



วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ



ISSN 0857-7617

ปีที่ 47 ฉบับที่ 150 พฤษภาคม 2542



ศูนย์บริการวิทยาศาสตร์

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ในวิทยาลัย

สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

1 กระดาษรีไซเคิล (Recycling Paper)
รุ่งอรุณ วัฒนวงศ์
ธีระชัย รัตนโรจน์มงคล

6 ความสามารถใช้งานของ
เครื่องอิมิตชัน สเปกโตรมิเตอร์
ในการวิเคราะห์ทางเคมี
ประพิศ ประคุณหังสิต

9 ไบโอเซนเซอร์ (Biosensor)
นนช เมธิยนต์พิริยะ

13 องค์ประกอบทางเคมีของดิน
วสันต์ ธีระพิทยานนท์

15 เครื่องวิเคราะห์ไนโตรเจน
โดยอัตโนมัติ
นิลสุดา นัตถธนากร

21 จุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์
เบเกอรี่
อัจฉรา พุ่มฉัตร

25 อันตรายของไดออกไซด์
ฟอสฟอรัส (DOP) ใน
ฟิล์มยืดห่อหุ้มอาหาร
ปราณี วิเศษ

27 การติดต่อสื่อสารผ่านระบบ
เครือข่ายคอมพิวเตอร์
เบญจรงค์ นิตยพัฒน์

31 ปฏิกิริยา
วารุณี วงศ์พยัคฆ์

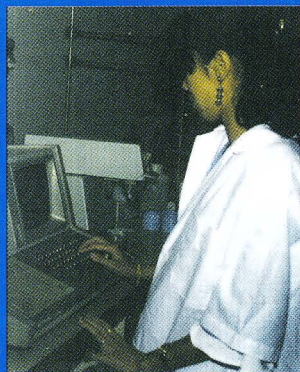
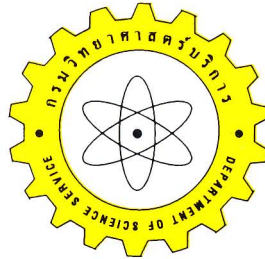
34 ท่อพีวีซีแข็งสำหรับ
ใช้เป็นท่อนำดื่ม
สายพิน สืบสันติกุล
ทรงพล กระติ
กรรณิการ์ เหล่าสิทธิสุข

35 พัฒนาระบายอากาศ
ซัชชัย นบธีรานุกภาพ

วารสารรายสี่เดือน

ปีละ 3 ฉบับ

มกราคม, พฤษภาคม, กันยายน



เจ้าของ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กระทรวงวิทยาศาสตร์

เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

ถนนพระรามที่ 6 เขตราชเทวี

กรุงเทพฯ 10400

โทร. 644-7021

โทรสาร. 245-5523

ที่ปรึกษา

นางสาวชัชชอย เอี่ยมพงษ์

นางทัศนีย์ วัชรระงษ์

นายบันเทิง ตันทวัฒน์

บรรณาธิการ

นางอัจฉรา พุ่มฉัตร

กองบรรณาธิการ

นางพิมพ์วัลลค์ วัฒนโภาส

นางสาวสุคนธ์ เนคมานุรักษ์

นางสาวเรณู ตามไท

นางวารภรณ์ วรเสวต

นางสาวเบญจภัทร์ จาตุรงค์ศรี

นางสาวธิดา เกิดกำไร

นางรุ่งอรุณ วัฒนวงศ์

นางสุดาวดี เสริมนอก

นางธารทิพย์ เกิดในมงคล

ศิลปกรรม

นายวิเวก อรุณรัตน์

ฝ่ายภาพ

นางสาววิไลวรรณ สะตะมณี

กระดาษรีไซเคิล (Recycling Paper)

รุ่งอรุณ วัฒนวงศ์

ธีระชัย รัตนโรจน์มงคล

บทนำ

กระดาษถูกผลิตขึ้นมาเพื่อตอบสนองความต้องการใช้งานของมนุษย์ในหลายรูปแบบนับตั้งแต่ใช้เป็นวัสดุพิมพ์เพื่อการสื่อสารโฆษณา ใช้เป็นวัสดุในการทำกล่องบรรจุสินค้าทั้งเพื่อการขายปลีกและขนส่ง ใช้เป็นวัสดุในการทำกระดาษอัด ตลอดจนใช้งานพิเศษเฉพาะอย่าง เช่น กระดาษฉนวน กระดาษนิรภัย กระดาษก่อสร้างและอื่นๆ ในแต่ละปีได้มีการผลิตกระดาษออกมามีจำนวนมากมหาศาล และมีอัตราการผลิตเพิ่มขึ้นทุกปี สำหรับประเทศไทยมีรายงานของสมาคมอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ ปี 2541 ด้รายงานเกี่ยวกับปริมาณการใช้กระดาษโดยรวมของคนไทย

เฉลี่ยคนละ 47.2 กิโลกรัมต่อปี และประมาณการว่าในปี 2544 จะมีปริมาณการใช้เพิ่มขึ้นเป็น 60.0 กิโลกรัมต่อปี

อุตสาหกรรมกระดาษเป็นอุตสาหกรรมที่ต้องใช้ทรัพยากรสูงมากทั้งด้านพืชผลทางการเกษตร น้ำ และพลังงาน ยกตัวอย่างเช่น ในกระบวนการผลิตกระดาษเพื่อการพิมพ์ 1 ตัน ต้องใช้ต้นไม้ประมาณ 2.2 ตันหรือเทียบได้กับการใช้ไม้ยูคาลิปตัสอายุ 5 ปี จำนวน 17 ตัน กระแสไฟฟ้า 1,000 กิโลวัตต์ชั่วโมง ใช้น้ำมัน 300 ลิตร ใช้น้ำ 20 ลูกบาศก์เมตร นอกจากนี้การใช้คลอรีนในการฟอกเยื่อเพื่อทำเป็นกระดาษจะปล่อยของเสียสู่สิ่งแวดล้อม ดังนั้นหากสามารถนำเศษกระดาษที่ใช้แล้ว

หมุนเวียนกลับมาผลิตเป็นเยื่อเวียนทำใหม่ (secondary or recycled pulp) จะก่อให้เกิดประโยชน์ดังนี้

- ลดการใช้ทรัพยากรไม้
- ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ถึงร้อยละ 50 เมื่อเทียบกับการผลิตกระดาษจากเยื่อเชิงกล
- ลดการใช้น้ำลง เพราะการใช้เยื่อเวียนทำใหม่ใช้น้ำน้อยกว่า
- ลดปริมาณขยะ
- ลดการเสียดุลทางการค้าเพราะสามารถลดการนำเข้าเยื่อจากต่างประเทศ

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการทำกระดาษจากเยื่อประเภทต่างๆ

	เยื่อเคมีหรือกึ่งเคมี (Virgin Pulp)	เยื่อเชิงกล (Mechanical Pulp)	เยื่อเวียนทำใหม่ (Recycled Pulp)
การใช้ไม้, กิโลกรัมไม้ต่อตันกระดาษ	1,666-2,325	1,02,-1,111	1,100
การใช้พลังงาน, GJ ต่อตันกระดาษ	34.6-53.4	29.1-36.8	13-16.8
การใช้น้ำ, ลูกบาศก์เมตรต่อตันกระดาษ	20-400	5-30	5-16.5
น้ำเสีย; COD, กิโลกรัมต่อตันกระดาษ	20-290	2.7-90	0.8-5
AOX, กิโลกรัมต่อตันกระดาษ	0-10	< 10	0.012-0.2

ที่มา : เอกสารของสหภาพยุโรปจากการวิจัยต่างๆ ในปี 2527-2534

หมายเหตุ 1. GJ = กิโลจูล หรือ 10^9 จูล 2. COD = Chemical Oxygen Demand 3. AOX = Adsorbable Organic Halogen

1. กระบวนการผลิตกระดาษรีไซเคิล (recycling process)

โดยทั่วไปแม้ว่ากระดาษสามารถนำกลับมาเวียนทำใหม่ได้ แต่เนื่องจากกระดาษแต่ละชนิดจะถูกผลิตขึ้นมาโดยมีวัตถุประสงค์การใช้งานที่แตกต่างกันทำให้สมบัติของกระดาษซึ่งรวมถึงองค์ประกอบและโครงสร้างของกระดาษแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันออกไป จากลักษณะการใช้งานเฉพาะอย่างนี้เองที่ทำให้การนำเศษกระดาษใช้แล้วแต่ละชนิดกลับมาเวียนทำใหม่ต้องผ่านกระบวนการเวียนทำใหม่ (recycling process) ที่มีวิธีการที่แตกต่างกันออกไป แม้บางครั้งจะเป็นกระดาษชนิดเดียวกัน อาทิเช่น กระดาษพิมพ์ใช้แล้ว

ซึ่งจะมีหมึกพิมพ์เกาะติดบนผิวกระดาษ การนำกลับมาเวียนทำใหม่ต้องผ่านกระบวนการแยกหมึกพิมพ์ออก ซึ่งจะมีวิธีการที่แตกต่างกันออกไปตามฐานหมึก (ink base) ที่ใช้ เยื่อเวียนทำใหม่ที่ได้จะมีคุณภาพดีเพียงใดขึ้นอยู่กับว่าจะสามารถแยกหมึกออกจากเส้นใยได้อย่างหมดจดหรือไม่ ซึ่งนอกเหนือจากชนิดของกระดาษชนิดของหมึกพิมพ์แล้วยังขึ้นกับชนิดของสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการแยกหมึกอีกด้วย

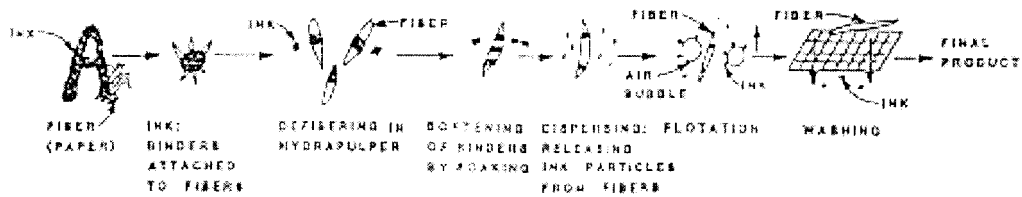
กระบวนการผลิตกระดาษรีไซเคิลจากกระดาษพิมพ์ที่ใช้แล้วโดยทั่วไปจะประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ที่มีการใช้เทคโนโลยีในแต่ละขั้นตอนที่แตกต่างกันออกไป ดังนี้

1.1 การกระจายเยื่อ (pulping หรือ

repulping)

- 1.2 การคัดแยกขนาด (screening)
- 1.3 การลอยหมึกพิมพ์ (flotation)
- 1.4 การทำความสะอาด (cleaning)
- 1.5 การล้างเยื่อ (washing)
- 1.6 การกระจายหมึก (dispersion)
- 1.7 การฟอกเยื่อ (bleaching)

การเลือกใช้ขั้นตอนใดก่อนและหลังจะขึ้นกับการออกแบบระบบของแต่ละโรงงาน โดยทั่วไปแล้ว ขั้นตอนที่ 1-2 จะเรียงเป็นลำดับแรก ส่วนขั้นตอนที่ 3-6 อาจจะมีลำดับที่แตกต่างกันไป การผลิตกระดาษรีไซเคิลสามารถแสดงกลไกการทำงานของแต่ละขั้นตอนเพื่อให้เข้าใจง่าย ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนในการผลิตกระดาษรีไซเคิล (Recycling process)

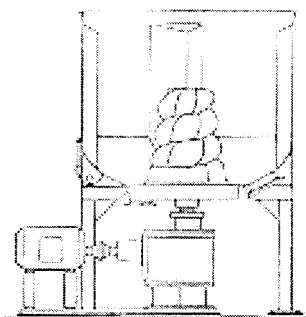
ที่มา : Recycling paper., TAPPI Press 1990., vol 1 : p. 409)

1.1 การกระจายเยื่อ (pulping หรือ repulping) เป็นขั้นตอนเริ่มแรกที่ทำให้เศษกระดาษ ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นวัสดุกลายเป็นเยื่อกระดาษ โดยการใส่เศษกระดาษลงในเครื่องกระจายเยื่อความชื้นสูง หรือที่เรียกว่าพัลพ์เพอร์ (Pulper) เครื่องกระจายที่ใช้อาจเป็นแบบระบบลูกเดียว (batch system) หรือระบบต่อเนื่อง (continuous system) ก็ได้

แต่โดยทั่วไปจะนิยมใช้แบบระบบลูกเดียวมากกว่า แล้วเติมน้ำและสารเคมีลงไปปรับสภาวะให้ได้ตามที่กำหนด โดยทั่วไปจะนิยมใช้สภาวะ ดังนี้

ความชื้นของน้ำเยื่อ, ร้อยละ	8-16
อุณหภูมิ, องศาเซลเซียส	55-70
ความเป็นกรด-ด่าง	9-11
เวลาที่ใช้ในการกระจายเยื่อ, นาที	15-45

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องกระจายเยื่อให้มีประสิทธิภาพในการผลิตได้สูงขึ้น โดยสามารถกระจายเยื่อได้ที่ความชื้นสูงถึงร้อยละ 16 ทั้งนี้เพื่อเป็นการ ประหยัดพลังงานและเพิ่มปริมาณการผลิตเยื่อในแต่ละครั้งอีกด้วย ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงเครื่องกระจายเยื่อความชื้นสูง (High consistency batch pulper)

ที่มา : Recycling paper., TAPPI Press 1990., vol 1 : p. 403

เศษกระดาษจะถูกตีให้กระจายตัวแยกออกจากกันเป็นเส้นใยเดี่ยวหรือกลุ่มของเส้นใย และอนุภาคของหมึกพิมพ์จะแขวนลอยอยู่ในน้ำเยื่อ จุดประสงค์หลักของการกระจายเยื่อมีอยู่ 2 ประการ คือ

- เพื่อทำให้อนุภาคของหมึกพิมพ์หลุดจากเส้นใยและมิขนาดของอนุภาคที่เหมาะสมในการกำจัด
- เพื่อป้องกันการกลับไปติดกันใหม่ของอนุภาคหมึกพิมพ์กับเส้นใย

ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการกระจายเยื่อ ได้แก่ ความชื้นของน้ำเยื่อ อุณหภูมิที่ใช้ เวลาที่ใช้ ชนิดของสารเคมี ความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ คุณภาพของเศษกระดาษ สารเคมีที่เติมลงไปเพื่อช่วยในการทำ

ปฏิกิริยาในขั้นตอนนี้ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ โซเดียมซัลเฟต สารคีเลตติ้ง (chelating agent) และสารลดแรงตึงผิว (surfactant) สารเคมีแต่ละตัวมีหน้าที่เฉพาะแตกต่างกันไป

1.2 การคัดแยกขนาด (screening) เป็นการแยกสิ่งสกปรกหรือเศษวัสดุที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่โดยใช้ตะแกรงหยาบและละเอียด (coarse and fine screen) ตะแกรงหยาบใช้สำหรับแยกสิ่งสกปรกที่มีขนาดใหญ่ที่มีรูปร่างลักษณะเป็นลูกบาศก์หรือเป็นแผ่น เช่น แผ่นกระดาษ โลหะ แก้ว ทราย รูเปิดของตะแกรงจะมีลักษณะเป็นรูกลม ขนาดของรูเปิดที่นิยมใช้ทั่วไปสำหรับเชื้อเวียนทำใหม่จะมี

ขนาดประมาณ 1.3-2.0 มิลลิเมตร ตะแกรงละเอียดใช้สำหรับแยกสิ่งสกปรกที่มีรูปร่างแบนยาวคล้ายๆ เส้นผม เช่น แผ่นพลาสติก กาวและสารที่ใช้เคลือบกระดาษ รูเปิดจะมีลักษณะเป็นช่องยาว (slot) ความกว้างของรูเปิดประมาณ 0.25-0.46 มิลลิเมตร

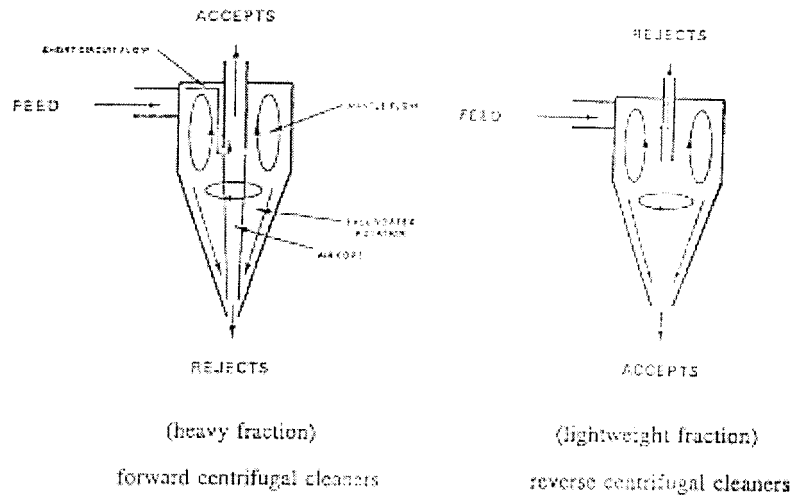
ตะแกรงที่ใช้คัดแยกขนาดในโรงงานส่วนใหญ่จะเป็นแบบ ตะแกรงอัด (pressure screen)

ขนาดและรูปร่างของอนุภาคสิ่งสกปรกแบ่งออกได้เป็น 4 ชนิดด้วยกัน คือ

1. 3 มิติ (large cubical)
2. 2 มิติ (platelet or flake)
3. 1 มิติ (shive or splinter)

4. ไม่มีมิติ (small cubical)

1.3 การทำความสะอาด (cleaning) เป็นขั้นตอนการแยกสิ่งสกปรกที่มีขนาดเล็กประมาณ 100-1000 ไมโครเมตร โดยอาศัยความต่างจำเพาะของสิ่งสกปรกที่แตกต่างกัน สำหรับสิ่งสกปรกที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 1.0 เช่น ทราย โลหะ ถูกแยกออกโดยเครื่องทำความสะอาดแบบฟอเวด (forward centrifugal cleaners) ส่วนสิ่งสกปรกที่มีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่า 1.0 เช่น ไขมัน พาราฟิน พลาสติกจะถูกแยกออกโดยเครื่องทำความสะอาดแบบรีเวิร์ส (reverse centrifugal cleaners) ดังภาพที่ 3

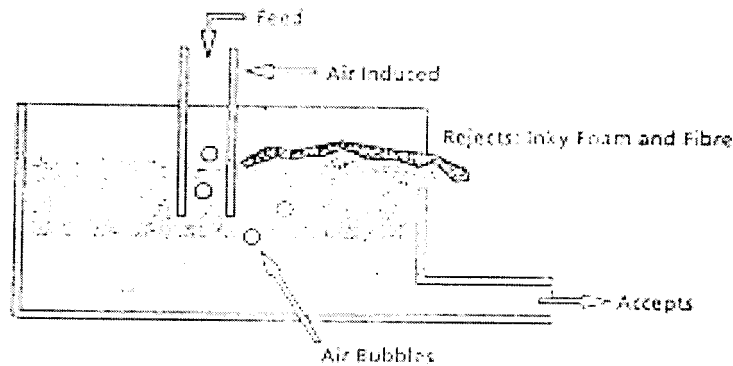


ภาพที่ 3 เครื่องทำความสะอาดแบบฟอเวดและแบบรีเวิร์ส
ที่มา : Recycling., TAPPI Press 1993 : p. 53

1.4 การลอยหมึกพิมพ์ (flotation) เป็นเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูงมากในการแยกหมึกพิมพ์ออกจากเส้นใย วิธีนี้จะใช้หลักการโดยการให้อากาศเข้าไปแยกอนุภาคของหมึกพิมพ์ออกจากน้ำเยื่อ ซึ่งต้องใช้กลไก

ทางเคมีและทางเชิงกลร่วมกัน วิธีการนี้ใช้ได้ดีกับการแยกอนุภาคของหมึกพิมพ์ที่มีขนาด 10-100 ไมโครเมตร โดยใส่สารเคมีที่เรียกว่า คอลเล็คเตอร์ (collector) เพื่อทำให้อนุภาคของหมึกพิมพ์อยู่ในสภาวะที่ไม่ชอบน้ำ

(hydrophobic particle) การลอยหมึกพิมพ์นี้จะทำในเครื่องแยกหมึกพิมพ์แบบลอยตัวหรือโฟลเทชันเซลล์ (flotation cell) ลักษณะการทำงานของเครื่อง ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงลักษณะการทำงานของเครื่องแยกหมึกแบบลอยตัวหรือโฟลเทชัน
ที่มา : Secondary Fiber Recycling., TAPPI Press 1993 : p. 141

ภายในตัวเครื่องจะมีกลไกทางเชิงกลสำหรับสร้างฟองอากาศขนาดเล็กจำนวนมาก การลอยหมึกพิมพ์สามารถแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอนด้วยกัน คือ

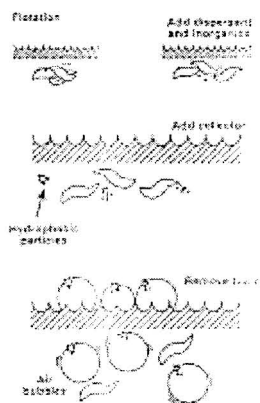
ขั้นตอนแรก เป็นการชนกันของอนุภาค

หมึกกับฟองอากาศ

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการเกาะยึดติดกันของอนุภาคหมึกกับฟองอากาศ

ขั้นตอนที่ 3 เป็นการแยกฟองหมึกออกจากเยื่อ ในขั้นตอนนี้อุณหภูมิของหมึกพิมพ์ที่

ถูกทำให้อยู่ในสภาพที่ไม่ชอบน้ำจะไปเกาะติดกับฟองอากาศและลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ พร้อมกับฟองอากาศกลายเป็นฟองหมึกลอยอยู่บนขอบถัง ซึ่งสามารถปาดทิ้งออกได้ง่าย แสดงกลไกในการลอยหมึกพิมพ์ ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แสดงกลไกในการลอยหมึกพิมพ์

ที่มา : Recycling., TAPPI Press 1993 : p. 81

ประสิทธิภาพในการลอยหมึกพิมพ์จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 4 ประการด้วยกัน คือ

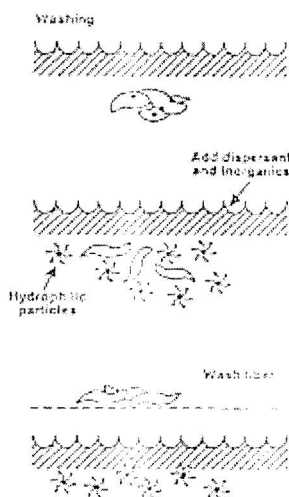
1. สมบัติของอนุภาคหมึกพิมพ์ (properties of ink particles) ซึ่งได้แก่ ขนาด จำนวน และความหนาแน่นของอนุภาคของหมึกพิมพ์
2. สมบัติของฟองอากาศ (properties of air bubble) ซึ่งได้แก่ ขนาดและจำนวนของฟองอากาศและชนิดของก๊าซที่ใช้ รวมทั้งความสามารถในการกระจายและการละลายของก๊าซที่ใช้
3. การผสมให้เข้ากัน (mixing) ได้แก่ ระยะเวลาในการผสม ความเข้มข้นในการผสม
4. สภาวะการลอยหมึก (flotation system) ได้แก่ ความชื้นของน้ำเยื่อ อุณหภูมิ สารเคมีที่ใช้ สภาพความเป็นกรด-ด่างของน้ำ

เยื่อและอื่นๆ ซึ่งโดยทั่วไปแล้วการลอยหมึกจะนิยมทำที่ความชื้นของน้ำเยื่อประมาณร้อยละ 1.0-1.5

เทคโนโลยีการลอยหมึกนี้จะมีารสูญเสียเส้นใยน้อยกว่าเทคโนโลยีการแยกหมึกพิมพ์ในขั้นตอนการคัดแยกขนาดและขั้นตอนการทำความสะดวก

1.5 การล้างเยื่อ (washing) เป็นการแยกอนุภาคของสิ่งสกปรกที่แขวนลอยอยู่กับเส้นใยในน้ำเยื่อให้หลุดลอดผ่านตะแกรงไปกับน้ำโดยอาศัยแรงไฮโดรลิก อนุภาคของสิ่งสกปรกเหล่านี้ได้แก่ อนุภาคของหมึกพิมพ์ สารเติมแต่ง และเส้นใยฝอย (fines) การแยกในขั้นตอนนี้ต้องทำให้อนุภาคหมึกพิมพ์อยู่ในสภาพที่ชอบน้ำก่อน (hydrophilic particle) โดยใช้สาร

ลดแรงตึงผิว (surfactant) และสารช่วยในการกระจายตัว (dispersant) สารเคมีที่ช่วยในการแยกหมึกพิมพ์ออกจากเส้นใยควรเติมลงไปในช่วงตอนการตีเยื่อเพื่อช่วยในการกระจายตัวของหมึกพิมพ์ออกจากเส้นใย และป้องกันไม่ให้หมึกพิมพ์กลับไปติดที่เส้นใยอีกครั้งหนึ่ง สารเคมีที่ใช้ อาทิเช่น สารซักฟอก ระบบนี้สามารถแยกอนุภาคสิ่งสกปรกที่มีขนาดประมาณ 10 ไมโครเมตร โดยเฉพาะอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 5.0 ไมโครเมตร จะถูกแยกออกไปได้ดีที่สุด แต่อนุภาคของสิ่งสกปรกที่มีขนาดใหญ่เกินไปมีแนวโน้มที่ติดอยู่ในร่างแหของเส้นใยในขณะที่ทำการล้างเยื่อ ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แสดงกลไกการล้างหมึกพิมพ์

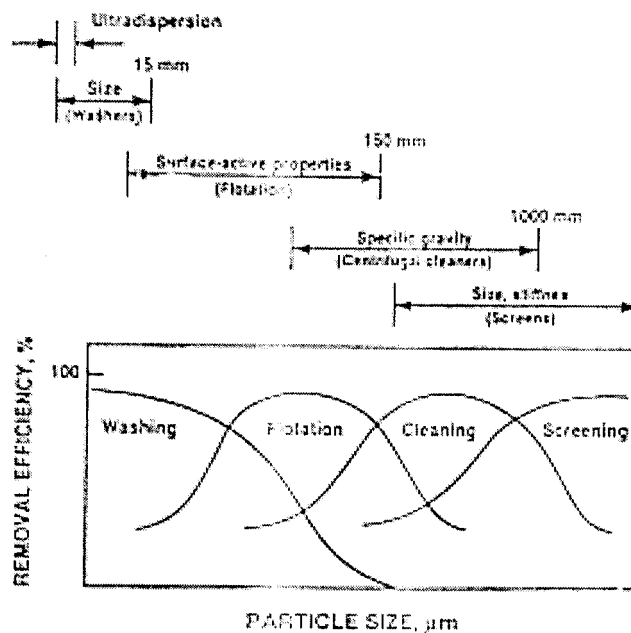
ที่มา : Recycling., TAPPI Press 1993 : p. 79

