



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ
ΑΝΘΡΩΠΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΗΜΕΙΑΣ & ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΡΟΦΙΜΑ, ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Προσδιορισμός του γλυκαιμικού δείκτη τροφίμων χωρίς ζάχαρη και επίδρασης στον υποκειμενικό κορεσμό

Βιργινία Μ. Σκουλίδη

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια
Παπακωνσταντίνου Αιμιλία, Καθηγήτρια ΓΠΑ

**ΑΘΗΝΑ
2022**

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ
ΑΝΘΡΩΠΟΥ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΗΜΕΙΑΣ & ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Προσδιορισμός του γλυκαιμικού δείκτη τροφίμων χωρίς ζάχαρη και
επίδρασης στον υποκειμενικό κορεσμό

“Determination of glycemic index of sugar-free foods and effect on
subjective satiety”

Βιργινία Μ. Σκουλίδη

Εξεταστική Επιτροπή:

Παπακωνσταντίνου Αιμιλία, Καθηγήτρια ΓΠΑ (επιβλέπουσα)

Ζαμπέλας Αντώνης, Καθηγητής ΓΠΑ

Μαντάλα Ιωάννα, Καθηγήτρια ΓΠΑ

Προσδιορισμός του γλυκαιμικού δείκτη τροφίμων χωρίς ζάχαρη και επίδρασης στον υποκειμενικό κορεσμό

*ΠΜΣ Τρόφιμα, Διατροφή και Υγεία
Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων & Διατροφής του Ανθρώπου
Εργαστήριο Χημείας και Ανάλυσης Τροφίμων*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τίτλος: Προσδιορισμός του γλυκαιμικού δείκτη τροφίμων χωρίς ζάχαρη και επίδρασης στον υποκειμενικό κορεσμό.

Υπόβαθρο και στόχος: Η κατανάλωση προϊόντων τύπου μπάρας δημητριακών, μαρμελάδας και ροφημάτων, που είναι πλούσια σε ζάχαρη, έχει αυξηθεί πάνω από 50% τα τελευταία πενήντα χρόνια. Με βάση την τρέχουσα βιβλιογραφία, υπάρχουν περιορισμένα δεδομένα σχετικά με το ΓΔ και το ΓΦ προϊόντων χωρίς ζάχαρη με προσθήκη γλυκαντικών, γεγονός που οδήγησε στον σκοπό της μελέτης αυτής. Ένα σκέλος του στόχου της μελέτης ήταν να προσδιοριστεί ο ΓΔ και το ΓΦ τριών προϊόντων χωρίς ζάχαρη (μαρμελάδα βερίκοκο, κακάο, μπάρα δημητριακών) και το άλλο να διερευνηθεί η επίδραση των προϊόντων αυτών στα μεταγευματικά επίπεδα γλυκόζης στο αίμα, καθώς και στο υποκειμενικό αίσθημα κορεσμού.

Μεθοδολογία: Συνολικά 12 υγιή άτομα και των δύο φύλων, ηλικίας 25 ± 4 ετών και ΔΜΣ 22 ± 2 kg/m² (μ.τ. \pm S.E.M) έλαβαν εθελοντικά μέρος στη μελέτη καταναλώνοντας με τυχαία σειρά τρία προϊόντα χωρίς ζάχαρη και δύο τρόφιμα ελέγχου (γλυκόζη, λευκό ψωμί) που απέδιδαν 25 g διαθέσιμων υδατανθράκων. Ο υπολογισμός του ΓΔ των προϊόντων έγινε με τη συνιστώμενη μέθοδο του FAO. Για τον προσδιορισμό της γλυκαιμίας έγινε λήψη αίματος στους χρόνους 0, 60 και 120 λεπτά ενώ για την επίδρασή των προϊόντων στο αίσθημα κορεσμού συμπληρώθηκαν ερωματηματολόγια οπτικής αναλογικής κλίμακας (VAS) 100mm πριν την κατανάλωση των τροφίμων και στα 120 λεπτά.

Αποτελέσματα: Τόσο η κατανάλωση της μπάρας δημητριακών, όσο και η κατανάλωση γλυκόζης (τρόφιμο ελέγχου) οδήγησε σε μεγαλύτερη αύξηση των επιπέδων γλυκόζης στο αίμα, εφόσον δεν υπήρχε σημαντική διαφορά μεταξύ των ΓΔ τους. Επίσης, διαπιστώθηκε ότι οι τιμές του ΓΦ για τη μαρμελάδα βερίκοκο ήταν σημαντικά χαμηλότερες από αυτές της μπάρας δημητριακών, του λευκού ψωμιού και

της μαρμελάδας βερίκοκου με λευκό ψωμί ($p < 0,001$). Τέλος, υπήρξε μια σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ της αντιληπτής πείνας, της αντιληπτής προσδοκίας, της αντιληπτής πληρότητας και της αντιλαμβανόμενης ευχρίστησης ($p < 0,05$) μεταξύ των τροφίμων.

Συμπεράσματα: Η κατανάλωση μαρμελάδας βερίκοκο χωρίς ζάχαρη μαζί με ψωμί αλλά και ροφήματος κακάο χωρίς ζάχαρη, φαίνεται να αποτελεί καλύτερη επιλογή ανάμεσα στα υπόλοιπα τρόφιμα που εξετάστηκαν τόσο στα μεταγευματικά επίπεδα γλυκόζης στο αίμα, όσο και στο αίσθημα κορεσμού. Υπάρχει ωστόσο, ανάγκη για επιπλέον έρευνα ώστε να διευκρινιστούν και να εδραιωθούν τα οφέλη από τη χρήση γλυκαντικών στα ευρέως κατανάλωσης προϊόντα διατροφής.

Επιστημονική περιοχή: Διατροφή του ανθρώπου

Λέξεις κλειδιά: τρόφιμα χωρίς ζάχαρη, γλυκαιμικός δείκτης, γλυκαιμικό φορτίο, υποκειμενικός κορεσμός, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Determination of glycemic index of sugar-free foods and effect on subjective satiety

*MSc. Food, Nutrition and Health
Department of Food Science & Human Nutrition
Laboratory of Food Chemistry and Analysis*

ABSTRACT

Title: Determination of glycemic index of sugar-free foods and effect on subjective satiety.

Aim: Consumption of cereal bars, jam and beverage products, which are rich in sugar, has increased by more than 50% in the last fifty years. Based on the current literature, there are limited data on GI and GL of sugar-free products with added sweeteners, which led to the purpose of this study. One part of the aim of the study was to determine the GI and GL of three sugar-free products (apricot jam, cocoa, cereal bar) and the other to investigate the effect of these products on postprandial blood glucose levels, as well as on the subjective feeling of satiety.

Methodology: A total of 12 healthy individuals of both friends, aged 25 ± 4 years and BMI 22 ± 2 kg / m² (m. \pm SEM) voluntarily participated in the study consuming a randomized range of sugar-free products and two control foods (glucose, white bread) yielding 25 g of available carbohydrates. The GI was calculated by using the recommended FAO method. Due to the glycemia, blood was taken at times 0, 60 and 120 minutes, while for the effect of the products on the feeling of satiety, questionnaires for determining the optical analog scale (VAS) were completed 100mm before eating and at 120 minutes.

Results: Both the consumption of the cereal bar and the consumption of glucose (control food) led to a greater increase in blood glucose levels, since there was no significant difference between their GIs. It was also found that the GL values for apricot jam were significantly lower than those of cereal bar, white bread and apricot jam with white bread ($p < 0.001$). Finally, there was a significant interaction between perceived hunger, perceived expectation, perceived fullness, and perceived usability ($p < 0.05$) between foods.

Conclusions: Consumption of sugar-free apricot jam along with bread and sugar-free cocoa drink, seems to be a better choice among the other foods examined in both

postprandial blood glucose levels and the feeling of satiety. There is, however, a need for additional research to clarify and consolidate the benefits of using sweeteners in consumer foods.

Scientific area: Human nutrition

Keywords: sugar-free foods, glycemic index, glycemic load, subjective satiety,
Agricultural University of Athens

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου κα. Παπακωνσταντίνου Αιμιλία για την ανάθεση του θέματος και την καθοδήγηση της, καθώς και την οικογένεια μου για την αμέριστη υποστήριξη της καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Με την άδειά μου, η παρούσα εργασία ελέγχθηκε από την Εξεταστική Επιτροπή μέσα από λογισμικό ανίχνευσης λογοκλοπής που διαθέτει το ΓΠΑ και διασταυρώθηκε η εγκυρότητα και η πρωτοτυπία της.

Πίνακας Περιεχομένων

A. Ανασκόπηση βιβλιογραφίας.....	1
Κεφάλαιο 1. Υδατάνθρακες.....	1
1.1. Διαιτητική πρόσληψη υδατανθράκων.....	1
1.2. Στατιστικά δεδομένα κατανάλωσης υδατανθράκων.....	1
1.3. Συστάσεις πρόσληψης υδατανθράκων.....	2
Κεφάλαιο 2. Γλυκόζη αίματος.....	4
2.1. Γλυκαιμικός δείκτης (ΓΔ) και γλυκαιμικό φορτίο (ΓΦ).....	4
2.2. Παράγοντες που επηρεάζουν τον ΓΔ και το ΓΦ.....	8
2.3. Διαιτητικές συστάσεις για καλύτερο γλυκαιμικό έλεγχο.....	12
Κεφάλαιο 3. Γλυκαντικά.....	13
3.1.Ορισμός γλυκαντικών.....	13
3.2. Κατηγορίες γλυκαντικών.....	13
3.2.1. Θρεπτικά γλυκαντικά.....	14
3.2.2. Μη θρεπτικά γλυκαντικά.....	14
3.3.Επιδράσεις των γλυκαντικών στην υγεία.....	15
3.4. Νομοθεσία ασφάλειας γλυκαντικών.....	17
Κεφάλαιο 4. Κορεσμός.....	18
4.1. Ορισμός.....	19
4.2. Σχέση κορεσμού με τα θρεπτικά συστατικά.....	19
4.2.1. Λίπος.....	19
4.2.2. Υδατάνθρακες.....	20
4.2.3. Πρωτεΐνες.....	21
4.2.4. Φυτικές ίνες.....	22
4.3. Γλυκαντικά.....	23
4.4. Μέτρηση του κορεσμού.....	24
4.5. Κορεσμός και γλυκαιμικός δείκτης.....	26
B.Μεθοδολογία.....	26
Σκοπός μελέτης.....	26
Μεθοδολογία.....	30
Σχεδιασμός μελέτης.....	32
Αποτελέσματα.....	39
Συμπεράσμα.....	43
Γ. Βιβλιογραφία.....	49

A. ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Κεφάλαιο 1. Υδατάνθρακες

1.1. Διαιτητική πρόσληψη υδατανθράκων

Ο διαχωρισμός των υδατανθράκων γίνεται βάσει του αριθμού των απλών σακχάρων στο μόριο τους, σε «απλούς» υδατάνθρακες, με 1 ή 2 μόρια σακχάρου και τους «σύνθετους» υδατάνθρακες με μεγαλύτερες αλυσίδες σακχάρων. Στην διατροφή, τους απλούς υδατάνθρακες τους συναντάμε στα φρούτα, το μέλι και τα τυποποιημένα προϊόντα όπως τη μαρμελάδα και τις μπάρες δημητριακών, αλλά προστίθενται και σε τρόφιμα και ροφήματα. Από την άλλη, τους σύνθετους υδατάνθρακες τους βρίσκουμε στα όσπρια και τα αδρά επεξεργασμένα δημητριακά.

Για δεκαετίες πιστεύεται, πως ο επιπολασμός τόσο της παχυσαρκίας όσο και του σακχαρώδη διαβήτη οφείλεται στην κατανάλωση υδατανθράκων και για αυτόν τον λόγο, θα πρέπει να αποφεύγονται ή να μειώνεται στο ελάχιστο η κατανάλωση τους. Συγκεκριμένα, οι συστάσεις αναφέρουν την αντικατάσταση των απλών υδατάνθρακων από σύνθετους, οι οποίοι έχουν πιο αργή μεταγευματική γλυκαιμική απόκριση.

Η υπόθεση ότι οι απλοί υδατάνθρακες προκαλούν απότομες αυξομειώσεις στα επίπεδα της μεταγευματικής γλυκόζης στο αίμα αμφισβητείται, καθώς θεωρείται αρκετά απλή και έχει αποδειχθεί ότι η γλυκαιμική απόκριση διαφέρει μεταξύ των τροφίμων ακόμα και μετά από την κατανάλωση της ίδιας ποσότητας υδατανθράκων.

1.2. Στατιστικά δεδομένα κατανάλωσης υδατανθράκων

Σύμφωνα με δημοσιευμένα δεδομένα ευρωπαϊκών χωρών από τον EFSA, ο μέσος όρος των ενηλίκων (>18 ετών) καταναλώνει 16,6% έως 24,1% απλούς υδατάνθρακες (μονο – και δι – σακχαρίτες) και στα παιδιά και τους εφήβους (1 – 18 ετών) η μέση ημερήσια κατανάλωση κυμαίνεται από 23,4% έως 36,3% των συνολικών ημερήσιων ενεργειακών τους αναγκών.

Μία πρόσφατη έρευνα έδειξε, ότι από 11 ευρωπαϊκές χώρες σε 9 από αυτές, τα πρόσθετα σάκχαρα προέρχονταν κυρίως από τυποποιημένα τρόφιμα (σοκολάτα, μαρμελάδα, μπάρες δημητριακών, μπισκότα, γαλακτοκομικά) και ροφήματα. (Azaïz-Braesco, 2017). Πιο συγκεκριμένα, βρέθηκε να αποτελούν το 7 έως 11% της ημερήσιας ενεργειακής πρόσληψης των ενηλίκων ενώ στα παιδιά το 11 έως 17%,

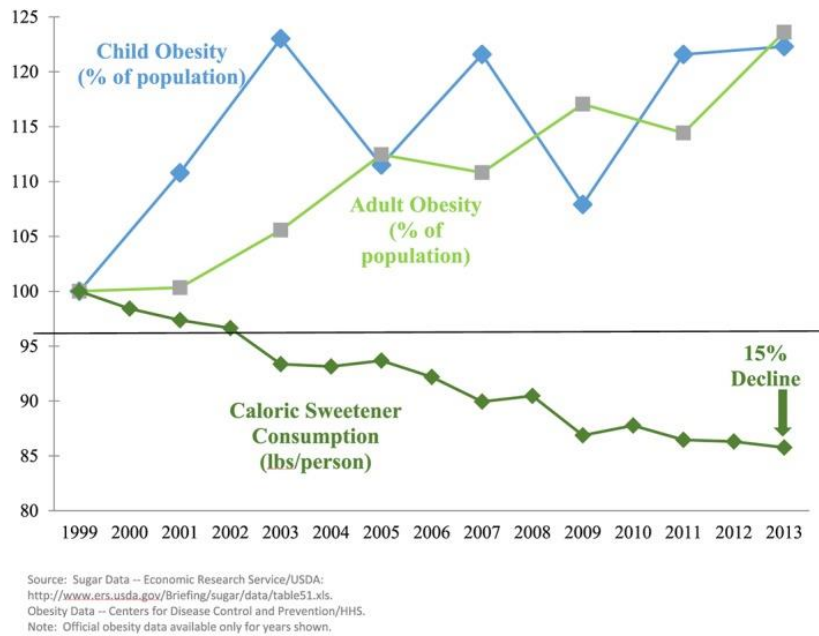
ποσοστά που υπερβαίνουν το όριο του 10% που έχει οριστεί από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO, 2015). Η έρευνα έδειξε επίσης, ότι τα πρόσθετα σάκχαρα προέρχονταν από τα γαλακτοκομικά σε ποσοστό 4% - 15% στους ενήλικες και 6% - 18% στα παιδιά και από τα αναψυκτικά (διαχωρίζοντας τους χυμούς φρούτων) σε ποσοστό 7% - 26% στους ενήλικες και 13% - 30% στα παιδιά (Robinson M., et al, 2018).

Από τη μελέτη ΕΠΙΚ προέκυψε ότι η μέση κατανάλωση ζάχαρης και προϊόντων που περιέχουν ζάχαρη στους Έλληνες, ανέρχεται στα 22 gr/ημέρα στους άνδρες και στα 24 gr/ημέρα στις γυναίκες, ενώ βρίσκεται αρκετά χαμηλότερα σε σχέση με αυτή των περισσότερων Ευρωπαϊκών χωρών (της Κεντρικής, Νότιας και Βόρειας Ευρώπης) τόσο για τους άνδρες όσο και για τις γυναίκες (Cust A.E., et al., 2009).

1.3.Συστάσεις πρόσληψης υδατανθράκων

Όσον αφορά στις συστάσεις για την πρόσληψη υδατανθράκων, η Ελλάδα δεν έχει αναπτύξει τις δικές της τιμές αναφοράς. Για το λόγο αυτό, ακολουθεί τις συστάσεις της Ευρωπαϊκής Αρχής Ασφάλειας Τροφίμων. Οι συστάσεις αυτές για την κατανάλωση υδατανθράκων, κυμαίνονται γενικά, από 40 έως 75% επί της συνολικής ημερήσιας ενεργειακής πρόσληψης, με κάποιους οργανισμούς να συστήνουν, ότι η κατανάλωση πρόσθετων υδατανθράκων, όπως τα πρόσθετα σάκχαρα, δεν θα πρέπει να υπερβαίνει το 10% της συνολικής ημερήσιας ενεργειακής πρόσληψης. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, ο περιορισμός των σακχάρων κάτω του 10% της συνιστώμενης πρόσληψης ωφελεί την υγεία, ενώ μια μείωση κάτω του 5% οδηγεί σε επιπρόσθετα οφέλη (WHO, 2015). Ωστόσο, λαμβάνοντας υπόψη τα διαθέσιμα στοιχεία της EFSA, τα οποία είναι ακόμα ανεπαρκή, δεν μπορεί να οριστεί ακόμα ανώτερη τιμή πρόσληψης συνολικών ή πρόσθετων σακχάρων (Εθνικός Διατροφικός Οδηγός, 2014). Ύστερα από αίτημα αρκετών ευρωπαϊκών κρατών, θα παρέχει επιστημονικές συστάσεις στις αρχές της δεκαετίας του 2020 (Robinson M., et al, 2018). Οι συστάσεις από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας για την κατανάλωση ζάχαρης αναφέρουν μείωση της σε ποσοστό μικρότερο του 10% της συνολικής ενεργειακής πρόσληψης την ημέρα, σε παιδιά και ενήλικες καθ' όλη τη διάρκεια ζωής τους. Μία περαιτέρω μείωση του ποσοστού αυτού, κάτω από 5% προσφέρει επιπλέον οφέλη. Παρόμοιες συστάσεις υπάρχουν και από την Αμερικανική Καρδιολογική Εταιρεία, η οποία συνιστά κατανάλωση μικρότερη από 100 θερμίδες ή 25 γραμμάρια πρόσθετων

σακχάρων την ημέρα για τις γυναίκες και μικρότερη από 150 θερμίδες ή 37,5 γραμμάρια πρόσθετων σακχάρων την ημέρα για τους άνδρες (International Diabetes Federation, 2016).



Εικόνα 1. Ο επιπολασμός της παχυσαρκίας από το 1980 (Sylvetsky A.C. et al, 2019).

Country	Food group	Age group	% Added Sugars		
			Male	Female	All
Netherlands (Sluik, 2016)	Breakfast cereals	7-18	1	13	
		19-69	0.8	1.2	
	Non-alcoholic beverages (including fruit and vegetable juices, soft drinks, water, coffee/tea)	7-18	34.2	31.1	
		19-69	29.8	23	
	Dairy (including milk, dairy beverages, dairy desserts, yoghurt, cottage cheese, cream, coffee milk)	7-18	12.4	12.2	
		19-69	11.	12.3	
Ireland (Joyce, 2008)	Ready-to-eat breakfast cereal	5-12			11.1
		13-17			10.6
		18-64			5.5
	Carbonated beverages, squashes and cordials	5-12			27.7
		13-17			27.7
		18-64			14.2
Ice-cream, pudding and chilled desserts	5-12			5.8	
	13-17			5.0	
	18-64			7.9	
UK* (Bates, 2016)	High fibre breakfast cereals	4-10	4	3	
		11-18	3	2	
		19-64	3	3	
		65+	3	4	
	Other breakfast cereals	4-10	4	5	
		11-18	5	3	
		19-64	2	2	
		65+	2	3	
	Non-alcoholic beverages (including fruit juice, not low calorie soft drinks, low calorie soft drinks, tea, coffee, water)	4-10	28	26	
		11-18	38	38	
		19-64	26	23	
		65+	10	13	
	Milk and milk products (including other milk and cream, yoghurt, fromage frais and other dairy desserts, ice-cream)	4-10	13	15	
		11-18	8	8	
		19-64	6	8	
		65+	10	9	

* Data for non-milk extrinsic sugars (NMES).

Πίνακας 1. Η επί τοις εκατό συνεισφορά στην ημερήσια συνολική πρόσληψη σακχάρων που αποδίδεται σε ορισμένες ομάδες τροφίμων και ποτών σε ορισμένα κράτη μέλη (Robinson M., et al, 2018).

Κεφάλαιο 2. Γλυκόζη αίματος

2.1. Γλυκαιμικός δείκτης (ΓΔ) και γλυκαιμικό φορτίο (ΓΦ)

Μέσα από μελέτες έχει γίνει αντιληπτό, τις τελευταίες δεκαετίες, ότι η επίδραση στα επίπεδα σακχάρου του αίματος δεν είναι η ίδια ακόμα και μετά την κατανάλωση τροφίμων με ίδια περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες. Για τον λόγο αυτό αναπτύχθηκαν δύο εργαλεία, ο γλυκαιμικός δείκτης και το γλυκαιμικό φορτίο, που κατατάσσουν, το καθένα με διαφορετικό τρόπο, τα τρόφιμα που περιέχουν υδατάνθρακες, σύμφωνα με

τον βαθμό που αυξάνουν τα επίπεδα σακχάρου του αίματος, 2-3 ώρες μετά το φαγητό. Ο γλυκαιμικός δείκτης έχει να κάνει περισσότερο με την ποιότητα των υδατανθράκων, ενώ η παράμετρος που έχει να κάνει με την ποσότητα των υδατανθράκων είναι το γλυκαιμικό φορτίο (Sylvetsky A.C. et al, 2019).

Γλυκαιμικός Δείκτης

Η έννοια του γλυκαιμικού δείκτη (ΓΔ) αναπτύχθηκε αρχικά στη δεκαετία του '80 (Fiona S. e al., 2008). Στη συνέχεια, η ανάγκη για έναν καθολικά αποδεκτό ορισμό, ιδιαίτερα με την αυξανόμενη ροπή της επιστημονικής και μη κοινότητας να κάνει χρήση του ΓΔ ως διατροφικό ισχυρισμό, οδήγησε στην ανάπτυξη του παρακάτω ορισμού. Σύμφωνα λοιπόν με το ISO, 2010 «ο ΓΔ αποτελεί ένα διατροφικό εργαλείο για την ταξινόμηση των υδατανθράκων σε διαφορετικά τρόφιμα, σύμφωνα με την επίδραση που έχουν στην γλυκόζη του αίματος μετά την κατανάλωσή τους».

