

# Ενέργεια : Τι ...τρώμε και τι ...πετάμε

Γιάννης Ματζαρίδης<sup>1</sup>, Γιάννης Χαραλαμπίδης<sup>2</sup>, Αλέξης Νίκας<sup>3</sup>

1<sup>ο</sup> Πρότυπο Πειραματικό Λύκειο Θεσ/νίκης «Μανόλης Ανδρόνικος»

<sup>1</sup> giannismatzaridis@gmail.com , <sup>2</sup> giannhsastonalegetai@gmail.com , <sup>3</sup> enika@hol.gr

Επιβλ. Καθ/τές: Δρ Κλαίρη Αχιλλέως<sup>1</sup>, Δρ. Στ. Παπαδόπουλος<sup>2</sup>

Φυσικοί, 1<sup>ο</sup> Πρότυπο Πειραματικό Λύκειο Θεσ/νίκης «Μανόλης Ανδρόνικος»

cachilleosa@gmail.com , stpapado@sch.gr

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Ο κόσμος μας είναι ενέργεια. Άλλοτε αυτή ρέει από το ένα σώμα στο άλλο και άλλοτε είναι αποθηκευμένη σε διάφορες μορφές. Υπάρχουν πολλά είδη ενεργειάς. Στην εργασία αυτή ασχοληθήκαμε με την θερμική ενέργεια (θερμότητα) και ειδικότερα με αυτή που απελευθερώνεται από τους ξηρούς καρπούς, που τρώμε και τα τσόφλια τους, που πετάμε. Στην εργασία μας μετρήσαμε την θερμότητα που απελευθερώνεται από τέτοιου είδους τροφές.*

*Αρχικά παρουσιάζεται η συσκευή, που χρησιμοποιήσαμε στα πειράματά μας η οποία κατασκευάστηκε χρησιμοποιώντας απλά υλικά. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων που κάναμε, ώστε να προσδιοριστεί η θερμική αξία τροφών όπως φιστίκια, αμύγδαλα, καρύδια και φουντούκια καθώς και η θερμική αξία που έχουν τα τσόφλια τους.*

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Θερμότητα, Ενέργεια καύσης, Θερμοκρασία, Θερμιδομετρία, ξηροί καρποί, τσόφλια ξηρών καρπών .

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### Η αξιοποίηση της ενέργειας των ξηρών καρπών

Είναι γνωστό σε όλους ότι η θέρμανση με καύσιμο το πετρέλαιο κοστίζει πλέον πάρα πολύ. Έτσι οι άνθρωποι στην Ελλάδα , αλλά και σε άλλες χώρες στρέφονται σε άλλου είδους καύσιμα για να θερμανθούν. Μερικά από τα καύσιμα που χρησιμοποιούν είναι το ξύλο, το pellet και οι ελαιοπυρήνες.

Την τελευταία περίοδο άρχισαν να μπαίνουν στην αγορά και τα τσόφλια- κελύφη των ξηρών καρπών. Έχουν μηδενική υγρασία και το κόστος της αγοράς τους είναι πολύ χαμηλό (gosavenergy). Γι' αυτό αποφασίσαμε να προσδιορίσουμε πειραματικά πόση ενέργεια ...τρώμε (καρπός) αλλά και πόση πετάμε στα σκουπίδια (τσόφλι). Για να το πετύχουμε χρησιμοποιήσαμε τη θερμιδομετρική μέθοδο.

### Η έννοια της θερμιδομετρίας

**Θερμιδομετρία** ονομάζεται η μέτρηση της ποσότητας της θερμότητας που εκλύεται ή απορροφάται από ένα σώμα όταν αυτό θερμαίνεται ή όταν αυτό ψύχεται.

Θερμιδομετρία είναι και η μέτρηση της ειδικής θερμότητας των σωμάτων.

