



Εργαστήριο 11^ο: Ενεργειακό περιεχόμενο τροφίμων

Κατανομή ενέργειας στον οργανισμό

Η Ενέργεια των τροφίμων ή Ενεργειακό περιεχόμενο των τροφίμων (Ετ) είναι το ποσό αυτής που απελευθερώνεται κατά τον μεταβολισμό των πρωτεϊνών, των λιπών και των υδατανθράκων.

Η Ενέργεια Ετ ενός τροφίμου είναι ίση με το άθροισμα ενεργειών Ετ(λ), Ετ(π) και Ετ(υ) που απελευθερώνονται στον οργανισμό κατά τον καταβολισμό των λιπών, των πρωτεϊνών και των υδατανθράκων που περιέχονται στα τρόφιμα:

$$Ετ = Ετ(λ) + Ετ(π) + Ετ(υ)$$

Η Ενέργεια των τροφίμων Ετ ουσιαστικά είναι η διαφορά (ΔΕ) της ολικής ενέργειας που περιέχεται στα μόρια-καύσιμα (Εαρχ) μείον την ενέργεια που μένει στα προϊόντα του καταβολισμού (Ετελ).

$$Ετ = ΔΕ = Εαρχ - Ετελ$$

Συνήθως με τον όρο ενέργεια των τροφίμων ή ενεργειακό περιεχόμενο των τροφίμων χαρακτηρίζουμε την ωφέλιμη ενέργεια (μεταβολιζόμενη ενέργεια), εφ' όσον η ενέργεια των τροφίμων δεν καταναλώνεται εξ ολοκλήρου από τον ανθρώπινο οργανισμό. Συνοπτικά τα αίτια αυτής της μερικής χρήσης είναι:

- Στα τρόφιμα υπάρχουν μόρια-καύσιμα τα οποία δεν αφομοιώνονται και δεν μεταβολίζονται (π.χ. κυτταρίνη)
- Και τα τρία καύσιμα πρωτεΐνες, λίπη και υδατάνθρακες δεν απορροφούνται εξ ολοκλήρου από τον οργανισμό.
- Οι πρωτεΐνες δίνουν προϊόντα αποικοδόμησης με σημαντικό ποσό ενέργειας (κυρίως ουρία) που χάνεται κατά την αποβολή αυτών των ενώσεων δια της ουροφόρου οδού.

Αφομοιώσιμη ενέργεια (Α.Ε.) (D.E. = Digestible energy) : είναι το ποσό της ενέργειας που αντιστοιχεί στα συστατικά των τροφίμων που απορροφούνται και αφομοιώνονται από τον οργανισμό και ισούται με την ενέργεια που προσλαμβάνεται (Ετ) μείον αυτή που χάνεται στα κόπρανα (Εκ).

$$ΑΕ = Ετ - Εκ$$

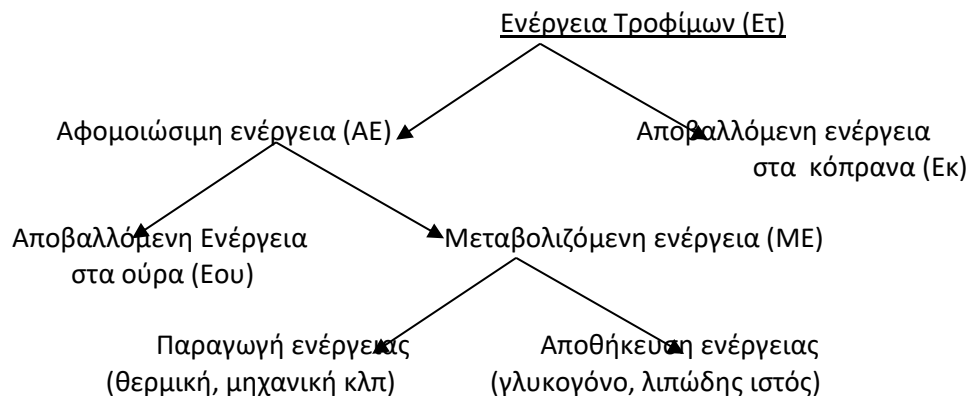
Μεταβολιζόμενη ενέργεια (Μ.Ε.) (M.E. = Metabolizably energy) : είναι το ποσό της ενέργειας που αντιστοιχεί στα συστατικά των τροφίμων που απορροφούνται και καταβολίζονται και ισούται με την αφομοιώσιμη ενέργεια (ΑΕ) μείον αυτή που χάνεται στα ούρα (Εου).

$$ΜΕ = ΑΕ - Εου$$

Όπως αναφέρθηκε και πριν η μεταβολιζόμενη ενέργεια συνήθως αναφέρεται σαν ενέργεια των τροφίμων. Αρκετά συχνά χρησιμοποιούνται και οι όροι *ενεργειακή αξία* ή *ενεργειακό περιεχόμενο* ή *θερμιδική αξία τροφίμου* υπονοώντας πάντα τη μεταβολιζόμενη ενέργεια.