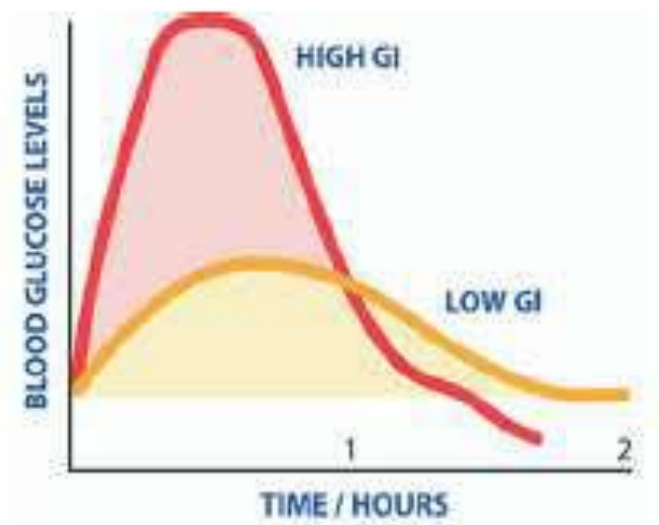
Ως γλυκαιμικός δείκτης, λοιπόν, ορίστηκε το ποσοστό της γλυκαιμικής απόκρισης, που προκαλείται από την κατανάλωση 50g υδατανθράκων που προέρχονται από συγκεκριμένα γεύματα, σε σχέση με 50g υδατανθράκων που περιέχονται σε κάποιο τρόφιμο αναφοράς (γλυκόζη ή λευκό ψωμί) μέσα σε 2 ώρες.

Ουσιαστικά, ο ΓΔ είναι ένα μέτρο που μας δείχνει πόσο γρήγορα ή αργά μία συγκεκριμένη τροφή αυξάνει τα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα (Sondike S.B. t al., 2008). Τα τρόφιμα, όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα, διακρίνονται σε χαμηλού ΓΔ, επιδρώντας σε μικρότερο βαθμό στα επίπεδα γλυκόζης, λόγω πιο αργής πέψης και απορρόφησης ή του είδους των σακχάρων που περιέχουν, μετρίου ΓΔ και υψηλού. (Marchand O. M., et al., 2020).

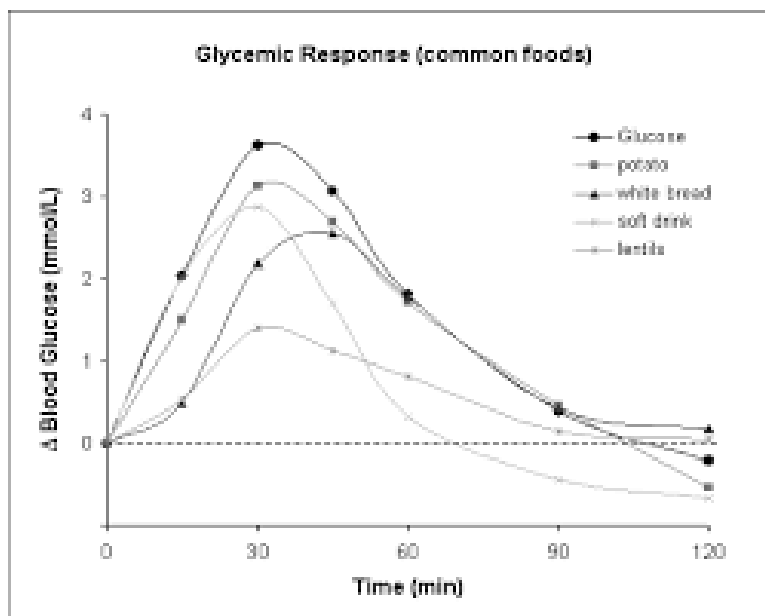
<u>Τιμή Τροφίμου</u>	<u>Γλυκαιμικός Δείκτης (ΓΔ)</u>
Χαμηλού ΓΔ	≤ 55
Μέτριου ΓΔ	56 – 69
Υψηλού ΓΔ	≥ 70

(Brouns F., et al., 2005).

Γλυκαιμικός Δείκτης = Εμβαδόν καμπύλης γλυκόζης 2 ώρες μετά τη λήψη του τροφίμου / Εμβαδό καμπύλης γλυκόζης 2 ώρες μετά τη λήψη ενός τροφίμου αναφοράς



Εικόνα 2. Γλυκαιμική απόκριση μετά την κατανάλωση γεύματος υψηλού και χαμηλού ΓΔ (Sondike S.B. et al., 2008).



Εικόνα 3. Αύξηση σακχάρου στο αίμα μετά την κατανάλωση διαφόρων τροφίμων (Brand-Miller J. et al., 2009).

Table 1—The average GI of 62 common foods derived from multiple studies by different laboratories

High-carbohydrate foods		Breakfast cereals		Fruit and fruit products		Vegetables	
White wheat bread*	75 ± 2	Cornflakes	81 ± 6	Apple, raw†	36 ± 2	Potato, boiled	78 ± 4
Whole wheat/whole meal bread	74 ± 2	Wheat flake biscuits	69 ± 2	Orange, raw†	43 ± 3	Potato, instant mash	87 ± 3
Specialty grain bread	53 ± 2	Porridge, rolled oats	55 ± 2	Banana, raw†	51 ± 3	Potato, french fries	63 ± 5
Unleavened wheat bread	70 ± 5	Instant oat porridge	79 ± 3	Pineapple, raw	59 ± 8	Carrots, boiled	39 ± 4
Wheat roti	62 ± 3	Rice porridge/congee	78 ± 9	Mango, raw†	51 ± 5	Sweet potato, boiled	63 ± 6
Chapati	52 ± 4	Millet porridge	67 ± 5	Watermelon, raw	76 ± 4	Pumpkin, boiled	64 ± 7
Corn tortilla	46 ± 4	Muesli	57 ± 2	Dates, raw	42 ± 4	Plantain/green banana	55 ± 6
White rice, boiled*	73 ± 4			Peaches, canned†	43 ± 5	Taro, boiled	53 ± 2
Brown rice, boiled	68 ± 4			Strawberry jam/jelly	49 ± 3	Vegetable soup	48 ± 5
Barley	28 ± 2			Apple juice	41 ± 2		
Sweet corn	52 ± 5			Orange juice	50 ± 2		
Spaghetti, white	49 ± 2						
Spaghetti, whole meal	48 ± 5						
Rice noodles†	53 ± 7						
Udon noodles	55 ± 7						
Couscous†	65 ± 4						

Dairy products and alternatives		Legumes		Snack products		Sugars	
Milk, full fat	39 ± 3	Chickpeas	28 ± 9	Chocolate	40 ± 3	Fructose	15 ± 4
Milk, skim	37 ± 4	Kidney beans	24 ± 4	Popcorn	65 ± 5	Sucrose	65 ± 4
Ice cream	51 ± 3	Lentils	32 ± 5	Potato crisps	56 ± 3	Glucose	103 ± 3
Yogurt, fruit	41 ± 2	Soya beans	16 ± 1	Soft drink/soda	59 ± 3	Honey	61 ± 3
Soy milk	34 ± 4			Rice crackers/crisps	87 ± 2		
Rice milk	86 ± 7						

Data are means ± SEM. *Low-GI varieties were also identified. †Average of all available data.

Πίνακας 2. ΓΔ τροφίμων σύμφωνα με εργαστηριακές έρευνες (Atkinson F.S. et al., 2008).

Λόγω της αυξανόμενης βιβλιογραφίας που αποδεικνύει τα οφέλη που έχει στην υγεία η αντικατάσταση τροφίμων υψηλού γλυκαιμικού δείκτη με άλλα χαμηλού, στα πλαίσια μίας ισορροπημένης διατροφής, συνεχίζεται η μελέτη για την κλινική και πρακτική σημασία του ΓΔ (Brouns F. et al., 2005).

Γλυκαιμικό φορτίο

Το γλυκαιμικό φορτίο είναι ένα μέτρο, που χρησιμοποιείται για να αντικατοπτρίσει τον τρόπο με τον οποίο, μία μέση μερίδα ενός συγκεκριμένου τροφίμου θα επηρεάσει τη γλυκόζη του αίματος.

Ο Walter Willet και οι συνεργάτες του στο Harvard προσδιόρισαν το γλυκαιμικό φορτίο το 1997 ως το γινόμενο του γλυκαιμικού δείκτη του τροφίμου ή του γεύματος επί του ποσού των υδατανθράκων που περιέχει ανά μερίδα (Ludwig D.S., 2003).

Το γλυκαιμικό φορτίο αποτελεί πιο ακριβής δείκτης από τον γλυκαιμικό δείκτη, αφού περιλαμβάνει την ποσότητα των διαθέσιμων υδατανθράκων του τροφίμου και ποσοτικοποιεί συνολικά την γλυκαιμική επίδραση ενός τροφίμου (Ludwig D.S., 2000).

<u>Τιμή Τροφίμου</u>	<u>Γλυκαιμικό Φορτίο (ΓΦ)</u>
Χαμηλού ΓΦ	≤ 10
Μέτριου ΓΦ	11 – 19
Υψηλού ΓΦ	≥ 20

Γλυκαιμικό Φορτίο = Γλυκαιμικός Δείκτης x ποσότητα υδατανθράκων ανά μερίδα/100 (Sondike S.B. et al., 2008).

Εξαιτίας των διαφορετικών μονάδων μέτρησης που μπορεί να έχουν οι διαθέσιμοι υδατάνθρακες, το γλυκαιμικό φορτίο παίρνει κι αυτό τις αντίστοιχες μονάδες (γρ/μερίδα, γρ/100γρ τροφίμου, γρ/ημερήσια πρόσληψη και γρ/100 kcal) (Augustin L.S., 2015).

Βάσει των πιο πρόσφατων συστάσεων που έχει δημοσιεύσει η Αμερικανική Διαβητολογική Εταιρεία, η γλυκοζυλιωμένη αιμοσφαιρίνη (HbA1c) φαίνεται να μειώνεται κατά 0,2% - 0,5% από την κατανάλωση τροφίμων χαμηλού γλυκαιμικού φορτίου. Αντίθετα, η επίπτωση για σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2 αυξάνεται με την αύξηση 5 μονάδων στον ΓΔ και 20 μονάδων στο ΓΦ (RR = 1,08 και RR = 1,03 αντίστοιχα) όπως φάνηκε σε 2 μετά-αναλύσεις. (Greenwood D.C., et al., 2013).

2.2. Παράγοντες που επηρεάζουν τον ΓΔ και το ΓΦ

Πρόσφατα, έχουν συνοψιστεί από τους Arvidsson-Lenner et al. διάφοροι διατροφικοί παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την in vivo απορρόφηση των υδατανθράκων και σε κάποιο βαθμό την έκβαση των τιμών του ΓΔ. Στον Πίνακα 4, παρουσιάζονται συνοπτικά ορισμένοι από αυτούς. (Brouns F. et al., 2005).

Food factor	Examples of influencing factors	Effect on glycaemic response and glycaemic index
Gross matrix structure	Grinding	Higher when homogenised
Cell-wall and starch structure	Degree of ripening	Higher with ripening
Granular starch structure	Heat treatment	Higher when gelatinised
Amylose and amylopectin content	Amylopectin is branched and more rapidly digestible than amylose	Lower with higher amylose content Higher with increased amylopectin content
Gelling dietary fibre content	Added gelling fibres	Reduced
Organic acids, e.g. acetic acid	Added acids	Reduced
Amylase inhibitor	Added	Reduced
Monosaccharide composition	Type of added sugars, e.g. glucose:fructose ratio	Reduced with increased fructose content
Molecular composition of carbohydrate	Type of raw material Type of monosaccharide bonds in carbohydrate molecule	Reduced with increased number of bonds other than α 1-4 and α 1-6
Resistant starch content	Heating-cooling cycles	Indifferent when testing equal amounts of available carbohydrate

Πίνακας 3. Διατροφικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη γλυκαιμική απόκριση και το ΓΔ (Brouns F. et al., 2005).

Αναλυτικότερα, ο ΓΔ και το ΓΦ ενός τροφίμου ή ενός γεύματος μπορεί να ποικίλλουν ανάλογα με τους παράγοντες που αναφέρονται στη συνέχεια.

Τύπος του αμύλου που περιέχεται στο τρόφιμο

Ο τύπος του αμύλου που περιέχει ένα τρόφιμο επηρεάζει τα επίπεδα της γλυκόζης στο αίμα (Sondike S.B. et al., 2008). Συγκεκριμένα, για διατροφικούς λόγους το άμυλο έχει ταξινομηθεί σε RDS (rapidly digestible starch), SDS (slowly digestible starch) και RS (resistant starch). Το RDS, όπως στα ζελατινοποιημένα και στα επεξεργασμένα αμυλούχα τρόφιμα, πέπτεται και απορροφάται πολύ γρήγορα. Αντίθετα, το SDS πέπτεται αργά στο λεπτό έντερο προκαλώντας αργή και παρατεταμένη απελευθέρωση της γλυκόζης. Το ανθεκτικό άμυλο (RS) δεν πέπτεται στο ανώτερο τμήμα του γαστρεντερικού σωλήνα, αλλά με μικροβιακή ζύμωση στο παχύ έντερο παράγοντας υψηλό ποσοστό βουτυρικού οξέος που είναι ευεργετικό για την υγεία του παχέος εντέρου (Zhang G., Hamaker B.R., 2009).

Φυσική μορφή του τροφίμου

Η μεταγευματική γλυκαιμία μπορεί να επηρεαστεί από τη μορφή στην οποία βρίσκεται το τρόφιμο. Για παράδειγμα, ο βαθμός στον οποίο τα άτομα μασούν τα τρόφιμα πριν από την κατάποση επιδρά στα επίπεδα της γλυκόζης στο αίμα (Venn B.J., Green T.J., 2007). Επίσης, η ωρίμανση των τροφίμων οδηγεί σε μείωση της ποσότητας του

ανθεκτικού αμύλου και αύξηση των σακχάρων, με αποτέλεσμα την αυξημένη γλυκαιμική απόκριση (Hermansen M.F. et al., 2006).

Επεξεργασία του τροφίμου

Όταν το άμυλο χρησιμοποιείται σε διάφορες παρασκευές τροφίμων (όπως στο μαγείρεμα) υφίσταται ζελατινοποίηση, δηλαδή με θερμότητα και υγρασία διαταράσσεται η κρυσταλλική του δομή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση ή την απώλεια του SDS που περιέχεται στο τρόφιμο. Οι περισσότερες κοινές μέθοδοι επεξεργασίας αμυλούχων τροφίμων χρησιμοποιούν υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία, θερμοκρασία και διαμητική δύναμη που ζελατινοποιούν τελείως τους αμυλοκόκκους και τους καθιστούν ιδιαίτερα ευπαθείς στην ενζυμική πέψη (Zhang G., Hamaker B.R., 2009). Επίσης, το άλεσμα των τροφίμων λόγω της απομάκρυνσης του εξωτερικού φλοιού των καρπών, είναι μία διαδικασία που αυξάνει το ΓΔ (Brouns F. Et al., 2005).

Σύσταση του τροφίμου σε μακροθρεπτικά συστατικά

Η αναλογία λίπους, πρωτεϊνών και υδατανθράκων μπορεί να επηρεάσει τις γλυκαιμικές αποκρίσεις των τροφίμων και των γευμάτων. Για παράδειγμα, μεγάλες ποσότητες πρωτεΐνης, όπως οι πρωτεΐνες του γάλακτος, διεγείρουν την έκκριση της ινσουλίνης και κατά συνέπεια μειώνουν τα επίπεδα της γλυκόζης (Hermansen M.F. et al., 2006).

Όσον αφορά στους υδατάνθρακες, το μέγεθος της γλυκαιμικής απόκρισης εξαρτάται από το είδος των υδατανθράκων. Υδατάνθρακες, όπως η ισομαλτουλόζη και η τρεαλόζη, που παράγονται από τη σακχαρόζη, και η σουκροβύνη, που παράγεται από τη φρουκτόζη, έχουν ιδιαίτερους γλυκοζιτικούς δεσμούς που είναι διαφορετικοί από τα μόρια του αμύλου και διασπώνται πλήρως ενώ, απορροφώνται με βραδύτερο ρυθμό οδηγώντας σε αμβλεία γλυκαιμική απόκριση. Ωστόσο, η φυσιολογική επίδρασή τους στο σώμα δεν είναι ισοδύναμη με αυτήν των SDS λόγω διαφορετικής χημικής δομής. Από την άλλη πλευρά, η φρουκτόζη δεν ελέγχεται από το σύστημα ομοιόστασης της γλυκόζης και η υψηλή πρόσληψή της μπορεί να οδηγήσει σε απορρύθμιση του ενεργειακού ισοζυγίου, αλλά και του μεταβολισμού των λιπών και των υδατανθράκων ευνοώντας τη λιπογένεση με αποτέλεσμα την εμφάνιση υπερλιπιδαιμίας και παχυσαρκίας (Greenwood D.C., et al., 2013).

Περιεκτικότητα του τροφίμου σε φυτικές ίνες

Η ζύμωση των φυτικών ινών στο παχύ έντερο μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένο ποσοστό γαστρικής κένωσης και βελτίωση της ινσουλινοαντοχής. Με τον τρόπο αυτό, παρέχεται η δυνατότητα ρύθμισης της μεταγευματικής γλυκαιμικής απόκρισης.

Η επίδραση του ιξώδους των διαλυτών φυτικών ινών έχει αποδειχθεί ότι προκαλεί αργή πέψη και απορρόφηση των υδατανθράκων και μειωμένες μεταγευματικές και ινσουλιναϊκές και γλυκαιμικές αποκρίσεις. Το κόμμι γκουάρ, το ψύλλιο, η β-γλυκάνη και η αραβινοξυλάνη έχει φανεί ότι μειώνουν αποτελεσματικά τη γλυκαιμική απόκριση και οι ιδιότητες τους εξακολούθησαν να ισχύουν ακόμη και όταν ενσωματώθηκαν σε προϊόντα διατροφής. Ο μηχανισμός με τον οποίο δρουν θεωρείται ότι σχετίζεται με την επίδραση του ιξώδους, που οδηγεί σε μειωμένο ρυθμό γαστρικής κένωσης, μειωμένη προσβασιμότητα των υδρολυτικών ενζύμων στα υποστρώματά τους και μειωμένο ρυθμό διάχυσης των πεπτόμενων υδατανθράκων προς την επιφάνεια του λεπτού εντέρου για απορρόφηση (Zhang G., Hamaker B.R., 2009).

Προέλευση του τροφίμου

Σύμφωνα με τη διατροφική ετικέτα γνωστών εμπορικών τροφίμων όπως τα δημητριακά πρωινού All Bran της εταιρείας Kellog's, μία μερίδα που ισούται με 30γρ προϊόντος παρουσιάζει σημαντική διαφορά στον γλυκαιμικό δείκτη και το γλυκαιμικό φορτίο όταν αυτό προέρχεται από διαφορετικές χώρες. Συγκεκριμένα, βρέθηκε στην Αυστραλία να έχουν ΓΔ 30 και ΓΦ 4, στην Αμερική να έχουν ΓΔ 38 και ΓΦ 9 και στον Καναδά ΓΔ 51 και ΓΦ 9.

Άλλοι παράγοντες

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν το ΓΔ και το ΓΦ είναι:

- Ο χρόνος κατανάλωσης του τροφίμου ή του γεύματος.
- Η σύνθεση και ο ΓΔ του προηγούμενου γεύματος.
- Η συχνότητα των γευμάτων
- Η οξύτητα
- Οι αναστολές των ενζύμων (Hermansen M.F. et al., 2006).

Αξίζει να τονιστεί ότι ούτε ο ΓΔ, αλλά ούτε και το ΓΦ σχετίζεται με την γλυκιά γεύση ενός τροφίμου. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι αυτό με το μέλι χαρουπιού που αν και είναι γλυκό στη γεύση έχει χαμηλό ΓΔ και ΓΦ.

2.3. Διαιτητικές συστάσεις για καλύτερο γλυκαιμικό έλεγχο

Για επιπλέον οφέλη στον γλυκαιμικό έλεγχο, εκτός από τον υπολογισμό μόνο των υδατανθράκων ενός τροφίμου ή γεύματος, συστήνεται από την Αμερικανική Διαβητολογική Εταιρεία (ADA) και η χρήση του γλυκαιμικού δείκτη και φορτίου, αν και απαιτείται περεταίρω έρευνα, λόγω των αντικρουόμενων μέχρι τώρα στοιχείων.

Στην περίπτωση του σακαχαρώδη διαβήτη, υπάρχουν πολλά και αντικρουόμενα αποτελέσματα στην βιβλιογραφία όσον αφορά τον ΓΔ και το ΓΦ, με εμφανή αδυναμία στον διαχωρισμό της επίδρασης που έχουν ανεξάρτητα οι φυτικές ίνες σε σχέση με αυτή του γλυκαιμικού δείκτη στον γλυκαιμικό έλεγχο.

Η βασική τεχνική των οδηγιών καλύτερο γλυκαιμικό έλεγχο είναι η αντικατάσταση των τροφίμων υψηλού ΓΔ με τρόφιμα χαμηλού. Δεν χρειάζεται ο αριθμητικός υπολογισμός για την εξασφάλιση μίας υγιεινής διατροφής, χαμηλού ΓΔ, αρκεί να διασφαλιστεί η αύξηση της κατανάλωσης τροφίμων ολικής άλεσης, ξηρών καρπών, οσπρίων, φρούτων και μη αμυλούχων λαχανικών. Επίσης, συστήνεται η μείωση της κατανάλωσης αμυλούχων τροφίμων με υψηλό γλυκαιμικό δείκτη όπως πατάτες, λευκό ρύζι και λευκό ψωμί, αλλά και ζαχαρούχων τροφών, όπως μπισκότα, κέικ, γλυκά και αναψυκτικά (Gray A., Threlkeld R.J., 2019).

Τα μη θρεπτικά γλυκαντικά, στα πλαίσια μία ισορροπημένης κατανάλωσης, σε ορισμένα διαβητικά άτομα, μπορεί να αποτελούν αποδεκτό υποκατάστατο των θρεπτικών γλυκαντικών, καθώς δεν φαίνεται να έχουν σημαντική επίδραση στα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα, ενώ επίσης, θα μπορούσαν να μειώσουν τη συνολική πρόσληψη θερμίδων και υδατανθράκων.

Για εκείνους που καταναλώνουν τακτικά, ροφήματα που περιέχουν ζάχαρη, τα ροφήματα που περιέχουν χαμηλότερη περιεκτικότητα σε θερμίδες ή χωρίς θρεπτικά συστατικά θα μπορούσαν να αποτελούν βραχυπρόθεσμη στρατηγική αντικατάστασης τους, αλλά σε γενικό πλαίσιο οι άνθρωποι θα πρέπει να ενθαρρύνονται να μειώσουν τα γλυκά και τα ροφήματα με μη θρεπτικά γλυκαντικά και να χρησιμοποιήσουν άλλες εναλλακτικές λύσεις, με έμφαση στην πρόσληψη νερού (American Diabetes Association, 2019).

