ. είδη *Laminaria*) (Chades et al., 2018). Οι αλκοόλες ζάχαρης χρησιμοποιούνται συχνά για σκοπούς αναδιαμόρφωσης προϊόντων τροφίμων, όπου, εκτός από τη γλυκύτητα, η υφή και ο όγκος της ζάχαρης παίζουν βασικό ρόλο σε μπισκότα χωρίς ζάχαρη, κέικ, γλυκά, σοκολάτες και τσίχλες. Εφαρμόζονται σε φαρμακευτικά προϊόντα όπως παστίλιες για το λαιμό (Kroger, Meister & Kava, 2006).

Οι πολυόλες προσφέρουν δύο σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι της ζάχαρης ως συστατικά τροφίμων, καθώς δεν ευνοούν τη φθορά των δοντιών επειδή δεν είναι ζυμώσιμες από τα βακτήρια του στόματος, αλλά και εμφανίζουν χαμηλότερη περιεκτικότητα σε θερμίδες και γλυκαιμικό δείκτη (Kroger, Meister & Kava, 2006). Οι αλκοόλες ζάχαρης παρουσιάζουν επίσης πρεβιοτικές ιδιότητες και, όπως και οι φυτικές ίνες, συμβάλλουν στην υγεία του εντερικού μικροβιόκοσμου (Ruiz-Ojeda et al., 2019).

Οι αλκοόλες ζάχαρης χρησιμοποιούνται συχνά μαζί με έντονες γλυκαντικές ουσίες για να καλύψουν τις εκτός γεύσης γεύσεις των τελευταίων, ενώ παράλληλα προσδίδουν το όγκο που δεν μπορούν να προσδώσουν οι γλυκαντικές ουσίες χαμηλών θερμίδων. Σε αντίθεση με τα σάκχαρα, δεν υπόκεινται σε αντιδράσεις Maillard και αφήνουν ένα δροσιστικό αποτέλεσμα στο στόμα, το οποίο θα μπορούσε να είναι επιθυμητό για ορισμένα προϊόντα, αλλά ιδιαίτερα σε πολλά άλλα, όπως για παράδειγμα σε αρτοσκευάσματα (Saraiwa et al., 2020).

Συνολικά, από όλες τις επιτρεπόμενες αλκοόλες ζάχαρης, οι ιδιότητες της ξυλιτόλης, της ερυθριτόλης και της μαλτιτόλης πλησιάζουν περισσότερο σε εκείνες της σακχαρόζης, με σχετική γλυκύτητα 0,63, 0,87 και 0,97, αντίστοιχα. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο χρησιμοποιούνται περισσότερο. Σε αντίθεση με τη σακχαρόζη και τη γλυκόζη, οι αλκοόλες ζάχαρης δεν χωνεύονται πλήρως, γι' αυτό και η υπερβολική πρόσληψη μπορεί να οδηγήσει σε γαστρεντερικά συμπτώματα ακόμη και σε υγιή άτομα, γι' αυτό και οι καταναλωτές με φλεγμονώδη νόσο του εντέρου πρέπει να είναι πολύ προσεκτικοί με αυτές (Ruiz-Ojeda et al., 2019).

1.2.3 Τερπενοειδείς γλυκοζίτες ή γλυκοζίτες στεβιόλης

Η **στεβία** (Εικόνα 4) είναι η μόνη φυσική γλυκαντική ουσία με μηδέν θερμίδες, μηδέν υδατάνθρακες, μηδέν γλυκαιμικό δείκτη (G.I.) και μηδέν γλυκαιμικό φορτίο (G.L.). Επομένως, όταν

χρησιμοποιείται αντί της κοινής ζάχαρης ή άλλων επίσης θερμιδογόνων γλυκαντικών υλών (π.χ. φρουκτόζη, μέλι, σιρόπι αγαύης κ.ά.), περιορίζει την ενεργειακή πρόσληψη και έτσι συμβάλλει θετικά στην προσπάθεια ελέγχου των περιττών κιλών. Ενώ η ζάχαρη περιέχει υδατάνθρακες και αποδίδει 4 θερμίδες ανά γραμμάριο, η στέβια δεν περιέχει κανενός είδους θερμιδογόνο συστατικό, επομένως δεν αποδίδει καθόλου θερμίδες, σε οποιαδήποτε ποσότητα κατανάλωσης. Συνεπώς, αποτελεί μια εναλλακτική πρόταση για τα άτομα που τρώνε πολλή ζάχαρη, προσέχουν τη σιλουέτα τους ή πρέπει να ελέγχουν την πρόσληψη σακχάρων και θερμίδων, π.χ. διαβητικοί και παχύσαρκοι (Cheron, Marchal & Fiorucci, 2019).



Εικόνα 4: Η στέβια.

Οι γλυκοζίτες **στεβιόλης** είναι μια ομάδα γλυκών ενώσεων που εξάγονται από τα φύλλα ενός φυτού που κατάγεται από τη Νότια Αμερική και ονομάζεται *Stevia rebaudiana* Bertoni (Asteraceae), το οποίο σήμερα καλλιεργείται σε ορισμένες χώρες της Ευρώπης και της Ασίας. Τυπικά, οι γλυκοζίτες αυτοί αντιπροσωπεύουν έως και το 15% της ξηράς ουσίας των φύλλων του φυτού. Υπάρχουν δέκα κύριοι διτερπενοειδείς γλυκοζίτες εντ-καυρανίου και όλοι έχουν την ίδια δομή πυρήνα στεβιόλης. Η στεβιοσίδη, ακολουθούμενη από τη ρεβαουδιοσίδη Α, είναι οι δύο πιο άφθονοι και εμπορικά σημαντικοί. Αφήνουν μια πολύ γλυκιά γεύση στο στόμα που είναι εκατοντάδες φορές ανώτερη από τη σακχαρόζη, γεγονός που τους καθιστά πολύ ενδιαφέροντες γλυκαντικούς παράγοντες (Cheron, Marchal & Fiorucci, 2019).

Η **ρεβαδιοσίδη Α**, της οποίας η σχετική γλυκύτητα είναι 250-450, είναι ο πιο ελκυστικός γλυκοζίτης στεβιόλης και προσφέρει γεύση όπως η σακχαρόζη χωρίς παρενέργειες, ενώ η στεβιοσίδη έχει μια ελαφριά πικρή παρενέργεια (Swiader et al., 2019). Δεδομένου ότι τα φύλλα του φυτού δεν μπορούν να αξιοποιηθούν άμεσα στις Η.Π.Α. και την Ε.Ε., οι γλυκοζίτες στεβιόλης εκχυλίζονται με

νερό πριν επαναδιαλυθούν και ανακρυσταλλωθούν από υδροαλκοολικό διάλυμα. Οι γλυκοζίτες στεβιόλης υδρολύονται σε στεβιόλη από το μικροβιόκοσμο του παχέος εντέρου. Το μεγαλύτερο μέρος της στεβιόλης απορροφάται από το έντερο προτού φθάσει στο ήπαρ, όπου περνά από μια διαδικασία σύζευξης με γλυκουρονικό οξύ για την παραγωγή γλυκορονιδίων στεβιόλης, τα οποία τελικά απεκκρίνονται κυρίως με τα ούρα (Gu et al., 2019).

Η κατανάλωση γλυκοζιτών στεβιόλης είναι ασφαλής εφόσον βρίσκεται εντός του ορίου των 4 mg/kg σωματικού βάρους/ημέρα (EFSA et al., 2020). Και η θερμιδική τους συνεισφορά είναι μη σημαντική, οπότε είναι κατάλληλες για διαβητικούς ασθενείς. Τους έχουν επίσης αποδοθεί αντιφλεγμονώδεις και ανοσοτροποποιητικές διουρητικές και αντυπερτασικές ιδιότητες. Όσον αφορά τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά τους, παραμένουν μέτρια σταθερά σε υψηλή θερμοκρασία και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εύρος pH από 2 έως 10. Οι γλυκοζίτες στεβιόλης έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως για την παραγωγή ζαχαρωδών προϊόντων, σοκολάτας, αρτοσκευασμάτων, γιαουρτιών, παγωτού, τσίχλας, σάλτσας, γαλακτοκομικών προϊόντων μαρμελάδας και ποτών (Pielak et al., 2019).

Μια άλλη γλυκαντική ένωση που παρουσιάζει ενδιαφέρον είναι η **γλυκυρριζίνη** ή **γλυκυρριζικό οξύ**, η οποία απομονώνεται από τις ρίζες της *Glycyrrhiza glabra* L. (Fabaceae), η οποία είναι ένα φυτό γλυκόριζας. Το μόριο αυτό προσφέρει σχετική γλυκύτητα 90. Η χρήση του ως γλυκαντικού επιτρέπεται στην Ιαπωνία και σε άλλες χώρες, αλλά όχι στις Η.Π.Α. και την Ε.Ε., όπου η γλυκυρριζίνη έχει εγκριθεί μόνο ως επιφανειοδραστικό και αρωματικό μέσο, καθώς και με τη μορφή αμμωνιοποιημένης γλυκυρριζίνης, η οποία θεωρείται γενικά αναγνωρισμένη ως ασφαλής (GRAS) (FDA, 2020). Η πρόσληψη γλυκυρριζίνης δεν πρέπει ποτέ να υπερβαίνει τα 100 mg/ημέρα, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις πηγές της στη διατροφή, δεδομένου του κινδύνου τοξικών επιδράσεων, υπέρταση και δευτερογενείς διαταραχές που προκαλούνται από υποκαλιαιμία (EC-SCF, 2020).

1.2.4 Πρωτεΐνες

Οι **πρωτεΐνες** με γλυκιά γεύση απαντώνται φυσικά σε ορισμένα εξωτικά φυτά και η γλυκύτητά τους είναι εκατοντάδες έως χιλιάδες φορές ανώτερη από τη σακχαρόζη. Η **θαυματίνη** αποτελείται από ένα μείγμα έξι στενά συνδεδεμένων πρωτεϊνών, της θαυματίνης I, II, III, a, b και c, που εξάγεται από τον καρπό του *Thaumatococcus daniellii* Benth (Marantaceae), ο οποίος είναι ενδημικό φυτό της δυτικής Αφρικής. Η θαυματίνη I και II είναι οι κύριες μορφές, παρά το γεγονός ότι όλες οι ισομορφές έχουν γλυκιά γεύση. Δεν υπάρχει ομόφωνη τιμή για τη γλυκαντική της ισχύ, αλλά εκτιμάται ότι είναι περίπου 1600-3000 φορές υψηλότερη από τη σακχαρόζη. Η εκχύλιση γίνεται με νερό και μηχανικές μεθόδους (Cheron, Marchal & Fiorucci, 2019).

Η τρέχουσα παραγωγή θαυματίνης δεν καλύπτει τη ζήτηση και οι εναλλακτικές μέθοδοι παραγωγής της μέσω μικροοργανισμών και διαγονιδιακών φυτών αυξάνονται. Τα κύρια προβλήματα με τη χρήση της είναι η καθυστερημένη έναρξη της δράσης και η ελαφριά γεύση γλυκόριζας, η οποία

μπορεί να επηρεάσει την αποδοχή από τους καταναλωτές. Ως εκ τούτου, η χρήση του σε μεγάλες ποσότητες δεν συνιστάται (Carocho, Morales & Ferreira, 2017).

Ωστόσο, λειτουργεί εξαιρετικά καλά όταν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλα γλυκαντικά για να μειώσει την πικράδα και να προσδώσει στα τρόφιμα γεύση umami. Όσον αφορά τις φυσικοχημικές ιδιότητες, είναι εξαιρετικά διαλυτή στο νερό και αντέχει καλά στις υψηλές θερμοκρασίες και στο όξινο pH. Η θαυμαστική χρησιμοποιείται συχνά σε επεξεργασμένα λαχανικά, σάλτσες, σούπες, πουλερικά, προϊόντα που προέρχονται από αυγό, κόμμεα και χυμούς φρούτων (Carocho, Morales & Ferreira, 2017).

Αρκετές άλλες γλυκές πρωτεΐνες είναι γνωστές, με τις πιο υποσχόμενες να είναι η βραζιζεΐνη, η μαμπινλίνη, η μονελίνη, η μιρακουλίνη, η πενταδίνη, η κουρκουλίνη (νεοκουλίνη) και η λυσοζύμη, αλλά απαιτούνται περισσότερες μελέτες για να εξασφαλιστεί η ασφάλεια και η εφαρμογή τους στη βιομηχανία τροφίμων (Carocho, Morales & Ferreira, 2017).

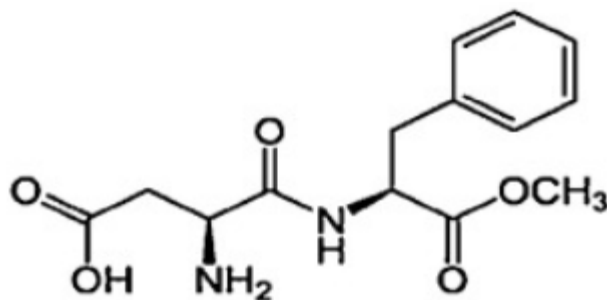
1.3 Οι τεχνητές γλυκαντικές ουσίες

Ένα γλυκαντικό είναι ένα πρόσθετο τροφίμων, το οποίο μιμείται την επίδραση της ζάχαρης στη γεύση και το οποίο ονομάζεται υποκατάστατο ζάχαρης. Οι καταναλωτές συχνά επιλέγουν τα τρόφιμα που αποτελούνται από γλυκαντικά χαμηλών θερμίδων, επειδή θέλουν τη γεύση της γλυκύτητας χωρίς πρόσθετες θερμίδες. Η διατροφική επιλογή που παρέχει ένα τέτοιο προϊόν μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στη διαχείριση της παχυσαρκίας ή του σακχαρώδη διαβήτη.

Μια ομάδα τέτοιων γλυκαντικών αποτελείται από ουσίες με πολύ έντονη γλυκιά γεύση και χρησιμοποιείται σε μικρή ποσότητα για να αντικαταστήσει τη γλυκύτητα μιας πολύ μεγαλύτερης ποσότητας ζάχαρης. Οι γλυκαντικές ουσίες αυτού του τύπου που έχουν εγκριθεί για χρήση στις Ηνωμένες Πολιτείες είναι οι εξής: ασπαρτάμη, ακεσουλφάνη-K, νεοτάμη, σακχαρίνη, σουκραλόζη, κυκλαμικό και αλιτάμη.

1.3.1 Ασπαρτάμη

Η ασπαρτάμη (Εικόνα 5) ανακαλύφθηκε το 1965 από τον χημικό James Schlatter. Είναι ένα τεχνητό, μη σακχαριδικό γλυκαντικό, μεθυλεστέρα L-ασπαρτυλ-L-φαινυλαλανίνης που είναι μεθυλεστέρας του διπεπτιδίου των αμινοξέων ασπαρτικό οξύ και φαινυλαλανίνη. Υπό έντονα όξινες ή αλκαλικές συνθήκες, η ασπαρτάμη μπορεί να παράγει μεθανόλη με υδρόλυση. Υπό πιο αυστηρές συνθήκες, οι πεπτιδικοί δεσμοί υδρολύονται επίσης, με αποτέλεσμα τα ελεύθερα αμινοξέα. Είναι ελαφρώς διαλυτή στο νερό, ενώ η διαλυτότητα αυξάνεται με υψηλότερο ή χαμηλότερο pH, αλλά και με αύξηση της θερμοκρασίας.



Εικόνα 5: Η ασπαρτάμη.

Αυτό το γλυκαντικό κυκλοφορεί στην αγορά με διάφορες εμπορικές ονομασίες όπως Equal, Nutrasweet και Candere και έχει καλή καθαρή γλυκιά γεύση.

Η χημική σύνθεση της ασπαρτάμης περιλαμβάνει τη σύζευξη των δύο μονάδων αμινοξέων που έχουν την κατάλληλη προστασία λειτουργικών ομάδων με συμβατικά συνθετικά αντιδραστήρια. Οι δύο κύριες διεργασίες είναι γνωστές ως διεργασίες Z- και F- που πήραν το όνομά τους από την προστατευτική ομάδα που χρησιμοποιείται στην ασπαρτυλομάδα. Και οι δύο αυτές διεργασίες παράγουν ορισμένα προϊόντα β-σύζευξης μαζί με την επιθυμητή α-ασπαρτάμη.

Η διαδικασία Z περιλαμβάνει κυρίως την αφυδάτωση του βενζυλοξυκαρβονυλο-L-ασπαρτικού οξέος με οξικό ανυδρίτη. Ο ανυδρίτης συνδέεται στη συνέχεια με τον μεθυλεστέρα της L-φαινυλαλανίνης σε τολουόλιο για να δώσει ένα μείγμα βενζυλοξυ-καρβονυλ α- και β-ασπαρτάμης. Οι προστατευτικές ομάδες απομακρύνονται με υδρογονόλυση και το προκύπτον μίγμα ισομερών ασπαρτάμης δίνει ασπαρτάμη κατά την κρυστάλλωση (Ager et al., 1998).

Η διαδικασία F περιλαμβάνει την προστασία της αμινομάδας του ασπαρτικού οξέος με μια φορμυλομάδα και την ταυτόχρονη αφυδάτωση προς σχηματισμό ανυδρίτη. Ο ανυδρίτης συνδέεται στη συνέχεια είτε με L-φαινυλαλανίνη είτε με τον μεθυλεστέρα της και η φορμυλομάδα απομακρύνεται με όξινη υδρόλυση. Το προκύπτον μείγμα των προϊόντων α και β υποβάλλεται σε συνθήκες εστεροποίησης σε υδατική μεθανόλη και κατά προτίμηση κρυσταλλώνεται από το μείγμα αυτό και στη συνέχεια εξουδετερώνεται για να δώσει ασπαρτάμη (Ager et al., 1998).

Η ασπαρτάμη είναι μια γλυκαντική ουσία χαμηλών θερμίδων που χρησιμοποιείται για τη γλυκαντική ουσία μιας ποικιλίας τροφίμων και ποτών μειωμένων θερμίδων, συμπεριλαμβανομένων των γλυκαντικών δισκίων χαμηλών θερμίδων, καθώς και για χρήση σε τσίγλες, δημητριακά πρωινού και άλλα ξηρά προϊόντα.

Η ασπαρτάμη παρέχει ενέργεια 4 θερμίδων ανά γραμμάριο. Η ασπαρτάμη είναι ασταθής εάν υποβληθεί σε παρατεταμένη θέρμανση και επομένως δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο ψήσιμο ή το μαγείρεμα. Επίσης, αποσυντίθεται σε υγρά κατά την αποθήκευση.

Κατά την κατάποση, η ασπαρτάμη διασπάται σε φυσικά υπολειμματικά συστατικά, όπως ασπαρτικό οξύ, φαινυλαλανίνη, μεθανόλη και περαιτέρω προϊόντα διάσπασης, όπως φορμαλδεΰδη,

μυρμηκικό οξύ και δικετοπιπεραζίνη, καθένα από τα οποία μεταβολίζεται φυσιολογικά στον ανθρώπινο οργανισμό (George et al., 2010).

Η ασπαρτάμη έχει αποτελέσει αντικείμενο διαμάχης όσον αφορά την ασφάλειά της από την αρχική της έγκριση από τον Αμερικανικό Οργανισμό Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA) το 1974, καθώς τα υψηλά επίπεδα του αμινοξέος φαινυλαλανίνη αποτελούν κίνδυνο για την υγεία όσων γεννιούνται με φαινυλκετονουρία (PKU), μια σπάνια κληρονομική ασθένεια. Έτσι, η δήλωση του επιπέδου φαινυλαλανίνης ή των προϊόντων που γλυκαίνουν με ασπαρτάμη και δεν έχει καμία σημασία για τον γενικό πληθυσμό (Magnuson et al., 2007).

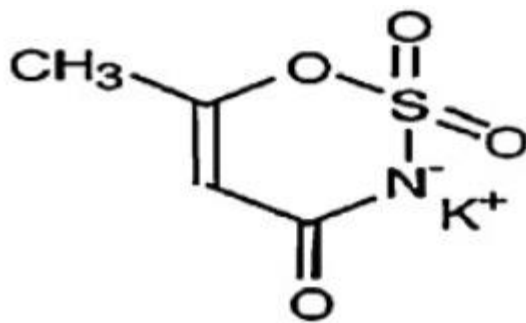
Διάφορες επιστημονικές έρευνες κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι επιδράσεις της ασπαρτάμης είναι πιθανό να οφείλονται στη μεθανόλη ή στους μεταβολίτες της, στοιχεία που δείχνουν ότι τα φρούτα και τα λαχανικά περιέχουν επίσης υψηλά επίπεδα μεθανόλης από ό,τι τα τρόφιμα και τα ποτά που έχουν γλυκανθεί με ασπαρτάμη. Όμως, η υψηλή πρόσληψη φρούτων και λαχανικών σχετίζεται με μείωση παρά με αύξηση του κινδύνου καρκίνου (Heber, 2004).

Μελέτες καρκινογένεσης της ασπαρτάμης διεξήχθησαν από το Nalt Toxicological Programme (NTP) σε 2 στελέχη διαγονιδιακών ποντικών και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η έκθεση στην ασπαρτάμη σχετίζεται με αύξηση του καρκίνου είτε σε αρσενικά είτε σε θηλυκά ποντίκια (NTP, 2005). Με βάση τις αναθεωρήσεις κυβερνητικών ερευνών και τις συστάσεις συμβουλευτικών οργάνων, όπως η Επιστημονική Επιτροπή Τροφίμων της Ευρωπαϊκής Επιτροπής και η κοινή επιτροπή εμπειρογνομόνων FAO/WHO για τα πρόσθετα τροφίμων, η ασπαρτάμη έχει κριθεί ασφαλής για ανθρώπινη κατανάλωση από περισσότερες από ενενήντα χώρες παγκοσμίως (Magnuson et al., 2007).

