



วารสาร ไทยไถ่ชยนิพนธ์

ปีที่ 6 เดือนมกราคม 2554

บทความพิเศษวิชาการ สำหรับการศึกษาต่อเนื่องทางเภสัชศาสตร์ (on-line)



สารพิษและโลหะหนักในอาหาร

ภญ.รศ. ดร.ชุติมา ลิ้มมัทวาทิรต์¹ และ ภญ.รศ. ดร.สนทยา ลิ้มมัทวาทิรต์²

ภาควิชาเภสัชเคมี¹ และ ภาควิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม²

คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม 73000

รหัส 1-000-SPU-000-1105-01

จำนวนหน่วยกิต 2.50 หน่วยกิตการศึกษาต่อเนื่อง

วันที่รับรอง: 9 พฤษภาคม พ.ศ.2554

วันที่หมดอายุ: 9 พฤษภาคม พ.ศ.2556

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. เพื่อให้ผู้อ่านได้ทราบถึงอันตรายของสารพิษและโลหะหนักในอาหาร
2. เพื่อให้ผู้อ่านตระหนักถึงการปนเปื้อนของสารพิษและโลหะหนักในอาหารหลักที่รับประทานในชีวิตประจำวัน
3. เพื่อให้ผู้อ่านสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพร่างกาย

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมีรายงานการปนเปื้อนของสารพิษหลายชนิดในอาหาร โดยเฉพาะสารก่อมะเร็งและสารที่เป็นพิษต่ออิน นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ยาฆ่าแมลงและปุ๋ยเคมีทางการเกษตร รวมไปถึงการใช้ยาปฏิชีวนะในการเลี้ยงสัตว์ก็เป็นสาเหตุสำคัญของการปนเปื้อนของสารพิษและโลหะหนักในอาหารต่าง ๆ สัตว์ทะเลหลายชนิดมีความสามารถในการสะสมโลหะหนักที่เป็นพิษ โดยเฉพาะปรอทที่มักพบในหอย กุ้ง และปลา นอกจากนี้ยังพบการปนเปื้อนของเชื้อโรคชนิดต่าง ๆ เช่น เชื้อโรควิวบ้า เชื้อรา และแบคทีเรีย เป็นต้น ดังนั้นในหลายประเทศทั่วโลกจึงมีมาตรการกำหนดปริมาณสารปนเปื้อนและโลหะหนักในอาหาร (เช่น ด้บุก ตะกั่ว สารหนู และปรอท เป็นต้น) ซึ่งจะช่วยให้ผู้บริโภคได้รับความปลอดภัย อย่างไรก็ตามสารพิษที่ปนเปื้อนในอาหารยังอาจมีที่มาจากวัสดุสำหรับผลิตบรรจุภัณฑ์ เช่น กระดาษและพลาสติก รวมไปถึงวิธีการปรุงอาหารที่ใช้ความร้อนสูง และการใช้วัตถุเจือปนอาหารบางชนิด

คำสำคัญ สารพิษ โลหะหนัก การปนเปื้อน อาหาร

Toxicant heavy metal contamination food

บทนำ

ในชีวิตประจำวันร่างกายมนุษย์ต้องการโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต วิตามิน และแร่ธาตุ เพื่อการเจริญเติบโตและช่วยให้ระบบต่าง ๆ ในร่างกายทำงานได้อย่างปกติ เช่น การต่อต้านเชื้อโรค และการเร่งปฏิกิริยาเคมีในร่างกาย¹ ทั้งนี้เพื่อสุขภาพที่ดีจึงควรบริโภคอาหารปลอดภัยเพราะจะได้รับสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายและหลีกเลี่ยงการปนเปื้อน (contamination) ของสารพิษ (toxicant) และโลหะหนัก (heavy metal) ในอาหาร (food) เมื่อร่างกายรับประทานอาหารเข้าไปจะเกิดกระบวนการย่อยให้อาหารมีขนาดโมเลกุลเล็กลง ซึ่งในระหว่างนี้สารพิษที่ปนเปื้อนอยู่ในอาหารจะถูกปลดปล่อยออกมา¹ กลไกทางชีวเคมีที่เกี่ยวข้องกับความเป็นพิษของสารปนเปื้อนในอาหาร ได้แก่ การชักนำ (induction) หรือการยับยั้ง (inhibition) เอนไซม์บางชนิด การมีเอนไซม์บางชนิดมากหรือน้อยเกินไป การไล่ที่ (displacement) ของ carrier protein การเกิดอันตรกิริยากับ endogenous receptor และการจัดเรียงผิดปกติ (derangement) ของกระบวนการที่ควบคุมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ เป็นต้น²

มีรายงานว่า การทอดมันฝรั่งด้วยความร้อนสูง asparagine ซึ่งเป็นกรดอะมิโนในมันฝรั่ง จะทำปฏิกิริยากับสารประกอบบางชนิดในอาหารกลายเป็น acrylamide ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง (carcinogen)¹ อาหารที่อุดมด้วยคาร์โบไฮเดรตเมื่อได้รับความร้อนสูงจะเกิด acrylamide ปนเปื้อนอยู่ในอาหารนั้น สารพิษชนิดนี้เกิดจากปฏิกิริยา lipid oxidation หรือ Maillard reaction นอกจากนี้ปฏิกิริยาทั้งสองยังสามารถทำให้เกิดสารพิษกลุ่มอื่น ๆ ได้อีก เช่น alcohols, aldehydes, hydrocarbons, furans, ketones, pyrazines, pyridines, pyrroles, thiazoles และ thiophenes สารพิษเหล่านี้จะทำลายโครโมโซม (chromosome damage) และเป็นพิษต่อยีน (genotoxic)³ นอกจากนี้อาหารที่รับประทานเข้าไปอาจเกิดปฏิกิริยากับธาตุบางชนิดส่งผลให้ชีวประสิทธิผลของธาตุนั้นเปลี่ยนแปลง เช่น อาหารที่มีใยอาหารมากจะมีปริมาณเหล็ก (Fe) ที่ถูกดูดซึมได้น้อยกว่าอาหารที่มีใยอาหารน้อย ในขณะที่น้ำส้มคั้นมีผลเพิ่มการดูดซึมเหล็กเข้าสู่ร่างกาย¹ ดังนั้นชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ประกอบอาหารและวิธีการปรุงอาหารจึงมีผลต่อการได้รับสารพิษเข้าสู่ร่างกาย วัตถุเจือปนอาหาร (food additives) เป็นสารเคมีที่เติมลงไปในการปรุงแต่งสี แต่งกลิ่น หรือทำให้เนื้ออาหารมีสภาพดีขึ้น ซึ่งบางชนิดเป็นอันตราย เช่น tartrazine (FD & C Yellow No. 5) เป็นสารแต่งสีเหลืองที่ทำให้เกิดผื่นคัน บวมแดง หอบหืด เนื่องจากการต่อมไทรอยด์ และทำลายโครโมโซม⁴ การบริโภคอาหารที่ประกอบด้วยเอทานอล (ethanol) จะมีพิษต่อระบบประสาท (neurotoxicity) ทำให้เกิดการสะสมของไขมันในตับ ตับอักเสบ และตับแข็ง²

