

Θέματα υγείας του 21^{ου} αιώνα στον τομέα συσκευασίας τροφίμων

Της Jane Muncke, PhD
Emhart Glass

Μάιος 2009

Τα τελευταία χρόνια, στον τομέα συσκευασίας τροφίμων, το ζήτημα της βιώσιμης ή αιεφόρου ανάπτυξης κερδίζει συνεχώς έδαφος. Η συσκευασία που είναι φιλική προς το περιβάλλον λέγεται επίσης «βιώσιμη» ή «αιεφόρος» και σχετίζεται κυρίως με τις μειωμένες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) κατά την παραγωγή και τη μεταφορά. Αν λάβουμε υπόψη τις τρέχουσες διαμάχες που αφορούν την κλιματική αλλαγή, πρόκειται για ένα σημαντικό ζήτημα, και σε σχέση με την προστασία του περιβάλλοντος, η αυξανόμενη σπουδαιότητά του στον επιχειρηματικό κόσμο είναι σίγουρα αξιοσημείωτη. Εν τούτοις, η ιδέα της αιεφόρου ανάπτυξης δεν αφορά μόνο τη χρήση ενέργειας και τη συμβολή στην κλιματική αλλαγή. Η έννοια της αιεφόρου ανάπτυξης, όπως περιγράφεται στο «Κοινό μας μέλλον» (Our Common Future, 1987), έχει να κάνει με την ανάπτυξη της κοινωνίας μας, τη διατήρηση του φυσικού περιβάλλοντος για τις επόμενες γενιές και τη χρήση πηγών με μη εκμεταλλεύσιμο, βιώσιμο τρόπο. Το αξιοπρόσεχτο με την ιδέα αυτή είναι ότι ορίζεται διαφορετικά, ανάλογα με το περιβάλλον στο οποίο εφαρμόζεται.

Πίνακας 1: Η ιδανική συσκευασία τροφίμων ανταποκρίνεται και στις πιο υψηλές απαιτήσεις

• Προστατεύει τα τρόφιμα από τις εξωτερικές επιρροές
• Προστατεύει τα τρόφιμα από αλλοιώσεις
• Παρέχει πληροφόρηση στους καταναλωτές
• Είναι πρακτική
• Διευκολύνει την ανεύρεση του προϊόντος
• Συμβάλλει στο μάρκετινγκ του προϊόντος
• Είναι απαραβίαστη
• Δεν επηρεάζει την ποιότητα των τροφίμων
• Είναι υγιεινή
• Μπορεί να παραχθεί με τις ελάχιστες επιπτώσεις για το περιβάλλον (όσον αφορά τη χημική ρύπανση, την ενέργεια και τις εκπομπές)

Για να κατανοήσουμε καλύτερα την αιεφόρο ανάπτυξη στον τομέα της συσκευασίας τροφίμων, θα πρέπει πρώτα να επισημάνουμε τις βασικές λειτουργίες της συσκευασίας τροφίμων (Πίνακας 1). Υπάρχουν ορισμένα κριτήρια για την οικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντική διάσταση της αιεφόρου ανάπτυξης (Σχήμα 1: συνοπτική λίστα κριτηρίων). Ένα βασικό κριτήριο είναι, βέβαια, η υγεία: **Οι συσκευασίες τροφίμων που έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, δε συμβαδίζουν με την αιεφόρο ανάπτυξη.** Κατά συνέπεια, η αποκλειστική ενασχόληση με το διοξείδιο του άνθρακα και/ή με την κατανάλωση ενέργειας, δεν εγγυάται καμία συσκευαστική λύση που να μπορεί να χαρακτηριστεί «βιώσιμη».



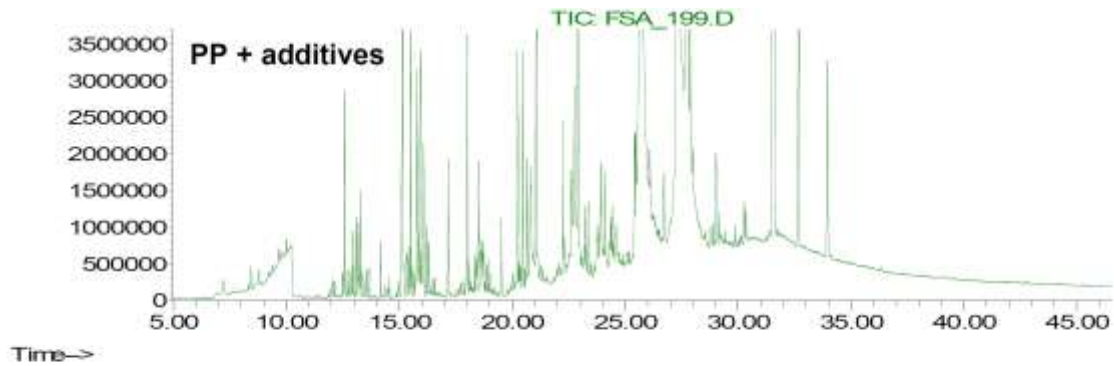
Σχήμα 1: Ορισμένα κριτήρια που αφορούν την ιδανική συσκευασία τροφίμων, στα πλαίσια της αειφόρου ανάπτυξης.

Στο παρόν άρθρο μελετάμε τις συσκευασίες τροφίμων που περιέχουν πλαστικό, γιατί αυτό το είδος συσκευασίας είναι το πλέον διαδεδομένο. Περίπου το 70% όλων των καταναλωτικών συσκευασιών αφορά τρόφιμα και ποτά (Παγκόσμιος Οργανισμός συσκευασίας και Pira International 2008). Διαχωρίζοντας τα υλικά συσκευασίας, η πιο σημαντική καταναλωτική συσκευασία (βάσει αγοραίας αξίας) είναι φτιαγμένη από πλαστικό (38%, τόσο με άκαμπτο, όσο και με εύκαμπτο πλαστικό). Ακολουθούν εκείνες από χαρτί και χαρτόνι (30%), μέταλλο (19%), γυαλί (8%) και άλλα υλικά (5%) (Pira International, Rexam 2008). **Οι συσκευασίες τροφίμων από μέταλλο, χαρτί και χαρτόνι κυρίως, επικαλύπτονται εσωτερικά με ένα πλαστικό υλικό, κάνοντας έτσι το πλαστικό το βασικότερο υλικό συσκευασίας (Castle 2007).**

Το πλαστικό φτιάχνεται από παραπροϊόντα της διύλισης πετρελαίου. Ο βασικός οικοδομικός λίθος για οποιοδήποτε πλαστικό είναι το μονομερές, ένα μόριο που αποτελεί μέρος μιας αλυσίδας από πανομοιότυπα μονομερή που σχηματίζουν το πολυμερές. Τα πολυμερή αποτελούνται από δέκα χιλιάδες μονομερή και η αντίδραση πολυμερισμού είναι μια σύνθετη χημική διαδικασία, στην οποία απαιτείται η παρουσία και άλλων χημικών (όπως είναι οι καταλύτες). Στο πολυμερές προστίθενται βοηθητικές ουσίες που εμπλουτίζουν τις ιδιότητες του πλαστικού υλικού, όπως είναι οι μαλακτικές ουσίες και οι απορροφητές UV (Piringer και Baner 2000). Έτσι, το τελικό πλαστικό υλικό αποτελεί ένα μίγμα από πολυμερές, προσθετικά, βοηθητικά σκευάσματα και υποπροϊόντα της σύνθετης διαδικασίας πολυμερισμού που δεν έχουν προστεθεί σκόπιμα (NIAS: non-intentionally added substances) (Bradley και Coulier 2007).

Τα προσθετικά, τα NIAS και τα μη αντιδρώντα μονομερή δεν είναι χημικά δεσμευμένα με το πολυμερές. Μπορούν να διαχωριστούν από το πλαστικό υλικό μέσω της διάχυσης. **Όταν το πλαστικό χρησιμοποιείται στη συσκευασία τροφίμων, τα τρόφιμα μπορούν να μολυνθούν από αυτά τα χημικά –μια διαδικασία που ονομάζεται μετανάστευση.** Η μετανάστευση εξαρτάται από το πλαστικό υλικό και τη χημεία του συσκευασμένου τροφίμου. Επηρεάζεται, επίσης, από την πυκνότητα του υλικού συσκευασίας και το μέγεθος της συσκευασίας (λόγος επιφάνειας προς όγκο), ενισχύεται από τη θερμότητα και αυξάνεται με το χρονικό διάστημα αποθήκευσης (de Fatima Pocas και Hogg 2007). **Όταν αγοράζει τρόφιμα σε πλαστική συσκευασία, ο καταναλωτής δεν έχει καμία πληροφόρηση για τις συνθήκες αποθήκευσης του προϊόντος (θερμοκρασία, ηλιακό φως) ή για το χρονικό διάστημα που ήταν αποθηκευμένο –παράγοντες που επηρεάζουν το βαθμό μετανάστευσης των χημικών ουσιών από τη συσκευασία στο τρόφιμο.**

Επειδή το πλαστικό είναι χημικά πολύ περίπλοκο, δεν έχουν αναγνωριστεί όλες οι χημικές ουσίες που μπορούν να μεταναστεύσουν από την πλαστική συσκευασία. Όταν αναλύονται εκχυλίσματα από πλαστικά υλικά για την ανεύρεση των συστατικών τους, οι χημικοί μιλούν για ένα «δάσος κορυφών», επειδή τα γραφήματα μέτρησης έχουν πολλές διαφορετικές κορυφές (Σχήμα 2). Κάθε κορυφή –ή «δέντρο»– σε αυτό το δάσος αντιπροσωπεύει μια διαφορετική χημική ουσία. Οπότε, καθίσταται σαφές ότι το πλαστικό δεν είναι ένα ομοιογενές υλικό, αλλά ένα σύνθετο μίγμα πολλών διαφορετικών χημικών με διαφορετικές συγκεντρώσεις.