ตารางที่ 2 แสดงขนาดของอนุภาค

China clay		1-2 μm
Kaolin		0.3-5 μm
Titanium dioxide		0.2-0.5 μm
Printing ink after pulping		10-15 μm
Fine	< Wire 50 (1.12 mm wire mesh)	< 120 μm
Short fibers	> Wire 50 < Wire 16	120-400 μm
Long fibers	> Wire 16	> 40 μm
Wire mesh		~ 200 μm

ที่มา : Recycled Paper Technology., TAPPI Press 199 : p. 85

ประสิทธิภาพในการแยกของขั้นตอนการล้างเยื่อจะขึ้นกับขนาดของอนุภาคของสิ่งสกปรกเป็นสำคัญ



ภาพที่ 7 แสดงประสิทธิภาพในการแยกต่อขนาดของอนุภาค

ที่มา : Recycling., TAPPI Press 1993 : p. 80

(อ่านต่อฉบับหน้า)

ความสามารถใช้งานของเครื่องอิมิสชั้น สเปกโทรมิเตอร์ในการวิเคราะห์ทางเคมี

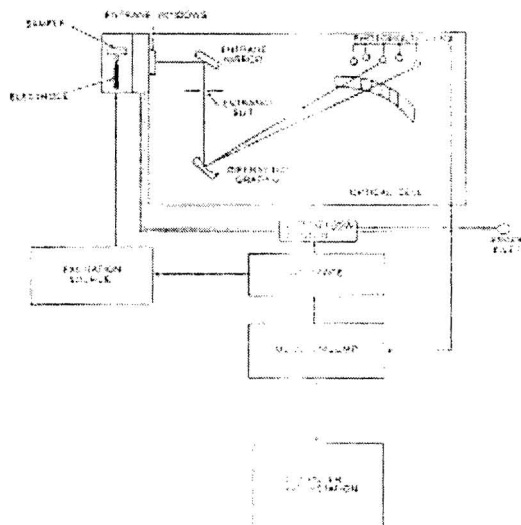
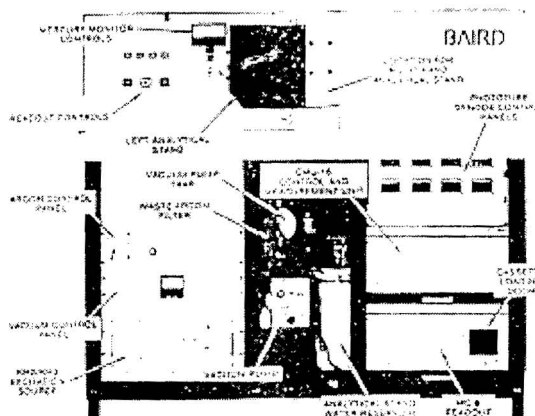
ประพิศ ประคุณหังสิต

ปัจจุบันนี้ความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ขยายตัวรวดเร็วไปอย่างรวดเร็ว ได้มีเทคนิคหรืออุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมีได้ถูกค้นคว้าและพัฒนาไปอย่างรวดเร็วเช่นกัน ทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น ซึ่งช่วงให้นัก

วิทยาศาสตร์ทำงานได้สะดวก รวดเร็ว มีความถูกต้องแม่นยำ และมีความปลอดภัยในการทำงานมากยิ่งขึ้น

Emission Spectrometer เป็นเครื่อง Electro-optical instrument ชนิดหนึ่ง ที่มีขีดความสามารถสูง ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ ด้านเคมีวิเคราะห์เชิงปริมาณ

(quantitative analysis) ได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพสูง สามารถวิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ ได้มากกว่า 20 ธาตุพร้อม ๆ กัน (simultaneous) ในตัวอย่างโลหะที่มีสภาพเป็นของแข็ง โดยไม่ต้องใช้สารเคมีย่อยสลายตัวอย่าง จึงไม่ทำให้เกิดมลภาวะ



ส่วนประกอบของเครื่อง Emission Spectrometer

เครื่อง Emission Spectrometer ประกอบด้วยส่วนประกอบหลักดังนี้

1. Excitation source เป็นส่วนจ่ายไฟฟ้าแรงสูง Spark ตัวอย่างเพื่อให้เกิดการกระตุ้น (excitation) ซึ่งให้พลังงานออกมาในรูปของคลื่นแสง

2. ส่วนคอมพิวเตอร์ภายใน (mini computer) ควบคุมการทำงานของเครื่องการรับส่งข้อมูล และการแปลงค่า Analog เป็น Digital

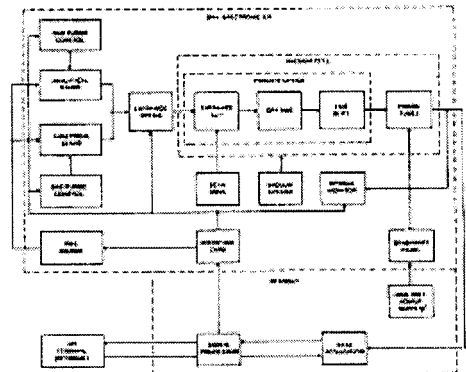
3. ตู้แยกแสงระบบสเปกโทรกราฟี (optical cell) ความยาวโฟกัส 1,000 มิลลิเมตร มีช่องแยกแสงพร้อมหลอด PMT 41 หลอดสามารถวิเคราะห์ธาตุได้ถึง 26 ธาตุ สำหรับธาตุที่มีความยาวคลื่นแสงตั้งแต่ 1730°A - 7670°A

4. ส่วนประมวลผล (computer workstation) นำสัญญาณไฟฟ้าที่แปลงเป็นปริมาณความเข้มของธาตุต่าง ๆ มาแสดงทางหน้าจอของเครื่องคอมพิวเตอร์ และถ่ายโอนข้อมูลโดยพิมพ์รายงานผลออกมา

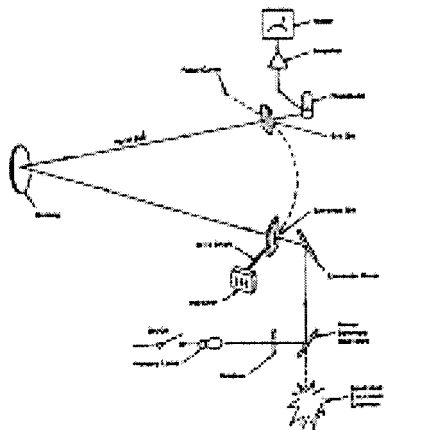
หลักการทำงานของเครื่อง Emission Spectrometer

โลหะชนิดต่าง ๆ จะประกอบด้วยธาตุที่มีปริมาณเล็กน้อยแตกต่างกัน แล้วแต่ชนิดของโลหะที่มนุษย์คิดค้นขึ้นมาเพื่อนำไปใช้งานต่าง ๆ ตามความเหมาะสม เครื่อง Emission Spectrometer ใช้วิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ ในโลหะเหล่านี้ โดยอาศัยกระแสไฟฟ้าแรงสูง Spark ก้อนโลหะ เพื่อกระตุ้น (excite) ให้อะตอมของธาตุที่อยู่ในโลหะนั้นเกิดการเปลี่ยนสถานะจากสภาวะปกติ (ground State) ไปสู่สภาวะกระตุ้น excited state) ซึ่งเป็นสภาพที่ไม่เสถียร อิเล็กตรอนของธาตุในสภาวะกระตุ้นนี้ จะพยายามกลับไปสู่สภาวะปกติ ซึ่งการที่อิเล็กตรอนกลับไปสู่สภาวะเดิมได้นั้น จะคายพลังงาน (radiant energy) ที่ได้รับออกเพื่อให้พลังงานในตัวต่ำลง พลังงานที่อิเล็กตรอนคายออกมานี้จะอยู่ในรูปของคลื่นแสง ซึ่งแต่ละธาตุจะมีคลื่นแสงไม่เท่ากัน เมื่ออิเล็กตรอนของอะตอมในแต่ละธาตุคายพลังงานออกมาพร้อม ๆ กันและรวมกัน จึงจำเป็นต้อง

ต้องทำการแยกแสงของธาตุแต่ละธาตุออกจากกันโดยอาศัย grating แยกแสงออกเป็น spectrum อะตอมของธาตุต่างกันจะให้เส้นแสง (spectral line) ต่างกันและเกิดที่ช่วงความยาวคลื่น (wavelength) ต่างกัน เมื่อแสงผ่าน exit slit เข้าสู่ Photomultiplier tube (PMT) หลอด PMT จะทำหน้าที่เปลี่ยนความเข้มของคลื่นแสง (line brightness) เป็นกระแสไฟฟ้า (electrical current) ซึ่งถ้าปริมาณธาตุใด ในตัวอย่างมีค่ามาก พลังงานแสงของธาตุนั้นก็จะเข้มมาก กระแสไฟฟ้าที่ออกจากหลอด PMT ก็จะมากด้วยในทางกลับกัน เมื่อธาตุใดในตัวอย่างมีปริมาณน้อย พลังงานแสงของธาตุนั้นก็จะเข้มน้อย กระแสไฟฟ้าจากหลอด PMT ก็จะน้อยด้วย โดยปกติหลอด PMT จะจ่ายกระแสไฟฟ้าออกมาเป็นไฟกระแสตรง (DC) ในระบบ Analog ซึ่งไม่สามารถส่งต่อให้คอมพิวเตอร์ภายนอกเพื่อประมวลผลได้ จำเป็นต้องผ่านวงจร Analog to Digital Converter เพื่อแปลงสัญญาณเป็น Digital ก่อน จึงจะส่งผลให้คอมพิวเตอร์ภายนอกได้



รูปที่ 2 System Block Diagram



รูปที่ 3 Optical Alignment Diagram

จุดประสงค์หลักของการใช้เครื่อง Emission Spectrometer นั้น ใช้เพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุต่าง ๆ ในโลหะผสมที่มีปริมาณคิดเป็นร้อยละ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมี Calibration curve เพื่อคำนวณหาค่าของธาตุที่มีปริมาณคิดเป็นร้อยละ

เครื่อง Emission Spectrometer 1000 DV-4 ของกองเคมีสามารถวิเคราะห์โลหะผสมต่าง ๆ ได้เช่น อะลูมิเนียม ทองเหลือง ทองแดง เหล็ก ตะกั่วบัดกรี ตะกั่ว ดีบุก สังกะสี เป็นต้น ซึ่งโลหะประเภทต่าง ๆ เหล่านี้ยังสามารถแยกย่อยออกเป็นชนิดต่าง ๆ อีก เช่น เหล็ก แยกออกเป็น carbon steel, stainless steel, tool steel, low alloy steel, manganese steel, cast Iron, chromium steel เป็นต้น ซึ่งโลหะแต่ละชนิดจะมี calibration curve เฉพาะชนิดนั้น ๆ สำหรับวิเคราะห์เปรียบเทียบกับตัวอย่าง ดังนั้นในการใช้เครื่องมือชนิดนี้ผู้วิเคราะห์ควรมีความรู้ความสามารถและประสบการณ์ทางด้านโลหะเป็นอย่างดี จึงจะสามารถเรียกใช้โปรแกรมซอฟต์แวร์ได้ถูกต้องและเหมาะสมกับตัวอย่างที่ได้รับ ผลการวิเคราะห์จึงจะมีความถูกต้องแม่นยำและมีประสิทธิภาพสูง ในการทำ Calibration curve จำเป็นต้องใช้วัสดุอ้างอิง (reference material) หรือวัสดุอ้างอิงรับรอง (certified reference material) ซึ่งเป็นโลหะมาตรฐาน (standard metal) มาสร้างกราฟมาตรฐานเพื่อใช้เป็นมาตรฐานอ้างอิง (reference standard) สำหรับเปรียบเทียบกับผลวิเคราะห์ของตัวอย่าง ซึ่งผลการ

วิเคราะห์ที่ได้จะมีความถูกต้องแม่นยำ และเชื่อถือได้

การประยุกต์ใช้งาน

กรณีที่ไม่ทราบว่าเป็นตัวอย่างเป็นโลหะชนิดใด ผู้วิเคราะห์จำเป็นต้องใช้ความรู้ ความสามารถ และประสบการณ์ พิจารณาว่าเป็นโลหะประเภทไหน ตัวอย่าง เช่น ทราบว่าเป็น “เหล็ก” ในเบื้องต้น ผู้ทำการวิเคราะห์ต้องใช้โปรแกรมคำสั่งควบคุมเครื่องมือสำหรับตรวจหาเหล็กชนิดต่าง ๆ แต่ละชนิดมาทำการ spark ตัวอย่าง โดยไม่ต้องทำ Calibration curve เพื่อจะดูผลการวิเคราะห์เบื้องต้นว่า เหล็กตัวอย่างนี้มีธาตุอะไรบ้างมาเล็กน้อยแค่ไหน ปริมาณเท่าไร นำผลสรุปที่ได้มาศึกษาเปรียบเทียบกับเอกสารทางวิชาการ เช่น เพื่อให้ทราบว่าเป็นเหล็กชนิดใดจากนั้นจึงจะดำเนินการ วิเคราะห์เชิงปริมาณ โดยใช้โปรแกรมคำสั่งเครื่องมือในการตรวจ ตามชนิดของเหล็กนั้น ๆ ตัวอย่าง เช่น สรุปผลว่าเป็น Low-alloy steel ก็จะใช้โลหะมาตรฐานที่มีส่วนผสมใกล้เคียงกันกับตัวอย่างมาสร้าง Calibration curve สำหรับเปรียบเทียบ กับการวิเคราะห์ตัวอย่าง จึงจะได้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องแม่นยำและมีประสิทธิภาพ

ปัญหาและอุปสรรค

เครื่อง Emission Spectrometer เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุต่าง ๆ ในโลหะ ที่จำเป็นต้องใช้โลหะมาตรฐาน มาสร้างกราฟมาตรฐานสำหรับเป็นมาตรฐาน

อ้างอิงเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่จะวิเคราะห์ ซึ่งโลหะมาตรฐานเหล่านี้ ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศและมีราคาค่อนข้างสูง และสำหรับธาตุที่มีขนาดความยาวคลื่นแสงต่ำกว่า 2000 Å ซึ่งเป็นคลื่นแสง ultra violet เช่นธาตุ carbon, sulphur, phosphorus, boron, selenium, arsenic และ tin จำเป็นต้องวิเคราะห์ในระบบสุญญากาศ เพราะอากาศจะเป็นตัวดูดกลืนแสง Ultra Violet ดังนั้นก่อนทำการวิเคราะห์ธาตุเหล่านี้จึงต้องทำให้เครื่องเป็นระบบสุญญากาศอย่างสมบูรณ์ โดยใช้ก๊าซอาร์กอนชนิดความบริสุทธิ์สูง (ultra high pure) ที่มีความบริสุทธิ์มากกว่า 99.999% เป็นก๊าซที่จะไล่อากาศออกให้หมด จึงจะสามารถทำการ วิเคราะห์ธาตุเหล่านี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่เครื่องมือนี้มีประโยชน์ต่อ งานวิเคราะห์ทดสอบ และงานศึกษาวิจัยมาก เพราะสามารถวิเคราะห์ธาตุต่าง ๆ ได้สะดวก รวดเร็ว ประหยัด เวลา และลดมลภาวะจากการใช้สารเคมี เนื่องจากไม่ต้องย่อยสลายตัวอย่างในการวิเคราะห์ และเป็นประโยชน์อย่างมากต่ออุตสาหกรรมต่าง ๆ ภายในประเทศ เนื่องจากสามารถให้บริการการวิเคราะห์ได้อย่างรวดเร็ว และผลการวิเคราะห์ที่ได้ก็มีความถูกต้องแม่นยำ เชื่อถือได้ เพราะใช้วัสดุอ้างอิงเป็นมาตรฐานในการเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ของตัวอย่าง และกองเคมีกรมวิทยาศาสตร์บริการ ได้จัดทำระบบคุณภาพของห้องปฏิบัติการทดสอบ ในการวิเคราะห์ทางเคมี เพื่อหาปริมาณธาตุโดยใช้เครื่อง Emission Spectrometer ด้วย

เอกสารอ้างอิง

- Australian Standard Institution. Recommended practice for atomic emission spectrometric analysis. Part 1: principles and techniques. AS. 3641. 1989.
- Baird. Are/spark software manual. Bedford, MA.: Baird, 1995. 210 p.
- . Spectrovac (model DV-4) Bedford, MA.: Baird, 1984. 50 p.
- Skoog, D.A., and Leary, J.J. Principles of instrument analysis. 4th ed. Florida: Saunders College Publishing, 1992. p. 420-450



ไบโอเซนเซอร์ (Biosensor)

นางนุช เมธิยนต์พิริยะ

ไบโอเซนเซอร์เป็นระบบการวัดปริมาณสารแบบหนึ่งซึ่งอาศัยหลักทางชีวเคมี โดยการนำสารชีวภาพที่มีความสามารถในการทำปฏิกิริยาอย่างจำเพาะเจาะจงกับสารตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ มาตรึงกับตัวตรวจจับหรือทรานสดิวเซอร์ (transducer) ที่เหมาะสมกับชนิดและรูปของสัญญาณที่เกิดขึ้นจากผลของปฏิกิริยา หรือการจับกันระหว่างสารชีวภาพกับสารตัวอย่าง ลักษณะของสัญญาณจากปฏิกิริยาอาจเป็นโปรตอน อิเล็กตรอน ไอออน แก๊ส ความร้อน และแสง (ดูรูปที่ 1)



รูปที่ 1 โครงสร้างและหลักการทำงานของไบโอเซนเซอร์

จากรูปที่ 1 แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างของไบโอเซนเซอร์แบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนที่หนึ่งเป็นสารชีวภาพซึ่งติดอยู่กับทรานสดิวเซอร์เป็นส่วนที่ตรวจจับสัญญาณ และส่วนที่สองเป็นส่วนขยายสัญญาณและอ่านสัญญาณ ตารางที่ 1 แสดงชนิดของสารชีวภาพที่นำมาใช้กับไบโอเซนเซอร์และลักษณะของสารชีวภาพ (biocatalytic component) ซึ่งจากลักษณะของสัญญาณที่เกิดขึ้นสามารถนำมาใช้ในการเลือกทรานสดิวเซอร์ให้เหมาะสมกับสัญญาณซึ่งจำเป็นต้องตรวจจับ ตัวอย่างเช่น ถ้าสัญญาณที่เกิดขึ้นเป็นแสง ใช้ทรานสดิวเซอร์ที่เรียกว่า ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ (Optoelectronic)

ตารางที่ 1 ชนิดของสารชีวภาพและทรานสดิวเซอร์ที่ใช้ในงานไบโอเซนเซอร์

สารชีวภาพ	สัญญาณชีวภาพ	ระบบการวัด	ทรานสดิวเซอร์
เอนไซม์, เซลล์จุลินทรีย์ หรือองค์ประกอบของเซลล์เนื้อเยื่อพืช/สัตว์, แอนติเจน/แอนติบอดี, สารรีเซปเตอร์	อิเล็กตรอน	แอมเพอโรเมตริก	อิเล็กโทรด ชนิดต่าง ๆ เช่น pH-electrode, oxygen-electrode
	ไอออน แก๊ส	โพเทนชิโอเมตริก	ISE, GSE, FET
	ความร้อน	calorimetric	Thermister
	แสง	optical	Optoelectronic
	มวล	mass change	Peizoelectric crystal

ISE = ion sensitive electrode หรือ ion selective electrode

GSE = gas sensing electrode FET = field effect transistor

ส่วนประกอบของไบโอเซนเซอร์

ก. สารชีวภาพ

สารชีวภาพที่นำมาใช้กับไบโอเซนเซอร์จะต้องเป็นวัสดุหรือสารที่มีความไวทางชีวภาพทำหน้าที่จับหรือทำปฏิกิริยาอย่างจำเพาะกับสารตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ได้เท่านั้นและทำให้เกิดสัญญาณขึ้นที่สามารถแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าโดยทรานสดิวเซอร์ สารชีวภาพแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. เอนไซม์

อาศัยหลักการเกิดปฏิกิริยาระหว่างเอนไซม์กับสารที่ต้องการวิเคราะห์ เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารที่ต้องการวิเคราะห์และมีผลิตภัณฑ์เกิดขึ้น การใช้เอนไซม์เป็นสารชีวภาพนี้ เอนไซม์อาจถูกตรึงอยู่บนทรานสดิวเซอร์ เช่น พีเอชอิเล็กโทรด (pH-electrode) หรือออกซิเจนอิเล็กโทรดโดยตรง หรืออาจถูกตรึงอยู่บนตัวยึดเกาะอื่น (supporting material) เช่น แผ่นเยื่อบาง ๆ (membrane) โดยวิธีเชื่อมขวางหรือเกาะ (cross-linking) แล้วจึงนำแผ่นเยื่อบางนี้ไปเกาะยึดกับทรานสดิวเซอร์อีกครั้งหนึ่ง เอนไซม์ที่ใช้อาจเป็นชนิดเดียวหรือหลายชนิดก็ได้ เช่น การใช้กลูโคสออกซิเดสในการหาปริมาณกลูโคส การใช้กลูโคสออกซิเดสร่วมกับมีตาโรเลสและอินเวอร์เทสในการหาปริมาณซูโครส

2. เซลล์หรือชิ้นส่วนของเซลล์จุลินทรีย์

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างเซลล์จุลินทรีย์กับสารที่ต้องการหาปริมาณนั้น เป็นปฏิกิริยาระหว่างเอนไซม์ในเซลล์จุลินทรีย์กับสารที่ต้องการหาปริมาณ การใช้เซลล์จุลินทรีย์ทั้งเซลล์อาจมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้เอนไซม์บริสุทธิ์ที่แยกจากเซลล์จุลินทรีย์ คือไม่ต้องเสียเวลาในการแยกและการทำให้บริสุทธิ์ นอกจากนี้เอนไซม์บางชนิดอาจต้องการตัวร่วม (co-factor) เพื่อช่วยเร่งปฏิกิริยา ซึ่งในเซลล์จุลินทรีย์จะมีตัวร่วมอยู่แล้ว ต่างจากกรณีของเอนไซม์ที่แยกออกมาซึ่งจำเป็นต้องเติมตัวร่วมลงไป ตัวอย่างเช่น การใช้ไอโคไลทาปริมาณของยาปฏิชีวนะจำพวกเตตราไซคลินไฮโดรคลอไรด์ (tetracyclin hydrochloride) สเตรมิโตมายซิน (streptomycin) และ นีโอไมยซิน (neomycin)

นอกจากการใช้เซลล์จุลินทรีย์แล้ว เนื้อเยื่อของพืชและสัตว์สามารถนำมาใช้เป็นสารชีวภาพได้ เช่น การใช้เนื้อเยื่อของเยลโลว์สควอช (yellow squash) หาปริมาณของกลูตาเมต

3. สารต่อต้าน (antibody) หรือ ตัวรับ (receptor)

การใช้สารต่อต้านหรือตัวรับเป็นสารชีวภาพอาศัยหลักการจับกันระหว่างสารต่อต้านกับแอนติเจน และตัวรับกับลิแกนด์ (Ligand) การจับกันนี้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในมวลหรือความถี่ ที่สามารถตรวจจับได้โดยทรานสดิวเซอร์

สารชีวภาพที่ใช้เป็นตัวรับอาจเป็นโปรตีนหรือสารประกอบของโปรตีน ไกมัน และคาร์โบไฮเดรต ที่จะทำปฏิกิริยาอย่างจำเพาะเจาะจงกับลิแกนด์ ซึ่งในที่นี้เป็นได้ทั้งสารโมเลกุลเล็ก เช่น กรดอะมิโน สเตอรอยด์ หรือสารโมเลกุลใหญ่ เช่น เปปไทด์ และโปรตีน หรือไวรัส เซลล์จุลินทรีย์ ตัวอย่างของตัวรับ เช่น อะเซทิลโคลีน รีเซปเตอร์ (acetylcholine receptor) ที่จับกับ อะเซทิลโคลีน (acetylcholine)

ข. ทรานสดิวเซอร์

ทรานสดิวเซอร์เป็นส่วนสำคัญที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณขึ้นที่ที่เกิดจากปฏิกิริยาหรือการจับกันระหว่างสารชีวภาพกับสารที่ต้องการวิเคราะห์ให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ทรานสดิวเซอร์ที่ดีจะต้องมีความจำเพาะหรือคัดเลือกชนิดของสัญญาณขึ้นได้ดี และมีความไวรวมถึงสามารถตอบสนองได้ในช่วงปริมาณของสัญญาณขึ้นที่เกิดขึ้นได้อย่างเหมาะสม ชนิดของทรานสดิวเซอร์ที่นิยมนำมาสร้างไบโอเซนเซอร์มีดังนี้

1. โปเทนชิโอเมตริก ทรานสดิวเซอร์ (potentiometric transducer)

ทรานสดิวเซอร์แบบโปเทนชิโอเมตริกจะทำงานภายใต้สภาวะสมดุล โดยวัดความหนาแน่นของประจุที่ใช้เป็นสัญญาณขึ้นที่สะสมบนผิวหน้าอิเล็กโทรด จึงต้องมีกระบวนการคัดเลือกเฉพาะไอออนหรือแก๊สที่ต้องการวัดทรานสดิวเซอร์ที่รู้จักกันดีและนำมาใช้งานด้านไบโอเซนเซอร์คือ ไอออนซีเล็กทีฟอิเล็กโทรด (Ion-Selective Electrode) ซึ่งเป็นอิเล็กโทรดที่ไวและคัดเลือกหรือเจาะจง

เฉพาะไอออนเท่านั้น โดยมีแผ่นเยื่อทำหน้าที่คัดเลือกเฉพาะสารขึ้นชนิดหนึ่ง ๆ เท่านั้น เช่น พีเอชอิเล็กโทรด มีชั้นเยื่อที่เป็นแก้ว (glass membrane) คัดเลือกเฉพาะโปรตอน (H⁺) ประจุของไอออนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่อิเล็กโทรดใช้งาน เมื่อเทียบกับอิเล็กโทรดอ้างอิง โดยที่ศักย์ไฟฟ้าสัมพันธ์กับความเข้มข้นของไอออนในสภาวะสมดุล

2. แอมเพอโรเมตริกทรานสดิวเซอร์ (amperometric transducer)

