ePublishing

Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society

Vol 51, No 3 (2000)

Food contamination with cadmium-A review.

A. PAPAVERGOU (Α. ΠΑΠΑΒΕΡΓΟΥ), D. GEORGANTELIS (Δ. ΓΕΩΡΓΑΝΤΕΛΗΣ), K. VARELTZIS (Κ. ΒΑΡΕΛΤΖΗΣ)

doi: 10.12681/jhvms.15676

Copyright © 2018, A PAPAVERGOU, D GEORGANTELIS, K VARELTZIS

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0.

To cite this article:

PAPAVERGOU (Α. ΠΑΠΑΒΕΡΓΟΥ) A., GEORGANTELIS (Δ. ΓΕΩΡΓΑΝΤΕΛΗΣ) D., & VARELTZIS (Κ. ΒΑΡΕΛΤΖΗΣ) K. (2018). Food contamination with cadmium-A review. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, *51*(3), 205–212. https://doi.org/10.12681/jhvms.15676

https://epublishing.ekt.gr | **e-Publisher:** EKT | **Downloaded at:** 25/01/2026 13:16:24

ΔΕΛΤΙΟΝ ΕΛΛ. ΚΤΗΝ. ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ 2000, 51(3):205-212

Ρύπανση των τροφίμων με κάδμιο

Α. Παπαβέργου , Δ. Γεωργαντέλης , Κ. Βαρελτζής†

ΠΕΡΙΛΗΨΗ. Η συγκέντρωση του καδμίου στο περιβάλλον έχει αυξηθεί σημαντικά τις τελευταίες δεκαετίες, ως αποτέλεσμα της διαρκώς αυξανόμενης βιομηχανικής δραστηριότητας. Το κάδμιο από το περιβάλλον μεταφέρεται στην ανθρώπινη διατροφική αλυσίδα και βιοσυγκεντρώνεται σε κάποια είδη τροφίμων όπως τα λαχανικά, τα σιτηρά, το ήπαρ και οι νεφροί των ζώων, τα οστρακόδερμα και τα μαλάκια. Το κάδμιο που προσλαμβάνεται από τα ζώα και τους ανθρώπους συσσωρεύεται κυρίως στο νεφρικό φλοιό οπότε είναι δυνατό να προκαλέσει διάφορες βλάβες στην υγεία τους, όπως νεφρική ανεπάρκεια, εκφύλιση των οστών, τερατογένεση και βλάβες που αφορούν στο γεννητικό σύστημα. Τα εντόσθια των ζώων, τα κεφαλόποδα, τα οστρακόδερμα και τα μαλάκια, παρουσιάζουν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις καδμίου διεθνώς και ένας συνεχής έλεγχός τους κρίνεται απαραίτητος για την προστασία των καταναλωτών από υπερβολική έκθεση στο βαρύ αυτό μέταλλο.

Λέξεις ευρετηρίασης: Κάδμιο, τρόφιμα, περιβάλλον, κεφαλόποδα, μαλάκια, βαρέα μέταλλα

ABSTRACT. Papavergou A., Georgantelis D., Vareltzis K. Food contamination with cadmium. -A review- . *Bulletin of the Hellenic Veterinary Medical Society 2000, 51(3):205-212.* **Levels of cadmium in the environment have drastically increased over the last decades, as a result of human activity. This cadmium pollution is transferred to the human food chain resulting in elevated concentrations in some foods such as vegetables and grain crops, animal liver and kidney and especially seafood. Cadmium ingested by animals and humans, accumulates mainly in the renal cortex and may result in a variety of toxic effects, such as renal damage, bone degeneration and cancer. Taking into account the rather elevated concentrations of cadmium in offal and seafood appearing in the international literature, a continuous control of such products is suggested as necessary in order to protect consumers from any undue exposure to this heavy metal.**

Εργαστήριο Τεχνολογίας Τροφίμων Ζωικής Προέλευσης, Τμήμα Κτηνιατρικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Laboratory of Food Technology of Animal Origin, Faculty of Veterinary Medicine, Aristotle University of Thessaloniki, Greece

Ημερομηνία υποβολής: 27.01.2000
Ημερομηνία εγκρίσεως: 14.06.2000

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το κάδμιο (Cd) αποτελεί το 48ο στοιχείο του περιοδικού πίνακα και βρίσκεται στην ίδια υποομάδα με τον ψευδάργυρο (Zn) και τον υδράργυρο (Hg). Η φυσική συγκέντρωσή του στα διάφορα οικοσυστήματα είναι σχετικά μικρή (αποτελεί το 67ο κατά σειρά συγκέντρωσης στοιχείο του φλοιού της γης) και η βιογεωχημική ανακύκλωσή του μπορεί εύκολα να μεταβάλλεται σημαντικά από σχετικά μικρή επίδραση ανθρωπογενών πηγών. Σήμερα υπάρχουν σημαντικές αποδείξεις ότι κάτι τέτοιο έχει συμβεί σε πολλές περιοχές της γης, ως αποτέλεσμα αυξημένης βιομηχανικής δραστηριότητας [1].

Το κάδμιο αποτελεί παραπροϊόν της μεταλλουργίας του Zn[2] και άλλων μετάλλων. Χρησιμοποιείται για επιμεταλλώσεις[2], στην παραγωγή χρωμάτων που χρησιμοποιούνται σε μια σειρά προϊόντων (υφάσματα, δέρματα, πλαστικά, κεραμικά και γυάλινα σκεύη), ως σταθεροποιητής σε πλαστικά, στην κατασκευή ηλεκτρικών συσσωρευτών Cd - Ni ή αλκαλικών συσσωρευτών, σε οδοντιατρικά αμαλγάματα κλπ. Το χρησιμοποιούμενο σε ετήσια βάση κάδμιο υπολογίζεται σε 16.000-19.000 τόνους από το οποίο ποσοστό μόνο 10% υφίσταται ανακύκλωση[1]. Το υπόλοιπο αφήνεται να διαρρεύσει στο περιβάλλον. Τα εργοστάσια παραγωγής ψευδαργύρου, χαλκού, νικελίου, μολύβδου και χάλυβα αποτελούν την κύρια πηγή ρύπανσης του περιβάλλοντος με αυτό. Κάδμιο εκλύεται επίσης κατά την καύση των σκουπιδιών, του άνθρακα και του πετρελαίου, από τα απόβλητα των υπονόμων, από τις τσιμεντοβιομηχανίες, τα υφαντουργεία, τις χαρτοβιομηχανίες, τα εργοστάσια κεραμικών, ελαστικών, βαφών, όπως και από τα ανόργανα και οργανικά λιπάσματα[3]. Η παγκόσμια έκλυση καδμίου από ανθρώπινες δραστηριότητες υπολογίζεται για την ατμόσφαιρα σε 7.570 τόνους (Πίνακας 1), για τα νερά σε 9.400 τόνους και για το έδαφος σε 22.000 τόνους ετησίως.