Σχήμα 2: Ένα οργανικό εκχύλισμα πλαστικού (πολυπροπυλένιο και προσθετικά, απόσταξη με αιθανόλη) που αναλύεται με τη χρήση αέριας χρωματογραφίας-φασματομετρίας μάζας (GC-MS). Κάθε κορυφή αντιπροσωπεύει μια διαφορετική χημική ουσία (από Bradley και Coulier 2007).

Για ρυθμιστικούς σκοπούς, εξετάζονται οι πιο συχνά απαντώμενες ενώσεις και η αξιολόγηση τοξικολογικού κινδύνου πραγματοποιείται για τις μεμονωμένες ουσίες και όχι για το τελικό υλικό. Αυτό σημαίνει, ότι οι ενώσεις που εμφανίζονται σε επίπεδα χαμηλότερα ενός ορισμένου ορίου, δεν έχουν τοξικολογικές ιδιότητες. Επίσης, οι ουσίες που δεν είναι γνωστές (δηλ. δεν έχουν αναγνωριστεί) δεν μπορούν να ποσοτικοποιηθούν. Επομένως, δεν είναι δυνατό να επιβεβαιωθεί ότι οι ενώσεις αυτές βρίσκονται πράγματι κάτω από το όριο. **Συνεπώς, συγκεκριμένες ενώσεις που βρίσκονται στο πλαστικό υλικό συσκευασίας τροφίμων μπορούν ενδεχομένως να μεταναστεύσουν στο τρόφιμο, όμως η χρόνια έκθεση σε τέτοιες ουσίες δεν έχει αξιολογηθεί. Η μακροπρόθεσμη ασφάλεια των πλαστικών υλικών συσκευασίας τροφίμων παραμένει ουσιαστικά άγνωστη (Muncke 2009).**

Η ιδέα της ύπαρξης ορίων στην αξιολόγηση του τοξικολογικού κινδύνου βασίζεται σε μια παλιά αρχή της τοξικολογίας που εισήγαγε ο Παράκελσος (Paracelsus). Ήταν ο πρώτος που συσχέτισε τη δόση μιας χημικής ουσίας με την τοξική δράση και δήλωσε ότι «η δόση είναι εκείνη που κάνει το δηλητήριο». Κατά βάση, αυτό σημαίνει ότι κάθε χημική ουσία έχει ένα «τοξικό επίπεδο» και ένα «μη τοξικό επίπεδο», η έκθεση στο οποίο δε θα έχει βλαβερές συνέπειες για την υγεία. Έτσι, τα χημικά που βρίσκονται στα τρόφιμα, ακόμη κι αν είναι άγνωστα, δε θα είναι επικίνδυνα για την υγεία αν βρίσκονται κάτω από ένα ορισμένο επίπεδο συγκέντρωσης. Αυτή η αρχή της τοξικολογίας αποτελεί τη βάση για τη σημερινή διαχείριση του χημικού κινδύνου (για περισσότερες πληροφορίες: van Leeuwen και Vermeire 2007).

Ο Παράκελσος έζησε στη διάρκεια του 16^{ου} αιώνα. Τα τελευταία 20 χρόνια, οι επιστήμες τοξικολογίας γνώρισαν μεγάλες αλλαγές. Έχουν αναπτυχθεί νέες μεθοδολογίες, οι οποίες οδήγησαν σε νέες αρχές. Σήμερα, γνωρίζουμε ότι η αρχή «η δόση είναι εκείνη που κάνει το δηλητήριο» πρέπει να συμπληρωθεί και με άλλα στοιχεία, όπως είναι, για παράδειγμα, ο χρόνος της έκθεσης. Μια ζωή που αναπτύσσεται είναι πολύ πιο ευαίσθητη σε χημικές ουσίες κατά τη διάρκεια συγκεκριμένων σταδίων και ο πλακούντας δεν αποτελεί το τέλειο φράγμα ενάντια σε όλα τα χημικά (Bern 1992). Ένα άλλο πρόβλημα είναι οι ενώσεις που μιμούνται ορμόνες, γιατί μπορεί να είναι ισχυρές σε χαμηλές δόσεις, ενώ σε υψηλότερες συγκεντρώσεις να έχουν άλλες επιπτώσεις (Weltje κ.ά. 2005). Οι ουσίες αυτές λέγονται ενδοκρινικοί διαταράκτες ή περιβαλλοντικές ορμόνες.

Περιβαλλοντικές ορμόνες (ενδοκρινικοί διαταράκτες)

Το σώμα μας ελέγχεται από ορμόνες, μοριακά σήματα που επιτρέπουν την επικοινωνία μεταξύ των κυττάρων, ιστούς και όργανα. Ο έλεγχος ασκείται και στο σχηματισμό των οργάνων του αναπτυσσόμενου εμβρύου. Υπάρχουν πολλά διαφορετικά είδη ορμονών, όμως οι πιο γνωστές είναι οι φυλετικές ορμόνες οιστραδιόλη και τεστοστερόνη. Η οιστραδιόλη σχετίζεται με το «θηλυκό» και η τεστοστερόνη με το «αρσενικό», όμως τόσο οι άντρες, όσο και οι γυναίκες διαθέτουν και τις δύο ορμόνες, απλώς παρουσιάζουν διαφορετικές συγκεντρώσεις. Στις γυναίκες, τα επίπεδα οιστραδιόλης είναι πολύ υψηλότερα, ενώ οι άντρες έχουν περισσότερη τεστοστερόνη.

Οι περιβαλλοντικές ορμόνες (ενδοκρινικοί διαταράκτες) είναι ενώσεις που μιμούνται τη βιολογική δράση των ενδογενών ορμονών ή γενικά διαταράσσουν το ορμονικό σύστημα. Μπορεί να πρόκειται για φυσικές ενώσεις που συναντάμε στα φυτά ή για βιομηχανικά χημικά με ένα ευρύ φάσμα χρήσεων. Και τα δύο είδη βρίσκονται στο περιβάλλον, εξού και η ονομασία. Συγκεκριμένα, τα ξeno-οιστρογόνα αποτελούνται από πολλά διαφορετικά χημικά και οι επιπτώσεις τους συχνά περιγράφονται ως «οιστρογονικότητα». Όλα διαθέτουν οιστρογόνο-μιμητικές ιδιότητες σε ένα βαθμό και είναι το είδος των ενδοκρινικών διαταρακτών που έχει μελετηθεί περισσότερο απ' όλα τα υπόλοιπα (Safe κ.ά. 2001).

Η ανθρώπινη έκθεση στα ξeno-οιστρογόνα αποτελεί ζήτημα υγείας, γιατί οι ουσίες αυτές μπορούν να διαταράξουν τα φυσικά οιστρογόνα και να έχουν δυσμενείς επιπτώσεις για την υγεία. Αυτό μας έγινε γνωστό με ένα τραγικό παράδειγμα, όπου χορηγήθηκε ένα ξeno-οιστρογόνο ως φάρμακο κατά της αποβολής, σε περίπου 8 εκατομμύρια έγκυες γυναίκες παγκοσμίως, μεταξύ των δεκαετιών 1940 και 1970. Η ουσία αυτή, που λέγεται DES (διαιθυλοστιλβοιστρόλη), διέσχισε τον πλακούντα κι επηρέασε την ανάπτυξη του εμβρύου. Μία από τις εκβάσεις αυτής της ιατρικής παρέμβασης ήταν η αυξημένη εμφάνιση μιας σπάνιας μορφής καρκίνου στις νεαρές γυναίκες, κάτι που τελικά οδήγησε στη διακοπή της συνταγογράφησης του DES. Άλλο ένα φαινόμενο που παρατηρήθηκε ήταν ο αυξημένος κίνδυνος για καρκίνο του μαστού σε γυναίκες άνω των 40 ετών, που ως έμβρυα είχαν εκτεθεί σε αυτή τη χημική ουσία. Είναι πιθανό, ακόμη και τα εγγόνια των μητέρων που έλαβαν DES, να διατρέχουν υψηλό κίνδυνο για καρκίνο, καθώς αυτό δείχνουν τα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν σε ζώα (Newbold κ.ά 2006).

Μικρές δόσεις - σημαντικές επιπτώσεις

Εκείνο που γνωρίζουμε για τις περιβαλλοντικές ορμόνες είναι η μη μονοτονική καμπύλη δόσης-απόκρισης. Αυτό σημαίνει ότι σε χαμηλές δόσεις, τέτοιες ενώσεις έχουν κάποια επίδραση, όμως όταν η συγκέντρωση αυξάνεται, η συγκεκριμένη επίδραση μειώνεται και μπορεί να εμφανιστεί κάποια άλλη ή, ακόμη, να παρατηρηθεί κάποια αντίθετη (ένα παράδειγμα είναι η ταμοξιφαίνη, μια ουσία που χορηγείται για τον καρκίνο του μαστού, η οποία σε μικρές δόσεις ενισχύει την ανάπτυξη του κυτταρικού όγκου, ενώ σε υψηλότερες συγκεντρώσεις την αναστέλλει). Η ιδιότητα αυτή αντιτίθεται στην αρχή του Παράκελσου που υποστηρίζει ότι οι υψηλές συγκεντρώσεις αυξάνουν τις επιπτώσεις (Myers κ.ά., υπό έκδοση).

