ISSN 7684-7543

ปีที่ 42 ฉบับที่ 136 กันยายน 2537

วด

วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ

สุขใจ ใจการพัฒนา ๑

วิทยา เป็นเนตรทำโลกให้สว่าง ๑

สมเกียรติ ศูนย์ทองใหญ่

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

สารบัญ

3 ฝนกรด
เทพวิทูรย์ ทองศรี : กองฟิสิกส์และวิศวกรรม

9 ดินกัมมันต์
มัณฑนา พงษ์ไทยพัฒน์ : กองการวิจัย

12 การศึกษาวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันที่ได้จากการกลั่นภาวะสูญญากาศ
เกษร ตันนุกิจ : กองเคมี

15 สารนิเทศวิทยาศาสตร์ : วารสารด้านบรรจุภัณฑ์
ชื่นจิต อาทร : กองสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

17 ข่าวทั่วไปใน วศ.

21 เคลือบหนังงู
พิมพวัลคุ์ วัฒโนภาส, เทพีวรรณ จิตรวัชรโกมล : กองการวิจัย

24 อิฐทนไฟไฟร์เคลย์
เชษฐ เอี่ยมจิตกุศล : กองการวิจัย

26 น้ำนมแม่
บังอร บุญชู : กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ

28 เทคนิคการใช้และบำรุงรักษาเครื่อง AA
ดุษฎี มั่นความดี : กองเคมี

- กำหนดออกปีละ 3 ฉบับ
  มกราคม
  พฤษภาคม
  กันยายน
- วารสารรายสี่เดือน

ฝนกรด

เทพวิทูรย์ ทองศรี

เมื่อย่างเข้าฤดูฝน สิ่งที่ทุกคนปฏิเสธไม่ได้คือจะมีฝนตกอยู่เสมอโดยไม่เลือกเวลา ซึ่งสำหรับประชาชนส่วนใหญ่ของประเทศที่มีอาชีพเกษตรกรรมคงจะมีความสุขที่มีน้ำจากธรรมชาติมาให้พืชพันธุ์ได้เติบโตโดยไม่ต้องกังวลใจกับปัญหาการขาดแคลนน้ำเหมือนในฤดูแล้งที่ผ่านมา นอกจากนั้นยังสามารถเก็บกักน้ำฝนไว้เป็นน้ำดื่มตลอดปีได้ แต่สำหรับชุมชนเมืองแล้วการที่ฝนตกลงมานั้นมักจะก่อปัญหา ไม่ว่าจะเป็นปัญหาการจราจรติดขัด ปัญหาการระบายน้ำไม่ทันก่อให้เกิดน้ำท่วมที่อยู่อาศัย แต่ที่ทุกคนอาจจะนึกไม่ถึงเลยก็คือสมบัติของน้ำฝนที่เปลี่ยนแปลงไปไม่เป็นน้ำฝนบริสุทธิ์เช่นในอดีต เพราะมีฤทธิ์เป็นกรดเพิ่มขึ้น ที่เราเรียกว่าฝนกรด (acid rain) นั่นเอง

ฝนกรดคืออะไรและมีค่าความเป็นกรดเท่าใดจึงจะจัดว่าเป็นฝนกรด ตามปกติน้ำฝนจะมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (ค่าพีเอช) ประมาณ 5.6-5.7 เพราะในอากาศมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ ฝนที่ตกลงมาจะทำปฏิกิริยาเป็นกรดคาร์บอนิก ทำให้น้ำฝนมีฤทธิ์เป็นกรดเล็กน้อย ถ้าน้ำฝนที่ตกลงมามีค่าพีเอชต่ำกว่า 5.6 ก็จะถือว่าเป็นฝนกรด แต่อย่างไรก็ตามจากรายงานการวิจัยความเป็นกรดของน้ำฝนในบางพื้นที่ พบว่ามีค่าพีเอชต่ำประมาณ 4-5 เท่านั้น ดังนั้นการวินิจฉัยเรื่องฝนกรดจึงมุ่งประเด็นไปที่สิ่งเจือปนในน้ำฝนที่เป็นสาเหตุของความเป็นกรดว่าเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์เองต่อสิ่งแวดล้อมหรือไม่ เช่น การศึกษาปริมาณสารที่เป็นสาเหตุของความเป็นกรดเช่น ซัลเฟตและไนเตรตในน้ำฝน เป็นต้น

ฝนกรด คือ น้ำฝนที่มีฤทธิ์เป็นกรด สาเหตุการเพิ่มความเป็นกรดมาจากทั้งธรรมชาติและกิจกรรมที่มนุษย์ทำขึ้นเอง สาเหตุจากธรรมชาตินั้นเกิดจากแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีอยู่ในบรรยากาศทำปฏิกิริยาทางเคมีกับน้ำฝนดังที่กล่าวแล้วข้างต้น ในขณะที่ฝนตกจะเกิดฟ้าแลบฟ้าร้องและฟ้าผ่า ปรากฏการณ์นี้ก่อให้เกิดออกไซด์ของไนโตรเจน ทำให้มีอนุมูลของไนเตรตในธรรมชาติ นอกจากนั้นกระบวนการสลายตัวของซากสิ่งมีชีวิตตามวงจรไนโตรเจน (N-Cycle) เมื่อซากสิ่งมีชีวิตเน่าเปื่อยโดยจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนหรือไร้ออกซิเจนในบรรยากาศ จะเกิดแก๊สแอมโมเนียขึ้นก่อนแล้วแก๊สแอมโมเนียจะถูกออกซิไดซ์เป็นไนตริกออกไซด์ได้

ส่วนสาเหตุจากกิจกรรมที่มนุษย์ทำขึ้นนั้นเกิดจากออกไซด์ของไนโตรเจนที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่อุณหภูมิสูง โดยพบว่าการเผาไหม้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 550 องศาเซลเซียสจะไม่เกิดแก๊สไนตริกออกไซด์ และแก๊สจะเกิดมากที่อุณหภูมิสูงกว่า 1,100 องศาเซลเซียส ดังนั้นการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงต่าง ๆ จึงก่อให้เกิดแก๊สดังกล่าวไม่เท่ากัน เพราะอุณหภูมิเฉลี่ยในการเผาไหม้ไม่เท่ากัน โดยถ่านหินจะให้แก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนมากที่สุด รองลงมาคือน้ำมันปิโตรเลียมและแก๊สธรรมชาติ ตามลำดับ และพบว่าประมาณ 55 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณแก๊สชนิดนี้มาจากแหล่งกำเนิดอยู่กับที่ (stationary sources) คือจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงทั้ง 3 ประเภทที่กล่าวมาในโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า โรงกลั่นน้ำมัน โรงงานถลุงโลหะ ฯลฯ และอีก 44 เปอร์เซ็นต์มาจากแหล่งปล่อยเคลื่อนที่ (mobile sources) ได้แก่ ยานพาหนะต่าง ๆ ทั้งรถยนต์ รถบรรทุก เครื่องบิน ฯลฯ

สำหรับแหล่งปล่อยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์นั้น ในธรรมชาติเกิดจากกระบวนการทางชีววิทยาเปลี่ยนแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยปฏิกิริยาออกซิเดชั่นของออกซิเจนหรือโอโซนในบรรยากาศที่มีฝุ่นละอองเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์มาจากกระบวนการทางชีววิทยาทั้งในดินและทะเล นอกจากนั้นยังมาจากแหล่งระเบิดของภูเขาไฟที่ปล่อยผงฝุ่นที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบขึ้นสู่บรรยากาศ แหล่งปล่อยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากกิจกรรมมนุษย์มีทั้งแหล่งปล่อยอยู่กับที่ และ

แหล่งปล่อยเคลื่อนที่ เช่นเดียวกับแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน แหล่งปล่อยอยู่กับที่เกิดจากเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบได้แก่ ถ่านหิน น้ำมันเตา น้ำมันดีเซล ฯลฯ ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น การผลิตกระแสไฟฟ้า หม้อน้ำอุตสาหกรรม และเกิดจากประเภทของอุตสาหกรรมที่มีขบวนการผลิตให้แก๊สดังกล่าว เช่น โรงงานผลิตกรดซัลฟิวริก และเกิดจากวัตถุดิบที่ใช้ในขบวนการผลิต เช่น โรงกลั่นน้ำมัน โรงงานถุงแร่ตะกั่วหรือทองแดง เพราะในน้ำมันดิบและสินแร่เหล่านี้มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ ทำให้มีการปล่อยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้น ส่วนแหล่งปล่อยเคลื่อนที่นั้นเกิดจากการใช้น้ำมันดีเซลในยานพาหนะทั้งรถยนต์ รถบรรทุก เรือยนต์ ฯลฯ เพราะในน้ำมันดีเซลมีองค์ประกอบกำมะถันอยู่

ฝนกรดโดยทั่วไปมี 2 รูปแบบ คือ

1. Wet precipitation โดย SO_2/SO_3 หรือ NO_2 ทำปฏิกิริยาและละลายอยู่ในเมฆและน้ำฝนในรูปกรดซัลฟิวริกและกรดไนตริก

2. Dry deposition ที่สภาพของ SO_2/SO_3 หรือ NO_3^-/HNO_3^-

ตกลงมาจากบรรยากาศอยู่ในสภาพแก๊สหรือเกาะตัวกันเป็นอนุภาคหรือฝุ่นตกลงมา

การเปลี่ยนแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ให้เป็นซัลเฟตไอออนในบรรยากาศขึ้นกับปฏิกิริยาการเติมออกซิเจนระหว่างแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับตัวเติมออกซิเจนที่ดี (strong oxidizing radical) เมื่อเกิดการปะทะกันในสภาวะแก๊ส (gas-phase collision) ซึ่งเป็นผลของปฏิกิริยาโฟโตเคมีคัลของไฮโดรคาร์บอน-ไนโตรเจนออกไซด์ ในส่วนของการเปลี่ยนไนโตรเจนออกไซด์เป็นไนตริกนั้น ตามปกติต้องผ่านขั้นตอนที่สลับซับซ้อน เมื่อมีการสันดาปที่อุณหภูมิสูงจะเกิดไนตริกออกไซด์มากกว่าไนโตรเจนออกไซด์ ระดับความเข้มข้นของแก๊สทั้งสองนี้เปลี่ยนแปลงไปมา จากนั้นจึงจะเปลี่ยนเป็นกรดไนตริกหรือสารประกอบไนเตรต

การส่งผ่านของสารที่ก่อให้เกิดเป็นฝนกรดมีอยู่ 3 รูปแบบด้วยกัน ดังนี้

1. Emission--> dispersion--> dry deposition

2. Emission--> chemical transformation/dispersion--> dry deposition

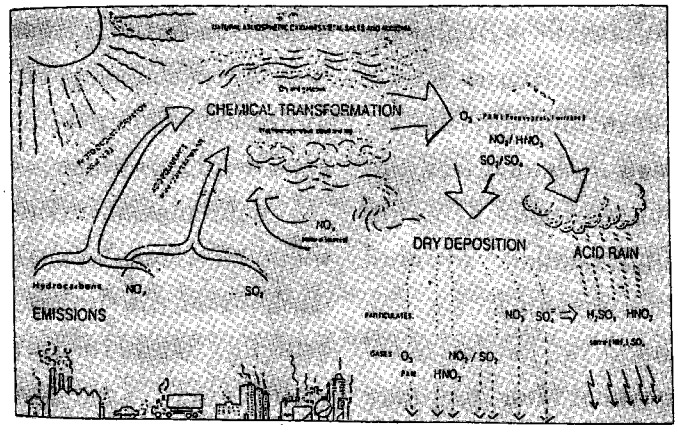
3. Emission--> chemical transformation/dispersion--> wet deposition

โดยสารเหล่านี้เมื่อถูกปล่อยสู่บรรยากาศสามารถกระจายและตกลงในสภาพแห้ง เมื่อฝนตกลงมาจึงจะทำปฏิกิริยาทำให้น้ำฝนเพิ่มสภาพเป็นกรด นอกจากนั้นสารเหล่านี้จะทำปฏิกิริยากันขณะที่อยู่ในบรรยากาศเปลี่ยนแปลงรูปทางเคมีอยู่ในรูปสภาพแห้งหรือสภาพเปียก แล้วตกลงมาสู่สิ่งแวดล้อมในทั้งสองสภาวะได้ดังรูปที่ 1

ปัจจัยที่เอื้ออำนวยให้เกิดสภาวะฝนตก

1. **ภูมิอากาศ** (climate) เป็นปัจจัยที่สำคัญโดยเฉพาะปริมาณและความถี่ในการตกของฝน ในบริเวณที่มีลักษณะอากาศแห้ง จะมีการพัดพาฝุ่นละอองที่มีสมบัติเป็นด่างทำให้มีการปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างในบรรยากาศ ส่วนบริเวณที่มีอากาศชื้น เช่นแถบชายทะเล จะมีปริมาณฝุ่นละอองค่อนข้างน้อยในบรรยากาศ แนวโน้มของฝนที่ตกลงมาจะมีฤทธิ์เป็นกรด นอกจากนั้นทิศทางกระแสลมและความเร็ว เป็นปัจจัยที่ช่วยในการพัดพาและกระจายมลพิษในบรรยากาศ ความชื้นในอากาศ ค่าความร้อนจากแสงอาทิตย์ (solar radiation) เป็นปัจจัยต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่จะเปลี่ยนสภาพแก๊สเป็นกรดได้เร็วขึ้น

2. **ภูมิประเทศและสัณฐานธรณี** (topography/geology) พบว่าบริเวณที่ไวต่อฝนกรดนั้นได้แก่บริเวณที่มีชั้นหินที่หนาและแข็ง มีระดับผิวดินที่บาง ทำให้ขาดการปรับสภาพของดิน (buffering) เพราะระดับชั้นผิวของดินหนาจะช่วยลดปัญหาความเป็นกรดในดินได้ ตำแหน่งของแหล่งน้ำเป็นปัจจัย



Source : Environmental Resource United, 1983

รูปที่ 1 ขบวนการเกิดฝนกรด (Processes and Chemicals in Pollutant Emissions and Acid Precipitation)

อีกอย่างที่ต้องคำนึงถึง เช่น ความลึกของแหล่งน้ำ พื้นที่ชายฝั่งของแหล่งน้ำ เวลาการกักขังน้ำ สิ่งเหล่านี้จะช่วยเพิ่มหรือลดความเป็นกรดที่มาจากฝนต่อแหล่งน้ำนั้น

3. **สิ่งมีชีวิต** (biota) โดยเฉพาะพืชบริเวณที่มีฝนตกนั้นมีความสูง ความหนาแน่นของใบต่อต้น การผลัดใบ เพราะสิ่งเหล่านี้จะช่วยป้องกันและลดปริมาณของน้ำฝนลงสู่พื้นดินได้ส่วนหนึ่ง และพืชยังเป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อความชื้นในบรรยากาศในรูปของการคายน้ำ การระเหยของน้ำสู่บรรยากาศ ถ้าการระเหยของน้ำมีมากใบของพืชจะได้รับผลกระทบของความเป็นกรดมากขึ้น

4. **กิจกรรมของมนุษย์** (human activity) ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดสภาวะความเป็นกรดในน้ำฝนมากที่สุด ไม่ว่าจะเป็นการใช้เชื้อเพลิงที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบทั้งในอุตสาหกรรมการผลิตกระแสไฟฟ้า ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น การพัฒนาทางอุตสาหกรรมทำให้ปริมาณของแก๊สที่เป็นสาเหตุของฝนกรดถูกปล่อยสู่บรรยากาศมากขึ้นทุกปี

ผลกระทบของฝนกรด

ฝนกรดสามารถทำลายองค์ประกอบต่าง ๆ ในสิ่งแวดล้อม คือ ระบบนิเวศน์แหล่งน้ำ ระบบนิเวศน์ภาคพื้นทวีป ผลผลิตทางเกษตรกรรมและป่าไม้ อาคารโครงสร้างสถาปัตยกรรมที่มนุษย์สร้างขึ้น รวมถึงสุขภาพของมนุษย์เอง ดังรูปที่ 2

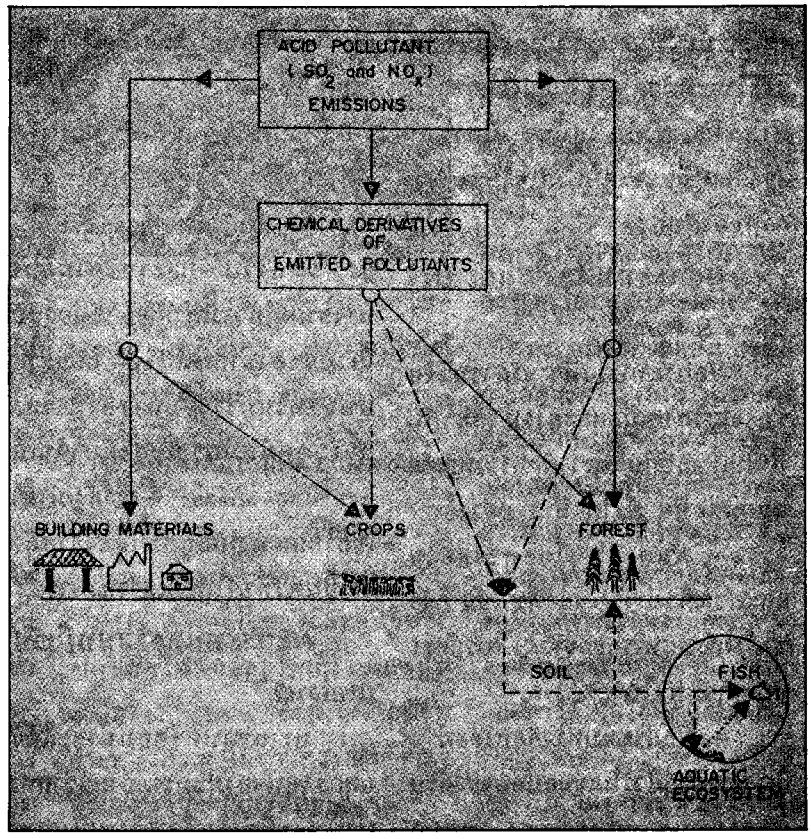
ผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ภาคพื้นทวีป (terrestrial exo-systems)

ดิน (soil) เนื่องจากสภาพของดินในแต่ละพื้นที่แตกต่างกันและความสามารถในการปรับสภาพให้เป็นกลางของดินต่างกัน ดังนั้นนึงเป็นการยากที่จะทราบถึงผลกระทบของฝนกรดต่อระบบนิเวศน์ทั้งบนบกและในน้ำ ในดินนิยมวิเคราะห์ลักษณะของดินและความไวต่อการเกิดสภาพกรด (acidification)

ความไวของดินในการปรับสภาพเป็นกรดขึ้นกับปัจจัยหลายด้านที่สำคัญคือโครงสร้างของดิน (texture) ค่าการอิ่มตัวของด่าง (base saturation) ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity, CEC) องค์ประกอบของสารอินทรีย์ (organic matter content) ค่าความสามารถในการเคลื่อนที่ของไอออน ความหนา (thickness) ลักษณะผิวหน้าของดินและปริมาณอัตราของฝนตกในพื้นที่นั้น ๆ

โดยทั่วไปความไวต่อสภาพกรดของดินขึ้นอยู่กับปัจจัยต่อไปนี้

1. ชั้นหินใต้ดินว่าเป็นหินแกรนิตแข็ง (hard granite) หรือชั้นของหินไนส์ (gneiss) ที่จะทำให้น้ำซึมผ่านได้ยาก มีค่าความอิ่มตัวของด่างและค่าความสามารถแลกเปลี่ยนไอออน (CEC) ต่ำ



KEY : Direct Process
Indirect Process
Possible Indirect Process

Source : Environmental Resources United, 1983

รูปที่ 2 ผลกระทบทางตรงและทางอ้อมของฝนกรด
(Acid Pollutant Impacts-Direct or Indirect Process)

