



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ  
& ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ & ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΖΩΗΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ & ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

**Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία**

**Βραχυπρόθεσμη επίδραση της σπιρουλίνας σε τρόφιμα  
στον μεταβολισμό γλυκόζης**

**Φωτεινή Α. Λυμπάκη**

Επιβλέπουσα καθηγήτρια:

Αιμιλία Παπακωνσταντίνου, Επίκουρη Καθηγήτρια, ΓΠΑ

**ΑΘΗΝΑ  
2022**

**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ  
& ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ & ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΖΩΗΣ**

**Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία**

Βραχυπρόθεσμη επίδραση της σπιρουλίνας σε τρόφιμα  
στον μεταβολισμό γλυκόζης

“Short-term effect of spirulina consumption added on foods  
on glucose metabolism”

**Φωτεινή Α. Λυμπάκη**

Εξεταστική Επιτροπή:

Αιμιλία Παπακωνσταντίνου, Επίκουρη Καθηγήτρια, ΓΠΑ (επιβλέπουσα)

Γεώργιος Θεοδώρου, Επίκουρος Καθηγητής, ΓΠΑ

Γεώργιος Κατσαρός, Ερευνητής Δ', ΕΛΓΟ – ΔΗΜΗΤΡΑ

## **Βραχυπρόθεσμη επίδραση της σπιρουλίνας σε τρόφιμα στον μεταβολισμό γλυκόζης**

*ΠΜΣ Συστήματα Διαχείρισης Ποιότητας & Ασφάλειας Τροφίμων  
Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων & Διατροφής του Ανθρώπου  
Εργαστήριο Διαιτολογίας & Ποιότητας Ζωής*

### **Περίληψη**

Στόχος της παρούσας εργασίας ήταν η διερεύνηση της κατανάλωσης της σπιρουλίνας (*Arthrospira platensis*) και η επίδραση της στην μεταγευματική γλυκαιμία και την αρτηριακή πίεση (ΑΠ). Για το λόγο αυτό, σχεδιάστηκαν και υλοποιήθηκαν δύο μελέτες οξείας επίδρασης. Η πρώτη μελέτησε την επίδραση της κατανάλωσης κουλουριών με 2.5 g σπιρουλίνα (ανά 50 g διαθέσιμων υδατανθράκων) στις γλυκαιμικές αποκρίσεις και προσδιόρισε το γλυκαιμικό δείκτη (ΓΔ) τους, έναντι ισο-υδατανθρακικών κουλουριών ελέγχου. Η δεύτερη κλινική μελέτη διερεύνησε την επίδραση τριών δόσεων σπιρουλίνας (4, 6, και 8 g) σε ισο-υδατανθρακικά ροφήματα, στην μεταγευματική γλυκαιμία και στην ΑΠ. Δεκατρείς εθελοντές συμμετείχαν σε κάθε μία από τις κλινικές μελέτες. Σε κάθε επίσκεψη, μετρήθηκε η ΑΠ στην αρχή και τέλος. Δείγματα τριχοειδικού αίματος συλλέχθηκαν στο διάστημα 0-120', ενώ παράλληλα αξιολογήθηκε ο υποκειμενικός κορεσμός με οπτικές αναλογικές κλίμακες (VAS, 100 mm). Ο υπολογισμός του ΓΔ βασίστηκε στην μεθοδολογία των FAO/WHO. Τα δείγματα κουλουριών υπολογίστηκαν ως μετρίου ΓΔ (59 και 60, αντίστοιχα, στην κλίμακα της D-γλυκόζης) και έδωσαν χαμηλότερες τιμές αιχμών γλυκόζης, συγκριτικά με τη D-γλυκόζη. Η προσθήκη σπιρουλίνας στα κουλούρια δεν επηρέασε σημαντικά τις γλυκαιμικές αποκρίσεις. Οι δόσεις των 4 και 8 g έδωσαν σημαντικά χαμηλότερες τιμές γλυκόζης μεταγευματικά 120' μετά την κατανάλωσή τους, ενώ όταν εξετάστηκαν τα AUC (εμβαδόν κάτω από την καμπύλη γλυκόζης) για 90-120' μόνο η δόση των 8 g έδωσε σημαντικά χαμηλότερες τιμές. Σημαντική μείωση παρατηρήθηκε στη συστολική αρτηριακή πίεση, κατά περίπου 4%, μετά την κατανάλωση των 8 g. Συμπερασματικά, η δόση των 8 g σπιρουλίνας παρουσίασε χαμηλότερες συγκεντρώσεις γλυκαιμίας μεταγευματικά και ΑΠ σε νέους, υγιείς εθελοντές.

**Επιστημονική περιοχή:** Διατροφή του ανθρώπου

**Λέξεις κλειδιά:** σπιρουλίνα, γλυκαιμικός έλεγχος, αρτηριακή πίεση, υγιή άτομα

## **Short-term effects of spirulina consumption added on foods on glucose metabolism**

*MSc Food Safety and Quality Management Systems  
Department of Food Science and Human Nutrition  
Laboratory of Dietetics and Quality of Life*

### **Abstract**

The aim of this thesis was to investigate the consumption of spirulina (*Arthrospira platensis*) and its effect on postprandial glycemia and blood pressure (BP). For this reason, two acute clinical trials were designed and implemented. The first study investigated the effects of consuming cookies with 2.5 g spirulina (per 50 g of available carbohydrates) on glycemic responses and determined their glycemic index (GI), compared to equi-carbohydrate control cookies. The second trial studied the effects of three doses of spirulina (4, 6, and 8 g) in iso-carbohydrate beverages, on postprandial glycemia and BP. Thirteen volunteers participated in clinical study. At each visit, BP was measured at the beginning and end. Capillary blood samples were collected in 0-120', while subjective appetite was assessed with visual analog scales (VAS, 100 mm). The calculation of GI was based on the FAO/WHO methodology. The cookie samples were rated as moderate GI (59 and 60, respectively, on the D-glucose scale) and had lower peak glucose values compared to D-glucose. The addition of spirulina to the cookies did not significantly affect the glycemic responses. The doses of 4 and 8 g showed significantly lower blood glucose concentration 120' postprandial, after their consumption, while when the AUCs (area under the curve of blood glucose) for 90-120' were evaluated only the dose of 8 g gave significantly lower values. A significant reduction was observed in systolic blood pressure, by approximately 4% for 8 g spirulina. In conclusion, the dose of 8g spirulina showed lower postprandial glycemic concentrations and BP in young, normotensive volunteers.

**Scientific area:** Human nutrition

**Keywords:** spirulina, glycemic control, arterial blood pressure, healthy individuals

## Ευχαριστίες

Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διατριβή εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Διαιτολογίας και Ποιότητας Ζωής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών υπό την επίβλεψη της Επίκουρης Καθηγήτριας και Διευθύντριας του Εργαστηρίου, Δρ. Αιμιλία Παπακωνσταντίνου. Θα ήθελα να την ευχαριστήσω θερμά που με δέχτηκε στην επιστημονικής της ομάδα και μου εμπιστεύθηκε το συγκεκριμένο θέμα, καθώς και για την καθοδήγησή της και τις συμβουλές της καθ' όλη τη διάρκεια της μελέτης.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω στα μέλη της ερευνητικής ομάδας Ζαχαροδήμο Νικόλαο, Τσίτσου Σοφία, Μπόθου Διονυσία – Λυδία και Καλλιντεράκη Ειρήνη, για την υποστήριξή τους και για την συμβολή τους στην ολοκλήρωση της παρούσας μελέτης.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς την οικογένεια μου διότι η διαρκής στήριξη και συμπαράστασή τους συνέβαλαν στην εξέλιξη της ακαδημαϊκής μου πορείας.

Φωτεινή Λυμπάκη

Αθήνα 2022

---

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.

*Στην οικογένειά μου....*

## Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....	8
2. Σκοπός.....	9
3. Θεωρητικό μέρος.....	10
3.1. Μορφολογία και ταξινόμηση.....	10
3.2. Σύσταση σπιρουλίνας σε μακροθρεπτικά συστατικά.....	11
3.3. Σύσταση σπιρουλίνας σε μικροθρεπτικά συστατικά.....	13
3.4. Οφέλη για την υγεία.....	14
3.5. Γλυκαιμικός Δείκτης (ΓΔ) και Γλυκαιμικό Φορτίο (ΓΦ).....	14
4. Πειραματικό μέρος.....	17
4.1. Εθελοντές.....	17
4.2. Σχεδιασμός μελετών.....	17
4.3. Προσδιορισμός γλυκόζης αίματος.....	23
4.4. Ανθρωπομετρία και Ερωτηματολόγια.....	24
4.5. Εκτίμηση υποκειμενικής πείνας και κορεσμού (VAS).....	24
4.6. Μετρήσεις αρτηριακής πίεσης (ΑΠ).....	24
4.7. Στατιστική ανάλυση δεδομένων.....	25
5. Αποτελέσματα.....	27
5.1. Προσδιορισμός γλυκαιμικής και ινσουλιναϊμικής απόκρισης και ΓΔ κουλουριών....	28
5.2. Προσδιορισμός γλυκαιμικής απόκρισης δόσης σπιρουλίνας σε μορφή ροφήματος και επίδραση στην αρτηριακή πίεση (ΑΠ).....	30
6. Συζήτηση.....	35
7. Συμπεράσματα.....	40
8. Βιβλιογραφία.....	41
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.....	45
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ.....	47
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ.....	49
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙV.....	50
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V.....	53
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI.....	55

## 1. Εισαγωγή

Η σπιρουλίνα είναι ένα μικροσκοπικό και νηματώδες κυανοβακτήριο που πήρε το όνομά του από τη σπειροειδή ή ελικοειδή μορφή των νηματίων του. Η σπιρουλίνα έχει γίνει αντικείμενο έντονης μελέτης κυρίως για τη χρήση σε τρόφιμα και σε συμπληρώματα. Η σπιρουλίνα είναι η εμπορική ονομασία που περιγράφει κυρίως δύο είδη κυανοβακτηρίων, *Arthrospira platensis* και *Arthrospira maxima*. Τα μικροφύκη χρησιμοποιούνται για περισσότερα από 10 χρόνια ως συμπληρώματα διατροφής χωρίς σημαντικές παρενέργειες. Πρώτη αναφορά της σπιρουλίνας ως τροφή έχει καταγραφεί κατά την εποχή των Αζτέκων. Η κατανάλωσή της έχει γίνει γνωστή από το 16<sup>ο</sup> αιώνα στην περιοχή του Μεξικού, ενώ έγινε ευρέως γνωστή ως συμπλήρωμα διατροφής σε αστροναύτες στις διαστημικές αποστολές. Το 1967 αναγνωρίστηκε ως μελλοντική πηγή τροφίμων από τη Διεθνή Ένωση Εφαρμοσμένης Μικροβιολογίας [1].

Η σπιρουλίνα είναι σχετικά εύκολη στην καλλιέργεια, αλλά ευδοκimei μόνο σε αλκαλικές λίμνες με εξαιρετικά υψηλό pH και σε μεγάλες εξωτερικές λίμνες υπό ελεγχόμενες συνθήκες. Υπάρχουν μόνο λίγες περιοχές παγκοσμίως που έχουν το ιδανικό κλίμα για την παραγωγή της, όπως η Ελλάδα (Νιγρίτα, Σέρρες), η Ιαπωνία, η Ινδία, οι Ηνωμένες Πολιτείες και η Ισπανία [2].

Πολλές τοξικολογικές μελέτες έχουν αποδείξει την ασφάλεια της σπιρουλίνας και έχει καταχωρηθεί στην κατηγορία «Γενικά Αναγνωρισμένη ως Ασφαλής (GRAS)» από τον FDA. Η σπιρουλίνα αναφέρεται στην βιομάζα του *Arthrospira* που έχει υποστεί ξήρανση. Αυτό το φύκος αποτελεί πηγή πρωτεϊνών και συμπληρωμάτων βιταμινών. Εκτός από την υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη (έως 70% επί ξηρής μάζας) περιέχει βιταμίνες, ιδιαίτερα B12, προβιταμίνη A (β-καροτένιο) και μεγάλη περιεκτικότητα σε κάλιο. Επίσης, είναι πλούσια σε φαινολικά οξέα, τοκοφερόλες γ-λινολενικό οξύ και χλωροφύλλη. Αξίζει να αναφερθεί ότι η σπιρουλίνα στερείται κυτταρικών τοιχωμάτων και επομένως μπορεί να αφομοιωθεί εύκολα [2], [1]. Μελέτες έχουν δείξει τα οφέλη της σπιρουλίνας στον γλυκαιμικό και λιπιδαιμικό έλεγχο καθώς και στην μείωση της αρτηριακής πίεσης. Εξαιτίας της σύστασής της καθώς και των πλεονεκτημάτων που προσφέρει στην υγεία, θεωρείται ως ένα συστατικό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή λειτουργικών τροφίμων.



## 2. Σκοπός

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν ο σχεδιασμός και η πραγματοποίηση δύο πιλοτικών μελετών οξείας επίδρασης της κατανάλωσης σπιρουλίνας και της δόσης που έχει κλινικό όφελος σε τρόφιμα στη μεταγευματική γλυκαιμία και στην αρτηριακή πίεση σε δείγμα υγιών εθελοντών στα πλαίσια του Έργου Ερευνώ – Δημιουργώ – Καινοτομώ «FicoYog» για την ανάπτυξη λειτουργικού επιδόρπιου γιαουρτιού.

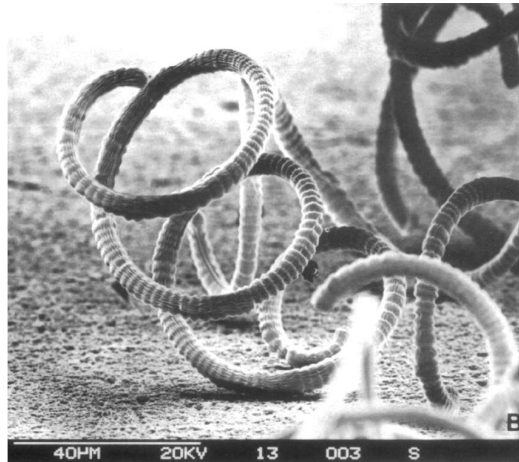
Έτσι, σχεδιάστηκαν και πραγματοποιήθηκαν οι κλινικές δοκιμές:

- i. Προσδιορισμός οξείας επίδρασης κουλουριών με 3.13 g σπιρουλίνα/ 100g (2.5 g σπιρουλίνα /50 g διαθέσιμων υδατανθράκων) στη μεταγευματική γλυκαιμία και ινσουλίνη, αρτηριακή πίεση (ΑΠ) και κορεσμό,
- ii. Προσδιορισμός της δόσης σπιρουλίνας (4, 6, 8 g) σε ρόφημα στη μεταγευματική γλυκαιμία, στην αρτηριακή πίεση (ΑΠ) και κορεσμό υγιών εθελοντών.

### 3. Θεωρητικό μέρος

#### 3.1. Μορφολογία και ταξινόμηση

Η σπιρουλίνα είναι ένα συμβιωτικό, πολυκυτταρικό και νηματώδες κυανοβακτήριο με γαλαζοπράσινα νήματα, τα οποία αποτελούνται από κυλινδρικά κύτταρα. Η μορφή του μεταβάλλεται σε ραβδόμορφη ή δισκόμορφη, όταν συμβιώνει με βακτήρια που χρησιμοποιούν το άζωτο της ατμόσφαιρας. Τα κυανοβακτήρια είναι η πρώτη ομάδα βακτηρίων που εξελίχθηκε και μετέτρεψε το ατμοσφαιρικό διοξείδιο του άνθρακα σε οργανικές ενώσεις άνθρακα. Με βάση την ταξινόμηση, η ονομασία σπιρουλίνα (*Spirulina*) χρησιμοποιείται για να περιγράψει κυρίως δύο είδη κυανοβακτηρίων, *Arthrospira platensis* και *Arthrospira maxima*. Αυτά και τα υπόλοιπα είδη *Arthrospira*, ταξινομήθηκαν από τον Geilert, ο οποίος συνένωσε όλα τα είδη σε ένα και το ονόμασε *Spirulina*. Η σπιρουλίνα είναι φωτοσυνθετική και αυτότροφη και αναπαράγεται με δυαδικό διαχωρισμό. Τα είδη του *Arthrospira* δείχνουν μεγάλη προσαρμοστικότητα σε περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία, αλλά και σε φυσικούς και χημικούς παράγοντες και ίσως σε κάποιες γενετικές αλλαγές [3], [4].



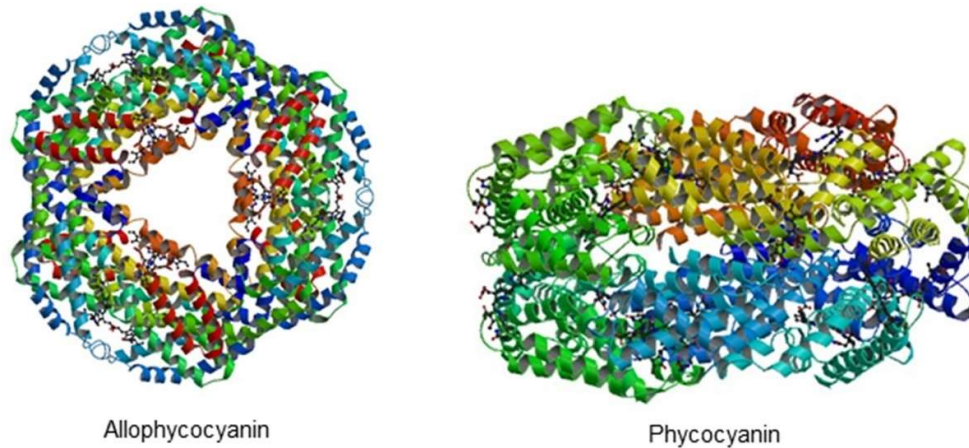
**Εικόνα 1.** Μορφολογία της σπιρουλίνας (*Arthrospira*), Μικρογραφία από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης ενός τριχωμίου του *A. platensis*. Photo by R. Locci [4].