แอมเพอโรเมตริกทรานสดิวเซอร์อาศัยกระแสไอเล็กโทรดที่เกิดขึ้นเป็นสัญญาณขึ้น โดยการวัดในรูปของกระแสไฟฟ้า แหล่งที่มาของกระแสไฟฟ้าเป็นผลมาจากการถ่ายทออิเล็กตรอนจากสารตัวอย่างเข้าสู่อิเล็กโทรด การถ่ายทออิเล็กตรอนเกิดจากผลของปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน โดยการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ การถ่ายทออิเล็กตรอนเข้าสู่อิเล็กโทรด ขนาดของกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นสัมพันธ์กับปริมาณของอิเล็กตรอนหรือสารตัวอย่าง

3. ออปติคัล ทรานสดิวเซอร์ (optical transducer)

ทำงานโดยอาศัยสมบัติทางแสงคือ การดูดกลืน การผ่านของแสง การสะท้อน และการเรืองแสง ตัวอย่าง เช่น พีเอชเซนซิทีฟได (pH sensitive dye) ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดค่าความเป็นกรด-ด่างที่มีหัววัดขนาดเล็กมาก หัววัดนี้ทำงานโดยนำเอาสารที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่างมาจริงที่ปลายหัววัดที่เป็นออปติกไฟเบอร์ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่างขึ้น สารเหล่านี้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงสี ทำให้สมบัติทางแสงจากแหล่งกำเนิดแสงเปลี่ยนไป สามารถตรวจจับได้โดยตัวตรวจจับ (detector) ซึ่งจะนำไปหาค่าความเป็นกรด-ด่างต่อไป นอกจากพีเอชเซนซิทีฟได ก็มีเครื่องมือที่ใช้ในการหาปริมาณแก๊สพิษ คาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน และไอออนของโลหะหนัก

4. ไพโซอิเล็กทริกคริสตัล ทรานสดิวเซอร์ (piezoelectric crystal transducer)

ไพโซอิเล็กทริกคริสตัลทำงานโดยอาศัยสมบัติที่เป็นไพโซอิเล็กทริกซิตี (piezoelectricity) ของผลึก กล่าวคือ เมื่อมี

แรงกลมากระทำต่อผลึก ทำให้เกิดอิเล็กทริกไดโพล (electric dipoles) เป็นผลให้เกิดความต่างศักย์หรือไดโพลโมเมนต์ (dipole moment) ขึ้น ผลสุดท้ายที่เกิดคือการสั่น (oscillate) ทำให้เกิดความถี่ที่ตรวจจับได้โดยเครื่องวัดความถี่ (frequency counter) ตัวอย่างของผลึกที่เป็นไพโซอิเล็กทริกชนิดดี เช่น ควอตซ์ ทัวร์มาลีน (tourmaline) โรเชลล์ซอลท์ (Rochelle salt) เซรามิก และโพลีเมอร์บางชนิด

เมื่อนำสารชีวภาพที่มีความจำเพาะกับสารตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์มาเคลือบบนผิวหน้าของไพโซอิเล็กทริกคริสตัล ปฏิกริยาระหว่างสารชีวภาพกับตัวอย่างที่เกิดขึ้น จะได้ผลิตภัณฑ์หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงมวล (จากการจับกันระหว่างสารชีวภาพกับสารตัวอย่างบนผิวหน้าผลึก) ทำให้ค่าความถี่เปลี่ยนแปลงไป จากหลักการนี้จึงนำเอาไพโซอิเล็กทริกคริสตัลมาสร้างไบโอเซนเซอร์สำหรับวิเคราะห์ปริมาณสารได้

5. ทรานซิวเซอร์ชนิดอื่น ๆ

การเลือกชนิดทรานซิวเซอร์ที่จะมาใช้กับสารชีวภาพ จะต้องดูชนิดของผลิตภัณฑ์หรือการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น จากปฏิกริยาระหว่างสารชีวภาพกับสารที่ต้องการวิเคราะห์ นอกเหนือจากไอออน แก๊ส อิเล็กตรอน หรือสมบัติทางแสงที่สามารถตรวจสอบโดยทรานซิวเซอร์แบบต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอาจเป็นการเปลี่ยนแปลงทางฟิสิกส์ เช่น ความร้อนที่เกิดจากปฏิกริยาชีวเคมี ในกรณีดังกล่าว ทรานซิวเซอร์ที่ใช้จะเป็นเทอร์มิสเตอร์ (thermister) ซึ่งใช้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิหรือความร้อนเป็นตัววัดถึงปริมาณของสารที่ต้องการวิเคราะห์ สารชีวภาพที่ใช้กับทรานซิวเซอร์อาจเป็นเอนไซม์หรือเซลล์จุลินทรีย์

นอกจากนี้ยังมีสารหลายชนิดที่เมื่ออยู่ในสภาวะปกติมีสภาพการนำไฟฟ้าเป็นกลาง เมื่อเกิดปฏิกริยาจะให้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นตัวนำไฟฟ้า เช่น ยูเรีย เมื่อนำยูรีนไปทำปฏิกริยากับยูเรียสจะให้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นสารไอออนิก (NH_4^+ , HCO_3^-) ที่นำไฟฟ้าได้ การเปลี่ยนแปลงการนำไฟฟ้าขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ จึงใช้การนำไฟฟ้าเป็นตัวชี้วัดปริมาณสารที่ต้องการวัดได้ ทรานซิวเซอร์ที่

ใช้เรียกว่า คอนดักติมิเตอร์ (conductimeter)

ประโยชน์ของไบโอเซนเซอร์

จากการที่ไบโอเซนเซอร์สามารถใช้ในการหาปริมาณสารต่าง ๆ ได้หลายชนิด มีความจำเพาะต่อการวัดเสียค่าใช้จ่ายต่ำและสามารถพัฒนาให้เป็นเครื่องอ่านผลได้อย่างต่อเนื่อง คือสามารถใช้ในระบบที่เป็นออนไลน์ จึงมีศักยภาพสูงที่จะนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. การแพทย์

การวินิจฉัยโรคในทางการแพทย์จะต้องการมีความแม่นยำและรวดเร็ว จึงมีการพัฒนาและนำไบโอเซนเซอร์มาใช้มากที่สุด ไบโอเซนเซอร์ที่ใช้ในการวินิจฉัยโรคส่วนมากใช้สำหรับวิเคราะห์ปริมาณกลูโคสในเลือด กรดยูริกและอะไมเลส ปัจจุบันมีการผลิตเครื่องมือวัดในรูปแบบต่าง ๆ เช่น เครื่องมือวัดแบบปากกาหรือแถบจุ่ม (test strip) เพื่อใช้สำหรับวัดน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยที่เป็นเบาหวานซึ่งจะต้องตรวจวัดปริมาณกลูโคสในเลือดเป็นระยะ ๆ โดยผู้ใช้สามารถวัดได้ด้วยตนเอง ชิ้นส่วนที่เป็นเอนไซม์อิเล็กโทรดใช้แล้วทิ้งเลย

2. อุตสาหกรรม

ด้านอุตสาหกรรมโดยเฉพาะในอุตสาหกรรมการหมัก อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม มีความต้องการเครื่องมือวัดประเภทรวดเร็วและง่ายในการใช้งาน สำหรับใช้ในการแสดงผลเพื่อติดตามข้อมูลได้ทันทีทั้งที่ในระหว่างการผลิต รวมถึงเพื่อการควบคุมกระบวนการให้ดำเนินไปในทิศทางที่ต้องการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีตัวแปรทางชีวเคมีมาเกี่ยวข้อง เป็นต้นว่า ปริมาณสารอาหาร เช่น กลูโคส ซูโครส แป้ง หรือผลิตภัณฑ์ เช่น แอลกอฮอล์ ปริมาณเซลล์และกรดต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตซึ่งยังไม่มีเครื่องมือที่จะตรวจวัดที่ทำงานได้อย่างต่อเนื่องและให้ข้อมูลในขณะนั้นได้ (real-time) จึงต้องนำตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางเคมีหรือชีวเคมี ซึ่งสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและใช้เวลาในการวิเคราะห์มาก นอกจากนี้เครื่องมือบางอย่างมีราคาสูง การใช้งานค่อนข้างซับซ้อนและต้องการการบำรุงรักษา รวมถึงอาจต้องมีการเตรียมตัวอย่างให้เหมาะสมกับเครื่องมือแต่ละชนิดที่ต้องใช้ ดังนั้นไบโอเซนเซอร์จึงเหมาะสมต่อ

การวิเคราะห์ดังกล่าว

ปัจจุบันไบโอเซนเซอร์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารส่วนใหญ่ใช้ในการหาจุลินทรีย์ แล็กโทส การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ เช่น ซาลโมเนลลา (Salmonella) ลิสต์เรีย (Listeria) สารพิษที่สร้างจากจุลินทรีย์ วิตะมิน กรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ สารแต่งสี สารปรุงรส และสารที่ทำให้เกิดภูมิแพ้ เช่น เฟนิลอะลาanine การหาความสดของอาหารโดยการวัดปริมาณดัชนีบอกความสด เช่น การหาปริมาณแอลกอฮอล์ เพื่อดูความสดของผลไม้ วัดปริมาณไฮโปแซนทีนซึ่งเป็นดัชนีบอกความสดของเนื้อปลา วัดปริมาณแอลดีไฮด์ในไขมัน สารประกอบอะมีนในปลา และแล็กเทสในผักและผลไม้กระป๋อง

3. สิ่งแวดล้อม

สามารถใช้ไบโอเซนเซอร์ในระบบเตือนภัยและระบบเฝ้าติดตาม โดยวัดปริมาณสารต่าง ๆ ในอากาศ แหล่งน้ำ น้ำเสีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งสิ่งที่ถ่ายเทออกจากโรงงานอุตสาหกรรมที่เป็นสารพิษ

ปัจจุบันไบโอเซนเซอร์ที่ใช้ในด้านสิ่งแวดล้อมสำหรับวัดบีโอดี (BOD) สารพิษและยาปราบศัตรูพืช การหาค่าบีโอดีโดยวิธีปกติต้องใช้เวลานานถึง 5 วัน แต่ไบโอเซนเซอร์ใช้เวลาวัดเพียง 15-20 นาที โดยมีหลักการเพียงนำจุลินทรีย์เช่น *Trichosporon cutaneum*, *Hansenul anomala*, *Clostridium butyricum*, *Eschericia coli* มาตรึงติดที่ผิวหน้าของออกซิเจนอิเล็กโทรด แล้ววัดกระแสไฟฟ้าที่เกิดจากการใช้ออกซิเจนในกระบวนการหายใจของจุลินทรีย์ เพื่อย่อยสลายสารอาหารที่ใช้เป็นสารมาตรฐานสำหรับสร้างกราฟมาตรฐาน เช่น กลูโคส-กลูตามาต จะได้กราฟมาตรฐานระหว่างกระแสกับมาตรฐานที่ใส่แทนน้ำเสีย ส่วนในกรณีของ *B.subtilis* จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและความเข้มข้นสารอาหาร

นอกจากนี้ยังสามารถใช้ไพโซอิเล็กทริกคริสตัลทรานซิวเซอร์ในการหาปริมาณยาฆ่าแมลงประเภทออร์แกโนฟอสฟอรัส โดยเคลือบอะเซทิลโคลีนเอสเทอเรส (acetyl cholinesterase) บนผลึกที่เป็นไพโซอิเล็กทริกเมื่อไม่มีออร์แกโนฟอสฟอรัส เอนไซม์จะทำปฏิกริยากับอะเซทิลโคลีน ให้ค่าความถี่หนึ่งเมื่อมีออร์แกโนฟอสฟอรัสอยู่ เอนไซม์จะจับ



กับออร์แกนโนฟอสฟอรัสได้สารประกอบ ฟอสฟอรัส ทำให้เอนไซม์ไม่สามารถทำปฏิกิริยากับอะเซทิลโคลีนได้ ทำให้ค่าความถี่เปลี่ยนไป ส่วนการหาปริมาณของพาราไทออนสามารถทำได้โดยใช้หลักการเดียวกัน แต่เคลื่อนสารต่อต้านต่อพาราไทออนบนผลึกแทนเอนไซม์

แม้ว่าประโยชน์ของไบโอเซนเซอร์จะมีมาก สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่าง ๆ ได้สะดวก รวดเร็ว ไม่ต้องการผู้เชี่ยวชาญให้ความเฉพาะเจาะจงสูง และสามารถนำไปใช้งานที่ต้องการอ่านผลอย่างต่อเนื่อง ให้ข้อมูลในขณะนั้น และสามารถนำไปใช้ในระบบควบคุมแบบออนไลน์ได้ แต่การที่จะให้ไบโอ

เซนเซอร์เป็นที่ยอมรับมากขึ้น และสามารถแข่งขันในด้านการตลาดได้ ไบโอเซนเซอร์จะต้องใช้งานได้ง่ายกว่า ใช้เวลาน้อยกว่าวิธีการที่ใช้ในปัจจุบัน โดยให้ผลการอ่านที่ใกล้เคียงกัน และข้อสำคัญอีกประการหนึ่งคือ ราคาต่อการวัดแต่ละตัวอย่างต้องต่ำกว่า ดังนั้นจึงยังคงต้องมีการค้นคว้าวิจัยในด้านนี้ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- Buerk, D.G. **Biosensors : theory and applications**. Lancaster, Basel : Technomic Pub. 1993. p.39-61.
- Coulet, P.R. What is biosensor? In Blum, L.J. and Coulet, P.R., ed. **Biosensor principles and applications**. New York : Marcel Dekker. 1991. p. 1-7.
- Giese, J. Rapid techniques for quality assurance. **Food Technology**, October, 1993, vol. 47, no.10, p. 52-60
- Reidel, K. et al. Microbial sensors : fundamentals and application for process control. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, 1989, vol. 44, no.2, p. 85-106.
- Schugertl, K., Ulber, R., and Scheper, T. Development of biosensors for enantiometric analysis. **Trends in Analytical Chemistry**, 1996, vol. 15, no.2, p. 56-62.
- Skladal, P. et. al. Detection of bacterial contamination in sterile UTH milk using an L-lactate biosensor. **Enzyme and Microbial Technology**, June, 1993, vol.15, p. 508-512.
- Taylor, R.F. Application of biosensors in the food processing industry. **Food Processing Automation**, May, 1990, p. 156-166.
- Wagner, G., and Guibault, G.G. **Food biosensor analysis**. New York : Marcel Dekker. 1994. p. 13-30.
- Yogoyama, K., and Karube, I. Development of biosensors. In **Proceedings of the 2th symposium on "trends in biotechnology : meeting the challenges of the 21st century"**. April 27-29 1994. p. 42-47.

องค์ประกอบทางเคมีของดิน

วสันต์ ชีระพิทยานนท์

การพัฒนาอุตสาหกรรมในประเทศไทยเป็นสิ่งที่ดึงเอาเงินตราต่างประเทศเข้ามาสู่ประเทศไทยเป็นอันดับหนึ่ง อุตสาหกรรมเซรามิกก็เป็นอีกอุตสาหกรรมหนึ่งที่ต้องได้รับการพัฒนา เซรามิก (ceramic) หมายถึงวัสดุซึ่งประกอบด้วยสารอนินทรีย์ (inorganic material) สารอโลหะ (nonmetallic material) เป็นส่วนใหญ่ ความหมายนี้รวมถึงเครื่องปั้นดินเผาที่ทำจากดิน วัสดุทนไฟ วัสดุขัด ซีเมนต์ แก้ว สารกึ่งตัวนำชนิดต่าง ๆ เฟอร์โรอิเล็กทริก เป็นต้น

การพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิกในประเทศไทยมุ่งเน้นการพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิกซึ่งใช้ดินเป็นองค์ประกอบหลัก จึงมีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องทราบองค์ประกอบของดินของแต่ละแหล่ง เพื่อนำไปสู่การนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก เช่น แร่ดินขาว (kaolinite) ซึ่งจะมีสูตร $Al_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot 2H_2O$ หรือมี SiO_2 46.3% Al_2O_3 39.8% และ H_2O 13.9% แต่ในธรรมชาติมักจะมีสิ่งเจือปน (impurities) ซึ่งจะมีผลต่อสมบัติบางชนิดของดินไม่มากนักน้อยทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ

1. ลักษณะและสัดส่วนของดินที่ใช้ทำเซรามิก
2. ขนาดและรูปร่างของอนุภาคของดินหรือสิ่งเจือปน
3. สภาวะภายใต้การเผาในเตาเผา (furnace)

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของดินพบว่าประกอบด้วย ซิลิกา อะลูมินา เหล็ก ออกไซด์ แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียม

ออกไซด์ ทิทาเนียมไดออกไซด์ แมงกานีส ไดออกไซด์ อัลคาไลในรูปของออกไซด์ ซัลเฟต ฟอสเฟต และคาร์บอเนต เป็นต้น องค์ประกอบเหล่านี้มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของดินที่จะนำไปทำผลิตภัณฑ์เซรามิกชนิดต่าง ๆ คือ

ซิลิกา (silica) ที่อยู่ในดินจะอยู่ในหลายลักษณะ อาจอยู่ในรูปซิลิกาอิสระหรือควอทซ์ หรือรวมอยู่กับอะลูมินาในรูปของอะลูมิโนซิลิเกต ผลของซิลิกาอิสระที่มีต่อดิน

1. ทำให้ความเหนียวของดินลดลง
2. ทำให้การหดตัวของดินมีค่าน้อยลง
3. ทำให้ค่าความทนไฟลดลงในหลายกรณี

อะลูมินา (alumina) เป็นองค์ประกอบของแร่ดิน แร่ฟันม้า ไมก้า ซึ่งอยู่ในรูปอะลูมิโนซิลิเกต ถ้าเป็นอะลูมิโนอิสระจะอยู่ในรูปของบอกไซต์ (bauxites) หรือยิปไซต์ (gibbsite) ผลของอะลูมินาที่มีต่อดิน

1. ทำให้ความเหนียวของดินลดลง
2. ถ้าในดินมีปริมาณอะลูมินาสูงจะมีค่าความทนไฟสูงด้วย

อัลคาไล (alkali) อยู่ในรูปของอะลูมิโนซิลิเกต เป็นสารที่ทำให้ดินมีค่าความทนไฟลดลง บางชนิดที่อยู่ในรูปของเกลือละลายน้ำ เช่น โซเดียมซัลเฟต โซเดียมซัลเฟต และ โซเดียมคลอไรด์ เป็นต้น เกลือเหล่านี้จะทำให้ค่าความทนไฟของดินลดลง เช่นกัน

ผลของอัลคาไลที่มีต่อดิน

1. อัลคาไลที่อยู่ในองค์ประกอบของอะลูมินาและซิลิกาจะมีคุณสมบัติเป็นสารช่วยหลอมละลาย (flux)
2. อัลคาไลที่เป็นเกลือละลายน้ำจะมี

อิทธิพลทำให้อนุภาคของดินลอยตัวได้ดี

เหล็ก (iron) เหล็กที่มีอยู่ในดินมีหลายรูปแบบ เช่น เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) เฟอร์สออกไซด์ (FeO) แมกเนติกไอออนออกไซด์ (Fe_3O_4) และไอออนซัลไฟด์ (FeS) เป็นต้น ผลของเหล็กที่มีต่อดิน

1. ถ้ามีปริมาณเหล็กมากจะทำให้ดินเกิดเป็นสีน้ำตาล
2. เหล็กจะทำให้ค่าความทนไฟในดินลดลง
3. เหล็กที่ละลายน้ำอาจทำให้ผิวของเครื่องปั้นดินเผาเป็นสีน้ำตาล
4. เหล็กทำให้เกิดจุดสีน้ำตาลในเนื้อดินที่ผ่านการเผา

แคลเซียม (calcium) แคลเซียมที่อยู่ในดินเป็นพวกแคลไซต์ ($CaCO_3$) อะราโกไนต์ ($CaCO_3$) และพวกแคลเซียมซิลิเกตหรือแคลเซียมอะลูมิโนซิลิเกต

ผลของแคลเซียมที่มีต่อดิน

1. ทำหน้าที่เหมือนเป็นสารช่วยหลอมละลาย ถ้าแคลเซียมรวมกับอะลูมินาและซิลิกาจะทำให้ค่าความทนไฟของดินลดลง
2. จากการเผาที่อุณหภูมิต่ำ แคลเซียมจะทำให้ค่าการหดตัวของดินลดลง
3. จากการเผาที่อุณหภูมิสูง แคลเซียมจะรวมกับเหล็กในดินช่วยลดสีของดินได้ คือทำให้สีอิฐกลายเป็นสีครีม
4. แคลเซียมคาร์บอเนตถ้าเผาที่ 900 องศาเซลเซียส จะเปลี่ยนเป็นปูนขาว (CaO) ซึ่งมีคุณสมบัติดูดความชื้น จะทำให้เนื้อดินที่เผาเกิดการแตกหรือปะทุได้

แมกนีเซียม (magnesium) จะพบปริมาณน้อยมากในเนื้อดิน แมกนีเซียมที่พบจะอยู่ใน

รูปของแมกนีไซต์ ($MgCO_3$) โดโลไมต์ ($MgCO_3 \cdot CaCO_3$) และดีเกลือ ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) เป็นต้น

ผลของสารแมกนีเซียมที่มีต่อดิน

1. สารแมกนีเซียมจะมีคุณสมบัติเป็นสารช่วยหลอมละลาย

2. สารแมกนีเซียมจะทำให้ค่าความทนไฟลดลง

ทิตาเนียม (titanium) ส่วนมากอยู่ในรูปของแคลเซียมทิตาไนต์ ($CaTiSiO_5$) และอิลเมไนต์ ($FeTiO_3$)

ผลของทิตาเนียมที่มีต่อดิน

1. ดินที่มีความเหนียวสูง ๆ จะมีทิตาเนียมไดออกไซด์น้อยกว่า 1%

2. ในแก้วและน้ำยาเคลือบทิตาเนียม

ไดออกไซด์จะเป็นสารทำให้ทึบแสง (opacifier) ที่ดี

แมงกานีส (manganese) ส่วนมากจะอยู่ในดินในรูปของออกไซด์ แต่จะพบปริมาณน้อยผลของแมงกานีสที่มีต่อดิน

1. แมงกานีสไดออกไซด์มีคุณสมบัติเป็นสารช่วยหลอมละลาย

2. แมงกานีสไดออกไซด์จะทำให้ดินที่เผาแล้วมีสีน้ำตาลจนถึงดำ

ซัลเฟอร์ (sulphur) ส่วนมากอยู่ในรูปของแคลเซียมซัลเฟต แมกนีเซียมซัลเฟต และโซเดียมซัลเฟต

ผลของซัลเฟอร์ที่มีต่อดิน

1. ปริมาณของซัลเฟอร์จำนวนเล็กน้อยสามารถทำให้ดินที่เผา 1150 องศาเซลเซียส

เกิดฟองตัวหรือบวม

2. ถ้ามีเหล็กหรือสารซัลเฟอร์รวมอยู่ในดินจะทำให้เหล็กกลายเป็นสีดำของเหล็กซัลไฟด์

ฟอสเฟต (phosphate) พบในดินบางชนิดส่วนมากอยู่ในรูปของแคลเซียมฟอสเฟต

ผลของฟอสเฟตในดิน แคลเซียมฟอสเฟตส่วนมากจะอยู่ร่วมกับเหล็กทำให้เนื้อดินเป็นสีเขียว น้ำตาลหรือสีเหลือง

ผู้ทำผลิตภัณฑ์เซรามิกจำเป็นต้องทราบองค์ประกอบทางเคมีของดิน เสียก่อนที่จะนำไปผลิตเครื่องปั้นดินเผา และวิธีการที่จะทำให้เราทราบส่วนประกอบทางเคมีที่แน่นอนคือ การวิเคราะห์ทางเคมี

เอกสารอ้างอิง

Kingery, W.D., Bowen, H.K., and Uhlmann, D.R. *Introduction to ceramics*. 2 nd ed. New York : Wiley, 1976. p3.

Searle, Alfred B., and Grimshaw, Rex W. *The Chemistry and physics of clays and other ceramic materials*. 3 rd ed. London: Earnest Benn, 1960. p. 273-291.