2. บริเวณนั้นมีปริมาณฝนตกชุกมากน้อยเพียงใด

3. มีองค์ประกอบของสารอินทรีย์สูง และ/หรือ มีความสามารถดูดซับซัลเฟตต่ำ

4. เป็นบริเวณที่มีอัตราการทำลายป่าไม้สูง หรือมีการทำเกษตรกรรมมาก

เมื่อดินบริเวณนั้นได้รับน้ำฝนที่มีฤทธิ์เป็นกรดเป็นเวลานาน จะทำให้ดินเสื่อมสมรรถภาพในการปรับสภาพน้ำฝนที่ขังหรือซึมลงดินให้เป็นกลางได้ และก่อให้เกิดการขาดธาตุอาหาร เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้ในป่าบริเวณนั้น นอกจากนั้นอะลูมิเนียมและโลหะหนักต่าง ๆ ในดินจะหลุดออกมาสู่สิ่งแวดล้อมมากขึ้น เนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวจะถูกทำลายในสภาวะกรดของฝนกรด

ผลกระทบต่อพืชและสัตว์ (flora & fauna)

ผลกระทบต่อพืช จากงานวิจัยของอเมริกาเหนือและยุโรป เกี่ยวกับพืชในเขตอบอุ่น พบว่าผลกระทบของฝนตกต่อพืช ป่าไม้ มี 2 อย่างคือ

– ผลกระทบโดยตรงต่อใบและส่วนผิวต่าง ๆ ของพืช เช่น การชะล้างสารอาหารออกจากใบ การกัดชะชั้นเคลือบผิวใบ

– ผลกระทบทางอ้อมโดยผ่านดิน และถึงแม้ว่าในเขตอบอุ่นจะได้รับผลกระทบของฝนกรดสูง แต่ผลกระทบโดยตรงกับพืชยังน้อยซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าอายุของใบไม้ในเขตอบอุ่นจะมีช่วงยาวและทนกว่าเขตร้อนซึ่งความเป็นกรดในฝนจะต้องเข้มข้นมากพอที่จะทำลายได้ จะต้องมีการศึกษาต่อไป

ค่าพีเอชของฝนที่ตกในเอเชียจะมีค่าสูง แต่ไม่ได้ทำให้ปริมาณซัลเฟตและไนเตรตต่ำ แต่จะเพิ่มค่าฝุ่นแอลคาไลน์ (alkaline dust) หรือเป็นไปได้ที่ในเขตระบบนิเวศน์เขตร้อนและมีเส้นศูนย์สูตรจะมีสารอาหารจำกัด โดยเฉพาะไนโตรเจนและกำมะถัน การปนเปื้อนของสารเหล่านี้ในบรรยากาศที่ลงมากับฝนมีผลต่อสารอาหารในดินบริเวณนั้น กล่าวคืออัตราการนำธาตุอาหารกลับมาใช้ตลอดจนอัตราการหมุนเวียนของธาตุอาหารสู่น้ำผิวดินหรือน้ำใต้ดินเปลี่ยนแปลงไป เมื่อค่าพีเอชลดต่ำลงใบของพืชจะแสดงอาการขาดอาหารหลัก เช่น โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม ให้เห็น

ผลกระทบต่อสัตว์ ฝนกรดจะส่งผลกระทบต่อวงจรชีวิตโดยเฉพาะสัตว์น้ำ เช่น กบ และ salamanders ยุง แมลงวัน และจุลชีพในดินซึ่งบางชนิดมีความสำคัญมากต่อระบบนิเวศน์ของภาคพื้นทวีป โดยเฉพาะบทบาทในการเพิ่มสารอาหารและความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยเป็นวงจรและ aeration ซึ่งสำคัญมากในเขตร้อนและศูนย์สูตร เนื่องจากสัตว์จะเป็นตัวที่ทำให้เกิดสารอาหาร

ผลกระทบต่อระบบนิเวศน์แหล่งน้ำ

ทะเลสาบหรือแม่น้ำจะได้รับผลกระทบของฝนกรด ถึงแม้ว่าแหล่งน้ำนั้นจะมีด่างหรือสภาพเป็นกลางหรือแหล่งน้ำนั้นมีความเป็น alkalinity หรือ acid neutralizing capacity (ANC) แต่ต้องขึ้นกับระยะเวลาสัมผัสบริเวณผิวหน้ากับฝนที่ตกลงมา ทะเลสาบหรือแหล่งน้ำที่มีค่า ANC ต่ำ จะสามารถปรับสภาพความเป็นกรดจากฝนกรดได้ง่าย

เมื่อค่าพีเอชของแหล่งน้ำเปลี่ยนแปลงไป ผลกระทบที่ตามมาคือ ผลผลิตชั้นปฐมภูมิ (primary production) การทำงานของจุลินทรีย์ลดลง ทำให้การย่อยสลายอินทรีย์สารน้อยลง สารอินทรีย์จะสะสมในระบบนิเวศน์ ทำให้ขาดวัฏจักรการนำเอาธาตุอาหารกลับมาใช้ประโยชน์ นอกจากนั้นสัตว์น้ำขนาดเล็กซึ่งอาศัยอยู่ตามท้องน้ำ (benthic invertebrates) จะลดลงและพบว่าสารโลหะหนักเช่น นิเกิล ทองแดง เหล็ก อะลูมิเนียม ปรอท แมงกานีส ฯลฯ ตกสะสมในแหล่งน้ำเพิ่มขึ้นเนื่องจากฝนกรดทำลายการจับยึดไอออนของโลหะหนักไว้ โดยเฉพาะถ้าระดับอะลูมิเนียมไอออนในน้ำเพิ่มขึ้นจะก่อความระคายเคืองแก่เหงือกของปลา และปลาจะพยายามสร้างเมือกห่อหุ้มส่วนที่เกิดระคายเคือง ทำให้สภาพของเหงือกทรุดลงและตายไปในที่สุด

เมื่อฝนกรดตกลงมาบริเวณริมขอบน้ำที่มีหินคาร์บอเนตและเมื่อรวมกับสภาพดินที่เป็นกรดอยู่แล้ว จะทำให้มีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นยังขึ้นกับปริมาณฝนกรดที่ได้รับ การปรับสภาพเป็นกลางน้อยส่งผลให้ผลผลิตจากแหล่งน้ำลดลงโดยเฉพาะในเอเชีย ทำให้เพิ่มสภาพการขาดอาหารในระบบนิเวศน์แหล่งน้ำนั้น

ผลกระทบของฝนกรดต่อสุขภาพและสิ่งก่อสร้าง

ฝนกรดจะทำลายผิวของสิ่งก่อสร้างไม่ว่าจะเป็นรูปปั้น อนุสาวรีย์ ตึก หรือยานพาหนะ โครงสร้างที่ได้รับผลกระทบส่วนใหญ่เป็นวัสดุประเภทหินปูน (limestone) หินอ่อน

(marble) หรือหินทราย (sandstone) นอกจากนั้น ตึก สะพาน โครงสร้างอุตสาหกรรม เครื่องมือ และอุปกรณ์ทางไฟฟ้า สิ่งทอ สีที่ทาภายนอก และเขื่อนก็ได้รับผลกระทบจากฝนกรด

ผลกระทบต่อสุขภาพ นอกจากสภาพของฝนที่มีความเป็นกรดแล้ว ยังมีละอองลอยเชิงกรด (acidic aerosols) โดยเฉพาะซัลเฟตและไนเตรต ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพโดยตรง เมื่อได้รับสัมผัสทางผิวหนัง ตา และการหายใจ ทำให้ปอดทำงานได้ไม่เต็มที่ ทำให้เป็นไข้และมีอาการภูมิแพ้ ปัญหาระบบทางเดินหายใจ และรวมถึงโรคปอดได้

ผลกระทบอีกอย่างคือการปนเปื้อนในน้ำอุปโภคบริโภค โดยความเป็นกรดจะทำให้ความเป็นพิษของโลหะหนักจากดินและน้ำหลุดออกมา และจะไปสะสมในสัตว์น้ำ เช่น ปลา หรือสะสมในพืชผลที่ปลูกเนื่องจากสภาพของดินเป็นกรด เมื่อนำมาบริโภคจะเป็นสาเหตุของโรคและปัญหาทางสุขภาพต่อไป

จะเห็นได้ว่าปัญหาของฝนกรดนั้นไม่ได้สร้างปัญหาในพื้นที่หนึ่งพื้นที่ใดโดยเฉพาะ แต่จะเป็นปัญหาระดับประเทศและระดับภูมิภาคทีเดียว และผลกระทบที่เกิดขึ้นสร้างความเสียหายทั้งแก่มนุษย์และสิ่งแวดล้อมอย่างใหญ่หลวง ดังนั้นการร่วมมือกันป้องกัน แก้ปัญหา ตลอดจนการหามาตรการที่จะลดระดับความรุนแรงของปัญหา ย่อมจะเป็นประโยชน์ต่อตัวเราและสิ่งแวดล้อมที่ดีต่อไป สำหรับแนวทางการลดปัญหาและควบคุมการปล่อยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์และออกไซด์ของไนโตรเจนพอจะสรุปได้ดังนี้

การควบคุมปริมาณการปล่อยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์

– ก่อนการเผาไหม้ โดยการขจัดหรือลดปริมาณองค์ประกอบของกำมะถันในเชื้อเพลิงที่ใช้ถ่านหิน อาจใช้เทคนิค coal cleaning หรือ coal gasification หรือ desulfurization ซึ่งอันหลังนี้ใช้ได้ทั้งเชื้อเพลิงแข็งและเหลว

– ระหว่างการเผาไหม้ โดยการขจัดเอาองค์ประกอบของกำมะถันออกจากเชื้อเพลิง นิยมเลือกใช้เทคโนโลยีการเผาไหม้แบบ fluidized-bed ซึ่งวิธีนี้จะผสมหินปูนหรือปูนขาวกับถ่านหินในอัตราส่วนที่เหมาะสมแล้วนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในหม้อเผา แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะถูกดูดซับไว้ด้วยปูนขาวหรือหินปูนดังกล่าว

– หลังจากการเผาไหม้ เป็นการลดปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นด้วยการเลือกใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพเช่น scrubber หรือ stack flue gas desulfurization ซึ่งแต่ละวิธีจะให้ประสิทธิภาพในการลดปริมาณแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่เท่ากัน ราคาค่าติดตั้งก็ไม่เท่ากัน จึงควรเลือกให้เหมาะสม

การควบคุมปริมาณแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจน โดยจากแหล่งที่อยู่กับที่นั้นสามารถทำได้โดยการปรับปรุงออกแบบ เตาถลุง หัวฉีดเชื้อเพลิง และสภาวะระหว่างการเผาไหม้เพื่อที่จะควบคุมอุณหภูมิในอุณหภูมิการเผาไหม้ เพราะแก๊สดังกล่าวจะไม่เกิดขึ้นที่สภาวะอุณหภูมิต่ำ ๆ นอกจากนั้นอาจใช้เทคนิคที่เรียกว่า stage combustion ที่มีการควบคุมปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ การพ่นน้ำเพื่อลดอุณหภูมิในเตาเผา เหล่านี้จะสามารถลดปริมาณของแก๊สออกไซด์ของไนโตรเจนได้อีกระดับหนึ่ง

แม้จะมีเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมปริมาณการปล่อยแก๊สที่ก่อให้เกิดสภาวะฝนกรด แต่ถ้าเราไม่นำมาใช้ให้เกิดประโยชน์หรือคำนึงในด้านเศรษฐศาสตร์มากกว่าสังคม ปัญหาของฝนกรดและสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ จะยังปรากฏและทวีความรุนแรงยิ่งขึ้นในอนาคตอันใกล้ เมื่อถึงเวลานั้นอาจจะสายเกินไปที่จะฟื้นฟูสภาพสังคมและสิ่งแวดล้อมให้เหมือนเดิมได้

เอกสารอ้างอิง

ชิคาโอะ คานาโอกะ และ วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล. **มลภาวะอากาศ**. พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2531.

พิมล เรียนวัฒนา และ ชัยวัฒน์ เจนวานิชย์. **เคมีสภาวะแวดล้อม**. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 2525.

วงค์พันธ์ ลิมปเสนีย์ และคณะ. **มลภาวะอากาศ**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2529.

แสงสันติ์ พานิช. ความรู้เกี่ยวกับฝนกรด. **สิ่งแวดล้อม**, ธันวาคม, 2530, ฉบับที่ 11, หน้า 27-31

Dobbins, RA. **Atmospheric motion and air pollution.** New York : John Wiley & sons, 1979.

Foell, WK. and Sharma, D. **Second annual workshop on acid rain and emission in Asia.** Pathumthani : Asian Institute of Technology, 1990.

Phanu Kritiporn. Acid rain control strategies for Thailand. **Second annual workshop on acid rain and emission in Asia, Bangkok, Thailand, 19-22 November, 1990.** Pathumthani : Asian Institute of Technology.

Rodhe, H. and Herrera, R. **Acidification in tropical countries.** London : International Council of Scientific Unions, 1988.

Thailand, Office of the Prime minister. Thailand coal development and utilization study. **Report of the joint UNDP/World Bank Energy Sector Assessment Program.** Bangkok : Office of the Prime minister, 1989.

Tienchai Chongpeerapien et al. **Energy and Environment : choosing the right mix, No. 7, TDRI Year-End Conference, 1990.**

United State. Environmental Protection Agency. **Acid Rain.** Washington, D.C. : Office of Research and Development, 1980.

Wark, K. and Warner, CF. **Air pollution : its origin and control.** 2nd ed. New York : Harper & Row, 1981.

ดินกัมมันต์

มัณฑนา พงษ์ไทยพัฒน์

ปัจจุบันมีการใช้น้ำมันพืชสำหรับปรุงอาหารเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ เพราะน้ำมันพืชมีไขมันชนิดไม่อิ่มตัวผสมอยู่สูง ยกเว้นน้ำมันมะพร้าว เมื่อรับประทานแล้วไม่ทำให้เกิดคอเรสทอรอลที่ก่อให้เกิดการอุดตันในเส้นเลือด ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดโรคความดันโลหิตสูง โรคหัวใจ หรืออื่น ๆ น้ำมันพืชนี้มีกรรมวิธีการผลิตที่ต้องผ่านหลายขั้นตอน หนึ่งในขั้นตอนเหล่านี้ คือ การฟอกสี

การฟอกสีน้ำมันพืชให้สีอ่อนลงหรือไม่มีสี ทำให้ไสบริสุทธิ์น่าบริโภค อาจใช้ดินฟอกสีอย่างเดียวหรือบางทีก็ใช้ร่วมกับถ่านกัมมันต์ (activated carbon) ดินฟอกสีมี 2 ประเภท คือ

ประเภทแรก เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ได้แก่ ดินที่เรียกว่า Fuller' earth

ประเภทที่สอง ได้จากการพัฒนาคุณภาพดินเบนทอไนต์ โดยนำมาทำปฏิกิริยากับกรดหรือสารเคมีอื่น ๆ มีหลายสี เช่น สีขาว หรือสีเหลืองอ่อน หรือสีเทา หรือสีน้ำตาลอ่อน หรือสีเขียว ซึ่งกรรมวิธีนี้เรียกว่าการกระตุ้น (activation) และดินที่ได้จากกรรมวิธีนี้เรียกว่า ดินกัมมันต์ (activated clay)

คุณลักษณะของดินที่จะนำมากระตุ้นนั้นควรเป็นดินชนิดเบนทอไนต์ที่มีปริมาณโซเดียมคลอไรด์ต่ำ หรือโซเดียมคลอไรด์รวมกับโพแทสเซียมออกไซด์แล้วก็ควรจะมีปริมาณต่ำด้วย กล่าวคือควรเป็นดินเบนทอไนต์ชนิดที่เรียกว่า ซับเบนทอไนต์ (sub-bentonite) ซึ่งมีส่วนประกอบของแคลเซียมและแมกนีเซียมไอออน ที่รวมตัวกับน้ำได้ดี แต่พองตัวเพียงเล็กน้อยและมีความเหนียวน้อย ถูกกระตุ้นด้วยกรดได้ดี ทำให้มีประสิทธิภาพสูงในการดูดซับ จึงฟอกสีน้ำมันได้ดี

วิธีการกระตุ้นดิน ทั่ว ๆ ไป ทำได้โดยนำดินมาละลายน้ำแล้วเติมกรดซัลฟิวริกหรือกรดไฮโดรคลอริก ด้วยปริมาณที่เหมาะสม ใช้อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนเบส (base exchange) ขึ้น โพแทสเซียมไอออน (K^+) โซเดียมไอออน (Na^+) และแคลเซียมไอออน (Ca^+) จะถูกแทนที่ด้วยไฮโดรเจนไอออน (H^+) จากกรดและอะลูมิเนียมไอออน(Al^{++}) เหล็กไอออน (Fe^{++}) และแมกนีเซียมไอออน (Mg^{++}) ในดินบางส่วนจะถูกแทนที่ด้วยเหมือนกัน

ปฏิกิริยาระหว่างดินกับกรดโดยย่อดังนี้

$$Ca\,(Clay\text{-}OH)_2 + 2H^+ \longrightarrow 2\,(H\text{-}Clay\text{-}OH) + Ca^{++}$$

$$(Al_4)\,(Si_8)\,O_{20}\,(OH)_4 + 3H^+ \longrightarrow (Al_3\overset{H^+}{\uparrow})\,(Si_8)\,O_{20}\,(OH)_2 + Al^{+++} + 2H_2O$$

$$(Al_4)\,(Si_8)\,O_{20}\,(OH)_4 + 6H^+ \longrightarrow (Al_2\overset{2H^+}{\uparrow})\,(Si_8)\,O_{20} + 2Al^{+++} + 4H_2O$$

ในการกระตุ้นควรคนให้น้อยที่สุดและช้า ๆ เพื่อป้องกันไม่ให้ดินกัมมันต์กรองยาก และควรใช้ภาชนะที่เก็บความร้อนได้ เพราะอาจใช้ความร้อนที่เกิดจากกรดผสมกับน้ำ เป็นความร้อนที่เกิดภายในโดยไม่ต้องใช้ความร้อนจากภายนอกก็ได้ จากนั้นเติมน้ำเย็น ล้าง กรอง นำดินนี้ไปอบให้แห้ง แล้วบดให้เป็นผงตามต้องการ ก็จะได้ดินที่สามารถนำไปฟอกสีน้ำมันทำให้สีน้ำมันจางลง การนำดินมากระตุ้นวิธีนี้ทำให้ดินมีรูพรุนเกิดเพิ่มมากขึ้นในเนื้อดิน ซึ่งจะทำให้ดินสามารถฟอกสีได้โดยการดูดซับเอาสีไว้ และไฮโดรเจนไอออนก็จะทำหน้าที่ฟอกสีทางเคมี

คุณลักษณะทั่วไปของดินกัมมันต์ ตามมาตรฐานของประเทศอินเดีย (IS : 1965-1972) กำหนดไว้ว่าต้องเป็นผงละเอียด ปราศจากสิ่งแปลกปลอมที่มองเห็นได้ และได้กำหนดคุณลักษณะทางเคมีและฟิสิกส์ไว้เป็น 2 ชั้นคุณภาพดังนี้

กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ ได้เคยทำการศึกษาทดลองทำดินกัมมันต์จากเบนทอไนต์ที่มีในประเทศไทย

สรุปผลการทดลองได้ว่า ดินเบนทอไนต์ของไทยสามารถนำมากระตุ้นให้เป็นดินกัมมันต์ได้ แต่คุณสมบัติในการฟอกสียังไม่ดีเท่าดินกัมมันต์จากต่างประเทศ ทั้งนี้อาจจะเนื่องจากคุณสมบัติของดินเบนทอไนต์ที่นำมากระตุ้นไม่ดีพอ หรือกรรมวิธีการผลิตยังไม่เหมาะสมพอ

ในการกระตุ้น จะใช้กรดไฮโดรคลอริค หรือกรดซัลฟิวริกหรือทั้งสองอย่างรวมกันก็ได้ อุณหภูมิในการกระตุ้นไม่ควรเกิน 100 องศาเซลเซียส

ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของดินกัมมันต์ ต้องอยู่ในระดับที่เหมาะสม ถึงแม้ว่าดินกัมมันต์มีค่าความเป็นกรดสูงจะมีประสิทธิภาพในการฟอกสีดี แต่ถ้ามีปริมาณกรดเหลือมากเกินไป ซึ่งหมายถึงกรดอิสระ (free acid) คือกรดที่ได้จากการละลายดินด้วยน้ำ ต้องมีการกำจัดกรดส่วนเกินนี้ออก มิฉะนั้นกรดจะทำให้น้ำมันมีกลิ่นหืนเร็วขึ้นกว่าปกติ เมื่อไม่มีการกำจัดกรดทิ้ง จึงต้องมีการใส่สารกันหืนเข้าไปในขบวนการผลิต

ขณะนี้สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกำลังจัดทำข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมดินกัมมันต์ เพื่อเป็นการส่งเสริมการทำดินกัมมันต์ภายในประเทศให้มีคุณภาพดีและเหมาะสมในการใช้ประโยชน์ทางฟอกสีน้ำมันพืช ซึ่งได้เริ่มประชุมคณะกรรมการร่างมาตรฐานไปแล้ว 4 ครั้ง คาดว่าจะแล้วเสร็จในไม่ช้า โดยกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นหน่วยงานหนึ่งที่มีส่วนร่วมในการร่างมาตรฐานนั้นด้วย

รายการ	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด	
		ชั้นคุณภาพ 1	ชั้นคุณภาพ 2
1	ความชื้นร้อยละไม่เกิน	15.0	10.0
2	ความหนาแน่นเชิงปริมาตรกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรไม่เกิน	0.9	0.9
3	ความเป็นกรด (คำนวณเป็นกรด-ซัลฟิวริก) ร้อยละของน้ำหนักอบแห้งไม่เกิน	0.2	0.2
4	ประสิทธิภาพในการฟอกสีร้อยละไม่น้อยกว่า	95	85
5	การคงน้ำมันไว้ ร้อยละไม่เกิน	40	35
6	กากที่ค้างบนแร่ง		
	125 ไมโครเมตร ร้อยละไม่เกิน	15.0	20.0
	53 ไมโครเมตร ร้อยละไม่เกิน	40.0	40.0

เอกสารอ้างอิง

วิทยาศาสตร์, กรม. ดินฟอกสี. รายงานกิจกรรมของกรมวิทยาศาสตร์, ตุลาคม 2516-กันยายน 2517, ฉบับที่ 33, หน้า 280-284.

