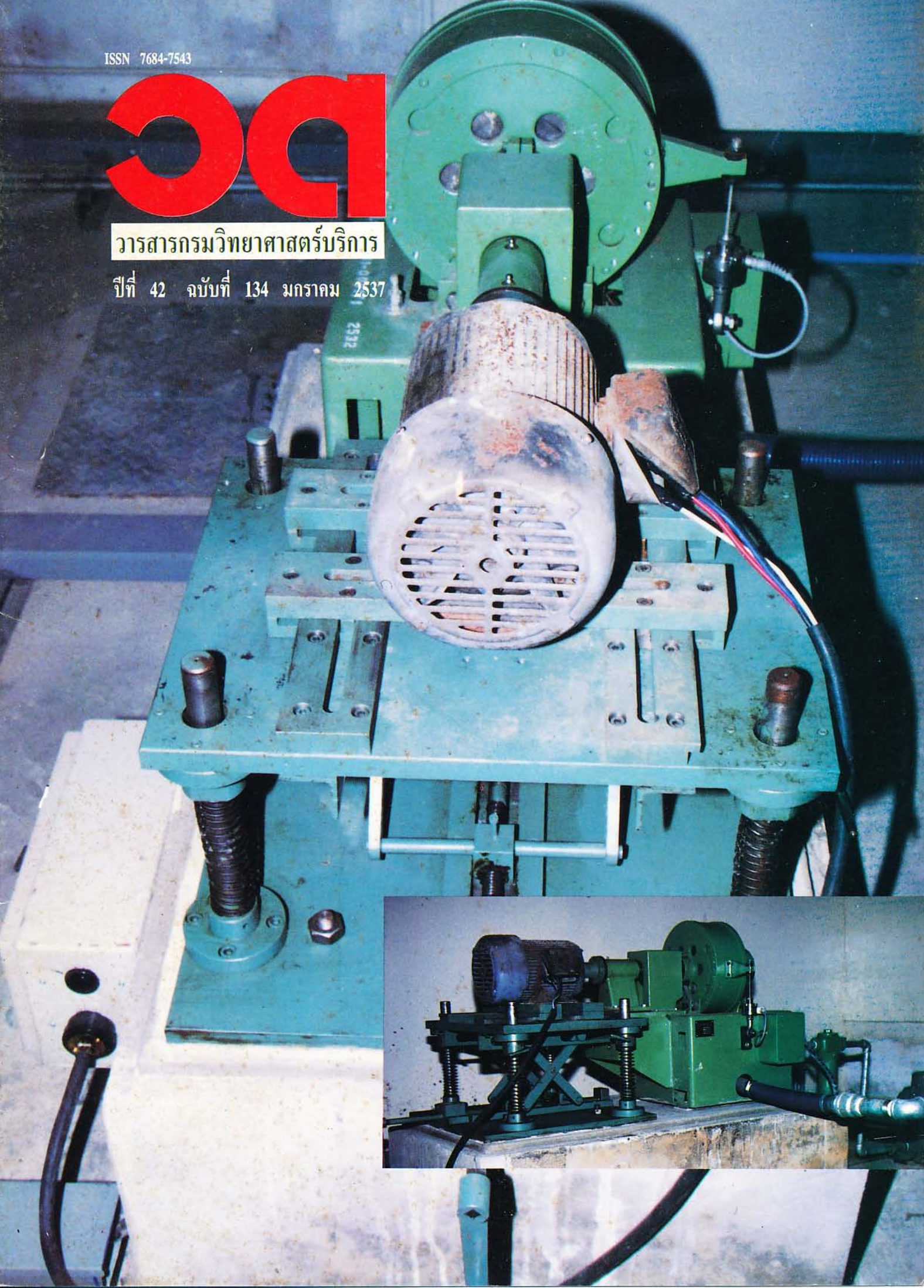
ISSN 7684-7543

วว

วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ

ปีที่ 42 ฉบับที่ 134 มกราคม 2537



สุขที่ ใจการพัฒนา ๑

วิทยา เป็นเนตรทำนายในอนาคต ๑

สมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ

สารบัญ

3 มอเตอร์

ปรีชา อนุกูลกาญจน์ : กองฟิสิกส์และวิศวกรรม

5 สารนิเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีภาษาไทย

สำรวล คำแดง : กองสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

7 วิตามินบี

วรรณี สมพร : กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ

8 หัวนมยางสำหรับขวดนม

เปรมใจ อรรถกิจการค้า : กองฟิสิกส์และวิศวกรรม

11 การกำจัดขยะกับพลาสติกที่ย่อยสลายได้

จิรพร โชติสมิทธิ์กุล : กองการวิจัย

17 ข่าวทั่วไปใน วศ.

21 บรรจุภัณฑ์

อำนวยพร ฤทธิจันทร์ : กองการศึกษาเคมีปฏิบัติ

26 ภยันตรายจากกากกัมมันตรังสี

สุรพันธ์ บริสุทธิ์ : กองการวิจัย

28 การกำจัดไอออนฟลูออไรด์โดยใช้ออกไซด์ของโลหะ

กิตติพร เหล่าแสงธรรม : กองเคมี

● กำหนดออกปีละ 3 ฉบับ

มกราคม

พฤษภาคม

กันยายน

● วารสารรายสี่เดือน

เจ้าของ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กระทรวงวิทยาศาสตร์

เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

ถนนพระรามที่ 6 เขตราชเทวี

กรุงเทพฯ 10400

โทร. 245-5523

ที่ปรึกษา

นายรัตนะ พุ่มเล็ก

นางรวงทอง พันพาไพร

ดร.อนามัย สิงหะพันธุ

บรรณาธิการ

ดร.สุจินดา โชติพานิช

กองบรรณาธิการ

สุจินต์ ศรีคงศรี

เรณู ตามไท

วราภรณ์ วรเศวต

ธิดา เกิดกำไร

อำนวยพร ฤทธิจันทร์

สุดาวดี เสริมนอก

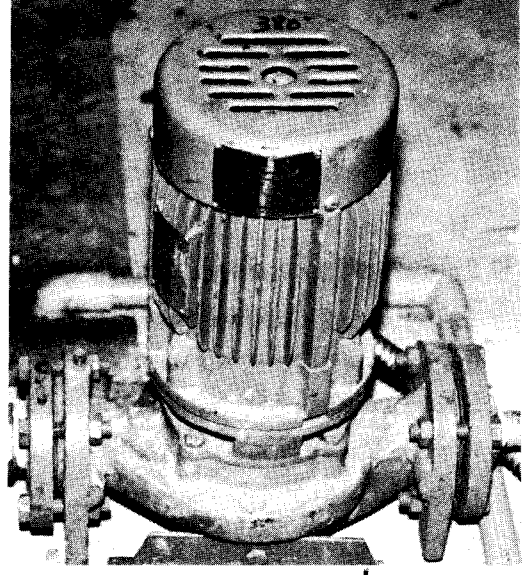
ธารทิพย์ เกิดในมงคล

ศิลปกรรม

วิเวก อรุณรัตน์

ฝ่ายภาพ

วิไลวรรณ สะตะมณี



มอเตอร์

ปรีชา อนุกูลกาญจน์

มอเตอร์เป็นเครื่องต้นกำลังที่มีความสำคัญมาก นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายตั้งแต่ในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ไปจนถึงโรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก หรือแม้แต่ในบ้านเรือนที่พักอาศัยทั่วไปก็มีมอเตอร์ใช้ โดยอยู่ในรูปเครื่องอำนวยความสะดวกที่จำเป็นและฟุ่มเฟือยต่าง ๆ มอเตอร์มีตั้งแต่ขนาดเล็ก ๆ ไปจนถึงขนาดใหญ่ ๆ ถ้าเลือกใช้มอเตอร์ไม่เหมาะสมกับโหลด (load) สภาวะการทำงานจริงหรือโรงงานผลิตไม่ได้ตามที่มาตรฐานกำหนด อาจทำให้ใช้งานมอเตอร์ได้ไม่ดีเท่าที่ควร เช่น อายุการใช้งานสั้นกว่าปกติ ประสิทธิภาพลดลง หรือเกิดความเสียหายได้ เป็นต้น

มอเตอร์ คือเครื่องกลไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล มีส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่ ส่วนอยู่กับที่ (stator) และส่วนเคลื่อนที่ (rotor) มอเตอร์สามารถจำแนกเป็น มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (direct current motor) และมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (alternating current motor) ลักษณะการสร้างและแบบมีมากมายหลายชนิด แต่ละชนิดแต่ละแบบมีคุณสมบัติใช้งานแตกต่างกัน คือ

1. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ได้แก่ มอเตอร์อนุกรม (series motor) มอเตอร์ขนาน (shunt motor) และมอเตอร์ผสม (compound motor) มอเตอร์ชนิดนี้เป็นมอเตอร์สำหรับหมุนขับงานที่ต้องการใช้พิสัย (range) ความเร็วรอบกว้างและปรับค่าความเร็วรอบได้ตามที่ต้องการ งานที่ต้องการใช้แรงบิด (torque) คงที่หรือปรับค่าได้หรือกระทำได้ทั้งสองอย่างพร้อมกัน งานที่ต้องการใช้แรงบิดที่โอเวอร์โหลด (overload) เป็นต้น ส่วนลักษณะการใช้งานเป็นมอเตอร์ขับเครื่องตัด เครื่องยก เครื่องอัด เครื่องรีด เครื่องม้วน รถไฟฟ้า รถราง ใช้เป็นมอเตอร์เริ่มเดิน (start) รถยนต์ ฯลฯ

2. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ ได้แก่ มอเตอร์เหนี่ยวนำ (induction motor) และ มอเตอร์ซิงโครนัส (synchronous motor) ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมมีทั้งขนาดเล็กที่มีขนาดเป็นทศนิยมของกิโลวัตต์หรือกำลังม้า ใช้กับไฟฟ้าเฟสเดียว (single phase) 220 โวลต์ และมอเตอร์ขนาดใหญ่ ๆ ที่มีขนาดเป็นจำนวนกิโลวัตต์หรือกำลังม้าลงตัว ใช้กับไฟฟ้าสามเฟส (three phase) 380 โวลต์

2.1 มอเตอร์เหนี่ยวนำใช้เป็นต้นกำลังขับ เหมาะสำหรับโหลดที่ต้องการใช้ความเร็วรอบคงที่ มีลักษณะการสร้างและแบบมากมายหลายชนิด เช่น มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสโรเตอร์แบบกรงกระรอก (three phase squirrel cage induction motor) มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสโรเตอร์แบบขดลวดพัน (three phase wound rotor induction motor) และมอเตอร์ใช้ไฟฟ้าเฟสเดียว ได้แก่ มอเตอร์สปลิทเฟส (split phase motor) มอเตอร์คาปาซิเตอร์ (capacitor motor) มอเตอร์แบบรีพัลชั่น (repulsion type motor) มอเตอร์ยูนิเวอร์แซล (universal motor) มอเตอร์เชดเดดโพล (shaded pole motor) มอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียวนี้สามารถพบเห็นใช้ในงานตามบ้านเรือนทั่วไป เช่น เครื่องซักผ้าไฟฟ้า ตู้เย็น พัดลมไฟฟ้า สว่านมือไฟฟ้า จักรเย็บผ้าไฟฟ้า ฯลฯ

มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสโรเตอร์แบบกรงกระรอก เป็นมอเตอร์ที่นิยมใช้แพร่หลายที่สุดในอุตสาหกรรม เนื่องจากมีลักษณะกรอบโครงตัวถังต่าง ๆ กันให้เลือกมากมายลักษณะการติดตั้งใช้งานได้หลาย ๆ แบบ การบำรุงรักษาง่าย ค่าใช้จ่ายไม่สูง และไม่รวนหรือเสียง่าย ใช้เป็นมอเตอร์ขับเครื่องสูบหมุนเหวี่ยง เครื่องบดหิน เครื่องตัดเจาะแผ่นโลหะ ฯลฯ

2.2 มอเตอร์ซิงโครนัส เป็น

มอเตอร์ที่ทำงานด้วยความเร็วรอบคงที่ตลอดเวลา โรเตอร์จะหมุนด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วของสนามแม่เหล็ก (ส่วนอยู่กับที่) หมุนเสมอ จึงเป็นมอเตอร์ชนิดพิเศษ

ในโรงงานอุตสาหกรรมนิยมใช้มอเตอร์ซิงโครนัสสามเฟส เนื่องจากทำงานด้วยความเร็วรอบคงที่ และเพาเวอร์แฟคเตอร์ (power factor) ของมอเตอร์สามารถที่จะปรับได้ แต่มีข้อเสียตรงที่จะต้องมีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับฟิลด์คอยล์ (field coil) ของโรเตอร์ ลักษณะใช้งานเป็นมอเตอร์ขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง เรือ ปั๊มน้ำ คอมเพรสเซอร์ลม ฯลฯ

มอเตอร์ซิงโครนัสเฟสเดียว ไม่ต้องมีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้กับโรเตอร์เหมือนกับมอเตอร์ซิงโครนัส-สามเฟสหมุนด้วยความเร็วซิงโครนัสที่คงที่และสามารถเริ่มหมุนได้ด้วยตัวเอง มอเตอร์ชนิดนี้ไม่ค่อยจะนำไปใช้งานอุตสาหกรรมมากนัก แต่ก็นิยมใช้มากในลักษณะงานที่เป็นเครื่องมืออุปกรณ์วัดเครื่องบันทึก อุปกรณ์ตั้งเวลาต่าง ๆ ที่ทำงานด้วยความเร็วซิงโครนัส เป็นต้น มอเตอร์ซิงโคร-นัสเฟสเดียว จึงนำไปใช้กับเครื่องวัดรอบชนิดใช้แสง (stroboscopic) นาฬิกาไฟฟ้า เครื่องโทรพิมพ์ เครื่องบันทึกเสียง เครื่องบันทึกกราฟ ฯลฯ

การเลือกใช้งานให้เหมาะสมกับโหลดและสภาวะการทำงานจริงของมอเตอร์ หมายถึง ต้องให้ปริมาณโหลดที่มอเตอร์นั้นจะต้องขับด้วยทั้งกำลังและแรงบิดเพียงพอกับโหลด มิฉะนั้นมอเตอร์จะทำงานไม่ได้และจะชำรุด และต้องทราบว่าการติดตั้งมอเตอร์นั้นใช้งานอยู่ตรงตำแหน่งสถานที่ใด ลักษณะการติดตั้งมอเตอร์ยืนหรือนอน อุณหภูมิบริเวณงานนั้นเป็นอย่างไร เช่น สถานที่มีฝุ่นละอองมาก สถานที่มีบรรยากาศที่อาจจุดระเบิดไหม้ไฟได้ สถานที่นอกอาคารที่ต้องตากแดดตากฝน สถานที่มีความชื้นและความร้อนสูง เป็นต้น

โรงงานผลิตมอเตอร์จึงได้สร้างมอเตอร์ให้มีสมรรถนะ และใช้งานได้ตามสภาวะงานต่าง ๆ อย่างมีคุณภาพและปลอดภัย ตามาตรฐานกำหนดสร้างมอเตอร์ที่เป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลาย ได้แก่* IEC, NEMA, IEEE, JIS, สมอ. (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม) ฯลฯ

มาตรฐานกำหนดสร้างมอเตอร์ดังกล่าว ได้กำหนด นิยาม แบบ ขนาด ส่วนประกอบและการทำสมรรถนะ การทดสอบ ฯลฯ ไว้อย่างชัดเจน

แผ่นป้าย (name plate) ที่มอเตอร์ทุกตัว ซึ่งจะมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายเพื่อบอกให้รู้เกี่ยวกับมอเตอร์ตัวนั้น อย่างย่อ ๆ เช่น ชนิด แบบ ประเภทของพิกัด กำลังม้า แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ความถี่ จำนวนเฟส ความเร็วรอบ หมายเลขลำดับประเภทของฉนวน อัตราอุณหภูมิ (temperature rating) อัตราเวลา (time rating) เป็นต้น ก็เป็นส่วนหนึ่งที่มาตรฐานได้กำหนดไว้เช่นกัน

ปัจจุบัน กรมวิทยาศาสตร์บริการมีห้องทดสอบและชุดทดสอบกำลังม้าของมอเตอร์ (Eddycurrent dynamometer) สามารถให้บริการทดสอบมอเตอร์ชนิดที่ติดตั้งด้วยขา หรือหน้าจาน โดยวัดค่าสูงสุดได้ ดังนี้

กำลัง (power) 40 กิโลวัตต์ (ประมาณ 53 กำลังม้า)

โมเมนต์บิด (torque) 75 นิวตันเมตร

ความเร็วรอบ 17,000 รอบต่อวินาที

บทความที่ได้กล่าวมานี้ เป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยให้สามารถเลือกใช้มอเตอร์ได้ถูกต้องตรงตามวัตถุประสงค์ และให้ได้มอเตอร์ที่มีคุณภาพ มาตรฐาน มีความปลอดภัย ถ้าไม่มั่นใจในคุณภาพของมอเตอร์ ก็สามารถนำไปวิเคราะห์ทดสอบได้ที่ กรมวิทยาศาสตร์บริการ

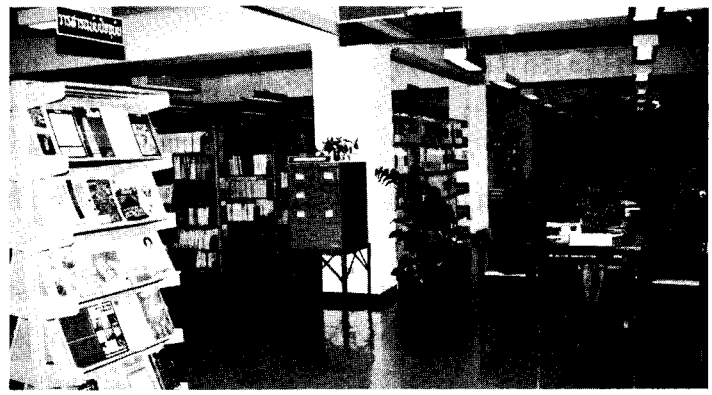
ส่วนราชการต่าง ๆ รวมทั้งภาคเอกชน ผู้จัดจำหน่าย หรือผู้ซื้อ ผู้ที่สนใจต้องการทราบรายละเอียดเพิ่มเติม หรือต้องการวิเคราะห์ทดสอบมอเตอร์ โปรดติดต่อได้ที่ กองฟิสิกส์และวิศว-กรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ ในวันและเวลาราชการ

---

*

1. IEC : International Electrotechnical Commission
2. NEMA : The National Electrical Manufacturers Association
3. IEEE : Institute of Electrical and Electronics Engineers
4. JIS : Japanese Industrial Standards Committee

สารนิเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีภาษาไทย



สำรวล ดำแดง

ข่าวสารข้อมูล มีความสำคัญกับชีวิตของมนุษย์มาโดยตลอด เพราะข่าวสารข้อมูลเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการพัฒนากิจการต่าง ๆ การแสวงหาข่าวสารข้อมูลที่ทันสมัยและถูกต้องจึงเป็นสิ่งจำเป็นมาก ในโลกยุคปัจจุบันมีการแข่งขันกันอย่างกว้างขวาง ในอันที่จะให้ได้มาซึ่งข่าวสารข้อมูลที่รวดเร็วถูกต้องแม่นยำ เพื่อความได้เปรียบในการพัฒนาของแต่ละประเทศทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม การเมืองและการทหาร ประเทศไทยเราก็ให้ความสำคัญกับข่าวสารข้อมูลมาโดยตลอด ดังจะเห็นได้จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติทุกฉบับได้บรรจุไว้อย่างต่อเนื่อง บทบาทของข่าวสารข้อมูลที่ให้ความสำคัญอย่างมากก็คือ ข่าวสารข้อมูลด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ข่าวสารประเภทนี้เปรียบประดุจพลังงานสำหรับสมองของชาติ แม้จะเป็นชาติเล็ก ถ้ามีพลังทางสมองมากประเทศนั้นก็จะเจริญก้าวหน้าไปได้อย่างรวดเร็ว

กองสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรมวิทยาศาสตร์บริการ เป็นห้องสมุดเฉพาะที่รวบรวมข้อมูลข่าวสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจากแหล่งต่าง ๆ ทั้งในประเทศและต่างประเทศไว้มากที่สุดแห่งหนึ่ง โดยได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่องมาเป็นเวลาเกือบ 60 ปีแล้ว สังคมไทยโดยทั่วไปได้ให้ความสำคัญกับข่าวสารข้อมูลประเภทนี้เป็นอย่างมากด้วยเช่นกัน เนื่องจากเอกสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีส่วนใหญ่จะเป็นภาษาต่างประเทศ ประชาชนทั่วไปบางส่วนอาจจะเข้าถึงข้อมูลและนำมาใช้ประโยชน์ได้ไม่เต็มที่ จึงได้รวบรวมข่าวสารข้อมูลทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่จัดพิมพ์เป็นภาษาไทยเป็นจำนวนมากไว้ด้วยโดยเน้นถึงสาระประโยชน์ดังนี้

1. ให้ได้มาซึ่งเทคโนโลยีเพื่อการใช้งาน
2. ให้ได้มาซึ่งความสามารถที่จะดัดแปลงเทคโนโลยีได้
3. ให้ได้มาซึ่งความสามารถในการสร้างเทคโนโลยีขึ้นมาใหม่

เอกสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่จัดพิมพ์เป็นภาษาไทยในระยะแรก (ประมาณ พ.ศ.2476) ส่วนใหญ่จะเป็นผลงานของกรมวิทยาศาสตร์ฯ และจากสถาบันวิทยาศาสตร์อื่น ๆ เอกสารเหล่านี้ได้ให้ประโยชน์เป็นอย่างมาก กล่าวคือ เนื้อหาสาระของเอกสารในช่วงนั้น จะเน้นในเรื่องของวิธีทำหรือสูตรของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ประชาชนสามารถจะนำไปประกอบอาชีพของตนเองได้ มีการตอบปัญหาทางด้านเทคนิค คุณสมบัติของสารบางชนิดตลอดจนกรรมวิธีในการผลิต ซึ่งข้อมูลบางอย่างยังใช้อ้างอิงได้จนถึงปัจจุบัน

เนื่องจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้ขยายตัวอย่างรวดเร็ว ทำให้สารนิเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความหลากหลายทั้งปริมาณก็เพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับ กองสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แสวงหาสารนิเทศที่จัดพิมพ์เป็นภาษาไทยเพิ่มเติมต่อเนื่องมาโดยตลอด เพื่อการตอบสนองความต้องการของสังคมให้กว้างขวางสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ปัจจุบันมีเอกสารที่น่าสนใจมากมาย จะขอนำมากล่าวเพียงบางส่วนพอเป็นตัวอย่างดังนี้

- วิทยาศาสตร์กับชีวิตประจำวัน
- เทคโนโลยีอุตสาหกรรม
- พลังงาน
- สิ่งแวดล้อมและปัญหามลภาวะ
- สิ่งประดิษฐ์ของไทย
- เทคโนโลยีการเกษตร
- เทคโนโลยีสำหรับชาวชนบท
- การแปรรูปอาหาร
- ผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร
- พืชสมุนไพร
- การพัฒนาแหล่งน้ำ
- การลงทุน
- กฎหมาย
- ศัพท์บัญญัติ

