



วិสาณศรรมภินทราณรรมภินทรา



ISSN 0857-7617

ปี 44 ฉบับที่ 140 มกราคม 2539

สํานัก วิชาการเกษตร ๑

ภาคใต้ แผนกเทคโนโลยีในวิจัย *

สมเด็จพรพรหมโกศล



เจ้าของ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กระทรวงวิทยาศาสตร์

เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

ถนนพระรามที่ 6 เขตราชเทวี

กรุงเทพฯ 10400

โทร. 644-7021

โทรสาร. 245-5523

ที่ปรึกษา

นางรวงทอง พันพาไพโร

ดร.อนามัย สิงหะพันธุ์

นางทัศนีย์ วัชรรังษี

บรรณาธิการ

ดร.สุจินดา โชติพานิช

กองบรรณาธิการ

สุจินต์ ศรีคงศรี

เรณู ตามไท

วราภรณ์ วรเสวต

ธิดา เกิดกำไร

อำนวยการพิมพ์ ฤทธิจันทร์

สุดาวดี เสริมนอก

ธรรพ์พิชญ์ เกิดในมงคล

ศิลปกรรม

วิเวก อรุณรัตน์

ฝ่ายภาพ

วิไลวรรณ สะตะมณี

สารบัญ

3

ดอกบัวหลวงเซรามิก

พรทิพย์ เวียงอำพล : กองการวิจัย

6

น้ำมันปลา

มณีรัตน์ อังสุศรีวงศ์ : กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ

8

หลินจือ.....เห็นสมุนไพรดีจริงหรือ

อภิญา มุนาวี : กองสหเวชศาสตร์และเทคโนโลยี

10

คุณภาพดินเนอร์และการวิเคราะห์สารพิษในดินเนอร์

เกษร ดันนุกิจ : กองเคมี

14

ความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

อัจฉรา พุ่มจักร : กองการศึกษาเคมีปฏิบัติ

23

การหาน้ำหนักโมเลกุลของสารโพลิเมอร์ โดย GPC

จินตนา ลีกิจวัฒน์ : กองฟิสิกส์และวิศวกรรม

25

การผลิตเอนไซม์โปรทีเอสโดยเชื้อรา

เกรียงไกร นาคะเกษตร : กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ

28

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรมิเตอร์

อุรารวรรณ อุ่นแก้ว : กองการวิจัย

32

การประกันคุณภาพสำหรับการวิเคราะห์น้ำ

ธิดา เกิดกำไร : กองฟิสิกส์และวิศวกรรม

33

อันตรายจากการใช้สารเคมีในการก่อสร้าง

สุจินต์ พรภาพันธุ์ : กองการวิจัย

วารสารรายสี่เดือน

กำหนดออกปีละ 3 ฉบับ

มกราคม

พฤษภาคม

กันยายน

ดอกบัวหลวงเซรามิก

พรทิพย์ เวียงอำพล

ความสวยสดงดงามของสีและรูปแบบที่อ่อนหวานของดอกไม้ย้อมเป็นที่พึงพอใจของผู้ที่ได้พบเห็น แต่ความสวยสดงดงามนั้นไม่สามารถคงสภาพอยู่ให้ชื่นชมได้นานต้องเหี่ยวเฉาไปตามกาลเวลา จึงมีการศึกษาและคิดค้นหาวิธีจำลองดอกไม้เหล่านั้นให้คงความสวยอ่อนหวานอยู่ได้เป็นเวลานาน ดอกไม้เซรามิกก็เป็นงานอีกอย่างหนึ่งที่ได้มีการศึกษาค้นคว้าหาเทคนิคในการทำด้วยการใช้รูปแบบของดอกไม้มาประดิษฐ์ให้สวยงามตามแบบของธรรมชาติ ดอกไม้ไทยนับว่ามีรูปแบบและสีที่แตกต่างกันเป็นที่น่าสนใจในการนำมาเป็นแบบ

ดอกบัวหลวง (lotus) แบ่งตามรูปร่างและสีของกลีบดอกได้ดังนี้

1. บัวหลวงสีชมพู มีชื่อว่า ปทุมปัตมา โกลระนุต หรือ โกลนุต มีดอกขนาดใหญ่ ดอกตูมเป็นรูปไข่ปลายเรียวสีชมพู กลีบดอกชั้นนอกมี 4-5 กลีบเป็นรูปไข่มีขนาดเล็กเรียงตัวเป็น 2 ชั้น ส่วนกลางของกลีบรูปวงโค้งป่องตรงกลางสีชมพูอมเขียว กลีบดอกชั้นกลางและชั้นในสีชมพูเข้ม โคนกลีบดอกสีขาวนวลมีประมาณ 13-14 กลีบเรียงตัวเป็นชั้นประมาณ 3 ชั้น อยู่โดยรอบฐานดอกกลีบในชั้นนอกและชั้นในมีสีและรูปร่างคล้ายชั้นกลางแต่เล็กกว่ากลีบในชั้นกลาง

2. บัวหลวงพันธุ์ดอกสีขาว มีชื่อว่าบัวหลวงขาว นุณทริกหรือปุนทริก (Hindu lotus) ดอกคล้ายพันธุ์ปทุม สีขาวประกอบด้วยกลีบชั้นนอกสีขาวอมเขียว ส่วนกลีบชั้นกลางและชั้นในสีขาว ปลายกลีบดอกสีชมพูเรื่อ ๆ

3. บัวหลวงพันธุ์ดอกสีชมพู มีชื่อว่า บัวหลวงจีน บัวปักกิ่งสีชมพู หรือ บัวเข้มสีชมพู สีและรูปทรงคล้ายดอกบัวหลวงพันธุ์ปทุม เพียงแต่ดอกขนาดเล็กกว่า

4. บัวหลวงพันธุ์ดอกสีขาวเล็ก มีชื่อว่า บัวหลวงจีน บัวปักกิ่งสีขาว บัวเข้มขาว สีและรูปทรงคล้ายบัว นุณทริก แต่มีดอกขนาดเล็กกว่า

5. บัวหลวงพันธุ์ดอกสีชมพู

ซ้อน มีชื่อว่าสัตตบงกช (Roseum plenum) ดอกมีขนาดใหญ่ ดอกตูมเป็นรูปไข่ทรงป้อมสีชมพู ประกอบด้วยกลีบนอกเป็นรูปรีมี 4-7 กลีบ กลีบเล็กเรียงซ้อนกันเป็นชั้น 2-3 ชั้นสีเขียวอมชมพู กลีบในสีชมพูตลอด ส่วนในโคนกลีบติดกับฐานรองดอกมีสีขาวเหลือง กลีบในประมาณ 12-16 กลีบ กลีบในชั้นนอกและชั้นในมีขนาดเล็กกว่าชั้นกลางเป็นรูปไข่ที่มีส่วนกว้างอยู่บนเกสรตัวผู้ชั้นนอกก้านชูเกสรตัวผู้เป็นแผ่นบาง ๆ สีชมพูคล้ายกลีบในแต่มีขนาดเล็กกว่า ดอกปลายมีส่วนยื่นออกมามีฐานเรียงเล็ก ตรงปลายพองใหญ่สีขาวนวล

6. บัวหลวงพันธุ์ดอกสีขาว

ซ้อน มีชื่อว่า สัตตบุษย์ รูปทรงคล้ายสัตตบงกช มีสีขาวประกอบด้วยกลีบนอกสีเขียวอมขาว ส่วนกลีบชั้นในมีสีขาวตลอดรูปทรงและการเรียงตัวของกลีบดอกคล้ายสัตตบงกช

วัตถุดิบ

วัตถุดิบที่ใช้ในการทำดอกไม้เซรามิกประกอบด้วยเนื้อดินโบนาโซนา เนื้อดินเออร์เทนแวร์ ดินน้ำมัน ยางซิลิโคน ปูนพลาสติก สีได้เคลือบและสีบนเคลือบมีรายละเอียดดังนี้

โบนาโซนา

โบนาโซนาเป็นเครื่องปั้นดินเผาที่มีความแข็งแรง สีขาวและวาวมาก เนื้อบางและเบา โปร่งแสง กระบวนการผลิตยุ่งยากซับซ้อนเนื่องจากต้องเตรียมเตาเผาอุณหภูมิสูงเป็นส่วนผสมด้วยส่วนผสมของเนื้อดินปั้นและน้ำยาเคลือบมีดังนี้

ส่วนผสม	เนื้อดินปั้น	น้ำยาเคลือบ
ดินขาวระนอง	20%	4.6%
ดินขาวเหนียวปราจีนบุรี	10%	-
เถ้ากระดูก	40%	-
แร่ฟันม้า	25%	14.8%
แร่ควอร์ตซ์จินทรี	5%	13.8%
ฟริต	-	63%
ซิงก์ออกไซด์	-	1.8%
เซอร์โคเนียมซิกเนต	-	2.0%

เผาอุณหภูมิ 1200 °ซ.

เผาเคลือบอุณหภูมิ 1080 °ซ.

เออร์เทนแวร์

เออร์เทนแวร์เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อละเอียด และ ทึบแสงมีความพรุนตัวสามารถดูดซึมน้ำได้ ส่วนผสมมีดังนี้

ส่วนผสม เนื้อดินปั้น

ดินขาวระนอง	27%
ดินขาวลำปาง	28%
ดินขาวเหนียวปราจีนบุรี	10%
แร่ควอร์ตซ์จินทรี	20%
แร่ฟันม้าอุทัยธานีหรือราชบุรี	10%
หินปูนสระบุรี	5%

เผาอุณหภูมิ 1200 °ซ.

เผาเคลือบและนำมาตกแต่งสีบนเคลือบได้เลย

ดินน้ำมัน

ดินน้ำมันสำหรับทำต้นแบบชิ้นส่วนของดอกไม้เซรามิกที่มีการขึ้นรูปด้วยการหล่อขึ้นรูป ต้องปั้นต้นแบบตามแบบขยายซึ่งจะใหญ่กว่าของจริงประมาณ 15% แล้วจึงทำแบบพิมพ์

ยางซิลิโคน

ยางซิลิโคน เป็นพลาสติกชนิดหนึ่งมีลักษณะเป็นน้ำสีขาวขุ่น ใช้ทำแม่แบบสำหรับหล่อชิ้นงานที่ต้องการเก็บรายละเอียดของต้นแบบได้นำมาใช้ทำแบบพิมพ์ได้ เนื่องจากต้องการรายละเอียดของเส้นใบทั้งด้านหน้าและด้านหลัง

ปูนพลาสติก

ปูนพลาสติกใช้สำหรับทำแบบพิมพ์ในชิ้นงานที่ต้องขึ้นรูปด้วยการหล่อขึ้นรูป นำต้นแบบมาถอดแบบปูนพลาสติกเป็นพิมพ์ขึ้น แล้วจึงนำไปหล่อน้ำสลีปเมื่อแบบพิมพ์แห้งดีแล้ว

สีได้เคลือบ

สีได้เคลือบเป็นสีที่มีจุลหอยละลายสูง การใช้มีหลายวิธีต้องเลือกให้เหมาะสมกับเนื้อดินปั้นและน้ำยาเคลือบดังนี้

- ใช้ผสมในน้ำยาเคลือบเป็นน้ำยาเคลือบสี (inglaze) หรือเรียกว่าสีในเคลือบ
- ใช้ผสมกับเนื้อดินปั้นทำเป็นเนื้อดินปั้นสี (colored body)
- ใช้เขียนตกแต่งลวดลายบนเนื้อ

ภาชนะดินปั้นแล้วเคลือบทับด้วยน้ำยาเคลือบใส เฝาคือเคลือบแล้วสีจะปรากฏออกมาเป็นสีได้เคลือบ

สีบนเคลือบ

สีบนเคลือบใช้ตกแต่งบนภาชนะที่เผาเคลือบแล้ว เมื่อตกแต่งสีบนเคลือบแล้วเผาอีกครั้งอุณหภูมิ 750°ซ. ถึง 800°ซ. เพื่อให้สีติดกับผิวเคลือบ สีชนิดนี้จะมีสารที่ทำให้จุดหลอมตัวต่ำผสมอยู่ด้วย สีบนเคลือบให้สีสดใสกว่าสีใต้เคลือบ เหมาะที่จะนำไปใช้กับผลิตภัณฑ์สำหรับทำเครื่องประดับมากกว่าที่จะนำไปใช้ตกแต่งภาชนะสำหรับใส่อาหารบริโภค

วัสดุ-อุปกรณ์

- เครื่องมือปั้นขนาดเล็ก
- แบบพิมพ์ปูนพลาสเตอร์
- ดินน้ำมัน
- ฟองน้ำ
- กล้องพลาสติคใสมีฝาปิด
- คีมขนาดเล็ก
- ไม้คลึงดิน
- กระดาษ
- พู่กัน
- โกร่งบดผสมสี
- เครื่องพ่นแอร์บรัช (airbrush)
- เตาเผา
- อิฐทนไฟ
- ลวดทนไฟ
- เครื่องเป่าผม (hair dryer)
- กาว

การออกแบบ

เพื่อให้การทำดอกบัวหลวงเชรามิกได้รูปแบบของดอกไม้ลักษณะต่าง ๆ เช่น ดอกบัวตูม แยม บาน ลักษณะของฝักอ่อน แก่ และลักษณะของ ก้าน ใบอ่อน ใบแก่ มีความถูกต้องเหมือนของจริงตามธรรมชาติ ในการออกแบบจึงต้องศึกษาจากดอกบัวหลวงตามธรรมชาติชนิดต่าง ๆ อย่างใกล้ชิด เพื่อจะได้ถ่ายทอดรูปแบบได้ถูกต้องใกล้เคียง จึงต้องถ่ายภาพดอกบัวหลวงทุกมุม ทุกด้าน เพื่อจะศึกษารูปแบบที่พริ้วไหวและรายละเอียดของส่วนต่าง ๆ แล้วจึงนำมาร่างรูปแบบ ออกแบบและเขียนแบบตามขนาดของจริงแล้วขยายแบบประมาณ 15% ในการทำต้นแบบเนื่องจากการหดตัวของเนื้อดินในระหว่างการผลิต

ได้ศึกษาและทดลองทำดอกบัวทั้ง 6 ชนิด ตามที่กล่าวมาแล้ว

เทคนิคการทำดอกบัวหลวง

ในการทำดอกบัวหลวงมีวิธีการที่ซับซ้อนเนื่องจากก่อนการตกแต่งสีจะต้องนำผลิตภัณฑ์ที่ปั้นแล้วมาเผาให้วัตถุดิบสุกตัวเพื่อให้ผลิตภัณฑ์แข็งแรง จึงต้องเลือกใช้เนื้อดินให้เหมาะสมในแต่ละขั้นตอน

เนื้อดินชนิดเออร์เทนแวร์จึงนำมาทำเป็นใบและก้านหรือก้านดอกเนื่องจากมีความเหนียวสะดวกในการขึ้นรูปถึงแม้เนื้อดินจะมีสีคล้ำกว่าแต่ก็ปิดบังได้ด้วยสีและน้ำยาเคลือบสี

เนื้อดินปั้นชนิดโบนไชนาเหมาะสมในการทำกลีบดอก เนื่องจากมีความขาวและวาวเนียน เบา โปร่งแสง และมีความแข็งแรง ในการตกแต่งจะเหมือนธรรมชาติมากกว่าเนื้อดินชนิดอื่น แต่ในการขึ้นรูปจะต้องฝึกฝนให้เกิดความชำนาญพอสมควรเพราะเนื้อดินโบนไชนาเมื่อนำมาทำเป็นเนื้อดินปั้นอิสระจะมีความเหนียวน้อย และแห้งเร็ว จึงต้องนวดและหมักเอาไว้นาน ๆ