### 3.2. Σύσταση σπιρουλίνας σε μακροθρεπτικά συστατικά

Τα βασικά συστατικά των φωτοσυνθετικών μικροφυκών είναι οι πρωτεΐνες, οι υδατάνθρακες και τα λιπίδια. Οι πρωτεΐνες είναι υπεύθυνες για τις λειτουργίες της βιοσύνθεσης και της κυτταρικής διαίρεσης, ενώ οι υδατάνθρακες και τα λιπίδια λειτουργούν κυρίως ως ενδοκυτταρικές πηγές άνθρακα και ενέργειας.

#### Πρωτεΐνες και αμινοξέα

Η ανάλυση της σπιρουλίνας δείχνει σημαντική ποσότητα περιεχόμενης πρωτεΐνης, η οποία καθορίζεται από το περιεχόμενο, την αναλογία και τη διαθεσιμότητα των αμινοξέων της. Η υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη και σε απαραίτητα αμινοξέα έχει αναγνωριστεί από τους FAO και WHO, όπως επίσης ότι τα απαραίτητα αμινοξέα αντιπροσωπεύουν το ήμισυ της πρωτεΐνης. Η σπιρουλίνα θεωρείται πλήρης φυτική πρωτεΐνη ανώτερη από όλες τις πρωτεΐνες φυτικής προέλευσης. Όπως έχει προαναφερθεί, η περιεχόμενη ποσότητα σε πρωτεΐνη μπορεί να φτάσει έως το 70% επί ξηρής μάζας, όταν παράγεται σε βέλτιστες συνθήκες. Οι πρωτεΐνες που βρίσκονται στη σπιρουλίνα σε μεγαλύτερο βαθμό είναι η C-φυκοκυανίνη, η αλλοφυκοκυανίνη και η φυκοερυθρίνη. Οι δύο πρώτες βρίσκονται στη σπιρουλίνα σε αναλογία 10:1 και η δομή τους φαίνεται στην Εικόνα 2. Η C-φυκοκυανίνη αντιπροσωπεύει το 20% του ξηρού βάρους των φυκών και το μόριό της δομείται από οκτώ απαραίτητα και οκτώ μη απαραίτητα αμινοξέα. Ορισμένοι ερευνητές αναφέρουν ότι η σπιρουλίνα είναι χαμηλή στα αμινοξέα μεθειονίνη και κυστεΐνη, το οποίο προκύπτει από τη σύγκριση με μία πρωτεΐνη αναφοράς (συνήθως αλβουμίνη αυγού ή καζεΐνη γάλακτος). Αντιθέτως, είναι ανώτερη από τις πρωτεΐνες φυτικής προέλευσης, καθώς δεν υπάρχει περιοριστικός παράγοντας στην αφομοίωση των αμινοξέων. Ως εκ τούτου, η σπιρουλίνα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κύρια διατροφική πηγή πρωτεϊνών [1], [5], [6].



*Εικόνα 2. Απεικόνιση της δομής της αλλοφυκοκυανίνης και της C-φυκοκυανίνης [1].*

### Λιπίδια και υδατάνθρακες

Η σπιρουλίνα παρουσιάζει λιπιδικό περιεχόμενο περίπου 5-10% του ξηρού βάρους της. Το περιεχόμενο σε λιπίδια αποτελείται από πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, κυρίως γ-λινολενικό οξύ, τα οποία είναι λειτουργικά και δομικά συστατικά των κυτταρικών μεμβρανών, ενώ τα κύρια συστατικά της λιπιδικής μεμβράνης στη σπιρουλίνα είναι τα γλυκολιπίδια και τα ω3 και ω6 λιπαρά οξέα. Τα πιο κοινά λιπίδια είναι το γ-λινολενικό οξύ (18:3, n-6) και το παλμιτικό οξύ (16:0). Ανάλογα με το γένος της σπιρουλίνας, το περιεχόμενο σε λινολεϊκό οξύ και γ-λινολενικό οξύ ποικίλει από 13.1-31.5% και 12.9-39.4% των συνολικών λιπαρών οξέων, αντίστοιχα. Άλλα σημαντικά λιπίδια που υπάρχουν σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις είναι το εικοσαπεντανοϊκό οξύ (EPA, 20:5, n-3) και το εικοσιδυαεξανοϊκό οξύ (DHA, 22:6, n-3). Αυτά είναι τα βασικά συστατικά μιας ισορροπημένης διατροφής και έχουν οφέλη στην ανάπτυξη του νευρικού συστήματος και στην αντιμετώπιση ασθενειών όπως η αρθρίτιδα, ο διαβήτης και καρδιοαγγειακές ασθένειες [1].

Όσον αφορά, τους υδατάνθρακες βρίσκονται σε ποσοστό 15-25% επί της συνολικής μάζας, ενώ είναι εύπεπτοι αφού δεν υπάρχει κυτταρίνη και ελεύθερα σάκχαρα. Η απουσία ελεύθερων σακχάρων καθιστά τη σπιρουλίνα ιδανικό συμπλήρωμα διατροφής για το διαβήτη, την παχυσαρκία και άλλες ασθένειες [6].

### 3.3. Σύσταση σπιρουλίνας σε μικροθρεπτικά συστατικά

Η σπιρουλίνα θεωρείται σημαντική πηγή διαφόρων βιταμινών, μεταλλικών στοιχείων, ιχνοστοιχείων αλλά και χρωστικών ουσιών. Στις χρωστικές αυτές συμπεριλαμβάνονται η χλωροφύλλη και τα καροτενοειδή. Η χλωροφύλλη είναι μια πράσινη χρωστική σε συγκεντρώσεις 6.0-20.0 mg/g επί της ξηρής μάζας. Τα καροτενοειδή αναλύονται παρακάτω στις βιταμίνες [1], [5], [7].

#### Βιταμίνες

Η σπιρουλίνα έχει εξαιρετική ποικιλία βιταμινών, συμπεριλαμβανομένου βιταμίνες A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub> και K. Πιο συγκεκριμένα, οι προβιταμίνες A παρουσιάζονται στα μικροφύκη ως καροτενοειδή, μια κατηγορία χρωστικών ουσιών. Τα καροτενοειδή είναι η δεύτερη πιο σημαντική κατηγορία χρωστικών που περιέχονται στα φύκη. Λειτουργούν ως λιπόφιλα αντιοξειδωτικά και είναι γνωστά για τις αντικαρκινικές ιδιότητές τους. Τα καροτενοειδή που υπάρχουν στη σπιρουλίνα είναι η ασταξανθίνη, η ζεαξανθίνη και το β-καροτένιο. Όταν το β-καροτένιο απορροφηθεί από τον ανθρώπινο οργανισμό μετατρέπεται σε βιταμίνη A [1], [5].

Επιπλέον, η σπιρουλίνα θεωρείται καλή πηγή βιταμίνης B<sub>12</sub>, αφού μετά από αναλύσεις διαφόρων ειδών σπιρουλίνας προέκυψε ότι τα επίπεδά της κυμαίνονται στα 127-244 μg/100 g ξηρού βάρους. Η συνιστώμενη ημερήσια δόση σε σπιρουλίνα συστήνεται στα 3-9 g/ημέρα για την κάλυψη των αναγκών σε βιταμίνη B<sub>12</sub> [7].

#### Μεταλλικά στοιχεία και ιχνοστοιχεία

Τα πιο συνήθη στοιχεία που βρίσκονται στη σπιρουλίνα είναι ο σίδηρος, το ασβέστιο και ο φωσφόρος. Η ποσότητα του σιδήρου που περιέχεται στη σπιρουλίνα είναι υψηλότερη συγκριτικά με αυτή που περιέχεται στα δημητριακά. Επιπλέον, η σπιρουλίνα δεν έχει περικόρδιο, όπως τα δημητριακά, και επομένως δεν επιβραδύνεται η απορρόφηση του σιδήρου. Όσον αφορά το ασβέστιο και το φωσφόρο, οι συγκεντρώσεις τους είναι συγκρίσιμες με αυτές του γάλακτος. Άλλα σημαντικά στοιχεία που εντοπίζονται στη σπιρουλίνα είναι το μαγνήσιο, το νάτριο και το κάλιο [5].

### 3.4. Οφέλη για την υγεία

Ο FDA έχει εγκρίνει τη σπιρουλίνα ως «Γενικά Αναγνωρισμένη ως Ασφαλή» (GRAS: Generally Recognized As Safe) χωρίς επιβαρύνσεις για την υγεία των ανθρώπων [8]. Σύμφωνα με τους FAO/WHO, η συνολική ποσότητα πρόσληψης τόσο από τρόφιμα όσο και από συμπληρώματα ορίζεται στα 2000 mg/ημέρα ανά άτομο, εκφρασμένο ως C-φυκοκυανίνη, ενώ η κατανάλωσή της ως συμπλήρωμα στα 2-10 g/ημέρα [9]. Μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί διερευνώντας την επίδραση της σπιρουλίνας είτε σε μορφή συμπληρώματος είτε σε τρόφιμο, έχουν αποδείξει τα οφέλη της στην υγεία των καταναλωτών. Το μεγαλύτερο πλήθος των μελετών αφορά την επίδραση πρόσληψης σπιρουλίνας σε μορφή συμπληρώματος στο γλυκαιμικό και λιπιδαιμικό προφίλ με χορήγηση δόσεων από 800 mg έως 14 g σπιρουλίνας σε καθημερινή βάση, παρατηρώντας στην πλειονότητά τους μείωση των υπό εξέταση δεικτών [10]–[21]. Ωστόσο, οι μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί σε τρόφιμα είναι ελάχιστες, με τη δόση της σπιρουλίνας να κυμαίνεται από 0.6 έως 2.5g, δείχνοντας όμως μείωση της γλυκαιμίας μεταγευματικά, αλλά και βραχυπρόθεσμα στο δείκτη HOMA-IR [22]–[25]. Επιπλέον οφέλη έχουν παρατηρηθεί στη μείωση της αρτηριακής πίεσης (ΑΠ) με την χορήγηση συμπληρωμάτων δόσεων 1-8 g/d σπιρουλίνας για διάστημα 6-12 εβδομάδων [26]–[28]. Σε ότι αφορά την προσθήκη σπιρουλίνας σε τρόφιμο και την επίδραση του στην ΑΠ, έχει πραγματοποιηθεί μία μακροπρόθεσμη κλινική μελέτη, η οποία έδειξε δυνητικά οφέλη στη μείωση της ΑΠ [29]. Παρόλα αυτά, υπήρχαν και μελέτες που η κατανάλωση σπιρουλίνας δεν επηρέασε την ΑΠ [14], [15]. Παρόλα αυτά, λόγω των περιορισμένων κλινικών μελετών (οξείας επίδρασης, βραχυπρόθεσμες ή μακροπρόθεσμες) που έχουν πραγματοποιηθεί σε τρόφιμα με σπιρουλίνα με αντικρουόμενα αποτελέσματα για την επίδραση της και χωρίς να έχει προσδιοριστεί η βέλτιστη δόση που πρέπει να χορηγηθεί, απαιτείται εκτενέστερη έρευνα για την επίδραση σε δείκτες υγείας.

### 3.5. Γλυκαιμικός Δείκτης (ΓΔ) και Γλυκαιμικό Φορτίο (ΓΦ)

Η έννοια του ΓΔ στη μεταγευματική γλυκαιμία κατηγοριοποιεί την πηγή των υδατανθράκων καθώς και των πλούσιων σε υδατάνθρακες τροφίμων. Σύμφωνα με το ISO 26642:2010, ο ΓΔ ορίζεται ως η ικανότητα των εύπεπτων υδατανθράκων σε ένα

τρόφιμο να αυξάνουν τα επίπεδα γλυκόζης στο αίμα. Σημειώνεται ότι ο παραπάνω ορισμός χρησιμοποιείται απλούστερα ως «ΓΔ του τροφίμου». Εναλλακτικά, ο ΓΔ υπολογίζεται από το εμβαδόν κάτω από την καμπύλη γλυκόζης (iAUC- incremental area under the curve), η οποία σχηματίζεται μετά την κατανάλωση 25 ή 50 g διαθέσιμων υδατανθράκων του προς εξέταση τροφίμου, μετά από νηστεία 10-14h. Εκφράζεται ως το ποσοστό της μέσης τιμής του iAUC του εξεταζόμενου τροφίμου προς τη μέση τιμή του iAUC του τροφίμου αναφοράς (γλυκόζη ή λευκό ψωμί), όταν αυτό καταναλώνεται από το ίδιο άτομο [30]. Η κατηγοριοποίηση των τροφίμων σύμφωνα με το ΓΔ γίνεται με βάση τον Πίνακα 1.

$$\Gamma\Delta = \frac{iAUC_{\text{εξεταζ. τροφίμου}}}{iAUC_{\text{τροφίμου αναφοράς}}} * \frac{\mathcal{G}_{\text{υδατανθρ. τροφίμου αναφοράς}}}{\mathcal{G}_{\text{διαθ. υδατανθρ. εξεταζ.τροφίμου}}} * 100$$

Όπου:

$$\frac{\mathcal{G}_{\text{υδατανθρ. τροφίμου αναφοράς}}}{\mathcal{G}_{\text{διαθ. υδατανθρ. εξεταζ.τροφίμου}}} = 1$$

**Πίνακας 1.** Κατηγοριοποίηση Τροφίμου με βάση το ΓΔ [30].

<b>Κατηγοριοποίηση Τροφίμου</b>	<b>Τιμές</b>
<b>Χαμηλού ΓΔ</b>	$\Gamma\Delta \leq 55$
<b>Μετρίου ΓΔ</b>	$55 < \Gamma\Delta \leq 70$
<b>Υψηλού ΓΔ</b>	$\Gamma\Delta > 70$

Η κατηγοριοποίηση του ΓΔ των τροφίμων επηρεάζεται από παράγοντες όπως η μορφή του τροφίμου, το μέγεθος των επιμέρους μορίων, το είδος του αμύλου, οι διεργασίες των τροφίμων, και τα αντι-θρεπτικά συστατικά [31], [32].

Έχει αποδειχθεί ότι η κατανάλωση τροφίμων χαμηλού ΓΔ μπορεί να μειώσει τον κίνδυνο εμφάνισης διαβήτη τύπου 2 και καρδιαγγειακών νοσημάτων [33], [34], καθώς και να μειώσει το ρυθμό πέψης, απορρόφησης και μεταβολισμού των υδατανθράκων, μειώνοντας έτσι τις διακυμάνσεις στη γλυκόζη αίματος [35].

Το ΓΦ αποτελεί την ποσοτική επίδραση των υδατανθράκων στη μεταγευματική γλυκαιμία και υπολογίζεται έμμεσα από το γινόμενο του μέσου ΓΔ των τροφίμων

πλούσιων σε υδατάνθρακες που καταναλώνονται και της συνολικής πρόσληψης υδατανθράκων σε κάποια συγκεκριμένη χρονική περίοδο [36] και δίνεται από τον τύπο:

$$\Gamma\Phi = \Gamma\Delta / 100 * \mathcal{G}_{\text{διαθ. υδατανθρ. στη μερίδα}} * \mathcal{G}_{\text{τροφίμου}}$$

Οι διαθέσιμοι υδατάνθρακες για τον υπολογισμό του ΓΦ μπορεί να απαντώνται σε g στη μερίδα, σε g ανά 100 g τροφίμου, σε g ανά ημερήσια προσλαμβανόμενη ποσότητα, και σε g ανά 1000 kJ ή 1000 kcal πρόσληψη [35]. Για την ανάλυση των διαθέσιμων υδατανθράκων σε ένα τρόφιμο απαιτείται η αναγνώριση των επιμέρους υδατανθράκων είτε από τις πληροφορίες της εταιρείας είτε από το διατροφικό πίνακα και στη συνέχεια η ταυτοποίησή τους με αναλυτικές μεθόδους [37]. Τέλος, γίνεται η αναγωγή της ποσότητας του τροφίμου προς κατανάλωση έτσι ώστε να αντιστοιχεί σε 50 g διαθέσιμων υδατανθράκων (ή 25 g).