ฯลฯ

วิทยาศาสตร์กับชีวิตประจำวัน เป็นเอกสารที่กล่าวถึงเรื่องทั่ว ๆ ไปที่ประชาชนจะต้องพบในชีวิตประจำวัน

เช่น การใช้สารกำจัดศัตรูพืช สารผสมอาหาร สารตกค้าง สารมลพิษ เครื่องสำอาง ฯลฯ

เทคโนโลยีอุตสาหกรรม ให้ข้อมูลด้านเทคนิคเกี่ยวกับกรรมวิธีในการผลิต การจัดตั้งโรงงาน ภาวะการผลิตและการตลาดสินค้าอุตสาหกรรม ความรู้เกี่ยวกับอุตสาหกรรมต่าง ๆ อาทิ อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมปิโตรเคมี เป็นต้น

พลังงาน มีเนื้อหาสาระในแง่มุมต่าง ๆ เช่น รายงานสถานการณ์การใช้พลังงานและเชื้อเพลิงประเภทต่าง ๆ การประหยัดพลังงาน การนำพลังงานทดแทนมาใช้แทนน้ำมัน การนำพลังงานธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ การผลิตแก๊สจากมูลสัตว์ พลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์ เชื้อเพลิงจากแอลกอฮอล์ ฯลฯ

สิ่งแวดล้อมและปัญหามลภาวะ มีข้อมูลด้านการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม มลพิษทางอากาศ มลพิษทางน้ำ มลพิษทางเสียง มาตรการการป้องกันและแก้ไข

สิ่งประดิษฐ์ของไทย ได้รวบรวมผลงานที่เกิดจากความสามารถของคนไทยทุกสาขา อาทิ การประดิษฐ์ขาเทียม เครื่องผ่าตัดต้อกระจก เครื่องจักรกลการเกษตร ได้แก่ เครื่องนวดข้าว เครื่องปอกมะพร้าว เครื่องคัดขนาดผลไม้ เครื่องวัดความชื้นเมล็ดพืช เครื่องรีดนมวัว ฯลฯ

เทคโนโลยีการเกษตร เป็นเอกสารที่ให้ประโยชน์กับงานเกษตรกรรม สามารถนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้กับงานเกษตรกรรม เช่น ระบบชลประทานแบบน้ำหยด การใช้สารฮอร์โมนเร่งการเจริญเติบโตของพืช การปลูกพืชในน้ำยาแทนการปลูกลงดิน น้ำยายืดอายุดอกไม้ การใช้รังสีช่วยในการเก็บรักษาและยืดอายุผลิตผลเกษตร ฯลฯ

เทคโนโลยีสำหรับชาวชนบท แนะนำการใช้เทคโนโลยีในการผลิตหรือการสร้างที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนจากวัสดุหรือวัตถุดิบราคาถูก หาง่ายในพื้นบ้าน เช่น การผลิตซีเมนต์บล็อคจากดินลูกรังหรือดินเหนียว เตาเศรษฐกิจหรือเตาแบบประหยัดที่ใช้วัสดุเหลือใช้จากการเกษตรเป็นเชื้อเพลิง ได้แก่ เศษใบไม้เศษหญ้า ฟางข้าว ขี้เลื่อย การสร้างบ้านแบบประหยัด ที่เหมาะสมกับสภาพสิ่งแวดล้อมและชาวชนบทผู้มีรายได้น้อย เทคนิคการก่อสร้างไม่ต้องอาศัยความชำนาญพิเศษ วัสดุก่อสร้าง ก็สามารถผลิตได้เองและหาง่าย เช่น อิฐบล็อคโครงไม้มะพร้าว หรือ ไม้ไผ่ เป็นต้น การนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ในการสร้างเตาอบพลังงานแสงอาทิตย์ใช้อบผลิตผลทางการเกษตรได้หลายอย่าง เช่น อบข้าว ข้าวโพด กล้วย ถั่ว ฯลฯ

การแปรรูปอาหาร ให้ความรู้ในเรื่องของการถนอมอาหาร ผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง อาหารแห้ง อาหารสำเร็จรูป อาหารบรรจุกระป๋อง การพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อการส่งออก

ผลิตภัณฑ์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เป็นเอกสารที่จะช่วยให้เกษตรกรรู้จักใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด หรือแม้จะทำเป็นอาชีพเสริมในครัวเรือน ก็สามารถทำได้ เช่น การนำขี้เลื่อยหรือแกลบมาทำเป็นเชื้อเพลิงแข็ง การผลิตถ่านจากซังข้าวโพด การทำแท่งเพาะชำจากขุยมะพร้าว ผลิตภัณฑ์หัตถกรรมจำพวกเศษกระดาษ เศษใบไม้ นำมาอัดเป็นรูปภาชนะถ้วยชาม ตะกร้าใส่ของ

พืชสมุนไพร มีสรรพคุณของสมุนไพรทุกชนิด ประโยชน์ของสมุนไพร ผลการวิเคราะห์การนำมาใช้ในการบำบัดรักษาโรค ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง

การพัฒนาแหล่งน้ำ ให้ความรู้ในเรื่องของการอนุรักษ์แหล่งน้ำ การจัดหาแหล่งน้ำ การฟื้นฟูและพัฒนาแหล่งน้ำ การกำหนดมาตรฐานแหล่งน้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค การสร้างเขื่อน ฝาย และการสร้างสระน้ำโดยใช้ยางแผ่นรองพื้น เป็นต้น

เป็นที่ยอมรับกันแล้วว่า วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีช่วยในการสร้างและพัฒนาชาติ การพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในปัจจุบันได้ก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว สังคมไทยส่วนใหญ่ให้ความสนใจในเรื่องของการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และเห็นถึงความจำเป็นที่จะต้องอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันคนไทยก็มีความรู้ความเข้าใจ พร้อมที่จะรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีใหม่ ๆ ได้ สารนิเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นกลไกหนึ่งที่จะช่วยสนับสนุนส่งเสริมการศึกษาวิจัยให้เป็นไปอย่างต่อเนื่องและกว้างขวาง เพื่อสนองตอบนักธุรกิจ นักอุตสาหกรรม นักศึกษา และประชาชนทั่วไป เป็นการผลักดันให้สังคมไทยก้าวหน้าทันสมัย และทัดเทียมกับประเทศที่พัฒนาแล้ว

สารนิเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ได้กล่าวมาสามารถจะค้นคว้าได้ที่กองสนเทศวิทยาสาสตร์และเทคโนโลยี กรมวิทยาศาสตร์บริการ หรือจะสอบถามทางโทรศัพท์หมายเลข 2488123 หรือจะติดต่อแจ้งความประสงค์ทางจดหมายก็สามารถกระทำได้

วิตามินบี

วรรณี สมพร

วิตามินเป็นสารอินทรีย์ที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโต และการดำรงชีพของคนและสัตว์ ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์วิตามินได้ หรือสังเคราะห์ได้น้อย ไม่เพียงพอต่อความต้องการ จึงควรได้รับจากอาหารที่บริโภคเข้าไป วิตามินมีหลายชนิดด้วยกัน วิตามินบีเป็นกลุ่มของวิตามินซึ่งละลายได้ในน้ำ วิตามินบีที่สำคัญสำหรับโภชนาการของคนมีดังนี้

วิตามินบี 1

วิตามินบี 1 หรือไธอะมีน มีหน้าที่เกี่ยวกับการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรต โดยรวมกับกรดไพโรฟอสฟอริก เปลี่ยนเป็นไธอะมีนไพโรฟอสเฟต เป็นโคเอนไซม์ในปฏิกิริยาดีคาร์บอกซิเลชันของกรดแอลฟาคีโต เช่น กรดไพรูวิก การขาดวิตามินบี 1 ทำให้เป็นโรคเหน็บชา ถ้าเป็นชนิดเรื้อรังจะมีอาการเกี่ยวกับปลายประสาทอักเสบ กล้ามเนื้ออ่อนแอ หัวใจเต้นช้าผิดปกติและเป็นอัมพาต ส่วนชนิดเฉียบพลัน มีอาการหัวใจล้มเหลวและบวม อาการขาดอย่างรุนแรงทำให้เป็นโรคสมองเสื่อม

แหล่งอาหารที่มีวิตามินบี 1 มากคือ ข้าวซ้อมมือ ธัญญพืช ถั่ว และยีสต์ นอกจากนี้อาหารจำพวกผักสีเขียว หมู เนื้อ ผลไม้ นม ปลา และไข่ ก็เป็นแหล่งที่ดีของวิตามินบี 1 ปริมาณวิตามินบี 1 ที่ควรได้รับประจำวัน เด็กโตและผู้ใหญ่ควรได้รับวันละ 0.5 มิลลิกรัม/1000 กิโลแคลอรี สำหรับผู้สูงอายุที่รับประทานอาหารน้อยกว่าวันละ 2000 กิโลแคลอรี ควรได้รับวันละ 1 มิลลิกรัม

วิตามินบี 2

วิตามินบี 2 หรือไรโบฟลาวีน ทำหน้าที่ในร่างกายเมื่ออยู่ในรูปของฟลาวีนโมโนนิวคลิโอไทด์ และฟลาวีนอะดีนีนไดนิวคลิโอไทด์ โดยเป็นโคเอนไซม์ในปฏิกิริยาออกซิเดชันของคาร์โบไฮเดรตและกรดอะมิโน การขาดวิตามินบี 2 ทำให้ริมฝีปากเป็นแผล มุมปากแตก ลิ้นอักเสบ บางครั้งอาจมีอาการเกี่ยวกับตา เช่น ตาแพ้แสง คันและแสบตา

แหล่งอาหารที่มีวิตามินบี 2 มาก คือ ตับ ไต ไข่ นม เนยแข็ง ยีสต์ และผักสีเขียวปริมาณวิตามินบี 2 ที่ควรได้รับวันละ 0.6 มิลลิกรัม/1000 กิโลแคลอรี สำหรับผู้สูงอายุที่รับประทานอาหารน้อยกว่า 2000 กิโลแคลอรี่ ควรได้รับอย่างน้อยวันละ 1.2 มิลลิกรัม

วิตามินบี 6

วิตามินบี 6 อาจอยู่ในรูปไพริดอกซีน ไพริดอกซอล หรือไพริดอกซามีน เมื่ออยู่ในร่างกายจะเปลี่ยนเป็นไพริดอกซอลฟอสเฟต หรือไพริดอกซามีนฟอสเฟต มีหน้าที่เกี่ยวกับการเผาผลาญโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน โดยเป็นโคเอนไซม์ของไกลโคเจนฟอสฟอริเลสทรานสอะมิเนส ดีคาร์บอกซิเลส และดีอะมิเนส นอกจากนี้วิตามินบี 6 ยังจำเป็นสำหรับการสร้างเฮโมโกลบิน การขาดวิตามินบี 6 พบได้น้อย เนื่องจากวิตามินบี 6 มีในอาหารทั่วไปการขาดวิตามินบี 6 อาจพบได้ในผู้ป่วยที่ใช้ยาบางชนิด หรือในเด็กที่มีการเผาพลาญอาหารผิดปกติ อาการขาดในผู้ใหญ่คือปลายประสาทอักเสบ ส่วนในเด็กมีอาการเกี่ยวกับระบบประสาทส่วนกลางผิดปกติ

แหล่งอาหารที่มีวิตามินบี 6 มากคือ เนื้อ ตับ ธัญญพืช ไข่ ปลา ผลไม้และผักบางชนิด ปริมาณวิตามินบี 6 ที่ควรได้รับแต่ละวัน ผู้ชาย 2.2 มิลลิกรัม ผู้หญิง 2.0 มิลลิกรัม

วิตามินบี 12

วิตามินบี 12 หรือไซยาโนโคบาลามิน เป็นสารที่จำเป็นสำหรับการทำงานของเซลล์ทุกชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งเซลล์ของไขกระดูก ระบบประสาท กระเพาะอาหารและลำไส้ การขาดวิตามินบี 12 ทำให้เกิดโรคโลหิตจาง และอาจมีอาการทางระบบประสาทด้วย

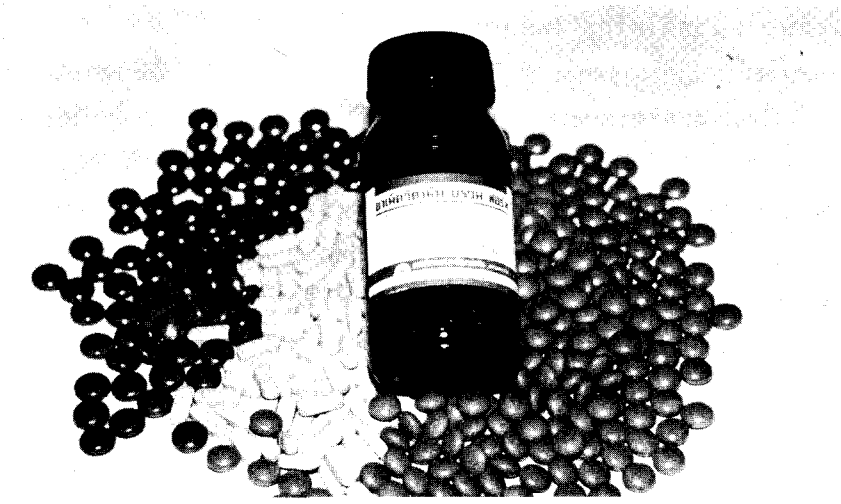
วิตามินบี 12 มีในผลิตภัณฑ์จากสัตว์เท่านั้น โดยพบมากใน ตับ เนื้อ ไข่ ปลา นม และผลิตภัณฑ์นม ปริมาณวิตามินบี 12 ที่ควรได้รับสำหรับผู้ใหญ่วันละ 3.0 ไมโครกรัม

ไนอะซิน และ ไนอะซินาไมด์

ไนอะซิน (กรดนิโคตินิก) และไนอะซินาไมด์ (นิโคตินาไมด์) เมื่ออยู่ในร่างกายจะเปลี่ยนเป็นนิโคตินาไมด์อะดีนีนไดนิวคลิโอไทด์ และนิโคตินาไมด์-อะดีนีนไดนิวคลิโอไทด์-

ฟอสเฟต เป็นโคเอนไซม์เกี่ยวกับแอนแอโรบิกออกซิเดชันของคาร์โบไฮเดรต และการสังเคราะห์ไขมัน ถ้าขาดไนอะซินหรือไนอะซินาไมด์ ทำให้เกิดโรคเพลลากรา (pellagra) ซึ่งทำให้ผิวหนังเป็นจ้ำ ๆ สีม่วง อาการอื่นที่อาจพบได้ เช่น ท้องเสีย ปวดท้อง ลิ้นอักเสบ เบื่ออาหาร ปวดศีรษะ

แหล่งอาหารที่มีไนอะซินและไนอะซินาไมด์ คือ เนื้อ ปลา ยีสต์ นอกจากได้จากอาหารแล้ว ร่างกายยังสามารถสร้างไนอะซินจากทริปโตเฟน (กรดอะมิโนชนิดหนึ่ง) เมื่อรับประทานทริปโตเฟน 60 มิลลิกรัม สามารถสร้างไนอะซินได้ 1 มิลลิกรัม การกำหนดปริมาณไนอะซินที่ควรได้รับประจำวันจึงกำหนดเป็นไนอะซินอิควิวาเลนท์ 1 ไนอะซินอิควิวาเลนท์ มีค่าเท่ากับไนอะซิน 1 มิลลิกรัม หรือทริปโตเฟน 60 มิลลิกรัม ผู้ใหญ่ควรได้รับไนอะซินวันละ 6.6 ไนอะซินอิควิวาเลนท์/1000 กิโลแคลอรี สำหรับผู้ที่ได้รับพลังงานน้อยกว่า 2000 กิโลแคลอรี ควรได้รับไนอะซินไม่น้อยกว่า 13 ไนอะซินอิควิวาเลนท์ต่อวัน



ไบโอติน

ไบโอติน เป็นโคเอนไซม์ในการเผาผลาญไขมันและในปฏิกิริยาคาร์บอกซิเลชัน ไบโอตินสามารถรวมกับอะวิดิน ซึ่งเป็นโปรตีนในไข่ขาวดิบ ทำให้วิตามินนี้ไม่สามารถถูกดูดซึมจากลำไส้ได้ ดังนั้นการรับประทานไข่ขาวดิบปริมาณมากเป็นเวลานาน ๆ อาจทำให้ขาดไบโอตินได้ การขาดไบโอตินตามปกติจะไม่พบ เนื่องจากไบโอตินมีในอาหารทั่วไป และสามารถสังเคราะห์โดยแบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้ได้

แหล่งอาหารที่มีไบโอตินมากคือ ไข่แดง นม เนื้อ ขณะนี้ยังไม่มีการกำหนดปริมาณไบโอตินที่ควรได้รับประจำวัน แต่เชื่อว่าผู้ใหญ่ควรได้รับไบโอตินวันละ 100-300 ไมโครกรัม

กรดแพนโทธีนิก

กรดแพนโทธีนิกเป็นวิตามินที่สำคัญในขบวนการทางชีววิทยา เป็นส่วนประกอบของโคเอนไซม์เอ มีหน้าที่เกี่ยวกับการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตและกรดไขมัน การสร้างสารที่จำเป็นในร่างกายหลายชนิด เช่น สะเตอรอยฮอร์โมน พอร์ไพริน

กรดแพนโทธีนิกพบในอาหารทั่วไป นอกจากนี้แบคทีเรียที่อยู่ในลำไส้ของคนยังสามารถสังเคราะห์ขึ้นได้ การขาดวิตามินนี้จึงไม่พบในคน

แหล่งอาหารที่มีกรดแพนโทธีนิก คือ เนื้อ ไข่ นม ธัญญพืช ผักและผลไม้ ขณะนี้ยังไม่มีการกำหนดปริมาณกรดแพนโทธีนิกที่ควรได้รับประจำวัน แต่มีข้อแนะนำว่าผู้ใหญ่ควรได้รับวันละ 4-7 มิลลิกรัม

กรดโฟลิก

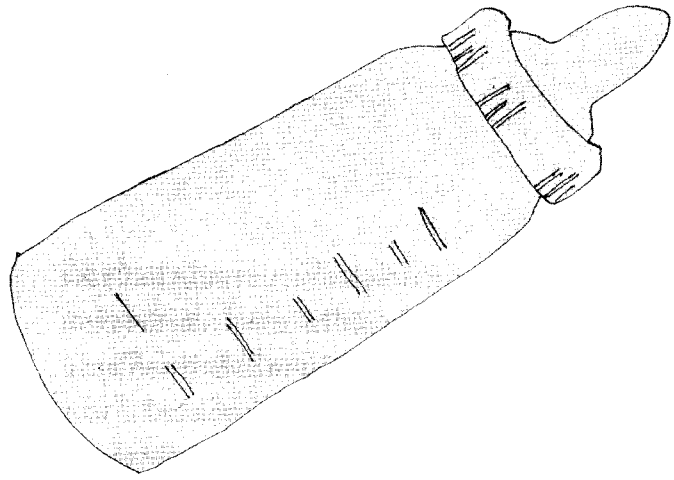
กรดโฟลิกหรือโฟลาซินเมื่ออยู่ในร่างกายจะถูกรีดิวซ์เป็นเตตระไฮโดรโฟเลต ซึ่งเป็นโคเอนไซม์ในขบวนการต่าง ๆ เช่น การสังเคราะห์เพียวรีนและไพริมิดีนนิวคลิโอไทด์ (หรือการสังเคราะห์ดีเอนเอ) การเปลี่ยนแปลงของกรดอะมิโน การสร้างและการใช้ฟอร์เมต ถ้าขาดกรดโฟลิกทำให้เป็นโรคโลหิตจาง

แหล่งอาหารที่มีกรดโฟลิกมาก คือ ไต ตับ ยีสต์ ถั่วต่าง ๆ และผักสีเขียว ปริมาณกรดโฟลิกที่ควรได้รับ เด็กโตและผู้ใหญ่ควรได้รับวันละ 400 ไมโครกรัม

นอกจากวิตามินทั้ง 8 ชนิดนี้แล้ว ยังมีสารอินทรย์อีก 3 ชนิด ที่จัดว่าอยู่ในกลุ่มของวิตามินบี คือ กรดพารา-อะมิโนเบนโซอิก โคลีน และอิโนซิทอล วิตามินทั้ง 3 ชนิดนี้มีความสำคัญในการเผาผลาญอาหารในเซลล์ของพืชและสัตว์ ตัวมันเองเดี่ยว ๆ ไม่มีความสำคัญในโภชนาการของคน

จะเห็นได้ว่าวิตามินบีมีอยู่ในอาหารทั่ว ๆ ไป ไม่มีอาหารชนิดใดที่จะมีวิตามินครบทุกชนิด จึงต้องรับประทานอาหารให้ครบทุกประเภท ถ้าเลือกรับประทานอาหารให้ถูกต้องและเหมาะสมแล้ว การขาดวิตามินคงจะไม่เกิดขึ้น อย่างไรก็ตาม อาการขาดวิตามินอาจเกิดขึ้นได้ในคนที่มีการดูดซึมอาหารผิดปกติ หรือผู้ที่มีความต้องการวิตามินเพิ่มขึ้น เช่น เด็กในระยะเจริญเติบโต สตรีมีครรภ์และให้นมบุตร คนที่เป็นโรคไธรอยด์หรือเป็นไข้ สำหรับผู้ที่รับประทานอาหารเพื่อควบคุมน้ำหนัก หรือรับประทาน

(อ่านต่อหน้า 10)



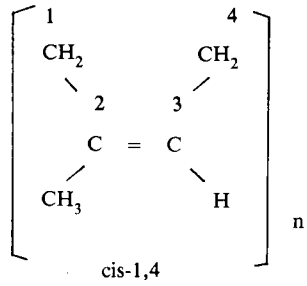
หัวนมยางสำหรับขวดนม

เปรมใจ อรรถกิจการค้า

ในปัจจุบันได้มีการรณรงค์ให้เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมแม่กันอย่างกว้างขวาง เนื่องจากน้ำนมแม่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีภูมิคุ้มกันโรค สะดวก สะอาด ประหยัด และปลอดภัย แต่ภาวะเศรษฐกิจในปัจจุบันสตรีไม่สามารถให้นมลูกได้จนลูกเติบใหญ่ต้องออกไปทำงานนอกบ้าน การเลี้ยงลูกด้วยนมผงจึงได้เข้ามามีบทบาทอย่างมาก หัวนมยางจึงกลายเป็นสิ่งจำเป็นในชีวิตประจำวันของทารกที่กินนมผง หากคุณภาพของหัวนมยางไม่ได้มาตรฐานอาจมีผลเสียต่อสุขภาพและชีวิตของทารก ดังนั้น การเลือกใช้ต้องคำนึงถึงความปลอดภัย นอกเหนือจากความทนทาน ความสะดวกและขนาดของหัวนมยางที่เหมาะสมกับปากของทารก