1. การเตรียมแบบพิมพ์

- ทำแบบพิมพ์กด - กลีบดอกบาน ใบ
 - ทำแบบพิมพ์หล่อ - ฝักดอก
- ฝักแก่ ก้าน ดอกตูม

- ทำแบบพิมพ์ยาง - ใบ
- เตรียมดินโบนไชนาสำหรับกดแบบพิมพ์ กลีบดอก และ หล่อสลีปฝักดอก ฝักแก่

- เตรียมดินเออร์เทนแวร์สำหรับกดแบบพิมพ์ใบ และ หล่อสลีปก้าน

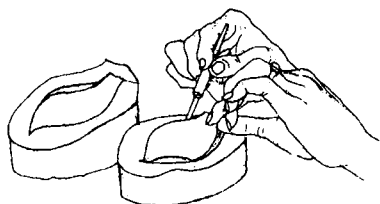
2. การเตรียมสีตกแต่ง

- เตรียมสีใต้เคลือบสำหรับผสมสีในเนื้อดิน - ฝักบัว
- เตรียมสีบนเคลือบสำหรับตกแต่งสีด้วยเทคนิคการพ่นแอร์บรัชและตกแต่งส่วนละเอียดด้วยพู่กัน

3. ขั้นตอนการทำ

ดอกแยม - บาน

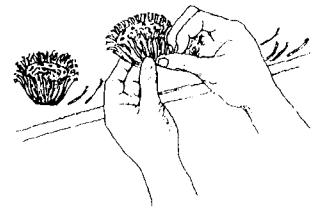
ขั้นที่ 1 คลึงดินโบนไชนาให้เป็นแผ่นบางด้วยนิ้วสำหรับกดพิมพ์กลีบดอกทั้ง 4 ขนาดใส่กล่องพลาสติค



กดพิมพ์กลีบดอก

ขั้นที่ 2 หล่อแบบพิมพ์ฝักดอกด้วยน้ำสลีปเนื้อดินโบนไชนาผสมสีใต้เคลือบสีเขียวอ่อน

ขั้นที่ 3 ปั้นเส้นเกสรนำมาติดรอบ ๆ ฝักดอก



ปั้นเกสรติดฝักดอก

ขั้นที่ 4 ประกอบกลีบดอกบนแป้นดินวงกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 เซนติเมตรตรงกลางวงกลมมีรูสำหรับเสียบก้านดอก การประกอบกลีบดอกให้วางในจานดินเผาขนาดพอเหมาะกับดอก โดยติดกลีบดอกทีละกลีบรอบวงของแป้นดินตั้งแต่ชั้นที่ 1-5 การติดกลีบดอกใช้น้ำสลีปชั้นชนิดเดียวกันติดและในแต่ละชั้นใช้กระดาษนุ่มหมุนเกลียวเป็นเส้นยาวสอดกันไว้รอบกลีบของแต่ละชั้นเพื่อให้ทรงตัวอยู่ได้จนกว่าดินจะแห้ง

ขั้นที่ 5 นำฝักที่ติดเกสรแล้วมาวางติดส่วนในสุดของกลีบดอก

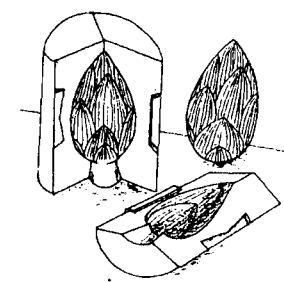


ประกอบดอก

ประกอบดอก

ดอกตูม

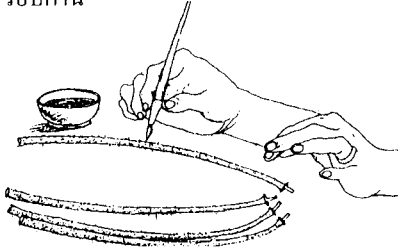
- หล่อดอกตูม ด้วยน้ำสลีปเนื้อดินโบนไชนา
- ตกแต่งตะเข็บและความเรียบร้อยของผิว หลังจากถอดชิ้นงานออกจากแบบพิมพ์แล้ว



การหล่อดอกตูม

ก้านบัว

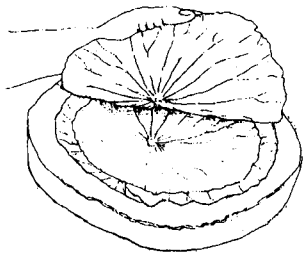
- ใช้ น้ำ สลিপ เนื้อ ดิน เออร์ เทนแวร์หล่อในแบบพิมพ์ก้านบัว (หล่อตัน)
- ตกแต่งความเรียบร้อมของชิ้นงาน ใช้ฟู่กันจุ่มน้ำสลิปชั้นหยดลงบนก้านบัวเป็นระยะห่างพอเหมาะ หยอดให้มีลักษณะเป็นหนามปลายแหลมเล็ก ๆ รอบก้าน



การหยดดินลงบนก้านให้เป็นหนาม

ใบบัว

คลึงดินเนื้อเออร์เทนแวร์เป็นแผ่นบาง ตัดวางบนแบบพิมพ์ให้พอดีกับขนาดของแบบ ใช้แบบพิมพ์วางลงบนดินกดแบบพิมพ์วางให้ติดแนบกับเนื้อดินจะได้ใบบัวที่มีเส้นใบทั้งสองด้าน



การกดแบบใบบัว

เผาดิบผลิตภัณฑ์ (biscuit firing)

นำผลิตภัณฑ์ที่แห้งดีแล้วมาจัดเรียงในเตาเผาต้องใช้ความระมัดระวังเป็นอย่างมาก เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่จะเผานี้บอบบางแตกหักง่าย และเสี่ยงต่อการบิดเบี้ยว จึงต้องมีอุปกรณ์รองรับในการจัดวางตามรูปแบบของผลิตภัณฑ์ เผาที่อุณหภูมิ 1200 °ซ. ระยะเวลาประมาณ 10 ชั่วโมง

การเคลือบผิว

ดอกบัวบาน แยม ตุม ใช้ น้ำยาเคลือบอุณหภูมิ 1080 °ซ. พ่นเคลือบผิวชิ้นงานหลังจากเผาดิบแล้ว โดยนำชิ้นงานอบความร้อนอุณหภูมิประมาณ 100 °ซ. จึงพ่นเคลือบ เนื่องจากชิ้นงานเผาดิบที่จุดสูงสุดจึงดูดซึมน้ำน้อยในการพ่นเคลือบ จึงต้องใช้ความร้อนช่วยเพื่อให้ น้ำเคลือบแห้งเร็ว ควรเคลือบผิวให้มีความหนาพอ

ประมาณ เมื่อเผาในอุณหภูมิที่ถึงจุดสูงสุดแล้ว จะเห็นความละเอียดอ่อนของชิ้นงานได้ชัดเจน

สำหรับชิ้นงานที่เป็น ก้าน ใบ นั้นเมื่อเผาดิบแล้วนำมาตกแต่งสับนเคลือบได้เลย

การเผาเคลือบ

ก่อนจะนำไปตกแต่งด้วยสับนเคลือบ จะต้องเคลือบชิ้นงานและเผาที่อุณหภูมิสูงในการจัดเรียงดอกบัวเพื่อจะนำไปเผาเคลือบใช้วิธีเสียบดอกบัวไว้กับแท่งดินเผาเหล่านี้เสียบอยู่บนอิฐทนไฟเรียงระยะห่างกันพอไม่ให้กลีบดอกชนกัน เพื่อป้องกันกลีบดอกติดกันเมื่อเคลือบถึงจุดละลาย เผาที่อุณหภูมิประมาณ 1080 °ซ. ระยะเวลา 8 ชั่วโมง

การตกแต่งสี

ในการตกแต่งสีดอกบัวหลวงใช้สีเคลือบผสมน้ำบดให้ละเอียดพ่นแอร์บรัช โดยพ่นไล่สีหนัก เบาตามความอ่อนแก่ของสี แล้วตกแต่งด้วยฟู่กันอีกครั้งเมื่อสีพ่นแห้งดีแล้ว ในระหว่างการพ่นสีควรจะใช้เครื่อง

พ่นความร้อน (เครื่องเป่าลม) เป่าลมร้อนเป็นระยะ เพื่อให้สีแห้งติดผิวเคลือบเนื่องจากผิวเคลือบมีความมันและลื่นทำให้สีเกาะผิวได้น้อย ถ้าแห้งไม่ทันสีจะไหลเยิ้มทำให้สีเกิดรอยต่าง

สำหรับใบและก้านผสมสีด้วยน้ำมัน (medium oil) บดให้เข้ากันใช้ฟู่กันป้ายสีให้เรียบเสมอกันทั้งใบและก้านประมาณ 2 ครั้ง โดยทิ้งให้สีแห้งเมื่อเขียนแต่ละครั้งเสร็จแล้ว

การตกแต่งสีในงานดอกไม้เชรามิกจะมีความซับซ้อนมาก เนื่องจากต้องการให้สีเป็นธรรมชาติ จึงต้องใช้สีหลายสีและเผาซ้ำหลายครั้งที่อุณหภูมิต่างกันเพื่อให้ได้สีเป็นธรรมชาติในดอกไม้ดอกเดียว เช่นในการตกแต่งสีกลีบดอกบัวหลวงสีชมพู จะต้องพ่นสีปลายกลีบด้วยสีชมพูอุณหภูมิ 930 °ซ. เผาแล้วจึงจะพ่นสีโคนกลีบด้วยสีเหลืองอ่อนอุณหภูมิ 800 °ซ. อีกครั้ง สีสำหรับตกแต่งดอกบัวหลวงแสดงในตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 แสดงสีตกแต่งบัวหลวงสีชมพูและอุณหภูมิการเผา

รายการ	หมายเลขสี	ผลที่ได้	อุณหภูมิ
กลีบดอกชั้นนอก	NO.A197, 160	ชมพู, เหลืองอ่อน	930 °ซ., 800 °ซ.
กลีบดอกชั้นกลาง	NO.A197	ชมพู	930 °ซ.
ฝักดอก	NO.143, 162	เขียวอ่อน, เหลืองเข้ม	800 °ซ.
เส้นเกสร	NO.162	เหลืองเข้ม	800 °ซ.
ฝักแก่	NO.A168, 143, 131	เขียวเข้ม, เขียวอ่อน, น้ำตาล	930 °ซ., 800 °ซ.
ก้าน	NO.143, 157	เขียวอ่อน, ม่วง	800 °ซ.
ใบอ่อน	NO.143, 157	เขียวอ่อน, ม่วง	800 °ซ.
ใบแก่	NO.168	เขียวเข้ม	930 °ซ.
ดอกตูม	NO.A197, 143	ชมพู, เหลืองอ่อน	930 °ซ., 800 °ซ.

หมายเหตุ

สีของบริษัท CERDEC AG จากประเทศเยอรมัน โดยมีบริษัทเชรคัลเลอร์ (ประเทศไทย) จำกัด เป็นผู้แทนจำหน่าย

ตารางที่ 2 แสดงสีตกแต่งบัวหลวงขาวและอุณหภูมิการเผา

รายการ	หมายเลขสี	ผลที่ได้	อุณหภูมิ
กลีบดอกชั้นนอก	NO.143	เขียวอ่อน	800 °ซ.
กลีบดอกชั้นกลาง	NO.160, A197	เหลืองอ่อน, ชมพู	800 °ซ, 930 °ซ.
ฝักดอก	NO.143, 162	เขียวอ่อน, เหลืองเข้ม	800 °ซ.
เส้นเกสร	NO.162	เหลืองเข้ม	800 °ซ.
ฝักแก่	NO.A168, 143, 131	เขียวเข้ม, เขียวอ่อน, น้ำตาล	930 °ซ., 800 °ซ.
ก้าน	NO.143, 157	เขียวอ่อน, ม่วง	800 °ซ.
ใบอ่อน	NO.143, 157	เขียวอ่อน, ม่วง	800 °ซ.
ใบแก่	NO.168	เขียวเข้ม	930 °ซ.
ดอกตูม	NO.197, 143	ชมพู, เขียวอ่อน	930 °ซ., 800 °ซ.

(หมายเหตุตารางแสดงสีตกแต่งที่ 12 ใช้ตกแต่งสีบัวหลวงทั้ง 6 ชนิด)

(อ่านต่อหน้า 27)

น้ำมันปลา

รวบรวมและเรียบเรียงโดย
มณีนรัตน์ อังศุศรีวงศ์

ในปัจจุบันผู้คนเริ่มมาเอาใจใส่ต่อสุขภาพมากขึ้น เห็นได้จากการเลือกรับประทานอาหารที่มีคุณค่าและปลอดภัย ทำให้มีผลิตภัณฑ์อาหารเสริมเพื่อสุขภาพผลิตในเชิงการค้าจำหน่ายอยู่ในท้องตลาดหลายประเภท เช่น เมล็ดธัญพืชเสริมวิตามินและเกลือแร่ ขนมน้ำผึ้งที่เพิ่มเยื่อใย (ไฟเบอร์)

น้ำมันปลาเป็นอาหารเสริมอย่างหนึ่ง ที่ได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง ปลาที่นำมาสกัดน้ำมันปลาได้ดีต้องเป็นปลาทะเล โดยเฉพาะปลาที่อาศัยอยู่ในแถบแอตแลนติก เช่น เมนแฮเดน แอนโชวี แฮร์ริง น้ำมันปลานี้อุดมด้วยกรดไขมันโอเมกา-3 (omega 3 fatty acid)

บทบาทหน้าที่และความสำคัญของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวในร่างกายมนุษย์

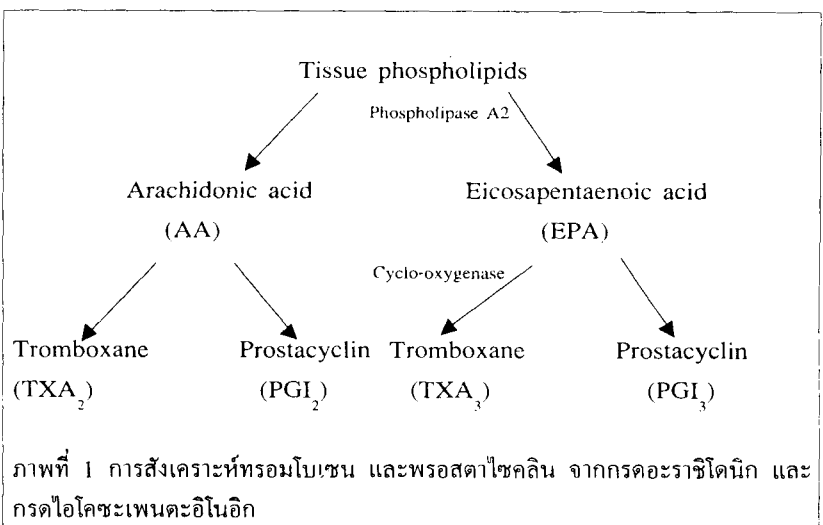
องค์ประกอบที่สำคัญและเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของมนุษย์ในน้ำมันปลาคือ อีพีเอ หรือ กรดไอโคซาเพนตะอีโนอิก (EPA, eicosapentaenoic acid) และ ดีเอชเอ หรือ กรดโดโคซะเฮกซะอีโนอิก (DHA, docosahexaenoic acid) มีบทบาทสำคัญในการป้องกันหรือลดปัจจัยเสี่ยงในการเป็นโรคหัวใจ ความดันโลหิตสูง ไขมันอุดตันเส้นเลือด และโรคปวดศีรษะไมเกรน นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยสนับสนุนอีกว่า กรดไขมันโอเมกา-3 มีความสำคัญต่อการพัฒนาระบบประสาทส่วนกลางและการมองเห็น

กรดไขมันแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ กรดไขมันชนิดอิ่มตัวและกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว สำหรับกลุ่มหลังสามารถแบ่งย่อยได้เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดโมโน (monounsaturated fatty acid) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดโพลี (polyunsaturated fatty acid) กรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดโพลีประกอบด้วย 2 กลุ่มหลักคือ กรดไขมันโอเมกา-6 และกรดไขมันโอเมกา-3

กลุ่มกรดไขมันโอเมกา-6 มีกรดที่สำคัญคือ กรดลิโนเลนิก (linoleic acid) และกรดอะราชิโดนิก (arachidonic acid) โดยที่กรดอะราชิโดนิกเปลี่ยนรูปมาจากกรดลิโนเลนิก ส่วนกลุ่มกรดไขมันโอเมกา-3 ประกอบด้วยกรดแอลฟา-ลิโนเลนิก หรือเอแอลเอ (α -linolenic acid, ALA) กรดไอโคซะเพนตะอีโนอิกหรืออีพีเอ และกรดโดโคซะเฮกซะอีโนอิกหรือดีเอชเอ ในทำนองเดียวกันอีพีเอและดีเอชเอ เป็นกรดที่เปลี่ยนรูปมาจากเอแอลเอ ร่างกายมนุษย์สังเคราะห์กรดไขมันโอเมกา-3 และกรดไขมันโอเมกา-6 ไม่ได้ ฉะนั้นกรดไขมันทั้งสองกลุ่มในร่างกายจึงได้รับจาก

อาหารเท่านั้น

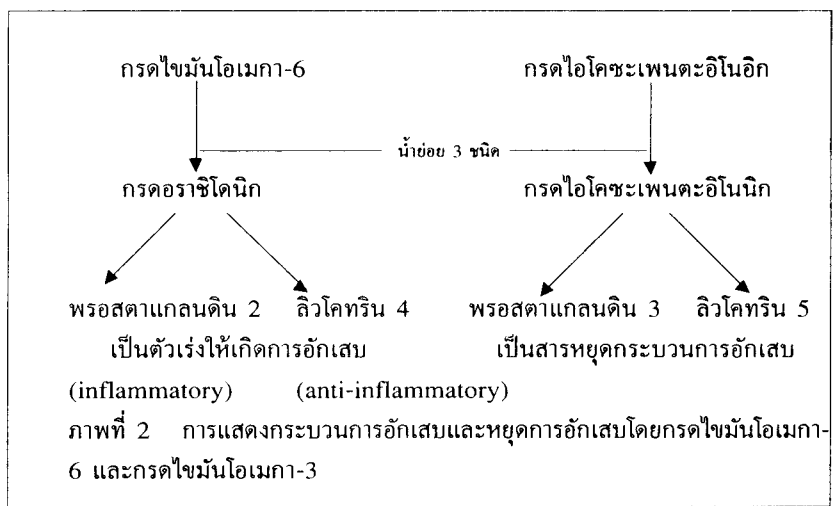
กรดอะราชิโดนิก และอีพีเอ มีความสำคัญในการผลิตสารเมตาโบไลต์ (metabolites) ที่เรียกว่า ไอโคซานอยด์ (eicosanoids) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในปฏิกิริยาต่าง ๆ ของระบบหลอดเลือด ไอโคซานอยด์เป็นสารประกอบที่มีลักษณะคล้ายพรอสตาแกลนดิน (prostaglandin-like compounds) ไอโคซานอยด์ที่เปลี่ยนรูปมาจากกรดอะราชิโดนิก ได้แก่ ทรอมโบแซน (ทีเอกซ์เอ-2) (Thromboxane, TXA₂) และพรอสตาไซคลิน (พีจีไอ-2) (Prostacyclin, PGI₂) ซึ่งมีบทบาทโดยตรงต่อการควบคุมการเกิด



หลอดเลือดอุดตันกล่าวคือ พีเอ็กซ์เอ-2 มีสมบัติเร่งการรวมตัวของเกล็ดเลือด และการหดตัวของหลอดเลือด ส่วนฟิจิไอ-2 มีสมบัติตรงกันข้ามคือป้องกันการจับตัวของเกล็ดเลือดและช่วยในการขยายตัวของหลอดเลือด โรคหลอดเลือดตีบเกิดขึ้นเมื่อสภาวะสมดุลของพีเอ็กซ์เอ-2 และฟิจิไอ-2 ผิดปกติ

โดยปกติแล้วสารไอโคซานอยด์ จะเปลี่ยนรูปมาจากกรดอะราชิโดนิกเป็นส่วนใหญ่ แต่หากเราได้รับประทานอีพีเอมาก ๆ จนกระทั่งอัตราส่วนของอีพีเอต่อกรดอะราชิโดนิกมากขึ้น อีพีเอจะลดการเปลี่ยนของกรดอะราชิโดนิกไปเป็นพีเอ็กซ์เอ-2 และฟิจิไอ-2 และทำตัวเป็นสารตั้งต้น (substrate) ในการสังเคราะห์ไอโคซานอยด์ที่เป็นอนุพันธ์ของอีพีเอแทน ได้แก่ ทรอมโบแซน (ทีเอ็กซ์เอ-3) (thromboxane, TXA_3) และพรอสตาไซคลิน (ฟิจิไอ-3) (prostaglandin, PGI_3) แต่ทีเอ็กซ์เอ-3 เกือบจะไม่มีสมบัติในการเร่งการจับตัวของเกล็ดเลือดและการหดตัวของหลอดเลือด ส่วนฟิจิไอ-3 มีสมบัติทั่วไปเหมือนกับฟิจิไอ-2 ดังนั้นเมื่อเราได้รับประทานอีพีเอมากขึ้นปริมาณทีเอ็กซ์เอ-2 ลดลงในขณะที่ ฟิจิไอ-2 และ ฟิจิไอ-3 เพิ่มขึ้น อาจกล่าวโดยรวมว่าการจับตัวของเกล็ดเลือดลดลง แต่การขยายตัวของหลอดเลือดเพิ่มขึ้นทำให้การไหลเวียนของเลือดสะดวกขึ้นช่วยลดความเสี่ยงต่อการตีตันของเส้นเลือด มีผลช่วยลดความดันโลหิตสำหรับผู้ที่มีความเสี่ยงต่อภาวะความดันโลหิตสูง

ในร่างกายนคนป่วยและคนที่มีความเครียด กระบวนการสังเคราะห์สารต่าง ๆ โดยเฉพาะเอนไซม์ในร่างกายนจะไม่ทำงานตามปกติ รวมถึงกระบวนการสังเคราะห์อีพีเอ และ ดีเอชเอด้วย จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้ป่วยและผู้ที่มีความเครียด ตลอดจนผู้ที่สูบบุหรี่ดื่มสุราและไม่ออกกำลังกาย ควรจะได้รับกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว โดยเฉพาะ อีพีเอ/ดีเอชเอเข้าสู่ร่างกายโดยตรง ดีเอชเอมีบทบาทสำคัญอย่างมากต่อพัฒนาการของสมองและการมองเห็นของตัวอ่อนในครรภ์มารดาและระยะหลังคลอดใหม่ เพราะกรดไขมันชนิดนี้เป็นองค์



ประกอบที่สำคัญของเซลล์ในเรตินาของดวงตา จึงมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อการมองเห็น นอกจากนี้ดีเอชเอยังเป็นองค์ประกอบหลักของเซลล์สมอง และจำเป็นอย่างยิ่งต่อการเจริญและพัฒนาระบบประสาทส่วนกลาง ในระหว่างการตั้งครรภ์ตัวอ่อนจะได้รับปริมาณดีเอชเออย่างพอเพียงจากมารดา และทารกยังคงได้รับดีเอชเอจากน้ำนมมารดาหลังคลอด ดังนั้นเมื่อทารกหย่านนมมารดา ทารกจะมีภาวะเสี่ยงต่อการขาดดีเอชเอ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ทารกควรได้รับกรดไขมันนี้เพิ่มจากอาหารอื่น

นอกจากนี้กรดไขมันโอเมกา-3 ยังมีผลต่อการลดการอักเสบด้วย กล่าวคือการอักเสบเกิดจากสารเริ่มต้นคือลิวโคทริน 4 (leukotriene 4) ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของกรดอะราชิโดนิก จากการทำงานของเอนไซม์ไลพอกซีจีเนส (lipoxygenase) 5 ตัว การเพิ่มระดับกรดไขมันโอเมกา-3 ในอาหารการสังเคราะห์กรดอะราชิโดนิก ทำให้ปริมาณการสังเคราะห์ลิวโคทริน 4 ลดลงด้วย ขณะเดียวกันก็ไปเร่งการสร้างอีพีเอ ซึ่งจะเปลี่ยนไปเป็นลิวโคทริน 5 ซึ่งไม่มีฤทธิ์ในการก่อให้เกิดการอักเสบ

ในปี ค.ศ.1990 Kramer และคณะ ได้ทำการศึกษาทดลองกับผู้ป่วยโรคปวดไขข้อ รับประทานยาเพื่อยืนยันผลของการบริโภคกรดไขมันโอเมกา-3 โดยการให้บริโภคน้ำมันปลา ซึ่งมีอีพีเอและดีเอชเอ 5 กรัมต่อวัน พบว่าสามารถลดอาการตึงของข้อ การปวดตึงของร่างกายในตอนเช้า

และการเกร็งของข้อนิ้วมือ ดังนั้นในวงการแพทย์ปัจจุบันจึงใช้การรับประทานน้ำมันปลาร่วมกับยาลดการอักเสบ เพื่อรักษาอาการอักเสบ ปวดบวมจากโรคไขข้ออักเสบ และรูมาตอยด์

ปริมาณอีพีเอและดีเอชเอที่ร่างกายควรจะได้รับ

วารสารอาหารอาเซียน (Asean Food Journal 1993) ยืนยันว่าน้ำมันปลาเป็นอาหารเสริมที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย โดยเฉพาะผู้ที่ป่วยโรคหัวใจ ใช้เป็นอาหารเสริมร่วมกับอาหารอื่น รับประทานในเกณฑ์เฉลี่ย 1-5 กรัมต่อวัน จะทำให้ผู้บริโภคได้รับกรดไขมันโอเมกา-3 เพิ่มขึ้น

องค์การอาหารแห่งชาติ (National Food Agency) ของประเทศเดนมาร์ก แนะนำว่าผู้ใหญ่ควรจะได้รับ อีพีเอ/ดีเอชเอ 350 มิลลิกรัมต่อวัน หรือรับประทานปลาทะเลหลาย ๆ ชนิดอย่างน้อย 30 กรัมต่อวัน และจากการศึกษาวิจัยของสถาบันดังกล่าวกับผู้ชายที่มีสุขภาพดีอายุระหว่าง 40-50 ปี จำนวน 852 คน ภายในระยะเวลา มากกว่า 20 ปี พบว่าอัตราการตายด้วยโรคหลอดเลือดลดลงต่ำกว่าร้อยละ 50 เมื่อรับประทานปลาทะเลหลาย ๆ ชนิด 30 กรัมต่อวัน

ปัจจุบันยังไม่มีกำหนดปริมาณการรับประทานดีเอชเอที่เหมาะสมสำหรับทารก อย่างไรก็ตามทารกที่ดื่มนมผงสำหรับทารกควรได้รับปริมาณดีเอชเอในแต่ละวันเช่นเดียวกับทารกที่ดื่มนมจากมารดา

แหล่งของอีพีเอและดีเอชเอ

ปลาสดเป็นแหล่งที่ดีของกรดไขมันโอเมกา-3 สัตว์ทะเลเกือบทุกชนิดอุดมด้วยอีพีเอ และดีเอชเอ โดยเฉพาะปลาที่มีไขมันสูงมาก ๆ เช่น แอว์ริ่ง แมคเคอเรล แซลมอน ชาร์ดิน เมนเฮเดนและแอนโชวี อย่างไรก็ตามมีคนจำนวนไม่น้อยที่นิยมรับประทานปลาหรือไม่รับประทานเป็นประจำ ทำให้คนเหล่านั้นได้รับปริมาณอีพีเอและดีเอชเอไม่พอเพียง ในกรณีของเด็กทารกที่ไม่ได้ดื่มนมมารดาและไม่สามารถบริโภคปลาแบบผู้ใหญ่ได้ จะมีความเสี่ยงต่อการขาดดีเอชเอมาก

อย่างไรก็ตามเราสามารถได้รับ อีพีเอ/ดีเอชเอ ในรูปอื่นหากเราไม่รับประทานปลา โดยการรับประทานน้ำมันปลาโดยตรงซึ่งมักบรรจุในรูปแคปซูล มีฉลากเขียนข้อความว่า กรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดโพลีโอเมกา-3 (omega-3 polyunsaturated fatty acid) หรืออาหารเสริม อีพีเอ/ดีเอชเอ ในรูปแบบต่าง ๆ ผลิตภัณฑ์อาหารเสริม

กรดไขมันโอเมกา-3 ที่มีจำหน่ายในประเทศไทย ได้แก่ ไข่ไก่สดเพิ่มกรดไขมันโอเมกา-3 ซึ่งการเพิ่มกรดไขมันโอเมกา-3 ทำให้ได้โดยควบคุมอาหารที่ใช้เลี้ยงไก่ เช่น เลี้ยงไก่ด้วยไขมันและน้ำมันจากปลาทูน่า

ในยุโรปและอเมริกามีการนำกรดไขมันโอเมกา-3 ที่ผลิตขึ้นในรูปแคปซูลที่มีขนาดเล็กมาก (microencapsulated) ลักษณะเป็นผงสีขาว ไม่มีกลิ่นและรสชาติของน้ำมันปลา เต็มในอาหาร เช่น ขนมปัง ธัญพืชอาหารเช้า (breakfast cereal) พาสตา บิสกิต เค้ก และไส้กรอก

การเสริมอีพีเอ/ดีเอชเอ ในอาหารเป็นการเพิ่มทางเลือกในการรับประทาน อีพีเอ/ดีเอชเอ ให้แก่ผู้บริโภค อย่างไรก็ตามอาหารเหล่านี้มีราคาแพง ดังนั้นการรับประทานปลาทะเลสด จะเป็นวิธีที่ประหยัดที่สุด

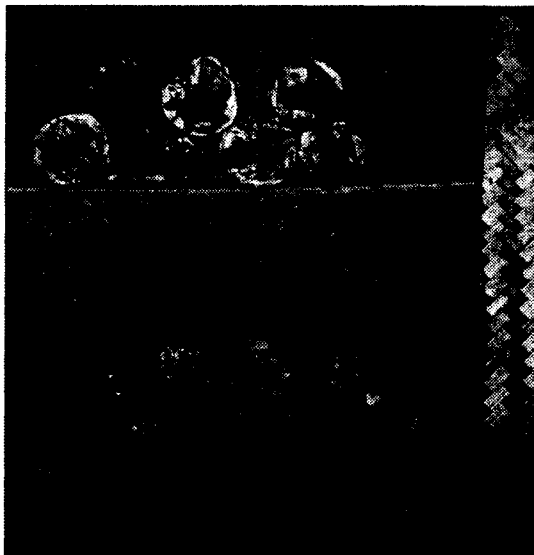
เอกสารอ้างอิง

- กรมวิทยาศาสตร์บริการ. น้ำมันปลาแหล่งอาหารเสริมตามธรรมชาติ. เอกสารเผยแพร่. 2538.
- บริษัทมิตรภาพโภคภัณฑ์ จำกัด. ไข่ไก่เพื่อสุขภาพ. เอกสารเชิงวิชาการ. 2538.
- Bingham, S., Kyle, D. and Radmer, R. Omega-3 fatty acid improvement in plant. Biotechnology. p. 103-113.
- Microencapsulated marine omega-3 fatty acids for use in the food industry.
- Food Tech Europe, December 1994/January 1995, issue 5, vol. 1, p. 104-106.
- Sinclair, AJ, The nutritional significance of omega-3 polyunsaturated fatty acid for humans. Asean Food Journal, January, 1993, vol. 8, no. 1, p. 3-13.