Πίνακας 1. Εκπομπή Καδμίου στην ατμόσφαιρα παγκοσμίως[3]
Table 1. Global Emissions of Cadmium to the Atmosphere[3]

Πηγή	Εκπομπή Καδμίου (τόνοι/ χρόνο)
Καύση άνθρακα για παραγωγή Ηλεκτρισμού	232 (77-397)
Καύση άνθρακα για βιομηχανική & οικιακή χρήση	297 (99-495)
Καύση πετρελαίου	143 (41-246)
Καύση ξύλου	120 (60-180)
Καύση σκουπιδιών	728 (56-1.400)
Καύση στερεών αποβλήτων (Υπονόμων)	20 (3-36)
Παραγωγή μολύβδου	117 (39-195)
Παραγωγή χαλκού /νικελίου	2.550 (1.700-3.400)
Παραγωγή ψευδαργύρου /καδμίου	2.760 (920-4.600)
Παραγωγή δευτερευόντων μη σιδηρούχων μετάλλων	3,0 (2,3-3,6)
Παραγωγή τσιμέντου	272 (8,9-534)
Βιομηχανία σιδήρου και χάλυβος	156 (28-284)
Βιομηχανία φωσφορικών λιπασμάτων	171 (68-274)
Συνολική εκπομπή	7.570 (3.100-12.040)

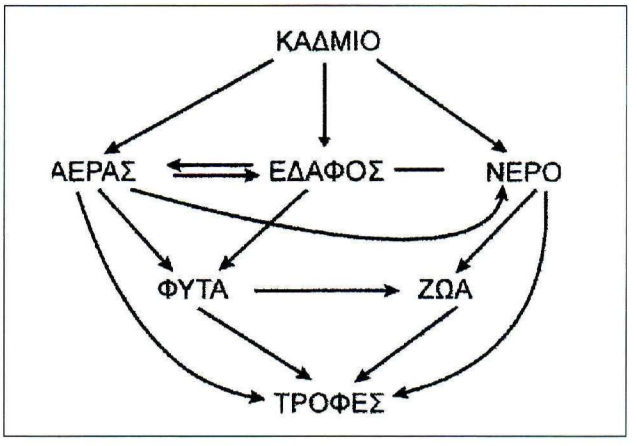
Στην ατμόσφαιρα, το κάδμιο συνδέεται με αιωρούμενα σωματίδια και επικάθεται στο έδαφος και στα φυτά σαν σκόνη. Άλλες πηγές ρύπανσης του εδάφους με κάδμιο είναι τα φωσφορικά λιπάσματα, οι λάσπες των υπονόμων όταν χρησιμοποιούνται για λίπασμα, τα σκουπίδια και τα υγρά απόβλητα των βιομηχανιών[1]. Σε επιφανειακά εδάφη της βιομηχανικής περιοχής του Θριάσιου πεδίου του Ν. Αττικής μετρήθηκαν συγκεντρώσεις καδμίου 6-34 φορές μεγαλύτερες από εκείνες που μετρήθηκαν σε εδάφη μη βιομηχανικών περιοχών[4]. Η μέση συγκέντρωση του καδμίου στο έδαφος είναι 0,3-0,6 μg/g και υπολογίζεται ότι με τις παρούσες συνθήκες θα διπλασιάζεται κάθε 50-80 χρόνια [1].

Αυξημένη ρύπανση με κάδμιο παρουσιάζεται επίσης στο περιβάλλον των μεγάλων αστικών κέντρων όπως και κατά μήκος αυτοκινητοδρόμων μεγάλης και ταχείας κυκλοφορίας. Αντίθετα, σε αγροτικές και σε απομακρυσμένες περιοχές οι συγκεντρώσεις καδμίου είναι πολύ χαμηλότερες.

Τα νερά των ποταμών, λιμνών και θαλασσών ρυπαίνονται κυρίως από τα υγρά απόβλητα των βιομηχανιών, τα λύματα των πόλεων και την ατμοσφαιρική σκόνη. Η μέση συγκέντρωση του καδμίου στο πόσιμο νερό κυμαίνεται έως 2 μg/L ενώ στο νερό των θαλασσών είναι πολύ χαμηλότερη (0.1 μg/L) γιατί εκεί το κάδμιο καθιζάνει στο βυθό, αφού προσροφηθεί στην επιφάνεια μικρών σωματιδίων ή αφού σχηματίσει χηλικές ενώσεις[5].

2. ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΟΥ ΚΑΔΜΙΟΥ ΣΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ

Το κάδμιο που διαρρέει στο περιβάλλον προσλαμβάνεται από τα ζώα και τα φυτά και μέσω της ανθρώπινης διατροφικής αλυσίδας καταλήγει στον άνθρωπο, ο οποίος, σημειωτέον, είναι δυνατόν να ζει σε σημαντικές αποστάσεις από το σημείο της αρχικής διαρροής (Σχήμα 1).



Σχήμα 1. Σχηματική παράσταση ρύπανσης των τροφίμων με κάδμιο
Figure 1. Routes of pollutant cadmium flow into human foods

Το κάδμιο βιοσυγκεντρώνεται επιλεκτικά σε ορισμένα είδη φυτών όπως αυτά με βρώσιμες ρίζες, στα φυλλώδη λαχανικά, στα φύλλα του καπνού, στα άγρια μανιτάρια, στα σιτηρά και στο ρύζι[6], τα οποία το προσλαμβάνουν κυρίως από το έδαφος και δευτερευόντως από τον αέρα. Λίπανση των εδαφών με κοπριά και λάσπη υπονόμων ή με φωσφορικά λιπάσματα μπορεί να αυξήσει κατά πολύ τη συγκέντρωση του καδμίου στα καλλιεργούμενα φυτά. Η πρόσληψη του καδμίου από τα φυτά ευνοείται σε εδάφη με χαμηλότερες τιμές pH[7] όπως και σε εδάφη που λόγω χαμηλής ρυθμιστικής ικανότητας τους παρουσιάζουν μεγαλύτερη ευαισθησία στο φαινόμενο της όξινης βροχής[1]. Τα φύλλα του καπνού έχουν ασυνήθιστα μεγάλη ικανότητα να βιοσυγκεντρώνουν κάδμιο από το έδαφος. Τσιγάρα από καπνό που έχει παραχθεί σε διάφορα μέρη του κόσμου παρουσιάζουν μέση συγκέντρωση περίπου 1,1 μg Cd ανά τσιγάρο[8].