Μετα-ανάλυση τυχαιοποιημένων κλινικών μελετών διάρκειας μεγαλύτερης των έξι μηνών, που περιελάμβαναν δίαιτες φτωχές σε υδατάνθρακες, με χαμηλό ΓΔ, υψηλή περιεκτικότητα σε διαιτητικές ίνες, χορτοφαγικές δίαιτες, Μεσογειακή διατροφή και δίαιτες πλούσιες σε πρωτεΐνες, σε σχέση με δίαιτες φτωχές σε λίπος, υψηλότερου ΓΔ

και φτωχές σε πρωτεΐνες, έδειξε ότι οι εκείνες που είχαν χαμηλότερη περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες και μεγαλύτερη σε πρωτεΐνες, μικρότερο ΓΔ, καθώς και η Μεσογειακή διαίτα, οδήγησαν σε καλύτερο γλυκαιμικό έλεγχο σε συγκριση με τις αντίστοιχες δίαιτες. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα καλύτερα αποτελέσματα σημειώθηκαν στη Μεσογειακή διατροφή (Ajala O. et al., 2013).

Κεφάλαιο 3. Γλυκαντικά

3.1. Ορισμός Γλυκαντικών

Ως γλυκαντικές ύλες σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών και Αντικειμένων Κοινής Χρήσης, Άρθρο 63/2009, ορίζονται οι οργανικές ενώσεις χαρακτηριστικής γλυκιάς γεύσης, οι οποίες διακρίνονται σε «φυσικές» γλυκαντικές, εφόσον απαντούν σε φυτικούς ή ζωικούς ιστούς και σε «συνθετικές», εφόσον αποτελούν προϊόντα συνθετικής παρασκευής, που δεν βρίσκονται στη φύση.

Οι διάφορες γλυκαντικές ύλες χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιομηχανία τροφίμων είτε ως συστατικά για την παρασκευή άλλων προϊόντων, είτε ως τελικά προϊόντα για απευθείας χρήση από τους καταναλωτές.

Οι πιο συχνά συναντώμενες συνθετικές γλυκαντικές ουσίες, που θα διαβάσει κανείς στην ετικέτα ενός τροφίμου «χωρίς ζάχαρη», είναι η ζαχαρίνη, η ασπαρτάμη, η σουκραλόζη και το ακετοσουλφαμικό κάλιο.

3.2. Κατηγορίες γλυκαντικών

Σε γενικές γραμμές, υπάρχουν τρεις κύριοι τύποι γλυκαντικών που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων σήμερα: τα γλυκαντικά υψηλής έντασης (π.χ., κάλιο ακεσουλφάμης, ασπαρτάμη, νεοτάμη, σακχαρίνη και σουκραλόζη), οι αλκοόλες σακχάρου (π.χ. ερυθριτόλη, γλυκερόλη, μαννιτόλη, σορβιτόλη, και ξυλιτόλη) και τα φυσικά γλυκαντικά (π.χ. μέλι, σκόνη *lucuma*, σιρόπι σφενδάμου, το εκχύλισμα φρούτου *siraitia grosvenorii*, το *stevia* και το *yacon*).

Τα γλυκαντικά υψηλής έντασης, εκτός από τον διαχωρισμό σε συνθετικά και φυσικά διακρίνονται ακόμα σε δύο υποκατηγορίες: θρεπτικά και μη θρεπτικά. Τα πιο ευρέως διαδεδομένα γλυκαντικά υψηλής έντασης στην βιομηχανία τροφίμων, τα τελευταία χρόνια, είναι τα μη θρεπτικά γλυκαντικά, με εξαίρεση την ασπαρτάμη.

Οι αλκοόλες σακχάρου βρίσκονται φυσικά σε μικρές ποσότητες σε φρούτα και λαχανικά, αλλά παράγονται και στο εμπόριο σε μεγαλύτερες ποσότητες (Liauchonak I. et al., 2019).

3.2.1. Θρεπτικά Γλυκαντικά (Nutritive Sweeteners – NS)

Σε αυτή την κατηγορία συναντάμε την σακχαρόζη, γνωστή και ως επιτραπέζια ζάχαρη, την φρουκτόζη που απαντάται φυσικά σε φρούτα, μερικά λαχανικά και το μέλι, ενώ σαν μεταποιημένη φρουκτόζη βρίσκεται σε επεξεργασμένα προϊόντα που περιέχουν υψηλή περιεκτικότητα σε σιρόπι καλαμπόκιου.

Τα διαθέσιμα στοιχεία από κλινικές μελέτες δείχνουν ότι η διατροφική σακχαρόζη δεν έχει μεγαλύτερη επίδραση στη γλυκαιμία από τις ισοδύναμες θερμιδικές ποσότητες αμύλου.

Η φρουκτόζη που καταναλώνεται ως «ελεύθερη φρουκτόζη», δηλαδή, που απαντάται φυσικά σε τρόφιμα όπως τα φρούτα, που περιέχουν επίσης φυτικές ίνες, μπορεί να οδηγήσει σε καλύτερο γλυκαιμικό έλεγχο σε σύγκριση με την ισοθερμιδική λήψη σακχαρόζης ή αμύλου, αλλά και δεν παρουσιάζει αυξημένη πιθανότητα επιβλαβών αποτελεσμάτων στα τριγλυκερίδια, εφόσον η πρόσληψη της δεν είναι υπερβολική (> 12% της συνολικής ενέργειας).

Είναι σημαντικό να σημειωθεί, ότι η υπερβολική πρόσληψη ενέργειας από θρεπτικά γλυκαντικά ή τρόφιμα και ποτά, που περιέχουν υψηλές ποσότητες θρεπτικών γλυκαντικών θα πρέπει να αποφεύγεται, καθώς παρέχουν «κενές» θερμίδες και μπορεί να οδηγήσουν σε αύξηση βάρους (Sharma A., S. et al., 2016)

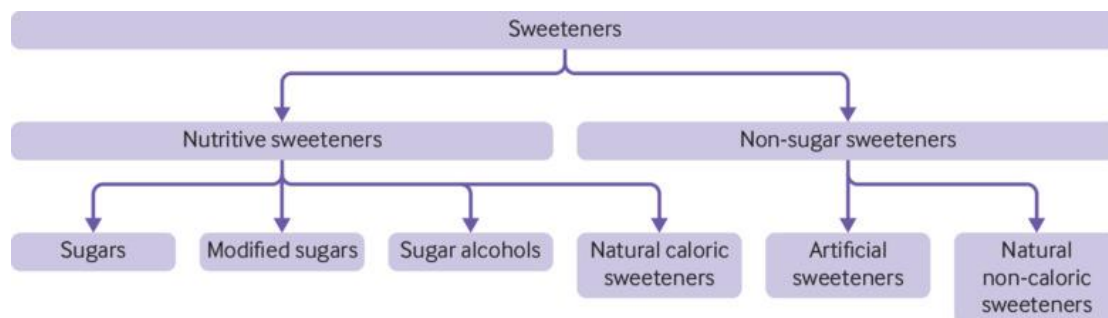
3.2.2 Μη θρεπτικά γλυκαντικά (Non-nutritive sweeteners – NNS)

Τα μη θρεπτικά γλυκαντικά (NNS) έχουν γίνει ένα σημαντικό μέρος της καθημερινής ζωής και χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο σε μια ποικιλία διαιτητικών και φαρμακευτικών προϊόντων. Χρησιμοποιούνται ευρέως στα επεξεργασμένα τρόφιμα (αναψυκτικά, ποτά, γλυκά, κονσερβοποιημένα τρόφιμα, μαρμελάδες, γαλακτοκομικά προϊόντα, ροφήματα, κ.α.), αλλά και για οικιακή χρήση, αφού η σύσταση μερικών εξ αυτών, τους επιτρέπει να χρησιμοποιηθούν για μαγείρεμα (Sharma A., S. et al., 2016).

Αποτέλεσμα αυτής της τάσης, ήταν τα μη θρεπτικά γλυκαντικά να κυριαρχούν στην δυτική διατροφή, γεγονός που αποδεικνύεται από αρκετές μελέτες κοορτις, σύμφωνα με τις οποίες, το 25% των παιδιών και το 41% των ενηλίκων καταναλώνουν γλυκαντικά χαμηλών θερμίδων. Η κατανάλωση τους φαίνεται να είναι υψηλότερη στην πληθυσμιακή ομάδα των γυναικών, των παχύσαρκων ατόμων, των μη ισπανόφωνων λευκών ατόμων και εκείνων με υψηλότερα εισοδήματα.

Ωστόσο, δεν υπάρχουν αποδεικτικά στοιχεία, αλλά ούτε και κατάλληλα σχεδιασμένων τυχαιοποιημένων μελετών ελέγχου, που να υποστηρίζουν τις περισσότερες από τις χρήσεις τους και ορισμένες πρόσφατες μελέτες υπονοούν ακόμη, ότι τα μέχρι τώρα γνωστά καθιερωμένα οφέλη σχετικά με τη χρήση των NNS, ενδέχεται να μην είναι αληθή (Sharma A. et al., 2016).

Επί του παρόντος, ο FDA έχει δώσει έγκριση σε επτά μη θρεπτικά γλυκαντικά, ως ασφαλή προς κατανάλωση, εντός της συνιστώμενης ημερήσια πρόσληψης (ADI). Ορισμένα από αυτά είναι, η σουκραλόζη, η σακχαρίνη, το ακεσουλφαμικό κάλιο, η νεοτάμη, η ασπαρτάμη και το stevia (Rogers P.J. et al., 2016).



Εικόνα 4. Κατηγορίες των γλυκαντικών (Toews I. et al., 2019).

3.3 . Επιδράσεις των γλυκαντικών στην υγεία

Με τη δραματική αύξηση της κατανάλωσης των γλυκαντικών στην καθημερινή διατροφή, είναι λογικό να χρειάζεται η αξιολόγηση των πιθανών οφελών τους στην υγεία και πιο σημαντικό, των πιθανών δυσμενών επιπτώσεών τους σε αυτήν (Lohner S., et al., 2017). Κάθε γλυκαντικό χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένη ένταση και διάρκεια γλυκύτητας, επίγευσης και επικάλυψη που αφήνει στην οδοντοστοιχεία. Λόγω του ολοένα και αυξανόμενου ενδιαφέροντος των καταναλωτών για προϊόντα με χαμηλότερη ενεργειακή πυκνότητα, η παραγωγή προϊόντων χωρίς ζάχαρη, αλλά με

υποκατάστατα γλυκαντικά και κυρίως μη θερμιδογόνα έχει σημειώσει ραγδαία αύξηση. Πέρα από χαμηλότερη θερμιδική πρόσληψη και συνεπώς μείωση του βάρους, η χρήση NSS υπόσχεται οφέλη γενικά για την υγεία.

Ωστόσο, τα μέχρι τώρα δεδομένα για την επίπτωση των γλυκαντικών αυτών στην υγεία είναι αντικρουόμενα. Κάποτε τα τεχνητά γλυκαντικά θεωρούνταν καλή και ασφαλή επιλογή για τα διαβητικά ή παχύσαρκα άτομα. Όμως, τα περισσότερα γλυκαντικά έχουν αποδειχθεί ότι δεν έχουν πάντα ευεργετικά αποτελέσματα στον σακχαρώδη διαβήτη, με αυξημένη μάλιστα την πιθανότητα εμφάνισης της νόσου, αντίθετα με τον αρχικό σκοπό της ανάπτυξης τους, αφού η κατανάλωση τους σε τρόφιμα και ποτά, ειδικά μέσω των αναψυκτικών, έχει αυξηθεί ραγδαία τα τελευταία 30 χρόνια (Piernas C. et al., 2013). Υπάρχουν επίσης, ορισμένες ανησυχίες σχετικά με τον αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου και νεφρικής νόσου, αλλά και την ασφάλεια και τις παρενέργειες που σχετίζονται με την κατανάλωση των γλυκαντικών με λίγες θερμίδες (Liauchonak I. et al., 2019). Μέχρι και σήμερα, εξετάζεται ο πιθανός κίνδυνος εμφάνισης καρκίνου από τη χρήση των τεχνητών γλυκαντικών (Sharma A. et al, 2016). Απαιτούνται περαιτέρω έρευνες για να διευκρινιστούν τα οφέλη και οι επιπλοκές της κατανάλωσης μη θερμιδικών γλυκαντικών (Lohner S., et al., 2017).

Πλέον, στην αγορά κυκλοφορούν γλυκαντικά που είναι ασφαλή για όλες τις ομάδες πληθυσμού, ακόμη και για τα παιδιά. (Nettleton J.E. et al, 2016). Ωστόσο, συστήνεται περαιτέρω έλεγχος των μακροπρόθεσμων επιπτώσεων της χρήσης γλυκαντικών χαμηλού θερμιδικού περιεχομένου (LCS) από τα παιδιά. Η θέση της Ακαδημίας Διατροφής και Διαιτολογίας δηλώνει ότι οι καταναλωτές μπορούν να απολαμβάνουν με ασφάλεια μια σειρά LCS όταν καταναλώνονται εντός ενός διατροφικού προγράμματος που καθοδηγείται από τις τρέχουσες ομοσπονδιακές διατροφικές συστάσεις, καθώς και από τους ατομικούς στόχους υγείας και τις προσωπικές προτιμήσεις. Η Διαβητολογική Εταιρεία του Καναδά, αναφέρει ότι τα LCS μπορούν να βελτιώσουν την απώλεια βάρους και τον έλεγχο του σε παχύσαρκα άτομα, εάν χρησιμοποιούνται ως συμπλήρωμα σε προγράμματα διαχείρισης βάρους (Hunter S.R., et al., 2019).

3.4. Νομοθεσία ασφάλειας των γλυκαντικών

Τα υψηλής έντασης γλυκαντικά ρυθμίζονται σε νομοθετικό πλαίσιο ως πρόσθετα τροφίμων, με τον FDA να τα χαρακτηρίζει ως ασφαλή ή «γενικά αναγνωρισμένα ως ασφαλή» (“Generally Recognized as Safe” - GRAS). (Mooradian A. D. et al., 2017). Ο ισχυρισμός ότι μειώνουν την θερμιδική πυκνότητα ενός τροφίμου, είναι επιτρεπόμενος καθότι οι αλκοόλες σκαχάρου απορροφώνται εν μέρει από το λεπτό έντερο. Ωστόσο, απαιτείται η δήλωση στη διατροφική ετικέτα του τροφίμου πιθανής υπακτικής δράσης από την υπερβολική κατανάλωση τους.

Η υπερβολική χρήση των γλυκαντικών ουσιών μπορεί να επιφέρει συνέπειες στην υγεία, και για το λόγο αυτό έχουν καθοριστεί όρια ασφαλείας για την κατανάλωση από τον άνθρωπο.

Η αποδεκτή ημερήσια κατανάλωση πρόσθετων τροφίμων καθορίζεται από την κοινή επιτροπή εμπειρογνομόνων FAO / WHO (JECFA).

Το αποδεκτό όριο ημερήσιας πρόσληψης NNS (εκφραζόμενο σε mg / kg σωματικού βάρους) που έχει ορίσει ο FDA είναι στο 1/100 του μη παρατηρούμενου επιπέδου ανεπιθύμητων ενεργειών (μέγιστο επίπεδο στο οποίο δεν παρατηρήθηκαν ανεπιθύμητες ενέργειες σε μελέτες σε ζώα) (Sharma A. et al., 2016).

	Επιτρεπόμενη Ημερήσια Κατανάλωση από τον FDA (mg/kg bw)	Επιτρεπόμενη Ημερήσια Κατανάλωση από τον SCF/EFSA (mg/kg bw)
ACE K	15	9
Αντβαντάμη	32.8	5
Ασπαρτάμη	50	40
Κυκλαμικό οξύ	μη εγκεκριμένο	7
Εκχυλίσματα του φρούτου Luo Han Guo	μη προσδιορισμένη	μη προσδιορισμένη
Νεοεσπεριδίνη DC	μη εγκεκριμένη	5
Νεοτάμη	0.3	2
Σακχαρίνη	15	5
Σουκραλόζη	5	15

Γλυκοζίτες στεβιόλης	4	4
Θαυματίνη	μη εγκεκριμένη	μη εγκεκριμένη

Πίνακας 4. Αποδεκτά επίπεδα ημερήσιας πρόσληψης μη θρεπτικών γλυκαντικών όπως ορίζονται από τους ρυθμιστικούς φορείς (Lohner S., et al., 2017).

Κεφάλαιο 4. Κορεσμός

4.1. Ορισμός

Ο κορεσμός σαν όρος, χρησιμοποιείται για να περιγράψει τις διεργασίες που συμβαίνουν μετά από ένα γεύμα αναστέλλοντας την περαιτέρω κατανάλωση φαγητού και περιλαμβάνει την καταστολή της πείνας και τη διέγερση του αισθήματος πληρότητας κατά την μεταγευματική περίοδο. Τόσο η ένταση όσο και η διάρκεια του κορεσμού μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με την ενεργειακή πυκνότητα (kcal / g), τη μορφή της τροφής (υγρή, στερεή), τα μακροθρεπτικά συστατικά (ποσοστό ενέργειας από λίπος, υδατάνθρακες, πρωτεΐνες), ορισμένα βιονεργά συστατικά των τροφίμων και τις αισθητηριακές ιδιότητες και εντάσεις των τροφίμων που δοκιμάστηκαν, συμπεριλαμβανομένης της γευστικότητας και της ποικιλίας των τροφίμων που σερβίρονται, αλλά και την ανταπόκριση ενός ατόμου. Ο κορεσμός τείνει να επηρεάζεται περισσότερο από τη σύνθεση των τροφών και τις συνολικές θερμίδες που καταναλώνονται, καθώς η ποσότητα που καταναλώνεται μέσα σε ένα γεύμα επηρεάζει έντονα το αίσθημα πληρότητας, τη διάρκεια πληρότητας μεταξύ των γευμάτων και την ποσότητα ενέργειας που θα καταναλωθεί σε μεταγενέστερο γεύμα. (Forde, C. G., 2018). Υπό βέλτιστες συνθήκες, ο κορεσμός θα πρέπει να συνδέεται με τρόπο που να οδηγεί αυθόρμητα σε στενή αντιστοιχία μεταξύ της πρόσληψης ενέργειας και των ενεργειακών δαπανών. (Tremblay A. et al., 2015).

Η παρούσα επιδημία της παχυσαρκίας δείχνει ότι πολλά πράγματα μπορεί να διαταραχθούν στον έλεγχο της όρεξης όταν ισχυρές και πανταχού παρούσες διεγερτικές επιρροές παρακάμπτουν τους ανασταλτικούς μηχανισμούς. (Tremblay A. et al., 2015)

Τρόφιμα που αυξάνουν τον κορεσμό, όπως τα πλούσια σε φυτικές ίνες τρόφιμα, έχουν αποτελέσει αντικείμενο έρευνας. Τα αποτελέσματα ήταν υποσχόμενα και άνοιξαν το

δρόμο για την επιστημονική κοινότητα και τη βιομηχανία τροφίμων να εργαστούν μαζί για την αναστροφή των τάσεων της παχυσαρκίας και την αντιμετώπιση των επικείμενων αρνητικών επιπτώσεων της στην υγεία.

Σύμφωνα με τις κλασικές θεωρίες ελέγχου της όρεξης, ο κορεσμός επηρεάζεται από την πρόσληψη μακροθρεπτικών συστατικών ή / και τον μεταβολισμό. Ο κορεσμός φαίνεται επίσης να επηρεάζεται από την αναλογία των τροφίμων σε μικροθρεπτικά συστατικά και ορισμένα βιοενεργά συστατικά τροφίμων (Rebello J.C. et al., 2016).

4.2. Σχέση κορεσμού με τα θρεπτικά συστατικά

4.2.1. Λίπος

Ο τρόπος που επιδρά το λίπος στον κορεσμό έχει διερευνηθεί σε τέσσερις διαφορετικούς τομείς, που σχετίζονται με τη δομή του λίπους: το μήκος αλυσίδας, το βαθμό κορεσμού, το βαθμό εστεροποίησης και τη λειτουργικότητα συγκεκριμένων μορίων λίπους, ιδιαίτερα του συζευγμένου λινελαϊκού οξέος (CLA) και του Olibra™. Πρόσφατες μελέτες δείχνουν ότι σε ένα ελεγχόμενο περιβάλλον, τα λιπαρά οξέα επιδρούν στον κορεσμό και φαίνεται ότι ρυθμίζουν την όρεξη μέσω πολλών μηχανισμών, όπως η απελευθέρωση των ορμονών της όρεξης και η αναστολή της εκκένωσης του γαστρικού συστήματος και της εντερικής διέλευσης. Ορισμένοι τύποι λιπών ικανοποιούν το αίσθημα κορεσμού περισσότερο από άλλους. Ωστόσο, η κατάσταση παρουσιάζει ιδιαίτερη πολυπλοκότητα υπό συνθήκες ελεύθερης διαβίωσης. Γενετικοί, ψυχολογικοί και συμπεριφορικοί παράγοντες αλληλεπιδρούν με τα μεταβολικά συστήματα επηρεάζοντας την επίδραση του λίπους στο αίσθημα κορεσμού και στη γενική συμπεριφορά συμπεριφορά κατανάλωσης τροφής. Για παράδειγμα, έχει βρεθεί ότι ορισμένα άτομα παρουσιάζουν μία γενετική «ανοσοπροστασία» στις επιδράσεις μιας δίαιτας με υψηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά, γεγονός που υποδηλώνει, ότι η κατανάλωση μιας δίαιτας πλούσιας σε λίπος δεν οδηγεί παγκοσμίως σε αύξηση του βάρους. Τα άτομα αυτά συνήθως καταναλώνουν μία δίαιτα υψηλής συγκέντρωσης σε λιπαρά και παραμένουν σε φυσιολογικό σωματικό βάρος, ενώ άλλοι κερδίζουν βάρος. Επιπλέον, σε ένα περιβάλλον ελεύθερης διαβίωσης, η παρουσία εξαιρετικά εύγευστων τροφίμων, χαρακτηριστικό των τροφίμων με υψηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά, θα μπορούσε να ενεργοποιήσει το ηδονικό σύστημα και κατά συνέπεια να

προωθήσει την υψηλότερη όρεξη και τη μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας (Tremblay A. et al., 2015)

4.2.2. Υδατάνθρακες

Η επίδραση των υδατανθράκων στον κορεσμό ταξινομείται ενδιάμεσα αυτού της πρωτεΐνης και του λίπους. Επειδή το συμπέρασμα αυτό προέρχεται από μελέτες στις οποίες οι άνθρωποι καταλάωναν μικτές δίαιτες με υψηλή περιεκτικότητα σε κάποιο μακροθρεπτικό συστατικό, σε σύγκριση με δίαιτες υψηλής περιεκτικότητας σε κάποιο άλλο μακροθρεπτικό συστατικό, τα αποτελέσματα είναι διαφορούμενα (Anderson, G. H. et al., 2003).