1.3.2 Ακεσουλφάμη-k

Η ακεσουλφάμη-k (Εικόνα 6) αναπτύχθηκε ως γλυκαντικό από την Hoechst. Αυτό το γλυκαντικό υψηλής έντασης είναι άλας καλίου της 6-μεθυλ-123-αξαθειαζίνη-4(3H)-όνης 2,2-διοξειδίου με μοριακό τύπο $C_4H_4KNO_4S$ και μοριακό βάρος 201,24. Είναι μια λευκή κρυσταλλική σκόνη, περίπου 120 φορές πιο γλυκιά από τη σακχαρόζη και έχει υψηλή υδατοδιαλυτότητα (Nabors, 2002).

Η ακεσουλφάμη-k είναι σταθερή στη θερμότητα, οπότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο μαγείρεμα και το ψήσιμο. Μπορεί να έχει μια πικρή επίγευση όταν χρησιμοποιείται μόνη της για τη γλυκαντική επεξεργασία τροφίμων ή ποτών). Η ακεσουλφάμη-k συχνά αναμιγνύεται με άλλα γλυκαντικά (συνήθως σουκραλόζη ή ασπαρτάμη), με αποτέλεσμα κάθε γλυκαντικό να καλύπτει την επίγευση του άλλου και να εμφανίζει συνεργιστικά αποτελέσματα με τα οποία το μείγμα είναι πιο γλυκό από τα συστατικά του (Horne et al., 2002).



Εικόνα 6: Η ακεσουλφάμη-k.

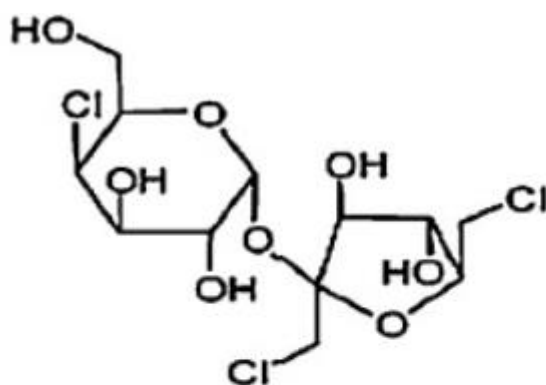
Οι πρώτες μέθοδοι για τη σύνθεση Ace-k χρησιμοποιούσαν ισοκυανικό χλωροσουλφονύλιο ή φλουροσουλφονύλιο με ακετόνη προπύνου και με άλλα χημικά δίνουν N-χλωρο ή N-(φλουροσουλφονύλιο) ακετοακεταμίδιο, το οποίο στη συνέχεια κυκλοποιείται με μεταβολικό υδροξείδιο του καλίου για να δώσει Ace-k. Η εναλλακτική μέθοδος περιλαμβάνει την επεξεργασία του ακετοακεταμιδίου με τουλάχιστον δύο ισοδύναμα τριοξειδίου του θείου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το σχηματισμό N-σουλφοακετοακεταμιδίου, το οποίο στη συνέχεια αφυδατώνεται από τριοξείδιο του θείου για να σχηματιστεί διοξείδιο της οξαθειαζίνονης. Η εξουδετέρωση με υδροξείδιο του καλίου δίνει Ace-k (George et al., 2010).

Η ακεσουλφάμη-k δεν μεταβολίζεται στον ανθρώπινο οργανισμό, συνεπώς δεν παρέχει θερμίδες και δεν επηρεάζει την πρόσληψη καλίου παρά την περιεκτικότητά της σε κάλιο. Το 1988 η USFDA ενέκρινε τη χρήση της Ace-k σε διάφορα προϊόντα ξηρών τροφίμων και σε αλκοολούχα ποτά. Το 2003 ο οργανισμός ενέκρινε τη χρήση του ως γλυκαντικό γενικής χρήσης. Ένα προϊόν διάσπασης του Ace-k είναι το ακετοακεταμίδιο που είναι γνωστό ότι είναι τοξικό εάν καταναλωθεί σε πολύ μεγάλες δόσεις, διότι η έκθεση του ανθρώπου σε αυτό το προϊόν διάσπασης θα ήταν αμελητέα. Το USFDA κατέληξε στο συμπέρασμα ότι δεν ήταν απαραίτητη η περαιτέρω δοκιμή του (George et al., 2010).

1.3.3 Σουκραλόζη

Η σουκραλόζη (Εικόνα 7) ανακαλύφθηκε το 1976. Αυτό το μη θρεπτικό γλυκαντικό παρασκευάζεται από τη σακχαρόζη με μια διαδικασία που αντικαθιστά 3 άτομα χλωρίου με 3 ομάδες υδροξυλίου στο μόριο της σακχαρόζης. Η σουκραλόζη είναι 450-650 φορές πιο γλυκιά από τη σακχαρόζη, έχει ευχάριστη γλυκιά γεύση και το προφίλ ποιότητας και χρονικής έντασης είναι πολύ

κοντά σε αυτό της σακχαρόζης. Έχει μέτρια συνέργεια με άλλα θρεπτικά και μη θρεπτικά γλυκαντικά (Agora et al., 2009).



C. Sucralose

Εικόνα 7: Η σουκραλόζη.

Είναι πολύ διαλυτό στο νερό και είναι σταθερό σε ένα ευρύ φάσμα pH και θερμοκρασίας. Απελευθερώνει HCl όταν αποθηκεύεται σε υψηλή θερμοκρασία και παράγει κάποιου είδους αποχρωματισμό (Agora et al., 2009).

Η σύνθεση της σουκραλόζης περιλαμβάνει μια σειρά επιλεκτικών βημάτων προστασίας και αποπροστασίας, έτσι ώστε η ομάδα 4-υδροξυλίου να μπορεί να μετατραπεί σε άτομο χλωρίου με αντιστροφή της διαμόρφωσης. Η επεξεργασία των ελεύθερων υδροξυλομάδων με χλωριούχο σουλφουρίδιο παράγει τριχλωροδισακχαρίτη, ο οποίος στη συνέχεια αποπροστατεύεται για να δώσει τη σουκραλόζη. Η χρήση ενζύμων ή μικροβιακών καλλιιεργειών για την ενίσχυση της συνθετικής οργανικής χημείας και την επιλεγμένη λειτουργικοποίηση πολύπλοκων μορίων έχει τεκμηριωθεί ευρέως στον αναπτυσσόμενο τομέα της βιοκατάλυσης.

Αν και η σουκραλόζη παρασκευάζεται από ζάχαρη, το ανθρώπινο σώμα δεν την αναγνωρίζει ως ζάχαρη και δεν τη μεταβολίζει, επομένως δεν παρέχει θερμίδες. Το μεγαλύτερο μέρος της προσλαμβανόμενης σουκραλόζης δεν εγκαταλείπει το γαστρεντερικό σωλήνα και αποβάλλεται απευθείας με τα κόπρανα, ενώ το 11-27% αυτής απορροφάται. Η ποσότητα που απορροφάται από τον γαστρεντερικό σωλήνα απομακρύνεται σε μεγάλο βαθμό από την κυκλοφορία του αίματος από τους νεφρούς και αποβάλλεται με τα ούρα (Patel et al., 2006).

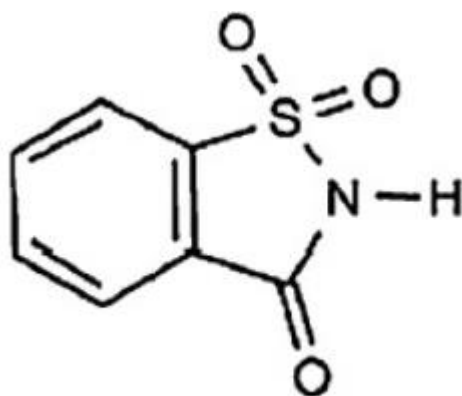
Αν και είναι ένα οργανοχλωρίδιο η σουκραλόζη δεν είναι γνωστό ότι είναι τοξική. Επιπλέον, η σουκραλόζη δεν διασπάται ούτε αποχλωριώνεται. Για τον προσδιορισμό της ασφάλειας της σουκραλόζης, ο FDA εξέτασε δεδομένα από περισσότερες από 110 μελέτες σε ανθρώπους και ζώα. Πολλές από τις μελέτες σχεδιάστηκαν για να εντοπίσουν πιθανές τοξικές επιδράσεις,

συμπεριλαμβανομένων καρκινογόνων επιδράσεων στην αναπαραγωγή και νευρολογικών επιδράσεων, αλλά δεν διαπιστώθηκαν τέτοιες επιδράσεις.

Η αποδεκτή ημερήσια πρόσληψη (ADI) για τη σουκραλόζη στις ΗΠΑ είναι 5mg/kg σωματικού βάρους/ημέρα. Η εκτιμώμενη ημερήσια πρόσληψη για εκατοστιαίους καταναλωτές, όπως υπολογίστηκε από τον USFDA, είναι 1,6mg/kg σωματικού βάρους/ημέρα.

1.3.4 Σακχαρίνη

Η σακχαρίνη (Εικόνα 8) ανακαλύφθηκε από τους Remson και Fahlberg το 1878 στο Πανεπιστήμιο Johns Hopkins της Βαλτιμόρης. Είναι ένα μη θρεπτικό γλυκαντικό του διοξειδίου 1,2-βενζοϊσοθειαζόλη-3-(2H) στο 1,1. Η σακχαρίνη έχει μια δυσάρεστη πικρή ή μεταλλική γεύση. Καθώς η μητρική ένωση είναι ελάχιστα διαλυτή στο νερό, το γλυκαντικό χρησιμοποιείται συνήθως ως άλας νατρίου ή ασβεστίου. Και τα δύο άλατα είναι εξαιρετικά υδατοδιαλυτά, 0,67 g/ml νερού σε θερμοκρασία δωματίου. Είναι περίπου 300 φορές πιο γλυκό από τη σακχαρόζη.



Εικόνα 8: Η σακχαρίνη.

Η χημική σύνθεση της σακχαρίνης περιλαμβάνει την οξείδωση του ο-τολουλενοσουλφοναμιδίου με διάφορους παράγοντες όπως υπερμαγγανικό κάλιο, χρωμικό οξύ, ηλεκτροχημικά, κ.λπ. προς το αντίστοιχο καρβοξυλικό οξύ. Το ορθοϊσομερές αφυδατώνεται για να δώσει το γλυκαντικό. Μια άλλη διεργασία περιλαμβάνει τη διαζώτιση του ανθρακικού μεθυλίου και στη συνέχεια την επεξεργασία του άλατος διαζονίου με διοξείδιο του θείου και αέριο χλωρίδιο για να δώσει το σουλφονυλοχλωρίδιο το οποίο στη συνέχεια επεξεργάζεται με αμμωνία για να δώσει σακχαρίνη.

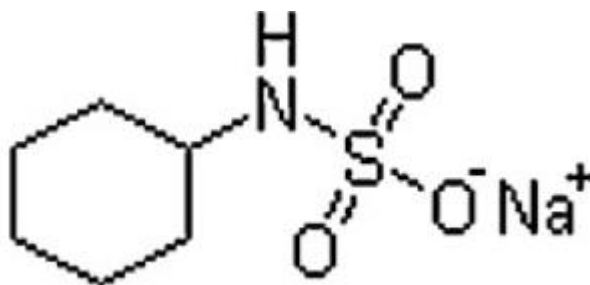
Ο FDA προσπάθησε να απαγορεύσει τη σακχαρίνη το 1977, επειδή μελέτες σε ζώα είχαν δείξει ότι προκαλούσε καρκίνο σε αρουραίους, κυρίως καρκίνο της ουροδόχου κύστης. Έκτοτε έχουν διεξαχθεί πολλές μελέτες για τη σακχαρίνη, όμως καμία μελέτη δεν έδειξε ποτέ μια σαφή

περιστασιακή σχέση μεταξύ της κατανάλωσης σακχαρίνης και των κινδύνων για την υγεία του ανθρώπου σε κανονικές δόσεις (Kroger et al., 2006).

Αν και ορισμένες μελέτες έχουν δείξει συσχέτιση μεταξύ της κατανάλωσης και της εμφάνισης καρκίνου, η σακχαρίνη επιτρέπεται επί του παρόντος να χρησιμοποιείται βάσει ενός κανονισμού που καθορίζει τις ποσότητες σακχαρίνης που επιτρέπονται στα ποτά, τα επεξεργασμένα τρόφιμα και τα υποκατάστατα ζάχαρης και απαιτεί ότι στο επίπεδο του προϊόντος πρέπει να αναφέρεται η σακχαρίνη στη δήλωση των συστατικών και να προσδιορίζεται η χρησιμοποιούμενη ποσότητα (Kroger et al., 2006).

1.3.5 Κυκλαμικό

Το κυκλαμικό (Εικόνα 9) ανακαλύφθηκε το 1937. Χρησιμοποιήθηκε ως γλυκαντικό χαμηλών θερμίδων στις Ηνωμένες Πολιτείες τη δεκαετία του 1950 και του 1960. Είναι άλας του κυκλοεξυλοσουλφαμικού οξέος. Το κυκλαμικό νάτριο χρησιμοποιείται ως μη θρεπτικό γλυκαντικό και το ανάλογο άλας ασβεστίου χρησιμοποιείται ειδικά σε δίαιτες χαμηλής περιεκτικότητας σε νάτριο. Το κυκλαμικό είναι 30 φορές πιο γλυκό από τη σακχαρόζη. Έχει πικρή γεύση, αλλά έχει καλή συνέργεια γλυκύτητας με τη σακχαρίνη. Είναι διαλυτό στο νερό και η διαλυτότητά του μπορεί να αυξηθεί με την παρασκευή του άλατος νατρίου ή ασβεστίου.



Εικόνα 9: Το κυκλαμικό.

Η διαδικασία αυτή αρχίζει με τον τρισακχαρίτη ραφινόζη και ακολουθείται από χημική χλωρίωση για να σχηματιστεί τετραχλωροραφινόζη TCR. Αυτή η TCR υποβάλλεται στη συνέχεια σε ενζυμική επεξεργασία με μια γαλακτοσιδάση για να μετακινηθούν τα 6-χλωρο-6-δεοξυγαλακτοζυλικά τμήματα από την 6^η θέση και να παραχθεί το κυκλοφορικό. Υπάρχουν άλλες δύο διαθέσιμες μέθοδοι για τη σύνθεση της σακχαρίνης, όπως η βιοοργανική σύνθεση και η καθεστωτική αποακυλίωση.

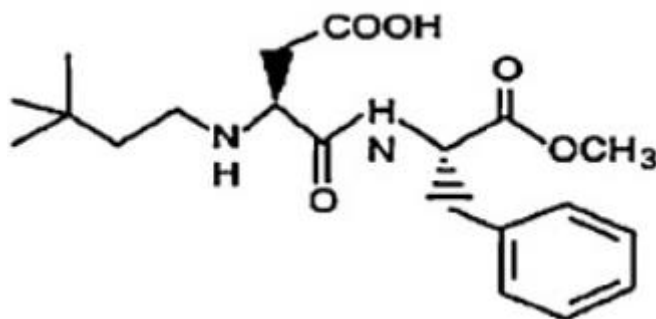
Το ίδιο το κυκλαμικό παρουσιάζει πολύ χαμηλή τοξικότητα, αλλά μεταβολίζεται από τα βακτήρια του εντέρου σε κυκλοεξυλαμίνη η οποία παρουσιάζει μεγαλύτερη τοξικότητα λόγω της φύσης του μεταβολισμού του κυκλαμικού. Η αποδεκτή ημερήσια πρόσληψη για το κυκλαμικό

υπολογίστηκε τόσο από την επιστημονική επιτροπή τροφίμων (SCF) όσο και από την κοινή επιτροπή εμπειρογνομόνων για τα πρόσθετα τροφίμων (JECFA) με βάση το «επίπεδο μη παρατηρούμενης δυσμενούς επίδρασης». Για την κυκλοεξυλαμίνη σε αρουραίους υποθέτοντας ότι το 18,9% της ημερήσιας πρόσληψης κυκλοφορικού μεταβολίζεται σε κυκλοεξυλαμίνη κάθε μέρα. Οι συγκεντρώσεις της κυκλοεξυλαμίνης στο πλάσμα μετά την πρόσληψη κυκλοεξυλαμίνης θα εξαρτηθούν τόσο από την έκταση του μεταβολισμού από την εντερική χλωρίδα όσο και από την έκταση της αποβολής της κυκλοεξυλαμίνης από την κυκλοφορία.

1.3.6 Νεοτάμη

Η νεοτάμη (Εικόνα 10) είναι παράγωγο μιας διπεπτιδικής ένωσης των αμινοξέων - ασπερτικό οξύ και φαινυλαλανίνη. Η νεοτάμη αναπτύχθηκε ως γλυκαντικό με υψηλό βαθμό γλυκύτητας και λαμβάνεται με N-αλκυλίωση της ασπαρτάμης. Ο βαθμός γλυκύτητάς της ποικίλλει ανάλογα με το είδος του τροφίμου και τη σύνθεση του μείγματος. Είναι 7000 έως 13.000 φορές και περίπου 30 έως 60 φορές πιο γλυκιά από τη ζάχαρη και την ασπαρτάμη αντίστοιχα (Prakash et al., 2002).

Η νεοτάμη είναι μια άοσμη λευκή έως γκριζόλευκη σκόνη με έντονη γλυκύτητα και είναι εύκολα διαλυτή σε αλκοόλες και ελάχιστα διαλυτή στο νερό. Το υδατικό διάλυμα 0,5% της νεοτάμης είναι ασθενώς όξινο (pH 5,8) (Prakash et al., 2002).



Εικόνα 10: Η νεοτάμη.

Μια χημειοενζυμική μέθοδος που χρησιμοποιείται για την παρασκευή του N-[N-(3-3διμεθυλοβουτυλο)-L-α ασπερτυλο]-L-φαινυλαμίνη 1-μεθυλεστέρα μέσω της ενζυματικής καθεστωτικής εκλεκτικής υδρόλυσης του εστέρα της νεοταμέ με τη χρήση λιπασών ή οσταρίων.

Μια άλλη μέθοδος περιλαμβάνει την υδρογόνωση του μεθυλεστέρα της L-α-ασπαρτυλ -L-φαινυλαλανίνης I και της 3-3-διμεθυλοβουτυραλδεΐδης που παράγεται επί τόπου από την υδρόλυση ή τη διάσπαση μιας πρόδρομης ουσίας 3-3-διμεθυλοβουτυραλδεΐδης (Prakash, 2007).

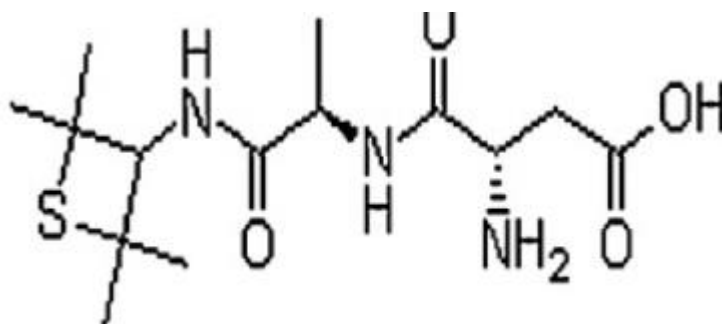
Η νεοτάμη μεταβολίζεται ταχέως, αποβάλλεται πλήρως και δεν συσσωρεύεται στον οργανισμό. Η κύρια μεταβολική οδός της νεοτάμης είναι η υδρόλυση του μεθυλεστέρα από την

εστεράση που υπάρχει σε όλο το σώμα. Έτσι προκύπτει αποεστεροποιημένη νεοτάμη, ο κύριος μεταβολίτης και μια σημαντική ποσότητα μεθανόλης. Λόγω της παρουσίας της 3-3-διμεθυλοβουτυλομάδας, οι πεπτιδάσες που συνήθως θα έσπαζαν τον πεπτιδικό δεσμό μεταξύ των τμημάτων ασπαρτικού οξέος και φαινυλαλανίνης ουσιαστικά μπλοκάρονται, μειώνοντας έτσι τη διαθεσιμότητα της φαινυλαλανίνης. Η ποσότητα μεθανόλης που προέρχεται από τη νεοτάμη είναι εξαιρετικά μικρή.

Η νεοτάμη εγκρίθηκε από το USFDA ως γλυκαντικό γενικής χρήσης τον Ιούλιο του 2002. Έχει επίσης αξιολογηθεί θετικά από την JECFA, η οποία καθόρισε ADI 2mg/kg σωματικού βάρους/ημέρα. Η ADI για τη νεοτάμη στις ΗΠΑ είναι 18 mg/άτομο/ημέρα.

1.3.7 Αλιτάμη

Η αλιτάμη (Εικόνα 11) είναι ένα έντονο γλυκαντικό με ισχύ γλυκύτητας 200 φορές μεγαλύτερη από εκείνη της σακχαρόζης. Είναι ένα διπεπτίδιο του L-ασπαρτικού οξέος και της D-αλανίνης με ένα τελικό N-υποκατεστημένο τετραμεθυλοθειετανυλο-αμινικό τμήμα (Kroger et al., 2006).



Εικόνα 11: Η αλιτάμη.

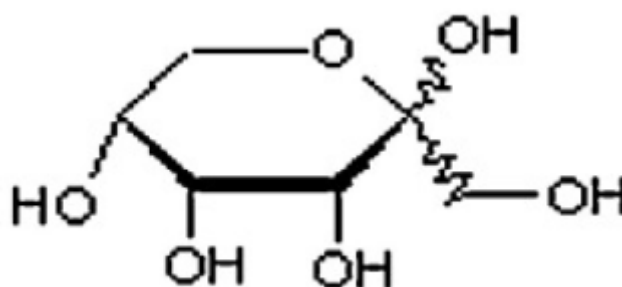
Η αλιτάμη παρασκευάζεται με μια σύνθεση πολλών σταδίων που περιλαμβάνει την αντίδραση μεταξύ δύο ενδιάμεσων προϊόντων (S)-[2-5-διοξο-(4-θειαζολιδίνη)] οξικού οξέος και (R)-2-αμινο-N-(2,2,4,4-τετραμεθυλο-3-θειετανυλο) προπαναμίδιου. Το τελικό προϊόν απομονώνεται και καθαρίζεται με κρυστάλλωση ενός προσδέματος αλιτάμης -4-μεθυλοβενζοσουλφονικού οξέος, ακολουθούμενο από πρόσθετα στάδια καθαρισμού και τελικά ανακρυστάλλωση από νερό (Petersal, 2002).