Τα ζώα προσλαμβάνουν κάδμιο κυρίως από τις ζωοτροφές και δευτερευόντως από το περιβάλλον και το βιοσυγκεντρώνουν στα εσωτερικά τους όργανα, από όπου αποβάλλεται με πολύ αργούς ρυθμούς[1]. Γι' αυτό και σε ζωικής προέλευσης τρόφιμα συμπεριλαμβανομένων και των γαλακτοκομικών προϊόντων προσδιορίστηκαν πολύ χαμηλότερες συγκεντρώσεις καδμίου από ό,τι σε εντόσθια ιδίως σε αυτά που προέρχονται από ζώα μεγαλύτερης ηλικίας (Πίνακες 2, 4). Μεγάλα φυτοφάγα ζώα, όπως το ελάφι, ο τάρανδος και ο άλκης που διαβιούν σε περιοχές της Σκανδιναβίας[9], του Καναδά[10] και των Η.Π.Α. με εδάφη ευαίσθητα στην όξινη βροχή, παρουσιάζουν πολύ υψηλές συγκεντρώσεις καδμίου στο ήπαρ και στους νεφρούς τους και η κατανάλωσή τους πρέπει να αποφεύγεται[1].

Αυξημένες συγκεντρώσεις καδμίου προσδιορίσθηκαν επίσης σε τρόφιμα συσκευασμένα σε σμαλτωμένα κεραμι-

κά σκεύη, λόγω μετανάστευσής του από το σμάλτο ή από χρωστικές που χρησιμοποιούνται για τη διακόσμησή τους[11].

Στον Πίνακα 2 καταγράφονται οι συγκεντρώσεις του καδμίου που έχουν μετρηθεί στο νερό και σε διάφορα φυτικής και ζωικής προελεύσεως τρόφιμα.

Η υδάτινη χλωρίδα και πανίδα βιοσυγκεντρώνουν κάδμιο σε επίπεδα πολύ μεγαλύτερα από τη συγκέντρωσή του στο υδάτινο περιβάλλον τους. Σήμερα μάλιστα, η συγκέντρωση του καδμίου και άλλων ιχνοστοιχείων στα μαλάκια και οστρακόδερμα χρησιμοποιείται ευρέως ως δείκτης ρύπανσης των υδάτινων οικοσυστημάτων, όπου αυτά διαβιούν[1]. Η συγκέντρωση του καδμίου στο σώμα των δίθυρων μαλακίων και οστρακόδερμων που προέρχονται από θαλάσσιες περιοχές οι οποίες έχουν ήδη ρυπανθεί, ξεπερνά τα 2 μg/g και είναι δυνατόν να φθάσει τα 10 μg/g ή και πολύ περισσότερο, ιδίως στους νεφρούς, στο ήπαρ και τα βράγχια. Η σάρκα των ψαριών συνήθως περιέχει λιγότερο από 0.2 μg/g αν και η συγκέντρωση είναι δυνατό να φθάσει και το 1 μg/g σε ψάρια που ζουν σε περιοχές οι οποίες έχουν ρυπανθεί[26]. Εξάλλου τα εσωτερικά όργανά τους περιέχουν πολύ υψηλότερες συγκεντρώσεις καδμίου που μπορεί να ξεπεράσουν τα 10 μg/g ακόμη και σε δείγματα από μη ρυπανθείσες περιοχές. Στον Πίνακα 3 φαίνονται οι συγκεντρώσεις του καδμίου που έχουν προσδιοριστεί σε διάφορους υδρόβιους οργανισμούς.

Στον Πίνακα 4 δίνονται οι συγκεντρώσεις του καδμίου οι οποίες μετρήθηκαν σε διάφορα τρόφιμα από τη βόρεια Ελλάδα.

Στον Πίνακα 5 δίνονται οι συγκεντρώσεις του καδμίου οι οποίες μετρήθηκαν σε κονσέρβες κεφαλόποδων από την αγορά της Θεσσαλονίκης.

3. ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΚΑΔΜΙΟΥ

Το κάδμιο είναι τοξικό στοιχείο, έχει αθροιστική ιδιότητα και η πρόσληψή του από τα ζώα και τους ανθρώπους είναι δυνατό να επιφέρει διάφορες σοβαρές βλάβες.

Έχει αναφερθεί ότι έκθεση σε σχετικά υψηλές ποσότητες καδμίου μπορεί να προκαλεί: α) Βλάβες στο γεννητικό σύστημα αρσενικών πειραματοζώων και ανδρών, στείρωση[44], αιμορραγίες και πρώιμη ατροφία των όρχεων και της επιδιδυμίδας: β) Απασβέστωση, οστεομαλακία, παραμορφώσεις των οστών, κατάγματα, οσφυαλγία και μυαλγία λόγω αλληλεπίδρασής του με το μεταβολισμό του ασβεστίου[45] και άλλων μετάλλων που περιέχονται στα οστά (ασθένεια ιτάϊ-ιτάϊ[19]). γ) Αναιμία λόγω ελάττωσης μεταφοράς του σιδήρου στα ερυθροποιητικά κύτταρα και πιθανόν καρδιαγγειακές ασθένειες, ειδικά υπέρταση[46]. δ) Μεταλλάξεις καθώς και καρκινογένεση ιδίως στον προστάτη, η οποία όμως δεν έχει πλήρως αποδειχθεί[46].

Χρόνια έκθεση σε χαμηλότερες ποσότητες όπως αυτές που προσλαμβάνονται με τις τροφές, είναι δυνατόν, όταν υπερβεί κάποιο όριο, να προκαλέσει βλάβες των νε-

Πίνακας 2. Συγκέντρωση καδμίου σε διάφορα τρόφιμα φυτικής ή ζωικής προέλευσης

Table 2. Cadmium concentrations in various tissues and foodstuffs of animal and plant origin

Τρόφιμο	Χώρα προέλευσης	Συγκέντρωση μg/g
Φυτικά τρόφιμα		
Καρότα[7]	Η.Π.Α.	0,44
Καρότα*[7]	Η.Π.Α	1,51
Καρότα[12]	Πολωνία	0,015
Καρότα[13]	Φινλανδία	0,024
Πατάτες[14]	Η.Π.Α,	0,170
Πατάτες[15]	Αυστραλία	0,004-0,232
Ραδίκια[7]	Η.Π.Α.	0,310
Λάχανο[16]	Αγγλία	<0,01
Λάχανο**[16]	Αγγλία	0,61
Γογγύλια[7]	Η.Π.Α.	0,17
Μαρούλι[17]	Η.Π.Α.	0,42
Μαρούλι*[7]	Η.Π.Α.	2,8
Σπανάκι[18]	Η.Π.Α.	0,8
Μελιτζάνα[17]	Η.Π.Α.	0,380
Ντομάτα[18]	Η.Π.Α.	0,270
Μήλα[17]	Η.Π.Α.	0,034
Σιτάρι[14]	Η.Π.Α.	0,048
Σιτάρι[19]	Ιαπωνία	0,085
Σιτάρι (durum)[20]	Η.Π.Α.	0,11-0,34
Ρύζι[18]	Η.Π.Α.	0,013
Μανιτάρια άγρια[21]	Ισπανία	0,1- 4,32
Agaricus macrosporus[21]	Ισπανία	36,84
Ζυμαρικά[13]	Φινλανδία	0,026-0,182
Ζωικά τρόφιμα		
Γάλα αγελάδας[22]	Ισπανία	4,88 μg/L
Γάλα αίγας[22]	Ισπανία	7,81 μg/L
Τυρόπηγμα[11]	Ισπανία	0,017±0,002
Τυρί κρέμα[11]	Ισπανία	0,005±0,005
Κρέμα γάλακτος[11]	Ισπανία	0,008
Ελάφι, ήπαρ (ενήλικο)[10]	Οντάριο	1
Ελάφι, νεφρός (νεαρό)[10]	Οντάριο	9,2
Ελάφι, νεφρός (ενήλικο)[10]	Οντάριο	34
Τάρανδος, ήπαρ[23]	Σουηδία	0,60
Τάρανδος, νεφρός[23]	Σουηδία	2,7
Άλογο, ήπαρ[23]	Σουηδία	2,5
Άλογο, νεφρός[23]	Σουηδία	18
Αρνί, νεφρός[23]	Σουηδία	0,12
Πρόβατο νεφρός[23]	Σουηδία	1
Χοίρος, ήπαρ[24]	Γερμανία	0,271
Χοίρος, νεφρός[24]	Γερμανία	0,547
Χοίρος, μύες[25]	Ιταλία	0,010
Χοίρος, ήπαρ[25]	Ιταλία	0,184
Χοίρος, νεφρός[25]	Ιταλία	0,981