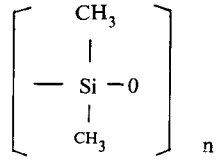
หัวนมยางนั้นมีทั้งที่ผลิตขึ้นในประเทศและนำเข้าจากต่างประเทศ ลักษณะทั่วไปจะต้องมีผิวเรียบไม่ปรากฏลักษณะบกพร่อง เช่น รอยถลอก รอยเปื้อน สิ่งเจือปนในเนื้อยางที่มองเห็นได้ ฟองอากาศ รอยฉีกขาด รอยด่าง และต้องไม่มีสีที่เกิดจากการเติมแต่งใด ๆ รวมอยู่ด้วย

หัวนมยางทำจากยางธรรมชาติ ซึ่งเป็นโพลิเมอร์ (polymer) ของ ซิส-1,4- โพลิโอโซพรีน (cis-1, 4-polyisoprene) โครงสร้างประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอนและไฮโดรเจน คือ



cis-1,4

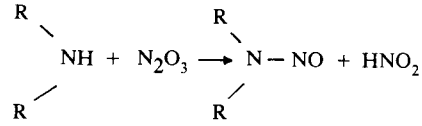
หรือทำจากยางสังเคราะห์จำพวกยางซิลิโคน ซึ่งเป็นโพลิเมอร์ของโพลิไซโลเซน (polysiloxane) โครงสร้างประกอบด้วยอะตอมของซิลิคอนและออกซิเจน คือ



polysiloxane

ยางซิลิโคนนี้สามารถทำให้คงรูป (vulcanize) ด้วยสารประกอบเปอร์ออกไซด์ โดยกำจัดไฮโดรเจนออกจากหมู่เมทธิล ($-CH_3-$) ในอะตอมของซิลิคอน ทำให้พันธะของคาร์บอนที่เหลือเกิดการเชื่อมข้าม (crosslinks)

เนื่องจากในกรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์ยางจะต้องมีการใช้สารเคมีจำนวนหลายตัวเพื่อจุดประสงค์ต่าง ๆ กัน เช่น สารทำให้คงรูป (vulcanizing agents) สารเร่งปฏิกิริยา (accelerators) สารช่วยให้สารเร่งปฏิกิริยาทำงานได้ดีขึ้น (activators) สารป้องกันการเสื่อมสภาพ (antioxidants) สารตัวเติม (fillers) สารทำให้คงตัว (stabilizers) เป็นต้น สารเคมีบางตัวก็เป็นสารก่อมะเร็ง หรือทำให้เกิดสารก่อมะเร็งขึ้น เช่น ไนโตรซามีนเป็นสารก่อมะเร็งเกิดจากการใช้สารประกอบพวกเอมีนเป็นตัวเร่ง โดยรวมกับออกไซด์ของไนโตรเจน ดังสมการ



amine nitrosamine

ในประเทศไทย กองวิเคราะห์อาหาร กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ โดยลัดดาวัลย์ โรจนพรรณทิพย์ ได้ทำการศึกษาวิจัยหาปริมาณไนโตรซามีนในหัวนมยางสำหรับขวดนมที่ผลิตภายในประเทศ และนำเข้าจากต่างประเทศ ทั้งที่ทำจากยางธรรมชาติและยางซิลิโคน พบว่า หัวนมยางที่นำเข้ามาจากต่างประเทศมีปริมาณไนโตรซามีนสูงกว่าหัวนมที่ผลิตในประเทศ หัวนมชนิดยางธรรมชาติมัก

ตรวจพบไนโตรซามีน ส่วนชนิดซิลิโคนพบน้อยมาก และระดับของไนโตรซามีนที่พบในหัวนมชนิดยางธรรมชาติค่อนข้างสูงกว่าชนิดซิลิโคน หัวนมชนิดเดียวกันแต่รุ่นที่ผลิตต่างกันจะพบไนโตรซามีนในปริมาณที่แตกต่างกัน

จากการวิจัยนี้จะเห็นว่าหัวนมยางที่ทำจากยางธรรมชาติมีปริมาณไนโตรซามีนมากกว่าหัวนมยางที่ทำจากยางซิลิโคน ดังนั้น ในการเลือกซื้อควรเลือกซื้อหัวนมยางที่มีสีขาวใสซึ่งทำจากยางซิลิโคนจะดีกว่า

หัวนมยางที่อยู่ในเกณฑ์ปลอดภัยตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหัวนมยางสำหรับขวดนม ในเนื้อยางจะต้องมีปริมาณตะกั่วและแคดเมียมอย่างละไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณไนโตรซามีนรวมไม่เกิน 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม นอกจากจะกำหนดคุณลักษณะด้านความปลอดภัยของเนื้อยาง แล้วยังได้กำหนดคุณลักษณะด้านความปลอดภัยเกี่ยวกับการละลายของสารเคมีด้วย คือ ปริมาณฟีนอลไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรของสารละลาย ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ไม่เกิน 4 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรของสารละลาย, ปริมาณสังกะสีและปริมาณสิ่งที่เหลือจากการระเหย ไม่เกิน 1 และ 40 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตรของสารละลาย ตามลำดับ, ปริมาณโลหะหนัก (เทียบเป็นตะกั่ว) ไม่เกิน 1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

กรมวิทยาศาสตร์บริการ เป็นหน่วยงานที่ให้บริการวิเคราะห์ทดสอบผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ รวมทั้งหัวนมยางสำหรับขวดนม ผู้สนใจต้องการใช้บริการด้านวิเคราะห์ทดสอบเกี่ยวกับหัวนมยาง โปรดติดต่อ กองฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ ในวันและเวลาราชการ

เอกสารอ้างอิง

Roberts A.D. **Natural rubber science and technology.** New York : Oxford University Press, 1990. p. 224-225

Morton, Maurice **Rubber technology.** 3 rd ed. New York : Van Nostrand Reinhold Co., 1987. p.12

Chichester, C.O. **Advances in food research,** V 22. New York, Academic Press, Inc, 1976. p.9

ลัดดาวัลย์ โรจนพรรณทิพย์ ไนโตรซามีนในหัวนมยางสำหรับเด็ก **วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์**, กรกฎาคม-กันยายน, 2530, ปีที่ 29, ฉบับที่ 3, หน้า 221.

วิตามินบี (ต่อจากหน้า 8)

อาหารมังสะวิรัติชนิดที่ไม่รับประทานนมและไข่ มีโอกาสขาดวิตามินบีได้ การรับประทานยาปฏิชีวนะบางชนิดจะไปทำลายแบคทีเรียที่สร้างวิตามินบีในลำไส้ ดังนั้นการรับประทานยาปฏิชีวนะนาน ๆ อาจทำให้เกิดการขาดวิตามินบีได้เช่นกัน

เอกสารอ้างอิง

Martindale the extra pharmacopocia. Edited by James EF Reynolds. 29 th ed. London : The Pharmaceutical Press, 1989, p. 1257-1277.

National Research Council. Division of Biological Sciences. Assembly of Life Sciences. **Recommended dietary allowances.** 9 th rev. ed. Washington, D.C. : National Academy of Sciences, 1980, p. 82-124.

Remington's pharmaceutical sciences. 18 th ed. Managing edited by John E Hoover. In Vanderveen, Ernestine and Vanderveen, John E. Vitamins and other nutrients. Pennsylavania : Mack Publishing Co., 1990, Chapter 51. p. 1013-1021

การกำจัดขยะกับพลาสติกที่ย่อยสลายได้

จิรพร โชติสมิทธิ์กุล

ปัญหาสภาวะแวดล้อมรอบตัวเราในปัจจุบันนี้ นับเป็นปัญหาที่สำคัญควรรีบเร่งแก้ไขเพื่อชีวิตความเป็นอยู่และสุขภาพของเราทุกคน แต่สภาพของปัญหาสภาวะแวดล้อมนี้ไม่เห็นเด่นชัดเหมือนปัญหาการจราจรที่มีรถจอดติดอยู่มากมายบนท้องถนน จึงเป็นเหตุให้ปัญหาสภาวะแวดล้อมไม่ได้รับการแก้ไขอย่างจริงจัง หากแต่ถ้าพิจารณาให้ดีแล้วจะเห็นได้ว่า ปัญหาสภาวะแวดล้อมเป็นสิ่งที่สัมผัสได้ มองเห็นได้ เช่น ปัญหาทางอากาศที่เกิดจากกลิ่น หรือไอของสารต่าง ๆ รวมไปถึงเขม่าหรือฝุ่นละอองในอากาศที่เป็นผลจากยวดยานบนท้องถนน และโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ หรือปัญหาทางน้ำที่เกิดจาก การทิ้งของเสียจากชุมชนและอุตสาหกรรมลงสู่แหล่งน้ำ เป็นต้น

นอกจากนี้ปัญหาวัสดุเหลือทิ้งหรือขยะมูลฝอยก็เป็นปัญหาใหญ่ของทุกประเทศทั่วโลก เพราะทุกคนต้องกินต้องใช้จึงเกิดมีของเหลือใช้ทิ้งขว้างอยู่ในขยะ ซึ่งแต่ละประเทศต่างก็หาวิธีกำจัดขยะแตกต่างกันไปตามอัตภาพของตน ดังนี้

1. **กำจัดโดยการฝังดิน** วิธีนี้มักใช้กับพื้นที่ที่เป็นดินเหลว มีการทรุดตัวของดินมาก หรือใช้เพื่อขยายพื้นที่ออกไปในทะเล เช่น ประเทศสิงคโปร์ ฮ่องกง และเนเธอร์แลนด์ที่นำขยะมาบดแล้วใช้ถมที่ แต่วิธีนี้ควรระวังถึงการระบายแก๊สมีเทนที่เกิดจากการย่อยสลายของขยะโดยธรรมชาติที่อาจระเบิดได้เมื่อได้รับความร้อน

2. **กำจัดโดยการเผา** จะกำจัดได้เกือบหมดแต่ต้องระวังในด้านมลพิษทางอากาศ เพราะขยะพลาสติกบางชนิดจะให้ไอที่กัดกร่อน การสร้างเตาเผาที่มีประสิทธิภาพสูง และการดำเนินการเผาขยะแต่ละครั้ง ต้องเสียค่าใช้จ่ายสูง ในประเทศไทยมีเตาเผาขยะใช้แต่ประสิทธิภาพยังไม่ดีเท่าที่ควรอาจก่อมลพิษขึ้นได้ดังกล่าว สำหรับเตาเผาขยะที่มีประสิทธิภาพสูงที่สามารถควบคุมมลพิษทางอากาศได้นั้นจะมีผลพลอยได้เป็นสารละลายกรดชนิดต่าง ๆ ตามชนิดของขยะที่นำมาเผาและได้พลังงานความร้อนที่สามารถนำไปปรับปรุงใช้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้

3. **กำจัดโดยการกองทิ้งไว้ให้สลายเอง** เป็นวิธีที่ใช้กันอยู่ในประเทศที่ด้อยพัฒนา เพราะสะดวกและเสียค่าใช้จ่ายน้อย แต่มีผลเสียต่อสภาวะแวดล้อมและสุขภาพของประชาชนจากกลิ่นที่เหม็นไปทั่วบริเวณใกล้เคียงทั้งยังเป็นแหล่งเพาะเชื้อโรคต่าง ๆ ด้วย

4. **กำจัดโดยการนำกลับมาใช้ใหม่** วิธีนี้แบ่งได้เป็น 4 แบบ คือ

4.1 โดยการล้างทำความสะอาดแล้วเปลี่ยนแปลงรูปแบบ และ เติมสี เช่น บรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ และของเล่นเด็กชนิดที่มีสีสด แต่เนื้อในขุ่นจะมีการปนเปื้อนของโลหะหนักในสี และมีสารตกค้างที่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้

4.2 โดยการแปรรูปเพื่อใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง เช่น การทำอิฐบล็อกของประเทศญี่ปุ่นที่ได้จากการอัดขยะเป็นแท่ง แล้วชุบยางแอสฟัลต์ (asphalt) หรือเทคอนกรีตหุ้ม นอกจากนี้ยังมีการทำหินเซรามิก (ceramic rock) ของประเทศออสเตรเลียที่ได้จากการนำขยะที่แยกโลหะหนักออกแล้วมาบดเป็นผงแล้วผสมกับน้ำและดินขึ้นรูปเป็นแผ่น ตากให้แห้งแล้วเผา

4.3 โดยการแปรรูปเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ เช่น การทำยีสต์จากขยะเพื่อใช้เป็นโปรตีนเลี้ยงสัตว์ของประเทศออสเตรเลียซึ่งมีคุณค่าสูงเทียบเท่ากับโปรตีนจากเนื้อสัตว์และถั่วเหลือง

4.4 โดยการแปรรูปเพื่อใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิง จากผลการวิจัยของบริษัทโตชิบา ประเทศญี่ปุ่น สามารถทดลองผลิตน้ำมันเชื้อเพลิงได้จากการนำขยะพลาสติกมาตัดเป็นชิ้น ๆ แล้วต้มกลั่นกับด่างเข้มข้น ซึ่งวิธีนี้ช่วยกำจัดขยะพลาสติกชนิดที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศจากการเผาได้ด้วย

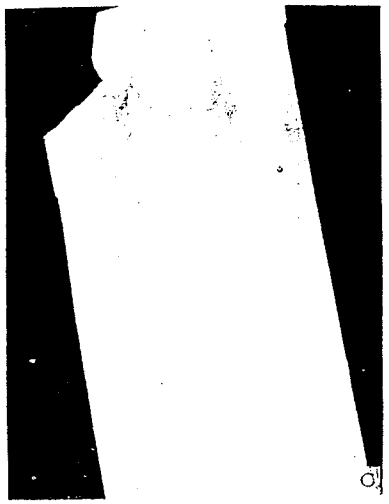
จากวิธีการกำจัดขยะที่กล่าวมาโดยรวมแล้วนั้น จะเห็นว่ามีเพียงวิธีการนำกลับมาใช้ใหม่วิธีเดียวเท่านั้นที่กำจัดขยะพลาสติกได้ดี แต่ในปัจจุบันนี้ได้มีการใช้ผลิตภัณฑ์พลาสติกกันมากมายนับตั้งแต่ของเล่นเด็ก ภาชนะบรรจุอาหาร อุปกรณ์เครื่องใช้ในครัวเรือนและสำนักงาน เครื่องประดับเฟอร์นิเจอร์ และยวดยานพาหนะต่าง ๆ ล้วนแต่มีส่วนประกอบเป็นพลาสติกทั้งสิ้น และของเลือกใช้พลาสติกก็เพิ่มขึ้นจนกำจัดไม่ทัน เห็นทิ้งขว้างกันอยู่ทั่วไป ขยะพลาสติกเหล่านี้มักมีน้ำหนักเบาจึงก่อปัญหาเพิ่มขึ้นจากการลอยตามน้ำ หรือปลิวตามลมและสะสมจนเกิดการตื้นเขินของแหล่งน้ำและการอุดตันของท่อระบายน้ำที่เป็น

ปัญหาต่อชุมชนอย่างมาก เนื่องจากคุณสมบัติที่สลายตัวได้ยากของพลาสติกประกอบกับมีปริมาณมากเมื่อเทียบกับวัสดุอื่นที่มีน้ำหนักเท่ากัน จึงเห็นมีขยะพลาสติกอยู่ในปริมาณที่มากมาย

ดังนั้นบรรดานักวิจัยจึงสนใจที่จะทดลองผลิตพลาสติกชนิดที่ย่อยสลายได้ (degradable plastic) ขึ้นมาเพื่อย่นระยะเวลาการสลายตัวของพลาสติกให้เร็วขึ้น ซึ่งได้ใช้กันมานานแล้วในด้านการแพทย์โดยเฉพาะวัสดุทางการแพทย์ เช่น ไหมละลายได้ที่ใช้เย็บแผล แคปซูลบรรจุยาคุมกำเนิดชนิดฝัง และแคปซูลบรรจุยาต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งล้วนเป็นพลาสติกที่สังเคราะห์จากสารที่มีในธรรมชาติ เช่น เซลลูโลส และกรดแลคติก เป็นต้น

คำว่าพลาสติกที่ย่อยสลายได้ที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้ หมายถึงพลาสติกสังเคราะห์ที่มนุษย์ทำขึ้น ซึ่งจะสามารถย่อยสลายจนกระทั่งรวมตัวกับเนื้อดินได้ในที่สุด และพลาสติกชนิดนี้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

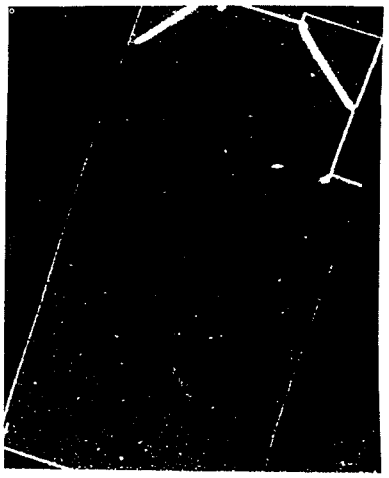
1. **พลาสติกที่สลายได้ด้วยแสงและรังสี** (photodegradable plastics) ซึ่งจะต้องปล่อยให้พลาสติกได้รับแสงอาทิตย์โดยตรงในช่วงระยะเวลาหนึ่งจึงจะเสื่อมสภาพ โดยมีลักษณะเปราะแตกหักเป็นชิ้นเล็ก ๆ ได้ และจากการทดลองสังเคราะห์ พลาสติกชนิดโพลิโพรพิลีน (polypropylene) โดยเติมสารเร่งปฏิกิริยาแล้วให้ได้รับแสงแดดโดยตรง กับให้ได้รับแสงไฟภายในตัวอาคารเปรียบเทียบกันผลปรากฏว่าชิ้นที่อยู่นอกอาคารจะเปราะ แต่ชิ้นที่อยู่ในอาคารจะไม่เปราะ ดังภาพที่1-3



ภาพที่ 1 แผ่นพลาสติกโพลิโพรพิลีนที่ไม่ได้เติมสารเร่งปฏิกิริยา ได้รับแสงอาทิตย์นาน 8 เดือน

ภาพที่ 2 แผ่นพลาสติกโพลิโพรพิลีนที่เติมสารเร่งปฏิกิริยา ได้รับแสงอาทิตย์ นาน 2 เดือน (ช่วงฤดูร้อน)

นอกจากนี้ยังพบว่า ได้มีการใช้พลาสติกชนิดนี้กันมากในด้านการเกษตร โดยใช้แผ่นพลาสติกคลุมดิน



ภาพที่ 3 แผ่นพลาสติกโพลิโพรพิลีนที่เติมสารเร่งปฏิกิริยาได้รับแสงไฟในตัวอาคาร นาน 30 เดือน

ในการเพาะปลูก ซึ่งมีข้อดี คือ สามารถควบคุมระดับความชื้นของดิน ทำให้ลดภาวะการให้น้ำ ป้องกันแมลงรบกวน ควบคุมอุณหภูมิของดินโดยอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นประมาณ 5.5 องศาเซลเซียส เมื่อใช้พลาสติกชนิดใส และจะเพิ่มขึ้นประมาณ 1.7-2.7 องศาเซลเซียส เมื่อใช้พลาสติกสีดำหรือสีคล้ำ และเมื่อผ่านพ้นฤดูกาลเพาะปลูกแล้ว พลาสติกนี้จะกรอบป่นได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าใช้พลาสติกที่ย่อยสลายได้ ประเภทโพลิโอเลฟิน (polyolefin) และโพลิไอโซบิวทิลีนออกไซด์ (poly iso-butylene oxide) ในการคลุมดิน และผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการย่อยด้วยแสง แล้วนี้จะไม่มีผลเสียต่อวัฏจักรของคาร์บอน (carbon cycle) ในดินเลย

2. **พลาสติกที่ย่อยสลายได้ด้วย**

กระบวนการทางชีวภาพ (biodegradable plastics) โดยการเติมสารอินทรีย์ที่เป็นอาหารของจุลินทรีย์ลงในขั้นตอนของการผลิตพลาสติกเพื่อให้จุลินทรีย์ย่อยสลายโดยการปล่อยน้ำย่อย หรือ เอนไซม์ (enzyme) ออกมาย่อยสลายสารที่เป็นอาหารทั้งนี้ต้องมีความชื้น อุณหภูมิ และอากาศที่เหมาะสม ซึ่งจะใช้เวลาในการย่อยสลายนานประมาณ 2-3 ปี จากผลการทดลองย่อยสลายพลาสติกบรรจุของชนิดต่าง ๆ ด้วยจุลชีพ โดยการพ่นเชื้อจุลินทรีย์ (Aspergillus niger, Pennicillium funiculosum, Chaetonium globosum, Gliocaldium Vireus, Aureobasidium pullulans) ลงบนชิ้นพลาสติกซึ่งวางอยู่บนก้อนวุ้นเลี้ยงเชื้อที่มีสารอาหารอื่น ๆ ครบถ้วน ยกเว้นสารอาหารที่เป็นธาตุคาร์บอน (C) ทำการเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ ประมาณ 28-30 องศาเซลเซียสนาน 21 วัน พบว่าเชื้อเจริญเติบโตได้ดีที่สุดบนชิ้นพลาสติกประเภทโพลิเอสเตอร์ (polyester) ที่เตรียมมาจากอะลิฟาติกเอสเตอร์ไดโอล (aliphatic ester diol) และเจริญได้บ้างบางส่วนบนพลาสติกประเภทโพลิเอทิลีน (polyethylene) และพีวีซี (PVC) ที่มีน้ำมันถั่วเหลืองเป็นพลาสติกไซเซอร์ (plasticizer) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บนชิ้นพลาสติกประเภทต่าง ๆ

Polymer	Growth rating*
1. Polyethylene household wrap	2
2. Sample 1 extracted with toluene	1
3. PVC-epoxidized soybean oil plasticizer	3
4. Sample 3 extracted with toluene	1
5. Prolypropylene	1
6. Polystyrene	1
7. Polyvinylidene chloride	1
8. Acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer (ABS)	0
9. ABS-polycarbonate blend	0
10. Butadiene-acrylonitrile rubber	0
11. Styrene-acrylonitrile copolymer	0
12. Rubber-modified polystyrene	0
13. Styrene-butadiene block copolymer	1
14. Polymethyl methacrylate	0
15. Polyethylene terephthalate	0
16. Polycylohexanedimethanol terephthalate	0
17. Bisphenol A polycarbonate	0
18. Poly-4 methyl-l-pentene	0
19. Polyisobutylene	0
20. Chlorosulfonated polyethylene	0
21. Cellulose acetate or butyrate	0
22. Nylon-6, nylon-66, nylon-12	0
23. Polyurethane (polyester)	4

Polymer	Growth rating*
24. Caprolactone polyester	4
25. Caprolactone polyester urethane	4
26. Polyvinyl butyral	0
27. Polyformaldehyde	0
28. Polyvinyl ethyl ether	0
29. Polyvinyl acetate	1

