



Characteristics and uses of phthalates

Características y usos de los ftalatos

Leticia Pérez-Andres², Rubén Díaz-Godínez¹, Silvia Luna-Suárez³, Carmen Sánchez^{1*}

²Maestría en Biotecnología y Manejo de Recursos Naturales, Centro de Investigación en Ciencias Biológicas Universidad Autónoma de Tlaxcala, México. ¹Centro de Investigación en Ciencias Biológicas Universidad Autónoma de Tlaxcala Ixtacuixtla, Tlaxcala CP. 90062, México; ³Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada, Instituto Politécnico Nacional, Tlaxcala, México. *Email:sanher6@hotmail.com

<https://doi.org/10.29267/mxjb.2017.2.1.145>

ABSTRACT

Phthalates are chemical compounds that are mainly used as plasticizers, to give flexibility to several materials in the production of polyvinyl chloride (PVC). High amounts of phthalates are produced globally for the production of plastic products; elimination of these plasticizers causes effects of pollution in the environment. Phthalates have been classified into different groups including the most prominent are di (2-ethylhexyl) phthalate as it is produced in large quantities in the world. Dibutyl phthalate is also found in products for personal use as well as varnishes and paints. Phthalates are biodegraded by microorganisms such as bacteria and fungi as they excrete enzymes that act with these phthalates in order to be degraded without causing damage to the environment.

Keyword: Di (2-ethylhexyl) phthalate, Dibutyl phthalate, Dimethyl phthalate, Diethyl phthalate.

RESUMEN

Los ftalatos son compuestos químicos que se utilizan principalmente como plastificantes, para dar flexibilidad a diversos materiales en la producción del policloruro de vinilo (PVC). Se producen cantidades enormes de ftalatos a nivel mundial para la producción de productos plásticos, la eliminación de estos plastificante causa efectos de contaminación en el medio ambiente. Los ftalatos se han clasificado en diferentes grupos entre ellos los más destacados son el Di (2etilhexil) ftalato ya que se produce en cantidades grandes en el mundo. El dibutil ftalato es también encontrado en productos de uso personal así como maquillajes, barnices y pinturas. Los ftalatos son biodegradados por microorganismos como bacterias y hongos ya que excretan enzimas que actúan con estos ftalatos para así poder ser degradados sin causar daños en el medioambiente.

Palabras clave: Di (2-etil hexil) ftalato, Dibutil ftalato, Dimetil ftalato, Dietil ftalato.

1. INTRODUCCIÓN

Los ftalatos son dialquil o arilalquil ésteres derivados del ácido ftálico (ácido 1-2 bencendicarboxílico). Poseen tres isómeros conformados por el orto o ácido ftálico (AF), para o ácido tereftálico (AT) y meta o ácido isoftálico (AI) (Liang *et al.*, 2008). Asimismo, son líquidos claros de aspecto aceitoso, poco solubles en agua, presentan principalmente dos cadenas laterales alifáticas o lineales que pueden ser alquilo, bencilo, fenilo, cicloalquilo o grupos alcoxi.

En el medioambiente los ftalatos son degradados por procesos abióticos como fotodegradación a una velocidad lenta. Sin embargo, la intervención microbiana especialmente por bacterias y hongos es el método mejor conocido para la biodegradación de estos peligrosos contaminantes (Benjamin *et al.*, 2015).

Los ésteres de ácido ftálico están entre los productos químicos sintéticos más utilizados y se emplean como aditivos para mejorar la flexibilidad, transparencia, durabilidad y longevidad de los plásticos (jin *et al.*, 2015).

Los ésteres de ftalatos son compuestos químicos que se utilizan como aditivos en diferentes materiales para hacerlos más flexibles (Farzanehfar *et al.*, 2016). La liberación de ftalatos en el ecosistema o en las aguas residuales se produce durante la fase de producción, por lixiviación y volatilización de productos plásticos durante su uso y después de la eliminación (Xu *et al.*, 2004).

Los ftalatos, cuando se emplean como plastificantes, no se unen químicamente al polímero y pueden migrar eventualmente al ambiente (Liang *et al.*, 2008). La liberación de estos compuestos ha causado un problema ambiental, al estar presentes en aire (Wensing *et al.*, 2005), suelo, sedimentos, rellenos sanitarios (Zheng *et al.*, 2007) y agua, esto como resultado de la producción y el amplio uso de estas sustancias (Liang *et al.*, 2008).

