

1473

14644



ปัญหาพิเศษปริญาตรี
ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

เรื่อง

การศึกษาปริมาณโลหะหนักบางชนิดในปลาซาร์ดีนในซอสมะเขือเทศ
Investigation of some Heavy Metal of Sardine
in Tomato Sauces

โดย

นางสาวมัทนี ชัยวัฒน์

[Signature]
.....

(อาจารย์ลักขณา อมรสิน)

ประธานกรรมการอาจารย์ที่ปรึกษา



T098864

ร/พ.
ม 3477
2536

ภาควิชารับรองแล้ว

[Signature]
.....

(อาจารย์ลำเรียง คำทอง)

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 98864
วันเดือนปี 12 Jun 2003

ร/พ.
ม 3477
2536



ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง ในความกรุณาของ อ.ลักขณา อมรสิน
ประธานกรรมการอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้คำปรึกษาชี้แนะแนวทางการศึกษาทดลอง
รวมทั้งตรวจสอบ และแก้ไขข้อหาพิเศษฉบับนี้ ำทำให้ได้รับความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอ
ขอบพระคุณ อ. จินตนา ภูติวรนาถ นักวิทยาศาสตร์กรมพฤกษศาสตร์ กระทรวงเกษตร
และสหกรณ์ ที่ได้กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่ เครื่องมือ รวมทั้งคำแนะนำต่างๆ ที่เกี่ยวกับการ
ใช้เครื่องมือเหล่านั้นเช่น Microwave Digestion และเครื่อง Atomic Absorption
Spectrophoto meter

ท้ายสุดนี้ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และเพื่อนๆ ทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือ
และเป็นกำลังใจ ในการศึกษาทดลองด้วยดีตลอดมา

มัทนี ชัยวัฒน์

มีนาคม 2537

การศึกษาปริมาณโลหะหนักบางชนิดในปลาชาร์ทันในซอสมะเขือเทศ

โดย : นางสาว มัทนี ชัยวัฒน์

ปริญญา : วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

สาขาวิชา : เทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

ประธานกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนักศึกษา :

(อ.ลักขณา อมรสิน)



การศึกษาปริมาณโลหะหนักบางชนิด เช่น ทองแดง สังกะสี ตะกั่ว สารหนู แคดเมียม และปรอท ในปลาชาร์ทันในซอสมะเขือเทศ 6 ยี่ห้อ คือ ตราฉลาม (K1) ตราแกนงแอนด์ (K2) ตราโรซ่า (K3) ตราสามแม่ครัว (K4) ตราไฮคิว (K5) และตราปั้มปั๊ (K6) ใช้วิธีการวิเคราะห์ ซึ่งดัดแปลงจาก AOAC (1989) ร่วมกับวิธีการของ Prolabo ซึ่งเป็นวิธีการที่ควบคุมด้วยเครื่อง Microwave Digestion แล้ววัดปริมาณโลหะหนัก โดยใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ทั้งนี้ผลที่ได้เป็นค่าเฉลี่ยจากการวิเคราะห์ 3 ครั้ง ผลที่ได้พบว่า ปลาชาร์ทันตราฉลามมีปริมาณตะกั่ว ทองแดง สังกะสี และแคดเมียม 0.05, 1.94, 9.2 และ 0.68 ppm ตามลำดับ ตราแกนงแอนด์มีทองแดง สังกะสี และแคดเมียม 1.90, 8.88 และ 0.81 ppm ตามลำดับ ตราโรซ่ามีปริมาณตะกั่ว ทองแดง สังกะสี และแคดเมียม 0.01, 2.05, 16.4 และ 0.86 ppm ตามลำดับ ตราสามแม่ครัวมีปริมาณตะกั่ว ทองแดง สังกะสี และแคดเมียม 0.196, 1.79, 13.96 และ 0.68 ppm ตามลำดับ ตราไฮคิวมีปริมาณตะกั่ว ทองแดง สังกะสี และแคดเมียม 0.443, 1.59, 7.17 และ 0.91 ppm ตามลำดับ ตราปั้มปั๊มีปริมาณทองแดง สังกะสี และแคดเมียม 1.78, 8.11 และ 0.54 ppm ตามลำดับ ทั้งนี้ตรวจไม่พบตะกั่วในตราแกนงแอนด์และตราปั้มปั๊ สำหรับปรอทและสารหนูตรวจไม่พบทุกยี่ห้อ ค่าเฉลี่ยของโลหะหนักที่พบมีปริมาณต่ำกว่าปริมาณสูงสุดที่กำหนดใน พ.ร.บ. อาหารในภาชนะบรรจุของกระทรวงสาธารณสุข มาตรฐานผลิตภัณฑ์สำหรับอาหารกระป๋อง ของสำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม และมาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหารของ โครงการมาตรฐานอาหาร FAO/WHO (CODEX)

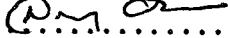
Investigation of Some Heavy Metal of Sardine in

Tomato Sauces

By : Miss. Mattanee Chiyawat

Degree : Bachelor of Science (Agriculture)

Major : Pest Management Technology

Chairman, Thesis Advisor : ........

Investigation of some heavy metals such as copper, zinc, lead, arsenic, cadmium and mercury were conducted on six sardine brands. Nokpirarb brand (K1), Noknang Ann brand (K2), Rosa brand (K3), Sam Mae Klua brand (K4), Hi-Q brand (K5) and Pum Pui brand (K6) were selected to be analysed. The analytical method was applied from the method of AOAC(1989) and the method of Prolabo which is the method accompanied with Microwave Digestion instrument. The Atomic Absorption spectrophotometer was used to measure the amount of heavy metals. The results were achieved from mean values of 3 times analysis, as Nokpirarb brand have lead, copper, zinc and cadmium 0.05, 1.94, 9.2 and 0.68 ppm respectively, Noknang Ann brand have copper, zinc and cadmium 1.90, 8.88 and 0.81 ppm respectively, Rosa brand have lead, copper, zinc and cadmium 0.07, 2.05, 16.4 and 0.86 respectively, Sam Mae Klua brand have lead, copper, zinc and cadmium 0.196, 1.79, 13.96 and 0.68 ppm respectively, Hi-Q brand have lead, copper, zinc and cadmium 0.443, 1.59, 7.17 and 0.91 ppm respectively, Pum Pui brand have copper, zinc and cadmium 1.78, 8.11 and 0.54 ppm respectively, since lead was not detectable in Noknang Ann brand and Pum Pui brand as well as mercury and arsenic were not detectable in all six brands. Mean values of heavy metal found in six sardine brands were below the limit of an Act of Parliament Food in Container of Ministry of Public Health and the Thai Industrial Standard Institute as well as the CODEX Alimentarius Commission FAO/WHO.

สารบัญ

เนื้อเรื่อง	หน้า
คานา	1
วัตถุประสงค์	3
ตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	20
ผลการทดลอง	24
วิจารณ์ผลการทดลอง	31
สรุปผลการทดลอง และข้อเสนอแนะ	32
เอกสารอ้างอิง	36
ภาคผนวก	39

การศึกษาปริมาณโลหะหนักบางชนิดในปลาซาร์ดีนในซอสมะเขือเทศ

Investigation of Some Heavy Metal of Sardine in Tomato Sauces

บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางการเกษตรได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เพื่อให้ได้ผลผลิตเพียงพอต่อความต้องการบริโภคของประชากร และเพื่อการส่งออก ผลผลิตส่วนที่เกินความต้องการสำหรับการบริโภคก็จะนำไปจำหน่าย จึงมีการคิดหาวิธีต่างๆ เพื่อยืดอายุของผลผลิตซึ่งได้แก่ การถนอมอาหาร เช่น การบรรจุขวด การตากแห้ง การบรรจุกระป๋อง ฯลฯ อาหารที่ผ่านขบวนการเหล่านี้มีโอกาสที่จะปนเปื้อนด้วยสารต่างๆ มากขึ้น เนื่องจากมีการเติมสารเคมีบางชนิดลงในอาหาร และมีการปนเปื้อนจากขบวนการผลิตต่างๆ

ปลากระป๋องเป็นอาหารกระป๋องสำเร็จรูป ที่ได้รับความนิยมในการบริโภคสูง เนื่องจากสามารถเก็บไว้ได้นาน สะดวกในการนำติดตัวไปยังสถานที่ต่างๆ และสามารถเปิดรับประทานได้ทันที หรืออาจปรุงแต่งให้เป็นอาหารชนิดต่างๆ ได้โดยไม่ต้องผ่านกรรมวิธีมากนัก อย่างไรก็ตามอาหารกระป๋อง มีโอกาสปนเปื้อนด้วยสารต่างๆ โดยเฉพาะโลหะหนักค่อนข้างสูง เนื่องจากอาหารสัมผัสโดยตรงกับโลหะที่ใช้ทำกระป๋อง รวมทั้งปนเปื้อนเนื่องจากขบวนการผลิต หรือจากวัตถุดิบ โลหะหนักที่มีแนวโน้มจะปนเปื้อนในอาหารกระป๋องได้แก่ ดีบุก เหล็ก สังกะสี ทองแดง แคดเมียม ตะกั่ว สารหนู และปรอท เพราะกระป๋องบรรจุอาหารทำมาจากแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก หรือเคลือบสังกะสี ส่วนทองแดงเป็นธาตุที่มักพบร่วมกับเหล็ก แคดเมียม แคดเมียม และตะกั่วมักพบร่วมกับสังกะสี การปนเปื้อนโลหะหนักอาจมาจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต เครื่องปรุงรสจากขบวนการผลิตต่างๆ และการเกิดการหลุดออกจาก (release) กระป๋องที่บรรจุอาหารทั้งในระหว่างขบวนการผลิต และการเก็บรักษา ซึ่งเป็นสาเหตุที่สำคัญ ที่ทำให้โลหะหนักปนเปื้อนในอาหารกระป๋องสูง บัจฉัยต่างๆ ที่มีผลต่อการกักต้อน ได้แก่ ความเป็นกรดของอาหาร อุณหภูมิ เวลาการเก็บรักษา และปริมาณสารเร่งหรือฮอร์โมนชีวเคมี

เนื่องจากโลหะหนักเป็นสารพิษที่ก่อให้เกิดอันตราย และโรคต่างๆ แก่มนุษย์ได้ รวมทั้งมี
โอกาสปนเปื้อนในอาหารกระป๋องสูง ทั้งจากขบวนการผลิต และจากวัตถุดิบ จึงได้ทำการศึกษา
หาปริมาณโลหะหนักที่สำคัญ ซึ่งอาจก่อให้เกิด ปัญหาต่อสุขภาพของมนุษย์ได้ โดยทำการศึกษาใน
ปลากระป๋อง เพื่อดูว่าจะมีปริมาณโลหะหนักปนเปื้อน ในระดับที่สูงกว่าปริมาณที่กำหนด ให้มีได้
หรือไม่

การศึกษาปริมาณสังกะสี, ทองแดง, ตะกั่ว, สารหนู, ปปรอท และแคดเมียม
ในปลาขารี่ดินในขอสมะเจือเทศ

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อหาปริมาณของสังกะสี, ทองแดง, ตะกั่ว, สารหนู, ปปรอท และแคดเมียม ในปลาขารี่ดิน ในขอสมะเจือเทศ
2. เพื่อศึกษาปริมาณของโลหะหนัก ดังกล่าวว่ามีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนดในประเทศของกระทรวงสาธารณสุขหรือไม่
3. เพื่อหาแนวทางป้องกัน และแก้ไข อันตรายที่อาจเกิดจากการสะสมของโลหะหนักดังกล่าวในร่างกาย

การตรวจเอกสาร

อาหารกระป๋อง หมายถึง อาหารที่ผ่านกรรมวิธีทำลาย หรือยับยั้งการขยายพันธุ์ของเชื้อจุลินทรีย์ที่เก็บรักษาไว้ในภาชนะที่เป็นโลหะ ซึ่งสามารถป้องกันมิให้อากาศภายนอกเข้าไปภายในภาชนะบรรจุนั้นได้ ภาชนะบรรจุที่เป็นโลหะนั้น จะต้องสะอาดไม่เคยใช้ใส่อาหาร หรือวัตถุอื่นใดมาก่อน ด้านในของภาชนะบรรจุต้องไม่มีสารตะกั่ว สนิมเหล็ก หรือสิ่งอื่นใดติดอยู่ นอกจากสีของแลคเกอร์ หรือสีของดีบุก ด้านในของภาชนะบรรจุที่ทำด้วยแผ่นเหล็กต้องเคลือบดีบุก หรือสารอื่นใดที่ป้องกันมิให้อาหารสัมผัสกับแผ่นเหล็กโดยตรง อีกประการหนึ่ง ภาชนะบรรจุที่ใส่อาหารไว้นั้น ต้องไม่รั่วหรือบวม ฉลากต้องเป็นภาษาไทยอ่านได้ชัดเจน และอย่างน้อยต้องมีข้อความต่อไปนี้

1. ชื่อและเลขทะเบียนอาหาร
2. ชื่อและที่ตั้งของสถานที่ผลิต
3. วัน เดือน และปีที่ผลิต หรือรหัสที่ได้จดทะเบียนไว้แล้วต่อกระทรวงสาธารณสุข
4. น้ำหนักสุทธิ หรือปริมาตรสุทธิ
5. ชนิดและปริมาณของวัตถุเจือปนในอาหาร ที่มิใช่เป็นส่วนประกอบอันได้
จากธรรมชาติของอาหาร (ถ้ามี)

(ศิริลักษณ์, 2520)

ปัจจุบันการนำโลหะหนัก และสารประกอบต่างๆ ของโลหะหนักมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ทำให้มีการกระจายโลหะหนัก ในสิ่งแวดล้อมทั้งที่มีชีวิต และไม่มีชีวิต มนุษย์ได้รับโลหะหนักเข้าสู่ร่างกาย โดยการกิน การหายใจ และการสัมผัส อาหารสดประเภทต่างๆ อาจมีการปนเปื้อนของโลหะหนักที่มากจากการถ่ายทอดผ่านห่วงโซ่อาหารอยู่เสมอ ปริมาณโลหะหนักขึ้นกับชนิดของอาหาร และสิ่งแวดล้อมของแหล่งผลิตอาหาร ทำให้มนุษย์มีโรกาสาได้รับโลหะหนักเข้าสู่ร่างกายเสมอ