ในปัจจุบันมนุษย์ได้ตระหนักถึงอันตรายจากการปนเปื้อนของสารพิษในอาหาร จึงได้มีการจัดตั้งคณะกรรมการผู้เชี่ยวชาญว่าด้วยวัตถุเจือปนอาหาร (The Joint FAO:WHO Expert Committee on Food Additives หรือ JECFA) ที่ทำหน้าที่ประเมินความปลอดภัยของวัตถุเจือปนอาหาร และได้มีการนำเสนอปริมาณอาหารที่ยอมรับได้ต่อวัน (acceptable daily intake หรือ ADI) ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงระดับความปลอดภัยต่อการได้รับสารพิษปนเปื้อนในอาหาร⁵

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาถึงการปนเปื้อนของสารพิษและโลหะหนักในอาหาร การปลดปล่อยของสารพิษจากบรรจุภัณฑ์ รวมทั้งการปนเปื้อนของเชื้อโรคในอาหาร ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

การปนเปื้อนของสารพิษในอาหาร

Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ประกอบด้วยคาร์บอน (C) และไฮโดรเจน (H) มีโครงสร้างทางเคมีเป็นวงเบนซีนตั้งแต่ 2 วงขึ้นไป มักพบการสะสมในดินหรือเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต ในกระบวนการแปรรูปหรือการปรุงอาหาร อาจทำให้เกิด PAHs ได้ เช่น การเคี่ยวน้ำตาลด้วยความร้อนสูง การคั่วกาแฟ การหมักทองหรือรมควัน PAHs อาจทำให้อวัยวะหลายชนิดกลายเป็นมะเร็ง แต่ไม่มีผลต่อการพัฒนาตัวอ่อนและพฤติกรรมของสิ่งมีชีวิต¹ ในปัจจุบันสามารถหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนของ PAHs ในอาหาร โดยการแปรรูปหรือการฆ่าเชื้อในอาหารด้วยวิธี ohmic heating ซึ่งเป็นการทำให้เกิดความร้อนแบบ ohmic ที่เกิดจากความต้านทานต่อการไหลของกระแสไฟฟ้าในอาหาร ส่งผลให้เกิดความร้อนภายในเนื้ออาหารได้อย่างรวดเร็ว โดยไม่ต้องผ่านตัวกลางในการแลกเปลี่ยนความร้อน¹ ดังนั้น ohmic heating จึงช่วยลดความเสี่ยงจากการเกิดสารพิษในอาหารและทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารมีคุณภาพดีอย่างสม่ำเสมอ

ดีดีที (dichlorodiphenyltrichloroethane หรือ DDT) เป็นยาฆ่าแมลงที่สะสมในเยื่อไขมัน หากสะสมในระยะสั้นจะเกิดความเป็นพิษต่อระบบประสาท แต่หากสะสมในระยะยาวจะเกิดความเป็นพิษต่อตับ (hepatotoxicity) เมลามีน (melamine) ทำให้เกิดเนื้องอกในกระเพาะปัสสาวะ (urinary bladder tumor) และหากสะสมอยู่เป็นระยะเวลานานอาจทำให้เกิดนิ่วในทางเดินปัสสาวะ (urinary calculus) ยาปฏิชีวนะในกลุ่ม sulfonamides จะทำให้หนูทดลองเกิดการเปลี่ยนแปลงของสมดุลฮอร์โมนไทรอยด์ โดยมีการหลั่งของ thyroid stimulating hormone (TSH) เพิ่มขึ้น และเกิดเนื้องอกที่ thyroid follicular cell ในขณะที่ยาปฏิชีวนะ sulfamethazine และ sulfamethoxazole ไม่มีผลต่อสมดุลของฮอร์โมนไทรอยด์ในลิง อย่างไรก็ตามไม่พบรายงานว่า sulfonamides มีฤทธิ์ก่อมะเร็งในมนุษย์ di(2-diethylhexyl) phthalate (DEHP) จัดเป็นสารเสริมสภาพพลาสติก (plasticizer) ที่ทำให้หนูทดลองเกิดเนื้องอกในตับ อะฟลาทอกซินบี1 (aflatoxin B1) เป็นสารก่อมะเร็งที่มีความรุนแรงมากในหนู (rat) แต่จะมีความรุนแรงน้อยลงในลิงและหนูแฮมสเตอร์ (hamster) ทั้งนี้ไม่มีฤทธิ์ก่อมะเร็งในหนู (mice)² นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า acrylamide, ethyl carbamate, PAHs, benzene, chloroform, methylmercury, naphthalene, และ phenol เป็นสารก่อมะเร็งและมีพิษต่อยีน มีรายงานว่าอาหารที่มีการปนเปื้อนของสารกำจัดไร fenazaquin ทำให้หนูทดลองมีน้ำหนักตัวลดลง⁶ สารฆ่าเชื้อรา tebuconazole สามารถกระตุ้นต่อมหมวกไตให้ทำงานมากผิดปกติและมีพิษเรื้อรังที่ทำให้เกิดความพิการต่อตัวอ่อนในครรภ์ของสุนัข⁶ polychlorinated biphenyls (PCBs) เป็นสารที่ได้จากการสังเคราะห์ chlorinated hydrocarbon เคยใช้เป็นส่วนประกอบของหม้อแปลงไฟฟ้า สารหล่อลื่น และหมึกพิมพ์ อาจทำให้เกิดพิษต่อผู้บริโภคโดยการทำลายยีนและมีผลต่อพันธุกรรม⁴

การปนเปื้อนของเชื้อโรคในอาหาร

ในยุโรปและสหรัฐอเมริกามีการเฝ้าระวังอันตรายที่อาจเกิดจากการบริโภคเนื้อสัตว์ที่เป็นโรควัวบ้า (mad cow disease หรือ bovine spongiform encephalopathy) โรคนี้จะทำให้สมองฝ่อ ควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อไม่ได้ ตามยอด พุดและกลิ่นอาหารไม่ได้ และเสียชีวิตในที่สุด⁴ การปนเปื้อนของแบคทีเรีย *Escherichia coli* ในอาหารจะทำให้ผู้ป่วยคลื่นไส้อาเจียน ปวดท้อง และท้องเสีย มีรายงานว่า *E. coli* 0157:H7 จะทำให้เกิดเลือดออกในลำไส้ใหญ่ ปัสสาวะเป็นเลือด และต่อมน้ำเหลืองอักเสบ สารพิษจากแบคทีเรียจะทำลายเม็ดเลือดแดง ทำให้เลือดจับตัวเป็นลิ่มในไตส่งผลให้เกิดไตวาย ผู้ป่วยทารกหรือเด็กอาจเสียชีวิตได้⁴ นอกจากนี้ยังพบการปนเปื้อนของแบคทีเรียและไวรัสในอาหารชนิดต่าง ๆ ดังตารางที่ 1 และ 2⁴