เห็ดขี้ผึ้ง...เห็ดสมุนไพรดีจริงหรือ

รวบรวมและเรียบเรียงโดย อภิญญา มุนาวี

เห็ดหลินจือหรือเห็ดหมื่นปี จัดเป็นเห็ดในสกุล กาโนเดอร์มา (Ganoderma) ชนิดที่มีสรรพคุณทางยา จึงจัดเป็นเห็ดสมุนไพรตัวหนึ่ง มีชื่อเรียกทางวิทยาศาสตร์ว่า กาโนเดอร์มา ลูซิเดียม (Ganoderma Lucidum (Fr.) Karst) มีชื่อเรียกในภาษาจีนว่า ลิงชี (Ling Zhi) หมายถึงวิญญูณ ชื่อภาษาญี่ปุ่นว่า แมนเน็นทาเกะ (Mannentake) หมายถึง หมื่นปี และชื่อภาษาอังกฤษว่า แลคเคอร์เรต มัชรูม (Lacquered mushroom) หรือโฮลี มัชรูม (Holy mushroom) ในประเทศไทยมักจะรู้จักเห็ดชนิดนี้ในนาม เห็ดหลินจือ หรือ เห็ดอมตะ เป็นส่วนใหญ่ และชาวบ้านรู้จักกันในนาม เห็ดจวกูง เห็ดหิมะ เห็ด นางกวัก เห็ดขอนไม้ แล้วแต่รูปร่างที่สังเกตเห็น หลังจากหน่วยปฏิบัติการวิจัยเห็ดของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยได้ค้นพบจึงให้ชื่อว่า “เห็ดหมื่นปี” คำว่า “หมื่นปี” เป็นคำสริมงคล มีความหมายดี สอดคล้องกับสรรพคุณที่กล่าวกันว่าเป็นยาอายุ



วัฒนะทำให้ผู้บริโภคมีอายุยืน และด้วยโครงสร้างของดอกเห็ดซึ่งแห้งและแข็งเหมือนไม้ หากชุปด้วยน้ำยากันแมลงแล้วอบให้แห้ง ดอกเห็ดก็จะทรงสภาพเดิมอยู่ได้นานนับชั่วชีวิตคน แต่ชื่อนี้ไม่ได้มีความหมายว่าดอกเห็ดที่ขึ้นในธรรมชาติมีอายุถึงหมื่นปี

เห็ดหลินจือจัดเป็นเห็ดจำพวก โพลีพอร์

(polypore) มีลักษณะที่สำคัญคือได้หมวกเห็ด ไม่มีครีบ (non agarics) แต่มีรูเล็ก จำนวนมาก ภายในรูเป็นที่เกิดของสปอร์ (spore) ด้านบนของหมวกมีสีน้ำตาลแดงไปจนถึงสีน้ำตาลม่วงและดำ ผิวหมวกเห็ดมีลักษณะเป็นมันเงาเหมือนเคลือบด้วยแลคเกอร์ มีก้านสั้น ๆ แต่ถ้าขึ้นยื่นออกจากโคนต้นอาจไม่มีก้าน ดอกเมื่อยังอ่อนมีลักษณะเป็นแท่งสี่เหลี่ยม จากยอดลงมาโคนเป็นสีขาว เหลือง และน้ำตาลต่อมาสลับบนเจริญแผ่กว้างออกเป็นหมวกคล้ายพัด มีขอบขาว เหลือง กลางดอกสีน้ำตาล ด้านใต้หมวกเป็นรูเล็กมีสีน้ำตาล เมื่อดอก

เห็ดพัฒนาสมบูรณ์แล้วจะสร้างสปอร์เป็นจำนวนมาก สปอร์มีสีน้ำตาลรูปวงรี ปลายด้านหนึ่งคด เห็ดหลินจือพบในธรรมชาติขึ้นกับไม้ในป่าเขตอบอุ่นและเขตร้อน

ในประเทศไทยพบว่าเห็ดชนิดนี้ขึ้นกับต้นไม้บางชนิดได้ เช่น ต้นคูณ ต้นก้ามปู ต้นหางนกยูงฝรั่ง และต้นยางพารา โดยดอกเห็ด

มักจะขึ้นกับดอกไม้ที่ตายแล้ว และบางกรณีอาจเป็นปรสิต (parasite) ของรากพืช เนื่องจากประเทศไทยมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเพาะเห็ดหลินจือสกุล กาโนเดอร์มา (Ganoderma) โดยใช้เชื้อหมักรวมชาติได้ดี หน่วยปฏิบัติการวิจัยของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้เริ่มทดลองเพาะโดยใช้เชื้อเลี้ยงไม่ยารวม รำข้าวต้ม ตีเกลือ แล้วนำไปบ่มถุงที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส แล้วรอให้ถึงก่อนเชื้อสมบูรณ์ ประมาณ 2 เดือนโดยเห็ดจะเริ่มโผล่ส่วนก้านขึ้นมาภายใน 10 วัน และดอกเห็ดจะเจริญเติบโตเป็นดอกที่สมบูรณ์สร้างสปอร์สีน้ำตาลในเวลา 1 เดือน สปอร์เบาและลอยขึ้นปกคลุมที่ผิวหมวกด้านบน เมื่อแตะสปอร์มาชมจะมีรสขม เห็ดหลินจือที่เพาะขึ้นอาจมีรูปร่างและสีต่างจากที่ขึ้นในธรรมชาติเนื่องจากปัจจัยเรื่องอาหารและสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันมีผู้ผลิตเห็ดหลินจือในเชิงอุตสาหกรรม 2 แห่ง คือ ที่จังหวัดเชียงราย และที่ศูนย์รวมสวนเห็ดอัญญา พุทธมณฑลสาย 4 กรุงเทพฯ โดยที่จังหวัดเชียงรายจะเป็นผู้ผลิตเห็ดหลินจือและที่ศูนย์รวมเห็ดอัญญา จะมีการผลิตทั้งเห็ดหลินจือสดและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ

จากรายงานการวิจัยของสถาบันต่าง ๆ ในประเทศญี่ปุ่น จีน และเกาหลี พบว่าเห็ดหลินจือมีส่วนประกอบของสารต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์มากมาย เช่น โพลีแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) ซาโปนิน (saponins) กรดอะมิโน (amino acid) ลิพิด (lipid) สเตอรอยด์ (steroid) แอลคาลอยด์ (alkaloid) ไตรเทอร์พีน (triterpene) เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่ามีแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น โพแทสเซียม (potassium) แคลเซียม (calcium) แมกนีเซียม (magnesium) ซัลเฟอร์ (sulphur) และวิตามินบี จึงมีการสกัดสารจากเห็ดหลินจือในลักษณะเป็นเม็ดหรือผงเพื่อจำหน่ายโดยผสมกับสาหร่าย น้ำตาล แป้งข้าวโพด และเกลือแร่บางตัวเพื่อบำรุงร่างกาย ในวงการแพทย์รายงานว่า เห็ดหลินจือเป็นที่ยอมรับว่าเป็นยาที่ใช้ควบคุมโรคได้หลายชนิดในร่างกายของคนเรา เช่น

- ควบคุมระบบไหลเวียนของโลหิต
- โรคที่เกิดจากการมีคอเรสเตอรอลมาก ได้แก่ เส้นเลือดอุดตัน หลอดเลือดแข็งตัว ความดันโลหิตสูง
- รอบเดือนไม่ปกติของสตรี
- โรคหัวใจ
- โรคไขข้ออักเสบ

- โรคเบาหวาน
- โรคไต โรคตับ
- ควบคุมระบบทางเดินหายใจ ได้แก่ โรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง หวัด หอบหืด ภูมิแพ้ อากาศไอ
- ควบคุมระบบทางเดินอาหาร ได้แก่ โรคกระเพาะอักเสบ ลำไส้อักเสบ ท้องผูก ริดสีดวงทวาร เป็นต้น

มีการทดลองเกี่ยวกับฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของสารในเห็ดหลินจือดังนี้

1. ฤทธิ์ในการยับยั้งการงอก มีรายงานเกี่ยวกับฤทธิ์ยับยั้งเนื้องอกของเห็ดหลินจือจากญี่ปุ่นและเกาหลี พบว่าสารที่มีฤทธิ์นี้เป็นสารประกอบเชิงซ้อน ประเภท polysaccharide

2. ฤทธิ์ในการแก้แพ้ ในเห็ดหลินจือมีสารประกอบประเภท triterpenes หลายชนิด เช่น ganoderic acid สามารถยับยั้งการหลั่งสาร histamine ซึ่งเป็นหนึ่งในสารตัวกลางหลายชนิดในร่างกายที่มีบทบาทต่อปฏิกิริยาภูมิแพ้

3. การป้องกันตับจากสารพิษและเป็นยาบำรุงตับ มีรายงานจากจีน พบว่าส่วนที่สกัดด้วยแอลกอฮอล์ของเห็ดหลินจือป้องกันตับจากสารพิษ carbontetrachloride (CCL) ได้ ซึ่งเป็นสารตัวหนึ่งซึ่งมีพิษต่อตับ ในประเทศญี่ปุ่นได้สกัดสาร ganadosterone จากเห็ดหลินจือมาทำเป็นยาบำรุงตับ

4. ฤทธิ์ลดระดับน้ำตาลในเลือด ส่วนสกัดด้วยน้ำตาลของเห็ดหลินจือมีสารประกอบประเภท glycans หลายตัว เช่น ganoderan A,B,C มีฤทธิ์ลดระดับน้ำตาลในเลือด

• 5. ฤทธิ์ลดความดันโลหิตสูง ส่วนสกัดด้วย methanol 70% ของเห็ดหลินจือมีฤทธิ์ลดความดันโลหิต เป็นสารประกอบกลุ่ม ganoderic acid โดยมี ganoderic acid F ที่มีฤทธิ์ยับยั้งสูงที่สุด

6. ฤทธิ์ยับยั้งการเกาะกลุ่มของเกล็ดเลือด ส่วนสกัดด้วยน้ำของเห็ดหลินจือมีฤทธิ์ยับยั้งการเกาะกลุ่มของเกล็ดเลือด

7. การศึกษาด้านพิษวิทยา จากการทดสอบทางพิษวิทยาของส่วนสกัดด้วยน้ำและส่วนสกัดที่เป็น polysaccharide พบว่าค่อนข้างปลอดภัย

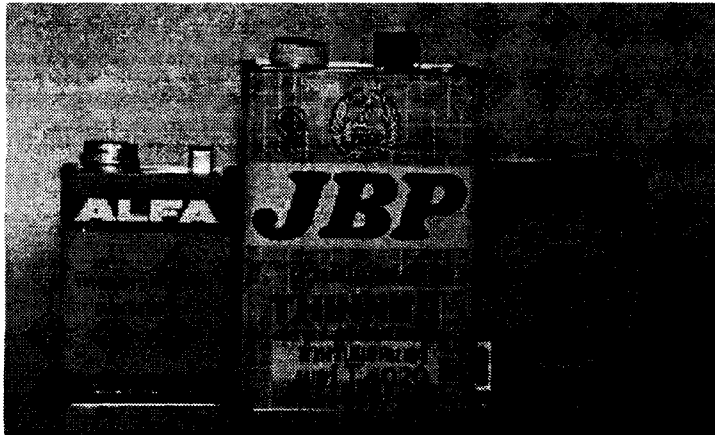
วิธีการบริโภคเห็ดหลินจือ นำเห็ดหลินจือสดมาทำความสะอาดแล้วผ่านเป็นแผ่นบาง ๆ ตากแดดให้แห้ง นำมาต้มกับน้ำใน

ปริมาณที่เหมาะสมคือ ใช้เห็ดหลินจือแห้ง 5 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร เคี่ยวจนน้ำลดเหลือครึ่งลิตร นำดื่มเห็ดที่ได้จะมีรสขมอาจขมร่วมกับชาหรือชอหรือผสมกับน้ำผึ้งก็ได้เพื่อดื่มแทนน้ำเป็นประจำทุกวันและควบคู่ไปกับการรักษาด้วยวิธีทางการแพทย์สมัยใหม่ พบว่า ร่างกายแข็งแรงดีและผลข้างเคียงของเห็ดหลินจือก็มีน้อยมาก เช่น อาการถ่ายท้อง ปากแห้ง ท้องอืด ผื่นคัน ผู้ที่บริโภคเห็ดหลินจือจะมีความต้านทานโรคดี มีอายุยืน และมีสุขภาพแข็งแรง จึงนับได้ว่าเห็ดหลินจือเป็นยาอายุวัฒนะของมนุษย์เป็นอย่างดี ส่วนการบริโภคเห็ดหลินจือแล้ว ได้ผลแตกต่างกันนั้น ประการแรกเกิดจากสาเหตุตัวบุคคลผู้บริโภคเห็ด นั้นก็คือตัวบุคคลมีพื้นฐานแตกต่างกันก็จะตอบสนองการบริโภคเห็ดแตกต่างกัน ประการที่สองเกิดจากสายพันธุ์เห็ดและสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ที่เห็ดนั้นอาศัยอยู่ ทำให้เห็ดหลินจือในบ้านเรามีสมบัติทางยาไม่เหมือนกัน เนื่องจากสภาพภูมิอากาศตลอดจนสายพันธุ์ที่พบแตกต่างกัน ซึ่งมีผลอย่างมากต่อคุณภาพของเห็ด ดังนั้นนักวิชาการทั้งไทยและต่างประเทศจึงได้ทดลองเปรียบเทียบอยู่เสมอถึงสายพันธุ์ต่าง ๆ ที่หามาได้ เพื่อคัดเลือกให้ได้สายพันธุ์ที่มีคุณภาพดีที่สุด เพราะพันธุ์ที่ดีในสภาพแวดล้อมหนึ่งเมื่อเปลี่ยนไปปลูกในอีกสภาพแวดล้อมหนึ่ง ก็อาจเปรียบเทียบกับพันธุ์ในสภาพแวดล้อมเดิมไม่ได้ซึ่งสภาพแวดล้อมในที่นี้ก็คือ อุณหภูมิ ชนิดของไม้ ค่าพีเอช หรือความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ แร่ธาตุต่าง ๆ อายุของเห็ดที่เก็บดอกมาใช้ และวิธีการทำแห้งของดอกเห็ด การเก็บรักษาดอกเห็ด เพื่อบรรเทาใช้และวิธีการใช้เห็ด เป็นต้น เห็ดหลินจือก็เช่นเดียวกับเห็ดที่ตากแห้งชนิดอื่น ๆ หากเก็บไว้ไม่ดี ไม่มิดชิดจะกลับขึ้นแล้วขึ้นรา ซึ่งราบางชนิดมีพิษอยู่ในตัวเอง บางชนิดไม่มีพิษแต่ทำให้เห็ดหลินจือที่ขึ้นรานั้นเสื่อมคุณภาพได้ ดังนั้นการพิสูจน์คุณภาพของเห็ดหลินจือก็เป็นการยากสำหรับผู้บริโภคที่สนใจทั่วไป