เครื่องวิเคราะห์ไนโตรเจนโดยอัตโนมัติ

นิลสุดา นัตถนากร

ในอดีตเทคนิคการวิเคราะห์ทดสอบทางวิทยาศาสตร์มักใช้เครื่องมือพื้นฐานที่ไม่ยุ่งยากแต่จำเป็นต้องใช้ปริมาณตัวอย่าง สารเคมี และทักษะของผู้ปฏิบัติงานค่อนข้างมาก ทำให้เกิดความสิ้นเปลืองทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย ดังนั้นเทคนิคการวิเคราะห์ต่าง ๆ จึงได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งในปัจจุบันได้มีการสร้างเครื่องมือวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง เพื่อช่วยให้การวิเคราะห์สะดวก ประหยัด มีมาตรฐาน และรวดเร็ว แต่อย่างไรก็ตามการนำเครื่องมือดังกล่าวมาใช้ ผู้ใช้จะต้องทำการตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำเสียก่อนเพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นในผลการวิเคราะห์ที่ได้จากเครื่องมือ นั้น ๆ สำหรับการหาปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่างก็เช่นเดียวกัน เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Kjeltec auto sampler system ได้รับความเชื่อมั่นว่าถูกต้อง แม่นยำ สามารถใช้เป็นวิธีมาตรฐานต่อไปได้ จำเป็นต้องมีการเปรียบเทียบผลที่ได้กับวิธีที่ใช้อยู่เดิม คือ

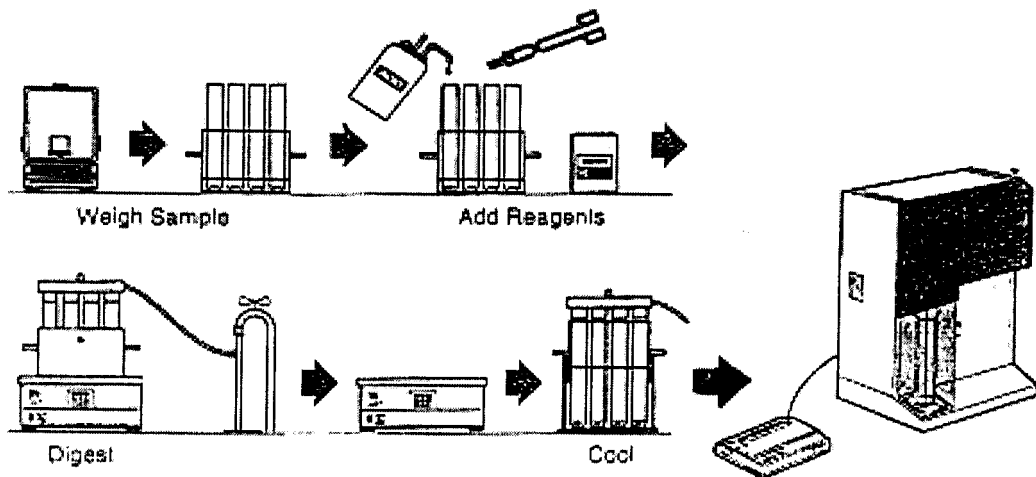
เคลดาห์ (Kjeldahl) ซึ่งนักเคมี ชื่อ Johan Kjeldahl (1849-1900) เป็นผู้ค้นพบวิธีเคลดาห์ล เป็นวิธีที่นิยมใช้ในการหาปริมาณไนโตรเจนในสารอินทรีย์ หลักการทั่ว ๆ ไปก็คือย่อยสารอินทรีย์ด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น พร้อมกับมีการใส่ตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst) สารอินทรีย์ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบจะเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนียมซัลเฟต $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ จากนั้นจึงเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้นลงไปไนสารละลายที่มีแอมโมเนียมซัลเฟต แล้วลั่นเอาแก๊สแอมโมเนียออกมาด้วยไอน้ำ แก๊สแอมโมเนียที่ได้จะถูกจับไว้ด้วยสารละลายกรดบอริก นำสารละลายที่กลั่นได้ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน กรดซัลฟิวริกเพื่อหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ส่วนปริมาณโปรตีนคำนวณจากปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดคูณด้วยแฟกเตอร์ซึ่งขึ้นอยู่กับอาหารแต่ละชนิด เช่น อาหารทั่ว ๆ ไปใช้แฟกเตอร์ 6.25 นมและผลิตภัณฑ์นม 6.38

วิธี Kjeldahl ได้รับการปรับปรุงพัฒนา

อย่างต่อเนื่อง การพัฒนาปรับปรุงมีผลให้สิ่งแวดล้อมของผู้ปฏิบัติการวิเคราะห์ดีขึ้น ผู้ปฏิบัติงานมีความปลอดภัยของผู้เกี่ยวข้องมีมากขึ้นสามารถทำการวิเคราะห์ได้รวดเร็วขึ้น รวมทั้งทำให้กระบวนการวิเคราะห์โดยรวมยุ่งยากน้อยลง

Kjeltec auto sampler system เป็นเครื่องวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนแบบกึ่งอัตโนมัติ ประกอบด้วย 2 ส่วนหลักที่สำคัญ คือ

1. หน่วยย่อย (digester unit) ที่ประกอบด้วยระบบดูดไอกรด (exhaust system) โดยมีการดูดไอกรดที่เกิดขึ้นขณะย่อยเข้าไปทำให้กรดสะเทินด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ช่วยให้ไอกรดที่เกิดจากปฏิกิริยาไม่ออกมาสู่บรรยากาศภายนอก ระบบปริมาณกรดที่ใช้น้อยกว่าวิธีเดิม เป็นผลให้ปริมาณต่างที่ใช้ในการกลั่นลดลงด้วย
2. หน่วยกลั่น (distilling unit) และคำนวณผลอัตโนมัติ



Kjeldahl digestion procedure with the Kjeltec auto sampler system

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยใช้เครื่อง Kjeltac auto sampler system มีรายละเอียดดังนี้

1) เครื่องมือและอุปกรณ์

- 1.1 หลอดแก้วสำหรับย่อยพร้อมที่วาง
- 1.2 เครื่องย่อย (Tecator digestion system)
- 1.3 เครื่องดูดไอกรด (Tecator 1013 scrubber unit)
- 1.4 เครื่อง Kjeltac auto sampler system
 - 1.4.1 Tecator Kjeltac 1035 analyser
 - 1.4.2 Tecator Kjeltac 1038 auto sampler
- 1.5 เครื่องทำความเย็น (Cool One model 2100)
- 1.6 เครื่องพิมพ์ (Star LC-20)
- 1.7 ตู้ดูดควัน
- 1.8 เครื่องชั่งไฟฟ้า

2) สารเคมีและสารละลาย

- 2.1 กรดซัลฟิวริกเข้มข้นร้อยละ 98
- 2.2 เคลแทป (Kjelstab) เป็น catalyst แบบอัดเป็นเม็ด
- 2.3 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 30
- 2.4 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 40
- 2.5 สารละลายที่ใช้รองรับของเหลวที่กลั่นได้ ประกอบด้วยสารละลายกรดบอริกความเข้มข้นร้อยละ 1 ซึ่งมี indicators คือ สารละลายเมทิลเรดและสารละลายโบรโมครีซอลกรีน (ข้อควรระวัง ต้องปรับสารละลายนี้เป็นต่างเพียงเล็กน้อยด้วย 0.1 NaOH และตรวจสอบโดยการเติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ลงในสารละลาย 25 มิลลิลิตร สีของสารละลายจะเปลี่ยนสีจากม่วงแดงเป็นสีเทา)

3) วิธีวิเคราะห์

- 3.1 การย่อย
 - 3.1.1 ก่อนชั่งตัวอย่างให้เปิดเครื่องย่อย โดยตั้งอุณหภูมิที่ 420° ซ

3.1.2 ชั่งตัวอย่างที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนใส่หลอดย่อย (ใช้ตัวอย่างครึ่งหนึ่งของวิธี Kjeldahl) ที่มีเคลแทป 2 เม็ด

3.1.3 เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (ข้อ 2.1) จำนวน 12-14 มิลลิลิตร อย่างระมัดระวัง

3.1.4 เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (ข้อ 2.3) จำนวน 5 มิลลิลิตร ช้าๆ อย่างระมัดระวัง (ทำในตู้ดูดควัน)

3.1.5 นำหลอดตัวอย่างที่ได้ใส่ในเครื่องย่อย (ข้อ 3.1.1) อุณหภูมิ 420° ซ

3.1.6 ตั้งเวลาย่อย 1 ชั่วโมง

3.1.7 เมื่อครบ 1 ชั่วโมง สัญญาณจะดังขึ้น ให้ปิดสวิทช์เครื่องย่อยนำหลอดออกตั้งทิ้งไว้ในตู้ดูดควันประมาณ 20 นาที จึงปิดเครื่องดูดไอกรด

3.1.8 นำหลอดที่ผ่านการย่อยและเย็นแล้วจากข้อ 3.1.7 มาดำเนินการตามข้อ 3.2

3.2 การกลั่น ไทเทรตและคำนวณผลอัตโนมัติโดยเครื่อง Kjeltac auto sampler system

ข้อมูลที่จะส่งเข้าเครื่องคือ น้ำหนักของตัวอย่าง ความเข้มข้นที่แน่นอนของกรดที่ใช้ เครื่องจะทำการกลั่น ไทเทรต และคำนวณค่าเองโดยอัตโนมัติ

ท่าแบบลงที่เช่นเดียวกับตัวอย่าง แต่ไม่ต้องใส่ตัวอย่าง

ข้อควรระวัง ก่อนใช้เครื่องมือนี้ต้องตรวจสอบปริมาณ น้ำกลั่นในถัง และสารละลายทุกชนิดในระบบเครื่องมือให้มีปริมาณเพียงพอ สำหรับกรดบอริกต้องเตรียมใหม่ทุกครั้ง

ผลการวิเคราะห์ ในการศึกษาโปรตีนในตัวอย่างอาหารหลายประเภท ที่มีปริมาณโปรตีนในระดับต่างๆ โดยการวิเคราะห์ด้วยวิธีเคลตาห์มาตรฐานตามเอไอเอซี เปรียบเทียบกับการวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Kjeltac Auto Sampler System พบว่าทั้งสองวิธีไม่มีความแตกต่างกัน

ปัญหาและการแก้ไขเมื่อย่อยตัวอย่าง

ปัญหาอาจเกิดขึ้นในระหว่างการย่อยตัวอย่างบางชนิดเช่น มีฟองเกิดขึ้นมากทำให้

ตัวอย่างถูกย่อยไม่สมบูรณ์ ในกรณีเช่นนี้สามารถแก้ไขโดยการเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 30 จำนวน 5 มิลลิลิตร ลงไปอีกแล้วย่อยต่อเป็นเวลา 10 นาที เพื่อที่จะล้างเอาสิ่งที่จะกระเด็นไปติดอยู่ใน Exhaust Caps ทั้งหมดให้ลงมาในหลอดย่อย ในกรณีที่ฟองมากผิดปกติโดยเฉพาะการหาปริมาณโปรตีนในตัวอย่างเวย์ (whey) จะใช้ตัวอย่างจำนวน 5 มิลลิลิตร มาให้ความร้อนในหลุมย่อยของเครื่องย่อย (digester) โดยการตั้งอุณหภูมิที่เครื่องย่อยที่อุณหภูมิต่ำกว่าก่อนที่จะใส่กรดซัลฟิวริกและไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ลงไป

การตรวจสอบสมรรถนะของเครื่องมือ (performance check)

1. การตรวจสอบประสิทธิภาพของการกลั่น โดยใช้แอมโมเนียมซัลเฟตประมาณ 0.12 กรัม และซูโครสประมาณ 0.85 กรัม (ทราบน้ำหนักแน่นอน) แทนตัวอย่างแล้วดำเนินการเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์ปริมาณคืนกลับ (recovery) ของไนโตรเจนต้องได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 99
2. การตรวจสอบประสิทธิภาพในการย่อย โดยใช้ทริปโตเฟนประมาณ 0.18 กรัม หรือไลซีน 0.16 กรัม และซูโครสประมาณ 0.67 กรัม (ทราบน้ำหนักแน่นอน) แทนตัวอย่างแล้วดำเนินการเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์ปริมาณคืนกลับของไนโตรเจนต้องได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 98

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิเคราะห์โดยเครื่องอัตโนมัติ Kjeltac auto sampler system

1. สามารถวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน/โปรตีนได้สะดวก รวดเร็ว และวิเคราะห์ตัวอย่างได้วันละ 36 ตัวอย่างต่อชุดเครื่องมือ
2. ใช้เวลาในการย่อยและการกลั่นน้อยลง 1 เท่า

เอกสารอ้างอิง

- Helrick, Kenneth, ed. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 16th ed. Virginia 1995 p 16.
- Tecator AB. Manual : handbook for kjeldahl digestion. Hogan : Tecator AB, n.d
- _____. Manual : for digestion System 20. Hogan : Tecator AB, n.d. p 1-28
- _____. Manual : for kjeldahl auto 1035/38 sampler system. Hogan : Tecator AB, n.d
- _____. Manual : for 1013 scrubber Unit. Hogan : Tecator AB, n.d. p 1 - 12



1,2,3

นายสุวิทย์ คุณกิตติ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ เยี่ยมชมการแสดงผลงานของกรมวิทยาศาสตร์บริการ ได้แก่ การแปรรูปอาหาร ข้าวสำเร็จรูปบรรจุกระป๋อง สัมตำกระป๋อง การวิเคราะห์น้ำ กระดาษจากผักคตชวา กระดาษหญ้าแฝก เครื่องกลั่นน้ำด้วยแสงแคด คอกไม้เซรามิก โคมไฟไบโอดีเซล ฯลฯ ในงานวันคล้ายวันสถาปนากระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ ครบรอบ 20 ปี ณ ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ (24-30 มี.ค. 2542)





4



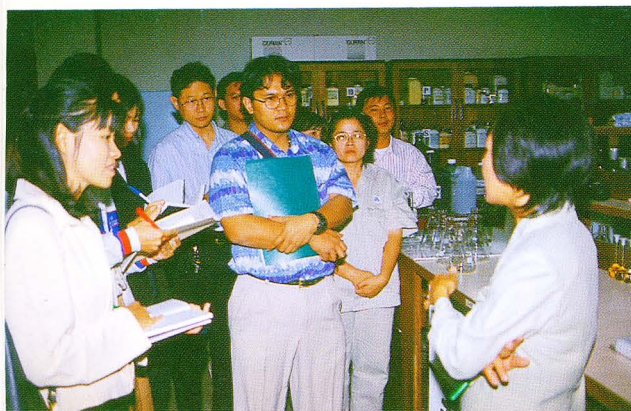
5



6



7



8

4 นางสาวชดช้อย เอี่ยมพงษ์ อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ ร่วมกับข้าราชการและลูกจ้างกรมวิทยาศาสตร์บริการ ทำบุญตักบาตรเนื่องในวันขึ้นปีใหม่

5 ข้าราชการและลูกจ้างกรมวิทยาศาสตร์บริการ ร่วมทำบุญเนื่องในวันคล้ายวันสถาปนากกรมวิทยาศาสตร์บริการ โดยมี นางสาวชดช้อย เอี่ยมพงษ์ อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการเป็นประธานในพิธี (1 เม.ย. 2542)

6 นายบัณฑิต ตันทวัฒน์ รองอธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ เป็นประธานเปิดการอบรมหลักสูตร Uncertainty of Measurement ครั้งที่ 3 ซึ่งจัดโดย กองการศึกษาเคมีปฏิบัติ (27-28 เม.ย. 2542)

7 ดร.สุจินดา โชติพานิช ผู้อำนวยการกองการวิจัย ต้อนรับอาจารย์และนักศึกษาสถาบันราชภัฏกาญจนบุรี ซึ่งมาเยี่ยมชมงานด้านการวิเคราะห์เคมี และงานวิจัย (25 ม.ค. 2542)



9



10



11



12



13

8 เจ้าหน้าที่บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด และบริษัทในเครือ เข็มชมงานด้านเอกสาร และระบบการทำงานของห้องปฏิบัติการทดสอบที่ได้รับรอง ISO/IEC Guide 25 ของกองเคมี (7 ม.ค. 2542)

11 สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ นำคณะจากกระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ ประเทศเวียดนามมาปรึกษาหารือและดูงานความร่วมมือด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่กรมวิทยาศาสตร์บริการ (2 ก.พ. 2542)

9,10 กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ จัดการอบรมหลักสูตรการอบรมอาชีพ "การแปรรูปอาหาร" และการทำผลิตภัณฑ์จากส้มแขก ให้แก่ กลุ่มเกษตรกรกิจการเกษตร และผู้สนใจ (26 มี.ค. , 1-3 ก.พ. 2542)

12,13 กรมวิทยาศาสตร์บริการ นำผลงานเรื่องข้าวสารเร็จรูปบรรจุกระป๋อง และการผลิตสารกรองสนิมเหล็กในน้ำบาดาล แสดงในงานนิทรรศการศูนย์ศิลป์ป่าซิป บางโทร จ.พระนครศรีอยุธยา (12-21 ก.พ. 2542)



การฝึกอบรมทางวิชาการ

- อบรมวิชาปิโตรเคมี ปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์โดยปริมาณ, Applied Organic Analysis, Basic NMR Spectroscopy, NMR Laboratory, Petrochemistry, Organic Chemistry, Gentech แก่นักศึกษาเคมีปฏิบัติ
- อบรมวิชาพิษวิทยาสิ่งแวดล้อม แก่นักศึกษาศาสน์ราชภัฏสวนสุนันทา
- อบรมการทำว่านหางจะเข้บรรจุกระป๋อง การทำอาหารบรรจุกระป๋องและอาหารบรรจุขวด การทำน้ำผลไม้พร้อมดื่ม การทำชาดำเย็นและชามะนาวบรรจุขวด การวิเคราะห์อาหารทั้งหมดในอินซูลิน วิชาเคมีอาหาร เคมีเทคนิค ปฏิบัติการวิเคราะห์อาหาร ให้แก่นักศึกษาและผู้สนใจ
- อบรมการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาการผลิตตุ๊กตาไทย-เซรามิก แก่นสมาชิกศูนย์ศิลปาชีพ บางไทร จ.อยุธยา และศูนย์ศิลปาชีพแม่คำ จ.ลำปาง



การพัฒนาบุคลากรในต่างประเทศ

1. นางสาวชัชชัย เอี่ยมพงษ์ อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ เข้าร่วมประชุม Codex Committee on Fats and Oils ครั้งที่ 16 ณ ประเทศอังกฤษ
2. นางวรุณี ภิรมงคล นักวิทยาศาสตร์ 9 เข้าร่วมประชุมทางวิชาการ "1999 International Gemological Symposium" ณ ประเทศสหรัฐอเมริกา
3. นางสุจินต์ ศรีคงศรี ผู้อำนวยการกองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ น.ส.สุนทรี เปรื่องการ และนางวิวรรณ วงษ์สมุทร ข้าราชการกองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ เข้าร่วมประชุมหารือและเจรจาความร่วมมือทางวิชาการต่างๆ กับ National Association of Testing Authorities (NATA) ณ ประเทศออสเตรเลีย
4. นางธิดาดวง ฟอร์ดเลิศ, นางศรีสุดา ห่มระฤก ข้าราชการกองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ไปฝึกอบรมและทดสอบคุณสมบัติเอกลักษณ์ของน้ำส้มปัดเข้มข้น ณ ประเทศสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน
5. น.ส.ลดา พันธุ์สุนธรา ข้าราชการศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก ไปฝึกอบรมหลักสูตร Fine Ceramics Application ณ ประเทศญี่ปุ่น

ข้าราชการและลูกจ้างดีเด่นปี 2541



นางโกลา สิงหวิสัย

เกิดวันที่ 15 เมษายน 2483

วุฒิการศึกษา

ปริญญาตรี

จากสถาบัน

Manila Central University

เริ่มรับราชการครั้งแรก

เมื่อวันที่ 29 กันยายน 2510

ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง

นักวิทยาศาสตร์ 8 ว

กองฟอสเฟตและวิศวกรรม

อุดมคติในการทำงาน

ต้องทำงานด้วยความซื่อสัตย์

ถูกต้องและตรงไปตรงมา



นางสาวไตรดา ขุนโห

เกิดวันที่ 5 มกราคม 2515

วุฒิการศึกษา

ปริญญาตรี

จากสถาบัน

วิทยาลัยครูจันทระเกษม

เริ่มรับราชการครั้งแรก

เมื่อวันที่ 1 กันยายน 2536

ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง

นักวิทยาศาสตร์ 5 กองเคมี

อุดมคติในการทำงาน

ความซื่อสัตย์ และใฝ่หาความรู้

เป็นพื้นฐานแห่งความสำเริง



นางประนอม วงศ์สมศรี

เกิดวันที่ 5 มีนาคม 2492

วุฒิการศึกษา

ม.ศ. 3

จากสถาบัน

โรงเรียนป่าโมกวิทยาคม

เริ่มรับราชการครั้งแรก

เมื่อวันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2512

ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง

ช่างปั้น

อุดมคติในการทำงาน

ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมเซรามิก
ปฏิบัติงานในหน้าที่ของตนให้ดีที่สุดโดยไม่หยุด
นิ่งอยู่กับที่ จะพยายามค้นคว้าเพื่อประดิษฐ์
สิ่งใหม่ ๆ ซึ่งเป็นการพัฒนางานที่รับผิดชอบ
เพิ่มขึ้นอยู่เสมอ

จุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่

อัจฉรา พุ่มฉัตร

ความสำคัญของอาหารประเภทเบเกอรี่

อาหารประเภทเบเกอรี่ เป็นทั้งอาหารหลักและอาหารว่างของชาวตะวันตก มีหลายคำรับทั้งขาวและหวาน ส่วนใหญ่ประกอบขึ้นจากแป้งสาลีหรือแป้งสาลีผสมแป้งชนิดอื่น แป้งข้าวไรน์และส่วนประกอบอื่นๆ เช่น น้ำตาลทราย เด็ก โดโรซ แลกลอส มอลโดส น้ำตาลอินเวิร์ต นม เนย ไขมัน น้ำมันพืช ไข่ เกลือ เนยแข็ง คริม คริมเปรี้ยว ผลไม้ต่างๆ ซอส ไข่กรอก หอมใหญ่ น้ำ งา เครื่องเทศ เครื่องปรุงแต่งกลิ่นรส เช่น ซ็อกโกแลต วานิลลา เหล้ารัม ยีสต์หรือสารเคมีที่ทำให้เนื้อขนมโปร่งฟู หลังจากผสมปรุงตัดแต่งรูปแบบตามสูตรแล้วผ่านการทำให้สุกโดยการอบด้วยเตาอบ คำรับอาหารผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่เป็นที่รู้จักแพร่หลายในประเทศไทย เช่น ขนมปังต่างๆ เค้ก พัพ คัสตาร์ด โรล ทาร์ต คุกกี้ บิสกิต แครกเกอร์ พาย เอแคลร์ พิชซ่า แซนด์วิช แต่เดิมมักใช้เป็นขนมสำหรับน้ำชาและอาหารว่าง ต่อมาบริโภคเป็นอาหารมื้อหลักมากขึ้น เช่น เป็นอาหารเช้า อาหารกลางวัน เนื่องจากเป็นอาหารที่พร้อม บริโภค จัดจำหน่ายง่าย รับประทานสะดวก หลายประเภททำในลักษณะขึ้นพองดีและไม่ยุ่งยากในการจัดหาภาชนะและอุปกรณ์เพื่อการบริโภค ไม่ต้องเก็บล้างภาชนะหลังการบริโภค และมีการปรับปรุงคำรับให้เข้ากับรสนิยมของคนไทย จึงทำให้ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เป็นที่นิยมเพิ่มขึ้นในปัจจุบัน และมีความสำคัญต่อชีวิตประจำวันของคนในสังคมเมืองมากขึ้น มีผู้หันมาผลิตเพื่อจำหน่ายอย่างแพร่หลาย ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่มีจำหน่ายมาจากแหล่งผลิตหลายระดับ ทั้งแหล่งผลิตขนาดใหญ่ ขนาดกลางและอุตสาหกรรมในครัวเรือน แม้

นักธุรกิจบางรายที่ประสบปัญหาจากภาวะวิกฤตเศรษฐกิจยังสามารถเปลี่ยนอาชีพมาทำแซนด์วิชออกจำหน่าย ซึ่งเป็นการบรรเทาผลกระทบจากเศรษฐกิจได้อีกทางหนึ่ง ผลิตภัณฑ์นี้มีวางจำหน่ายทั่วไปตามแหล่งผลิต โรงแรมชั้นนำ ศูนย์การค้า ซูเปอร์มาร์เก็ต มินิมาร์ท ร้านอาหาร ร้านขายของชำ แผงลอย หรือรถเข็น ประชาชนสามารถเลือกหาซื้อได้ในราคาถูกและคุณภาพที่หลากหลาย อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์เบเกอรี่หลายชนิดเป็นอาหารที่เสี่ยงต่ออันตรายจากจุลินทรีย์ปนเปื้อนเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภคอื่นๆ เนื่องจากประเทศไทยมีสภาพอากาศร้อนเอื้อต่อการเจริญเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ทั้งที่ทำให้อาหารเน่าเสียและที่เป็นเชื้อโรค หากอาหารนั้นไม่ได้ผ่านกระบวนการผลิตและเก็บรักษาอย่างถูกต้อง ดังที่เคยปรากฏข่าวในช่วงปี 2538 ว่าขนมไส้ครีมเป็นสาเหตุให้เกิดอาหารเป็นพิษในผู้บริโภค

แหล่งที่มาและการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่

จุลินทรีย์ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ มีทั้งชนิดที่เดิมลงมาตามคำรับและชนิดที่เข้าปนเปื้อนในขั้นตอนต่างๆ ของการผลิต การทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่หลายประเภท โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเภทขนมปังต่างๆ มีการเติมยีสต์เพื่อหมักให้แป้งขึ้นฟู ยีสต์เป็นจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งมีลักษณะเป็นเซลล์เดี่ยว จำแนกไว้ในกลุ่มเดียวกับรา ใช้ในการหมักเพื่อทำให้อเนาะขนมปังมีช่องว่าง โปร่งตามที่ต้องการ ปฏิกริยาการหมักเกิดจากน้ำย่อยจากยีสต์เปลี่ยนน้ำตาลและแป้งบางชนิดในส่วนผสม

ของขนมปังทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแอลกอฮอล์ ยีสต์ที่ใช้อาจอยู่ในรูปยีสต์สดหรือยีสต์แห้งซึ่งทำจากยีสต์สด โดยผ่านเครื่องทำแห้งที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 95-104 ° ฟ จนเหลือความชื้นประมาณร้อยละ 8 และเก็บรักษาไว้ในที่แห้งและเย็น เมื่อต้องการใช้จึงนำมาเติมน้ำอุ่น (110 ° ฟ) นาน 10 นาที น้ำย่อยสำคัญที่ได้จากยีสต์มี 3 ชนิด คือ น้ำย่อย invertase ซึ่งเปลี่ยนน้ำตาลซูโครสให้เป็นน้ำตาลอินเวิร์ต ซึ่งยีสต์สามารถนำมาใช้ได้ น้ำย่อย maltase เปลี่ยนน้ำตาล maltose ที่มีในน้ำเชื่อมมอลต์ และแป้งบางชนิด ให้เป็นน้ำตาลเด็กซโครสที่ยีสต์ใช้ได้ และน้ำย่อย zymase ซึ่งเป็นกลุ่มของน้ำย่อยหลายชนิดที่เปลี่ยนน้ำตาลอินเวิร์ตและเด็กซโครส ให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแอลกอฮอล์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทำให้แป้งขึ้นฟู นุ่มหลังการอบ และให้สารที่เป็นรสชาติเฉพาะของผลิตภัณฑ์ ยีสต์ที่ใช้ในการหมักแป้งขนมปังโดยทั่วไปได้แก่ *Saccharomyces cerevisiae* สำหรับผลิตภัณฑ์ที่รสเปรี้ยวจะพบยีสต์ประเภท *Torulopsis*, *Hasenula* และแบคทีเรียประเภท *Lactobacillus* อยู่ด้วย (Sultan) สำหรับยีสต์ที่ใช้ในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่นั้น มีการพัฒนาสายพันธุ์เพื่อหมักแป้งและส่วนผสมให้ได้ลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ของแต่ละประเทศ ปัจจุบันมีการใช้เทคนิคทางวิศวกรรมพันธุศาสตร์ในการพัฒนาสายพันธุ์ เพื่อให้ได้วิธีการผลิตยีสต์ที่มีคุณภาพและได้ปริมาณเพียงพอกับความต้องการ เพื่อให้เกิดการเพิ่มผลผลิตและลดค่าใช้จ่าย (Kamel) สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช้ยีสต์ในการหมักเช่น เค้ก คุกกี้ จะต้องใช้สารเคมีแทนเช่น

แอมโมเนียมไบคาร์บอเนต หรือผงฟูซึ่งประกอบด้วยโซดาไบคาร์บอเนต สารที่ทำปฏิกิริยากับกรดประเภทกรดหรือเกลือของกรดคาร์บอริก เกลือของกรดฟอสฟอริก สารประกอบของอะลูมิเนียม ซึ่งสารเหล่านี้อาจใช้ได้อย่างเดียวหรือใช้ผสมกันก็ได้ และอาจมีแป้งผสมอยู่ด้วยหรือไม่ก็ได้