Estos compuestos químicos proporcionan flexibilidad y maleabilidad tanto en la manufactura del proceso como al producto final. Se utilizan ampliamente como plastificantes en la producción del policloruro de vinilo (PVC). Además, se usan en la manufactura de plásticos, textiles, papel, repelente contra insectos, pesticidas, cosméticos, polivinil acetatos y poliuretanos. También se emplean para la elaboración de pinturas, lacas, adhesivos, lubricantes, fragancias, recubrimientos de piso, papel tapiz, alfombras, vestiduras de muebles, impermeabilizantes, mangueras, películas fotográficas, manteles, juguetes y cepillos dentales (Chang *et al.*, 2008; Kim *et al.* 2002)

Entre los flujos de aguas residuales industriales, los efluentes de las industrias de fabricación de plástico y cosméticos contienen ftalatos, mientras que en los flujos de aguas residuales domésticas, su presencia se debe principalmente a la mezcla de agua de tocador, escurrentía superficial, lavado de piso y lixiviado de vertederos que contienen residuos

plásticos (Gani & Kazmi 2016).

Uno de los ftalatos más usados di-n-butil ftalato (DBF) se ha convertido en un contaminante para el medio ambiente. Por ejemplo ha sido detectado en el agua y sedimentos muestras con un rango de concentración de 1.0-13.5 μL y 0.3-30.3 $\mu\text{g/g}$ respectivamente (Jin *et al.*, 2015).

Dimetil ftalato y dimetil isoftalato son usados para producción industrial de fibras y condensador eléctrico. El peso molecular de los ftalatos como son diisododecil ftalato es usado como un suavizante en productos de cuidado personal para niños y juguetes. Dietil hexil ftalatos predominantemente usado en dispositivos médicos; mientras que el peso molecular inferior de los ftalatos como son butil bencil ftalato, son usados en cosméticos, incluyendo barnices; dibutil ftalato en azulejo de vinilo; dietil ftalato en productos de uso personal como fragancias (Benjamin *et al.*, 2015).

2. TIPOS DE FTALATOS

2.1. Di (2-etilhexil) ftalato

Di-2-etilhexil ftalato (DEHF) se produce mediante la reacción del 2-etilhexanol con el anhídrido ftálico en presencia de un catalizador metálico o ácido, a elevadas temperaturas y es el más comúnmente usado en los plastificantes (CMA, 1999; Lovekamp *et al.* 2001). También es usado como aditivo en muchos productos, como plásticos, pinturas y tintas, o como disolvente en formulaciones industriales (Horn *et al.*, 2004). Sin embargo, es utilizado sobre todo por su capacidad de plastificar (PVC), en el que se añade con frecuencia a concentraciones superior al 40% en masa (Mersiowsky *et al.*, 2001). A temperatura ambiente el DEHF es un líquido aceitoso (densidad =1.08 g/ml) y de color ligeramente amarillo. Su solubilidad en agua es baja, pero es soluble en la mayoría de los solventes orgánicos. El di- (2-etilhexil) ftalato (DEHF) es un éster de ácido ftálico que está presente principalmente en materiales de embalaje (papeles, cartones) para alimentos acuosos, grasos y secos (Kim & Lee 2003).

El DEHF posee una elevada tendencia a separarse de la matriz plástica debido a que no se une químicamente al PVC y dado, a su elevada lipofilia, puede liberarse del plástico de forma relativamente sencilla y rápida cuando se pone en contacto con soluciones acuosas ácidas o lipídicas, o por acción del calor (Xu *et al.*, 2010). Es por ello, que el uso indiscriminado del DEHF en la industria del plástico ha provocado su gran dispersión en el medio ambiente, de modo tal que se encuentra en suelo, en agua, en aire y en los alimentos, razón por la cual se ha considerado un contaminante ambiental ubicuo (Martinell, 2006; Liu & Lin 2002; Okubo *et al.*, 2003).

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) y sus contrapartes en varios otros países han clasificado los ésteres de ftalato (PAEs) más frecuentes como contaminantes prioritarios y compuestos que alteran el sistema endocrino. (Sung *et al.*, 2003).

2.2. Dibutil ftalato

El Dibutil ftalato (DBF) es un líquido inodoro de color amarillo cuyo peso molecular es 278.34 gr/mol. Pertenece a la familia de los ésteres de ácido ftálico. Presenta baja solubilidad en agua pero alta en octanol. En consecuencia, este contaminante tiende a acumularse en suelo o sedimentos. El nivel de penetración depende de su solubilidad, de su coeficiente de partición y de su tasa de degradación por rutas químicas o biológicas (Xiaoran 2007).