ปัจจุบันเราน่าสนใจมียารักษาโรคต่าง ๆ ด้วยสมุนไพรกันมาก เนื่องจากสมุนไพรโดยเฉพาะเห็ดหลินจือที่ได้จากธรรมชาติมีสรรพคุณในการรักษาโรคบางอย่างได้ดี ขณะเดียวกันโทษหรืออันตรายต่อร่างกายก็น้อยมากในอนาคตควรมีการศึกษาวิจัยในแง่ของ สายพันธุ์เห็ดหลินจือและการใช้สมุนไพรในทางป้องกันมากกว่าที่จะหวังผลในการรักษา

คุณภาพทินเนอร์ และการวิเคราะห์สารพิษในทินเนอร์

เกษร ตันนุกิจ



ผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในโตรเซลลูโลสเป็นตัวยึด (binder) ต้องมีตัวทำละลายที่สามารถละลายในโตรเซลลูโลสได้ดี

สารที่ให้คุณประโยชน์แต่มีโทษมหันต์เนื่องจากมีสมบัติระเหยง่าย ไวไฟ และเป็นอันตรายต่อสุขภาพโดยสามารถทำลายเนื้อเยื่อ ระบบหายใจ ระบบประสาท สมองดับ ไต ทำให้ร่างกายอ่อนแอเกิดโรคร้ายไข้เจ็บได้ง่าย สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้ควบคุมคุณภาพทินเนอร์เพื่อประโยชน์การใช้งาน และควบคุมปริมาณสารพิษ เมทานอล เบนซิน และคลอรีเนตไฮโดรคาร์บอน หัวข้อต่าง ๆ และเกณฑ์กำหนดใกล้เคียงกับมาตรฐานของญี่ปุ่น ยกเว้นเรื่องสารพิษที่ในมาตรฐานของญี่ปุ่นไม่ได้กำหนดไว้

ทินเนอร์ เป็นสารผสมของตัวทำละลายประเภทสารอินทรีย์ (organic solvents) ที่ระเหยง่าย นำไปใช้ผสมในสีเคลือบเงา สีพ่นรถยนต์ แล็กเกอร์ วาร์นิช หรือวัสดุอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อลดความหนืดหรือปรับระดับความข้นเหลวของผลิตภัณฑ์ให้พอเหมาะกับการใช้งาน เช่น ทำให้ได้แผ่นฟิล์มของสีหรือแล็กเกอร์หลังจากที่ทาแห้งแล้วมีความหนาบางตามต้องการ การผลิตทินเนอร์นั้นใช้ตัวทำละลายประเภทเดียวกันหรือต่างกันผสมกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับนำไปใช้งาน สำหรับ

ได้แก่ เอสเตอร์ คีโตน ตัวทำละลายเสริมประเภทแอลกอฮอล์ ซึ่งใช้ปรับการละลายของเอสเตอร์ให้อยู่ในระดับที่ดีที่สุด และตัวเจือจาง (diluent) ได้แก่ ไทลูอินหรือไซลีนเพื่อปรับการไหลและช่วยลดต้นทุน ทินเนอร์เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของผลิตภัณฑ์เคลือบผิว แม้ว่าจะระเหยไปทั้งหมดหลังฟิล์มแห้ง แต่คุณภาพของทินเนอร์จะมีผลต่อแผ่นฟิล์มที่ปรากฏ หากทินเนอร์ไม่ดีจะทำให้เกิดรอยย่น (wrinking) ขรุขระคล้ายผิวส้ม (peeling) เป็นฝ้า (blushing) ฯลฯ ทินเนอร์เป็น

จากการศึกษาคุณภาพทินเนอร์ในห้องปฏิบัติการกองเคมี กรมวิทยาศาสตร์บริการ โดยการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของทินเนอร์ขายปลีก จากหลายแหล่งผลิต จำนวน 56 ตัวอย่างเป็นทินเนอร์สำหรับแล็กเกอร์ และทินเนอร์สำหรับสีพ่นรถยนต์แห้งเร็วในโตรเซลลูโลสอย่างละ 28 ตัวอย่าง การวิเคราะห์นี้ใช้วิธีของสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 496-2526 ในการ

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารไม่ละลาย ปริมาตรของเหลวที่กลั่นได้ และค่าของกรด

รายการ	ค่าเฉลี่ย		ค่าสูงสุด		ค่าต่ำสุด		ร้อยละของตัวอย่างที่ไม่ผ่านเกณฑ์กำหนด		เกณฑ์กำหนดมอก.496-2526 และมอก.520(1)-2527	
	ก	ข	ก	ข	ก	ข	ก	ข	ก	ข
1. ปริมาณสารไม่ละลาย กรัม/100 ลบ.ซม.	0.014	0.012	0.19	0.05	0.001	0.001	10.7	10.7	0.02	0.02
2. ปริมาตรของเหลว ที่กลั่นได้ที่อุณหภูมิ 100-145 °C (ก) 100-140 °C (ข) ร้อยละโดยปริมาตร	72.3	77.4	96.4	93.0	46.8	21.2	0	7.1	40	60
3. ค่าของกรด	0.05	0.06	0.14	0.13	0.01	0.01	0	0	0.3	0.3

หมายเหตุ ก = ทินเนอร์ สำหรับแล็กเกอร์

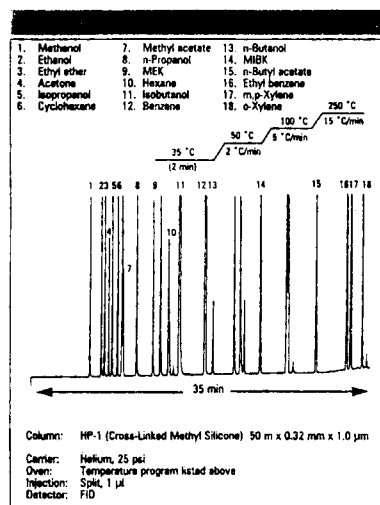
ข = ทินเนอร์สำหรับสีพ่นรถยนต์แห้งเร็วในโตรเซลลูโลส

ตารางที่ 2 ผลวิเคราะห์การเจือจาง

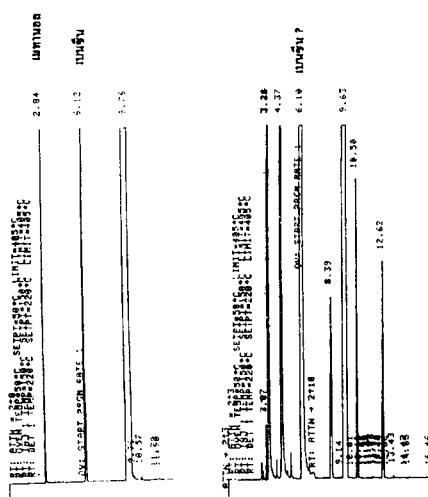
ตัวอย่าง	ร้อยละของตัวอย่างที่ไม่ผ่านเกณฑ์กำหนด	เกณฑ์กำหนด
1. ทินเนอร์สำหรับแล็กเกอร์	21.4	ฟิล์มต้องไม่ด้อยกว่าฟิล์มที่ได้จากการใช้ทินเนอร์มาตรฐาน
2. ทินเนอร์สำหรับสีพ่นรถยนต์แห้งเร็วในโครเซลลูโลส	0	ฟิล์มต้องไม่ด้อยกว่าฟิล์มที่ได้จากการใช้ทินเนอร์มาตรฐาน

ตารางที่ 3 ผลวิเคราะห์ปริมาณเมทานอล เบนซินและคลอรีเนตไฮโดรคาร์บอน

วิธีวิเคราะห์	วิธีตาม มอก.520(1)-2527 โดยการทดสอบปฏิกิริยาเคมี	วิธี GC ช่วงปริมาณ (% m/v) (จำนวนตัวอย่างที่พบ)	เกณฑ์กำหนด
1. เมทานอล	0	0.001 - 0.15 (44)	0
2. เบนซิน	0	0.0006 - 0.07 (52)	0
3. คลอรีเนตไฮโดรคาร์บอน	0	-	0



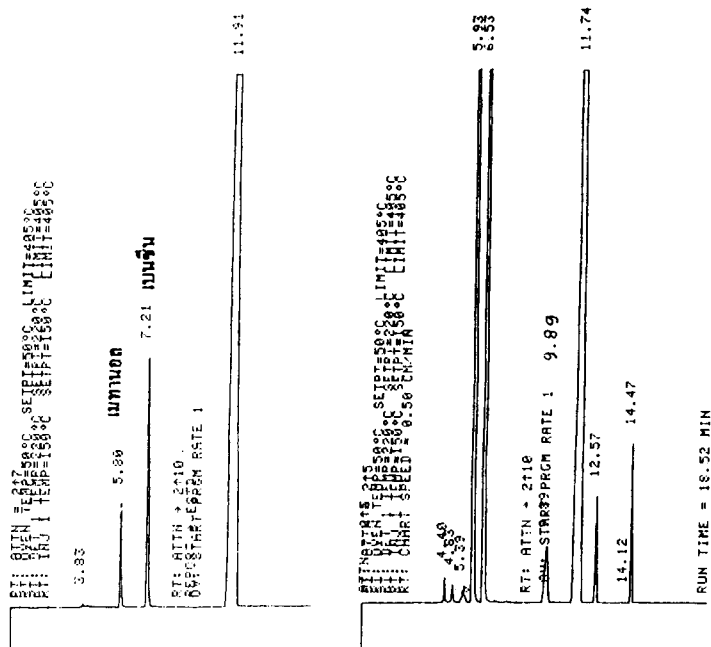
ภาพที่ 1 Gas Chromatogram ของตัวทำละลายที่ใช้ผสมทำทินเนอร์



ภาพที่ 2 A= Gas Chromatogram ของ standard methanol และ benzene (standard stock solution เตรียมโดยผสมตัวทำละลาย เมทานอลร้อยละ 0.7092 benzene ร้อยละ 0.7632 w/v และเจือจางด้วย toluene)

B= Gas Chromatogram ของทินเนอร์สำหรับแล็กเกอร์

วิเคราะห์โดย Gas Chromatograph Model HP 5880A FID detector SPB-1 fused silica capillary column 30m x 0.53mm. I.D. 1.5 μ m thin film thickness. He carrier gas 3psi inlet pressure. Sample 2 μ l. Detector temp. 220 °C. Injector temp. 150 °C. Oven temperature program (initial 50 °C hold 6 min., program rate 15 °C/min. temp. 2 100 °C hold 0 program rate 2 15 °C/min. final temp. 220 °C)



ภาพที่ 3 C=Gas Chromatogram ของ standard methanol และ benzene

D= Gas Chromatogram ของทินเนอร์สำหรับแลกเกอร์

วิเคราะห์โดย Gas Chromatograph Model HP 5880A FID detector Supelco

Wax-10 fused silica capillary column 30m x 0.53mm. I.D. 1.5 μ m thin film thickness. He carrier gas 3 psi inlet pressure. Sample size 2 μ l. Detector temp. 220°C. Injector temp. 150°C. Oven temperature program (initial 50°C hold 10 min., program rate 15°C/min. final temp. 220°C)

วิเคราะห์ทินเนอร์สำหรับแลกเกอร์ และ มอก. 520(1)-2527 วิเคราะห์ทินเนอร์ สำหรับสีพ่นรถยนต์แห้งเร็วในโตรเซลลูโลส การวิเคราะห์สารพิษเมทานอลและเบนซีน โดย Gas Chromatography (GC) วิธีการและสภาวะการทดลองขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของตัวอย่าง สามารถดัดแปลงได้ตามความเหมาะสม

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี และฟิสิกส์พบว่าตัวอย่างทินเนอร์ร้อยละ 23 มีสมบัติการเจือจางแลกเกอร์มาตรฐาน และปริมาณสารที่ไม่ระเหยไม่ผ่านเกณฑ์ กำหนดตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ผลวิเคราะห์ทางสถิติบางรายการได้แสดงในตารางที่ 1 และ 2

ในการทดสอบการเจือจางแลกเกอร์มาตรฐานเพื่อดูผลการใช้งาน มีทินเนอร์สำหรับแลกเกอร์ร้อยละ 21.4 ไม่ผ่านเกณฑ์กำหนด เพราะพบว่าแผ่นฟิล์มมีรอยย่น เป็นฝ้า แสดงว่าองค์ประกอบทินเนอร์ไม่เหมาะสม ทำให้ทินเนอร์ระเหยเร็วเกินไป และตัวอย่างเหล่านี้

ประกอบด้วยตัวละลายที่มีจุดเดือดระดับปานกลาง (100-145 °ซ.) ค่ากว่าร้อยละ 60 การเติมสารหน่วงการระเหย (retarder) ได้แก่ 2-butoxyethanol ประมาณร้อยละ 5 จะช่วยแก้ปัญหาได้

การทดสอบปริมาณสารไม่ระเหย เป็นการบ่งชี้ถึงความไม่บริสุทธิ์ของตัวทำละลายที่นำมาผสมทำทินเนอร์ และสารปนเปื้อนต่าง ๆ สำหรับทินเนอร์สีพ่นรถยนต์แห้งเร็วในโตรเซลลูโลสมีปริมาณสารไม่ระเหยมากกว่าเกณฑ์กำหนด ในปริมาณค่าสูงสุทธร้อยละ 0.05 ลักษณะเป็นน้ำมันสีเหลืองอ่อน แต่ไม่มีผลต่อแผ่นฟิล์มแต่อย่างใด

การวิเคราะห์สารพิษเมทานอล เบนซีน และคลอรีนไฮโดรคาร์บอนโดยการทดสอบปฏิกิริยาเคมีตามวิธีที่ระบุใน มอก. 520(1)-2527 นั้น ทดสอบเมทานอลด้วย กรด chromotropic acid เกิดสารประกอบ p-quinonoid compound มีสีม่วง การตรวจเบนซีนใช้กรดไนตริก และกรดซัลฟิวริกเข้มข้นเมื่อทำปฏิกิริยา

จะเกิดสารประกอบไนโตรเบนซีน ผลึกสีเหลืองอ่อน กลิ่นฉุน คลอรีนไฮโดรคาร์บอนทดสอบโดยเผาตัวอย่างบนลวดทองเหลือง ได้เปลวไฟสีเขียวของ copper chloride ผลการวิเคราะห์ที่ไม่พบสารพิษเหล่านี้ในทุกตัวอย่าง (ตารางที่ 3)