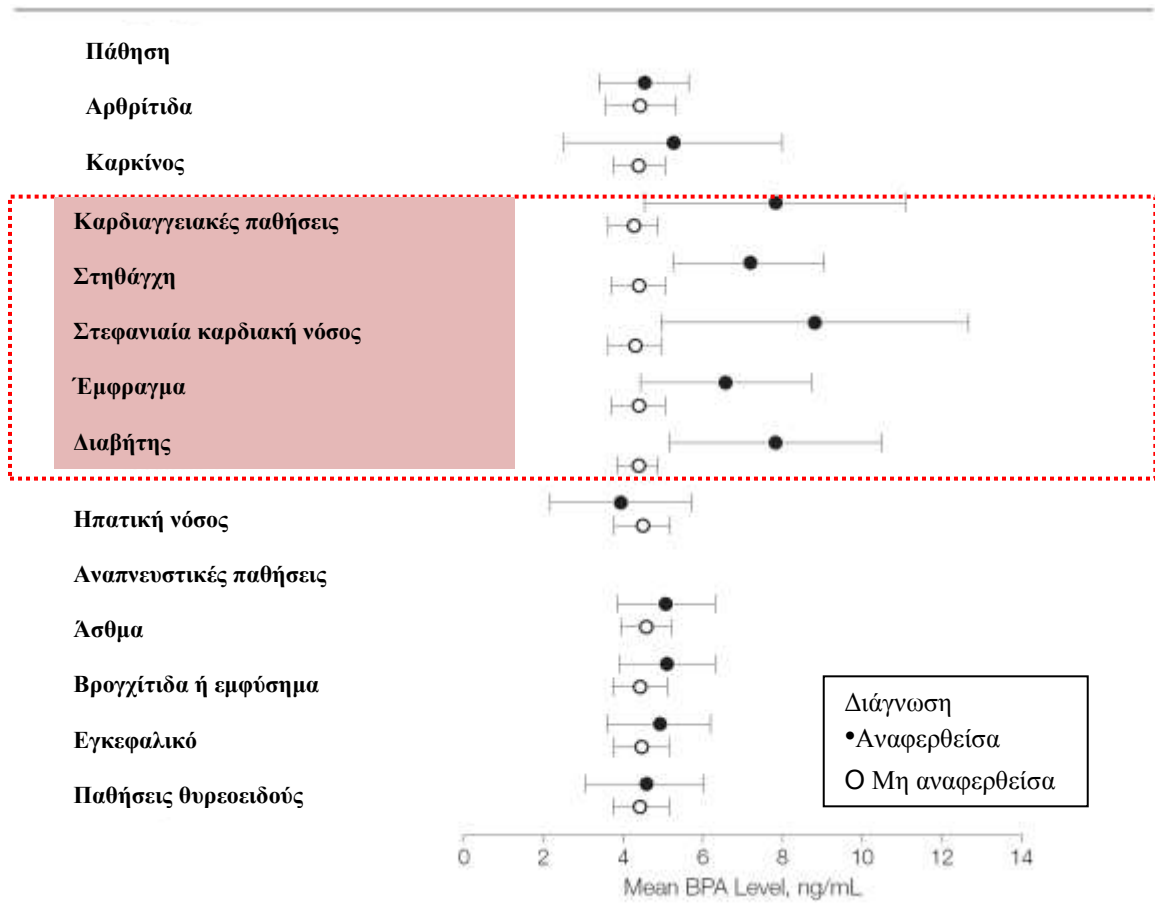
Το ξενο-οιστρογόνο που έχει μελετηθεί εκτενώς είναι η δισφαινόλη Α. Γνωστή και ως BPA, χρησιμοποιείται στη συσκευασία τροφίμων και μπορεί να μεταφερθεί από τη συσκευασία στο τρόφιμο. Οι οιστρογονικές ιδιότητες της BPA είναι γνωστές από τη δεκαετία του 1930, τότε που γίνονταν έρευνες για την φαρμακολογική της χρήση. Από τα 1950, η BPA χρησιμοποιείται ως μονομερές για τα πολυανθρακικά πλαστικά και τις εποξειδικές ρητίνες που βρίσκονται στα μεταλλικά δοχεία των τροφίμων και των ποτών. Τα τελευταία χρόνια, έχουν εντατικοποιηθεί οι συζητήσεις για το πόσο ασφαλής είναι η χρήση της BPA, ιδιαίτερα εξαιτίας της ύπαρξης της BPA στις πολυανθρακικές παιδικές φιάλες, γεγονός που εκθέτει τα βρέφη σε χαμηλές δόσεις της συγκεκριμένης ουσίας. Ο Καναδάς ήταν η πρώτη χώρα που απαγόρευσε τα παιδικά προϊόντα που περιέχουν δισφαινόλη Α. Σήμερα, η BPA χρησιμοποιείται κυρίως για την κατασκευή CD και DVD και αποτελεί χημική ουσία υψηλού όγκου παραγωγής, με περισσότερα από 4 εκατομμύρια τόνους παγκόσμια ετήσια παραγωγή για το 2006 (Senjen και Azoulay 2008).

Λόγω της ευρείας της χρήσης, ο άνθρωπος βρίσκεται συνεχώς εκτεθειμένος στη BPA, όμως οι μακροχρόνιες επιπτώσεις της στην υγεία δεν είναι γνωστές. Μία μελέτη στις ΗΠΑ, η Εθνική Μελέτη για την Υγεία και τη Διατροφή (NHANES), διαθέτει μια τεράστια βάση δεδομένων με στοιχεία για την υγεία και το σωματικό φορτίο του αμερικανικού πληθυσμού. Πρόσφατα, μια έρευνα που χρησιμοποίησε αυτά τα στοιχεία, δημοσιεύτηκε στο περιοδικό της Αμερικανικής Ιατρικής Εταιρίας (Lang, Galloway κ.ά. 2008). Στη μελέτη NHANES, οι συμμετέχοντες ρωτήθηκαν αν πάσχουν από κάποια ασθένεια. Ο Lang και οι συνεργάτες του, που πραγματοποίησαν τη μελέτη, συσχέτισαν στατιστικά την απάντηση ναι/όχι με τα επίπεδα της BPA που βρέθηκαν στα ούρα των συμμετεχόντων, κάτι που αποτελεί ένα καλό μέτρο για το σωματικό φορτίο του ατόμου λόγω της BPA (Σχήμα 3).

Τα ευρήματα ήταν εκπληκτικά: οι συμμετέχοντες που έπασχαν από καρδιαγγειακές/καρδιακές παθήσεις είχαν πολύ υψηλότερα επίπεδα σωματικού φορτίου λόγω BPA απ' ό,τι οι υγιείς συμμετέχοντες. Η ίδια συσχέτιση επιβεβαιώθηκε και για τους διαβητικούς ασθενείς, οι οποίοι είχαν επίσης πολύ υψηλότερα επίπεδα BPA. Για άλλες ασθένειες, όπως ο καρκίνος, δε βρέθηκε κάποια συσχέτιση με τα επίπεδα BPA.

Τα παραπάνω αποτελέσματα είναι ιδιαίτερα αξιόλογα, γιατί αφορούν την πρώτη επιδημιολογική μελέτη για BPA που πραγματοποιήθηκε σε μεγάλο δείγμα πληθυσμού. Αξίζει να σημειωθεί ότι δε φαίνεται να υπάρχει κάποιο αίτιο. Ωστόσο, η έκθεση στη BPA υπερισχύει στον αμερικανικό πληθυσμό, με ανιχνεύσιμα επίπεδα που φτάνουν το 93%. Ταυτόχρονα, πάνω από το 8% των κατοίκων της Αμερικής είναι διαβητικοί. Η μελέτη αυτή υποδεικνύει μια πιθανή σύνδεση μεταξύ της υψηλής έκθεσης και της ύπαρξης της ασθένειας κι επιδιώκει την εύρεση πιθανών αιτιών.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι τόσο ο διαβήτης, όσο και οι καρδιαγγειακές παθήσεις αναπτύσσονται από την ίδια υποκλινική πάθηση, γνωστή ως «μεταβολικό σύνδρομο» ή «σύνδρομο αντίστασης στην ινσουλίνη» (Σχήμα 4). Η ινσουλίνη είναι μία ορμόνη του σώματος που ρυθμίζει τα επίπεδα σακχάρου στο αίμα και ο ρόλος της είναι καθοριστικός στη ρύθμιση του ενεργειακού μεταβολισμού. Εάν το σώμα δεν καταφέρει να ρυθμίσει τα επίπεδα της ινσουλίνης, μπορεί να αναπτυχθεί αντίσταση στην ινσουλίνη.