Η μέτρηση των ποσοτήτων της θερμότητας στηρίζεται σε δύο βασικές αρχές:

**Αρχή των αντιστρόφων μεταβολών:** Το ποσό της θερμότητας που παράγεται ή απορροφάται κατά τη μεταβολή της θερμοκρασίας είναι ανάλογο προς τη μάζα του σώματος και ανάλογο προς τη μεταβολή της θερμοκρασίας του.

**Αρχή της ισότητας των θερμικών ανταλλαγών** (σε θερμικά μονωμένο σύστημα): Το ποσό της θερμότητας που απορροφάται όταν αυξάνεται η θερμοκρασία ενός σώματος κατά ορισμένους βαθμούς, είναι ίσο με το ποσό της θερμότητας που αποδίδεται, όταν το σώμα ψύχεται και η θερμοκρασία του μειώνεται κατά ίδιο αριθμό βαθμών.

Οι θερμιδομετρικές μελέτες γίνονται με ειδικές συσκευές που ονομάζονται θερμιδόμετρα. Από τις μεθόδους που ακολουθούνται για τις θερμιδομετρικές μετρήσεις, άλλες στηρίζονται στη θερμοκρασιακή μεταβολή και άλλες σε θερμικές μεταβολές όπως είναι η τήξη, η καύση ή η εξαέρωση κ.λπ.

Η πλέον βασική δυσχέρεια στη Θερμιδομετρία είναι οι "παρασιτικές" θερμικές ανταλλαγές που παρατηρούνται μεταξύ του συστήματος έρευνας και του περιβάλλοντος λόγω ακτινοβολίας, αγωγής ή μεταφοράς. Για τον περιορισμό αυτών γίνεται χρήση ανακλαστικών τοιχωμάτων και μονωτικών. Συνηθέστερα, εφόσον είναι δυνατόν, οι μετρήσεις πραγματοποιούνται στο κενό, ενώ το εξωτερικό περιβάλλον διατηρείται στην ίδια θερμοκρασία με το σύστημα (el.wikipedia). Επίσης συχνά γίνεται βαθμονόμηση του θερμιδόμετρου χρησιμοποιώντας την ενέργεια καύσης του κεριού.

## **ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ – ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ**

### **Πειραματική Διάταξη**

Για να προσδιορίσουμε την θερμιδική αξία που έχουν οι ξηροί καρποί και τα τσόφλια τους κατασκευάσαμε το δικό μας θερμιδόμετρο.

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή της πειραματικής διάταξης φαίνονται στην εικόνα 1 και είναι:

- Μπλε μονωτικό φελιζόλ
- Αυτοκόλλητο αλουμινόχαρτο
- Μεταλλικό πλέγμα
- Κερί
- Ψηφιακό θερμόμετρο με θερμοζεύγος
- Ποτήρι ζέσεως 50ml
- Ηλεκτρονικός Ζυγός ακριβείας 0,1g
- Νυστέρι και λαβίδα
- Μεταλλική βάση

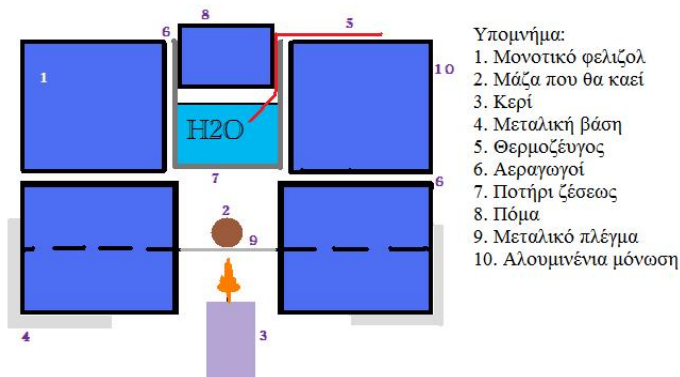
Αρχικά κόπηκαν τρεις φέτες γαλάζιου μονωτικού φελιζόλ. Η πρώτη με διαστάσεις 24cm x 24cm x 6,5cm ώστε να εφαρμόσει σε μεταλλική βάση που υπήρχε στο εργαστήριό μας, ενώ οι άλλες δύο με διαστάσεις 24cm x 24cm x 3,25cm, τοποθετήθηκαν η μία φέτα πάνω στην άλλη (η μεγαλύτερη στη βάση) και διανοίχτηκε μια κατακόρυφη τρύπα ακτίνας 2,25cm.