El (DBF) es uno de los ésteres de ftalato más abundantes y es usado en todo el mundo (Lee *et al.*, 2007). Este compuesto es usado como solvente de productos de cuidado personal como perfumes, lociones, cosméticos y barnices (Meeker *et al.*, 2009).

El (DBF) es un éster del ácido ftálico y es usado como plastificante en juguetes, dispositivos médicos y diferentes tipos de embalaje (Farzanehfar *et al.*, 2016). Es también uno de los ftalatos frecuentemente identificado en diversas muestras del medioambiente incluyendo agua subterránea, agua de río, agua potable, agua del océano, suelo, sedimentos, este es uno de los plastificantes más utilizados en todo el mundo (Xu *et al.*, 2004).

Este plastificante se acumula en invertebrados, peces y plantas. La mayor fuente de exposición a ftalatos se da por ingesta de alimentos, probablemente por la alta migración de los ftalatos contenidos en los contenedores de plástico. Existen reportes de hepatotoxicidad, atrofia testicular, teratogénesis y carcinogénesis relacionados con ftalatos (Huber *et al.*, 1996; Hashizume *et al.*, 2002).

Numerosos estudios han demostrado que los plastificantes con cadenas cortas como el Dimetilftalato (DMF), Difenilftalato (DFF), Butilbencilftalato (BBF) y Dibutilftalato (DBF) pueden ser rápidamente degradados y mineralizados en comparación con los de cadenas largas como el Dietilhexilftalato (DEHF) y Dioctilftalato (DOF) que son menos susceptibles a la degradación (Wang *et al.* 2000; Chang *et al.* 2008). Esta diferencia de degradabilidad se debe al impedimento estérico que provocan las cadenas largas. Como consecuencia, esconden los centros de unión de las enzimas inhibiendo la hidrólisis del ftalato (Xia *et al.*, 2004).

2.3. Dimetil ftalato

El dimetil ftalato (DMF) es un compuesto que se encuentra más frecuentemente identificado en diversas muestras ambientales incluyendo aguas superficiales marinas, aguas dulces y sedimentos (Zhao *et al.*, 2004).

2.4. Dietil ftalato

El dietil ftalato (DEF) se utiliza como plastificante para el acetato de celulosa, como disolvente y como vehículo para fragancias en cosméticos y otros productos de consumo. (Calafat *et al.*, 2006). El contenido más alto de DEF está en fragancias, con una concentración de DEF tan alta como 25-50% en volumen de la fragancia (Hilton *et al.*, 2014).

La vía de exposición principal a la DEF es la absorción dérmica por el uso de productos de cuidado personal que contienen DEF y, en menor medida, la ingestión e inhalación (Preau *et al.*, 2010).

2.5. Butilbenzil ftalato

El uso más grande de BBF está en el azulejo del vinilo. El BBF también se utiliza como plastificante en cintas transportadoras de alimentos con base de PVC, azulejos para alfombras, cuero artificial, lonas, guarniciones automotrices, decapado, conos de tráfico y, en una medida limitada, guantes de vinilo. El compuesto es también un componente de algunos adhesivos, plásticos celulósicos y poliuretano.

Entre los ésteres de ftalatos, el ftalato de butilbenzil ftalato (BBF) es uno de los contaminantes ambientales más importantes con efectos adversos documentados sobre la salud. BBF y sus monoésteres también participan en la inducción de efectos antiandrogénicos y teratogénicos en ratas. En los seres humanos butilbenzil ftalato aumenta la gravedad de la endometriosis.

Como contaminante ambiental, el BBF se libera generalmente en el aire en forma de polvo. BBF puede ser liberado al aire a través de la combustión de basura y también se ha detectado en las emisiones de chimeneas procedentes de instalaciones de combustión de residuos peligrosos y de centrales eléctricas de carbón en Estados Unidos (Chatterjee & Karlovsky 2010).

2.6. Diisononil ftalato

El diisononil ftalato (DINF) se utiliza en pavimentos, alambres y cables, revestimiento por inmersión, tejidos recubiertos, tubos, zapatos, selladores y cuero artificial, y los seres humanos pueden estar expuestos al DINF por vía oral, dérmica e inhalatoria. Se ha estimado que la exposición general de la población al DINF no exceda los niveles de di-(2-etilhexil) ftalato (DEHF), que se estiman en 3-30 µg / kg de peso corporal / día. Por lo tanto, los niños pueden estar expuestos a niveles más altos de DINF que los adultos porque

los bebés y los niños pequeños llevan juguetes y otros artículos que contienen DINF (Koike *et al.*, 2010).