Γενικά, οι μελέτες δείχνουν ότι η ισχύς και η χρονική πορεία των επιδράσεων που ασκούν οι διάφοροι υδατάνθρακες στο αίσθημα κορεσμού ποικίλλουν και εξαρτώνται από την ποσότητα των υδατανθράκων που καταναλώνεται, αλλά και από τη χημική δομή τους. (Blundell J.E. et al., 1994) Η φυσική μορφή των υδατανθράκων (στερεό έναντι υγρό) είναι ένα σημαντικό χαρακτηριστικό, που μπορεί να επηρεάσει τη διαδικασία κορεσμού και την πρόσληψη ενέργειας. Τα βιβλιογραφικά στοιχεία δείχνουν, πως οι υδατάνθρακες που βρίσκονται σε υγρή μορφή προσφέρουν γενικά χαμηλότερα επίπεδα κορεσμού σε σύγκριση με εκείνους σε στέρεη μορφή (Pan A. et al., 2011).

Δεν έχουν αναγνωριστεί πλήρως οι μηχανισμοί μέσω των οποίων οι υδατάνθρακες επιδρούν στην όρεξη, αν και φαίνεται να επηρεάζονται από τις τιμές γλυκόζης στο πλάσμα του αίματος. Τα πειραματικά στοιχεία δείχνουν επίσης, ότι είναι δυνατόν να σχεδιαστούν δίαιτες υψηλής περιεκτικότητας σε υδατάνθρακες ακολουθώντας μία ισορροπημένη διατροφή, που να προσφέρουν έναν επαρκή έλεγχο της όρεξης και μία ευεργετική επίδραση στο σωματικό βάρος (Blundell J.E. et al., 1994).

Εκτός από την απόκριση σε ένα μακροθρεπτικό συστατικό, που τροποποιείται από την παρουσία άλλων θρεπτικών συστατικών, αλλά και από την ενεργειακή περιεκτικότητα, η πηγή του μακροθρεπτικού συστατικού που επιλέγεται είναι ένας ακόμα παράγοντας. Τα σάκχαρα και ειδικά εκείνα, που χρησιμοποιούνται ως θρεπτικά γλυκαντικά, όταν καταναλώνονται σε ποτά, μπορεί να συμβάλουν στην υπερβολική πρόσληψη ενέργειας επειδή παρακάμπτουν τα ρυθμιστικά συστήματα του κορεσμού. Η σύνθεση επίσης των αμυλούχων τροφών είναι καθοριστικός παράγοντας για τον κορεσμό, επειδή επηρεάζει τη μεταβολική απόκριση μετά την κατάποση. Συγκεκριμένα, η αναλογία αμυλόζης

προς αμυλοπηκτίνη επηρεάζει τον ρυθμό πέψης του αμύλου και της απόκρισης στα επίπεδα γλυκόζης και ινσουλίνης στο αίμα, τα οποία με τη σειρά τους μπορούν να καθορίσουν την ικανότητα του αμύλου να επηρεάσει τον κορεσμό και την κατανάλωση τροφής. Τα γεύματα με υψηλή περιεκτικότητα σε αμυλόζη προκαλούν μεγαλύτερο και πιο παρατεταμένο κορεσμό σε διάστημα έξι ωρών, λόγω της υψηλής αμυλοπηκτικής που περιέχουν, γεγονός που υποδηλώνει ότι είναι προτιμότερη η κατανάλωση αργά απορροφήσιμων υδατανθράκων, εάν ο στόχος είναι ο έλεγχος της πρόσληψης τροφής. Ωστόσο, το συμπέρασμα αυτό δεν δείχνει απόλυτα ότι τα αποτελέσματα αυτά είναι αληθή βραχυπρόθεσμα, ή ότι πράγματι αυτοί οι πολυσακχαρίτες είναι πιο αποτελεσματικοί από τους μονοσακχαρίτες ή τους δισακχαρίτες. Στις συγκρίσεις που γίνονται, τα σάκχαρα είναι πιο αποτελεσματικά από το άμυλο στη βραχυπρόθεσμη μείωση της όρεξης και πρόσληψη τροφής. (Anderson G. H. et al., 2003).

4.2.3. Πρωτεΐνες

Τα αμινοξέα και οι μεταβολίτες τους, είναι κρίσιμοι παράγοντες που καθορίζουν τον κορεσμό, σύμφωνα με την αμινοστατική θεωρία. Η πρωτεΐνη προσφέρει μεγαλύτερο βαθμό κορεσμού σε σχέση με την ισοενεργειακή πρόσληψη υδατανθράκων ή λίπους, υπό τις περισσότερες συνθήκες. Αυτό υποδηλώνει ότι μια μέτρια αύξηση της πρωτεΐνης, επηρεάζοντας τον βαθμό πρόσληψης άλλων μακροθρεπτικών συστατικών, μπορεί να προάγει τον κορεσμό και την απώλεια βάρους μέσω της μειωμένης κατανάλωσης ενέργειας (Paddon-Jones, D. et al., 2008).

Την αντίληψη αυτή, βρίσκουν σύμφωνη οι τρέχουσες μελέτες σχετικά με τον υψηλό βαθμό κορεσμού από την κατανάλωση τροφίμων πλούσιων σε πρωτεΐνες. Σε αυτή την αύξηση του αισθήματος κορεσμού από την πρόσληψη πρωτεϊνών, υπάρχουν αρκετοί μηχανισμοί, που θα μπορούσαν να συμβάλουν. Οι γαστρεντερικές αποκρίσεις από τις διατροφικές πρωτεΐνες φτάνουν στον εγκέφαλο μέσω μιας έμμεσης νευρικής οδού (κυρίως μέσω του πνευμονογαστρικού νεύρου) και μιας άμεσης χυμικής οδού. Η παρουσία αμινοξέων στο γαστρεντερικό σωλήνα προκαλεί την απελευθέρωση της κορεστικής ορμόνης CCK, η οποία απελευθερώνεται πριν από το τέλος του γεύματος και επομένως θα μπορούσε να συμβάλει τόσο στον κορεσμό, όσο και στην πληρότητα. Επιπλέον, η γαστρεντερική οδός ανταποκρίνεται στην παρουσία αμινοξέων απελευθερώνοντας και άλλες ανορεξιογόνες ουσίες (GLP-1, PYY) (Tremblay A. et al., 2015). Σε ορισμένες περιπτώσεις, τα γενικά υψηλότερα αποτελέσματα κορεσμού της

πρωτεΐνης δεν είναι εμφανή, καθώς υπό κανονικές συνθήκες, η πρόσληψη άλλων μακροθρεπτικών συστατικών μπορεί τελικά να επηρεάσει τον αναφερόμενο κορεσμό. Υπάρχει επίσης η πρόταση, ότι διαφορετικές πηγές πρωτεΐνης επηρεάζουν διαφορετικά τον κορεσμό. Συγκεκριμένα, έχει αποδειχθεί ότι η κατάποση ζωικής πρωτεΐνης (π.χ. χοιρινό κρέας) είχε ως αποτέλεσμα μία υψηλότερη κατανάλωση ενεργειακής δαπάνης κατά 2% σε σχέση με την κατάποση φυτικής πρωτεΐνης (π.χ. σόγια). Επιπλέον, υπάρχουν ενδείξεις για μία ταχύτερη εκκένωση του γαστρικού συστήματος και μεταγευματική αύξηση στην συγκέντρωση των αμινοξέων ορού μετά την κατάποση συγκεκριμένων πρωτεϊνών (π.χ. ορού γάλακτος έναντι καζεΐνης) και ότι μπορεί να αυξάνουν τον κορεσμό λόγω της μεγαλύτερης διεγερτικής επίδρασης στις γαστρεντερικές ορμόνες όπως η χοληκυστοκίνη και το γλυκαγόνο πεπτιδίο-1. Για παράδειγμα, τα πεπτίδια που προέρχονται από καζεΐνες (κασομορφίνες) μειώνουν την κινητικότητα του γαστρεντερικού, με αποτέλεσμα τη μείωση της συγκέντρωσης αμινοξέων στο πλάσμα, τα οποία με τη σειρά τους αμβλύνουν το αποτέλεσμα κορεσμού (Paddon-Jones, D. et al., 2008).

4.2.4. Φυτικές ίνες

Επιδημιολογικές μελέτες έχουν δείξει ότι η υψηλότερη πρόσληψη διαιτητικών ινών σχετίζεται με μικρότερο σωματικό βάρος και περιφέρεια μέσης, κυρίως μέσω της μείωσης της όρεξης και της κατανάλωσης ενέργειας. Διερευνώνται πολλοί μηχανισμοί μέσω των οποίων επηρεάζεται η όρεξη και η πρόσληψη ενέργεια από την κατανάλωση διαιτητικών ινών, με τελικό αποτέλεσμα το σωματικό βάρος. Ένας από εκείνους που υπερισχύουν είναι ότι η ύπαρξη φυτικών ινών σε ένα τρόφιμο μειώνει την ενεργειακή πυκνότητα του, η οποία μπορεί άμεσα να οδηγήσει σε μειωμένη πρόσληψη ενέργειας και έμμεσα σε μειωμένη όρεξη. Επίσης, απαιτείται περισσότερη μάσηση, γεγονός που μπορεί να αυξήσει τον κορεσμό και να μειώσει την ποσότητα του γεύματος που θα καταναλωθεί. Ακόμα, οι φυτικές ίνες μπορεί να μειώσουν το ρυθμό διέλευσης της τροφής από το έντερο, οδηγώντας σε πιο σταδιακή απορρόφηση των θρεπτικών συστατικών και σε παρατεταμένο αίσθημα κορεσμού. Ακόμα, μπορούν να μειώσουν την απορρόφηση ενέργειας και τη βιοδιαθεσιμότητα των λιπαρών οξέων και των πρωτεϊνών. Τέλος, κάποιες φυτικές ίνες ζυμώνονται στο κόλον, γεγονός που αυξάνει τη συγκέντρωση λιπαρών οξέων βραχείας αλύσου, ενισχύοντας έτσι, το αίσθημα κορεσμού. Πιστεύεται ότι η αναστολή της υποκειμενικής όρεξης, της πρόσληψης

ενέργειας και του σωματικού βάρους από δίαιτες πλούσιες σε φυτικές ίνες μπορεί να εξαρτάται από τη χημική δομή της ίνας και τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες (διαλυτότητα, ιξώδες, ζυμωσιμότητα και ικανότητα συγκράτησης νερού) και όχι από τη συνολική πρόσληψη ινών. Οι ιδιότητες αυτές θα μπορούσαν να επηρεάσουν όχι μόνο τον κορεσμό, αλλά και τη μακροχρόνια όρεξη και, κατά συνέπεια, τη ρύθμιση της προσλαμβανόμενης ενέργειας (Wanders, A. J. et al., 2011).

4.3. Γλυκαντικά

Γενικά, τα γλυκαντικά πιστεύεται, ότι καταστέλλουν την πείνα και την όρεξη, οδηγώντας σε ευεργετική επίδραση στο σωματικό βάρος και το καρδιομεταβολικό προφίλ, τόσο σε άτομα φυσιολογικού βάρους, όσο και σε υπέρβαρους και παχύσαρκους (Sharma A. et al., 2016).

Τη δεκαετία του 1980, το θέμα της επίδρασης των ολιγοθερμιδικών γλυκαντικών υλών στην πρόσληψη θερμίδων και στο αίσθημα πείνας ή κορεσμού απασχόλησε πολλές εργαστηριακές μελέτες. Η θεωρία ότι οι ολιγοθερμιδικές γλυκαντικές ύλες ενδέχεται να αυξάνουν την όρεξη και ως εκ τούτου, την ποσότητα τροφής που καταναλώνεται, οδηγώντας σε αύξηση του βάρους, κέρδισε προσοχή για πρώτη φορά το 1986, όταν οι Blundell και Hill ανέφεραν ότι η κατανάλωση διαλυμάτων υψηλής γλυκύτητας δημιουργούσε σε ορισμένα άτομα την αίσθηση ότι είναι πιο πεινασμένα σε σχέση με την περίοδο που έπιναν μόνο νερό. Η μελέτη όμως, στηρίχτηκε μόνο στη διαβάθμιση της πείνας όπως την ανέφεραν οι συμμετέχοντες, χωρίς να μετρήσει την πραγματική ποσότητα της τροφής που προσλάμβαναν, στοιχείο το οποίο οι ψυχολόγοι και οι ειδικοί στην παχυσαρκία θεωρούν ότι έχει ουσιαστική σημασία. Ο Blundell και οι συνεργάτες του προχώρησαν και σε μια μεταγενέστερη έρευνα, όπου χρησιμοποίησαν διαλύματα, που περιείχαν διάφορες ολιγοθερμιδικές γλυκαντικές ουσίες, στην οποία δεν παρατηρήθηκε καμία αύξηση στην πραγματική πρόσληψη τροφής. Από τότε, αρκετές μελέτες έχουν εξετάσει την οξεία επίδραση των ολιγοθερμιδικών γλυκαντικών υλών στο αίσθημα της πείνας και στην ποσότητα της προσλαμβανόμενης τροφής. Το συμπέρασμα στο οποίο κατέληξαν ήταν, ότι η αντικατάσταση της σακχαρόζης (ζάχαρης) με ολιγοθερμιδικές γλυκαντικές ύλες σε τρόφιμα και ποτά δεν φαίνεται να αυξάνει το αίσθημα της πείνας ή την ποσότητα της προσλαμβανόμενης τροφής, σε άνδρες ή γυναίκες που είτε είχαν κανονικό βάρος, είτε ήταν υπέρβαροι. Το 1991, η Dr Barbara Rolls δημοσίευσε στο *American Journal of Clinical Nutrition* μια από τις πιο

εκτενείς μελέτες της σχετικής βιβλιογραφίας, στην οποία εξέτασε σε βάθος το πώς επιδρούν 44 ολιγοθερμιδικές γλυκαντικές ύλες, αλλά και διάφορα άλλα προϊόντα με λίγες θερμίδες στο αίσθημα της πείνας και στην πρόσληψη ενέργειας. Η Dr. Rolls κατέληξε στο συμπέρασμα, ότι οι ολιγοθερμιδικές γλυκαντικές ύλες, ενδεχομένως υποβοηθούν ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα δίαιτας και σωματικής άσκησης ή ένα πρόγραμμα συντήρησης βάρους. Οι έντονα γλυκαντικές ύλες δεν βρέθηκαν να προκαλούν αύξηση του βάρους σε ανθρώπους (Gallagher D.D., et al., 1993).

Οι κύριες μελέτες σχετικά με τη βραχυπρόθεσμη πρόσληψη τροφής επικεντρώθηκαν στο κατά πόσον η έκθεση σε NNS ενισχύει την επιθυμία για γλυκά τρόφιμα και ποτά, οδηγώντας σε αυξημένη πρόσληψη τροφής. Δεν περιγράφηκαν επιδράσεις των NNS στη βραχυπρόθεσμη πρόσληψη τροφής ή στην υποκειμενική επίγνωση της πείνας σε 39 μελέτες (9 παράλληλες RCT, 22 RCT cross-over, 7 μη RCT και 1 case study) (Lohner S. et al., 2017).

Ωστόσο, απαιτούνται μακροπρόθεσμες μελέτες. Μέχρι σήμερα, η βιβλιογραφία που εξετάζει τις επιπτώσεις των NNS στη ρύθμιση της όρεξης παραμένει ασαφής. Περαιτέρω μελέτες πρέπει να στοχεύουν στην αποσαφήνιση των μακροπρόθεσμων ή χρόνιων επιπτώσεων των NNS στον κορεσμό, στην κατανάλωση ενέργειας και στη ρύθμιση της όρεξης, προκειμένου να συμβάλουν στην εκπόνηση διατροφικών συστάσεων από δημόσιους οργανισμούς σχετικά με τη χρήση και την κατανάλωση αυτών των υποκατάστατων ζάχαρης (Adeli S. et al., 2017).

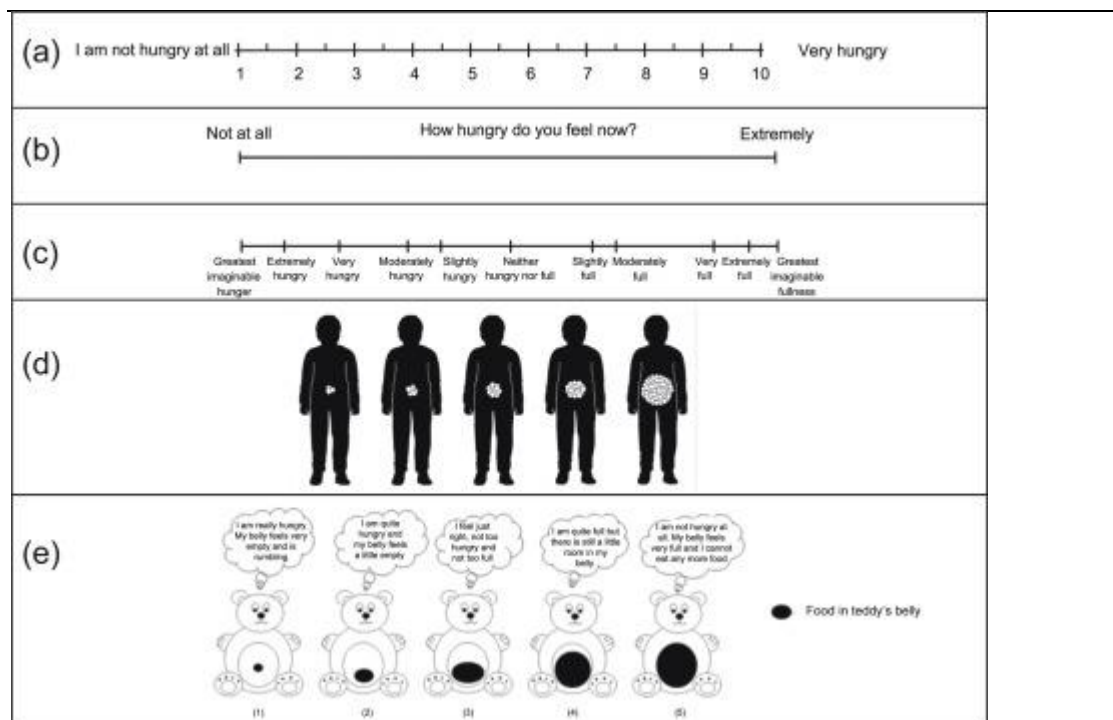
4.4. Μέτρηση κορεσμού

Η μετρηση του κορεσμού αντικατοπτρίζει τις αλλαγές στο υποκειμενικό αίσθημα πείνας μεταξύ δύο χρονικών σημείων.

Ο βαθμός κορεσμού μπορεί να αξιολογηθεί από τις αλλαγές στην ένταση διαφόρων υποκειμενικών αισθήσεων που ακολουθούν το φαγητό, όπως για παράδειγμα η πείνα, η πληρότητα, η επιθυμία για φαγητό ή η μελλοντική κατανάλωση φαγητού. Στην συνέχεια, ο κορεσμός παρουσιάζεται ως βαθμολογία. Συνήθως, η καταγραφή του βαθμού πείνας, πληρότητας, όρεξης, ικανοποίησης κλπ., λαμβάνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα, κατά τη διάρκεια του μεταγευματικού διαστήματος, τα οποία κυμαίνονται από 30 λεπτά έως 5 ώρες. Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να χρειαστεί και περισσότερο για να ληφθούν επαρκή στοιχεία για τις αλλαγές που προκλύονται στα επίπεδα αυτών, μετά το γεύμα. Η διαδικασία αυτή γίνεται χρησιμοποιώντας τις οπτικές

αναλογικές κλίμακες (VAS), το πιο κλασικό εργαλείο μέτρησης του κορεσμού, που μπορούν να δημιουργήσουν υψηλής αναπαραγωγιμότητας προφίλ κορεσμού σε επαναλαμβανόμενες παρουσιάσεις των ίδιων συνθηκών γεύματος. Μια πρόσφατη ανάλυση 23 τυχαιοποιημένων ελεγχόμενων μελετών έδειξε ότι οι βαθμολογίες VAS που καταγράφηκαν για 30 λεπτά έως 5 ώρες μετά την πρόσληψη ενός γεύματος, κατάφεραν να προβλέψουν σημαντικά την πρόσληψη ενέργειας στο επόμενο γεύμα (Tremblay A. et al., 2015).

Ένας δεύτερος τρόπος εκτίμησης του κορεσμού είναι μέσω της μέτρησης της γκρελίνης, ενός ορεξιογόνου πεπτιδίου στο αίμα αποτελούμενο από 28 αμινοξέα. Η ύπαρξη του έγινε το 1999, όταν απομονώθηκε στο στομάχι ποντικών. Η γκρελίνη στον άνθρωπο διαφέρει από αυτή στο ποντίκι κατά δύο αμινοξέα. Εκκρίνεται κυρίως στο στομάχι, στο δωδεκαδάχτυλο, τον ειλεό και το κόλον. Έχει αποδειχθεί ότι η γκρελίνη έχει ορεξιογόνο δράση και όταν χορηγείται εξωγενώς προκαλεί αύξηση της πρόσληψης τροφής (Forde, C. G., 2018).



Εικόνα 5. Απεικόνιση της υποκειμενικής κλιμάκωσης του αισθήματος της όρεξης. (α) Κάρτα βαθμολογίας κορεσμού, (β) οπτικό αναλογική κλίμακα (VAS), (γ) κλίμακα έντασης έντασης κορεσμού, (δ) κατηγορίας οπτικής πείνας / πληρότητας χωρίς σήμανση κλίμακα και (ε) κλίμακα βαθμολογίας πείνας και κορεσμού "Teddy the Bear" (Forde, C. G., 2018).

4.5 Γλυκαιμικός δείκτης και κορεσμός

Τα τρόφιμα με χαμηλό ΓΔ είναι γνωστό ότι απορροφώνται πιο αργά, ενώ τα τρόφιμα με υψηλό ΓΔ πέπτονται και απορροφώνται γρήγορα, διεγείροντας την λιπογένεση και την υπερβολική κατανάλωση τροφής.

Σε αυτή τη βάση, οι δίαιτες με χαμηλό ΓΔ ενδείκνυται ως βοηθητικοί παράγοντες στη θεραπεία και την πρόληψη της παχυσαρκίας, καθώς φαίνεται να προάγουν το παρατεταμένο αίσθημα κορεσμού και ευνοούν την οξειδωση του λίπους και όχι την οξειδωση των υδατανθράκων ως πηγή ενέργειας (Penaforde, F. R. et al., 2013).

Τόσο τα τρόφιμα υψηλού γλυκαιμικού δείκτη, όσο και τα τρόφιμα υψηλού γλυκαιμικού φορτίου διεγείρουν μια υψηλή απόκριση της ινσουλίνης, η οποία θα μπορούσε να προκαλέσει σχετικά χαμηλή συγκέντρωση γλυκόζης στο αίμα και λιπαρών οξέων αρκετά νωρίς μετά το γεύμα, μιμούμενη μίας κατάστασης χαμηλής σε ενέργεια στο σώμα. Ωστόσο, οι υψηλές συγκεντρώσεις ινσουλίνης και γλυκόζης, όπως συμβαίνει αμέσως μετά την κατάποση τροφίμων με υψηλό ΓΔ ή ΓΦ, φαίνεται να αυξάνουν επίσης τον κορεσμό. Με βάση αυτά τα δεδομένα, η κριτική των Bornet et al. και η μελέτη των Anderson et al. δείχνουν, ότι τα τρόφιμα με διαφορετικές τιμές ΓΔ και ΓΦ θα μπορούσαν απλώς να οδηγήσουν σε αυξημένο κορεσμό και μειωμένη πείνα σε διαφορετικά χρονικά σημεία κατά την περίοδο μετά την καταναλώση του γεύματος (Andersen S.S. H., et al., 2018).