วิทยาศาสตร์บริการ, กรม. **ดินฟอกสี** แต่งโดย สมพูล สุยะสินธ์ และมัณฑนา พงษ์ไทยพัฒน์. กรุงเทพฯ : กองการวิจัย, 2518.

Clews, FH. **Heavy clay technology**, 2nd ed. London : Academic Press, 1969.

Indian Standards Institute. Specification for bleaching earths of Indian origin used for bleaching vegetable oils. **IS : 1965-1972.**

Siddiqui, MK. Hasnuddin. **Bleaching earths.** Oxford : Pergamon Press, 1968.

อิฐทนไฟไฟร์เคลย์ (ต่อจากหน้า 25)

เล็กน้อยเท่านั้น ดังนั้น คุณสมบัติของอิฐตัวอย่างทั้ง 5 จึงใกล้เคียงกันด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากการทดสอบความทนไฟ ทั้งห้าตัวอย่างสามารถผ่านการทดสอบที่ SK 31-32 ซึ่งเป็นผลจากสัดส่วนของซิลิกาและอะลูมินา ส่วนเหล็กออกไซด์เป็นตัวทำให้อิฐทนไฟมีสีน้ำตาลเข้มซึ่งเป็นสีที่ผู้ใช้เกิดความศรัทธาว่าอิฐที่มีสีเข้มนั้นดี แท้จริงแล้วเหล็กออกไซด์นี้จะเป็นตัวทำให้ความทนไฟเสียไปโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับอะลูมินา

ผลของการศึกษาวิจัยนี้คือ ได้ส่วนผสมหรือที่เรียกทั่วไปว่า ได้สูตรของการทำอิฐทนไฟ รวมทั้งเทคโนโลยีการผลิตและการเผา เพื่อให้ได้อิฐที่มีคุณภาพดี การเผานั้นจะต้องเผาที่อุณหภูมิที่จะทำให้เกิดผลึกมัลไลต์ ซึ่งจะเริ่มเกิดที่อุณหภูมิ 1,200°ซ. และจะเกิดมากที่สุดที่อุณหภูมิ 1,400°ซ. ขึ้นไป ถ้าอุณหภูมิการเผาอิฐต่ำเกินไป ปริมาณของผลึกมัลไลต์จะน้อยลงไป คุณสมบัติของการใช้งานและการทนต่อการรับน้ำหนักที่อุณหภูมิสูงจะด้อยไปด้วย

ปัญหาอีกประการหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ ความเรียบร้อยของอิฐทนไฟ รูปลักษณ์ของอิฐ ตามขอบมุม ไม่ควรมีรอยแตกหรือร้าว เพราะจะเป็นจุดอ่อนที่สารอื่นจะมากัดกร่อนทำลายได้ง่าย

ท่านที่สนใจและต้องการทราบรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับอิฐทนไฟไฟร์เคลย์ ติดต่อได้ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ ในวันและเวลาราชการ

เอกสารอ้างอิง

วิทยาศาสตร์บริการ, กรม. **อิฐทนไฟ** แต่งโดย เชษฐ์ เอี่ยมจิตกุศล. กรุงเทพฯ : ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก, ม.ป.ป. 6 หน้า

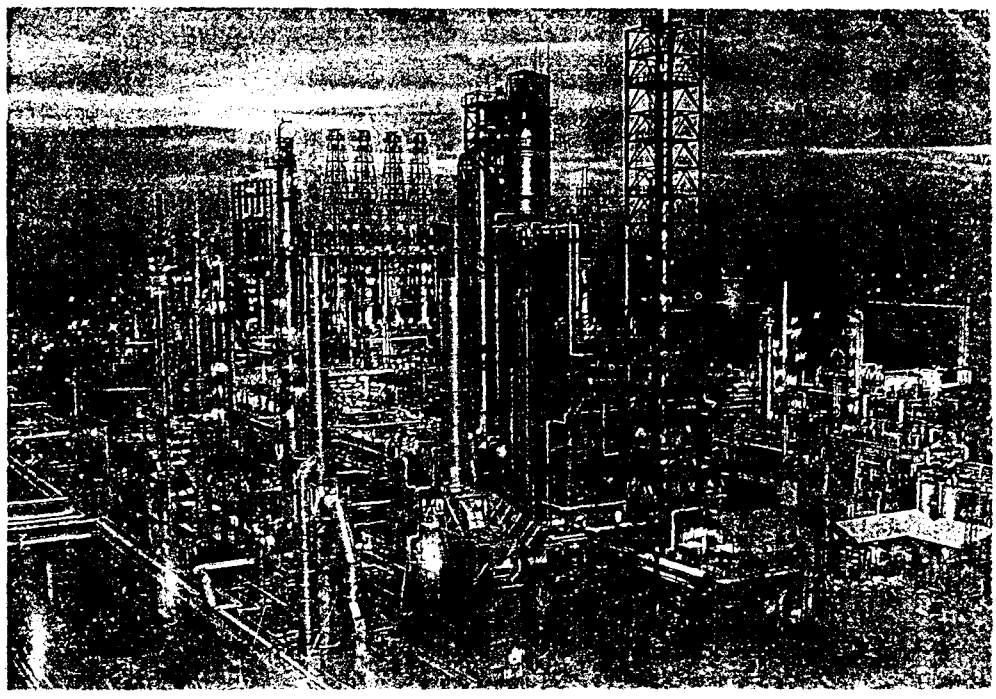
Aramaki, Shigeo and Roy, Rustum. Revised phase diagram for the system Al_2O_3-SiO_2. **Journal of the American Ceramic Society**, May, 1962, vol. 45, no. 5, p. 229-42.

Brindly, GW and McKinstry, HA. The Kaolinite-Mullite Reaction Series : IV, The coordination of aluminum. **Journal of the American Ceramic Society.** October, 1961, vol. 44, no. 10, p. 506-507

Norton, FH. **Refractories.** 14th ed. New York : McGraw-Hill, 1968

การศึกษาวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันที่ได้จากการกลั่นภาวะสูญญากาศ

เกษร ตันนุกิจ

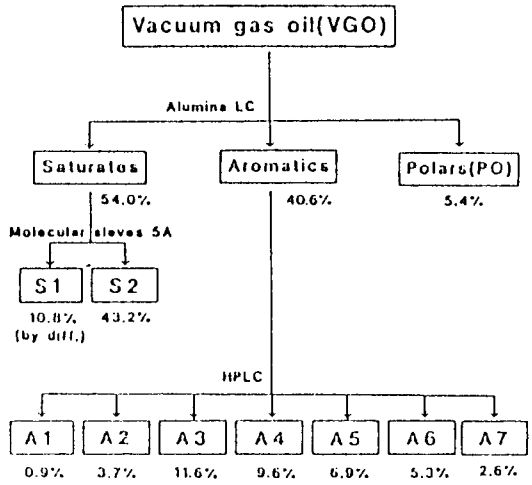


เนื่องจากบุคลากรของกรมวิทยาศาสตร์บริการได้รับทุนจากรัฐบาลประเทศญี่ปุ่นในการฝึกอบรมและทำวิจัยเรื่อง Structure and Reactivity of Vacuum Gas Oil ณ National Chemical Laboratory for Industry (NCLI) เมือง Tsukuba ประเทศญี่ปุ่น เรื่องดังกล่าวมีความสำคัญต่อการพัฒนาเพิ่มคุณค่าของน้ำมันปิโตรเลียม บทความนี้เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมปิโตรเลียมของประเทศ ผู้สนใจสามารถติดต่อขอรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่กองเคมี กรมวิทยาศาสตร์บริการ ในวันและเวลาราชการ

ในการศึกษาได้นำน้ำมันที่ได้จากการกลั่นภาวะสูญญากาศ (Vacuum Gas Oil, VGO) ซึ่งได้จากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม จุดเดือดระหว่าง 300 ถึง 500 องศาเซลเซียส มาวิเคราะห์แยกองค์ประกอบโดยเทคนิค Chromatography ได้แก่ Alumina LC และ PHLC สำหรับองค์ประกอบที่เป็น saturates ถูกแยกต่อโดย Molecular Seive 5A พบว่า VGO ประกอบด้วย saturates, aromatics และ polar compounds ร้อยละ 54.0, 40.6 และ 5.4 ตามลำดับ นำองค์ประกอบที่แยกได้แต่ละส่วนไปวิเคราะห์และพิสูจน์โครงสร้างทางเคมีโดยวิธี Gas Chromatography (GC) และ Gas Chromatography (GC)/Mass Spectrometry (MS) พบสารประกอบหลายประเภทใน VGO antracenes, fluoranthenes, biphenyl

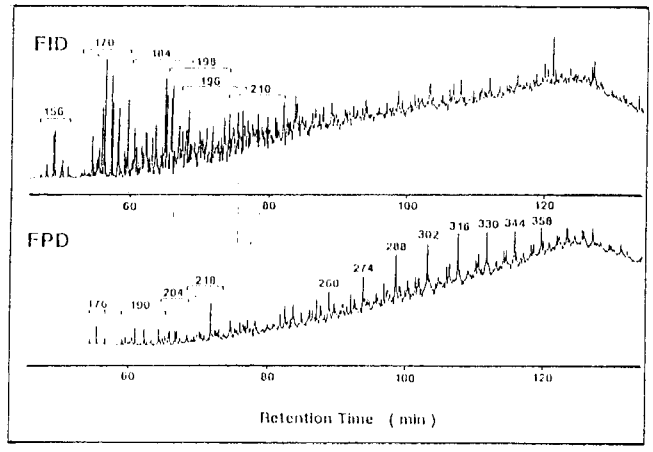
และอนุพันธ์ methylated พบในปริมาณน้อย phenanthrenes และอนุพันธ์ methylated พบในปริมาณมากกว่า และไม่พบสารประกอบที่มีวงแหวนอิ่มตัวของ phenanthrenes ส่วน benzenes และ benzothiophenes ปรากฏว่าพบอนุพันธ์ methylated มากกว่าอนุพันธ์ ethylated และอนุพันธ์ propylated

ผลจากการศึกษา VGO โดยวิธี GC และ GC/MS สรุปได้ว่า สารประกอบหลักในแต่ละส่วนมีปริมาณดังต่อไปนี้ fraction S1 ร้อยละ 10.8 เป็น n-alkanes fraction S2 ร้อยละ 43.2 เป็น branched/cyclic alkanes fraction A1 ร้อยละ 0.9 เป็น n-alkanes fraction A2 ร้อยละ 3.7 เป็น benzenes fraction A3 ร้อยละ 11.6 เป็น benzenes fraction A4 ร้อยละ 9.6 เป็น naphthalenes, benzothiophenes fraction A5 ร้อยละ 6.9 เป็น dibenzothiophenes, flourenes fraction A6 ร้อยละ 5.3 เป็น phenanthrenes, benzonaphthothiophenes fraction A7 ร้อยละ 2.6 เป็น pyrenes, phenylnaphthalenes, chrysenes, benzopyrenes, benzonaphthothiophenes fraction Po ร้อยละ 5.4 เป็น carbazols และ benzocarbazols (ภาพที่ 1)

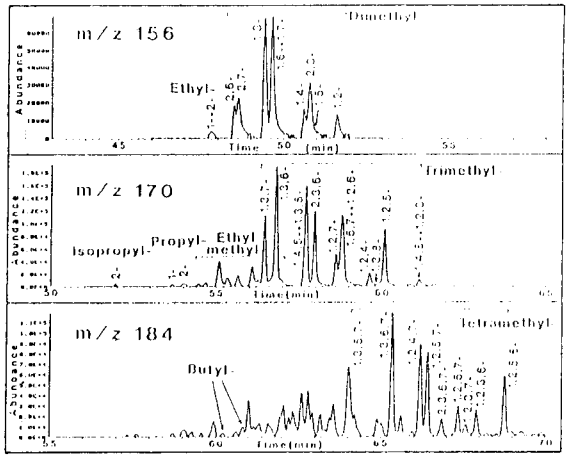


ภาพที่ 1 แสดงแผนภูมิการแยก VGO และปริมาณที่แยกได้ในแต่ละส่วน

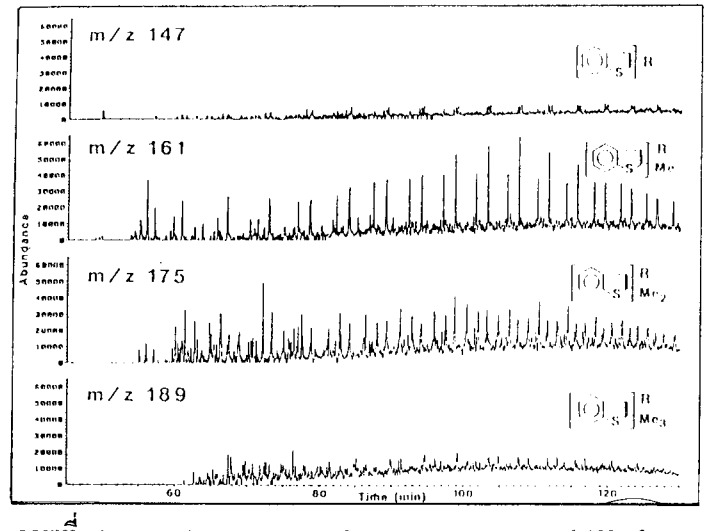
ผลการวิเคราะห์ fraction A4 (ภาพที่ 2-5)



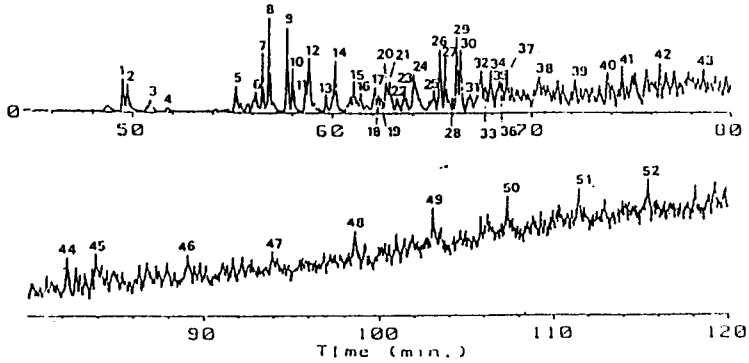
ภาพที่ 2 FID and FPD gas chromatograms of fraction A4.



ภาพที่ 3 Mass chromatograms of m/z 156, 170, and 184 of fraction A4. (Acenaphthenes)



ภาพที่ 4 Mass chromatograms of m/z 147, 161, 175, and 189 of fraction A4 (benzothiophenes)



ภาพที่ 5 องค์ประกอบทางเคมีของ fraction A4 ซึ่งวิเคราะห์โดยวิธี GC และ GC/MS

Component identified in the aromatics (Fr.A-4) of VGO

No.	Assignment	No.	Assignment
1	1,4-Dimethylnaphthalene	32	C_3-acenaphthene*
2	1,5-Dimethylnaphthalene	33	C_2-acenaphthene*
3	1,2-Dimethylnaphthalene	34-35	C_5-naphthalene
4	1,8-Dimethylnaphthalene	36	C_2-acenaphthene*
5-6	Ethylmethylnaphthalene	37	C_4-naphthalene
7	Trimethylnaphthalene	38	C_5-naphthalene
8	2,3,6-Trimethylnaphthalene	39	C_6-benzothiophene
9	2,3,5-Trimethylnaphthalene	40-41	C_4-acenaphthene*
10-1[illegible]	Trimethylnaphthalene	42	C_7-benzothiophene
15	Ethyldimethylnaphthalene	43-45	C_5-acenaphthene*
16	Unknown	46	C_9-benzothiophene
17-26	Tetramethylnaphthalene	47	C_{10}-benzothiophene
27-28	C_5-naphthalene	48	C_{11}-benzothiophene
29	Tetramethylnaphthalene	49	C_{12}-benzothiophene
30	C_4-naphthalene	50	C_{13}-benzothiophene
31	C_5-naphthalene	51	C_{14}-benzothiophene
		52	C_{15}-benzothiophene

* May also be dihydrophenalene/benzoindan

จากการศึกษาครั้งนี้สามารถเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีของ VGO และพบว่ายังมีสารประกอบอีกจำนวนหนึ่งที่ไม่สามารถพิสูจน์ได้ว่าเป็นสารประกอบใด

เอกสารอ้างอิง

Chimielowiec, J. et. al. Separation characterization and analysis of polynuclear aromatic hydrocarbon ring classes in Lloydminster and Medicine River oils. **Fuel**, December, 1980, vol. 59, No. 12 p. 838-844

Chimielowiec, J. and George, AE. Polar bonded-phase sorbents for high performance liquid chromatographic separation of polycyclic aromatic hydrocarbons. **Analytical Chemistry**, June, 1980, vol. 52, no. 7, p. 1154-1157.