Los datos de diisononil ftalato (DINF) no se han considerado suficientes para una clasificación, pero DINF está actualmente prohibido en los juguetes para ser puesto en la boca por los niños menores de 3 años [5]. Debido a las restricciones sobre otros ftalatos, el DINF es ahora el principal plastificante en Europa y el uso de DINF y diisodeciloftalato (DiDF) ha aumentado del 35% al 65% del consumo de plastificantes en Europa Occidental de 1999 a 2008 (Boberg *et al.*, 2010).

Nombre	Abreviatura	Formula estructural	Chemical abstract (No CAS)	Producto que lo contiene
Di (2-etilhexil) ftalato	DEHF	$C_6H_4[COOCH_2CH(C_2H_5)(CH_2)_3CH_3]_2$	117-81-7	PVC
Diisononil ftalato	DINF	$C_6H_4[COO(CH_2)_6CH(CH_3)]_2$	28553-12-0	Juguetes y suelas de zapatos
Diisodecil ftalato	DIDF	$C_6H_4[COO(CH_2)_7CH(CH_3)]_2$	26761-40-0	Películas plásticas, productos revestidos, techos, mangueras, tuberías y cables
Dibutil ftalato	DBF	$C_6H_4[COO(CH_2)_3CH_3]_2$	84-74-2	Desodorantes, perfumes, lociones de afeitar, champús y geles.
Diisobutil ftalato	DIBF	$C_6H_4[COOCH_2CH(CH_3)]_2$	84-69-5	Plastificante resistente a la luz de lacas, pinturas de látex y gomas
Butilbenzil ftalato	BBF	$CH_3(CH_2)_3OOC C_6H_4COOCH_2C_6H_5$	85-68-7	Azulejos para alfombras
Dimetil ftalato	DMF	$C_6H_4(COOCH_3)_2$	131-11-3	sedimentos
Dietil ftalato	DEF	$C_6H_4(COOC_2H_5)_2$	84-66-2	disolvente

Tabla 1. Formula estructural y CAS de los ftalatos usados como plastificantes en la industria.