## 4. Πειραματικό μέρος

### 4.1. Εθελοντές

Σε καθεμία μελέτη συμμετείχαν από 13 υγιείς άνδρες και γυναίκες ηλικίας 18-55 ετών, δείκτη μάζας σώματος (Body Mass Index, BMI) 18-24.9 kg/m<sup>2</sup>, φυσιολογικές τιμές σακχάρου νηστείας (<100 mg/dL) και φυσιολογική πίεση (συστολική αρτηριακή πίεση <120 mmHg και διαστολική αρτηριακή πίεση <80 mmHg). Οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν μέσω αναρτήσεων στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Τα κριτήρια αποκλεισμού συμπεριελάμβαναν την ύπαρξη χρόνιων νοσημάτων (καρδιαγγειακά, διαβήτη, ηπατοπάθειες, ενδοκρινικές παθήσεις), κήσης ή γαλουχίας, την αυξημένη κατανάλωση αλκοόλ ή ουσιών και τη συμμετοχή σε έντονη σωματική άσκηση. Όλοι οι εθελοντές συμπλήρωσαν τα απαραίτητα ερωτηματολόγια όπως και τη γραπτή τους συγκατάθεση για τη συμμετοχή στις μελέτες, έπειτα από αναλυτική επεξήγηση των διαδικασιών του πρωτοκόλλου. Ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να μην καταναλώσουν αλκοόλ 24 h πριν από κάθε επίσκεψή τους, να μην συμμετέχουν σε έντονη φυσική δραστηριότητα και να μην αλλάξουν τις διατροφικές τους συνήθειες καθ' όλη τη διάρκεια των μελετών. Οι κλινικές μελέτες πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Διαιτολογίας και Ποιότητας Ζωής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Τα πρωτόκολλα των μελετών εγκρίθηκαν από την Επιτροπή Βιοηθικής του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (ΕΗΔΕ: 50/12.10.2021 και 54/06.06.2022, αντίστοιχα) και ακολουθούσαν την Διακήρυξη του Ελσίνκι (1997). Επιπλέον, οι κλινικές μελέτες καταγράφηκαν στο Clinicaltrials.gov (NCT05484323 και NCT05484336, αντίστοιχα).

### 4.2. Σχεδιασμός μελετών

Οι μελέτες ήταν τυχαιοποιημένες, διασταυρούμενες κλινικές δοκιμές, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στο Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Ένα άτομο που δεν εμπλεκόταν στην επεξεργασία των αποτελεσμάτων, πραγματοποίησε τυχαία κατανομή των τροφίμων (εξεταζόμενα τρόφιμα και τρόφιμα αναφοράς) στους εθελοντές, χρησιμοποιώντας το κατάλληλο λογισμικό (*Research Randomizer*). Κάθε συμμετέχων επισκέφτηκε το Εργαστήριο Διαιτολογίας και Ποιότητας Ζωής τις απαιτούμενες

επισκέψεις για κάθε μελέτη, με διάστημα 2 ημερών μεταξύ των παρεμβάσεων, στις 8:45 με 9:00 π.μ. έπειτα από 10 έως 14 h νηστείας. Σε κάθε επίσκεψη, ζητήθηκε από τους εθελοντές να καταναλώσουν τα τρόφιμα μαζί με 250 mL νερό, μέσα σε 5-10 min όσον αφορά τα ροφήματα και 10-15 min για τα στερεά.

#### **4.2.1. Μελέτη προσδιορισμού γλυκαιμικής απόκρισης και ΓΔ κουλουριών με 2.5g σπιρουλίνα**

Ο προσδιορισμός του ΓΔ των κουλουριών με και χωρίς σπιρουλίνα πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με το ISO 26642:2010 και την προτεινόμενη μεθοδολογία από τους Brouns et al. και FAO/WHO [37], [39]. Δεκατρείς υγιείς εθελοντές (4 άνδρες και 9 γυναίκες) συμμετείχαν στην τυχαιοποιημένη, διασταυρούμενη κλινική μελέτη και πραγματοποίησαν έξι επισκέψεις των τριών ωρών. Τόσο οι ερευνητές όσο και οι εθελοντές γνώριζαν το τρόφιμο που λάμβαναν. Η μελέτη περιλάμβανε έξι διατροφικές παρεμβάσεις: δύο φορές ρόφημα αναφοράς D-γλυκόζης (50 g άνυδρης γλυκόζης διαλυμένη σε 250 mL νερού), δύο φορές τρόφιμο αναφοράς λευκό ψωμί (ΛΨ), μία φορά κουλούρι ελέγχου (ΚΕ) και μία φορά κουλούρι με προσθήκη σπιρουλίνας (ΚΣ). Η σπιρουλίνα που προστέθηκε στο ΚΣ αξιολογήθηκε μετά από οργανοληπτικό έλεγχο κουλουριών με περιεχόμενη ποσότητα σπιρουλίνας 1-5 g. Τα κουλούρια με ποσότητα σπιρουλίνας μεγαλύτερη των 2.5 g, απορρίφθηκαν διότι δεν έλαβαν την αποδεκτή βαθμολογία. Έτσι, ποσότητα 2.5 g σπιρουλίνας προστέθηκε στο ΚΣ για να μελετηθούν οι διαφορές στις γλυκαιμικές αποκρίσεις. Οι ποσότητες που δόθηκαν από κάθε τρόφιμο αντιστοιχούσαν σε 50 g διαθέσιμων υδατανθράκων (91.4 g ΛΨ, 76.88 g ΚΕ και 80.16 g ΚΣ. Όσον τον προσδιορισμό των μακροθρεπτικών συστατικών των κουλουριών πραγματοποιήθηκε μετά το ψήσιμό τους. Αυτή αξιολογήθηκε ως προς το περιεχόμενό τους σε ολική πρωτεΐνη (AOAC 920.7, 2005), ολικά και κορεσμένα λιπαρά (AOAC 996.06), υγρασία (AOAC 930.15), διαθέσιμοι υδατάνθρακες, σάκχαρα και ολικές διαιτητικές ίνες (Megazyme kit-K-ACHDF, Megazyme Ltd, Scotland, UK, AOAC 930.15). Ο υπολογισμός των διαθέσιμων υδατανθράκων και των ολικών διαιτητικών ινών έγινε με τη χρήση kit (Megazyme kit-K-ACHDF, Megazyme Ltd, Scotland, UK), όπου υπολογίζονται οι υδατάνθρακες που μπορούν να απορροφηθούν από τον ανθρώπινο οργανισμό, όπως τα σάκχαρα και το εύπεπτο άμυλο, χωρίς να υπολογίζονται οι διαιτητικές ίνες και το ανθεκτικό άμυλο. Η σύσταση των κουλουριών

και της σκόνης σπιρουλίνας φαίνονται στους Πίνακες 2 και 4, ενώ οι ποσότητες που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή τους παρατίθενται στον Πίνακα 3.

**Πίνακας 2.** Μακροθρεπτική σύσταση ανά 100 g σκόνης σπιρουλίνας σύμφωνα με τη διατροφική ετικέτα.

<b>Ανά 100g</b>	<b>Σκόνη σπιρουλίνας</b>
<b>Ενέργεια (kcal)</b>	290 kcal/1213 kJ
<b>Λιπαρά (g)</b>	7.72
<b>Κορεσμένα λιπαρά (g)</b>	2.65
<b>Υδατάνθρακες (g)</b>	23.90
<b>Σάκχαρα (g)</b>	3.10
<b>Διαιτητικές ίνες (g)</b>	3.60
<b>Πρωτεΐνες (g)</b>	57.47
<b>Αλάτι (μg)</b>	2.62

**Πίνακας 3.** Συστατικά που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή των κουλουριών ανά 100 g.

<b>Συστατικά (g)</b>	<b>Κουλούρι ελέγχου (ΚΕ)</b>	<b>Κουλούρι σπιρουλίνας (ΚΣ)</b>
<b>Αλεύρι για όλες τις χρήσεις</b>	45.5 g	41.0 g
<b>Σπιρουλίνα</b>	-	4.5 g
<b>Ζάχαρη</b>	22.5 g	22.5 g
<b>Γάλα σκόνης</b>	5.7 g	5.7 g
<b>Βανίλια</b>	0.1 g	0.1 g
<b>Baking powder</b>	0.6 g	0.6 g
<b>Βιτάμ για όλες τις χρήσεις</b>	25.6 g	25.6 g

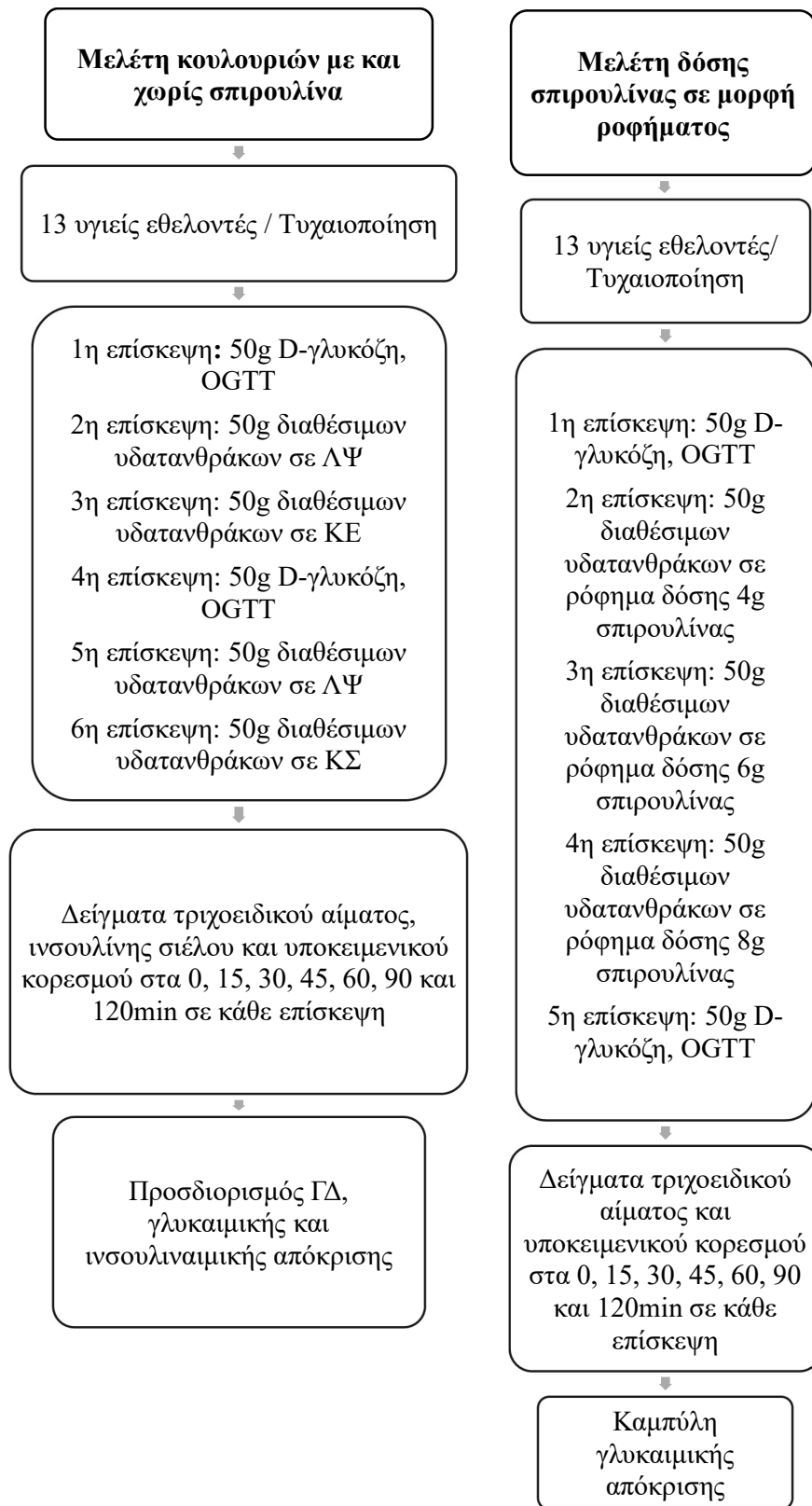
**Πίνακας 4.** Μακροθρεπτική σύσταση κουλουριού ελέγχου (ΚΕ) και κουλουριού σπιρουλίνας (ΚΣ) ανά 100 g.

<b>Ανά 100 g</b>	<b>Κουλούρι ελέγχου (ΚΕ)</b>	<b>Κουλούρι σπιρουλίνας (ΚΣ)</b>
<b>Ενέργεια (kcal)</b>	1853.5 kJ / 443.0 kcal	1838.9 kJ / 439.5kcal
<b>Λιπαρά (g)</b>	19.9	20.2
<b>Κορεσμένα λιπαρά (g)</b>	9.7	9.9
<b>Χοληστερόλη (mg)</b>	5.5	5.5
<b>Υδατάνθρακες (g)</b>	59.6	57.2
<b>Σάκχαρα (g)</b>	25.0	25.2
<b>Διαιτητικές ίνες (g)</b>	1.2	1.3
<b>Πρωτεΐνες (g)</b>	6.04	8.18
<b>Νάτριο (mg)</b>	101.2	148.8
<b>Κάλιο (mg)</b>	124.3	181.4
<b>Σίδηρος (mg)</b>	2.18	3.27
<b>Ασβέστιο (mg)</b>	92.0	96.7
<b>Μαγνήσιο (mg)</b>	15.0	22.9
<b>Βιταμίνη C (mg)</b>	0.49	0.95
<b>Βιταμίνη D (μg)</b>	3.05	3.05
<b>Βιταμίνη B12 (μg)</b>	0.19	0.19
<b>Βιταμίνη B6 (μg)</b>	0.017	0.035

#### **4.2.2. Προσδιορισμός δόσης σπιρουλίνας (4, 6, 8g) σε ρόφημα στην μεταγευματική γλυκαιμία**

Δεκατρείς υγιείς εθελοντές (3 άνδρες και 10 γυναίκες) συμμετείχαν στην τυχαιοποιημένη, διπλά τυφλή, διασταυρούμενη κλινική μελέτη και πραγματοποίησαν πέντε επισκέψεις των τριών ωρών. Η μελέτη περιλάμβανε πέντε διατροφικές παρεμβάσεις: δύο φορές ρόφημα αναφοράς D-γλυκόζης (50 g άνυδρης γλυκόζης διαλυμένη σε 250 mL νερού), μία φορά ρόφημα με 4 g σκόνη σπιρουλίνας (50 g άνυδρη γλυκόζη και 4 g σκόνη σπιρουλίνας διαλυμένα σε 250 mL νερού) (Δόση 4 g), μία φορά

ρόφημα με 6 g σκόνη σπιρουλίνας (50 g άνυδρη γλυκόζη και 6 g σκόνη σπιρουλίνας διαλυμένα σε 250 mL νερού) (Δόση 6 g) και μία φορά ρόφημα με 8 g σκόνη σπιρουλίνας (50 g άνυδρη γλυκόζη και 8 g σκόνη σπιρουλίνας διαλυμένα σε 250 mL νερού) (Δόση 8 g), τα οποία δόθηκαν σε τυχαία σειρά. Τα ροφήματα δόθηκαν σε αδιαφανή ποτήρια με κλειστό καπάκι έτσι ώστε να επιτευχθούν οι τυφλές συνθήκες.



**Γράφημα 1.** Περίγραμμα μελετών. Συντομογραφίες: OGTT: Oral Glucose Tolerance Test – Δοκιμασία γλυκόζης.

### 4.3. Προσδιορισμός γλυκόζης αίματος

Κατά την άφιξη των εθελοντών στο Εργαστήριο, λήφθηκε δείγμα τριχοειδικού αίματος χρησιμοποιώντας αυτόματο σύστημα τρυπήματος (σκαρφιστήρες και ταινίες μέτρησης γλυκόζης). Αρχικά, λήφθηκε δείγμα αίματος (-5, 0 min) για τον προσδιορισμό της γλυκόζης νηστείας και στη συνέχεια οι εθελοντές κατανάλωσαν την εκάστοτε διατροφική παρέμβαση. Το επόμενο δείγμα αίματος λήφθηκε 15 min έπειτα από την αρχή της κατανάλωσης του κάθε τροφίμου και στη συνέχεια σε χρόνους 30, 45, 60, 90 και 120 min. Οι δοκιμαστικές ταινίες γλυκόζης (ταινίες μέτρησης γλυκόζης Ruby, Lilly-pharmaserv S.A., Αθήνα, Ελλάδα) δεν παρουσιάζουν αντιδραστικότητα σε άλλα σάκχαρα εκτός από τη γλυκόζη και έχουν καλύτερη αντοχή στη θερμότητα και στο οξυγόνο. Η επαναληψιμότητα και ο συντελεστής διακύμανσης ήταν 3.3%. Η τιμή γλυκόζης αίματος που καταγράφηκε ήταν ο μέσος όρος τριών μετρήσεων.

Οι καμπύλες των γλυκαιμικών αποκρίσεων για κάθε εθελοντή και για κάθε τρόφιμο δημιουργήθηκαν χρησιμοποιώντας τις τιμές της γλυκόζης αίματος που λήφθηκαν. Το εμβαδό κάτω από την καμπύλη (iAUC) υπολογίστηκε σύμφωνα με τον κανόνα των τραπεζοειδών για το διάστημα 0-120 min, αποκλείοντας το εμβαδό που σχηματιζόταν κάτω από τη γραμμή βάσης, σύμφωνα με τη συνιστώμενη βιβλιογραφία [39], [30]. Ο ΓΔ για κάθε εθελοντή υπολογίστηκε από το λόγο του iAUC μετά την κατανάλωση του υπό εξέταση τροφίμου προς το iAUC του ίδιου εθελοντή μετά την κατανάλωση του τροφίμου αναφοράς, εκφρασμένο σε ποσοστό. Ο ΓΔ των κουλουριών υπό εξέταση υπολογίστηκε ως η μέση τιμή των ΓΔ κάθε εθελοντή μετά την κατανάλωσή του [30], [39]. Το ΓΦ υπολογίστηκε πολλαπλασιάζοντας το ΓΔ κάθε εξεταζόμενου τροφίμου με την ποσότητα διαθέσιμων υδατανθράκων που περιέχονται σε 1000 kJ πρόσληψης από αυτό και διαιρώντας με το 100 (35.09 g διαθέσιμοι υδατάνθρακες στο ΚΕ, 33.92 g διαθέσιμοι υδατάνθρακες στο ΚΣ). Οι αιχμές γλυκόζης αίματος ορίστηκαν ως οι υψηλότερες τιμές γλυκόζης αίματος μείον την γλυκόζη νηστείας και ως ο χρόνος γλυκόζης αιχμής ως χρόνος που εμφανίστηκε η υψηλότερη τιμή γλυκόζης αίματος μετά την κατανάλωση του εκάστοτε τροφίμου.