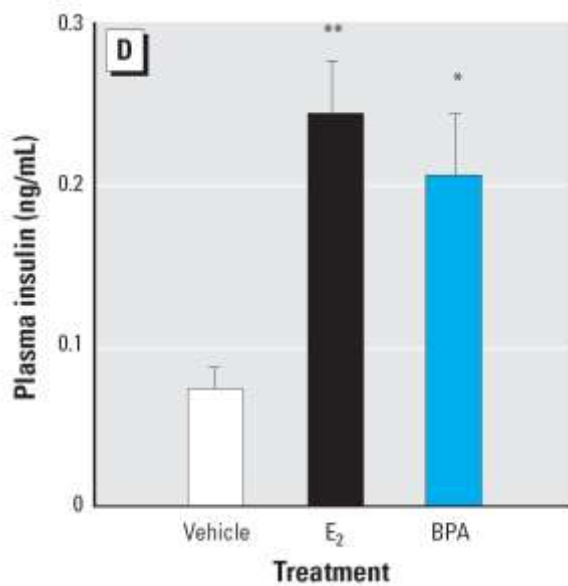


Σχήμα 3: Εκτιμώμενη μέση συγκέντρωση της BPA, σε σχέση με τις αναφερόμενες ασθένειες και παθήσεις. Οι υπολογισμοί έχουν γίνει βάσει ηλικίας και φύλου. Οι μπάρες σφάλματος δείχνουν 95% διαστήματα εμπιστοσύνης (από Lang, Galloway κ.ά. 2008).



Σχήμα 4: Αντίσταση στην ινσουλίνη. Η αποτυχία των κυττάρων-στόχων της ινσουλίνης να ανταποκριθούν στα ερεθίσματα της ινσουλίνης στο αίμα μπορεί να εμφανιστεί σε πολλές ασθένειες (κόκκινος κύκλος). Ο πορτοκαλί κύκλος δείχνει συμπτώματα του μεταβολικού συνδρόμου (από Biddinger και Kahn 2006).

Τα πειράματα που έγιναν σε ζώα έδειξαν ότι η BPA μπορεί πράγματι να οδηγήσει σε αντίσταση στην ινσουλίνη (Alonso-Magdalena, Morimoto κ.ά. 2006). Σε αρσενικά ενήλικα ποντίκια χορηγήθηκε είτε μία μόνο δόση BPA που ήταν στο ένα πέμπτο της Ανεκτής Ημερήσιας Λήψης (TDI) του Οργανισμού Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA), ή μία μόνο δόση οιστραδιόλης με συγκέντρωση ίδια με της BPA. Μετρήθηκαν τα επίπεδα ινσουλίνης στο αίμα των ζώων και διαπιστώθηκε ότι τα ζώα στα οποία χορηγήθηκε



οιστραδιόλη ή BPA παρουσίασαν αξιοσημείωτη και στατιστικά σπουδαία αύξηση των επιπέδων αυτών, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα ζώα («Όχημα») (Σχήμα 5). Όταν η αγωγή λάμβανε χώρα για 4 συνεχόμενες μέρες, τα ζώα αποκτούσαν αντίσταση στην ινσουλίνη.

Σχήμα 5: Σε αρσενικά ενήλικα τρωκτικά χορηγήθηκε μία μόνο δόση BPA ή οιστραδιόλης (E₂). Σε σχέση

με τους ελέγχους («όχημα»), και οι δυο αγωγές αύξησαν σημαντικά τα επίπεδα ινσουλίνης στο αίμα (=πλάσμα). Όταν η αγωγή επαναλαμβάνονταν για 4 συνεχόμενες μέρες, τα ζώα αποκτούσαν αντίσταση στην ινσουλίνη (από τους Alonso-Magdalena κ.ά 2006).

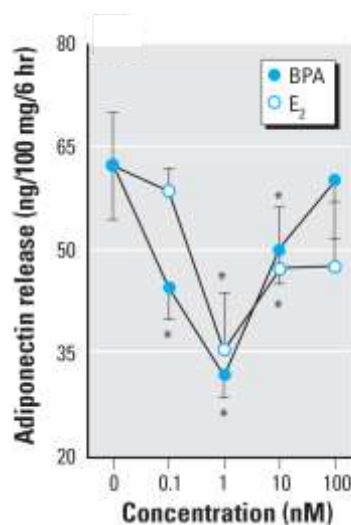
Από τα πειράματα φαίνεται ότι η BPA είναι ένα ισχυρό ξενο-οιστρογόνο. Μπορεί να προκαλέσει ορισμένες από τις επιπτώσεις που προκαλεί η φυσική ορμόνη οιστραδιόλη, στα ίδια επίπεδα συγκέντρωσης. Το εύρημα αυτό είναι πολύ σοβαρό για τη δημόσια υγεία.

Η BPA επηρεάζει την παχυσαρκία –Προστατευτικές ορμόνες

Σήμερα, περίπου 60 εκατομμύρια Αμερικανοί είναι παχύσαρκοι, που σημαίνει ότι έχουν δείκτη μάζας σώματος (BMI) πάνω από 30. Περίπου το ένα τρίτο του αμερικανικού πληθυσμού, ή τα 100 εκατομμύρια, είναι υπέρβαροι (BMI>25). Στις μέρες μας, η παχυσαρκία αποτελεί ένα από τα πιο επιτακτικά ζητήματα για τη δημόσια υγεία, όσον αφορά την πρόληψη και τη διαχείριση.

Τα αίτια της παχυσαρκίας είναι πολλά. Εκτός από την κακή διατροφή και την έλλειψη άσκησης, οι χημικοί ρύποι θεωρούνται επίσης πιθανό αίτιο παχυσαρκίας. Η BPA είναι μία από τις ουσίες που έχουν ονομαστεί «παχυσαρκογόνες» (obesogen).

Παρακάτω θα δούμε άλλη μια μελέτη που εξέτασε το ρόλο της BPA στην απελευθέρωση αδιπνεκτίνης. Η αδιπνεκτίνη είναι μία ενδογενής ορμόνη που συσχετίζεται αρνητικά με τα επίπεδα ινσουλίνης και λίπους στο σώμα, στους ενήλικες. Αποτελεί αντισταθμιστικό παράγοντα της ινσουλίνης. Στη μελέτη αυτή, ο ανθρώπινος λιπώδης ιστός λήφθηκε με επέμβαση κοιλιακής σμίκρυνσης (π.χ. κοιλιοπλαστική) και αναπτύχθηκε ως κυτταροκαλλιέργεια. Στα κύτταρα χορηγήθηκε είτε BPA ή οιστραδιόλη, σε διαφορετικές συγκεντρώσεις και η αξιολογήθηκε η απελευθέρωση αδιπνεκτίνης σε αυτά (Σχήμα 6).



Σχήμα 6: Η απελευθέρωση της ορμόνης αδιπνεκτίνης από τον ανθρώπινο λιπώδη ιστό, ως απόκριση στη χορήγηση BPA ή οιστραδιόλης (E₂). Σε χαμηλές δόσεις, οι BPA και E₂ ελαττώνουν την απελευθέρωση αδιπνεκτίνης με ένα στατιστικά σπουδαίο τρόπο (σημειώνεται με *), ενώ σε υψηλές δόσεις όχι (από τον Hugo κ.ά. 2008).

Οι χαμηλές δόσεις των BPA και E2 μείωσαν σημαντικά την απελευθέρωση αδιπονεκτίνης, ενώ οι υψηλές δόσεις τους δεν είχαν το ίδιο αποτέλεσμα. Μάλιστα, η χορήγηση BPA εμπόδισε την απελευθέρωση αδιπονεκτίνης, με δόση 100 φορές μικρότερη του τρέχοντος μέσου όρου του σωματικού φορτίου ενός Αμερικανού. Σε μεγαλύτερες δόσεις, η BPA δεν επηρέαζε τα επίπεδα αδιπονεκτίνης, δείχνοντας έτσι ότι οι χαμηλές δόσεις έχουν μεγαλύτερη σημασία από τις υψηλές και ότι τα αποτελέσματα χορήγησης υψηλών και χαμηλών δόσεων δεν είναι κατάλληλα για τις περιβαλλοντικές ορμόνες με τέτοιες ιδιότητες.

Τα ευρήματα είναι σημαντικά γιατί:

- (1) Οι άνθρωποι είναι ιδιαίτερα εκτεθειμένοι στη BPA, με δόσεις που μπορούν να έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στις κυτταρικές σειρές των ζώων και των ανθρώπων.
- (2) Η αδιπονεκτίνη σταδιακά μειώνεται στους παχύσαρκους και τα χαμηλά επίπεδα αδιπονεκτίνης είναι επικίνδυνα για την ανάπτυξη της αντίστασης στην ινσουλίνη, με αποτέλεσμα τον διαβήτη τύπου 2 και την παχυσαρκία.
- (3) Η αυξημένη παχυσαρκία ενδέχεται να συνδέεται με την έκθεση στην περιβαλλοντική μόλυνση, π.χ. στην BPA και με άλλα ξενο-οιστρογόνα (DES). Αυτό έδειξαν πειράματα που έγιναν σε ζώα.

Συνοψίζοντας, υπάρχουν πολλά επιστημονικά στοιχεία που φανερώνουν ότι η ευρεία έκθεση του ανθρώπου στην BPA, στα σημερινά επίπεδα, μπορεί να αποτελεί αιτία πολλών παθήσεων που παρατηρούνται στους ανθρώπους (Πίνακας 2).