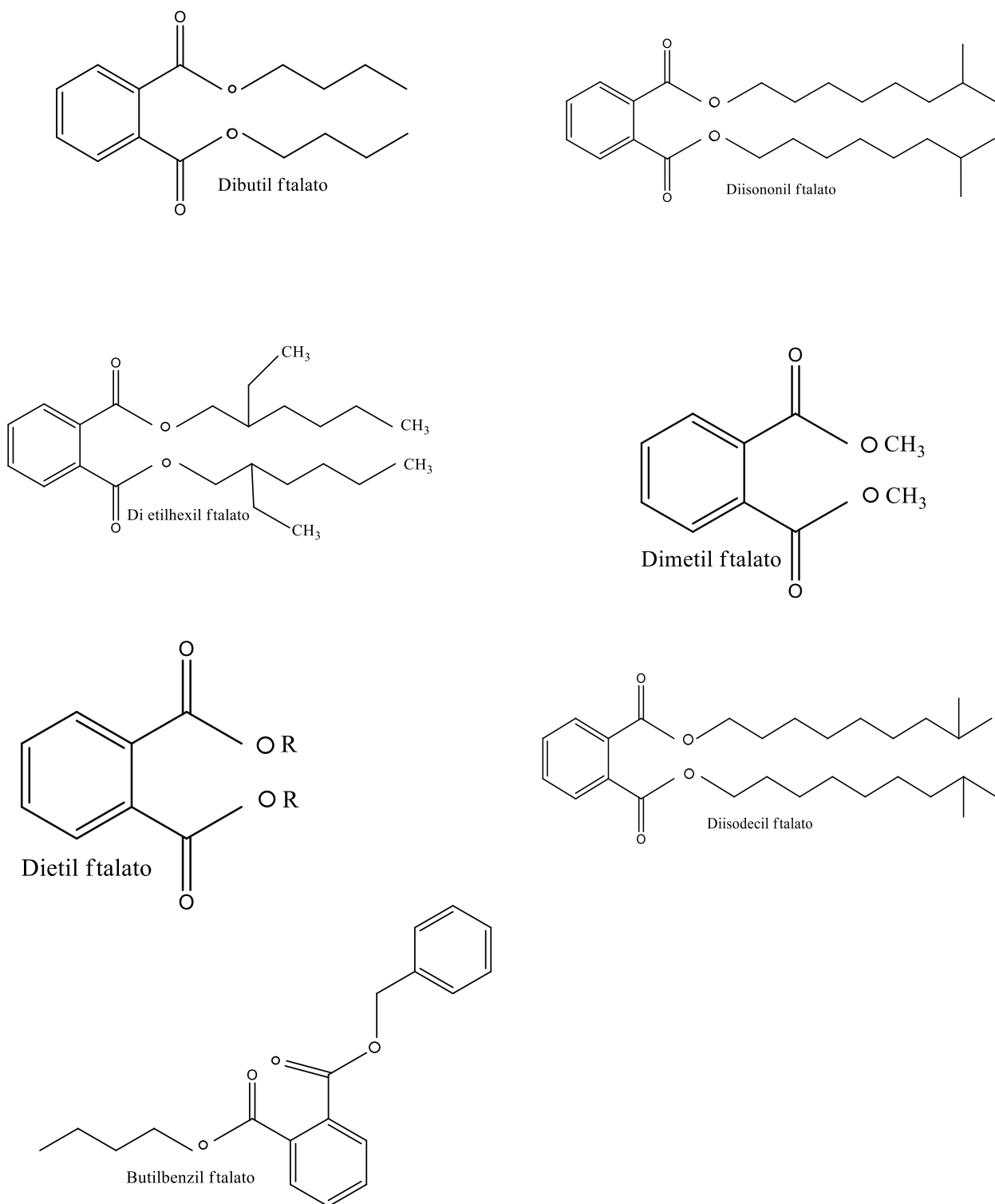


Fig. 1. Estructura química de los ftalatos.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

REFERENCIAS

Benjamin S., Pradeep S., Josh, M. S., Kumar S. & Masai E. 2015. A monograph on the remediation of hazardous phthalates. *Journal of Hazardous Materials*. 298: 58-72.

Boberg J., Christiansen S., Axelstad M., Kledal T. S., Vinggaard A. M., Dalgaard M. & Hass U. 2011. Reproductive and behavioral effects of diisononyl phthalate (DINP) in perinatally exposed rats. *Reproductive Toxicology*. 31(2): 200-209.

Bornehag C. G., Lundgren B., Weschler C. J., Sigsgaard T., Hagerhed-Engman L. & Sundell, J. 2005. Phthalates in indoor dust and their association with building characteristics. *Environmental Health Perspectives*. 1399-1404.

Chang B. V., Wang T. H. & Yuan S.Y. 2008. Biodegradation of four phthalate esters in sludge. *Chemosphere*. 69: 1116-1123.

Chatterjee S. & Karlovsky P. 2010. Removal of the endocrine disrupter butyl benzyl phthalate from the environment. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 87(1): 61-73.

CMA, 1999. Comments of the Chemical Manufacturers Association phthalate esters panel in response to request for public input on seven phthalate esters. FR Doc. 99-9484. Chemical Manufacturers Association, Washington, DC.

Farzanehfar V., Naderi N., Kobarfard F. & Faizi M. 2016. Determination of dibutyl phthalate neurobehavioral toxicity in mice. *Food and Chemical Toxicology*. 94: 221-226.

Gani K. M., & Kazmi A. A. (2016). Phthalate contamination in aquatic environment: A critical review of the process factors that influence their removal in conventional and advanced wastewater treatment. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 1-38.

Hashizume K., Nanya J., Toda C., Yasui T., Nagano H. & Kojima N. 2002. Phthalate esters detected in various water samples and biodegradation of the phthalates by microbes isolated from river water. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*. 25(2): 209-214.

Horn O., Nalli S., Cooper D, & Nicell J., 2004. Plasticizer metabolites in the environment. *Water Research*. 38(17): 3693-3698.

Huber W. W., Grasl-Kraupp B. & Schulte-Hermann R. 1996. Hepatocarcinogenic potential of di (2-ethylhexyl) phthalate in rodents and its implications on human risk. *Critical Reviews in Toxicology*. 26(4): 365-481.

Jin D., Kong X., Li Y., Bai Z., Zhuang G., Zhuang X. & Deng Y. 2015. Biodegradation of di-n-butyl phthalate by *Achromobacter* sp. isolated from rural domestic wastewater. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*. 12(10): 13510-13522.

Kim Y-H., Lee J., Ahn J-Y., Gu M. B. & Moon S-H., 2002. Enhanced degradation of an endocrine-disrupting chemical, butyl benzyl phthalate, *Fusarium oxysporum* f. pisi cutinase. *Applied and Environmental Microbiology*. 68: 4684-4688.