#### **4.4. Ανθρωπομετρία και Ερωτηματολόγια**

Στην πρώτη επίσκεψη του κάθε συμμετέχοντα μετρήθηκε το ύψος (σε cm) με τη χρήση αναστημόμετρου, η περιφέρεια μέσης και ισχίων (σε cm) και το σωματικό βάρος (σε kg). Ο δείκτης μάζας σώματος (Body Mass Index, BMI), η σκελετική μυϊκή μάζα (Skeletal Muscle Mass, SMM), η λιπώδης μάζα (Body Fat, FAT) και η αναλογία περιφέρειας μέσης προς ισχίο (Waist-to-Hip Ratio, WHR) μετρήθηκαν με τη μέθοδο της βιοηλεκτρικής εμπέδησης (InBody 230, Biospace, USA).

Στην πρώτη επίσκεψη οι εθελοντές συμπλήρωσαν ένα ερωτηματολόγιο ιατρικού ιστορικού, ένα φύλλο συλλογής δεδομένων και ένα Διεθνές Ερωτηματολόγιο Σωματικής Δραστηριότητας (IPAQ) καθώς και μία ανάκληση 24ώρου. Σημειώνεται ότι σε κάθε επίσκεψη οι εθελοντές συμπλήρωναν την 24ωρη ανάκληση, με σκοπό την εκτίμηση της διαιτητικής πρόσληψής τους. Η αξιολόγηση έγινε χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα Diet Analysis Plus και με τη χρήση Ελληνικών και Αμερικάνικων Βάσεων Δεδομένων Σύνθεσης Τροφίμων [40], όπου δεν υπήρχαν επαρκή δεδομένα.

#### **4.5. Εκτίμηση υποκειμενικής πείνας και κορεσμού (VAS)**

Σε κάθε επίσκεψη ζητήθηκε από τους εθελοντές να αξιολογήσουν την υποκειμενική τους πείνα, την επιθυμία τους για φαγητό και το αίσθημα κορεσμού σε οπτικές αναλογικές κλίμακες των 100 mm, στους χρόνους που πραγματοποιήθηκε και η δειγματοληψία αίματος (0, 15, 30, 45,60, 90 και 120 min) [41].

#### **4.6. Μετρήσεις αρτηριακής πίεσης (ΑΠ)**

Στην αρχή και στο τέλος κάθε επίσκεψης μετρήθηκε η συστολική (ΣΑΠ) και η διαστολική αρτηριακή πίεση (ΔΑΠ) πίεση με ψηφιακό πιεσόμετρο άνω βραχίονα (Omron HEM-907, Omron Hellas, Greece). Οι εθελοντές ξεκουράστηκαν για 5 min και λήφθηκαν 3 μετρήσεις με διαστήματα 1 min, όπου λήφθηκε ο μέσος όρος τους.



#### 4.7. Στατιστική ανάλυση δεδομένων

Ο υπολογισμός των απαιτούμενων εθελοντών για να έχει η κάθε μελέτη ισχύ 80% ( $\alpha=0.05$ ) απαιτούσε 10 εθελοντές, έτσι ώστε να εντοπιστούν κλινικές διαφορές της τάξεως του 33% για τα iAUC στις μεταγευματικές συγκεντρώσεις γλυκόζης αίματος. Όλα τα δεδομένα (ηλικία, ύψος, βάρος, BMI, SMM, FAT, WHR, περίμετρος μέσης, περίμετρος ισχίων, ημερήσια πρόσληψη σε θερμίδες) παρουσιάζονται ως ο μέσος όρος των μετρήσεων  $\pm$  τυπικό σφάλμα (Standard Error of the Means, SEM) ή ως διάμεση τιμή (πρώτο εκατοστημόριο, τρίτο εκατοστημόριο). Η κανονικότητα των μεταβλητών ελέγχθηκε χρησιμοποιώντας τα διαγράμματα πυκνότητας kernel και τα P-P. Η στατιστική επεξεργασία έγινε με βάση την κατανομή των δεδομένων, συγκεκριμένα One-way ANOVA για μεταβλητές με κανονική κατανομή, μη παραμετρική ανάλυση Kruskal-Wallis για μεταβλητές με μη κανονικά συνεχή δεδομένα, μη παραμετρική ανάλυση Pearson  $\chi^2$  για τις κατηγορικές μεταβλητές.

Σύμφωνα με τη μεθοδολογία του ISO 26642:2010 για τον υπολογισμό του ΓΔ των κουλουριών υπό εξέταση, ελέγχθηκαν και απορρίφθηκαν οι μετρήσεις που αναγνωρίστηκαν ως outliers, δηλαδή δεν ανήκαν στο διάστημα μέση τιμή  $\pm 2$ \*τυπικό σφάλμα (Standard Deviation, SD). Επιπλέον, υπολογίστηκε ο μέσος ατομικός συντελεστής διακύμανσης (CV αναφοράς) των γλυκαιμικών αποκρίσεων που προκύπτει από επαναλαμβανόμενες δοκιμασίες γλυκόζης να είναι <30% [30]. Ο υπολογισμός του CV αναφοράς για τη γλυκόζη αίματος σύμφωνα με τη μέθοδο ISO ορίστηκε ως ο λόγος του συντελεστή διακύμανσης (SD) προς το μέσο όρο επί 100, (100 X SD/μέσο όρο) των τιμών iAUC γλυκόζης που προέκυψαν από τις δύο επαναλαμβανόμενες δοκιμασίες 50 g γλυκόζης για κάθε συμμετέχοντα. Ο μέσος όρος των τιμών που προέκυψαν ήταν το CV αναφοράς. Για την ανάλυση της γλυκόζης αίματος στην μελέτη των κουλουριών πραγματοποιήθηκε ANOVA για 2x2 διασταυρούμενη μελέτη. Οι διαφορές στις συγκεντρώσεις γλυκόζης αίματος μεταξύ των τροφίμων στις διαφορετικές χρονικές στιγμές εκτιμήθηκαν με την ανάλυση επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (Repeated Measures ANOVA) με παράγοντες το άτομο, την ακολουθία γευμάτων για τον έλεγχο διακύμανσης μεταξύ των εθελοντών, και την επίσκεψη και τη διατροφική παρέμβαση για τον έλεγχο διακύμανσης στον ίδιο τον εθελοντή. Η αλληλεπίδραση του τροφίμου υπό εξέταση και του χρόνου μελετήθηκε, ενώ στις μεταξύ τους συγκρίσεις (είδος τροφίμου υπό εξέταση και

χρόνου), χρησιμοποιήθηκε το τεστ Tukey με διόρθωση Bonferroni. Διαφορές μετά την κατανάλωση των γευμάτων στις διάφορες χρονικές στιγμές αξιολογήθηκαν χρησιμοποιώντας one-way ANOVA με τεστ Tukey με διόρθωση Bonferroni.

Για την αξιολόγηση της δόσης σπιρουλίνας στα ροφήματα χρησιμοποιήθηκε πολυεπίπεδο μοντέλο παλινδρόμησης τυχαίων επιδράσεων, (multi-level random effects regression model), λόγω των μεγάλων αποκλίσεων που εμφανίστηκαν για το κάθε τρόφιμο υπό εξέταση. Το παραπάνω μοντέλο αξιολόγησε τις διαφορές μεταξύ των συγκεντρώσεων γλυκόζης αίματος κάθε χρονική στιγμή από τη γλυκόζη νηστείας και τα μεμονωμένα AUCs ανά χρονική περίοδο που λήφθηκαν τα δείγματα τριχοειδικού αίματος. Η στατιστική σημαντικότητα ορίστηκε ως  $p < 0.05$  και τα δεδομένα αναλύθηκαν με χρήση SPSS 20.0 λογισμικού (SPSS Inc., Chicago, IL, U.S.A.).

## 5. Αποτελέσματα

Τα χαρακτηριστικά δείγματος για τις δύο μελέτες παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.

**Πίνακας 5.** Χαρακτηριστικά δείγματος μελετών.

Χαρακτηριστικά	Μελέτη	Μελέτη δόσης
	κουλουριών	σπιρουλίνας σε ρόφημα
N	13 (4 άνδρες, 9 γυναίκες)	13 (3 άνδρες, 10 γυναίκες)
Ηλικία (έτη)	25.2 ± 1.0	23.8 ± 0.7
Βάρος (kg)	65.1 ± 4.8	69.4 ± 3.8
Ύψος (cm)	168 ± 0.03	169 ± 0.02
Δείκτης Μάζας Σώματος (BMI, kg/m <sup>2</sup> )	22.8 ± 0.9	24.1 ± 1.0
Λιπώδης μάζα (kg)	15.6 ± 1.8	18.3 ± 2.1
Σκελετική μυϊκή μάζα (kg)	27.6 ± 4.8	28.5 ± 1.3
Περιφέρεια μέσης (cm)	78.5 ± 3.1	79.5 ± 3.8
Περιφέρεια ισχίων (cm)	99.4 ± 1.8	100.3 ± 2.8
<b>Διαιτητική πρόσληψη (από 24-h ανάκληση)</b>		
Πρωτεΐνη (g)	67.39 ± 7.56	73.15 ± 6.70
Υδατάνθρακες (g)	205.05 ± 19.74	193.51 ± 20.15
Λιπαρά (g)	62.93 ± 146.03	59.61 ± 4.73
Κορεσμένα λιπαρά (g)	20.31 ± 2.62	23.88 ± 2.68
Χοληστερόλη (g)	222.95 ± 34.07	259.40 ± 27.71
Διαιτητικές ίνες (g)	18.14 ± 2.33	27.79 ± 8.92
Αλάτι (mg)	2826.73 ± 711.02	2450.43 ± 201.12
Ενεργειακή πρόσληψη (kcal)	1646.13 ± 155.53	1613.85 ± 150.06

Οι τιμές παρουσιάζονται ως μέση τιμή ± SEM ή διάμεση τιμή (πρώτο, τρίτο εκατοστημόριο).

### 5.1. Προσδιορισμός γλυκαιμικής απόκρισης και ΓΔ κουλουριών

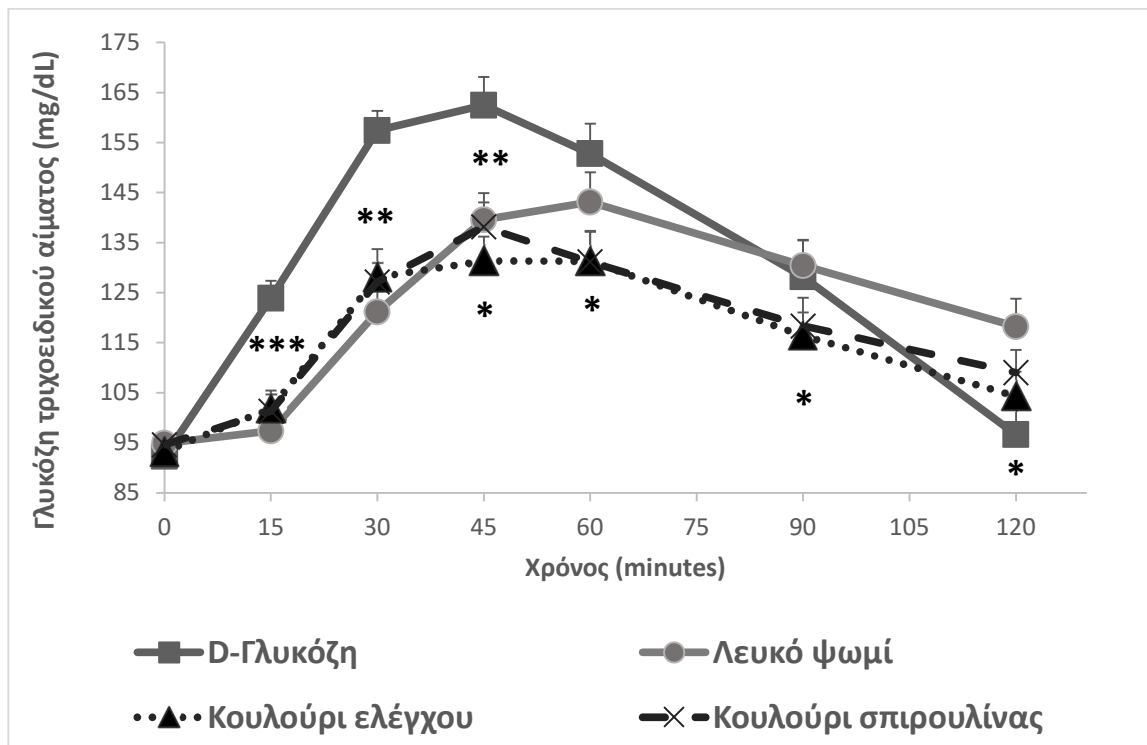
Τα αποτελέσματα του ΓΔ και του ΓΦ για τα ΚΕ και ΚΣ παρουσιάζονται στον Πίνακα 6. Τα ΚΕ και τα ΚΣ έχουν παρόμοιες τιμές ΓΔ και κατατάσσονται ως τρόφιμα μέτριου ΓΔ. Σύμφωνα με τη μεθοδολογία του ISO, οι τιμές του ΓΔ κάθε ατόμου ελέγχθηκαν για outliers και αποκλείστηκαν οι τιμές που υπερβαίνουν το διάστημα της Μέσης τιμής  $\pm 2$ \*Τυπική απόκλιση (SD) [30]. Από τη μελέτη αποκλείστηκε μία μέτρηση. Το ΓΦ υπολογίστηκε ανά 1000 kJ ενεργειακή πρόσληψη [42]. Τα κουλούρια δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους στο ΓΔ και στο ΓΦ ( $p>0.05$  για όλα. Πίνακας 6), όμως παρουσίασαν σημαντικά χαμηλότερες τιμές ΓΔ συγκριτικά με τη D-γλυκόζη.

**Πίνακας 6.:** iAUC γλυκόζης αίματος, Γλυκαιμικός Δείκτης (ΓΔ), Γλυκαιμικό φορτίο (ΓΦ) και αιχμές γλυκόζης αίματος για το κουλούρι ελέγχου (ΚΕ) και το κουλούρι σπιρουλίνας (ΚΣ) συγκριτικά με τα τρόφιμα αναφοράς.

Τρόφιμο (50g διαθέσιμων υδατανθράκων ανά προσφερόμενη μερίδα)	iAUC (mg*120 min*dL <sup>-1</sup> )	ΓΔ (D- Γλυκόζη ως τρόφιμο αναφοράς)	ΓΔ (ΛΨ ως τρόφιμο αναφοράς)	ΓΦ (D- Γλυκόζη ως τρόφιμο αναφοράς)	ΓΦ (ΛΨ ως τρόφιμο αναφοράς)	Αιχμές γλυκόζης αίματος (mg/dL)
D-Γλυκόζη	4848±508 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	-	-	-	77±6 <sup>a</sup>
Λευκό ψωμί	3646±400 <sup>b</sup>	73±6	-	36±3 <sup>b</sup>	-	53±5 <sup>b</sup>
<b>Κουλούρι ελέγχου (76.88g)</b>	2987±341 <sup>b</sup>	59±5 <sup>b</sup>	90±12	22±2 <sup>c</sup>	22±2	47±5 <sup>b</sup>
<b>Κουλούρι σπιρουλίνας (80.16g)</b>	3022±389 <sup>b</sup>	60±6 <sup>b</sup>	77 ± 6	21±2 <sup>c</sup>	27±2	46±4 <sup>b</sup>

*Συνομογραφίες: iAUC: incremental Area Under the Curve. Τα δεδομένα παρουσιάζονται ως Μέση τιμή ± Τυπική απόκλιση (SEM). Οι τιμές με τον ίδιο εκθέτη δεν έχουν στατιστικά σημαντική διαφορά ( $p>0.05$ ). Η μέση τιμή συγκρίθηκε ανά στήλη χρησιμοποιώντας one-way ANOVA και post hoc Tukey τεστ με διόρθωση Bonferroni. Η στατιστική σημαντικότητα ορίστηκε για  $p<0.05$ .*

Το γράφημα 2 παρουσιάζει τη βραχυπρόθεσμη επίδραση στη γλυκαιμία 120 min μετά την κατανάλωση των υπό εξέταση τροφίμων και των τροφίμων αναφοράς. Οι συγκεντρώσεις της γλυκόζης νηστείας δεν είχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των εθελοντών μετά την κατανάλωση των τροφίμων ( $p > 0.05$ ). Υπήρχε σημαντική επίδραση μεταξύ γλυκόζης αίματος x χρόνου x υπό εξέταση τροφίμου ( $p < 0.001$ ) και κύρια επίδραση του τροφίμου στα επίπεδα γλυκόζης αίματος ( $p = 0.006$ ). Μετά την κατανάλωση του ΛΨ, χαμηλότερες συγκεντρώσεις γλυκόζης αίματος παρατηρήθηκαν στα 15, 30 και 120 min ( $p < 0.001$ ,  $p < 0.001$  και  $p = 0.014$ , αντίστοιχα), συγκριτικά με την D-γλυκόζη. Το ΚΣ έδειξε σημαντικές διαφορές στη γλυκόζη αίματος συγκριτικά με την D-γλυκόζη, στους χρόνους 15, 30, 45 και 60 min ( $p < 0.001$ ,  $p = 0.001$ ,  $p = 0.034$  και  $p = 0.039$ , αντίστοιχα). Παρόμοια αποτελέσματα έδειξε και η κατανάλωση του ΚΕ με σημαντικά χαμηλότερες τιμές γλυκόζης αίματος συγκριτικά με την D-γλυκόζη στους χρόνους 15, 30, 45, 60 και 90 min ( $p < 0.001$ ,  $p = 0.001$ ,  $p = 0.004$ ,  $p = 0.035$  και  $p = 0.049$ , αντίστοιχα) (Γράφημα 2). Στις παραπάνω χρονικές στιγμές, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικές διαφορές στη γλυκόζη αίματος μεταξύ του ΚΕ και του ΚΣ (Γράφημα 2). Οι αιχμές γλυκόζης αίματος ήταν σημαντικά χαμηλότερες για τα ΚΕ και ΚΣ σε σύγκριση με την D-γλυκόζη ( $p = 0.01$  και  $p = 0.01$ , αντίστοιχα) (Πίνακας 6). Οι τιμές των iAUC για το διάστημα 0-120 min, για το ΚΕ και το ΚΣ ήταν σημαντικά χαμηλότερες συγκριτικά με τη D-γλυκόζη ( $p = 0.03$  και  $p = 0.04$ , αντίστοιχα) (Πίνακας 6). Τέλος, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στον υποκειμενικό κορεσμό και στην ΑΠ, μετά την κατανάλωση των όλων των τροφίμων, για όλες τις χρονικές στιγμές ( $p > 0.05$  για όλα).