การผลิตเป็นอาหารสำเร็จรูป โดยเฉพาะอาหารบรรจุกระป๋อง ทำให้มีโอกาสปนเปื้อนจากโลหะหนักสูง โลหะหนักอาจปนเปื้อนในสารบรรจุรส และสารเคมีต่างๆ ที่ใช้ประกอบอาหารหรืออาจปนเปื้อนในระหว่างขบวนการผลิต ซึ่งมีการใช้เครื่องจักรกลที่เป็นโลหะ สาเหตุที่สำคัญที่สุดได้แก่ การเกิดการกัดกร่อนของภาชนะบรรจุอาหารในระหว่างการเก็บรักษา ดังนั้นกระป๋องบรรจุอาหาร ต้องทำด้วยโลหะที่ไม่เป็นพิษหรือมีความเป็นพิษต่ำ และทนทานต่อการกัดกร่อนสูง เพื่อลดอันตรายจากการปนเปื้อนโลหะหนักในอาหารให้ต่ำที่สุด กระป๋องบรรจุอาหารที่ใช้มากในปัจจุบัน ทำมาจากแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก ที่อาจเคลือบหรือไม่เคลือบ แลคเกอร์ก็ได้ โลหะหนักนอกจากจะปนเปื้อน โดยขบวนการผลิตแล้วยังปนเปื้อนจากวัตถุดิบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัตถุดิบที่ได้จากทะเล

แผ่นเหล็กเคลือบดีบุก (tin plate) ที่ใช้ทำกระป๋องบรรจุอาหาร มีลักษณะโครงสร้างหลายชั้น (multilayered structure) วัสดุพื้นฐานคือ แผ่นเหล็กกล้าเคลือบด้วยดีบุกทั้ง 2 ด้าน ระหว่างชั้นเหล็กกล้า และชั้นดีบุกเกิดชั้นโลหะผสมระหว่าง เหล็กและดีบุก ($FeSn_2$) ผิวหน้าของชั้นดีบุก เคลือบด้วยฟิล์ม ออกไซด์ ซึ่งประกอบด้วย ดีบุกออกไซด์ โลหะโครเมียม และโครเมียมออกไซด์

การเคลือบฟิล์มไขมันเป็นขั้นตอนสุดท้าย ของการทำแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก ซึ่งจะนำไปเข้าขบวนการผลิตกระป๋องบรรจุอาหาร โดยไขมันมาติดเป็นส่วนประกอบของกระป๋องได้แก่ แผ่นด้านข้าง และส่วนบนส่วนล่าง แล้วไขมันบดกรี หรือเชื่อมเป็นรูปกระป๋อง ชนิดของโลหะที่ใช้ในการบดกรี หรือเชื่อมจะแตกต่างกันตามวัตถุประสงค์ที่ใช้งาน เช่น บรรจุอาหารทั่วไปใช้ $ZnCl_2$ (ซิงค์คลอไรด์) หรือโลหะผสมระหว่างตะกั่วกับดีบุก ส่วนอาหารที่ต้องการหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนของตะกั่ว จะบดกรีด้วยสารประกอบเรซิน ที่ทนทานต่อการกัดกร่อน วิธีที่นิยมใช้ในการป้องกันการปนเปื้อนของตะกั่ว และโลหะหนักอื่นๆ ที่ถูกกัดกร่อนจากกระป๋องลงสู่อาหาร ได้แก่ การเคลือบด้านในกระป๋องด้วย แลคเกอร์ โดยการเคลือบแลคเกอร์ จะลดการปนเปื้อนของตะกั่วในอาหารถึง 70% แลคเกอร์จะป้องกันการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง โลหะกับอาหาร ทำให้โลหะละลายลงสู่อาหารต่ำ อาหารจึงมีช่วงอายุการบริโภค (shelflife) ยาวนานขึ้น แต่กระป๋องที่

ใช้บรรจุอาหารบางชนิด ไม่จำเป็นต้องเคลือบด้วยแลคเกอร์ เช่น อาหารที่มีการกักกร่อนต่ำ หรืออาหารที่ต้องการให้มีการปนเปื้อนของโลหะหนัก เพื่อรักษาคุณภาพของอาหาร ทั้งนี้การเลือกชนิดของกระป๋องขึ้นกับคุณสมบัติของอาหารนั้น

เมื่อนำกระป๋องมาบรรจุอาหาร อาหารจะสัมผัสโดยตรงกับชั้นดีบุก และสัมผัสกับชั้นเหล็ก และชั้นโลหะผสมทางรูพรุนในชั้นดีบุก ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นในลักษณะต่างๆ ขึ้นกับ คุณสมบัติของอาหาร อุณหภูมิ ปริมาณออกซิเจน ในที่ว่างเหนืออาหาร (head space) และสารเร่งหรือหน่วงปฏิกิริยา ซึ่งจะปะปนในอาหาร เช่น ในเตรต ซัลไฟด์ น้ำตาล ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น คือ ปฏิกิริยาการกักกร่อน และการเกิดรอยต่าง เนื่องจากสารประกอบซัลไฟด์

การกักกร่อน นอกจากจะเกิดขึ้นภายในกระป๋องแล้ว อาจเกิดขึ้นจากภายนอกกระป๋องได้ด้วย โดยเกิดขึ้นทั้งขณะทำการบรรจุ การขนส่ง และการเก็บรักษา นอกจากนี้อาการกระป๋องที่มีการขนส่ง และการเก็บรักษาใกล้ทะเล หรือบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดน้ำค้าง จะมีโอกาสเกิดสนิมได้ง่าย ดังนั้นจึงมีการเคลือบแลคเกอร์ ภายนอกกระป๋อง เพื่อป้องกันการกักกร่อนดังกล่าว

ระยะเวลาการเก็บอาหารที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ปริมาณโลหะหนักในอาหารก็จะเพิ่มขึ้นด้วย แต่อัตราการเพิ่มจะไม่คงที่ตลอดช่วงเวลาการเก็บรักษา การเพิ่มอัตราเร็วของปฏิกิริยาของการกักกร่อนไม่ได้มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับเวลาการเก็บรักษา แต่จะเพิ่มสูงในช่วงแรก และค่อยๆ ต่ำลงเมื่อเวลาผ่านไป ในช่วง 4-15 วันหลังการบรรจุ จะมีอัตราเพิ่มอย่างรวดเร็ว ต่อมาจะเพิ่มช้ามากจนเกือบจะคงที่ ช่วงนี้ใช้เวลานาน และขึ้นกับชนิดอาหารที่บรรจุ ในช่วงนี้ชั้นของเหล็กกล้า จะสัมผัสกับอาหารมากขึ้น ทำให้มีอัตราเร็วเพิ่มขึ้นอีก และจะเป็นระยะหมดช่วงอายุการบริโภค อาหารที่ได้รับการเก็บรักษา ในที่มีอุณหภูมิสูง จะมีอัตราการกักกร่อนสูงกว่าที่เก็บไว้ในที่อุณหภูมิต่ำ อาหารที่มีความเป็นกรดสูง จะมีอัตราการเกิดปฏิกิริยากักกร่อนสูง

นอกจากนี้สารเร่งปฏิกิริยาการกักกร่อน ได้แก่ กรดอินทรีย์ต่างๆ เช่น กรดมาลลินิก กรดซัคซินิก, กรดอะซิติก, ซึ่งจะปะปนในอาหาร รวมทั้งฮีออนเหล็ก (III), ทองแดง (II), สารประกอบไนเตรต, สารประกอบซัลไฟด์, ซัลเฟอร์ไดออกไซด์, Monomethylamine,

Amine oxide, Anthocyanine และสารประกอบต่างๆ ที่ทำให้เกิดสี รวมทั้งออกซิเจนในที่ว่างเหนื่ออาหาร จะทำให้อัตราการกักกร่อนสูง

ส่วนสารพวงปฏิกิริยากการกักกร่อน ได้แก่ คีบูกอีออน, Amino acid, น้ำตาลชนิดต่างๆ สารแขวนลอย เช่น Gelatin, สารประกอบ Thourea, และ Carbodisulfide จะทำให้อัตราการกักกร่อนช้าลง

การกักกร่อนที่เกิดขึ้นในกระป๋อง ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ได้แก่ ปริมาณโลหะที่ปนเปื้อน ในอาหารสูงขึ้น การเสียดสภาพสุญญากาศ ภายในกระป๋อง เนื่องจากการสะสมก๊าซไฮโดรเจน ในที่ว่างเหนื่ออาหาร และน้ำหนักของกระป๋องลดลง ถ้าปฏิกิริยากการกักกร่อนสูง การเปลี่ยนแปลงต่างๆ ก็เกิดขึ้นมาก

โลหะหนักบางชนิดที่ปนเปื้อนในอาหาร

ในอาหารประเภทต่างๆ ทั้งอาหารสด และอาหารสำเร็จรูป จะมีการปนเปื้อนโลหะหนักต่างๆ ทั้งโลหะที่จำเป็นต่อร่างกาย (Essential metals) และโลหะที่ไม่จำเป็นต่อร่างกาย ซึ่งมีทั้งไม่ก่อให้เกิดพิษ และที่เป็นพิษต่อร่างกาย โลหะที่ร่างกายจำเป็นต้องได้รับ ได้แก่ มังกานีส เหล็ก โคบอล ทองแดง สังกะสี ซีลีเนียม โมลิบดีนัม และวานาเดียม โลหะที่ไม่จำเป็นต่อร่างกาย และไม่ก่อให้เกิดพิษ ได้แก่ รูบิเดียม อลูมิเนียม ดิเตเนียม โบรอน และเซอร์โคเนียม โลหะที่เป็นพิษต่อร่างกาย ได้แก่ แคดเมียม ตะกั่วปรอท พลวง สารหนู แบเรียม และเบอริลเรียม โลหะที่เป็นพิษจะก่อให้เกิดอันตรายทั้งเฉียบพลันและเรื้อรัง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณ และระยะเวลาที่ได้รับ อย่างไรก็ตาม โลหะที่ไม่ก่อให้เกิดพิษ และร่างกายจำเป็นต้องได้รับอาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ร่างกาย ถ้าได้รับการในปริมาณสูงเกินความต้องการก็อาจก่อให้เกิดอันตรายได้ คณะกรรมาธิการ โครงการมาตรฐานอาหาร FAO/WHO ได้กำหนดปริมาณสูงสุดของโลหะหนักปนเปื้อน ในอาหารที่ร่างกายสามารถรับได้ภายใน 1 วัน โดยไม่ก่อให้เกิดอันตราย ซึ่งแสดงในตารางที่ 3

อาหารกระป๋องมีโอกาสปนเปื้อนโลหะหนักสูงกว่าอาหารสด เพราะมีโอกาสนปนเปื้อนในอาหาร ทั้งจากวัตถุดิบ และจากภาชนะที่บรรจุ อาหารจะสัมผัส โดยตรงกับภาชนะโลหะโลหะหนักที่ปนเปื้อนในอาหารขึ้นกับวัสดุที่ใช้ทำกระป๋อง วิธีการผลิตกระป๋อง และคุณสมบัติของอาหาร ดีบุก สังกะสี ทองแดง เหล็ก แคลเซียม และตะกั่ว เป็นโลหะซึ่งมีแนวโน้มที่จะพบในอาหารกระป๋อง เนื่องจากกระป๋องบรรจุอาหาร ส่วนมากทำจากแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก หรือแผ่นเหล็กเคลือบสังกะสี ทองแดงเป็นธาตุที่มักพบร่วมกับเหล็ก แคลเซียม และตะกั่ว พบร่วมกับสังกะสี ดีบุก เหล็ก สังกะสี แคลเซียม ทองแดง และตะกั่ว มีสมบัติและบทบาทต่อร่างกายดังนี้

1. ดีบุก (Sn)

ดีบุก มีเลขอะตอม 50 มวลอะตอม 112.7 มีค่าความถ่วงจำเพาะระหว่าง 5.8-7.3 ทั้งนี้ ขึ้นกับสัดส่วนผลึกทั้ง 3 ลักษณะ ได้แก่ Gray(cubic), White metallic (tetragonal) และ white rhombic (tin brittle) ดีบุกเป็นโลหะอ่อนดีทำเป็นแผ่นและยึดได้ง่าย มีความคงทน ต่อการกัดกร่อนสูง จุดหลอมเหลว 231.9 องศาเซลเซียส เลข Oxidation +2 และ +4 (Sn^{+2} , Sn^{+4}) ดังนั้นจึงเกิดเป็นสารประกอบ 2 กลุ่ม คือ Stannous และ Stannic

ดีบุก ในธรรมชาติจะพบในสินแร่ Cassiterite และ Tinstone ในรูป Stannic oxide และปะปนอยู่กับธาตุอื่นๆ เช่น ทังสแตน ดีบุกถูกนำมาใช้ประโยชน์ ทั้งในสภาพโลหะ สารประกอบอนินทรีย์และอินทรีย์ 50% ของโลหะดีบุก ใช้ในการผลิตแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก เพื่อทำกระป๋องบรรจุอาหาร นอกจากนี้ใช้เคลือบภาชนะที่ใช้ในครัวเรือน และทำโลหะผสม สารประกอบอนินทรีย์ ของดีบุก ใช้ในอุตสาหกรรม เป็นส่วนประกอบในสีทาบ้าน และใช้เป็นสเตบิลไลเซอร์ สำหรับ PVC และ Chlorinated rubber paint และเป็นส่วนประกอบในยาปราบศัตรูพืชบางชนิด

สารประกอบอินทรีย์ และอนินทรีย์ของดีบุกเข้าสู่ร่างกาย ได้ทั้งทางเดินอาหาร และทางเดินหายใจ ดีบุกที่ผ่านเข้าสู่ทางเดินอาหารถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดต่ำกว่า 5% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ

กับรูปของสารประกอบดีบุกนั้น สารประกอบดีบุกอ็อกไซด์ +2 ดูดซึมที่กระเพาะอาหาร 2.8 % ในขณะที่ดีบุกอ็อกไซด์ +4 ดูดซึมเพียง 0.6% ดีบุกถูกดูดซึม บริเวณทางเดินอาหาร 1% ดีบุกที่ผ่านเข้าสู่ทางเดินหายใจถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือด 20% ดีบุกสามารถถูกดูดซึมผ่านกระแสเลือดจากมารดาสู่ทารกได้ โดยผ่านทางรก

	ร่างกายมีการสะสมดีบุกที่	ตับ	ไต	ต่อมน้ำเหลืองและกระดูก	ปริมาณดีบุก โดย
เฉลี่ยใน	ปอด	0.8		$\mu\text{g/gm}$	
	ตับ	0.4		$\mu\text{g/gm}$	
	ไต	0.2		$\mu\text{g/gm}$	
	ต่อมน้ำเหลือง	0.9-2.1		$\mu\text{g/gm}$	
	กระดูก	3.7-4.1		$\mu\text{g/gm}$	
	เลือด	0.007-0.01		$\mu\text{g/gm}$	

ปริมาณ ดีบุก ในอวัยวะต่างๆ ขึ้นกับอายุ และแหล่งที่อยู่อาศัยตลอดจน สิ่งแวดล้อมของแต่ละบุคคล

เนื่องจากดีบุกมีการดูดซึมบริเวณทางเดินอาหารต่ำ ดีบุกส่วนใหญ่ที่ไม่ถูกดูดซึมจะถูกขับออกมาทางอุจจาระร่วมกับดีบุกส่วนที่ขับทางน้ำดี ดีบุกที่ถูกดูดซึม ส่วนใหญ่ถูกขับทางปัสสาวะประมาณ 16-23 $\mu\text{g/วัน}$ ดีบุกอ็อกไซด์ +2 ถูกขับออกจากร่างกาย 12% ในขณะที่ดีบุกอ็อกไซด์ +4 ถูกขับเพียง 4% และพบว่า Sn^{2+} และ Sn^{4+} มี Half life ในกระดูก 34-40 วัน และ Sn^{2+} มีครึ่งชีวิตในตับและไต 10-20 วัน ดีบุกมีค่าครึ่งชีวิตในร่างกาย 100 วัน

ดีบุก เป็นธาตุที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตมนุษย์และสัตว์ แต่ถ้าปริมาณที่ได้รับสูงเกินไป จะเกิดอันตรายต่อร่างกาย อาหารสดทั่วไป จะมีปริมาณ ดีบุก บนมเป็อนมากน้อยตามแต่ชนิด และแหล่งผลิตอาหารนั้น อาหารบรรจุกระป๋อง ซึ่งทำด้วยแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก จะมีปริมาณดีบุกปนเป็อนสูง อาหารที่มีปริมาณดีบุกเกิน 250 mg/kg ไม่ปลอดภัยสำหรับการบริโภค คนจะแสดงอาการพิษของดีบุกในร่างกายสูงกว่า 5-7 mg/kg ของน้ำหนักตัว

เมื่อร่างกายได้รับดีบุกปริมาณสูงกว่า 250 mg/kg จะเกิดอาการวิงเวียน คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง บัสสาวะไม่ออก มองเห็นไม่ชัดเจน ไข้หนักลงอย่างรวดเร็ว ระบบการหายใจ และระบบการหมุนเวียนโลหิตล้มเหลวเป็นอัมพาต โรคมะเร็งและตาย แต่ถ้าร่างกายได้รับดีบุก ใน ปริมาณน้อยๆ เป็นระยะเวลาสั้นๆ จะไม่พบอาการผิดปกติ

2. สังกะสี (Zn)

สังกะสีมีเลขอะตอม 30 มวลอะตอม 65.35 ความถ่วงจำเพาะ 7.14 จุดหลอม เหลว 420 องศาเซลเซียส เลขออกซิเดชัน +2 ในธรรมชาติพบในแร่ Zinc blende, Calamine, Zincite และ Willemite ร่วมกับ แคดเมียม ตะกั่ว พลวง และสารหนู โลหะ สังกะสี ถูกนำมาใช้ทำโลหะผสมต่าง ๆ เช่น ทองเหลือง บรอนซ์ ใช้เคลือบเหล็กเพื่อป้องกันสนิม สารประกอบของสังกะสีมีความสำคัญ ในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมยา ยาง เม็ดสี ยาปราบศัตรูพืช นอกจากนี้ยังมีการใช้สารประกอบอินทรีย์ของ สังกะสี เป็นสารเพิ่มออก- เทน ในน้ำมันเชื้อเพลิงแทน แทนสารประกอบอินทรีย์ของตะกั่วด้วย

สังกะสี เป็นธาตุที่จำเป็นต่อการดำรงชีพของพืช สัตว์ และมนุษย์ เนื่องจากสังกะสี เป็นสารประกอบของเอนไซม์ (Enzyme) เช่น Alcohol dehydrogenase ในยีสต์และตับ ของคน Alkaline phosphate ใน E.coli รกและเม็ดเลือดขาว (leukocytes) ของคน Corneal collagenase และ ALA dehydratase ในเนื้อเยื่อของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม Lactate dehydrobenase ในเนื้อเยื่อกระต่าย Aldolase ในยีสต์ และ E.coli เป็นต้น สังกะสีมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต การพัฒนากระดูก และการมีลักษณะที่ดีและสมบูรณ์ (Integrity) ของผิวหนัง นอกจากนี้ยังช่วยในการรักษาสมดุลของ insulin ใน β -cell ของตับอ่อนอีกด้วย

อาหารแต่ละชนิดมีปริมาณ สังกะสีแตกต่างกัน อาหารประเภทถั่ว เนื้อ และอาหารทะเล มีปริมาณสูง ส่วนในผักมีปริมาณต่ำ 20-30 % สังกะสี ในอาหารถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของอาหารนั้น อาหารที่มี Phytates และ เยื่อใย (fiber) จะมีการดูดซึมสัง

กษะสีตัว ส่วน Amino acid จะทำให้การดูดซึมสูงขึ้น สังกะสีจะถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดที่ลำไส้เล็กส่วนดูดซึมบริเวณ mucosal cell ในกระแสเลือด สังกะสี จะเกาะกับ Albumin หรือ ทรานส์เฟอร์ริน และสะสมที่ตับ ม้าม ไต และตับอ่อน ส่วนของร่างกายที่มีการสะสม สังกะสี ได้แก่ Prostate gland ตา ผม และเล็บ สังกะสีถูกขับออกมาทางลำไส้ บริเวณดูดซึม และทางตับอ่อน สังกะสีถูกขับทางปัสสาวะน้อยมาก ปริมาณสังกะสีที่ถูกขับทางปัสสาวะสูง แสดงความผิดปกติของร่างกาย เช่น เป็นอาการของโรค ไตอักเสบ (Nephrosis), ตับแข็ง (Post alcoholic Hepatic Cirrhosis)

เนื่องจากสังกะสี เป็นธาตุที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต คนจึงจำเป็นต้องได้รับ สังกะสี ในปริมาณที่เหมาะสม เพื่อให้ขบวนการต่างๆ ในร่างกายเป็นไปอย่างปกติ ถ้าได้รับ สังกะสี ในปริมาณต่ำกว่าความต้องการ จะทำให้มีการเจริญเติบโตต่ำกว่าปกติ เกิดผลพหุหน้าที่ผิวหนัง แขน ขา และอวัยวะต่างๆ ทำงานผิดปกติ เบื่ออาหาร (Anorexia) มีความต้านทานโรคต่ำ ขาดผลสมานได้ยาก

สังกะสี มักพบร่วมกับ แคลเซียม ตะกั่ว พลวง และสารหนู ดังนั้นการเกิดพิษจาก สังกะสี จึงเกิดร่วมกับโลหะชนิดอื่น เมื่อเปรียบเทียบความเป็นพิษของโลหะชนิดต่างๆ สังกะสี จัดได้ว่าเป็นโลหะที่มีความเป็นพิษต่ำ อาการเป็นพิษเฉียบพลันของสังกะสี ได้แก่ คลื่นไส้ อาเจียน เยื่อทางเดินอาหารมีการสีกร่อน ท้องร่วง ตาลาย เชื้องซึม สูญเสียการควบคุมกล้ามเนื้อ เป็นตะคริว ไข้ไม่ทำงาน และโลหิตจาง อาการพิษเรื้อรังของสังกะสีไม่ปรากฏแน่ชัด โดยมากจะเกิดร่วมกับพิษของโลหะหนักชนิดอื่น

3. แคลเซียม (Cd)

แคลเซียม มีเลขอะตอม 48 มวลอะตอม 112.4 ความถ่วงจำเพาะ 8.6 จุดหลอมเหลว 320.9 องศาเซลเซียส จุดเดือด 765 องศาเซลเซียส เลขออกซิเดชัน +2 เป็นโลหะอ่อนสีน้ำเงิน ในธรรมชาติพบในรูป Cds ปะปนกับแร่ สังกะสี ทองแดง และตะกั่ว โลหะแคลเซียมถูกนำไปใช้ประโยชน์ ในด้านต่างๆ เช่น ใช้เคลือบโลหะเพื่อป้องกันสนิม ใช้ในอุตสาหกรรม

สาหร่ายรณยนต์ ผสมสี ยางและน้ำมันเครื่องบางชนิด ใช้เป็นพลาสติกไซเบอร์ สำหรับพลาสติกบางชนิด ใช้ทำโลหะผสมต่างๆ เช่น โลหะผสม Cd-Cu ซึ่งมีความคงทนต่อแรงกระแทกและคงทนต่อ อุณหภูมิสูง โลหะผสม Cd-Ni ใช้ในการทำแบตเตอรี่ ที่สามารถประจุไฟใหม่ได้ ในสมัยก่อนเคยมีการใช้แผ่นเหล็กเคลือบแคดเมียม เพื่อทำกระป๋องบรรจุอาหาร ต่อมาพบว่าแคดเมียมเป็น โลหะที่มีความเป็นพิษสูง อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้จึงเลิกใช้ไป

แคดเมียมเป็นธาตุที่ไม่จำเป็นและไม่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิต แคดเมียมเข้าสู่ร่างกายได้ทั้งทางเดินอาหารและทางเดินหายใจ แต่มีการดูดซึมบริเวณทางเดินอาหารต่ำมาก แคดเมียมมีการดูดซึมบริเวณปอดสูง เมื่อมีการดูดซึมแคดเมียมเข้ากระแสเลือด แคดเมียมจะรวมตัวกับไทโรนีน ซึ่งเป็นProtein มวลโมเลกุลต่ำ และมีหมู่ซัลไฟดริลมากมาย 50-75% ของแคดเมียมที่ถูกดูดซึมที่ตับไต ปริมาณที่ตับสูงกว่าที่ไตประมาณ 3 เท่า นอกจากนั้นยังมีการสะสมที่ม้าม ตับอ่อน และอวัยวะ อวัยวะที่มีการสะสมแคดเมียมในปริมาณต่ำ ได้แก่ กระดูก กล้ามเนื้อ และระบบประสาท แคดเมียมถูกขับออกมาจากร่างกายช้าๆ ทางอุจจาระ ปัสสาวะ น้ดี เหงื่อ ผม และผิวหนัง

แคดเมียมก่อให้เกิดความผิดปกติทางร่างกาย เนื่องจากไปรบกวนเมตาบอลิซึม ของแคดเมียม เหล็ก สังกะสี ทองแดง และ P ขัดขวางการทำงานของ Sulfhydryl enzyme ขัดขวาง Pathway ของ Oxidative phosphorylation ทำให้ความดันโลหิตสูง และเกิดโรคโลหิตจาง แคดเมียมเข้าแทนที่ สังกะสี ในอวัยวะต่างๆ ทำให้อวัยวะเหล่านั้นไม่สามารถทำงานได้ตามปกติ ตับและไตที่มี แคดเมียมสะสมในปริมาณที่สูง จะมีโครงสร้างและการทำงานผิดปกติทำให้เกิดโปรตีนยูเรีย นอกจากนั้นแคดเมียมรบกวนระบบการย่อยอาหาร ระบบการสืบพันธุ์และระบบประสาท ทำลายรก และก่อให้เกิดความผิดปกติของตัวอ่อน เกิดความผิดปกติที่กระดูกส่วนต่างๆ โดยเฉพาะกระดูกสันหลังและกระดูกเชิงกราน น่องและซี่โครงเปลี่ยนแปลงรูปร่างและเปราะ ผู้ที่เกิดอาการเช่นนี้เรียกว่า เกิดโรค อีไต-อีไต

4. ทองแดง (Cu)

ทองแดงมีเลขอะตอม 29 มวลอะตอม 63.54 ความถ่วงจำเพาะ 8.96 จุดหลอมเหลว 1083 องศาเซลเซียส มีเลขออกซิเดชัน +1 และ +2 จึงเกิดสารประกอบ 2 กลุ่มคือ Cuprous (Cu^{+1}) และ Cupric (Cu^{+2}) ทองแดงเป็นโลหะอ่อนทนทานต่อการกัดกร่อน มีความร้อนได้ดี นำไฟฟ้าได้ดีเป็นที่ 2 รองจาก เงิน ในธรรมชาติพบในแร่ Malacite, Azurite, Chalcopyrite, Cuprite และ Borite กว่า 50% ของโลหะทองแดง ใช้ในการทำอุปกรณ์ไฟฟ้า นอกจากนั้น ใช้ทำอุปกรณ์ที่ใช้ในขบวนการผลิตอาหาร และทำโลหะผสมต่างๆ แคดเมียม สังกะสี ดีบุก ทอง และเงิน สารประกอบต่างๆ ของทองแดง ใช้เป็นสารประกอบของยารักษาโรคหลายประเภท เช่น Copper sulfate ใช้เป็นยาทำให้อาเจียน (emetic), ยาฝาดสมาน (Astringent), ยาถ่ายพยาธิ (Anthelmintic) ยาปราบศัตรูพืช Copper sulfate ร่วมกับ ปูนขาว (lime) ใช้เป็นยาฆ่าเชื้อรา และใช้เป็นเม็ดสีในอุตสาหกรรมเซรามิก และเส้นใย