Πίνακας 2: Επιπτώσεις που παρατηρήθηκαν σε ζώα που εκτέθηκαν σε χαμηλές δόσεις BPA και παραλληλισμός με τις τρέχουσες τάσεις που παρατηρούνται στην ανθρώπινη υγεία (από τον vom Saal 2009).

Επιπτώσεις της BPA σε ποντίκια		Τάσεις της ανθρώπινης υγείας
Υπερπλασία του προστάτη και καρκίνος Υπερπλασία των μαστών και καρκίνος	Καρκίνος	Αύξηση του καρκίνου του προστάτη Αύξηση του καρκίνου του μαστού
Μη φυσιολογική ουρήθρα/ απόφραξη Μείωση σπέρματος Πρόωρη εφηβεία στις γυναίκες Κύστες της ωθήκης/ ίνωμα μήτρας Μη φυσιολογικά χρωμοσώματα ωοκυττάρων	Αρσενικό και θηλυκό αναπαραγωγικό σύστημα	Υποσπαδίαση Μείωση σπέρματος Πρόωρη σεξουαλική ωρίμανση PCOS/ ίνωμα μήτρας Αποβολή
Αύξηση σωματικού βάρους Αντίσταση στην ινσουλίνη	Μεταβολικές παθήσεις	Αύξηση παχυσαρκίας Διαβήτη τύπου 2
Υπερδραστηριότητα/ προβλήματα εκμάθησης Μη φυσιολογική συμπεριφορά στο παιχνίδι Μη φυσιολογική κοινωνικο-σεξουαλική συμπεριφορά	Εγκέφαλος και συμπεριφορά	ADHD (διαταραχή ελαττωματικής προσοχής με υπερκινητικότητα) Αυτισμός

Χημικά και τοξικά μίγματα

Στις μέρες μας, χρησιμοποιούνται πάνω από 70.000 συνθετικά βιομηχανικά χημικά και παράγονται πάνω από 2.200 χημικά που ξεπερνούν το 1 εκατομμύριο lbs ανά έτος στις ΗΠΑ. Μόνο για μερικά από αυτά έχει γίνει τοξικολογικός έλεγχος (Guyton, Kyle κ.ά. 2008). **Άρα, οι άνθρωποι εκτίθενται σε σύνθετα μίγματα χημικών, οι τοξικές ιδιότητες πολλών εκ των οποίων μάς είναι άγνωστες.**

Το 2002, δημοσιεύτηκε μια πολύ αξιόλογη μελέτη που αφορούσε το τοξικό δυναμικό των χημικών μιγμάτων. Οι ερευνητές του Πανεπιστημίου του Λονδίνου εξέτασαν την ικανότητα 8 ξενο-οιστρογόνων να μιμούνται τις βιολογικές επιπτώσεις της φυσικής ορμόνης οιστρογόνου (οιστρογονικότητα), *in vitro*, με τη χρήση κυττάρων ζύμης (Silva κ.ά. 2002). Όταν τα ξενο-οιστρογόνα εξετάστηκαν χωριστά σε χαμηλές συγκεντρώσεις, η «οιστρογονικότητα» ήταν πολύ χαμηλή ή μη ανιχνεύσιμη. Εάν αυτές οι 8 ουσίες ήταν όλες παρούσες σε ένα μίγμα σε αυτές τις χαμηλές συγκεντρώσεις, θα περιμέναμε να έχουν όλες μαζί κάποιες επίσης ασθενείς επιπτώσεις. Εν τούτοις, όταν δοκιμάστηκε στην πράξη, το μίγμα των 8 αυτών ξενο-οιστρογόνων σε χαμηλή δόση είχε έντονες επιπτώσεις, πολύ πιο πάνω από εκείνες που αναμένονταν από τις αντιδράσεις των μεμονωμένων ουσιών. Αυτό μας δείχνει ότι για να αξιολογήσουμε σωστά τον κίνδυνο των χημικών, πρέπει να λάβουμε υπόψη το περιβάλλον στο οποίο οι άνθρωποι εκτίθενται σε αυτά, και όχι μόνο τις μεμονωμένες ουσίες.

Το ζήτημα της τοξικότητας των μιγμάτων μελετήθηκε και στα ζώα. Είναι γνωστό ότι μίγματα χημικών που έχουν παρόμοια δράση μπορούν να έχουν εντονότερες επιπτώσεις από την κάθε μια ουσία ξεχωριστά στις ίδιες συγκεντρώσεις. Για παράδειγμα, τα αρσενικά ποντίκια συνήθως δεν έχουν θηλές. **Όταν τα ποντίκια που κυοφορούν εκτίθενται σε συγκεκριμένες ουσίες, οι αρσενικοί γόνοι τους μπορεί να γεννηθούν με θηλές –μια ένδειξη απο-αρρενοποίησης ή μειωμένης αρρενωπότητας εξαιτίας αυτών των χημικών που έχουν κι άλλες επιπτώσεις.** Η ανάπτυξη ορισμένων θηλών οφείλεται σε συγκεκριμένες ουσίες κι ενισχύεται με τις υψηλότερες δόσεις ή με τα μίγματα αυτών των ουσιών. Για παράδειγμα, μια ομάδα πλαστικών προσθετικών που λέγονται φθαλικές ενώσεις έχουν αυτό το αποτέλεσμα (Howdeshell, 2007 #1857).

Η έκθεση του εμβρύου ως αφετηρία για τις χρόνιες παθήσεις των ενηλίκων

Το ανθρώπινο έμβryo είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο στις χημικές επιρροές. Στη διάρκεια της ανάπτυξης των οργάνων, οι διατροφικές ελλείψεις και η έκθεση σε ενδοκρινικούς διαταράκτες μπορούν να έχουν μόνιμες αρνητικές επιπτώσεις, για παράδειγμα στην καρδιά, τον εγκέφαλο και τα όργανα αναπαραγωγής. Οι περιβαλλοντικές ορμόνες πιστεύεται ότι «επαναπρογραμματίζουν» σημαντικές σωματικές λειτουργίες στον αναπτυσσόμενο άνθρωπο, όπως είναι η ανοσοποιητική απόκριση και η αποθήκευση λίπους.

Από το συνθετικό οιστρογόνο DES (διαιθυλοστυλβόιστρόλη), που χρησιμοποιήθηκε για φαρμακευτικούς σκοπούς στη διάρκεια των δεκαετιών 1940 έως 1970, γνωρίζουμε ότι η έκθεση του εμβρύου σε αυτό μπορεί να έχει βλαβερές συνέπειες στη μετέπειτα ενήλικη ζωή του. Το DES μάς έδωσε ένα καλό, αν και πολύ τραγικό, παράδειγμα, όπου σε

έγκυες γυναίκες χορηγήθηκαν δόσεις ξενο-οιστρογόνου, του οποίου οι επιπτώσεις επηρέασαν γιους, κόρες και εγγόνια. Είναι, μάλιστα, η μοναδική μελέτη για την έκθεση του ανθρώπου σε ξενο-οιστρογόνα, που πραγματοποιήθηκε στη διάρκεια αυτής της περιόδου.

Για τις γυναίκες που εκτέθηκαν στο DES ως έμβρυα, υπάρχει αυξημένος κίνδυνος εμφάνισης ορισμένων ιατρικών παθήσεων, συμπεριλαμβανομένου του καρκίνου του μαστού. Τα ποντίκια που έλαβαν μικρές δόσεις DES *in utero* (ενδομήτρια), μεγαλώνοντας έγιναν παχύσαρκα (Φωτογραφία) (Newbold, Padilla-Banks κ.ά. 2007).



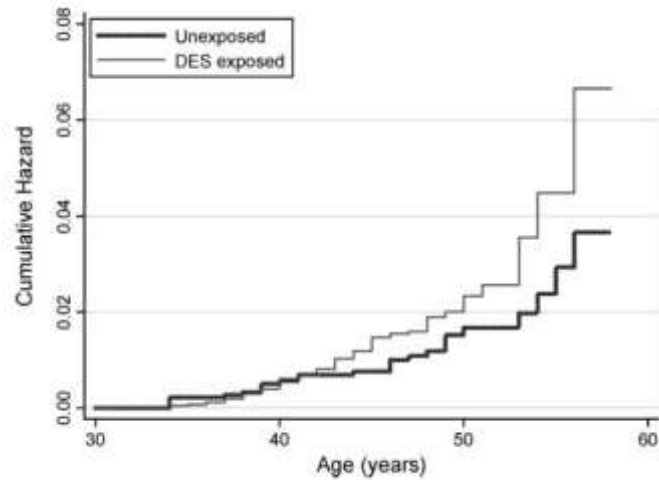
Φωτογραφία: Δύο γενετικά πανομοιότυπα ποντίκια, ίδιας ηλικίας, που έτρωγαν το ίδιο φαγητό, ασκούσαν το ίδιο και λάμβαναν την ίδια αγωγή. Η διαφορά τους είναι ότι η μητέρα του ενός εκτέθηκε σε χαμηλές δόσεις συνθετικού οιστρογόνου DES στη διάρκεια της εγκυμοσύνης. Το ζώο αυτό, όταν ενηλικιώθηκε έγινε παχύσαρκο (από Newbold κ.ά. 2007).