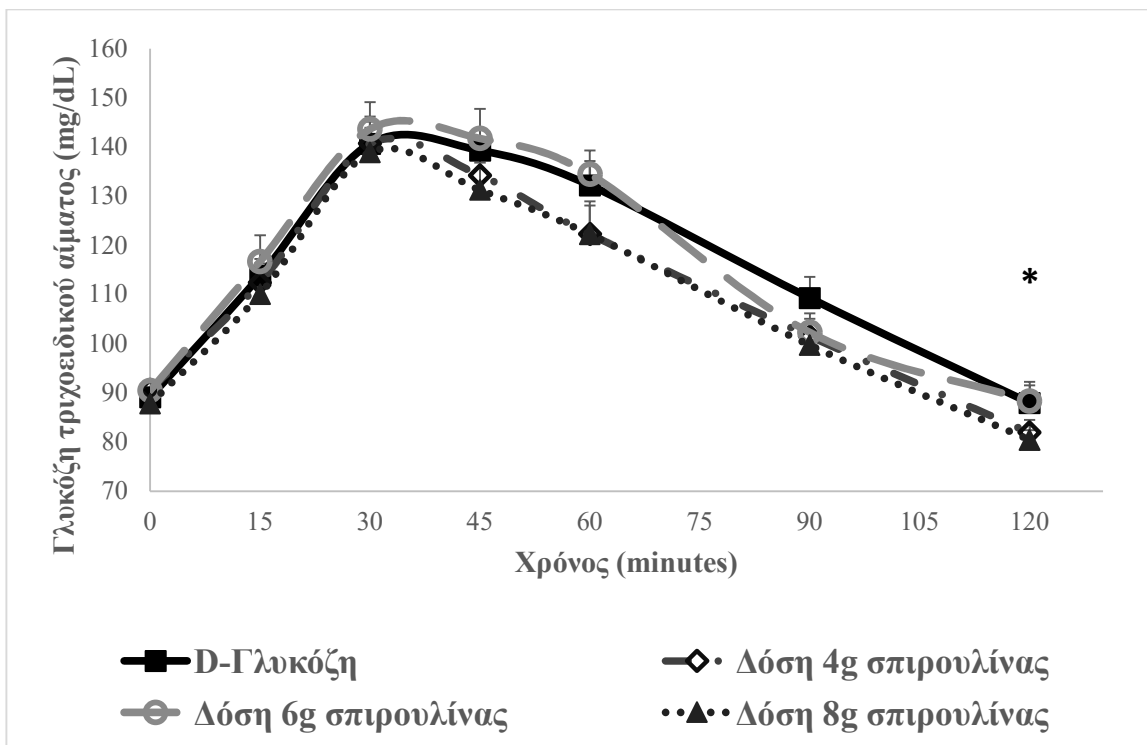


**Γράφημα 2.** Γλυκαιμική απόκριση μετά την κατανάλωση των υπό εξέταση τροφίμων και τροφίμων αναφοράς (N=13). Οι τιμές παρουσιάζονται ως Μέση τιμή ± Τυπική απόκλιση (SEM). Σε κάθε χρονική στιγμή χρησιμοποιήθηκε post hoc Tukey test με διόρθωση Bonferroni για να προσδιοριστούν οι διαφορές μεταξύ των τροφίμων. Η στατιστική σημαντικότητα ορίστηκε για  $p < 0.05$  (\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.005$  και \*\*\* $p < 0.001$ ).

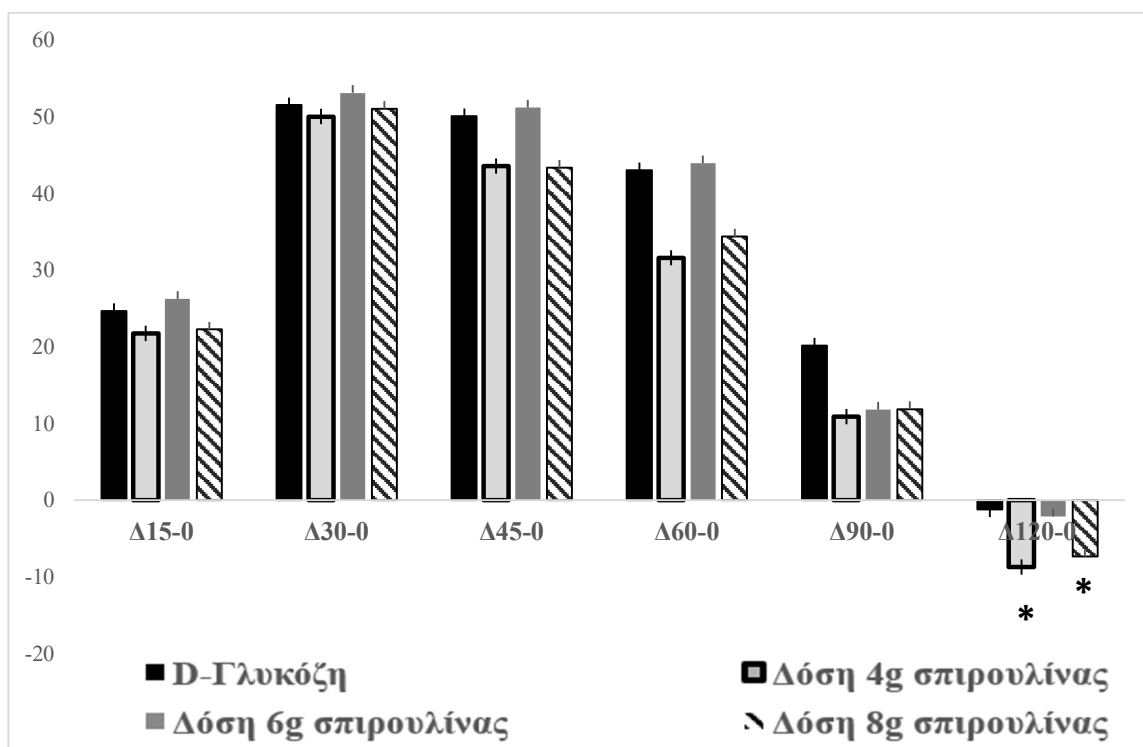
## 5.2. Προσδιορισμός γλυκαιμικής απόκρισης δόσης σπιρουλίνας σε μορφή ροφήματος και επίδραση στην αρτηριακή πίεση (ΑΠ)

Τα χαρακτηριστικά του δείγματος παρουσιάζονται στον Πίνακα 5, ενώ η διατροφική σύσταση της σπιρουλίνας που χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή των ροφημάτων περιγράφεται στον Πίνακα 2. Οι συγκεντρώσεις της γλυκόζης νηστείας δεν είχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των εθελοντών ( $p > 0.05$ ). Το γράφημα 3 παρουσιάζει τη γλυκαιμική απόκριση για το διάστημα 0-120 min μετά την κατανάλωση των υπό εξέταση ροφημάτων. Οι συγκεντρώσεις της γλυκόζης νηστείας δεν είχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των εθελοντών ( $p > 0.05$ ). Η επίδραση των δόσεων αξιολογήθηκε με το πολυεπίπεδο μοντέλο παλινδρόμησης τυχαίων επιδράσεων, ομαδοποιώντας κατά εθελοντή, λόγω της ετερογένειας που παρατηρήθηκε ανά άτομο μετά την κατανάλωση του εκάστοτε τροφίμου. Οι δόσεις των 4g και 8g παρουσίασαν σημαντικά χαμηλότερες

τιμές τριχοειδικής γλυκόζης όταν εξετάστηκαν οι διαφορές της γλυκόζης στα 120' από τη γλυκόζη νηστείας ( $\Delta 120-0$ ) (Διάγραμμα 3B). Οι δύο δόσεις παρουσίασαν σημαντικά χαμηλότερες τιμές γλυκόζης αίματος της τάξεως των 9.0 mg/dL (95% CI (Διάστημα εμπιστοσύνης): [-1.64, -16.12] και [-1.23, -15.87]) (Πίνακας 6). Τα αποτελέσματα επεξήγησαν το 29% της διακύμανσης, ενώ όταν εξετάστηκε η αλληλουχία των τροφίμων βρέθηκε σημαντική ( $p < 0.05$ ). Επιπλέον, όταν εξετάστηκαν τα επιμέρους AUCs και συγκεκριμένα του διαστήματος 90-120 min βρέθηκε ότι η δόση των 8g έχει σημαντικά χαμηλότερες τιμές γλυκόζης αίματος (Πίνακας 7). Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές για το iAUC 0-120 min, τη μέγιστη τιμή γλυκόζης αιχμής και το χρόνο που εμφανίζεται η γλυκόζη αιχμής ( $p > 0.05$  για όλα).



**Γράφημα 3Α.** Γλυκαιμική απόκριση μετά την κατανάλωση των υπό εξέταση τροφίμων (Δόση 4, 6 και 8g σπιρουλίνας) και του τροφίμου αναφοράς (D-γλυκόζη) (N=13). Οι τιμές παρουσιάζονται ως Μέση τιμή ± Τυπική απόκλιση (SEM).



**Γράφημα 3B.** Γλυκαιμική απόκριση εκφρασμένη ως διαφορά των μέσων συγκεντρώσεων γλυκόζης αίματος από τη γλυκόζη νηστείας (Δ) μετά την κατανάλωση των υπό εξέταση τροφίμων (Δόση 4, 6 και 8 g σπιρουλίνας) και του τροφίμου αναφοράς (D-γλυκόζη) (N=13). Οι τιμές παρουσιάζονται ως Μέση τιμή ± Τυπική απόκλιση (SEM).

**Πίνακας 6.** Πολυεπίπεδο μοντέλο παλινδρόμησης τυχαίων επιδράσεων για τις διαφορές των μέσων επιπέδων γλυκόζης αίματος στα 120' από τη γλυκόζη νηστείας (Δ120-0).

Δ120-0	Coefficient	Std. Err.	P>z	[95% CI]	
Δόση 4 g	-8.877058	3.693365	0.016	-16.11592	-1.638196
Δόση 6 g	-4.301632	4.121417	0.297	-12.37946	3.776197
Δόση 8 g	-8.550541	3.733738	0.022	-15.86853	-1.23255
cons	-2.450879	3.650722	0.502	-9.606162	4.704404
sigma_u	6.110511	1.896142		3.326157	11.22567
sigma_e	9.502128	1.03656		7.67301	11.76728
rho	0.2925543	0.1449218		0.0849786	0.6104398

Συντομογραφίες: Δ120-0: Διαφορά μέσων επιπέδων γλυκόζης αίματος στα 120' από τη γλυκόζη νηστείας μετά την κατανάλωση 4, 6, 8 g σπιρουλίνας; cons; sigma\_u; sigma\_e; rho. Ο χρόνος λήφθηκε υπόψιν στην αξιολόγηση από το μοντέλο και δεν είχε σημαντική επίδραση. Οι τιμές των δόσεων αναπαρίστανται συγκριτικά με το τρόφιμο αναφοράς, D-γλυκόζη.

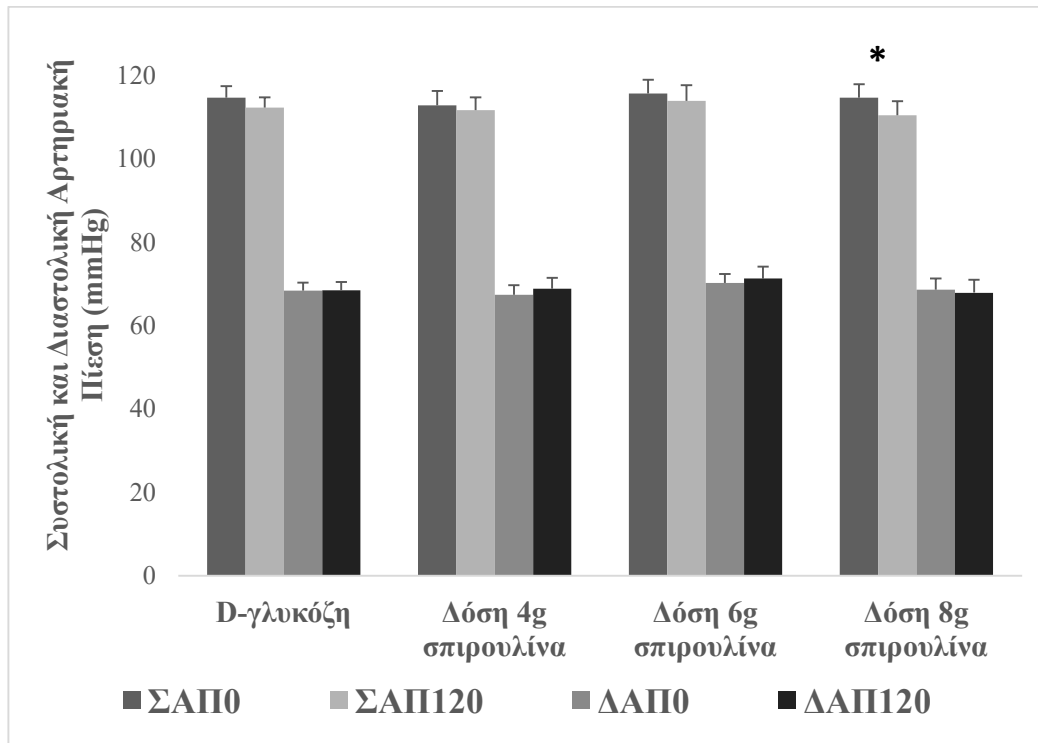


**Πίνακας 7.** Πολυεπίπεδο μοντέλο παλινδρόμησης τυχαίων επιδράσεων για την εξέταση του εμβαδού κάτω από την καμπύλη γλυκόζης αίματος για το χρονικό διάστημα 90-120 (AUC90-120).

AUC90-120	Coefficient	P>z	[95% CI]	
Δόση 4 g	-143.7275	0.053	-289.5495	2.094498
Δόση 6 g	-111.7423	0.156	-265.9917	42.50708
Δόση 8 g	-166.368	0.026	-312.9799	-19.75609
cons	347.1318	0	190.1622	504.1015
sigma_u	151.2978		89.32215	256.2748
sigma_e	192.2347		155.2247	238.0691
rho	0.3825037		0.1486562	0.6716199

*Συντομογραφίες: AUC90-120: εμβαδό κάτω από την καμπύλη γλυκόζης αίματος για το χρονικό διάστημα 90-120 min μετά την κατανάλωση 4, 6, 8 g σπιρουλινας; cons; sigma\_u; sigma\_e; rho. Ο χρόνος λήφθηκε υπόψιν στην αξιολόγηση από το μοντέλο και δεν είχε σημαντική επίδραση. Οι τιμές των δόσεων αναπαρίστανται συγκριτικά με το τρόφιμο αναφοράς, D-γλυκόζη.*

Η εξέταση της ΑΠ έδειξε σημαντική κύρια επίδραση του εξεταζόμενου τροφίμου στην συστολική αρτηριακή πίεση (ΣΑΠ) ( $p=0.012$ ). Η δόση 8g έδειξε σημαντική μείωση 120min μετά την κατανάλωσή της στη ΣΑΠ, μειώνοντας την κατά 4.2 mmHg ή 3.7% ( $p=0.025$ ) (Γράφημα 4). Η κατανάλωση των ροφημάτων με δόσεις 4 και 6g και το τρόφιμο αναφοράς (D- γλυκόζη) δεν έδειξαν σημαντικές διαφορές στη ΣΑΠ ( $p>0.05$  για όλα). Τέλος, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη διαστολική αρτηριακή πίεση (ΔΑΠ), μετά την κατανάλωση των όλων των τροφίμων ( $p>0.05$  για όλα), καθώς και στον υποκειμενικό κορεσμό μεταξύ των τροφίμων για όλες τις χρονικές στιγμές ( $p>0.05$  για όλα).