Kim Y. H., & Lee J. 2003. Degradation of an endocrine disrupting chemical DEHP (di-ethylhexyl-phthalate), by *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi cutinase*. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 63:75-80.

Koike E., Yanagisawa R., Sadakane K., Inoue K. I., Ichinose T., & Takano H. 2010. Effects of diisononyl phthalate on atopic dermatitis in vivo and immunologic responses in vitro. *Environmental Health Perspectives*. 118(4): 472.

Lee S. M., Lee J. W., Koo B. W., Kim M. K., Choi D. H., & Choi I. G. 2007. Dibutyl phthalate biodegradation by the white rot fungus, *Polyporus brumalis*. *Biotechnology and Bioengineering*, 97(6): 1516-1522.

Liang D.W., Zhang T., Fang H. H. & He J. 2008. Phthalates biodegradation in the environment. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 80 (2): 183-198.

Liu P.S. & Lin C.M., 2002. Phthalates suppress the calcium signaling of nicotinic acetylcholine receptors in bovine adrenal chromaffin cells. *Toxicology and Applied Pharmacology* 183, 92_ 98.

Martinelli M. I., Mocchiutti N. O., & Bernal C. A. 2006. Dietary di (2-ethylhexyl) phthalate-impaired glucose metabolism in experimental animals. *Human & experimental toxicology*, 25(9): 531-538.

Meeker J.D., Sathyanarayana S. & Swan S. H. 2009. Phthalates and other additives in plastics: human exposure and associated health outcomes. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364 (1526): 2097-2113.

Mersiowsky I, Weller M, Ejlertsson J. 2001. Fate of plasticised PVC products under landfill conditions: a laboratory-scale landfill simulation reactor study. *Water Research* 35(13): 3063–3070.

NTP-CERHR. NTP-CEHHR Expert Panel Report on Butyl Benzyl Phthalate. NTP-CERHR_BBP-00. Research Triangle Park, NC: National Toxicological Program (2000) Website: <http://cerhr.niehs.nih.gov/chemicals/dehp/DEHP-final.pdf> [accessed 14 Aug 2007].

Okubo T., Suzuki T., Yokoyama Y., Kano K. & Kano I. 2003. Estimation of estrogenic and anti-estrogenic activities of some phthalate diesters and monoesters by MCF-7 cell proliferation assay in vitro. *Biol. Pharm. Bull.* 26 (8), 1219–1224.

Preau Jr, J. L., Wong L. Y., Silva M. J., Needham L. L. & Calafat, A. M. 2010. Variability over 1 week in the urinary concentrations of metabolites of diethyl phthalate and di (2-ethylhexyl) phthalate among eight adults: an observational study. *Environmental Health Perspectives.* 118(12): 1748.

Sung H. H., Kao W. Y. & Su Y. J. (2003). Effects and toxicity of phthalate esters to hemocytes of giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquatic Toxicology.* 64(1): 25-37.

Schwarzbauer J, Heim S; Krooss B. & Littke R. 2006. Analysis of undisturbed layers of a waste deposit landfill—insights into the transformation and transport of organic contaminants. *Organic Geochemistry.* 37: 2026–2045.

Wensing M, Uhde E & Salthammer T. 2005. Plastics additives in the indoor environment—flame retardants and plasticizers. *Science of the Total Environment* 339: 19–40.

Xiaoran S. U. N. & Zhongjian S. H. A. N. 2007. Removal of di-n-butyl phthalate using immobilized microbial cells. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 15(2): 167-171.

Xu X. R, Li H. B, Gu J. D. 2004. Biodegradation of an endocrine-disrupting chemical di-n-butyl phthalate ester by *Pseudomonas fluorescens* B-1. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 55 (1): 9-15.

Xu Y., Hubal E. A. C. & Little J. C. 2010. Predicting residential exposure to phthalate plasticizer emitted from vinyl flooring: sensitivity, uncertainty, and implications for biomonitoring. *Environmental Health Perspectives*, 118(2): 253.

Zhao X. K., Yang G. P., Wang Y. J. & Gao, X. C. 2004. Photochemical degradation of dimethyl phthalate by Fenton reagent. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 161(2): 215-220.

Zheng Z., He P.J., Shao L.M. & Lee D.J. 2007. Phthalic acid esters in dissolved fractions of landfill leachates. *Water Research* 41: 4696–4702.