ทองแดง เป็นธาตุที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต เนื่องจากเป็นองค์ประกอบใน เอนไซม์หลายตัวเช่น Tyrosinase ทองแดงเกี่ยวข้องกับ การเกิดปฏิกิริยา ออกซิเดชัน ของ Fe^{+2} เป็น Fe^{+3} ในขบวนการขนส่งเหล็กในร่างกาย การเป็นโรคโลหิตจางเนื่องจากขาดเหล็กของทารกอาจมีผลจากการขาดทองแดงด้วย และเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์เม็ดสีเมลานิน (melanin pigments) ไซโตโครมออกซิเดส (cytochrome oxidase) เอมีน ออกซิเดส (Amine oxidase) และยูริเคส (Uricase) ทองแดงเข้าสู่ร่างกายได้ทั้งทางปากและทางเดินหายใจ ทองแดงถูกดูดซึมบริเวณทางเดินอาหาร 30% สำหรับอาหารที่มีปริมาณทองแดงต่ำ การดูดซึมอาจเพิ่มขึ้น 50-65% ของปริมาณในอาหาร ซึ่งเห็นได้ว่าการดูดซึมมากเมื่อเทียบกับธาตุอื่นๆ ปริมาณการดูดซึมขึ้นกับธาตุอื่นๆ ที่ปะปนอาหาร เช่นอาหารที่มี สังกะสี และโมลิบดีนัม สูง จะมีการดูดซึมต่ำ การดูดซึมส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นที่กระเพาะอาหาร ทองแดงส่วนใหญ่สะสมที่ตับ ไต สมอง และไขกระดูก รองลงมาอยู่ที่กล้ามเนื้อ ผิวหนัง กระดูก ม้าม และรก ทองแดงถูกขับออกจากร่างกายอย่างรวดเร็วทั้งทางน้ำดี ซึ่งปนออกมากับอุจจาระ และปัสสาวะ ทองแดงมี

ครึ่งชีวิตในร่างกายเพียง 4 วัน

ทองแดงเป็นธาตุจำเป็นต่อการดำรงชีวิต ถ้าร่างกายได้รับปริมาณต่ำกว่าความต้องการ จะแสดงอาการผิดปกติต่างๆ องค์การอนามัยโลก (WHO) รายงานว่าความต้องการทองแดงของคนโตเต็มวัย เด็ก และทารก มีปริมาณ 30, 40 และ 80 mg/kg น้ำหนักตัวตามลำดับ ระดับของทองแดงในเลือดของคนปกติประมาณ 120-145 $\mu\text{g/dl}$ ในคนโตเต็มวัยพบอาการผิดปกติ เนื่องจากขาดทองแดงน้อยมาก ในเด็กและทารกที่ขาดทองแดงจะมีอาการ อาเจียน ท้องร่วง เกิดโรคโลหิตจาง มีการนำทองแดงที่สะสมในสมองและตับออกมาใช้

ถ้าร่างกายได้รับทองแดงเกินความต้องการ จะมีอาการอ่อนเพลีย เวียนศีรษะ น้ำหนักลด เบื่ออาหาร เกิดโรคโลหิตจาง เกิดความผิดปกติที่ตับ ไต ม้าม กระดูก ระบบน้ำเหลือง ระบบสืบพันธุ์ และการมองเห็น

5. ตะกั่ว (Pb)

ตะกั่วมีเลขอะตอม 82 มวลอะตอม 207.29 ความถ่วงจำเพาะ 11.4 จุดหลอมเหลว 327.5 องศาเซลเซียส จุดเดือด 1725 องศาเซลเซียส เลขออกซิเดชัน 0, +2, +3 สารประกอบของตะกั่ว ส่วนใหญ่มีเลขออกซิเดชัน +2 ตะกั่วมีความร้อนและไฟฟ้าได้ไม่ดี ในธรรมชาติพบในรูปสารประกอบต่างๆ เช่น Lead sulphate, Lead sulphide แร่ที่มีตะกั่วเป็นองค์ประกอบได้แก่ Galena, Cerussite, Anglesite, Pyrimophite, Minium, Wulfenite และ Crocite มักพบรวมกับ สังกะสี เหล็ก แคดเมียม และเงิน 40% ของโลหะตะกั่ว ใช้ในการทำแบตเตอรี่และตัวเก็บประจุ นอกจากนี้ใช้ในการบัดกรี การทำท่อ ทำโลหะผสม สารประกอบอินทรีย์ของตะกั่ว เป็นส่วนประกอบในสีป้องกันสนิม ใช้เป็นเม็ดสีในการทำเซรามิก เป็นสเตปิลไอเซอร์ ในการทำ PVC ใช้ในอุตสาหกรรมแก้วที่มีคุณภาพดี และทำหลอดโทรทัศน์ สารประกอบอินทรีย์ของตะกั่ว ที่สำคัญคือ Tetraethyl lead ซึ่งเติมในน้ำมันเบนซิน เพื่อป้องกันการน็อคของเครื่องยนต์

ตะกั่วเป็นธาตุที่ไม่มีประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตของเซลล์ และก่อให้เกิดพิษภัยแรงทั้งต่อพืช สัตว์ และคน เข้าสู่ร่างกายได้ทั้งทางปาก ทางเดินหายใจ และทางผิวหนัง ที่ทางเดินอาหารมีการดูดซึมตะกั่ว 10-30% โดยทารกมีการดูดซึมสูงกว่าในคนโตเต็มวัย การดูดซึมตะกั่วขึ้นกับปริมาณ แคลเซียม เหล็ก และโปรตีน ในอาหารด้วย ผู้ที่อยู่ในบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น และมีอุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดฝุ่น ตะกั่ว จะได้รับตะกั่วโดยทางการหายใจ ซึ่งมีการดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือด ประมาณ 40-50% ตะกั่วในรูปของสารประกอบอินทรีย์เข้าสู่ร่างกายได้โดยทางผิวหนัง ในขณะที่สารประกอบอินทรีย์ไม่ถูกดูดซึมทางผิวหนัง แต่จะเข้าสู่ร่างกายทางรอยแผลหรือรอยถลอก

สารประกอบอินทรีย์ของตะกั่ว มีการสะสมในอวัยวะต่างๆ ที่มีไขมัน เช่น สมอง สารประกอบอินทรีย์ไม่มีการดูดซึมผ่านรก ในขณะที่สารประกอบอินทรีย์ถูกดูดซึมผ่านรกไปสะสมในตัวอ่อนได้ ตะกั่วส่วนใหญ่ถูกขับออกจากร่างกายทางอุจจาระ และปัสสาวะ (76%) ตะกั่วที่ขับออกมาทางอุจจาระเป็นตะกั่วส่วนที่ไม่ถูกดูดซึม รวมทั้งตะกั่วที่ขับทางกระเพาะอาหาร 16% นอกจากนั้นยังมีการขับออกมาทางนม เหงื่อ และเล็บ 18% ตะกั่วมีครึ่งชีวิตในร่างกาย 5 ปี และครึ่งชีวิตในกระดูก 10 ปี

ถ้าได้รับตะกั่วปริมาณสูงอย่างเฉียบพลัน จะเกิดอาการปวดท้องอย่างรุนแรง จุกเสียด ท้องร่วง กล้ามเนื้อกระตุก เล็บ ตับ และหัวใจล้มเหลว มีอาการโรมา และตาย อาการเหล่านี้พบน้อยมากในคนที่โตเต็มวัย แต่อาจพบในเด็กซึ่งรับอาหารที่ปนเปื้อน ตะกั่ว ในปริมาณสูง อาการพิษเรื้อรังของตะกั่วคือ ความดันโลหิตสูง เกิดโรคโลหิตจาง จากการศึกษาทดลองพบว่า ตะกั่วทำให้ IQของเด็กต่ำลง นอกจากนี้ตะกั่วยังถูกจัดให้เป็นสารก่อมะเร็งชั้น 2B (2B Carcinogen) ทั้งนี้ศึกษาพบว่าการก่อให้เกิดมะเร็งพบในสัตว์ทดลอง

6. สารหนู (As)

สารหนูมีทั้งกลุ่มอินทรีย์ และกลุ่มอนินทรีย์ กลุ่มอินทรีย์แบ่งออกเป็นหลายพวก เช่น พวก Aliphatic พวก Trivalent และพวกเพนนิลอาร์เซนิก พวกเพนนิลอาร์เซนิกใช้เป็น

สารที่เติมในอาหาร สำหรับเลี้ยงสัตว์ สารพวกนี้ทำให้สัตว์เกิดการเจ็บป่วย ซึ่งจะมีอาการต่างไปจากสารตัวอื่นๆ โรคเป็นพิษที่เกิดจาก สารหนู สาคัญรองจาก ตะกั่ว

สารหนูอนินทรีย์พบได้ตามธรรมชาติ ทั้งในดินและจากแร่ หรืออาจพบในรูปที่ผสมกับโลหะตัวอื่นๆ เช่น กัมมะถัน สารหนูที่พบตามธรรมชาติ ส่วนใหญ่ จะอยู่ในรูปของ พัยไรท์ ($\text{FeS}_2 \cdot \text{FeAs}_2$) และอยู่ในรูปของซัลไฟต์ ($\text{As}_2\text{S}_2, \text{S}_2, \text{S}_3$) ในอุตสาหกรรมถ่านหินที่ใช้ความร้อน มักจะเกิด สารหนู ในรูปของ ไตรออกไซด์ (As_2O_3) ซึ่งจะปะปนอยู่กับฝุ่นละอองหรือควันในสิ่งแวดล้อม

สารหนูอนินทรีย์ ส่วนใหญ่จะใช้เป็นส่วนผสมของสารกำจัดวัชพืช เช่น Arsenic trioxide (สารหนูขาว) โซเดียมอาซิไนท์ และเกลืออัลคาไลค์ต่างๆ ของ สารหนู เช่น โซเดียม หรือ โบตัสเซียม หรือ แคลเซียมอาซิเนท คอปเปอร์อาซิโตอาซิไนท์ เลทอาซิเนท และ สารหนูขาว ใช้เป็นสารฆ่าแมลงที่มีคุณภาพสูง สารหนูอนินทรีย์ยังใช้เป็นยาเบื่อหนู และใช้สำหรับป้องกันเนื้อไม้ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ สารหนูยังใช้เป็นส่วนผสมของสีบางชนิด เป็นส่วนผสมของผงซักฟอกและยาบางชนิด

สารหนูอนินทรีย์เป็นพิษ ทั้งต่อคนและสัตว์ สัตว์ที่ไวรับต่อสารหนูอนินทรีย์มากที่สุดคือ หนู กระบือ และแมลง รองลงมาคือ ม้า และแกะ จะไม่พบในสุกรกับสัตว์ปีก ความเป็นพิษจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับชนิดของสารหรือสารประกอบของสาร และขึ้นอยู่กับชนิดของสัตว์ที่ได้รับสารนี้ โดยทั่วไป สารหนูขาว เป็นพิษต่อสัตว์มากกว่าพวก วาเลนซี 5 นอกจากนี้ความเป็นพิษมากหรือน้อยยังขึ้นอยู่กับวิธีที่สัตว์ได้รับ อัตราการดูดซึมจากกระเพาะอาหาร และอัตราการเกิดเมตาบอลิซึม และการขับถ่ายออกจากร่างกายของสัตว์แต่ละตัว และแต่ละชนิด ในทางปฏิบัตินั้นอันตรายมักจะเกิดจากการใช้สารหนูในสัตว์ โดยการจุ่มตัวสัตว์ด้วยสารละลายของสารหนู หรือเกิดจากการใช้ ยาปราบศัตรูพืช หรือสัตว์บกกินเหยื่อ หรือยาเบื่อหนูที่มีสารหนูอนินทรีย์เป็นองค์ประกอบ

โซเดียมอาซิไนท์ ปริมาณ 1-2 mg/kg ทำให้สัตว์ถึงตายได้ ส่วนอาซิไนท์ไตรออกไซด์จะเป็นพิษ น้อยกว่า 3-10 เท่า ความเป็นพิษของสารหนู ส่วนใหญ่แล้วยังขึ้นอยู่กับปริมาณ

ของสารที่ได้รับ และสามารถในการละลายของสารแต่ละตัว

ส่วนอาการพิษแบบเฉียบพลันจากสารหนู สัตว์มักตายภายใน 2-3 วันหลังจากได้รับสารนี้เข้าไป อาการที่พบคือ สัตว์จะแสดงอาการเจ็บปวด เดินวนเวียน กระสับกระส่าย ตัวสั่น น้ำลายไหล อาเจียน ท้องเดิน หัวใจเต้นอ่อน ออณหภูมิอาจลดต่ำกว่าปกติ หมดความรู้สึกและตายไม่ค่อยพบอาการเป็นพิษแบบเรื้อรังในสัตว์ แต่พบบ่อยในคน จะมีอาการผิวหนังแห้ง และหยาบเนื้อเยื่อต่างๆ มีสีแดงเห็นได้ชัด สารหนูขาวจะมีผลต่อระบบหมุนเวียนของโลหิต ระบบย่อยอาหาร ไต ผิวหนัง และระบบประสาทในคน เช่นเดียวกับที่เกิดจากสารหนูอินทรีย์

7.ปรอท (Hg)

พิจารณาตามความเป็นพิษแล้ว ปรอทมี 3 รูป คือ ในรูปธาตุโลหะ (Elemental) ในรูปของสารอนินทรีย์ (Inorganic compounds) และสารอินทรีย์ (Organic compounds)