*Ως λίπασμα χρησιμοποιήθηκε λάσπη υπονόμων.

** Καλλιέργεια σε εδάφη γειτονικά σε παλιό ορυχείο ψευδαργύρου.

Πίνακας 3. Συγκέντρωση καδμίου σε διάφορα ψάρια και θαλασσινά

Table 3. Cadmium concentrations in several species of fish shellfish and mollusks

Είδος	Χώρα προέλευσης	Συγκέντρωση Cd (μg/g*)
Κτένια [27]	Η.Π.Α.	0,2-0,3
Κτένια [28]	Καναδάς	5,32
Στρείδια Ειρηνικού [27]	Η.Π.Α.	1,0-2,0
Στρείδια Ειρηνικού [29]	Η.Π.Α.	1,1
Στρείδια ανατολικά [29]	Η.Π.Α.	0,51
Στρείδια [28]	Καναδάς	0,85
Δίθυρα μαλάκια [27]	Η.Π.Α.	0,6-0,9
Δίθυρα μαλάκια [29]	Η.Π.Α.	0,1
Μύδια [30]	Πορτογαλία	1,3-3,1
Μύδια [31]	Ισπανία	0,60-0,79
Μύδια Ατλαντικού [32]	Μαρόκο	0,222-0,375
Καβούρια μπλε [27]	Η.Π.Α.	0,1-0,2
Γαρίδες Β. θάλασσας [33]	Γερμανία	0,043
Γαρίδες ωκεανού [27]	Η.Π.Α.	0,1-0,2
Αστακός αμερικάνικος (ουρά)[27]	Η.Π.Α.	0,4-0,5
Αστακός ατλαντικού (ουρά)[27]	Η.Π.Α.	<0,1
Χταπόδια νωπά [34]	Ισπανία	0,17
Χταπόδια σε άλμη (κονσέρβα)[34]	Ισπανία	1,20
Σουπιά καταψυγμένη [34]	Αργεντινή	1,27
Καλαμάρια σε σάλτσα (κονσέρβα)[34]	Ισπανία	0,38
Καλαμάρια μανδύας (κονσέρβα)[35]	Γερμανία	0,04-1,81
Καλαμάρια ολόκληρα (κονσέρβα)[35]	Γερμανία	0,08-10,87
Καλαμάρια ολόκληρα (νωπά)[36]	Καλιφόρνια	0,91 (0,65-1,3)
Καλαμάρια μανδύας (νωπά)[36]	Καλιφόρνια	0,20 (0,10-0,32)
Καλαμάρια ολόκληρα σε άλμη (κονσέρβα)[36]	Καλιφόρνια	1,0 (0,66-2,4)
Καλαμάρια μανδύας σε άλμη (κονσέρβα)[36]	Καλιφόρνια	1,3 (1,0-1,5)
Ψάρια νωπά [37]	Φινλανδία	0-0,006
Ψάρια αλατισμένα και κονσέρβα [37]	Φινλανδία	0,009-0,042
Πέστροφα [38]	Ιταλία	Έως 0,058

*επί υγρού βάρους.

Πίνακας 4. Συγκέντρωση καδμίου σε διάφορα τρόφιμα της ελληνικής αγοράς

Table 4. Cadmium concentrations in various foodstuffs on the Greek market

Είδος	Συγκέντρωση Cd σε μg/Kg
Ψωμί (λευκό) [39]	49,4 ± 14,1
Ψωμί (μαύρο) [39]	33,0 ± 8,9
Ζυμαρικά [39]	62,9 ± 14,0
Κρέας βόειο [39]	52,5 ± 18,9
Ήπαρ βόειο [39]	113,2 ± 15,4
Ήπαρ αμνού [39]	178,3 ± 15,3
Κοτόπουλο [39]	25,4 ± 4,0
Ψάρι [39]	47,8 ± 12,4
Γάλα (παστεριωμένο) [39]	0,9 ± 0,1
Γάλα (συμπυκνωμένο) [39]	1,5 ± 0,2
Τυρί (φέτα) [39]	5,0 ± 1,1
Λαχανικά [39]	74,3 ± 17,5
Βολβοί [39]	49,5 ± 22,4
Ντομάτες [39]	26,3 ± 3,8
Μήλα [39]	22,5 ± 7,3
Χυμός φρούτων [39]	10,0 ± 1,2
Κρασί κόκκινο [39]	15,1 ± 3,0
Κρασί άσπρο [39]	15,2 ± 1,6
Ρετσίνα [39]	13,3 ± 1,9
Ήπαρ αίγας [40]	230
Νεφρός αίγας [40]	1.530
Αίγα, νεφρός [40]	3.510
Κρέας βόειο [41]	70
Ήπαρ βόειο[41]	170
Νεφρός (νεαρά βοοειδή) [41]	340
Νεφρός (ενήλικα βοοειδή) [41]	960
Νεφρός* (ενήλικα βοοειδή) [41]	2.530
Μύδια (Χαλκιδική) [42]	370 ± 80
Μύδια* [42]	530 ± 180
Μύδια (Μακρύγιαλος) 42	460 ± 370

*Από περιοχή της Χαλκιδικής κοντά στα μεταλλεία Ολυμπιάδας.