**Γράφημα 4.** Συστολική και διαστολική αρτηριακή πίεση πριν και μετά την κατανάλωση των υπό εξέταση τροφίμων (Δόση 4, 6 και 8g σπιρουλίνας) και του τροφίμου αναφοράς (D-γλυκόζη) (N=13). Οι τιμές παρουσιάζονται ως Μέση τιμή ± Τυπική απόκλιση (SEM). Τα δεδομένα συγκρίθηκαν χρησιμοποιώντας ανάλυση επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (Repeated measures ANOVA) με post hoc Tukey τεστ και διόρθωση Bonferroni για να προσδιοριστούν οι διαφορές μεταξύ των τροφίμων στην αρτηριακή πίεση. Η στατιστική σημαντικότητα ορίστηκε για  $p < 0.05$  (\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.005$  και \*\*\* $p < 0.001$ ). Συντομογραφίες: ΣΑΠ0: συστολική αρτηριακή πίεση στο χρόνο 0', ΣΑΠ120: συστολική αρτηριακή πίεση στο χρόνο 120', ΔΑΠ0: διαστολική αρτηριακή πίεση στο χρόνο 0', ΔΑΠ120: διαστολική αρτηριακή πίεση στο χρόνο 120'.

## 6. Συζήτηση

Τα κύρια ευρήματα των μελετών ήταν ότι:

1. Προσδιορίστηκε για πρώτη φορά ο ΓΔ σε κουλούρια με 3.12 g σπιρουλίνας / 100 g και ταξινομήθηκε ως τρόφιμο μετρίου ΓΔ στην κλίμακα D-γλυκόζης.
2. Από τις δόσεις που μελετήθηκαν (2.5, 4, 6 και 8 g) στις διεξαχθείσες μελέτες, οι δόσεις των 4 g και 8 g έδειξαν να μειώνουν την γλυκαιμική απόκριση, κατά περίπου 9 mg/dL, 120' μετά την κατανάλωσή τους όταν αξιολογήθηκαν οι τιμές των συγκεντρώσεων γλυκόζης αίματος ως η μέση διαφορά τους ανά χρονική στιγμή από τη γλυκόζη νηστείας (χρόνος 0') (Δ120-0).
3. Από τις δόσεις που μελετήθηκαν (2.5, 4, 6 και 8 g) στις διεξαχθείσες μελέτες η δόση των 8 g έδειξαν να μειώνει την γλυκαιμική απόκριση 120' μετά την κατανάλωσή της, όταν αξιολογήθηκαν οι τιμές των AUCs.
4. Από τις δόσεις που μελετήθηκαν μόνο η δόση των 8 g σπιρουλίνας μείωσε σημαντικά τη ΣΑΠ κατά 4.2 mmHg ή 3.7% 120' μετά την κατανάλωσή της σε υγιείς εθελοντές με φυσιολογική ΑΠ.

Ο ΓΔ σε κουλούρια με 3.12 g σπιρουλίνας/ 100 g, προσδιορίστηκε για πρώτη φορά. Η μελέτη με τα κουλούρια έδειξε ότι προσθήκη 2.5 g σπιρουλίνας (ισοδύναμη των 50 g διαθέσιμων υδατανθράκων) μείωσε μεταγευματικά τις τιμές γλυκόζης αίματος συγκριτικά με το τρόφιμο αναφοράς D-γλυκόζη, χωρίς όμως να παρουσιάζει διαφορές από το ΚΕ. Η μελέτη του ΓΔ κατηγοριοποίησε και τα δύο δείγματα κουλουριών, ΚΕ και ΚΣ, ως τρόφιμα μετρίου ΓΔ (59 και 60, αντίστοιχα, στην κλίμακα της D-γλυκόζης). Τα αποτελέσματα της μελέτης μας συμφωνούν μερικώς με τα αποτελέσματα άλλων μελετών όπου η προσθήκη 2.5 g σπιρουλίνας μείωσε το ΓΔ εξεταζόμενων παραδοσιακών Ινδικών συνταγών με βάση το ρύζι [22], [23]. Ωστόσο, ο σχεδιασμός των μελετών αυτών δεν χρησιμοποίησε το πρωτόκολλο του ISO 26642:2010 και δεν πρόκειται για τυχαίοποιημένες, διασταυρούμενες μελέτες. Τα αποτελέσματα της μελέτης μας συμφωνούν με τα συμπεράσματα μελέτης όπου η προσθήκη 2.5 g σπιρουλίνας σε μπάρα δημητριακών δεν επηρέασε το ΓΔ συγκριτικά με τυπική μπάρα δημητριακών [43]. Επιπλέον, η προσθήκη συγκέντρωσης 1% και 2% σπιρουλίνας σε σιρόπι χουρμά έδειξε να μειώνει το ΓΔ του σιροπιού ταξινομώντας το σε τρόφιμο χαμηλού προς μετρίου ΓΔ συγκριτικά με το σιρόπι αναφοράς το οποίο ήταν μετρίου ΓΔ [24]. Μελέτες προσθήκης σπιρουλίνας σε τρόφιμο με τις επιπλέον υπό διερεύνηση

δόσεις (4, 6, 8 g) δεν έχουν πραγματοποιηθεί και για το λόγο αυτό δεν μπορούμε να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα μας. Παρόλα αυτά, μελέτες έχουν διερευνήσει την επίδραση των παραπάνω δόσεων σε μορφή συμπληρώματος, στην γλυκαιμία και σε άλλους παράγοντες είτε βραχυπρόθεσμα είτε μακροπρόθεσμα.

Οι μελέτες που χρησιμοποιήθηκαν σε μία συστηματική ανασκόπηση έδειξαν να παρουσιάζουν αποκλίσεις μεταξύ των αποτελεσμάτων που λαμβάνονται, οι οποίες μπορούν να δικαιολογηθούν λόγω της ποικιλομορφίας που παρατηρείται στο σχεδιασμό των μελετών, στα χαρακτηριστικά του δείγματος, στη διάρκεια της μελέτης και στη δόση της σπιρουλίνας [20]. Έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές μελέτες όπου έχει διερευνηθεί η επίδραση της σπιρουλίνας ως συμπλήρωμα στην γλυκαιμία και σε άλλες παραμέτρους, αλλά όχι ως συστατικό σε τρόφιμα. Η δόση της σπιρουλίνας στα συμπληρώματα αυτά ποίκιλλε, χωρίς ωστόσο να έχει προσδιοριστεί η βέλτιστη δόση, λόγω των αμφιλεγόμενων αποτελεσμάτων που παρουσιάζουν οι μελέτες αυτές. [20]. Οι Kaur et al. χορήγησαν 1 g και 2 g, αντίστοιχα, σε μορφή κάψουλας σε άνδρες με διαβήτη χωρίς τη λήψη ινσουλίνης, για 2 μήνες. Η μελέτη αυτή έδειξε σημαντική αλλαγή στα επίπεδα γλυκόζης νηστείας και για τις δύο δόσεις, με τη δόση των 2 g να φαίνεται περισσότερο αποτελεσματική [11]. Η μελέτη των Parikh et al. στην οποία χορήγησαν επίσης συμπλήρωμα δόσης 2 g σπιρουλίνας σε 25 άτομα με διαβήτη τύπου 2 έδειξε να μειώνει σημαντικά τη γλυκόζη νηστείας αλλά και τα επίπεδα γλυκόζης μεταγευματικά, όπως και τη γλυκοζυλιωμένη αιμοσφαιρίνη (HbA1c) [10]. Παρόμοια αποτελέσματα λήφθηκαν από την μελέτη των Alam et al., οι οποίοι διαπίστωσαν ότι η πρόσληψη 7 g σπιρουλίνας/ημέρα σε μορφή σκόνης μείωσε σημαντικά τα επίπεδα γλυκόζης νηστείας χωρίς όμως να επηρεάζεται η γλυκοζυλιωμένη αιμοσφαιρίνη (HbA1c) [16]. Σε μία άλλη μελέτη, άτομα με διαβήτη τύπου 2 λάμβαναν καθημερινά 8 g σπιρουλίνας σε μορφή συμπληρώματος για 12 εβδομάδες. Ωστόσο, δεν βρέθηκαν σημαντικές μεταβολές στα επίπεδα γλυκόζης νηστείας, γλυκοζυλιωμένης αιμοσφαιρίνης (HbA1c) και στις συγκεντρώσεις ινσουλίνης [44].

Όσον αφορά την προσθήκη της σπιρουλίνας σε τρόφιμο, έχουν γίνει ελάχιστες έρευνες που μελέτησαν την επίδραση των τροφίμων αυτών στη γλυκαιμία και σε άλλους δείκτες. Η βραχυπρόθεσμη έρευνα των Mazloomi et al. μελέτησε την επίδραση της σπιρουλίνας σε σάλτσα στη γλυκαιμία, σε καρδιομεταβολικούς δείκτες κινδύνου και άλλους δείκτες σε ασθενείς με μη αλκοολική νόσο του ήπατος (NAFLD: nonalcoholic fatty liver disease). Συγκεκριμένα, σε μία τυχαίοποιημένη, διπλά τυφλή, κλινική μελέτη

με 46 συμμετέχοντες, οι οποίοι χωρίστηκαν σε δύο ισάριθμες ομάδες, χορήγησαν είτε σάλτσα με 2 g σπιρουλίνας είτε τυπική σάλτσα χωρίς σπιρουλίνα (placebo) και τους ζητήθηκε να την καταναλώνουν καθημερινά για 8 εβδομάδες. Η κατανάλωση της σάλτσας με σπιρουλίνα έδειξε βελτίωση στα ένζυμα του ήπατος στους ασθενείς με NAFLD, ενώ δεν παρατηρήθηκε αλλαγή στο γλυκαιμικό προφίλ τους, εκτός από τον δείκτη HOMA-IR, ο οποίος ήταν σημαντικά διαφορετικός μεταξύ των δύο ομάδων [25]. Μία συστηματική ανασκόπηση και μετά-ανάλυση έδειξε ότι η χορήγηση 8 g/ημέρα μείωσε σημαντικά τα επίπεδα των τριγλυκεριδίων σε παχύσαρκα άτομα, χωρίς να επηρεάσει τα επίπεδα γλυκόζης νηστείας και τα μεταγευματικά [21]. Μία άλλη συστηματική ανασκόπηση και μετά-ανάλυση έδειξε ότι σε άτομα ηλικίας μεγαλύτερης των 45 ετών, τα οποία ήταν υπέρβαρα ή παχύσαρκα, η κατανάλωση 4 g σπιρουλίνας ή μικρότερης δόσης μείωσε σημαντικά τη γλυκόζη νηστείας τους [20].

Αν και οι μηχανισμοί με τους οποίους δρα η σπιρουλίνα στη μείωση των επιπέδων γλυκόζης αίματος δεν έχουν πλήρως διερευνηθεί, υπάρχουν δεδομένα που μπορούν να δικαιολογήσουν τη δράση της. Η ποσότητα σιδήρου που περιέχεται στη σπιρουλίνα έχει προταθεί ότι βοηθάει στην αύξηση των επιπέδων αιμοσφαιρίνης, μειώνοντας τις συγκεντρώσεις γλυκόζης αίματος [18]. Ο ισχυρισμός ότι η σπιρουλίνα είναι υπεύθυνη για τη μείωση της γλυκόζης του αίματος οφείλεται πιθανώς στην περιεχόμενη ποσότητα της σε διαιτητικές ίνες και στην παρουσία πεπτιδίων με αντιδιαβητικές ικανότητες [20], [45]. Η υψηλή περιεκτικότητα σε διαιτητικές ίνες, μπορεί να μειώσει τις συγκεντρώσεις γλυκόζης αίματος μεταγευματικά, μέσω της έκκρισης ινσουλίνης [46]. Επιπλέον, σε πειράματα που έχουν πραγματοποιηθεί σε ποντίκια η κατανάλωση σπιρουλίνας έδειξε αυξημένη δράση της εξοκινάσης σε ηπατικά κύτταρα, η οποία πιθανά οφείλεται στην μεταφορά της γλυκόζης από το αίμα [13]. Σε μελέτη στην οποία ερευνήθηκε εκχύλισμα του *A. platensis* μέσω μοντέλου κυττάρου το οποίο είχε αντίσταση στην ινσουλίνη, εντοπίστηκαν 11 πεπτίδια τα οποία έδειξαν να έχουν κατασταλτική δράση στα ένζυμα α-αμυλάση, α-γλυκοζυδάση και διπεπτυλ-πεπτιδάση-4 (DPP-IV), τα οποία είναι υπεύθυνα για τον έλεγχο του διαβήτη τύπου 2 [45].

Όσον αφορά τη αξιολόγηση της επίδρασης κατανάλωσης των δόσεων σπιρουλίνας στην ΑΠ, μόνο η δόση των 8 g φάνηκε να έχει σημαντική μείωση στην ΣΑΠ, αλλά όχι στην ΔΑΠ. Λαμβάνοντας υπόψιν ότι οι συμμετέχοντες στην μελέτη μας ήταν νεαρής ηλικίας και φυσιολογικής ΑΠ, πρόκειται για ένα σημαντικό εύρημα. Τα αποτελέσματά μας έρχονται σε συμφωνία με τα ευρήματα άλλων μελετών, όπου παρατηρήθηκε

μείωση της ΣΑΠ, τόσο σε μορφή συμπληρώματος όσο και σε τρόφιμο. Οι Martinez-Samano et al. παρατήρησαν μείωση στην ΣΑΠ μετά την χορήγηση 4.5 g σπιρουλίνας για 12 εβδομάδες σε ασθενείς με υπέρταση [27]. Επιπλέον, μία άλλη μελέτη διαπίστωσε σημαντική μείωση στην ΣΑΠ και στην ΔΑΠ έπειτα από χορήγηση 4.5 g/ημέρα σπιρουλίνας για 6 εβδομάδες [26]. Αντίστοιχα, οι Mickze et al. διαπίστωσαν μείωση τόσο στην ΣΑΠ όσο και στη ΔΑΠ, μετά την κατανάλωση 2 g σπιρουλίνας για 3 μήνες σε υπέρβαρα άτομα με υπέρταση [47]. Ωστόσο, οι υπό εξέταση δόσεις των 2.5, 4, και 6 g φάνηκε να μην έχουν σημαντική επίδραση στην ΑΠ. Μελέτη που πραγματοποιήθηκε με την προσθήκη 2 g σπιρουλίνας σε σάλτσα και χορηγήθηκε καθημερινά για 8 εβδομάδες σε ασθενείς με υπέρταση έδειξε σημαντική μείωση τόσο στην ΣΑΠ, όσο και στην ΔΑΠ [29]. Μία πιθανή εξήγηση είναι ότι πιθανόν χρειάζεται μεγαλύτερο διάστημα χορήγησης των δόσεων αυτών, μιας και το κλινικό όφελος από τα αποτελέσματα άλλων μελετών φάνηκε στις 12 περίπου εβδομάδες [27], [47].

Η μείωση της ΣΑΠ πιθανά οφείλεται στο περιεχόμενο κάλιο της σπιρουλίνας, καθώς και η αντιοξειδωτική ικανότητα της C-φυκοκυανίνης και πεπτιδίων της σπιρουλίνας με αντιυπερτασικές ιδιότητες [27], [28], [44]. Η C-φυκοκυανίνη μπορεί να προκαλέσει μείωση στην ΑΠ μέσω έκφρασης του γονιδίου της ενδοθηλιακής συνθετάσης του νιτρικού οξειδίου (eNOS), το οποίο διαστέλλει τα αιμοφόρα αγγεία, αυξάνοντας την παροχή αίματος και παράγοντας μονοξειδίου του αζώτου (NO) το οποίο μπορεί να μειώσει την αντίσταση των αιμοφόρων αγγείων, μειώνοντας την καταπόνηση που δέχονται αυτά [27], [48]. Τα βιοενεργά πεπτιδία που απαντώνται στην C-φυκοκυανίνη μπορούν να καταστείλουν το μετατρεπτικό ένζυμο της αγγειοτενσίνης I (ACE) του συστήματος ρενίνης-αγγειοτενσίνης, με τη βοήθεια του οποίου σχηματίζεται η πρωτεΐνη αγγειοτενσίνη II, η οποία προκαλεί αύξηση της αρτηριακής πίεσης [29], [49], [50]. Ένας άλλος μηχανισμός ο οποίος είχε προταθεί είναι ότι τα βιοενεργά πεπτιδία από το εκχύλισμα της σπιρουλίνας, διευκολύνουν την απελευθέρωση NO μέσω του μονοπατιού PI3K (φωσφοϊνοσιτιδης 3-κινάσης)/AKT (σερίνη /θρεονίνη κινάση AKT) [51]. Από την άλλη, έχει προταθεί ότι η υψηλή περιεκτικότητα σε κάλιο και η χαμηλότερη σε νάτριο έχει αγγειοδιαστολική δράση διεγείροντας την δράση του ενζύμου Na-K ATPase της αντλίας Na-K, οδηγώντας σε χαλάρωση των αγγειακών λείων μυϊκών κυττάρων, μειώνοντας την ΑΠ [52].

Σε ότι αφορά την αξιολόγηση του υποκειμενικού κορεσμού μεταξύ των δόσεων της σπιρουλίνας, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές αλλαγές σε οξεία επίδραση, το οποίο μπορεί να δικαιολογηθεί στο ότι η διάρκεια των παρεμβάσεων ήταν σύντομη.