* C : none

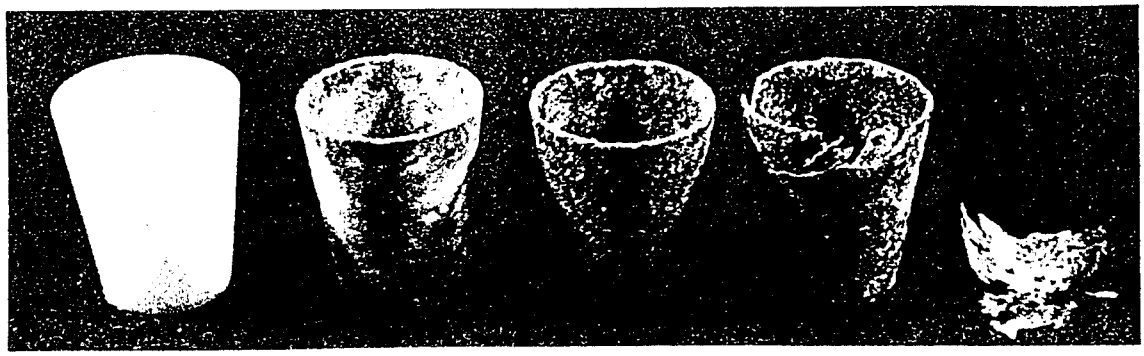
1 : trace of growth ($<$ 10%)

2 : light growth (10-30%)

3 : medium growth (30—60%)

4 : heavy growth (60% to complete coverage)

จากการศึกษาผลการย่อยสลายของพลาสติกประเภท คาโพรแลคโตนโพลิเอสเตอร์ (caprolactone polyester) โดยสิ่งมีชีวิตในดิน ที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน พร้อมศึกษาลักษณะผิวพลาสติกด้วยเครื่องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (scanning electron microscope, SEM) พบว่า ชิ้นตัวอย่างจะสลายได้ถึง ร้อยละ 95 โดยน้ำหนัก เมื่อฝังดินนาน 12 เดือน ดังภาพที่ 4 และตารางที่ 3

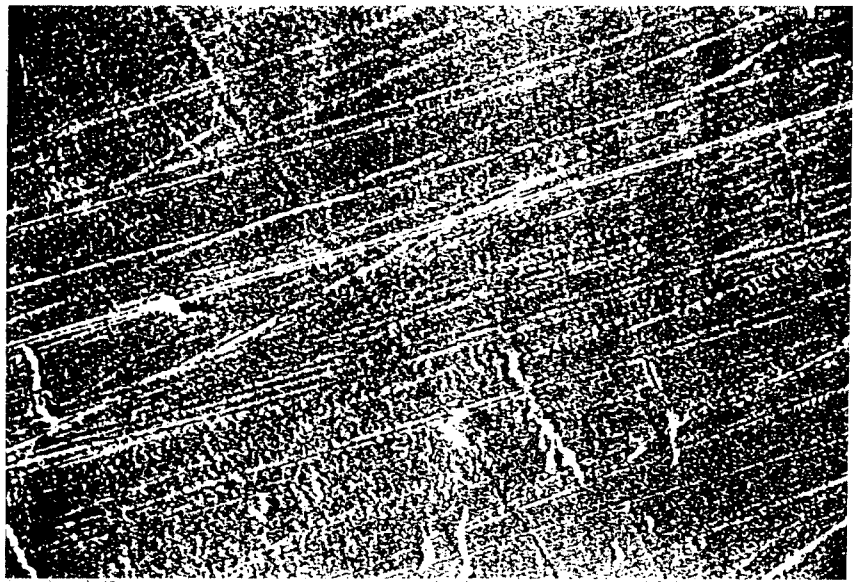


ภาพที่ 4 แสดงลักษณะของพลาสติกคาโพรแลคโพลิเอสเตอร์ ที่ผ่านการฝังดิน นาน 0, 2, 4, 6 และ 12 เดือน ตามลำดับ

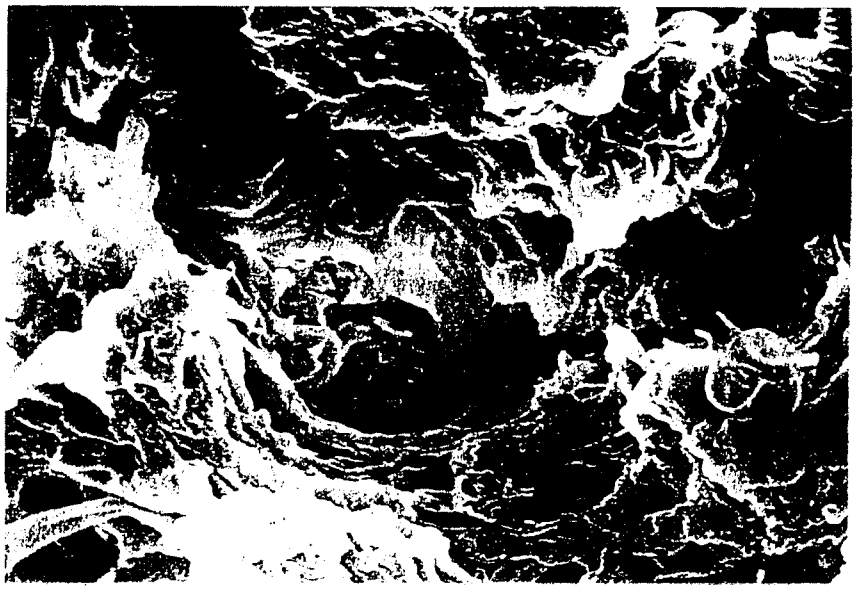
ตารางที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่ฝังกับน้ำหนักที่สูญหายไปของชิ้นตัวอย่างในภาพที่ 4

Months of burial	Weight loss percent
0	0
2	12
4	29
6	48
12	95

จากภาพถ่ายลักษณะผิวของชิ้นตัวอย่างที่ฝังดินนาน 2 เดือน จะเห็นรูพรุนได้ชัดเจนเมื่อเทียบกับผิวตัวอย่าง ก่อนฝัง ดังภาพที่ 5 และ 6



ภาพที่ 5 ลักษณะผิวพลาสติก คาโพรแลคโตนโพลิเอสเตอร์ ก่อนฝัง (SEM กำลังขยาย 980 เท่า)



ภาพที่ 6 ลักษณะผิวพลาสติก คาโพรแลคโตนโพลิเอสเตอร์ ที่ฝังดินนาน 2 เดือน (SEM กำลังขยาย 950 เท่า)

ปัจจุบันนี้ได้มีการวิจัยในประเทศต่าง ๆ ในด้านการผลิตพลาสติกประเภทโพลิเอทิลีน ผสมกับเยื่อไม้ แป้ง ถั่วเหลือง น้ำตาล หัวผักกาดที่ใช้ทำน้ำตาล เศษมันฝรั่ง และหางนมที่เหลือจากการทำเนย เพื่อกระตุ้นให้เกิดการย่อยสลายโดยแบคทีเรีย (bacteria) พบว่า สำหรับถุงพลาสติกที่ต้องการความแข็งแรงทนทาน ควรผสมกับ เซลลูโลสหรือเยื่อต่าง ๆ แต่ถ้าใช้แป้งข้าวโพดผสมในปริมาณ ร้อยละ 30-60 โดยน้ำหนัก จะได้ถุงพลาสติกสีขาวขุ่นที่มีความทนทานน้อย ย่อยสลายง่ายขึ้น และราคาถูกลงด้วย

ถึงแม้ว่าจุลินทรีย์จะสามารถย่อยสลายพลาสติกได้ แต่มีข้อจำกัด คือ จะย่อยได้ดีสำหรับพลาสติกที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่า 500 ดังนั้นจึงมีการพัฒนาพลาสติกให้ย่อยสลายด้วยแสงจนเปราะ แตกหักเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย เพื่อลดน้ำหนักโมเลกุลของพลาสติกลงก่อน จึงสลายต่อด้วยจุลินทรีย์ในธรรมชาติ ได้เป็นกรดไขมันที่สิ่งมีชีวิตต้องการใช้ในการเจริญเติบโต

จากผลการวิจัยของประเทศญี่ปุ่นในการทดลองผลิตพลาสติกที่ย่อยสลายได้ โดยการสังเคราะห์พลาสติกจากกรดแลคติก พบว่า สามารถย่อยสลายได้ทั้งในน้ำและในดิน ภายในเวลา 1 ปี ได้เป็นน้ำและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งพลาสติกชนิดนี้มีความแข็งแรงกว่าชนิดโพลิเอทิลีนถึง 4 เท่า มีความใสและแข็งแรงเทียบเท่ากับพลาสติกชนิดปิโตรเลียม แต่ไม่ก่อมลภาวะทางอากาศเมื่อถูกเผา ซึ่งคาดว่าจะสามารถจำหน่ายได้ในราคาประมาณกิโลกรัมละ 800 เยน และจากการทดลองใช้พลาสติกผสมกับแป้งผลิตเป็นลูกโป่งพลาสติกที่สามารถย่อยสลายได้ด้วยจุลชีพในเวลา 4 เดือน และเปลี่ยนเป็นน้ำและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้ในเวลา 1 ปี ทั้งยังสลายได้ในน้ำทะเล และไม่ก่อมลภาวะทางอากาศเมื่อถูกเผา

ในด้านการใช้พลาสติกที่ย่อยสลายได้ในประเทศไทยนั้น พบว่าเริ่มมีการใช้บ้างตามห้างสรรพสินค้าใหญ่ ๆ บางแห่งในกรุงเทพมหานคร เฉพาะในรูปแบบของถุงพลาสติกชนิดมีหูหิ้ว โดยมีข้อความระบุที่ข้างถุงว่า "ถุงย่อยสลายด้วยพลังงานแสงอาทิตย์

และกระบวนการทางชีวภาพ" นั่นคือ พลาสติกจะสลายตัวด้วยแสงอาทิตย์ก่อนที่จะถูกย่อยสลายต่อด้วยจุลินทรีย์ ซึ่งอาจจะนำมาทำปุ๋ยหมักได้ต่อไปในอนาคต แม้ว่าการใช้พลาสติกที่ย่อยสลายได้ในประเทศไทยจะเริ่มมีบ้างแล้ว แต่ก็น้อยและการที่ลดปริมาณขยะพลาสติกด้วยวิธีการใช้พลาสติกที่ย่อยสลายได้นี้ ก็จะช่วยลดปริมาณขยะได้ในระดับหนึ่งเท่านั้น เพราะการย่อยสลายต้องใช้เวลาประมาณ 3 ปี เป็นอย่างน้อย ดังนั้น การนำกลับมาใช้ใหม่จึงยังสำคัญต่อการลดปริมาณขยะอยู่นั่นเอง การทิ้งขยะโดยแยกประเภทของชุมชนจึงจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะเป็นการลดปัญหาสิ่งปนเปื้อนต่าง ๆ จากเศษอาหารที่บูดเน่า หน่วยงานของรัฐทุกแห่งจึงควรที่จะจัดทำเพื่อเป็นแบบอย่างที่ดีแก่ประชาชน

เอกสารอ้างอิง

Chukoh Chemical Industries, Ltd. Biodegradable plastic balloon. **New Technology & Products,** January, 1993, p. 41.

Downey, Charles. Biodegradable bags. **Chem Matters,** October, 1991 vol. 9, No. 3, p. 4-6.

Encyclopedia of polymer science and engineering. 2 nd ed. vol. 1. New York : John willey & Sons, 1985. Agricultural applications, p. 612.

Encyclopedia of polymer science and engineering. 2 nd ed. vol. 2. New York : John Willey & Sons, 1985. Biodegradable polymer, p. 220.

Encyclopedia of polymer science and engineering. 2 nd ed. vol. 4. New York : John Willey & Sons, 1986. Depolymerization. p. 741.

Guillet, James. **Polymers and ecological problems.** New York : Plenum Press, 1973. 206 p. (Polymer science and technology vol. 3)

Klemchuk, PP. Degradable plastics : a criticle review. **Polymer Degradable and Stability,** 1990, vol. 27, p. 183-202.

Shimadzu Corporation. Biodegradable plastic based on lactic acid. **New Technology & Products,** April, 1993, p.41 - 42.

Toshiba Corporation. Oil regeneration from chlorinated and other thermoplastic wastes. **New Technology & Products,** April, 1993, p. 42.

กสิกรไทย, ธนาคาร. ฝ่ายวิชาการ. บรรจุภัณฑ์พลาสติกที่ใช้แล้ว : ขยะไฮเทคที่ต้องเร่งแก้ไข. **สรุปข่าวธุรกิจ**, พฤศจิกายน, 2533, ปีที่ 21, ฉบับที่ 22, หน้า 6 - 14.

กฤษฎา สุชีวะ. มลภาวะจากพลาสติกและแนวทางแก้ไขปัญหา. วารสารวิทยาศาสตร์, เมษายน-มิถุนายน 2530, ปีที่ 41, ฉบับที่ 4-6 หน้า 291-299.

ทิพย์มนต์ ศิวะเกื้อ. ทำลายเสียเถิดพลาสติกที่ใช้แล้ว. **วารสารเคมี**, 2524, ปีที่ 5, ฉบับที่ 5, หน้า 70-72.

ธนิต เชษฐสุมน. ขยะ : ไม่ใช่ขยะอย่างที่พูด **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, กรกฎาคม-ธันวาคม, 2535, ปีที่ 7, ฉบับที่ 3, หน้า 96-98

ธเรศ ศรีสถิตย์. มลภาวะของพลาสติกและโฟม, **จุลสารสภาวะแวดล้อม**, พฤศจิกายน-ธันวาคม 2533, ปีที่ 9, ฉบับที่ 6, หน้า 8-13.

บรรเจิด ศะศิธร. ประโยชน์จากขยะ. **บทความวิทย์ฯ : วิทยาศาสตร์สำหรับประชาชน ครั้งที่** 488. กรกฎาคม, 2535, วันที่ 22, 4 หน้า.

โภคา สิงหวิลัย. ปัญหาพลาสติกที่ใช้แล้ว. **บทความวิทย์ฯ : วิทยาศาสตร์สำหรับประชาชน ครั้งที่** 451. มิถุนายน, 2532, วันที่ 27, 3 หน้า

อภิชาติ สุขสำราญ. การใช้พลาสติกที่ย่อยสลายได้ : ทางแก้ปัญหาหรือก่อปัญหา. **วารสารพลาสติก**, พฤษภาคม-มิถุนายน, 2528, ปีที่ 2, ฉบับที่ 8, หน้า 5-11.

ข่าวทั่วไปใน วว

นายปรีชา มุสิกุล
รัฐมนตรีช่วยว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ
และคณะเยี่ยมชมการปฏิบัติงาน
ของกรมวิทยาศาสตร์บริการ
เกี่ยวกับการวิเคราะห์น้ำดื่มด้านชีววิทยาและเคมี
การวิเคราะห์เยื่อและกระดาษ เซรามิกและมาตรวิทยา
(18 พ.ย. 2536)

นางรวงทอง พันพาไพร รองอธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ และนายสมชาย หมื่นนรินทร ผู้อำนวยการกองการวิจัย ให้การต้อนรับเจ้าหน้าที่กระทรวงวิทยาศาสตร์และการศึกษาจากมองโกเลีย พร้อมทั้งแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและนำชมกิจการของกรมวิทยาศาสตร์บริการ (13 ธ.ค. 2536)

คณะนักศึกษาวิทยาลัยครูหมู่บ้านจอมบึง สหวิทยาลัยทวารวดี เข้าเยี่ยมชมเครื่องมือวิเคราะห์ทางเคมี งานวิเคราะห์วิจัยสภาวะแวดล้อม และงานวิจัยอุตสาหกรรมเซรามิก ของกรมวิทยาศาสตร์ฯ (3 ธ.ค. 2536)

ข่าวทั่วไปใน วด

กรมวิทยาศาสตร์บริการจัดเลี้ยงอำลาลูกจ้างเกษียณอายุ ปี 2536 ของสำนักงานเลขานุการกรม และกองการวิจัย (10 ก.ย. 2536)

คณะเจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการ-ทางวิศวกรรมทางกล ศูนย์ทดสอบและมาตรวิทยา สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย เข้าเยี่ยมชมห้องปฏิบัติการด้านมาตรวิทยาของกรม-วิทยาศาสตร์ฯ (10 ก.ย. 2536)

กรมวิทยาศาสตร์บริการนำผลงานไปร่วมจัดนิทรรศการ "รวมใจภักดิ์-รักษ์สิ่งแวดล้อม" ซึ่งกองทัพบก จัดขึ้นเพื่อเทิดพระเกียรติพระบาทสมเด็จ-พระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว เนื่องในวันปิยมหาราช ณ ลานพระบรมรูปทรงม้า (22-23 ต.ค. 2536)

สำนักงานเลขานุการกรม จัดฝึกอบรมหลักสูตรเทคนิคการเป็นหัวหน้างานและศิลปะการนำเสนอ ผลงาน รุ่นที่ 1 ให้แก่ ข้าราชการกรมวิทยาศาสตร์ฯ (9-11 พ.ย. และ 15-16 พ.ย. 2536)

ข่าวทั่วไปใน วด

การฝึกอบรมทางวิชาการ

อบรมวิชา Analytical chemistry, General technique analytical chemistry, Inorganic chemistry, advance chemistry analysis การหาความบริสุทธิ์ของ sorbital solution โดยเทคนิค HPLC เคมีวิเคราะห์ทั่วไปทางเทคนิคให้แก่นักศึกษาเคมีปฏิบัติ มหาวิทยาลัยมหิดล มหาวิทยาลัยรามคำแหง

อบรมการแปรรูปถั่วลิสง ถั่วเหลือง กล้วยไข่ เครื่องดื่ม สมุนไพร การผลิตเต้าเจี้ยว ซีอิ๊ว ให้แก่กลุ่มแม่บ้านเกษตรกร จังหวัดสุรินทร์ กลุ่มแม่บ้านจังหวัดกำแพงเพชร ครู นักเรียนและแม่บ้านผู้ประกอบอาชีพขายอาหารโรงเรียนสีกัน (วัฒนานันท์อุปถัมภ์) ดอนเมือง

อบรมวิธีวิเคราะห์ fat, theobromine, sugar, acid value, iodine value, peroxide value ความชื้นในช็อกโกแลต ให้แก่พนักงานบริษัท อินเตอร์-เนชั่นแนล แลบอรเทอรี จำกัด

อบรมวิธีใช้เครื่อง Thermal Analysis วิชาปฏิบัติการเคมีและสิ่งแวดล้อม ให้แก่เจ้าหน้าที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

อบรมการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอน (SEM) ศึกษาโครงสร้างเส้นผม ความรู้เรื่องกระดาษและวิธีทดสอบ ให้แก่นิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย บริษัท สยามเรชิน จำกัด

อบรมกระบวนการผลิตเครื่องปั้นดินเผา ทฤษฎีและปฏิบัติเบื้องต้นของกระบวนการผลิตออกแบบตัวอย่างผลิตภัณฑ์และลวดลาย ให้แก่นักเรียนศิลปาชีพ บางไทร สมาชิกศูนย์ศิลปชีพพระตำหนักทักษิณราชนิเวศน์ จังหวัดนราธิวาส ศูนย์ศิลปาชีพบ้านกุดนาขาม จังหวัดสกลนคร และผู้สนใจ

บรรยายเชิงปฏิบัติวิชาเอกสารทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ให้แก่ นักศึกษาศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตรวิทยาลัยครูเทพสตรีลพบุรี

การพัฒนาบุคลากรในต่างประเทศ

1. นายพายับ นามประเสริฐ ข้าราชการกองฟิสิกส์และวิศวกรรมไปฝึกอบรมด้าน Failure Analysis of Plastic Components and Products ด้วยทุนรัฐบาลสิงคโปร์ ที่ประเทศสิงคโปร์
2. นางทวีลักษณ์ อ้นองอาจ ข้าราชการกองเคมี ไปฝึกอบรมในในหลักสูตร Fertilizer Quality Control ด้วยทุนรัฐบาลสาธารณรัฐอินเดีย ที่ประเทศอินเดีย

กรมวิทยาศาสตร์บริการ จัดการสนทนาประสา วศ. ครั้งที่ 16, 17, 18 เรื่อง ISO Guide 25 กับการจัดห้องปฏิบัติการ ฟื้นฝอยหาตะเข็บ และเรื่องวัฒนธรรมความเชื่อกับวิทยาศาสตร์ โดยวิทยากรของกรมวิทยาศาสตร์ฯ และวิทยากรรับเชิญจากภายนอก (17 ก.ย., 27 ต.ค., 7 ธ.ค. 2536)

นางดรุณี วัชราเรืองวิทย์ กองฟิสิกส์และวิศวกรรมและนางสาวสุนทร สหัสโพธิ์ กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ได้รับเหรียญเงินกีฬาประเภทปิงปอง ในงานมหกรรมกีฬาเพื่อสุขภาพข้าราชการพลเรือน ครั้งที่ 1 ประจำปี 2536 ณ อินดอร์สเตเดี้ยม สนามกีฬาหัวหมาก (13-14 ธ.ค.2536)

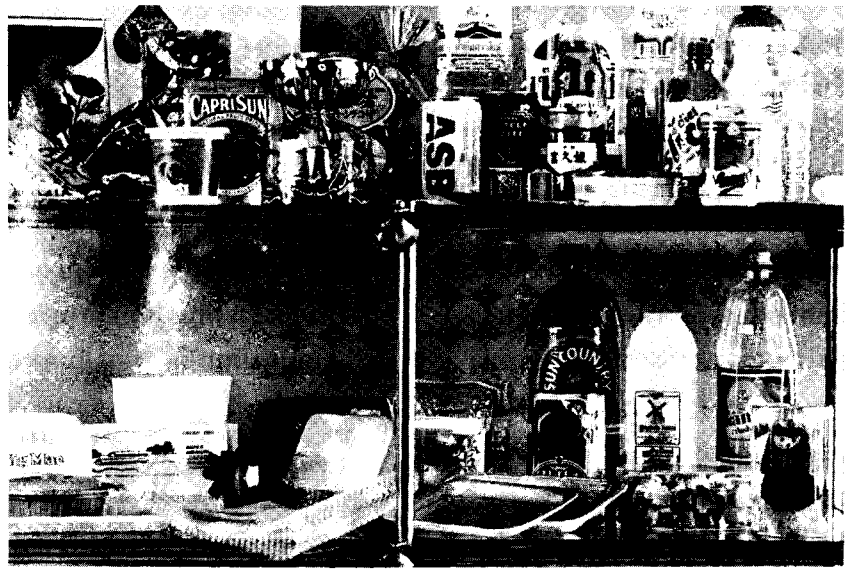
บรรจุภัณฑ์

อำนวยพร ฤทธิจันทร์

บรรจุภัณฑ์ได้รับการพัฒนาควบคู่ไปพร้อมกับการพัฒนาด้านอุตสาหกรรมเครื่องอุปโภคบริโภคและมีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย ทั้งนี้เพราะอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจากการพึ่งพาภาคเกษตรกรรมมาพึ่งพาภาคอุตสาหกรรมมากขึ้น รัฐบาลจึงได้ให้ความสำคัญต่อบรรจุภัณฑ์ โดยบรรจุไว้ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 6 ในการพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อส่งเสริมการค้าส่งออกของประเทศ ขณะเดียวกันภาคเอกชนก็ขานรับนโยบายนี้ด้วยการหันมาพัฒนาด้านบรรจุภัณฑ์กันอย่างจริงจัง จนในปัจจุบันบรรจุภัณฑ์ไม่เพียงแต่จะทำหน้าที่ปกป้องคุ้มครองสินค้าเท่านั้นแต่ยังมีส่วนในการส่งเสริมการขายและเพิ่มมูลค่าสินค้าอีกด้วย โดยเฉพาะในระบบการขายปลีกแบบช่วยตัวเองของห้างสรรพสินค้าต่าง ๆ เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อการดำเนินชีวิต บรรจุภัณฑ์จึงถูกเน้นให้เป็นสื่อในการโฆษณาแข่งขันกันและถูกนำมาใช้อย่างฟุ่มเฟือยเกินความจำเป็น เพื่อสนองความสะดวกสบายทั้งปวง ผลที่ติดตามมา คือ ปัญหาในการกำจัดขยะบรรจุภัณฑ์ และมีผลกระทบโดยตรงต่อสิ่งแวดล้อม