Πίνακας 5. Συγκέντρωση καδμίου σε κονσέρβες κεφαλόποδων της Ελληνικής αγοράς *

Table 5. Cadmium concentration in canned cephalopods on the Greek market*

Είδος	Συγκέντρωση Cd σε μg/Kg**
Καλαμάρι σε άλμη (κονσέρβα) [43]	516 (70-1240)
Μοσχοχτάποδο σε σάλτσα (κονσέρβα) [43]	382 (65-800)
Μοσχοχτάποδο σε σογιέλαιο (κονσέρβα) [43]	431 (24-870)

* Η πρώτη ύλη έχει εισαχθεί κατεψυγμένη από χώρες εκτός της Ευρωπαϊκής Ένωσης

**Ο προσδιορισμός αφορά το βρώσιμο μέρος του δείγματος μετά την αποστράγγιση του

φρών. Το κάδμιο που απορροφάται από το ζωικό και ανθρώπινο οργανισμό φέρεται στο ήπαρ, όπου συνδέεται με συγκεκριμένο είδος πρωτεϊνών χαμηλού μοριακού βάρους και υψηλής περιεκτικότητας σε κυστεΐνη, τις μεταλλοθειονίνες[47]. Κατόπιν μεταφέρεται στους νεφρούς, όπου συσσωρεύεται κυρίως στο νεφρικό φλοιό από όπου αποβάλλεται με πάρα πολύ αργό ρυθμό έχοντας ημιπερίοδο ζωής 14-38 χρόνια [48,49]. Όταν η συγκέντρωσή του στο νεφρικό φλοιό ξεπεράσει ένα ορισμένο όριο, το οποίο κυμαίνεται από 180 έως 344 μg/g, τότε εκδηλώνονται διάφορες μη αντιστρεπτές βλάβες με συνέπεια την πρωτεϊνουρία και την πλήρη καταστροφή των νεφρικών σωληναρίων[47].

Έχοντας υπ' όψιν ότι η γαστροεντερική απορρόφηση του καδμίου είναι κ.μ.ο. 5%, ο FDA πρότεινε ως μεγίστη ανεκτή πρόσληψη καδμίου τα 55 μg / άτομο ημερησίως[47]. Αυτή η τιμή, συμπίπτει σχεδόν με την προτεινόμενη από την JECFA[50] (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) προσωρινή ανεκτή εβδομαδιαία πρόσληψη PTWI (Provisional Tolerable Weekly Intake) 7 μg Cd / Kg βάρους του σώματος ή περίπου 60 μg Cd ανά ημέρα για ένα άτομο 60 Kg.

4. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΚΑΔΜΙΟΥ ΣΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ

Πριν από οποιονδήποτε προσδιορισμό του καδμίου στα τρόφιμα θα πρέπει να προηγηθεί πλήρης καύση της οργανικής ύλης του δείγματος, με ξηρή η υγρή αποτέφρωση. Η ξηρή αποτέφρωση γίνεται σε ηλεκτροθερμαινόμενο κλίβανο σε θερμοκρασία 45 °C επί 8-12 ώρες αφού προηγηθεί θέρμανση του δείγματος με μικρή ποσότητα ανόργανου οξέος[51,52]. Η υγρή αποτέφρωση ή πέψη του δείγματος διαρκεί λιγότερο και γίνεται με θέρμανσή του σε ποτήρι ζέσεως με πυκνά ανόργανα οξέα όπως HNO_3, H_2SO_4, HCL, $HCLO_4$ ή μίγματα αυτών αφού προστεθούν η όχι και άλλες οξειδωτικές ουσίες όπως H_2O_2[53,54]. Ο χρόνος που διαρκεί η πέψη, οι απώλειες του δείγματος σε Cd καθώς και η ρύπανση του δείγματος κατά τη διάρκειά της, είναι δυνατόν να μειωθούν ακόμη περισσότερο όταν αυτή πραγματοποιείται σε ειδικά σφραγισμένες συσκευές από Teflon με τη βοήθεια μικροκυμάτων[55].

Για τον προσδιορισμό του καδμίου στα τρόφιμα έχουν προταθεί πολλές αναλυτικές μέθοδοι, όπως πολαρογραφία[28], φασματοφωτομετρία[56] και φασματομετρία ατομικής απορρόφησης[57]. Τα τελευταία χρόνια, επειδή τα επίπεδα του καδμίου στα τρόφιμα είναι πολύ χαμηλά (της τάξεως μερικών μg/g το ανώτερο) χρησιμοποιούνται τεχνικές με αυξημένη ευαισθησία. Τέτοιες είναι η Ανοδική Διαφορική Παλμική Αναδιαλυτική Βολταμετρία[58,59], η φασματομετρία Ατομικής Εκπομπής Επαγωγικά Συζευγμένου Πλάσματος ICP-AES[60,61] (Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry), η φασματομετρία Ατομικής Απορρόφησης με Φλόγα FAAS[53] και η φασματομετρία Ατομικής Απορρόφησης με Φούρνο Γραφίτη GFAA σύμφωνα με τη μέθοδο D3559 της ASTM[62]. Η τελευταία τεχνική είναι η πιο ευαίσθητη από όλες, αλλά θα πρέπει να παίρνονται ιδιαίτερες προφυλάξεις για να μειωθούν οι διάφορες παρεμβολές, που δημιουργούνται από το υλικό (matrix) του δείγματος η από τον υψηλό θόρυβο της βασικής γραμμής.

Η φασματομετρία ατομικής απορρόφησης συνδυάστηκε επίσης με την υγρή χρωματογραφία υψηλής πίεσης (HPLC) για τη μελέτη της χημικής μορφής με την οποία βρίσκεται το κάδμιο σε διάφορα βιολογικά συστήματα, η οποία καθορίζει και τη βιοδιαθεσιμότητά του για τους διάφορους ζωικούς οργανισμούς[63,64].

5. ΕΚΘΕΣΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ ΣΤΟ ΚΑΔΜΙΟ - ΕΛΕΓΧΟΣ - ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Ο κύριος τρόπος έκθεσης του ανθρωπίνου οργανισμού στο κάδμιο είναι μέσω της διατροφής. Έχει υπολογιστεί ότι ο άνθρωπος προσλαμβάνει κατά μέσον όρο περίπου 10 μg καδμίου την ημέρα από διαιτητικές πηγές όπως είναι τα φυλλώδη λαχανικά, οι βολβοί, τα σιτηρά, το ήπαρ και το γάλα. Τα αλιεύματα είναι δυνατόν επίσης να περιέχουν αυξημένες συγκεντρώσεις καδμίου (Πίνακας 3) και η ποσότητα που προσλαμβάνεται από αυτά ποικίλλει ανάλογα με την ποσότητα που καταναλώνεται και το είδος τους. Δίαιτες που περιλάμβαναν κατανάλωση οστρακόδερμων τουλάχιστον μία φορά την εβδομάδα ή και περισσότερο, βρέθηκε να περιέχουν δύο φορές περισσότερο κάδμιο (22 μg/ημέρα) από άλλες ανάμικτες, οι οποίες περιείχαν μέτριες ποσότητες[65] (περίπου 10 μg/ημέρα). Άτομα που διατρέφονται με υψηλές ποσότητες ψαριών και οστρακόδερμων υπολογίστηκε ότι παραλαμβάνουν από αυτά το 43% της μεγίστης ανεκτής ημερήσιας δόσης καδμίου όπως αυτή ορίζεται από τον FDA[66].