ตารางที่ 1 การปนเปื้อนของแบคทีเรียในอาหารชนิดต่าง ๆ

แบคทีเรีย	อาหาร
<i>Bacillus cereus</i>	ขนมปังของชาวเม็กซิกัน (taco) ปลาแซลมอน ข้าวผัด
<i>Campylobacter jejuni</i>	นมและเนยแข็งที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์ ผักกาดหอม
<i>Clostridium perfringens</i>	ทาโก้เนื้อสับ (beef taco) สลัดไก่ ลาซานญาเนื้อวัว (beef lasagna)
<i>E. coli</i> 0157:H7	เนื้อวัวบด สลัด ถั่วงอก อัลฟัลฟา (alfalfa)
<i>Listeria monocytogenes</i>	เนื้อสัตว์ เนยแข็ง
<i>Salmonella</i>	ไก่ ไช้ ถั่วงอก อัลฟัลฟา
<i>Shigella</i>	เครื่องจิ้มจากถั่วงอก (bean dip) พืชชาน้ำผลไม้
<i>Staphylococcus aureus</i>	มันฝรั่งบด (mashed potato) แฮม สลัดไก่
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	ปูปั้นก้อน (crab cake) หอยนางรมดิบ
<i>Vibrio vulnificus</i>	หอยนางรมดิบ

ตารางที่ 2 การปนเปื้อนของไวรัสในอาหารชนิดต่าง ๆ

ไวรัส	อาหาร
Norovirus	สลัดมันฝรั่ง เครื่องจิ้มจากผัก หอยนางรมดิบ พืชชาน้ำผลไม้ แฮม สลัดผักกาดหอม สลัดพาสต้า
Hepatitis A	สตอเบอรี่ ปู หัวหอมเล็ก กัวคาโมเล (guacamole) ซึ่งเป็นเครื่องจิ้มจากผลอะโวคาโด
Rotavirus	อาหารเรียกน้ำย่อย สลัด ผลไม้

จากรายงานการปนเปื้อนของสารพิษ โลหะหนัก และเชื้อโรค ในอาหารได้ส่งผลให้องค์กรอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nations หรือ FAO) และองค์การอนามัยโลก (World Health Organization หรือ WHO) ให้ความสำคัญกับความปลอดภัยด้านอาหาร ซึ่งหมายรวมถึงองค์ประกอบทางเคมีและจุลชีววิทยาในอาหาร เพื่อให้ผู้บริโภคได้รับประโยชน์สูงสุดจากการรับประทานอาหารโดยปราศจากสิ่งปนเปื้อน⁷

การปนเปื้อนของโลหะหนักในอาหาร

แคดเมียม (Cd) ที่ปนเปื้อนอยู่ในอาหารอาจทำให้เกิดพิษต่อตับ ไต ปอด หัวใจ และหลอดเลือด นอกจากนี้ยังผลเสียต่อระบบภูมิคุ้มกันและระบบสืบพันธุ์ แคดเมียมจัดเป็นสารก่อมะเร็งและเป็นตัวบ่งชี้ (biomarker) ในการเกิดมะเร็ง cadmium-selenium (CdSe) จัดเป็นวัสดุที่มีขนาดเล็กในระดับนาโนเมตร (nano-material) ซึ่งเกิดจากการนำแคดเมียมมาผสมกับซีลีเนียม (Se) ใช้เป็นสารกึ่งตัวนำ (semiconductor) ในคอมพิวเตอร์และเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ทั้งนี้เนื่องจากอนุภาคนาโนมีขนาดเล็กมากจึงสามารถเข้าสู่เซลล์ของสิ่งมีชีวิตได้ง่าย ทำให้มีความเสี่ยงสูงในการเกิดพิษต่ออวัยวะที่ได้รับโลหะหนักเหล่านี้ โดยแคดเมียมจะชักนำให้เซลล์ถูกทำลายโดยอนุมูลอิสระ เกิดการทำลายดีเอ็นเอ และส่งผลให้เกิดมะเร็ง⁸

ซีลีเนียม (Se) ทำหน้าที่เป็นสารต้านออกซิเดชัน (antioxidant) ที่พบได้ในเอ็นไซม์หลายชนิด⁹ ซีลีเนียมจะจับกับโปรตีนในร่างกายกลายเป็น selenoproteins ที่มีฤทธิ์ต้านการทำลายเซลล์จากอนุมูลอิสระ หากร่างกายขาดซีลีเนียมอาจทำให้เกิดโรคหัวใจ ภาวะไทรอยด์ต่ำ และระบบภูมิคุ้มกันร่างกายอ่อนแอลง ความเป็นพิษเรื้อรังจากการได้รับซีลีเนียมติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน อาจทำให้เกิด selenosis ซึ่งมีอาการผอมร่าง เล็บเปราะแตกง่าย ระบบทางเดินอาหารผิดปกติ ผื่นแดงบนผิวหนัง ลมหายใจมีกลิ่นคล้ายกระเทียม และระบบประสาทผิดปกติ¹⁰ การพิจารณาปริมาณซีลีเนียมที่ควรได้รับจากอาหารในแต่ละวันจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของซีลีเนียมในอาหารและปริมาณอาหารที่บริโภคเข้าไป ทั้งนี้เนื้อสัตว์และสัตว์ทะเลจัดเป็นอาหารที่มีซีลีเนียมในปริมาณสูงกว่าผักและผลไม้ ปริมาณซีลีเนียมที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพกับปริมาณซีลีเนียมที่เป็นพิษต่อร่างกายนั้นมีค่าใกล้เคียงกันมาก หรือกล่าวได้ว่ามีส่วนต่างของความปลอดภัยแคบ (narrow margin of safety) จากรายงานการศึกษาปริมาณซีลีเนียมในอาหารที่นิยมบริโภคในประเทศซาอุดีอาระเบีย พบว่าเนื้อสัตว์เป็นอาหารที่มีซีลีเนียมในปริมาณสูงที่สุด (0.216–0.658 ไมโครกรัม/กรัม) รองลงมา คือ ไข่ (0.226 ไมโครกรัม/กรัม) และผลิตภัณฑ์จากข้าวโพด (0.043–0.165 ไมโครกรัม/กรัม) สำหรับอาหารที่มีปริมาณซีลีเนียมต่ำ ได้แก่ พืชตระกูลถั่ว (0.220–0.045 ไมโครกรัม/กรัม) ผลไม้ (0.004–0.032 ไมโครกรัม/กรัม) ผัก (0.001–0.067 ไมโครกรัม/กรัม) หัวใต้ดินของพืช (0.001–0.002 ไมโครกรัม/กรัม) ไขมันและน้ำมัน (0.002–0.007 ไมโครกรัม/กรัม) นมและผลิตภัณฑ์จากนม (0.024–0.039 ไมโครกรัม/กรัม) และถั่วเปลือกแข็ง (0.015–0.145 ไมโครกรัม/กรัม) สำหรับผักและผลไม้พบว่าการปนเปื้อนของซีลีเนียม 0.001–0.067 ไมโครกรัม/กรัม เมื่อพิจารณาถึงปริมาณการบริโภคอาหารพบว่าแหล่งอาหารสำคัญที่มีการปนเปื้อนของซีลีเนียม ได้แก่ ข้าวโพด (30.2 เปอร์เซ็นต์) พืชตระกูลถั่ว (24.7 เปอร์เซ็นต์) และเนื้อสัตว์ (20 เปอร์เซ็นต์) การคำนวณปริมาณของซีลีเนียมที่รับประทานในแต่ละวันจะพิจารณาถึงความเข้มข้นของซีลีเนียมในส่วนของอาหารที่กินได้และข้อมูลการบริโภคอาหารเป็นประจำทุกวันซึ่งได้มาจาก 2 แหล่ง คือ ตารางสมมูลอาหารของประเทศซาอุดีอาระเบีย โดยองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization หรือ FAO) และแบบสอบถามจากประชากรในเมืองเจดดาห์ ประเทศ