Ωστόσο, ο αντίκτυπος του ΓΔ των τροφίμων και οι επιπτώσεις του στην πείνα, τον κορεσμό και την κατανάλωση τροφής, καθώς και η χρησιμότητά του στη θεραπεία και πρόληψη της παχυσαρκίας εξακολουθούν να είναι αμφιλεγόμενες, καθώς έχουν παρατηρηθεί αποκλίνοντα αποτελέσματα σε μελέτες σχετικά με αυτό το θέμα (Penaforde, F. R. et al., 2013).

B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Σκοπός μελέτης

Ο σκοπός της μελέτης αυτής είναι απόρροια της έλλειψης βιβλιογραφικών δεδομένων σχετικά με την επίδραση που έχουν τα προϊόντα χωρίς ζάχαρη σε δείκτες γλυκαιμικού έλεγχου. Πιο συγκεκριμένα, ο σκοπός είναι ο προσδιορισμός του γλυκαιμικού δείκτη και του γλυκαιμικού φορτίου τριών προϊόντων χωρίς ζάχαρη (μαρμελάδα βερίκοκο,

κακάο σε σκόνη και μπάρα δημητριακών). Επιπλέον, είναι η διερεύνηση της επίδρασης της κατανάλωσής αυτών των προϊόντων στο υποκειμενικό αίσθημα όρεξης και κορεσμού με τη χρήση αναλογικής κλίμακας (visualanaloguescales, VAS, 100mm).

Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Για τον υπολογισμό του γλυκαιμικού δείκτη και του γλυκαιμικού φορτίου σε διαφορετικά τρόφιμα χωρίς ζάχαρη έχουν πραγματοποιηθεί ελάχιστες μελέτες σε παγκόσμιο επίπεδο.

Πιο συγκεκριμένα για την μαρμελάδα βερίκοκο με ζάχαρη, μια μελέτη σε τρόφιμα της Ιταλίας έδειξε πως ανήκει στα τρόφιμα μετρίου γλυκαιμικού δείκτη ($\Gamma\Delta=63\pm9$) και υψηλού γλυκαιμικού φορτίου ($\Gamma\Phi=42$) (Scazzina, Dall'Asta et al. 2016). Στους παγκόσμιους πίνακες $\Gamma\Delta$ και $\Gamma\Phi$, το άλειμμα βερίκοκου με περιορισμένη ποσότητα ζάχαρης ταξινομείται ως τρόφιμο υψηλού $\Gamma\Delta$ ($\Gamma\Delta=78\pm10$) και χαμηλού $\Gamma\Phi$ ($\Gamma\Phi=7$) και το άλειμμα βερίκοκου χωρίς προσθήκη ζάχαρης ταξινομείται ως χαμηλού $\Gamma\Delta$ ($\Gamma\Delta=43\pm6$) και χαμηλού $\Gamma\Phi$ ($\Gamma\Phi=7$) (Atkinson, Foster-Powell et al. 2008). Επιπλέον, μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε στην Ιαπωνία και μελέτησε διάφορες μαρμελάδες από φράουλα έδειξε πως ο $\Gamma\Delta$ μαρμελάδας με σουκρόζη ήταν $\Gamma\Delta=61$, ενώ ο $\Gamma\Delta$ μαρμελάδας με πολυδεξτρόζη ήταν σημαντικά χαμηλότερος ($\Gamma\Delta=9$) (Kurotobi, Fukuhara et al. 2010).

Τρόφιμο	$\Gamma\Delta$	$\Gamma\Phi$	Εθελοντές	Πηγή
Μαρμελάδα βερίκοκο με χυμό μήλου	63 ± 9	42	10 άτομα	Scazzina, F., et al. (2016). "Glycemic index and glycemic load of commercial Italian foods." <i>Nutr Metab Cardiovasc Dis</i> 26(5): 419-429.
Άλειμμα βερίκοκου	63 ± 6	42	10 άτομα	Scazzina, F., et al. (2016). "Glycemic index and glycemic load of commercial Italian foods." <i>Nutr Metab Cardiovasc Dis</i> 26(5): 419-429.
Άλειμμα βερίκοκου χωρίς ζάχαρη	43 ± 6	7	10 άτομα	Human Nutrition Unit (Sydney University, Australia), unpublished observations, 1995–2002..

Άλειμμα βερίκοκου με μειωμένη ζάχαρη	78±10	7	10 άτομα	Human Nutrition Unit (Sydney University, Australia), unpublished observations, 1995–2002.
Μαρμελάδα φράουλα με ζάχαρη	73±14	10	9 άτομα	Human Nutrition Unit (Sydney University, Australia), unpublished observations, 1995–2002.
Μαρμελάδα φράουλα με ζάχαρη	61	-	30 άτομα	Kurotobi, T., et al. (2010). "Glycemic index and postprandial blood glucose response to Japanese strawberry jam in normal adults." J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo) 56(3): 198-202.
Μαρμελάδα φράουλα με χυμό	46	-	30 άτομα	Kurotobi, T., et al. (2010). "Glycemic index and postprandial blood glucose response to Japanese strawberry jam in normal adults." J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo) 56(3): 198-202.
Μαρμελάδα φράουλα με πολυδεξτρόζη	9	-	30 άτομα	Kurotobi, T., et al. (2010). "Glycemic index and postprandial blood glucose response to Japanese strawberry jam in normal adults." J Nutr Sci Vitaminol (Tokyo) 56(3): 198-202.
Μαρμελάδα πορτοκάλι	69±12	9	9 άτομα	Human Nutrition Unit (Sydney University, Australia), unpublished observations, 1995–2002.

Πίνακας 7. ΓΔ και ΓΦ για τις μαρμελάδες ή τα αλείμματα με διάφορα φρούτα .

Στο εμπόριο μεταξύ άλλων, μπορεί κανείς πλέον να βρει και ροφήματα κακάο με την προσθήκη γλυκαντικών. Οι τιμές του ΓΔ και του ΓΦ αυτών των προϊόντων, σύμφωνα με αδημοσίευτη παρατήρηση (Human Nutrition Unit, University of Sydney, Australia), είναι και οι δύο χαμηλές, με εξαίρεση να αποτελεί ένα αυστραλιανό ρόφημα κακάο (Quik™, Chocolate Nestle) που ταξινομείται ως υψηλού ΓΔ (ΓΔ=76±8) (Atkinson, Foster-Powell et al. 2008). Οι μετα-αναλύσεις βραχυπρόθεσμων τυχαιοποιημένων ελεγχόμενων δοκιμών διαπίστωσαν ότι το κακάο μείωσε την ινσουλίνη νηστείας και την ινσουλίνη μετά από δοκιμασία γλυκόζης και βελτίωσε την αντίσταση στην ινσουλίνη (Scazzina, F., et al., 2016). Η προκλινική έρευνα παρέχει πληροφορίες για τους πιθανούς μηχανισμούς δράσης, οι οποίοι περιλαμβάνουν κυρίως ένζυμα και υποδοχείς σε μειωμένη ποσότητα (α-γλυκοσιδάση, α-αμυλάση, SGLT-1) που εμπλέκονται στο μεταβολισμό της γλυκόζης και όλα αυτά οδηγούν σε μειωμένα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα και βελτιωμένη ομοιόσταση γλυκόζης μακροπρόθεσμα

(Scazzina, F., et al., 2016 & Smith, T.J., et al., 2019). Προς το παρόν, δεν υπάρχουν Α ερευνητικά δεδομένα για την επίδραση του ροφήματος κακάο με γλυκαντικές ύλες στη γλυκαιμική απόκριση.

Τρόφιμο	ΓΔ	ΓΦ	Εθελοντές	Πηγή
Complete hot chocolate σε ζεστό νερό	51±3	11	10 άτομα	Human Nutrition Unit (Sydney University, Australia), unpublished observations, 1995–2002.
Milo (Nestle) σε ζεστό νερό	55±3	9	10 άτομα	Human Nutrition Unit (Sydney University, Australia), unpublished observations, 1995–2002.
Milo (Nestle) πλήρες γάλα	35±2	9	10 άτομα	Human Nutrition Unit (Sydney University, Australia), unpublished observations, 1995–2002.
Quick (Nestle) σε ζεστό νερό	76±8	7	9 άτομα	Human Nutrition Unit (Sydney University, Australia), unpublished observations, 1995–2002.
Quick (Nestle) σε 1,5% γάλα	41±4	11	10 άτομα	Human Nutrition Unit (Sydney University, Australia), unpublished observations, 1995–2002.

Πίνακας 8. ΓΔ και ΓΦ για τα ροφήματα με βάση το κακάο.

Τέλος, ανεπαρκή δημοσιευμένα δεδομένα υπάρχουν και αναφορικά με τις μπάρες δημητριακών και την επίδραση τους στη μεταγευματική γλυκαιμική απόκριση. Οι τιμές του ΓΔ και του ΓΦ στις διάφορες μπάρες δημητριακών ποικίλλουν ανάλογα με την σύνθεση του κάθε και κυρίως λόγω του τύπου αμύλου που χρησιμοποιείται, με αποτέλεσμα να ταξινομούνται από προϊόντα χαμηλού έως και υψηλού ΓΔ και ΓΦ (Scazzina, F., et al., 2016). Η μπάρα δημητριακών αποτελείται από συστατικά όπως αλεύρι (αλεύρι καλαμποκιού, αλεύρι ρυζιού κ.λπ.), η οποία είναι μια καλή πηγή διαθέσιμων υδατανθράκων και μπορεί να οδηγήσει σε αύξηση της γλυκόζης στο αίμα, επισκιάζοντας τα οφέλη της αντικατάστασης της ζάχαρης με γλυκαντικά (Miao, M., et al., 2015). Η μελέτη μας είναι η πρώτη που εξέτασε τις τιμές ΓΔ και ΓΦ της μπάρας δημητριακών χωρίς ζάχαρη με κράνμπερι και πρόσθετα γλυκαντικά. Μια βρετανική

μελέτη εξέτασε τη γλυκαιμική ανταπόκριση από πέντε διαφορετικές μπάρες δημητριακών και δεν ανέφερε καμία επίδραση της μπάρας δημητριακών με cranberry στη γλυκόζη και τις γλυκορρυθμιστικές ορμόνες σε σύγκριση με τις άλλες μπάρες δημητριακών (Smith, T.J., et al.,2019). Η ποσότητα αυτών των γευμάτων θα μπορούσε να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στις τιμές του ΓΔ, καθώς οι μπάρες δημητριακών αποτελούνται από πολλά συστατικά, τα οποία ταξινομούνται κυρίως ως υψηλού ΓΔ. Επομένως, είναι ζωτικής σημασίας η πραγματοποίηση περαιτέρω μελετών για τη διαλεύκανση της γλυκαιμικής απόκρισης αυτών των προϊόντων και τη χρήση αλεύρων χαμηλού γλυκαιμικού δείκτη, όπως π.χ. αλεύρι μεγαλύτερου κόκκου, αλεύρι φασολιών και αλεύρι φαγόπυρου ή κεχρί.

Μεθοδολογία

Η κατάταξη ενός τροφίμου σε μία από τις τρεις κατηγορίες γλυκαιμικού δείκτη (ΓΔ) και γλυκαιμικού φορτίου (ΓΦ) απαιτεί μια προτυποποιημένη μεθοδολογία μέτρησης. Η ένταξη δέκα ατόμων παρέχει έναν αποδεκτό βαθμό ισχύος και ακρίβειας στη μελέτη (80%). Όσον αφορά στον αριθμό των παρεμβάσεων που θα εξεταστεί το τρόφιμο αναφοράς (γλυκόζη ή λευκό ψωμί), η βιβλιογραφία προτείνει τουλάχιστον μία επανάληψη της παρέμβασης του τροφίμου αναφοράς για κάθε εθελοντή. Η κατανάλωση των ροφημάτων είναι καλό να πραγματοποιηθεί μέσα σε 10 λεπτά, ενώ των στερεών τροφίμων σε 10 έως 20 λεπτά.

Το πρώτο δείγμα αίματος συλλέγεται 15 λεπτά από την αρχή της κατανάλωσης του τροφίμου. Η μέτρηση του γλυκαιμικού δείκτη στα τρόφιμα υπό εξέταση βασίζεται στη χρήση ποσοτήτων των τροφίμων (μερίδες), οι οποίες αποδίδουν την ίδια περιεκτικότητα σε διαθέσιμους υδατάνθρακες. Τα τρόφιμα, τα οποία εξετάζονται πρέπει να δίνουν 50g διαθέσιμων υδατανθράκων, εκτός εάν φέρουν χαμηλή περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες και το μέγεθος της μερίδας είναι πολύ μεγάλο. Σε αυτή την περίπτωση, η ποσότητα των διαθέσιμων υδατανθράκων προσαρμόζεται στα 25g. Σημαντική παράμετρος της μέτρησης του γλυκαιμικού δείκτη είναι η ανάλυση των κύριων υδατανθράκων του τροφίμου με ακριβείς αναλυτικές μεθόδους. Οι παρεμβάσεις για την εξέταση του τροφίμου δοκιμασίας και του τροφίμου ελέγχου πρέπει να πραγματοποιούνται πριν τις 10.00 το πρωί, μετά από νηστεία 10-14 ωρών. Συνιστάται οι εθελοντές την προηγούμενη από κάθε ημέρα παρέμβασης να απέχουν

από έντονη σωματική δραστηριότητα, κάπνισμα ή διαίτα. Η σειρά παρεμβάσεων προκύπτει από τυχαιοποίηση των τροφίμων υπό εξέταση στον αριθμό των συμμετεχόντων στη μελέτη. Η συνολική διάρκεια της μελέτης δεν πρέπει να υπερβεί τους 4 μήνες. Το τρόφιμο αναφοράς καταναλώνεται στην αρχή των δοκιμασιών και επαναλαμβάνεται μετά από 6-8 εβδομάδες. Όσον αφορά στην προέλευση των δειγμάτων αίματος, προτείνεται η συλλογή αίματος από τριχοειδή αγγεία ακροδαχτύλων ή από αρτηριακό φλεβικό αίμα. Το τριχοειδικό αίμα προτιμάται λόγω αυξημένης ευαισθησίας. Η συλλογή του αίματος πραγματοποιείται στους χρόνους 0 (νηστεία), 15, 30, 45, 60, 90 και 120 λεπτά μετά την κατανάλωση του δοκιμαστικού τροφίμου. Για τη μέτρηση του γλυκαιμικού δείκτη, η εξέταση της γλυκόζης του αίματος επαρκεί (Brouns F., et al, 2005). Για τον προσδιορισμό του γλυκαιμικού δείκτη συστήνεται η μέτρηση των επιμέρους εμβαδών κάτω από την γραμμή των συγκεντρώσεων γλυκόζης (iAUC) που προέκυψαν από το τρόφιμο εξέτασης και το τρόφιμο αναφοράς, αποκλείοντας την περιοχή κάτω από το επίπεδο νηστείας (Wheeler, M.L., et al.,2010 , Brouns F., et al, 2005). Ο γλυκαιμικός δείκτης υπολογίζεται ως μέση τιμή της αναλογίας των iAUC του τροφίμου εξέτασης προς την αντίστοιχη του τροφίμου αναφοράς (Wheeler, M.L., et al.,2010 , Brouns F., et al, 2005).

Οι παράγοντες του τροφίμου που επηρεάζουν το γλυκαιμικό δείκτη των τροφίμων φαίνονται στον Πίνακα 6.

Παράγοντας τροφίμου	Παραδείγματα παραγόντων	Επίδραση στη γλυκαιμική απόκριση και το γλυκαιμικό δείκτη
Ακάθαρστη δομή μήτρας	Άλεση	Υψηλότερα με ομογενοποίηση
Κυτταρική μεμβράνη και δομή αμύλου	Βαθμός ωρίμανσης	Υψηλότερα με ωρίμανση
Κοκκομετρία αμύλου	Θερμική πεξεργασία	Υψηλότερα με πήξη
πήξηΠεριεκτικότητα σε αμυλόζη και αμυλοπηκτίνη	Γρηγορότερος μεταβολισμός αμυλοπηκτίνης	Χαμηλότερα με υψηλότερη περιεκτικότητα σε αμυλόζη Υψηλότερα με αυξημένη περιεκτικότητα αμυλοπηκτίνης
Περιεκτικότητα σε ίνες με πηκτικές ιδιότητες	Προσθήκη ινών με πηκτικές ιδιότητες	Μειωμένα
Οργανικά οξέα	Προσθήκη οξέων	Μειωμένα
Αναστολέας αμυλάσης	Προσθήκη	Μειωμένα
Σύνθεση μονοσακχαριτών	Είδος προστιθέμενων σακχάρων π.χ. αναλογία γλυκόζης προς φρουκτόζη	Μειωμένα με αυξημένη περιεκτικότητα σε φρουκτόζη

Μοριακή σύνθεση μονοσακχαριτών	Είδος νωπής πρώτης ύλης Είδος δεσμών μονοσακχαρίτη σε μόρια υδατανθράκων	Μειωμένα με αυξημένο αριθμό δεσμών εκτός των α1-4 και α1-6Είδος
Περιεκτικότητα σε ανθεκτικό άμυλο	Κύκλοι θέμρανσης - ψύξης	Δεν επηρεάζονται με την εξέταση ίσων ποσοτήτων διαθέσιμων υδατανθράκων

Πίνακας 6. Παράγοντες τροφίμων που επηρεάζουν τις γλυκαιμικές αποκρίσεις τροφίμων και γευμάτων (Brouns F., et al, 2005).

Σχεδιασμός μελέτης

Εθελοντές

Στην κλινική δοκιμή συμμετείχαν 12 υγιείς, μη καπνιστές, μη διαβητικοί εθελοντές και από τα δύο φύλα (Πίνακας 7), η επιλογή των οποίων πραγματοποιήθηκε μέσω της ενημέρωσης από κοινοποιήσεις και διαφημιστικά έντυπα που αναρτήθηκαν στους χώρους του Γεωπονικού Πανεπιστημίου και στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης, καθώς και μέσα από προφορική επικοινωνία των ερευνητών.

Τα κριτήρια για την ένταξη των εθελοντών στην μελέτη ήταν ο δείκτης μάζας σώματος (ΔΜΣ) ($18 - 29 \text{ kg/m}^2$) και η ηλικία (18 – 50 ετών). Τα κριτήρια αποκλεισμού περιελάμβαναν, χρόνια νοσήματα (π.χ. στεφανιαία νόσο, σακχαρώδη διαβήτη, νεφροπάθεια, ηπατοπάθεια, αρρυθμιστες ενδοκρινολογικές καταστάσεις), γαστρεντερικές διαταραχές, κύηση, γαλουχία, συμμετοχή σε ανταγωνιστικά αθλήματα και εξάρτηση σε αλκοόλ ή ουσίες. Προαπαιτούμενο για την πραγματοποίηση της μελέτης ήταν οι εθελοντές να δώσουν τη γραπτή τους συναίνεση. Το πρωτόκολλο εγκρίθηκε από την Επιτροπή Βιοηθικής του ΓΠΑ και έγινε βάσει της Συνθήκης του Ελσίνκι (1997).

Μετά την επικοινωνία των εθελοντών με τους ερευνητές και την εκδήλωση ενδιαφέροντος για συμμετοχή στη μελέτη, πραγματοποιούνταν καταγραφή ιατρικού και διατροφικού ιστορικού. Αν οι εθελοντές πληρούσαν τα απαραίτητα κριτήρια, γινόταν λεπτομερής ενημέρωση σχετικά με τον τρόπο διεξαγωγής της μελέτης. Στη συνέχεια, εφόσον συμφωνούσαν οι εθελοντές συμπλήρωναν το συμφωνητικό συμμετοχής στη μελέτη.

Πειραματικό πρωτόκολλο

Στο παρόν έργο εκπονήθηκε τυχαιοποιημένη, μονά τυφλή, διασταυρούμενη κλινική δοκιμή με σκοπό τον προσδιορισμό του ΓΔ/ΓΦ τριών προϊόντων, μαρμελάδας, κακάο με γάλα και μπάρας δημητριακών χωρίς ζάχαρη, η οποία έλαβε χώρα για ένα μήνα ακολουθώντας το Διεθνές Τυποποιημένο Πρωτόκολλο του Οργανισμού (ISO).

Η ώρα προσέλευσης των συμμετοχόντων ήταν μεταξύ των ωρών 08:45 με 09:00 στον χώρο της Μονάδας Ανθρώπινης Διατροφής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Συνολικά χρειάστηκαν έξι επισκέψεις. Ζητήθηκε από τους εθελοντές πριν από κάθε επίσκεψη, να παραμείνουν νηστικοί για διάστημα 10-14 ωρών, να μην καταναλώσουν αλκοόλ την προηγούμενη ημέρα και να μην ασκηθούν έντονα.

Υπεύθυνος για τη δοκιμή και την αναφορά της κατανομής των δοκιμαστικών τροφίμων ήταν ένα μέλος της ερευνητικής ομάδας, το οποίο δεν ενεπλάκη στο χειρισμό και την ανάλυση δεδομένων.

Οι εθελοντές έλαβαν σε τυχαία σειρά καθαρή γλυκόζη (D-γλυκόζη) σε διάλυμα ως τρόφιμο αναφοράς (συνολικά 2 φορές), λευκό ψωμί (1 φορά) ως τρόφιμο ελέγχου, και από μία φορά τα υπό εξέταση τρόφιμα: ρόφημα κακάο με άπαχο γάλα (σύμφωνα με τις οδηγίες της ΓΙΩΤΗΣ Α.Ε. για την προετοιμασία αυτού του τροφίμου), μπάρα δημητριακών με αποξηραμένα φραγκοστάφυλα (cranberries), και μαρμελάδα βερίκοκο επαλειμμένη σε λευκό ψωμί. Κάθε μερίδα των καταναλισκόμενων τροφίμων υπολογίστηκε να είναι ισοδύναμη με 25g διαθέσιμων υδατανθράκων. Συγκεκριμένα, καταναλώθηκαν 50g μαρμελάδας βερίκοκο (73 kcal) μαζί με 52,4g λευκό ψωμί (120 kcal), 36g κακάο (104 kcal) και 74g μπάρας δημητριακών (259 kcal), 54,6g λευκό ψωμί αναφοράς (125 kcal) και 25g καθαρή D-γλυκόζη αναφοράς (95 kcal). Ζητήθηκε από τους εθελοντές να καταναλώσουν τη γλυκόζη διαλυμένη σε 300ml νερό και το κακάο με 500ml άπαχο γάλα μέσα σε διάστημα 5 έως 10 λεπτών. Τα υπόλοιπα στερεά τρόφιμα ζητήθηκε να καταναλωθούν μαζί με 250 ml νερού σε διάστημα 10 έως 15 λεπτών. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι επειδή η μαρμελάδα βερίκοκο από μόνη της υπολογίστηκε να περιέχει μικρό ποσοστό διαθέσιμων υδατανθράκων (κάτω από 25g που χρειάζεται με βάση την μεθοδολογία προσδιορισμού ΓΔ και ΓΦ [ISO (International Organization for Standardization) μέθοδος 26642:2010], για να δοθούν οι απαραίτητοι διαθέσιμοι υδατάνθρακες αλλά και για να δύναται η σύγκρισή της με τη γλυκόζη αναφοράς, καταναλώθηκε μαζί με λευκό ψωμί. Επιλέχθηκε το λευκό ψωμί καθώς είναι ένα τρόφιμο που συνδυάζεται συχνά με μαρμελάδες. Όλα τα υπό εξέταση τρόφιμα καταναλώθηκαν από τους εθελοντές σε τυχαία σειρά σύμφωνα με την προτεινόμενη μεθοδολογία. Οι μετρήσεις/ δοκιμές πραγματοποιήθηκαν σε διαφορετικές εβδομάδες,

σύμφωνα με την προτεινόμενη μεθοδολογία για τον προσδιορισμό του ΓΔ (Brouns, Bjorck et al. 2005).