Η αλιτάμη απορροφάται εύκολα στο γαστρεντερικό σωλήνα και στη συνέχεια μεταβολίζεται και απεκκρίνεται ταχέως. Έχει δύο κύρια συστατικά, το ασπαρτικό οξύ και το αμίδιο της αλανίνης. Το συστατικό του ασπαρτικού οξέος μεταβολίζεται κανονικά και το αμίδιο της αλανίνης διέρχεται από τον οργανισμό με ελάχιστες μεταβολικές αλλαγές. Στους ανθρώπους το γλυκορονικό παράγωγο της D-αλανίνης τετραμεθυλοθειετανίου αμίδιο είναι ο κύριος μεταβολίτης στα ούρα. Η JECFA

επανεξέτασε τα δεδομένα ασφάλειας για την αλιτάμη το 2002. Η επιτροπή κατέληξε στο συμπέρασμα ότι δεν υπάρχουν στοιχεία που να αποδεικνύουν ότι η αλιτάμη είναι καρκινογόνος. Μια ADI 0-1 mg/kg σωματικού βάρους χορηγήθηκε με βάση το NOAEL των 100mg/kg σωματικού βάρους/ημέρα σε μια μελέτη 18 μηνών σε σκύλους. Η αλιτάμη έχει ήδη εγκριθεί στο Μεξικό, την Κολομβία και την Κίνα, καθώς και στην Αυστραλία και τη Νέα Ζηλανδία (Kroger et al., 2006).

1.3.8 D-ψικόζη

Η D-ψικόζη (Εικόνα 12) (D-ribo-2 hexulose), ένα C-3 επιμερές της D-φρουκτόζης είναι ένα σπάνιο σάκχαρο που υπάρχει σε μικρές ποσότητες στα εμπορικά μείγματα D-γλυκόζης και D-φρουκτόζης που λαμβάνονται από την υδρόλυση της σακχαρόζης ή τον ισομερισμό της D-γλυκόζης. Η D-ψικόζη έχει το 70% της γλυκύτητας της σακχαρόζης και έχει μεγαλύτερη διαλυτότητα που την καθιστά εύκολη στη χρήση για την επεξεργασία τροφίμων.



Εικόνα 12: Η D- ψικόζη.

Έχει αναφερθεί ότι η προσθήκη D-ψικόζης στα τρόφιμα βελτιώνει τη συμπεριφορά πηκτωματοποίησης και τη γεύση, καθώς και ότι αυξάνει την αντιοξειδωτική ιδιότητα των τροφίμων (Sun et al., 2007). Επιπλέον, τα τρόφιμα που περιέχουν D-ψικόζη διατηρούν υψηλό επίπεδο αντιοξειδωτικής δράσης για μεγάλο χρονικό διάστημα αποθήκευσης, το οποίο είναι ικανό να καθυστερήσει την έναρξη της αυτοοξειδωσης των λιπιδίων και να παρατείνει το χρόνο αποθήκευσης των τροφίμων (Sun et al., 2008). Προσδίδει κατάλληλη γλυκύτητα, ομαλή υφή, επιθυμητή αίσθηση στο στόμα και μεγάλη αυτοσταθερότητα στα τρόφιμα.

Η D-ψικόζη έχει προηγουμένως παραχθεί με χημικές μεθόδους από την D-φρουκτόζη με καταλυτική δράση ιόντων μολυβδαινικού άλατος σε όξινο υδατικό διάλυμα. Μερικές φορές παρασκευάζεται επίσης με βρασμό της D-φρουκτόζης σε αιθανόλη και τριαιθυλαμίνη. Όλες οι χημικές μέθοδοι είναι ανεπαρκείς για παραγωγή μεγάλης κλίμακας.

Αναπτύχθηκε μια βελτιωμένη διαδικασία για τη μαζική παραγωγή D-ψικόζης με τη χρήση βιοαντιδραστήρα D-ταγατόζης -3 επιμεράσης. Διάλυμα D φρουκτόζης (60%, pH 7,0) διήλθε στους 45°C μέσω στήλης γεμάτης με ακινητοποιημένη D-ταγατόζη-3-επιμεράση (D-TE), η οποία όπως παράγεται με τη χρήση ανασυνδυασμένης E.Coli. και το 25% του υποστρώματος μετατράπηκε σε D-ψικόζη. Μετά τον επιμερισμό, το υπόστρωμα D-φρουκτόζη απομακρύνθηκε με επεξεργασία με μαγιά αρτοποιίας. Το υπερκείμενο συμπυκνώθηκε σε σιρόπι με εξάτμιση υπό κενό και η D-ψικόζη κρυσταλλώθηκε με αιθανόλη (Takeshita et al., 2002).

Μια άλλη προσπάθεια έγινε για τη μαζική παραγωγή D-ψικόζης με τη χρήση ενός μη χαρακτηρισμένου γονιδίου από το *Agrobacterium tumefaciens*, το οποίο αύξησε την παραγωγή 586 φορές περισσότερο από εκείνη της D-TE. Το ένζυμο είναι η D-ψικόζη-3-επιμεράση. Το εύρημα αυτό έχει σημαντική σημασία για την παραγωγή D-ψικόζης (Kim et al., 2006).

Μια μελέτη σε ζώα σχετικά με την καταστολή της αύξησης της συγκέντρωσης γλυκόζης στο πλάσμα με D-ψικόζη διαπίστωσε σημαντική πτώση της συγκέντρωσης γλυκόζης στο πλάσμα όταν χρησιμοποιήθηκαν ως υποστρώματα μαλτόζη και σακχαρόζη, αλλά καμία σημαντική πτώση όταν χρησιμοποιήθηκαν ως υποστρώματα γλυκόζη και διαλυτό άμυλο (Matsuo, 2006).

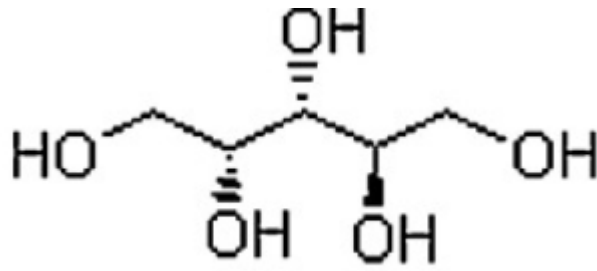
Μια άλλη μελέτη σε ζώα, η μελέτη των Matsuo & Izumori (2006), πρότεινε ότι η D-ψικόζη ανέστειλε την υδρόλυση της μαλτόζης με α -γλυκοσιδάση σε αρουραίους. Οι δόσεις της D-ψικόζης στα 5g (περίπου το 1/15 της πρόσληψης υδατανθράκων) θα ήταν η ελάχιστη αποτελεσματική δόση για την καταστολή της αύξησης της συγκέντρωσης γλυκόζης και ινσουλίνης στο πλάσμα για 75g μαλτοδεξτρίνης. Η μελέτη αυτή επιβεβαίωσε τις βελτιωτικές επιδράσεις της ανοχής στη γλυκόζη. Η D-ψικόζη αναμένεται να χρησιμεύσει ως υλικό διατροφής με χαμηλό γλυκαιμικό δείκτη (Matsuo & Izumori, 2006).

Μια άλλη μελέτη έδειξε ότι η D-ψικόζη αναστέλλει τις εντερικές δραστηριότητες της σακχαράσης και της μαλτάσης με μη ανταγωνιστικό τρόπο και καταστέλλει την αύξηση της γλυκόζης πλάσματος μετά τη λήψη σακχαρόζης και μαλτόζης. Έτσι, η D-ψικόζη μπορεί να είναι χρήσιμη στην πρόληψη της μεταγευματικής υπεργλυκαιμίας σε διαβητικούς ασθενείς όταν προσλαμβάνονται τρόφιμα που περιέχουν σακχαρόζη και μαλτόζη (Iida et al., 2008).

1.3.9 Ξυλιτόλη

Η ξυλιτόλη (Εικόνα 13) είναι ένα φυσικό σάκχαρο. Η ξυλιτόλη είναι ένα σάκχαρο πέντε ατόμων άνθρακα που έχει γεύση και εμφάνιση ακριβώς όπως η ζάχαρη.

Η σύνθεση της ξυλιτόλης από φυσικό προϊόν βασίζεται στις πεντοζάνες που απαντούν σε πολλά φυτά. Η ξυλάνη, συστατικό της πεντοζάνης, είναι ένας πολυσακχαρίτης που μπορεί να υδρολυθεί σε D-ξυλόζη. Η ξυλιτόλη μπορεί να συντεθεί με υδρογόνωση της ξυλόζης. Η ξυλιτόλη μπορεί επίσης να παραχθεί από D-γλυκόζη με τρία στάδια. Η παραγωγή ξυλιτόλης από ζύμη είναι μια εναλλακτική λύση έναντι των χημικών μελετών (Povelainen & Miasnikov, 2006).



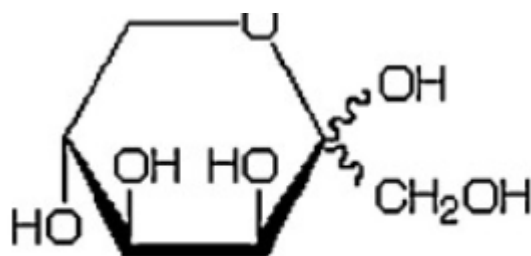
Εικόνα 13: Η ξυλιτόλη.

Η ξυλιτόλη μεταβολίζεται εύκολα και ανεξάρτητα από την ινσουλίνη στον άνθρωπο και παράγει πολύ μικρή ποσότητα ενέργειας. Η ξυλιτόλη έχει αναγνωρισμένο γλυκαιμικό δείκτη 8 και θερμιδική αξία 2,4 θερμίδες/gm (Sellman, 2003).

Η ξυλιτόλη δεν ζυμώνεται και επομένως δεν μπορεί να μετατραπεί σε οξέα από τα βακτήρια του στόματος, επομένως βοηθά στην αποκατάσταση της σωστής ισορροπίας αλκαλίων/οξέων στο στόμα. Αρκετές κλινικές δοκιμές έχουν δείξει ότι τα προϊόντα ξυλιτόλης (τσίγλες) είναι πιο αποτελεσματικά στη μείωση της οδοντικής καριέρας. Το 1996, η μεικτή επιτροπή εμπειρογνομόνων για τα πρόσθετα τροφίμων (JECFA) επιβεβαίωσε την ασφάλεια της ξυλιτόλης για ανθρώπινη κατανάλωση.

1.3.10 Tagatose

Η κετοεξόζη D-ταγατόζη (Εικόνα 14) είναι δομικά παρόμοια με την D-φρουκτόζη, εκτός από ένα ανεστραμμένο οπτικά ενεργό κέντρο. Λόγω της εξαιρετικής της γεύσης και των ιδιοτήτων της ως προς τον όγκο, σε συνδυασμό με την πιθανώς πολύ χαμηλή ενεργειακή της αξία, η D-ταγατόζη μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως γλυκαντικό.



Εικόνα 14: Η ταγατόζη.

Η D-ταγατόζη παράγεται από τη λακτόζη σε δύο στάδια. Πρώτον, η λακτόζη μετατρέπεται σε γλυκόζη και γαλακτόζη με υδρόλυση και στη συνέχεια η γαλακτόζη ισομερίζεται σε D-ταγατόζη με την προσθήκη υδροξειδίου του ασβεστίου.

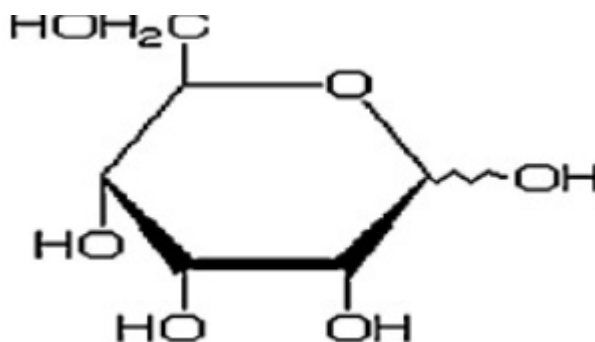
Ο μεταβολισμός της ταταγόζης είναι πανομοιότυπος με αυτόν της φρουκτόζης, αλλά απορροφάται ατελώς. Η μελέτη σχετικά με την απορρόφηση της ταταγόζης από το λεπτό έντερο καταλήγει στο συμπέρασμα ότι 15g ταταγόζης/ημέρα είχαν υψηλή φαινομενική απορρόφηση στο λεπτό έντερο του ανθρώπου (Normen et al., 2001). Το μεγαλύτερο μέρος της προσλαμβανόμενης ταταγόζης ζυμώνεται στο παχύ έντερο από την αυτόχθονη μικροχλωρίδα, με αποτέλεσμα την παραγωγή λιπαρών οξέων βραχείας αλυσίδας. Τα λιπαρά οξέα βραχείας αλυσίδας απορροφώνται σχεδόν πλήρως και μεταβολίζονται.

Έτσι, μπορεί να συναχθεί το συμπέρασμα ότι η D-ταγατόζη είναι ένας υδατάνθρακας με φυσιολογικές ιδιότητες δυνητικά πολύτιμες για τον έλεγχο τόσο του σωματικού βάρους όσο και των συμπτωμάτων του μεταβολικού συνδρόμου, όπως παρατηρείται στους διαβητικούς (Normen et al., 2001).

Ουσίες όπως η γλυκόζη και ιδιαίτερα η φρουκτόζη που προάγουν τη λιπογένεση και έχουν υψηλούς δείκτες γλυκοζυλίωσης θα μπορούσαν να αντικατασταθούν με D-ταγατόζη με χαμηλότερη συσσώρευση λίπους, χαμηλότερο δείκτη γλυκοζυλίωσης και ισχυρά αντιδιαβητικά αποτελέσματα.

1.3.11 D-αλλόζη

Η D-αλλόζη (Εικόνα 15), μια cis-αλδοεξόζη είναι ένα μη θερμιδικό γλυκαντικό και διογκωτικό μέσο που έχει καλές αντιοξειδωτικές ιδιότητες. Η μαζική παραγωγή D-αλλόζης επιτυγχάνεται κυρίως από D-ψικόζη σε αντίδραση παρτίδας με ακατέργαστη ανασυνδυασμένη ισομεράση L-ραμνόζης διασταυρωμένη με γλουτεραλδεΐδη (Menavunu et al., 2006).



Εικόνα 15: D-αλλόζη.

Μελέτες σχετικά με τη συμπληρωματική χορήγηση D-αλλόζης σε υπέρτασικούς αρουραίους με ευαισθησία στο αλάτι Dahl και σε αυθόρμητα υπέρτασικούς αρουραίους υποδηλώνουν τη δυνατότητα συμπληρωματικής χορήγησης D-αλλόζης για την πρόληψη της υπέρτασης με ευαισθησία

στο αλάτι. Έχει αναφερθεί ότι η D-αλλόζη αναστέλλει την παραγωγή τμηματοποιημένων ουδετερόφιλων και μειώνει τον αριθμό των αιμοπεταλίων *in vivo* χωρίς άλλες σημαντικές επιβλαβείς κλινικές επιδράσεις σε αρουραίους. Η D-αλλόζη χρησιμοποιείται, επίσης, ως δυνητικός αναστολέας διαφόρων γλυκοζιτών.

1.3.12 Ερυθριτόλη και άλλες πολυόλες

Η ερυθριτόλη είναι σακχαρούχος αλκοόλη (ή πολυόλη) τεσσάρων ατόμων άνθρακα. Παρασκευάζεται με ζύμωση από γλυκόζη και σακχαρόζη από το *Trichosporonoides megachiliensis*. Έχει γλυκύτητα περίπου 60-80% της σακχαρόζης. Οι πολυόλες είναι υδατάνθρακες χαμηλής πέψης που απορροφώνται ελάχιστα από το λεπτό έντερο. Χρησιμοποιούνται επίσης για τις υγροποιητικές και διογκωτικές τους ιδιότητες.

Η υπερβολική κατανάλωση έχει καθαρτική δράση λόγω της μη απορροφημένης πολυόλης που αυξάνει το οσμωτικό δυναμικό του αυλού του εντέρου και άλλες γαστρεντερικές επιδράσεις. Η ερυθριτόλη θεωρείται χαμηλής τοξικότητας. Μελέτες σε ανθρώπους έδειξαν ότι οι προσλαμβανόμενες δόσεις ερυθριτόλης απορροφώνται από το λεπτό έντερο και απεκκρίνονται με τα ούρα αμετάβλητες.

1.3.13 Τρεαλόζη

Η τρεαλόζη είναι ένας μη αναγωγικός δισακχαρίτης που αποτελείται από δύο μονάδες γλυκόζης συνδεδεμένες με 1,1-γλυκοζιτικό δεσμό. Είναι με σχετική γλυκύτητα 40-45% αυτής της σακχαρόζης. Η τρεαλόζη παράγεται απευθείας από άμυλο τροφίμων με πολυενζυμική διαδικασία. Αυτός ο δισακχαρίτης υδρολύεται ενζυμικά από το ένζυμο τρεχαλάση στο λεπτό έντερο σε δύο υπομονάδες γλυκόζης οι οποίες στη συνέχεια απορροφώνται και μεταβολίζονται με τρόπο παρόμοιο με τη μαλτόζη (Komes et al., 2006).

Η τρεαλόζη έχει εγκριθεί στην Ιαπωνία, την Κορέα, την Ταϊβάν και το Ηνωμένο Βασίλειο (Komes et al., 2006).

1.3.14 Νεοεσπεριδίνη (NHDC)

Η νεοεσπεριδίνη (NHDC) είναι μια γλυκαντική ουσία 1500-1800 φορές γλυκύτερη από τη ζάχαρη, ενώ είναι χαμηλή σε θερμίδες. Χρησιμοποιείται συνήθως με άλλα γλυκαντικά. Η ADI έχει οριστεί σε 0,5 mg/kg σωματικού βάρους με SCF (European Food Safety Authority, 2011).

Η NHDC προέρχεται από τη νεοεσπεριδίνη που εξάγεται από τον ανώριμο καρπό του *Citrus aurantium* (πικρό πορτοκάλι) ή που λαμβάνεται από τη ναρινγίνη, το κύριο φλαβονοειδές του *Citrus paradisi* (γκρέιπφρουτ). Προορίζεται για χρήση ως αισθητηριακή πρόσθετη ύλη σε μέγιστη

συνιστώμενη δόση 35 mg NHDC/kg πλήρους ζωοτροφής ή 5 mg NHDC/L πόσιμου νερού (European Food Safety Authority, 2011).

Δεδομένου του πιθανού γρήγορου μεταβολισμού και της απέκκρισης του NHDC, δεν αναμένεται να συσσωρευτεί στους βρώσιμους ιστούς των θηλαστικών και των πουλερικών που λαμβάνουν την ουσία αυτή στις ζωοτροφές. Κατά συνέπεια, η έκθεση των καταναλωτών στην NHDC στα τρόφιμα δεν αναμένεται να αυξηθεί σημαντικά από τη χρήση της ως πρόσθετης ύλης ζωοτροφών για θηλαστικά και πουλερικά. Ωστόσο, παρατηρείται έλλειψη δεδομένων σχετικά με τον μεταβολισμό και τα κατάλοιπα στα ψάρια σχετικά με την αξιολόγηση της ασφάλειας των χρηστών (European Food Safety Authority, 2011).

Κεφάλαιο 2: Ο ρόλος των γλυκαντικών ουσιών στις ολιγοθερμικές δίαιτες ως προς την ασφάλεια και υγεία

2.1 Η χρήση και ο ρόλος των γλυκαντικών ουσιών με χαμηλές θερμίδες

Γλυκαντικό χαμηλών θερμίδων είναι ο όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει ενώσεις που έχουν γλυκιά γεύση και παρέχουν λίγες ή καθόλου θερμίδες, ή ενώσεις που έχουν τόσο έντονα γλυκιά γεύση ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε τρόφιμα με συγκεντρώσεις αρκετά χαμηλές ώστε να μην συμβάλλουν σημαντικά στο θερμιδικό περιεχόμενο (Belisle & Drewnowski, 2007).

Όλα τα γλυκαντικά χαμηλής θερμιδικής αξίας έχουν πολύ υψηλότερη γλυκαντική δύναμη από τη ζάχαρη. Αυτό προσφέρει ένα σημαντικό πλεονέκτημα για τους κατασκευαστές τροφίμων και ποτών και τελικά στους καταναλωτές, την γλυκιά γεύση, ενώ παράλληλα εξαλείφεται ή σημαντική μείωση των θερμίδων σε ένα τρόφιμο ή ποτό.

Τα γλυκαντικά με χαμηλές θερμίδες χρησιμοποιούνται σε μια ποικιλία τροφίμων και ποτών, συμπεριλαμβανομένων των αναψυκτικών, τις τσίχλες, τα γλυκίσματα, τα κατεψυγμένα επιδόρπια, τα

γιαούρτια, κ.α. Χρησιμοποιούνται, επίσης, ευρέως στην υγειονομική περίθαλψη, καθιστώντας πολλά φάρμακα πιο εύγευστα. Χαμηλές θερμίδες γλυκαντικές ύλες αναγράφονται σαφώς στη συσκευασία των τροφίμων, υγειονομικής περιθάλψης και ποτών που τα περιέχουν (Belisle & Drewnowski, 2007).

Τα γλυκαντικά χαμηλών θερμίδων έχουν χρησιμοποιηθεί με ασφάλεια και απολαμβάνουν οι καταναλωτές σε όλο τον κόσμο για περισσότερο από έναν αιώνα. Το πρώτο ευρέως χρησιμοποιούμενο χαμηλής θερμιδικής αξίας γλυκαντικό, η σακχαρίνη, ανακαλύφθηκε το 1879. Από τότε, μια σειρά από άλλες γλυκαντικές ύλες χαμηλών θερμίδων, όπως η ακεσουλφάμη K (ace-K), η ασπαρτάμη, το κυκλαμικό και η σουκραλόζη, που αναφέρθηκαν παραπάνω, έχουν ανακαλυφθεί και είναι τώρα σε ευρέως διαδεδομένη χρήση παγκοσμίως.