ซาอูติอาระเบีย จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าประชากรได้รับซีลีเนียม 75.00-121.65 ไมโครกรัม/คน/วัน โดยพิจารณาจากปริมาณซีลีเนียมในอาหารหลัก (เนื้อสัตว์ ผัก และข้าวสาลี จัดเป็นอาหารที่มีการปนเปื้อนของซีลีเนียมสูง) ทั้งนี้ปริมาณซีลีเนียมที่ควรได้รับจากอาหารในแต่ละวันดังกล่าวยังเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่แนะนำ (72 ไมโครกรัม/คน/วัน) และค่ามาตรฐานที่กำหนดในประเทศออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ (58-85 ไมโครกรัม/คน/วัน)¹⁰

จากรายงานการศึกษาปริมาณซีลีเนียมในอาหารเกาหลีพบว่าอาหารที่มีความเข้มข้นของซีลีเนียมสูงมาก ได้แก่ ปลา หอย และผลิตภัณฑ์จากปลาและหอย (0.152–0.788 มิลลิกรัม/กรัม) ไข่ (0.267 มิลลิกรัม/กรัม) เนื้อสัตว์ เป็ดและไก่ (0.043–0.324 มิลลิกรัม/กรัม) สำหรับผักและผลไม้จะมีซีลีเนียมในปริมาณต่ำมาก (ต่ำกว่า 0.052 มิลลิกรัม/กรัม)¹¹ ปลาที่นิยมนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการปรุงอาหารเกาหลีและมีความเข้มข้นของซีลีเนียมสูงมาก ได้แก่ ปลาจวดเหลือง (yellow croaker) *Larimichthys polyactis* Bleeker (0.788 มิลลิกรัม/กรัม) ปลาแอนโชวี (anchovy) *Engraulis japonicus* Temminck & Schlegel (0.753 มิลลิกรัม/กรัม) และปลาแมกเคอเรล (mackerel) *Scomber japonicus* Houttuyn (0.733 mg/g) สำหรับอาหารหลักของชาวเกาหลีที่พบการปนเปื้อนของซีลีเนียม ได้แก่ ข้าวและธัญพืช (34 เปอร์เซ็นต์) ปลาและหอย (21 เปอร์เซ็นต์) เนื้อสัตว์ เป็ด และไก่ (20 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณซีลีเนียมที่ได้รับจากการรับประทานอาหารเกาหลีในชีวิตประจำวัน คือ 57.5 มิลลิกรัม/คน/วัน ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับการได้รับซีลีเนียมจากอาหารในประเทศอิตาลีและออสเตรเลีย¹¹ สรุปได้ว่าเนื้อสัตว์ที่มีซีลีเนียมอยู่ในปริมาณสูง ได้แก่ ปลา หอย เนื้อสัตว์ ไข่ แต่ผักและผลไม้จะมีซีลีเนียมอยู่ในปริมาณต่ำมาก ทั้งนี้เพราะสัตว์ต้องการซีลีเนียมในการเจริญเติบโต ข้าวและธัญพืชจัดเป็นอาหารจากพืชที่มีการปนเปื้อนของซีลีเนียมในปริมาณสูง จากการวิเคราะห์ข้างต้นพบว่าอาหารเกาหลีมีความเข้มข้นของซีลีเนียมใกล้เคียงกับอาหารในออสเตรเลีย ซึ่งปลาและเนื้อสัตว์มีความเข้มข้นของซีลีเนียม 0.12–0.63 และ 0.046–0.38 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ¹¹ จากฐานข้อมูลของ United States Department of Agriculture National Nutrient Database แสดงให้เห็นว่าอาหารที่มีซีลีเนียมสูงมาก คือ ถั่วเปลือกแข็งจากบราซิล (19.2 มิลลิกรัม/กรัม) รองลงมา คือ แปะงาสาลีและข้าวบาร์เลย์ (0.71 และ 0.38 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ)¹¹ ปริมาณของซีลีเนียมที่ควรได้รับในแต่ละวันจะขึ้นอยู่กับเชื้อชาติ เพศ อายุ และแหล่งที่อยู่อาศัยของมนุษย์ โดยทั่วไปมนุษย์จะได้รับซีลีเนียมประมาณ 10-70 ไมโครกรัม/วัน หากผู้ใหญ่หรือเด็กได้รับซีลีเนียมในปริมาณที่สูงกว่า 5 หรือ 0.1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน ตามลำดับ จะเกิดพิษต่อร่างกายได้⁹

มีรายงานพบการปนเปื้อนของบิสมัท (Bi) ในธัญพืช เห็ด ต้นกะหล่ำดอก และผักทั่วไป การปนเปื้อนของเทลลูเรียม (Te) ในกระเทียมและหอมหัวใหญ่ การปนเปื้อนของสารหนู (As) ในอาหารทางตะวันออกเฉียงใต้ของสเปน ปลาเป็นเนื้อสัตว์ที่พบการปนเปื้อนของสารหนูในปริมาณสูงที่สุด รองลงมา คือ ผัก เมล็ดพืช และธัญพืช⁹ ในกลุ่มของผักพบว่าเห็ด ผักกาดขม (endive) และแครอท มีการปนเปื้อนของสารหนูสูงที่สุด ในขณะที่ผักกาดแดง (chard) ผักขม (spinach) และผักชีฝรั่ง (parsley) มีการปนเปื้อนของพลวง (Sb) สูงที่สุด ผักที่มีการปนเปื้อน