จุลินทรีย์ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่มาจากหลายแหล่ง ได้แก่ 1) วัตถุดิบที่ใช้ 2) สิ่งแวดล้อมของสถานที่ผลิต 3) กรรมวิธีการผลิตหลายตำรับต้องมีการสัมผัสด้วยมือค่อนข้างมากทั้งก่อนและหลังการอบ 4) ผู้สัมผัสอาหารและเครื่องมืออุปกรณ์ 5) กระบวนการผลิต 6) การแบ่งบรรจุ 7) การเก็บรักษา 8) การขนส่ง 9) จัดจำหน่ายยังผู้บริโภค 10) การบริโภคของประชาชน สำหรับวัตถุดิบที่นำมาใช้ทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ชนิดต่างๆ มักเป็นอาหารที่เสื่อมสภาพเน่าเสียง่าย หลายชนิดเป็นแหล่งปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ทำให้อาหารเน่าเสียและจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค เช่น แบ็องและน้ำตาลเป็นแหล่งปนเปื้อนของสปอร์แบคทีเรียในกลุ่ม *Bacillus* เช่น *B. subtilis* ซึ่งทำให้อาหารเสียและ *B. cereus* ซึ่งทำให้เกิดโรคทางเดินอาหาร (Banwart) ส่วนนมผงถ้าเก็บรักษาไม่ดีพอมีความชื้นเกินร้อยละ 8 อาจทำให้ราที่มีอยู่ทั่วไปเจริญได้ ทำให้นมผงขึ้นราไม่สามารถใช้เป็นอาหารได้ นมพาสเจอร์ไรส์ซึ่งผ่านกรรมวิธีให้ความร้อนแบบ HTST (high temperature short time) ซึ่งสามารถทำลายยีสต์ รา แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม แบคทีเรียที่ชนิดเจริญได้ที่อุณหภูมิต่ำ แบคทีเรียที่ผลิตกรดได้เร็ว เช่น *Streptococcus latis* แต่ยังคงเน่าเสียได้เนื่องจากยังคงมีแบคทีเรียบางกลุ่มหลงเหลืออยู่ และแบคทีเรียที่เหลืออยู่สามารถเจริญได้ช้าๆ ที่อุณหภูมิต่ำ เนยและครีมที่ใช้เป็นส่วนประกอบอาจเสียได้เนื่องจากแบคทีเรียและราบางชนิด ที่ทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติที่ไม่พึงประสงค์ ไข่ไก่ที่ใช้โดยเฉพาะประเภทที่เปลือกไม่สะอาด อาจมีเชื้อราและแบคทีเรียปนเปื้อนได้หลายชนิด บางชนิดอาจทำให้เกิดอาหารเป็นพิษ เช่น *Salmonella* (Frazier) ผลิตภัณฑ์บางประเภทมีการตกแต่งด้วยส่วนผสมที่ทำจากไข่ดิบ ถ้าแบคทีเรียที่ปนเปื้อนอยู่เจริญได้ก็จะทำให้ผลิตภัณฑ์นั้นเน่า

เสียหรือเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ จุลินทรีย์ต่างๆ ที่มีในวัตถุดิบอาจเข้าปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ได้ง่าย ถ้าผู้ผลิตขาดความระมัดระวังในการดูแลสุขลักษณะของการผลิต เพราะผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ส่วนใหญ่ยังมีกระบวนการผลิตหลังการอบให้สุกอีกหลายขั้นตอน เช่น การทิ้งให้ขนมเย็นลงหลังนำออกจากเตาอบ การแกะขนมออกจากพิมพ์หรือถาด การตกแต่งหรือสอดไส้ การจัดลงถาดหรือบรรจุภาชนะ การหีบขนมเพื่อจำหน่าย ขั้นตอนต่างๆ เหล่านี้ ทำให้จุลินทรีย์จากทั้งสภาวะแวดล้อมของสถานที่ผลิต ฝุ่นละออง แผลงและสัตว์น้ำโรคอื่น สุขภาพของคนงานที่เกี่ยวข้องกับการผลิตอาหารส่วนที่ใช้แต่งเติม อุปกรณ์ประกอบการแต่งเติมอาหาร รวมทั้งจุลินทรีย์จากมือผู้สัมผัสอาหาร สามารถเข้าปนเปื้อนกับผลิตภัณฑ์ได้

การเสื่อมสภาพเน่าเสียของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่

ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เป็นผลิตภัณฑ์พร้อมบริโภค มีมากมายหลากหลายตำรับ แต่ละตำรับทำจากวัตถุดิบหลายประเภท มีสารอาหารต่างๆ ที่จุลินทรีย์สามารถเจริญได้ดี ผลิตภัณฑ์ที่มีความชื้นสูงจะมีอายุการเก็บรักษาค่า ควรเก็บรักษาในตู้เย็นหรือห้องที่มีอุณหภูมิต่ำ เพื่อชะลอการเจริญของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนจากขั้นตอนต่างๆ ของกระบวนการผลิต ขนส่งและจัดจำหน่าย ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่ผ่านการหมักด้วยยีสต์ ในระหว่างการหมักอาจมีแบคทีเรียปนเปื้อนซึ่งเป็นประเภทที่ผลิตกรดแลคติกเจริญได้ ดังนั้นถ้าหมักนานเกินควรอาจทำให้ขนมปังที่ได้มีรสเปรี้ยวหรือรสชาติที่ไม่พึงประสงค์อื่นๆ การอบผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ชนิดที่มีความชื้นสูงจะทำให้อุณหภูมิภายในผลิตภัณฑ์ต่ำกว่า 100 °ซ แม้จะตั้งอุณหภูมิของเตาอบไว้สูงก็ตาม สปอร์ของจุลินทรีย์บางชนิดที่ไม่ถูกทำลาย จะยังคงเหลืออยู่ และเจริญเพิ่มจำนวนขึ้นระหว่างการเก็บรักษาหรือวางจำหน่าย ทำให้ผลิตภัณฑ์เน่าเสีย หรือมีลักษณะผิดปกติ ซึ่งผู้บริโภคไม่ยอมรับ ผลิตภัณฑ์บางตำรับถูกแต่งเติมหรือสอดไส้ด้วยอาหารประเภทต่างๆ เป็นการเพิ่มชนิดและจำนวนของจุลินทรีย์ให้แก่ผลิตภัณฑ์นั้นๆ ซึ่งทำให้อายุการเก็บรักษาค่าลง

การเสื่อมสภาพเน่าเสียของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เกิดเนื่องจากหลายสาเหตุ เช่น การหมิ่นหมื่นของไขมัน การเสียน้ำหรือความชื้นบริเวณผิวทำให้มีลักษณะแข็ง การตกผลึกของน้ำตาล อย่างไรก็ตามสาเหตุหลักของการเน่าเสียของ ขนมปัง ขนมเค้กและผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ส่วนใหญ่ ยกเว้นพวกคุกกี้ ปิสกิต แครกเกอร์ เกิดจากการเจริญของราและแบคทีเรีย เนื่องจากผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีปริมาณน้ำและอาหารเพียงพอที่จุลินทรีย์จะนำไปใช้ในการขยายพันธุ์ได้ ปริมาณน้ำอิสระซึ่งคิดเป็นค่า water activity (a_w) ในช่วง 0.93-0.98 เหมาะแก่การเจริญของรา แม้การอบจนสุกจะสามารถทำลายราที่ติดมากับวัตถุดิบได้ทั้งหมด แต่หลังการอบแล้ว ผลิตภัณฑ์อาจมีการปนเปื้อนของราจากอากาศ จากการสัมผัส จากวัสดุที่ใช้ห่อหุ้ม จึงจะสังเกตได้ว่าการขึ้นราของขนมปังจะเกิดจากผิวด้านนอกหรือจากรอยหันทันระหว่างแผ่น ราที่พบมีหลายชนิดเรียกรวมว่าราขนมปัง ราเหล่านี้มีเส้นใยสีขาวและสปอร์สีดำ เขียว ชมพู หรือม่วงน้ำตาล เช่น *Mucor*, *Geotrichum*, *Aspergillus* ซึ่งบางชนิดสามารถสร้างสารพิษ (mycotoxins) ในอาหารได้ การป้องกันขนมปังขึ้นราทำได้โดย

- 1) ป้องกันขนมปังจากสปอร์ของรา เช่น การลดปริมาณสปอร์ของราในบริเวณผลิตและเก็บรักษาโดยไม่นำขนมปังที่ขึ้นราแล้วเก็บปะปนกับขนมปังที่ผลิตรุ่นใหม่ หมั่นทำความสะอาดผนังห้องผลิต ป้องกันไม่ให้ฝุ่นแป้งที่ใช้เป็นวัตถุดิบซึ่งอาจมีสปอร์ของเราเข้าไปในบริเวณที่วางหรือเก็บขนมปัง โดยใช้เครื่องกรองอากาศ
- 2) หลังนำก้อนขนมปังออกจากเตาอบควรทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วก่อนที่จะบรรจุของหรือห่อ เพื่อป้องกันการกลั่นตัวของไอน้ำในภาชนะบรรจุ ซึ่งจะทำให้ขนมปังขึ้นราได้ง่าย
- 3) ใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตฆ่าเชื้อบริเวณผิวของขนมปังและเครื่องหั่น
- 4) เก็บรักษาขนมปังในตู้เย็นหรือแช่เยือกแข็งเพื่อลดหรือหยุดยั้งการเจริญของรา
- 5) เติมสารเคมีลงในแป้งหมัก เพื่อยับยั้งการเจริญของเชื้อรา เช่น โซเดียมโพธิโอเนต ร้อยละ 0.1 หรือแคลเซียม โพธิโอเนต ร้อยละ 0.3 ของน้ำหนักแป้ง นอกจากนี้เชื้อรายังมีจุลินทรีย์อื่นๆ ที่อาจเป็นสาเหตุของการ

เน่าเสียของนมบั้งได้ เช่น แบคทีเรียชนิด *Serratia marcescens* ที่เจริญในนมบั้งจะสร้างสารสีแดง *Bacillus subtilis*, *B.licheniformis* ทำให้นมบั้งมีลักษณะเป็นยางยืดเมื่อหั่นเป็นชิ้นบางหรือดึงออกจากกัน

ส่วนผลิตภัณฑ์เบเกอรี่อื่น ๆ ที่มีการตกแต่งหรือสอดไส้ด้วยผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด จะมีสาเหตุของการเน่าเสียที่แตกต่างกันไป ขึ้นกับคุณภาพทางจุลชีววิทยาของอาหารที่แต่งเติมภายหลังการอบ ซึ่งโดยทั่วไปอาหารที่นำมาตกแต่ง เพิ่มเติม มักจะมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์มากกว่าในตัวขนมอบ

อันตรายที่อาจเกิดจากจุลินทรีย์ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่

ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่เป็นอาหารที่มีส่วนผสมหลายชนิด เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากทั้งพืชและสัตว์ อาหารเหล่านี้เป็นแหล่งปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคนำเสียและที่ทำให้เกิดโรคทางเดินอาหาร โรคอาหารเป็นพิษ กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เบเกอรี่มักต้องมีการสัมผัสโดยตรง ผู้ประกอบอาหารและเครื่องมืออุปกรณ์หลายชนิด ทั้งก่อนและหลังการอบซึ่งทำให้สุกแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์ที่มีการตกแต่งด้วยผลิตภัณฑ์อาหารอื่นหรือสอดไส้ภายหลังการอบ เช่น เด็ก แชนดิวซ์ เอแคลร์ จากรายงานการศึกษาคำแนะนำคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ไส้ครีมของกองสาธารณสุขสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข ระหว่างปี 2539-2540 โดยศึกษาสถานที่ผลิตจำนวน 80 ราย ใน 38 เขตของกทม. พบว่า สภาพของสถานที่ผลิตเป็นปัจจัยสำคัญของการปนเปื้อนจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ร้อยละ 50 ของแหล่งผลิตที่ทำการศึกษายู่ในเกณฑ์ที่ต้องปรับปรุงสุขลักษณะ ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ไส้ครีมได้พบแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคอาหารเป็นพิษ 3 ชนิด คือ *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens* (พูนสุข)

อาการของโรคและวิธีการควบคุมจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคที่พบได้จากผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เช่น

Salmonellosis เป็นอาการของโรคติดเชื้อที่เกิดจากปฏิกิริยาของ *Salmonellae* กับลำไส้ของผู้ป่วย *Salmonellae* บางชนิดสามารถสร้างสารพิษได้ด้วย อาการที่เกิดขึ้นหลังบริโภคอาหารที่ปนเปื้อนด้วยเชื้อดังกล่าวอาจเกิดภายใน 1 ชั่วโมง ถึง 8 วัน โดยปกติมักอยู่ในช่วง 6 ถึง 48 ชั่วโมง อาการที่มากได้แก่ท้องร่วง อาจมีอาการปวดท้อง เป็นไข้ คลื่นไส้ วิงเวียน อาเจียน หนาวสั่น ปวดศีรษะ ร่วมด้วยความรุนแรงของอาการขึ้นกับจำนวนจุลินทรีย์ที่ร่างกายได้รับ ชนิด serotype ของเชื้อ และความต้านทานของผู้บริโภค การควบคุม *Salmonellae* ในอาหารทำได้โดยการใช้วัตถุดิบที่ปราศจากการปนเปื้อนของเชื้อแบคทีเรียดังกล่าว นอกจากนั้นตลอดระยะเวลาการผลิต การเก็บรักษาจนถึงการขนส่งและวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ จะต้องอยู่ในภาวะที่ป้องกันการปนเปื้อนและการเพิ่มจำนวนของ *Salmonellae* ต้องหลีกเลี่ยงจากอุณหภูมิช่วง 10 ถึง 50 °C และการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของอาหารให้ต่ำกว่า 4.5 จะสามารถช่วยยับยั้งการเจริญของ *Salmonellae* ได้

อาการอาหารเป็นพิษจากสารพิษที่แบคทีเรียชนิด *S. aureus* สร้างขึ้นในอาหารโดยเฉพาะอาหารที่มีการปนเปื้อนของเชื้อและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลานานพอที่เชื้อดังกล่าวจะเจริญและสร้างสารพิษขึ้นในอาหาร สารพิษนี้ทนต่อความร้อนได้ดี ไม่ถูกทำลายด้วยความร้อนที่ใช้ในการประกอบอาหารหรือกรรมวิธีการผลิตอาหารได้ ในขณะที่แบคทีเรีย *S. aureus* ถูกทำลายได้ง่ายด้วยความร้อนที่ใช้ประกอบอาหาร อาการเป็นพิษจากสารพิษชนิดนี้มีโอกาสเกิดสูง โดยเฉพาะในประเทศร้อนและการสุขาภิบาลอาหารไม่ดีพอ เมื่อปี พ.ศ. 2532 มีผู้บริโภคพิษชา ที่รัฐฟิลาเดลเฟียของสหรัฐอเมริกา จำนวน 32 ราย ป่วยด้วยอาการอาหารเป็นพิษจาก *Staphylococcal enterotoxins* ผลการสืบสวนโรคพบว่า เกิดจากสารพิษที่มีในเห็ดกระป๋องที่ผลิตในประเทศจีน ซึ่งใช้เป็นส่วนประกอบของหน้าพิซซ่า (Phillips) สารพิษนี้จะทำให้เกิดการอักเสบและระคายเคืองที่กระเพาะอาหารและลำไส้ของผู้บริโภค ทำให้คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้องและท้องร่วง อาการอาจเกิดภายใน ครึ่งชั่วโมงถึง 8 ชั่วโมงหลังการบริโภค โดยทั่วไป

มักอยู่ระหว่าง 2 ถึง 4 ชั่วโมง ความรุนแรงของอาการขึ้นกับปริมาณสารพิษในอาหาร ปริมาณอาหารที่บริโภค ความต้านทานของแต่ละบุคคล สำหรับผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่มีส่วนผสมของครีมและคัสตาร์ด มักมีโอกาเสี่ยงสูงที่จะมีสารพิษนี้ การควบคุม *Staphylococcal enterotoxins* ในอาหารทำได้โดยหลีกเลี่ยงไม่ให้ผู้ที่ป่วยด้วยโรคหัดระบบทางเดินหายใจ ไซนัส แผลพุพอง เป็นหนองซึ่งเป็นแหล่งแพร่เชื้อ *S. aureus* ทำงานที่ต้องสัมผัสอาหาร การออกแบบภาชนะและอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบอาหารควรให้ล้างทำความสะอาดและฆ่าเชื้อได้ง่าย เชื้อแบคทีเรียชนิดนี้เกือบไม่เจริญที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 °C หรือสูงกว่า 46 °C ส่วนอุณหภูมิที่จะสร้างสารพิษได้อยู่ในช่วง 10 ถึง 45 °C จึงควรหลีกเลี่ยงการเก็บอาหารในอุณหภูมิดังกล่าว อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ที่มีจำหน่ายตามรถเข็นหรือแผงลอยไม่ได้เก็บรักษาในอุณหภูมิต่ำ จึงทำให้เน่าเสียได้รวดเร็วกว่าที่ควร และทำให้ผู้บริโภคมีโอกาสเสี่ยงอันตรายจากจุลินทรีย์ปนเปื้อนมากขึ้น

อาการป่วยเนื่องจากบริโภคอาหารที่มีการปนเปื้อนของ *C. perfringens* คือท้องร่วงและปวดท้อง อาจมีอาการคลื่นไส้ อาเจียน ปวดหัวร่วมด้วย อาการจะเกิดในช่วง 2 ถึง 29 ชั่วโมงหลังการบริโภค และจะมีอาการอยู่นาน 12 ถึง 24 ชั่วโมง แบคทีเรียนี้สร้างสปอร์ที่ทนความร้อนได้ดี เซลล์ปกติจะถูกทำลายด้วยความร้อนที่ใช้ประกอบอาหาร เจริญได้ในที่เกือบไม่มีอากาศและในช่วงอุณหภูมิ 20-50 °C ค่า a_w ต่ำสุดที่สามารถเจริญได้คือ 0.93 อาหารที่เสี่ยงอันตรายจากเชื้อนี้ได้แก่ อาหารที่มีเนื้อสัตว์ผสมอยู่ด้วย เช่น ซอส พาย (Banwart)

มาตรการป้องกันอันตรายจากจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่

โดยทั่วไปการควบคุมจุลินทรีย์ในอาหารแบ่งได้ 4 วิธีคือ ป้องกันการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนด้วยการล้างทำความสะอาด ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่มีในอาหารโดยการเติมวัตถุกันเสียหรือการควบคุมอุณหภูมิที่ใช้เก็บรักษา และการทำลายจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน

การป้องกันอันตรายจากจุลินทรีย์ในอาหารประเภทผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ อาจต้องใช้วิธีการผสมผสานหลายวิธี ทั้งโดยการใช้วิธีการปฏิบัติอย่างถูกต้องตามหลักสุขาภิบาลอาหารของผู้ผลิต ซึ่งได้แก่ การควบคุมการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในขั้นตอนการเตรียมอาหาร กระบวนการผลิตและแปรรูป การรักษาความสะอาดของสถานที่ผลิตและเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้ การดูแลสภาพคนงานและสุขลักษณะในการทำงานของผู้สัมผัสอาหาร การควบคุมคุณภาพและการเก็บรักษาวัตถุดิบ การจัดหาน้ำสะอาดไว้ใช้อย่างเพียงพอแก่ความต้องการ การจัดการกับของเสียและของเหลือใช้อย่างถูกสุขลักษณะ การปกป้องอาหารจากสัตว์และแมลงที่เป็นพาหะนำโรค การกำกับดูแลการแปรรูปหีบห่อและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปอย่างถูกต้อง จัดให้มีการอบรมด้านสุขลักษณะและวิธีการปฏิบัติที่ดีในการผลิตอาหารแก่พนักงานในระบบการผลิตอย่างต่อเนื่อง ใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตในการลดจุลินทรีย์ที่ผิวของวัสดุและผลิตภัณฑ์

ในด้านการกำกับดูแลของหน่วยงานภาครัฐเพื่อการคุ้มครองผู้บริโภคเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เบเกอรี่นั้นได้มีประกาศกระทรวงสาธารณสุข

ฉบับที่ 81 (พ.ศ. 2527) เรื่องการแสดงฉลากของขนมปัง ทำให้ผู้ผลิตและผู้นำเข้าขนมปังบางประเภทต้องยื่นคำขอใช้ฉลากประกาศฉบับดังกล่าวกำหนดให้ขนมปัง (ไม่รวมถึงขนมปังที่สอดไส้หรือใส่ไส้) ในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิทเป็นอาหารที่ต้องมีฉลากสาระสำคัญคือต้องระบุชื่ออาหาร ชื่อและที่ตั้งของผู้ผลิตหรือของผู้แปรรูป น้ำหนักสุทธิ ส่วนประกอบสำคัญ วันเดือนปีที่หมดอายุการใช้ คำแนะนำในการเก็บรักษา และข้อความว่า วัตถุกันเสียถ้ามีการใช้ ในคำขออนุญาตให้ฉลากผู้ประกอบการจะต้องแจ้งสูตรส่วนประกอบของอาหารและกรรมวิธีการผลิตด้วย ส่วนผลิตภัณฑ์เบเกอรี่อื่นๆ ที่บรรจุในภาชนะพร้อมจำหน่ายได้ทันที มีประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 175 (พ.ศ. 2539) เรื่องการแสดงฉลากของอาหารพร้อมปรุงและอาหารสำเร็จรูปที่พร้อมบริโภคทันที อย่างไรก็ตามประกาศฉบับนี้ไม่ใช้บังคับกับอาหารสำเร็จรูปที่พร้อมบริโภคทันที ซึ่งผู้ปรุงเป็นผู้จำหน่ายแก่ผู้บริโภคโดยตรง

เนื่องจากผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคในวัยต่างๆ มากขึ้นเป็นลำดับ จึงมีการผลิตและจำหน่ายอย่างแพร่หลาย การ

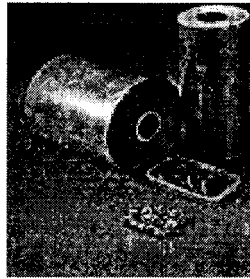
กำกับดูแลจากภาครัฐทำในลักษณะการควบคุมฉลากสำหรับบางผลิตภัณฑ์และการส่งเสริมสุขลักษณะการผลิตให้แก่ผู้ประกอบการรายแต่ละแห่งผลิตโดยเฉพาะผู้ประกอบการรายย่อยที่ทำภายในครัวเรือนอาจไม่ได้ระมัดระวังด้านสุขลักษณะการผลิตมีการใช้วัตถุดิบคุณภาพต่ำ ขาดการดูแลการจัดจำหน่ายอย่างถูกต้อง อาจมีการปนเปื้อนและการเจริญของจุลินทรีย์ที่อาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ ผู้นิยมผลิตภัณฑ์เบเกอรี่จึงควรคำนึงถึงการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ดังกล่าวและเลือกซื้อผลิตภัณฑ์จากแหล่งผลิตที่มีคุณภาพ เพื่อความปลอดภัยของตนเองและบุคคลในครอบครัว นอกจากนั้นการบริโภคและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่เหลือไว้บริโภคต่อไปก็เป็นสิ่งที่ต้องระมัดระวัง เนื่องจากการแบ่งอาหารบางส่วนมาใช้บริโภคและเก็บส่วนที่เหลือไว้ อาจทำให้เกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ได้ มีรายงานว่าผู้บริโภค 2 คน เก็บขนมเค้กก้อนใหญ่ไว้ในตู้เย็น แต่ได้นำออกมาบริโภคเป็นครั้งแรก อยู่มาวันหนึ่งหลังการบริโภคขนมดังกล่าวคนหนึ่งมีอาการอาหารเป็นพิษเนื่องจากสารพิษของ *S. aureus* ส่วนอีกคนหนึ่ง มีอาการป่วยเนื่องจาก *C.perfringens* (Hobbs)

เอกสารอ้างอิง

- Banwart, G.J. *Basic food microbiology*. New York : Van Nostrand Reinhold. 1989.
- Canners International Permanent Committee. Investigation of occurrence of *S. aureus* enterotoxin in canned mushrooms from China. In Phillips, F.A. *The 10th international congress on canned foods*. May 22-25, 1991
- Frazier, W.C. and Westhoff, Dennis C. *Food microbiology*. 4th Ed. Singapore : McGraw-hill Book, 1988.
- Hobbs, B.C., and Roberts, Diane. *Food poisoning and food hygiene*. 6th Ed. London : Edward Arnold. 1993.
- Kamel, B.S., and Stauffer, C.E. *Advances in baking technology*. New York : VCH Publishers, 1993.
- Sultan, W.J. *Practical baking*. New York : Van Nostrand Reinhold. 1990.
- พูนสุข ทวีลาภ. นันตพร ตันตสุขุทธิ์ และไพริน ระดมวิวัฒน์. การศึกษา การพัฒนาคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ไส้ครีม. วารสารองค์การเภสัชกรรม, เมษายน-มิถุนายน, 2541. ปีที่ 24, ฉบับที่ 2.