Για να προσδιοριστούν οι συγκεντρώσεις γλυκόζης στο αίμα, συλλέχτηκαν δείγματα τριχοειδικού αίματος χρησιμοποιώντας μετρητή γλυκόζης με αυτόματο σύστημα τρυπήματος και ταινίες μέτρησης γλυκόζης (MediSmart Ruby blood glucose monitor και Ruby Blood glucose Test strips 50, Pharmaserve-lilly AEBE, Ελλάδα) στην έναρξη (χρόνος 0) και σε 15, 30, 45, 60, 90 και 120 λεπτά. Το πρώτο δείγμα γλυκόζης συλλέχτηκε ακριβώς 15 λεπτά μετά την πρώτη πρόσληψη του τροφίμου ή της γλυκόζης, κ.ο.κ.. Η γλυκόζη αίματος μετρήθηκε με ταινίες μέτρησης γλυκόζης, οι οποίες δε δείχνουν αντιδραστικότητα σε σάκχαρα εκτός από τη γλυκόζη και έχουν καλύτερη αντοχή στη θερμότητα και αντίσταση στο οξυγόνο. Τα επιτρεπόμενα όρια απόκλισης των μετρητών γλυκόζης για αποτελέσματα γλυκόζης ≥ 100 mg/dL ήταν εντός του 15% της μεθόδου αναφοράς. Ο συντελεστής διακύμανσης (CV,%) ήταν μικρότερος από 5%, τόσο στην ενδιάμεση ακρίβεια όσο και στην επαναληψιμότητα. Η καταγραφόμενη τιμή γλυκόζης στο αίμα ήταν ο μέσος όρος τριών μετρήσεων.

Υπό εξέταση τρόφιμα

Τα γλυκαντικά που χρησιμοποιήθηκαν στα τρόφιμα που εξετάστηκαν ήταν η μαλτιτόλη, το σιρόπι μαλτιτόλης, η ισομαλτιτόλη, η σουκραλόζη, οι γλυκοζίτες στεβιόλης (εκχύλισμα του φυτού stevia) και η σορβιτόλη. Τα υπό εξέταση τρόφιμα ήταν προϊόντα της εταιρείας ΓΙΩΤΗΣ Α.Ε., Ελλάδας και περιελάμβαναν μαρμελάδα βερίκοκο, ρόφημα κακάο (ανεμειγμένο με γάλα 0%) και μπάρα δημητριακών με cranberries. Οι γλυκαντικές ουσίες που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε περίπτωση ήταν: γλυκοζίτες στεβιόλης (από εκχύλισμα του φυτού stevia) και σορβιτόλη για τη μαρμελάδα βερίκοκο, μαλτιτόλη, σουκραλόζη και γλυκοζίτες στεβιόλης (από εκχύλισμα του φυτού stevia) για τη σκόνη κακάο και τέλος, μαλτιτόλη, σιρόπι μαλτιτόλης, ισομαλτιτόλη και γλυκοζίτες στεβιόλης (από εκχύλισμα του φυτού στέβια) για τη μπάρα δημητριακών.

Η σορβιτόλη είναι μια πολυόλη ταξινομημένη ως χαμηλού ΓΔ (GI = 9). Η πιθανή ευεργετική επίδραση της σορβιτόλης στη γλυκαιμική απόκριση οφείλεται στην αργή και σταδιακή απορρόφησή της από το λεπτό έντερο. Έτσι, δεν αυξάνει απότομα την γλυκόζη στο αίμα και απαιτείται μικρή έως καθόλου έκκριση ινσουλίνης (Livesey, G.,2003). Η σουκραλόζη είναι ένα γλυκαντικό που δεν αναγνωρίζεται και δεν μεταβολίζεται από το ανθρώπινο σώμα, επομένως, δεν αποδίδει θερμίδες

(Chattopadhyay, S., et al.,2014). Η μαλιτιόλη είναι μια πολυόλη που έχει αργή απορρόφηση (50-75%) και το γεγονός ότι διασπάται πιο αργά οδηγεί σε σταδιακή απελευθέρωση της γλυκόζης στην κυκλοφορία του αίματος, χαρακτηρίζοντας την ως χαμηλού ΓΔ (ΓΔ=35) (Saraiva, A., et al., 2020). Οι γλυκοζίτες στεβιόλης είναι ένα μη θερμιδικό γλυκαντικό και η χρήση τους φαίνεται πως έχει ευεργετική δράση στην ανθρώπινη υγεία, καθώς το γεγονός ότι δεν αποδίδει θερμίδες βοηθάει τον οργανισμό να μην αυξάνει τα επίπεδα γλυκόζης και ινσουλίνης στο αίμα απότομα (Lemus-Mondaca, R., et al., 2012).

Τέλος, χρειάστηκε να εξετάσουμε περαιτέρω την σύσταση των δοκιμαστικών τροφίμων (Πίνακας 10) και να αναλύσουμε την περιεκτικότητά τους σε διαθέσιμους υδατάνθρακες (Πίνακες 9 και 10) (Megazyme kit, με βάση την μέθοδο AOAC 991.43, έτσι ώστε, να μπορέσουμε να χορηγήσουμε με μεγαλύτερη ακρίβεια τις ποσότητες τροφίμων που αντιστοιχούσαν σε 25γρ. διαθέσιμων υδατανθράκων για να συγκριθούν με τα 25γρ. γλυκόζης, δηλαδή το τρόφιμο αναφοράς, με διαθεσιμότητα υδατανθράκων 100%.

Μέθοδος ανάλυσης των δοκιμαστικών τροφίμων για διαθέσιμους υδατάνθρακες

Εν συντομία, η μέθοδος AOAC 991.43 περιλαμβάνει μια ενζυματική πέψη αμύλου και πρωτεΐνης. Με αυτόν τον τρόπο, τα ελεύθερα σάκχαρα υπολογίζονται από το διάλυμα, το οποίο προσδιορίζεται με φωτομετρία, ενώ τα υπόλοιπα φιλτράρονται. Τόσο οι φυτικές ίνες, όσο και το ανθεκτικό άμυλο, που δεν έχουν υποστεί πέψη, συγκρατούνται από το φίλτρο, και έτσι μπορεί να υπολογιστεί η διαφορά του βάρους του φίλτρου πριν και μετά την ανάλυση. Ως εκ τούτου, ως διαθέσιμους υδατάνθρακες μετράμε τα ελεύθερα σάκχαρα που υπήρχαν στο δείγμα μας, καθώς και τους πολυσακχαρίτες που αφομοιώθηκαν με άμυλο α-αμυλάσης και α-γλυκοσιδάσης (χωνευμένο άμυλο). Όλες οι μετρήσεις του δείγματος έγιναν δύο φορές, ενώ για τους υδατάνθρακες, το στάδιο του φωτόμετρου έγινε 2 φορές για κάθε επανάληψη.

Παρατηρήθηκε μία διαφορά μεταξύ των τιμών που μας δόθηκαν και των τιμών από την ανάλυση που προέκυψαν από τις δύο επαναλήψεις. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, όταν πρόκειται για τη σορβιτόλη ως γλυκαντικό, η απορρόφηση των υδατανθράκων φτάνει το 30%, συγκριτικά με τους ισχυρισμούς που αναφέρουν 50%., γεγονός που μπορεί να έχει θετικό αποτέλεσμα, καθώς λογικά θα έχει χαμηλότερο γλυκαιμικό δείκτη.

Πίνακας 9. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των δοκιμαστικών τροφίμων.

	Μαρμελάδα βερίκοκο (μερίδα 20g)	Κακάο (20g κακάο)	σκόνης	Μπάρα δημητριακών (μερίδα 24g)
Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά				
Ενέργεια (kcal)	29	57,8		84
Λίπος(gr)	0	1,1		1,4
Κορεσμένα λιπαρά (gr)	0	0,66		0,3
Υδατάνθρακες (gr)	12	14,8		18
Σάκχαρα (gr)	0,4	0,24		0,1
Πολυόλες (gr)	11	12,8		5,4
Άμυλο(gr)	0	1,46		12
Εδώδιμες ίνες (gr)	0	2		1,6
Πρωτεΐνη(gr)	0	1,04		1,1
Αλάτι (gr)	0	0,062		0,07
Διαθέσιμοι υδατάνθρακες (gr)	0,4	0,83		8,11

Πίνακας 10. Ποσοστό διαθέσιμων υδατανθράκων με βάση την μέθοδο AOAC 991.43.

Τρόφιμο υπό εξέταση	Διαθέσιμοι υδατάνθρακες % w.b.
1. Μαρμελάδα	2,03
2. Ρόφημα κακάο	4,16
3. Μπάρα δημητριακών	33,82

Πίνακας 11. Μερίδες τροφίμων και διαθέσιμοι υδατάνθρακες που τους αναλογούν.

Διαθέσιμοι υδατάνθρακες (g) / ανά μερίδα τροφίμου	
1. Μαρμελάδα βερίκοκο (20 g)	0,41
2. Κακάο (20 g)	0,83
3. Μπάρα δημητριακών (24 g)	8,11
4. Λευκό ψωμί (30 g)	13,74

5. Ρόφημα κακάο (20 g κακάο + 200 ml άπαχο γάλα) 10,23
6. Μαρμελάδα (20 g) + Λευκό ψωμί (30 g) 14,15
-

Προσδιορισμός του γλυκαιμικού δείκτη και του γλυκαιμικού φορτίου

Η περιοχή κάτω από την καμπύλη (iAUC) για τη γλυκόζη αίματος στις 2 ώρες μετά την κατανάλωση του κάθε τροφίμου υπολογίστηκε γεωμετρικά χρησιμοποιώντας τον κανόνα του τραπεζοειδούς ISO 26642: 2010. Ο ΓΔ κάθε τροφής προσδιορίστηκε από την αναλογία των 0-120 λεπτών iAUC για γλυκόζη αίματος μετά την κατανάλωση κάθε δοκιμαστικής τροφής προς τα 0-120 λεπτά iAUC για γλυκόζη αίματος μετά το γεύμα αναφοράς (D-γλυκόζη). Το ΓΦ υπολογίστηκε πολλαπλασιάζοντας το ΓΔ και την ποσότητα των διαθέσιμων υδατανθράκων στη μερίδα του κάθε τροφίμου (100g ανά γεύμα) και στη συνέχεια διαιρώντας με 100 ($\text{ΓΦ} = \text{ΓΔ} \times \text{διαθέσιμοι υδατάνθρακες ανά μερίδα} / 100$) (ISO).

Ερωτηματολόγια

Για την αξιολόγηση της ενεργειακής πρόσληψης της προηγούμενης ημέρας των εθελοντών, λήφθηκε ανάκληση 24ώρου σε κάθε επίσκεψη. Ζητήθηκε από τους εθελοντές να έχουν καταναλώσει περίπου τα ίδια τρόφιμα την προηγούμενη ημέρα κάθε εξέτασης. Οι ανακλήσεις έγιναν σε κάθε ημέρα παρέμβασης από τους ερευνητές και αφορούσαν το προηγούμενο εικοσιτετράωρο. Συνολικά, οι ερευνητές συνέλεξαν έξι ανακλήσεις 24ώρου για κάθε εθελοντή. Οι εθελοντές επίσης, συμπλήρωσαν ένα ερωτηματολόγιο δημογραφικών στοιχείων, ένα ερωτηματολόγιο ιατρικού ιστορικού και ένα ερωτηματολόγιο φυσικής δραστηριότητας με τη βοήθεια των ερευνητών.

Εκτός των παραπάνω ερωτηματολογίων, οι εθελοντές αξιολόγησαν το αίσθημα πείνας, την επιθυμία τους για φαγητό, τη διάθεση τους για φαγητό και τον βαθμό κορεσμού με τη χρήση οπτικής αναλογικής κλίμακας (VAS) 100mm, μίας κλίμακας ανά σελίδα.

Αξιολόγηση του υποκειμενικού κορεσμού

Τα άτομα βαθμολόγησαν την πείνα, την επιθυμία τους για φαγητό και την αίσθηση της πληρότητας σε οπτικές αναλογικές κλίμακες γραμμής 100 mm (VAS), στους χρόνους

0 και 120 λεπτά, οι οποίες δόθηκαν με τη μορφή φυλλαδίου περιέχοντας μία κλίμακα ανά σελίδα (Forde, C. G., et al., 2018).

Ανθρωπομετρικές μετρήσεις

Στην πρώτη επίσκεψη των εθελοντών, μετρήθηκε το ύψος (σε εκατοστά) με αναστημόμετρο τοίχου και το σωματικό βάρος (σε kg, Seca220, Γερμανία) και από αυτά τα στοιχεία υπολογίστηκε έπειτα ο δείκτης μάζας σώματος (ΔΜΣ). Η ανάλυση της σύνθεσης του σώματος πραγματοποιήθηκε με το όργανο InBody 230 (Biospace), μια μέθοδο που υπολογίζει το συνολικό σωματικό λίπος χρησιμοποιώντας το ποσοστό νερού του σώματος. Επίσης, μετρήθηκαν οι περιφέρειες της μέσης και του ισχίου.

Διαιτητική πρόσληψη

Η διατροφική πρόσληψη των συμμετεχόντων αξιολογήθηκε με ανάκληση 24 ωρών σε κάθε επίσκεψη και αναλύθηκε χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα Diet Analysis Plus, αλλά και τις Ελληνικές και Ευρωπαϊκές Βάσεις Δεδομένων Σύνθεσης Τροφίμων (<https://www.eurofir.org/food-information/>). Οι βάσεις δεδομένων τροποποιήθηκαν αρκετά όπου χρειάστηκε ώστε να συμπεριληφθούν όλες οι καταγεγραμμένες τροφές. Οι εθελοντές αξιολόγησαν το αίσθημα πείνας, την επιθυμία για φαγητό, τη δίψα και το βαθμό κορεσμού με χρήση οπτικής αναλογικής κλίμακας (VAS) 100mm. Η συμπλήρωση των VAS έγινε σε κάθε επίσκεψη στην έναρξη (χρόνος 0), 15, 30, 45, 60, 90, 120 λεπτά μετά την κατανάλωση των τροφίμων.

Στατιστική ανάλυση

Η κατανομή των δεδομένων έγινε χρησιμοποιώντας γραφήματα πυκνότητας. Οι συνεχείς μεταβλητές που έχουν κανονική κατανομή παρουσιάζονται ως μέσες τιμές \pm τυπικού σφάλματος (SEM). Οι διαφορές στις βασικές συνεχείς μεταβλητές αξιολογήθηκαν χρησιμοποιώντας ανάλυση διακύμανσης (ANOVA), Kruskal – Wallis για παραμορφωμένα συνεχή δεδομένα και δοκιμή χ^2 στις κατηγορικές μεταβλητές. Οι δύο χρόνοι πρόσθετων περιοχών κάτω από την καμπύλη (iAUC) για τη γλυκόζη αίματος υπολογίστηκαν γεωμετρικά χρησιμοποιώντας τον τραπεζοειδή κανόνα όπως περιγράφεται από τον FAO/WHO (Mann, J., et al., 2007).

Ο ΓΔ προσδιορίστηκε από την αναλογία iAUC μετά την κατανάλωση κάθε δοκιμασμένου γεύματος προς το iAUC μετά το γεύμα αναφοράς (γλυκόζη) για κάθε άτομο. Σύμφωνα με τη μέθοδο ISO (Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης), οι

εξερχόμενες τιμές GI εξαιρέθηκαν από την ανάλυση. Δεν εξαιρέθηκαν οι υπερβολικά μικρές ή μεγάλες τιμές για την σύγκριση των γλυκαιμικών αποκρίσεων των δοκιμαστικών γευμάτων. Τα μοντέλα περιλάμβαναν τους παράγοντες «θέμα» (id), «ακολουθία» για διαφοροποίηση μεταξύ θεμάτων και «περίοδο» και «παρεμβάσεις» για να ληφθεί υπόψη η μεταβλητότητα εντός του θέματος. Αξιολογήσαμε την αλληλεπίδραση γεύματος - χρόνου δοκιμής. Έγινε ανάλυση διακύμανσης μονής κατεύθυνσης (one way Analysis of Variance -. ANOVA) για τη διερεύνηση των διαφορών μεταξύ των δοκιμαστικών τροφίμων, ακολουθούμενη από τη δοκιμή Tukey και τη διόρθωση Bonferroni. Οι διαφορές στις αξιολογήσεις VAS αξιολογήθηκαν χρησιμοποιώντας ανάλυση διακύμανσης μονής κατεύθυνσης (one way Analysis of Variance -. ANOVA) και το τεστ Friedman. Οι συσχετισμοί μεταξύ του ΓΔ και των χαρακτηριστικών των τριών δοκιμασμένων γευμάτων καθορίστηκαν με τον συντελεστή rho του Spearman. Οι δοκιμές παρέμβασης σχεδιάστηκαν με ισχύ 80% για τον εντοπισμό διαφοράς σε ποσοτό 25% του iAUC μεταξύ των δοκιμαστικών τροφίμων και των τροφίμων αναφοράς ($\alpha = 0,05$). Για την επίτευξη αυτής της ισχύος και κλινικής διαφοράς χρειάζονται τουλάχιστον δέκα εθελοντές. Στη μελέτη μας, συμμετείχαν 12 εθελοντές, όπου ο κάθε συμμετέχων ήταν και ένας έλεγχος του εαυτού του. Η στατιστική σημασία προσδιορίστηκε να είναι $p < 0,05$. Όλες οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας λογισμικό SPSS (έκδοση 23.0, SPSS Inc., USA).

Αποτελέσματα μελέτης

Προσδιορισμός iAUC και γλυκαιμικών δεικτών

Δώδεκα υγιείς εθελοντές (έξι άνδρες και έξι γυναίκες), ηλικίας 25 ± 4 ετών και ΔΜΣ 22 ± 2 kg/m² ολοκλήρωσαν τη μελέτη (Πίνακας i). Για όλους τους συμμετέχοντες η γλυκόζη αίματος νηστείας ήταν εντός των φυσιολογικών επιπέδων (μέσος όρος \pm SD = $88,73 \pm 3,9$ mg/dL).

Χαρακτηριστικά	Σύνολο
N	12 (6 άντρες, 6 γυναίκες)
Ηλικία	$24,83 \pm 3,792$
Βάρος (kg)	$63,90 \pm 11,443$
Ύψος (cm)	$168,69 \pm 8,009$
Δείκτης μάζας σώματος (kg/m ²)	$22,33 \pm 2,391$

Βασικός μεταβολικός ρυθμός (BMR, kcal)	1505,03 ± 221,660
Σωματικό λίπος (kg)	14,36 ± 3,547
Μυϊκή μάζα (kg)	27,43 ± 7,194
Περίμετρος μέσης (cm)	74,75 ± 8,698
Περίμετρος ισχύων (cm)	95,25 ± 8,508

Θρεπτικά Συστατικά

Πρωτεΐνη (gr)	97,4 ± 28,1
Υδατάνθρακες (gr)	245,3 ± 98
Λίπος (gr)	120 ± 58,5
Ολική χοληστερόλη (gr)	393,2 ± 249,1
Νάτριο (gr)	1988,4 ± 1197,8
Ενεργειακή πρόσληψη (kcal)	1616,8 ± 622,831

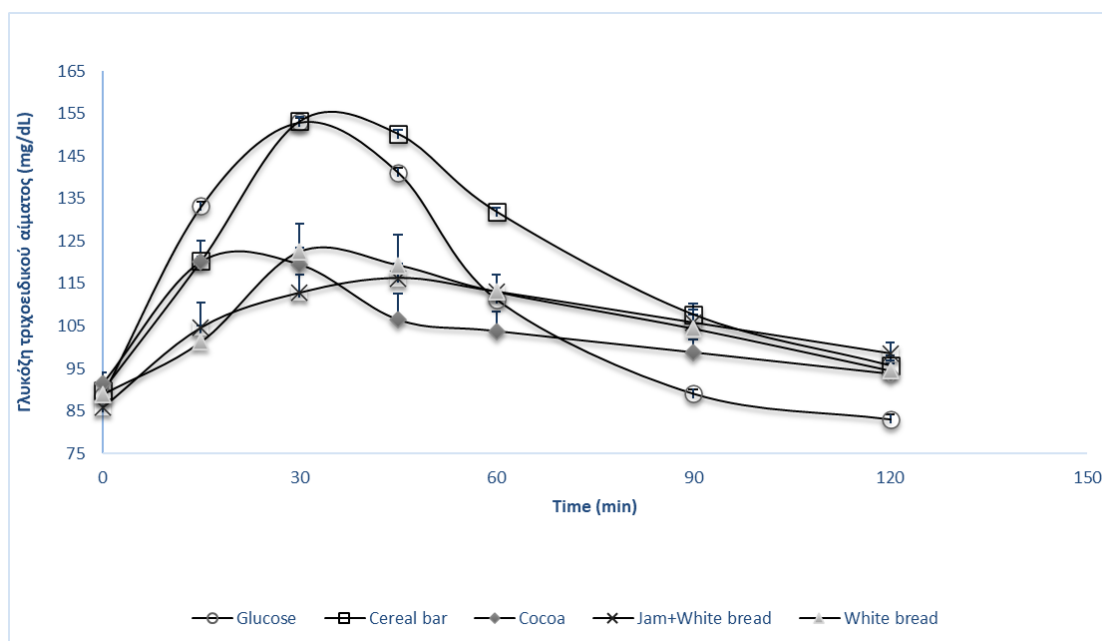
Οι τιμές είναι οι μέσοι όροι ± SEM ή οι διάμεσοι (πρώτο, τρίτο τεταρτημόριο)

Πίνακας i. Βασικά χαρακτηριστικά των συμμετοχόντων (n = 12).