Το ποτήρι ζέσεως τοποθετήθηκε στο κέντρο της πρώτης από τις τρεις φέτες του φελιζόλ. Η τρύπα κατασκευάστηκε έτσι ώστε να εφαρμόζει το ποτήρι ζέσεως χωρίς όμως να εμποδίζεται η διόδος του αέρα.

Στο ποτήρι τοποθετήθηκε ένα πάμα από φελιζόλ από το οποίο πέρασε το θερμοζεύγος.



**Σχήμα 1:** Διάγραμμα της πειραματικής διάταξης



Μόλις ολοκληρωνόταν η καύση του υποθέματος μετρούσαμε την τελική θερμοκρασία του νερού. Μετά από πολλές καύσεις του υποθέματος διαπιστώσαμε ότι αν χρησιμοποιούσαμε μία πολύ μικρή ποσότητα του υποθέματος (0,2g) αυτή καίγεται όλη. Έτσι αποφασίσαμε να κάψουμε αυτή την ποσότητα σε κάθε καρπό και κάθε τσόφλι.

Η θερμότητα  $Q$  που προσφέρεται σε ένα σώμα μάζας  $m$  και ειδικής θερμότητας  $c$  να αυξηθεί η θερμοκρασία του κατά  $\Delta\theta$  δίνεται από την σχέση που ακολουθεί (Χημεία Θετικής Κατεύθυνσης Β Λυκείου):

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$$

Μονάδα μέτρησης της θερμότητας είναι η θερμίδα (cal). Μία θερμίδα ισοδυναμεί με 4,186 Joule (Φυσική Θετικής και Τεχνολογικής Κατεύθυνσης Β Λυκείου).

Το υπόθεμα (καρπός ή τσόφλι) αναφλέγεται και καίγεται. Κατά τη διάρκεια της καύσης του απελευθερώνεται θερμότητα η οποία είναι υπεύθυνη για την άνοδο της θερμοκρασίας του νερού στο ποτήρι ζέσεως.

Μετρώντας τη μεταβολή της θερμοκρασίας του νερού και γνωρίζοντας ότι η ειδική θερμότητα του είναι  $c = 4200\text{J/Kg}\cdot^\circ\text{C}$  (el.wikipedia) υπολογίζουμε τη θερμότητα που απελευθερώνει το υπόθεμα όταν καίγεται.

### Πειραματικές Μετρήσεις και Υπολογισμοί

Στους πίνακες 1 έως 8 φαίνονται τα αποτελέσματα των πειραματικών μας μετρήσεων και υπολογισμών για τους διάφορους καρπούς και τα τσόφλια τους. Μετά από κάθε πίνακα καταγράφεται η μέση τιμή της θερμότητας που απελευθερώνεται ανά Kg υποθέματος.

Συγκρίνοντας τις πειραματικές τιμές για τους καρπούς με τις τιμές από τη βιβλιογραφία (Lala cook, vita.gr, iatronet.gr) διαπιστώσαμε ότι οι πειραματικές τιμές είχαν μεγάλη απόκλιση από τις βιβλιογραφικές.