อันตรายของไดออกทิลฟทาเลต (DOP) ในฟิล์มยืดห่อหุ้มอาหาร

ปราชญ์ วิเศษ



W ล์มยืด เป็นแผ่นพลาสติก บางประเภทหนึ่งที่มีคุณสมบัติเฉพาะคือ ยืดหยุ่นได้และใช้ห่อหุ้มสิ่งของ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันสิ่งของนั้นจากการสัมผัสกับสิ่งแวดล้อม เช่น ฝุ่นละออง ไอน้ำ อากาศ หรือเพื่อความสะดวกต่อการลำเลียง ขนส่ง และการเก็บรักษา พลาสติกที่นิยมนำมาทำเป็นฟิล์มยืด ได้แก่ โพลีโพรพิลีน (พีพี) โพลีเอทิลีน (พีอี) และโพลีไวนิลคลอไรด์ (พีวีซี) อาหารหลายชนิดบรรจุในภาชนะเพื่อจัดจำหน่ายมักใช้ฟิล์มยืดชนิด พีวีซี และ พีพีห่อหุ้ม เนื่องจากฟิล์มยืดมีความใสทำให้มองเห็นอาหารที่อยู่ภายในได้และมีความเหนียวเพียงพอแก่การใช้งาน โดยฟิล์มยืดพีวีซีได้รับความนิยมสูงกว่าฟิล์มยืดพีพี เพราะราคาถูกกว่า อีกทั้งสามารถผสมสารเติมแต่ง (additive) ได้มากกว่า จึงทำให้ปรับฟิล์มยืดพีวีซี ให้มีคุณสมบัติต่างๆ ตามต้องการได้

กระบวนการผลิตฟิล์มยืดชนิดพีวีซี จำเป็น

ต้องใช้สารเคมีเติมแต่งหลายชนิด ที่สำคัญคือ สารหล่อลื่น (lubricant) สเตบิไลเซอร์ (stabilizer) ฟิลเลอร์ (filler) พลาสติไซเซอร์ (plasticizer) เช่น DOP

สารเคมีที่ใช้เป็นพลาสติไซเซอร์ ต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

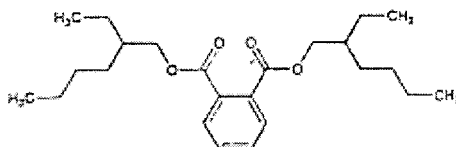
1. เป็นสารประกอบอินทรีย์ ส่วนมากเป็นของเหลวจุดเดือดสูง ควรมีน้ำหนักโมเลกุลอย่างน้อย 300
2. ควรมีพารามิเตอร์การละลายใกล้เคียงกับพลาสติก
3. ควรทำให้พลาสติกมีค่า *อุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (T_g) ต่ำกว่าอุณหภูมิใช้งานเพื่อทำให้พลาสติกที่มีสมบัติแข็งเปราะเหมือนแก้วเปลี่ยนเป็นอ่อน ยืดหยุ่น และเหนียวขึ้น
4. พลาสติไซเซอร์ที่ดีจะต้องรวมเป็นเนื้อเดียวกันกับพลาสติก และคงทน ไม่หลุดออกไปจากพลาสติกได้ง่าย

หน้าที่สำคัญของพลาสติไซเซอร์

1. ลดความหนืด ทำตัวคล้ายตัวทำละลาย และสารหล่อลื่น ลดแรงวนเคอร์วาล์วระหว่างโซโพลีเมอร์ แต่แตกต่างกับตัวทำละลายจริงๆ ตรงที่นำโมเลกุลสูงประมาณ 300 เพื่อจะได้ไม่ละลายออกจากผลิตภัณฑ์พลาสติกกระหว่างใช้งาน
2. เปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของพลาสติก เช่น ความอ่อนตัว ทำให้ดัดโค้งได้

สารที่ใช้เป็นพลาสติไซเซอร์มีหลายประเภทที่สำคัญได้แก่ ฟทาเลตเอสเทอร์ (phthalate esters) เป็นพลาสติไซเซอร์ที่นิยมใช้มากที่สุดประมาณกึ่งหนึ่งของพลาสติไซเซอร์ที่ใช้ทั้งหมดเป็นสารพวกนี้ สารที่ใช้มากที่สุด ได้แก่ ได(2-เอทิลเฮกซิลฟทาเลต) [di(2-ethylhexyl) phthalate] (DEHP) ซึ่งในอุตสาหกรรมนิยมเรียกว่า ไดออกทิลฟทาเลต (dioctyl phthalate) (DOP) เป็นสารที่ได้จากการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง ฟทาอิกแอนไฮไดรด์ (phthalic anhydride) กับ 2-เอทิลเฮกซานอล (2-ethylhexanol)

*อุณหภูมิเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว (T_g) คือ อุณหภูมิของพลาสติกแต่ละตัวที่เปลี่ยนสถานะจากของแข็งคล้ายแก้ว (glassy state) ซึ่งแข็งและเปราะไปเป็นสถานะยาง (rubbery state) ซึ่งยืดหยุ่นได้



สูตรโครงสร้างของ DOP

ความเป็นพิษของ DOP Janssen P. และคณะ ได้ทดลองในหนูทดลองเกี่ยวกับความเสียหายในการเป็นมะเร็ง โดยการกินสาร DOP ขนาด 300-430 มิลลิกรัม/กิโลกรัม/น้ำหนักตัว/วัน พบว่าสารนี้เร่งการเกิดเนื้องอกที่ตับ ส่วนข้อมูลสำหรับคนมีน้อยมาก และยังไม่สรุปไม่ได้¹

จากผลการศึกษาของ Scientific Committee on Toxicity, Ecotoxicity and Environment ปรากฏว่าส่วนประกอบ สามชนิดในสารเคมีดังกล่าวคือ DINP DNOP และ DEHP (DOP) มีแนวโน้มที่จะก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภค จากผลการทดสอบกับสัตว์ทดลอง พิสูจน์ให้เห็นว่าสารเคมี ฟทาเลตบางชนิดได้เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดโรคมะเร็งในสัตว์ ความเกรงกลัวจากอันตรายนี้ส่งผลให้ประเทศ

สมาชิกบางประเทศ เช่น ออสเตรเลียออกกฎหมายห้ามการผลิต และนำเข้าสินค้าของเล่นที่มีส่วนประกอบของสารฟทาเลตในขณะที่ยุโรปและเดนมาร์ก ได้ห้ามการจำหน่ายสินค้า พีวีซี บางประเภท²

มีข้อมูลหลายแห่งที่แสดงถึงปริมาณสาร DOP ที่ทำให้สัตว์ทดลองตายแบบเฉียบพลัน เช่น หนู (rat) ค่า LD₅₀ = 30-33 กรัม/กิโลกรัม กระต่ายค่า LD₅₀ = 34 กรัม/กิโลกรัม หนูทดลอง (mice) ค่า LD₅₀ = 6.4 กรัม/กิโลกรัม ส่วน Kamarova ได้กำหนดค่า LD₅₀ ของหนูทดลอง (mice) = 17.7 กรัม/กิโลกรัม และสังเกตเห็นว่าเลือดออกในอวัยวะภายใน ส่วนหนูที่ไม่ตายจะมีการเจริญเติบโตช้าลงอย่างไรก็ตาม Maleshchenko ได้ทดลองโดยใช้ขนาด 60.0 กรัม/กิโลกรัม กับหนูตัวเล็กก็ไม่เป็นอันตราย

ถึงแก่ชีวิต ส่วน Balynina, Timofiyevskaya ได้กำหนดค่าที่มีอันตรายเฉียบพลัน = 47 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และไม่มีผลถ้าใช้ = 19 มิลลิกรัม/กิโลกรัม³

ในขณะที่เดียวกัน ข้อมูลจากคณะทำงานเกี่ยวกับสารฟทาเลตเอสเทอร์ (phthalate esters) ของสมาคมอุตสาหกรรมทางเคมี ประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีการประเมินผลทางสถิติ ในฟทาเลตเอสเทอร์ 2 ชนิดที่นิยมใช้มากที่สุด พบว่าคนจะได้รับสารนี้น้อยกว่าผลการศึกษาทดลองในสัตว์ 1000-10000 เท่า เนื่องจากไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับการศึกษาทดลองความเป็นพิษในคนและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม แต่จากการทำงานเกี่ยวกับฟทาเลตเอสเทอร์ เชื่อว่าการใช้สารนี้ไม่มีอันตรายต่อมนุษย์และสัตว์ โดยสรุปผลจากข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากหนูทดลอง⁴

¹ National Institute of Public Health and The Environment (RIVM). Centre for substances and risk assessment. Phthalates in teething-rings/animal figures for infants. Revised by Janssen, P., et al. n.p.: Dutch Ministry of Public Health, Welfare&Sports, Central Inspection for Health Protection (HIGB), 1998. P. 7-8. (CSR Advisory Report no. 5293.)

² คณะผู้แทนไทยประจำประชาคมยุโรป. การใช้สารเคมีเป็นส่วนประกอบในการผลิตสินค้าของเด็กเล่น. ในบันทึกข้อความของสำนักงานพาณิชย์ในต่างประเทศประจำสถานเอกอัครราชทูต ณ กรุงบรัสเซลส์ ที่ 0204(บร)/1148 ลงวันที่ 16 กรกฎาคม 2541.

* LD₅₀ (The median lethal dose) หมายถึง ปริมาณสารพิษที่ทำให้สัตว์ที่ใช้ทดลองซึ่งเป็นสัตว์ชนิดเดียวกันตายได้ร้อยละ 50 ภายใต้สภาวะที่กำหนด เวลาที่ใช้ในการวัดจะใช้ 24 หรือ 48 ชั่วโมงหลังจากได้รับสารพิษ LD₅₀ มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมของสารออกฤทธิ์ต่อกิโลกรัมของน้ำหนักสัตว์ที่ใช้ทดลอง

³ Sheftel, V.O. Toxic properties polymers and additives. Shrewsbury, Shropshire : RAPRA Technology. 1990. p 208

⁴ Chemical Manufactures Association, Phthalate Esters Panel. Summary of the Scientific Research on Phthalate Esters. November 28, 1998. Available : <http://file:///c:/file/pe-effects.htm>.

เอกสารอ้างอิง

Chemical Manufacturers Association. Phthalate Esters Panel. Summary of the scientific research on phthalate esters. November 28, 1998. Available : <http://file:///c:/file/pe-effects.htm>.

National Institute of Public Health and The Environment (RIVM). Centre for substances and risk assessment. Phthalates in teething-rings/animal figures for infants. Revised by Janssen, P., et al. n.p.:Dutch Ministry of Public Health, Welfare&Sports, Central Inspection for Health Protection (HIGB), 1998. P. 7-8 (CSR Advisory Report no.5293.)

Sheftel, V.O. Toxic properties polymers and additives. Shrewsbury, Shropshire : RAPRA Technology. 1990. p. 208.

กรมวิชาการเกษตร กองวัสดุมีพิษการเกษตร. คำจำกัดความและการแบ่งกลุ่มของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์. เรียบเรียงโดย ศิริพันธ์ สุขมาก.

คู่มือการอบรมการใช้สารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์อย่างปลอดภัย. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการเกษตร, 2540. หน้า 12.

ขอพร สุสังกรกาญจน์ และวิฑูรย์ ศิริไพบูลย์. “พีวีซี” เป็นอันตรายจริงหรือ. วารสารพลาสติก. 2536, ปีที่ 10, ฉบับที่ 3, หน้า 41.

คณะผู้แทนไทยประจำประชาคมยุโรป. การใช้สารเคมีเป็นส่วนประกอบในการผลิตสินค้าของเด็กเล่น. ในบันทึกข้อความ ของสำนักงานพาณิชย์ในต่างประเทศประจำสถานเอกอัครราชทูต ณ กรุงบรัสเซลส์ที่ 0204 (บร)/1148 ลงวันที่ 16 กรกฎาคม 2541.

ชัชวาลย์ สุรัสวดี. พลาสติกเพื่อการบรรจุภัณฑ์. วารสารพลาสติก, 2539, ปีที่ 12 ฉบับที่ 5, หน้า 31.

ปรีชา พลเทพ. โพลีเมอร์. พิมพ์ครั้งที่ 6 กรุงเทพฯ ; สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 2535. หน้า 301

มยุรี ภาคกล้าเจียง และอมรรัตน์ สวัสดิ์ทิต. คู่มือการใช้พลาสติกเพื่อการหีบห่อ. กรุงเทพฯ : ศูนย์การบรรจุหีบห่อไทย, 2533, หน้า 4-6 12, 54. กระทรวงอุตสาหกรรม. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมฟิล์มยืดหุ้มห่ออาหาร. (Cling film) มอก. 1136.

ในประกาศราชกิจจานุเบกษา เล่ม 110. ตอนที่ 43. 2536 หน้า 8-9.



การติดต่อสื่อสารผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์

เบญจรงค์ นิตยพัฒน์

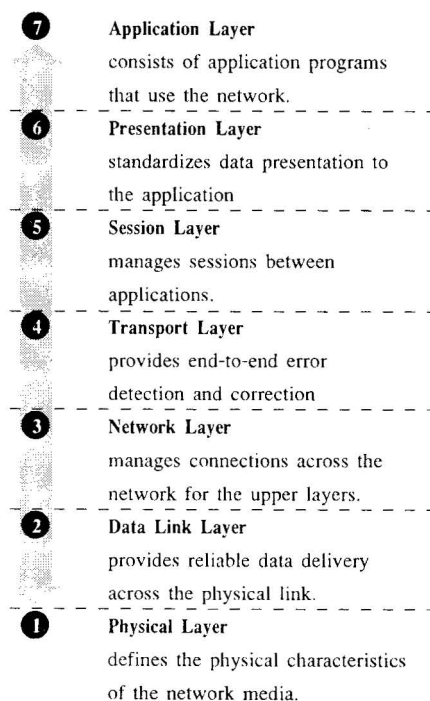
การติดต่อสื่อสาร คือการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารระหว่างผู้ส่งและผู้รับ เพื่อให้เกิดการรับรู้และเข้าใจในสารนั้นๆ ที่ตรงกัน ซึ่งเป็นกิจกรรมที่สำคัญอย่างหนึ่งของคนเรา เพราะว่ามันยังจำเป็นต้องอยู่ร่วมกันในสังคม

วิธีการติดต่อสื่อสารได้รับการพัฒนาเรื่อยมา ตั้งแต่การใช้สัญญาณ การใช้ภาษาสื่อสาร การพูดคุย การใช้จดหมาย โทรเลข โทรศัพท์ ตลอดจนเทคโนโลยีอื่นทันสมัยในยุคปัจจุบัน ได้แก่ วิทยุติดตามตัว โทรศัพท์มือถือ และระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่จะกล่าวถึงต่อไป

การติดต่อสื่อสาร โดยเฉพาะที่ใช้ระบบขนาดใหญ่และซับซ้อน จำเป็นต้องมี แบบจำลอง ของการติดต่อสื่อสาร เพื่อใช้อธิบายโครงสร้าง ลักษณะ ตลอดจนอุปกรณ์ต่างๆ ที่มีอยู่ในระบบ นอกจากนี้ สิ่งจำเป็นอีกอย่างหนึ่งคือ protocol ซึ่งหมายถึงข้อตกลงที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารเปรียบได้กับภาษาที่เราใช้กัน

ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ คือ ชุดของเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งแต่ 2 เครื่องขึ้นไปที่เชื่อมต่อกันโดยระบบ LAN อาจใช้ protocol ในหลายรูปแบบ ได้แก่ IPX TCP/IP และ NetBUI เป็นต้น

เนื่องจากการใช้งานระบบเครือข่ายเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้บริษัทผู้ผลิตต่างผลิตอุปกรณ์ออกมาหลายรูปแบบ อีกทั้งงานต่างๆ ที่จะต้องทำเพื่อให้เกิดการติดต่อสื่อสารผ่านระบบคอมพิวเตอร์ มีความซับซ้อนและยุ่งยาก จึงควรมีการแบ่งหน้าที่การทำงานอย่างชัดเจน และเป็นมาตรฐานเดียวกัน ด้วยเหตุนี้เองในปี ค.ศ. 1977 ISO (International Organization for Standardization) จึงกำหนดมาตรฐานที่เรียกว่า Open System Interconnection model (OSI model) โดยแบ่งหน้าที่การทำงานในการติดต่อสื่อสารในระบบหนึ่งๆ เป็น 7 ระดับ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 OSI Reference Model

OSI reference model ทั้ง 7 ระดับ มีความหมายดังนี้

1. Physical Layer กำหนดเกี่ยวกับสื่อที่ใช้เชื่อมต่อและอุปกรณ์ต่างๆ ภายในระบบให้ทำงานเข้ากันได้

2. Data link Layer กำหนดเกี่ยวกับการส่งข้อมูลระหว่าง 2 จุด ให้เป็นผลสำเร็จ

3. Network Layer กำหนดเกี่ยวกับการติดต่อผ่านระบบที่เชื่อมต่อผ่านตัวกลาง (intermediate node) ให้ทำงานเข้ากันได้

4. Transport Layer กำหนดเกี่ยวกับการติดต่อระหว่างต้นทางไปยังปลายทางให้ได้เป็นผลสำเร็จ โดยหากมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นจะต้องจัดการกับข้อผิดพลาดนั้น เช่น ส่งข้อความใหม่ เป็นต้น

5. Session Layer กำหนดเกี่ยวกับการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างโปรแกรมประยุกต์ของเครื่องต่างๆ ได้

6. Presentation Layer กำหนดเกี่ยวกับการจัดเตรียมข้อมูลสำหรับโปรแกรมประยุกต์ เช่น การเข้ารหัสข้อมูล

7. Application Layer กำหนดเกี่ยวกับกระบวนการภายในโปรแกรมประยุกต์ให้ทำงานเข้ากันได้

ประโยชน์ของแบบจำลองนี้ คือ เมื่อเกิดข้อผิดพลาดขึ้นในระบบเครือข่าย ผู้ดูแลระบบสามารถค้นหา และ ตรวจสอบสาเหตุของข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้น โดยไล่ไปตามระดับ เช่น physical layer ได้แก่ สายสัญญาณขาด, อุปกรณ์หรือเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อไม่ทำงาน เป็นต้น หากไม่ใช่สาเหตุดังกล่าว ก็ตรวจสอบข้อผิดพลาดใน data link layer ว่าอาจเกิดขึ้นระหว่างการส่งข้อมูล 2 จุดต่อไป

ประเภทของระบบเครือข่าย

แบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. ระบบ LAN (Local Area Network) เป็นระบบเครือข่ายที่มีขนาดเล็ก เช่น เป็นระบบภายในตึกขององค์กร มาตรฐาน IEEE 802 ได้อธิบายว่า LAN จะเป็นระบบเครือข่าย

ที่ร่วมกันใช้สื่อ ชนิด peer-to-peer คือทำการติดต่อสื่อสารกันเป็นคู่ โดยที่การส่งข่าวสารจะถูกกระจายไปทุกๆ เครื่องในระบบ ดังนั้นจึงต้องมีกำหนดวิธีการใช้สื่อร่วมกัน โดยมีองค์กรเดียวเป็นเจ้าของ ใช้งาน และดำเนินการ

2. ระบบ WAN (Wide Area Network) เช่นเดียวกับ LAN แต่เป็นการเชื่อมต่อกันระหว่างหลายๆ ส่วนของประเทศ และใช้เป็นระบบสาธารณะ

3. ระบบ MAN (Metropolitan Area Network) เป็นระบบที่มีขนาดใหญ่กว่า LAN เชื่อมต่อระหว่างหลายๆ ตึกไปจนถึงครอบคลุมทั่วจังหวัดโดยมีองค์กรเดียวเป็นเจ้าของ และดำเนินการ แต่ใช้งานโดยหลายๆ องค์กร และเป็นการนำ LAN มาเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน

ระบบ LAN

จุดประสงค์สำคัญของระบบ LAN คือ การแบ่งใช้ทรัพยากรร่วมกัน เช่น การร่วมใช้เครื่องพิมพ์ การแลกเปลี่ยนไฟล์ การใช้โปรแกรมประยุกต์ร่วมกัน การใช้งานข้อมูลร่วมกัน โดยมีเครื่องให้บริการสำหรับแต่ละประเภท ได้แก่ Print Server, File Server, Application Server และ Database Server หรือจัดให้เป็นระบบ Intranet ซึ่งก็คือ ระบบที่มีการทำงานเหมือนระบบ Internet แต่จัดทำขึ้นภายในองค์กร เป็นต้น

สิ่งจำเป็นในการเชื่อมต่อ LAN

1. Hardware ได้แก่
 - สื่อ (สายนำสัญญาณ หรือ คลื่น) เพื่อใช้ถ่ายทอดสัญญาณ
 - network adapter เพื่อแปลงจากสัญญาณคอมพิวเตอร์เป็นสัญญาณไฟฟ้าส่งไปในสื่อ
 - อุปกรณ์ตัวกลาง เพื่อเชื่อมต่อสื่อต่างๆ เข้าด้วยกัน ได้แก่ hub, repeater และ bridge
2. Software ได้แก่
 - Operating System เป็น software

สำหรับเครื่องให้บริการเพื่อให้บริการในลักษณะหลายผู้ใช้ได้ เช่น Unix, Windows NT และ Novell network เป็นต้น

- Software เพื่อใช้ตรวจสอบและควบคุมการเชื่อมต่อในระบบ เช่น LAN watcher, Net X-Ray

3. Server ได้แก่ เครื่อง PC หรือ Workstation ที่มีประสิทธิภาพสูงสำหรับให้บริการต่างๆ ที่ต้องการ

ประเภทของสื่อ

แบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. สายสัญญาณ (ในระบบ Wire LAN) ได้แก่ สาย UTP, TP, Coaxial, Fiber Optic

2. คลื่น (ในระบบ Wireless LAN) ได้แก่ Infrared และ Spread Spectrum

วิธีการเข้าใช้สื่อ (MAC : medium access control)

เนื่องจาก LAN เป็นระบบที่ใช้งานร่วมกัน ดังนั้นจึงต้องกำหนดวิธีการเข้าใช้สื่อ ซึ่งมีหลายชนิด เช่น

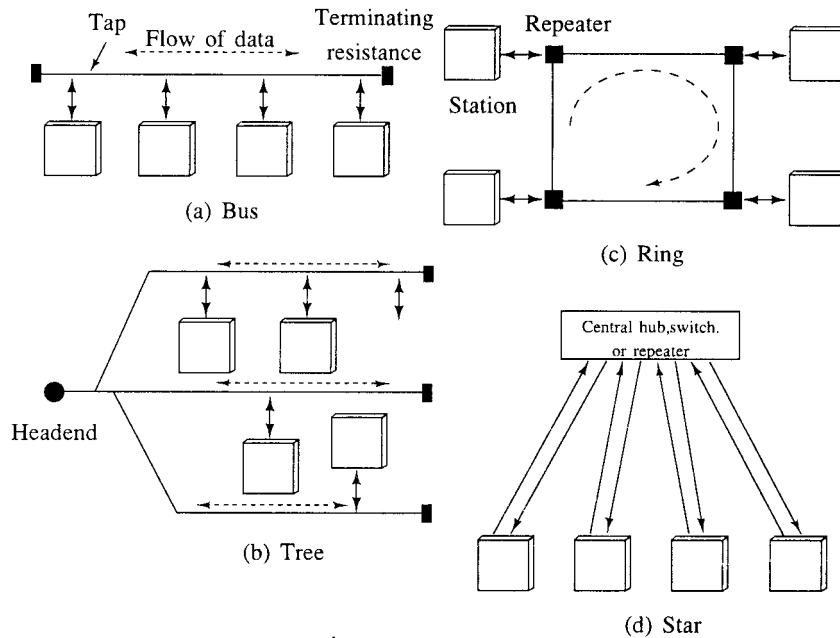
1. CSMA/CD (carrier-sense multiple access with collision detection) ลักษณะคือ ผู้ส่งจะฟังก่อนส่งสัญญาณถ้าสื่อว่างจะส่งได้ แต่ถ้าสื่อไม่ว่างต้องรอนกว่าสื่อจะว่าง และถ้าตรวจพบการชนกันของข้อมูลจะส่งสัญญาณการชน (jamming signal) ให้ทุกเครื่องในระบบทราบ และหลังจากมีสัญญาณการชนเกิดขึ้นจะต้องสุ่มจำนวนเวลาที่รอ เพื่อส่งข้อมูลอีกครั้งหนึ่ง

2. Token Ring ลักษณะคือ มีเฟรมข้อมูลที่เรียกว่า token ที่จะวนผ่านทุกๆ เครื่องที่ต่อกับระบบ เครื่องที่จะส่งจะต้องรอนกว่า token จะผ่านมา และเก็บ token ไว้จนกว่าข้อมูลจะวนกลับมาจึงปล่อย token ออกไป

3. Round robin ลักษณะคือ มีการกำหนด priority โดยผู้ที่มี priority สูงสุดจะได้ใช้สื่อก่อน

ลักษณะการเชื่อมต่อทางกายภาพ (Topology)

แบ่งเป็น 4 ประเภทคือ Bus, Ring, Tree และ Star ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 LAN/MAN topologies

ประเภทของ LAN

ปัจจุบันประเภทของ LAN ที่นิยมใช้มีหลายประเภท ดังนี้

1. Ethernet และ Fast Ethernet กำหนดโดย IEEE 802.3 โดยที่ Ethernet มีความเร็ว 10 เมกกะบิตต่อวินาที ส่วน Fast Ethernet มีความเร็ว 100 เมกกะบิตต่อวินาที
2. Token Ring และ FDDI กำหนดโดย IEEE 802.5

3. 100VG-AnyLAN กำหนดโดย IEEE 802.11
4. ATM LANs ใช้เชื่อมต่อ LAN เข้าด้วยกัน สามารถใช้ multimedia ได้
5. Fibre Channel สำหรับเชื่อมต่อ node (คอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์ในระบบ) เข้ากันในหลายๆ protocol interface โดยใช้ fibre channel port
6. Wireless LANs กำหนดโดย IEEE 802.11

มาตรฐานในการเชื่อมต่อ LAN ได้ถูกกำหนดโดยคณะกรรมการ IEEE 802 (สนับสนุนโดย Institute for Electrical and Electronics Engineers) ดังรูปที่ 3 ซึ่งจะเปรียบเทียบกับแบบ ISO model ใน Data Link Layer จะถูกแบ่งออกเป็น Layer ย่อยๆ 2 Layer คือ MAC (วิธีการเข้าใช้สื่อ) และ LLC (การควบคุม logical link) ดังรูปที่ 3

Physical	Medium access control (MAC)	Logical link control (LLC)	
IEEE 802.3 Baseband coaxial: 10 Mbps Unshielded twisted pair: 10, 100 Mbps Shielded twisted pair: 100 Mbps Broadband coaxial: 10 Mbps Optical fiber: 10 Mbps	CSMA/CD	IEEE 802.2 · Unacknowledged connectionless service · Connection-mode service · Acknowledged connectionless service	
			Token bus
	IEEE 802.4 Broadband coaxial: 1.5, 10 Mbps Carrierband coaxial: 1.5, 10 Mbps Optical fiber: 5, 10, 20 Mbps		Round robin : priority
			IEEE 802.12 Unshielded twisted pair: 100 Mbps
IEEE 802.5 Shielded twisted pair: 4, 16 Mbps Unshielded twisted pair: 4 Mbps	Token ring	IEEE 802.2 · Unacknowledged connectionless service · Connection-mode service · Acknowledged connectionless service	
			Token ring
	FDDI Optical fiber: 100 Mbps Unshielded twisted pair: 100 Mbps		DODB
			IEEE 802.6 Optical fiber: 100 Mbps
IEEE 802.11 Infrared: 1.2 Mbps spread spectrum: 1.2 Mbps.	CSMA : polling	IEEE 802.2 · Unacknowledged connectionless service · Connection-mode service · Acknowledged connectionless service	
			Wireless

รูปที่ 3 LAN/MAN Standard

การเชื่อมต่อระบบ LAN เข้ากับ Internet

Internet คือระบบเครือข่ายของเครือข่ายที่ใช้ protocol TCP/IP ตัวอย่างบริการที่สำคัญ ได้แก่ TELNET (The Network Terminal Protocol), FTP (The File Transfer Protocol), E-mail (Electronic mail), WWW (World Wide Web) และ IRC (The Internet Relay Chat) ซึ่งเป็นบริการต่างๆ ที่ทำให้เกิดการติดต่อสื่อสารของผู้ใช้ Internet ทั่วโลก