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ), οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες γλυκαντικές ουσίες χαμηλών θερμίδων είναι η ακεσουλφάμη K, η ασπαρτάμη, το κυκλαμικό, η σακχαρίνη, η σουκραλόζη και οι γλυκοζίτες στεβιόλης (DeCastro, 2004).

Κάθε γλυκαντικό χαμηλών θερμίδων που χρησιμοποιείται στην παραγωγή τροφίμων και ποτών έχει το δικό του μοναδικό γευστικό προφίλ, τεχνικά χαρακτηριστικά και οφέλη. Οι γλυκαντικές ύλες χαμηλών θερμίδων μπορούν να χρησιμοποιούνται μόνες τους ή σε συνδυασμό μεταξύ τους ως μείγμα. Με το συνδυασμό δύο ή περισσότερων γλυκαντικών υλών χαμηλών θερμίδων, είναι δυνατόν τα τρόφιμα και τα ποτά να προσαρμόσουν τη γεύση και τα χαρακτηριστικά των γλυκύτητας ανάλογα με τις απαιτήσεις ενός προϊόντος και τις προτιμήσεις των καταναλωτών, λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη παράγοντες όπως η σταθερότητα και το κόστος (DeCastro, 2004).

Όταν τα γλυκαντικά χαμηλών θερμίδων συνδυάζονται μεταξύ τους συνεχίζουν να είναι ασφαλείς. Οι υγειονομικές αρχές σε όλο τον κόσμο έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι δεν υπάρχει επιστημονική βάση ότι θα προκύψουν επιπτώσεις από τη χρήση μείγματος εγκεκριμένων γλυκαντικών υλών (Belisle & Drewnowski, 2007).

Όλα τα γλυκαντικά χαμηλών θερμίδων που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή τροφίμων στην Ευρώπη σήμερα έχουν υποβληθεί σε αυστηρές δοκιμές ασφάλειας. Η ρυθμιστική διαδικασία για τις γλυκαντικές ουσίες χαμηλής θερμιδικής αξίας είναι διεξοδική και η έγκριση μιας νέας γλυκαντικής ουσίας χαμηλών θερμίδων είναι χρονοβόρα και δαπανηρή, με την πολύ αυστηρή διαδικασία έγκρισης που συχνά διαρκεί από 10 έως 20 χρόνια (Drewnowski, 2003).

Ο καθιστικός τρόπος ζωής και το αυξημένο ενδιαφέρον για τη διαχείριση του σωματικού βάρους σημαίνει ότι οι γλυκαντικές ουσίες χαμηλής θερμιδικής αξίας μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην επίτευξη ενός υγιεινού τρόπου ζωής. Με την αντικατάσταση των ισοδύναμων σε γλυκύτητα της ζάχαρης χωρίς τις ισοδύναμες θερμίδες και αυξάνοντας τη γευστικότητα των υγιεινών και χαμηλών σε θερμίδες τροφίμων, τα γλυκαντικά χαμηλών θερμίδων, εάν χρησιμοποιούνται με συνέπεια για τη μείωση των θερμίδων, μπορούν να λειτουργήσουν ως βοήθημα για τη μείωση του βάρους, τη διατήρηση του βάρους και τη στοματική υγεία. Επιπλέον, καθώς οι γλυκαντικές ουσίες χαμηλής θερμιδικής αξίας δεν επηρεάζουν τα επίπεδα ινσουλίνης, μπορούν να

μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παροχή τροφίμων και ποτών με γλυκιά γεύση για άτομα που πρέπει να παρακολουθούν προσεκτικά την πρόσληψη υδατανθράκων, όπως τα άτομα με σακχαρώδη διαβήτη (Belisle & Drewnowski, 2007).

2.2 Οφέλη των γλυκαντικών υλών χαμηλών θερμίδων για τη διατροφή και την υγεία

Η ενεργειακή πυκνότητα (kcal/g) των τροφίμων είναι ένας σημαντικός καθοριστικός παράγοντας της πρόσληψης ενέργειας σε ένα γεύμα ή κατά τη διάρκεια της ημέρας. Με την αντικατάσταση γλυκαντικών υλών χαμηλής θερμιδικής αξίας της ζάχαρης (kcal/g), είναι δυνατόν να μειωθεί η ενεργειακή πυκνότητα των τροφίμων και των ποτών. Κατά συνέπεια, τα χαμηλής θερμιδικής αξίας γλυκαντικά μπορούν να εξαλείψουν ή να μειώσουν σημαντικά την θερμίδες σε ορισμένα τρόφιμα και ποτά, προσφέροντας μια εύκολη μέθοδο μείωσης των θερμίδων, διατηρώντας παράλληλα την γευστικότητα (DeCastro, 2004).

Όταν η ζάχαρη είναι η κύρια πηγή ενέργειας, όπως στα αναψυκτικά, τα γλυκαντικά με χαμηλές θερμίδες βοηθούν να μειωθεί η ενεργειακή πυκνότητα των ποτών κοντά σε αμελητέα περιεκτικότητα σε θερμίδες (Drewnowski, 2003).

Αντίθετα, η ζάχαρη είναι μόνο ένα από τα συστατικά των μεσαίων ή υψηλότερης ενεργειακής πυκνότητας τροφίμων, όπως το γιαούρτι, με τις υπόλοιπες θερμίδες να προέρχονται από την πρωτεΐνη ή το λίπος. Σε τρόφιμα υψηλής ενεργειακής πυκνότητας, όπως η σοκολάτα, η αντικατάσταση της ζάχαρης με ένα γλυκαντικό χαμηλών θερμίδων οδηγεί σε σχετικά μικρές μειώσεις στην ενέργεια (Belisle & Drewnowski, 2007).

Η επίδραση των ολιγοθερμιδικών γλυκαντικών υλών στην πείνα, τον κορεσμό και την πρόσληψη τροφής έχει εξεταστεί σε πολλές εργαστηριακές μελέτες και ανασκοπήσεις. Ενώ η χρήση των γλυκαντικών υλών με χαμηλές θερμίδες δεν οδηγεί, από μόνη της, σε ταχεία απώλεια βάρους, μπορεί να προάγει τη μακροπρόθεσμη συμμόρφωση με την διατροφή, βελτιώνοντας την ποικιλομορφία, την ποικιλία και την συνολική γευστικότητα μιας δίαιτας μειωμένης ενέργειας (Anderson et al., 2012).

Στη δεκαετία του 1980, προτάθηκε ότι τα γλυκαντικά χαμηλών θερμίδων μπορούν να διεγείρουν την όρεξη, αυξάνοντας έτσι την πρόσληψη τροφής και προωθώντας την αύξηση του βάρους. Η θεωρία της διέγερσης της όρεξης αναφέρθηκε για πρώτη φορά το 1986, όταν οι Blundell & Hill ανέφεραν ότι τα άτομα που καταλάωναν υψηλής περιεκτικότητας σε γλυκαντικά διαλύματα αντιλαμβάνονταν ότι πεινούσαν περισσότερο από ό,τι όταν καταλάωναν μόνο νερό.

Η μελέτη, ωστόσο, βασίστηκε μόνο στην πείνα των ατόμων και δεν μέτρησε την πραγματική πρόσληψη τροφής, η οποία θεωρείται απαραίτητη από τους ψυχολόγους και ειδικούς σε θέματα παχυσαρκίας. Σε μια άλλη μελέτη των Blundell et al. (1987) χρησιμοποιήθηκαν διαλύματα που είχαν γλυκανθεί με διάφορα γλυκαντικά χαμηλών θερμίδων και δεν παρατηρήθηκε αύξηση της πρόσληψης τροφής.

Σύμφωνα με τα ευρήματα μελετών η αντικατάσταση σακχαρόζης με γλυκαντικά χαμηλών θερμίδων στα τρόφιμα ή ποτά δεν αυξάνει την πρόσληψη τροφής ή την πείνα σε στα παιδιά, ούτε έχει αποδειχθεί ότι αυξάνει την κατανάλωση τροφής, την πρόσληψη τροφής σε φυσιολογικού βάρους ή υπέρβαρους άνδρες και γυναίκες (Anderson et al., 2012).

2.2.1 Πείνα, όρεξη και κορεσμός

Πρόσφατες μελέτες υποδεικνύουν ότι τα γλυκαντικά χαμηλής θερμιδικής αξίας (Low Calorie Sweeteners, LCS) δεν προάγουν ούτε καταστέλλουν την όρεξη (Bellisle & Drewnowski, 2007; Renwick & Molinary, 2010). Λόγω του όγκου τους, τα ροφήματα με χαμηλές και χωρίς θερμίδες μπορεί να καταστείλουν την όρεξη για περίπου μία ώρα, αλλά δεν φαίνεται να επηρεάζουν την πρόσληψη τροφής στο επόμενο γεύμα. Αντίθετα, ένα θερμιδικό ποτό θα καταστείλει την όρεξη και μπορεί να μειώσει ή να μην μειώσει την ενεργειακή πρόσληψη στο επόμενο γεύμα.

Ο κορεσμός μετά την κατανάλωση ήταν παρόμοιος για τα παιδιά που έλαβαν ποτά που περιέχουν LCS ή ζαχαρούχα ποτά (Sugar-sweetened Beverages, SSB) σε μια δοκιμή παρέμβασης διάρκειας 18 μηνών (de Ruyter et al., 2013), ενώ παρόμοια αποτελέσματα έχουν βρεθεί και σε ενήλικες (Holt et al., 2000). Για παράδειγμα, σε μια διασταυρούμενη μελέτη, οι ενήλικες που έλαβαν τρόφιμα που είχαν γλυκανθεί με LCS (290 kcal) ή σακχαρόζη (490 kcal) πριν από το μεσημεριανό και το βραδινό γεύμα ανέφεραν παρόμοιες αξιολογήσεις πείνας και κορεσμού και έφαγαν παρόμοιες ποσότητες στο επόμενο γεύμα (Anton et al., 2010).

Στη μελέτη των Maersk et al. (2012) διαπιστώθηκε ότι μετά την κατανάλωση 500 ml ενός SSB η συνολική ενεργειακή πρόσληψη (από το ποτό και το επόμενο γεύμα ad libitum) ήταν υψηλότερη σε σύγκριση με ένα αναψυκτικό διαίτης ή νερό. Το συμπέρασμα ήταν ότι η ενέργεια που παρείχε το SSB δεν αντισταθμίστηκε πλήρως από τη μειωμένη ενεργειακή πρόσληψη στο επόμενο γεύμα, τονίζοντας τον κίνδυνο δημιουργίας θετικού ενεργειακού ισοζυγίου με τη συχνή κατανάλωση ποτών που περιέχουν ενέργεια. Επιπλέον, δεν υπήρχαν ενδείξεις ότι το τεχνητό γλυκαντικό που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή τη μελέτη, η ασπαρτάμη, αύξησε την όρεξη ή την ενεργειακή πρόσληψη, σε σύγκριση με το νερό. Επομένως, χρειάζεται περισσότερη έρευνα σχετικά με την πιθανή συνήθεια στις επιδράσεις του LCS στην όρεξη, τον κορεσμό και την πρόσληψη τροφής.

2.2.2 Πρόσληψη ενέργειας

Μελέτες υποδεικνύουν ότι τα τρόφιμα και τα ποτά που γλυκαινούνται με LCS μπορεί να συμβάλλουν στη μείωση της ενεργειακής πρόσληψης, εάν χρησιμοποιούνται αντί για πιο ενεργειακά πυκνά τρόφιμα και ποτά (Mattes & Popkin, 2009). Ως εκ τούτου, το όφελος των LCS τείνει να είναι μεγαλύτερο για τα ποτά, όπου η ζάχαρη είναι η κύρια ή μοναδική πηγή ενέργειας, παρά για τα τρόφιμα, όπου άλλα μακροθρεπτικά συστατικά μπορεί να απαιτούνται για να αντικαταστήσουν τη ζάχαρη και να παρέχουν όγκο.

Μελέτες στις οποίες χρησιμοποιήθηκαν LCS αντί ζάχαρης ή SSB για αρκετές ημέρες ή εβδομάδες καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η κατά βούληση πρόσληψη ενέργειας είναι χαμηλότερη με τα LCS, επειδή οι άνθρωποι αντισταθμίζουν μόνο εν μέρει τις θερμίδες που λείπουν (de la Hunty et al., 2006; Mattes & Popkin, 2009). Ο βαθμός αντιστάθμισης του τροφίμου ή του ποτού είναι πιθανό να ποικίλλει ανάλογα με τη φυσική μορφή, τη σύνθεση, την ποσότητα, τη χρονική κλίμακα και τους ατομικούς παράγοντες.

Η διαφοροποίηση του σχεδιασμού μπορεί να εξηγήσει γιατί ορισμένες μελέτες διαπιστώνουν μεγαλύτερο ενεργειακό έλλειμμα από άλλες. Τέτοιες διαφορές μπορεί να περιλαμβάνουν τον τύπο του LCS που χρησιμοποιείται, τη φυσική του μορφή (τρόφιμο ή ποτό), την επιλογή του ελέγχου (π.χ. SSB, νερό), τις ποσότητες που καταναλώνονται και το θερμιδικό πλαίσιο (ad libitum, υπερθερμιδική, δίαιτα μείωσης βάρους). Παρόλο που απαιτούνται περισσότερα δεδομένα από πιο μακροπρόθεσμες παρεμβάσεις, φαίνεται ότι το LCS, ιδίως στα ποτά, μπορεί να αποτελέσει χρήσιμο βοήθημα για τη διατήρηση της μειωμένης ενεργειακής πρόσληψης (Raben & Richelsen, 2012).

2.2.3 Διαχείριση βάρους

Στρατηγικές για την αναστροφή της ανοδικής τάσης των ποσοστών παχυσαρκίας πρέπει να επικεντρωθούν τόσο στη μείωση της ενεργειακής πρόσληψης όσο και στην αύξηση της ενεργειακής δαπάνης. Η παροχή χαμηλής περιεκτικότητας σε ή μειωμένων θερμίδων είναι ένας τρόπος για να βοηθηθούν οι άνθρωποι να μειώσουν την ενεργειακή τους πρόσληψη και να βοηθήσουν έτσι τη διατήρηση του βάρους τους ή την απώλεια βάρους. Οι περισσότερες μελέτες που διερευνούν το ρόλο των γλυκαντικών υλών με χαμηλές θερμίδες στον έλεγχο του βάρους έχουν δείξει ότι η αντικατάσταση τροφίμων και ποτών στη διατροφή με light ή διαιτητικές εκδοχές στο πλαίσιο ενός προγράμματος ελεγχόμενων θερμίδων μπορεί να οδηγήσει σε συνολική μείωση της πρόσληψης θερμίδων.

Το 2015 οι Rogers et al. διεξήγαγαν συστηματική ανασκόπηση που περιελάμβανε μετα-αναλύσεις από μελέτες παρατήρησης σε ζώα, ανθρώπους και παρεμβάσεις σε ανθρώπους που παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την κατανάλωση γλυκαντικών χαμηλών θερμίδων και την ενεργειακή πρόσληψη ή/και το σωματικό βάρος (Rogers et al., 2016).

Διαπιστώθηκε σημαντική βαρύτητα των αποδεικτικών στοιχείων υπέρ της κατανάλωσης γλυκαντικών υλών με χαμηλές θερμίδες ως χρήσιμη στην μείωση της σχετικής ενεργειακής πρόσληψης και του σωματικού βάρους. Ακόμη, δεν βρέθηκαν στοιχεία από τις μελέτες παρέμβασης σε ανθρώπους ότι η κατανάλωση γλυκαντικών υλών με χαμηλές θερμίδες αυξάνει την πρόσληψη ενέργειας. Το πιο σημαντικό είναι ότι οι επιδράσεις των χαμηλών θερμίδων γλυκαντικών ποτών στο σωματικό βάρος φαίνεται επίσης ουδέτερες σε σχέση με το νερό ή ακόμη και ανώτερα σε ορισμένα πλαίσια Rogers et al., 2016).

Οι γλυκαντικές ύλες με χαμηλές θερμίδες είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για τη διατήρηση του βάρους. Η χρήση γλυκαντικών υλών χαμηλών θερμίδων φαίνεται επίσης να αποτελεί στρατηγική για μια επιτυχημένη και μακροχρόνια απώλεια βάρους. Μια κλινική μελέτη που δημοσιεύθηκε το 2016 επιβεβαίωσε προηγούμενες ευρήματα ότι τα ποτά με χαμηλή περιεκτικότητα σε θερμίδες και γλυκαντικά μπορούν πράγματι να βοηθήσουν στη μακροπρόθεσμη απώλεια βάρους ή στη διατήρηση του βάρους (Peters et al., 2016).

Στην πραγματικότητα, η μελέτη αυτή διαπίστωσε ότι τα άτομα που κατανάλωναν ζαχαρούχα ποτά χαμηλών θερμίδων ως μέρος της διατροφής τους είχαν καλύτερα αποτελέσματα σε σύγκριση με εκείνους που έπιναν μόνο νερό, και συγκεκριμένα είχαν σημαντικά μεγαλύτερη διατήρηση της απώλειας βάρους, υψηλότερη μείωση της περιφέρειας μέσης και αισθάνονταν λιγότερο πεινασμένοι (Peters et al., 2016).

Αρκετές ανασκοπήσεις επιδημιολογικών και κλινικών μελετών έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι η μείωση ή η αντικατάσταση των SSB με εναλλακτικές λύσεις χαμηλών ή καθόλου θερμίδων έχει ευεργετικές επιδράσεις στο σωματικό βάρος (Malik et al., 2013, Ebbeling, 2014), αλλά τα στοιχεία που αποδεικνύουν ότι η χρήση των LCS οδηγεί σε απώλεια βάρους είναι περιορισμένα. Το 2011, η Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA) απέρριψε έναν ισχυρισμό για τα μη θρεπτικά γλυκαντικά στην απώλεια βάρους, εν μέρει με την αιτιολογία ότι δεν είχε αποδειχθεί η σχέση αιτίου και αποτελέσματος μεταξύ της πρόσληψης ζάχαρης και της παχυσαρκίας και εν μέρει επειδή ορισμένα από τα στοιχεία που αναφέρθηκαν αφορούσαν ποτά και όχι προϊόντα που περιέχουν LCS γενικά (EFSA NDA, 2011).

Ωστόσο, στοιχεία από τυχαιοποιημένες ελεγχόμενες δοκιμές και πρόσφατες ανασκοπήσεις κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η χρήση LCS για την αντικατάσταση των σακχάρων οδηγεί σε μέτρια απώλεια βάρους (<1 kg για αρκετές εβδομάδες) (Te Morenga et al., 2013) και σε μείωση της λιπώδους μάζας και της περιφέρειας μέσης (Miller & Perez, 2014). Όμως, θα πρέπει αν σημειωθεί ότι πολλές μελέτες περιλάμβαναν μεγάλες ποσότητες σακχάρων ή SSB ως μέσο ελέγχου, ενώ άλλες βρήκαν

σημαντικά αποτελέσματα μόνο σε υποομάδες, για παράδειγμα σε υπέρβαρα άτομα ή ισπανόφωνους. Τέτοια δεδομένα υποδεικνύουν ότι απαιτείται πρόσθετη έρευνα για την κατανόηση της διακύμανσης της απόκρισης και των μηχανισμών (Kaiser et al., 2013; Ebbeling, 2014).

Σε γενικές γραμμές, τα στοιχεία υποστηρίζουν το συμπέρασμα ότι η αντικατάσταση των SSB με ποτά χωρίς ενέργεια ή με νερό διευκολύνει τη διαχείριση του βάρους (Dennis et al., 2009).

2.2.4 Διαβήτης και ινσουλίνη

Ο διαβήτης έχει διάφορες μορφές, αλλά όλες χαρακτηρίζονται από μη φυσιολογικό μεταβολισμό της γλυκόζης λόγω ανεπάρκειας ινσουλίνης ή/και διαταραγμένης επίδρασης της ινσουλίνης. Τα άτομα με διαβήτη ενθαρρύνονται να ακολουθούν μια υγιεινή διατροφή, με περίπου 50% της ενέργειας από υδατάνθρακες, οι οποίοι μπορεί να περιλαμβάνουν μικρή ποσότητα προστιθέμενης ζάχαρης.

Υπάρχουν ενδείξεις ότι τα LCS μπορούν να παρέχουν γλυκύτητα χωρίς να αυξάνουν το σάκχαρο στο αίμα ή να επηρεάζουν με οποιονδήποτε τρόπο την απελευθέρωση ινσουλίνης ή πεπτιδίων του εντέρου (Ma et al., 2010), σε αντίθεση με τις δίαιτες υψηλής περιεκτικότητας σε σακχαρόζη/υψηλής ενέργειας, οι οποίες συνήθως τείνουν να αυξάνουν τη μεταγευματική γλυκαιμία, την ινσουλιναιμία και τη λιπιδαιμία (Raben et al., 2011). Ομοίως, όταν καταναλώνονται με γλυκόζη, τα LCS δεν φαίνεται να διαφοροποιούν τη γλυκαιμική απόκριση (Bryant et al. 2014). Τα LCS έχουν χαρακτηριστεί ασφαλείς για τα άτομα με διαβήτη και η EFSA ενέκρινε πρόσφατα τον ισχυρισμό υγείας ότι τα LCS συμβάλλουν στη μείωση της μεταγευματικής γλυκαιμικής απόκρισης (EFSA NDA, 2011). Η διατήρηση ενός υγιούς σωματικού βάρους έχει κεντρική σημασία για τον καλό έλεγχο του διαβήτη, οπότε τα LCS μπορεί επίσης να ωφελήσουν τα άτομα με διαβήτη διευκολύνοντας τον έλεγχο του βάρους, εφόσον καταναλώνονται στο πλαίσιο μιας δίαιτας με ελεγχόμενες θερμίδες και ενός υγιεινού τρόπου ζωής. Απαιτείται, όμως, περισσότερη έρευνα σχετικά με τον ρόλο τους στον μακροπρόθεσμο έλεγχο της γλυκόζης στο αίμα.