Η μέση ημερήσια πρόσληψη καδμίου από το περιβάλλον (αέρα, σκόνη, νερό) είναι πολύ μικρή (<1,5 μg/ ημέρα).Αυτή όμως η ποσότητα μπορεί να αυξηθεί πάρα πολύ όταν ο άνθρωπος κατοικεί ή εργάζεται κοντά σε μεταλλουργίες ή άλλες βιομηχανικές πηγές που ρυπαίνουν το περιβάλλον με κάδμιο.

Τέλος, ένας σημαντικός τρόπος έκθεσης του ανθρώπου στο κάδμιο είναι το κάπνισμα. Λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι το 20-50% του καδμίου που περιέχει ο καπνός απορροφάται μέσω των πνευμόνων, έχει υπολογιστεί ότι οι καπνιστές προσλαμβάνουν κατά μέσον όρο 10 μg καδμίου /άτομο /ημέρα μόνο από τα τσιγάρα [47].

Νομοθετικά όρια σε επίπεδο Κοινοτικής Νομοθεσίας για τις ανώτερες επιτρεπόμενες τιμές συγκέντρωσης Cd στα τρόφιμα δεν έχουν ορισθεί ακόμη. Η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει απλώς προτείνει τις εξής τιμές: 0,050 μg/g για τα τρόφιμα γενικά περιλαμβανομένων και των ψαριών εκτός από τη χωματίδα (Pleuronectes platessa) και το σελάχι (οικ. Rajidae, τάξη Rajicormes) για τα οποία ορίστηκαν τα 0,2 μg/g, 1 μg/g για τα οστρακόδερμα εκτός από το

καβούρι και 1,5 μg/g για τα μαλάκια και το άσπρο μόνο κρέας του καβουριού[66]. Επίσης, ως όρια ανοχής για το ήπαρ και τους νεφρούς έχουν προταθεί τα 1 και 3 μg/g Cd αντίστοιχα[67].Σε επίπεδο εθνικών νομοθεσιών ορισμένα από τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Κοινότητας έχουν θεσπίσει διαφορετικά όρια ανοχής για τα αλιεύματα όπως η Ισπανία το 1 μg/g[34] και η Ιταλία τα 2 μg/g[68].

Στην Ελλάδα, η μέση ημερήσια πρόσληψη καδμίου έχει υπολογιστεί στα 44,5 μg ανά άτομο[69] ή σύμφωνα με άλλη μελέτη, στα 56,13 μg ανά άτομο[70]. Η τιμή αυτή είναι λίγο πιο χαμηλή από την επιτρεπόμενη PTWI των 7 μg Cd /Kg σωματικού βάρους που προτείνεται από την JECFA[50]. Ένα ποσοστό περίπου 22% του προσλαμβανόμενου καδμίου από τους Έλληνες καταναλωτές που αντιστοιχεί σε 14,17 μg ανά ημέρα, οφείλεται σε κατανάλωση βοδινού και χοιρινού κρέατος, πουλερικών και εντοσθίων [71].

Οι συγκεντρώσεις του καδμίου στα ελληνικά τρόφιμα όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 4 είναι στις περισσότερες περιπτώσεις παρόμοιες με αυτές της διεθνούς βιβλιογραφίας, ενώ σε λίγες περιπτώσεις ξεπερνούν τα προτεινόμενα όρια, κυρίως σε περιοχές κοντά σε ορυχεία.. Η διεξαγωγή όμως συχνών ελέγχων από τους αρμόδιους φορείς τόσο στις πρώτες ύλες όσο και στα τελικά προϊόντα που κυκλοφορούν στην ελληνική αγορά, θα πρέπει να είναι συνεχής. Την εντατικοποίηση αυτών των ελέγχων μάλιστα επιβάλλουν οι εισαγωγές κατεψυγμένων αλιευμάτων που ενδεχομένως προέρχονται από αλιευτικές περιοχές εκτός Ευρωπαϊκής Ένωσης οι οποίες έχουν ήδη ρυπανθεί.

Από όλα τα προαναφερόμενα γίνεται φανερή η ανάγκη για σύγκλιση των εθνικών νομοθεσιών των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Κοινότητας όσον αφορά τα όρια ανοχής του καδμίου στα τρόφιμα σε μία ενιαία ευρωπαϊκή νομοθεσία, η οποία επί πλέον να λαμβάνει υπ' όψιν και το είδος του εξεταζομένου τροφίμου, ούτως ώστε να διασφαλίζεται προϊόν απαλλαγμένο από αυτόν τον κίνδυνο για τους Ευρωπαίους καταναλωτές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Nriagu, J.O. Food contamination with cadmium in the environment. In Nriagu, J. O., Simmons, M. S., eds Food Contamination from Environmental sources. Wiley, New York 1990, 59-84.
2. Γιαννακουδακης, Δ. Α., Μανουσάκης, Γ. Ε. Μαθήματα Γενικής και Ανόργανου Χημείας. Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη 1970, 455-468.
3. Nriagu, J.O., and Pacyna, J.M. Quantitative assessment of worldwide contamination of the air, water and soil with trace metals. Nature (London) 1988, 333: 134-139.
4. Nakos, G. Pollution of soil and vegetation in the Thriasian Plain, Greece. Plant and Soil 1982, 66: 271-277.
5. Στεφάνου, Π. Ρύπανση των μυδιών του Θερμαϊκού κόλπου με Κάδμιο και Μόλυβδο. Εργασία Μεταπτυχιακής Ειδίκευσης. Κτηνιατρικό Τμήμα, Τομέας Υγιεινής και Τεχνολογίας Τροφίμων Ζ.Π., Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, 1984
6. Asami, T. Pollution of soils by cadmium. In. Nriagu, J.O. ed. Changing Metal Cycles and human Health. Springer-Verlag, Berlin, 1984, 95-111.
7. Page, A. L., Chang, A. C., and El-Amamy, M. Cadmium levels in soils and crops in the United States.In Hutchinson, T.C., Meema, K.M., eds., Lead, Mercury, Cadmium and Arsenic in the Environment. Wiley, Chichester 1987, 119-145
8. Watanabe, T., Kasahara, M., Nakatsuka, H., and Ikeda, M. Cadmium and lead contents of cigarettes produced in various areas of the world. Sci Total Environ 1987, 66: 29-37
9. Frank, A. In search of biomonitors for cadmium: Cadmium content of wild Swedish fauna during 1973-1976. Sci Total Environ 1986, 57: 57-65
10. Glooschenko, V., Downes, C., Frank, R., Braun, H. E., Addison, E. M., and Hiickle, J. Cadmium levels in Ontario moose and deer in relation to soil sensitivity to acid precipitation. Sci Total Environ 1988, 71: 173-186.
11. Cabrera, C., Lorenzo, M. L., Lopez, M. C. Lead and cadmium contamination in dairy products and its repercussion on total dietary intake. J Agric Food Chem 1995, 43 (6) : 1605-1609.
12. Wieczorek, C. and Kostrzewa, M. Culinary processing impact on lead and cadmium content in carrot. Roczniki Panstwowego Zakladu Higieny 1997, 48(2): 187-192.
13. Tahvonen, R. and Kumpulainen, J. Lead and cadmium in some berries and vegetables on the Finnish market in 1991-1993. Food Addit Contam 1995, 12(2): 263-279
14. Wolnick, K. A., Frickle, F. L., Capar, S. G., Braude, G. L., Meyer, M. W., Satzger, R. D., and Bonnin, E. Elements in major raw agricultural crops in the United States.I. Cadmium and lead in lettuce, peanuts, potatoes, soybeans, sweat corn and wheat. J Agr Food Chem 1983, 31: 1240-1244.
15. McLaughlin, M. J., Maier, N. A., Rayment, G. E., Sparrow, L. A., Berg, G., McKay, A., Milham, P., Merry, R. H., Smart, M. K. Cadmium in Australian potato tubers and soils. Journal of Environmental Quality 1997, 26(6) :1644-1649.
16. Sherlock, J. C., Smart, G. A., Walters, B., Evans, W. H., McWeeny, D. J., and Cassidy, W. Dietary surveys on a population at Shipham, Dorset, United Kingdom. Sci Total Environ 1983, 29: 121-142.
17. Shacklette, H. T. Elements in fruits and vegetables from areas of commercial production in the conterminous United States. U.S. Geological Survey Professional Paper No. 1178, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. 1980, 149pp.
18. Wolnick, K. A., Frickle, F. L., Capar, S. G., Braude, G. L., Meyer, M. W., Satzger, R. D., and Bonnin, E. Elements in major raw agricultural crops in the United States III. Cadmium, lead and other elements in carrots, field corn, onion, rice, spinach and tomatoes. J Agr Food Chem 1985, 33: 807-811.
19. Kobayashi, J. Pollution by cadmium and the Itai-Itai disease in Japan. In Oehme, F. W., ed.,Toxicity of heavy metals in the Environment. Dekker, New York 1978, 199-260.
20. Yin-Ming Li, Chaney, R.L., Schneiter, A. A., Miller, J. F., Elias, E. M., Hammond, J. J. Screening for low grain cadmium phenotypes in sunflower, durum wheat and flax. Euphitica 1997, 94(1): 23-30.
21. Melgar, M.J., Alonso, J., Perez-Lopez, M., Garcia, M. A. Influence of some factors in toxicity and accumulation of cadmium from edible wild microfungi in NW Spain. J Environ