เนื่องจากความไม่ระมัดระวังของแหล่งกำเนิดต่าง ทำให้ปรอททั้งในรูปอนินทรีย์และอินทรีย์ เข้าสู่การเปลี่ยนแปลงในสิ่งแวดล้อม ปรอทในรูปโลหะจะถูกออกซิไดซ์เป็นปรอทอนินทรีย์ ทั้งนี้ปรอทอนินทรีย์ก็อาจถูกรีดิวซ์ ไปเป็นปรอทในรูปโลหะได้เช่นกัน ที่สำคัญปรอทอนินทรีย์จะถูกเปลี่ยนไปเป็น ปรอทอนินทรีย์ จากขบวนการ Methylation เกิดเป็นไดเมทิลเมอร์คิวรี (Dimethyl mercury) โดย Anaerobic bacteria ทั้งนี้จะเกิดการแพร่ (Diffuse) เข้าสู่บรรยากาศแล้วกลับสู่พื้นโลก หรือแหล่งน้ำ ในรูปของ Methyl mercury ในน้ำฝน ซึ่งเมื่อปลาได้รับ Methyl mercury เข้าไป เนื่องจากขบวนการถูกโรคอาหาร จะทำให้มนุษย์ได้รับปรอทเข้าไป จากการที่รับประทานปลาเข้าไปที่มีปรอทปนเปื้อน

การดูดซึมปรอทในระบบทางเดินอาหารในคน พบว่าในรูปของเกลืออนินทรีย์ จะถูกดูดซึมจากอาหารประมาณ ร้อยละ 7 ในขณะที่เป็นเมทิลเมอร์คิวรี (Methyl mercury) จะมีการดูดซึมถึงร้อยละ 90-95

โรคพิษจากปรอทซึ่งเป็นที่รู้จักกันดี คือ โรคมินามาตะ ซึ่งจะเกิดขึ้นกับระบบประสาทของร่างกาย มีพยาธิสภาพเกิดการทำลายที่ Cerebellum และ Cerebral cortex มีอาการ

ชาวอบปาก และชาวตามแขนขา หูดไม่ชัด หูดขี้เ็น โรเซอ มองเห็นภาพแคบลง มือสั่น จากการศึกษาพบว่า สัตว์น้ำที่อ่าวมินามาตะ มีปรอทปนเปื้อนสูงมากถึง 40 ppm. และผู้ป่วยที่ตายด้วยโรคนี้ก็มีปรอทในอวัยวะต่างๆ สูง และพบปริมาณปรอทสูงมากในเส้นผมของญาติในครอบครัวผู้ตาย ผลของสารอินทรีย์ปรอทนี้ยังเกิดแก่ทารกในครรภ์มารดา โดยผ่านทางรก และเข้าสู่สมองเด็กได้ เด็กที่เกิดมาจะมีความพิการเหมือนพวกสมองพิการแต่กำเนิด มีอาการปัญญาอ่อน ตากระตุก หูดลามาก อัมพาต ร่างกายทำงานไม่ประสานกัน และมีน้ำลายยืด

อุทาหรณ์จากโรคมินามาตะ ทำให้ทราบว่าโรงงานอุตสาหกรรม บ่อยน้ำเสียที่ไม่มีการบำบัด หรือปรับสภาพให้เหมาะสมลงสู่น้ำอาหาร สารพิษในน้ำเสียเข้าสู่สัตว์น้ำ เมื่อคนบริโภคสัตว์น้ำนั้นเข้าไป ก็จะได้รับสารพิษ และเกิดเป็นโรคจากสารพิษ ทั้งนี้ปัญหาส่วนใหญ่ มักเกิดจากโลหะหนัก

สัตว์มักจะเกิดอันตราย เนื่องจากได้รับสารฆ่าเชื้อรา หรือยาปราบศัตรูพืช หรือยาฆ่าเชื้อที่มีปรอท ในรูปของ Methyl หรือ Ethyl ผสมในอาหารหรือน้ำ โดยทั่วไป ปรอทในรูปของ Methyl หรือ Ethyl เป็นพิษสูงกว่าตัวอื่นๆ และเป็นอันตรายต่อสัตว์เลี้ยงมากที่สุด สัตว์จะแสดงอาการเจ็บป่วยภายใน 7-21 วัน หลังจากได้รับสารเหล่านี้ ส่วน ปรอทพวก Aromatic เป็นอันตรายต่อสัตว์เลี้ยง น้อยกว่าพวกปรอทแอลคิล (Alkyl) พวกปรอทเอริล (Aryl) เช่น เบนซิลเมอคิวรีจะถูกทำลายในตับ ภายใน 24 ชั่วโมง แล้วจึงขับถ่ายออกมาทางไต และลาล้างใหญ่

กฎหมายและมาตรฐานคุณภาพอาหารกระป๋อง

โครงการมาตรฐานอาหาร FAO/WHO (CODEX) และหน่วยงานของประเทศต่างๆ ที่มีหน้าที่รับผิดชอบเกี่ยวกับคุณภาพอาหาร ได้ตระหนักถึงอันตรายจากโรหะหนัก ที่ปนเปื้อนในอาหาร จึงมีการกำหนดปริมาณสูงสุดของโรหะหนักในอาหารไว้ในกฎหมาย และมาตรฐานอาหาร เพื่อควบคุมมิให้อาหารมีการปนเปื้อนโรหะหนัก เกินกว่าระดับที่บริโภคได้อย่างปลอดภัย ทั้งยังก่อให้เกิดความเป็นธรรมในการค้าทั้งภายในและระหว่างประเทศอีกด้วย หน่วยงานที่รับผิดชอบทางด้านคุณภาพอาหารในประเทศไทย มี 2 หน่วยงาน ซึ่งมีบทบาท และความรับผิดชอบแตกต่างกัน ได้แก่ กระทรวงสาธารณสุขและสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม กระทรวงสาธารณสุข หน้าที่ที่ควบคุมคุณภาพอาหารโดยมีกฎหมาย พรบ.อาหาร ซึ่งกำหนดบทลงโทษต่อผู้กระทำความผิดรองรับอยู่ เพื่อให้ผู้ผลิตอาหารทุกรายปฏิบัติตามกฎหมายนี้ สำหรับสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเป็นหน่วยงาน ซึ่งให้การรับรองคุณภาพผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ในรูปของ เครื่องหมายมาตรฐาน โดยไม่มีข้อบังคับว่า ผู้ผลิตทุกรายต้องได้รับการรับรองของหน่วยงานนี้ จึงเห็นได้ว่า กฎหมาย พรบ.อาหารกำหนดปริมาณโรหะหนักอย่างกว้างๆ และไม่ระบุชนิดของอาหาร ในขณะที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมระบุชนิดของอาหารอย่างเด่นชัด

ปริมาณโรหะหนักที่อนุญาตให้มีได้ในอาหารประเภทต่างๆ ที่กำหนดในมาตรฐานของ CODEX ได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 1 ตารางที่ 2 แสดงปริมาณสูงสุดของโรหะหนัก ในอาหารที่กำหนดใน พรบ.อาหารของกระทรวงสาธารณสุข และในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหารกระป๋องประเภทต่างๆ ซึ่งกำหนดโดย สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการหาสารตกค้างโลหะหนัก กองสัตว์แพทย์สาธารณสุข

กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

ระยะเวลาในการทดลอง

การทดลองเริ่มตั้งแต่ เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2536

สิ้นสุดเมื่อ เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2536

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. อุปกรณ์

1.1 เครื่องมือ

1.1.1 Atomic Absorption Spectrophotometer

(Perkin Elmer Model 5100)

1.1.2 เครื่อง Microwave digestion manual 301 A

1.1.3 ตู้ควัน (Hood)

1.1.4 เครื่องเขย่า (Shaker)

1.1.5 อุปกรณ์เครื่องแก้วๆ

Volumetric flask ขนาด 100 ml.

Erlenmayer flask ขนาด 250 ml.

Beaker ขนาด 50 ml.

Pipette ขนาด 10,1 ml.

ง. การเตรียมสารละลายมาตรฐาน พรอท

ใช้ Mercuric nitrate stock standard solution

1000 mg/l. นำมาเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้เป็น สารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 1 ml.

จ. การเตรียมสารละลายมาตรฐาน สารหนู

ใช้ Arsenic nitrate stock standard solution

1000 mg/l. นำมาเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้เป็น สารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 1 ml.

ฉ. การเตรียมสารละลายมาตรฐาน แคดเมียม

ใช้ Cadmium nitrate stock standard solution

1000 mg/l. นำมาเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้เป็น สารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 1 ml.

2.3 วิธีการเตรียมตัวอย่าง

วิธีการเตรียมตัวอย่างดัดแปลงมาจาก AOAC ปี 1989 ร่วมกับวิธีการของ Prolabo ซึ่งเป็นวิธีการที่ควบคู่ไปกับ เครื่อง Microwave digestion ดังนี้

1. ชั่งตัวอย่างปลากระป๋องแต่ละยี่ห้อ ซึ่งบดให้ละเอียดแล้ว 1 กรัม ใส่ลงในหลอดสำหรับย่อยสาร (Digestion tube) ส่วนปลากระป๋องที่เหลือ เก็บไว้ในกล่องพลาสติกที่มีฝาปิดมิดชิด แล้วเก็บไว้ในตู้แช่แข็ง

2. ใส่สารละลายมาตรฐาน ลงในแต่ละหลอดสำหรับย่อยอาหาร โดยสารละลายมาตรฐานมีปริมาณความเข้มข้น ดังนี้

ตะกั่ว	1 ppm.
ทองแดง	1 ppm.
สังกะสี	1 ppm.
พรอท	1 ppm.
สารหนู	1 ppm.
แคดเมียม	1 ppm.

โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกเติมสารละลายมาตรฐานปรอท และสารละลายมาตรฐานสารหนู กลุ่มที่สอง เติมสารละลายมาตรฐานตะกั่ว, สารละลายมาตรฐานคอปเปอร์ และสารละลายมาตรฐานสังกะสี (หมายเหตุ การใส่สารละลายมาตรฐานเป็นการตรวจสอบประสิทธิภาพของวิธีการเตรียมตัวอย่าง เพื่อหาค่า Percent recovery)

3. น้ำ Blank โดยใช้น้ำกลั่น Deionized แทนตัวอย่างปลาชาร์ตั้น และใส่สารละลายมาตรฐานเช่นเดียวกับในข้อ 2

4. นำ Digestion tube ที่เตรียมเรียบร้อยแล้ว ไปเข้าเครื่อง Microwave Digestion manual 301 A โดยกำหนดให้เครื่องทำงานดังนี้ คือ

Step#	Regent	Speed(ml/min)	Volume(ml)	Power(%)	Timer(min)
1	H ₂ SO ₄	10	1	-	-
2	HNO ₃	5	5	20	15
3	H ₂ O ₂	1	5	20	5
4	HNO ₃	5	3	20	5

5. เมื่อครบกำหนดเวลา นำสารละลายที่ได้จากการย่อย มาปรับปริมาตรให้ได้ 50 ml. โดยใช้น้ำกลั่น แล้วนำสารละลายที่มีปริมาตร 50 ml. ไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 เก็บไว้ในขวดพลาสติก สำหรับเก็บตัวอย่าง

6. นำสารละลายที่เก็บไว้ในขวดพลาสติก ไปวัดค่าปริมาณโลหะหนัก ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer โดยใช้ทั้ง Flame และ Flameless ทั้งนี้การวิเคราะห์หาตะกั่ว, ทองแดง, สังกะสี และแคดเมียม ใช้ Flame ชนิด Air acetylene การวิเคราะห์หาสารหนู และปรอทใช้ Flameless ชนิด Anhydried

ผลการทดลอง

ปริมาณโลหะหนัก ที่ตรวจพบในปลาช่อนที่เลี้ยงในบ่อดินที่ระบอบ 6 ปีที่แสดงไว้ในตารางดังต่อไปนี้

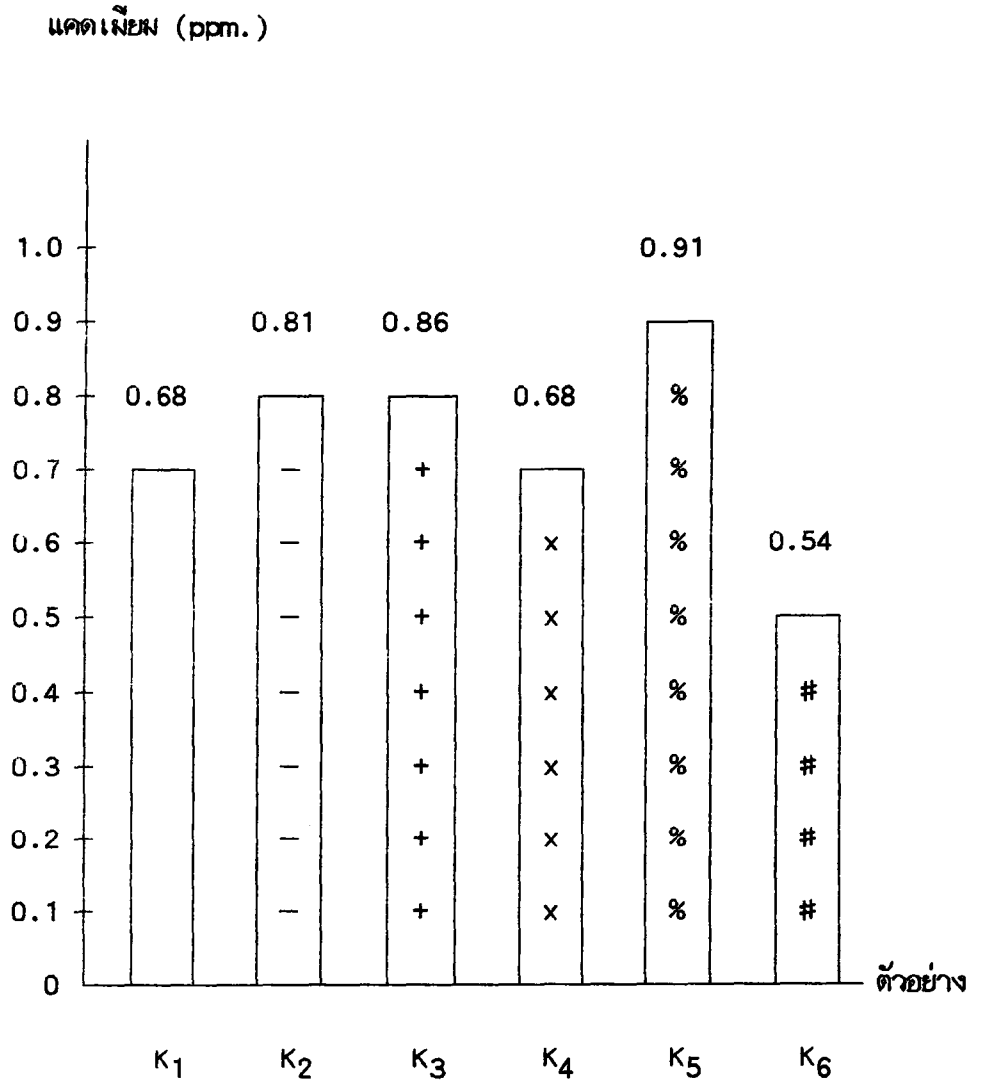
ตัวอย่าง	ตะกั่ว	ทองแดง	สังกะสี	แคดเมียม	ปรอท	สารหนู
นกพิราบ K ₁	0.05	1.94	9.2	0.68	-	-
นกนางแอ่น K ₂	-	1.90	8.88	0.81	-	-
โรชา K ₃	0.01	2.05 *	16.41 *	0.86	-	-
แม่ศรีว K ₄	0.196	1.79	13.96	0.68	-	-
ไฮคิว K ₅	0.443 *	1.59	7.17	0.91 *	-	-
ป้อมไย K ₆	-	1.78	8.11	0.54	-	-