Με βάση τα αποτελέσματα, φάνηκε πως η κατανάλωση μαρμελάδας βερίκοκου συνδυασμένη με το λευκό ψωμί έδωσε μια ομαλότερη καμπύλη γλυκόζης συγκριτικά τόσο με την γλυκόζη όσο και με το σκέτο λευκό ψωμί, με τις τιμές γλυκόζης αίματος να είναι πολύ χαμηλότερες έως και 60 λεπτά μετά την κατανάλωση της συγκριτικά με τη γλυκόζη αναφοράς. Παρομοίως, οι συγκεντρώσεις γλυκόζης στο αίμα ήταν πολύ χαμηλότερες μέχρι και τα 90 λεπτά μετά την κατανάλωση του ροφήματος κακάο συγκριτικά με τη γλυκόζη αναφοράς. Σε αντίθεση όμως με τα υπόλοιπα τρόφιμα, το ρόφημα κακάο οδήγησε στη μέγιστη τιμή γλυκόζης αίματος αρκετά γρήγορα (μετά από 15 λεπτά) και από εκεί και έπειτα η γλυκόζη αίματος άρχισε να μειώνεται. Παραδόξως, μετά την κατανάλωση της μπάρας δημητριακών με cranberries από τους εθελοντές παρατηρήθηκαν παρόμοιες συγκεντρώσεις μεταγευματικής γλυκόζης στο αίμα με τη γλυκόζη αναφοράς μέχρι και τα 60 λεπτά. Συγκρίνοντας την μπάρα με το λευκό ψωμί φαίνεται πως υπήρχε μεγαλύτερη και πιο απότομη αύξηση στις συγκεντρώσεις γλυκόζης στο αίμα μέχρι και τα 90 λεπτά, οπότε από εκεί και μέχρι τα 120 λεπτά τα δυο τρόφιμα έχουν παρόμοιες τιμές.

Από τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας φαίνεται ότι στα 15 λεπτά, οι τιμές της γλυκόζης αναφοράς είναι στατιστικά σημαντικότερες συγκριτικά με τις τιμές της μαρμελάδας βερίκοκο με το λευκό ψωμί και με του λευκού ψωμιού, αντίστοιχα. Για τα 30 λεπτά, οι τιμές γλυκόζης της μπάρας δημητριακών είναι στατιστικά σημαντικότερες σε σχέση με τις τιμές του ροφήματος κακάο, του λευκού ψωμιού και της μαρμελάδας βερίκοκο και του λευκού ψωμιού, αντίστοιχα. Επιπλέον, σημαντικές

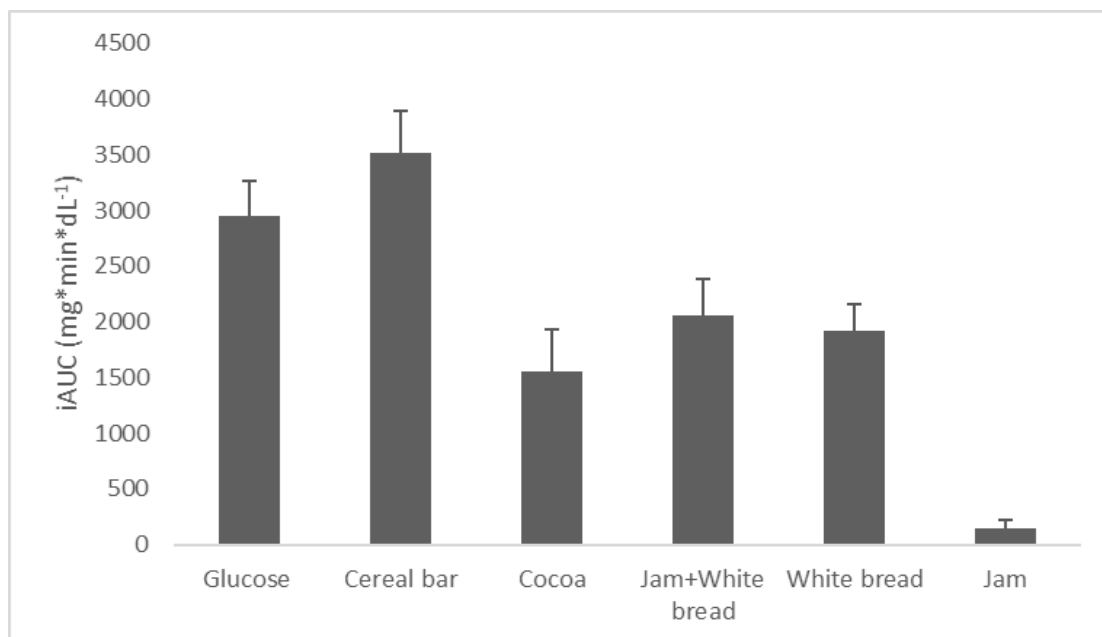
διαφορές παρατηρούνται μεταξύ της γλυκόζης αναφοράς και του ροφήματος κακάο, του λευκού ψωμιού και της μαρμελάδας βερίκοκο και του λευκού ψωμιού. Στη συνέχεια, για τα 45 λεπτά, σημαντικές διαφορές υπάρχουν μεταξύ των τιμών γλυκόζης της μπάρας δημητριακών και των τιμών στο ρόφημα κακάο, στο λευκό ψωμί και στη μαρμελάδα βερίκοκο με το λευκό ψωμί, αντίστοιχα, ενώ παρατηρείται και στις τιμές μεταξύ του ροφήματος κακάο και της γλυκόζης αναφοράς. Στα 60 λεπτά των μετρήσεων, φαίνεται να υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις τιμές της γλυκόζης του ροφήματος κακάο σε σχέση με όλα τα υπόλοιπα τρόφιμα που δόθηκαν στη μελέτη. Τέλος, για τα 90 λεπτά προκύπτει ότι οι τιμές της μπάρας δημητριακών είναι στατιστικά σημαντικότερες συγκριτικά με αυτές της γλυκόζης αναφοράς. Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τη στατιστική επεξεργασία συμφωνούν και δικαιολογούνται από αυτά που προκύπτουν από το γράφημα της γλυκαιμικής απόκρισης.



Σχήμα 1. Γλυκαιμική απόκριση μετά την κατανάλωση των δοκιμαστικών τροφίμων.

Από τις καμπύλες μεταγευματικής γλυκόζης μετά την κατανάλωση του κάθε τροφίμου, υπολογίστηκε η συνολική γλυκαιμική απόκριση μετά την κατανάλωση των δοκιμαστικών τροφίμων (προσδιορίστηκε από το εμβαδό κάτω από την κάθε καμπύλη γλυκόζης – iAUC). Το iAUC της μαρμελάδας βερίκοκο υπολογίστηκε αφαιρώντας το iAUC του ψωμιού από το iAUC του ψωμιού με μαρμελάδα, έτσι ώστε να μείνει μια

εκτίμηση της επίδρασης της μαρμελάδας βερίκοκο στη γλυκαιμία. Τα αποτελέσματα του υπολογισμού του εμβαδού κάτω από την καμπύλη γλυκόζης (iAUC) του κάθε δοκιμαστικού τροφίμου φαίνονται στο παρακάτω γράφημα (Σχήμα 2).



Σχήμα 2. Τιμές των iAUC μετά την κατανάλωση των δοκιμαστικών γευμάτων.

Επίδραση των σακχάρων στο ΓΔ και το ΓΦ

Από τη στατιστική επεξεργασία των τιμών iAUC προκύπτουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των τιμών ΓΔ και ΓΦ των γευμάτων. Συγκεκριμένα, από τα αποτελέσματα φαίνεται η μαρμελάδα βερίκοκο να ταξινομείται ως χαμηλού ΓΔ (ΓΔ=5,00) και χαμηλού ΓΦ (ΓΦ<1). Για τον υπολογισμό του ΓΔ της μαρμελάδας αφαιρέσαμε το iAUC του λευκού ψωμιού από το iAUC της μαρμελάδας με το λευκό ψωμί για κάθε εθελοντή όπως αναφέρεται στην βιβλιογραφία (Wolever and Jenkins 1986).

Το ρόφημα κακάο να ταξινομείται ως μετρίου ΓΔ (ΓΔ=57,63) και χαμηλού ΓΦ (ΓΦ=5,90), ενώ η μπάρα δημητριακών με cranberries να ταξινομείται ως υψηλού ΓΔ (ΓΔ=125,66) και μετρίου ΓΦ (ΓΦ=10,19).

Τρόφιμο (μέγεθος μερίδας)	Iauc (mmol 120 min 1 ⁻¹)	ΓΔ (Γλυκόζη ως τρόφιμο αναφοράς)	ΓΦ (Γλυκόζη ως τρόφιμο αναφοράς)
Γλυκόζη	2943,33 ± 316,64	100	25
Μπάρα δημητριακών (24γρ)	3519,06 ± 377,35	125,66 ± 11,05	10,19 ± 0,90
Ρόφημα κακάο (10γρ)	1554,43 ± 375,61	57,63 ± 17,67	5,90 ± 1,80
Λευκό ψωμί (46γρ)	1913,77 ± 247,54	69,60 ± 9,15	9,56 ± 1,26

Μαρμελάδα βερίκοκο (20γρ) + Λευκό ψωμί(46γρ)	2060,94 ± 322,91	68,67 ± 8,43	9,71 ± 1,19
Μαρμελάδα βερίκοκο (20γρ)	147,17 ± 75,37	5 ± 8,85	0,02 ± 1,16

Πίνακας 13. iAUC, Γλυκαιμικός Δείκτης (ΓΔ) και Γλυκαιμικό Φορτίο (ΓΦ) των τριών προϊόντων χωρίς ζάχαρη με τη χρήση γλυκαντικόνω σχετικά με το τρόφιμο αναφορά (γλυκόζη).

Από την στατιστική επεξεργασία στις τιμές του γλυκαιμικού δείκτη των τροφίμων που δόθηκαν, προέκυψε ότι ο γλυκαιμικός δείκτης της μπάρας δημητριακών είναι σημαντικά μεγαλύτερος συγκριτικά με αυτόν του ροφήματος κακάο, του λευκού ψωμιού και της μαρμελάδας βερίκοκο με το λευκό ψωμί ($p < 0,05$). Όσον αφορά το γλυκαιμικό φορτίο δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των προς εξέταση τροφίμων.

Όσον αφορά, την υποκειμενική πείνα ήταν σημαντικά χαμηλότερη μετά την κατανάλωση της μαρμελάδας βερίκοκο συνδυασμένη με λευκό ψωμί ($p < 0,05$). Υψηλότερη βρέθηκε η υποκειμενική πληρότητα με την κατανάλωση του ροφήματος κακάο ($p < 0,05$), ενώ το ίδιο συνέβη στην υποκειμενική ευχαρίστηση όταν τα άτομα κατανάλωσαν τη μπάρα δημητριακών ($p < 0,05$).

Συμπέρασμα

Τα κύρια ευρήματα αυτής της μελέτης έδειξαν ότι τα τρία δοκιμασμένα τρόφιμα είχαν διαφορετική επίδραση στη μεταγευματική γλυκαιμία, ενώ σε όλα το ΓΦ ήταν χαμηλό έως μέτριο. Με βάση τον γλυκαιμικό δείκτη των προϊόντων που υπολογίσαμε, η μαρμελάδα βερίκοκο ταξινομείται ως τρόφιμο χαμηλού ΓΔ, το ρόφημα κακάο ως μέτριου ΓΔ, ενώ η μπάρα δημητριακών ως υψηλού ΓΔ.

Ο ΓΔ επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες που έχουν να κάνουν με τα συστατικά ενός τροφίμου, τη χημική του σύσταση, αλλά και από τον τρόπο προετοιμασίας και παρασκευής του. Ενδεικτικά αναφέρονται: η φύση των περιεχόμενων μονοσακχαριτών, η φύση του αμύλου, το μαγείρεμα και η επεξεργασία του τροφίμου, και άλλα συστατικά που συνυπάρχουν στο τρόφιμο ή το γεύμα που καταναλώνεται όπως λίπος, πρωτεΐνη, διαιτητικές ίνες, και οργανικά οξέα.

Στην παρούσα μελέτη βρέθηκε πως η μαρμελάδα βερίκοκο παρασκευασμένη με γλυκαντικές ουσίες είναι χαμηλού ΓΔ (ΓΔ=5,00± 8,85), ένα αποτέλεσμα που συμφωνεί με αντίστοιχη μελέτη που είχε προσδιορίσει το ΓΔ μαρμελάδας με πολυδεξτρόζη

($\Gamma\Delta=9,00$) (Kurotobi, Fukuhara et al. 2010). Άλλες έρευνες που μελέτησαν το $\Gamma\Delta$ σε μαρμελάδες βερίκοκου ή αλείμματα βερίκοκου με πρόσθετη ζάχαρη ή χυμό φρούτου δείχνουν πως μπορεί να είναι μέτριου ή υψηλού $\Gamma\Delta$ (Πίνακας 2) (Scazzina, Dall'Asta et al. 2016) (Atkinson, Foster-Powell et al. 2008, Kurotobi, Fukuhara et al. 2010). Μάλιστα, μαρμελάδες ή αλείμματα με ζάχαρη φαίνεται πως είναι υψηλού $\Gamma\Delta$, ενώ μείωση της ζάχαρης συνοδεύεται από μείωση του $\Gamma\Delta$ σε μέτρια επίπεδα. Αντίστοιχα, φαίνεται πως η χρήση γλυκαντικών στις μαρμελάδες ωφελεί στη δημιουργία τροφίμων χαμηλού $\Gamma\Delta$. Το $\Gamma\Phi$ μαρμελάδας βερίκοκο υπολογίστηκε σημαντικά χαμηλό ($\Gamma\Phi<1$). Αν και γενικά οι μαρμελάδες έχουν βρεθεί να έχουν χαμηλό $\Gamma\Phi$ (Scazzina, Dall'Asta et al. 2016), εδώ δείχνουμε για πρώτη φορά πως η χρήση γλυκαντικών ουσιών στις μαρμελάδες μπορεί να μειώσει ακόμα περισσότερο το $\Gamma\Phi$ του τροφίμου αυτού. Η χρήση σορβιτόλης και γλυκοζιτών στεβιόλης ως γλυκαντικά στη συγκεκριμένη μαρμελάδα, φαίνεται πως είναι καθοριστικές στη διατήρηση χαμηλών τιμών $\Gamma\Delta$ και $\Gamma\Phi$ του προϊόντος. Έτσι, η συγκεκριμένη μαρμελάδα βερίκοκο καταλήγει να έχει μικρή ποσότητα διαθέσιμων υδατανθράκων και αργά απορροφήσιμες (σορβιτόλη) ή μη θερμιδικές γλυκαντικές ύλες (γλυκοζίτες στεβιόλης) που στο σύνολο περιγράφουν ένα προϊόν που έχει μικρή επίδραση στη μεταγευματική γλυκαιμία.

Αναφορικά με το ρόφημα κακάο, δεν υπάρχουν μελέτες που να αναφέρουν την επίδραση του ροφήματος κακάο με γλυκαντικά στην γλυκαιμική απόκριση. Συγκρίνοντας το συγκεκριμένο προϊόν με αυτά που υπάρχουν στην διαθέσιμη βιβλιογραφία τα ευρήματά μας διαφέρουν κάπως σε σχέση με τις τιμές του παγκόσμιου πίνακα για $\Gamma\Delta$ και $\Gamma\Phi$ (Atkinson, Foster-Powell et al. 2008). Αυτό που παρατηρούμε είναι πως οι μελέτες που υπάρχουν για τα αυτά τα προϊόντα είτε χρησιμοποίησαν λιγότερους διαθέσιμους υδατάνθρακες (κάτω από 25g), είτε η σκόνη κακάο καταναλώθηκε με πλήρες γάλα ή νερό, γεγονότα που μπορούν να επηρεάσουν την γλυκαιμική απόκριση. Στη μελέτη μας, η κατανάλωση κακάο έγινε σε συνδυασμό με άπαχο γάλα. Συνεπώς, αξιολογήθηκε η επίδραση του συνόλου όλων των διαθέσιμων υδατανθράκων τόσο από το κακάο όσο και από το γάλα. Η σκόνη κακάο είναι χαμηλή σε διαθέσιμους υδατάνθρακες, άρα και ως τρόφιμο θεωρείται χαμηλού $\Gamma\Delta$, όπως και το άπαχο γάλα είναι ένα τρόφιμο χαμηλού $\Gamma\Delta$ ($\Gamma\Delta=32,00$). Τα γλυκαντικά που χρησιμοποιήθηκαν στο συγκεκριμένο προϊόν (μαλτιτόλη, σουκραλόζη, γλυκοζίτες στεβιόλης) είναι μη απορροφήσιμα (μη θερμιδικά) ή αργά απορροφήσιμα, έτσι ωφελούν στη συγκεκριμένη περίπτωση για τη μη αύξηση του $\Gamma\Delta$. Σε συνδυασμό με τους υδατάνθρακες του γάλατος, το ρόφημα κακάο μας έδωσε ένα τρόφιμο μετρίου $\Gamma\Delta$

($\Gamma\Delta=57,63 \pm 17,67$), αλλά χαμηλού $\Gamma\Phi$ ($\Gamma\Phi=5,90 \pm 1,80$). Είναι πιθανό ο μέτριος $\Gamma\Delta$ του ροφήματος κακάο, να οφείλεται στην απορρόφηση υδατανθράκων από το γάλα. Επίσης, στη μελέτη μας δώσαμε 500ml ρόφημα, σε κανονική περίπτωση ένας άνθρωπος συνήθως καταναλώνει τη μισή η και λιγότερη ποσότητα από αυτή που δοκιμάσαμε για τεχνικούς λόγους. Έτσι, η γλυκαιμική απόκριση αναμένεται να είναι μικρότερη καθώς και το ποσοστό υδατανθράκων που καταναλώνονται είναι συνήθως μικρότερο.

Τέλος, στη μελέτη μας εξετάστηκαν για πρώτη φορά ο $\Gamma\Delta$ και το $\Gamma\Phi$ της μπάρας δημητριακών με cranberries και πρόσθετα γλυκαντικά αντί για ζάχαρη. Δεν υπάρχουν προηγούμενα παρόμοια διαθέσιμα ευρήματα με γλυκαντικές ύλες για να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα, αλλά υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα για διάφορες άλλες μπάρες δημητριακών. Βρήκαμε ότι η συγκεκριμένη μπάρα δημητριακών έχει υψηλό $\Gamma\Delta$ ($\Gamma\Delta=125,66 \pm 11,05$) αλλά χαμηλό $\Gamma\Phi$ ($\Gamma\Phi=10,19 \pm 0,90$). Οι τιμές $\Gamma\Delta$ για τη μπάρα δημητριακών ποικίλουν ανάλογα με τα συστατικά κάθε προϊόντος και μπορεί να είναι χαμηλού, μέτριου, ή υψηλού $\Gamma\Delta$ (Πίνακας 3) (Chlup, Bartek et al. 2004, Atkinson, Foster-Powell et al. 2008). Ωστόσο, η απουσία ζάχαρης από τη μπάρα δημητριακών είναι ένα σημαντικό βήμα για ένα πιο υγιεινό τρόφιμο, ενώ θετικό είναι πως το $\Gamma\Phi$ του τροφίμου μειώθηκε έως και 66,7% συγκριτικά με μπάρα που περιέχει ζάχαρη (Atkinson, Foster-Powell et al. 2008). Εκτός από την αντικατάσταση της ζάχαρης από γλυκαντικές ύλες, ανάμεσα στα συστατικά που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή της μπάρας δημητριακών που δοκιμάστηκε ήταν και το αλεύρι (αλεύρι καλαμποκιού, αλεύρι από ρύζι, κ.α), το οποίο είναι καλή πηγή διαθέσιμων υδατανθράκων (άμυλο). Συνεπώς σε αυτό το προϊόν συνυπάρχουν και άλλες ύλες που όταν μεταβολιστούν, μπορούν να οδηγήσουν στην αύξηση της γλυκόζης αίματος, επισκιάζοντας τα οφέλη από την αντικατάσταση της ζάχαρης με γλυκαντικά. Η επιλογή και χρήση άλλων πρώτων υλών με χαμηλή περιεκτικότητα σε διαθέσιμους υδατάνθρακες πιθανόν να οδηγήσει σε περιορισμένη απόκριση της γλυκόζης αίματος. Έτσι, μπορεί να εξεταστεί εάν η χρήση αλεύρων χαμηλού γλυκαιμικού δείκτη όπως π.χ. αλεύρι με μεγαλύτερους κόκκους, αλεύρι από χαρούπι, αλεύρι από φαγόπυρο ή από κεχρί θα ήταν εφικτή και ωφέλιμη.

Συμπερασματικά, η χρήση των γλυκαντικών είχε θετική επίδραση στον $\Gamma\Delta$ της μαρμελάδας, ενώ δεν φάνηκε να έχει κάποια επίδραση στο ρόφημα κακάο και στην μπάρα δημητριακών. Πολύ σημαντικό είναι το γεγονός πως το $\Gamma\Phi$ μειώθηκε σε όλα τα εξεταζόμενα προϊόντα συγκριτικά με εκείνα που υπάρχουν στις διαθέσιμες μελέτες και

περιείχαν ζάχαρη. Συνιστούμε την εξέταση χρήσης άλλων συστατικών επίσης χαμηλού γλυκαιμικού δείκτη. Συνολικά, τα ευρήματά μας συμβάλλουν υποστηρικτικά στη θετική επίδραση των γλυκαντικών στη γλυκαιμική απόκριση.

Τα κύρια ευρήματα αυτής της μελέτης έδειξαν ότι τα τρία δοκιμασμένα τρόφιμα είχαν διαφορετική επίδραση στη μεταγευματική γλυκαιμία, ενώ σε όλα το ΓΦ ήταν χαμηλό. Με βάση τον γλυκαιμικό δείκτη των προϊόντων που υπολογίσαμε, η μαρμελάδα βερίκοκο ταξινομείται ως τρόφιμο χαμηλού ΓΔ, το ρόφημα κακάο ως μέτριου ΓΔ, ενώ η μπάρα δημητριακών ως υψηλού ΓΔ. Αυτή είναι η πρώτη φορά που υπολογίστηκε η τιμή ΓΦ για τη μαρμελάδα βερίκοκο με γλυκαντικά και αναφέρουμε ότι το ΓΦ αυτού του γεύματος ήταν χαμηλότερο σε σύγκριση με άλλες μαρμελάδες με προσθήκη ζάχαρης ή χυμού μήλου (Saraiva A., et al., 2020).