วิธีการเชื่อมต่อ LAN เข้ากับระบบ Internet สิ่งจำเป็นที่ควรมี ได้แก่

1. สมาชิกอินเทอร์เน็ตเน็ต (สำหรับบุคคลหรือนิติบุคคล) จากศูนย์บริการ Internet (Internet Service Provider) ซึ่งจะเชื่อมต่อไปยัง backbone (ช่องสัญญาณหลัก) ของเครือข่าย

2. modem หรือ leased line

- 2.1 การเชื่อมต่อ Internet แบบ Dial Up Account โดยผ่าน modem ที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณจากคอมพิวเตอร์ส่งไปในสายโทรศัพท์ ซึ่งเชื่อมต่อไปยังศูนย์บริการ

- 2.2 การเชื่อมต่อ Internet แบบ

Leased Line เป็นการเช่าสื่อความเร็วสูงโดยเฉพาะ ซึ่งเชื่อมต่อไปยังศูนย์บริการ หรือเชื่อมต่อกับสาขาขององค์กรในพื้นที่

3. Gateway

คืออุปกรณ์หรือเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เป็นตัวกลางระหว่างระบบ LAN เข้าสู่ Internet เพื่อให้ทุกเครื่องในระบบ LAN สามารถร่วมกันใช้ Internet ได้ โดยทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่ใช้ protocol ใน LAN ให้อยู่ในรูปของ protocol TCP/IP ของ Internet

4. Internet Servers

คือ เครื่องให้บริการต่างๆ ใน Internet เช่น E-mail Server, WWW Server และอื่นๆ ที่ต้องการ

5. Proxy Server

คือ เครื่องคอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์ที่เก็บข้อมูลส่วนกลางเพื่อเพิ่มความเร็วในการใช้ Internet ในระบบ LAN เช่นบริการ WWW เครื่องจะเก็บ Web Page ต่างๆ ของ Web Sites ที่มีการขอใช้บริการมาแล้ว เพื่อให้เครื่องอื่นๆ ที่ใช้บริการ Web Sites ที่เดียวกันไม่ต้องถ่ายโอนข้อมูลมาใหม่อีก

6. Firewall

คือ เครื่องคอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์ที่ป้องกันความปลอดภัยของระบบเครือข่ายภายใน

ไม่ให้บุคคลภายนอกเข้ามาใช้ระบบเครือข่าย รวมทั้งสามารถกำหนดกฎระเบียบ ในการใช้งานสำหรับผู้ใช้งานภายในให้เป็นไปตามนโยบายขององค์กรได้

ปัจจุบันระบบเครือข่ายของกรมวิทยาศาสตร์บริการ ได้เชื่อมต่อระบบ LAN เข้ากับ Internet โดยเชื่อมต่อสาย fiber optic ผ่านศูนย์ข้อมูลข้อสนเทศ ของสำนักงานปลัดกระทรวง วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม โดยให้บริการ E-mail คือ `yourname@dss.moste.go.th` และ Web Site ของกรมวิทยาศาสตร์บริการที่ URL `http://www.dss.moste.go.th`

ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ เป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการติดต่อสื่อสาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งการติดต่อสื่อสารไร้พรมแดน เช่น Internet ที่นับวันจะมีการใช้งานเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งการจัดตั้งระบบเครือข่ายจำเป็นต้องมีการวางแผนตามให้เป็นไปตามความต้องการที่จะใช้งาน และเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมตามหลักการพื้นฐานต่างๆ ที่กล่าวมา จึงจะทำให้ระบบเครือข่ายมีประสิทธิภาพและได้ใช้ประโยชน์อย่างคุ้มค่า

เอกสารอ้างอิง

Derfler, Frank J. *นำทางสู่การเชื่อมโยงเครือข่าย (Guide to connectivity)*. เรียบเรียงโดย จิรศักดิ์ เหลืองอุไร. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2538. 614 หน้า.

Hunt, Craig. *TCP/IP network administration*. Sebastopol, Calif. : O'Reilly & Associates., 1992. 472 p.

Stallings, William. *Data and computer communication*. 5th ed. Upper Saddle River, N.J. : Prentice Hall, 1997. 798 p.

อรณพ ชันธิกุล, กรภัทร์ สุทธิธิดารา และสัจจะ จรัสรุ่งรวีร์. *Windows NT4.0 Server&Workstation สำหรับผู้บริหารระบบ*. กรุงเทพฯ : ด้านสุทธาการพิมพ์, 2521. 436 หน้า.



ปุ๋ยชีวภาพ

วารุณี วงศ์พยัต

เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า ปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรนั้นมีราคาแพง อีกทั้งการใช้ปุ๋ยเคมีเป็นจำนวนมากในการปลูกพืชและใช้อย่างต่อเนื่องกันทุกปี จะมีผลกระทบต่อระบบนิเวศและโครงสร้างของเนื้อดิน เป็นผลให้ดินนั้นขาดความอุดมสมบูรณ์และทำให้ดินแข็งยากแก่การปลูกพืชด้วยเหตุนี้จึงได้มีการนำจุลินทรีย์ซึ่งมีอยู่อย่างมากมายตามธรรมชาติ มาพัฒนาเป็นปุ๋ยชีวภาพเพื่อบรรเทาปัญหาดังกล่าว

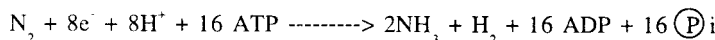
ปุ๋ยที่ใช้กันอยู่ทั่วไปนั้นมีอยู่ 3 ประเภทด้วยกันคือ

1. ปุ๋ยเคมี หมายถึง ปุ๋ยที่ได้หรือทำจากสารอนินทรีย์หรือจากสารอินทรีย์สังเคราะห์
2. ปุ๋ยอินทรีย์ หมายถึง ปุ๋ยที่ได้หรือทำจากอินทรีย์วัตถุ ได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยพืชสด

ปุ๋ยคอก ได้มาจากมูลสัตว์ต่างๆ

ปุ๋ยหมัก ได้มาจากการหมักเศษขยะ เศษพืช

ปุ๋ยพืชสด ส่วนใหญ่ได้มาจากการไถกลบพืช



ATP = adenosine triphosphate

ADP = adenosine diphosphate

(P)I = phosphate group

จุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนได้มีหลายกลุ่ม ได้แก่ แบคทีเรียในดิน สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (cyanobacteria) ที่อยู่ในน้ำและที่ขึ้นและ แอคทีโนมัยซีต (Actinomycete) จุลินทรีย์เหล่านี้สามารถแบ่งตามกิจกรรมการตรึงไนโตรเจนได้ 2 พวกใหญ่ ๆ คือ

1.1 จุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนโดยอิสระ จุลินทรีย์กลุ่มนี้สามารถตรึงไนโตรเจนได้โดยไม่ต้องอาศัยร่วมอยู่กับพืช แต่บางชนิดอาจจะตรึงไนโตรเจนได้เมื่ออยู่บริเวณรากพืช เพราะได้รับสารประกอบบางอย่างจากรากพืช มี

ตระกูลต่างๆ ลงไปในดิน

ปุ๋ยอินทรีย์ปกติจะมีปริมาณธาตุอาหารปุ๋ย (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) ต่ำ แต่มีประโยชน์ในการปรับปรุงดินให้โปร่งร่วนซุย ซึ่งเป็นคุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญของดินที่พืชต้องการ

3. ปุ๋ยชีวภาพ หรือบางครั้งเรียกว่า ปุ๋ยจุลินทรีย์ หมายถึง วัสดุที่มีเชื้อจุลินทรีย์เป็นตัวออกฤทธิ์ (active ingredient) ในการก่อให้เกิดปฏิกิริยา และทำให้พืชได้รับธาตุอาหารที่ต้องการ เช่น ปุ๋ย *Rhizobium* ซึ่งมีแบคทีเรียในสกุล *Rhizobium* เป็นตัวการสำคัญ โดยเมื่อใส่ลงไปในดินพร้อมไปกับการปลูกถั่ว เชื้อแบคทีเรียนี้จะเข้าสร้างปมในรากถั่ว สามารถทำให้ถั่วใช้ในโตรเจนซึ่งมีอยู่ในอากาศมาเป็นปุ๋ยในโตรเจนได้ ตัวอย่างของปุ๋ยชีวภาพอื่นๆ มีปุ๋ย *Azotobacter* ปุ๋ย *Azospirillum* การใช้สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในนาข้าวและการใช้จุลินทรีย์ที่ละลายหินฟอสเฟต เป็นต้น

จุลินทรีย์ที่จะนำมาผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพนั้น

2 พวกใหญ่ๆ คือ แบคทีเรีย และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน แบคทีเรียมีทั้งพวกที่ต้องการออกซิเจน เช่น *Azotobacter*, *Beijerinckia* และ *Azospirillum* พวกที่ไม่ต้องการออกซิเจนน้อย เช่น *Herbraspirillum* และ *Pseudomonas* พืชที่สามารถได้รับประโยชน์จากจุลินทรีย์พวกนี้ส่วนใหญ่จะเป็นพืชตระกูลหญ้า เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าว อ้อย และหญ้าเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (cyanobacteria) หลายชนิดก็สามารถตรึงไนโตรเจนโดยอิสระได้

จะต้องเป็นจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตธาตุอาหารและสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชได้คือนอกจากนั้นจะต้องเจริญเติบโตได้รวดเร็วสามารถเพาะเลี้ยงได้ในปริมาณมาก ปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดี รวมทั้งมีความคงทนต่อสารเคมีทางการเกษตร เช่น ยาปราบศัตรูพืช ยาปราบวัชพืช เป็นต้น จุลินทรีย์ที่นำมาผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพที่สำคัญมี 2 กลุ่ม คือ

1. จุลินทรีย์ตรึงไนโตรเจนทางชีวภาพ

จุลินทรีย์พวกนี้เป็นจุลินทรีย์ที่สำคัญที่สุดเนื่องจากสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศเปลี่ยนให้เป็นสารประกอบแอมโมเนียที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้

สิ่งสำคัญที่จะทำให้เกิดกระบวนการตรึงไนโตรเจนทางชีวภาพคือ (1) เอนไซม์ไนโตรจีเนส (2) พลังงาน (ATP) (3) anaerobic conditions (สำหรับ nitrogenase activity) (4) Source of strong reductant กระบวนการดังกล่าวคือ

พวกนี้ต้องอาศัยอยู่ในน้ำ หรือที่อื่นๆ จะสามารถสังเคราะห์แสงได้ เพราะมีคลอโรฟิล เช่น *Anabaena* และ *Nostoc* พืชที่ได้รับประโยชน์จากจุลินทรีย์พวกนี้ก็คือข้าว

1.2 จุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนร่วมกับพืชอื่น แบบพึ่งพาอาศัยกันได้แก่ *Rhizobium* กับพืชตระกูลถั่ว สหทะเลกับ *Frankia* และແຫນແດງ กับ *Cyanobacteria* ในสกุล *Anabaena* จุลินทรีย์ในกลุ่มนี้นับมีความสำคัญต่อการเกษตรมาก เพราะมันสามารถตรึงไนโตรเจนได้สูง และสามารถพัฒนานำมาใช้ในระบบการ

ปลูกพืชได้แล้ว

2. จุลินทรีย์ที่สามารถเปลี่ยนแปลงและดูดซับธาตุอาหารให้พืช ที่สำคัญได้แก่

2.1 Mycorrhiza เป็นกลุ่มเชื้อราในดินที่อาศัยร่วมอยู่กับรากพืชโดยต่างก็พึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน มีประโยชน์กับพืชโดยช่วยดูดซับธาตุอาหารต่างๆ จากดิน เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม ทองแดง เหล็ก สังกะสี และธาตุอื่นๆ สะสมไว้ในราก นอกจากนั้นยังช่วยดูดซับธาตุอาหารพืชจากหินแร่ที่สลายตัวยาก พวกอินทรีย์วัตถุต่างๆ ที่ยังสลายตัวไม่หมดให้พืชนำไปใช้ได้ และจากการที่เชื้อ Mycorrhiza อาศัยอยู่ร่วมกับรากพืช จึงเป็นการช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวของรากในการดูดซับอาหารจากดินได้มากขึ้น เชื้อนี้จึงเป็นเชื้อที่ได้รับความสนใจมาก และที่รู้จักกันทั่วไปมีอยู่ 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ เชื้อ Ectomycorrhiza และเชื้อ Endomycorrhiza หรือที่เรียกว่า VA-mycorrhiza (Vesicular - Arbuscular Mycorrhizae (VAM)) เชื้อ Mycorrhiza นี้มีประโยชน์ในด้านเกษตรกรรม โดยเพิ่มผลิตผลและการเจริญเติบโตให้กับพืชแล้ว ยังมีความสำคัญทางด้านเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดินอีกด้วย พืชที่ได้รับประโยชน์จากเชื้อกลุ่มนี้ทั้งพืชไร่ พืชสวน พืชผัก ผลไม้ ไม้ดอก กล้ายไม้ รวมทั้งไม้ปลูกป่าต่างๆ

2.2 จุลินทรีย์ที่ละลายฟอสเฟต (Phosphate Solubilizing Microorganisms) ได้แก่ Bacteria : Bacillus megaterium, B.circulans, B.subtilis,

Pseudomonas straita, P.rathonis.

Fungi : Aspergillus awamori, Penicillium digitatum,

Trichoderma sp.

Yeast : Schwanniomyces occidentails

จุลินทรีย์เหล่านี้จะผลิตกรดอินทรีย์ เช่น กรด citric, glutamic, succinic, lactic, oxalic, glyoxalic, maleic fumaric, tartaric และ α - ketobutyric ออกมาละลายฟอสเฟตทั้งอนินทรีย์ฟอสเฟต และอินทรีย์ฟอสเฟตให้อยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้

กระบวนการผลิตปุ๋ยชีวภาพ

กระบวนการผลิตปุ๋ยชีวภาพมีขั้นตอนการปฏิบัติโดยทั่วไปดังนี้

1. การคัดเลือกสายพันธุ์และการเก็บรักษา
2. การเลี้ยงขยายเพิ่มปริมาณและการผสม
3. การตรวจสอบและการควบคุมคุณภาพ

ในที่นี้จะกล่าวถึงกระบวนการผลิตเชื้อ Rhizobium ซึ่งเป็นปุ๋ยชีวภาพที่ใช้กันอย่างกว้างขวางกับพืชตระกูลถั่ว

ขั้นตอนที่ 1- การคัดเลือกสายพันธุ์และการเก็บรักษาเชื้อ Rhizobium

การคัดเลือกสายพันธุ์เชื้อ Rhizobium ต้องคำนึงถึง

- ประสิทธิภาพในการขยายตัว
- ประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจน
- ประสิทธิภาพในการถ่ายไนโตรเจนให้กับพืช

และ

- ประสิทธิภาพในการทนต่อสภาพแวดล้อม

เชื้อ Rhizobium ที่ผ่านขั้นตอนการคัดเลือกทุกขั้นตอน จะถูกเก็บรักษาไว้เพื่อใช้ในการผลิตซึ่งวิธีการเก็บรักษาเชื้อ Rhizobium ที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันคือ

1. ไนโตรเจนเหลว (liquid nitrogen)
2. ลีโอฟีไล (Lyophilized) หรือ Freeze - dried
3. เก็บไว้ในเม็ดดินเผา (porcelain bead)
4. เก็บไว้ในอาหารร่วนในหลอดแก้ว

ขั้นตอนที่ 2 การเลี้ยงขยายเพิ่มปริมาณและการผสมเชื้อ Rhizobium

สิ่งที่สำคัญเกี่ยวกับการเลี้ยงเชื้อ Rhizobium คือ การเลี้ยงขยายเชื้อให้มีปริมาณมาก ๆ และบริสุทธิ์ปราศจากการปนเปื้อนจากเชื้อจุลินทรีย์อื่นๆ ซึ่งการเลี้ยงเพื่อให้เชื้อเจริญเพิ่มปริมาณได้อย่างสมบูรณ์จำเป็นต้องทราบถึงความต้องการของเชื้อแต่ละสายพันธุ์ เช่น อาหารที่จะใช้เป็นแหล่งคาร์บอน ธาตุอาหารอื่นๆ และการให้อากาศที่ถูกต้อง

อาหารเลี้ยงเชื้อ Rhizobium (media) ได้แก่ สารประกอบคาร์บอน ไนโตรเจน แร่ธาตุต่างๆ

สารประกอบคาร์บอน เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องใช้มากในการเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณเชื้อ Rhizobium ที่สำคัญคือ สารประกอบของน้ำตาล (saccharide) ได้แก่

น้ำตาลพวกแมนนิทอล (mannitol) กลูโคส (glucose) และซูโครส (sucrose) เป็นต้น

ไนโตรเจน เชื้อ Rhizobium ต้องการไนโตรเจน 5-10 ppm. เพื่อช่วยให้การเจริญเติบโตของเชื้อ Rhizobium ดียิ่งขึ้น ส่วนมากมักใช้ยีสต์สกัด (yeast extract) เป็นแหล่งให้ไนโตรเจน

แร่ธาตุต่างๆ เป็นสิ่งจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ Rhizobium โดยเฉพาะฟอสฟอรัส แมกนีเซียม จะช่วยให้การเจริญเติบโตและการมีชีวิตอยู่รอดของเชื้อ Rhizobium ดียิ่งขึ้น การเลี้ยงเชื้อ Rhizobium เพื่อผลิตแบบอุตสาหกรรม แต่ละโรงงานมีการใส่แร่ธาตุอาหารแตกต่างกันออกไป บางแห่งมีการใส่ธาตุอาหารรองลงไปเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ Rhizobium ด้วย เช่น เหล็ก โมลิบดีนัม สังกะสี โบรอน เป็นต้น

การใส่เชื้อเริ่มต้น (starter)

โดยทั่วไปการใส่เชื้อเริ่มต้นลงในถังเลี้ยงเชื้อจะอยู่ระหว่าง 0.1 ถึง 5 เปอร์เซ็นต์ของอาหารเลี้ยงเชื้อหรือให้มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นในอาหารประมาณ 10^6 - 10^7 เซลล์ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ทั้งนี้ปริมาณเชื้อเริ่มต้นจะใส่อัตราเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อ Rhizobium ด้วยว่าเป็นพวกที่มีการเจริญเติบโตเร็วหรือเติบโตช้า พวกเจริญเติบโตเร็ว เช่น เชื้อ Rhizobium สำหรับถั่วลิสง ถั่วแดง เป็นต้น จะใช้เวลา 2-3 วัน และพวกที่เจริญเติบโตช้า เช่น เชื้อ Rhizobium ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ถั่วเขียว จะใช้เวลา 4-5 วัน ในการเพิ่มปริมาณเซลล์ในอาหารเลี้ยงเชื้อได้ถึง 10^9 เซลล์ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

การให้อากาศ (aeration)

เชื้อ Rhizobium เป็นแบคทีเรียที่ต้องการอากาศ ดังนั้นการเลี้ยงขยายเพิ่มปริมาณเชื้อ Rhizobium จำเป็นต้องมีระบบการให้อากาศและอากาศที่เข้าไปผสมในอาหารเหล่านั้นต้องเป็นอากาศที่บริสุทธิ์ปราศจากเชื้อจุลินทรีย์อื่นๆ ปนเปื้อนเข้าไปด้วย โดยทั่วไปแล้วปริมาณของอากาศที่ให้พอเหมาะกับการเจริญเติบโตของเชื้อ Rhizobium ประมาณความดันอากาศ 0.15 บรรยากาศ หรือให้อากาศช่วงประมาณ 1 ถึง 100 ลิตร ต่อ อาหารเลี้ยงเชื้อ 1 ลิตร ต่อชั่วโมง หลังจากผ่านการเลี้ยงขยายเพิ่มปริมาณเชื้อ Rhizobium โดยสมบูรณ์แล้วจะเป็นขั้นตอน

สำคัญอีกขบวนการหนึ่งคือ การผสมเชื้อ **Rhizobium** กับวัสดุพาหะ (carrier) ซึ่งทำได้ 2 วิธี คือ

1. วัสดุพาหะทำการฆ่าเชื้อก่อน (sterile carrier)

โดยการบรรจุวัสดุพาหะที่ปรับสภาพ ความเป็นกรด-ด่างแล้วลงในถุงนำไปผ่าน ขบวนการฆ่าเชื้อโดย

1.1 ใช้ระบบนึ่งความดันไอน้ำ (steam sterilization) ต้องบรรจุวัสดุพาหะในถุงชนิด ทนร้อนหรือ polypropylene แล้วนำไปฆ่าเชื้อ ในหม้อนึ่งความดันไอน้ำ อุณหภูมิ 121° ซ. ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 3-4 ชั่วโมง

1.2 การใช้รังสีแกมมา (Gamma irradiated) ต้องบรรจุวัสดุพาหะในถุงชนิด polyethylene ผ่านรังสีแกมมาในระดับความ เข้มข้น 5 Mrad

ทั้ง 2 วิธีการนี้มักมีการทำให้วัสดุพาหะมี ความชื้นก่อนการผ่านขบวนการฆ่าเชื้อ ประมาณ 30-35 เปอร์เซ็นต์ เพราะจะช่วยให้การ ฆ่าเชื้อเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น หลังจากผ่านขบวนการฆ่าเชื้อแล้วจึงฉีดเชื้อ **Rhizobium** ผสมเข้าไป อาจใช้เชื้อเข้มข้น ประมาณ 10^9 เซลล์ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร หรือ ทำให้เจือจางประมาณ 10^7 เซลล์ต่อลูกบาศก์ เซนติเมตร ก่อนฉีดเชื้อผสมก็ได้

การผลิตโดยวิธีนี้จะทำให้มีปริมาณเซลล์เชื้อ **Rhizobium** สูงถึง 10^9 เซลล์ต่อกรัม สามารถ เก็บรักษาเชื้อไว้ได้นานถึง 1 ปี

2. วัสดุพาหะไม่ทำการฆ่าเชื้อ (non-sterile carrier)

โดยการนำเชื้อ **Rhizobium** ที่เลี้ยงได้ ปริมาณเซลล์ที่ต้องการแล้วไปผสมหรือฉีดพ่น ผสมกับวัสดุพาหะที่ปรับสภาพความเป็นกรด- ด่าง ประมาณ 6.5-7.0 แล้ว ในเครื่องผสมเชื้อ (Mixer) และเมื่อผสมเข้ากันแล้วให้มีความชื้นประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ ปกติ อัตราส่วนที่ผสมใช้เชื้อ **Rhizobium** 1 ส่วนต่อ ดินวัสดุพาหะ 2 ส่วนโดยประมาณ เมื่อทำการ ผสมเชื้อแล้วจำเป็นต้องมีการบ่มเชื้อก่อน ทำการบรรจุถุงประมาณ 2-3 วัน เพื่อให้เชื้อ **Rhizobium** ปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมใหม่ เสียก่อน จากนั้นนำไปร่อนเชื้อให้เชื้อมี ขนาดละเอียดสม่ำเสมอไม่จับเป็นก้อน แล้ว บรรจุลงถุง

โดยปกติแล้วปริมาณของเชื้อ **Rhizobium** ที่ผลิตโดยวิธีนี้จะมีความเข้มข้น ประมาณ 10^7 เซลล์ต่อกรัม และเชื้อ **Rhizobium** ที่ผลิตเป็นชนิดมีเชื้อ **Rhizobium** หลายสายพันธุ์ผสมกันอยู่ประมาณ 2-3 สายพันธุ์

ขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบและการ ควบคุมคุณภาพ

ในการผลิตเชื้อ **Rhizobium** นั้น จุดประสงค์ ที่สำคัญคือ ผลิตเชื้อ **Rhizobium** ที่มีชีวิตให้มี ปริมาณเพียงพอ และสามารถเข้าไปสร้างปม และตรึงไนโตรเจนให้กับพืชอาศัย (host) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นในการผลิตแต่ละ

ขั้นตอนจึงจำเป็นต้องมีการตรวจวิเคราะห์ คุณภาพเพื่อความแน่ใจว่าผลผลิตที่ออกมานั้น มีคุณภาพตรงตามมาตรฐานที่วางไว้

คุณภาพและมาตรฐานที่วางไว้แตกต่างกัน ในแต่ละประเทศ ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการผลิต กฎหมายควบคุม เหล่านี้เป็นต้น

สำหรับมาตรฐานของเชื้อ **Rhizobium** ที่ ผลิตจำหน่าย (standard of inoculant) โดย ปกติแล้ว ถ้าเป็นการผลิตแบบวัสดุพาหะ ทำการฆ่าเชื้อ (sterile - carrier) ได้กำหนด มาตรฐานไว้สูง คือต้องมีปริมาณเชื้อไม่น้อยกว่า 10^8 เซลล์ต่อกรัม และมีขนาดบรรจุประมาณ 50-60 กรัม ส่วนการผลิตแบบวัสดุพาหะไม่ ทำการฆ่าเชื้อ (non-sterile carrier) กำหนด มาตรฐานไว้ต้องมีปริมาณเชื้อไม่น้อยกว่า 10^6 หรือ 10^7 เซลล์ต่อกรัม สำหรับของกรมวิชาการ เกษตรได้กำหนดมาตรฐานไว้ต้องมีปริมาณเชื้อ ไม่น้อยกว่า 10^6 เซลล์ต่อกรัม และมีขนาดบรรจุ 200 กรัมต่อถุง

สำหรับการใช้ปุ๋ยชีวภาพในการปลูกพืช นั้น ควรใช้ปุ๋ยชีวภาพร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยหมัก และอื่นๆ ซึ่งวิธีนี้เป็นที่ยอมรับกันว่า สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตพืชและปรับปรุงดิน ได้อย่างดี

ประโยชน์ของปุ๋ยชีวภาพ นอกจากช่วยเพิ่ม ผลผลิตพืชและปรับปรุงบำรุงดินแล้ว ยังรักษา สิ่งแวดล้อมอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

- Bhattacharyya, P and Verma, LN. Production, distribution and promotion of biofertilisers. In Tandon, H.L.S. Fertilisers, organic manures, recyclable wastes and biofertilisers. New Delhi : Fertiliser Development and Consultation Organisation, 1992. p. 132-148.
- Compbell, Neil A. *Biology*. 4th ed. California : The Benjamin / Cummings Publishing, 1996. p. 719.
- กรมวิชาการเกษตร. การปรับปรุงบำรุงดินโดยปุ๋ยชีวภาพ ใน ออมทรัพย์ นพอมรบดี จิรศักดิ์ อรุณศรี และ ประยูร สวัสดิ์. เกษตรยั่งยืนอนาคตของ การเกษตรไทย. กรุงเทพมหานคร : กรมวิชาการเกษตร, 2536. หน้า 131-147 (เอกสารวิชาการประจำปี 2535)
- กรมวิชาการเกษตร. กองปฐพีวิทยา. การผลิตเชื้อไรโซเนียม. ใน วิทยา ธนานุสนธิ์. ปุ๋ยชีวภาพ. กรุงเทพฯ : กองปฐพีวิทยา, 2539. หน้า 53-74. (เอกสารวิชาการประจำปี 2539)
- . คุณภาพของเชื้อไรโซเนียม ใน สมใจ ปฏิยัทธ. ปุ๋ยชีวภาพ. กรุงเทพมหานคร : กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร, 2539. หน้า 75. (เอกสาร วิชาการประจำปี 2539)
- นันทกร บุญเกิด. ประยูร สวัสดิ์ และอมทรัพย์ นพอมรบดี. การใช้จุลินทรีย์ดินเพื่อเพิ่มผลผลิตพืช ใน พิชิต พงษ์สกุล และปรีดา พากเพียร, บรรณาธิการ. คู่มือการปรับปรุงดินและการใช้ปุ๋ย. กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาปฐพีวิทยา ม.เกษตรศาสตร์, 2535. หน้า 287-309.
- พงศเทพ อันตะริกานนท์ และคณะ. ปุ๋ยชีวภาพ ปุ๋ยมีชีวิต. กรุงเทพฯ : สาขาวิจัยอุตสาหกรรมเทคโนโลยีชีวภาพ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แห่งประเทศไทย, 2537. 20 หน้า.