Για το λόγο αυτό κάναμε βαθμονόμηση της διάταξης μας. Η βαθμονόμηση σε θερμιδομετρικές διατάξεις γίνεται συνήθως με μέτρηση της ενέργειας καύσης που αποδίδει γνωστή ποσότητα κεριού όταν καίγεται. Στη διάταξη μας θερμάναμε 50ml νερό

**Πίνακας 1: Καρύδι-Καρπός**

μαρχ. $10^{-3}$ [ Kg ]	$\Delta\theta$ [ $^{\circ}$ C ]	Qαπελ. [ J ]	Qαπελ./μαρχ. $\cdot 10^3$ [ J/ Kg ]
0,2	14,7	3087	15435
0,2	14,7	3087	15435
0,2	12,3	2583	12915

$$(Q/m)\mu.\text{καρύδι} = 1,46 \times 10^7 \text{ J/Kg}$$

**Πίνακας 2: Καρύδι-Τσόφλι**

μαρχ. $10^{-3}$ [ Kg ]	$\Delta\theta$ [ $^{\circ}$ C ]	Qαπελ. [ J ]	Qαπελ./μαρχ. $\cdot 10^3$ [ J/ Kg ]
0,2	5,2	1092	5460
0,2	4,9	1029	5145
0,2	5,1	1071	5355

$$(Q/m)\mu.\text{καρύδι τσοφ.} = 0,5320 \times 10^7 \text{ J/Kg}$$

**Πίνακας 3: Φουντούκι-Καρπός**

μαρχ. $10^{-3}$ [ Kg ]	$\Delta\theta$ [ $^{\circ}$ C ]	Qαπελ. [ J ]	Qαπελ./μαρχ. $\cdot 10^3$ [ J/ Kg ]
0,2	15,6	3276	16380
0,2	10,9	2289	11445
0,2	14	2940	14700

$$(Q/m)\mu.\text{φουντούκι} = 1,4175 \times 10^7 \text{ J/Kg}$$

**Πίνακας 4: Φουντούκι-Τσόφλι**

μαρχ. $10^{-3}$ [ Kg ]	$\Delta\theta$ [ $^{\circ}$ C ]	Qαπελ. [ J ]	Qαπελ./μαρχ. $\cdot 10^3$ [ J/ Kg ]
0,2	5,8	1218	6090
0,2	4,3	903	4515
0,2	5,0	1050	5250

$$(Q/m)\mu.\text{φουντούκι τσοφ.} = 0,5285 \times 10^7 \text{ J/Kg}$$

με τη φλόγα ενός κεριού. Το κεριό ζυγίστηκε πριν και μετά την καύση. Στο πίνακα 9 φαίνονται οι τιμές που μετρήθηκαν για το κεριό.

**Πίνακας 5: Αμύγδαλο- Καρπός**

μαρχ. $10^{-3}$ [ Kg ]	$\Delta\theta$ [ $^{\circ}$ C ]	Qαπελ. [ J ]	Qαπελ./μαρχ. $\cdot 10^3$ [ J/ Kg ]
0,2	12	2520	12600
0,2	10,4	2184	10920
0,2	11,0	2310	11550

$$(Q/m)\mu.\text{αμύγδαλο} = 1,1690 \times 10^7 \text{ J/Kg}$$

**Πίνακας 6:** Αμύγδαλο- Τσόφλι

μαρχ. $10^{-3}$ [ Kg ]	$\Delta\theta$ [ $^{\circ}$ C ]	Qαπελ. [ J ]	Qαπελ./μαρχ. $\cdot 10^3$ [ J/ Kg ]
0,2	6,6	1386	6930
0,2	13,5	2835	14175
0,2	10,6	2226	11130

$(Q/m)_{\mu.αμύγδαλο}$  τσοφ.=  $1,0745 \times 10^7$  J/Kg

**Πίνακας 7:** Φιστίκι- Καρπός

μαρχ. $10^{-3}$ [ Kg ]	$\Delta\theta$ [ $^{\circ}$ C ]	Qαπελ. [ J ]	Qαπελ./ μαρχ. $\cdot 10^3$ [ J/ Kg ]
0,2	7,7	1617	8085
0,2	6,3	1323	6615
0,2	5,1	1071	5355