Η αντικατάσταση της ζάχαρης με γλυκαντικά χαμηλών θερμίδων μπορεί να είναι ευεργετική στις διατροφικές στρατηγικές για τη διαχείριση της γλυκόζης στο αίμα σε άτομα με διαβήτη. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη θέση της ζάχαρης για να μειώσουν τη συνολική πρόσληψη υδατανθράκων σε ένα γεύμα, γεγονός που μπορεί να είναι χρήσιμο για τα άτομα με διαβήτη στην προσπάθειά τους να επιτύχουν τους στόχους για τα μεταγευματικά επίπεδα γλυκόζης στο αίμα. Με την προώδη στην ανάπτυξη επιλογών γλυκαντικών με χαμηλές θερμίδες, υπάρχει πλέον και μια ευρεία γκάμα προϊόντων με εξαιρετική γεύση και χαμηλότερη περιεκτικότητα σε ζάχαρη, τα οποία μπορούν να διευκολύνουν τον προγραμματισμό των γευμάτων με διαβήτη.

Μελέτες σε ανθρώπους δείχνουν ότι οι γλυκαντικές ουσίες χαμηλών θερμίδων δεν επηρεάζουν τα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα τόσο σε υγιή άτομα όσο και σε άτομα με διαβήτη. Σε μια συστηματική ανασκόπηση των Romo-Romo et al. (2016) που συνοψίζει τις διαθέσιμες

τυχαιοποιημένες κλινικές δοκιμές (RCT) στην επιστημονική βιβλιογραφία, η συντριπτική πλειονότητα των κλινικών μελετών επιβεβαίωσε ότι τα διάφορα γλυκαντικά χαμηλών θερμίδων δεν επηρεάζουν τους γλυκαιμικούς δείκτες, όπως η γλυκόζη αίματος, η έκκριση ινσουλίνης ή η γλυκοζυλιωμένη αιμοσφαιρίνη (Hb1Ac). Στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξε και μια προηγούμενη συστηματική ανασκόπηση που αξιολογούσε την επίδραση της σύνθεσης της διατροφής στη ρύθμιση της γλυκόζης στο αίμα (Russel et al., 2013).

2.2.5 Οι γλυκαντικές ουσίες χαμηλών θερμίδων συμβάλλουν στη στοματική υγεία

Τα LCS δεν ζυμώνονται από τα βακτήρια του στόματος και δεν προκαλούν τερηδόνα. Ωστόσο, τα τρόφιμα που περιέχουν LCS δεν είναι απαραίτητα «φιλικά προς τα δόντια» εάν περιέχουν ζυμώσιμους υδατάνθρακες ή οξέα τροφίμων με διαβρωτική δράση. Ως εκ τούτου, η φιλική προς τα δόντια ιδιότητα εξαρτάται από τη συνολική σύνθεση και τα χαρακτηριστικά του τροφίμου. Η EFSA δημοσίευσε θετική γνωμοδότηση σχετικά με τον ισχυρισμό ότι τα γλυκαντικά μπορεί να μειώσουν το ρυθμό απομετάλλωσης των δοντιών (EFSA NDA, 2011).

Η φθορά των δοντιών είναι η πιο διαδεδομένη πάθηση μεταξύ των κοινών ασθενειών, επηρεάζοντας σχεδόν τον μισό παγκόσμιο πληθυσμό (44%) το 2010 (FDI World Dental Federation, 2015). Σε αντίθεση με τη ζάχαρη, τα εγκεκριμένα γλυκαντικά χαμηλών θερμίδων δεν προκαλούν τερηδόνα, καθώς δεν είναι ζυμώσιμα από τα βακτήρια που υπάρχουν στη στοματική κοιλότητα.

Η τερηδόνα είναι το αποτέλεσμα της απομεταλλοποίησης του σμάλτου των δοντιών από το οξύ στο στόμα. Το οξύ παράγεται από τα βακτήρια του στόματος που μεταβολίζουν ή ζυμώνουν τους υδατάνθρακες (σάκχαρα και άμυλα) που προσλαμβάνονται από το άτομο. Συνήθως, ο κίνδυνος της τερηδόνας ελαχιστοποιείται με καλή στοματική υγιεινή και υγιεινή διατροφή. Όμως, αυτές οι πρακτικές μπορεί να μην απομακρύνουν εντελώς τον κίνδυνο και η συχνή κατανάλωση τροφίμων ή/και ποτών με υψηλή περιεκτικότητα σε ζάχαρη, ιδίως χωρίς καλή οδοντική υγιεινή, μπορεί να παρουσιάζει αυξημένο κίνδυνο για τερηδόνα (Peres et al., 2016). Σε αντίθεση με τη ζάχαρη, τα εγκεκριμένα γλυκαντικά χαμηλών θερμίδων δεν είναι ζυμώσιμα από τα βακτήρια του στόματος, επομένως δεν μπορούν να συμβάλουν ή να προωθήσουν την οδοντική τερηδόνα.

Στη μελέτη Global Burden of Disease Study (2016) αναφέρεται ότι ο μισός παγκόσμιος πληθυσμός πλήττεται από στοματικές παθήσεις. Σε κάθε στάδιο της ζωής μπορεί να εμφανιστούν στοματικές ασθένειες, οι οποίες μπορεί να ξεκινήσουν ήδη από την ηλικία των 18 μηνών. Ένας παραμελημένος τομέας της παγκόσμιας υγείας είναι η στοματική υγεία, λόγω της μη θεραπευμένης οδοντικής φθοράς 2,3 δισεκατομμύρια άνθρωποι πλήττονται από τα μόνιμα δόντια και περισσότερα από 560 εκατομμύρια παιδιά πλήττονται από τα πρωτογενή δόντια σε όλο τον κόσμο (Fisher et al., 2018).

Το άμεσο οικονομικό κόστος που συνδέεται με τη θεραπεία των στοματικών παθήσεων εκτιμήθηκε σε 298 εκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ/έτος το 2010, το οποίο αντιστοιχεί στο 4,6% των συνολικών δαπανών για την υγεία παγκοσμίως (Listl et al., 2015). Οι ανισότητες στη στοματική υγεία και η ακατάλληλη στοματική υγεία έχουν οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις στους ανθρώπους και οι μη θεραπευμένες στοματικές παθήσεις αποτελούν τον αισθητό δείκτη των ανισοτήτων υγείας στην κοινότητα (Ravaghi et al., 2013).

Οι στοματικές ασθένειες θεωρούνται παράγοντες συννοσηρότητας, συμπεριλαμβανομένων των μεταδοτικών και μη μεταδοτικών ασθενειών, της σεξουαλικής και αναπαραγωγικής ευημερίας και της υγείας της μητέρας και του βρέφους (Fisher et al., 2018). Επιπλέον, η σχολική εργασία και η μαθησιακή διαδικασία επηρεάζονται επίσης από τα προβλήματα στοματικής υγείας. Τα παιδιά είναι πιθανό να χάσουν το σχολείο λόγω μη θεραπευμένης τερηδόνας που προκαλεί πόνο ή μόλυνση στο στόμα (Karki et al., 2019). Πολλές πρόσφατες συστηματικές ανασκοπήσεις δημοσιεύθηκαν και αναφέρουν για τα παιδιά εκείνα που έχουν υψηλό ποσοστό τερηδόνας, χαμηλή φοίτηση και κακή ακαδημαϊκή επίδοση στο σχολείο (Rebelo et al., 2019; Ruff et al., 2019).

Σε παγκόσμιο επίπεδο, η οδοντική τερηδόνα αποτελεί μείζον πρόβλημα δημόσιας υγείας και είναι η πλέον κυρίαρχη πάθηση που αναφέρεται στην Παγκόσμια Έκθεση για την Επιβάρυνση των Ασθενειών 2015 που τοποθετείται πρώτη για την τερηδόνα των μόνιμων δοντιών. Η οδοντική τερηδόνα είναι η πιο κυρίαρχη μη μεταδοτική χρόνια νόσος και επηρεάζει όλες τις ηλικιακές ομάδες από τα παιδιά έως τους ηλικιωμένους ενήλικες. Η οδοντική τερηδόνα επηρεάζει το 80% του παγκόσμιου πληθυσμού και η διαιτητική ζάχαρη είναι ο πιο ουσιαστικός παράγοντας κινδύνου για την οδοντική τερηδόνα (Moynihan, 2016).

Η διαδικασία της τερηδόνας είναι επακόλουθο της πρόσληψης ζυμώσιμων υδατανθράκων και σακχαρόζης και συμβαίνει στο στόμα όταν τα βακτήρια επεξεργάζονται τα σάκχαρα για να παράγουν κάποια οξέα, τα οποία μπορεί να απομεταλλώσουν τους σκληρούς ιστούς των δοντιών. Τα άτομα που έχουν υψηλότερη κατανάλωση ελεύθερης ζάχαρης έχουν περισσότερη τερηδόνα (Hujuel & Lingström, 2017). Κατά τη διάρκεια του 19^{ου} αιώνα, διαπιστώθηκε ότι ο περιορισμός της ζάχαρης αποτρέπει τα οδοντικά προβλήματα, επειδή τα περισσότερα παιδιά υπέφεραν από τερηδόνα εκείνη την εποχή.

Επίσης, είναι γνωστό ότι η ζάχαρη αυξάνει τον κίνδυνο αιμορραγίας των ούλων εκτός από την τερηδόνα (Hujuel and Lingström, 2017). Μια μελέτη έδειξε τις επιδράσεις της βελτιστοποιημένης για τη στοματική υγεία δίαιτας στη φλεγμονή των ούλων και του περιοδοντίου. Οι συμμετέχοντες της πειραματικής ομάδας έπρεπε να αλλάξουν τη διατροφή τους, η οποία περιελάμβανε χαμηλούς υδατάνθρακες, υψηλή περιεκτικότητα σε Ωμέγα-3 λιπαρά οξέα, βιταμίνη C, αντιοξειδωτικά και φυτικές ίνες για τέσσερις εβδομάδες, ενώ οι συμμετέχοντες της ομάδας ελέγχου δεν έκαναν καμία αλλαγή στη διατροφική τους ρουτίνα. Το αποτέλεσμα έδειξε ότι η δίαιτα με χαμηλή περιεκτικότητα

σε υδατάνθρακες, υψηλή σε ωμέγα-3 λιπαρά οξέα, βιταμίνες C και πλούσια σε φυτικές ίνες μπορεί να μειώσει σημαντικά τη φλεγμονή του περιοδοντίου και των ούλων (Woelber et al., 2017).

Στη μελέτη των Goodwin et al. (2017) διαπιστώθηκε ότι οι πολιτικές διατροφής στα σχολεία, ιδίως εκείνες που αποσκοπούν στον περιορισμό της κατανάλωσης ζάχαρης, μπορεί να έχουν θετικές επιπτώσεις στη στοματική υγεία των μαθητών και είναι πιθανό να ελαχιστοποιήσουν τις δαπάνες υγειονομικής περίθαλψης που συνδέονται με την τερηδόνα. Πραγματοποιήθηκε μια διατομεακή έρευνα παρατήρησης για να ελεγχθεί ο ρόλος της διαιτητικής ζάχαρης στην ανάπτυξη τερηδόνας. Τα δεδομένα ελήφθησαν από ένα ερωτηματολόγιο, συνεντεύξεις ανάκλησης της 24ωρης διατροφής και κλινική εξέταση 128 ατόμων ηλικίας 11-12 ετών. Η κατανάλωση ελεύθερων σακχάρων πριν από τον ύπνο και μεταξύ των γευμάτων αξιολογήθηκε μέσω διαιτητικής αξιολόγησης. Ένα αποτέλεσμα αυτής της μελέτης έδειξε ότι ένας σημαντικός παράγοντας κινδύνου για την εμφάνιση τερηδόνας μπορεί να είναι η κατανάλωση γλυκών πριν από τον ύπνο (Goodwin et al., 2017).

2.2.6 Μη μεταδοτικές ασθένειες

Κάθε χρόνο σημειώνονται 56 εκατομμύρια θάνατοι παγκοσμίως, και οι μη μεταδοτικές ασθένειες (MMK) ευθύνονται για 38 εκατομμύρια (68%) θανάτους και 16 εκατομμύρια από αυτούς τους θανάτους (πάνω από 40%) ήταν πρόωροι (πριν από την ηλικία των 70 ετών). Μέχρι το 2030, ο ετήσιος αριθμός των θανάτων από μη νοσηρά νοσήματα αναμένεται να αυξηθεί σε 52 εκατομμύρια. Η αυξανόμενη πίεση για τα ΜΚΠ δημιουργεί δυσκολίες τόσο για τα νοικοκυριά όσο και για την κυβέρνηση να αντέξουν οικονομικά την υγειονομική περίθαλψη. Αυτή η οικονομική πίεση επηρεάζει επίσης την υγεία και τη συμπεριφορά που σχετίζεται με την υγεία και μειώνει την ποιότητα ζωής (Jan et al., 2018).

Η κατανάλωση ζάχαρης συνδέεται με την αύξηση των μη επιδημιολογικών νοσημάτων. Εκτιμάται ότι οι επιπτώσεις της ζάχαρης στον οργανισμό μπορεί να είναι παρόμοιες με εκείνες του αλκοόλ (Lustig et al., 2012). Η αυξημένη πρόσληψη ζάχαρης θα μπορούσε να αυξήσει τον κίνδυνο παχυσαρκίας, σακχαρώδη διαβήτη, καρδιαγγειακών παθήσεων, υπέρτασης, καρκίνου και δυσανεξίας στη γλυκόζη (Manickavasagan et al., 2013). Τα τρόφιμα με υψηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα είναι η αιτία για κενές θερμίδες με ελάχιστο επίπεδο ζωτικών θρεπτικών συστατικών και διαιτητικών ινών. Αυτά τα τρόφιμα αντικαθιστούν τα τρόφιμα με υψηλή περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά και συμβάλλουν στην υπερσιτισμό, αλλά και στην υποσιτισμό των ανθρώπων ταυτόχρονα (Steele et al., 2016). Πολλές μελέτες έδειξαν ότι η υπερβολική χρήση προστιθέμενης ζάχαρης αυξάνει τον κίνδυνο υψηλής χοληστερόλης, αρτηριακής πίεσης, υπέρτασης, διαβήτη τύπου 2, παχυσαρκίας και καρδιακών παθήσεων.

Τα επιδημιολογικά στοιχεία συνδέουν συνεχώς τη ζάχαρη και τα προϊόντα της με υψηλότερη συχνότητα αύξησης του σωματικού βάρους, διαβήτη και μεταβολικού συνδρόμου, τα οποία θεωρούνται κύριοι παράγοντες για την ανάπτυξη καρκίνου. Η αυξημένη πρόσληψη ζάχαρης

ευθύνεται για αυξημένη γλυκόζη στο αίμα, η οποία οδηγεί σε αυξημένο ινσουλινοειδή αυξητικό παράγοντα 1, φλεγμονή, παχυσαρκία και αυξημένο οξειδωτικό στρες, το οποίο προκαλεί πολλαπλασιασμό και διαφοροποίηση των κυττάρων και οδηγεί σε αυξημένο κίνδυνο καρκίνου. Τα ραφινάρισματά σακχάρων θεωρούνται τα κυριότερα τρόφιμα που προκαλούν καρκίνο, λόγω του ρόλου τους στην ανάπτυξη των καρκινικών κυττάρων (Makarem et al., 2018).

2.2.7 Διαταραχή του χολικού συστήματος

Μελέτες παρατήρησης σε ανθρώπους έχουν δείξει ότι η υψηλότερη κατανάλωση εξευγενισμένης ζάχαρης συνδέεται με υψηλότερο επιπολασμό χολόλιθων. Η συσχέτιση μεταξύ της κατανάλωσης ραφινάρισματά σακχάρων και των χολόλιθων θα μπορούσε να αποδοθεί στο γεγονός ότι η κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων ζάχαρης θα συμβάλει στην παχυσαρκία (Sharma & Tandon, 2012). Στη μελέτη των Di Ciaula et al. (2019) προτάθηκε ότι η πρόσληψη επεξεργασμένων υδατανθρακικών τροφίμων (κυρίως ραφινάρισματά σακχάρων) αυξάνει την ικανότητα της χοληστερόλης της χολής και προκαλεί το σχηματισμό χολόλιθων χοληστερόλης. Για να ελεγχθεί αυτή η υπόθεση, 13 άτομα (10 γυναίκες και 3 άνδρες) που έπασχαν από χολόλιθους χοληστερόλης, κατανάλωσαν δίαιτες με επεξεργασμένους και μη επεξεργασμένους υδατάνθρακες για 6 εβδομάδες το καθένα. Η περιεκτικότητα σε λιπίδια της δωδεκαδακτυλικής χολής και η κινητική του χολικού οξέος προσδιορίστηκαν μετά από κάθε δίαιτα και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η συγκέντρωση χοληστερόλης ήταν υψηλότερη στα άτομα που ακολουθούσαν δίαιτα με επεξεργασμένους υδατάνθρακες. Η χοληστερόλη της χολής αυξάνεται λόγω της κατανάλωσης υδατάνθρακων σε επεξεργασμένη μορφή, επομένως ο κίνδυνος εμφάνισης χολόλιθων θα μπορούσε να μειωθεί με την αποφυγή τροφών με εξευγενισμένους υδατάνθρακες (Di Ciaula et al., 2019).

Αν και δεν έχει αποδειχθεί ότι η κατανάλωση ραφινάρισματά σακχάρων ενθαρρύνει την ανάπτυξη χολόλιθων, θα ήταν σκόπιμο για τα άτομα που διατρέχουν κίνδυνο ανάπτυξης χολόλιθων να αποφεύγουν την περιττή κατανάλωση ραφινάρισματά σακχάρων (Sharma & Tandon, 2012).

2.2.8 Νευροαναπτυξιακές διαταραχές στα παιδιά

Η Διαταραχή Ελλειμματικής Προσοχής και Υπερκινητικότητας (ΔΕΠΥ) είναι μια νευροβιολογική διαταραχή που χαρακτηρίζεται από επίμονα συμπτώματα υπερκινητικότητας, απροσεξίας και παρορμητικότητας. Η ΔΕΠΥ αρχίζει στην παιδική ηλικία και συχνά διαρκεί μέχρι την ενηλικίωση, προκαλώντας κακές εκπαιδευτικές επιδόσεις καθώς και δια βίου συσσωρευμένες απώλειες, όπως οικογενειακές και διαπροσωπικές δυσκολίες. Πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι η υψηλή κατανάλωση επεξεργασμένης ζάχαρης και διατροφής με κορεσμένα λιπαρά μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο εμφάνισης ΔΕΠΥ ή υπερκινητικότητας (Del-Ponte et al., 2019).

Στη μελέτη των Howard et al. (2011) διαπιστώθηκε ότι τα συμπτώματα της ΔΕΠΥ ήταν συχνότερα στους εφήβους που είχαν υψηλή βαθμολογία σε μια δυτική διατροφή που περιελάμβανε υψηλή ποσότητα επεξεργασμένων σακχάρων και κορεσμένων λιπαρών. Οι Peacock et al. (2011) και Abbasi et al. (2019) έδειξαν επίσης ότι η διατροφή με υψηλή περιεκτικότητα σε ζάχαρη και λιπαρά αυξάνει τον κίνδυνο εμφάνισης ΔΕΠΥ.

Διαγωνίζεται από την κοινή πεποίθηση ότι τα εξευγενισμένα σάκχαρα προκαλούν υπερκινητικότητα. Υπάρχουν δύο υποθέσεις πίσω από αυτό, η πρώτη είναι ότι μετά την κατανάλωση ζάχαρης, ορισμένα παιδιά εμφανίζουν «πραγματική αντιδραστική υπογλυκαιμία» και η άλλη υπόθεση είναι ότι η υπερκινητικότητα εμφανίζεται λόγω αλλεργίας στην εξευγενισμένη ζάχαρη. Δεν έχουν διεξαχθεί πρόσφατες έρευνες για να προσδιοριστεί η σχέση μεταξύ ζάχαρης και συμπεριφοράς στα παιδιά, αν και μελέτες σε αρουραίους δείχνουν ότι η εξάρτηση από τη ζάχαρη συμβάλλει σε συμπεριφορικές και νευρικές αλλαγές που επηρεάζουν το σύστημα ντοπαμίνης με παρόμοιο τρόπο όταν αυτό επηρεάζεται κατά την ευαισθητοποίηση σε διεγερτικά (Wolraich et al., 2007).

2.2.9 Επιδείνωση των γνωστικών ικανοτήτων

Η κατανάλωση ραφινρισμένων σακχάρων συνδέεται επίσης με μειωμένες γνωστικές λειτουργίες. Αν και δεν υπάρχουν έρευνες σε ανθρώπους για να διερευνηθεί η μακροπρόθεσμη επίδραση της κατανάλωσης ζάχαρης στις γνωστικές λειτουργίες, είναι κατανοητό ότι η κατανάλωση ζάχαρης συμβάλλει στη μείωση της αντίστασης στην ινσουλίνη και της ανοχής στη γλυκόζη, η οποία με τη σειρά της θα μπορούσε να σχετίζεται με τη γνωστική εξασθένηση. Μια διατροφή υψηλή σε κορεσμένη και ραφινρισμένη ζάχαρη συνδέεται επίσης με χειρότερες επιδόσεις μνήμης και παρόμοιες (Francis & Stevenson, 2013).