Καρκίνος του μαστού

Ένας στους δέκα καρκίνους που διαγιγνώσκονται κάθε χρόνο παγκοσμίως είναι ο καρκίνος του μαστού και είναι ο πιο συχνά εμφανιζόμενος καρκίνος στις γυναίκες, τόσο στις αναπτυσσόμενες, όσο και στις ανεπτυγμένες χώρες. Αποτελεί, επίσης, τη βασικότερη αιτία θανάτου από καρκίνο στις γυναίκες παγκοσμίως και η συχνότητά του ολοένα και αυξάνεται. Στις ΗΠΑ, μεταξύ των δεκαετιών 1970 και 1990 παρουσιάστηκε αύξηση 40% (Brody και Rudel 2003). Οι περιβαλλοντικοί παράγοντες παίζουν σημαντικότερο ρόλο από τους γενετικούς και οι άντρες μπορούν επίσης να εμφανίσουν καρκίνο του μαστού.

Τα άτομα που πάσχουν από καρκίνο του μαστού έχουν υψηλότερα επίπεδα περιβαλλοντικών ρύπων στον μαστικό τους ιστό. Γι' αυτό το λόγο, τα μίγματα περιβαλλοντικών ρύπων έχουν συνδεθεί με την ανάπτυξη του καρκίνου του μαστού (Ibarluzea, Fernandez κ.ά. 2004). Οι γυναίκες που ως έμβρυα εκτέθηκαν στο ξενο-οιστρογόνο DES διατρέχουν πολύ μεγαλύτερο κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου του μαστού από τις γυναίκες που δεν έχουν εκτεθεί σε αυτό το ξενο-οιστρογόνο (Σχήμα 7) (Palmer, Wise κ.ά. 2006).

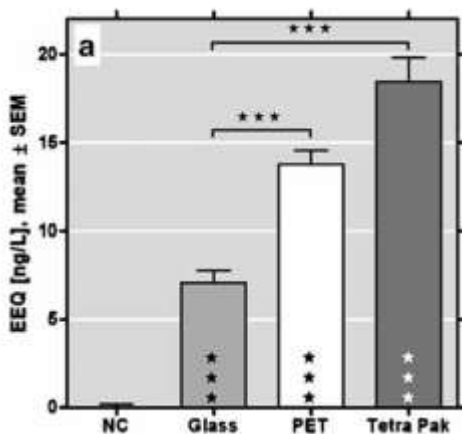
Σχήμα 7: Οι γυναίκες διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου του μαστού μετά την ηλικία των 40, εάν ως έμβρυα είχαν εκτεθεί στο DES, ένα συνθετικό οιστρογόνο που χορηγήθηκε ως φάρμακο εγκυμοσύνης (από τον Palmer κ.ά. 2006)



Η οιστρογονικότητα των μεταλλικών νερών και των υλικών συσκευασίας

Τον τελευταίο χρόνο, δημοσιεύθηκαν τουλάχιστον τρεις μελέτες για τη συνολική οιστρογονικότητα των μεταλλικών νερών που διατίθενται στο εμπόριο (Pinto και Reali 2008). Για την πραγματοποίηση των μελετών αυτών, λήφθηκαν δείγματα από τη λιανική αγορά της Γερμανίας, της Ιταλίας και των ΗΠΑ αντίστοιχα. Τα νερά αναλύθηκαν με διαφορετικά συστήματα, όλα *in vitro* (δηλ. σε δοκιμαστικούς σωλήνες). Όλα τα δείγματα χαρακτηρίστηκαν οιστρογονικά, αλλά με διαφορετικό βαθμό οιστρογονικότητας.

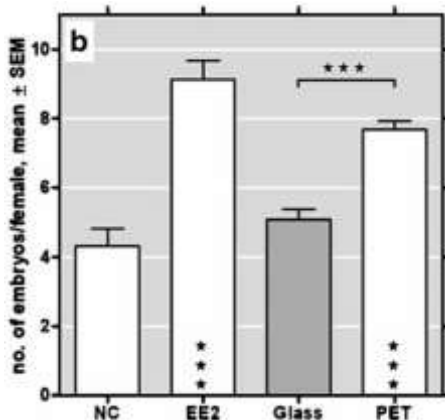
Μία μελέτη ανέλυσε επιπλέον νερά της ίδιας εταιρίας, που ήταν όμως συσκευασμένα με διαφορετικά υλικά (γυαλί, PET (τερεφθαλικό πολυαιθυλένιο) και/ή επιχρισμένο χαρτόνι). Η σύγκριση όλων των συσκευασιών, με όλα τα αναλυτικά στοιχεία που υπήρχαν διαθέσιμα (αναλύθηκαν πάνω από 600 δείγματα από γυαλί και PET, πάνω από 130 δείγματα επιχρισμένου χαρτονιού) έδειξε ότι τα νερά στις γυάλινες συσκευασίες είχαν τη μικρότερη οιστρογονικότητα, ενώ τα πλαστικοποιημένα χαρτοκιβώτια είχαν τη μεγαλύτερη (Σχήμα 8). Η οιστρογονικότητα των μεταλλικών νερών μπορεί να είναι αποτέλεσμα είτε της μετανάστευσης των χημικών από τη συσκευασία, που σημαίνει ότι η μόλυνση υπάρχει πριν το γέμισμα από την πηγή, ή να είναι αποτέλεσμα των συνθηκών αποθήκευσης πριν το γέμισμα.



(πλαστικοποιημένο) χάρτινο κουτί. Σε όλα τα μεταλλικά νερά, η οιστρογονικότητα

ήταν ιδιαίτερα αυξημένη στατιστικά σε σχέση με τον αρνητικό έλεγχο (NC) (από τους Wagner και Oehlmann 2009).

Στο δεύτερο πείραμα, εξετάστηκε η επίδραση του ίδιου του υλικού συσκευασίας στην οιστρογονικότητα. Για το λόγο αυτό, υδρόβια σαλιγκάρια τοποθετήθηκαν σε γυάλινα ή PET μπουκάλια των ίδιων εταιριών μεταλλικού νερού. Η ανάπτυξη εμβρύων αποτελεί μία ευαίσθητη οιστρογονικά παράμετρο σε αυτά τα ζώα. Ένας θετικός έλεγχος που χρησιμοποίησε συνθετικά οιστρογόνα (αιθινυλοιστραδιόλη, EE2) έδειξε σημαντικά αυξημένη ανάπτυξη του εμβρύου σε σχέση με τον αρνητικό έλεγχο (NC). Το ίδιο παρατηρήθηκε, επίσης, και στα σαλιγκάρια των PET μπουκαλιών, όχι όμως και σ' εκείνα των γυάλινων (σχήμα 9).



Σχήμα 9: Η οιστρογονικότητα των υλικών συσκευασίας του μεταλλικού νερού. Τα σαλιγκάρια που ζούσαν στα γυάλινα ή τα πλαστικά (PET) μπουκάλια εξετάστηκαν μετά από 8 εβδομάδες για τον αριθμό των εμβρύων τους. Ο θετικός έλεγχος (EE2) είναι ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο ξενο-οιστρογόνο. Ο αριθμός των εμβρύων αυξήθηκε σημαντικά στον θετικό έλεγχο και στα ζώα των συσκευασιών PET, σε σχέση με τον αρνητικό έλεγχο (NC), όμως δε συνέβη το ίδιο με τα σαλιγκάρια που ζούσαν στο γυαλί. Αυτό σημαίνει ότι το υλικό συσκευασίας

αποτελεί πηγή οιστρογονικότητας για το μεταλλικό νερό (από τους Wagner και Oehlmann 2009).

Η συγκεκριμένη έρευνα δείχνει ότι τα μεταλλικά νερά διαθέτουν διαφορετικά επίπεδα οιστρογονικότητας και ότι η οιστρογονικότητα εξαρτάται επίσης από το υλικό συσκευασίας που χρησιμοποιείται. Η συσκευασία PET αποτελεί πηγή οιστρογονικών ουσιών. Το επόμενο βήμα είναι η αναγνώριση όλων των πηγών ξενο-οιστρογόνων στα μεταλλικά νερά, καθώς και της συμβολής τους στη συνολική οιστρογονικότητα, αλλά και των χημικών τους δομών. Πιο συγκεκριμένα, εκείνο που μας ενδιαφέρει είναι η χημική ταυτότητα των ξενο-οιστρογόνων που προέρχονται από συσκευασίες PET.

Γονίδια, χημικοί ρύποι και χρόνιες παθήσεις

Για πολύ καιρό, τα γονίδια θεωρούνταν ο βασικός παράγοντας που καθόριζε την ανάπτυξη των κληρονομικών χρόνιων παθήσεων. Σήμερα, είναι πλέον σαφές ότι οι περιβαλλοντικές επιρροές (τροφή, αέρας, νερό, κοινωνικοί παράγοντες κλπ.) καθορίζουν σε μεγαλύτερο βαθμό την ανάπτυξη ή όχι μιας ασθένειας. Το πιο αξιοσημείωτο είναι ότι αυτές οι περιβαλλοντικές επιρροές δεν αλλάζουν απαραίτητα τη συχνότητα των γονιδίων, όμως μπορούν να επηρεάσουν την έκφραση ή όχι του γονιδίου, το πόσο έντονη είναι η δράση του και σε ποια μέρη του σώματος δραστηριοποιείται. Αυτή η ιδιαίτερα περίπλοκη διαδικασία μπορεί να παρομοιωθεί με ένα αεροπλάνο –το αεροπλάνο θα πετάξει μόνο αν ανοίξουν οι σωστοί διακόπτες στο σωστό χρόνο. Μέσα στο κύτταρο, οι διακόπτες αυτοί είναι σημάδια πάνω στα γονίδια. Δεν επηρεάζουν τη γονιδιακή

συχνότητα. Οι διακόπτες μπορούν να καταστραφούν από χημικά και η ζημιά να περάσει σε αρκετές από τις επόμενες γενιές. Έτσι, η επιγενετική (που σημαίνει «πάνω στο γονίδιο») είναι ο επιστημονικός κλάδος των κληρονομήσιμων αλλαγών στην έκφραση του γονιδίου, που πραγματοποιούνται χωρίς αλλαγή στη συχνότητα του γονιδίου (Dolinoy κ.ά. 2007).