Κάνοντας ανασκόπηση της βιβλιογραφίας βλέπουμε πως δεν υπάρχουν μελέτες που να αναφέρουν την επίδραση του ροφήματος κακάο με γλυκαντικά στην γλυκαιμική απόκριση. Συγκρίνοντας το συγκεκριμένο προϊόν με αυτά που υπάρχουν στην διαθέσιμη βιβλιογραφία τα ευρήματά μας δεν συμφωνούν με τις τιμές του παγκόσμιου πίνακα για ΓΔ και ΓΦ (Atkinson, F.S., et al., 2008). Αυτό που παρατηρούμε είναι πως οι μελέτες που υπάρχουν για τα αυτά τα προϊόντα είτε χρησιμοποίησαν λιγότερους διαθέσιμους υδατάνθρακες (κάτω από 25γρ.), είτε η σκόνη κακάο καταναλώθηκε με πλήρες γάλα ή νερό, γεγονότα που μπορούν να επηρεάσουν την γλυκαιμική απόκριση. Στη μελέτη μας, η κατανάλωση κακάο έγινε σε συνδυασμό με άπαχο γάλα. Συνεπώς, αξιολογήθηκε η επίδραση του συνόλου όλων των διαθέσιμων υδατανθράκων τόσο από το κακάο όσο και από το γάλα. Η σκόνη κακάο είναι χαμηλή σε διαθέσιμους υδατάνθρακες, άρα και ως τρόφιμο θεωρείται χαμηλού ΓΔ, όπως και το άπαχο γάλα είναι ένα τρόφιμο χαμηλού ΓΔ (ΓΔ=32). Τα γλυκαντικά που χρησιμοποιήθηκαν στο συγκεκριμένο προϊόν (μαλτιτόλη, σουκραλόζη, γλυκοζίτες στεβιόλης), σε συνδυασμό με τους υδατάνθρακες του γάλατος μας έδωσαν ένα τρόφιμο μετρίου ΓΔ (ΓΔ=64±20) αλλά χαμηλού ΓΦ (ΓΦ=7±2). Οι διαφορές των αποτελεσμάτων μας σε σύγκριση με άλλες μελέτες μπορούν να αποδοθούν σε διαφορές στους διαθέσιμους υδατάνθρακες. Στη μελέτη μας υπολογίσαμε 25γρ. διαθέσιμων υδατανθράκων, σε αντίθεση με άλλες μελέτες που εξέτασαν γεύματα με λιγότερους διαθέσιμους υδατάνθρακες. Είναι πιθανό ο μέτριος ΓΔ του ροφήματος κακάο, να οφείλεται στην απορρόφηση υδατανθράκων από το γάλα ή στο συνδυασμό των γλυκαντικών ουσιών και των υδατανθράκων του γάλατος.

Στη μελέτη μας εξετάστηκε η μαρμελάδα βερίκοκο χωρίς ζάχαρη, με γλυκαντικά και συγκρίθηκε με τη γλυκόζη ως τρόφιμο αναφοράς. Το προϊόν μας είχε μικρή ποσότητα διαθέσιμων υδατανθράκων, έτσι οι εθελοντές την κατανάλωσαν με λευκό ψωμί για να έχουμε 25γρ. διαθέσιμων υδατανθράκων. Υπολογίσαμε τις τιμές ΓΔ και ΓΦ της μαρμελάδας βερίκοκο αφαιρώντας τις τιμές IAUC του απλού λευκού ψωμιού από τη μαρμελάδα βερίκοκο με λευκό ψωμί όπως αναφέρεται για τα μικτά γεύματα (Rebello J.C., et al., 2016). Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η μαρμελάδα βερίκοκο με γλυκαντικές ουσίες είναι χαμηλού ΓΔ ($\Gamma\Delta=5\pm 14$), ένα αποτέλεσμα που συμφωνεί με αντίστοιχη μελέτη που είχε προσδιορίσει το ΓΔ μαρμελάδας με πολυδεξτρόζη (Kurotobi, T., et al., 2010). Στη μελέτη μας, η κατανάλωση μαρμελάδας βερίκοκο χωρίς ζάχαρη με λευκό ψωμί είχε ως αποτέλεσμα μια πιο ομαλή καμπύλη γλυκόζης σε σύγκριση με όλα τα υπόλοιπα γεύματα, ακόμη και αφού κατανάλωσαν το απλό λευκό ψωμί. Όταν καταναλώθηκε η μαρμελάδα βερίκοκο μαζί με το λευκό ψωμί, υπολογίσαμε επίσης τις τιμές του ΓΦ της μαρμελάδας βερίκοκου, μετά από ισχυρισμούς της Wolever σχετικά με τη σημασία του ΓΦ στον προσδιορισμό της οξείας γλυκαιμικής απόκρισης (Bludell J.E., et al., 1996). Στην περίπτωση μας, η μαρμελάδα βερίκοκο περιείχε σορβιτόλη ως γλυκαντικό, μια πολυόλη που χαρακτηρίστηκε ως χαμηλού ΓΔ ($\Gamma\Delta = 9$). Η πιθανή ευεργετική επίδραση της σορβιτόλης στη γλυκαιμική απόκριση οφείλεται στο αλγόρυθμο, με τον οποίο αδειάζει το στομάχι ή στον γρήγορο ρυθμό της γλυκόζης ως ένα σημείο όπου η απορρόφηση είναι λιγότερο άμεση ή αραιώνει σημαντικά τη συγκέντρωση γλυκόζης μέσω της οσμωτικής της δράσης (Anderson, G. H., Woodend, D. 2003). Η μαρμελάδα βερίκοκο που εξετάσαμε περιείχε επίσης γλυκοζίτες στεβιόλης, ένα γλυκαντικό χαμηλών θερμίδων για το οποίο υπάρχουν πολλές μελέτες που υποστηρίζουν τις ευεργετικές επιδράσεις του στο μεταβολισμό της γλυκόζης (Lemus-Mondaca, R., et al., 2012). Επιπλέον, οι φαινόλες που προέρχονται από τα βερίκοκα μπορούν δυνητικά να έχουν ευεργετικό ρόλο στην απόκριση της γλυκόζης, καθώς υπάρχουν πολλά ερευνητικά δεδομένα που υποστηρίζουν την ευνοϊκή τους δράση στο μεταβολισμό των υδατανθράκων μέσω διάφορων μηχανισμών (Rienks, J., et al., 2018). Οι έρευνες που μελέτησαν τον ΓΔ σε μαρμελάδες βερίκοκου ή αλείμματα βερίκοκου με πρόσθετη ζάχαρη ή χυμό φρούτου δείχνουν πως είναι μέτριου ή υψηλού ΓΔ (Scazzina, F., et al., 2016). Έτσι φαίνεται πως η χρήση γλυκαντικών στις μαρμελάδες ωφελεί στη δημιουργία τροφίμων χαμηλού ΓΔ. Το ΓΦ μαρμελάδας βερίκοκο υπολογίστηκε σημαντικά χαμηλό ($\Gamma\Phi < 1$). Αν και γενικά οι μαρμελάδες έχουν βρεθεί να έχουν χαμηλό ΓΦ (Scazzina F., et al., 2016) εδώ

δείχνουμε για πρώτη φορά πως η χρήση γλυκαντικών ουσιών στις μαρμελάδες μπορεί να μειώσει ακόμα περισσότερο το ΓΦ του τροφίμου αυτού. Η χρήση σορβιτόλης και γλυκοζιτών στεβιόλης ως γλυκαντικά στη συγκεκριμένη μαρμελάδα, φαίνεται πως είναι καθοριστικές στο να διατηρούνται χαμηλά ο ΓΔ και το ΓΦ του προϊόντος.

Επιπλέον, στη μελέτη εξετάστηκαν για πρώτη φορά ο ΓΔ και το ΓΦ της μπάρας δημητριακών με cranberries και πρόσθετα γλυκαντικά, έτσι δεν υπάρχουν προηγούμενα διαθέσιμα ευρήματα για να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα. Βρήκαμε ότι η συγκεκριμένη μπάρα δημητριακών έχει υψηλό ΓΔ ($\Gamma\Delta=134\pm 15$) και χαμηλό ΓΦ ($\Gamma\Phi=8\pm 1$). Διαπιστώνεται λοιπόν, ότι οι τιμές του ΓΦ της μπάρας δημητριακών είναι χαμηλές, σε αντίθεση με άλλες μπάρες δημητριακών φρούτων, οι οποίες είναι υψηλές (Foster-Powell, K., et al., 2002).

Οι τιμές ΓΔ για τις μπάρες δημητριακών ποικίλουν ανάλογα με τα συστατικά κάθε προϊόντος και μπορεί να είναι χαμηλού, μέτριου, ή υψηλού ΓΔ (Atkinson, F.S., et al., 2008, Chlup, R., et al., 2004). Ωστόσο, η απουσία ζάχαρης από τη μπάρα δημητριακών είναι ένα σημαντικό βήμα για ένα πιο υγιεινό τρόφιμο, ενώ θετικό είναι πως το ΓΦ του τροφίμου μειώθηκε έως και 66.7% συγκριτικά με μια μπάρα που περιέχει ζάχαρη (Atkinson, F.S., et al., 2008). Ανάμεσα στα συστατικά που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή της μπάρας δημητριακών που δοκιμάστηκε ήταν και το αλεύρι (αλεύρι καλαμπόκι, αλεύρι από ρύζι, κ.α), το οποίο είναι καλή πηγή διαθέσιμων υδατανθράκων (άμυλο). Συνεπώς σε αυτό το προϊόν υπάρχουν και άλλες ύλες που μεταβολιζόμενες μπορούν να οδηγήσουν στην αύξηση της γλυκόζης αίματος, επισκιάζοντας τα οφέλη από την αντικατάσταση της ζάχαρης με γλυκαντικά. Η επιλογή και χρήση άλλων πρώτων υλών με χαμηλή περιεκτικότητα σε διαθέσιμους υδατάνθρακες πιθανόν να οδηγήσει σε περιορισμένη απόκριση της γλυκόζης αίματος. Έτσι, μπορεί να εξεταστεί εάν η χρήση αλεύρων χαμηλού γλυκαιμικού δείκτη όπως π.χ. αλεύρι με μεγαλύτερους κόκκους, αλεύρι από χαρούπι, αλεύρι από φαγόπυρο ή από κεχρί θα ήταν εφικτή και ωφέλιμη.

Συμπερασματικά, η χρήση των γλυκαντικών είχε θετική επίδραση στον ΓΔ της μαρμελάδα, ενώ δεν φάνηκε να έχει κάποια επίδραση στο ρόφημα κακάο και στην μπάρα δημητριακών. Σημαντικό είναι το γεγονός πως το ΓΦ μειώθηκε σε όλα τα εξεταζόμενα προϊόντα συγκριτικά με εκείνα που υπάρχουν στις διαθέσιμες μελέτες και περιείχαν ζάχαρη. Συνιστούμε την εξέταση χρήσης άλλων συστατικών επίσης χαμηλού γλυκαιμικού δείκτη. Συνολικά, τα ευρήματά μας συμβάλλουν υποστηρικτικά στη θετική επίδραση των γλυκαντικών στη γλυκαιμική απόκριση.

Θεωρούμε ότι ακόμη και στην περίπτωση που η ζάχαρη έχει αντικατασταθεί από γλυκαντικά, τα άλλα συστατικά ενός τροφίμου και η μερίδα που καταναλώνεται, πρέπει επίσης να λαμβάνονται υπόψη, όταν θέλουμε να αξιολογήσουμε τη μεταγευματική γλυκαιμική ανταπόκριση ενός τροφίμου.

Τέλος, όσον αφορά στην υποκειμενική πείνα, ήταν σημαντικά χαμηλότερη όταν οι εθελοντές κατανάλωσαν τη μαρμελάδα βερίκοκο με λευκό ψωμί. Με την κατανάλωση του ροφήματος κακάο η υποκειμενική πληρότητα ήταν υψηλότερη, ενώ το ίδιο συνέβη στην υποκειμενική ευχαρίστηση όταν τα άτομα κατανάλωσαν τη μπάρα δημητριακών. Συμπερασματικά, τα γλυκαντικά μπορούν ενδεχομένως να χρησιμοποιηθούν για να αντικαταστήσουν τη ζάχαρη σε διάφορα σνακ, αλλά αυτό πρέπει να συνδυαστεί με άλλα συστατικά χαμηλού ΓΔ για να επιτευχθεί η καλύτερη γλυκαιμική απόκριση και καλύτερα επίπεδα κορεσμού. Υπάρχει ωστόσο, ανάγκη για επιπλέον έρευνα ώστε να διευκρινιστούν και να εδραιωθούν τα οφέλη από τη χρήση γλυκαντικών για τη γλυκύτητα στα ευρέως καταναλώσιμα προϊόντων διατροφής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Adeli, S., et al., 2017. Sweet tooth? Here's the sweet truth: The effects of non-nutritive sweeteners on appetite and satiety Διαθέσιμο στο: https://ruor.uottawa.ca/bitstream/10393/36316/1/Adeli%2C%20Samantha_Final%20Poster.pdf [Πρόσβαση: 10.11.2020]
- Ajala, O., et al., 2013. Systematic review and meta-analysis of different dietary approaches to the management of type 2 diabetes. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 97(3):505-16.
- American Diabetes Association, 2019. Standards of Medical Care in Diabetes—2019 Abridged for Primary Care Providers. *Clinical Diabetes*, 37(1):11–34.
- Andersen S. S. H., et al., 2018. Comparison of Low Glycaemic Index and High Glycaemic Index Potatoes in Relation to Satiety: A Single-Blinded, Randomised Crossover Study in Humans. *Nutrients*, 10;10(11):1726.
- Anderson, G. H., Woodend, D. 2003. Effect of Glycemic Carbohydrates on Short-term Satiety and Food Intake. *Nutrition Reviews*, 61(5):17–26.
- Atkinson, F.S., et al., 2008. International Tables of Glycemic Index and Glycemic Load Values: 2008, *Diabetes Care*,31(12): 2281–2283.
- Augustin, L.S.A, et al., 2015. Glycemic index, glycemic load and glycemic response: An International Scientific Consensus Summit from the International Carbohydrate Quality Consortium (ICQC), *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 25(9):795-815.
- Azaïs-Braesco, V., et al., 2017. A review of total & added sugar intakes and dietary sources in Europe. *Nutrition Journal*, 16: 6.
- Bludell, J. E., et al., 1996. Control of Human Appetite: Implications for The Intake of Dietary Fat. *Annual Review of Nutrition*, 16:285-319.

- Blundell, J. E., Halford, J. C., 1994. Regulation of nutrient supply: the brain and appetite control. *Proceedings of the Nutrition Society*, 53(2):407-18.
- Brand-Miller, J.C., et al., 2009. Glycemic index, postprandial glycemia, and the shape of the curve in healthy subjects: analysis of a database of more than 1,000 foods. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 89(1):97–105.
- Brouns, F., et al., 2005. Glycaemic index methodology. *Nutrition Research Reviews*, 18(1):145-71.
- Chattopadhyay, S., et al., 2014. Artificial sweeteners - a review. *Journal of Food Science and Technology*, 51(4):611-21.
- Chlup, R., et al., 2004. Determination of the glycaemic index of selected foods (white bread and cereal bars) in healthy persons. *Biomedical Papers is an official journal of the Palacký University*, 148(1):17-25.
- Cust, A. E., et al., 2009. Total dietary carbohydrate, sugar, starch and fibre intakes in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition. *European journal of clinical nutrition*, 63:37-60.
- Evert, A.B., et al., 2013. Nutrition therapy recommendations for the management of adults with diabetes. *Diabetes Care*, 36(11):3821-42.
- Forde, C. G. 2018. From perception to ingestion; The role of sensory properties in energy selection, eating behaviour and food intake. *Food Quality and Preference*, 66: 171–177.
- Foster-Powell, K., et al., 2002. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 76(1):5-56.
- Gallaher, D. D., et al., 1993. Viscosity and fermentability as attributes of dietary fiber responsible for the hypocholesterolemic effect in hamsters. *Journal of Nutrition*. 123(2):244-52.
- Gray, A., Threlkeld, R. J., 2019. Nutritional Recommendations for Individuals with Diabetes, [online] Διαθέσιμο στο: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/books/NBK279012/> [Πρόσβαση: 10.11.2020].
- Greenwood, D.C., et al., 2013. Glycemic index, glycemic load, carbohydrates, and type 2 diabetes: systematic review and dose-response meta-analysis of prospective studies. *Diabetes Care*, 36(12):4166-71.
- bludeHermansen F. M. L., et al., 2006. Can the Glycemic Index (GI) be Used as a Tool in the Prevention and Management of Type 2 Diabetes?. *The Review of Diabetic Studies*, 3(2):61–71.
- Hunter, S. R., et al., 2019. Low Calorie Sweeteners Differ in Their Physiological Effects in Humans. *Nutrients*. 11(11):2717.
- International Diabetes Federation (2016). *IDF EUROPE POSITION ON ADDED SUGAR*, Διαθέσιμο στο: https://www.eu-patient.eu/globalassets/library/publications/added-sugar-final_idf-europe-position.pdf [Πρόσβαση: 23.11.2020].
- ISO, 2011, *ISO 2010:2011 Slotted raised countersunk head screws — Product grade A*, [online] Διαθέσιμο στο: <https://www.iso.org/standard/57371.html> [Πρόσβαση: 18.10.2020]
- Kurotobi, T., et al., 2010. Glycemic index and postprandial blood glucose response to Japanese strawberry jam in normal adults. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 56(3): p. 198-202.

- Lemus-Mondaca, R., et al., 2012. Stevia rebaudiana Bertoni, source of a high-potency natural sweetener: A comprehensive review on the biochemical, nutritional and functional aspects. *Food Chemistry*, 132(3):1121-1132.
- Liauchonak, I., et al., 2019. Non-Nutritive Sweeteners and Their Implications on the Development of Metabolic Syndrome. *Nutrients*. 11(3):644.
- Livesey, G., 2003. Health potential of polyols as sugar replacers, with emphasis on low glycaemic properties. *Nutrition Research Reviews*, 16(2):163-91.
- Lohner, S., et al., 2017. Health outcomes of non-nutritive sweeteners: analysis of the research landscape. *Nutrition Journal*, 8;16(1):55.
- Ludwig, D. S., 2003. Glycemic Load Comes of Age. *The Journal of Nutrition*, 133(9):2695–2696.
- Ludwig, D. S., 2000. Dietary glycemic index and obesity. *The Journal of Nutrition*, 130(2):280–283.
- Madison, B. L, et al., 1976. High-pressure liquid chromatography of caffeine in coffee. *Journal-Association of Official Analytical Chemists*, 59(6):1258-61.
- Mann, J., et al., 2007. FAO/WHO scientific update on carbohydrates in human nutrition: conclusions. *European Journal of Clinical Nutrition*, 61(1):132-7.
- Marchand O. M., et al., 2020. The effect of postprandial glycaemia on cognitive function: a randomised crossover trial. *British Journal of Nutrition*, 123(12):1357 - 1364.
- Miao, M., et al., 2015. Slowly digestible starch--a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(12):1642-57.
- Mooradian, A. D., et al., 2017. The role of artificial and natural sweeteners in reducing the consumption of table sugar: A narrative review, *Clinical Nutrition ESPEN*, 18:1-8.
- Nettleton, J. E., et al., 2016. Reshaping the gut microbiota: Impact of low calorie sweeteners and the link to insulin resistance?. *Physiology & Behavior*, 1;164(Pt B):488-493.
- Pan, A., Hu, F., 2011. Effects of carbohydrates on satiety: differences between liquid and solid food. *Clinical Nutrition and Metabolic Care*. 14(4):385-390
- Paddon-Jones D., et al., 2008. Protein, weight management, and satiety. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 87(5):1558-1561.
- Penaforte, F. R. O., et al., 2013. Short-term impact of sugar consumption on hunger and ad libitum food intake in young women. *Nutrition Research and Practice*, 7(2): 77-81.
- Piernas, C., et al., 2013. Does diet-beverage intake affect dietary consumption patterns? Results from the Choose Healthy Options Consciously Everyday (CHOICE) randomized clinical trial. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 97(3):604-11.
- Rebello, C. J., 2016. Instant Oatmeal Increases Satiety and Reduces Energy Intake Compared to a Ready-to-Eat Oat-Based Breakfast Cereal: A Randomized Crossover Trial. *Journal of the American Nutrition Association*, 2;35(1): 41–49.
- Rienks, J., et al., 2018. Polyphenol exposure and risk of type 2 diabetes: dose-response meta-analyses and systematic review of prospective cohort studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 108(1):49-61.
- Robinson, M., 2018. *Sugars content in selected foods in the EU A 2015 baseline to monitor sugars reduction progress*, Διαθέσιμο στο: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC108670> [Πρόσβαση: 02.10.2020].

- Rogers, P. 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*, 40:381–394.
- Saraiva, A., et al., 2020. Maltitol: Analytical Determination Methods, Applications in the Food Industry, Metabolism and Health Impacts. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(14).
- Scazzina, F., et al., 2016. Glycemic index and glycemic load of commercial Italian foods. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 26(5):419-29.
- Sharma, A., et al., 2016. Artificial sweeteners as a sugar substitute: Are they really safe?. *Indian Journal of Pharmacology*. 48(3):237–240.
- Smith, T.J., et al., 2019. Glycaemic regulation, appetite and ex vivo oxidative stress in young adults following consumption of high-carbohydrate cereal bars fortified with polyphenol-rich berries. *British Journal of Nutrition*, 121(9): 1026-1038.
- Sondike, S.B. et al., 2008. Weight loss regimens that control for carbohydrate quality or quantity: a review. *Pediatric Diabetes*, 9;3(2):33-45.
- Sylvetsky, A. C., et al, 2019. Trends in Low-Calorie Sweetener Consumption Among Pregnant Women in the United States. *Current Developments in Nutrition*, 3(4):4.
- Toews, I., et al., 2019. Association between intake of non-sugar sweeteners and health outcomes: systematic review and meta-analyses of randomized and non-randomized controlled trials and observational studies. *British Medical Journal*, 364: k4718.
- Tremblay, A., Bellisle, F., 2015. Nutrients, satiety, and control of energy intake, Applied Physiology. *Nutrition, and Metabolism*, 40(10).
- Venn, B. J., Green, T.J., 2007. Glycemic index and glycemic load: measurement issues and their effect on diet–disease relationships. *European Journal of Clinical Nutrition*, 61:122–131.
- Wanders, A. J., et al., 2011. Effects of dietary fibre on subjective appetite, energy intake and body weight: a systematic review of randomized controlled trials. *Obesity Reviews*, 12(9):724-39.
- Wheeler, M. L., et al., 2012. Macronutrients, food groups, and eating patterns in the management of diabetes: a systematic review of the literature. *Diabetes Care*, 35(2):434-45.
- Wolever, T.M.S., 2004. Effect of blood sampling schedule and method of calculating the area under the curve on validity and precision of glycaemic index values. *British Journal of Nutrition*, 91(2):295-301
- World Health Organization, 2015. *Guideline: sugars intake for adults and children*, Διαθέσιμο στο: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549028> [Πρόσβαση 05.11.2020].
- Zhang, G., Hamaker, B.R., 2009. Slowly digestible starch: concept, mechanism, and proposed extended glycemic index. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49(10):852-867.
- Εθνικός Διατροφικός Οδηγός για Βρέφη, Παιδιά και Εφήβους, 2014. Διαθέσιμο: file:///C:/Users/dietl/Downloads/E%CE%98%CE%9D%CE%99%CE%9A%CE%9F%CE%A3_%CE%94%CE%99%CE%91%CE%A4%CE%A1%CE%9F%CE%A6%CE%99%CE%9A%CE%9F%CE%A3_%CE%9F%CE%94%CE%97%CE%93%CE%9F%CE%A3_%CE%93%CE%99%CE%91_%CE%92%CE%A1%CE%95%CE%A6%CE%97_%CE%A0%CE%91%CE%99%CE%94%CE%99%CE%91_%CE%9A%CE%91%CE%99_%CE%95%CE%A6%CE%97%CE%92

%CE%9F%CE%A5%CE%A3_%CE%A4%CE%95%CE%9A%CE%9C%CE%97%CE%A1%CE%
99%CE%A9%CE%A3%CE%97.pdf [Πρόσβαση: 11 Νοεμβρίου 2019]