Διαπιστώθηκε ότι η κατανάλωση επεξεργασμένων τροφίμων (επεξεργασμένα κρέατα, εξευγενισμένα δημητριακά, γαλακτοκομικά προϊόντα με υψηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά, καραμέλες και σοκολάτες) σε μια ομάδα ενηλίκων χωρίς εγκεφαλικό επεισόδιο (35-55 ετών) συσχετίστηκε με τις χαμηλότερες επιδόσεις σε γνωστικές δοκιμασίες λεξιλογίου και λεκτικής ευχέρειας σε σύγκριση με εκείνους που ακολουθούσαν ένα πλήρες πρότυπο διατροφής (Akbaraly et al., 2009).

Μια άλλη μελέτη κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η υψηλή πρόσληψη ζάχαρης και κορεσμένων λιπαρών συνδέθηκε με μικρότερες επιδόσεις στη νευροψυχολογική δοκιμασία μνήμης σε σχέση με εκείνη που καταγράφηκε σε χαμηλότερη πρόσληψη ζάχαρης και λιπαρών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι γνωστικές επιδράσεις οφείλονταν ίσως στη διατροφή και όχι στην αύξηση του σωματικού βάρους ή σε συναφείς διαταραχές (Francis & Stevenson, 2011).

Οι δίαιτες με υψηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρο μπορούν να αλλάξουν τη γνωστική συμπεριφορά μειώνοντας την πλαστικότητα των νευρώνων. Πολλές μελέτες έδειξαν ότι η δίαιτα με υψηλή περιεκτικότητα σε ραφινρισμένη ζάχαρη και κορεσμένα λιπαρά θα μπορούσε να συμβάλει

σε μειωμένη απόδοση στη δοκιμασία του λαβύρινθου του νερού Morris, η οποία συσχετίστηκε με μειωμένη έκφραση του νευροτροφικού παράγοντα του υπόκαμπου που προέρχεται από τον εγκέφαλο, ενός σημαντικού μεσολαβητή της νευρικής μάθησης και της μνήμης (Jurdak & Kanarek, 2009).

2.2.10 Επιπλοκές κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης

Για τη βέλτιστη υγεία της μητέρας και του εμβρύου, η θρεπτική διατροφή είναι πολύ σημαντική κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης. Η υπερβολική κατανάλωση ζάχαρης είναι ο νούμερο ένας παράγοντας που μπορεί να χαρακτηρίσει μια ανθυγιεινή διατροφή, επειδή η υψηλή κατανάλωση προϊόντων ζάχαρης παρέχει συνήθως περιττές θερμίδες και αντικαθιστά πιο υγιεινές τροφές που περιέχουν βασικά μακρο- και μικροθρεπτικά συστατικά.

Η κατανάλωση ζάχαρης συνδέεται με τον υψηλό κίνδυνο προεκλαμψίας, υπερβολικής αύξησης του βάρους κύησης και σακχαρώδη διαβήτη κύησης στη μητέρα. Όλοι αυτοί οι παράγοντες μπορεί να συμβάλλουν σε μεγαλύτερη πιθανότητα εμφάνισης προβλημάτων κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης και περιγεννητικής θνησιμότητας και νοσηρότητας (Graham et al., 2013).

Η υπερβολική κατανάλωση ζάχαρης κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης προκαλεί αύξηση του σωματικού βάρους όχι μόνο στη μητέρα, αλλά και στους απογόνους και συμβάλλει στην επιδημία της παχυσαρκίας (Jen et al., 2017). Κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης, η κατανάλωση ποτών που περιέχουν ζάχαρη συσχετίζεται θετικά με τον δείκτη μάζας σώματος των παιδιών κατά την πρώιμη παιδική ηλικία και ιδιαίτερα με την υψηλότερη λιπώδη μάζα. Μια άλλη έρευνα διεξήχθη για τη διερεύνηση της επίδρασης των ζαχαρούχων ποτών κόλα κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η καθημερινή υψηλή κατανάλωση ζαχαρούχων ποτών κόλα συνδέεται με αύξηση του ποσοστού πρόωρου τοκετού (Petherick et al., 2014).

Στη μελέτη των Maslova et al. (2015), η οποία διεξήχθη στη Δανία, μια προοπτική μελέτη κοόρτης σε 46.262 γυναίκες, αξιολόγησε ότι η υπερβολική πρόσληψη ζάχαρης συνδέεται άμεσα με την αύξηση του βάρους κατά την κύηση. Οι συγγραφείς διαπίστωσαν ότι η υψηλότερη αναλογία πρωτεϊνών προς υδατάνθρακες σχετιζόταν αντίστροφα με την αύξηση του σωματικού βάρους, ενώ η κατανάλωση υπερβολικής ζάχαρης σχετιζόταν ισχυρά με την αύξηση του σωματικού βάρους κατά την κύηση. Η αύξηση της αναλογίας πρωτεϊνών προς υδατάνθρακες με έμφαση στη μείωση της προστιθέμενης ζάχαρης μπορεί να συμβάλει στη μείωση της υπερβολικής αύξησης του βάρους κύησης (Maslova et al., 2015). Διαπιστώθηκε, επίσης, ότι κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης η κατανάλωση ζάχαρης από τη μητέρα συνδέεται με αυξημένο κίνδυνο ατοπικού άσθματος και ατοπίας στους απογόνους, ανεξάρτητα από την κατανάλωση ζάχαρης στην πρώιμη παιδική ηλικία (Bédard et al., 2017).

Η υψηλή κατανάλωση ζάχαρης κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης συνδέεται με την ανάπτυξη σακχαρώδη διαβήτη κύησης (GDM). Μια μελέτη που βασίστηκε σε δεδομένα της Εθνικής Έρευνας

για την Υγεία και τη Διατροφή διερεύνησε τον αντίκτυπο των διατροφικών προτύπων στις έγκυες γυναίκες και τον κίνδυνο εμφάνισης GDM. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η διατροφή με υψηλή πρόσθεση ζάχαρης και η χαμηλή πρόσληψη φρούτων και λαχανικών αύξησε τον κίνδυνο για GDM (Shin et al., 2015).

Σε μια άλλη μελέτη, διερευνήθηκε η σχέση μεταξύ της κατανάλωσης αναψυκτικών με ζάχαρη πριν από την εγκυμοσύνη και του κινδύνου για ΣΔΚ (Donazar-Ezcurra et al., 2018). Η μελέτη έδειξε θετική συσχέτιση μεταξύ του SSSD και του GDM, η οποία παρέμεινε ακόμη και μετά τον έλεγχο πιθανών συγχυτικών παραγόντων, όπως το οικογενειακό ιστορικό διαβήτη, ο δείκτης μάζας σώματος (ΔΜΣ), η συνολική ενεργειακή πρόσληψη και η πρόσληψη φυτικών ινών (Donazar-Ezcurra et al., 2018). Η έρευνα σχετικά με τη συμπεριφορά των γυναικών όσον αφορά την κατανάλωση ζάχαρης κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι στρατηγικές που θα βοηθήσουν τις εγκύους να διατηρήσουν μια ισορροπημένη διατροφή και να μειώσουν την κατανάλωση ζάχαρης θα πρέπει να καθοδηγούνται από τη διατροφική εκπαίδευση και τη διατροφική ευαισθητοποίηση (Graham et al., 2013).

Το αυξανόμενο ενδιαφέρον του κοινού για την υγεία και την ευημερία έχει αυξήσει τη ζήτηση για αγαθά με χαμηλές θερμίδες (Manickvasagan et al., 2017). Γι' αυτό και πολλές ανακαλύψεις έχουν επικεντρωθεί στην αντικατάσταση της ραφιναρισμένης ζάχαρης (επιτραπέζια ζάχαρη) με σάκχαρα από φυσικές πηγές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε στερεά, ημιστερεά και υγρά τρόφιμα. Τα σάκχαρα από φυσικές πηγές (μη ραφιναρισμένη ζάχαρη) περιλαμβάνουν μια ποικιλία βιοδραστικών ενώσεων, ανόργανων συστατικών, ινών, αντιοξειδωτικών και φυτοχημικών ουσιών που συμβάλλουν στη μείωση της φλεγμονής καθώς και στην ενίσχυση της ενδοθηλιακής λειτουργίας. Οι διατροφικές ιδιότητες και το αντιοξειδωτικό δυναμικό των σακχάρων επηρεάζονται από τον βαθμό καθαρισμού. Τα μη ραφιναρισμένα σάκχαρα μπορεί να έχουν θετικό διατροφικό αντίκτυπο εάν υποκαταστήσουν τα ραφιναρισμένα σάκχαρα, λόγω της υψηλότερης περιεκτικότητας σε φαινόλες και φλαβονοειδή (Lee et al., 2018).

2.3 Τεχνητά γλυκαντικά και οφέλη στην υγεία

Τα τεχνητά γλυκαντικά είναι συνθετικά παραγόμενα υποκατάστατα της ζάχαρης, των οποίων η γλυκαντική δύναμη της σακχαρόζης είναι σημαντικά υψηλότερη ανά μονάδα βάρους (έως και 4000 φορές πιο γλυκιά, ανάλογα με τον τύπο) (Dhartiben & Aparnathi, 2017). Έχουν πολύ λίγες ή καθόλου θερμίδες και δεν είναι υδατάνθρακες (Saraiva et al., 2020). Η ακεσουλφάμη K, η ασπαρτάμη, η κυκλαμάτη, η νεοτάμη, η σακχαρίνη και η σουκραλόζη, πρέπει να διακρίνονται από τα υποκατάστατα ζάχαρης όπως η σορβιτόλη, η μαλτιτόλη ή η ξυλιτόλη, τα οποία έχουν πολύ μικρότερη γλυκαντική δύναμη και είναι τροποποιημένα σάκχαρα (αλκοόλες ζάχαρης) (Carocho et al., 2017).

Στην πράξη, τα τεχνητά γλυκαντικά αναμειγνύονται συνήθως με υποκατάστατα ζάχαρης για να κάνουν τη γλυκύτητα των προϊόντων πιο ευχάριστη και ιδίως για να καλύψουν τη συχνά ελαφρώς πικρή επίγευση ορισμένων τεχνητών γλυκαντικών (Wilk et al., 2022).

Τα τεχνητά γλυκαντικά είναι αμφιλεγόμενα και οι υγειονομικές αρχές των διαφόρων χωρών έχουν διαφορετικές απόψεις. Ορισμένες έχουν απαγορευτεί στις Ηνωμένες Πολιτείες λόγω υποψίας κινδύνου για καρκίνο, ωστόσο επιτρέπονται στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Landrigan & Straif, 2021). Αρκετές μελέτες έχουν δείξει ότι τα τεχνητά γλυκαντικά αυξάνουν τα επίπεδα ινσουλίνης, επειδή ο οργανισμός ανταποκρίνεται στη ζάχαρη όταν λαμβάνει το σήμα «γλυκό». Εάν το σήμα «γλυκό» προέρχεται από ένα τεχνητό γλυκαντικό και όχι από τη ζάχαρη, το επίπεδο σακχάρου στο αίμα πέφτει ως αποτέλεσμα της ινσουλίνης που εκκρίνει ο οργανισμός προληπτικά, με αποτέλεσμα να προκαλούνται κρίσεις πείνας (Bueno-Hernández et al., 2020).

Το αποτέλεσμα αυτό είναι αμφιλεγόμενο μεταξύ των ειδικών και έχουν υπάρξει μελέτες που δεν μπόρεσαν να το επιβεβαιώσουν. Πολλοί καταναλωτές προτιμούν να καταφεύγουν σε τρόφιμα με τεχνητή ζάχαρη, είτε ελπίζοντας να χάσουν βάρος χάρη στα υποκατάστατα της ζάχαρης με λιγότερες θερμίδες, είτε θεωρώντας ότι αυτά τα γλυκαντικά είναι λιγότερο επιβλαβή για την υγεία από τη ζάχαρη. Δυστυχώς, δεν υπάρχουν μέχρι στιγμής σαφείς αποδείξεις ότι τα τεχνητά γλυκαντικά είναι αποτελεσματικά στο να βοηθήσουν τους ανθρώπους να χάσουν βάρος (Pang et al. 2021; Wilk et al., 2022).

Αντιθέτως, πρόσφατες μελέτες έδειξαν ότι η μακροχρόνια χρήση τεχνητών γλυκαντικών ουσιών είναι πιθανότερο να οδηγήσει σε αύξηση του σωματικού βάρους και συναφείς κινδύνους για την υγεία, όπως υψηλή αρτηριακή πίεση ή διαβήτη τύπου 2 (Lohner et al. 2017; Higgins & Mattes, 2019). Ορισμένες από τις πιο συχνά χρησιμοποιούμενες τεχνητές γλυκαντικές ουσίες μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα υγείας επηρεάζοντας το βακτηριακό στρώμα στο έντερο, που ονομάζεται εντερική χλωρίδα, και μπορούν να προκαλέσουν, για παράδειγμα, τη συμπεριφορά δύο τύπων εντερικών βακτηρίων, *Escherichia coli* και *Enterococcus faecalis*, με τρόπο επιβλαβή για την υγεία (Lobach et al., 2019; Ruiz-Ojeda et al., 2019).

Οι παθογόνες αλλαγές στην εντερική χλωρίδα είναι, αφενός, ο ισχυρότερος σχηματισμός βιοϋμενίων και, αφετέρου, η αυξημένη προσκόλληση και εισβολή των βακτηρίων στα κύτταρα του ανθρώπινου εντέρου. Τα βιοϋμένια είναι στρώματα βλέννας που σχηματίζονται από μικροοργανισμούς οι οποίοι είναι οι ίδιοι ενσωματωμένοι σε αυτό το στρώμα βλέννας. Δεδομένου ότι αυτά τα βιοϋμένια προστατεύουν τα βακτήρια που είναι ενσωματωμένα σε αυτά από το ανοσοποιητικό σύστημα και τα καθιστούν λιγότερο ευαίσθητα στα αντιβιοτικά, αποτελούν πρόβλημα για την υγεία (Domingue et al., 2020).

Η σουκραλόζη και η ασπαρτάμη προκάλεσαν επίσης την προσκόλληση των εντερικών βακτηρίων σε ορισμένα κύτταρα που επενδύουν το εντερικό τοίχωμα. Στη συνέχεια, οι μικροοργανισμοί διείσδυσαν σε αυτά τα κύτταρα και τα σκότωσαν. Με τον τρόπο αυτό, βακτήρια

όπως ο *Enterococcus faecalis* διεισδύουν στους λεμφαδένες και συσσωρεύονται στο ήπαρ και στον σπλήνα, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε λοιμώξεις και ακόμη και σε σηψαιμία (Basson et al., 2021; Shil and Chichger, 2021).

2.4 Νομοθεσία της ΕΕ για τις γλυκαντικές ύλες

Τα γλυκαντικά ρυθμίστηκαν για πρώτη φορά σε ευρωπαϊκό επίπεδο την δεκαετία του 1990 με την έναρξη ισχύος της οδηγίας 94/35/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τα γλυκαντικά στα τρόφιμα, γνωστή και ως «οδηγία για τα γλυκαντικά».

Το 2008 το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο εξέδωσε κανονισμό-πλαίσιο, τον κανονισμό 1333/2008, για την ενοποίηση όλων των ισχυουσών εγκρίσεων για τα γλυκαντικά και τα πρόσθετα τροφίμων σε ένα νομικό κείμενο.

Το 2011 εξέδωσε το παράρτημα II, που θεσπίστηκε από την Επιτροπή ως Κανονισμός 1129/2011, και παρέχει κοινοτικό κατάλογο των γλυκαντικών ουσιών που έχουν εγκριθεί για χρήση σε τρόφιμα και ποτά και τους όρους χρήσης τους, καθορίζοντας τα ανώτατα επίπεδα χρήσης.

Εντός της ΕΕ, οι 11 γλυκαντικές ουσίες με χαμηλές θερμίδες που χρησιμοποιούνται σήμερα και που έχουν εγκριθεί για χρήση είναι η ακεσουλφάμη-K (E950), η ασπαρτάμη (E951), το άλας ασπαρτάμης-ακεσουλφάμης (E962), το κυκλοφορικό (E952), neohesperidine DC (E959), σακχαρίνη (E954), σουκραλόζη (E955), η ταυματίνη (E957), νεοτάμη (E961), γλυκοζίτες στεβιόλης (E960) και η αντβαντάμη (E969).

Τον Δεκέμβριο του 2013, στο πλαίσιο της διαδικασίας επαναξιολόγησης και μετά από μία από τις πιο ολοκληρωμένες επιστημονικές εκτιμήσεις κινδύνου που πραγματοποιήθηκαν για ένα πρόσθετο τροφίμων, η EFSA δημοσίευσε τη γνώμη της για την ασπαρτάμη, επιβεβαιώνοντας εκ νέου ότι η ασπαρτάμη είναι ασφαλής για τους καταναλωτές στα επιτρεπόμενα επίπεδα που ισχύουν σήμερα.

Η ρυθμιστική έγκριση των γλυκαντικών υλών χαμηλών θερμίδων στην ΕΕ προετοιμάζεται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή με βάση των επιστημονικών συμβουλών της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA). Η επιτροπή της EFSA που ασχολείται με την ασφάλεια των γλυκαντικών υλών είναι η επιτροπή ANS (Additives and Nutrient Sources added to food), μια ανεξάρτητη επιτροπή που αποτελείται από μέλη που διορίζονται με βάση αποδεδειγμένης επιστημονικής αριστείας.

Προηγουμένως, η ΕΕ βασιζόταν στην Επιστημονική Επιτροπή Τροφίμων (EET). Η SCF ήταν η επιστημονικός εγγυητής για την ασφάλεια των χρησιμοποιούμενων πρόσθετων τροφίμων εντός της ΕΕ από το 1974 έως τον Μάρτιο του 2003. Από τον Απρίλιο 2003, η ευθύνη αυτή ανήκει στην EFSA. Σε μ παγκόσμιο επίπεδο η ευθύνη αυτή ανήκει στην Κοινή Επιστημονική Επιτροπή

Εμπειρογνομόνων για τα πρόσθετα τροφίμων του Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών και Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας (JECFA).

Η άδεια και οι όροι χρήσης ενός χαμηλού θερμιδικών γλυκαντικών υλών, όπως και κάθε άλλο πρόσθετο τροφίμων, είναι εναρμονισμένο σε επίπεδο ΕΕ. Η EFSA είναι υπεύθυνη για την παροχή επιστημονικών συμβουλών και επιστημονικής τεχνικής υποστήριξης για την ευρωπαϊκή νομοθεσία και των πολιτικών της Ένωσης σε όλους τους τομείς που έχουν άμεσο ή έμμεσο αντίκτυπο στα τρόφιμα και την ασφάλεια των τροφίμων.

Οι αιτούντες (π.χ. κατασκευαστές συστατικών) μπορούν μόνο να υποβάλουν αίτηση για έγκριση ενός γλυκαντικού χαμηλών θερμίδων αφού έχουν ολοκληρωθεί εκτεταμένες δοκιμές ασφάλειας και υπάρχουν αποδεικτικά στοιχεία για την ασφάλεια και τη χρησιμότητα του προϊόντος. Η αίτηση παρέχει τεχνικές λεπτομέρειες σχετικά με το προϊόν και αναλυτικά δεδομένα που λαμβάνονται από μελέτες ασφαλείας.

Κατά τη διαδικασία έγκρισης, μια αποδεκτή ημερήσια πρόσληψη (ADI) καθορίζεται για κάθε γλυκαντικό χαμηλών θερμίδων από την EFSA.

Η ADI είναι μια κατευθυντήρια ποσότητα που αντιπροσωπεύει την ποσότητα γλυκαντικού χαμηλών θερμίδων που μπορεί να καταναλωθεί με ασφάλεια ε καθημερινή βάση καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής ενός ατόμου χωρίς επιπτώσεις στην υγεία.

Στη συνέχεια, τα δεδομένα ασφαλείας εξετάζονται από την EFSA. Σε κάθε στιγμή, τα ερωτήματα που θέτει η EFSA πρέπει να απαντηθούν από τον αιτούντα. Μερικές φορές αυτό μπορεί να απαιτεί πρόσθετες μελέτες. Η ολοκλήρωση και η ανάλυση των μελετών ασφαλείας μπορεί να διαρκέσει έως και 10 έτη. Μετά τη δημοσίευση επιστημονικής γνώμης από την EFSA, η ευρωπαϊκή Επιτροπή συντάσσει πρόταση για την έγκριση της χρήσης του γλυκαντικού χαμηλών θερμίδων σε τρόφιμα και ποτά που διατίθενται στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Αφού ακολουθηθεί η απαιτούμενη διαδικασία και μόνο εφόσον οι ρυθμιστικές αρχές είναι πλήρως ικανοποιημένες ότι το προϊόν είναι ασφαλές, θα δοθεί έγκριση. Αυτό σημαίνει ότι όλα τα χαμηλής περιεκτικότητας σε θερμιδικά γλυκαντικά που διατίθενται στην αγορά της ΕΕ είναι ασφαλή για ανθρώπινη κατανάλωση.

Η διαδικασία αξιολόγησης της ΕΕ καθορίζει την ADI χαμηλών θερμιδικών γλυκαντικών υλών. Η ADI είναι ένα μέτρο της ποσότητας ενός εγκεκριμένου πρόσθετου που μπορεί να καταναλώνεται καθημερινά στη διατροφή, κατά τη διάρκεια μιας ζωής, χωρίς προβλήματα υγείας.

Η ADI είναι μια εγγύηση της ασφάλειας και αντιπροσωπεύει την ποσότητα του γλυκαντικού χαμηλών θερμίδων που μπορεί να χρησιμοποιηθεί με σε καθημερινή βάση καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής ενός ατόμου. Οι ADI εκφράζονται σε χιλιοστόγραμμα (mg) ανά χιλιόγραμμο (kg) σωματικού βάρους (bw) ανά ημέρα.