Dunn, BP. and Armour, RJ. Sample extraction and purification for determination of polycyclic aromatic hydrocarbon by reversed-phase chromatography. **Analytical Chemistry**, November, 1980, vol. 52, no. 13, p, 2017-2031

Durand, JP. and Petroff, N. Determination of benzo (a) pyrene and other polyaromatic hydrocarbon in petroleum oils by direct liquid chromatography. **Journal of Chromatography**, March 1980, vol. 190, No. 1 p. 85-95

Lee, ML. et. al. Retention indices for programed temperature capillary-column gas chromatography of polycyclic aromatic hydrocarbons. **Analytical Chemistry**, May, 1979, vol. 51, no. 6, p. 768-778

Mark-Andre. Poirier and Bejoy S.Das. Characterization of polynuclear aromatic hydrocarbons in bitumen heavy oil fractions boiling above 350°C by g.c./m.s. **Fuel**, March, 1984, vol. 63, no. 3, p. 361-367

Sapre, AV. et. al. Hydrodesulfurization of benzo (b) naphtho (2,3-d) thiophene catalyzed by sulfided $CoO\text{-}MoO_3/\text{-}Al_2O_3$: the reaction net work. **AIChE Journal**, July, 1980, vol. 26, no. 4, p. 690-694

Sylvane Coulombe and Henry Sawatzky. HPLC separation and g.c. characterization of polynuclear aromatic fraction of bitumens, heavy oil and their synthetic crude products. **Fuel**, April, 1986, vol. 65, no. 4, p. 552-557

สารนิเทศวิทยาศาสตร์ : วารสารด้านบรรจุภัณฑ์

ชื่นจิต อาทร

ปัจจุบันผู้ประกอบการด้านอุตสาหกรรมมีความจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ช่วยพัฒนาและแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างปฏิบัติงาน ซึ่งขณะนี้มีหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐบาลและเอกชนจำนวนมากที่ให้บริการสารนิเทศทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กองสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรมวิทยาศาสตร์บริการ เป็นหน่วยงานที่มีทรัพยากรห้องสมุดทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมากที่สุดแห่งหนึ่ง โดยเฉพาะสิ่งพิมพ์ต่อเนื่องหรือวารสาร (journals) ซึ่งเป็นแหล่งสารนิเทศที่ทันสมัยที่สุด สามารถใช้ติดตามดูแนวโน้ม และความก้าวหน้าของอุตสาหกรรมการผลิตได้เป็นอย่างดี

กองสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีวารสารทั้งหมดประมาณ 3,600 รายชื่อ เป็นวารสารปีปัจจุบัน 400 รายชื่อ การจัดเก็บจะจัดเป็นกลุ่มตามเนื้อหาของวารสาร เช่น analytical chemistry, ceramics, cosmetics, foods, packaging, paper, plastics & polymer, rubber, sugar, water ฯลฯ

วารสารด้านบรรจุภัณฑ์ (Packaging Journals)

วารสารด้านบรรจุภัณฑ์ เป็นวารสารที่มีเนื้อหาสาระเกี่ยวกับการออกแบบ (designs) การตลาด (marketing) การผลิต (production) วัตถุดิบ

(materials) เครื่องจักรและอุปกรณ์ (machinery & instruments) รวมทั้งข่าวสารที่เกี่ยวกับการบรรจุภัณฑ์ สาระเหล่านี้จะเป็นประโยชน์ต่อนักวิชาการ ผู้ประกอบการในการติดตามความเคลื่อนไหวของข่าว ความรู้ด้านนี้ซึ่งผู้สนใจสามารถติดตามได้จากวารสารด้านบรรจุภัณฑ์จากต่างประเทศ กองสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีวารสารในกลุ่มนี้ไว้บริการหลายรายชื่อ

Packaging ของประเทศอังกฤษ

Packaging ของประเทศสหรัฐอเมริกา

Packaging Digest ของประเทศสหรัฐอเมริกา

Packaging Progress ของประเทศอังกฤษ

Packaging Science and Technology Abstracts ของประเทศเยอรมัน

Packaging Today ของประเทศออสเตรเลีย

วารสารที่กล่าวมาแต่ละรายชื่อจะให้เนื้อหาสาระเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์ในแง่มุมต่าง ๆ เช่น

เทคโนโลยีการผลิต

เป็นการนำเสนอเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่ใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์เพื่อให้มีความแข็งแรงทนทาน และให้ความปลอดภัยแก่ผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่ภายใน ซึ่งต้องมีการพัฒนาอยู่เสมอ

เทคนิคการออกแบบ

ให้เทคนิคการออกแบบบรรจุภัณฑ์ว่าควรคำนึงถึงสิ่งใดบ้าง เช่น ความสะดวกในการบรรจุสินค้าและการเก็บรักษา การขนส่ง การนำออกมาใช้ หรือบริโภครวมถึงการนำกลับมาใช้ใหม่ได้ เป็นต้น

มาตรฐานและข้อกำหนดเกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์

การคุ้มครอง หรือรักษาผลิตภัณฑ์ที่บรรจุอยู่ภายในบรรจุภัณฑ์มิให้เน่าเสียหรือเสื่อมคุณภาพก่อนเวลาที่กำหนด และไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค จำเป็นต้องใช้บรรจุภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์นั้น ผู้ผลิตจึงต้องให้ความสำคัญและติดตามเรื่องของมาตรฐาน ข้อกำหนดและกฎระเบียบต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับบรรจุภัณฑ์

การตลาดและการจัดจำหน่าย

ให้ข้อมูลเกี่ยวกับแหล่งผลิต แหล่งจำหน่าย และผลิตภัณฑ์ที่เป็น

ที่นิยมในปัจจุบัน ตลอดจนแนวโน้มของตลาดในอนาคต

รายงานเหตุการณ์ความเคลื่อนไหวในวงการบรรจุภัณฑ์

ให้ข้อมูลเกี่ยวกับการจัดอบรม ประชุม สัมมนา หรือ การจัดการแสดงสินค้า ของหน่วยงานต่าง ๆ เช่น คอลัมน์ Events ของวารสาร Packag ing (USA) ดังตัวอย่าง

Events
1994

7-10 September: Paperbox World. New Orleans, Louisiana, USA.
Details from: National Blenheim Expositions Inc., Fort Lee Executive Park, One Executive Drive, Fort Lee, New Jersey 07024, USA. ☎ 800 829 3976. (*International:* + 1 800 829 3976.) *Fax:* 201 346 1602.

16-20 September: Tokyo Pack '94. Tokyo, Japan.
Details from: Japan Packaging Institute, International Information Centre, JPI/08, P.O. Box 6, Clifton, Nottingham NG11 6PW. ☎ 0602 212523. *Fax:* 0602 846 526.

20-23 September: Convertex. Birmingham.
Details from: Reed Exhibition Companies (UK), Radcliffe House, Blenheim Court, Solihull B91 2BG. ☎ 021-705 6707. *Fax:* 021-705 4380.

22-25 September: Packaging/Focus '94. Somewhere at sea.
Details from: Richmond Events Ltd, London House, 243-253 Lower Mortlake Road, Richmond TW9 2LS. ☎ 081-332 2422. *Fax:* 081-332 0939.

27-29 September: PPMA Show. Birmingham.
Details from: PPMA (Processing and Packaging Machinery Association), Progress House, 4004 Brighton Road, Croydon CR2 6AN. ☎ 081-681 8226. *Fax:* 081-681 1641.

3-7 October: Europlast '94. Paris, France.
The British Plastics Federation has secured DTI subsidies for UK companies wishing to exhibit.
Exhibition details from: Promosalons, The Colonnades, 82 Bishops Bridge Road, London W2 6BB. ☎ 071-221 3660. *Fax:* 071-792 3525.
Support details from: Susanne Wolfe, BPF, 6 Bath Place, Rivinton Street, London EC2A 3JE. ☎ 071-457 5000. *Fax:* 071-457 5045.

10-12 November: Brau 94 Nürnberg. Nurenburg, Germany.
Details from: Nürnberg Messe GmbH, Messezetrum, D-90471 Nürnberg, Germany. ☎ 09 11/86 060. (*International:* +49 9 11 86 06.) *Fax:* 09 86 06 2 28.

14-19 November: Emballage 94. Paris, France.
Details from: Salon de l'Emballage, 1 Rue de Parc, F-92593 Lavllois-Perret, Cedex, France. ☎ 1 49 68 54 39. (*International:* + 33 1 49 68 54 39.) *Fax:* 1 49 68 54 45.

23-25 November. Interphex 94. London.
Details from: Reed Exhibition Companies (UK), Radcliffe House, Blenheim Court, Solihull B91 2BG. ☎ 021-705 6707. *Fax:* 021-705 4380.

29 November-3 December: Packaging & Food Processing Indonesia. Jakarta, Indonesia.
Details from: Overseas Exhibition Services Ltd, 11 Manchester Square, London W1M 5AB. ☎ 071-486 1951. *Fax:* 071-486 8773.

1995

19-22 January: ProPak Turkey 95. Istanbul, Turkey.
Details from: Overseas Exhibition Services Ltd, 11 Manchester Square, London W1M 5AB. ☎ 071-486 1951. *Fax:* 071-486 8773.

6-10 February: Hispack. Barcelona, Spain.
Details from: Fira de Barcelona, Avenida Reina M.ª Cristina, s/n. 08004 Barcelona, Spain. ☎ 0423 31 01. (*International:* + 93 423 3101.) *Fax:* 0325 52 80.

3-7 April: Pakex 95. Birmingham.
The Processing and Packaging Machinery Association (PPMA) and Reed Exhibition Companies (REC) have reached an agreement whereby the PPMA will support Pakex 95, the REC organised event.
Details from: Reed Exhibition Companies (UK), Radcliffe House, Blenheim Court, Solihull B91 2BG. ☎ 021-705 6707. *Fax:* 021-705 4380.

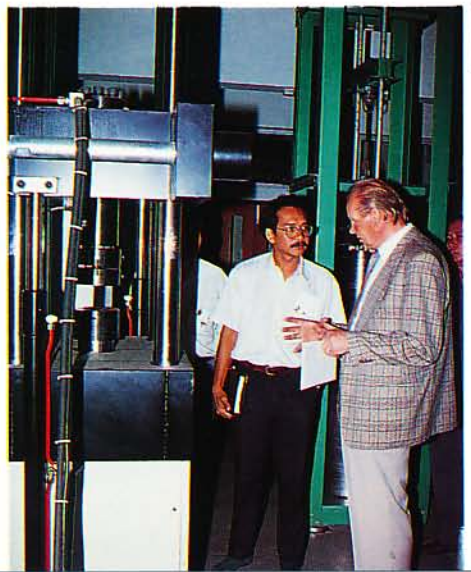
ท่านสามารถติดตามสารนิเทศด้านบรรจุภัณฑ์ ได้ที่กองสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กรมวิทยาศาสตร์บริการ ถนนพระรามที่ 6 เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400 โทรศัพท์ 2461387 ต่อ 308-312 ในวันและเวลาราชการ

1

2

3

4



ข่าวทั่วไปใน วด

การฝึกอบรมทางวิชาการ

อบรมวิชาเคมีวิเคราะห์ทั่วไปทางเทคนิค วิชาอนินทรีย์เคมี เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ให้แก่นักศึกษาเคมีปฏิบัติ อาจารย์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

อบรมงานด้านวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ให้แก่นักศึกษามหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยรังสิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าวิทยาเขตลาดกระบัง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครใต้

อบรมการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทิ้งและอากาศเสีย ให้แก่นักศึกษามหาวิทยาลัยศิลปากร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

อบรมภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติการผลิตเซรามิกทุกขั้นตอน การออกแบบ การเขียนแบบ การเขียนสีและตกแต่งลวดลาย กายวิภาค การปั้นอิสระ การกลึงแบบ การปั้นแป้นหมุน การทำแม่พิมพ์ การหล่อน้ำดิน การตกแต่ง การตากแห้ง การเผาดิบ การเผาเคลือบ การใช้เครื่อง roller machine การพ่นเคลือบ เทคนิคการผลิตแบบครบวงจร การผลิตผลิตภัณฑ์พอร์ซเลนและโบนไชนาให้แก่นักเรียนศิลปาชีพบางไทร สมาชิกศูนย์ศิลปาชีพพระตำหนักทักษิณราชนิเวศน์ จ.นราธิวาส ศูนย์ศิลปาชีพบ้านกุดนาขาม จ.สกลนคร

1 2

นายรัตนะ พุ่มเล็ก อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการและคณะผู้บริหารร่วมกิจกรรมโครงการปลูกป่าถาวร เฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงครองราชย์ครบ 50 ปี โดยการปลูกต้นไม้บริเวณสนามหน้าอาคารสถานศึกษาเคมีปฏิบัติ (9 มิ.ย. 2537)

3 4

อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ ให้การต้อนรับ Mr. Karl-Heinz Fricke ผู้เชี่ยวชาญจากหน่วยงาน Phycikalisch Technicche Bundesamstalt (PTB) ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน เพื่อปรึกษาและดูงานด้านมาตรวิทยา (25 เม.ย. 2537)

ข่าวทั่วไปใน

วด

5 6

นายรัตนะ พุ่มเล็ก อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ และคณะผู้บริหาร ให้การต้อนรับคณะผู้บริหารของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เข้าเยี่ยมชม ดูงานด้านมาตรวิทยาและข้อสนเทศมาตรวิทยา (10 มิ.ย. 2537)

5

7 8

นางรวงทอง พันพาไพร รองอธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ ให้การต้อนรับคณะครูหมวดวิทยาศาสตร์ โรงเรียนเบญจมเทพอุทิศ จ.เพชรบุรี เยี่ยมชมดูงานกองเคมี กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กองฟิสิกส์และวิศวกรรม และห้องสมุดกรมวิทยาศาสตร์ฯ (22 มี.ค. 2537)

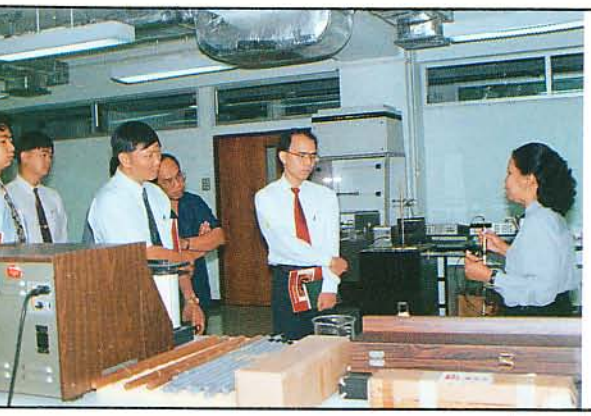
9 10

นางรวงทอง พันพาไพร รองอธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ มอบวุฒิบัตรให้แก่ข้าราชการผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลักสูตรเทคนิคการเป็นหัวหน้าและศิลปะการนำเสนอผลงาน รุ่นที่ 2 (1-5 ส.ค. 2537)

10

11 นางอนามัย สิงหะพันธุ รองอธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ ให้การต้อนรับ Mr. Giaten-Merio Pelican, Mr. I. Siber และเจ้าหน้าที่สถานทูตสวิสเซอร์แลนด์ เยี่ยมชมห้องปฏิบัติการมาตรวิทยาและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในการพัฒนาวิทยาศาสตร์และความช่วยเหลือแก่โครงการปรับปรุงและขยายงานมาตรวิทยาทางวิทยาศาสตร์ ภายใต้ความช่วยเหลือของ UNIDO/UNDP (26 พ.ค. 2537)

11



7

6

8

9

ข่าวทั่วไปใน วว

การพัฒนาบุคลากรในต่างประเทศ

1. นางอนามัย สิงหะพันธุ รองอธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ ร่วมประชุม "21st Re-Union of Former Students in Japan from ASEAN Countries" ณ ญี่ปุ่น ระหว่างวันที่ 30 ส.ค. - 7 ส.ค. 2537

2. นางอนามัย สิงหะพันธุ รองอธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ นายวินัย นุตมากุล ข้าราชการกองการศึกษาเคมีปฏิบัติ และนายสุรินทร์ อรรถกิจการค้า ข้าราชการกองฟิสิกส์และวิศวกรรม ดูงานด้านมาตรวิทยา ณ ฝรั่งเศส เยอรมัน อังกฤษ สวิตเซอร์แลนด์ อิตาลี ระหว่างวันที่ 13-29 ส.ค. 2537

3. นางสุจินต์ ศรีคงศรี ข้าราชการกองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ฝึกอบรมหลักสูตร Standardization Management and Techniques ณ สวีเดน ด้วยทุนรัฐบาลสวีเดน ระหว่างวันที่ 29 ส.ค. - 30 ก.ย. 2537

4. นายสุทธิเวช ด.แสงจันทร์ ข้าราชการกองเคมี ฝึกอบรมหลักสูตร Organic Fine-Chemicals Technology ณ ญี่ปุ่น ด้วยทุนรับบาลญี่ปุ่น ระหว่างวันที่ 22 ส.ค. - 18 ธ.ค. 2537

5. นายวันชัย ชินชูศักดิ์ ข้าราชการกองฟิสิกส์และวิศวกรรม ฝึกอบรมหลักสูตร Industrial Technology (Advanced) ณ ญี่ปุ่น ด้วยทุนรัฐบาลญี่ปุ่น ระหว่างวันที่ 28 ส.ค. 2537 - 27 ก.ค. 2538

6. นางสาววันดี ลือสายวงศ์ ข้าราชการกองเคมี ฝึกอบรมหลักสูตร Chemical Technology ณ ญี่ปุ่น ด้วยทุนรัฐบาลญี่ปุ่น ระหว่างวันที่ 8 ส.ค. 2537 - 27 ส.ค. 2538

7. นางดาเรศ บรรเทิงจิต ข้าราชการกองสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สัมมนาด้าน Patent Documents ณ สวิตเซอร์แลนด์ เนเธอร์แลนด์ ออสเตรเลีย ด้วยทุน EPO ระหว่างวันที่ 31 ส.ค. - 23 ก.ย. 2537

ข่าวทั่วไปใน วด

12 13

นางทัศนี วัชระรังษี ผู้อำนวยการกองเคมี ให้การต้อนรับคณะเจ้าหน้าที่ Application Technology of Coconut shell สาธารณรัฐประชาชนจีน เยี่ยมชมดูงานการวิเคราะห์ด้านเชื้อเพลิง (31 พ.ค. 2537)

12

14

คณะเจ้าหน้าที่จาก The Japan International Cooperation Agency (JICA) เยี่ยมชมดูงานห้องสมุดกรมวิทยาศาสตร์บริการ โดยมีนางมยุรี ผ่องผุดพันธ์ ผู้อำนวยการกองสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ให้การต้อนรับ (8 มิ.ย. 2537)

13

15 16 17

ฝ่ายเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ สำนักงานเลขานุการกรม จัดสนทนาประสา วศ. ครั้งที่ 24, 25, 26 เรื่อง เราจะจัดการกับวัตถุอันตรายอย่างไร โดย รศ.ดร.ภิญโญ พานิชพันธ์ เรื่องความก้าวหน้าในอาชีพ (Career Path) โดย รองเลขาธิการ ก.พ.นางทิพาวดี เมฆสวรรค์ และเรื่องห้องปฏิบัติการทดสอบและสอบเทียบตาม ISO/IEC Guide 25 โดยข้าราชการกรมวิทยาศาสตร์ฯ (30 พ.ค., 9 มิ.ย., 20 ก.ค. 2537)

14

15

16

17

เคลือบหนังงู

พิมพวัลคุ์ วัฒโนภาส
เทพีวรรณ จิตรวัชรโกมล

เคลือบหนังงู (sanke skin glaze) เป็นเคลือบที่มีแรงตึงผิวสูง (high surface tension) จึงทำให้เกิดเคลือบหดตัว (crawling) เป็นหย่อม ๆ ภายหลังการเผา มองดูคล้ายหนังงู จัดเป็นเคลือบสำหรับตกแต่งให้ผลิตภัณฑ์มีความแปลกตา สวยงามเชิงศิลปะ

แรงตึงผิวของเคลือบขึ้นกับส่วนผสมของเคลือบและอุณหภูมิการเผา เช่น แมกนีเซียม (MgO) และอะลูมินา (Al_2O_3) เป็นส่วนประกอบสำคัญในการเพิ่มแรงตึงผิวให้เคลือบเป็นต้น ส่วนอุณหภูมินั้นพบว่าอุณหภูมิเผาที่สูงขึ้นจะทำให้แรงตึงผิวลดลง

ได้มีผู้ทำการวิจัยเกี่ยวกับแรงตึงผิวของเคลือบมีผลที่น่าสนใจดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 จะเห็นว่า แมกนีเซีย และ อะลูมินา มีตัวประกอบ (factor) ที่ทำให้แรงตึงผิวของเคลือบสูงถึง 6.6 และ 6.2 ตามลำดับ ตะกั่วออกไซด์ (PbO) บอริกออกไซด์ (B_2O_3) และ โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O) มีตัวประกอบที่ทำให้แรงตึงผิวต่ำ กล่าวคือมีค่าอยู่ระหว่าง 1.2-0.1 ดังนั้น เคลือบที่มีออกไซด์ทั้งสามชนิดนี้อยู่จึงหลอมตัวง่าย