$(Q/m)_{\mu.φιστίκι}$ =  $0,6685 \cdot 10^7$  J/Kg

**Πίνακας 8:** Φιστίκι- Τσόφλι

μαρχ. $10^{-3}$ [ Kg ]	$\Delta\theta$ [ $^{\circ}$ C ]	Qαπελ. [ J ]	Qαπελ./ μαρχ. $\cdot 10^3$ [ J/ Kg ]
0,2	5,5	1155	5775
0,2	4,3	903	4515
0,2	5,0	1050	5250

$(Q/m)_{\mu.φιστίκι}$  τσοφ.=  $0,536 \times 10^7$  J/Kg

με τη φλόγα ενός κεριού. Το κέρι ζυγίστηκε πριν και μετά την καύση. Στο πίνακα 9 φαίνονται οι τιμές που μετρήθηκαν για το κέρι.

**Πίνακας 9:** Καύση του κεριού-Βαθμονόμηση Πειραματικής Διάταξης.

Μαρχ. $10^{-3}$ [Kg]	Μτελ. $10^{-3}$ [Kg]	$\Delta M. 10^{-3}$ [Kg]	$\Delta\theta$ $^{\circ}$ C	Q [ J ]	$(Q/\Delta M). 10^3$ [KJ/Kg]
3	1,9	1,1	98,8	16968	18861,818
1,5	1	0,5	53,3	11193	22386,000
2,2	1,5	0,7	78,4	16464	23520

$(Q/m)_{\mu}$  κέρι.=  $21,589 \cdot 10^3$  KJ/Kg είναι η μέση πειραματική τιμή της ενέργειας καύσης του κεριού. Η αντίστοιχη βιβλιογραφική τιμή είναι:  $Q/m = 42 \cdot 10^3$  KJ/Kg

(ca.answers.yahoo.com/). Ο λόγος των δύο τιμών  $D = (Q/m) / (Q/m)_{\mu}$  είναι ίσος με  $D=1,945$

Επομένως οι πειραματικές τιμές της ενέργειας καύσης πρέπει να πολλαπλασιαστούν με τον διορθωτικό συντελεστή D ώστε να μηδενισθούν τα σφάλματα της διάταξης, όπως είναι η απώλεια θερμότητας κατά τη διάρκεια της καύσης.

Στον πίνακα 10 φαίνεται ο Μέσος Όρος της ενέργειας που απελευθερώνεται ανά Kg καρπού που καίγεται καθώς και οι διορθωμένες τιμές μετά την βαθμονόμηση της πειραματικής διάταξης. Στην τελευταία στήλη του πίνακα φαίνονται οι αντίστοιχες τιμές από την βιβλιογραφία. Ο πίνακας 11 είναι συγκριτικός για την θερμότητα που απελευθερώνουν τα τσόφλια των ξηρών καρπών με την καύση τους σε σχέση με άλλα στερεά βιοκαύσιμα (gosavenergy).

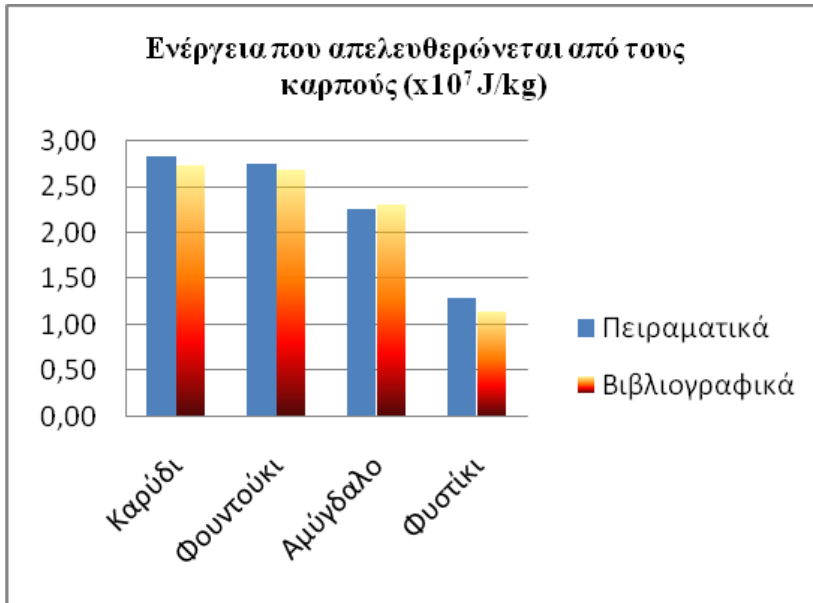
**Πίνακας 10:** Η ενέργεια που απελευθερώνεται από τους καρπούς ανά Kg καύσιμης ύλης.