การวิเคราะห์เมทานอล และเบนซีนปริมาณน้อยในทินเนอร์โดยใช้ปฏิกิริยาเคมี อาจมีข้อจำกัดทางการปฏิบัติซึ่งต้องผ่านขั้นตอนการกลั่นปริมาณสารน้อยมาก และระเหยง่ายไม่สามารถกลั่นสารออกมาทดสอบได้ หรือปริมาณสารน้อยเกินไปเมื่อทำปฏิกิริยาเกิดสารประกอบที่มีสีจางมากไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า จากรายงานของเอกสารวิชาการ [ISO 1388/7-1981 (E)] แสดงการวิเคราะห์สารเจือปนเมทานอลในเอทานอล ปริมาณตั้งแต่ 0.01-0.20% (V/V) โดยไม่จำเป็นต้องผ่านขั้นตอนการกลั่น และใช้ตัวอย่างประมาณ 5 ลบ.ซม. ทำปฏิกิริยากับ chromotropic acid เกิดสารประกอบที่ให้สีนำสารละลายที่ได้ไปวัดความสามารถดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 570 nm โดย absorptiometer ซึ่งเป็นวิธีที่ให้ค่าถูกต้องแม่นยำกว่าการเปรียบเทียบสีด้วยตาเปล่า และประหยัดกว่า GC การวิเคราะห์สารเจือปนเบนซีนในโทลูอีน และคลอรีนไฮโดรคาร์บอนในเมทิลคลอไรด์ใช้ GC [ISO 5279-1980 (E), ISO 5916-1982]

การวิเคราะห์เมทานอล เบนซีนโดย GC ซึ่งเป็นเครื่องมือวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพสูงสามารถวิเคราะห์สารปริมาณน้อยให้ได้ระดับส่วนในล้านส่วน (ppm) ได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ และรวดเร็ว แต่สภาวะและวิธีการต้องเหมาะสมกับองค์ประกอบของตัวอย่างนั้น ๆ ซึ่งอาจประกอบด้วยสารประกอบหลากหลาย สารต่างชนิดกันอาจให้ค่า retention time (RT) เท่ากันหรือใกล้เคียงกันมาก จำเป็นต้องยืนยันความถูกต้องอีกสภาวะการทดลอง ภาพที่ 1 แสดง gas chromatogram ของตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ผสมทำทินเนอร์ ในภาพที่ 2 และ 3 แสดง gas chromatogram ของ standard เมทานอล เบนซีน และทินเนอร์

สำหรับแล็กเกอร์ที่รู้จักแพร่หลาย คอลัมน์ SPB-1 ตรวจพบ peak ที่ RT 6.10 ในปริมาณมาก ซึ่งใกล้เคียงกับ RT ของเบนซีน แต่เมื่อวิเคราะห์ด้วยคอลัมน์ Supelco wax-10 ไม่พบ peak ของเบนซีน แสดงว่าตัวอย่างไม่มีเบนซีนผสม

จากการวิเคราะห์ด้วย GC พบว่าตัวอย่างทินเนอร์ที่ศึกษามีเมทานอล 44 ตัวอย่าง ปริมาณที่พบตั้งแต่ร้อยละ 0.001 ถึง 0.15 และพบสารเบนซีน 52 ตัวอย่าง ตั้งแต่ร้อยละ 0.0006 ถึง 0.07 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) เมทานอล และเบนซีนที่ตรวจพบนี้เป็นสารเจือปนจากตัวทำละลายที่ใช้ผสมทำทินเนอร์

การลดปริมาณสารเจือปนเมทานอลในทินเนอร์ ทำให้โดยวิธีการเลือกใช้ตัวทำละลายชนิดแอลกอฮอล์ เช่น isobutanol ซึ่งมีสารเจือปนเมทานอลในปริมาณต่ำ แทนการใช้ isopropyl alcohol การลดปริมาณเบนซีน โดยการเลือกชั้นคุณภาพโทลูอีนซึ่งใช้เป็นองค์ประกอบหลักในทินเนอร์ปริมาณผสมมากกว่าร้อยละ 50 โทลูอีนชั้นคุณภาพสารเคมี (chemical grade) กำหนดให้มีสารเจือปนเบนซีนได้ไม่เกินร้อยละ 0.1 สำหรับชั้นคุณภาพการค้า (commercial grade) กำหนดให้มีเบนซีนไม่เกินร้อยละ 0.5 (ISO 5272-1980)

การเลือกเครื่องมือหรือวิธีการตรวจสอบปริมาณสารในตัวอย่างควรพิจารณาระดับมาตรฐานที่ยอมรับว่าต้องการความละเอียดในการตรวจสอบมากน้อยเพียงใด สำหรับผลิตภัณฑ์ทินเนอร์ไม่นิยมนำตัวทำละลายชั้นคุณภาพสารเคมีมาใช้ผสมในเชิงการค้า ดังนั้นการตรวจสอบโดยการใช้ปฏิกิริยาเคมีจึงเป็นการเพียงพอสำหรับการตรวจสอบสารพิษในระดับเกณฑ์กำหนดพบหรือไม่พบในทินเนอร์ แม้ว่าจะมีจำกัดบางประการดังกล่าวมาแล้ว แต่ถ้าจะใช้ GC ตรวจสอบ มาตรฐานผลิตภัณฑ์ควรกำหนดระดับปริมาณสารที่ไม่เกินเกณฑ์กำหนดสารเจือปนชั้นคุณภาพการค้าของตัวทำละลายที่ใช้ผสมในทินเนอร์ เช่น เมทานอลและเบนซีนไม่เกินร้อยละ 0.5

ซึ่งจะทำให้ได้วิธีการตรวจสอบที่ถูกต้องรวดเร็ว และประหยัดมากกว่าการไม่กำหนดค่า ถ้าไม่กำหนดตัวเลขที่แน่นอน ผู้วิเคราะห์ต้องตรวจสอบสารเหล่านี้โดย GC ในปริมาณที่น้อยกว่ามากถึงส่วนในล้านส่วนซึ่งเป็นการวิเคราะห์ที่สูญเสียไป อาจใช้เครื่องมือวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพสูงมากกับงานระดับหนึ่ง แต่สำหรับงานที่ไม่มีความจำเป็นแต่ต้องนำมาใช้ย่อมไม่เกิดคุณค่าแต่อย่างใด

กำหนดค่า TLV (threshold limit value) ของเมทานอล 200 ppm ในบรรยากาศเบนซีน 10 ppm ไซลีน 100 ppm และโทลูอีน 50 ppm หมายความว่าในสภาพแวดล้อมการทำงาน (working area) ตลอดระยะเวลาการทำงาน ยอมให้มีไอของสารเมทานอลไม่เกิน 200 ส่วนในล้านส่วน โทลูอีนไม่เกิน 50 ส่วนในล้านส่วนอากาศ จะเห็นว่าค่า TLV โทลูอีนต่ำกว่าเมทานอล แสดงว่าจิตความสามารถที่ร่างกายทนสารเมทานอลมากกว่า โทลูอีนสี่เท่า ปริมาณไอสารขณะปฏิบัติงานขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ การใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล เช่น การใส่หน้ากาก สวมถุงมือ พื้นที่การทำงานมีการระบายอากาศ มีระบบดูดไอสารเคมี เป็นต้น

ปัจจุบันมีการจำหน่ายแล็กเกอร์และพ่นสีรถยนต์โพลียูรีเทนสูตรน้ำ โดยใช้ทินเนอร์แต่ราคาค่อนข้างสูงสำหรับการจำหน่ายทินเนอร์ในประเทศไทยคาดว่าต้องใช้ทินเนอร์เป็นตัวทำละลายสำหรับผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรม แม้ว่าจะมีองค์ประกอบที่เป็นอันตรายแต่ผลิตภัณฑ์มีต้นทุนต่ำ

เอกสารอ้างอิง

- American Society for Testing and Material. Standard practice for direct injection of solvent-reducible paints into a gas chromatograph for solvent analysis. A S T M D 3 2 7 1 - 8 7 (Reapproved 1993) 1995.
- International Organization for Standardization. Ethanol for industrial use methods of test. Part T : Determination of methanol content [methanol contents between 0.01 to 0.20% (v/v) photometric method] ISO 1388/7. 1987 (E).
- . Methylchloride industrial use determination of impurities : Gas chromatographic method. ISO 5916. 1982.
- . Toluene for industrial use specification. ISO 5272. 1980.
- . Toluene-determination of hydrocarbon impurities gas chromatographic method 0.01 to 1.00%(m/m) ISO 5279. 1980 (E).
- Japanese Standard Association. Japanese Industrial Standard : High solid lacquer thinner. JIS K5544. 1975.
- . Japanese Industrial Standard : Lacquer Thinner. JIS K5538. 1985.
- Threshold limit value for chemical substances and physical agents and biological exposure indices 1994-1995. Cincinnati : American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1994. p. 13-36.

ความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

อัจฉรา พุ่มจักร

ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เป็นสถานที่ซึ่งนักวิทยาศาสตร์และบุคลากรของห้องปฏิบัติการใช้ทำงานวิเคราะห์ทดสอบ และวิจัยทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสาขาต่าง ๆ คำว่าห้องปฏิบัติการอาจหมายถึงห้องปฏิบัติการที่ปฏิบัติงานวิเคราะห์ทดสอบและวิจัยทางวิทยาศาสตร์ด้วย

ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องมีสิ่งอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานทางวิทยาศาสตร์ตามภารกิจและความรับผิดชอบของห้องปฏิบัติการนั้นๆ โดยทั่วไปจะต้องมีเครื่องมือวิทยาศาสตร์ประเภทต่าง ๆ อุปกรณ์ไฟฟ้า เครื่องแก้วเครื่องใช้ สารเคมี ตัวทำลายอินทรีย์ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารไวไฟ สารกัมมันตรังสี แก๊สชนิดต่าง ๆ รวมทั้งแก๊สเฉื่อย อาหารเลี้ยงเชื้อ เชื้อจุลินทรีย์ มาตรฐานอ้างอิงสัตว์ทดลอง ปัจจัยที่จำเป็นเหล่านี้อาจทำให้เกิดอันตรายต่อทั้งบุคลากรและอาจเกิดอุบัติเหตุ ทำให้ทรัพย์สินของห้องปฏิบัติการเสียหายได้โดยง่าย หากผู้ปฏิบัติงานขาดความระมัดระวัง หรือขาดความรู้เกี่ยวกับอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้จากการวิเคราะห์ทดสอบวิจัย และห้องปฏิบัติการมิได้จัดให้มีเครื่องมือด้านความปลอดภัยและอุปกรณ์ฉุกเฉินต่าง ๆ ไว้ให้พร้อม

อุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่สามารถป้องกันได้ อัตราการเสี่ยงอันตรายของผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการจะลดลง หากผู้ปฏิบัติงานทุกคนมีความรู้และให้ความร่วมมือความสะอาดและความเป็นระเบียบเรียบร้อยของห้องปฏิบัติการเป็นอีกสิ่งหนึ่งที่จะนำไปสู่ความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน ใต้ปฏิบัติการที่มีสิ่งของหรือวัสดุที่ใช้ในการทดลองแล้ววางสุ่มไว้นั้น นอกจากจะแสดงถึงความมั่งกั่ง ขาดความรับผิดชอบของผู้ปฏิบัติงานแล้ว ยังเป็นสาเหตุให้เกิดอุบัติเหตุได้ง่ายอีกด้วย ภายในห้องปฏิบัติการควรจะมีป้ายแสดงกฎระเบียบเกี่ยวกับความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน พร้อมหมายเลขโทรศัพท์แจ้งเหตุเพลิงไหม้และโรงพยาบาลที่ใกล้ที่สุด ติดไว้ในที่ซึ่งมองเห็นได้ง่าย ผู้บริหารห้องปฏิบัติการควรให้ความสำคัญด้านความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน และควรมีการย้ำเตือนเรื่องการป้องกันอุบัติเหตุและการ

ปฏิบัติเพื่อให้เกิดความปลอดภัยอยู่เสมอ โดยเฉพาะในการประชุมบุคลากรทางห้องปฏิบัติการ สำหรับห้องปฏิบัติการขนาดใหญ่ ผู้บริหารจัดการควรจัดให้มีเจ้าหน้าที่รับผิดชอบด้านความปลอดภัยซึ่งทำหน้าที่กำกับดูแลจัดการป้องกันและแก้ไขสถานการณ์วิกฤตที่เกิดขึ้น ตลอดจนจัดดำเนินการอบรมด้านความปลอดภัยให้แก่บุคลากรทางห้องปฏิบัติการอย่างต่อเนื่อง อุบัติเหตุและอันตรายที่อาจเกิดต่อบุคคลและต่อทรัพย์สินของห้องปฏิบัติการมีโอกาสดังกล่าวได้จากการหลายประการ ห้องปฏิบัติการขนาดใหญ่จึงควรมีมาตรการด้านความปลอดภัยที่เป็นระบบและมีขั้นตอนการดำเนินงานที่มีแบบแผน

สาเหตุของอันตรายที่อาจเกิดในห้องปฏิบัติการ

อันตราย หมายถึง สภาวะที่ก่อให้เกิดการบาดเจ็บ ป่วยไข้ หรือ ลดประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานและความสูญเสียแก่ทรัพย์สินอันเกิดจากอุบัติเหตุรวมทั้งอัคคีภัย มีผู้กล่าวไว้ว่าห้องปฏิบัติการเคมีเป็นสถานที่ซึ่งอันตรายมากที่สุด แสดงว่าการปฏิบัติงานด้านเคมีนั้นมีโอกาสเสี่ยงต่อความไม่ปลอดภัยสูงกว่างานด้านอื่นๆ อย่างไรก็ตามสาเหตุที่ก่อให้เกิดความไม่ปลอดภัยจากการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์อาจเกิดได้จากทั้งด้านเคมี ด้านชีวภาพและด้านกายภาพ อันตรายจากการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์อาจแบ่งออกได้ดังนี้

1. อันตรายทางด้านชีววิทยา

การดำเนินการตรวจวิเคราะห์ทดสอบหรือวิจัยทางชีววิทยานั้น อาจมีอันตรายซึ่งส่วนใหญ่เกิดกับบุคคลและสิ่งแวดล้อมเนื่องจากหลายสาเหตุทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์ สัตว์ทดลอง วัตถุตัวอย่าง วิธีการที่ใช้วัสดุอุปกรณ์ และสถานที่ซึ่งทำการวิเคราะห์ทดสอบ ตัวอย่างเช่น ห้องปฏิบัติการตรวจวิเคราะห์ อาหารทางจุลินทรีย์ชีววิทยา อาจเกิดอันตรายได้จากสาเหตุต่อไปนี้

1.1 ตัวอย่างอาหารที่นำมาตรวจวิเคราะห์อาจเป็นสิ่งที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานได้ เช่น ตัวอย่างอาหารที่เป็น

สาเหตุของอาการอาหารเป็นพิษหรือโรคติดเชื้อในทางเดินอาหาร จะมีสารพิษจากจุลินทรีย์หรือตัวจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายอยู่เป็นจำนวนมาก

1.2 สารเคมีหรือส่วนผสมของอาหารเลี้ยงเชื้อต่างๆ นั้น อาจก่อให้เกิดอันตรายได้ เช่น บางคนอาจแพ้แพนcreatin ที่ใช้ผสมอาหารเลี้ยงเชื้อ ทำให้มีการจาม จมูกและหน้าบวม มีผื่นแดงขึ้นที่แขน และใบหน้า เป็นต้น ดังนั้นการใส่สารประเภทนี้จึงควรระมัดระวังเป็นอย่างยิ่ง