การเคลือบผิวหนาเกินไปจะทำให้เคลือบเกิดการตึงตัวเป็นหย่อม ๆ ได้ง่ายกว่าผิวเคลือบที่บาง

เคลือบดิบที่มีปริมาณดินมากเมื่อแห้งมักจะแตกระแหง เป็นสาเหตุการเกิดเคลือบดึงตัว นอกจากนี้การดึงตัวของเคลือบมักเกิดกับผิวผลิตภัณฑ์ส่วนที่โค้งมากกว่าส่วนเรียบ

เคลือบที่บดละเอียดเกินไป มีผลต่อการหดตัวของเคลือบ อาจทำให้ผิวเคลือบแตกระแหง นำไปสู่การรวมตัวเป็นหย่อมภายหลังการเผาได้เช่นเดียวกัน รูปที่ 1 แสดงการเกิดเคลือบหดตัวเป็นหย่อม ๆ ว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร

MgO	6.6	Fe_2O_3	4.5	BaO	3.7
Al_2O_3	6.2	CoO	4.5	SiO_2	3.4
V_2O_5	6.1	NiO	4.5	TiO_2	3.0
CaO	4.8	MnO	4.5	Na_2O	1.5
ZnO	4.7	ZrO_2	4.1	PbO	1.2
Li_2O	4.6	CaF_2	3.7	K_2O	0.1

ตารางที่ 1 ตัวประกอบสำหรับคำนวณแรงตึงผิวของเคลือบที่ 900°ซ. (หน่วยเป็นไดน์ต่อเซนติเมตร) จากส่วนผสมเป็นร้อยละ (ข้อมูลของ Dietzel)

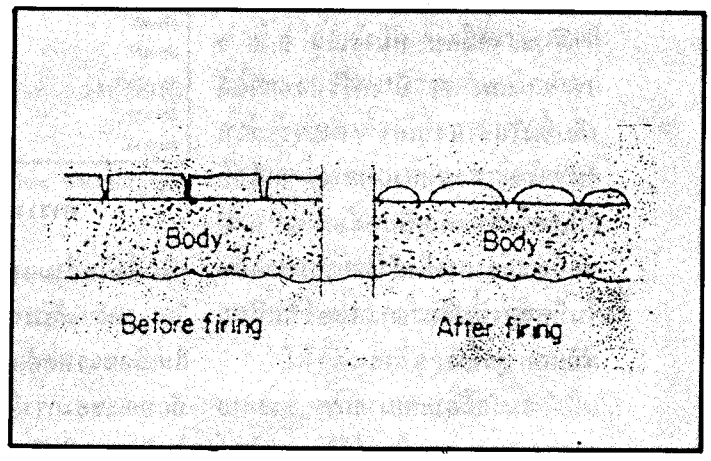
ตัวอย่างการคำนวณแรงตึงผิวของเคลือบมีดังนี้

เคลือบ, ร้อยละ			แรงตึงผิว, ไดน์ต่อเซนติเมตร
ซิลิกา	(SiO_2)	68	68 × 3.4 = 231
แคลเซียมออกไซด์	(CaO)	9	9 × 4.8 = 43
โซเดียมออกไซด์	(Na_2O)	14	14 × 1.2 = 21
ตะกั่วออกไซด์	(PbO)	9	9 × 1.2 = 11
		100	306

แรงตึงผิวที่ 900°ซ. = 306 ไดน์ต่อเซนติเมตร

ที่ 1,200°ซ.* = 306−12 = 294 ไดน์ต่อเซนติเมตร

(* ต้องลบออก 4 หน่วย สำหรับแต่ละ 100°ซ. ที่เพิ่มขึ้น)



รูปที่ 1 ภาพแสดงการเกิดเคลือบหดตัวเป็นหย่อม ๆ

การทดลองที่ 1 การเพิ่มแรงตึงผิวในเคลือบ

ใช้เคลือบสูตรพื้นฐาน ซึ่งเป็นเคลือบอุณหภูมิ 1,200°ซ. มีการสุกตัวดี มีผิวเคลือบเรียบมัน และไม่มีการหดตัวของเคลือบ

เพิ่มแรงตึงผิวให้กับเคลือบโดยการเติมสารเพิ่มแรงตึงผิวได้แก่ แมกนีเซียมคาร์บอเนต ($MgCO_3$) และหรือ เซอร์โคเนียมซิลิเกต ($ZrSiO_4$) และหรือ เฟร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) ลงในเคลือบพื้นฐาน SN-A อัตราส่วนผสมแสดงในตารางที่ 2 การเลือกใช้เซอร์โคเนียมซิลิเกตแทนสารอื่นที่มีตัวประกอบซึ่งให้แรงตึงผิวสูงกว่าก็เพราะต้องการความทึบ (opacity) และสีขาวจากเซอร์โคเนียมซิลิเกต ชั่งส่วนผสม บดให้ละเอียดในหม้อบด (ball mill) แล้วนำชิ้นทดลองมาชุบเคลือบ เผาเคลือบในเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 1,200°ซ.

ผลการทดลอง

1. เคลือบ หมายเลข 1 4 8 13 19 และ 25 มี แมกนีเซียมคาร์บอเนต และ เซอร์โคเนียมซิลิเกต ในทิศทางที่ปริมาณของ เซอร์โคเนียมซิลิเกต สูงขึ้น เคลือบมีการหดตัวเป็นหย่อม ๆ ได้แก่ หมายเลข 19 และ 25

2. เคลือบ หมายเลข 2 5 9 14 20 และ 26 มี เฟร์ริกออกไซด์ เพิ่มขึ้นในจำนวนเท่า ๆ กัน (1 ส่วนใน 100 ส่วนของ SN-A) เคลือบไม่เกิดการหดตัวเป็นหย่อม ๆ แต่มีลักษณะของการดึงตัวโดยรวมมากขึ้นในทิศทางที่ปริมาณ เซอร์โคเนียมซิลิเกต สูงขึ้น

3. เคลือบ หมายเลข 3 6 10 15 21 และ 27 มี เฟร์ริกออกไซด์ เพิ่มขึ้นในจำนวนเท่า ๆ กัน (2 ส่วนใน 100 ส่วนของ SN-A) เคลือบไม่เกิดการหดตัวเป็นหย่อม ๆ แต่มีลักษณะของการดึงตัวโดยรวมมากขึ้นในทิศทางที่ปริมาณ เซอร์โคเนียมซิลิกเกต สูงขึ้น

4. เคลือบ หมายเลข 7 11 16 22 และ 28 มี เฟร์ริกออกไซด์ เพิ่มขึ้นในจำนวนเท่า ๆ กัน (3 ส่วนใน 100 ส่วนของ SN-A) เคลือบมีความ

ดังสูตร 0.35 KNaO
0.35 CaO 0.55 Al_2O_3 3.30 SiO_2
0.30 Zno

คำนวณเป็นสูตรวัตถุดิบได้ดังนี้

สูตร SN-A

แร่ฟันม้า	ร้อยละ	57.62
หินปูน	,,	11.00
ดิน	,,	16.21
ซิงค์ออกไซด์	,,	7.63
ควอรตซ์	,,	7.54

glaze no.	SN-A	$MgCO_3$	Fe_2O_3	$ZrSiO_4$
SN-A1	100	6	—	4
SN-A2	100	6	1	3
SN-A3	100	6	2	2
SN-A4	100	5	—	5
SN-A5	100	5	1	4
SN-A6	100	5	2	3
SN-A7	100	5	3	2
SN-A8	100	4	—	6
SN-A9	100	4	1	5
SN-A10	100	4	2	4
SN-A11	100	4	3	3
SN-A12	100	4	4	2
SN-A13	100	3	—	7
SN-A14	100	3	1	6
SN-A15	100	3	2	5
SN-A16	100	3	3	4
SN-A17	100	3	4	3
SN-A18	100	3	5	2
SN-A19	100	2	—	8
SN-A20	100	2	1	7
SN-A21	100	2	2	6
SN-A22	100	2	3	5
SN-A23	100	2	4	4
SN-A24	100	2	5	3
SN-A25	100	1	—	9
SN-A26	100	1	1	8
SN-A27	100	1	2	7
SN-A28	100	1	3	6
SN-A29	100	1	4	5
SN-A30	100	1	5	4

ตารางที่ 2 แสดงส่วนผสมของเคลือบในการทดลองที่ 1

หนืดขึ้น โดยสังเกตจากมีฟองอากาศถูกกักอยู่ในเคลือบ ผิวเคลือบจึงไม่เรียบ มีลักษณะเป็นผิวส้มและไม่มีการหดตัว นอกจากหมายเลข 16 ที่มีการหดตัวเป็นหย่อม ๆ

5. เคลือบ หมายเลข 12 17 23 และ 29 มีปริมาณ เฟร์ริกออกไซด์เพิ่มขึ้น (4 ส่วนใน 100 ส่วนของ SN-A) เคลือบมีฟองอากาศและขรุขระมากขึ้น เคลือบหมายเลข 17 และ 23 มีการหดตัวเล็กน้อย

6. เคลือบ หมายเลข 18 24 30 มีปริมาณ เฟร์ริกออกไซด์ เพิ่มขึ้นเป็น 5 ส่วนใน 100 ส่วน ของ SN-A ฟองอากาศ และความขรุขระลดลงอย่างเห็นได้ชัด

การทดลองที่ 2 การเพิ่มปริมาณดินและซิงค์ออกไซด์ในเคลือบ

เพื่อให้เคลือบมีการหดตัวมากขึ้น จึงเพิ่มดินในส่วนผสม นอกจากดินจะทำให้เกิดการหดตัวของเคลือบดิบที่อยู่บนผิวชิ้นทดลองแล้ว ปริมาณอะลูมินาที่มีอยู่ในดินก็จะเพิ่มแรงตึงผิวและความหนืดในเคลือบที่เผาแล้วอีกด้วย ซิงค์ออกไซด์ช่วยเพิ่มความขาว ความแววของเคลือบ และยังช่วยให้เคลือบดิบมีการหดตัวมาก โดยเฉพาะถ้าใช้ซิงค์ออกไซด์ที่ไม่ถูกเผามาก่อน (non-calcined) จะทำให้เคลือบเกิดการหดตัวเป็นหย่อม ๆ ภายหลังการเผาได้มาก

ใช้เคลือบหมายเลข SNA-19 จากการทดลองที่ 1 เป็นพื้นฐาน บดส่วนผสมและชุบเคลือบชิ้นตัวอย่างเผาในเตาไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 1,200°ซ.

ส่วนผสม	SNA-31	SNA-32	SNA-33	SNA-34
แร่ฟันม้า	57.62	57.62	57.62	57.62
หินปูน	11.00	11.00	11.00	11.00
ดิน	18.00	20.00	22.00	22.00
ซิงค์ออกไซด์	8.00	10.00	12.00	14.00
ควอรตซ์	7.54	7.54	7.54	7.54
แมกนีเซียม-คาร์บอเนต	2.00	2.00	2.00	6.00
เซอร์โคเนียม-ซิลิเกต	8.00	8.00	8.00	12.00

ตารางที่ 3 แสดงส่วนผสมของเคลือบในการทดลองที่ 2

ผลการทดลอง

เคลือบหมายเลข SNA-31 SNA-32 และ SNA-33 มีการหดตัวของเคลือบทุกตัวอย่าง ลักษณะการดึงตัวเป็นหย่อมใหญ่ไม่สม่ำเสมอ ส่วนในเคลือบหมายเลข SNA-34 ซึ่งได้เพิ่มปริมาณของ แมกนีเซียมคาร์บอเนต และ เซอร์โคเนียมซิลิเกต รวมทั้งซิงค์ออกไซด์ ซึ่งมีผลทำให้การตึงผิวของเคลือบมีมากขึ้นมากนั้น ผลปรากฏว่าเคลือบมีการดึงตัวอย่างสม่ำเสมอและสวยงาม

สรุปผลการทดลอง

สรุปผลการทดลองเคลือบหนังงูที่อุณหภูมิ 1,200°ซ. มีดังนี้

1. ในเคลือบที่มีเซอร์โคเนียมซิลิเกตและแมกนีเซียมคาร์บอเนตเป็นส่วนผสม พบว่าเซอร์โคเนียมซิลิเกตให้ผลต่อการหดตัวมากกว่าแมกนีเซียมคาร์บอเนต

2. ในเคลือบที่มีเซอร์โคเนียมซิลิเกต แมกนีเซียมคาร์บอเนตและเฟร์ริกออกไซด์ เป็นส่วนผสมพบว่าถ้ามีปริมาณเฟร์ริกออกไซด์อยู่น้อยจะเสริมการหดตัว แต่ถ้ามีปริมาณเฟร์ริกออกไซด์มากกว่าประมาณร้อยละ 5 จะส่งผลให้เคลือบหลอมตัวมากขึ้น (fluxing action)

3. ปริมาณดินและซิงค์ออกไซด์ในเคลือบมีผลสำคัญต่อการหดตัวของเคลือบ

4. เคลือบที่ให้ผลเป็นเคลือบหนังงูที่ดีที่สุดจากการทดลองคือหมายเลข SN-A34

5. การเคลือบโดยการจุ่มให้ผลดีกว่าวิธีอื่น เพราะทำให้ความหนาของเคลือบสม่ำเสมอ เกิดเป็นการหดตัวที่สวยงาม

6. ควรใช้เคลือบหนังงูกับผลิตภัณฑ์ที่เนื้อดินมีสีคล้ำ เช่น ออกน้ำตาล จะทำให้สวยงามยิ่งขึ้น

7. จากการคำนวณ เคลือบหมายเลข SN-A34 มีแรงตึงผิว 395 ไดน์ต่อเซนติเมตร

เอกสารอ้างอิง

Norton, F.H. **Fine ceramics ; technology and applicaton.** New York : MCGraw-Hill, 1970. 507 p.

Parmelee, Cullen W. **Ceramics glazes.** 2 nd ed. edited and revised by E.D Lynch and A.L. Friedberg. Boston : Cashners Books, 1973. 612 p.

Rhodes, Daniel. **Clay and glazes for the potter.** 2 nd ed. Philadelphia, Chilton Book Co. 1972. 219 p.

Singer, Felix and Singer, Sonja S. **Industrial ceramics.** London : University Press Cambridge, 1979. 1455 p.

อิฐทนไฟไฟร์เคลย์

เชษฐ เอี่ยมจิตกุศล

อิฐทนไฟเป็นวัสดุทนไฟชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมเซรามิกที่ใช้ประโยชน์ไม่เฉพาะแต่ในอุตสาหกรรมเซรามิกเท่านั้น หากยังใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่ต้องใช้ความร้อนสูงในการผลิต เช่น เตาหลอมโลหะในอุตสาหกรรมเหล็ก เตาเผาผลิตไอน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าและอื่น ๆ การใช้อิฐทนไฟส่วนใหญ่ใช้ในการก่อสร้างเตาเผาชนิดต่าง ๆ รูปลักษณ์และขนาดของอิฐจึงมีต่าง ๆ กัน เช่น แบบมาตรฐาน ขนาด 230 × 115 × 75 มม. หรือกลีบส้ม 230 × 115 × (75-65) มม. หรือแบบลิ่ม 230 × (115-105) × 75 มม. เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการก่อสร้างให้ได้รูปแบบและขนาดตามความต้องการของแบบแปลน

อิฐทนไฟที่มีการใช้กันมากประมาณเกือบร้อยละ 90 ของการผลิตอิฐทั้งหมด คือ อิฐทนไฟไฟร์เคลย์ (fire clay refractory brick) ส่วนที่เหลือจะเป็นอิฐทนไฟ อะลูมินาสูง (high alumina refractory brick) และอิฐทนไฟซิลิกา (silica refractory brick) เมื่อประมาณ 10 ปีที่ผ่านมานี้ มีอิฐอีกชนิดที่ใช้กันมากในวงอุตสาหกรรมเซรามิก คือ อิฐทนไฟฉนวน (insulating refractory brick) หรือที่เรียกว่าอิฐเบา (light weight brick)

ในบทความนี้จะกล่าวเฉพาะอิฐทนไฟไฟร์เคลย์เท่านั้น เพราะมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ อย่างชนิดที่ไม่อาจหาวัสดุอื่นมาทดแทนในแง่ของราคาและระยะเวลาของการใช้งาน

อิฐทนไฟไฟร์เคลย์

อิฐทนไฟชนิดนี้เป็นอิฐทนไฟที่มีการผลิตขึ้นเป็นครั้งแรกในประเทศประมาณครึ่งศตวรรษมานี้โดยหน่วยงานของทางราชการ การใช้งานยังจำกัดอยู่ในวงแคบเฉพาะแต่ของทางราชการเท่านั้น คุณภาพอิฐยังไม่ดีเท่าที่ควร เพราะมีแหล่งวัตถุดิบจำกัดและกรรมวิธีการผลิตยังไม่ค่อยทันสมัย จนถึงประมาณปี พ.ศ. 2505 หรือประมาณสามสิบกว่าปี จึงได้มีบริษัทผลิตวัสดุก่อสร้างแห่งหนึ่ง เริ่มกิจการผลิตอิฐทนไฟไฟร์เคลย์ขึ้นอย่างจริงจัง พร้อมทั้งพัฒนากรรมวิธีการผลิตควบคู่ไปกับการพัฒนาคุณภาพ จึงทำให้อิฐที่ผลิตได้ในปัจจุบันมีคุณภาพดี ปัจจุบันมีโรงงานผลิตอิฐทนไฟไฟร์เคลย์เพิ่มขึ้นอีกหลายโรงงาน มีกำลังผลิตสูงขึ้น นอกจากจะผลิตเพียงพอสำหรับการใช้ภายในประเทศแล้ว ยังสามารถส่งขายในกลุ่มประเทศเอเชียนและประเทศในแถบเอเชียได้อีกด้วย

แม้ว่าอิฐทนไฟไฟร์เคลย์จะมีการผลิตการใช้อย่างกว้างขวางแล้วก็ตาม แต่กรรมวิธีการผลิตและวัตถุดิบที่ใช้ยังคงไม่มีอะไรเปลี่ยนแปลงมากนัก โดยเริ่มจากดินทนไฟที่มีความเหนียวเป็นตัวประสานและดินเชื้อ (chamotte) เป็นโครงสร้างของอิฐ ทั้งดินทนไฟและดินเชื้อ ต้องมีอะลูมินา หรือ อะลูมิเนียมออกไซด์ หรือผลรวมของอะลูมินาของวัตถุดิบทั้งสองจะต้องสูงกว่าผลรวมของซิลิกา มิฉะนั้น อิฐที่ผลิตได้จะมีความทนไฟ (refractoriness) ต่ำ

ปกติอิฐชนิดนี้ เมื่อขึ้นรูปเป็นอิฐด้วยแรงอัดประมาณ 5 ตัน/จังหวะ แล้วต้องผ่านการอบแห้ง และเผาที่อุณหภูมิ 1,300-1,350°ซ. จึงจะนำไปใช้งานได้ ขอบเขตของความทนไฟของอิฐอยู่ระหว่าง 1,580-1,770°ซ. (SK 26-35) ถ้าใช้งานที่อุณหภูมิของการใช้งานมีน้อย นอกจากนี้ยังทนต่อการกัดกร่อนของสารอื่น ๆ ได้ดี

ข้อมูลในตารางที่ 1 ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงของจุดหลอมละลายตามอัตราส่วนซิลิกากับอะลูมินา สามารถนำมาปรับและ/หรือบ่งบอกคุณลักษณะของอิฐทนไฟไฟร์เคลย์ได้อย่างดี

ตารางที่ 1 การเปลี่ยนของจุดหลอมละลายตามอัตราส่วนซิลิกากับอะลูมินา

อัตราส่วนของ		จุดหลอมละลาย
SiO_2	Al_2O_3	°ซ.
100	–	1,775
90	10	1,625
80	20	1,670
70	30	1,720
60	40	1,750
50	50	1,800
40	60	1,850
30	70	1,875
20	80	1,920
10	90	1,970
–	100	2,050

ตารางข้างต้นนี้แสดงให้เห็นว่า มีซิลิกาอย่างเดียวคือ 100% อิฐทนไฟก็จะทนความร้อนได้สูงถึง 1,775°ซ. และถ้ามีอะลูมินาอย่างเดียวก็จะทนความร้อนได้สูงยิ่งขึ้นถึง 2,050°ซ. จุดที่ทนความร้อนได้ต่ำสุดคือช่วงที่มีส่วนผสมของซิลิกา 90% และอะลูมินา 10% จะทนความร้อนได้เพียง 1,625°ซ.