ท่อพีวีซีแข็งสำหรับใช้เป็นท่อน้ำดื่ม

สายพิณ สืบสันติกุล

ทรงพล กระจดี

กรรมกร์ เหล่าสิทธิสุข

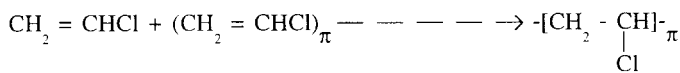
การนำท่อพีวีซีแข็งมาใช้แทนท่อเหล็กสำหรับใช้เป็นท่อน้ำดื่ม ทำให้ท่อพีวีซีเข้ามามีบทบาทต่อความเป็นอยู่ในชีวิตประจำวันและต่อวงการอุตสาหกรรมมากยิ่งขึ้น ข้อดีของท่อเหล็กคือมักเกิดสนิมได้ง่ายโดยทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ เกิดเป็นออกไซด์ และในบริเวณที่มีความชื้นท่อเหล็กจะมีการกัดกร่อนเร็วขึ้น โดยเฉพาะท่อที่ใช้เป็นท่อน้ำดื่มจะเกิดตะกอนและสารโลหะหนักบางชนิดละลายปนออกมาและเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ดังนั้นจึงได้มีการใช้ท่อพลาสติกพีวีซีเป็นท่อน้ำดื่มซึ่งมี

สมบัติที่เหมาะสม น้ำหนักเบา ทนกรดด่างไม่เกิดสนิม ทนแรงเสียดทานได้ดี นอกจากนี้ยังสามารถทำเป็นสีต่าง ๆ ได้ช่วยให้มีการแบ่งแยกสีตามประเภทของการใช้งาน เช่น สีฟ้าใช้เป็นท่อน้ำดื่มสีเหลืองใช้เป็นท่อร้อยสายไฟฟ้า และโทรศัพท์และสีเทาใช้ในงานอุตสาหกรรม

พีวีซีย่อมาจาก polyvinyl chloride เป็นพลาสติกชนิด thermoplastic ซึ่งจะเปลี่ยนสมบัติไปเมื่อได้รับความร้อนและใช้ความดันสูง และสามารถคงรูปแบบที่ต้องการได้เมื่อถูกทำให้เย็นลง นอกจากนี้ยังสามารถทำให้อ่อนตัวหรือหลอมใหม่ได้ตามต้องการ พีวีซีเป็น

ผลผลิตจากกระบวนการ polymerization ของสาร vinylchloride monomer ที่เรียกสั้น ๆ ว่า VCM โดยที่ VCM หรือไวนิลคลอไรด์หน่วยเดียว ส่วนใหญ่จะได้มาจากการทำปฏิกิริยาระหว่างเอทิลีน (ethylene) กับคลอรีน (chlorine) VCM ที่ได้ประมาณ 97% จะไปใช้ทำ PVC โดยมีสารเติมส่วนผสมของสารอื่นลงไป เช่น สารที่ทำให้คงตัว (stabilizer) สารปรุงแต่ง (Filler) ผงสี (pigment) เพื่อให้มีสมบัติและสีตามต้องการ

ปฏิกิริยา polymerization ของการผลิต PVC



(polyvinylchloride)

ท่อพีวีซีแข็งผลิตโดยใช้พีวีซีเรซินผสมกับผงสี เติมสารที่ทำให้คงตัว (stabilizer) และสารปรุงแต่ง (Filler) เมื่อผสมให้เข้ากันดีแล้วนำไปเข้าเครื่องรีด (extruder) ออกมาเป็นท่อพีวีซีที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต่าง ๆ กันตามความต้องการ ท่อพีวีซีแข็งสำหรับใช้เป็นท่อน้ำดื่ม แบ่งออกเป็น 3 ชั้นคุณภาพตามความดันระบุ คือ พีวีซี 5 พีวีซี 8.5 พีวีซี 13.5 มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 18-600 มิลลิเมตร

ปัจจุบันมีโรงงานที่ผลิตท่อพีวีซีแข็งสำหรับใช้เป็นท่อน้ำดื่มเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก ดังนั้นเพื่อประโยชน์ในการส่งเสริมอุตสาหกรรมประเภทนี้ และเพิ่มประสิทธิภาพในการคุ้มครองผู้บริโภค จึงได้มีการกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมท่อพีวีซีแข็งสำหรับใช้เป็นท่อน้ำดื่ม (มอก.17-2532) ขึ้นเพื่อใช้เป็น

มาตรฐานบังคับในการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพดีเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดอย่างสม่ำเสมอ

การตรวจสอบสมบัติของผลิตภัณฑ์ท่อพีวีซีเป็นท่อน้ำดื่ม มีการตรวจสอบทั้งทางกายภาพ และทางเคมี การตรวจสอบทางกายภาพได้แก่ ลักษณะทั่วไป มิติขนาด การเปลี่ยนแปลงที่อุณหภูมิสูง ความทึบแสง ความต้านแรงกด ความต้านแรงกระแทก ความทนความดันในระยะเวลายาว และระยะเวลา การตรวจสอบทางเคมี ได้แก่ ความทนออกซิเจน ความทนกรดซัลฟิวริก และผลที่เกิดขึ้นกับน้ำ (ปริมาณ ตะกั่ว ดีบุก และแคดเมียม)

การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพนั้นจะแสดงให้เห็นถึงความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน เช่น การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่

อุณหภูมิสูง ถ้าท่อพีวีซี มีความหดตัวมากเกินไป เกณฑ์กำหนด (ร้อยละ 5) ก็จะทำให้ไม่สามารถนำไปใช้งานที่อุณหภูมิสูงเกิน 150 °C ได้ หรือการทดสอบความทนความดันในระยะสั้นหรือยาว ขึ้นอยู่กับชั้นคุณภาพท่อพีวีซี เนื่องจากท่อพีวีซีสามารถทนแรงดันได้ไม่เท่ากันในแต่ละชั้นคุณภาพ ทำให้สามารถเลือกใช้งานตามความดันระบุได้อย่างเหมาะสม

ส่วนการตรวจสอบทางเคมีนั้นเพื่อให้มั่นใจว่ากรรมวิธีในการผลิตน้ำถูกต้อง และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ เพราะถ้าหากคุณภาพไม่เป็นไปตามที่กำหนด อาจทำให้มีสารพิษละลายออกมาได้ ซึ่งเมื่อนำท่อพีวีซีไปใช้เป็นท่อน้ำดื่มจะทำให้เกิดอันตรายขึ้นได้ ดังนั้นการตรวจสอบหาปริมาณโลหะหนัก ตะกั่ว ดีบุก และ แคดเมียม ซึ่งสกัดได้จากการนำท่อ ซึ่งผ่านการทำความสะอาดโดยการล้างท่อให้น้ำ

ไหลผ่านจากด้านล่างของท่อด้วยความเร็ว 3 เมตรต่อวินาที เป็นเวลานาน 6 ชั่วโมง หลังจากทำความสะอาดท่อแล้ว อุดปลายข้างหนึ่งของท่อให้แน่น เติมสารละลายที่ใช้สกัดหาโลหะหนัก ซึ่งเตรียมโดยเติมน้ำกลั่นที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ 150 mg/dm³ ให้เต็มท่อ ปิดปลายอีกด้านหนึ่งให้แน่นเช่นเดียวกัน เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และนำสารละลายที่ได้จากการสกัดครั้งที่ 1 ไปหาปริมาณตะกั่ว และทำซ้ำอีก 2 ครั้ง นำสารละลายที่ได้ในครั้งที่ 3 ไปวิเคราะห์หาปริมาณตะกั่ว ดีบุก และแคดเมียม ด้วยเครื่องวิเคราะห์หาสารปริมาณน้อย (Atomic absorption spectrometer)

ควรเลือกใช้ท่อพีวีซีทุกประเภทให้ตรงกับความต้องการใช้งาน เช่น ท่อสีฟ้าใช้สำหรับเป็นท่อน้ำดื่มได้มีการกำหนดปริมาณโลหะหนักที่จะละลายออกมาได้ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมท่อพีวีซีแข็งสำหรับใช้เป็นท่อน้ำดื่ม (มอก.17-2532) เนื่องจากในกระบวนการผลิตอาจจะมีสิ่งปนเปื้อนติดมากับ

วัตถุดิบได้แก่ โลหะมีพิษ เช่น ตะกั่ว ดีบุก แคดเมียม โลหะหนักเหล่านี้ถ้าเข้าสู่ร่างกายปริมาณมากจนถึงระดับหนึ่ง จัดว่ามีพิษ หรือมีศักยภาพที่จะเป็นพิษภายใต้เงื่อนไขใดเงื่อนไขหนึ่ง ปริมาณที่เป็นพิษของโลหะต่อพยาธิสภาพของร่างกายมักอยู่ในรูปของสารประกอบเชิงซ้อน และสารประกอบอื่น ๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของโลหะที่รับประทานเข้าไป และปัจจัยที่ควบคุมเมตาบอลิซึมของสารนั้น ๆ การนำท่อพีวีซีสีเทาไปใช้เป็นท่อน้ำดื่ม อาจทำให้ผู้บริโภคที่ใช้น้ำซึ่งไหลผ่านท่อนั้น ๆ ได้รับสารพิษเข้าสู่ร่างกายในปริมาณสูงจนเกินขีดความปลอดภัยที่มาตรฐานกำหนด ทั้งนี้เนื่องจากท่อพีวีซีที่ใช้ในอุตสาหกรรม ตามมาตรฐานไม่ได้กำหนด หรือควบคุมปริมาณโลหะหนักและสารพิษอื่น ๆ ที่ละลายปนออกมาทันที ดังนั้นจะเห็นได้ว่าถ้าผู้บริโภคเลือกใช้ท่อที่ถูกประเภทจะไม่ได้รับอันตรายจากสารพิษดังกล่าวนี้ หากกระบวนการผลิต

ท่อเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมของท่อนั้น ๆ

นอกจากนี้ผู้ผลิตสามารถนำผลจากการตรวจสอบสมบัติของท่อไปใช้ในการปรับปรุงคุณภาพ หรือนำไปช่วยแก้ไขผลิตภัณฑ์ให้มีสมบัติตามที่มาตรฐานกำหนดได้ เป็นการส่งเสริมอุตสาหกรรมภายในประเทศให้มีคุณภาพที่ดี ในปัจจุบันการผลิตท่อพีวีซีแข็งสำหรับใช้เป็นท่อน้ำดื่มไปยังต่างประเทศ เช่น ประเทศจีน มองโกลเลีย เวียดนาม ลาว เขมร พม่า มอลดีฟ ลิงคโปร์ นิวซีแลนด์ เป็นต้น ดังนั้นการตรวจสอบสมบัติของท่อพีวีซี จึงจำเป็นในการควบคุมคุณภาพให้ได้ตามเกณฑ์ ซึ่งเป็นการส่งเสริมการส่งออกอีกทางหนึ่งด้วย

กองฟิสิกส์และวิศวกรรมได้ให้บริการตรวจสอบท่อพีวีซีแข็งสำหรับใช้เป็นท่อน้ำดื่มเป็นจำนวนมากแก่หน่วยงานของราชการ รัฐวิสาหกิจ โรงงานผู้ผลิต และเอกชน ผู้ที่สนใจโปรดติดต่อขอรับบริการได้ในวันเวลาราชการ

พัดลมระบายอากาศ

ชัชชัย นบธีรานุภาพ

Wัดลมเป็นอุปกรณ์การระบายอากาศที่สำคัญอย่างหนึ่งในวงการอุตสาหกรรม โรงงานส่วนใหญ่จะขาดพัดลมระบายอากาศไม่ได้เลย ประโยชน์หลักของพัดลมระบายอากาศ คือ ช่วยปรับความชื้น ระบายอากาศ ระบายความร้อน กำจัดฝุ่น กำจัดกลิ่น

พัดลมระบายอากาศโดยทั่วไป สามารถแบ่งออกได้ 3 ลักษณะ คือ

1) พัดลมแนวรัศมี (radial flow) ลักษณะของลมจะวิ่งตามแนวรัศมี ได้แก่ พัดลมหยอชิง (centrifugal fan)

2) พัดลมตามแนวแกน (axial flow) ลักษณะของลมวิ่งตามแนวแกนของใบพัด

3) พัดลมตามแนวผสม (mixed flow) ลักษณะของลมจะวิ่งในลักษณะแนวกึ่งกลางรัศมี ในการระบายอากาศ อาจจะใช้พัดลมแบบใดแบบหนึ่งแล้วแต่ความเหมาะสม การระบายอากาศ

การระบายอากาศ โดยทั่วไปมีอยู่ 3 วิธีคือ

1) ระบายอากาศโดยการดูดออก (extraction)

วิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้กันแพร่หลายที่สุด การระบายอากาศอาศัยการดูดเอาอากาศเดิมออก

ทำให้ความดันภายในบริเวณนั้นต่ำกว่าภายนอก อากาศใหม่ที่ตึกกว่าก็จะแทรกซึมมาตามช่องตามร่อง หรือรอยแตกของอาคาร

2) ระบายอากาศโดยการเป่าเข้า (sapply)

วิธีนี้ลักษณะตรงกันข้ามกับวิธีแรก อากาศจะถูกเป่าเข้าไป ทำให้ความดันภายในอาคารสูงกว่าภายนอก อากาศเดิมก็จะถูกดันให้ออกไปตามช่องตามร่องหรือรอยแตกของอาคาร การระบายอากาศวิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้ได้ผลมากวิธีหนึ่ง เพราะเราสามารถควบคุมทิศทางความเร็ว และการกระจายของลมได้ดีกว่า

แบบแรก นอกจากนี้ในกรณีที่ต้องการควบคุมอุณหภูมิ หรือต้องการกำจัดฝุ่น วิธีนี้ทำได้มากกว่า

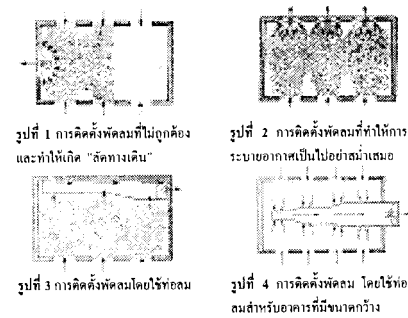
3) ระบายอากาศโดยใช้วิธีผสม ทั้งดูดทั้งเป่า

การระบายอากาศทั้ง 2 วิธีข้างต้น ต่างก็มีส่วนดี และส่วนเสีย การดูดออกสามารถทำให้ส่วนที่เป็นอากาศเสียภายในอาคารออกได้รวดเร็วกว่า แต่ก็อาจเกิดปัญหา “การลัดทางเดินของลม” ทำให้การระบายอากาศไม่ทั่วถึง การเป่าเข้าไปสามารถทำให้การควบคุมอากาศ และการระบายลมดีกว่า แต่การระบายอากาศเสียก็อาจจะทำได้ไม่รวดเร็วพอ บางทีจึงมีการผสมกันระหว่าง การดูดและการเป่าเข้าไป เพื่อให้ได้ผลตามความต้องการ

การติดตั้งพัดลมแบบดูดออก

เราทราบแล้วว่า การดูดออกมักจะมีปัญหาเรื่องการลัดทางเดินของลม เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหานี้ ดังนั้นเราจึงต้องพยายามจัดวางตำแหน่งของพัดลม และช่องลมที่ปล่อยให้อากาศที่เข้ามา อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง การระบายอากาศจะได้เป็นไปอย่างสม่ำเสมอ

ลักษณะของตัวอาคารเป็นอีกสิ่งหนึ่งที่จะต้องนำมาพิจารณาในการเลือกตำแหน่งต่าง ๆ ที่เหมาะสม



รูปที่ 1 การติดตั้งพัดลมที่ไม่ถูกต้อง และทำให้เกิด “ลัดทางเดิน”

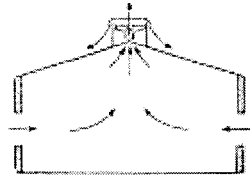
รูปที่ 2 การติดตั้งพัดลมที่ทำให้การระบายอากาศเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ

รูปที่ 3 การติดตั้งพัดลมโดยใช้ท่อลม

รูปที่ 4 การติดตั้งพัดลม โดยใช้ท่อลมสำหรับอาคารที่มีขนาดกว้าง

ในรูปที่ 2 มีผนังของอาคารที่ใช้ในการระบายอากาศได้อยู่ 2 ด้าน การติดตั้งตามรูปนี้ ทำให้การระบายอากาศเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ ในรูปที่ 3 เป็นการติดตั้งพัดลมโดยใช้ท่อลม สำหรับอาคารที่มีผนังที่ใช้ในการกระจาย

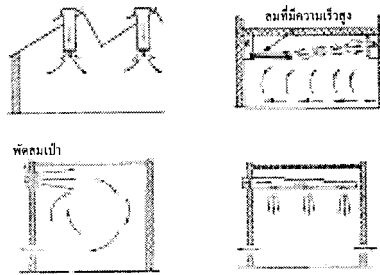
อากาศได้จริง ๆ เพียงด้านเดียว และในรูปที่ 4 ก็เป็นการติดตั้งอีกแบบหนึ่งสำหรับอาคารที่มีขนาดกว้าง สำหรับอาคารแบบเดียวกันนี้ เราอาจจะระบายอากาศโดยติดตั้งพัดลมขนาดเล็กกว่าหลาย ๆ ตัวไว้บนหลังคาก็ได้ ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 การติดตั้งพัดลมบนหลังคาอาคาร

การติดตั้งพัดลมแบบเป่าเข้าไป

ในทำนองเดียวกัน เราจะต้องจัดตำแหน่งของพัดลม และช่องลมออกให้ถูกต้อง ดังตัวอย่างการติดตั้งต่อไปนี้



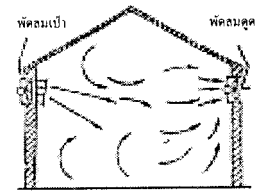
รูปที่ 6 ตัวอย่างการติดตั้งพัดลมแบบเป่าเข้าไป ลักษณะต่าง ๆ

จะเห็นว่า พัดลมได้ถูกติดตั้งไว้ในระดับเดียวกันกับเพดาน เพื่อให้ลมจำนวนมากที่เข้ามาลดความเร็วลงก่อนที่จะมาปะทะกับคนซึ่งอยู่ในอาคาร ทำให้ไม่เกิดความรำคาญ และในการติดตั้งบางแบบช่วยให้อากาศร้อนระบายได้ดียิ่งขึ้น

การติดตั้งพัดลมแบบผสม

ในโรงงานบางประเภทที่มีอากาศเสีย ฝุ่นละออง หรือไอร้อน เราไม่สามารถติดตั้งพัดลมแบบเป่าเข้าไปเพื่อกำจัดสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ได้ดี โรงงานประเภทนี้ต้องติดตั้งพัดลม

แบบดูดออก แต่ถ้าต้องการควบคุมอากาศ หรือต้องการการกระจายลมที่ดี ก็นิยมใช้พัดลมเพื่อเป่าเข้าไปอีกด้วย



รูปที่ 7 การติดตั้งพัดลมแบบผสม

ในการใช้พัดลมระบายอากาศ ควรเลือกใช้พัดลมขนาดเล็กหลาย ๆ ตัว ซึ่งจะดีกว่าใช้พัดลมขนาดใหญ่เพียงตัวเดียว ถึงแม้การใช้พัดลมตัวใหญ่จะมีท่อลมช่วยให้การระบายลมสม่ำเสมอก็ตาม แต่ท่อลมจะดูเทอะทะและไม่เหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับโรงงานที่ต้องใช้ crane ส่วนการเลือกใช้พัดลมตามอาคารบ้านเรือน จะใช้ขนาดไหนขึ้นอยู่กับขนาดของอาคารและความต้องการในการระบายอากาศ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ เป็นหน่วยงานให้บริการวิเคราะห์ทดสอบผลิตภัณฑ์พัดลมไฟฟ้า กระแสสลับชนิดระบายอากาศ เฉพาะด้านความปลอดภัยด้านต่าง ๆ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 934-2533 ซึ่งเป็นมาตรฐานใช้บังคับผลิตภัณฑ์ดังกล่าว และรายการที่กำหนดให้วิเคราะห์ด้านความปลอดภัยได้แก่

- 1) อุณหภูมิเพิ่มขึ้นของตัวเปลี่ยนอัตราเร็ว
- 2) อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของขดลวดหุ้มฉนวนของมอเตอร์
- 3) การรั่วของกระแสไฟฟ้า
- 4) ความต้านทานแรงดันไฟฟ้าสูง
- 5) ความต้านทานของฉนวนไฟฟ้า
- 6) การป้องกันการสัมผัสส่วนที่มีไฟฟ้าโดยบังเอิญ

ผู้ประสงค์จะใช้บริการการวิเคราะห์ทดสอบผลิตภัณฑ์ดังกล่าว โปรดติดต่อ กองฟิสิกส์และวิศวกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ ในวันเวลาราชการ

เครื่องมือวิเคราะห์ธาตุโดยวิธีกระตุ้นอะตอมด้วยพลังงานไฟฟ้า

(Emission Spectrometer)

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุต่างๆเชิงปริมาณ (quantitative analysis) ในโลหะและโลหะผสม ได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็วสามารถวิเคราะห์ ธาตุต่างๆ ได้พร้อมๆกัน (simultaneous) ในสภาพตัวอย่างที่เป็นของแข็งโดยไม่ต้องย่อยสลาย ตัวอย่างที่ทองเคมีสามารถวิเคราะห์ได้ด้วยเครื่องมือชนิดนี้คือ อะลูมิเนียม ทองเหลือง ทองแดง ตะกั่วบัดกรี ตะกั่ว ดีบุก สังกะสี และเหล็ก ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้หลายประเภท เช่น Carbon steel , Stainless steel , Tool steel , Low alloy steel , Manganese steel , Cast Iron และ Chromium steel เป็นต้น (ทองเคมี)



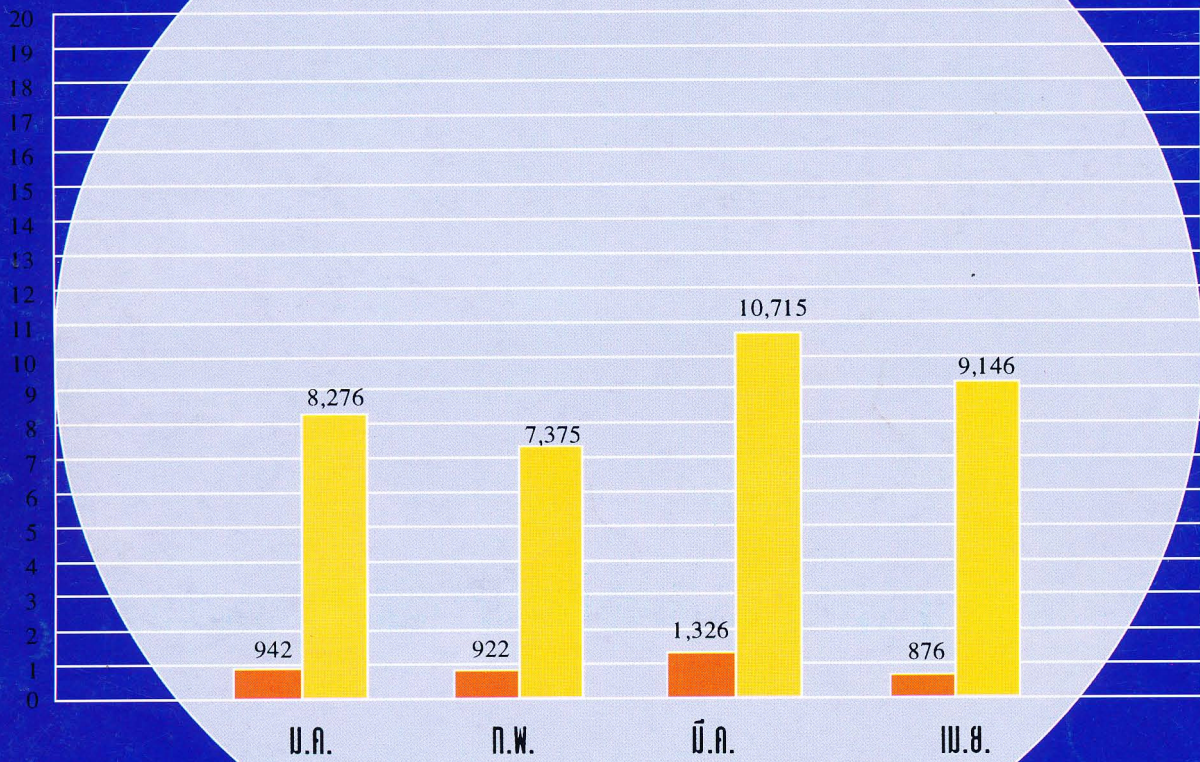
สถิติแสดงจำนวนตัวอย่างและรายการ

วิเคราะห์ทดสอบวัตถุตัวอย่าง

เดือนมกราคม-เมษายน 2542

■ จำนวนตัวอย่าง

■ จำนวนรายการ



อัตราส่วน 1:1000