Sci Health B 1998, 33(4): 439-455.

22. Rodriguez Rodriguez, E. M., Delgado Uretra, E., Diaz Romero, C. Concentrations of cadmium and lead in different types of milk. Z Lebensm Unters Forsch A 1999, 208: 162-168.
23. Jorhem, L. Lead and cadmium in tissues from horse, sheep, lamb and reindeer in Sweden. Z Lebensm Unters Forsch A 1999, 208: 106-109
24. Schulz-Schroeder, G. Lead and cadmium in meat, liver and kidney samples from lambs and sheep. Fleischwirtschaft 1991, 71(12): 1435-1438.
25. Griglio, B., Sattanino, G., Filippi, E., Bosio, A., Rossignoli, M.,Galeno, N. Cadmium and lead in normally slaughtered pigs. Ingegneria Alimentare le Conserve Animali 1995, 11(3): 35-39.
26. McCracken, I. R. Biological cycling of cadmium in freshwater. Adv Environ Sci Technol 1987, 19: 89-116.
27. Hall, R.A., Zook, E.G., and Meaburn, G.M. National Marine Fisheries Service Survey of Trace Elements. In Griglio, B., Sattanino, G., Filippi, E., Bosio, A., Rossignoli, M., Galeno, N. the Fishery Resource NOAA Technical Report NMFS SSRF-721, U.S.Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service March,1978.
28. Chou, C. L., Uthe, J. F., Zook, E. G. Polarographic Studies on the Nature of Cadmium in Scallop, Oyster and Lobster. J Fish Res Board Can 1978, 35: 409-413.
29. Capar, S. G., Yess, N. J. US Food and Drug Administration survey of cadmium, lead, and other elements in clams and oysters. Food Addit Contam 1996, 13(5): 553-560
30. Bebianno, M. J., Machado, L. M. Concentration of metals and metallothioneins in Mytilus galloprovincialis along the South Coast of Portugal. Mar Pollut Bull 1997, 34(8): 666-671.
31. Lavilla, I., Capelo, J. L., Bendicho, C. Determination of cadmium and lead in mussels by electrothermal atomic absorption spectrometry using an ultrasound-assisted extraction method optimized by factorial design. Fresenius J Anal Chem 1999, 363: 283-288.
32. El-Hraiki, A., Alaoui, M., Buhler, D. R. The use of mussels to determine the extent of trace metal contamination along Moroccan Atlantic coast. Toxic Environ Chemistry 1994, 41(1/2): 31-37.
33. Marx, H.M. and Brunner, B. Heavy metal contamination of North Sea shrimp (Crangon crangon L.). Z Lebensm Unters Forsch A 1998, 207(4): 273-275.
34. Cisneros-Garcia, M. C., Grana-Gomez, M. J., Rodriguez-Vazquez, J. A. Cadmium content in fresh and canned cephalopods. Alimentaria 1995, 266: 53-55.
35. Schulz-Schroeder, G., Schering, B. Cadmium contamination in squid products. Archiv fur Lebensmittelhygiene 1995, 46 (2): 40-43.
36. Falandysz, J. Concentrations of Trace Metals in Various Tissues of the Squid Loligo opalescent and their redistribution after canning. J Sci Food Agric 1991, 54: 79-87
37. Tahvonen, R., Kumpulainen, J. Content of lead and cadmium in selected fish species consumed in Finland in 1993-1994. Food Addit Contam1996, 13(6): 647-654.
38. Maggi, E., Mingardi, P. Contamination of fish caught in lakes in Parma Province with lead, cadmium and copper from the environment. Annali della Facolta di Medicina Veterinaria, Univercita Di Parma 1993 (publ. 1994), 13: 141-155
39. Tsoumbaris, P., Tsoukali-Papadopoulou, H. Heavy metals in common foodstuff: Quantitative Analysis. Bull Environ Contamin Toxicol 1994a, 53: 61-66
40. Antoniou, V., Zantopoulos, N. Cadmium concentrations in plants and goats tissues from various areas of Chalkidiki, Greece. Bull Environ Contam Toxicol 1992, 48 : 515-519.
41. Antoniou, V., Tsoukali - Papadopoulou, H., Epivatianos, P., Nathanael, B. Cadmium concentrations in Beef Consumable Tissues in Relation to Age of Animals and Area of their Breeding. Bull Environ Contam Toxicol 1989, 43 : 915-919.
42. Antoniou, V., Zantopoulos, N., Tsitsamis, S. Heavy metal concentration in mussels from the gulf of Olympias-Chalkidiki, Greece. J Environ Sci Health 1996, A31(1): 55-65.
43. Γεωργαντέλης, Δ. Μη δημοσιευθέντα αποτελέσματα. Θεσσαλονίκη, 1999.
44. Λυμπερόπουλος, Α. Γ. Συμβολή στη μελέτη της τοξικής επίδρασης του χλωριούχου καδμίου στους όρχεις του προβάτου. Διδακτορική διατριβή. Τμήμα Κτηνιατρικής, Τομέας Δομής και Λειτουργίας ζωικών οργανισμών, Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη, 1997.
45. Friberg, L., Piscator, M., Nordberg, G., Kjellstrom, T. Cadmium in the environment. 2nd Edition. CRC Press, Inc. Clevelend, Ohio 1974: 5-6, 15-32, 76-135.
46. Αντωνίου, Β.Α. Συμβολή στη μελέτη της περιεκτικότητας του καδμίου σε νωπά βιολογικά δείγματα βοοειδών από βιομηχανικές και αγροτικές περιοχές της Β. Ελλάδας. Διδακτορική Διατριβή. Ιατρικό Τμήμα, Τομέας Ανατομικής και Παθολογικής Ανατομικής, Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη, 1988.
47. FDA. Guidance Document for Cadmium in Shellfish. Center for food Safety and Applied Nutrition. United States Food and Drug Administration, Washington D.C., USA 1993.
48. Tsuchiya, K., Seki, Y. and Sugita, M. In Proceedings of 17th International Congress Occupational Health. 1972. Available through the Secretariat, Av. Rogue Saenz, Pena, 1100-2 piso,Oficio 8, Buenos Aires, Argentina.
49. Kjellstrom, T., Friberg, L., Nordberg, G. Piscator, M. Further considerations on uptake and retention of cadmium in human kidney cortex. In Friberg, L., Piscator, M., Nordberg, G., eds Cadmium in the Environment. Appendix, CRCPress, Cleveland, Ohio 1971, 140-148.
50. WHO/FAO (World Health Organization/Food and Agriculture Organization) Evaluation of certain food additives and contaminants. Thirty third report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, Technical Report Series 776, World Health Organization, Geneva, Switzerland 1989
51. AOAC. Lead in fish. Atomic Absorption Spectrometric method. Final Action 1976, 972.23. In Herlich, K., ed. Official methods of analysis. 15th Edition. Association of official Analytical chemists Inc. Virginia, U.S.A., 1990c, 257.
52. Zachariadis, G. A., Stratis, J. A., Kaniou, I., Kalligas, G. Critical Comparison of Wet and Dry Digestion Procedures for Trace Metal Analysis of Meat and Fish Tissues. Mikrochim Acta 1995, 119: 191-198.
53. AOAC. Cadmium in food. Atomic Absorption Spectrometric method. Final Action 1974, 973.34. In Herlich, K., ed. Official methods of analysis. 15th Edition. Association of official Analytical chemists Inc. Virginia, U.S.A., 1990b, 247-248.