Καρπός	(Q/m)μ x10 <sup>7</sup> [J/Kg] Πειραματικές τιμές Χωρίς βαθμονόμηση	(Q/m)μ x10 <sup>7</sup> [J/Kg] Πειραματικές τιμές Με βαθμονόμηση	(Q/m)μ x10 <sup>7</sup> [J/Kg] Βιβλιογραφία
Καρύδι	1,4600	2,8397	2,7349(vita.gr)
Φουντούκι	1,4175	2,7570	2,6790(Lala cook)
Αμύγδαλο	1,1690	2,2737	2,3023(iatronet.gr)
Φιστίκι	0,6685	1,3002	1,1470(Lala cook)

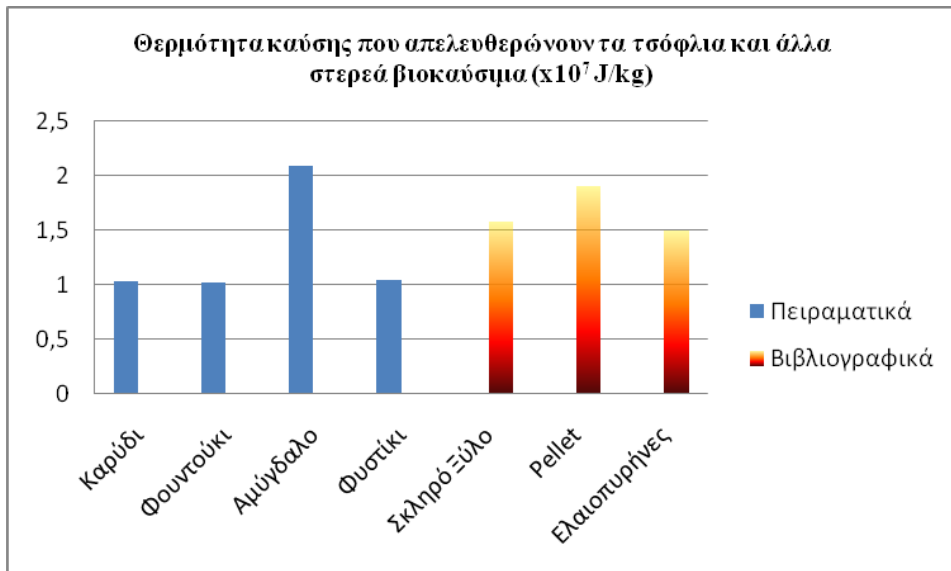
**Πίνακας 11:** Η ενέργεια που απελευθερώνεται από τα τσόφλια ανά Kg καύσιμης ύλης.

Τσόφλι Και στερεά βιοκαύσιμα	(Q/m)μ x10 <sup>7</sup> [J/Kg] Πειραματικές τιμές Χωρίς βαθμονόμηση	(Q/m)μ x10 <sup>7</sup> [J/Kg] Πειραματικές τιμές Με βαθμονόμηση	(Q/m)μ x10 <sup>7</sup> [J/Kg] Βιβλιογραφικές τιμές
Καρύδι	0,5321	1,0349	-
Φουντούκι	0,5285	1,0279	-
Αμύγδαλο	1,0745	2,0899	-
Φιστίκι	0,5360	1,0425	-
Σκληρό Ξύλο	-	-	1,5823
Pellet	-	-	1,9088
Ελαιοπυρήνες	-	-	1,4944