จากตารางแสดงปริมาณ โลหะหนักที่ปนเปื้อน ในผลิตภัณฑ์ยี่ห้อต่างๆ ซึ่งเป็น
ค่าเฉลี่ยจากการทำการทดลอง 3 ซ้ำ มีหน่วยเป็น หนึ่งส่วนต่อล้านส่วน (ppm) จากค่า
ดังกล่าว นำมาสรุปเป็น ช่วงความเข้มข้น และค่าเฉลี่ยของโลหะหนักที่ปนเปื้อน ในปลา
กระป๋อง 6 ยี่ห้อ เพื่อเปรียบเทียบปริมาณโลหะเฉลี่ยที่ตรวจพบในปลากระป๋อง 6 ยี่ห้อ
โดยแสดง ในลักษณะกราฟแท่ง ดังนี้

กำหนด ให้

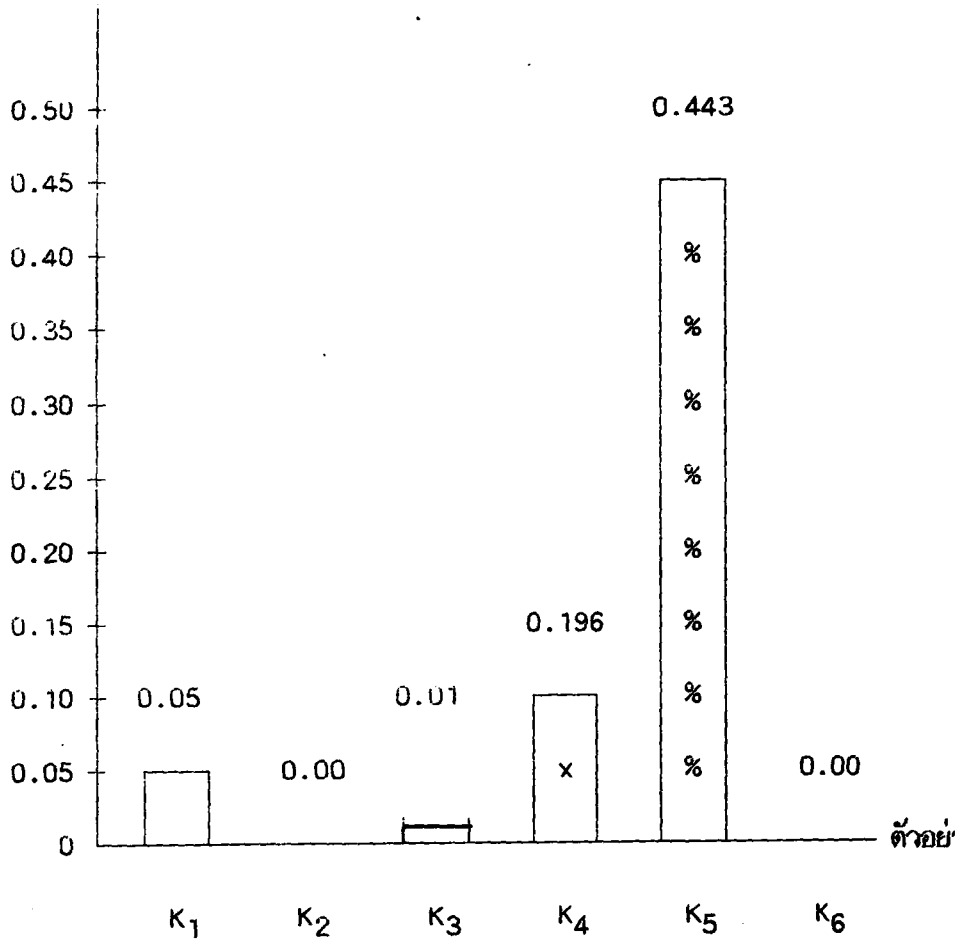
<div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 60px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> </div>	= K ₁ (ตราเทพีราบ)	<div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 60px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">x</div>	= K ₄ (ตรา 3 แมงครำ)
<div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 60px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">-</div>	= K ₂ (ตรานางแอ่น)	<div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 60px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">%</div>	= K ₅ (ตราไฮคิว)
<div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 60px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">+</div>	= K ₃ (ตราโรซ่า)	<div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 60px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">#</div>	= K ₆ (ตราปั๋งปั๋ง)

ภาพที่ 1 แสดงปริมาณแคดเมียม (ppm) ที่พบในปลาชารดินกระบอง 6 ยี่ห้อ

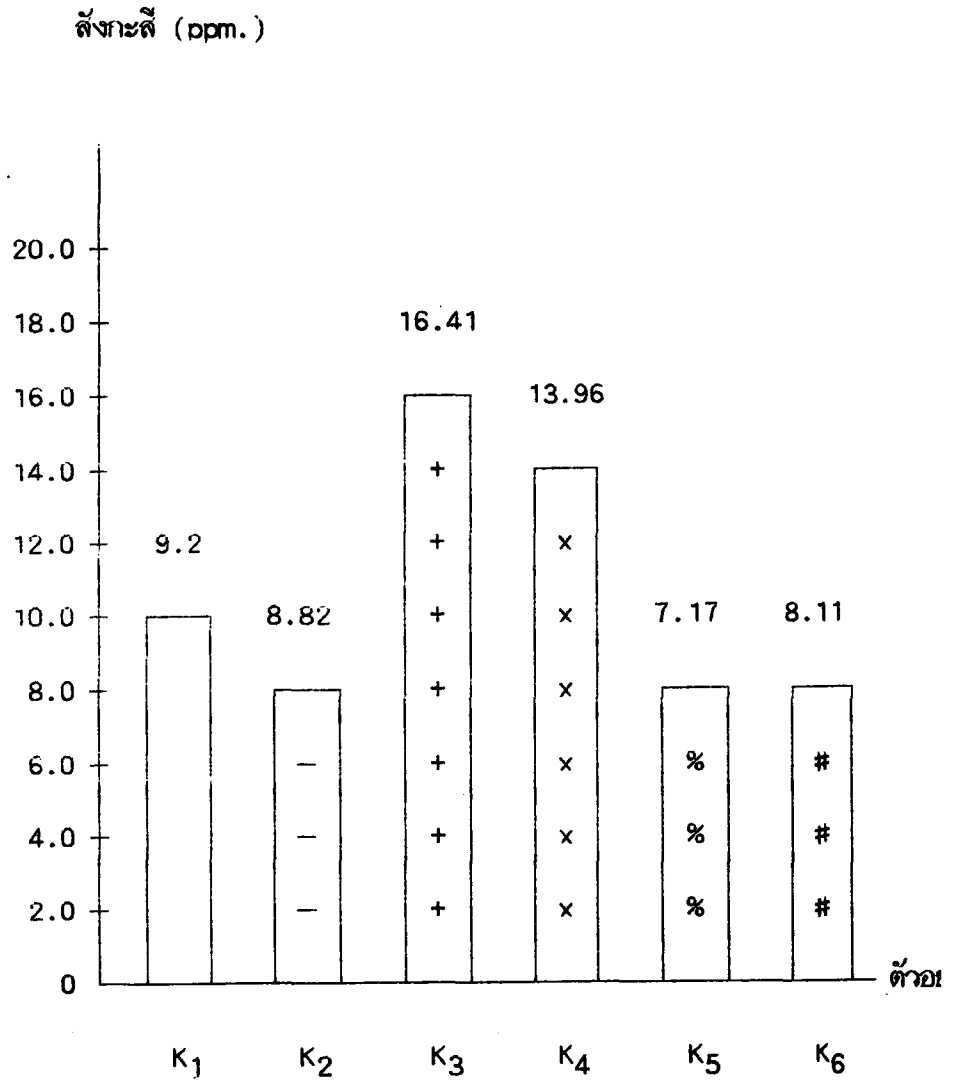


ภาพที่ 2 แสดงปริมาณตะกั่ว (ppm) ที่พบในปลาชาริตินกระป๋อง 6 ยี่ห้อ

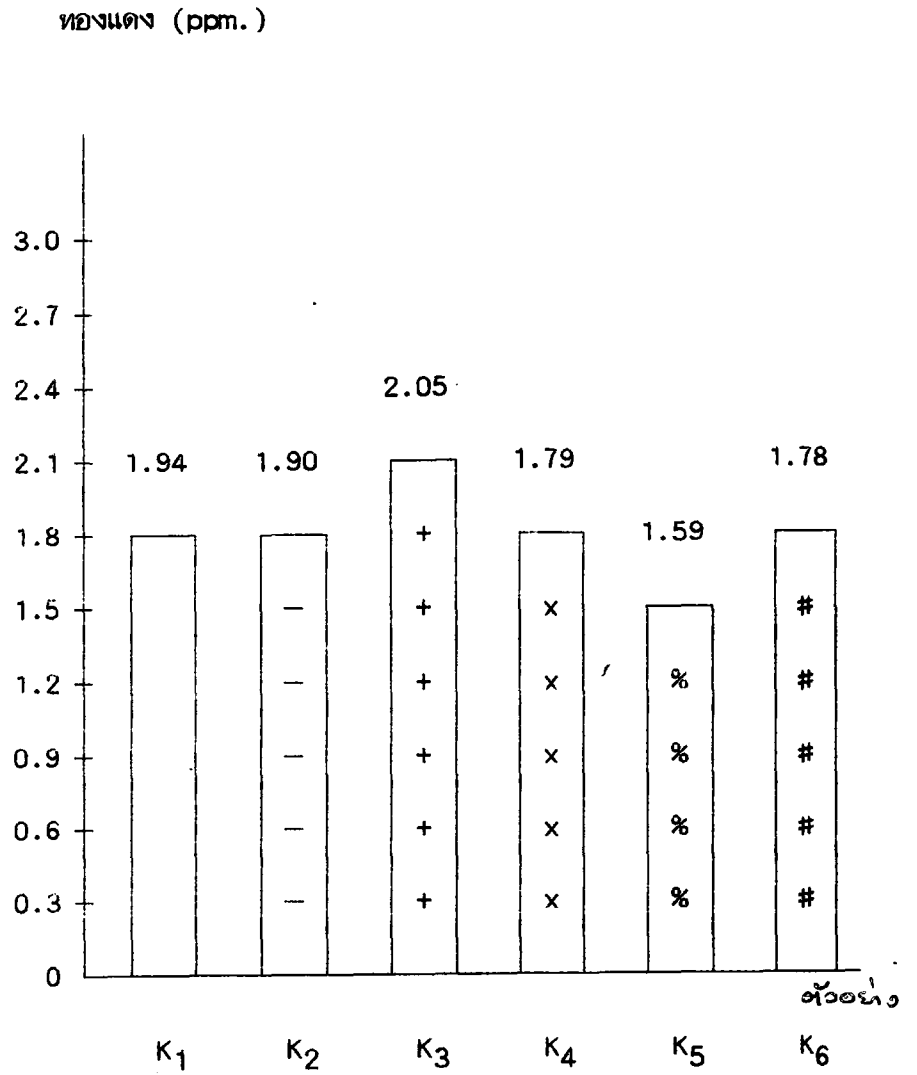
ตะกั่ว (ppm.)



ภาพที่ 3 แสดงปริมาณสังกะสี (ppm) ที่พบในปลาชารดินกระบอง 6 ยี่ห้อ



ภาพที่ 4 แสดงปริมาณทองแดง (ppm) ที่พบในปลาจารัตนกระบอง 6 ยี่ห้อ



จากแผนภาพและตารางดังกล่าว เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักที่ตรวจพบ
ในปลาชาร์ทินกระป๋อง แต่ละยี่ห้อ กับปริมาณโลหะหนักที่อนุญาตให้มีได้สูงสุดในอาหาร
กระป๋อง ซึ่งกำหนดไว้ใน พ.ร.บ. อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท โดยกระทรวงสา-
ธารณสุข (พ.ศ.2525) เราสามารถสรุปผลได้ดังนี้ คือ

ปลาชาร์ทินกระป๋อง 6 ยี่ห้อ ที่นำมาวิเคราะห์มีความปลอดภัย โดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายสำหรับการบริโภค

เราตรวจไม่พบ ปรอท และสารหนู ในปลาชาร์ทินกระป๋องทั้ง 6 ยี่ห้อ ปลาชาร์ทิน
กระป๋อง K₃ มีปริมาณ ตะกั่ว สูงสุด คือ 0.443 ppm. ส่วน K₂ และ K₆ ตรวจไม่พบ
ตะกั่ว

ปลาชาร์ทินกระป๋อง K₅ มีปริมาณ แคดเมียม สูงสุด คือ 0.91 ppm. ส่วน K₆
มีปริมาณแคดเมียมต่ำสุด คือ 0.54 ppm.