Δεδομένης της πολυπλοκότητας της έκφρασης του γονιδίου, οι έννοιες του σωστού και ακριβούς συγχρονισμού όταν τα γονίδια είναι ενεργά και όταν είναι σιωπηλά, είναι πολύ σχετικές. Ωστόσο, οι γνώσεις μας για τους μηχανισμούς αυτούς είναι προς το παρόν περιορισμένες. Νέες πειραματικές μέθοδοι, σίγουρα θα βοηθήσουν τον κλάδο της επιγενετικής.

Σε μια πρόσφατα δημοσιευμένη μελέτη, θηλυκά ποντίκια εκτέθηκαν σε διαφορετικά μικροβιοκτόνα στη διάρκεια των πρώτων σταδίων εγκυμοσύνης. Η έκθεση αυτή επηρέασε τα επιγενετικά σημάδια –τους «διακόπτες»– πάνω στα γονίδια, κάτι που άλλαξε την έκφραση των γονιδίων. Οι αρσενικοί γόνοι των θηλυκών που είχαν εκτεθεί, όταν ενηλικιώθηκαν, είχαν κακής ποιότητας σπέρμα σε σχέση μ' εκείνους που προέρχονταν από μητέρες που δεν είχαν εκτεθεί, όμως τα γονίδιά τους ήταν πανομοιότυπα. Το φαινόμενο παρατηρήθηκε και στις 3 επόμενες γενιές, παρόλο που τα ζώα δεν υπέστησαν περεταίρω έκθεση σε μικροβιοκτόνα (Anway κ.ά. 2005).

Προς το παρόν, δεν είναι σαφές ποιες χημικές ουσίες επηρεάζουν τους γονιδιακούς διακόπτες. Μεγαλύτερη ευαισθησία στην έκθεση υπάρχει στη διάρκεια της εγκυμοσύνης, αλλά και όταν σχηματίζονται τα κύτταρα αναπαραγωγής (στις γυναίκες: αβγά (ωοκύτταρα), στους άντρες: σπέρμα). Ωστόσο, ακόμη και στη διάρκεια της ενήλικης ζωής, η διαίτα και η έκθεση σε χημικά επηρεάζουν επίσης τους γονιδιακούς διακόπτες, κι έτσι μπορεί να οδηγήσουν στην ανάπτυξη χρόνιων παθήσεων. Εκείνο που θα βοηθήσει στην πρόληψη των χρόνιων παθήσεων είναι η κατανόηση της αλληλεπίδρασης γονίδιο-περιβάλλον.

Η τοξικολογία στον 21^ο αιώνα

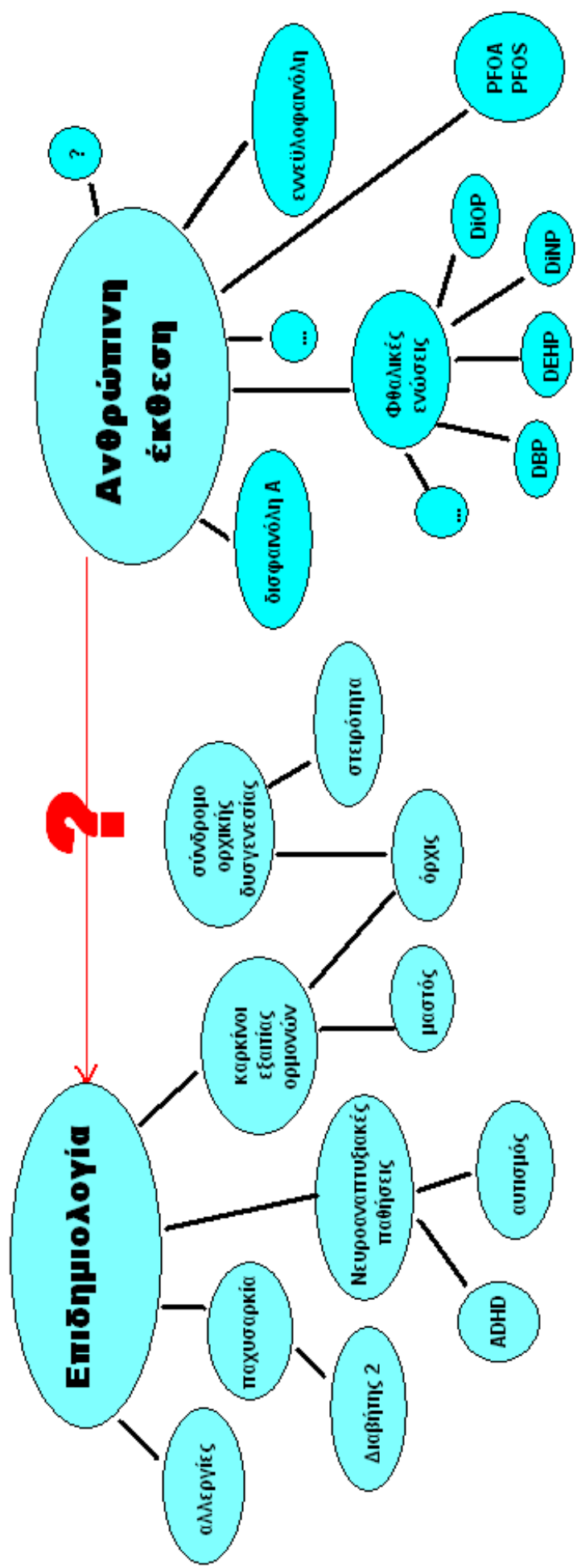
Συμπερασματικά, οι πιο πρόσφατες αρχές της τοξικολογίας δείχνουν ότι οι χρόνιες παθήσεις δεν εξαρτώνται μόνο από τα γονίδια του κάθε ανθρώπου, αλλά και από το περιβάλλον του, καθώς και από τον τρόπο ζωής του. Κατά συνέπεια, η αρχή τοξικολογίας του Παράκελσου που υποστηρίζει ότι «η δόση είναι εκείνη που κάνει το δηλητήριο» πρέπει να ανανεωθεί, ώστε να αντανakλά τις τρέχουσες γνώσεις για την παθογένεση των χρόνιων παθήσεων, λαμβάνοντας υπόψη:

- 1.) Ότι οι χαμηλές δόσεις επηρεάζουν τους ενδοκρινικούς διαταράκτες (περιβαλλοντικές ορμόνες)
- 2.) Το τοξικό μίγμα
- 3.) Την έκθεση σε χημικά στη διάρκεια της εμβρυικής ανάπτυξης (Υπόθεση για την αναπτυξιακή προέλευση των παθήσεων των ενηλίκων)
- 4.) Τις επιπτώσεις των χημικών όσον αφορά τον τρόπο, το χρόνο και το σε ποια όργανα τα γονίδια είναι ενεργά (επιγενετική)
- 5.) Άλλους, μέχρι στιγμής άγνωστους, παράγοντες.

Από εξετάσεις δειγμάτων αίματος και ούρων, φαίνεται ότι οι άνθρωποι είναι ιδιαίτερα εκτεθειμένοι σε ένα πραγματικό «κοκτέιλ» βιομηχανικών χημικών. Γνωρίζουμε, επίσης, ότι πολλές από τις χρόνιες παθήσεις ολοένα και αυξάνονται. Το ερώτημα είναι: Προκαλεί η μακροχρόνια έκθεση του ανθρώπου σε διαφορετικά μίγματα χημικών χρόνιες παθήσεις; (σχήμα 10) Η απάντηση σε αυτό το κρίσιμο ερώτημα είναι πολύ δύσκολο να δοθεί και θα χρειαστούν πολλά χρόνια ερευνών ακόμη για να γίνει κάτι τέτοιο. Μέχρι τότε, **εκείνο που προληπτικά μπορούμε να κάνουμε είναι να ελαττώσουμε την έκθεση σε χημικά που γνωρίζουμε ότι είναι επιβλαβή.**

«Είναι πολύ πιθανό, οι ορμονικές διαταραχές να αποτελούν μεγαλύτερη απειλή για το ανθρώπινο γένος απ' ό,τι η κλιματική αλλαγή» (Dr. Theo Colborn, ένας από τους συγγραφείς του «Our Stolen Future» (Το κλεμμένο μας μέλλον) και ιδρυτής του μη κερδοσκοπικού οργανισμού TEDX-the Endocrine Disrupter Exchange <http://www.endocrinedisruption.com>).