ผลจากการวิจัยของกรมวิทยาศาสตร์บริการ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ ได้พิจารณาเห็นว่าการผลิตอิฐทนไฟขึ้นใช้ภายในประเทศ เป็นสิ่งจำเป็น จึงได้จัดทำโครงการศึกษาทดลองวิจัยขึ้น จากการศึกษาสำรวจแหล่งวัตถุดิบ พบว่าดินทนไฟหนองใหญ่ จ.ปราจีนบุรี มีความทนไฟสูง และดิกไคต์ (dickite) จ.นครนายก มีสัดส่วนของซิลิกาและอะลูมินาเหมาะที่จะใช้ทำวัสดุทนไฟได้ จึงได้ทดลองใช้ผสมกับวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ โดยผสมในเครื่องผสมแบบ dry pan mixer หมักด้วยน้ำเพื่อเกิดความพอดีในการขึ้นรูป (forming consistency) รีดผ่านเครื่องรีด (extruder) ให้ได้รูปร่างเป็นอิฐ ผึ่งลมให้แห้งจนแข็ง จึงนำมาอัดด้วยเครื่องอัดใช้แรงอัด 5 ตัน/จังหวะเป็นอย่างน้อย

การทดลองได้กระทำหลายตัวอย่างโดยเผาคัลไซน์ (calcine) ดินทนไฟหนองใหญ่ หรือดินดิกไคต์ เสียก่อนเพื่อใช้เป็นดินเชื้อ ได้นำตัวอย่างส่วนผสม ผลวิเคราะห์ทางเคมี และผลการทดสอบความทนไฟของเนื้อดินปั้นซึ่งใช้ดิกไคต์เป็นดินเชื้อมาแสดงตามตารางที่ 2

ในการเผาอิฐทนไฟจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเผาให้ถึงอุณหภูมิ 1,350-1,450°ซ. เพราะที่อุณหภูมิดังกล่าวจะเกิดผลึกมัลไลต์ (mullite) ขึ้น ซึ่งจะทำให้อิฐนั้นมีคุณสมบัติการใช้งานดีและมีความทนทานต่อการรับน้ำหนัก มัลไลต์เป็นสารประกอบของอะลูมินาและซิลิกา มีสูตรเป็น $3Al_2O_3.2SiO_2$ เกิดตามธรรมชาติที่เกาะมัลล์ (Mull) ในสก๊อตแลนด์จึงถูกเรียกว่ามัลไลต์

แม้ว่าอิฐทนไฟทั้ง 5 ตัวอย่าง ซึ่งใช้ดิกไคต์ จ.นครนายก เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1,000°ซ. เป็นดินเชื้อ จะมีส่วนผสมของวัตถุดิบแตกต่างกันไป แต่ส่วนผสมทางเคมีใกล้เคียงกัน ปริมาณซิลิกา อะลูมินา และเหล็กออกไซด์ ของแต่ละตัวอย่างเมื่อเปรียบเทียบกันแล้ว แตกต่างกัน

ตารางที่ 2 แสดงส่วนผสม ผลวิเคราะห์ทางเคมีและความทนไฟ ของเนื้อดินปั้นอิฐทนไฟซึ่งใช้ดิกไคต์ จ.นครนายกเป็นดินเชื้อ

ตัวอย่างหมายเลข	ส่วนผสม			ส่วนประกอบทางเคมี			ความทนไฟ
	ดินเหลืองหนองใหญ่ จ.ปราจีนบุรี %	ดินขาว จ.ลำปาง %	ดิกไคต์ จ.นครนายก %	SiO_2 %	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %	
P 31	21.1	11.9	67.0	32.38	51.56	2.19	
P 32	22.4	12.6	65.0	32.11	51.76	2.19	
P 33	25.6	14.4	60.0	31.84	52.48	2.18	SK 31-32
P 34	28.8	16.2	55.0	31.26	52.94	2.16	
P 35	32.0	18.0	50.0	31.84	53.64	2.15	

(อ่านต่อหน้า 11)

น้ำนมแม่

บังอร บุญชู

ครอบครัวเป็นหน่วยที่สำคัญในสังคม ปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงหน้าที่ทางเศรษฐกิจและวัฒนธรรมของครอบครัวเป็นแรงผลักดันให้สมาชิกในครอบครัวทั้งผู้หญิงและผู้ชายต้องออกไปทำงานนอกบ้านเช่นเดียวกัน ผู้หญิงจึงไม่มีเวลาดูแลบุตรด้วยตนเอง จำเป็นต้องพึ่งพาพี่เลี้ยงหรือสถานที่ดูแลเด็กโดยเฉพาะ ความสัมพันธ์ดั้งเดิมระหว่างพ่อ แม่และลูกได้เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว การเลี้ยงดูเด็กทารกนิยมเลี้ยงด้วยนมผสมที่ดัดแปลงมาจากนมวัวแทนการเลี้ยงด้วยนมแม่ทำให้มีปัญหาหลายอย่าง เช่น การแพ้นมวัว มีอาการท้องเสียเนื่องจากติดเชื้อในระบบทางเดินทางอาหาร และการติดเชื้อโรคได้ง่ายเพราะขาดภูมิคุ้มกัน เป็นต้น สิ่งเหล่านี้มีผลต่อการพัฒนาทั้งทางร่างกายและจิตใจ เป็นที่ยอมรับกันว่าการเลี้ยงดูเด็กทารกด้วยนมแม่เป็นการแสดงถึงความสัมพันธ์อันดีระหว่างแม่กับลูก เด็กทารกจะได้รับอาหารที่ดีที่สุดและได้รับการตอบสนองอย่างใกล้ชิดด้วยสัมผัสที่อบอุ่นและอ่อนโยนจากแม่ เป็นการปูพื้นฐานทางอารมณ์ที่ดีและสร้างความมั่นใจให้กับลูก ซึ่งจะมีผลต่อสุขภาพจนถึงวัยทำงาน เด็กทารกเป็นวัยเริ่มต้นของชีวิตที่ควรได้รับการเอาใจใส่อย่างถูกต้อง น้ำนมแม่มีสารอาหารครบถ้วนเพื่อการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของเนื้อเยื่อ อวัยวะต่าง ๆ และระบบที่ควบคุมการทำงานภายในร่างกาย ไม่มีสารอาหารใดมาทดแทนความพิเศษของน้ำนมแม่ได้ เพราะน้ำนมแม่มีการปรับอัตราส่วนของสารอาหารจำเป็นให้เพียงพอสำหรับเด็กทารกได้อย่างน่าพิศวง

น้ำนมแม่ได้จากกระบวนการทางธรรมชาติซึ่งมีกลไกการทำงานที่สลับซับซ้อนมากในร่างกายของผู้เป็นแม่ ช่วงระยะ 1-2 วันแรกของการให้นมแม่แก่เด็กทารก ต่อมน้ำนมจะสร้างน้ำนมเหลือง (colostrum) ที่มีสีเหลืองและมีปริมาณน้อยแต่มีสารอาหารและภูมิคุ้มกันโรคบางชนิดมากกว่าน้ำนมสีขาวปกติ ปริมาณน้ำนมจะมีมากขึ้นและไหลเต็มที่หลังคลอดประมาณ 1 สัปดาห์ ปริมาตรโดยเฉลี่ย 600 มิลลิลิตรต่อวันในช่วงเดือนแรก ปริมาณน้ำนมขึ้นอยู่กับภาวะโภชนาการของแม่ด้วย ในช่วงการให้นมแม่ควรได้รับพลังงานจากอาหารให้มากพอ พลังงานจะได้จากโปรตีน ไขมันและคาร์โบไฮเดรต ซึ่งโดยส่วนใหญ่ได้จากไขมันในอาหารและไขมันที่สะสมอยู่ภายในร่างกายของแม่ ถ้าได้พลังงานต่ำเนื่องจากขาดอาหารหรือลดน้ำหนักหลังคลอด ปริมาณน้ำนมจะลดลง ผู้หญิงไทยในชนบทส่วนใหญ่ยังเลี้ยงลูกด้วยนมแม่และพบว่าปริมาณน้ำนมค่อนข้างน้อยและคุณภาพของน้ำนมแม่ให้ค่าพลังงานต่ำ เด็กจะได้รับสารอาหารไม่เพียงพอเพื่อการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในระยะ 6 สัปดาห์แรก น้ำนมแม่ที่มีสีขาวมีน้ำตาลอยู่หลายชนิด เช่น กลูโคสและกาแลกโทสมีประมาณ 100 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ในน้ำนมเหลืองมี

มากกว่าถึง 9 เท่า น้ำตาลที่มีบทบาทสำคัญและมีปริมาณมากที่สุดคือน้ำตาลแลกโทส มี 6-7 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ถือว่าเป็นลักษณะเด่นของนมแม่เพราะมีมากกว่าในน้ำนมชนิดอื่น ๆ ทั้งหมด แลกโทสมีบทบาทสำคัญในการละลายเกลือของธาตุแคลเซียมเพื่อให้ร่างกายได้ใช้ประโยชน์ อีกทั้งช่วยในการดูดซึมกรดอะมิโนของโปรตีนอีกด้วย เด็กทารกต้องการโปรตีนเพื่อสร้างเนื้อเยื่อ เอนไซม์ ฮอร์โมนบำรุงประสาทและสมอง เป็นต้น ถ้าร่างกายขาดโปรตีนจะทำให้ร่างกายไม่เจริญเติบโต โลหิตจางรวมถึงอาการผิดปกติของระบบประสาทและสมอง แต่ถ้าร่างกายได้รับโปรตีนมากเกินไปจะมีผลทำให้อวัยวะบางอย่าง เช่น ตับ ไตทำงานหนักมากขึ้น ไม่เป็นผลดีต่ออวัยวะที่อ่อนแอของเด็กทารก

โดยปกติน้ำนมจะมีส่วนประกอบของโปรตีนอยู่หลายชนิดซึ่งแยกออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ เคซีน และเวย์ (หางนม) เคซีนจะแยกตัวออกจากเวย์โดยการตกตะกอนที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง (พีเอช) เฉพาะ เช่น น้ำนมวัวตกตะกอนได้มากที่สุดที่ค่าพีเอช 4.6 น้ำนมแม่มีเคซีนค่อนข้างน้อยเพียงร้อยละ 20-30 ของโปรตีนทั้งหมดแต่เคซีนในน้ำนมแม่จะย่อยง่ายกว่าเคซีนในน้ำนมวัวและมี โพรลีน น้ำตาลอะมิโนและกรดเซียลิก (sialic acid) ระดับที่สูงกว่า เคซีนเป็นแหล่งสำคัญของกรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ รวมทั้งแคลเซียมและฟอสฟอรัส ปริมาณของฟอสฟอรัสในน้ำนมแม่มีน้อยกว่าในน้ำนมวัว ถึงแม้ว่าเคซีนจะเป็นแหล่งของกรดอะมิโน แต่พบว่ามีซีสตีนอยู่น้อยมากเมื่อเทียบกับเมทไธโอนีนแล้วจะมีน้อยกว่า 7 เท่า แต่ในน้ำนมวัวมีน้อยกว่าเพียง 2-3 เท่า ระบบการทำงานภายในร่างกายของทารกไม่สามารถเปลี่ยนเมทไธโอนีนให้เป็นซีสตีนได้จึงอาจกล่าวได้ว่า การที่เคซีนของน้ำนมแม่มีซีสตีนอยู่น้อยมากเป็นข้อด้อยทางโภชนาการของน้ำนมแม่ แต่น้ำนมแม่มีปริมาณซีสตีนรวมมากกว่าในน้ำนมวัว ฉะนั้นจึงไม่เป็นปัญหาในการขาดกรดอะมิโนในตัวนี้เพราะมีปริมาณที่มากเพียงพอในส่วนของหางนมอยู่แล้ว ส่วนประกอบของสารอาหารที่สำคัญในหางนมได้แก่ แลกโทเฟอรินซึ่งมีหน้าที่ในการดูดซึมเหล็กไปใช้ประโยชน์ แอลฟาแลกทอลบิวมินเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์แลกโทสซินทีเทศ และภูมิคุ้มกันเชื้อโรคของระบบทางเดินอาหาร จากการสำรวจพบว่า มารดาซึ่งป่วยเป็นโรคโลหิตจางเนื่องจากขาดเหล็กจะมีปริมาณแลกโทเฟอรินในน้ำนมมากกว่าในน้ำนมของมารดาที่ได้รับการบำรุงอาหารและเหล็กเป็นอย่างดี นั่นหมายถึงว่าสารแลกโทเฟอรินได้แสดงบทบาทสำคัญอย่างชัดเจนในการป้องกันไม่ให้เด็กทารกขาดเหล็กแม้ว่ามารดาจะป่วยอยู่ก็ตาม และน้ำนมสามารถปรับสารอาหารให้ได้ตามความต้องการของลูก น้ำนมแม่มีปริมาณโปรตีนน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับน้ำนมชนิดอื่น ๆ คือ 1.1-1.2 กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร แต่น้ำนมแม่มีสารซึ่งมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่ไม่เป็นโปรตีนอยู่สูงถึงร้อยละ 25 ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด สารประกอบไนโตรเจนเหล่านี้มีอยู่ประมาณ 200 ชนิด เช่น กลูโคซามีน กรดอะมิโนอิสระ เป็นต้น และยังพบว่ามีทอรีนซึ่งร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ ทอรีนมีบทบาทในการขนส่งสารอาหารในระบบการไหลเวียนของเลือดและเป็นส่วนประกอบของเซลล์กล้ามเนื้อด้วย ทอรีนในเลือดของผู้เป็นแม่ในระยะให้นมบุตรพบว่ามีปริมาณสูงกว่าที่พบในน้ำนมแม่ สารอื่น ๆ ที่พบเป็นกลุ่มนิวคลิโอไทด์ที่ละลายได้ในกรดซึ่งมีไม่น้อยกว่า 12 ตัว สารประกอบอาร์เอ็นเอมีประมาณ 0.96 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิลิตร ตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่าพลังงานส่วนใหญ่ได้มาจากไขมันของน้ำนมแม่ซึ่งมีอยู่ประมาณร้อยละ 3.8 แต่ในน้ำนมเหลืองมีน้อยกว่า คือร้อยละ 1.9 ไขมันประกอบด้วยกรดไขมันอิสระชนิดต่าง ๆ โมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ ไตรกลีเซอไรด์ สเตอรอล และฟอสโฟลิปิด แต่ในส่วนของลิปิดแล้วไตรกลีเซอไรด์จะมีมากกว่าตัวอื่น ๆ ลักษณะของไขมันจะเป็นเม็ดทรงกลม ขนาดเล็กมากมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2-3 ไมโครเมตร ซึ่งเล็กกว่าขนาดของเม็ดไขมันของน้ำนมวัวประมาณครึ่งหนึ่ง กรดไขมันที่พบในน้ำนมแม่เป็นชนิดไม่อิ่มตัว เช่น กรดลิโนเลอิกและกรดโอเลอิก อยู่ในปริมาณค่อนข้างสูง ส่วนกรดไขมันชนิดอิ่มตัวมีน้อยกว่าน้ำนมวัว กรดลิโนเลอิกซึ่งเป็นกรดไขมันที่จำเป็นสำหรับร่างกายมีมากถึงร้อยละ 7 ของกรดไขมันทั้งหมด กรดไขมันซึ่งมีจำนวนคาร์บอนมากกว่า 12 ตัวขึ้นไป จะมีบทบาทสำคัญมากต่อการพัฒนาของระบบประสาทส่วนกลางในเด็กทารกแรกเกิด ไขมันจากน้ำนมแม่จะถูกย่อยได้ดีกว่าไขมันจากอาหารชนิดอื่น ทั้งนี้เนื่องจากลักษณะขององค์ประกอบของไขมันและการกระจายตัวของเม็ดไขมันนั่นเอง ดังนั้นการดูดซึมไขมันจากน้ำนมแม่จึงดีกว่าจากน้ำนมวัว การที่ปริมาณของไขมันในน้ำนมแม่มีมาก จำเป็นอยู่เองที่

ระบบการย่อยต้องสามารถย่อยได้อย่างรวดเร็วและการดูดซึมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ในน้ำนมแม่มีเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ มากกว่า 30 ชนิด มีหลายตัวที่มีปริมาณมากกว่าในน้ำนมวัว เช่น อะมิเลส ไลเปส อัลโดเลส ไดแอสเทส ไลโซไซม์ เป็นต้น การที่น้ำนมแม่มีไลเปสแสดงถึงความจำเป็นในการใช้ประโยชน์ของไขมัน ไลเปสมี 2 ชนิด ชนิดแรกถูกกระตุ้นการทำงานโดยเกลือในน้ำดีและไม่มีปฏิกิริยาในน้ำนมหรือถูกทำลายในกระเพาะอาหารและมีบทบาทสำคัญในการย่อยไตรกลีเซอไรด์ในลำไส้ อีกชนิดหนึ่งการทำงานไม่ทราบแน่ชัด แต่มีความไวในการทำปฏิกิริยามาก จึงพบว่าแม้จะเก็บน้ำนมแม่ไว้ในที่เย็น น้ำนมนั้นก็เกิดการหืนได้เอง

สำหรับวิตามินที่พบในน้ำนมแม่และมีปริมาณมากกว่าในน้ำนมวัว ได้แก่ เอ ซี อี อินโนซิทอล และกรดนิโคทินิก ส่วนวิตามินที่มีน้อยกว่าในน้ำนมวัวคือ บี 1 บี 2 บี 12 กรดเพนโทธีนิก ไบโอติน เคและโคลิน ในน้ำนมเหลืองซึ่งมีสารอาหารต่าง ๆ มากกว่าในน้ำนมปกตินั้นกลับมีปริมาณวิตามินน้อยกว่า ดังนั้นในช่วงแรกเกิดเด็กทารกจะได้รับวิตามินบางตัวน้อย เช่น บี 1 บี 2 บี 6 กรดโฟลิก กรดนิโคทินิก กรดเพนโทธีนิก และไบโอติน อย่างไรก็ตามปริมาณของวิตามินที่พบนั้นขึ้นอยู่กับอาหารที่มารดารับประทานเข้าไป ส่วนใหญ่แล้วน้ำนมแม่จะมีวิตามินครบถ้วน ยกเว้นวิตามินดี การที่มารดาขาดวิตามินในช่วงการให้นมบุตรจะมีผลทำให้เด็กขาดวิตามินไปด้วย ยกตัวอย่างเช่น มารดาที่เคร่งครัดต่อการรับประทานอาหารมังสวิรัติจะมีระดับของวิตามินบี 12 ในน้ำนมต่ำมากซึ่งจะสังเกตอาการที่บ่งบอกว่าขาดวิตามินตัวนี้ในเด็กได้ ฉะนั้นการบำรุงอาหารให้มารดาขณะให้นมบุตรเป็นเรื่องสำคัญมาก บุคคลใกล้ชิดควรดูแลให้เหมาะสมเพื่อประโยชน์ต่อสุขภาพที่ดีของเด็ก

นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำนมแม่มีสารควบคุมการเจริญเติบโต เช่น เอทาโนลามีน สารควบคุมการเจริญเติบโตของระบบประสาทต่าง ๆ สารเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับการใช้ประโยชน์จากสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการดังที่ได้กล่าวมาแล้วด้วย ส่วนเกลือแร่ชนิดต่าง ๆ ที่พบในน้ำนมแม่มีประมาณ 2 กรัมต่อลิตร เป็นปริมาณซึ่งน้อยกว่าน้ำนมวัวแต่ก็เป็นผลดีต่อการทำงานของระบบขับถ่ายโดยเฉพาะไตของทารก สิ่งที่ควรระวังในช่วงการให้นมบุตรคือสิ่งที่แม่รับประทานเข้าไป นอกจากอาหารแล้วอาจจะเป็นยา แอลกอฮอล์ สารพิษบางอย่างที่เป็นโลหะหนัก เช่น ปรอท ตะกั่ว แคดเมี่ยม ฯลฯ ซึ่งอาจจะปนเปื้อนมากับอาหารทะเล สารเคมีที่ใช้ปราบศัตรูพืช สารเหล่านี้จะพบสะสมอยู่ในเซลล์ไขมันซึ่งเป็นแหล่งสำคัญของไขมันในน้ำนมและจะถูกขับออกมากับน้ำนมด้วย อย่างไรก็ดีไม่ควรกังวลต่อเรื่องนี้จนเกินไปถึงขนาดต้องอดอาหารในช่วงมีครรภ์หรือระยะให้นมบุตรเพราะจะทำให้เด็กขาดอาหารไปด้วย

น้ำนมแม่เป็นอาหารที่เหมาะสมและดีที่สุดเพียงอย่างเดียวสำหรับทารกในช่วง 4 เดือนแรก แต่หลังจากนั้นเด็กจะต้องได้รับอาหารเสริมอื่น ๆ ควบคู่กับน้ำนมแม่อย่างเพียงพอกับการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ถ้าเป็นไปได้ เด็กควรได้รับน้ำนมแม่ติดต่อกันไปจนถึงอายุประมาณ 12 เดือน มารดาบางรายอาจจะให้นมบุตรไม่ได้เนื่องจากมีปัญหาสุขภาพ จึงเลี้ยงบุตรด้วยนมผสมแทนนมแม่ซึ่งจะเพิ่มภาระการใช้จ่ายมากขึ้นเพราะนมเหล่านี้มีราคาแพง มีการเตรียมที่ค่อนข้างยุ่งยาก และต้องระมัดระวังเรื่องความสะอาดให้ดีพอ มิฉะนั้นจะเสี่ยงต่อการติดเชื้อในระบบทางเดินอาหารได้ง่าย ความพิเศษของน้ำนมแม่จะทำให้เด็กมีความสมบูรณ์ทั้งสุขภาพกายและสุขภาพจิต มีการเจริญเติบโตเป็นปกติตามวัยและสามารถพัฒนาทั้งร่างกายและสติปัญญาอย่างต่อเนื่อง ผู้เป็นแม่ควรมีความพร้อมที่จะให้สิ่งที่ดีที่สุดคือน้ำนมแก่ลูกนับตั้งแต่วันแรกเกิดด้วยความรักและความเต็มใจ

เอกสารอ้างอิง

คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, การส่งเสริมการเลี้ยงลูกด้วยนมแม่ในเขตชุมชนเมือง. **รางวัลสภาวิจัยแห่งชาติประจำปี 2537** โดยสมชาย ดุรงค์เดช และคนอื่น ๆ กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2535 หน้า 55-63

มณฑารพ จักะพาท และ กาญจนา จุศนันท์ ปริมาตรและคุณภาพของนมมารดาในเขตชนบทยากจนภาคกลาง. **วิทยาสารเกษตรศาสตร์สาขาสังคมศาสตร์**, มกราคม-มิถุนายน 2535 ปีที่ 3, ฉบับที่ 1, หน้า 40-53

วนิดา ประมวลกิจจา. อาหารนม. **อุตสาหกรรมสาร**, พฤศจิกายน 2534, ปีที่ 34, ฉบับที่ 11, หน้า 3-9

Hambraeus, Leif. Human milk composition, **Nutrition Abstracts and Reviews**, April, 1984, vol. 54, no. 4, p. 219-232.

เทคนิคการใช้และบำรุงรักษาเครื่อง AA

ดุษฎี มั่นความดี

Atomic absorption spectroscopy (AAS) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ธาตุ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งเชิงคุณภาพ (qualitative analysis) และเชิงปริมาณ (quantitative analysis) ที่ได้รับความนิยมเทคนิคหนึ่ง เพราะให้ความถูกต้อง (accuracy) แม่นยำ (precision) ความไว (sensitivity) สูง และเป็นเทคนิคที่มีความเฉพาะดีมาก (selectivity) รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ก็ไม่สูงมากนักและยังมีความสามารถสูง สามารถวิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ ได้มากกว่า 70 ธาตุ สารตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์อาจอยู่ในสถานะที่เป็นของแข็ง ของเหลวและแก๊ส สารตัวอย่างที่เป็นของแข็ง เช่น แก้ว โลหะผสม ดิน เนื้อเยื่อสัตว์ พืช ปุ๋ย สินแร่ โพลิเมอร์ ซีเมนต์ ฯลฯ สารตัวอย่างที่เป็นของเหลว เช่น เลือด ปัสสาวะ น้ำยาเคลือบโลหะ ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม เครื่องดื่ม น้ำดื่ม น้ำเสีย ฯลฯ สารตัวอย่างที่เป็นแก๊ส เช่น ไอของโลหะที่ฟุ้งกระจายอยู่ในอากาศ เช่น ปรอท ตะกั่ว ฯลฯ จะเห็นว่า atomic absorption spectroscopy เป็นเทคนิคที่มีประโยชน์มากสำหรับเคมีวิเคราะห์ แล้วยังนำผลการวิเคราะห์มาใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรม เกษตรกรรม ธรณีวิทยา การแพทย์ เภสัชกรรม วิทยาศาสตร์ทางทะเล การพิสูจน์หลักฐานทางอาชญากรรม มลภาวะทางน้ำ อากาศ เป็นต้น

ในห้องปฏิบัติการที่ทันสมัยโดยทั่วไปจะมีเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (AA) อยู่เสมอ เนื่องจากประโยชน์และขีดความสามารถของเครื่องมือนี้สูงและสามารถนำมาใช้ได้หลายเทคนิคดังนี้

1. Flame atomic absorption technique (FAAS) เทคนิคนี้ใช้กระบวนการทำให้สารละลายตัวอย่างที่ใสแตกตัวเป็นอะตอมอิสระด้วยเปลวไฟ

2. Flameless technique หรือ Non-flame atomization technique เทคนิคนี้ใช้กระบวนการทำให้สารตัวอย่างสลายตัวเป็นอะตอมอิสระด้วยความร้อนจากกระแสไฟฟ้า (Electrothermal atomizer หรือ Graphite-furnace atomizer-GFA)

3. Vapor generation technique (VGA) เทคนิคนี้ใช้กับธาตุบางชนิดที่ไม่สามารถเปลี่ยนสถานะเป็นอะตอมอิสระด้วยวิธีที่ 1 และ 2 ได้เช่น Hg, As, Se ฯลฯ

การเลือกใช้เทคนิคใดควรพิจารณารายละเอียดตามความเหมาะสมดังแสดงในตารางเปรียบเทียบเทคนิคการวิเคราะห์ต่อไปนี้

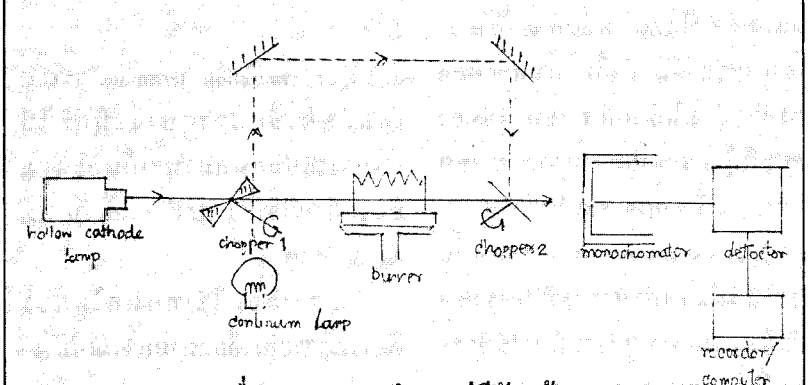
ข้อเปรียบเทียบ	FAAS	GFA	VGA
1. ความสามารถในการวิเคราะห์ธาตุได้	มากกว่า 67 ธาตุ	30-40 ธาตุ	ประมาณ 3-10 ธาตุ
2. ความถูกต้อง	สูง	สูง	สูง
3. ความแม่นยำ	1% RSD	2-5% RSD	2-5% RSD
4. ช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสม	ppb-%	ppb-10^3ppm	ppb-10^3ppm
5. การเตรียมสารตัวอย่าง	ค่อนข้างยุ่งยาก	ง่าย	ค่อนข้างยุ่งยาก
6. วิธีทำการวิเคราะห์	ค่อนข้างยุ่งยาก	ง่าย	ค่อนข้างยุ่งยาก
7. ความรวดเร็วในการวิเคราะห์	15 ตัวอย่าง/นาที	1 ตัวอย่าง/นาที	—
8. ความชำนาญของผู้ใช้เครื่องมือ	ปกติ	สูง	ปกติ
9. อุณหภูมิสูงสุด	2,955°C (N_2O-C_2H_2)	ประมาณ 3,000°C	ประมาณ 2,000°C (ยกเว้น Hg)
10. ประสิทธิภาพของการผลิตอะตอมอิสระ	ประมาณ 10%	ประมาณ 90%	—
11. ลักษณะของสัญญาณที่วัด	plateau	peak	peak
12. สภาพไว (sensitivity)	ต่ำ	สูง	สูง
13. detection limit	สูง	ต่ำ	ต่ำ
14. matric effect	น้อย	มาก	น้อย
15. ค่าใช้จ่าย (การวัดต่อครั้ง)	น้อย	สูง	ปานกลาง

เทคนิคที่เป็นที่นิยมกันมากคือ FAAS เนื่องจากสามารถวิเคราะห์ธาตุได้มากชนิด ง่าย สะดวก รวดเร็ว ค่าใช้จ่ายน้อย ดังนั้นจึงขอกล่าวถึงแต่ FAAS ในแง่เครื่องมือ การบำรุงรักษา (maintenance) และความปลอดภัย (safety)

แหล่งกำเนิดแสง (light source)

โดยทั่วไปนิยมใช้ hollow cathod lamp (HCL) เป็นแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งให้ความเข้มของแสงเฉพาะสำหรับธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ แหล่งกำเนิดแสงอีกชนิดหนึ่งที่ได้รับความนิยมอย่างรวดเร็วคือ electrodeless discharge lamp (EDL) เนื่องจากให้ความเข้มของแสงมากกว่า และมีความไวดีกว่า HCL โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับธาตุ As, He, Se

กระบวนการวิเคราะห์โดย Flame atomic absorption spectrophotometer (FAA)

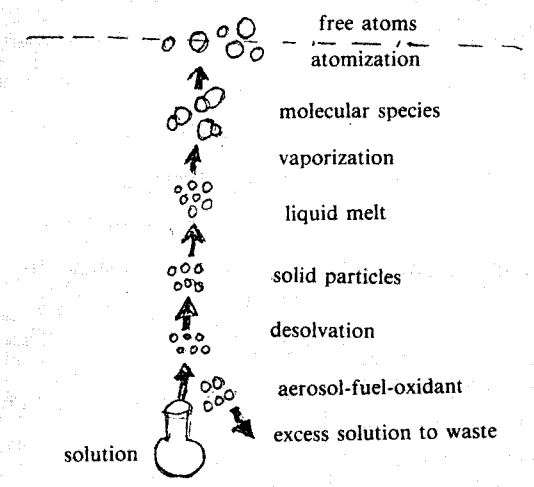


ไดอะแกรมของเครื่อง AA แบบลำแสงคู่มีตัวแก้ background

ส่วนผลิตอะตอมอิสระ (atomization)

การวิเคราะห์โดย AAS จะประสบความสำเร็จมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับปริมาณอะตอมอิสระของธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ ซึ่งจะดูดกลืนคลื่นแสงที่มีความยาวคลื่นที่เหมาะสม (จาก HCL) ดังนั้นกระบวนการผลิตอะตอมอิสระต้องมีประสิทธิภาพสูง เครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการผลิตอะตอมอิสระมี nebulizer ห้องพ่น (spray chamber) และหัวเผา (burner) โดย nebulizer ทำหน้าที่ดูดสารละลายใส แล้วเปลี่ยนเป็นละอองเล็ก ๆ (mist) ในห้องพ่นซึ่งประมาณร้อยละ 10

ของละอองเหล่านี้จะผสมกับตัวออกซิไดส์และเชื้อเพลิงในห้องพ่น และถูกนำเข้าสู่หัวเผาทำให้เกิดอะตอมอิสระด้วยความร้อนจากเปลวไฟที่เหมาะสม ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 90 ไหลออกทางท่อน้ำทิ้ง



ภาพแสดง Flame atomization process

การเลือกชนิดและปรับ nebulizer ห้องพ่น หัวเผาและชนิดของเปลวไฟมีผลต่อสภาพไวเป็นอย่างมากดังนี้

– เลือก nebulizer ให้เหมาะกับสารละลายตัวอย่าง สารละลายตัวอย่างที่มีของแข็งละลายอยู่ (dissolved solids) ต่างกันมาก ควรใช้ nebulizer คนละชนิดกันเพื่อป้องกันการอุดตันซึ่งทำให้ความไวของเครื่องลดลง

– ปรับตำแหน่งลูกแก้ว (glass bead) ในห้องพ่น เพื่อให้ประสิทธิภาพในการเกิดละอองสูงสุด.

– ปรับสัดส่วนของตัวออกซิไดส์ เชื้อเพลิง ให้ได้เปลวไฟที่เหมาะสม (stoichiometric flame) สำหรับแต่ละธาตุ

– ปรับอัตราเร็วในการดูดสารละลายของ nebulizer ให้พอเหมาะโดยประมาณ 4-5 มิลลิลิตรต่อนาที

– เลือกหัวเผาให้เหมาะกับชนิดของเปลวไฟ ซึ่งแบ่งเป็น 2 ชนิด คือ

– หัวเผา อากาศ-อะเซทิลีน (air-acetylene burner) มีช่องเปลวไฟ (burner-slot) ยาว 10 เซนติเมตร

– หัวเผาไนตรัสออกไซด์ (nitrous oxide burner) มีช่องเปลวไฟยาว 5 เซนติเมตร

การดูดกลืนคลื่นแสง (absorption)

ขึ้นอยู่กับ

– จำนวนอะตอมอิสระ

– ตำแหน่งของอะตอมอิสระในเปลวไฟต้องอยู่ในแนวเดียวกับลำแสงจาก HCL ซึ่งทำได้โดยปรับตำแหน่งหัวเผาในทางสูง ต่ำ เอียง ปรับตำแหน่ง HCL ให้ตรงกัน

– ความเข้มของแสงจาก HCL ปรับโดยการเพิ่มหรือลด lamp current กับ voltage

– สภาวะของสารละลายตัวอย่าง และสารละลายมาตรฐาน ต้องหลีกเลี่ยงสารรบกวนโดยวิธีการที่เหมาะสม

การปรับตัวแปรต่าง ๆ ให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมเพื่อให้ได้สภาพไวสูงสุด (optimization) ดังกล่าวข้างต้น กระทำได้โดยทุกครั้งที่มีการปรับเปลี่ยนแต่ละตัวแปร ต้องวัดค่า absorbance ของสารละลายมาตรฐานค่าใดค่าหนึ่ง (ความเข้มข้นอยู่ในช่วงกลางของ series) ให้ได้สูงสุด แล้วจึงเปลี่ยนไปปรับตัวแปรอื่น ๆ ต่อไป

การวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสง (detection)

Detector ที่ใช้มีลักษณะเหมือนกับเครื่อง ยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ทั่วไป เครื่อง AA ในปัจจุบันนี้มักใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมการทำงาน เช่น เก็บข้อมูล บันทึกข้อมูล คำนวณผล พิมพ์รายงานซึ่งต้องปฏิบัติตามคำแนะนำหรือคู่มือของแต่ละบริษัทผู้ผลิต

ผลกระทบของสิ่งรบกวนและวิธีการแก้ไข (interference effects)

1. **การตกตะกอน** (Precipitation) การตกตะกอนของสารตัวอย่าง ทำให้ผลการวิเคราะห์ผิดพลาดไป เช่น การแยกสลายด้วยน้ำ (hydrolysis) ของสารประกอบซิลิคอน และดีบุก การเกิดสารประกอบคลอไรด์และซัลเฟตของธาตุบางธาตุซึ่งไม่ละลายน้ำ แก้ไขโดยการย่อยสลายตัวอย่างให้เหมาะสมและการกำจัดไอออนรบกวน (interferingtons)

2. **ผลกระทบเชิงกายภาพ** (Physical effects) เป็นผลเนื่องจากสมบัติทางกายภาพของสารละลายซึ่งเกี่ยวข้องกับอัตราการดูดสารละลายเข้าใน nebulize ขนาดหยดของสารละลาย (drop size) อันมีผลจาก ความตึงผิว ความหนืด ซึ่งแก้ไขโดยทำละลายให้เจือจาง เตรียมสารละลาย

มาตรฐานให้มี matrix เหมือนตัวอย่าง หรือทำ standard-addition

3. **สิ่งรบกวนเชิงเคมี** (Chemical interference) แบ่งเป็น 2 ลักษณะ

3.1 เกิดจากการแตกตัวไม่สมบูรณ์ของสารประกอบ (incomplete dissociation of compounds)

3.2 เกิดจากการแตกตัวเป็นไอออน (ionization)

การแตกตัวไม่สมบูรณ์ของสารประกอบ แอนไอออนบางตัว เช่น ฟอสเฟต ซิลิเกต อะลูมิเนต ฯลฯ มีผลทำให้การหาปริมาณโลหะแอลคาไลน์เอิร์ทผิดพลาดได้ ตัวอย่างเช่น การหาปริมาณแคลเซียมในตัวอย่างที่มีฟอสเฟต จะเกิด $Ca_3(PO_4)_2$ ซึ่งเป็นสารประกอบทนไฟแตกตัวยากที่อุณหภูมิของเปลวไฟปกติ ทำให้เกิดอะตอมอิสระไม่สมบูรณ์ วิธีการแก้ปัญหาขั้นต้นทำได้โดยปรับเครื่องให้เหมาะกับสภาพตัวอย่างที่สุด ในกรณีนี้ต้องทราบชนิดและปริมาณสิ่งรบกวนอย่างคร่าว ๆ แล้วจึงเตรียมสารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้นเท่ากัน 2 ส่วน ส่วนแรกเตรียมในน้ำกลั่น ส่วนที่สองเตรียมใน synthetic matrix ซึ่งมีไอออนรบกวนใกล้เคียงกันในตัวอย่าง แล้วใช้สารละลายทั้งสองนี้ปรับเครื่องให้เหมาะที่สุด โดยปรับปริมาณสัมพันธ์ของเปลวไฟ (flame stoichiometry) และตำแหน่งหัวเผา เพื่อให้ได้ค่า absorbance สูงสุด และใกล้เคียงกันมากที่สุด แล้วจึงทำการวิเคราะห์ตัวอย่างต่อไปโดยใช้ภาวะเดียวกัน ถ้าปฏิบัติดังกล่าวแล้วไม่ได้ผล ให้เลือกวิธีใดวิธีหนึ่งดังนี้

3.1.1 ใช้อุณหภูมิเปลวไฟ (flame temperature) ให้สูงขึ้น แทนที่จะใช้เปลวไฟ อากาศ-อะเซทิลีน ก็เปลี่ยนเป็นเปลวไฟไนตรัสออกไซด์-อะเซทิลีน หรือ เตาเผาแกรไฟต์ แต่วิธีนี้อาจทำให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออน

3.1.2 การสกัดธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ (extract the analyte element) ในกรณีที่สิ่งรบกวนมีอยู่ในสัดส่วนที่ค่อนข้างมากและแก้ไขด้วยวิธีที่ 3.1.1 ไม่ได้ผล ให้นำสารที่ต้องการวิเคราะห์มารวมตัวเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับ chelating agent แล้วสกัดด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสม

3.1.3 การกำจัดไอออนรบกวน ทำได้โดยการสกัดตัวทำละลายหรือเทคนิคการแลกเปลี่ยนไอออน

3.1.4 เติม releasing agent

releasing agent คือ สารละลายของเกลือชนิดหนึ่งซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการวิเคราะห์เกิดเป็นสารประกอบที่เสถียรกว่าแอนไอออนเหล่านั้น เช่นเติม $SrCl_2$, $LaCl_2$ $Sr(NO_3)_2$ $La(NO_3)_2$ ลงไปมาก ๆ (5,000-10,000 มิลลิกรัมต่อลิตร) หรืออาจเติม chelating agent เช่น EDTA เป็นต้น ตัวอย่างการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมในสารละลายที่มีฟอสฟอรัสอยู่จะต้องเติม $La(NO_3)_2$ หรือ $Sr(NO_3)_2$ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิด $Ca_3(PO_4)_2$

การแตกตัวเป็นไอออน เกิดจากการใช้เปลวไฟที่มีอุณหภูมิสูงมาก ทำให้ธาตุที่ต้องการวิเคราะห์แตกตัวเป็นไอออนแทนที่จะเป็นอะตอมอิสระ ส่วนใหญ่จะพบในพวก โลหะแอลคาไล โลหะแอลคาไลน์เอิร์ท แก้ไขโดยเติม แคตไอออนที่มีค่าศักย์การแตกตัวเป็นไอออน (ionization potential) ต่ำกว่าธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ แคตไอออนดังกล่าวได้แก่ Na K Ce ที่มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 2,000-5,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร เพื่อให้ธาตุเหล่านี้เกิดการแตกตัวเป็นไอออนได้ดีและมีจำนวนอิเล็คตรอนในเปลวไฟมากทำให้ไปชดเชยสารที่ต้องการวิเคราะห์ไม่ให้เกิดการแตกตัวเป็นไอออน

4. **Spectral interferences** ในกรณีที่สารตัวอย่างมีแคตไอออนอื่น ๆ ปนอยู่ ซึ่งดูดกลืนคลื่นแสงในช่วงใกล้เคียงกับธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ทำให้ค่า **absorbance** สูงขึ้น

5. **Background absorption** หรือ **Non-specific absorption effect** เกิดขึ้นเมื่อใช้อุณหภูมิเปลวไฟต่ำ ๆ ในการผลิตอะตอมอิสระ ทำให้มีสารที่อยู่ในรูปโมเลกุลทั้งของสารที่ต้องการวิเคราะห์น้ำ ของเหลวอื่น ๆ ซึ่งสามารถดูดกลืนคลื่นแสงในช่วง UV-Visible ได้ดีและอาจทำให้เกิดการกระเจิง (scattering) ของแสงจาก HCL ได้ วิธีแก้ไขก็คือใช้การแก้ background ซึ่งมีหลายวิธีด้วยกัน

1. Continuum source เช่น deuterium lamp

2. Zeeman effect หรือ Zeeman background corrector

3. Smith-Hieftje background corrector

4. Matrix modification

ความปลอดภัยและการบำรุงรักษา

ในการวิเคราะห์ทางเคมีต้องคำนึงถึงความปลอดภัยทุก ๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นสารเคมี วิธีวิเคราะห์ รวมทั้งเครื่องมือที่ใช้ ความปลอดภัยที่เกี่ยวกับการใช้เครื่อง

1. **ระบบดูดควัน** (exhaust system) ในการผลิตอะตอมอิสระจะมีกลุ่มควัน อะตอม โมเลกุล ไอกรด ไอสารต่าง ๆ เกิดขึ้นมากมาย ดังนั้น

ระบบดูดควันจะต้องดี และได้รับการตรวจสอบให้อยู่ในสภาพดีเสมอก่อนจุดเปลวไฟต้องจัดการให้ระบบดูดควันทำงานก่อน

2. **ถังบรรจุแก๊ส** (compressed gas cylinder) ถังบรรจุแก๊สที่ใช้กับเครื่องมือนี้มีถังบรรจุแก๊สอะเซทิลีน ไนตรัสออกไซด์ และเครื่องอัดลม (air compresser) โดยปกติควรแยกอยู่นอกห้องแล้วต่อท่อนำแก๊สมาเข้ากับเครื่อง ซึ่งต้องเป็นบริเวณที่อากาศถ่ายเทสะดวก ถังบรรจุแก๊สควรตั้งติดผนัง มีสายรัดเพื่อความปลอดภัย ถังบรรจุแก๊ส ท่อ หรือสายนำแก๊สต้องอยู่ในสภาพดีได้รับการตรวจสอบอยู่เสมอมิให้เกิดการรั่วซึม รวมทั้งระบุชื่อที่ถังบรรจุแก๊สทุกถัง

แก๊สอะเซทิลีน มีข้อควรระวังดังนี้

– ท่อนำแก๊สต้องไม่ทำจากทองแดงหรือมีทองแดงผสมอยู่เกินร้อยละ 65 เนื่องจากอาจถูกกัดกร่อนโดยอะซิโตนที่บรรจุอยู่ก้นถัง

– ไม่ควรเปิดแก๊สที่ความดันเกิน 105 กิโลพาสคาล (15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือ 1.0 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร)

– ไม่ควรใช้แก๊สนี้ที่มีความดันในถังต่ำกว่า 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

– ไม่ให้แก๊สอะเซทิลีนสัมผัสกับทองแดง เงิน ปรอท แก๊สคลอรีน

แก๊สไนตรัสออกไซด์ เป็นแก๊สที่ทำให้เกิดอาการสำลัก และเกิดการสันดาปของน้ำมันได้อย่างต่อเนื่อง ดังนั้นจึงต้องระมัดระวังในการใช้แก๊สนี้โดยจะต้องมีการตรวจสอบเกี่ยวกับการรั่วซึม ไม่ให้สัมผัสกับน้ำมัน หรือไขมันโดยเด็ดขาด และที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ ตัวคุมค่าความดัน (pressure regulator) ต้องมี heater เพื่อป้องกันการอุดตันของแก๊สไนตรัสออกไซด์ที่ไหลออกมาเกิดการแข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง อันอาจเกิดระเบิดได้

เครื่องอัดลม ทำหน้าที่ดูดอากาศให้ผ่านเครื่องกรองอากาศและสารดูดความชื้นก่อนเข้าเครื่อง AA โดยมีมาตรวัดอัตราเร็ว ดังนั้นสิ่งที่จะต้องดูแลก็คือ ระบายหยดน้ำที่ตกค้างอยู่ในตัวเครื่องทุกสัปดาห์

3. **ตัวทำละลายที่ลุกเป็นไฟได้** (flammable solvent) ควรหลีกเลี่ยงการนำตัวทำละลายเข้ามาในห้องปฏิบัติการที่เข้าเครื่อง AA ถ้าจำเป็นต้องใช้ตัวทำละลายในการวิเคราะห์ ก็ต้องระมัดระวังเป็นพิเศษโดยปิดฝาให้สนิทหลังจากใช้งานเสร็จแล้วให้รีบนำออกไป และล้าง nebulizer ห้องพ่นและหัวเผาทันที

4. **หัวเผา** ต้องล้างให้สะอาดอยู่เสมอ โดยการแช่ใน 0.5% HNO_3 และล้างด้วยน้ำกลั่น หรือในอ่างอัลทราโซนิก (ultrasonic cleaner) ควรปิดเปลวไฟก่อนทำความสะอาดช่องเปลวไฟ

5. **Liquid trap** ต้องเติมน้ำใน liquid trap ให้อยู่ในระดับที่ถูกต้องเสมอเนื่องจากในการ nebulization สารละลายส่วนใหญ่ถูกระบายลงมาซึ่งต้องไม่ทำให้เกิดการรั่วซึม (leak) ในส่วนของห้องพ่นกับ หัวเผา

6. **Ultraviolet radiation** เนื่องจากเปลวไฟ **HCL deuterium lamp** และ **EDL** อาจคาย **ultraviolet radiation** ซึ่งเป็นอันตรายออกมาดังนั้นควรมีสิ่งป้องกันรังสีเหล่านี้อย่างดีโดยสวมแว่นตาและกำบังเปลวไฟ ขณะทำการวิเคราะห์เสมอ

7. อันตรายจากความร้อนป้องกันได้ดังนี้

– กำบังเปลวไฟ ในขณะทำการวิเคราะห์

– อย่าจับช่องใส่ตัวอย่างขณะมีเปลวไฟ

– อย่าจับหัวเผาด้วยมือเปล่า ควรสวมถุงมือ

– อย่าพยายามทำความสะอาดช่องเปลวไฟในขณะที่มีเปลวไฟ

การตรวจสอบความปลอดภัย

ทุกครั้งก่อนเปิดเครื่อง AA ควรตรวจสอบดังนี้

1. แก๊สทุกชนิดต้องปิดสนิท
2. ตรวจสอบบริเวณใกล้เคียงว่าปราศจากสารไวไฟ และสารที่เป็นอันตราย
3. เปิดเครื่องดูดควันและตรวจสอบว่าปกติ
4. ตรวจสอบหัวเผา nebulizer ห้องพ่นให้ถูกต้อง เหมาะสม
5. ตรวจสอบ liquid trap
6. ทำความสะอาด HCL และกระจกช่องใส่ตัวอย่าง
7. ตรวจสอบชนิดของแก๊สที่ใช้ ตัวคุมค่าความดัน เครื่องอัดลม ให้อยู่ในสภาพที่ดีและเหมาะสม
8. ปฏิบัติตามข้อกำหนดของการใช้เครื่องมือ

นอกจากนี้ควรมีการตรวจสอบเพิ่มเติมบางส่วนทุก ๆ สัปดาห์ดังนี้

1. ตรวจสอบลูกแก้วโดยปรับตำแหน่ง หรือดูว่ามีรอยร้าวเกิดขึ้นหรือไม่
2. ตรวจสอบ o-rings ว่าถูกกัดกร่อนจนเสื่อมสภาพหรือไม่
3. ทำความสะอาดหัวเผาโดยถอดล้าง หรือขัดด้วยสารขัดละเอียด (abbrasive cleaner) หรือ cleaning strip ซึ่งผู้ผลิตจัดเตรียมให้
4. ทำความสะอาด nebulizer และห้องพ่น

หมายเหตุ : ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนถังบรรจุแก๊สต้องตรวจสอบอย่างละเอียดว่ามีแก๊สรั่วหรือไม่ ตัวคุมค่าความดัน สภาพท่อ เหมาะสมหรือไม่

ตัวอย่างปัญหาที่เกิดขึ้นในขณะใช้เครื่อง AA และวิธีแก้ไข

1. สัญญาณใน Flame AA ต่ำ ตรวจสอบ
   - nebulizer
   - มีการอุดตันหรือไม่
   - อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมหรือไม่
   - ปรับอัตราการดูดสารละลายให้เหมาะสม
   - ตำแหน่งลูกแก้ว
   - ตำแหน่งหัวเผา
   - สารละลายมาตรฐาน สารละลายตัวอย่าง ในกรณีเตรียมใหม่ ๆ

   ความถูกต้อง ชนิดและปริมาณของ matrix
   - ปริมาณสัมพันธ์ของเปลวไฟ
2. มีสัญญาณรบกวนมาก/สัญญาณจาก Flame AA ไม่เสถียร ตรวจสอบ
   - ตรวจสอบเสถียรภาพโดยไม่จุดเปลวไฟ ดูว่ายังมีสัญญาณรบกวนหรือไม่
   - เลือกค่าที่แนะนำสำหรับกระแสของ HCL, slit width
   - จัดแนวการวางหลอด HCL หัวเผา เพื่อให้แสงผ่านเข้ามากที่สุด
   - ตรวจค่าความยาวคลื่นให้ถูกต้อง
   - ทำความสะอาดเลนส์
3. มีสัญญาณรบกวนมาก/สัญญาณจาก Flame AA ไม่เสถียร (เฉพาะเมื่อจุดเปลวไฟ)
   - ปรับตำแหน่งหัวเผา
   - ตรวจสอบการดูดของพัดลมว่ามีลมพัดรบกวนเปลวไฟหรือไม่
   - ความดันและอัตราการไหลของแก๊ส
   - ความดันในถังบรรจุแก๊สอะเซทิลีน ไม่ควรต่ำกว่า 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว
   - nebulizer หัวเผา เหมาะสมหรือไม่
   - สารตัวอย่าง สารมาตรฐาน

ผู้ใช้เครื่อง AA ทุกคนต้องมีความเข้าใจ ความระมัดระวัง และความรับผิดชอบในการใช้เครื่องอย่างดี เพื่อเป็นการบำรุงรักษาเครื่องและได้ประโยชน์สูงสุดในการปฏิบัติงาน รวมทั้งต้องมีความรู้ความเข้าใจในลักษณะและธรรมชาติของตัวอย่างที่จะวิเคราะห์เพื่อจะได้หาวิธีการวิเคราะห์ที่เหมาะสมโดยตรงหรือมีการปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมที่สุด เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ดีที่สุด

เอกสารอ้างอิง

เชียงใหม่, มหาวิทยาลัย. **สเปคโตรสโคปีกับการประยุกต์ทางเคมี** แต่งโดย พิมล เรียนวัฒนา. เชียงใหม่ : ภาควิชาเคมี, 2521.

แม้น อมรสิทธิ์ และ อมร เพชรสบ. **หลักและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชวนพิมพ์, 2534. 886 หน้า

Bennett, PA. and Rothery, E. **Introducing atomic absorption analysis.** Melbourne : Varian Techtron Pty. Ltd., 1983.

Brodie, KG. **Atomic absorption spectroscopy.** Melbourne : Varian Techtron Pty. Ltd., 1980.

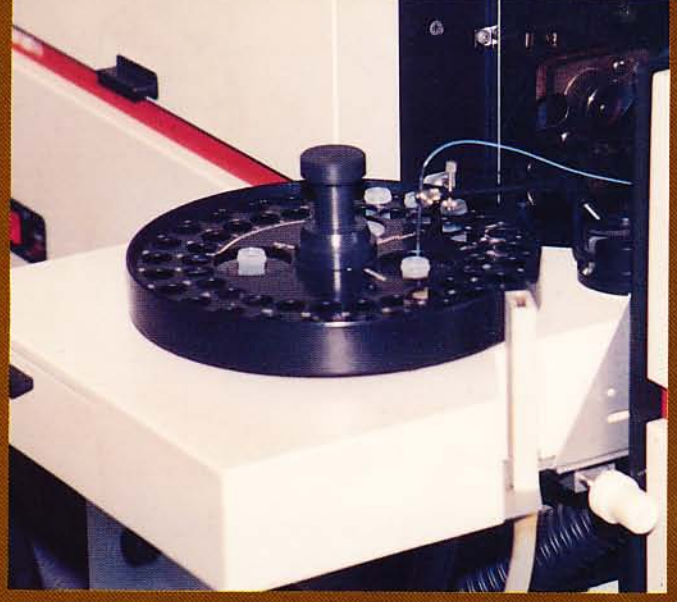
Brodie, KG. **Seminar no recent development on AA-spectroscopy and its analytical techniques.** Melbourne : Varian Techtron Pty. Ltd., 1988.

Cunliffe, MA. Routine maintenance for atomic absorption spectrophotometers. **Varian instruments at work.** Melbourne : Varian Techtron Pty. Ltd., 1984.

Ewing, GW. **Instrumental methods of chemical analysis.** 3rd ed. New York : McGraw-Hill, 1969.

Moffett, J. Sensitivity enhancement for flame atomic absorption spectrometry using an atom concentrator tube, the ACT 80. **Varian instruments at work.** Melbourne : Varian Techtron Pty. Ltd., 1989.

Standard Methods for the examination of water and waste water. 18th ed. Washington, D.C. : American Public Health Association, 1992.

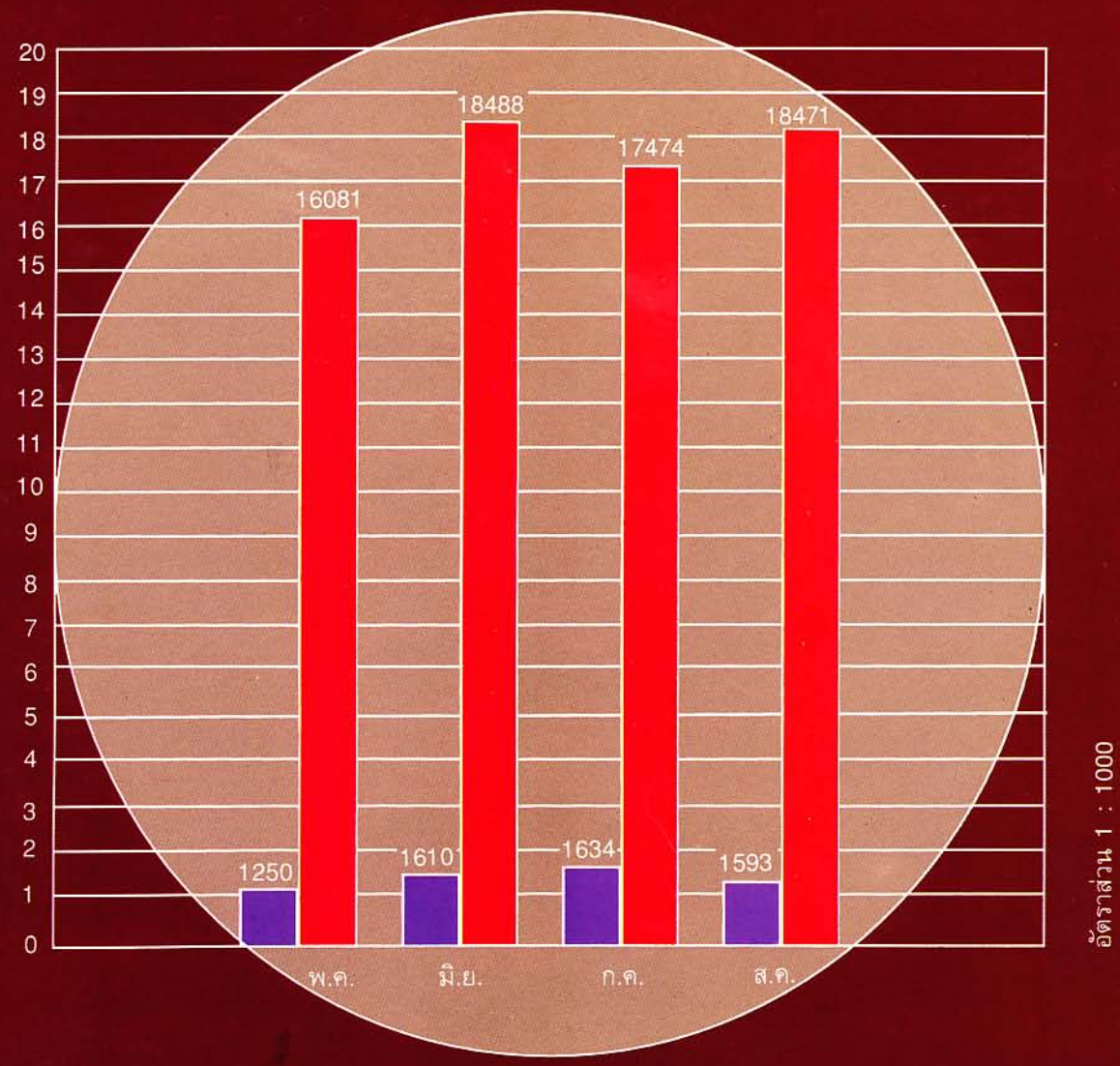


เครื่องมือวิเคราะห์สารปริมาณน้อย

(Atomic Absorption Spectrometer)

ใช้วิเคราะห์หาสารปริมาณน้อย ได้แก่ โลหะหนัก เช่น เหล็ก ตะกั่ว สังกะสี ทองแดง แมงกานีส สารหนู ดีบุก ซีลีเนียม ปรอท พลวง โครเมียม แคดเมียม นิเกิล โมลิบดินัม ฯลฯ ในตัวอย่างต่าง ๆ (กองเคมี)

สถิติแสดงจำนวนตัวอย่างและรายการ
การวิเคราะห์ทดสอบวัตถุตัวอย่าง
เดือนพฤษภาคม-สิงหาคม 2537

จำนวนตัวอย่าง

จำนวนรายการ