ของซีลีเนียมสูงที่สุด ได้แก่ มะเขือม่วง อาติโช๊ค (artichoke) ต้นกะหล่ำดอก และผักกาดหอม อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของเทลลูเรียมที่พบมีค่าต่ำกว่าโลหะหนักชนิดอื่น ๆ ทั้งนี้พบว่าเกิดความเข้มข้นของเทลลูเรียมประมาณ 104 นาโนกรัม/กรัม ในตัวอย่างแดงกวางญี่ปุ่นและอาติโช๊คมีการปนเปื้อนของบิสมัทสูงที่สุด⁹ เมล็ดพืชมีค่าความเข้มข้นของสารหนูและซีลีเนียมต่ำกว่าที่พบในผัก ซึ่งความเข้มข้นสูงสุดของสารหนูและซีลีเนียมที่พบในเมล็ดพืชมีค่า 13-61 และ 15-270 นาโนกรัม/กรัม ตามลำดับ โดยทั่วไปเมล็ดพืชมีความเข้มข้นของพลวง เทลลูเรียม และบิสมัทต่ำกว่าที่พบในผัก สำหรับธัญพืชพบว่ามีความเข้มข้นของสารหนูและซีลีเนียมสูงกว่าโลหะหนักชนิดอื่น ทั้งนี้ข้าวสาลี แ่งหมีหยาบ แ่งไรน์ และข้าว มีความเข้มข้นของสารหนูสูงที่สุด คาดว่าการปนเปื้อนของสารหนูอาจเกิดจากน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูก หรือการปนเปื้อนของสารหนูในวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการเตรียมแ่งหมีจากข้าวสาลี เนื่องจากพบความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของสารหนูในแ่งหมีจากข้าวสาลี (86 ± 4 นาโนกรัม/กรัม) กับแ่งหมีที่มีความเข้มข้นของสารหนูต่ำกว่าขีดจำกัดของการวิเคราะห์ (limit of detection หรือ LOD)⁹ สำหรับการปนเปื้อนของบิสมัทในธัญพืชพบว่ามีความเข้มข้นต่ำกว่า LOD ในขณะที่พลวงและเทลลูเรียมในตัวอย่างส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่า 2.9 และ 20 นาโนกรัม/กรัม ตามลำดับ⁹ อย่างไรก็ตามอาหารที่กล่าวมาข้างต้นมีความเข้มข้นของโลหะหนักต่ำกว่ากฎหมายกำหนดและสามารถนำมาบริโภคได้ในชีวิตประจำวัน ทั้งนี้ปริมาณสารหนูที่บริโภคได้อย่างปลอดภัย คือ 10-200 ไมโครกรัม/วัน คณะกรรมการผู้เชี่ยวชาญว่าด้วยวัตถุเจือปนอาหารได้กำหนดปริมาณการได้รับสารหนูจากอาหารได้สูงสุด 0.002 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/วัน สภาวิจัยแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (US National Research Council) ได้แนะนำการได้รับพลวงจากอาหารควรอยู่ช่วง 50-200 ไมโครกรัม/วัน ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะเป็นประโยชน์ต่อการบริโภคอาหารอย่างปลอดภัย⁹

การปนเปื้อนของโลหะหนักในอาหารทะเล

เป็นที่ทราบกันดีว่าสัตว์ทะเลที่ไม่มีกระดูกสันหลัง เช่น หอยสองฝา หอยนางรม และหอยหาบ มีความสามารถในการสะสมโลหะหนัก ซึ่งความเข้มข้นของโลหะหนักในเนื้อเยื่อจะขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่สิ่งมีชีวิตเหล่านี้สัมผัสกับโลหะหนัก อย่างไรก็ตามมนุษย์ยังคงนิยมบริโภคอาหารทะเล โดยเฉพาะประชากรที่อาศัยอยู่ใกล้กับทะเลจะมีความเสี่ยงสูงที่จะได้รับโลหะหนักจากอาหารทะเล มีรายงานการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในหอยที่สุ่มเก็บตัวอย่างจากอ่าว Todos os Santos ในประเทศบราซิล โดยใช้เทคนิค ICP-OES พบว่าตัวอย่างหอยนางรมมีความเข้มข้นของสังกะสี (Zn) ทองแดง แคดเมียม และโพแทสเซียม (K) สูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับที่เคยมีรายงานว่าหอยนางรมมีความสามารถในการสะสมโลหะหนัก นอกจากนี้ยังพบว่าในตัวอย่างหอยนางรมมีความเข้มข้นของแคดเมียมและทองแดงสูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน ในขณะที่ตัวอย่างหอยสองฝาและหอยกาบมีความเข้มข้นของสังกะสีสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานตามกฎหมายเกี่ยวกับอาหารปนเปื้อนในประเทศบราซิล (Brazilian Legislation for Food Contamination) จึงแนะนำว่าการบริโภคหอยเหล่านี้อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ¹² จากการระเบิดของภูเขาไฟใน

นิวซีแลนด์ส่งผลให้มีการปนเปื้อนของแคดเมียม ปรอท (Hg) และสารหนู ในแหล่งน้ำทางตอนเหนือของนิวซีแลนด์¹³ ดีบุก (Sn) ในรูปของ tributyltin ถูกนำมาใช้เป็นสีกันเพรียง (anti-fouling paint) สำหรับทาเรือเพื่อป้องกันสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กมาเกาะติดตัวเรือ ดังนั้นจึงพบโลหะหนักหลายชนิดปนเปื้อนในเนื้อเยื่อของหอยแมลงภู่ ในปัจจุบันประเทศนิวซีแลนด์ได้แนะนำให้เพิ่มความระมัดระวังการบริโภคอาหารทะเลซึ่งหมายถึงปริมาณและความถี่ในการรับประทาน โดยเฉพาะสตรีมีครรภ์ คนชรา และทารก เนื่องจากอาหารทะเลส่วนใหญ่มีการปนเปื้อนของปรอทและแคดเมียมในปริมาณสูง¹³ ดังนั้นการจำกัดปริมาณการบริโภคอาหารทะเลจะลดโอกาสในการเกิดพิษที่เกิดจากการสะสมของโลหะหนักในเนื้อเยื่อตับอ่อน นอกจากนี้ยังพบการปนเปื้อนของสารหนูและปรอทในผักสลัดน้ำและปลาไหลในประเทศนิวซีแลนด์¹³ มีรายงานว่า การบริโภคอาหารที่ปนเปื้อนด้วยแคดเมียมมีความสัมพันธ์กับการเกิดมะเร็งต่อมลูกหมาก ในขณะที่การบริโภคอาหารที่มีการปนเปื้อนของปรอทสูงและสังกะสีต่ำจะมีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคออทิสติก (autism)¹³ อย่างไรก็ตามมีรายงานว่า การบริโภคปลาและหอยทะเลสามารถป้องกันการเกิดโรคหัวใจขาดเลือด (myocardial infarction) ได้¹⁴ ดังนั้นจึงควรเลือกรับประทานอาหารทะเลที่ปลอดภัยและได้มาตรฐานในปริมาณที่เหมาะสม

แคลเซียม (Ca) เป็นส่วนประกอบของกระดูกและฟัน และมีความสำคัญต่อกระบวนการแข็งตัวของเลือด การหดตัวของกล้ามเนื้อ การส่งคำสั่งทางระบบประสาท การควบคุมสมดุลน้ำ และแร่ธาตุ ทองแดงและเหล็กทำหน้าที่เป็นตัวเร่งในปฏิกิริยาออกซิเดชันของร่างกาย นอกจากนี้ยังพบทองแดงใน hemocyanin ซึ่งเป็นเม็ดสีในเลือดของสัตว์น้ำที่มีเปลือกแข็ง มีรายงานว่าเนื้อกุ้งกุลาดำและเนื้อกุ้งขาวมีแมกนีเซียม (Mg) ในปริมาณสูงที่สุด รองลงมา คือ แคลเซียมและเหล็ก ทั้งนี้เนื้อกุ้งกุลาดำมีความเข้มข้นของธาตุทั้ง 3 ชนิด สูงกว่าในเนื้อกุ้งขาว และไม่พบการปนเปื้อนของแคดเมียมและโคบอลต์ (Co) ในเนื้อกุ้งทั้งสองชนิด¹⁵ โดยทั่วไปแล้วปลาและหอยจะมีความสามารถในการสะสมโลหะหนักโดยเฉพาะตะกั่ว แคดเมียม และปรอท โดยเฉพาะปลาทูนามีการปนเปื้อนของปรอทค่อนข้างสูง¹⁶ ปลาบางชนิดสามารถสะสมโลหะหนักในเนื้อเยื่อได้สูง เช่น ปลาฉลาม ปลาทะเลขนาดใหญ่มีขากรรไกรบนยาวคล้ายกระบี่ (swordfish) ปลาคิงแม็กเคอเรล (king mackerel) และปลาครีบน้ำเงิน (tilefish) ดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงการบริโภคปลาเหล่านี้ในปริมาณสูงหรือเป็นประจำ⁴

การปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำ

การปนเปื้อนของสารหนูในแหล่งน้ำของประเทศอินเดียเป็นสาเหตุของการสะสมสารหนูในเส้นผมและการพบสารหนูในปัสสาวะ โดยปกติร่างกายสามารถขับสารหนูออกทางปัสสาวะได้ 5-40 ไมโครกรัม/วัน และสามารถสะสมสารหนูในเส้นผมได้ 80-250 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ในขณะที่สารหนู 1,000 ไมโครกรัม/กิโลกรัม จะทำให้เกิดความเป็นพิษต่อร่างกาย องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติได้กำหนดปริมาณสารหนูที่ร่างกายได้รับต่อสัปดาห์ 3.32,

5.75 และ 12.9 ไมโครกรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม/วัน ซึ่งจัดเป็นการปนเปื้อนในระดับอ่อน ปานกลาง และสูง ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าค่าที่ยอมรับได้ (2.1 ไมโครกรัม/น้ำหนักร่างกาย 1 กิโลกรัม/วัน)¹⁷ ตะกั่วเป็นโลหะหนักที่มีอันตรายสูงต่อทารกและเด็ก โดยเฉพาะการปนเปื้อนของตะกั่วจากการกักตัวของท่อประปาที่มีตะกั่วเป็นส่วนประกอบ ดังนั้นในปัจจุบันจึงหลีกเลี่ยงการใช้ท่อประปาที่มีส่วนผสมของตะกั่ว มีรายงานการวิเคราะห์หาการปนเปื้อนของตะกั่วในน้ำประปาด้วยเทคนิค atomic absorption spectrometry (AA) โดยวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำที่ไหลออกจากท่อในช่วงกลางวันและน้ำค้างคืนในท่อ ที่สุ่มเก็บตัวอย่างน้ำจากเมือง Bovenden, Friedland, Duderstadt, Northeim และ Rosdorf ในประเทศเยอรมัน จากตัวอย่างน้ำค้างท่อจำนวน 1,434 ตัวอย่าง มีตัวอย่าง 3.1 เปอร์เซ็นต์ ที่มีความเข้มข้นของตะกั่วสูงเกิน 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร (ตามเกณฑ์กำหนดน้ำดื่มขององค์การอนามัยโลก) และมีตัวอย่าง 0.6 เปอร์เซ็นต์ ที่มีความเข้มข้นของตะกั่วสูงเกิน 0.04 มิลลิกรัม/ลิตร (ตามเกณฑ์กำหนดน้ำดื่มในประเทศเยอรมัน) ในขณะที่ตัวอย่างน้ำที่ไหลออกจากท่อในช่วงกลางวันจำนวน 1,474 ตัวอย่าง มีตัวอย่างคิดเป็น 2.1 เปอร์เซ็นต์ ที่มีความเข้มข้นของตะกั่วสูงเกิน 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร และมีตัวอย่าง 0.2 เปอร์เซ็นต์ ที่มีความเข้มข้นของตะกั่วสูงเกิน 0.04 มิลลิกรัม/ลิตร จากข้อมูลการวิเคราะห์ดังกล่าวทำให้ตระหนักว่าการปนเปื้อนของตะกั่วในน้ำจากท่อในระดับที่เป็นอันตรายต่อร่างกายโดยเฉพาะทารกและเด็ก ซึ่งความเข้มข้นสูงสุดของตะกั่วที่ปนเปื้อนในตัวอย่างน้ำดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 0.11 และ 0.15 มิลลิกรัม/ลิตร ในน้ำค้างคืนจากท่อและน้ำที่ไหลออกจากท่อในช่วงกลางวัน ตามลำดับ¹⁸

การปนเปื้อนของยาฆ่าแมลงในน้ำ

ประเทศไทยจัดอยู่ในกลุ่มที่ใช้ยาฆ่าแมลงมากที่สุดที่ในแถบเอเชียใต้ ยาฆ่าแมลงที่นิยมใช้กันมาก ได้แก่ 2,4-D, monocrotophos, metamidophos, atrazine, endosulfan, methyl parathion และ paraquat ซึ่งส่งผลให้พบการปนเปื้อนของโลหะหนักจากยาฆ่าแมลงในดินและน้ำ^{19,20} มีรายงานพบการปนเปื้อนของยาฆ่าแมลงในกลุ่ม organochlorine pesticides ในแม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำแม่กลอง แม่น้ำบางปะกง และแม่น้ำท่าจีน รวมทั้งบริเวณชายฝั่งของไทย น้ำในบริเวณชายฝั่งตะวันตกของจังหวัดกระบี่มีความเข้มข้นของดีดีที 18-20 นาโนกรัม/ลิตร และน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างมีการปนเปื้อนของยาฆ่าแมลง aldrin ที่มีความเข้มข้น 5 นาโนกรัม/ลิตร น้ำผิวดินและน้ำประปามีการปนเปื้อนของยากำจัดวัชพืช atrazine จึงคาดว่าในกระบวนการเตรียมน้ำประปาจากน้ำผิวดินไม่สามารถกำจัด atrazine ออกไปได้ น้ำประปาที่เตรียมจากน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยามีความเข้มข้นของสารตกค้างจากการฆ่าเชื้อโรคสูงกว่าน้ำประปาที่เตรียมจากน้ำในแม่น้ำแม่กลอง¹⁹ นอกจากนี้ยังพบสารตกค้างจากการฆ่าเชื้อโรคในน้ำดื่มบรรจุขวด ในน้ำแข็งหลอดพบการปนเปื้อนของสารลดแรงตึงผิวที่มีประจุลบและเมแทบอลิท์ของมันในระดับความเข้มข้นสูง¹⁹ ซึ่งผลจากการศึกษานี้จะเป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาคุณภาพของน้ำชนิดต่าง ๆ ในประเทศไทย