Διάγραμμα 1



Διάγραμμα 2





## **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Παρατηρώντας το διάγραμμα 1 διαπιστώνουμε ότι, μετά την βαθμονόμηση της συσκευής μας, οι πειραματικές τιμές για την ενέργεια που απελευθερώνουν οι καρποί όταν καίγονται, είναι σε πολύ καλή συμφωνία με τις τιμές που δίνει η βιβλιογραφία. Επομένως μπορούμε να ισχυριστούμε ότι και οι αντίστοιχες πειραματικές τιμές για τα τσόφλια (για τα οποία δεν βρήκαμε τιμές στη βιβλιογραφία) είναι πολύ κοντά στις πραγματικές.

Στο διάγραμμα 2 φαίνεται η θερμότητα καύσης που απελευθερώνουν τα τσόφλια και κάποια άλλα στερεά βιοκαύσιμα. Διαπιστώνουμε ότι η θερμότητα που αποδίδουν τα τσόφλια είναι μέχρι 46% πιο κάτω από την θερμότητα που αποδίδουν τα άλλα στερεά βιοκαύσιμα. Ωστόσο φαίνεται ότι η ενεργειακή αξία που έχει το κέλυφος του αμυγδάλου είναι συγκρίσιμη με αυτήν που έχει το Pellet.

Είναι γνωστό ότι τα κελύφη από τους ξηρούς καρπούς δεν έχουν υγρασία επομένως μπορούμε να τα χρησιμοποιήσουμε χωρίς αποξήρανση, παράγοντας που θα μειώσει το κόστος τους αν χρησιμοποιηθούν ως καύσιμη ύλη. Ακόμη η καύση τους δεν ρυπαίνει την ατμόσφαιρα. Επιπλέον το κόστος τους είναι πάρα πολύ χαμηλό αφού είναι τα σκουπίδια από τους ξηρούς καρπούς που τρώμε.

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Ευχαριστούμε θερμά τους κ. Χ. Πολάτογλου Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Φυσικής του Α.Π.Θ και τον κ. Γ. Μεμετζίδη, καθηγητή του σχολείου μας, για την πολύπλευρη βοήθειά τους ώστε να δοθούν λύσεις σε όποια προβλήματα είχαμε κατά την εκπόνηση της εργασίας μας αυτής.

Επίσης ευχαριστούμε θερμά τον διευθυντή του Σχολείου μας κ. Σ. Φριλίγκο, για την αμέριστη συμπαράσταση του στη διάρκεια της εργασίας μας.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

[www.gosavenergy.gr](http://www.gosavenergy.gr)

<http://el.wikipedia.org>

Στ. Λιοδάκης, Δημ. Γάκης, Δημ. Θεοδωρόπουλος, Π. Θεοδωρόπουλος, Αν. Κάλλης Χημεία Β' Λυκείου Θετικής Κατεύθυνσης, ΙΤΥΕ ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ, Αθήνα, 2012.

Α. Ιωάννου, Γ. Ντάνος, Α. Πήττας, Στ. Ράπτης, Φυσική Θετικής και Τεχνολογικής Κατεύθυνσης Β Λυκείου, ΙΤΥΕ ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ, Αθήνα, 2012.

[http://ca.answers.yahoo.com/question/index;\\_ylt=AtkbTuVoF5EYiRIFCe5ITEcMGAx;\\_ylv=3?qid=20080609181709AAmAE96](http://ca.answers.yahoo.com/question/index;_ylt=AtkbTuVoF5EYiRIFCe5ITEcMGAx;_ylv=3?qid=20080609181709AAmAE96)

Lala cook-Θερμιδομετρητής, Εκδόσεις ERIAN, Αθήνα 2008.

[www.vita.gr](http://www.vita.gr)

[www.iatronet.gr](http://www.iatronet.gr)