Στο παρακάτω σχήμα δίνεται διαγραμματικά η κατανομή της ενέργειας στον οργανισμό.



Μέθοδοι προσδιορισμού της ενέργειας των τροφίμων

Η ενέργεια που περιέχουν τα τρόφιμα βρίσκεται μέσα στα μόρια- καύσιμα υπό μορφή ενέργειας χημικών δεσμών. Ο καταβολισμός οδηγεί στη διάσπαση αυτών των δεσμών και στην απελευθέρωση μεγάλου ποσού ενέργειας.

Το ενεργειακό περιεχόμενο των τροφίμων μπορεί να βρεθεί τόσο πειραματικά όσο και υπολογιστικά ως εξής:

(α) Άμεσος πειραματικός προσδιορισμός με καύση του τροφίμου σε θερμιδόμετρο καύσης. Τα ποσό της ενέργειας που προσδιορίζεται στο θερμιδόμετρο είναι υψηλότερο της ωφέλιμης ενέργειας που αποδίδεται στον οργανισμό.

(β) Έμμεσος πειραματικός προσδιορισμός με χημική ανάλυση κατά την οποία προσδιορίζεται η ποσοτική σύσταση του τροφίμου σε πρωτεΐνες, λίπη και υδατάνθρακες και στη συνέχεια υπολογίζεται το ποσό των θερμίδων που αποδίδονται στον οργανισμό δηλαδή η μεταβολιζόμενη ενέργεια.

(γ) Υπολογισμός της μεταβολιζόμενης ενέργειας των τροφίμων, ακριβώς όπως στον έμμεσο πειραματικό προσδιορισμό, χρησιμοποιώντας τους πίνακες σύστασης των τροφίμων (food composition tables) χωρίς να γίνεται χημική ανάλυση.

Έμμεσος πειραματικός προσδιορισμός της ενέργειας των τροφίμων

Ο έμμεσος πειραματικός προσδιορισμός της ενέργειας των τροφίμων στηρίζεται (i) στα αποτελέσματα της χημικής ανάλυσης των τροφίμων και (ii) στις τιμές της μεταβολιζόμενης ενέργειας που έχουν προσδιορισθεί με την προηγούμενη μέθοδο του άμεσου πειραματικού προσδιορισμού.



(i) Η χημική ανάλυση αποτελεί αντικείμενο της Ανάλυσης των τροφίμων με προεκτάσεις που καλύπτει όλο το φάσμα των διαφόρων αυτογενών και πρόσθετων συστατικών των τροφίμων (πρωτεΐνες, λίπη, υδατάνθρακες, βιταμίνες, ανόργανα στοιχεία, χρωστικές, συντηρητικά, φυτοφάρμακα, αντιβιοτικά και άλλα πολλά).

(ii) Οι τιμές της μεταβολιζόμενης ενέργειας των τριών θερμιδογόνων συστατικών έχουν προσδιορισθεί με την προηγούμενη μέθοδο του άμεσου πειραματικού προσδιορισμού και υπάρχουν στη βιβλιογραφία. Η μεταβολιζόμενη ενέργεια η οποία στο εξής θα αναφέρεται απλά σαν ενέργεια, είναι ίση με το άθροισμα των ποσών ενέργειας που δίνει η περιεχόμενη μάζα του κάθε θερμιδογόνου συστατικού και υπολογίζεται από τη σχέση :

$$E = (4*Y + 9*\Lambda + 4*\Pi) * m/100$$

Όπου : m = μάζα του τροφίμου σε g.