(Βλέπε Σχήμα 10)



Σχήμα 10: Σε ανθρώπινα δείγματα αίματος και ούρων, εντοπίστηκαν πολλά διαφορετικά βιομηχανικά χημικά, συμπεριλαμβανομένων των ουσιών που σχετίζονται με τις πλαστικές συσκευασίες τροφίμων -δισφαινόλη Α, φθαλικές ενώσεις, εννεύλοφαινόλη και υπερφθοριωμένες ουσίες. PFOA: υπερφθορο-οκτανοϊκό οξύ, PFOS: σουλφονικό υπερφθοροοκτάνο, DBP: φθαλικό διβουτυλεστέρας, DEHP: φθαλικό δι-ισο-εννεύλεστέρας, DINP: φθαλικό δι-ισο-εννεύλεστέρας, DIOP: φθαλικός δι-ισοκτυλεστέρας

Για περισσότερες πληροφορίες

Συσκευασία τροφίμων:

de Fatima Pocas, M. and Hogg, T., 2007. Exposure assessment of chemicals from packaging materials in foods: a review. *Food Sci Technol.* 18, 219-230.

Marsh, K. and Bugusu, B., 2007. Food packaging--roles, materials, and environmental issues. *J Food Sci.* 72, R39-55.

Arvanitoyannis, I.S. and Bosnea, L., 2004. Migration of substances from food packaging materials to foods. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 44, 63-76.

Ενδοκρινική διαταραχή:

Colborn, T., Dumanoski, D. and Myers, J.P., 1996. *Our Stolen Future. Are we threatening our fertility, intelligence, and survival? A scientific detective story.*, Penguin Books. www.ourstolenfuture.org

Tabb, M.M. and Blumberg, B., 2006. New modes of action for endocrine-disrupting chemicals. *Mol Endocrinol.* 20, 475-82.

Waring, R.H. and Harris, R.M., 2005. Endocrine disrupters: a human risk? *Mol Cell Endocrinol.* 244, 2-9.

Χημικά – Κατώτατα όρια, μίγματα και κανονισμοί:

Kortenkamp, A. (2008). Breast cancer and exposure to hormonally active chemicals: An appraisal of the scientific evidence. The Health & Environment Alliance (HEAL), CHEM Trust. www.chemicalshealthmonitor.org/spip.php?rubrique100

Santillo, D. and Johnston, P., 2006. Effect thresholds and 'adequate control' of risks: The fatal flaws in the EU council's position on authorisation within REACH. *Environ Sci Pollut Res Int.* 13, 425-31.

The Breast Cancer Fund (2008). *State of the Evidence: The Connection Between Breast Cancer and the Environment. Fifth Edition.*, The Breast Cancer Fund. www.breastcancerfund.org/site/pp.asp?c=kwKXLdPaE&b=3266489

Biello, D., 2006. Mixing It Up: Harmless levels of chemicals prove toxic together. *Scientific American* www.sciam.com/article.cfm?id=mixing-it-up

Πράσινη Χημεία:

Anastas, P.T. and Zimmerman, J.B., 2006. The Twelve Principles of Green Engineering as a Foundation for Sustainability. Sustainability Science and Engineering: Defining principles. M. A. Abraham. Amsterdam, Elsevier. 1: 11-32.

Πλαστικά:

Wargo, J., Cullen, M.R. and Taylor, H.S. (2008). Plastics that may be harmful to children and reproductive health. Environment & Human Health, Inc. www.ehhi.org/reports/plastics/

vom Saal, F.S., et al., 2008. The plastic world: Sources, amounts, ecological impacts and effects on development, reproduction, brain and behavior in aquatic and terrestrial animals and humans. Environmental Research. 108, 127-130.

Charles Moore (2009) Sailing the Great Pacific Garbage Patch. Video presentation (9 mins) www.ted.com/index.php/talks/capt_charles_moore_on_the_seas_of_plastic.html

Σωματικό φορτίο, ανθρώπινη έκθεση:

Is It In Us? 2007. Toxic Trespass, Regulatory Failure & Opportunities for Action. A Project on Chemical Contamination in our Bodies. Report www.isitinus.org/

Centers for Disease Control and Prevention. National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals. Various Reports available www.cdc.gov/exposurereport/

Angerer, J., Ewers, U. and Wilhelm, M., 2007. Human biomonitoring: state of the art. Int J Hyg Environ Health. 210, 201-28.

Calafat, A.M., Ye, X., Silva, M.J., Kuklennyik, Z. and Needham, L.L., 2006. Human exposure assessment to environmental chemicals using biomonitoring. Int J Androl. 29, 166-71; discussion 181-5.

Βιβλιογραφία

Alonso-Magdalena, P, Morimoto, S, Ripoll, C, Fuentes, E and Nadal, A, 2006. The estrogenic effect of bisphenol A disrupts pancreatic beta-cell function in vivo and induces insulin resistance. Environ Health Perspect. 114, 106-12.

Bern, HA, 1992. The Fragile Fetus. Chemically-Induced Alterations in Sexual and Functional Development: The Wildlife/Human Connection. T. Colborn and C. Clement. Princeton, NJ, Princeton Scientific Publishing Co., Inc. XXI: 9-15.

Biddinger, SB and Kahn, CR, 2006. From mice to men: insights into the insulin resistance syndromes. Annu Rev Physiol. 68, 123-58.

- Bradley, E and Coulier, L (2007). An investigation into the reaction and breakdown products from starting substances used to produce food contact plastics. London, Central Science Laboratory.
- Castle, L, 2007. Chemical migration into food: an overview. Chemical Migration and Food Contact Materials. K. A. Barnes, C. R. Sinclair and D. H. Watson. Cambridge, CRC Press/ Woodhead Publishing Limited: 1-13.
- de Fatima Pocas, M and Hogg, T, 2007. Exposure assessment of chemicals from packaging materials in foods: a review. Food Sci Technol. 18, 219-230.
- Dolinoy, DC, Weidman, JR and Jirtle, RL, 2007. Epigenetic gene regulation: linking early developmental environment to adult disease. Reprod Toxicol. 23, 297-307.
- Hugo, ER, Brandebourg, TD, Woo, JG, Loftus, J, Alexander, JW and Ben-Jonathan, N, 2008. Bisphenol A at Environmentally Relevant Doses Inhibits Adiponectin Release from Human Adipose Tissue Explants and Adipocytes. Environ Health Perspect. 116, 1642-1647.
- Muncke, J, 2009. Exposure to endocrine disrupting compounds via the food chain: Is packaging a relevant source? Sci Total Environ. *in press*.
- Newbold, RR, Padilla-Banks, E and Jefferson, WN, 2006. Adverse effects of the model environmental estrogen diethylstilbestrol are transmitted to subsequent generations. Endocrinology. 147, S11-7.
- Newbold, RR, Padilla-Banks, E, Snyder, RJ, Phillips, TM and Jefferson, WN, 2007. Developmental exposure to endocrine disruptors and the obesity epidemic. Reprod Toxicol. 23, 290-6.
- Palmer, JR, Wise, LA, Hatch, EE, Troisi, R, Titus-Ernstoff, L, Strohsnitter, W, Kaufman, R, Herbst, AL, Noller, KL, Hyer, M and Hoover, RN, 2006. Prenatal diethylstilbestrol exposure and risk of breast cancer. Cancer Epidemiol Biomarkers Prev. 15, 1509-14.
- Piringer, O and Baner, A, 2000. Plastic Packaging Materials for Food: Barrier Function, Mass Transport, Quality Assurance, and Legislation. Weinheim, WILEY-VCH.
- Rexam (2008). Consumer Packaging Report 2007-08, Rexam.
http://www.rexam.com/files/pdf/Rexam_Consumer_Packaging_Report_2007.pdf
- Safe, SH, Pallaroni, L, Yoon, K, Gaido, K, Ross, S, Saville, B and McDonnell, D, 2001. Toxicology of environmental estrogens. Reprod Fertil Dev. 13, 307-15.
- Senjen, R and Azoulay, D (2008). Blissfully unaware of Bisphenol A. Reasons why regulators should live up to their responsibilities. Brussels, Friends of the Earth Europe.
http://www.foeeurope.org/safer_chemicals/Blissfully_unaware_of_BPA_report.pdf
- Silva, E, Rajapakse, N and Kortenkamp, A, 2002. Something from "nothing" - Eight weak estrogenic chemicals combined at concentrations below NOECs produce significant mixture effects. Environmental Science & Technology. 36, 1751-1756.
- van Leeuwen, CJ and Vermeire, TG, 2007. Risk Assessment of Chemicals: An Introduction., Springer.
- vom Saal, FS, 2009 Failure of the FDA risk assessment process for bisphenol A. A timeline of bisphenol A-related publications, statements by FDA officials about BPA, and FDA regulatory decisions. Our Stolen Future.org
<http://www.ourstolenfuture.org/Commentary/Opinion/2009/2009-0413fvs-on-bpa.html>
- Wagner, M and Oehlmann, J, 2009. Endocrine disruptors in bottled mineral water: total estrogenic burden and migration from plastic bottles. Environ Sci Pollut Res Int.

- Weltje, L, vom Saal, FS and Oehlmann, J, 2005. Reproductive stimulation by low doses of xenoestrogens contrasts with the view of hormesis as an adaptive response. *Hum Exp Toxicol.* 24, 431-7.
- World Packaging Organization and Pira International (2008). Market Statistics and Future Trends in Global Packaging, WPO – World Packaging Organisation / PIRA International Ltd.
<http://www.worldpackaging.org/publications/documents/market-statistics.pdf>