1.3 จุลินทรีย์โดยเฉพาะแบคทีเรียหลายประเภทในอาหารเป็นอันตรายต่อคน เช่น เชื้อ Salmonella ซึ่งเป็นเชื้อโรคทางเดินอาหารทำให้เกิดโรค salmonellosis เชื้อนี้โดยปกติจะไม่เป็นอันตรายต่อผู้วิเคราะห์ผู้ใหญ่ที่เกี่ยวข้องรุนแรงมากนัก แต่จะเป็นอันตรายมากต่อเด็กเล็กหรือทารกที่ป่วยโดยเฉพาะเมื่อทำการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างอาหารที่มีลักษณะเป็นผงที่กระจายง่าย เช่น ไข่ผง หากมีการปนเปื้อนไปกับมือหรือเสื้อผ้าของผู้วิเคราะห์ จากนั้นเชื้ออาจถูกนำไปแพร่กระจายยังสิ่งแวดล้อมที่บ้านซึ่งมีโอกาสที่จะปนเปื้อนลงในอาหารของทารกและทำให้เกิดอาการเจ็บป่วยในที่สุด

1.4 เทคนิควิธีการปฏิบัติงานในกระเพาะเลี้ยงเชื้อก็ทำให้เกิดอันตรายได้ เพราะการเลี้ยงเชื้อเป็นการทำให้จุลินทรีย์เพิ่มจำนวนเป็นทวีคูณ ถ้าไม่ระมัดระวังในการดำเนินการโดยควบคุมให้จุลินทรีย์ที่เลี้ยงไว้อยู่เฉพาะในภาชนะอาหารเลี้ยงเชื้อ จุลินทรีย์ก็อาจแพร่กระจายออกสู่สภาวะแวดล้อมและอาจก่อให้เกิดการติดเชื้อได้ ดังนั้นผู้วิเคราะห์จะต้องรู้วิธีการจัดการกับเชื้อจุลินทรีย์อย่างถูกต้อง ไม่ว่าจะเป็นเชื้ออันตรายหรือไม่ก็ตาม เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์จำนวนมากไม่ว่าในอากาศหรืออาหารก็อาจทำให้ผู้ที่สัมผัสเกิดการติดเชื้อได้

1.5 การกำจัดสิ่งของเหลือทิ้ง การทิ้งสิ่งของเหลือทิ้งต่าง ๆ จากห้องปฏิบัติการอาจก่อให้เกิดอันตรายได้ เช่น ตัวอย่างอาหารเหลือวิเคราะห์ เครื่องใช้ และอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผ่านการใช้จากห้องปฏิบัติการทางจุลชีววิทยาแล้ว ซึ่งมักจะมียูเรียหรือสาร

พิษจากจุลินทรีย์ปนเปื้อนอยู่เป็นจำนวนมาก จะต้องมีการจัดการเป็นพิเศษ โดยจะต้องนำไปฆ่าทำลายเชื้อ ก่อนที่จะล้างทำความสะอาดหรือทิ้งเสมอเพื่อไม่ให้มีจุลินทรีย์ที่อาจเป็นอันตรายเหลือติดอยู่ในสิ่งเหล่านั้น ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม และก่อให้เกิดอันตรายหรือทำให้เกิดการติดเชื้อมกับผู้สัมผัสได้

1.6 การขนส่งเชื้อจุลินทรีย์หรือวัตถุตัวอย่างติดเชื้อทางไปรษณีย์ จะต้องระมัดระวังการหีบห่อเป็นพิเศษ กรณีการขนส่งเชื้อจุลินทรีย์ให้ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อชนิดที่เป็นวุ้น และต้องห่อหุ้ม culture ด้วยวัสดุที่อ่อนนุ่ม ก่อนบรรจุในกล่องโลหะ เพื่อป้องกันไม่ให้อาหารที่บรรจุเชื้อแตกหัก บบสลายในระหว่างการขนส่ง นอกจากนี้ยังต้องทำฉลากปิดที่ภาชนะให้เห็นได้ชัดเจน ในบางกรณีอาจต้องมีใบรับรองการขนส่ง โดยเฉพาะการขนส่งทางเครื่องบิน วิธีการนำเชื้อจุลินทรีย์อันตรายเข้ามาจากต่างประเทศเพื่อให้เป็นเชื้อมาตรฐาน อ้างอิงในการวิเคราะห์ทดสอบ ควบคู่กับรายละเอียดเพิ่มเติมจาก พระราชบัญญัติเชื้อโรคและพิษจากสัตว์ พ.ศ.2525 ซึ่งกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข เป็นหน่วยงานดูแลรับผิดชอบ

1.7 สัตว์ที่ฆ่าทดลองในห้องปฏิบัติการมีโอกาสนำเชื้อโรคที่แพร่สู่คนได้นับร้อยชนิดจึงจำเป็นต้องดูแลสัตว์ทดลองอย่างระมัดระวัง โดยการแยกกรงสัตว์ทดลองไว้บริเวณภายนอกห้องปฏิบัติการและจัดให้มีระบบระบายอากาศโดยเฉพาะ ในการทำความสะอาดกรงสัตว์ทดลอง จะต้องฆ่าเชื้อด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อก่อนเสมอ สำหรับสัตว์ทดลองที่ตายแล้วต้องนำไปเผาทำลาย กรณีที่เป็นสัตว์เล็ก เช่น หนู อาจนำไปฝังฆ่าเชื้อก่อนทิ้งก็ได้

1.8 บริเวณปฏิบัติงาน โต๊ะปฏิบัติการจะต้องทำความสะอาดและทำลายเชื้อด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อทั้งก่อนและหลังการใช้งาน น้ำยาฆ่าเชื้อต้องเลือกใช้ชนิดที่เหมาะสม กรณีที่ทำอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีเชื้อจุลินทรีย์อยู่ หกหรือหกด ต้องรีบฆ่าเชื้อและทำความสะอาดโดยทันที

1.9 สุขลักษณะในการปฏิบัติงาน หากตัวอย่างอาหารที่วิเคราะห์ทดสอบมีการเสี่ยงต่อการปนเปื้อนของเชื้ออันตรายหรือสงสัยว่าจะมีสารเป็นพิษรุนแรง เช่น botulinum toxin อยู่ผู้วิเคราะห์จะต้องเพิ่มความระมัดระวังเป็นพิเศษ โดยทำการวิเคราะห์ใน safety hood เพื่อป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อจุลินทรีย์หรือสารพิษไปยังสิ่งแวดล้อมภายในห้องปฏิบัติการ และห้ามใช้เปิดตู้ดูดตัวอย่างโดยใช้ปาก

อย่างเด็ดขาด สำหรับวัตถุตัวอย่างที่รับเข้าเพื่อทำการวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา จะต้องจัดการดูแลเสมือนหนึ่งว่ามีการปนเปื้อนด้วยเชื้อโรคอันตรายเสมอ หลังจากเสร็จสิ้นการวิเคราะห์ จะต้องทำความสะอาดและฆ่าเชื้อบริเวณที่ปฏิบัติงาน รวมทั้ง safety hood โดยใช้ 70% ethanol หรือ น้ำผสมคลอรีน 100 ppm หรือน้ำยาฆ่าเชื้ออื่นๆ ที่มีประสิทธิภาพ ส่วนเครื่องใช้ที่สัมผัสเชื้อ ต้องมีการทำความสะอาดและฆ่าทำลายเชื้อภายหลังการใช้งานทุกครั้ง

ผู้วิเคราะห์ที่ทำงานด้านจุลชีววิทยาควรสวมเสื้อคลุมสำหรับปฏิบัติการเสมอขณะทำงาน เสื้อคลุมที่ใช้ในห้องปฏิบัติการทางจุลชีววิทยาควรนั่งฆ่าเชื้อก่อนซัก หรือก่อนทิ้งถ้าเป็นชนิดใช้ครั้งเดียว ไม่ควรสวมเสื้อคลุมออกไปรับประทานอาหารกลางวันหรือออกนอกบริเวณอาคารห้องปฏิบัติการ ห้ามบริโภคอาหาร หรือดื่มเครื่องดื่ม หรือสูบบุหรี่ ทั้งในบริเวณห้องปฏิบัติการทางจุลชีววิทยาและบริเวณที่เลี้ยงสัตว์ทดลองโดยเด็ดขาดผู้วิเคราะห์พึงระวังไม่ใช้มือสัมผัสใบหน้าขณะปฏิบัติงาน หากปฏิบัติงานกับเชื้อที่อาจติดคอ หรืออุปกรณ์ที่สัมผัสเชื้อรวมทั้งสารเคมี ต้องล้างมือให้สะอาดหลังการปฏิบัติงาน ห้ามใช้เส้นใยแก้วที่ฉีกเพื่อติดกับภาชนะที่ใส่เชื้อจุลินทรีย์ ไม่ชิมสารเคมีหรือตัวอย่าง ถ้าจำเป็นต้องดมกลิ่นให้ทำด้วยความระมัดระวัง

2. อันตรายด้านกายภาพ

เป็นอันตรายที่เกิดจากสิ่งของมีคม มีน้ำหนักมาก อันตรายจากรังสี แสง เสียง ความร้อน ไฟไหม้ ความเย็นจัด อันตรายจากเครื่องกล เครื่องไฟฟ้า แรงดัน สนามแม่เหล็ก ความสั่นสะเทือน รวมทั้งสภาพการปฏิบัติงานอื่นๆ ที่ก่อให้เกิดอุบัติเหตุ อันตรายด้านกายภาพที่มีโอกาสเกิดได้บ่อยครั้ง สาเหตุของอันตรายที่พบได้เสมอ เช่น

2.1 อันตรายจากเครื่องแก้ว

เครื่องแก้วมีประโยชน์และเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับห้องปฏิบัติการโดยทั่วไป แต่แก้วเป็นศัตรูตัวร้ายของผู้ปฏิบัติงาน เนื่องจากมีผู้ปฏิบัติงานได้รับอุบัติเหตุหรือบาดเจ็บจากแก้วมากที่สุด อันตรายจากการใช้วัสดุทางห้องปฏิบัติการที่ทำด้วยแก้วมีดังนี้

1) การต่อชุดเครื่องแก้วไม่ถูกต้องตามรูปแบบและวิธีที่กำหนด หรือต่ออย่างเร่งร้อนทำให้ไม่มีความมั่นคงแข็งแรงพอ เมื่อนำไปใช้งาน อาจหลุดหรือเกิดการร้าวขณะทำการทดลองและทำให้เกิดอุบัติเหตุขึ้นได้

2) การตัดหลอดแก้วหรือแท่งแก้วเพื่อให้ได้ขนาดความยาวที่ต้องการใช้งานนั้น

ใช้หลอดแก้วหรือแท่งแก้วที่มีขนาดใหญ่เกินควร คือมีเส้นผ่าศูนย์กลางเกินกว่า 15 มม. ซึ่งไม่สามารถจะหักหรือตัดด้วยมือได้อย่างปลอดภัย นอกจากนี้อันตรายอาจเกิดจากการตัดหรือหักแก้วโดยไม่ใช้ผ้ารองมือ และไม่ลบรอยคมของแก้วก่อนนำไปใช้งาน

3) การรองแท่งแก้วหรือท่อแก้ว แก้วที่งอแล้วมีลักษณะพับตรงรอยโค้งไม่ควรนำมาใช้งาน เนื่องจากเส้นผ่าศูนย์กลางของแก้วในส่วนที่โค้งงอได้เปลี่ยนไปจากเดิม ทำให้ความแข็งแรงและประสิทธิภาพในการรับน้ำหนักเปลี่ยนไป ซึ่งอาจจะทำให้เกิดอุบัติเหตุได้หากนำไปใช้งาน

4) การให้ความร้อนกับเครื่องแก้ว หรือใช้ภาชนะแก้วในการทำปฏิกิริยาเคมีโดยไม่คำนึงถึงชนิดและลักษณะทางกายภาพของแก้ว อาจทำให้เครื่องแก้วแตกหรือร้าว สารเคมีหรือแก๊สที่อยู่ภายในกระจายออก ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ที่อยู่ใกล้เคียงหรือเกิดไฟลุกไหม้ได้

5) การถือหรือขนย้ายเครื่องแก้วโดยไม่ระมัดระวัง ก็จะทำให้เกิดอันตรายได้ง่าย ดังนั้นเมื่อต้องการจะถือยก หรือเคลื่อนย้ายเครื่องแก้ว ผู้ปฏิบัติงานจะต้องสวมรองเท้าที่สามารถทรงตัวได้อย่างมั่นคง ต้องดูแลไม่ให้สิ่งกีดขวางทางเดินในบริเวณห้องปฏิบัติการ หากมีสิ่งใดหกอยู่บนพื้นห้อง จะต้องรีบทำความสะอาดทันที ไม่ควรเดินอย่างเร่งร้อน เพราะอาจทำให้ลื่น หกล้ม หรือชนประตูและเกิดอันตรายได้ การปฏิบัติงานโดยใช้เครื่องแก้วที่มีความคงทนต่ำ ต้องเพิ่มความระมัดระวังเป็นพิเศษ อยู่ข้างเฉพาะส่วนคอขวดเพราะอาจหลุดมือและไม่ควรอุ้มเครื่องแก้วที่มีความคงทนต่ำไว้ในวงแขน แต่ควรใส่ถาดหรือวางบนรถเข็นเสมอ

6) การจ่ายเครื่องแก้วให้นำไปใช้งาน จะต้องตรวจดูแล ไม่ใช้หรือจ่ายเครื่องแก้วที่ชำรุดให้แก่ผู้นำไปใช้งาน เครื่องแก้วที่ใช้การไม่ได้แล้วต้องทิ้งโดยใส่ในถังโลหะ สำหรับเครื่องแก้วที่ชำรุดพอจะซ่อมให้คืนสภาพใช้งานได้ ต้องแยกใส่กล่องไว้เพื่อซ่อมต่อไป

7) เครื่องแก้วที่ใช้กับสุญญากาศ หรือสภาวะที่มีแรงดัน จะต้องระมัดระวังเป็นพิเศษ ต้องใช้แก้วหนาและควรมีหลอดระบายห่อหุ้ม ผู้ปฏิบัติงานควรสวมแว่นตาป้องกันหรือใช้ฉากกั้น หากแก้วมีรอยขีดข่วนเล็กน้อยก็อาจเกิดอันตรายได้ จุกแก้วที่ใช้ในระบบความดันต้องมีขนาดที่เหมาะสม หลังการลดความดันต้องปล่อยให้อากาศเข้าไปแทนที่ช้าๆ ถ้าใช้ชุดเครื่องแก้วในการเขย่าสารระเหย จะ

ต้องหมั่นลดความดันโลหิตอย่างระมัดระวังเป็นครั้งคราว

8) ขนาคของขวดแก้วที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ เป็นอีกสิ่งหนึ่งที่ทำให้เกิดความไม่ปลอดภัยได้ ไม่ควรใช้ขวดแก้วที่มีขนาดใหญ่เกินไป เพราะจะทำให้เกิดอันตรายได้ในขณะเคลื่อนย้ายหรือยกเทจากจำเป็นต้องใช้ความระมัดระวังรับ ส่วนขวดแก้วจะกลิ้งง่าย ไม่ควรวางบนพื้นโต๊ะ ต้องวางบนที่รองรับเสมอ