54. MAFF Analytical methods for the determination of trace metals and other elements. In Watson, C., ed. The analysis of Agric. Material. HMSO. London 1981, 467-474.

55. Chakraborty, R., Das, A. K., Cervera, M. L., de la Guardia, M. Determination of cadmium by electrothermal atomic absorption spectrometry after microwave-assisted digestion of animal tissues and sewage sludges. Fresenius J Anal Chem 1996, 355: 43-47.

56. AOAC. Cadmium in Food. Dithizone Method. Final Action 1976, 945.58 . In Herlich, K., ed. Official methods of analysis. 15th Edition. Association of official Analytical chemists Inc. Virginia, U.S.A., 1990a, 246-247.

57. Pearson, D. The Chemical Analysis of Foods. 7th Edition. Churchill Livingston, London 1976, 79-81.

58. Adeloju, S. B., Bond, A. M. Determination of selenium, copper, lead and cadmium in biological materials by differential pulse stripping voltametry. Anal Chim Acta 1983, 148: 59-69

59. Raspor, B., Kozar, S., Pavicic, J., Juric, D. Determination of the Cadmium and Copper content inherent to metallothionein. Fresenius J Anal Chem 1998, 361: 197-200.

60. Grant, W. A., Ellis, P. C. Determination of Heavy Metals in shellfish by Flame Atomic Absorption Spectrometry and Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry. J Anal At Spectrom 1988, 3: 815-820.

61. Caroli, S. Determination of Total Tin and Tributyltin in Marine Biological Materials by Electrothermal Atomic-Absorption Spectrometry. Spectrochim Acta 1988, 43B(4,5): 371-380.

62. ASTM (American Society for Testing and Materials). Annual Book of ASTM Standards 11.01, D3559-85, Philadelphia, 1986, PA 19103

63. Guy, R. D., Chou, C. L., Uthe, J. F. Speciation of bound and free metals evaluated for lobster digestive gland extracts. Anal Chim Acta 1985, 174: 269-277.

64. Uthe, J. F., Freeman, H. C., Sirota, G. R., Chou, C. L. Studies on the Chemical Nature and Bioavailability of Arsenic, Cadmium and Lead in Selected Marine Fishery Products. In Martin, R. E., Flick, G. J., Ward, D. R., eds. Chemistry and Biochemistry of Marine Food Products. AVI Publishing Company, Westport Connecticut 1982, 105-113.

65. Vahter, M., Berglund, M., Nermell, B., Akesson, A. Bioavailability of cadmium from shellfish and mixed diet in women. Toxicol appl pharmacol 1996, 136 (2): 332-341.

66. Whittle, K. J. Chemical contaminants in fisheries products. Lecture 29th WEFTA Annual Meeting. Thessaloniki 1999, Proceedings in press.

67. Spierenburg, J. T. H., De Graaf, J. C., Baars, J. A., Brus, D. H. J., Tielen, M. J. M., Art, B. J. Cadmium, zinc, lead and copper in livers and kidneys of cattle in the neighbourhood of zinc refineries. Environ Monit Assess 1988, 11: 107-114.

68. Storelli, M. M., Marcotrigiano, G. O. Cadmium and total mercury in some cephalopods from the south Adriatic Sea (Italy). Food Addit Contam 1999, 16(6): 261-265

69. Tsoumbaris, P., Tsoukali-Papadopoulou, H. Heavy metals in common foodstuff: Daily intake. Bull Environ Contamin Toxicol 1994b, 53: 67-70.

70. Data from Agricultural Bank of Greece. Nutrition and Agriculture in Mediterranean. Athens, Greece, 1986.

71. Antoniou, V., Tsoukali, H., Zantopoulos, N., Dimitriou, A. Human dietary intake of lead and cadmium from animal tissues consumption. Proceedings of the 6th International Conference on Environmental Science and Technology. Samos, Greece, 1999, Volume B: 140-146.