Η ADI βασίζεται συνήθως στη μέγιστη ημερήσια πρόσληψη που μπορεί να χορηγηθεί σε πειραματόζωα καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους χωρίς να προκαλέσει ανεπιθύμητες ενέργειες,

γνωστή ως Νο επίπεδο ανεπιθύμητων ενεργειών (NOAEL). Η ADI υπολογίζεται ως η ασφαλής πρόσληψη διαιρούμενη με το 100πλάσιο της ασφάλειας για να καλυφθούν οι διαφορές των ειδών και των ευαίσθητων ομάδων του πληθυσμού, όπως τα παιδιά και οι ηλικιωμένοι. Η χρήση της αρχής της ADI για την τοξικολογική αξιολόγηση και την αξιολόγηση της ασφάλειας των πρόσθετων τροφίμων είναι αποδεκτή από όλους τους ρυθμιστικούς φορείς παγκοσμίως.

Τα επίπεδα χρήσης καθορίζονται και η χρήση παρακολουθείται έτσι ώστε η κατανάλωση να μην φθάνει τα επίπεδα ADI. Καθώς η ADI αφορά τη χρήση καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής, παρέχει ένα περιθώριο ασφαλείας μεγάλο για να μην ανησυχούν οι επιστήμονες εάν ένα η βραχυπρόθεσμη πρόσληψη ενός ατόμου υπερβαίνει την ADI.

Μελέτες δείχνουν ότι ο μέσος όρος πρόσληψη όλων των γλυκαντικών υλών χαμηλής περιεκτικότητας σε θερμίδες είναι πολύ χαμηλότερη από την ADI.

Πρόσφατες μελέτες έχουν επικεντρωθεί στα παιδιά λόγω υψηλότερης πρόσληψης τροφίμων και ποτών σε βάση του σωματικού βάρους, καθώς και σε παιδιά και ενήλικες με διαβήτη, λόγω των υψηλότερων δυνητικών προσλήψεων γλυκαντικών ουσιών χαμηλής περιεκτικότητας σε θερμίδες.

Τα πρωτογενή αποδεικτικά στοιχεία εμφανίστηκαν σε διάφορες μελέτες με ενήλικες στις αρχές της δεκαετίας του '90, οι οποίες είχαν δείξει ότι τα γνωστά ποτά χαμηλών θερμίδων που έχουν γλυκανθεί με ασπαρτάμη δεν επηρεάζουν τη βραχυπρόθεσμη όρεξη ή την πρόσληψη τροφής όταν καταναλώνονται πριν από το μεσημεριανό γεύμα ή με τα γεύματα, σε σύγκριση με το με τις επιδράσεις του νερού. Όλες αυτές οι μελέτες ανέφεραν είτε αμετάβλητο είτε μειωμένο κίνητρο για φαγητό, ανεξάρτητα από το αν το γλυκαντικό χαμηλών θερμίδων χορηγήθηκε σε ένα στερεό ή υγρό μέσο.

Οι μελέτες καθ' όλη τη διάρκεια της δεκαετίας του '00 συνέχισαν να επιβεβαιώνουν ότι τα γλυκαντικά χαμηλών θερμίδων ούτε προάγουν ούτε καταστέλλουν την όρεξη. Λόγω του όγκου τους, τα ποτά χαμηλών θερμίδων μπορεί να καταστείλουν την όρεξη για περίπου μία ώρα, αλλά δεν φαίνεται να επηρεάζουν την πρόσληψη τροφής στο επόμενο γεύμα. Αντιθέτως, ένα θερμιδικό ποτό θα καταστείλει την όρεξη και μπορεί να μειώσει ή να μην μειώσει την πρόσληψη ενέργειας στο επόμενο γεύμα.

Ο κορεσμός ήταν παρόμοιος για τα παιδιά που έλαβαν γλυκαντικά με χαμηλές θερμίδες (LCS) που περιείχαν ροφήματα ή ροφήματα με ζάχαρη (SSB) σε μια 18μηνη δοκιμή παρέμβασης και παρόμοια αποτελέσματα έχουν βρεθεί και σε ενήλικες. Για παράδειγμα, σε μια διασταυρούμενη μελέτη των Anton et al (2010), ενήλικες στους οποίους χορηγήθηκαν τρόφιμα με γλυκαντικά με LCS (290kcal) ή σακχαρόζη (490kcal) πριν από το μεσημεριανό γεύμα και το δείπνο ανέφεραν παρόμοιες αξιολογήσεις πείνας και κορεσμού μεταξύ των συμμετεχόντων που έτρωγαν παρόμοιες ποσότητες φαγητού στο επόμενο γεύμα.

Μια άλλη μελέτη δοκιμής γεύματος από τους Maersk et al (2012) έδειξε ότι μετά την κατανάλωση 500 ml ενός ζαχαρούχου αναψυκτικού (SSB), η συνολική ενεργειακή πρόσληψη ήταν

υψηλότερη σε σύγκριση με ένα αναφυκτικό διαίτης ή νερό. Το συμπέρασμα ήταν ότι η ενέργεια που παρέχεται από το SSB δεν αντισταθμίζεται πλήρως από τη μειωμένη πρόσληψη ενέργειας στο επόμενο γεύμα, τονίζοντας τον κίνδυνο δημιουργίας θετικής ενέργειας ισοζυγίου από τη συχνή κατανάλωση ενεργειακών ποτών. Επιπλέον, δεν υπήρχαν ενδείξεις ότι το γλυκαντικό χαμηλών θερμίδων που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή τη μελέτη (ασπαρτάμη) αύξησε την όρεξη ή την ενεργειακή πρόσληψη, σε σύγκριση με το νερό.

Όσον αφορά τις μελέτες για την ενεργειακή πρόσληψη, προτείνουν ότι τα τρόφιμα και τα ποτά που περιέχουν γλυκαντικές ουσίες με χαμηλές θερμίδες μπορεί να συμβάλλουν στη μείωση της ενεργειακής πρόσληψης, εάν χρησιμοποιούνται αντί των πιο ενεργειακά πυκνών τροφίμων και ποτών. Ως εκ τούτου, το όφελος από τα γλυκαντικά χαμηλών θερμίδων τείνει να είναι μεγαλύτερο για τα ποτά (όπου η ζάχαρη είναι η κύρια ή η μόνη ενεργειακή πηγή ενέργειας) παρά για τα τρόφιμα (όπου άλλα μακροθρεπτικά συστατικά μπορεί να απαιτούνται για να αντικαταστήσουν τη ζάχαρη και να παρέχουν όγκο).

2.5 Αναδυόμενες τεχνολογίες

Η μείωση και η αντικατάσταση της ζάχαρης αποτελούν σήμερα μία από τις υψηλότερες προτεραιότητες στην καινοτομία των προϊόντων. Η ζήτηση των καταναλωτών για έναν καλύτερο τρόπο ζωής μέσω πιο φυσικών, θρεπτικών προϊόντων. Επί του παρόντος, προτείνονται νέες βιοδιεργασίες ως αναδυόμενες λύσεις προκλήσεων, όπως η αύξηση του όγκου παραγωγής παρτίδων (π.χ. ξυλιτόλη) (Queiroz et al., 2022; Vollmer et al., 2022) ή η παραγωγή γλυκαντικών από ανανεώσιμες και βιώσιμες πηγές σε σχέση με τις συμβατικές.

Άλλα παραδείγματα αντιπροσωπεύουν το γλυκαντικό γλυκοζίτη στεβιόλης που θα μπορούσε να παραχθεί μέσω χημικών και ενζυμικών αντιδράσεων π.χ. ζύμωση βιολογικών αποβλήτων (π.χ. ζαχαροκάλαμο) με ζύμες (ή ταταγόζη, ένα φυσικό σάκχαρο που βρίσκεται φυσικά σε ορισμένα φρούτα (μήλα, ανανάδες και πορτοκάλια) και σε μικρότερες ποσότητες σε επεξεργασμένα γαλακτοκομικά προϊόντα, θερμαινόμενο αγελαδινό γάλα και ζυμωμένα προϊόντα όπως το γιαούρτι που μπορούν να παραχθούν από γεωργικά απόβλητα πόρους άμυλο καλαμποκιού.

Οι ερευνητές και οι εταιρείες έχουν δεσμευτεί να συνεχίσουν να εργάζονται για τη μείωση και την αντικατάσταση της ζάχαρης, αλλά ταυτόχρονα οι καταναλωτές πρέπει να αγοράζουν και τα βελτιωμένα προϊόντα. Οι προσπάθειες καταβάλλονται όχι μόνο για τη βελτιστοποίηση των συνταγών, αλλά και για τη δημιουργία νέων προϊόντων, κάτι που είναι δύσκολο να γίνει χωρίς γλυκαντικές ουσίες (McCain et al., 2018).

Συζήτηση

Πρόσφατες μελέτες σε ανθρώπους βρήκαν σαφείς ενδείξεις ότι η κατανάλωση LCS σε σύγκριση με τη ζάχαρη πράγματι μειώνει την ενεργειακή πρόσληψη και το σωματικό βάρος (Miller & Perez, 2014; Rogers, Hogenkamp & de Graaf, 2016). Για παράδειγμα, έχουν διεξαχθεί πολλές λεγόμενες δοκιμαστικές μελέτες γεύματος πριν από την επιβάρυνση, οι οποίες μετρούν τις επιδράσεις των LCS έναντι της ζάχαρης σε τρόφιμα και ποτά. Η μέθοδος αυτή εξετάζει την επίδραση της κατανάλωσης μιας σταθερής μερίδας τροφίμου ή ποτού (η προφόρτωση) στην ενεργειακή πρόσληψη σε ένα δοκιμαστικό γεύμα ad libitum που σερβίρεται σε σταθερό χρονικό διάστημα μετά την προφόρτωση.

Τα αποτελέσματα της μετα-ανάλυσης έδειξαν ότι για ενήλικες και παιδιά ($n= 1319$) η ενεργειακή πρόσληψη δοκιμαστικού γεύματος ήταν υψηλότερη μετά το LCS έναντι της προφόρτωσης με ζάχαρη (Rogers, Hogenkamp & de Graaf, 2016). Ωστόσο, η υψηλότερη πρόσληψη αντιστάθμισε μόνο το 50% της ενεργειακής διαφοράς μεταξύ των προφορτώσεων. Δηλαδή, η αθροιστική ενεργειακή πρόσληψη (προφόρτωση + δοκιμαστικό γεύμα) ήταν χαμηλότερη, κατά μέσο

όρο 393 kJ (94 kcal), μετά την προφόρτωση LCS (Rogers, Hogenkamp και de Graaf, 2016). Είναι επίσης αξιοσημείωτο ότι αυτό αποδεικνύει ότι τα σάκχαρα στα υγρά δεν «διαφεύγουν κατά κάποιο τρόπο από τον οργανισμό». Πράγματι, σε μια άμεση σύγκριση, η μερική αντιστάθμιση της ζάχαρης (κατά LCS) βρέθηκε ότι δεν διαφέρει μεταξύ ενός ροφήματος και ημιστερεών και στερεών τροφών (Gadah, Kyle & Simth, 2016).

Ενώ τα αποτελέσματα αυτά ευνοούν την κατανάλωση LCS αντί ζάχαρης, όταν είναι επιθυμητή η μείωση της ζάχαρης και η μειωμένη συνολική πρόσληψη ενέργειας, υπάρχει κάποια αβεβαιότητα σχετικά με το πώς μεταφράζονται στην πραγματική ζωή εκτός εργαστηρίου. Για παράδειγμα, ίσως η αντιστάθμιση της ενεργειακής πρόσληψης αυξάνεται με την επανειλημμένη έκθεση σε LCS. Επίσης, υπάρχουν ενδείξεις ότι τα φαινόμενα μεταφοράς που είναι εγγενή στα σχέδια διασταύρωσης που χρησιμοποιούνται σε αυτές τις μελέτες προκαλούν υποεκτίμηση της αντιστάθμισης (αναφορά Gadah, Brunstrom & Rogers, 2016).

Μια άλλη πιθανότητα είναι να υπάρχει περαιτέρω προσαρμογή (αντιστάθμιση) στην ενεργειακή πρόσληψη μετά το δοκιμαστικό γεύμα. Ωστόσο, υπάρχουν ενδείξεις εναντίον αυτού του ενδεχομένου. Στη μελέτη των Levitsky & Pacanowski (Levitsky και Pacanowski, 2013) διαπίστωσαν ότι οι συμμετέχοντες έφαγαν 565 kJ (135 kcal) περισσότερο στο μεσημεριανό γεύμα όταν έχασαν το πρωινό σε σύγκριση με όταν έφαγαν 2615 kJ (625 kcal) πρωινό (δηλαδή 22% αντιστάθμιση), αλλά δεν υπήρχαν περαιτέρω διαφορές στην ενεργειακή πρόσληψη στα επόμενα σνακ και γεύματα κατά τη διάρκεια της υπόλοιπης ημέρας.

Δεδομένων αυτών των δυσκολιών στην εκτίμηση των επιδράσεων της κατανάλωσης LCS στην πραγματική ζωή από βραχυπρόθεσμες μελέτες δοκιμαστικού γεύματος προφόρτωσης, είναι επίσης πολύτιμο να υπάρχουν στοιχεία σχετικά με τις επιδράσεις της LCS έναντι της ζάχαρης από πιο μακροπρόθεσμες μελέτες παρέμβασης. Οι συστηματικές ανασκοπήσεις, συμπεριλαμβανομένων των μετα-αναλύσεων, αυτών των μελετών δείχνουν ότι τα LCS σε σύγκριση με τη ζάχαρη μειώνουν αξιόπιστα την ενεργειακή πρόσληψη και το σωματικό βάρος (Miller & Perez, 2014; Rogers, Hogenkamp & de Graaf, 2016).

Για την πιο πρόσφατη μετα-ανάλυση των επιδράσεων στο σωματικό βάρος οι συμμετέχοντες ήταν ενήλικες και παιδιά (n= 1332) και η διάρκεια της παρέμβασης και τυχόν παρακολούθησης κυμαινόταν από 4 εβδομάδες έως 40 μήνες (Rogers, Hogenkamp and de Graaf, 2016). Τα αποτελέσματα ήταν παρόμοια για τις μελέτες στις οποίες τα δοκιμαστικά προϊόντα, κυρίως ποτά, προστέθηκαν στη διατροφή και για εκείνες στις οποίες οι συμμετέχοντες καταλάωναν ήδη προϊόντα με ζάχαρη και η παρέμβαση ήταν η (μερική) αντικατάσταση της ζάχαρης με LCS. Τα μεγέθη επίδρασης της LCS έναντι της ζάχαρης ήταν -1-41 (95% CI -2-62, -0-20) kg για τους ενήλικες και -1-02 (95% CI -1-52, -0-52) kg για τα παιδιά.

Επιπλέον, η διαπίστωση ότι η ισοενεργειακή ανταλλαγή σακχάρων με άλλους υδατάνθρακες δεν μεταβάλλει το σωματικό βάρος δείχνει ότι η επίδραση αυτή δεν είναι ειδική για τη ζάχαρη (Te

Morenga, Mallard & Mann, 2-13). Με άλλα λόγια, είναι η διαφορά στην ενεργειακή πυκνότητα της διατροφής που επηρεάζει το σωματικό βάρος και οδηγεί στην παχυσαρκία.

Συμπεράσματα

Η χρήση ραφιναρισμένης ζάχαρης στην καθημερινή μας ζωή είναι μια κοινή πρακτική και η χρήση της έχει αυξηθεί πολλαπλά τις τελευταίες δεκαετίες. Χρησιμοποιείται συνήθως σε επιδόρπια, χυμούς, ροφήματα και προϊόντα αρτοποιίας σε όλο τον κόσμο. Ωστόσο, η υπερβολική κατανάλωση είναι απειλητική για την ανθρώπινη υγεία. Πολλά χημικά πρόσθετα χρησιμοποιούνται στον αποχρωματισμό και σε άλλες διαδικασίες εκχύλισης και προετοιμασίας, τα οποία μπορεί να είναι επιβλαβή.

Μελέτες έχουν δείξει ότι η ζάχαρη προκαλεί πολλά προβλήματα υγείας, όπως παχυσαρκία, μεταβολικό σύνδρομο, διαβήτη, τερηδόνα, αυξημένη χοληστερόλη, υψηλή αρτηριακή πίεση και μπορεί να προκαλέσει ακόμη και καρκίνο. Θα μπορούσε, επίσης, να συμβάλει στη διαταραγμένη ανοχή στη γλυκόζη και στην αντίσταση στην ινσουλίνη, οι οποίες έχουν συσχετιστεί με γνωστικές διαταραχές, επηρεάζοντας έτσι επιβλαβώς τον εγκέφαλο. Επιπλέον, μπορεί να προκαλέσει επιπλοκές στην εγκυμοσύνη.

Ως εκ τούτου, έχουν προταθεί διάφορες προσεγγίσεις για την αποφυγή αυτών των προβλημάτων υγείας με τη μείωση της χρήσης της ζάχαρης και συνεπώς την αντικατάστασή της με καλύτερες διατροφικές εναλλακτικές λύσεις. Οι καλύτερες από αυτή την άποψη είναι τα φυσικά γλυκαντικά όπως το μέλι. Εκτός από την υψηλή περιεκτικότητά τους σε φυσικά σάκχαρα, αυτά τα φυσικά προϊόντα περιέχουν επίσης πολλές βιταμίνες, μέταλλα, φυτοχημικά, αντιοξειδωτικά και άλλες υγιεινές ουσίες. Αυτά τα φυσικά προϊόντα βοηθούν στη διατήρηση της συνολικής υγείας του εντέρου και της ευεξίας του οργανισμού, εκτός από το να λειτουργούν ως γλυκαντικά.

Λόγω του σύγχρονου τρόπου ζωής και των αλλαγών στις διατροφικές συνήθειες των καταναλωτών, η πρόσληψη ζάχαρης έχει αυξηθεί μαζικά τα τελευταία χρόνια. Μελλοντικές μελέτες θα πρέπει να διερευνήσουν καλύτερους και πιο εφαρμόσιμους τρόπους χρήσης αυτών των φυσικών προϊόντων ως γλυκαντικών στην καθημερινή ζωή για την αντικατάσταση των εξευγενισμένων σακχάρων. Το πρόβλημα μπορεί να είναι ότι αυτά τα τρόφιμα δεν είναι ως επί το πλείστον φθηνά και

πολλοί άνθρωποι δυσκολεύονται να τα αγοράσουν. Φτηνές, εύκολα διαθέσιμες και εύχρηστες μορφές αυτών των προϊόντων πρέπει να εισαχθούν στις αγορές, ώστε οι καταναλωτές να μπορούν εύκολα να επωφεληθούν από αυτά. Οι κυβερνήσεις θα πρέπει να κάνουν ένα βήμα προς αυτή την κατεύθυνση, διοργανώνοντας εκστρατείες και σεμινάρια ενημέρωσης του κοινού, ιδίως σε λιγότερο προνομιούχες περιοχές, για να ενημερώσουν τους καταναλωτές για τους κινδύνους για την υγεία από την υπερβολική κατανάλωση ραφινάρισμένων σακχάρων, ενώ παράλληλα θα προωθήσουν τις θετικές πτυχές των σακχάρων από φυσικές πηγές.