ผลิตภัณฑ์หรือสินค้าทุกประเภทถ้าปราศจากบรรจุภัณฑ์ในการปกป้องคุ้มครองแล้ว ย่อมทำให้เกิดความเสียหายอย่างมากมาย และเกิดข้อจำกัดในระบบการขนส่ง การกระจายสินค้า ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่า บรรจุภัณฑ์มีบทบาทและหน้าที่ดังต่อไปนี้

1. รองรับและป้องกันรักษาคุณภาพของสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการเก็บรักษาในโกดัง การกระจายสินค้าไปยังร้านค้าปลีกตามลำดับ จนกระทั่งถึงมือผู้บริโภค และในระหว่างที่ผู้บริโภคใช้สินค้านั้นอยู่ การป้องกันรักษาคุณภาพสินค้านี้ยังครอบคลุมไปถึงการป้องกันการเน่าเสีย การติดเชื้อ การเปรอะเปื้อน การระเหย การต่อต้านสภาวะแวดล้อมบางอย่าง เช่น แสง ความร้อน ความชื้น ตลอดจนความเสื่อมเสียทางกายภาพ เช่น การกระแทก แรง เสียดสี เป็นต้น



ในผลิตภัณฑ์อาหารนั้นบรรจุภัณฑ์ทำหน้าที่สำคัญในการถนอมอาหารและช่วยรักษาคุณภาพอาหาร จะเห็นได้ในปัจจุบัน อาหารมากกว่าร้อยละ 50 ที่ต้องการบรรจุภัณฑ์ช่วยในการถนอมอาหารไม่เช่นนั้นแล้ว อาหารอาจเน่าเสีย ผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันจะเหม็นหืน อาหารทอดกรอบจะนิ่ม ขนมปังจะขึ้นรา เครื่องดื่มประเภทอัดลมจะสูญเสียความเป็นฟอง ดังนั้นบรรจุภัณฑ์จะต้องมีคุณสมบัติในการเป็นตัวกั้น ป้องกันไม่ให้ไอน้ำ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และออกซิเจนผ่านหรือผ่านได้บ้างแล้วแต่ประเภทของผลิตภัณฑ์ และที่สำคัญที่สุด คือ บรรจุภัณฑ์ที่สัมผัสกับอาหารโดยตรงจะต้องไม่ทำปฏิกิริยาเคมีกับอาหารและไม่มีสารเคมีที่เป็นพิษที่สามารถถ่ายทอดไปยังอาหารได้

2. สื่อสารข้อมูลระหว่างผู้ผลิตและผู้บริโภค บนบรรจุภัณฑ์จะมีรูปภาพเครื่องหมายหรือข้อความที่สื่อให้ผู้บริโภคทราบได้ว่า ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่ภายในคืออะไร มีส่วนประกอบอะไรบ้าง จำนวนเท่าใด ผลิตโดยใคร ที่อยู่ของผู้ผลิต เครื่องหมายการค้า วิธีการใช้สินค้า ปริมาณการใช้ต่อครั้ง อายุการใช้งาน ตลอดจนคำเตือนหรือข้อควรระวังต่าง ๆ ที่ผู้บริโภคควรจะทราบ

โดยเฉพาะระบบการจำหน่ายสินค้าปลีกแบบช่วยตัวเองนั้น บรรจุภัณฑ์ยังต้องทำหน้าที่โฆษณาขายสินค้านั้นด้วย กล่าวคือ บรรจุภัณฑ์จะช่วยดึงดูดผู้ซื้อด้วยรูปทรง สีสัน สื่อข้อความต่าง ๆ ให้ข้อมูลเกี่ยวกับสินค้าเพื่อให้ผู้ซื้อตัดสินใจในการเลือกซื้อ ฉลากบนผลิตภัณฑ์จะต้องมีรายละเอียดของปริมาณการบรรจุ วันเดือนปีที่หมดอายุ ส่วนประกอบสำคัญ ซึ่งรายละเอียดนี้มีกฎหมายคุ้มครองผู้บริโภคควบคุมอยู่ ดังนั้นถ้าผลิตภัณฑ์ปราศจากการบรรจุภัณฑ์แล้ว ผู้บริโภคจะขาดหลักประกันในการเลือกซื้อสินค้า

3. การให้ความสะดวกกับผู้ผลิตและผู้บริโภค บรรจุภัณฑ์จะให้ความสะดวกต่อผู้ผลิตในการบรรจุสินค้าลงไป สะดวกต่อการเก็บและขนส่ง และเมื่อถึงมือผู้บริโภคก็จะให้ความสะดวกในการจับถือพกพาสะดวก รวมทั้งควรจะเปิดและนำผลิตภัณฑ์ออกมาใช้ได้โดยง่าย หรือสามารถปิดฝาได้อีกถ้าใช้ผลิตภัณฑ์ไม่หมด ตลอดจนสามารถนำกลับไปใช้ได้ใหม่ หรือนำไปใช้ในงานอย่างอื่นได้ เช่น การนำขวดแยมมาใช้เป็นแก้วน้ำดื่มเป็นต้น

ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็งหลายชนิด เช่น เนื้อ ปลา หรือแม้แต่อาหารที่ปรุงสำเร็จแล้ว ผลิตภัณฑ์อาหารเหล่านี้บรรจุในบรรจุภัณฑ์ที่สามารถนำเข้าเตาอบไมโครเวฟได้ทันที เป็นการช่วยประหยัดเวลาในการประกอบอาหาร ในหลาย ๆ กรณีบรรจุภัณฑ์อาจเป็นส่วนของผลิตภัณฑ์ด้วย เช่น แปรงของยาทาเล็บ ฟองน้ำที่ใช้จุ่มยาขัดรองเท้า จุกขวดของยาหยอดตา ขวดสเปรย์ต่าง ๆ นับว่าบรรจุภัณฑ์มีส่วนช่วยให้การดำเนินชีวิตได้รับความสะดวกสบายยิ่งขึ้น

4. ส่งเสริมระบบการขนส่งและกระจายสินค้าไปสู่ผู้บริโภค บรรจุภัณฑ์จะช่วยให้สินค้าหรือผลิตภัณฑ์มีขนาด จำนวน หรือปริมาณตามความต้องการและให้เกิดความสะดวกในการเคลื่อนย้ายขนส่งจากผู้ผลิตไปยังผู้บริโภค ตลอดจนเกิดความสะดวกในการจัดวาง

วัตถุที่นำมาผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ได้รับการพัฒนามาโดยตลอด ให้เหมาะสมกับชนิดของสินค้า ซึ่งพอจะจำแนกออกเป็น 4 ชนิด คือ

1. กระดาษ

กระดาษเป็นวัสดุที่ได้จากเยื่อไม้ธรรมชาติ จึงไม่เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม เรามักรู้จักคุ้นเคยในรูปของกล่องหรือลังกระดาษ ปัจจุบันสามารถพัฒนาให้มีคุณสมบัติต่าง ๆ กันตามต้องการ เช่น ให้ทนทานต่อความชื้น กันน้ำ กันแบคทีเรีย กันการไหม้ไฟ มันเงา และสามารถพัฒนาให้มีความแข็งแรงเชิงกลจึงใช้กับเครื่องจักรได้ดี ทั้งยังสามารถตบแต่งให้สวยงามด้วยการพิมพ์หรือการเคลือบเงาได้ดี

ในปัจจุบันจะมีบรรจุภัณฑ์อื่น ๆ ที่สามารถใช้ทดแทนบรรจุภัณฑ์กระดาษได้ แต่กระดาษก็ยังคงได้รับความนิยมโดยทั่วไป เนื่องจากไม่ก่อให้เกิดมลภาวะ สามารถนำมาใช้ใหม่ (reuse) หรือนำมาผลิตใหม่ได้ (recycle) ได้ จึงมีการนำกระดาษมาใช้ผลิตบรรจุภัณฑ์กันอย่างแพร่หลาย เช่น กล่อง ลัง ถุง ขวดและกระป๋อง เป็นต้น และสามารถนำกระดาษมาใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ร่วมกับวัสดุอื่น ๆ เช่น นำมาเคลือบด้วยพลาสติกหรือขี้ผึ้ง ผนึกร่วมกับแผ่นอะลูมิเนียมบาง หรือที่เรียกว่าอะลูมิเนียมฟอยล์ (aluminium foil)

2. โลหะ

โลหะที่ใช้เป็นวัสดุผลิตบรรจุภัณฑ์คือ เหล็ก และอะลูมิเนียม ซึ่งสามารถผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ประเภทต่าง ๆ เช่น กระป๋อง ปี๊บ ถัง ฝาปิดขวด และหลอดอะลูมิเนียม บรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ เหล่านี้ถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ มากมาย อย่างไรก็ตามอุตสาหกรรมที่มีการใช้บรรจุภัณฑ์ประเภทโลหะมากที่สุดก็ยังคงเป็นอุตสาหกรรมอาหารกระป๋อง โดยมีปริมาณการใช้คิดเป็นร้อยละ 84.7 ของปริมาณการใช้แผ่นเหล็กเคลือบดีบุกทั้งหมด

เหล็ก ใช้ผลิตเป็นกระป๋องซึ่งเป็นบรรจุภัณฑ์ที่มีความแข็งแรงทนทาน สามารถทำการบรรจุผลิตภัณฑ์ได้ด้วยความเร็วสูง ทนความร้อนและความดันสูง ในขณะต้มฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ตามกรรมวิธีการผลิตอาหารและสามารถเก็บรักษาคุณภาพของอาหารอยู่ได้นาน แต่ข้อเสียคือ เกิดสนิมได้ง่าย จึงจำเป็นต้องเคลือบผิวเหล็กด้วยแลคเกอร์ ดีบุก อะลูมิเนียมหรือโครเมียม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประเภทของอาหาร เช่น อาหารแห้งส่วนใหญ่จะใช้กระป๋องเคลือบดีบุก ส่วนอาหารที่มีสภาพเป็นกรดใช้กระป๋องเคลือบด้วยแลคเกอร์ ส่วนกระป๋องสเปรย์หรือภาชนะบรรจุแอโรซอลใช้กระป๋องทำจากเหล็กชุบดีบุกและอะลูมิเนียม สำหรับแนวทางการพัฒนาด้านเทคโนโลยีการผลิตกระป๋องโลหะ ได้มุ่งไปที่การลดความหนาของแผ่นเหล็กจากความหนา 0.24 มิลลิเมตร เป็น 0.145 มิลลิเมตร ตลอดจนการใช้แผ่นเหล็กเคลือบโครเมียม (tin free plate) แทนการใช้แผ่นเหล็กเคลือบดีบุกในอุตสาหกรรมกระป๋องบรรจุอาหารทะเล นม และอุตสาหกรรมผลิตฝาจุกจีบต่าง ๆ

อะลูมิเนียมใช้ในรูปของโลหะผสมเรียกว่า แอลลอย (alloy) ทั้งนี้เพราะปัญหาของเทคโนโลยีในการกำจัดโลหะปนเปื้อนยังไม่สมบูรณ์ ประกอบด้วยอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ไม่สามารถให้คุณสมบัติเหมาะสมแก่การใช้งานได้ ดังนั้นจึงเติมโลหะอื่น ๆ ลงไปด้วย เพื่อเพิ่มความแข็งแรงลดการกัดกร่อน เช่น การเติมแมกนีเซียม แมงกานีส ทองแดง เหล็ก ซิลิกอน เป็นต้น แอลลอยของอะลูมิเนียมนี้นิยมผลิตเป็นกระป๋องโดยเฉพาะกระป๋องที่ฆ่าเชื้อด้วยความร้อนชนิดฝาเปิดลอกออกได้

3. แก้ว

บรรจุภัณฑ์ประเภทแก้วเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ใช้มานานกว่า 4,000 ปี เป็นวัสดุมีความเฉื่อยต่อการทำปฏิริยากับผลิตภัณฑ์ที่บรรจุ มีคุณสมบัติทนต่อแรงกดได้ดี ใสและดูมีคุณค่า สามารถผลิตตามรูปแบบต่าง ๆ ได้แต่ต้นทุนในการหล่อแบบสูงมาก จึงนิยมใช้ขวดแก้วรูปทรงมาตรฐานและคืนขวดนำมาใช้ใหม่ได้หลายครั้ง หรือถ้าเป็นการใช้บรรจุภัณฑ์ครั้งเดียวก็มักใช้ในการบรรจุสินค้าที่มีราคาแพง บรรจุภัณฑ์ประเภทแก้วที่สำคัญได้แก่ ขวดเบียร์ ขวดน้ำอัดลม ขวดโซดา ขวดสุรา และขวดยาต่าง ๆ ขวดอาหารและเครื่องสำอาง เป็นต้น อย่างไรก็ตาม บรรจุภัณฑ์ประเภทแก้วนี้ยังมีคุณสมบัติเด่นเฉพาะตัวคือ สามารถนำมาใช้ได้หลายครั้ง และได้รับการยอมรับว่ามีความปลอดภัยต่อสินค้าที่บรรจุมากที่สุด

การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมุ่งไปในด้านการออกแบบขวดแก้วเพื่อเพิ่มความต้านทานเชิงกลลดน้ำหนักขวดแก้ว เช่น ขวดเบียร์จากน้ำหนัก 165 กรัม ลดเป็น 120 กรัม หรือ 100 กรัม ในอนาคต

4. พลาสติก

พลาสติกเป็นวัตถุดิบที่นำมาใช้ผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์กันอย่างแพร่หลาย เพราะพลาสติกมีคุณสมบัติเด่นกว่าบรรจุภัณฑ์ชนิดอื่น ๆ หลายอย่าง เช่น มีหลายชนิดให้เลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม มีความเหนียว น้ำหนักเบา มีความทนทานต่อสารเคมี กรด ด่าง ไขมัน มีความทนทานต่ออุณหภูมิในช่วงกว้างสะดวกในการพิมพ์และผนึกปิดเชื่อม ประกอบกับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีทำให้สามารถพัฒนาคุณสมบัติและรูปแบบของบรรจุภัณฑ์พลาสติกได้หลายชนิด

พลาสติกสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

– เทอร์โมพลาสติก (thermoplastic) เป็นพลาสติกที่นิยมนำมาทำบรรจุภัณฑ์มากที่สุด เพราะมีคุณสมบัติพิเศษคือ เมื่อได้รับความร้อนจะอ่อนนิ่ม เมื่อเย็นลงจะแข็งตัวทำให้บรรจุภัณฑ์พลาสติกประเภทนี้นำกลับเข้าสู่ขบวนการผลิตซ้ำ ๆ กันได้ นอกจากนี้ยังสามารถขึ้นรูปได้ง่าย

– เทอร์โมเซตติง (thermosetting) พลาสติกประเภทนี้จะมีรูปทรงที่ถาวร เมื่อผ่านกรรมวิธีการผลิตโดยใช้ความร้อน ความดันและขึ้นรูปทรงแล้ว จะไม่สามารถหลอมเพื่อนำกลับไปใช้ใหม่ได้ นิยมใช้ทำบรรจุภัณฑ์ที่ต้องการความแข็งแรงเป็นพิเศษ เช่น ลัง ถ้วย ชาม เป็นต้น

จะเห็นได้ว่าบรรจุภัณฑ์มีบทบาทและหน้าที่สำคัญมากมาย แต่เมื่อใดก็ตามเมื่อสินค้าถูกเปิดออกใช้หรือใช้งานหมดแล้วบรรจุภัณฑ์ก็จะหมดหน้าที่และกลายเป็นขยะบรรจุภัณฑ์ ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมนานับประการ โดยเฉพาะบรรจุภัณฑ์ประเภทพลาสติก และโฟม ซึ่งย่อยสลายยาก ด้วยเหตุนี้จึงเสนอแนวทางเพื่อลดหรือผ่อนคลายปัญหาดังกล่าวโดยวิธีการต่อไปนี้

1. การพัฒนาบรรจุภัณฑ์ให้ใช้วัสดุน้อยลง โดยอาศัยเทคโนโลยีด้านการออกแบบรูปทรงให้สามารถรับน้ำหนักและแรงดันสูง พัฒนาคุณภาพของวัตถุดิบที่ใช้ให้แข็งแรง เช่น การผลิตกระป๋องอะลูมิเนียมบรรจุเครื่องดื่มและเบียร์มีน้ำหนักลดลงร้อยละ 29 ด้วยการออกแบบก้นกระป๋องใหม่และทำให้ปากแคบลง การผลิตกระดาษลูกฟูกให้มีน้ำหนักลดลงร้อยละ 30 และกล่องกระดาษแข็งมีน้ำหนักลดลงร้อยละ 15 หรือการผลิตขวดแก้วให้มีน้ำหนักน้อยลงร้อยละ 35 โดยการออกแบบตัวขวดและคอขวดใหม่และลดความหนาของแก้วลง ในประเทศออสเตรเลียได้ผลิตขวดเพท (PET) ที่สามารถอัดก๊าซได้ มีน้ำหนักลดลงร้อยละ 38 โดยการลดขนาดความหนาของขวดและออกแบบขวดให้เป็น 5 กลีบเพื่อลดการใช้ถ้วยสวมทับที่ก้นขวดอีกครั้งหนึ่ง นอกจากนี้ยังสามารถผลิตขวดนมที่ทำด้วยโพลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง ให้มีน้ำหนักลดลงร้อยละ 30 อีกด้วย

2. การนำบรรจุภัณฑ์ที่ใช้สินค้าหมดแล้วหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ (reuse) หรือนำกลับมาเข้าขบวนการผลิตใหม่ (recycle)

บรรจุภัณฑ์ประเภทกระดาษ แก้ว โลหะ และพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติก สามารถหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่หรือนำกลับมาทำเป็นบรรจุภัณฑ์ชิ้นใหม่ได้ ผู้ที่เป็นสื่อกลางทำให้เกิดระบบดังกล่าวก็คือผู้รับซื้อของเก่า จะทำหน้าที่รวบรวมขยะบรรจุภัณฑ์ที่แยกประเภทแล้วนำกลับเข้าสู่โรงงานเพื่อเข้าสู่ขบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ในรูปแบบต่าง ๆ กัน เป็นการช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อม

ลดการใช้ทรัพยากรที่นับวันจะเหลือน้อยลง ลดการใช้พลังงานที่นับวันจะหายากขึ้น และยังช่วยให้ผู้บริโภคมีรายได้เล็ก ๆ น้อย ๆ จากการเก็บรวบรวมบรรจุภัณฑ์ขาย แทนที่จะทิ้งเป็นขยะที่สร้างปัญหากับสิ่งแวดล้อม การนำบรรจุภัณฑ์พลาสติกใช้แล้วมาเข้าสู่ขบวนการผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์นำกลับมาใช้อีกนั้นเป็นเรื่องไม่ง่ายนัก เพราะพลาสติกที่ใช้แล้วได้ผ่านกรรมวิธีการผลิตทางอุตสาหกรรมที่รุนแรง เช่น การผ่านความร้อน ความดันสูง จึงทำให้โครงสร้างของพลาสติกสลายไปบางส่วน ความแข็งแรง ความเหนียวและคุณภาพด้านอื่น ๆ ของพลาสติกจะด้อยกว่าเดิม นอกจากนี้ปัญหาสำคัญก็คือบรรจุภัณฑ์พลาสติกมีมากมายหลายชนิด ซึ่งไม่สามารถแยกได้ว่าเป็นพลาสติกชนิดใด การจะนำพลาสติกต่างชนิดกันมาผสมกันแล้วผลิตบรรจุภัณฑ์ชิ้นใหม่ ทำไม่ได้ในหลาย ๆ กรณี เพราะพลาสติกบางชนิดไม่เข้ากัน ดังนั้นการนำพลาสติกใช้แล้วมาผลิตใหม่ จึงต้องคำนึงถึงการแยกบรรจุภัณฑ์พลาสติกชนิดต่าง ๆ ออกจากกันด้วย ผู้ผลิตได้หาทางออกเรื่องนี้โดยการพิมพ์รหัสหมายเลข เพื่อบอกชนิดพลาสติกไว้ที่ตัวบรรจุภัณฑ์ ปัจจุบันนี้มีรหัสหมายเลขระบุชนิดของพลาสติกไว้ 7 ชนิด คือ

– พลาสติกหมายเลข 1 คือ PETE : พลาสติกโพลิเอทิลีนเทเรปทาเลต (polyethylene terepthalate) หรือ ขวด PET เช่น ขวดน้ำมันพืช และขวดน้ำดื่มบางชนิด

– พลาสติกหมายเลข 2 คือ HDPE : พลาสติกชนิดโพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (high density polyethylene) เช่น ขวดน้ำยาล้างห้องน้ำ ขวดโลชั่น ขวดแชมพู ขวดน้ำดื่มซึ่งใช้กันมากที่สุด

– พลาสติกหมายเลข 3 คือ V พลาสติกชนิดโพลิไวนิลคลอไรด์ (polyvinyl chloride) หรือ PVC เช่น ขวดน้ำมันพืชบางชนิด

– พลาสติกหมายเลข 4 คือ LDPE : พลาสติกชนิดโพลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (low density polyethylene) เช่น ถุงพลาสติกเย็น หลอดยาสีฟัน ขวดยา

– พลาสติกหมายเลข 5 คือ PP : พลาสติกชนิดโพลิโพรพิลีน (polypropylene) เช่น ถุงพลาสติกร้อน

– พลาสติกหมายเลข 6 คือ PS : พลาสติกชนิดโพลิสไตรีน (polystyrene) เช่น ถ้วยน้ำดื่ม ถ้วยไอศครีม ภาชนะโฟม