Y, Λ , Π = % περιεκτικότητα του τροφίμου σε Υδατάνθρακες, Λίπη, Πρωτεΐνες

Οι εκατοστιαίες περιεκτικότητες Y, Λ και Π αναφέρονται στο τρόφιμο όπως καταναλώνεται. Αν υποστεί κατεργασία (θέρμανση, αφυδάτωση, ξήρανση, μαγείρεμα κλπ) που μειώνει την περιεκτικότητα του νερού τότε επέρχεται αύξηση των Y, Λ και Π % και απαιτείται είτε να υπολογίσουμε σύμφωνα με την απώλεια νερού είτε να γίνει νέα χημική ανάλυση στο επεξεργασμένο τρόφιμο.

Υπολογισμός της ενέργειας των τροφίμων με τους πίνακες σύστασης τροφίμων.

Ο υπολογισμός της μεταβολιζόμενης ενέργειας των τροφίμων στηρίζεται (i) στους πίνακες της σύστασης των τροφίμων (food composition tables) που έχουν συνταχθεί μετά από χημική ανάλυση των τροφίμων και (ii) στις τιμές της μεταβολιζόμενης ενέργειας που έχουν προσδιορισθεί με τη μέθοδο του άμεσου πειραματικού προσδιορισμού. Ουσιαστικά πρόκειται για τη μέθοδο του έμμεσου πειραματικού προσδιορισμού χωρίς να γίνεται χημική ανάλυση, εφ' όσον χρησιμοποιούνται τα αποτελέσματα της χημικής ανάλυσης ερευνητών που έχουν συντάξει του πίνακες σύστασης των τροφίμων.

Στους πίνακες αυτούς αναφέρεται και η ενέργεια που αποδίδει το τρόφιμο στον οργανισμό, εκφρασμένη συνήθως σε Kcal ή σε kJ ανά 100g ή ανά 100ml. Οι πίνακες αυτοί δεν περιορίζονται μόνο στην παράθεση της σύστασης του τροφίμου σε θερμιδογόνα συστατικά και της ενέργειας τους αλλά δίνουν την περιεκτικότητα και άλλων θρεπτικών συστατικών, (βιταμίνες, ανόργανα στοιχεία, οργανικά οξέα, άπεπτες ίνες, χοληστερίνη κλπ).

Οι πίνακες σύστασης των τροφίμων είναι αναγκαίοι τόσο στη σύνταξη ενός ολοκληρωμένου διαιτολογίου «με το χέρι», όσο και στην ανάπτυξη κατάλληλων προγραμμάτων Η/Υ (διατροφικά πακέτα) των οποίων οι εφαρμογές αυξάνουν συνεχώς.



Περιπτώσεις αναγκαιότητας προσδιορισμού της ενέργειας των τροφίμων.

Σε άλλες χώρες έχει γίνει πειραματικός προσδιορισμός του ενεργειακού περιεχομένου των τροφίμων και έχουν καταρτισθεί πίνακες σύστασης τροφίμων (food composition tables). Τα δεδομένα αυτών των πινάκων δανειζόμαστε τόσο για την κατάστρωση διαιτολογίων όσο και για τη συγγραφή βιβλίων σχετικών με τη διατροφή, διότι στην Ελλάδα δεν έχει γίνει ανάλογη εκτεταμένη και ολοκληρωμένη μελέτη και δεν υπάρχουν αντίστοιχοι πίνακες.

Εκτός από την ανάγκη σύνταξης πινάκων σύστασης τροφίμων στη χώρα μας, υπάρχουν και άλλες περιπτώσεις που καθιστούν αναγκαίο τον ποσοτικό προσδιορισμό και το ενεργειακό περιεχόμενο των τροφίμων.

Στα πρωτογενή τρόφιμα η διαφοροποίηση της σύστασης μπορεί να οφείλεται στα παρακάτω αίτια :

- Η σύσταση του εδάφους επηρεάζει την σύσταση των φυτικών τροφίμων αλλά οι διακυμάνσεις γενικά είναι μικρές.
- Η ποικιλία του φυτού, ο χρόνος ωρίμανσης, ο χρόνος και ο τρόπος συλλογής, οι συνθήκες αποθήκευσης και συσκευασίας των καρπών επηρεάζουν κυρίως την ποιότητα και κατά δεύτερο λόγο τη σύσταση του τροφίμου.
- Τα νέα φυτά και νέες ποικιλίες που αναπτύσσονται από τους γενετιστές, δίνουν τη δυνατότητα στους καλλιεργητές να παράγουν μεν μεγαλύτερες ποσότητες τροφίμων αλλά με σύσταση διαφορετική από τα ιθαγενή φυτά που μέχρι τώρα καλλιεργούσαν.
- Η φυλή (ράτσα), οι συνθήκες διαβίωσης και ο τρόπος διατροφής του ζώου επηρεάζουν τόσο τη σύσταση του κρέατος όσο και τα άλλα ζωικά προϊόντα (γάλα, αυγά κλπ) που διατίθενται στην κατανάλωση χωρίς επεξεργασία.