Βιβλιογραφία

- Abbasi, K., Beigrezai, S., Ghiasvand, R., Pourmasoumi, M., & Mahaki, B. (2019). Dietary Patterns and Attention Deficit Hyperactivity Disorder Among Iranian Children: A Case-Control Study. *Journal of the American College of Nutrition*, 38(1), 76–83. <https://doi.org/10.1080/07315724.2018.1473819>
- Ager, D.J., Pantaleone, D.P., Henderson, S.A., Katritzky, A.R., Prakash, I., Walters, D.E. (1998). Commercial, Synthetic Nonnutritive Sweeteners. *Angew Chem Int Edit*. 37:1802–1817. [https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/\(SICI\)1521-3773\(19980803\)37:13/14%3C1802::AID-ANIE1802%3E3.0.CO;2-9](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/(SICI)1521-3773(19980803)37:13/14%3C1802::AID-ANIE1802%3E3.0.CO;2-9)
- Anderson, G. H., Foreyt, J., Sigman-Grant, M., & Allison, D. B. (2012). The use of low-calorie sweeteners by adults: impact on weight management. *The Journal of nutrition*, 142(6), 1163S–9S. <https://doi.org/10.3945/jn.111.149617>
- Anton, S. D., Martin, C. K., Han, H., Coulon, S., Cefalu, W. T., Geiselman, P., & Williamson, D. A. (2010). Effects of stevia, aspartame, and sucrose on food intake, satiety, and postprandial glucose and insulin levels. *Appetite*, 55(1), 37–43. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2010.03.009>
- Arora, S., Singh, V.P., Sharma, V., Wadhwa, B.K., George, V., Singh, A.K., Sharma, G.S. (2009). Analysis of sucralose and its storage stability in barfi. *J Food Sci Technol*. 46:114–117.
- Asioli, D., Aschemann-Witzel, J., Caputo, V., Vecchio, R., Annunziata, A., Næs, T., & Varela, P. (2017). Making sense of the "clean label" trends: A review of consumer food choice behavior and discussion of industry implications. *Food research international (Ottawa, Ont.)*, 99(Pt 1), 58–71. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.022>
- Bellisle, F., & Drewnowski, A. (2007). Intense sweeteners, energy intake and the control of body weight. *European journal of clinical nutrition*, 61(6), 691–700. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602649>
- Blundell JE, Hill AJ. (1986). Paradoxical effects of an intense sweetener (aspartame) on appetite. *Lancet*. 1:1092-1093.
- Bryant, C. E., Wasse, L. K., Astbury, N., Nandra, G., & McLaughlin, J. T. (2014). Non-nutritive sweeteners: no class effect on the glycaemic or appetite responses to ingested glucose. *European journal of clinical nutrition*, 68(5), 629–631. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2014.19>
- Bueno-Hernández, N., Esquivel-Velázquez, M., Alcántara-Suárez, R., Gómez-Arauz, A. Y., Espinosa-Flores, A. J., de León-Barrera, K. L., Mendoza-Martínez, V. M., Sánchez Medina, G. A., León-Hernández, M., Ruiz-Barranco, A., Escobedo, G., & Meléndez, G. (2020). Chronic sucralose consumption induces elevation of serum insulin in young healthy adults: a

- randomized, double blind, controlled trial. *Nutrition journal*, 19(1), 32. <https://doi.org/10.1186/s12937-020-00549-5>
- Carocho, M., Morales, P., & Ferreira, I. C. F. R. (2017). Sweeteners as food additives in the XXI century: A review of what is known, and what is to come. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 107(Pt A), 302–317. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2017.06.046>
- Chades, T., Scully, S. M., Ingvadottir, E. M., & Orlygsson, J. (2018). Fermentation of Mannitol Extracts From Brown Macro Algae by Thermophilic *Clostridia*. *Frontiers in microbiology*, 9, 1931. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01931>
- Chéron J.-B., Marchal A., Fiorucci S. Natural sweeteners. In: Varelis P., Melton L., Shahidi F., editors. *Encyclopedia of Food Chemistry*. Volume 1. Elsevier; Amsterdam, The Netherlands: 2019. pp. 189–195.
- de Castro J. M. (2004). Dietary energy density is associated with increased intake in free-living humans. *The Journal of nutrition*, 134(2), 335–341. <https://doi.org/10.1093/jn/134.2.335>
- de la Hunty A, Gibson S & Ashwell M (2006) A review of the effectiveness of aspartame in helping with weight control. *Nutrition Bulletin* 31: 115– 128.
- de Ruyter, J. C., Katan, M. B., Kuijper, L. D., Liem, D. G., & Olthof, M. R. (2013). The effect of sugar-free versus sugar-sweetened beverages on satiety, liking and wanting: an 18 month randomized double-blind trial in children. *PloS one*, 8(10), e78039. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0078039>
- Dennis, E. A., Flack, K. D., & Davy, B. M. (2009). Beverage consumption and adult weight management: A review. *Eating behaviors*, 10(4), 237–246. <https://doi.org/10.1016/j.eatbeh.2009.07.006>
- Domingue, J. C., Drewes, J. L., Merlo, C. A., Housseau, F., & Sears, C. L. (2020). Host responses to mucosal biofilms in the lung and gut. *Mucosal immunology*, 13(3), 413–422. <https://doi.org/10.1038/s41385-020-0270-1>
- Drewnowski A. (2003). The role of energy density. *Lipids*, 38(2), 109–115. <https://doi.org/10.1007/s11745-003-1039-3>
- Ebbeling C. B. (2014). Sugar-sweetened beverages and body weight. *Current opinion in lipidology*, 25(1), 1–7. <https://doi.org/10.1097/MOL.0000000000000035>
- European Commission’s Scientific Committee on Food (EC-SCF) Opinion of the Scientific Committee on Food on Glycyrrhizinic Acid and Its Ammonium Salt. Available online: https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/sci-com_scf_out186_en.pdf
- EFSA NDA (EFSA Panel on Dietetic Products Nutrition and Allergies (2011) Scientific opinion on the substantiation of health claims related to intense sweeteners and contribution to the maintenance or achievement of a normal body weight (ID 1136, 1444, 4299), reduction of

post-prandial glycaemic responses (ID 4298), maintenance of normal blood glucose concentrations (ID 1221, 4298), and maintenance of tooth mineralisation by decreasing tooth demineralisation (ID 1134, 1167, 1283) pursuant to Article 13(1) of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal* 9: 2229

EFSA Panel on Food Additives and Flavourings (FAF), Younes, M., Aquilina, G., Engel, K. H., Fowler, P., Frutos Fernandez, M. J., Fürst, P., Gürtler, R., Gundert-Remy, U., Husøy, T., Manco, M., Mennes, W., Moldeus, P., Passamonti, S., Shah, R., Waalkens-Berendsen, I., Wölfle, D., Wright, M., Degen, G., Giarola, A., ... Castle, L. (2020). Safety of a proposed amendment of the specifications for steviol glycosides (E 960) as a food additive: to expand the list of steviol glycosides to all those identified in the leaves of *Stevia Rebaudiana Bertoni*. *EFSA journal. European Food Safety Authority*, 18(4), e06106. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6106>

European Food Safety Authority, (2011). Scientific Opinion on the safety and efficacy of neohesperidine dihydrochalcone when used as a sensory additive for piglets, pigs for fattening, calves for rearing and fattening, lambs for rearing and fattening, dairy sheep, ewes for reproduction, salmonids and dogs. Available at the following link: <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/2444>

FDI World Dental Federation. The oral health atlas. 2nd edition. (2015). Available at the following link: http://www.fdiworldddental.org/sites/default/files/media/16_c_map_oh2.pdf.

Fisher, J., Selikowitz, H. S., Mathur, M., & Varenne, B. (2018). Strengthening oral health for universal health coverage. *Lancet (London, England)*, 392(10151), 899–901. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31707-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31707-0)

Gadah, N. S., Brunstrom, J. M., & Rogers, P. J. (2016). Cross-over studies underestimate energy compensation: The example of sucrose-versus sucralose-containing drinks. *Appetite*, 107, 398–405. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2016.08.113>

Gadah, NS, Kyle, LA, Simth, JE et al. (2016) No difference in compensation for sugar in a drink versus sugar in semi-solid and solid foods. *Physiol Behav* 156, 35–42.

George, V., Arora, S., Wadhwa, B. K., & Singh, A. K. (2010). Analysis of multiple sweeteners and their degradation products in lassi by HPLC and HPTLC plates. *Journal of food science and technology*, 47(4), 408–413. <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0067-4>

Grembecka M. (2015). Natural sweeteners in a human diet. *Roczniki Panstwowego Zakladu Higieny*, 66(3), 195–202.

Gu, W., Rebsdorf, A., Anker, C., Gregersen, S., Hermansen, K., Geuns, J. M. C., & Jeppesen, P. B. (2019). Steviol glucuronide, a metabolite of steviol glycosides, potently stimulates insulin secretion from isolated mouse islets: Studies in vitro. *Endocrinology, diabetes & metabolism*, 2(4), e00093. <https://doi.org/10.1002/edm2.93>

- Heber D. (2004). Vegetables, fruits and phytoestrogens in the prevention of diseases. *Journal of postgraduate medicine*, 50(2), 145–149.
- Higgins, K. A., & Mattes, R. D. (2019). A randomized controlled trial contrasting the effects of 4 low-calorie sweeteners and sucrose on body weight in adults with overweight or obesity. *The American journal of clinical nutrition*, 109(5), 1288–1301. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqy381>
- Holt, S. H., Sandona, N., & Brand-Miller, J. C. (2000). The effects of sugar-free vs sugar-rich beverages on feelings of fullness and subsequent food intake. *International journal of food sciences and nutrition*, 51(1), 59–71. <https://doi.org/10.1080/096374800100912>
- Horne, J., Lawless, H. T., Speirs, W., & Sposato, D. (2002). Bitter taste of saccharin and acesulfame-K. *Chemical senses*, 27(1), 31–38. <https://doi.org/10.1093/chemse/27.1.31>
- Iida, T., Kishimoto, Y., Yoshikawa, Y., Hayashi, N., Okuma, K., Tohi, M., Yagi, K., Matsuo, T., & Izumori, K. (2008). Acute D-psicose administration decreases the glycemic responses to an oral maltodextrin tolerance test in normal adults. *Journal of nutritional science and vitaminology*, 54(6), 511–514. <https://doi.org/10.3177/jnsv.54.511>
- Kaiser, K. A., Shikany, J. M., Keating, K. D., & Allison, D. B. (2013). Will reducing sugar-sweetened beverage consumption reduce obesity? Evidence supporting conjecture is strong, but evidence when testing effect is weak. *Obesity reviews : an official journal of the International Association for the Study of Obesity*, 14(8), 620–633. <https://doi.org/10.1111/obr.12048>
- Kim, H. J., Hyun, E. K., Kim, Y. S., Lee, Y. J., & Oh, D. K. (2006). Characterization of an *Agrobacterium tumefaciens* D-psicose 3-epimerase that converts D-fructose to D-psicose. *Applied and environmental microbiology*, 72(2), 981–985. <https://doi.org/10.1128/AEM.72.2.981-985.2006>
- Komes, D., Lovric, T., Ganic, K.K. (2006). Aroma of dehydrated pear products. *Food Sci Technol*. 40:1578–1586.
- Kroger M., Meister K., Kava R. (2006). Low-calorie sweeteners and other sugar substitutes: A review of the safety issues. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 5:35–47. doi: 10.1111/j.1541-4337.2006.tb00081.x
- Levitsky, D. A., & Pacanowski, C. R. (2013). Effect of skipping breakfast on subsequent energy intake. *Physiology & behavior*, 119, 9–16. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2013.05.006>
- Listl, S., Galloway, J., Mossey, P. A., & Marcenes, W. (2015). Global Economic Impact of Dental Diseases. *Journal of dental research*, 94(10), 1355–1361. <https://doi.org/10.1177/0022034515602879>
- Lobach, A. R., Roberts, A., & Rowland, I. R. (2019). Assessing the in vivo data on low/no-calorie sweeteners and the gut microbiota. *Food and chemical toxicology: an international journal*

- published for the British Industrial Biological Research Association, 124, 385–399.
<https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.12.005>
- Lustig, R. H., Schmidt, L. A., & Brindis, C. D. (2012). Public health: The toxic truth about sugar. *Nature*, 482(7383), 27–29. <https://doi.org/10.1038/482027a>
- Ma, J., Chang, J., Checklin, H. L., Young, R. L., Jones, K. L., Horowitz, M., & Rayner, C. K. (2010). Effect of the artificial sweetener, sucralose, on small intestinal glucose absorption in healthy human subjects. *The British journal of nutrition*, 104(6), 803–806. <https://doi.org/10.1017/S0007114510001327>
- McCain, H. R., Kaliappan, S., & Drake, M. A. (2018). Invited review: Sugar reduction in dairy products. *Journal of dairy science*, 101(10), 8619–8640. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14347>
- Maersk, M., Belza, A., Holst, J. J., Fenger-Grøn, M., Pedersen, S. B., Astrup, A., & Richelsen, B. (2012). Satiety scores and satiety hormone response after sucrose-sweetened soft drink compared with isocaloric semi-skimmed milk and with non-caloric soft drink: a controlled trial. *European journal of clinical nutrition*, 66(4), 523–529. <https://doi.org/10.1038/ejcn.2011.223>
- Magnuson, B. A., Burdock, G. A., Doull, J., Kroes, R. M., Marsh, G. M., Pariza, M. W., Spencer, P. S., Waddell, W. J., Walker, R., & Williams, G. M. (2007). Aspartame: a safety evaluation based on current use levels, regulations, and toxicological and epidemiological studies. *Critical reviews in toxicology*, 37(8), 629–727. <https://doi.org/10.1080/10408440701516184>
- Malik, V. S., Pan, A., Willett, W. C., & Hu, F. B. (2013). Sugar-sweetened beverages and weight gain in children and adults: a systematic review and meta-analysis. *The American journal of clinical nutrition*, 98(4), 1084–1102. <https://doi.org/10.3945/ajcn.113.058362>
- Matsuo, T., & Izumori, K. (2006). D-psicose inhibits intestinal α -glucosidase and suppresses glycemic response after carbohydrate ingestion in rats. *Tech Bull Fac Agr, Kagawa Univ.* 2006;58:27–32.
- Matsuo, T. (2006). Inhibitory effects of D-psicose on glycemic responses after oral carbohydrate tolerance test in rats. *J Jpn Soc Nutr Food Sci.* 59:247–253. doi: 10.4327/jsnfs.59.119.
- Mattes, R. D., & Popkin, B. M. (2009). Nonnutritive sweetener consumption in humans: effects on appetite and food intake and their putative mechanisms. *The American journal of clinical nutrition*, 89(1), 1–14. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2008.26792>
- Menavuvu, B. T., Poonperm, W., Leang, K., Noguchi, N., Okada, H., Morimoto, K., Granström, T. B., Takada, G., & Izumori, K. (2006). Efficient biosynthesis of D-allose from D-psicose by cross-linked recombinant L-rhamnose isomerase: separation of product by ethanol crystallization. *Journal of bioscience and bioengineering*, 101(4), 340–345. <https://doi.org/10.1263/jbb.101.340>

- Miller PE & Perez V (2014). Low-calorie sweeteners and body weight and composition: a meta-analysis of randomized controlled trials and prospective cohorts studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*. doi: 10.3945/ajcn.113.082826.
- Mooradian, A.D., Smith, M., Tokuda, M. (2017). The role of artificial and natural sweeteners in reducing the consumption of table sugar: A narrative review. *Clin. Nutr. Espen*, 18, 1–8.
- Nabors, L.O. (2002). Sweet choices: sugar replacements for foods and beverages. *Food Technol.* 56: 28–32.
- National Toxicology Program (2005). NTP report on the toxicology studies of aspartame (CAS No. 22839-47-0) in genetically modified (FVB Tg.AC hemizygous) and B6.129-Cdkn2atm1Rdp (N2) deficient mice and carcinogenicity studies of aspartame in genetically modified [B6.129-Trp53tm1Brd (N5) haploinsufficient] mice (feed studies). *National Toxicology Program genetically modified model report*, (1), 1–222.
- Normén, L., Laerke, H. N., Jensen, B. B., Langkilde, A. M., & Andersson, H. (2001). Small-bowel absorption of D-tagatose and related effects on carbohydrate digestibility: an ileostomy study. *The American journal of clinical nutrition*, 73(1), 105–110. <https://doi.org/10.1093/ajcn/73.1.105>
- Pang, M. D., Goossens, G. H., & Blaak, E. E. (2021). The Impact of Artificial Sweeteners on Body Weight Control and Glucose Homeostasis. *Frontiers in nutrition*, 7, 598340. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.598340>
- Patel, R. M., Sarma, R., & Grimsley, E. (2006). Popular sweetner sucralose as a migraine trigger. *Headache*, 46(8), 1303–1304. https://doi.org/10.1111/j.1526-4610.2006.00543_1.x
- Peters JC, Beck J, Cardel M, et al. (2016). The effects of water and non-nutritive sweetened beverages on weight loss and weight maintenance: A randomized clinical trial. *Obesity (Silver Spring)*, 24(2): 297-304.
- Peres MA, Sheiham A, Liu P. et al. (2016). Sugar consumption and changes in dental caries from childhood to adolescents. *J Dent Research*, 95(4): 388-94 .
- Pielak, M., Czarniecka-Skubina, E., Trafiałek, J., & Głuchowski, A. (2019). Contemporary Trends and Habits in the Consumption of Sugar and Sweeteners-A Questionnaire Survey among Poles. *International journal of environmental research and public health*, 16(7), 1164. <https://doi.org/10.3390/ijerph16071164>
- Povelainen, M., & Miasnikov, A. N. (2007). Production of xylitol by metabolically engineered strains of *Bacillus subtilis*. *Journal of biotechnology*, 128(1), 24–31. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2006.09.008>
- Prakash, I., Corliss, G., Ponakala, R., Ishikawa, G. (2002). Neotame: the next-generation sweetener. *Food Technol.* 56:36–40.

- Prakash, I. (2007). Synthesis of N-[N-(3,3-dimethylbutyl)-L- α -aspartyl]-L-phenylalanine 1-methyl ester using 3,3-dimethylbutyraldehyde precursors. *Ip.com US Patent 7288670*. <http://ip.com/patent/US7288670>
- Raben A, Moller BK, Flint A *et al.* (2011). Increased postprandial glycaemia, insulinemia, and lipidemia after 10 weeks' sucrose-rich diet compared to an artificially sweetened diet: a randomised controlled trial. *Food & Nutrition Research* 55: 5961. doi: 10.3402/fnr.v55i0.5961
- Raben, A., & Richelsen, B. (2012). Artificial sweeteners: a place in the field of functional foods? Focus on obesity and related metabolic disorders. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*, 15(6), 597–604. <https://doi.org/10.1097/MCO.0b013e328359678a>
- Ravaghi, V., Quiñonez, C., & Allison, P. J. (2013). The magnitude of oral health inequalities in Canada: findings of the Canadian health measures survey. *Community dentistry and oral epidemiology*, 41(6), 490–498. <https://doi.org/10.1111/cdoe.12043>
- Rebelo, M. A. B., Rebelo Vieira, J. M., Pereira, J. V., Quadros, L. N., & Vettore, M. V. (2018). Does oral health influence school performance and school attendance? A systematic review and meta-analysis. *International journal of paediatric dentistry*, 10.1111/ipd.12441. Advance online publication. <https://doi.org/10.1111/ipd.12441>
- Renwick, A. G., & Molinary, S. V. (2010). Sweet-taste receptors, low-energy sweeteners, glucose absorption and insulin release. *The British journal of nutrition*, 104(10), 1415–1420. <https://doi.org/10.1017/S0007114510002540>
- Rogers, P. J., Hogenkamp, P. S., de Graaf, C., Higgs, S., Lluch, A., Ness, A. R., Penfold, C., Perry, R., Putz, P., Yeomans, M. R., & Mela, D. J. (2016). Does low-energy sweetener consumption affect energy intake and body weight? A systematic review, including meta-analyses, of the evidence from human and animal studies. *International journal of obesity (2005)*, 40(3), 381–394. <https://doi.org/10.1038/ijo.2015.177>
- Romo-Romo A, Aguilar-Salinas CA, Brito-Cordova GX, et al. (2016). Effects of the non-nutritive sweeteners on glucose metabolism and appetite regulating hormones: Systematic review of observational prospective studies and clinical trials. *Plos One*, 11(8): e0161264.
- Ruff, R. R., Senthil, S., Susser, S. R., & Tsutsui, A. (2019). Oral health, academic performance, and school absenteeism in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Dental Association (1939)*, 150(2), 111–121.e4. <https://doi.org/10.1016/j.adaj.2018.09.023>
- Ruiz-Ojeda, F. J., Plaza-Díaz, J., Sáez-Lara, M. J., & Gil, A. (2019). Effects of Sweeteners on the Gut Microbiota: A Review of Experimental Studies and Clinical Trials. *Advances in nutrition (Bethesda, Md.)*, 10(suppl_1), S31–S48. <https://doi.org/10.1093/advances/nmy037>
- Russell WR, Baka A, Bjoerck I, et al. (2013). Impact of diet composition on blood glucose regulation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56:4, 541-590.

- Saraiva A, Carrascosa C, Raheem D, Ramos F, Raposo A. Natural Sweeteners: The Relevance of Food Naturalness for Consumers, Food Security Aspects, Sustainability and Health Impacts. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Aug 28;17(17):6285. doi: 10.3390/ijerph17176285. PMID: 32872325; PMCID: PMC7504156.
- Saraiva, A., Carrascosa, C., Raheem, D., Ramos, F., & Raposo, A. (2020). Natural Sweeteners: The Relevance of Food Naturalness for Consumers, Food Security Aspects, Sustainability and Health Impacts. *International journal of environmental research and public health*, 17(17), 6285. <https://doi.org/10.3390/ijerph17176285>
- Sellman, S. (2003). Xylitol: Our Sweet Salvation? *Nexus New Times*: Jan-Feb <http://www.lib.umich.edu/dentlib/nihcdc/abstracts/hayes.html>
- Sun, Y., Hayakawa, S., Ogawa, M., Izumori, K. (2007). Antioxidant properties of custard pudding dessert containing rare hexose, D-psicose. *Food Control*. 18:220–227. doi: 10.1016/j.foodcont.2005.09.019
- Sun, Y., Hayakawa, S., Ogawa, M., Fukada, K., & Izumori, K. (2008). Influence of a rare sugar, d-Psicose, on the physicochemical and functional properties of an aerated food system containing egg albumen. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(12), 4789–4796. <https://doi.org/10.1021/jf800050d>
- Swiader K., Wegner K., Piotrowska A., Tan F.-J., Sadowska A. (2019). Plants as a source of natural high-intensity sweeteners: A review. *J. Appl. Bot. Food Qual.* 92:160–171.
- Takeshita, K., Suga, A., Takada, G., & Izumori, K. (2000). Mass production of D-psicose from d-fructose by a continuous bioreactor system using immobilized D-tagatose 3-epimerase. *Journal of bioscience and bioengineering*, 90(4), 453–455. [https://doi.org/10.1016/s1389-1723\(01\)80018-9](https://doi.org/10.1016/s1389-1723(01)80018-9)
- Tappy, L., & Lê, K. A. (2010). Metabolic effects of fructose and the worldwide increase in obesity. *Physiological reviews*, 90(1), 23–46. <https://doi.org/10.1152/physrev.00019.2009>
- Te Morenga L, Mallard S & Mann J (2013) Dietary sugars and body weight: systematic review and meta-analyses of randomised controlled trials and cohort studies. *BMJ (Clinical Research Ed.)* 346: e7492.
- U.S. Food and Drug Administration (FDA) Food Additive Status List. Available online: <https://www.fda.gov/food/food-additives-petitions/food-additive-status-list>
- Weaver CM, Dwyer J, Fulgoni VL 3rd, King JC, Leveille GA, MacDonald RS, Ordovas J, Schnakenberg D. Processed foods: contributions to nutrition. *Am J Clin Nutr*. 2014 Jun;99(6):1525-42. doi: 10.3945/ajcn.114.089284. Epub 2014 Apr 23. PMID: 24760975; PMCID: PMC6410904.

- Wilk, K., Korytek, W., Pelczyńska, M., Moszak, M., & Bogdański, P. (2022). The Effect of Artificial Sweeteners Use on Sweet Taste Perception and Weight Loss Efficacy: A Review. *Nutrients*, *14*(6), 1261. <https://doi.org/10.3390/nu14061261>
- Woelber, J. P., Bremer, K., Vach, K., König, D., Hellwig, E., Ratka-Krüger, P., Al-Ahmad, A., & Tennert, C. (2016). An oral health optimized diet can reduce gingival and periodontal inflammation in humans - a randomized controlled pilot study. *BMC oral health*, *17*(1), 28. <https://doi.org/10.1186/s12903-016-0257-1>
- World Health Organization, (WHO), (2015). Guideline: Sugars Intake for Adults and Children. Available online: http://www.who.int/nutrition/publications/guidelines/sugars_intake/en/
- World Health Organization, (WHO), (2021). “Obesity and Overweight”. Available at the following link: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>