– พลาสติกหมายเลข 7 คือ เรซินอื่น ๆ เช่น พลาสติกผสมต่าง ๆ

การระบุรหัสหมายเลขบนบรรจุภัณฑ์พลาสติกทำให้แยกพลาสติกแต่ละชนิดออกจากกันได้ แล้วนำไปล้างทำความสะอาด ผ่านเข้าเครื่องบดตัดเป็นชิ้น เพื่อหลอมเป็น "เม็ดพลาสติกเก่า" ซึ่งมีราคาถูกกว่าเม็ดพลาสติกใหม่มาก และนำไปหลอมขึ้นรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ให้สีสันต่าง ๆ แม้นคุณภาพจะด้อยลงไปบ้าง แต่ก็คุ้มค่ากับการใช้งาน ส่วนพลาสติกประเภทเทอร์โมเซตติงนั้น ไม่สามารถหลอมแปรรูปกลับมาใช้งานได้อีก

3. ใช้ระบบบรรจุภัณฑ์ชนิดเติมใหม่ (refill) เป็นการนำผลิตภัณฑ์มาเติมในบรรจุภัณฑ์หลังจากใช้หมดแล้ว เพื่อลดปริมาณบรรจุภัณฑ์ เช่น ผงซักฟอก น้ำยาล้างจาน นมผง หรือผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ซึ่งมักบรรจุในขวดหรือกระป๋องมีฝาปิดเปิดได้สะดวก เมื่อใช้ผลิตภัณฑ์หมดแล้ว อาจซื้อผลิตภัณฑ์นั้นที่บรรจุในถุงพลาสติก ซองกระดาษหรือซองอะลูมิเนียมฟอยด์แล้วนำมาถ่ายใส่บรรจุภัณฑ์เดิม

ผลิตภัณฑ์บางชนิดอาจผลิตในรูปผลิตภัณฑ์เข้มข้นบรรจุในถุงพลาสติก ผู้บริโภคนำมาถ่ายใส่บรรจุภัณฑ์เดิม แล้วเติมน้ำให้ส่วนผสมเจือจางก่อนนำไปใช้ เป็นการประหยัดทรัพยากรและพลังงานในการผลิตบรรจุภัณฑ์ ตลอดจนลดจำนวนขยะบรรจุภัณฑ์ด้วย

4. ลดการใช้บรรจุภัณฑ์ที่ยากแก่การทำลาย บรรจุภัณฑ์ที่ย่อยสลายยากและก่อปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมมากได้แก่ พลาสติกและโฟม พลาสติกมีอายุการสลายตัวโดยธรรมชาติประมาณ 80-100 ปี ส่วนโฟมนั้น ไม่สลายตัวเลย ดังนั้นแนวทางการพัฒนาบรรจุภัณฑ์ได้พยายามสะท้อนถึงความห่วงใยในสิ่งแวดล้อมด้วยการใช้วัสดุที่ย่อยสลายได้เข้ามาทดแทน เช่น การใช้กระดาษ ซึ่งความก้าวหน้าของการพัฒนาของบรรจุภัณฑ์กระดาษในประเทศไทยที่กำลังดำเนินอยู่ในขณะนี้มี 3 สาขา คือ

– กระป๋องกระดาษที่ผลิตโดยวิธีพันเป็นเกลียวและมีกระดาษแข็งเป็นส่วนก้นกระป๋อง มีพลาสติกและอลูมิเนียมฟอยล์ประกบอยู่ด้วยเพื่อป้องกันไอน้ำและแก๊สออกซิเจน

– ขวดกระดาษแข็ง ซึ่งมีส่วนสำหรับเทรินและฝาปิด-เปิดแบบสกูร ภายในบุด้วยถุงพลาสติกหรือพลาสติกที่ขึ้นรูปด้วยความร้อน

– กระดาษแข็งลามิเนตที่กันไอน้ำและแก๊สได้ โดยไม่มีอะลูมิเนียมฟอยล์เป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย

สำหรับการใช้พลาสติกนั้น มีการสังเคราะห์พลาสติกที่ย่อยสลายได้ แต่ต้นทุนการผลิตจะสูงมากกว่าการผลิตพลาสติกธรรมดา วิธีการมีอยู่หลายวิธี เช่น การทำพลาสติกที่ย่อยสลายด้วยกระบวนการทางชีวภาพ

โดยผสมสารธรรมชาติที่ย่อยสลายได้เข้าไปในเนื้อพลาสติก เช่น แป้ง เซลลูโลส ลิกนิน ขี้เลื่อย เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อให้จุลินทรีย์ที่มีอยู่ในดินสามารถย่อยสลายเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อยได้ วิธีที่นิยมอีกได้แก่ การเติมสารเคมีที่ไวต่อแสงแดดลงไปในเนื้อพลาสติก ทำให้พลาสติกเปราะแตกย่อยเป็นมวลเล็ก ๆ ได้ง่ายเมื่อถูกแสงแดด ปัจจุบันนี้ห้างสรรพสินค้าบางแห่งได้ผลิตถุงพลาสติกที่ย่อยสลายตามธรรมชาติขึ้นมาใช้แล้ว

5. ปรับปรุงรูปทรงและขนาดของบรรจุภัณฑ์ เพื่อให้มีขนาดพอดีเหมาะสมกับปริมาณสินค้าภายใน เช่น งดการใช้พลาสติกอย่างฟุ่มเฟือยด้วยการเสนอขายสินค้าโดยเฉพาะอาหารขบเคี้ยวที่มีปริมาณน้อย แต่ห่อหุ้มด้วยบรรจุภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่เกินความจำเป็น ทั้งนี้ต้องอาศัยความร่วมมือจากฝ่ายผู้ผลิตด้วย

บรรจุภัณฑ์ที่มีคุณประโยชน์มากมายในขณะเดียวกับการเพิ่มพูนของขยะบรรจุภัณฑ์กำลังทำลายสภาพแวดล้อมของโลก ทางหนึ่งที่ควรเร่งดำเนินการคือ ทุกฝ่ายควรร่วมมือกันเพื่อบรรเทาปัญหาดังกล่าวสำหรับความเคลื่อนไหวของกลุ่มตลาดร่วมยุโรปนั้น คณะรัฐมนตรีกระทรวงสิ่งแวดล้อมของประเทศสมาชิกประชาคมยุโรปได้เสนอให้ที่ประชุมพิจารณาร่างระเบียบว่าด้วยขยะบรรจุภัณฑ์ คาดว่าตลาดร่วมยุโรปจะประกาศใช้ข้อบังคับนี้ในปลายปี ค.ศ.1993 หรือต้นปี ค.ศ. 1994 ส่วนปัจจัยสำคัญในด้านของผู้บริโภคคือการสร้างพฤติกรรมที่ถูกต้องในการทิ้งขยะบรรจุภัณฑ์โดยให้มีการแยกประเภทขยะบรรจุภัณฑ์ ทั้งนี้เพื่อสะดวกต่อการคัดแยกนำไปเข้าขบวนการนำกลับมาใช้ใหม่ วันนี้คุณเริ่มต้นสร้างพฤติกรรมที่ดีแล้วหรือยัง

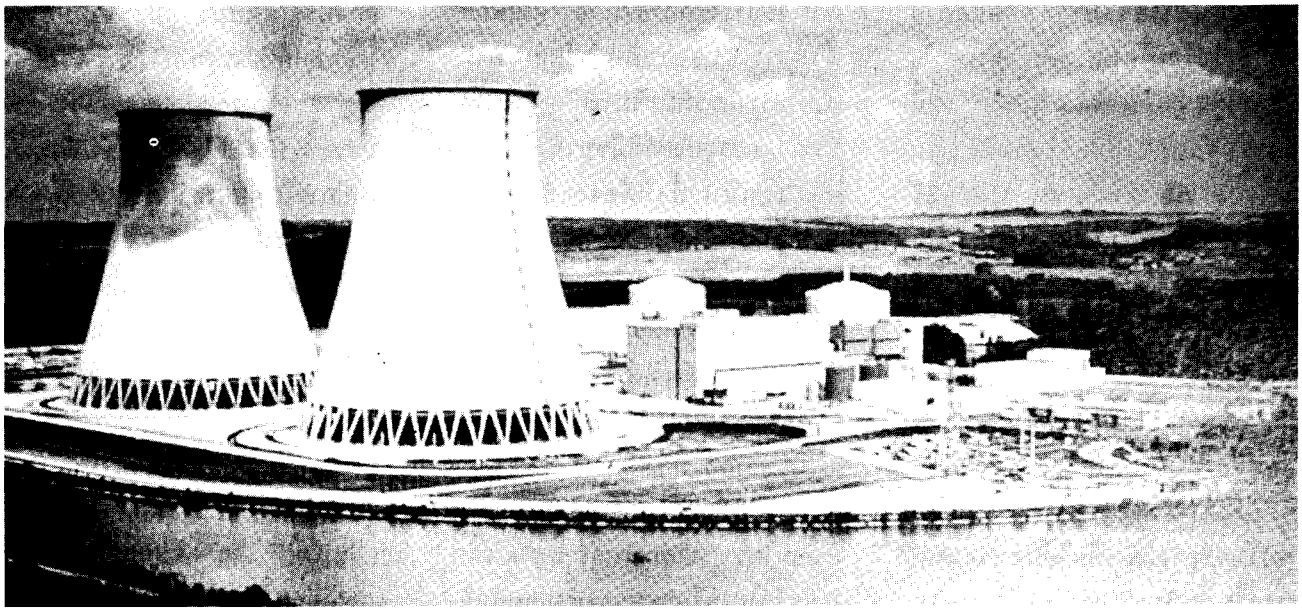
เอกสารอ้างอิง

บรรษัทเงินทุนอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย กลุ่มวิจัยอุตสาหกรรม ฝ่ายวิจัย รวบรวมโดย นันทนา เอื้องสีทอง และ จตุพร วัฒยากร. **รายงานการศึกษาเรื่องอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์กระดาษในประเทศไทย** กรุงเทพฯ, 2534, หน้า 1-8

——— .รวบรวมโดย สุภาภรณ์ สุขประเสริฐ และ สุวิมล ลาภานันต์, **รายงานการศึกษาเรื่องอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์พลาสติกในประเทศไทย** กรุงเทพฯ, 2534, หน้า 1-6

——— .รวบรวมโดย หฤทัย สุขยิ่ง. **รายงานการศึกษาเรื่องอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ในประเทศไทย** เล่ม 1 กรุงเทพ : สำนักวิจัยตลาดทุน บรรษัทเงินทุนอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย, 2533, 37 หน้า

โอวาท นิติทัณฑ์ประเทศ. การนำพลาสติกมาใช้ใหม่ **วารสารเทคโนโลยี** มิถุนายน, 2533, ปีที่ 16, ฉบับที่ 91, หน้า 74-75



ภยันตรายจากกากกัมมันตรังสี

สุรพันธ์ บริสุทธิ์

โลกของเราทุกวันนี้มีความสับสนวุ่นวายทั้งการเป็นอยู่และสิ่งแวดล้อม เพราะว่าปัจจุบันมีมลพิษหลายอย่างกำลังคุกคามสิ่งแวดล้อมและสิ่งที่มีชีวิตมากขึ้นทุกวัน สาเหตุเกิดจากมีความเจริญก้าวหน้าด้านอุตสาหกรรมมากขึ้นนั่นเอง

ปัจจุบันนี้ ได้มีการค้นพบเทคโนโลยีทางนิวเคลียร์และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรมได้มากขึ้น แต่ปัญหาที่ตามมาก็คือการกำจัดกากกัมมันตรังสีซึ่งเป็นปัญหาใหญ่

คณะกรรมการพลังงานนิวเคลียร์แห่งสหรัฐอเมริกา ได้กำหนดระเบียบการป้องกันชีวิตของชาวโลกจากภัยกัมมันตรังสี โดยที่ผู้ประกอบการโรงพยาบาล และโรงงานอุตสาหกรรมที่นำพลังงานนิวเคลียร์มาใช้ประโยชน์ต้องปฏิบัติตาม

การกำจัดกากกัมมันตรังสีทำได้โดยทำให้เจือจางลงและโดยการฝังสำหรับกากกัมมันตรังสีที่มีจำนวนน้อยสามารถถูกกำจัดได้โดยทำให้เจือจางด้วยน้ำหรืออากาศ แต่ถ้ากากกัมมันตรังสี มีจำนวนมหาศาล ควรต้องเก็บไว้ในที่ปลอดภัย และต้องมีสัญญาณเตือนเอาไว้จนกระทั่งความเข้มข้นของรังสีลดลง ซึ่งสามารถทำให้เจือจางด้วยน้ำหรืออากาศในโอกาสต่อมา

สารกัมมันตรังสีระดับธรรมดามีดังนี้ ยูเรเนียม-233 ยูเรเนียม-238 พลูโทเนียม-239 ไอโอดีน-131 สทรอนเชียม-90 โคบอลต์-60 เป็นต้น

รังสีจากกากกัมมันตรังสีสามารถทำให้เกิดอันตรายทั้งแบบเฉียบพลันหรือทำให้เกิดอาการเจ็บป่วยเรื้อรังแก่โพรงกระดูก ต่อมน้ำเหลือง ม้าม กระเพาะอาหาร ต่อมอะดีนัล ระบบสืบพันธุ์ ระบบหัวใจ ตับ กระเพาะปัสสาวะ ระบบประสาท ต่อมไทรอยด์ และโครงสร้างเนื้อเยื่อต่าง ๆ

บทความเรื่อง *โรงไฟฟ้านิวเคลียร์มหันตภัยล้างโลก* จากหนังสือพิมพ์สยามรัฐ ลงวันที่ 23 สิงหาคม 2536 หน้า 6 โดย ภัสสร เตียว เป็นบทความที่มีคุณค่ามากสำหรับเตือนให้ผู้ริเริ่มโครงการด้านนิวเคลียร์ และประชาชนทั่วไปได้ทราบถึงมหันตภัยอันเกิดขึ้นจากกากกัมมันตรังสี ผู้เขียนจึงขอนำข้อความดังกล่าวมาเผยแพร่ให้ทุกคนตระหนักถึงมหันตภัยอีกครั้งหนึ่งดังต่อไปนี้

ในยุโรปตะวันตกและยุโรปตะวันออกได้มีการสร้างโรงไฟฟ้าปรมาณู แต่เมื่อไม่นานมานี้ได้มีการเปิดเผยถึงปัญหาโครงการปรมณูต่าง ๆ ในยุโรปตะวันออกและในประเทศรัสเซีย ซึ่งมีประชาชนมากกว่า 300,000 คน ต้องเข้ารักษาพยาบาลเนื่องจากถูกสารกัมมันตรังสีจากการระเบิดของ

โรงไฟฟ้านิวเคลียร์เชอร์โนบิล โรงไฟฟ้าปรมาณูหลายแห่งในประเทศบุลกาเรีย เชโกสโลวเกีย ฮังการี โปแลนด์ รัสเซีย และยูเครน ถูกประชาชนในประเทศเหล่านั้นกดดันเพื่อให้ปิดโรงไฟฟ้าที่เหลืออยู่ให้หมด เพราะไม่อาจรักษาความปลอดภัยได้

นักอุตสาหกรรมนิวเคลียร์พยายามอ้างเหตุผลของการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก เพื่อทำให้อุตสาหกรรมนิวเคลียร์กลับคืนฟื้นขึ้นมาใหม่ แต่นักวิทยาศาสตร์ได้แย้งว่า การสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ไม่ใช่ทางเลือกของการแก้ไขปัญหาปรากฏการณ์เรือนกระจก ปัญหาสำคัญของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในอีกหลายสิบปีข้างหน้ารวมถึงหลายล้านปีในอนาคตก็คือ **การกำจัดกากกัมมันตรังสี** การใช้พลังงานไฟฟ้านิวเคลียร์ทำให้เกิดกากถึงร้อยละ 95 ของปริมาณกากกัมมันตรังสีทั่วโลก สารอันตรายนี้สามารถแพร่กระจายในระบบนิเวศน์วิทยา และไม่เพียงแต่แค่ลมพาไป เพราะถ้าสารนี้อยู่ในระบบนิเวศน์วิทยาจะสืบทอดเป็นกรรมพันธุ์ต่อ ๆ ไปอีก โรงงานที่ใช้พลังงานนิวเคลียร์ รังสีสามารถรั่วไหลได้ตลอดเวลาและทุกจุด การขนส่งเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ก็เช่นกัน เราไม่สามารถที่จะยืนยันความปลอดภัยได้ เพราะอาจจะเกิดอุบัติเหตุระหว่างการขนส่ง ซึ่งเป็นอันตรายมาก

มีผู้เสนอวิธีป้องกันกากกัมมันตรังสี หลายวิธี มีทั้งการฝังไว้ใต้น้ำแข็งในทวีปแอนตาร์กติก การฝังไว้ใต้ท้องมหาสมุทร และการยิงขึ้นไปในอวกาศ ข้อเสนอเหล่านี้มีผู้คัดค้านมากมาย ผู้รับผิดชอบด้านนิวเคลียร์จึงหันมาใช้วิธีฝังไว้ใต้ดิน

การกักเก็บไว้ใต้ดินนั้น ผู้เก็บประสงค์จะให้แหล่งกักเก็บมีเสถียรภาพคงทนนับหมื่นปี แต่ศาสตราจารย์คอนแรด เคราสคอฟฟ์ แห่งมหาวิทยาลัยแสตนฟอร์ด ได้เขียนไว้ในนิตยสารไซแอนส์ ในปี พ.ศ. 2533 ว่า **"ไม่มีนักวิทยาศาสตร์หรือวิศวกรคนใดสามารถรับรองได้ว่าจะไม่มีกากกัมมันตรังสีรั่วซึมออกมาในระดับที่เป็นอันตรายจากแหล่งกักเก็บที่ดีที่สุดในวันข้างหน้า"**

ในปี พ.ศ. 2500 สถาบันวิทยาศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกาได้เตือนว่า **"ภยันตรายจากกากกัมมันตรังสีไม่เหมือนกับกากของเสียชนิดอื่น อันตรายจากกากกัมมันตรังสีเป็นมหันตภัยที่ใหญ่หลวงมากเสียจนเราไม่แน่ใจเกี่ยวกับจะมีความปลอดภัยที่หลงเหลืออยู่ได้"**

เมื่อวันที่ 13 พฤศจิกายน 2536 ตัวแทนประเทศต่าง ๆ 71 ประเทศที่ลงนามในสนธิสัญญาลอนดอนว่าด้วยข้อระเบียบในการทิ้งกากนิวเคลียร์และสารอันตรายอื่น ๆ ลงในทะเล ได้ร่วมประชุมพิจารณาที่กรุงลอนดอน ประเทศอังกฤษ และได้ลงมติสนับสนุนห้ามทิ้งกากนิวเคลียร์อย่างสิ้นเชิง เมื่อวันที่ 12 พฤศจิกายน ที่ผ่านมา โดยข้อตกลงเริ่มมีผลบังคับใช้อย่างเป็นทางการแล้ว

สำหรับประเทศไทย ผู้เขียนไม่ได้คิดที่จะต่อต้านการสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์แต่อย่างใดเพราะโรงไฟฟ้านิวเคลียร์เป็นเทคโนโลยีอันหนึ่งที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ดี แต่โรงไฟฟ้าดังกล่าวมีกากกัมมันตรังสีที่มีอันตรายอย่างมหันต์ต่อสิ่งที่มีชีวิตหลงเหลืออยู่ ปัญหามีอยู่ว่า เราจะกำจัดกากกัมมันตรังสีได้อย่างไร แต่ก็คงหนีไม่พ้นการฝังในดิน ปัญหาต่อมาก็คือจะฝังอย่างไรจึงจะไม่เกิดการรั่วของกัมมันตรังสี ใน 10 ปี หรือ 1000 ปีข้างหน้า *ถ้าผู้ประกอบการด้านนิวเคลียร์สามารถแก้ปัญหาที่กล่าวนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้มีความปลอดภัยในการกักเก็บ โดยไม่มีกัมมันตรังสีรั่วซึมออกมา การสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในประเทศไทยก็คงไม่มีใครต่อต้านอย่างแน่นอน*

เอกสารอ้างอิง

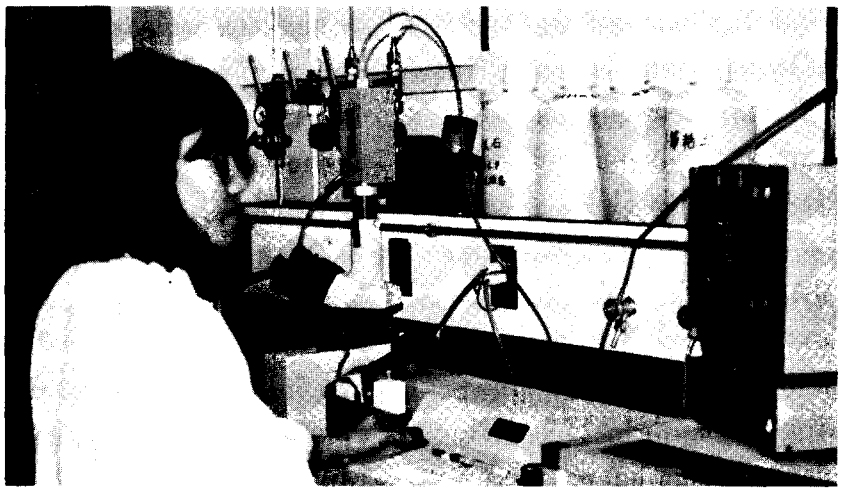
Stewart, CP and Stolman, A. **Toxicology mechanism and analytical methods.** Vol. II. New York ; Academic Press, 1961. p.766-784.