ปลาชาร์ทินกระป๋อง K₃ มีปริมาณ สังกะสี สูงสุด คือ 16.41 ppm. ส่วน K₅
มีปริมาณ สังกะสี ต่ำสุด คือ 7.17 ppm.

ปลาชาร์ทินกระป๋อง K₃ มีปริมาณ ทองแดง สูงสุด คือ 2.05 ppm. ส่วน K₅
มีปริมาณ ทองแดง ต่ำสุด คือ 1.59 ppm.

ทั้งนี้ปริมาณโลหะหนัก 6 ชนิด ที่ตรวจวิเคราะห์ คือ ทองแดง, สังกะสี,
ตะกั่ว, ปรอท และสารหนู พบว่าค่าที่ตรวจวัดได้ ไม่ต่ำกว่าค่าที่กำหนดให้มีได้สูงสุด ซึ่ง
กำหนดโดย พ.ร.บ.อาหารในภาชนะบรรจุ ของ กระทรวงสาธารณสุข (ตาราง 3),
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สำหรับอาหารกระป๋องประเภทต่างๆ ของสำนักงานมาตรฐาน
ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม (ตาราง 5) รวมทั้งที่กำหนดโดยมาตรฐาน
ผลิตภัณฑ์อาหารของ โครงการมาตรฐานอาหาร FAO/WHO (CODEX) (ตาราง 4)
ดังนั้นปลาชาร์ทินกระป๋องทั้ง 6 ยี่ห้อ ที่นำมาทำการศึกษาทดลองมีคุณภาพได้มาตรฐาน ที่ได้
มาตรฐานตามที่กำหนด และปลอดภัยสำหรับการบริโภค

วิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ ไม่ได้ตรวจหาโลหะหนัก ที่น่าสนใจ คือ ดีบุก (Sn) และ โครเมียม (Cr) ซึ่งโลหะหนักดังกล่าวมีผลเสียต่อสุขภาพของมนุษย์ค่อนข้างรุนแรง แต่เนื่องจากมีปัญหาเกี่ยวกับเครื่องตรวจวัด (A.A.) จึงไม่ได้ทำการตรวจวิเคราะห์โลหะหนักดังกล่าว ทั้งนี้คิดว่าน่าจะมีโอกาสตรวจวิเคราะห์หาโลหะหนักดังกล่าวต่อไป

นอกจากนี้ ปริมาณ ตะกั่วที่ตรวจพบ ในปลาชาร์ทินกระป๋อง K₅ มีปริมาณสูงกว่ายี่ห้ออื่น และไม่พบปริมาณ ตะกั่ว ในปลาชาร์ทินกระป๋อง K₂ และ K₆ อาจเป็นไปได้ว่า ปลาชาร์ทินกระป๋อง K₅ ใช้น้ำตกดิบที่มีสาร ตะกั่วปนเปื้อนตามธรรมชาติในปริมาณสูง จึงทำให้มีปริมาณ วิเคราะห์จึงพบปริมาณ ตะกั่วสูง

ค่า สังกะสี (Zn) ที่ตรวจพบในปลาชาร์ทินกระป๋อง K₃ มีปริมาณสูงกว่ายี่ห้ออื่นมาก และปริมาณ สังกะสีใน K₅ ก็ต่ำกว่ายี่ห้ออื่น อาจจะเป็นไปได้ว่า มีการปนเปื้อน สังกะสี สูงและต่ำกว่ายี่ห้ออื่น หรือมีความผิดพลาดในการตรวจวัดจากเครื่องมือ ซึ่งควรที่จะทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง เพื่อที่จะตรวจค่าสังกะสีให้ได้ เราไม่ได้จัดค่า pH ของปลาชาร์ทินกระป๋องแต่ละยี่ห้อก่อนทำการทดลอง ถ้าเราทำการวัด pH ก็จะทราบความเป็นกรดต่างของปลาชาร์ทินกระป๋องแต่ละยี่ห้อ ทำให้สามารถเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการวิเคราะห์นั้น สอดคล้องกับ การเป็นกรด-ต่าง ของปลาชาร์ทินกระป๋องหรือไม่ คือ ถ้าปลาชาร์ทินมีความเป็นกรดสูง ก็จะมีปริมาณโลหะหนักเปลี่ยนแปลงสูง ซึ่งถ้าผลการวิเคราะห์สอดคล้องกัน เราก็มีข้อสนับสนุน ผลการวิเคราะห์ของเราว่าถูกต้อง

สรุปผลการทดลอง

ในการตรวจหาปริมาณโลหะหนักในปลาช่อดินกระบอง 6 ยี่ห้อ พบว่าปลาช่อดินกระบองทั้ง 6 มีปริมาณโลหะหนัก บนเนื้อต่ำกว่าปริมาณโลหะหนักสูงสุด ที่อนุญาตให้มีในอาหารกระป๋องที่ปิดสนิท ที่กำหนดในพ.ร.บ.อาหารของ กระทรวงสาธารณสุข และมาตรฐานอาหาร ของโครงการมาตรฐานอาหาร FAO/WHO (CODEX) จึงมีความปลอดภัยที่จะใช้ในการบริโภคได้

พบว่าปริมาณโลหะหนัก ที่ปนเปื้อนในปลาช่อดินกระบอง ทั้ง 6 ยี่ห้อ มีความแตกต่างกันไป คือ

ปลาช่อดินกระบองยี่ห้อ ไฮคิว มีปริมาณ แคดเมียม, ตะกั่ว สูงสุด

ปลาช่อดินกระบองยี่ห้อ รรชช มีปริมาณ สังกะสี, ทองแดง สูงสุด

ปริมาณโลหะหนักที่ตรวจพบว่ามีปนเปื้อน ในปลาช่อดินกระบองทั้ง 6 ยี่ห้อ มีปริมาณแตกต่างกันดังนี้ อาจจะมีสาเหตุมาจาก

1. วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตของแต่ละยี่ห้อ มีโลหะหนักปนเปื้อนในปริมาณที่สูงต่างกัน
2. ชนิดของกระป๋องบรรจุในแต่ละยี่ห้อ ไม่เหมือนกัน
3. ความเป็นกรด-ด่าง ของปลาช่อดินกระบอง แต่ละยี่ห้อ ยี่ห้อที่มีความเป็นกรดสูง ก็จะมีปริมาณโลหะหนักปนเปื้อนสูง
4. สารหน่วงปฏิกิริยากัดกร่อน ได้แก่ ไขมัน, น้ำตาล, และโปรตีน ถ้าปลาช่อดินกระบอง ยี่ห้อใดมีสารหน่วงปฏิกิริยากัดกร่อน ก็จะมีโลหะหนักปนเปื้อนต่ำ
5. ปริมาณ NO_3^- ในปลาช่อดินกระบอง ถ้าปลาช่อดินกระบองยี่ห้อใดมี ปริมาณ NO_3^- สูงก็จะมีปริมาณของโลหะหนักต่างๆ สูง เพราะว่า NO_3^- เป็นสารเร่งปฏิกิริยากัดกร่อน NO_3^- ที่ปนเปื้อนในปลาช่อดินกระบอง อาจมีสาเหตุมาจากการปนเปื้อนในวัตถุดิบ หรือจากการเติมสารปรุงแต่งอาหารในขบวนการผลิต
6. เวลาในการเก็บรักษาปลาช่อดินกระบอง ถ้าเก็บไว้เป็นระยะเวลาอันยาวนาน อาจจะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงโลหะหนัก ในปลาช่อดินกระบองสูงขึ้น

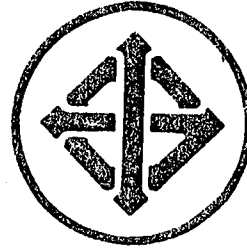
ปริมาณโลหะหนัก สังกะสี, แคลเซียม, ทองแดง, ตะกั่ว, โปรทและสารหนู ในปลาชารดินกระบองทั้ง 6 ยี่ห้อ แม้ว่าจะมีค่าไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด แต่เนื่องจากโลหะหนัก สามารถสะสมในอวัยวะต่างๆ ของร่างกายได้ ดังนั้นหากได้รับโลหะหนักเป็นเวลานาน จะมีการสะสมของปริมาณโลหะหนักจำนวนมากขึ้น จะทำให้เกิดอันตรายได้เช่นกัน ถ้าปริมาณโลหะหนัก ที่สะสมมีปริมาณเกินกว่ามาตรฐานที่กำหนด

ดังที่ได้กล่าวแล้วว่า ปลาชารดินกระบองแต่ละยี่ห้อ มีกรรมวิธีทางการผลิตต่างกัน ซึ่งทำให้มีโอกาสปนเปื้อนโลหะหนักต่างกันด้วย ดังนั้นทางรัฐบาลควรจะต้องทำการควบคุมขั้นตอนการผลิต ให้ได้มาตรฐาน การปนเปื้อนของโลหะหนักจะได้ลดน้อยลงหรือไม่เลย เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค สำหรับผู้บริโภคนั้น ก่อนที่จะทำการบริโภคปลาชารดินในขอสมะเจือเทศ ควรจะดูว่าปลาชารดินในขอสมะเจือเทศที่เราต้องการนั้นมี

1. การรับรองอาหารมาตรฐานหรือไม่

การรับรองอาหารมาตรฐาน คือ อาหารที่ทำได้ ตามมาตรฐานที่กำหนดขึ้น และได้รับอนุญาต ให้ใช้เครื่องหมายมาตรฐานบนอาหารของตน ในประเทศไทย คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เป็นผู้อนุญาตให้ใช้เครื่องหมายมาตรฐาน และสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เป็นผู้ควบคุมการใช้เครื่องหมายนี้

เครื่องหมายมาตรฐานมี 2 แบบ (ดังรูป) คือ ชนิดไม้บังคับ และชนิดบังคับ ถ้าท่านซื้ออาหารที่มีเครื่องหมายดังรูป ก. หมายความว่า อาหารนั้นไม่ได้เป็นอาหารควบคุมมาตรฐาน ตามพ.ร.บ.ควบคุมคุณภาพอาหาร แต่อาหารนั้นถูกผลิตขึ้นมาอย่างได้มาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ถ้าท่านซื้ออาหารที่มีเครื่องหมายดังรูป ข. หมายความว่า อาหารนั้นเป็นอาหารควบคุมมาตรฐานตามพ.ร.บ.ควบคุมคุณภาพอาหาร และอาหารนั้นได้มาตรฐานของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมด้วย



ก. ชนิดไม่บังคับ

ข. ชนิดบังคับ

ปลาซาร์ดีนกระป๋อง เป็นอาหารที่สำนักงานมาตรฐาน ได้กำหนดมาตรฐานไว้แล้ว เพราะฉะนั้นเราต้องตรวจสอบ เครื่องหมายมาตรฐานข้างกระป๋องก่อน หากมีจึงจะบริโภคได้ เพราะว่าปลาซาร์ดีนกระป๋อง เป็นอาหารควบคุมมาตรฐานตาม พ.ร.บ. ควบคุมคุณภาพอาหาร และถูกผลิตขึ้นได้มาตรฐานตามกําหนดใน พ.ร.บ. ควบคุมคุณภาพอาหาร

2. ภาชนะบรรจุ จะต้องไม่รั่วหรือบวม
3. ฉลากต้องเป็นภาษาไทย อ่านได้ชัดเจน
4. ที่ฉลากต้องมีชื่อ และ เลขทะเบียนอาหาร
5. ที่ฉลากต้องมีชื่อ และที่ตั้งของสถานที่ผลิต
6. ฉลากต้องมีวัน เดือน ปี ที่ผลิตหรือรหัสที่ได้จากการจดทะเบียนไว้แล้วต่อ

กระทรวงสาธารณสุข

7. ต้องมีปริมาตรสุทธิ หรือน้ำหนักสุทธิ

8. ที่ฉลากต้องมีชนิด และปริมาณของวัตถุ เจือปนในอาหาร ที่มีไข่เป็นส่วนประกอบ ก่อนได้จากธรรมชาติของอาหารนั้น ถ้ามี

ผู้บริโภคส่วนใหญ่เลือกซื้ออาหารกระป๋อง โดยไม่ตรวจดูว่าฉลากนั้นมีข้อความดังกล่าวหรือไม่ จึงอาจจะทำให้บริโภคอาหารที่ไม่ได้มาตรฐาน ซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายได้ เพราะฉะนั้นจึงขอให้ผู้บริโภคนั้น ก่อนที่จะซื้ออาหารกระป๋อง มาบริโภค ควรตรวจดูกระป๋อง และข้อความบนฉลากเสียก่อน เพื่อความปลอดภัยของตัวท่านเอง

เอกสารอ้างอิง

กรมวิทยาศาสตร์. การเก็บถนอมอาหารปลา. เอกสารเผยแพร่. กรมวิทยาศาสตร์.
กระทรวงอุตสาหกรรม.

กระทรวงสาธารณสุข. 2522. การใช้วัตถุเจือปนในอาหารและฉลากสำหรับอาหาร
ที่มีวัตถุเจือปนในอาหาร. ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 18, หน้า
5-6. ในราชกิจจานุเบกษาฉบับพิเศษ เล่มที่ 96 ตอนที่ 163. กระทรวง
สาธารณสุข, กรุงเทพฯ.

_____. 2525. อาหารในภาชนะที่ปิดสนิท. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข-
ฉบับที่ 69. กระทรวงสาธารณสุข, กรุงเทพฯ. 5 หน้า. (โรเนียว)

กุลขลิ่ งามจี. 2525. การหาความเข้มข้นของไนเตรตในผักบางชนิดจากตลาด 3
แห่งในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศา-
สตร์, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
2521. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร.

พัฒน์ สุจางงค์ ผศ. 2522. กฎหมายควบคุมอาหารและมาตรฐานอาหาร.

พิมล เรียนวัฒนา และชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์. 2525. เคมีภาวะแวดล้อม. สำนักพิมพ์
โรเดียนสตร์, กรุงเทพฯ. 213 หน้า.