Οι παραπάνω μελέτες προσδιόρισαν για πρώτη φορά την επίδραση δόσεων σπιρουλίνας στη μεταγευματική γλυκαιμία και στην ΑΠ. Σύμφωνα με τα αποτελέσματά των μελετών μας, η σπιρουλίνα μπορεί να καταναλωθεί από άτομα με διαβήτη τύπου 2 ή/ και υπέρταση. Τα πλεονεκτήματα των ερευνών μας έγκειται στο ότι είναι τυχαιοποιημένες και διασταυρούμενες, δηλαδή οι συμμετέχοντες δρουν ως αντικείμενο ελέγχου του εαυτού τους. Οι περιορισμοί είναι ότι στις μελέτες μας δεν μετρήθηκε η ινσουλίνη πλάσματος ή άλλων δεικτών και περιορίσαμε τους παράγοντες που θα μπορούσαν να προκαλέσουν διακυμάνσεις στις τιμές της γλυκόζης αίματος (πχ έντονη σωματική άσκηση), καθώς και ότι οι συμμετέχοντες ήταν νεαρά, υγιή άτομα.

## **7. Συμπεράσματα**

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα των παρόντων μελετών έδειξαν χαμηλότερες γλυκαιμικές αποκρίσεις και τιμές ΣΑΠ, φανερώνοντας ότι η κατανάλωση σπιρουλίνας μπορεί να αποτελέσει εναλλακτική επιλογή για τον γλυκαιμικό έλεγχο και την υπέρταση. Παρόλα αυτά, είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθούν μακροπρόθεσμες μελέτες διερεύνησης, έτσι ώστε να μπορέσουν να κατανοηθούν σε βάθος οι μηχανισμοί με τους οποίους ένα τρόφιμο με σπιρουλίνα μπορεί να βελτιώσει τις γλυκαιμικές αποκρίσεις ατόμων με διαβήτη τύπου 2 ή/ και υπέρταση.



## 8. Βιβλιογραφία

- [1] T. Lafarga, J. M. Fernández-Sevilla, C. González-López, and F. G. Acién-Fernández, “Spirulina for the food and functional food industries,” *Food Research International*, vol. 137, p. 109356, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.foodres.2020.109356.
- [2] P. D. Karkos, S. C. Leong, C. D. Karkos, N. Sivaji, and D. A. Assimakopoulos, “Spirulina in Clinical Practice: Evidence-Based Human Applications,” *Evid Based Complement Alternat Med*, vol. 2011, p. 531053, 2011, doi: 10.1093/ecam/nen058.
- [3] M. E. Gershwin and A. Belay, in *Spirulina in Human Nutrition and Health*, CRC Press, 2007, pp. 3–22.
- [4] E. Kuru, in *Earth Food Spirulina (Arthrospira): Production and Quality Standards*, IntechOpen, 2012, pp. 191–202. doi: 10.5772/31848.
- [5] G. Gutiérrez-Salmeán, L. Fabila-Castillo, and G. Chamorro-Cevallos, “Nutritional and toxicological aspects of Spirulina (Arthrospira),” *Nutr Hosp*, vol. 32, no. 1, pp. 34–40, Jul. 2015, doi: 10.3305/nh.2015.32.1.9001.
- [6] A. A. Anvar and B. Nowruzi, “Bioactive Properties of Spirulina: A Review,” *microb bioacts*, vol. 4, no. 1, pp. 134–142, May 2021, doi: 10.25163/microbbioacts.412117B0719110521.
- [7] S. Grosshagauer, K. Kraemer, and V. Somoza, “The True Value of Spirulina,” *J. Agric. Food Chem.*, vol. 68, no. 14, pp. 4109–4115, Apr. 2020, doi: 10.1021/acs.jafc.9b08251.
- [8] “Food and Drug Administration. GRAS Notification for Spirulina microalgae,” Washington: FDA, 2002a. [Online]. Available: [https://www.cfsanappsexternal.fda.gov/scripts/fdcc/index.cfm?set=GRASNotices&id=101&sort=GRN\\_No&order=ASC&startnow=1&type=basic&search=265](https://www.cfsanappsexternal.fda.gov/scripts/fdcc/index.cfm?set=GRASNotices&id=101&sort=GRN_No&order=ASC&startnow=1&type=basic&search=265)
- [9] World Health Organization & Food and Agricultural Organization of the United Nations, “Safety evaluation of certain food additives: prepared by the eighty-sixth meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA),” 9789240004580, Nov. 2020. [Online]. Available: <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789240004580>
- [10] P. Parikh, U. Mani, and U. Iyer, “Role of Spirulina in the Control of Glycemia and Lipidemia in Type 2 Diabetes Mellitus,” *J Med Food*, vol. 4, no. 4, pp. 193–199, 2001, doi: 10.1089/10966200152744463.
- [11] K. Kaur, R. Sachdeva, and K. Grover, “Effect of supplementation of Spirulina on blood glucose and lipid profile of the non-insulin dependent,” *Asian Journal of Dairy and Food Research*, vol. 27, no. 3, pp. 202–208, 2008.
- [12] R. Deng and T.-J. Chow, “Hypolipidemic, Antioxidant, and Antiinflammatory Activities of Microalgae Spirulina,” *Cardiovascular Therapeutics*, vol. 28, no. 4, pp. e33–e45, 2010, doi: 10.1111/j.1755-5922.2010.00200.x.
- [13] A. Layam and C. L. K. Reddy, “Effect of supplementation of Spirulina on blood glucose, glycosylated hemoglobin and lipid profile of male noninsulin dependent diabetics,” *Asian J Exp Biol Sci*, vol. 1, pp. 36–46, Jan. 2010.
- [14] E. E. Mazokopakis, M. G. Papadomanolaki, A. A. Fousteris, D. A. Kotsiris, I. M. Lampadakis, and E. S. Ganotakis, “The hepatoprotective and hypolipidemic effects of Spirulina (*Arthrospira platensis*) supplementation in a Cretan population with non-alcoholic fatty liver disease: a prospective pilot study,” *Ann Gastroenterol*, vol. 27, no. 4, pp. 387–394, 2014.
- [15] E. E. Mazokopakis, I. K. Starakis, M. G. Papadomanolaki, N. G. Mavroei, and E. S. Ganotakis, “The hypolipidaemic effects of Spirulina (*Arthrospira platensis*) supplementation in a Cretan population: a prospective study,” *J Sci Food Agric*, vol. 94, no. 3, pp. 432–437, Feb. 2014, doi: 10.1002/jsfa.6261.
- [16] A. Alam, S. Ma, A. Quamri, S. Fatima, M. Roqaiya, and Z. Ahmad, “Efficacy of Spirulina (Tahlab) in Patients of Type 2 Diabetes Mellitus (Ziabetus Shakri) - A Randomized Controlled Trial,” 2016, doi: 10.4172/2155-6156.1000710.

- [17] H.-J. Park and H.-S. Lee, "The influence of obesity on the effects of spirulina supplementation in the human metabolic response of Korean elderly," *Nutr Res Pract*, vol. 10, no. 4, pp. 418–423, Aug. 2016, doi: 10.4162/nrp.2016.10.4.418.
- [18] M.-C. Serban *et al.*, "A systematic review and meta-analysis of the impact of Spirulina supplementation on plasma lipid concentrations," *Clinical Nutrition*, vol. 35, no. 4, pp. 842–851, Aug. 2016, doi: 10.1016/j.clnu.2015.09.007.
- [19] A. Finamore, M. Palmery, S. Bensehaila, and I. Peluso, "Antioxidant, Immunomodulating, and Microbial-Modulating Activities of the Sustainable and Ecofriendly Spirulina," *Oxid Med Cell Longev*, vol. 2017, p. 3247528, 2017, doi: 10.1155/2017/3247528.
- [20] Z. Hamedifard, A. Milajerdi, Ž. Reiner, M. Taghizadeh, F. Kolehdooz, and Z. Asemi, "The effects of spirulina on glycemic control and serum lipoproteins in patients with metabolic syndrome and related disorders: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials," *Phytotherapy Research*, vol. 33, no. 10, pp. 2609–2621, 2019, doi: 10.1002/ptr.6441.
- [21] S. L. Bohórquez-Medina *et al.*, "Impact of spirulina supplementation on obesity-related metabolic disorders: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials," *NFS Journal*, vol. 25, pp. 21–30, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.nfs.2021.09.003.
- [22] U. M. Iyer, S. Ahmedi, and U. V. Mani, "Glycemic and Lipemic Responses of Selected Spirulina -Supplemented Rice-Based Recipes in Normal Subjects," *INT. J. DIAB. DEV. COUNTRIES*, vol. 19, 1999, Accessed: Jun. 14, 2022. [Online]. Available: <https://www.semanticscholar.org/paper/GLYCEMIC-AND-LIPEMIC-RESPONSES-OF-SELECTED-RECIPES-IyerUma-Sophia/53503ac26aed0fc462d5db7d2fc818a4f20ffcbb>
- [23] U. Iyer, S. Deshmukh, and U. V. Mani, "Glycemic index of spirulina supplemented meals," *INT. J. DIAB. DEV. COUNTRIES*, vol. 19, p. 5, 1999.
- [24] Y. Mimouni Yamina, O. Siboukeur, and I. Merabet, "Effect Of Adding The Spirulina (*Arthrospira Platensis*), To Date Syrup On Glycemic Response And Its Effectiveness To Reduce Post Prandial Blood Glucose," *Internation Journal of Scientific Research*, vol. 4, no. 5, Dec. 2015, doi: <https://www.doi.org/10.36106/ijshr>.
- [25] S. M. Mazloomi *et al.*, "The effect of Spirulina sauce, as a functional food, on cardiometabolic risk factors, oxidative stress biomarkers, glycemic profile, and liver enzymes in nonalcoholic fatty liver disease patients: A randomized double-blinded clinical trial," *Food Sci Nutr*, vol. 10, no. 2, pp. 317–328, Feb. 2022, doi: 10.1002/fsn3.2368.
- [26] P. V. Torres-Duran, A. Ferreira-Hermosillo, and M. A. Juárez-Oropeza, "Antihyperlipemic and antihypertensive effects of Spirulina maxima in an open sample of Mexican population: a preliminary report," *Lipids Health Dis*, vol. 6, p. 33, Nov. 2007, doi: 10.1186/1476-511X-6-33.
- [27] J. Martínez-Sámano, A. Torres-Montes de Oca, O. I. Luqueño-Bocardo, P. V. Torres-Durán, and M. A. Juárez-Oropeza, "Spirulina maxima Decreases Endothelial Damage and Oxidative Stress Indicators in Patients with Systemic Arterial Hypertension: Results from Exploratory Controlled Clinical Trial," *Mar Drugs*, vol. 16, no. 12, p. 496, Dec. 2018, doi: 10.3390/md16120496.
- [28] P. Machowicz, G. Ręka, M. Maksymowicz, H. Pieciewicz-Szczęsna, and A. Smoleń, "Effect of Spirulina Supplementation on Systolic and Diastolic Blood Pressure: Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials," *Nutrients*, vol. 13, no. 9, p. 3054, Aug. 2021, doi: 10.3390/nu13093054.
- [29] Z. Ghaem Far *et al.*, "Antihypertensive and antihyperlipemic of spirulina (*Arthrospira platensis*) sauce on patients with hypertension: A randomized triple-blind placebo-controlled clinical trial," *Phytotherapy Research*, vol. 35, no. 11, pp. 6181–6190, 2021, doi: 10.1002/ptr.7254.
- [30] ISO 26642, "Food products — Determination of the glycaemic index (GI) and recommendation for food classification," 2010. Accessed: Feb. 17, 2022. [Online]. Available: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:26642:ed-1:v1:en>

- [31] D. J. A. Jenkins, A. L. Jenkins, T. M. S. Wolever, R. G. Josse, and G. S. Wong, "The Glycaemic response to carbohydrate foods," *The Lancet*, vol. 324, no. 8399, pp. 388–391, Aug. 1984, doi: 10.1016/S0140-6736(84)90554-3.
- [32] T. M. Wolever, D. J. Jenkins, A. L. Jenkins, and R. G. Josse, "The glycemic index: methodology and clinical implications," *Am J Clin Nutr*, vol. 54, no. 5, pp. 846–854, Nov. 1991, doi: 10.1093/ajcn/54.5.846.
- [33] J. C. Brand-Miller, "Glycemic load and chronic disease," *Nutr Rev*, vol. 61, no. 5 Pt 2, pp. S49–S55, Dec. 2003, doi: 10.1301/nr.2003.may.S49-S55.
- [34] World Health Organization, "Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases: report of a joint WHO/FAO expert consultation, Geneva, 28 January - 1 February 2002," World Health Organization, 2003. Accessed: Jun. 22, 2022. [Online]. Available: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42665>
- [35] L. S. A. Augustin *et al.*, "Glycemic index, glycemic load and glycemic response: An International Scientific Consensus Summit from the International Carbohydrate Quality Consortium (ICQC)," *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, vol. 25, no. 9, pp. 795–815, Sep. 2015, doi: 10.1016/j.numecd.2015.05.005.
- [36] J. A. Monro and M. Shaw, "Glycemic impact, glycemic glucose equivalents, glycemic index, and glycemic load: definitions, distinctions, and implications," *Am J Clin Nutr*, vol. 87, no. 1, pp. 237S–243S, Jan. 2008, doi: 10.1093/ajcn/87.1.237S.
- [37] F. Brouns *et al.*, "Glycaemic index methodology," *Nutr Res Rev*, vol. 18, no. 1, pp. 145–171, Jun. 2005, doi: 10.1079/NRR2005100.
- [38] "Research Randomizer," Jun. 06, 2022. <https://www.randomizer.org/> (accessed Jun. 06, 2022).
- [39] Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation, "Carbohydrates in human nutrition," 1998.
- [40] "<https://www.eurofir.org/foodinformation/foodcomposition-databases-2/>" <https://www.eurofir.org/foodinformation/foodcomposition-databases-2/>
- [41] A. Flint, A. Raben, J. E. Blundell, and A. Astrup, "Reproducibility, power and validity of visual analogue scales in assessment of appetite sensations in single test meal studies," *Int J Obes*, vol. 24, no. 1, Art. no. 1, Jan. 2000, doi: 10.1038/sj.ijo.0801083.
- [42] J. Bao, F. Atkinson, P. Petocz, W. C. Willett, and J. C. Brand-Miller, "Prediction of postprandial glycemia and insulinemia in lean, young, healthy adults: Glycemic load compared with carbohydrate content alone," *American Journal of Clinical Nutrition*, vol. 93, no. 5, pp. 984–996, 2011, doi: 10.3945/ajcn.110.005033.
- [43] C. V. Farago, G. B. de Melo, G. B. Escher, M. V. Marcon, D. Granato, and E. D. G. Danesi, "Cereal bars made from brewers' spent grain, apple and *Spirulina platensis*: antioxidant activity and antihyperglycaemic effects," *Research, Society and Development*, vol. 10, no. 5, Art. no. 5, May 2021, doi: 10.33448/rsd-v10i5.14997.
- [44] E. H. Lee, J.-E. Park, Y.-J. Choi, K.-B. Huh, and W.-Y. Kim, "A randomized study to establish the effects of spirulina in type 2 diabetes mellitus patients," *Nutr Res Pract*, vol. 2, no. 4, pp. 295–300, Dec. 2008, doi: 10.4162/nrp.2008.2.4.295.
- [45] S. Hu, X. Fan, P. Qi, and X. Zhang, "Identification of anti-diabetes peptides from *Spirulina platensis*," *Journal of Functional Foods*, vol. 56, pp. 333–341, May 2019, doi: 10.1016/j.jff.2019.03.024.
- [46] G. Meineri, F. Ingravalle, E. Radice, M. Aragno, and P. G. Peiretti, "Effects of high fat diets and *Spirulina platensis* supplementation in New Zealand White Rabbits," *Journal of Animal and Veterinary Advances*, vol. 8, pp. 2735–2744, Jan. 2009, doi: 10.3923/javaa.2009.2735.2744.
- [47] A. Miczke *et al.*, "Effects of spirulina consumption on body weight, blood pressure, and endothelial function in overweight hypertensive Caucasians: a double-blind, placebo-controlled, randomized trial," *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, vol. 20, no. 1, pp. 150–156, 2016.
- [48] M. Ichimura *et al.*, "Phycocyanin prevents hypertension and low serum adiponectin level in a rat model of metabolic syndrome," *Nutrition Research*, vol. 33, no. 5, pp. 397–405, May 2013, doi: 10.1016/j.nutres.2013.03.006.

- [49] J. Lu, D.-F. Ren, Y.-L. Xue, Y. Sawano, T. Miyakawa, and M. Tanokura, "Isolation of an antihypertensive peptide from alcalase digest of *Spirulina platensis*," *J Agric Food Chem*, vol. 58, no. 12, pp. 7166–7171, Jun. 2010, doi: 10.1021/jf100193f.
- [50] C. A. Ovando, J. C. de Carvalho, G. Vinícius de Melo Pereira, P. Jacques, V. T. Soccol, and C. R. Soccol, "Functional properties and health benefits of bioactive peptides derived from *Spirulina*: A review," *Food Reviews International*, vol. 34, no. 1, pp. 34–51, Jan. 2018, doi: 10.1080/87559129.2016.1210632.
- [51] A. Carrizzo *et al.*, "Novel Potent Decameric Peptide of *Spirulina platensis* Reduces Blood Pressure Levels Through a PI3K/AKT/eNOS-Dependent Mechanism," *Hypertension*, vol. 73, no. 2, pp. 449–457, Feb. 2019, doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.118.11801.
- [52] Y. M. Barri and C. S. Wingo, "The Effects of Potassium Depletion and Supplementation on Blood Pressure: A Clinical Review," *The American Journal of the Medical Sciences*, vol. 314, no. 1, pp. 37–40, Jul. 1997, doi: 10.1016/S0002-9629(15)40154-5.