การปนเปื้อนของโลหะหนักและสารพิษจากวัสดุสำหรับผลิตบรรจุภัณฑ์

วัสดุบรรจุภัณฑ์นิยมใช้เตรียมเป็นบรรจุภัณฑ์มักเป็นพลาสติก (38 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือ กระจกและกระจกแข็ง (30 เปอร์เซ็นต์) โลหะ (19 เปอร์เซ็นต์) แก้ว (8 เปอร์เซ็นต์) และวัสดุอื่น ๆ (5 เปอร์เซ็นต์)²¹ สามารถพบโครเมียม แคดเมียม และตะกั่ว ได้ในกระจกทั่วไป โครเมียม (VI) มีความเป็นพิษต่อมนุษย์เนื่องจากเป็นสารก่อมะเร็งและก่อกลายพันธุ์ แคดเมียมเป็นพิษต่อไตของสิ่งมีชีวิต และตะกั่วมีพิษต่อระบบประสาท²² จากรายงานการศึกษาโลหะหนักในวัสดุสำหรับผลิตบรรจุภัณฑ์ เช่น กระจกและกระจกแข็ง พบว่าในตัวอย่างกระจกสำหรับผลิตบรรจุภัณฑ์มีความเข้มข้นของโครเมียม 0.25–0.50 ไมโครกรัม/กรัม ทั้งนี้ตรวจไม่พบแคดเมียมและตะกั่วที่ระดับความเข้มข้น 0.12 และ 0.28-0.35 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ ในขณะที่ตัวอย่างกระจกแข็งสำหรับผลิตบรรจุภัณฑ์มีความเข้มข้นของโครเมียมในช่วง 0.50–0.64 ไมโครกรัม/กรัม ทั้งนี้ตรวจไม่พบแคดเมียมและตะกั่วที่ความเข้มข้น 0.09 และ 0.67-0.99 ไมโครกรัม/กรัม ตามลำดับ²² มีรายงานว่าบรรจุภัณฑ์ที่ทำจากกระจกที่นำกลับมาใช้ใหม่สามารถปลดปล่อย diisobutyl phthalate (DiBP), dibutyl phthalate (DBP) และ benzophenone ออกมาปนเปื้อนในอาหารแห้งได้ ซึ่งสารเหล่านี้จะทำลายระบบประสาทส่วนกลาง ไต กระเพาะปัสสาวะ และทางเดินอาหาร นอกจากนี้ยังพบการปนเปื้อนของ xenoestrogens จากหมึกพิมพ์บนกระจกแข็งที่นำกลับมาใช้ใหม่ซึ่งอาจทำให้เกิดมะเร็งเต้านมในสตรี ดังนั้นจึงควรระมัดระวังการปลดปล่อยสารพิษต่าง ๆ จากการใช้บรรจุภัณฑ์ที่ทำจากกระจกแข็งที่นำกลับมาใช้ใหม่²¹ bisphenol A (BPA) เป็น plastic monomer ที่นิยมใช้ผลิตพลาสติกสำหรับบรรจุอาหาร มีผลกระทบต่อระบบสืบพันธุ์และมีฤทธิ์คล้ายเอสโตรเจนจึงอาจทำให้เกิดมะเร็งเต้านมได้ การสะสม BPA ในร่างกายอาจทำให้เกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด เบาหวาน หรือความผิดปกติของเอนไซม์ในตับ ดังนั้นจึงได้มีการเฝ้าระวังการปลดปล่อยสารที่รบกวนฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อ (endocrine disrupting compounds หรือ EDCs) จากบรรจุภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ ที่ใช้บรรจุอาหาร²¹ มีรายงานว่าอาหารบางชนิดที่ประกอบด้วย น้ำ น้ำมัน กรดอะซิติก (acetic acid) เข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ หรือเอทานอลเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ สามารถกระตุ้นการปลดปล่อยสารพิษออกจากบรรจุภัณฑ์ได้ เช่น การปลดปล่อย perfluorinated compound จากกระดาษกันไขมัน (grease-proof paper) ที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ ขวดบรรจุน้ำดื่มที่ทำจาก polyethylene terephthalate (PET) สามารถปลดปล่อย diethyl hydroxy amine (DEHA) ออกมาปนเปื้อนในน้ำดื่มได้ ขวดที่ทำจาก PET เหล่านี้จะมีความปลอดภัยต่อการใช้เพียงครั้งเดียวเท่านั้น หากนำมาใช้ซ้ำอาจเกิดการปนเปื้อนของ PET ในอาหารหรือเครื่องดื่มได้ ซึ่งเป็นอันตรายต่อร่างกายเพราะ PET เป็นเป็นสารก่อมะเร็ง สารก่อการกลายพันธุ์ และเป็นพิษต่อระบบสืบพันธุ์²¹

สรุป

ปัจจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการได้รับสารพิษเข้าสู่ร่างกาย ได้แก่ ประเภทของอาหารและวิธีการปรุงอาหาร พืชและสัตว์บางชนิดที่ใช้เป็นอาหารมีความสามารถในการสะสมโลหะหนักในเนื้อเยื่อ การปนเปื้อนของยาปฏิชีวนะหรือเชื้อโรคต่าง ๆ และสารพิษที่ปลดปล่อยออกมาจากบรรจุภัณฑ์หรือท่อน้ำประปา ดังนั้นการทราบถึงสาเหตุหรือที่มาของการปนเปื้อนของโลหะหนักหรือสารพิษในอาหารจะช่วยให้ผู้บริโภคสามารถหลีกเลี่ยงการเกิดอันตรายจากการได้รับสารพิษในชีวิตประจำวันได้

เอกสารอ้างอิง

1. G. Renwick, S. M. Barlow, I. Hertz-Picciotto, et al. Risk characterisation of chemicals in food and diet. *Food and Chemical Toxicology* 2003; 41(9): 1211-1271.
2. E. Dybing, J. Doe, J. Groten, et al. Hazard characterisation of chemicals in food and diet: dose response, mechanisms and extrapolation issues. *Food and Chemical Toxicology* 2002; 40(2-3): 237-282.
3. J.V. Cotterill, M.Q. Chaudhry, W. Matthews, R.W. Watkins, *In silico* assessment of toxicity of heat-generated food contaminants. *Food and Chemical Toxicology* 2008; 46(6): 1905-1918.
4. B.L. Gerald, J.E. Perkin, Position of the American Dietetic Association: Food and water safety. *Journal of the American Dietetic Association* 2003; 103(9): 1203-1218.
5. A. J. Alexander Essers, Gerrit M. Alink, Gerrit J. A. Speijers, et al. Food plant toxicants and safety: Risk assessment and regulation of inherent toxicants in plant foods. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 1998; 5(3): 155-172.
6. Stefan D. Muri, Josef R. Schlatter, Beat J. Brüschweiler, The benchmark dose approach in food risk assessment: Is it applicable and worthwhile? *Food and Chemical Toxicology* 2009; 47(12): 2906-2925.
7. Barbara Burlingame, Maya Pineiro, The essential balance: Risks and benefits in food safety and quality. *Journal of Food Composition and Analysis* 2007; 20(3-4): 139-146.
8. Bruce A. Fowler, Monitoring of human populations for early markers of cadmium toxicity: A review. *Toxicology and Applied Pharmacology* 2009; 238(3): 294-300.
9. M.N. Matos-Reyes, M.L. Cervera, R.C. Campos, M. de la Guardia, Total content of As, Sb, Se, Te and Bi in Spanish vegetables, cereals and pulses and estimation of the contribution of these foods to the Mediterranean daily intake of trace elements. *Food Chemistry*, In Press, Corrected Proof, Available online 26 February 2010.
10. Khairia M. Al-Ahmary, Selenium content in selected foods from the Saudi Arabia market and estimation of the daily intake. *Arabian Journal of Chemistry* 2009; 2(2): 95-99.