ทั่วโลกลงมติเอกฉันท์ห้ามทิ้งกากนิวเคลียร์. **หนังสือพิมพ์มติชน** พฤศจิกายน 2536, วันที่ 14 หน้า 27

ภัสสร เตียว โรงไฟฟ้านิวเคลียร์มหันตภัยล้างโลก **หนังสือพิมพ์สยามรัฐ** สิงหาคม 2536, วันที่ 23 หน้า 6

การกำจัดไอออนฟลูออไรด์ โดยใช้ออกไซด์ของโลหะ

กิตติพร เหล่าแสงธรรม



สารประกอบฟลูออไรด์จัดเป็นสารพิษชนิดหนึ่งที่ปะปนมากับน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยเฉพาะโรงงานที่ผลิตชิ้นส่วนอุปกรณ์และวงจรอีเล็กทรอนิกส์ เช่น วงจรร่วม (integrated circuit) สารกึ่งตัวนำ (semi-conductor) เป็นต้น การที่น้ำเสียมีสารประกอบฟลูออไรด์ปะปนออกมา เนื่องจากการนำสารประกอบของฟลูออไรด์ได้แก่ กรดไฮโดรฟลูออริก (HF) และแอมโมเนียมฟลูออไรด์ (NH_4F) มาใช้ในขบวนการทำความสะอาด ชิ้นส่วนและอุปกรณ์ดังกล่าว ปัญหาน้ำทิ้งน้ำเสีย ที่มีสารประกอบฟลูออไรด์ปะปนออกมาเป็นสิ่งที่ก่อให้เกิดมลภาวะและมีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต บางประเทศเริ่มมีการกำหนดมาตรฐานปริมาณฟลูออกไรด์ที่ออกมากับน้ำทิ้ง เช่น ประเทศญี่ปุ่นกำหนดมาตรฐานของปริมาณฟลูออไรด์ที่ออกมากับน้ำทิ้งได้ไม่เกิน 15 ppm. และมีแนวโน้มว่าจะกำหนดมาตรฐานให้ต่ำลงถึง 8 ppm. วิธีการแก้ปัญหาสามารถกระทำได้โดย พยายามลดปริมาณการใช้สารนี้ให้น้อยลง และกำจัดสารประกอบที่เป็นพิษของฟลูออไรด์ จากน้ำทิ้งก่อนระบายลงสู่แหล่งระบายน้ำต่าง ๆ เทคนิคกระบวนการดูดซับ (adsorption process) ก็จะเป็นวิธีกำจัดวิธีหนึ่งดังจะกล่าวถึงวิธีการต่อไป

ข้อควรรู้เกี่ยวกับสารประกอบฟลูออไรด์

สารประกอบฟลูกออไรด์โดยเฉพาะ กรดไฮโดรฟลูออริก และแอมโมเนียมฟลูออไรด์ มีฤทธิ์กัดกร่อนผิวหนังและเนื้อเยื่อต่าง ๆ ของร่างกายอย่างรุนแรง แม้จะมีการค้นพบว่าการดื่มน้ำที่มีปริมาณฟลูออไรด์ 1 ppm. จะสามารถช่วยเสริมสร้างความแข็งแรงของฟัน โดยการเปลี่ยนผลึกองค์ประกอบหลักของเคลือบฟัน hydroxyapatite $\left[ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2\right]$ ไปเป็น fluorapatite $\left[Ca_{10}(PO_4)_6F_2\right]$ ซึ่งเสถียรต่อการกัดกร่อนของกรดแลคติก ทำให้ฟันผุยากขึ้นก็ตาม แต่การดื่มน้ำที่มีปริมาณฟลูออไรด์ 2-4 ppm. เป็นเวลานาน ๆ จะทำให้เกิดโรคฟันตกกระในเด็กได้ และถ้าบริโภคในปริมาณมากอาจทำให้เสียชีวิตได้ จากเหตุการณ์ในประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อเด็กอายุ 3 ขวบกลืนน้ำยาสแตนนัสฟลูออไรด์ (stannous fluoride) เข้มข้น 4% ที่ทันตแพทย์ให้ใช้อมบ้วนปาก และเด็กเสียชีวิตภายในเวลา 3 ชั่วโมง

วิธีการกำจัดสารประกอบฟลูออไรด์โดยทั่วไป

สารประกอบฟลูออไรด์ ที่ปะปนมากับน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมสามารถกำจัดได้โดยวิธีการตกตะกอนกับแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) หรือปูน (lime) ในทางปฏิบัติเป็นการยากที่จะลดปริมาณฟลูออไรด์ให้ต่ำลงถึง 8 ppm. เนื่องจากการเติมแคลเซียมคลอไรด์ หรือปูนในปริมาณมาก ๆ จะไปเพิ่มความแรงของไอออน (ionic strength) ของสารละลายทำให้แคลเซียมฟลูออไรด์ (CaF_2) มีการละลายเพิ่มขึ้น แม้ว่าวิธีนี้จะสะดวกและประหยัด แต่ยังไม่มีประสิทธิภาพในการกำจัดฟลูออไรด์จนถึงความเข้มข้นต่ำ ๆ ได้

วิธีการกำจัดสารประกอบฟลูออไรด์โดยเทคนิคกระบวนการดูดซับ

มีการทำวิจัยเพื่อพัฒนาวิธีการใหม่ ที่สามารถลดปริมาณฟลูออไรด์ในน้ำเสียให้ต่ำกว่านี้ เพื่อนำมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เรียกเทคนิคนี้ว่ากระบวนการดูดซับ

เทคนิคกระบวนการดูดซับใช้สารสังเคราะห์จำพวก hydrous metal oxide หรือ basic metal carbonate ของโลหะที่มีเวเลนซี 3 และ 4 เช่น เลนทานัม (La) ซาแมเรียม (Sm) ซีเรียม (Ce) เป็นต้น เป็นตัวดูดซึม (adsorbent)

นำมาดูดซับไอออนฟลูออไรด์ เนื่องจากไอออนฟลูออไรด์สามารถเกิดปฏิกิริยากับโลหะที่มีเวเลนซีสูง ๆ ได้ดี จึงอาศัยหลักการนี้พัฒนาเทคนิคกระบวนการดูดซับ

ปฏิกิริยาการกำจัดไอออนฟลูออไรด์

$$-M\text{-}OH + X^- \longrightarrow -M\text{-}X + OH^- \quad (1)$$

-M-OH คือตัวดูดซับชนิด hydrous metal oxide หรือ basic metal carbonate

X^- คือ ไอออนฟลูออไรด์

ในสภาพที่เป็นกลางหรือเป็นด่างเล็กน้อยไอออนฟลูออไรด์สามารถเกิดการแลกเปลี่ยนประจุกับหมู่ไฮดรอกไซด์ (hydroxide group) ของสารประกอบโลหะ โดยที่ไอออนฟลูออไรด์จะถูกดูดซับบนผิวของโลหะแทนที่ไอออนไฮดรอกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมา

$$-M\text{-}OH + H^+ + X^- \rightarrow -M\text{-}OH_2X \quad (2)$$

สมการที่ (2) แสดงการดูดซับไอออนฟลูออไรด์ในสภาพที่เป็นกรด ประสิทธิภาพการกำจัดไอออนฟลูออไรด์ยิ่งเพิ่มมากขึ้น ไอออนฟลูออไรด์จะถูกดูดซับรวมกับไอออนไฮโดรเจนเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของฟลูออไรด์ของโลหะ (metal fluoride complex) ขึ้นที่ผิวของโลหะที่ใช้เป็นตัวดูดซับ

ตัวดูดซับที่ใช้ดูดซับไอออนฟลูออไรด์แล้วสามารถนำไป regenerate ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และนำกลับมาใช้ใหม่ได้

สารเคมี อุปกรณ์ และเครื่องมือ

สารเคมี – ใช้ชนิด AR grade

– น้ำที่ใช้ในการทดลองใช้น้ำกลั่นผ่านด้วยเครื่องขจัดไอออน (deionizer) และผ่านการกรองด้วยเครื่องกรอง (filter) ขนาด 0.2 μm

– ตัวดูดซับดังแสดงในตารางที่ 1 เตรียมโดยการ hydrolyse เกลือคลอไรด์ หรือเกลือไนเตรตของโลหะซีเรียม (III) ซีเรียม (IV) แลนทานัม (III) อิตเทรียม (III) แกโดลิเนียม (III) ซาแมเรียม (III) และนีโอดิเมียม (III) ด้วยสารละลายแอมโมเนีย หรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือโดยวิธี homogeneous precipitation เกลือคลอไรด์ของโลหะเหล่านี้ด้วยยูเรีย จากการศึกษาโครงสร้างของตัวดูดซับที่เตรียมขึ้น โดยใช้เครื่องเอกซ์เรย์ดิฟแฟรกโตมิเตอร์ (X-Ray diffractometer, XRD) พบว่า hydrous metal oxide เกิดจากการ hydrolyse เกลือของโลหะด้วยสารละลายแอมโมเนียหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ ส่วน basic metal carbonate เกิดจาก homogeneous precipitation เกลือของโลหะด้วยยูเรีย ยกเว้น hydrous cerium (IV) oxide เกิดจาก homogeneous precipitation เกลือของโลหะซีเรียม (IV) ด้วยยูเรีย สารจากธรรมชาติ ได้แก่ กระดูกหมู เปลือกหอยกาบ (clamshell) และเปลือกปู (crab shell) กำจัดไขมันออกและนำไปอบที่อุณหภูมิ 60° ซ. บดเป็นผงแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 200 เมช

ตารางที่ 1 ชนิดของตัวดูดซับที่ใช้ในการทดลอง

Adsorbent	Surface area m^2/g	Mean particle size μm
1. Hydrous aluminum (III) oxide	270.0	-
2. Hydrous cerium (IV) oxide	35.0	-
3. Hydrous lanthanum (III) oxide	38.6	13.8
4. Basic cerium (III) carbonate	0.4	0.9
5. Basic lanthanum (III) carbonate	0.8	17.7
6. Basic yttrium (III) carbonate	28.6	3.3
7. Basic gadolinium (III) carbonate	-	-
8. Basic samarium (III) carbonate	-	-
9. Basic neodymium (III) carbonate	-	-
10. Bone	-	-
11. Clamshell	4.2	26.5
12. Crabshell	-	52.0

เครื่องมือ

- แอนไอออน (anion) วิเคราะห์ด้วย LC-6A liquid chromatograph ของบริษัท Shimadzu ใช้คอลัมน์ชนิด IC-Al column เครื่องตรวจหา ชนิด conductivity detector, mobile phase ประกอบด้วย ส่วนผสมของ 2.5 mM phthalic acid และ 2.4 mM 2-amino-2hydroxymethyl-1, 3-propanediol
- ไอออนโลหะ รวมทั้ง ไอออนฟอสเฟต วิเคราะห์ด้วย inductively coupled plasma spectrophotometer ICPS 1000 II ของบริษัท Shimadzu
- zeta potential วัดด้วย model 501 lazerzee meter[tm] ของบริษัท PEN KEM
- ขนาดอนุภาคของตัวดูดซับ วัดด้วย microtrac SRA และ SPA particle size analyser
- สารช่วยกระจาย (dispersing agent) ใช้ 0.3% W/V sodium hexametaphosphate

วิธีการ

การศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่างที่มีต่อความสามารถในการดูดซับไอออนฟลูออไรด์

เตรียมน้ำเสียที่มีไอออนฟลูออไรด์เข้มข้น 1mM หรือ 5 mM โดยการละลายโซเดียมฟลูออไรด์ (NaF)ชนิด AR grade ด้วยน้ำกลั่น นำมาปรับ pH ให้ได้ pH 2-12 ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือ กรดเปอร์คลอริก ($HClO_4$) เติมตัวดูดซับปริมาณ 0.05 กรัม ลงไปในน้ำเสียที่เตรียมขึ้นทิ้งไว้ให้ทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 18 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20° ซ. นำมาวัด pH และกรอง filtrate มาวิเคราะห์ปริมาณไอออนฟลูออไรด์ และปริมาณไอออนโลหะ

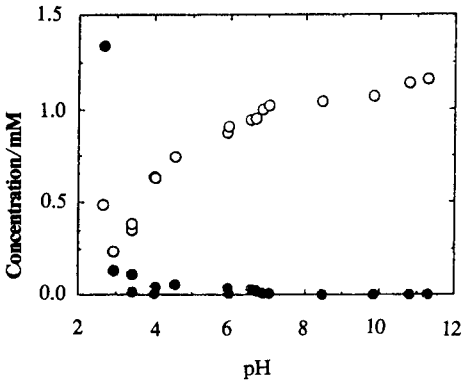


Fig. 1 Adsorption of fluoride ion on basic gadolinium (III) carbonate prepared with urea ●, fluoride; ● gadolinium (III).

กราฟแสดงผลการดูดซับไอออนฟลูออไรด์ โดยใช้ตัวดูดซับชนิด basic gadolinium (III) carbonate

ประสิทธิภาพในการกำจัดไอออนฟลูออไรด์ เพิ่มมากขึ้นเมื่อปรับสภาพให้เป็นกรดมากขึ้น ไอออนฟลูออไรด์ถูกดูดซับได้ดีที่สุดในช่วง pH 3 เมื่อปรับ pH ให้สูงขึ้นกว่า 3 ความสามารถในการดูดซับไอออนฟลูออไรด์ลดลง เมื่อปรับ pH ให้ต่ำลงกว่า 3 มีการละลายของไอออนแกโดลิเนียมออกมา ดังนั้น ช่วง pH 3 เป็นช่วงที่ดีที่สุดในการใช้งานของตัวดูดซับชนิดนี้ เนื่องจากมีการละลายของ

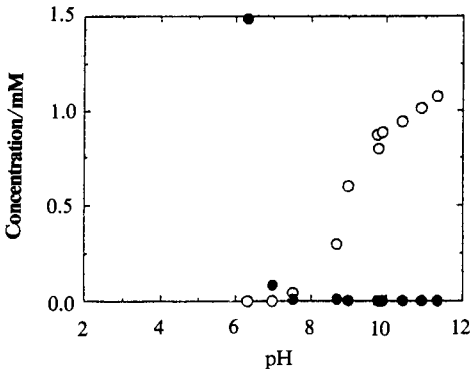


Fig. 2 Adsorption of fluoride ion on hydrous lanthanum (III) oxide prepared with NH 4 OH. ○ ; fluoride ● ; lanthanum (III).

โลหะจากตัวดูดซับน้อยที่สุดและมีการดูดซับไอออนฟลูออไรด์ไว้บนผิวของตัวดูดซับมากที่สุด ช่วง pH นี้เรียกว่า pH เหมาะที่สุด (optimum pH)

ตัวดูดซับชนิด hydrous lanthanum (III) oxide มี pH เหมาะที่สุดในช่วง 7-8 การปรับ pH ให้สูงขึ้นหรือต่ำลงกว่า pH เหมาะที่สุดมีผลเช่นเดียวกับตัวดูดซับชนิดแรก

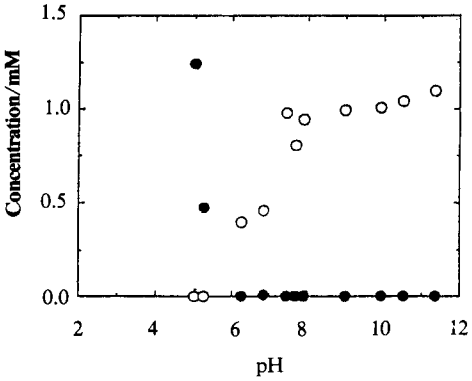


Fig. 3 Adsorption of fluoride ion on basic – lanthanum (III) carbonate prepared with urea. ○ fluoride; ● lanthanum (III).

ตัวดูดซับชนิด basic lanthanum (III) carbonate มี pH เหมาะที่สุดอยู่ที่ 6 แสดงว่าตัวดูดซับชนิดนี้มีความต้านทานต่อการละลายของกรดดีกว่าตัวดูดซับชนิด hydrous lanthanum (III) oxide

ระหว่างทำการศึกษาวิจัยสารสังเคราะห์ ผู้เขียนได้นำสารจากธรรมชาติ คือ กระดูกหมูมาทำการทดลองด้วยจากความคิดที่ว่า สารประกอบฟลูออไรด์เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะไปทำอันตรายต่อกระดูกและฟันของมนุษย์ จึงได้นำกระดูกหมูมาทำการทดลอง

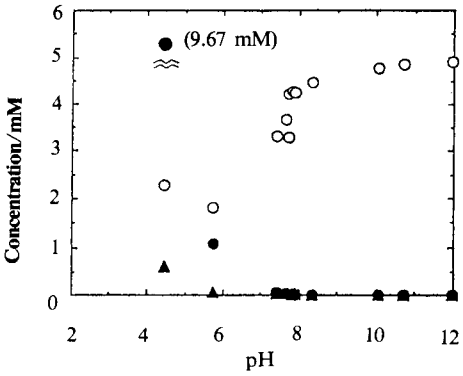


Fig. 4 Adsorption of fluoride ion on bone.
○ ,fluoride; ● ,calcium (II);
▲ , phosphate.

กราฟแสดงผลการดูดซับไอออนฟลูออไรด์โดยใช้กระดูกหมูเป็นตัวดูดซับ

กระดูกหมูสามารถดูดซับไอออนฟลูออไรด์ได้เช่นกัน แต่ประสิทธิภาพในการดูดซับไอออนฟลูออไรด์ค่อนข้างต่ำกว่าสารสังเคราะห์ คือสามารถลดปริมาณไอออนฟลูออไรด์ได้ลงต่ำสุดเพียง 1.8 mM จากความเข้มข้นเริ่มต้น 5 mM ที่ pH 5.7 นอกจากนี้สารชนิดนี้มีปัญหาเกี่ยวกับการละลายได้ของไอออน แคลเซียมและไอออนฟอสเฟตค่อนข้างสูง อย่างไรก็ตามสารจากธรรมชาตินี้ก็เป็นที่น่าสนใจเนื่องจากราคาถูก หาง่าย มีอยู่มากในธรรมชาติ และที่สำคัญคือไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม

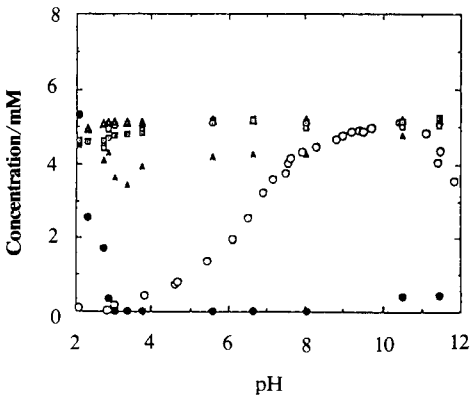


Fig. 5 Adsorption of anions on hydrous aluminum (III) oxide.
○ ,F-; △ ,Br-; □ ,I-; ◇ ,No_3-;
▲ , H_2PO_4-; ⊡ ,SO_4^{2-}; ● , Al^{3+}

ตัวดูดซับที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติเฉพาะเจาะจงในการกำจัดเฉพาะไอออนที่เป็นพิษเท่านั้น กราฟรูปที่ 5 และ 6 แสดงถึงการเลือกกำจัดแอนไอออนของตัวดูดซับ

กราฟรูปที่ 5 จากการทดลองกับแอนไอออน 6 ชนิดคือ ฟลูออไรด์, โบรไมด์, ไอโอไดด์, ไนเตรต, ฟอสเฟต และซัลเฟต พบว่าตัวดูดซับชนิด hydrous aluminum (III) oxide จะเลือกดูดซับแอนไอออนชนิดฟลูออไรด์ และฟอสเฟตเท่านั้น และตัวดูดซับนี้มีความสามารถในการดูดซับไอออนฟลูออไรด์ได้ดีกว่าไอออนฟอสเฟต โดยมี pH เหมาะที่สุดที่ pH 3 ส่วนแอนไอออนชนิดอื่น ๆ นอกเหนือจาก 2 ชนิดนี้ จะไม่ถูกดูดซับโดยตัวดูดซับเลย

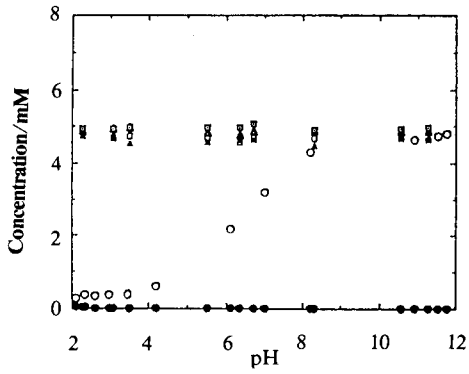


Fig. 6 Adsorption of anions on hydrous cerium (IV) oxide prepared with urea.
○,F-; △ ,Br-; □,I-; ◇ ,NO_3-; ▲ ,H_4-;
⊡ ,SO_4^{2-}; ● ,Ce^{4+}

ตัวดูดซับชนิด hydrous cerium (IV) oxide แสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติที่เฉพาะเจาะจงในการเลือกกำจัดเฉพาะแอนไอออนชนิดไอออนฟลูออไรด์เท่านั้น ส่วนแอนไอออนชนิดอื่น ๆ ไม่ถูกกำจัดโดยตัวดูดซับชนิดนี้เลย ตัวดูดซับมี pH เหมาะที่สุดที่ 4 หรือต่ำกว่า และมีคุณสมบัติพิเศษที่ต่างจากตัวดูดซับชนิดอื่น ๆ คือ มีความต้านทานต่อการละลายที่ pH ต่ำ ๆ จากการปรับ pH ให้ต่ำลงถึง 2 ปรากฏว่าตรวจพบไอออนซีเรียมเพียง 0.01 mM เท่านั้น

การศึกษาอัตราเร็วในการดูดซับไอออนฟลูออไรด์

เตรียมน้ำยาที่มีไอออนฟลูออไรด์เข้มข้น 5 mM ควบคุม pH ไว้ที่ 3 หรือ 5 ตลอดการทดลองโดยใช้เครื่อง pH-stat รุ่น HSM-10A ของบริษัท TOA Electronic Ltd. ตัวดูดซับชนิด basic cerium (III) carbonate, hydrous cerium (IV) oxide, basic gadolinium (III) carbonate และ basic lanthanum (III) carbonate ทำการศึกษาที่ pH 3.0 ส่วนตัวดูดซับชนิด hydrous lanthanum (III) oxide ทำการศึกษาที่ pH 5.0 เติมตัวดูดซับลงในสารละลายที่เตรียมไว้โดยกวนตลอดเวลาเพื่อให้เกิดปฏิกริยาสมบูรณ์ เก็บตัวอย่างในแต่ละช่วงของเวลาแล้วกรองทันที นำ filtrate ไปวิเคราะห์ปริมาณไอออนฟลูออไรด์และปริมาณไอออนโลหะ

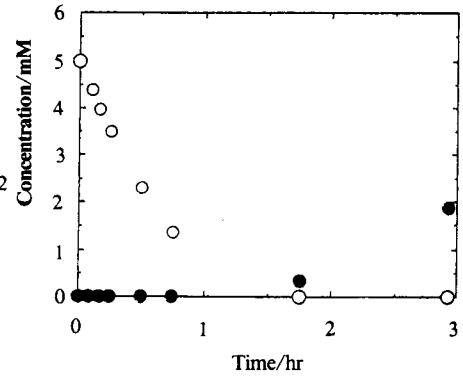


Fig. 7 Kinetics of adsorption of fluoride ion on hydrous lanthanum (III) oxide prepared with NH4OH. ○ , fluoride;
●,lanthanum (III).

กราฟแสดงอัตราเร็วในการดูดซับไอออนฟลูออไรด์ของตัวดูดซับชนิด-hydrous lanthanum (III) oxide

hydrous lanthanum (III) oxide สามารถดูดซับไอออนฟลูออไรด์ ปริมาณมากกว่า 0.5 mM ภายใน 7 นาที และ 1 mM ภายใน 10 นาที จากการศึกษาพบว่า ปฏิกริยาการดูดซับ

ไอออนฟลูออไรด์เป็นไปอย่างรวดเร็วในตอนต้น จนกระทั่งเวลาผ่านไป 45 นาที อัตราเร็วในการดูดซับไอออนฟลูออไรด์เริ่มลดลงอย่างช้า ๆ หลังจากเวลาผ่านไป 1.7 ชั่วโมง ปรากฏว่าไม่พบไอออนฟลูออไรด์ แสดงว่าปฏิกิริยาการดูดซับไอออนฟลูออไรด์เสร็จสิ้นภายในเวลา 1.7 ชั่วโมง ในระหว่างที่วิเคราะห์ปริมาณไอออนฟลูออไรด์ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณโลหะจากตัวดูดซับที่อาจละลายออกมาด้วย เนื่องจากการทดลองนี้ควบคุม pH ไว้ที่ 5.0 ซึ่งต่ำกว่า pH เหมาะที่สุด ปรากฏว่าในช่วงต้นของการเกิดปฏิกิริยาไม่มีการละลายของไอออนแลนทานัมออกมา จนกระทั่งปฏิกิริยาการดูดซับเสร็จสิ้นสมบูรณ์ จึงเริ่มตรวจพบไอออนแลนทานัม

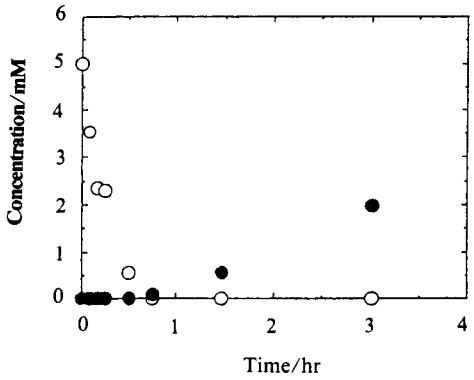


Fig. 8 Kinetics of adsorption of fluoride ion on basic lanthanum (III) carbonate prepared with urea. o, fluoride; ●,lanthanum (III).