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

## International Physical Activity Questionnaire\*

Short - self answered - 8 items

Greek Version\*\*

Οι παρακάτω ερωτήσεις αφορούν στο χρόνο που έχετε αφιερώσει για κάποια σωματική δραστηριότητα τις τελευταίες 7 ημέρες. Περιλαμβάνουν ερωτήσεις σχετικά με δραστηριότητες που κάνετε κατά την εργασία σας, στις μετακινήσεις σας, στις δουλειές του σπιτιού, του κήπου και στον ελεύθερο χρόνο σας για ψυχαγωγία, άσκηση ή άθληση. Σας παρακαλώ να απαντήσετε όλες τις ερωτήσεις, ακόμα και εάν πιστεύετε ότι δεν είστε ένα ιδιαίτερα σωματικά δραστήριο άτομο.

Πριν απαντήσετε τις ερωτήσεις 1 και 2, σκεφτείτε όλες τις έντονες σωματικές δραστηριότητες που κάνατε κατά τις τελευταίες 7 ημέρες. Μια έντονη σωματική δραστηριότητα αναφέρεται σε δραστηριότητες που απαιτούν έντονη σωματική προσπάθεια και σας κάνουν να αναπνέετε σημαντικά δυσκολότερα από ότι συνήθως. Σκεφθείτε μόνο τις έντονες σωματικές δραστηριότητες που κάνατε και είχαν διάρκεια μεγαλύτερη από 10 λεπτά κάθε φορά.

- 1. Κατά τις τελευταίες 7 ημέρες, πόσες ημέρες κάνατε κάποια έντονη σωματική δραστηριότητα, όπως σκάψιμο, έντονη άσκηση με βάρη, τρέξιμο σε διάδρομο με κλίση, γρήγορο τρέξιμο, aerobics, γρήγορη ποδηλασία, γρήγορη κολύμβηση, τένις μονό, αγώνας σε γήπεδο (ποδόσφαιρο, basketball-μπάσκετ, volleyball-βόλεϊ, κλπ);**

\_\_\_\_\_ ημέρες ανά εβδομάδα

εάν δεν κάνατε έντονες σωματικές δραστηριότητες, τότε προχωρήστε στην ερώτηση 3

- 2. Τις ημέρες που κάνατε κάποια έντονη σωματική δραστηριότητα, πόσο χρόνο αφιερώνετε συνήθως;**

\_\_\_\_\_ λεπτά ανά ημέρα

δεν γνωρίζω/δεν είμαι βέβαιος

Πριν απαντήσετε τις ερωτήσεις 3 και 4, σκεφτείτε όλες τις μέτριας έντασης σωματικές δραστηριότητες που κάνατε κατά τις τελευταίες 7 ημέρες. Μια μέτριας έντασης σωματική δραστηριότητα αναφέρεται σε δραστηριότητες που απαιτούν μέτρια σωματική προσπάθεια και σας κάνουν να αναπνέετε κάπως δυσκολότερα από ότι συνήθως. Σκεφθείτε μόνο τις μέτριας έντασης σωματικές δραστηριότητες που κάνατε και είχαν διάρκεια μεγαλύτερη από 10 λεπτά κάθε φορά.

\* The IPAQ group: <https://sites.google.com/site/theipaq/home>

\*\* Papathanasiou G, et al. *Hellenic J Cardiol.* 2009; 50: 283-294.

**8. Κατά τις τελευταίες 7 ημέρες, ποια ήταν η ένταση της σωματικής δραστηριότητας που κάνατε;**

	Έντονη	Μέτρια	Χαμηλή	Δεν γνωρίζω
1. στην εργασία (δουλειά)				
2. στις μετακινήσεις				
3. στις δουλειές μέσα στο σπίτι και γύρω από αυτό (συμπεριλαμβανομένου του νοικοκυριού, της κηπουρικής, των γενικών επισκευών ή τη φροντίδα της οικογένειας)				
4. για ψυχαγωγία, άθληση και δραστηριότητες ελεύθερου χρόνου				

**Τέλος του ερωτηματολογίου. Σας ευχαριστούμε για τη συμμετοχή σας.**



ΩΡΑ ΑΦΥΠΝΙΣΗΣ:

(Είναι η συνήθης; )

Η μέρα αυτή ήταν τυπική;

Αν όχι γιατί;

Η διατροφή σας διαφοροποιείται τα σαββατοκύριακα;

Αν ναι πώς;

Πόσο αλάτι προσθέτετε στο φαγητό στο τραπέζι;

Πόσο ελαιόλαδο προσθέτετε στο φαγητό στο τραπέζι;

Υπάρχουν τρόφιμα τα οποία δεν καταναλώνετε;



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ

### Κωδικός

Όνοματεπώνυμο:.....

### Ιατρικό Ιστορικό

Σας έχει ενημερώσει κάποιος γιατρός ή άλλος επαγγελματίας υγείας ότι έχετε κάποια από τις παρακάτω ασθένειες;

Υπέρταση..... Ηπατική Νόσος.....Καρδιαγγειακή Νόσος.....

Εντερική Νόσος..... Νεφρική Νόσος..... Πνευμονική Νόσος..... Έλκος.....

Υπερχοληστερολαιμία..... Καρκίνος.....

Έχετε κάποιο από τα παρακάτω ενοχλήματα;

Διάρροια..... Δυσκοιλιότητα..... Πυρετός..... Ναυτία.....

Έλλειψη όρεξης..... Δυσκολία κατάποσης.....

### Ιστορικό λήψης φαρμάκων

Όνομα φαρμάκου	Δόση	Συχνότητα	Διάρκεια	Πάθηση για την οποία λαμβάνεται
----------------	------	-----------	----------	---------------------------------

.....	.....	.....	.....	.....
-------	-------	-------	-------	-------

.....	.....	.....	.....	.....
-------	-------	-------	-------	-------

.....	.....	.....	.....	.....
-------	-------	-------	-------	-------

Έχετε κάποιες παρενέργειες από τη λήψη φαρμάκων;.....

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV

ΕΘΕΛΟΝΤΗΣ: ΟΝΟΜΑ \_\_\_\_\_ ΚΩΔΙΚΟΣ \_\_\_\_\_

ΕΠΙΣΚΕΨΗ: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

ΧΡΟΝΟΣ: 0, 15, 30, 45, 60, 90, 120

## ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

FEELINGS OF HUNGER

ΑΙΣΘΗΜΑ ΠΕΙΝΑΣ

1. Πόσο πεινασμένος/η νιώθετε (αυτή τη στιγμή);

Καθόλου πεινασμένος Εξαιρετικά πεινασμένος



0

10

(καθόλου πεινασμένος/η)

Περισσότερο  
από όσο έχω  
νιώσει ποτέ

«καθόλου πεινασμένος/η» έως «περισσότερο από όσο έχω νιώσει ποτέ»  
ή «καθόλου έντονα» έως «πάρα πολύ έντονα» (επιθυμία)

DESIRE TO EAT

ΕΠΙΘΥΜΙΑ ΓΙΑ ΦΑΓΗΤΟ

2. Πόσο δυνατή είναι η επιθυμία σας για φαγητό αυτή τη στιγμή;  
(how strong is your desire to eat at this moment?)

Πολύ Πολύ  
Αδύναμη Ισχυρή



0

10

very weak

very strong

PREOCCUPATION WITH THOUGHTS OF FOOD  
ΕΝΑΣΧΟΛΗΣΗ ΜΕ ΤΟ ΦΑΓΗΤΟ

3. Πόσο σκέφτεστε το φαγητό;



PERCEIVED FULLNESS  
ΑΝΤΙΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΗ ΠΛΗΡΟΤΗΤΑ

4. Πόσο χορτασμένος/η νιώθετε; (how full does your stomach feel at this moment)



MOTIVATION TO EAT

5. How much food do you think you could eat at this moment?

Πόσο φαγητό νομίζετε ότι μπορείτε να καταναλώσετε αυτή τη στιγμή;

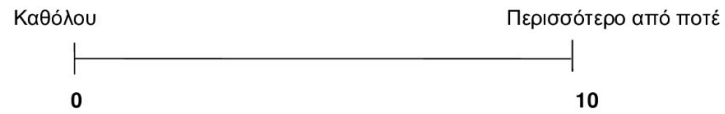


0

10

THIRST  
ΔΙΨΑ

6. Πόσο διψασμένος/η νιώθεις αυτή τη στιγμή;  
(How thirsty do you feel at this moment?)



ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ

7. Πόσο ευχαριστημένος/η νιώθετε από τα τρόφιμα που καταναλώσατε;



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V

Κωδικός Εθελοντή: .....

Αριθμός Επίσκεψης: .....

Α/Α	Μετρήσεις Γλυκόζης	Ωρα
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

Κωδικός Εθελοντή: .....

Αριθμός Επίσκεψης: .....

Α/Α	Μετρήσεις Πίεσης	Ωρα
1		
2		
3		
4		

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS

ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ  
Πρόεδρος: Ελευθέριος Δροσινός  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΖΩΗΣ  
Υπεύθυνη: Αιμιλία Παπακωνσταντίνου

## Τίτλος Μελέτης:

«Οξεία επίδραση της σπιρουλίνας στην αρτηριακή πίεση και στη μεταγευματική γλυκαιμία»

## ΕΝΤΥΠΟ ΣΥΝΑΙΝΕΣΗΣ ΕΘΕΛΟΝΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ

Έπειτα από προσεκτική ανάγνωση του Εντύπου Πληροφόρησης Εθελοντών δηλώνω υπεύθυνα ότι έλαβα γνώση σχετικά με πρωτόκολλο της μελέτης με τίτλο:

«ΟΞΕΙΑ ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΣΠΙΡΟΥΛΙΝΑΣ ΣΤΗΝ ΑΡΤΗΡΙΑΚΗ ΠΙΕΣΗ ΚΑΙ ΣΤΗ ΜΕΤΑΓΕΥΜΑΤΙΚΗ ΓΛΥΚΑΙΜΙΑ»

και δέχομαι να συμμετέχω σε αυτή.

Η έγγραφη αυτή συγκατάθεση είναι δυνατόν, ανά πάσα στιγμή, να ανακληθεί σύμφωνα και αποκλειστικά με την επιθυμία μου.

Ημερομηνία συγκατάθεσης:.....

Όνοματεπώνυμο εθελοντή:.....

Υπογραφή εθελοντή:.....

**Υπεύθυνος Ερευνητής**

Εργαστήριο Διαιτολογίας και Ποιότητας Ζωής  
Κτίριο Πρόην Εθνικής Επιτροπής Γάλακτος, 1<sup>ος</sup> όροφος  
Ιερά Οδός 75, 11855, Αθήνα  
Τηλ.: 2105294967



ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ

Πρόεδρος: Ελευθέριος Δροσινός

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΙΑΙΤΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΖΩΗΣ

Υπεύθυνη: Αιμιλία Παπακωνσταντίνου

**Τίτλος Μελέτης:**

«Οξεία επίδραση της σπιρουλίνας στην αρτηριακή πίεση και στη μεταγευματική γλυκαιμία»

**ΕΝΤΥΠΟ ΠΑΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ ΕΘΕΛΟΝΤΩΝ**

Σκοπός της μελέτης είναι να διερευνήσει την οξεία επίδραση της κατανάλωσης σπιρουλίνας διαλυμένης σε νερό έναντι της καθαρής γλυκόζης στη γλυκαιμική απόκριση, την αρτηριακή πίεση και τον υποκειμενικό κορεσμό υγιών ενηλίκων εθελοντών. Για το σκοπό αυτό θα χρειαστεί να καταναλώσετε 3 διαφορετικές δόσεις σπιρουλίνας (4γρ, 6γρ και 8γρ σπιρουλίνα), ώστε να ελεγχθεί ποια ποσότητα αυτής είναι αποτελεσματική βραχυπρόθεσμα στη βελτίωση των προαναφερθέντων παραμέτρων. Τα αποτελέσματα αυτά θα χρησιμοποιηθούν στην παραγωγή ενός καινοτόμου προϊόντος γιαουρτιού υψηλής ποιότητας και με βιολειτουργικές ιδιότητες.

Θα σας ζητηθεί να συμμετάσχετε σε μία διπλά τυφλή διασταυρούμενη τυχαιοποιημένη κλινική μελέτη, η οποία θα πραγματοποιηθεί στο Εργαστήριο Διαιτολογίας και Ποιότητας Ζωής. Τα κριτήρια εισαγωγής στη μελέτη είναι τα εξής:

- Υγείς άνδρες και γυναίκες, ηλικίας 18-55 ετών με Δείκτη Μάζας Σώματος (ΔΜΣ) = 18,5-25 kg/m<sup>2</sup>, οι οποίοι δεν ακολουθούν κάποιο πρόγραμμα απώλειας βάρους
- Απουσία προβλημάτων υγείας όπως καρδιαγγειακά νοσήματα, σακχαρώδης διαβήτης, ηπατοπάθεια, νεφροπάθεια, κατάθλιψη, σύνδρομο πολυκυστικών ωοθηκών, γαστρεντερικές διαταραχές, διαταραχές του θυρεοειδή αδένα, φλεγμονώδεις νόσοι και αυτοάνοσα νοσήματα
- Φυσιολογική αρτηριακή πίεση
- Απουσία εγκυμοσύνης και θηλασμού
- Απουσία λήψης φαρμακευτικής αγωγής, η οποία επηρεάζει τη γλυκαιμία όπως γλυκοκορτικοειδή, μετφορμίνη, θυρεοειδικές ορμόνες και θειαζιδικά διουρητικά, αλλά και συμπληρωμάτων διατροφής που περιέχουν την υπό εξέταση ουσία
- Μη καπνιστές
- Απουσία γνωστής αλλεργίας στα υπό εξέταση διαλύματα.

Θα σας ζητηθεί να προσέλθετε πρωινή ώρα, περίπου στις 09:00, στο Εργαστήριο Διαιτολογίας και Ποιότητας Ζωής συνολικά 5 φορές, με διάστημα τουλάχιστον 2 ημερών



μεταξύ των επισκέψεων, μετά από 10-14 ώρες νηστείας. Χρειάζεται να έχετε καταναλώσει το τελευταίο σας γεύμα μέχρι τις 21:00 το προηγούμενο βράδυ, να μην έχετε καταναλώσει αλκοόλ και να μην έχετε ασκηθεί έντονα την προηγούμενη ημέρα.

Σε κάθε επίσκεψη, στην έναρξη (χρόνος 0) θα πραγματοποιηθούν μετρήσεις τριχοειδικής γλυκόζης (από το δάχτυλο). Στη συνέχεια, θα καταναλώσετε με τυχαία σειρά, 50γρ διαθέσιμων υδατανθράκων από τα υπό εξέταση διαλύματα σπιρουλίνας από μία φορά το κάθε ένα, και καθαρή γλυκόζη διαλυμένη σε περίπου 300mL νερό, ως τρόφιμο αναφοράς, 2 φορές. Όλα τα υπό εξέταση διαλύματα θα καταναλωθούν σε ποσότητες, οι οποίες αποδίδουν 50γρ διαθέσιμων υδατανθράκων, σε διάρκεια 5-10 λεπτών. Οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων γλυκόζης τριχοειδικού αίματος θα πραγματοποιηθούν στους χρόνους 0, 15, 30, 45, 60, 90, 120 λεπτά. Παράλληλα, θα γίνει μέτρηση της αρτηριακής πίεσης στους χρόνους 0 και 120 λεπτά και του υποκειμενικού κορεσμού με οπτικές αναλογικές κλίμακες στους χρόνους 0, 15, 30, 45, 60, 90 και 120 λεπτά. Τέλος, θα ληφθεί ανάκληση 24ώρου σε κάθε επίσκεψη.

Στην πρώτη επίσκεψη θα σας ζητηθεί να συμπληρώσετε πλήρες ιατρικό ιστορικό, φύλλο συλλογής δημογραφικών στοιχείων, καθώς και ερωτηματολόγια γενικής διάθεσης, αντιλαμβανόμενου στρες και φυσικής δραστηριότητας. Επιπρόσθετα, θα σας ζητηθεί να καταναλώνετε περίπου τα ίδια τρόφιμα όλες τις ημέρες της παρέμβασης και να μην αλλάξετε τις συνήθειες φυσικής δραστηριότητας ή άσκησης.

Με την έναρξη της μελέτης, θα πραγματοποιηθούν μία φορά ανθρωπομετρικές μετρήσεις (βάρος, ύψος, περιφέρεια μέσης και περιφέρεια ισχίων) και ανάλυση σύστασης σώματος με βάση τη μέθοδο της Βιοηλεκτρικής Εμπέδησης (BIA).

- Τα δεδομένα που θα προκύψουν από τη μελέτη θα δημοσιευτούν σε έγκριτα περιοδικά και θα παρουσιαστούν σε επιστημονικά συνέδρια.
- Θα ενημερωθείτε πλήρως για τα αποτελέσματα των αναλύσεών σας.
- Τα προσωπικά σας δεδομένα δεν θα δημοσιευθούν και το ιατρικό απόρρητο θα προστατευτεί. Κανένα μέλος της ερευνητικής ομάδας δεν θα έχει πρόσβαση στα δεδομένα αυτά, πέραν της Επιστημονικής Υπεύθυνης.

#### **Υπεύθυνος Ερευνητής**

Εργαστήριο Διαιτολογίας και Ποιότητας Ζωής  
Κτίριο Πρόην Εθνικής Επιτροπής Γάλακτος, 1<sup>ος</sup> όροφος  
Ιερά Οδός 75, 11855, Αθήνα  
Τηλ.: 2105294967