11. Younju Choi, Jiyung Kim, Haeng-Shin Lee, et al. Selenium content in representative Korean foods. *Journal of Food Composition and Analysis* 2009; 22(2): 117-122.
12. Wagna P.C. dos Santos, Vanessa Hatje, Darlan da S. Santil, et al. Optimization of a centrifugation and ultrasound-assisted procedure for the determination of trace and major elements in marine invertebrates by ICP OES. *Microchemical Journal*, In Press, Corrected Proof, Available online 26 November 2009.
13. Adele L.H. Whyte, G. Raumati Hook, Gail E. Greening, et al. Human dietary exposure to heavy metals via the consumption of greenshell mussels (*Perna canaliculus* Gmelin 1791) from the Bay of Islands, northern New Zealand. *Science of The Total Environment* 2009; 407(14): 4348-4355.
14. Yuan J-M, Ross R, Gao Y-T, Yu M. Fish and shellfish consumption in relation to death from myocardial infarction among men in Shanghai, China. *American Journal of Epidemiology* 2001;154:809–15.
15. Pisal Sriket, Soottawat Benjakul, Wonnop Visessanguan, Kongkarn Kijroongrojana, Comparative studies on chemical composition and thermal properties of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) and white shrimp (*Penaeus vannamei*) meats. *Food Chemistry* 2007; 103 (4): 1199-1207.
16. J. Tressou, A. Crépet, P. Bertail, et al. Probabilistic exposure assessment to food chemicals based on extreme value theory. Application to heavy metals from fish and sea products. *Food and Chemical Toxicology* 2004; 42(8): 1349-1358.
17. T. Uchino, T. Roychowdhury, M. Ando, H. Tokunaga, Intake of arsenic from water, food composites and excretion through urine, hair from a studied population in West Bengal, India. *Food and Chemical Toxicology* 2006; 44(4): 455-461.
18. Björn Zietz, Julia Dassel de Vergara, Sebastian Kevekordes, Hartmut Dunkelberg, Lead contamination in tap water of households with children in Lower Saxony, Germany. *The Science of The Total Environment* 2001; 275(1-3): 19-26.
19. Kornprabha Kruawal, Frank Sacher, Andreas Werner, et al. Chemical water quality in Thailand and its impacts on the drinking water production in Thailand. *Science of The Total Environment* 2005; 340(1-3): 57-70.

20. B.H. Shomar, Trace elements in major solid-pesticides used in the Gaza Strip. Chemosphere 2006; 65 (5): 898-905.
21. Jane Muncke, Exposure to endocrine disrupting compounds via the food chain: Is packaging a relevant source? Science of The Total Environment 2009; 407(16): 4549-4559.
22. Elzbieta Skrzydlewska, Maria Balcerzak, Frank Vanhaecke, Determination of chromium, cadmium and lead in food-packaging materials by axial inductively coupled plasma time-of-flight mass spectrometry. Analytica Chimica Acta 2003; 479(2): 191-202.

คำถาม

1. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับ acrylamide
 1. เกิดจากการปรุงอาหารจำพวกไขมันด้วยความร้อนสูง
 2. เกิดจากปฏิกิริยา reduction
 3. เกิดจากปฏิกิริยา polymerization
 4. อาจทำให้ตาบอด
 5. เป็นสารก่อมะเร็ง

2. ข้อใดไม่ใช่ความเป็นพิษจากการบริโภค tartrazine (FD & C Yellow No. 5)
 1. ผื่นคัน บวมแดง
 2. หอบหืด
 3. โรคหัวใจและหลอดเลือด
 4. เนื้องอกที่ต่อมไทรอยด์
 5. ทำลายโครโมโซม

3. ข้อใดผิดเกี่ยวกับ polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)
 1. เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีวงเบนซีนตั้งแต่ 2 วงขึ้นไป
 2. เกิดจากกระบวนการแปรรูปที่ทำให้อาหารไหม้เกรียม
 3. เกิดจากการเคี้ยวน้ำตาลด้วยความร้อนสูง
 4. มีผลต่อการพัฒนาตัวอ่อนและพฤติกรรมของสิ่งมีชีวิต
 5. Ohmic heating ช่วยลดการปนเปื้อนของ PAHs ในอาหาร

4. ข้อใดผิดเกี่ยวกับการบริโภคอาหารที่ปนเปื้อนด้วยดีดีทีหรือเมลามีน
 1. การสะสมดีดีทีอาจทำให้ตับอ่อนอักเสบ
 2. การสะสมดีดีทีในระยะสั้นอาจเกิดความเป็นพิษต่อระบบประสาท
 3. การสะสมดีดีทีในระยะยาวอาจเกิดความเป็นพิษต่อตับ
 4. การสะสมเมลามีนในระยะสั้นอาจทำให้เกิดเนื้องอกในกระเพาะปัสสาวะ
 5. การสะสมเมลามีนในระยะยาวอาจทำให้เกิดนิ่วในทางเดินปัสสาวะ

5. สารใดไม่ใช่สารก่อมะเร็ง
 1. Polyphenol
 2. Aflatoxin B1
 3. Chloroform
 4. Benzene

5. Naphthalene

6. ข้อใดไม่ใช่ความเป็นพิษที่เกิดจากการรับประทานอาหารที่ปนเปื้อนด้วยแบคทีเรีย *Escherichia coli* 0157:H7

1. ไตวาย
2. เม็ดเลือดแดงมีรูปร่างผิดปกติ
3. ต่อมไทรอยด์อักเสบ
4. เลือดออกในลำไส้ใหญ่
5. บัสสาวะเป็นเลือด

7. ข้อใดผิดเกี่ยวกับซีลีเนียม (Se)

1. ไม่เป็นพิษต่อระบบประสาท
2. จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของมนุษย์
3. Selenoproteins มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ
4. การขาดซีลีเนียมอาจทำให้เกิดโรคหัวใจ
5. การได้รับซีลีเนียมในระยะยาวอาจทำให้เกิด selenosis

8. สัตว์ทะเลชนิดใดที่เคยมีรายงานว่ามีความเข้มข้นของแคดเมียมและทองแดงสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานตามกฎหมายเกี่ยวกับอาหารปนเปื้อนในประเทศบราซิล

1. หอยกาบ
2. หอยนางรม
3. หอยสองฝา
4. กุ้ง
5. ปู

9. ปลาชนิดใดมีความสามารถในการสะสมปรอท

1. Swordfish
2. King mackerel
3. Tilefish
4. Tuna
5. ฉกทุกข้อ

10. โลหะหนักชนิดใดที่มีโอกาสตรวจพบได้ในระดับความเข้มข้นสูงในกระดาดแข็งสำหรับผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์

1. สังกะสี (Zn)
2. ตะกั่ว (Pb)
3. แคดเมียม (Cd)
4. โครเมียม (Cr)
5. เหล็ก (Fe)