มาลินี ลี้มรกตา, ทวีวัฒน์ ทศนวัฒน์ และรัชชัชย ศักดิ์ภู่อราม.2525. การศึกษาปริมาณของแร่ธาตุในเลือดโค กระบือ หนู และดินในจังหวัดสกลนคร ตาก และสุโขทัย. วารสารสัตวแพทย์ ปีที่ 3. ฉบับที่ 1 กุมภาพันธ์.

ไมตรี สุทรจิตต์. 2522. สารพิษในสิ่งแวดล้อมและการเกิดมะเร็ง. ภาควิชาเคมี คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วิริยะ สิริสิงห์, ยี่งศักดิ์ วัตรสุระนิตย์ฤกษ์ และมันเกียรติ รกศลนิตติวงษ์. (ไม่ระบุปีที่พิมพ์). 110 ธาตุคุณสมบัติและการค้นพบ. สำนักพิมพ์อักษรวัฒนา, กรุงเทพฯ. 173 หน้า.

ศิริลักษณ์ สีนรวัลย์.2520. ทฤษฎีอาหาร เล่ม 2. หลักการถนอมอาหารและมาตรฐานอาหาร.

ศิวาพร ศิวเวท. 2529. วัตถุดิบอาหาร เล่ม 1.

สถาพร จิตตपालพงศ์, ชลลดา มหาวัจน์, วีระชัย วิโรจน์แสงอรุณ, มนต์รี จินดา-วรรณ, อังวัน รกมลเสวิน และมาลินี ลี้มรกตา. 2524. พิษของสารหนูในสุนัข. รายงานปฏิบัติการพิษวิทยา ภาควิชาเภสัชวิทยา คณะสัตวแพทย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. 2528 ก. ปลาขาร์ดินีกระป๋อง. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหมายเลข 519-2527. กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ. 18 หน้า.

สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. 2528 ข. สารโลหะหนักบนเปลือกผลไม้สดที่อาหาร.
กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ. 69 หน้า.

เสถียร วิชัยลักษณ์, สืบวงศ์ วิชัยลักษณ์. 2519. พรบ.ควบคุมคุณภาพอาหาร 2507
พร้อมด้วยประกาศของคณะกรรมการกึ่งใจเพิ่มเติม กฎกระทรวง และประกาศ
กระทรวงออกตาม ครม. ใน พรบ.นี้

Official methods of Analysis of the Association of official
analytical chemists(AOAC) 1884-1984. Edited by Sidney
Williams Fourteenth edition, 1984.

ภาคผนวก

ตารางที่ 1 ค่า ADI ที่กำหนดโดย WHO (mg/kg)

ชนิดของสารปนเปื้อน	ปริมาณสารปนเปื้อนที่สามารถรับได้
As	0.05
Cd	0.0067-0.0083/weekly
Cu	0.5
Pb	0.05/weekly
Hg	0.005/weekly

หมายเหตุ Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives

ตารางที่ 2 ปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในอาหารที่ร่างกายสามารถรับได้ภายใน 1 วัน

ปริมาณโลหะหนัก		
ชนิดของโลหะหนัก		
	mg/kg นน.ร่างกายต่อวัน	mg/kg นน.อาหารต่อวัน
As	0.05*	3.57
Cu	0.05*	35.71
Hg	7.14×10^{-4}	0.051
Pb	7.14×10^{-3}	0.051
Zn	0.3-1.0*	21.4286-71.4286
Cd	9.57×10^{-4} - 1.19×10^{-3}	0.0684-0.0850

* ค่าที่ประกาศใช้เป็นการชั่วคราว

ที่มา : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2528 ข.)

ตารางที่ 3 กฎหมายและมาตรฐานอาหารเกี่ยวกับโลหะหนักปนเปื้อนในอาหารบรรจุภาชนะ

หน่วยงาน	ชนิดของอาหาร	หมายเลข มาตรฐาน	ปริมาณโลหะหนักปนเปื้อนสูงสุด (ppm.)					
			As	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn
กระทรวงสาธารณสุข (พ.ร.บ.)	อาหารในภาชนะปิดสนิท ¹							
	ก. ภาชนะโลหะ	2	-	20	0.5/0.02*	1	100	
	ข. ภาชนะที่ไม่เป็นโลหะ	2	-	-	0.5/0.02*	1	100	
สำนักงานมาตรฐาน	ข้าวพดอ่อนกระป๋อง ²	43-2516	-	-	-	-	-	-
ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	น้ำมันขี้หนวาม ³	48-2516	-	-	-	-	-	-
กระทรวงอุตสาหกรรม	สีบกระป๋อง ⁴	51-2516	-	-	-	-	-	-
(อมก.)	สีน้ำกระป๋อง ⁵	67-2517	-	-	-	-	-	-
	ลาโซกระป๋อง ⁶	68-2517	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 3 (ต่อ)

หน่วยงาน	ชนิดของอาหาร	หมายเลขมาตรฐาน	ปริมาณโลหะหนักปนเปื้อนสูงสุด (ppm.)					
			As	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn
มอก.	ผักกาดคองกระป๋อง ⁷	69-2517	-	-	-	-	-	-
	ผักกาดผสมบรรจุกระป๋อง ⁸	70-2517	-	-	-	-	-	-
	ถั่วลิ้นเตากระป๋อง ⁹	72-2517	-	-	-	-	-	-
	เห็ดฟางกระป๋อง ¹⁰	73-2517	-	-	-	-	-	-
	ข้าวโพดครีมนกระป๋อง ¹¹	98-2517	-	-	-	-	-	-
	น้ำส้มกระป๋อง ¹²	99-2517	0.2	-	5.0	-	0.3	5.
	น้ำมะเขือเทศกระป๋อง ¹³	100-2517	0.2	-	5.0	-	0.3	5.
	น้ำองุ่นกระป๋อง ¹⁴	101-2517	0.2	-	5.0	-	0.3	5.
	น้ำสับปะรดกระป๋อง ¹⁵	112-2518	0.2	-	5.0	-	0.3	5.
	เงาะกระป๋อง ¹⁶	136-2518	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 3 (ต่อ)

หน่วยงาน	ชนิดของอาหาร	หมายเลข มาตรฐาน	ปริมาณโลหะหนักบนเป็นสูงสุด (ppm.)					
			As	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn
มอก.	พริกแห้งกระป๋อง ¹⁷	141-2518	-	-	-	-	-	-
	ปลาช่อนกระป๋อง ¹⁸	142-2518	-	-	-	-	-	-
	น้ำตาลโตนดคั่ว ¹⁹	187-2519	0.1	-	5.0	-	0.5	5.
	นมผงไขมัน ²⁰	190-2519	-	-	-	-	-	-
	มะเขือเทศกระป๋อง ²¹	246-2521	-	-	-	-	-	-
	กุ้งบรรจุกระป๋อง ²²	264-2521	2	-	20	0.5	2	10
	คอรัสมี่พริกกระป๋อง ²³	282-2521	-	-	-	-	2	-
	เนื้อมะพร้าวกระป๋อง ²⁴	292-2522	2	-	20	-	0.5	10
	มะเขือเทศเข้มข้นบรรจุกระป๋อง ²⁵	305-2522	-	-	-	-	1	-
	เงาะสอดไส้สับปะรด ²⁶	372-2524	-	-	-	-	2	-

ตารางที่ 3 (ต่อ)

หน่วยงาน	ชนิดของอาหาร	หมายเลข มาตรฐาน	ปริมาณโลหะหนักปนเปื้อนสูงสุด (ppm.)					
			As	Cd	Cu	Hg	Pb	Zn
มอก.	หอยลายกระป๋อง ²⁷	430-2525	-	-	-	-	0.5	-
	ปลาหมึกกระป๋อง ²⁸	434-2525	2	-	20	0.5	2	10
	น้ำมะม่วงบรรจุกระป๋อง ²⁹	519-2527	2	-	20	0.5	2	10
	* ปลาซาร์ดีนกระป๋อง ³⁰	89-2528	-	-	-	0.2	-	-

หมายเหตุ * ปรอทไฟเกิน 0.5 mg/kg สำหรับอาหารทะเล
0.02 mg/kg สำหรับอาหารประเภทอื่น

- ที่มา :
- 1 กระทรวงสาธารณสุข (2526)
 - 2 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2516 ก)
 - 3 สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2516 ข)

ตารางที่ 4 มาตรฐานอาหารเกี่ยวกับปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในอาหารกระป๋อง
ประเภทต่างๆ ของโครงการมาตรฐานอาหาร FAO/WHO (CODEX
alimentarius)

ชนิดของอาหาร	ปริมาณโลหะที่ปนเปื้อนสูงสุด (ppm.)				
	As	Cu	Hg	Pb	Zn
1. ผักและผลไม้					
-เอปรีคอตในน้ำเชื่อม	0.2	5.0	-	0.3	5.0
-ลูกพีชในน้ำเชื่อม	0.2	5.0	-	0.3	5.0
-ลูกแพร์ในน้ำเชื่อม	0.2	5.0	-	0.3	5.0
-ผลเคอเรนท์ในน้ำเชื่อม	0.2	5.0	-	0.3	5.0
-ผลไม้ประเภทส้มในน้ำเชื่อม	0.2	5.0	-	0.3	5.0
2. น้ำผลไม้					
-น้ำส้ม	0.2	5.0	-	0.3	5.0
-น้ำมะเขือเทศ	0.2	5.0	-	0.3	5.0
-น้ำสับปะรด	0.2	5.0	-	0.3	5.0
-น้ำมะนาว	0.2	5.0	-	0.1	5.0
-น้ำแอปเปิ้ล	0.2	5.0	-	0.3	5.0
-น้ำองุ่น	0.2	5.0	-	0.3	5.0
-น้ำเกรปฟรุต	0.2	5.0	-	0.3	5.0
-น้ำบลอคเคอเรนท์	0.2	5.0	-	0.3	5.0

ตารางที่ 4 มาตรฐานอาหารเกี่ยวกับปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนในอาหารกระป๋อง
ประเภทต่างๆ ของโครงการมาตรฐานอาหาร FAO/WHO (CODEX
alimentarius) (ต่อ)

ชนิดของอาหาร	ปริมาณโลหะหนักที่ปนเปื้อนสูงสุด (ppm.)				
	As	Cu	Hg	Pb	Zn
3. น้ำผลไม้ชนิดเข้มข้น					
-น้ำแอปเปิ้ล	0.2	5.0	-	0.3	5.0
-น้ำส้ม	0.2	5.0	-	0.3	5.0
-น้ำองุ่น	0.2	5.0	-	0.3	5.0
-น้ำบลูเบอร์รี่	0.2	5.0	-	0.3	5.0

ที่มา : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2528 ข.)

ตารางที่ 5 ปริมาณโลหะหนักสูงสุดในปาลาซาร์ดีนที่ปกป้องที่กำหนดในกฎหมายอาหารประเภทต่างๆ

		ปริมาณโลหะหนักสูงสุดในอาหาร (ppm.)								
กลุ่มประเทศ	มาตรฐานอาหารของ	As	Cd	Cu	Fe	Hg	Pb	Se	Sn	Zn
	โครงการมาตรฐานอาหาร FAO/WHO (CODEX)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1. กลุ่มแอฟริกา	เคนยา	5.0	-	100	-	0.5	10	-	-	100
	แอฟริกาใต้	1.0	-	20	-	-	5.0	-	250	50
2. เอเชีย	อินเดีย	1.1	-	30	-	-	5.0	-	250	50
	สิงคโปร์	1.0	-	20	-	0.5	5.0	-	-	-
	ไทย									
	-พ.ร.บ.อาหาร	2.0	-	20	-	0.5	1.0	-	250	100
	-มอก.	-	-	-	-	0.15	-	-	150	-
3. กลุ่มยุโรป	ฟินแลนด์	5.0	0.1	-	-	-	-	-	-	-
	ฮังการี	5.0	0.3	-	-	0.5	2.0	-	-	-

ตารางที่ 5 (ต่อ)

กลุ่มประเทศ	มาตรฐานอาหารของ	ปริมาณโลหะหนักสูงสุดในอาหาร (ppm.)									
		As	Cd	Cu	Fe	Hg	Pb	Se	Sn	Zn	
3. อังกฤษ (ต่อ)	สวีเดน	-	-	-	-	1.0	2.0	-	250	-	
	อังกฤษ	-	-	20	-	-	3.0	-	250	50	
4. กลุ่มลาตินอเมริกาและ คาริเบียน		5.0	-	100	-	-	10	-	-	100	
5. กลุ่มอเมริกาเหนือ	แคนาดา	-	-	-	-	-	-	-	250	-	
6. กลุ่มแปซิฟิกตะวันตกเฉียงใต้	ออสเตรเลีย	1.0	0.2	10	-	0.5	2.5	1.0	150	150	
	นิวซีแลนด์	2.0	1.0	30	-	0.5	4.0	2.0	150	40	

ที่มา : สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (2528 ฯ)

ตารางที่ 6 ระดับของ Hg ที่มีอยู่ตามปกติในสิ่งแวดล้อมและในสิ่งมีชีวิต

|||||

แหล่ง	ปริมาณที่สะสม
-------	---------------

สิ่งแวดล้อม

อากาศ

1. ในชนบท	0.01-0.17	g/m ³
2. ในแหล่งอุตสาหกรรม	100	g/m ³
3. ในเหมืองแร่	20,000	g/m ³

น้ำ

1. น้ำจากมหาสมุทร	0.03-2.00	ppb
2. น้ำทั่วไป	0.02-0.07	ppb

สิ่งมีชีวิต

พืช

มันฝรั่ง	0.01	ppm
มะเขือเทศ	0.02	ppm
ข้าวสาลี, ข้าวบาเลย์	0.08-0.15	ppm
ข้าวสาร	0.015	ppm
สาหร่ายทะเล	0.023-0.037	ppm

สัตว์

สมอง	0.1	ppm
ไต	2.75	ppm
ตับ	0.3	ppm
ลาไส้ใหญ่	0.05	ppm
กล้ามเนื้อ	0.15	ppm
ไข่	< 0.1	ppm

|||||