ตัวดูดซับชนิด basic lanthanum (III) carbonate ทำการศึกษาอัตราเร็วของปฏิกิริยาที่ pH 3.0 เนื่องจากตัวดูดซับชนิดนี้ ทนต่อการละลายของกรดได้ดีกว่าชนิดแรก basic lanthanum (III) carbonate สามารถดูดซับไอออนฟลูออไรด์ ปริมาณ 1.5 mM ภายใน 5 นาที อัตราเร็วในการดูดซับไอออนฟลูออไรด์สูงกว่า ตัวดูดซับชนิด hydrous lanthanum (III) oxide ถึง 3 เท่า หลังจากเวลาผ่านไป 45 นาที ปรากฏว่าไม่พบไอออนฟลูออไรด์ แต่เริ่มตรวจพบไอออนแลนทานัม แสดงว่าปฏิกิริยาการกำจัดไอออน-ฟลูออไรด์เสร็จสิ้นสมบูรณ์ ภายใน 45 นาที และไอออนแลนทานัมเริ่มละลายออกมาเมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาการดูดซับไอออนฟลูออไรด์

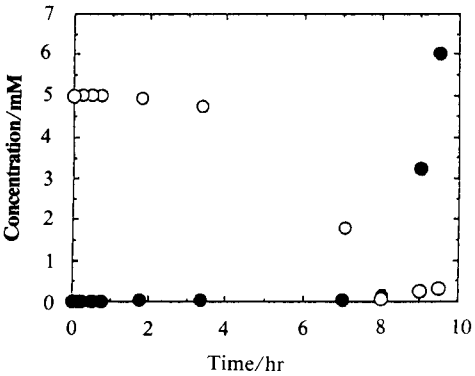


Fig. 9 Kinetics of adsorption of fluoride ion on basic gadolinium (III) carbonate prepared with urea. o ,fluoride; ● ,gadolinium

บรรดาตัวดูดซับที่ใช้ในการศึกษา basic gadolinium (III) carbonate มีอัตราเร็วในการกำจัดไอออนฟลูออไรด์ต่ำที่สุด ช่วง 2 ชั่วโมงแรกอัตราเร็วในการดูดซับไอออนฟลูออไรด์เท่ากับ 0 หรือไม่มีการดูดซับไอออนฟลูออไรด์เลย อัตราเร็วเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ หลังจากเวลาผ่านไปประมาณ 4 ชั่วโมง

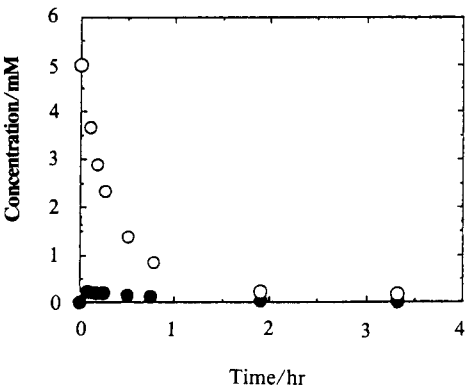


Fig.10 Kinetics of adsorption of fluoride ion on hydrous cerium (IV) oxide prepared with urea. o ,fluoride; ● ,cerium (IV).

และปฏิกิริยาสิ้นสุดภายใน 8 ชั่วโมง ในชั่วโมงที่ 8 จึงเริ่มตรวจพบไอออนแกโดลิเนียม

ตัวดูดซับชนิด hydrous cerium (IV) oxide ปฏิกิริยาการดูดซับไอออน-ฟลูออไรด์สิ้นสุดภายใน 2 ชั่วโมง แต่ไม่สามารถกำจัดไอออนฟลูออไรด์ได้หมด จากการวิเคราะห์ filtrate เมื่อเวลาผ่านไป 1.9 และ 3.3 ชั่วโมง พบไอออนฟลูออไรด์ 0.23 และ 0.15 mM พบไอออนซีเรียม 0.02 และ 0.01 mM ซึ่งเป็นปริมาณที่น้อยมาก เมื่อเทียบกับตัวดูดซับชนิดอื่น ๆ ที่มีการละลายของไอออนโลหะออกมาหลังจากสิ้นสุดปฏิกิริยาการดูดซับไอออนฟลูออไรด์ กล่าวได้ว่าตัวดูดซับชนิดนี้มีคุณสมบัติในการต้านทานต่อการละลายเมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นกรด ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบกว่าตัวดูดซับชนิดอื่น ๆ

การศึกษาความจุในการดูดซับ (adsorption capacity) **ของตัวดูดซับ**

การศึกษานี้เป็นการศึกษาถึงความจุในการดูดซับไอออนฟลูออไรด์ของตัวดูดซับแต่ละชนิด ตัวดูดซับยิ่งมีความจุสูงแสดงว่า มีความสามารถในการดูดซับไอออนฟลูออไรด์ได้มาก ดังนั้น ความจุการดูดซับจึงเป็นคุณ-สมบัติหนึ่งที่สำคัญที่จะเป็นตัวชี้บอกว่าตัวดูดซับชนิดนั้น ๆ มีประสิทธิภาพดีหรือไม่

ทำการทดลองโดยเติมตัวดูดซับปริมาณตั้งแต่ 0.025-0.5 กรัม ลงในน้ำเสีย pH 3 ที่มีปริมาณไอออน-ฟลูออไรด์ 100 mM ทิ้งไว้ให้ทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 18-20 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 20 ° ซ. กรองตัวดูดซับออกนำ filtrate มาวิเคราะห์ปริมาณไอออนฟลูออไรด์ที่เหลือจากการดูดซับ นำค่าที่ได้มาเขียนกราฟระหว่างความ

เข้มข้นของฟลูออไรด์ที่สมดุล (equilibrium fluoride concentration) ซึ่งคือปริมาณไอออนฟลูออไรด์ที่เหลือในสารละลายกับความจุการดูดซับ โดยใช้สเกล 10g-10g

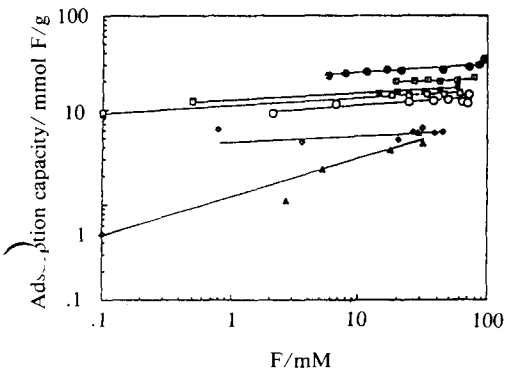


Fig. 11 Adsorption isotherm of some adsorbents.

● ,hydrous cerium (IV) oxide;
⊡ ,clamshell;
■ ,hydrous lanthanum (III) oxide;
□ ,basic lanthanum (III) carbonate;
○ ,bone; ◇ ,basic gadolinium (III) carbonate;
▲ ,hydrous aluminum (III) oxide.

กราฟแสดงการเปรียบเทียบความจุ-การดูดซับของตัวดูดซับ 7 ชนิด

จากการศึกษาพบว่า hydrous cerium (IV) oxide มีความจุการดูดซับสูงสุด รองลงมาคือเปลือกหอยกาบ ซึ่งเป็นสารจากธรรมชาติมีความจุการดูดซับสูงกว่า hydrous lanthanum (III) oxide และ basic lanthanum (III) carbonate ซึ่งเป็นสารสังเคราะห์ ถัดมาคือกระดูกหมูเป็นสารจากธรรมชาติมีความจุการดูดซับสูงกว่าสารสังเคราะห์อีก 2 ชนิดคือ basic gadolinium (III) carbonate และ hydrous aluminum (III) oxide เป็นที่น่าสังเกตว่าสารจากธรรมชาติดังกล่าวข้างต้น มีความจุในการดูดซับไอออนฟลูออไรด์สูงใกล้เคียงกับสารสังเคราะห์บางชนิด ซึ่งมีราคาแพง แต่ก็มีข้อเสียเกี่ยวกับการละลายได้ของแคลเซียม และไอออนฟอสเฟต ซึ่งเป็นปัญหาที่จะต้องแก้ไขกันต่อไป

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรด-ด่าง กับประจุบนผิวของตัวดูดซับ ก่อนและหลังการดูดซับไอออนฟลูออไรด์

ทำการวัด zeta potential ของตัวดูดซับในสารละลายโซเดียมเปอร์คลอเรต ($NaClO_4$ 0.005 M pH 2-12 เปรียบเทียบกับค่า zeta potential ของตัวดูดซับในสารละลาย 0.005 M ที่มีโซเดียมฟลูออไรด์เข้มข้น 1 mM และปรับ pH ที่ 2-12

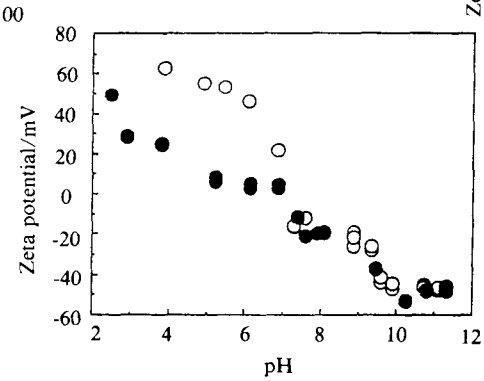


Fig. 12 Change in zeta potential by adsorption of fluoride ion on hydrous cerium (IV) oxide prepared with urea o,CeO_2; ●,with F.

กราฟแสดงค่า seta potential ของตัวดูดซับชนิด hydrous cerium (IV) oxide ก่อนและหลังการดูดซับไอออนฟลูออไรด์ วงกลมสีขาวแสดงค่า zeta potential ของ hydrous cerium (IV) oxide ในสารละลายโซเดียมเปอร์คลอเรตเข้มข้น 0.005 M ที่ pH 2-12 zeta potential มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่ออยู่ในสารละลายที่เป็นกรด และมีค่าลดลงเมื่อปรับ pH ให้สูงขึ้น วงกลมสีดำแสดงค่า zeta potential ของ hydrous cerium (IV) oxide ในสารละลายโซเดียมเปอร์คลอเรตเข้มข้น 0.005 M ที่มีไอออนฟลูออไรด์เข้มข้น 1 mM pH 2-12 ค่า zeta potential ลดลงในช่วง pH 2-7.5 ซึ่งเป็นช่วงที่มีการดูดซับไอออนฟลูออไรด์ แสดงว่าการดูดซับไอออนฟลูออไรด์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า zeta potential ในทางลดลง ช่วง pH $>$ 7.5 จะเห็นว่าเส้นโค้งทั้ง 2 เส้นเริ่มซ้อนทับกันซึ่งเป็นช่วงที่ไม่มีการดูดซับไอออนฟลูออไรด์ จึงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า zeta potential

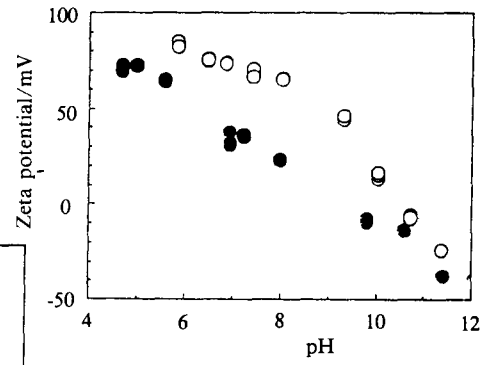


Fig. 13 Change in zeta potential by adsorption of fluoride ion on basic samarium (III) carbonate prepared with urea.
○ ,Sm(OH) CO_3; ● ,with F.

ตัวดูดซับชนิด basic samarium (III) carbonate ช่วง pH ในการดูดซับไอออนฟลูออไรด์จะกว้างกว่า hydrous cerium (IV) oxide ในสภาวะที่เป็นด่างยังมีความสามารถในการดูดซับไอออนฟลูออไรด์อยู่บ้าง จากกราฟจะเห็นว่าช่วง pH $>$ 10 เส้นโค้งทั้ง 2 เส้นเริ่มเข้าใกล้กัน แม้ว่าจะไม่ซ้อนทับกัน

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของประจุบนผิวของตัวดูดซับ จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ทำให้ทราบว่าการดูดซับไอออนฟลูออไรด์เกิดขึ้นบนผิวของตัวดูดซับ

สรุปผลการศึกษาวิจัย

จากการศึกษาพบว่าตัวดูดซับชนิดสารสังเคราะห์ที่นำมาทดลองสามารถลดปริมาณไอออนฟลูออไรด์ได้ต่ำลงถึงความเข้มข้น 0.4-5.0 ppm. ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานน้ำทิ้ง ความสามารถในการดูดซับไอออนฟลูออไรด์ขึ้นกับสภาพความ

เป็นกรด-ด่างของน้ำเสีย โดยทั่วไป การดูดซับไอออนฟลูออไรด์เกิดขึ้นได้ดีในสภาพที่เป็นกรดมากกว่าในสภาพที่เป็นด่าง ถ้ามีความเป็นด่างมาก ๆ (pH $>$ 10) ตัวดูดซับส่วนใหญ่จะไม่มีการดูดซับไอออนฟลูออไรด์เลย ตัวดูดซับที่ใช้ในการทดลองสามารถละลายได้ในสารละลายที่เป็นกรด ดังนั้นจึงทำให้ช่วง pH ที่ใช้งานได้จริงแคบลง เนื่องจากต้องคำนึงถึงผลในข้อนี้ด้วยตัวดูดซับแต่ละชนิดจะมีช่วง pH เหมาะสมที่ใช้งานแตกต่างกันไป เช่น hydrous lanthanum (III) oxide ควรใช้งานในช่วง pH 7-8 basic lanthanum (III) carbonate ควรใช้งานในช่วง pH 5-6 และ hydrous cerium (IV) oxide สามารถใช้งานได้ในช่วง pH น้อยกว่า 4 ลงไป โดยไม่ต้องคำนึงถึงการละลายของไอออนซีเรียม เนื่องจากตัวดูดซับชนิดนี้มีคุณสมบัติพิเศษในการต้านทานต่อการละลายในสภาวะที่เป็นกรด

จากการศึกษาอัตราเร็วในการกำจัดไอออนฟลูออไรด์ พบว่า ปฏิกิริยาในการดูดซับไอออนฟลูออไรด์ของตัวดูดซับเสร็จสิ้นภายในเวลา 2 ชั่วโมง ยกเว้น basic gadolinium (III) carbonate ซึ่งใช้เวลาถึง 8 ชั่วโมง และจากการศึกษานี้ ทำให้ทราบว่า ปฏิกิริยาการดูดซับไอออนฟลูออไรด์จะเกิดขึ้นก่อนจนกระทั่งปฏิกิริยาเสร็จสิ้นสมบูรณ์แล้ว จึงเริ่มเกิดปฏิกิริยาการละลายของโลหะจากตัวดูดซับตามมา

จากการศึกษาความจุในการดูดซับไอออนฟลูออไรด์ พบว่า hydrous cerium (IV) oxide มีความจุในการดูดซับไอออนฟลูออไรด์ไว้บนผิวมากที่สุด และสารจากธรรมชาติ ได้แก่ เปลือกหอยกาบ และ กระดูกหมู มีความจุในการดูดซับไอออนฟลูออไรด์สูงใกล้เคียงกับสารสังเคราะห์ แต่มีข้อเสียคือ ไม่สามารถลดปริมาณไอออนฟลูออไรด์จนถึงความเข้มข้นต่ำได้ โดยสามารถลดปริมาณไอออนฟลูออไรด์ลงหลือ 34 ppm. และมีการละลายของไอออนแคลเซียม และ ไอออนฟอสเฟตด้วย อย่างไรก็ตามสารจากธรรมชาตินี้ก็เป็นที่น่าสนใจ ที่จะนำมาศึกษาทดลองเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการบำบัดน้ำเสียจำพวกไอออนฟลูออไรด์ในขั้นต้นได้ เนื่องจากมีอยู่ในธรรมชาติเป็นจำนวนมาก หาง่าย ราคาถูก และสิ่งที่สำคัญคือ สารจากธรรมชาติจะไม่ก่อให้เกิดมลภาวะด้วย

เอกสารอ้างอิง

Boruff, C. Removal of fluoride from drinking water. **Industrial & Engineering chemistry**, January, 1934, vol.26, no. 1, p. 69.

Culp, R. and Stoltenberg, H. Fluoride Reduction at La Crosse. **Journal of the American Water Works Association,** 1958, vol.50, p. 423

Handbook of industrial poisioning. Ishiyaku Publishing, 1981, p.23. Kubota M., Tokunaga, S., Uchiumi, A. Study on the new advanced technique for treatment of wastewater containing hazardous substances from high-technology industry. **Environmental Protection Report.** No. 40-1, 1992.

Maier, F. Method of removing fluoride from water. **American Journal of Public Health & Nation's Health,** 1947, vol. 37, p. 1559.

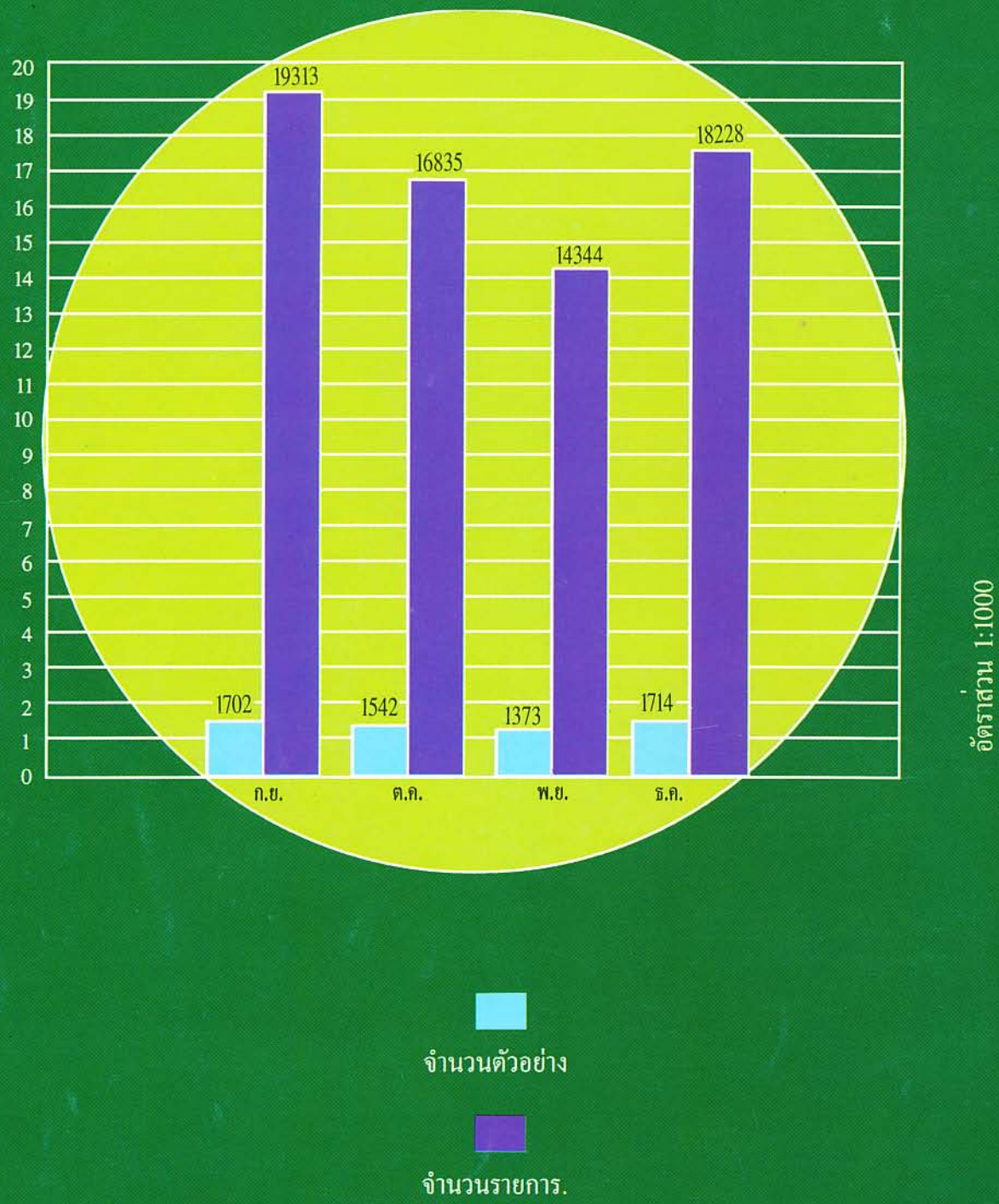
Pauling, L. **The nature of chemical bond.** 3 rd ed. Cornel University Press, 1960.

ศึกยาสีฟันฟลูออไรด์, **นิตยสารผู้บริโภค**. พฤษภาคม-มิถุนายน 2527 ปีที่ 1, ฉบับที่ 3, หน้า 40

สมรรัตน์ วัฒนธรรม และ อานนท์ ลีลานนท์ ปริมาณฟลูออไรด์ธรรมชาติในน้ำบริโภคท้องถิ่นอำเภอหาดใหญ่ **วารสารสงขลานครินทร์**. กรกฎาคม-กันยายน, 2524, ปีที่ 3, ฉบับที่ 3, หน้า 163-164.

เครื่องวัดมุมมาตรฐาน (Auto Collimator)

เป็นเครื่องมือวัดที่ใช้แสงวัดมุมสะท้อนของมุมเอียง ใช้สอบเทียบมุมมาตรฐาน เช่น indexing, polygon, angle gauge block มีอยู่ 2 แบบ แบบแรกใช้ปรับและอ่านจากไมโครมิเตอร์สเกล แบบสองอ่านโดยอัตโนมัติ acc. 0.5 sec. สามารถต่อเข้ากับเครื่องพิมพ์, เครื่องคอมพิวเตอร์ และสามารถใช้ควบคุมระยะไกลได้ (โครงการปรับปรุงและขยายงานมาตรวิทยาทางวิทยาศาสตร์ กองฟิสิกส์และวิศวกรรม)



สถิติแสดงจำนวนตัวอย่างและรายการการวิเคราะห์ทดสอบวัตถุตัวอย่าง
เดือนกันยายนถึงเดือนธันวาคม 2536