Στα δευτερεύοντα τυποποιημένα τρόφιμα ή μαγειρεμένα τρόφιμα η διαφοροποίηση της σύστασης μπορεί να οφείλεται σε πολλούς παράγοντες :

- Η ποικιλία του είδους και της αναλογίας των πρώτων υλών που ρυθμίζονται από τον παρασκευαστή με σκοπό τη βελτίωση της ποιότητας και παράλληλα τη συμπίεση του κόστους παραγωγής, μπορεί να αλλάξει σημαντικά τη σύσταση του τελικού προϊόντος σε σχέση με τη σύσταση του ίδιου τροφίμου που παράγεται από άλλο παρασκευαστή.
- Η παρασκευή «νέων τροφίμων» που πρωτοκυκλοφορούν στην κατανάλωση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η κυκλοφορία των διαφόρων τροφίμων χαμηλής θερμιδικής αξίας «lights» που έχουν γίνει μόδα χωρίς να πληρούν πάντα τους όρους υγιεινής διατροφής, εφ' όσον σε αρκετά από αυτά χρησιμοποιούνται αρκετά πρόσθετα (βελτιωτικά, χρωστικές, γαλακτωματοποιητές, αρωματικές ύλες) για να βελτιωθούν τις οργανοληπτικές ιδιότητες τους που προκαλεί η μείωση της περιεκτικότητας σε πρωτεΐνες, λίπη και υδατάνθρακες.
- Η κυκλοφορία ή το μαγείρεμα παραδοσιακών τροφίμων άλλων χωρών (τσίλι, πίτσα κλπ) και η ενδεχόμενη προσαρμογή τους στις διαιτητικές συνήθειες του πληθυσμού μπορεί να επιφέρει μεταβολή στη σύστασή τους.



- Ο τρόπος μαγειρέματος στο σπίτι (ανοιχτή κατσαρόλα ή χύτρα ταχύτητας, ψητά, βραστά, τηγανιτά κλπ) και η ποικιλία των πρώτων υλών μπορούν να μεταβάλουν σε μικρή ή σε μεγάλη έκταση τη σύσταση του τροφίμου.

Ασκήσεις

1. Ποια η ενεργειακή πρόσληψη ενός ατόμου το οποίο σε μια βραδινή έξοδο καταναλώνει:

- 160 ml ούισκι 40 αλκοολικών βαθμών (πυκνότητα αλκοόλης ~ 0,8 gr/ ml)
- 80 gr ξηρά αμύγδαλα (Π=19%, Λ=55%, Υ=5%)

Λύση

Ούισκι: σε 100ml 40ml οινόπνεύματος

$$160 \quad x = 64 \text{ ml}$$

Επειδή $m=V \cdot d = 64 \text{ ml} \cdot 0,8 \text{ gr/ml} = 51,2 \text{ gr οινόπνεύματος}$

$$E_1 = 51,2 \text{ gr} \cdot 7 \text{ kcal} = \mathbf{358,4 \text{ kcal}}$$

Ξηρά αμύγδαλα

$$E_2 = [(19 \cdot 4 + 55 \cdot 9 + 5 \cdot 4) \cdot 80] / 100 = \mathbf{472,8 \text{ kcal}} \text{ και}$$

$$E_{\text{ολ}} = E_1 + E_2 = 358,4 + 472,8 = \mathbf{831,2 \text{ kcal}}$$

2. Πόσες θερμίδες προσλαμβάνει ένα άτομο που καταναλώνει έξω από το σπίτι:

- 2 παγωτά των 100gr το καθένα (Π=4,5%, Λ=11%, Υ=20%)
- 3 σάντουιτς το καθένα από τα οποία περιέχει:
 - ψωμάκι: 90gr (Π=8%, Λ=1,5%, Υ=50%)
 - σουβλάκι (ψημένο χοιρινό): 50gr (Π=24%, Λ=23%, Υ=0%)

Λύση

$$\text{Παγωτά: } 2 \cdot 100 = 200 \text{ gr} \rightarrow E_1 = [(4,5 \cdot 4 + 11 \cdot 9 + 20 \cdot 4) \cdot 200] / 100 = \mathbf{394 \text{ kcal}}$$

$$\text{ψωμάκια: } 3 \cdot 90 = 270 \text{ gr} \rightarrow E_2 = [(8 \cdot 4 + 1,5 \cdot 9 + 50 \cdot 4) \cdot 270] / 100 = \mathbf{662,85 \text{ kcal}}$$

$$\text{σουβλάκια: } 3 \cdot 50 = 150 \text{ gr} \rightarrow E_3 = [(24 \cdot 4 + 23 \cdot 9) \cdot 150] / 100 = \mathbf{454,5 \text{ kcal}}$$

$$E_{\text{ολ}} = E_1 + E_2 + E_3 = \mathbf{1511,35 \text{ kcal}}$$

$$E = [(Π \cdot 4) + (Λ \cdot 9) + (Υ \cdot 4) \cdot m] / 100$$



Εισαγωγή στην Επιστήμη της Διατροφής και Διαιτολογίας Εργαστήριο

3. Έστω ότι το άτομο (άσκηση 1) ήταν άνδρας 26 ετών με βάρος 80kg, ύψος 1,80m και με μέτρια δραστηριότητα (PAL 1,6)

(α) πόση πρέπει να είναι η ημερήσια πρόσληψη σε kcal με κανονική τροφή ως συνυπολογιζόμενης και της πρόσθετης ενέργειας που παίρνει κατά την βραδινή έξοδο (θεωρώντας τώρα ότι είναι καθημερινή) να διατηρεί σταθερό το βάρος.

(β) Αυτό το διαιτολόγιο είναι κατάλληλο από πλευράς σωστής διατροφής.

Λύση

(α) BMR(Mifflin) = 1800 kcal

$$EA = 1800 * 1,6 = 2880 \text{ kcal}$$

Επομένως από την κανονική τροφή θα παίρνει $2880 - 831 = 2049 \text{ kcal}$

(β) προφανώς το διαιτολόγιο που ακολουθεί είναι λάθος διότι:

(i) καταναλώνει οινόπνευμα με τις γνωστές συνέπειες (ΜΗΠ Άνδρες: 25-30gr αλκοόλ)

(ii) θεωρώντας ότι για τη διατήρηση του βάρους, μια σωστή διατροφή δίνει 50% της ενέργειας από υδατάνθρακες, 15% από πρωτεΐνες και 35% από λίπη έχουμε τα εξής:

Αν δεν γίνεται η βραδινή έξοδος και διατρέφεται κανονικά: **EA = 2880 kcal**

Άρα	πρωτεΐνες	$(2880 * 15/100) : 4 = 108\text{gr}$
	λίπη	$(2880 * 35/100) : 9 = 112\text{gr}$
	υδατάνθρακες	$(2880 * 50/100) : 4 = 360\text{gr}$

Με βραδινή έξοδο, από κανονική τροφή προσλαμβάνει:

EA = 2049 kcal

και	πρωτεΐνες	$(2049 * 15/100) : 4 = 76,8\text{gr}$
	λίπη	$(2049 * 30/100) : 9 = 79,7\text{gr}$
	υδατάνθρακες	$(2049 * 50/100) : 4 = 256,1\text{gr}$

ήδη όμως από τα ξηρά αμύγδαλα προσλαμβάνει:

πρωτεΐνες	$19/100 * 80 = 15\text{gr}$
λίπη	$55/100 * 80 = 44\text{gr}$
υδατάνθρακες	$5/100 * 80 = 4\text{gr}$

δηλαδή συνολικά

πρωτεΐνες	$15 + 76,8 = 99\text{gr}$	έναντι 108gr με κανονικό διαιτολόγιο
λίπη	$44 + 79,7 = 118,7\text{gr}$	έναντι 112gr με κανονικό διαιτολόγιο
υδατάνθρακες	$4 + 256,1 = 312\text{gr}$	έναντι 360gr με κανονικό διαιτολόγιο

4. Υπολογίστε την θερμιδική αξία ενός αυγού (50gr) που περιέχει (Π=13%, Λ=12%, Υ=1%)
5. Συντάξτε διαιτολόγιο μίας ημέρας για το άτομο της άσκησης 3