9) เศษแก้วแตกเป็นอันตรายต่อผู้สัมผัส ต้องเก็บรวบรวมเศษแก้วทั้งลงในถังโลหะโดยแยกออกไม่ให้ปะปนกับของเหลือทิ้งอื่นๆ ถ้ามีเครื่องแก้วแตกในอ่างล้างจะต้องเก็บออกทันที กรณีที่มีแก้วแตกปนอยู่กับน้ำแข็งให้ทิ้งทั้งหมดโดยไม่ต้องแยกเอาน้ำแข็งออกก่อน

2.2 อันตรายด้านกายภาพจากสารเคมี การลุกเป็นไฟ การระเบิดของสารเคมีไวไฟเป็นสาเหตุให้เกิดอุบัติเหตุในห้องปฏิบัติการได้เสมอ ผู้วิเคราะห์ควรมีความรู้เกี่ยวกับลักษณะเฉพาะต่อไปนี้

1) การลุกเป็นไฟ : จุดวาบไฟของสาร (flash point) เป็นอุณหภูมิค่าสุดที่ของเหลวจะกลายเป็นไอในปริมาณมากพอที่จะผสมกับอากาศบริเวณเหนือผิวของของเหลวนั้น ทำให้เกิดของผสมที่ติดไฟได้

จุดติดไฟของสาร (ignition temperature) เป็นอุณหภูมิค่าสุดที่จะทำให้สารเกิดลุกเป็นไฟได้โดยไม่ต้องให้ความร้อนเพิ่มจากภายนอก

ขีดจำกัดของการติดไฟ (limits of flammability) ของเหลวไวไฟอาจมีอุณหภูมิสูงกว่าจุดวาบไฟ โดยไม่ติดไฟได้ แม้จะมีแหล่งให้พลังงานที่เพียงพอ ทั้งนี้เพราะแก๊สหรือของเหลวไวไฟทุกชนิดมักจะมีช่วงของความเข้มข้นที่ทำให้เกิดปฏิกิริยากับอากาศแล้วทำให้ลุกเป็นไฟหรือระเบิดได้ ความเข้มข้นต่ำสุดของการติดไฟ [Lower flammable limit-lower explosive limit (LEL)] เป็นค่าความเข้มข้นต่ำสุดของไอสารในอากาศคิดเป็นร้อยละโดยปริมาตร ซึ่งจะลุกเป็นไฟหากมีการจุดประกายความเข้มข้นของไอของสารในอากาศซึ่งต่ำกว่าค่านี้จะไม่ติดไฟและความเข้มข้นสูงสุดของการติดไฟ [upper flammable limit-upper explosive limit (UEL)] เป็นค่าความเข้มข้นสูงสุดของไอสารในอากาศ คิดเป็นร้อยละโดยปริมาตร ที่จะติดไฟได้ ถ้าความเข้มข้นของไอสารเกินจากค่านี้ ปริมาณสารจะมากกว่าที่จะติดไฟได้

การติดไฟขึ้นเองของสารเป็นการรวมตัวกับแก๊สออกซิเจน ปรากฏการณ์นี้จะเกิดขึ้นเมื่อสารมีความร้อนถึงจุดติดไฟโดยไม่ต้องให้ความร้อนจากภายนอก สารที่ ติดไฟได้เองอาจเป็นสิ่งที่ไม่น่ามัน กองฝุ่นสารอินทรีย์ เมื่อเกิดปฏิกิริยากับสารออกซิไดส์ซึ่งอย่างแรง เช่น กรดไนตริก สารพวกคลอเรต เพอร์แมงกาเนต เพอร์ออกไซด์ เพอร์ซัลเฟต หรือกับโลหะโซเดียม โพแทสเซียม

2) การระเบิด การระเบิดของสารเคมีเกิดจากปฏิกิริยาคายความร้อน (exothermic) อย่างรวดเร็วของการผสมของสารประกอบ อัตราเร็วของปฏิกิริยาจะเพิ่ม เนื่องจากความร้อนและการขยายตัวอย่างมากของแก๊ส ซึ่งจะเกิดขึ้นภายในเวลาเพียงเสี้ยววินาที ปฏิกิริยาเคมีหลายชนิดทำให้เกิดการระเบิดได้โดยเฉพาะปฏิกิริยาออกซิเดชันมักทำให้เกิดอุบัติเหตุมากที่สุด

การระเบิดอาจเป็นผลจากปฏิกิริยาที่มีการแตกออกของพันธะเคมีที่อ่อน (weak bonds) ในสารที่สลายตัวง่าย สิ่งที่ต้องระวังคือการระเบิดของสารเพอร์ออกไซด์ การออกซิไดส์ได้เอง (autoxidation) ของตัวทำละลายตัวอย่างเช่น การทิ้งอีเทอร์ไว้ในขวดซึ่งเปิดทิ้งไว้ในห้องปฏิบัติการนาน 2-3 เดือน หรือปล่อยให้ถูกแสงสว่าง สำหรับสารไวไฟต้องไม่ทำให้เกิดการเสียดสี และไม่เก็บในขวดฝาเกลียวหรือขวดจุกแก้ว เพราะอาจมีการเสียดสีขณะปิดหรือเปิด ส่วนสารประกอบที่รวมกับแก๊สออกซิเจนได้ง่าย ควรเก็บในน้ำมัน

2.3 อันตรายจากแรงระเบิดจากความดัน

แก๊สภายใต้ความดันในถังบรรจุแก๊สอาจทำให้เกิดอันตรายจากการระเบิดได้ ดังนั้นการเคลื่อนย้ายถังแก๊สจึงต้องทำด้วยความระมัดระวัง ห้ามโยนถังแก๊สหรือทำให้ถังแก๊สล้มหรือหล่น ควรตั้งถังแก๊สไว้อย่างมั่นคง มีสายรัดไว้กับผนังตลอดเวลาและมีป้ายระบุชนิดของแก๊สไว้ด้วย ต้องป้องกันไม่ให้ถังแก๊สถูกความร้อนหรือถูกแดดส่อง ต้องปิดฝารอบหัวถังไว้เสมอขณะเก็บรักษาหรือขนส่ง อุปกรณ์ลดความดันซึ่งป้องกันเครื่องมือที่ใช้กับถังแก๊สอันตราย จะต้องมิซึ่งปล่อยแก๊สออกในที่ที่ปลอดภัย ควรวางถังแก๊สไว้ในตำแหน่งและลักษณะที่จะสามารถเข้าปิดแก๊สได้ตลอดเวลาแล้วที่เปิดโดยตรงจากถังแก๊สจะต้องอยู่ในสภาพปิดเสมอ เมื่อถอดออกจากถังแก๊ส ออกจากเครื่องมือ หรือเมื่อเลิกใช้งานเครื่องมืออันแล้ว

เครื่องมือที่ผลิตไว้น้ำภายใต้ความดันสูง

เช่น เครื่อง autoclave หากไม่มีการดูแลซ่อมแซมบำรุงหรือใช้งานอย่างถูกวิธี ก็อาจระเบิดและทำให้เกิดอันตรายได้

2.4 อันตรายที่เกิดจากเครื่องใช้ไฟฟ้า ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการจะต้องมีการระมัดระวังอันตรายที่อาจเกิดจากไฟฟ้ารั่วการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่ให้ความร้อนสูงซึ่งต้องใช้งานต่อเนื่องเป็นเวลานาน เช่น incubator, oven, muffle ต้องตรวจสอบระบบการควบคุมอุณหภูมิให้มีประสิทธิภาพอยู่เสมอ บริเวณที่ติดตั้งเครื่องมือเหล่านี้ต้องอยู่ห่างจากแหล่งเชื้อเพลิง ปลั๊กไฟฟ้าต้องมีขนาดกำลังไฟที่เหมาะสมกับเครื่องมือที่ใช้งาน

2.5 อันตรายจากรังสี แสง และเสียง ในห้องปฏิบัติการพิเศษบางประเภท ผู้ปฏิบัติงานอาจมีโอกาสสัมผัสกับรังสีต่าง ๆ แสงหรือเสียงที่มีขนาดเกินมาตรฐานความปลอดภัย ในกรณีเหล่านี้จะต้องมีการดูแลควบคุมและจัดหาเครื่องป้องกันอันตรายที่เหมาะสม รวมทั้งซักซ้อมการใช้เครื่องและทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องป้องกันอันตรายด้วย

3. อันตรายทางสารเคมี

3.1 สารเคมี สารหลายชนิดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการเป็นสารที่มีพิษ เป็นสารที่มีอำนาจการกัดกร่อนหรือมีสมบัติทั้งสองประการที่กล่าวแล้ว สารที่มีฤทธิ์กัดกร่อนได้แก่ กรดแก่ต่างแก่ สารซูดความเข้มข้นบางชนิด สารออกซิไดส์ อันตรายที่บุคคลได้รับจากสารเคมีอาจแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ อันตรายจากพิษเฉียบพลัน และอันตรายจากการสะสมของสารในส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย พิษเฉียบพลันจะเกิดในทันทีหรือเกือบทันทีที่บุคคลมีการสัมผัสหรือได้รับสารนั้นเข้าสู่ร่างกาย เช่น ทำให้ผิวหนังพอง ไหม้ เกิดอาการแพ้ เกิดอันตรายต่อตา ปอด หรือระบบประสาท ส่วนพิษสะสมจะแสดงเมื่อสัมผัสหรือได้รับสารเข้าสู่ร่างกายเป็นระยะเวลานานต่อเนื่องกัน เช่น พิษสะสมของสารก่อมะเร็ง หรือโลหะหนัก

อันตรายจากสารเคมีที่ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการอาจได้รับ มีดังนี้

1) การหายใจ อาการเป็นพิษอาจเกิดได้จากการดูดซึมของสารเคมีทางเยื่อปอดและปอดจากการหายใจโดยที่อากาศมีไอพิษละอองของสารเคมี แก๊สหรือไอของสารเคมี แก๊สหรือไอของสาร ซึ่งเมื่อผ่านเข้าทางลมหายใจจะผ่านเข้าไปในช่องอากาศของปอดอย่างรวดเร็ว และอาจถูกดูดซึมเข้ายังกระแสโลหิต การเป็นพิษหรืออาการบาดเจ็บจะมากหรือน้อยจะขึ้นกับปัจจัยหลายประการ ได้แก่

ข้าราชการและลูกจ้างกรมวิทยาศาสตร์บริการ
จัดงานเลี้ยงเกษียณอายุ นายรัตน์ พุ่มเล็ก
อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ และลูกจ้างกรมวิทยาศาสตร์ ฯ
(21 ก.ย.2538) 1-2

1 2



นายสมพงษ์ จันทรรภาพ ผู้ตรวจราชการกระทรวงวิทยาศาสตร์ฯ มา
ปฏิบัติงานตรวจราชการผลงานกรมวิทยาศาสตร์บริการ โดยมีคณะ
บริหารกรมวิทยาศาสตร์บริการให้การต้อนรับ (25 ธ.ค.2538) 3-4

3

4





5

นางรวงทอง พันพาไพร อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ มอบรถยนต์ให้กับ คุณอัครฤทธิ์ ทรัพย์ยิ่ง เจ้าหน้าที่กองศิลปาชีพ สำนักพระราชวัง เพื่อใช้งานโครงการศิลปาชีพพิเศษบางไทรและศิลปาชีพบ้านกุดนาขาม

ดร.อนามัย สิงห์พันธุ์ รองอธิบดีกรมวิทยาศาสตร์บริการ เป็นประธานมอบประกาศนียบัตร ให้แก่ข้าราชการกรมวิทยาศาสตร์บริการซึ่งได้รับการอบรมหลักสูตรเทคนิคการเป็นหัวหน้างานและศิลปะการนำเสนอผลงาน รุ่นที่ 4 ณ ห้องประชุม อาคารตัวา กรมวิทยาศาสตร์บริการ (4-8 ก.ย. 2538)

7



6



พลเอกเชษฐา ฐานะจาโร รองผู้บัญชาการทหารบก เยี่ยมชมผลงานการตรวจวิเคราะห์สารมลพิษในสิ่งแวดล้อมและผลกระทบของการชักล้างต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งกรมวิทยาศาสตร์บริการนำไปจัดแสดงในนิทรรศการ "รวมใจภักดิ์ รักษาสิ่งแวดล้อม" ณ ลานพระบรมรูปทรงม้า (19-23 ต.ค.2538)

โครงการฝึกอบรมและพัฒนาเทคนิคทางวิทยาศาสตร์ กรมวิทยาศาสตร์บริการ ร่วมกับบริษัท เปอร์กินส์ เอลเมอร์ (ประเทศไทย) จำกัด จัดฝึกอบรมหลักสูตรเทคนิคปฏิบัติ : การใช้เครื่อง UV/VIS Spectrophotometer ในงานวิเคราะห์วิจัยให้แก่ หน่วยงานราชการ เอกชนและผู้สนใจ (13-16 พ.ย. 2538)

8



1. ว่าที่ ร.ต.สรรค์ จิตรไคร้ครวญ ข้าราชการกองฟิสิกส์และวิศวกรรม ไปฝึกอบรมหลักสูตร Inspection and Testing Techniques for Household Electrical Appliances ที่ประเทศญี่ปุ่น ด้วยทุนรัฐบาลญี่ปุ่น
2. นางสาวพูนทรัพย์ วิชัยพงษ์ ข้าราชการกองวิทยาศาสตร์ชีวภาพไปสัมมนาด้าน Quality Assurance of Food within the South-South Cooperation in Asia ที่ประเทศอินโดนีเซีย ด้วยทุนรัฐบาลสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมัน
3. นางสาววรรณิ สมพร ข้าราชการกองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ไปประชุมคณะกรรมการวิชาการสาขาสุขลักษณะอาหาร ครั้งที่ 28 ที่ประเทศสหรัฐอเมริกา
4. นางสาวชุดิมา ภาคารีย์ ข้าราชการกองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ ไปฝึกอบรมด้าน Food Microbial Control ที่ประเทศญี่ปุ่น ด้วยทุนรัฐบาลญี่ปุ่น
5. นางสาวเปรมใจ อรรถกิจการค้า ข้าราชการกองฟิสิกส์และวิศวกรรม ไปฝึกอบรมหลักสูตร Inspection and Testing Technique for Textile Product ที่ประเทศญี่ปุ่น ด้วยทุนรัฐบาลญี่ปุ่น



9

กรมวิทยาศาสตร์บริการนำผลงานเทคโนโลยีเซรามิก
ร่วมจัดแสดงงานเกษตรและอุตสาหกรรมโลก 2538
(Worldtech '95 Thailand) ณ เทคโนโลยีธานี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา
(4 พ.ย. - 16 ธ.ค. 2538) 9-11



10

คณะอาจารย์ภาควิชาบรรณารักษศาสตร์
และสารนิเทศ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
เยี่ยมชมห้องสมุดกรมวิทยาศาสตร์บริการ
(17 ม.ค. 2539)

11



12



การฝึกอบรมทางวิชาการ

อบรมวิชาเคมีวิเคราะห์ทั่วไปทางเทคนิค เคมีวิเคราะห์ขั้นสูง อนินทรีย์เคมี อนินทรีย์เคมีประยุกต์ การใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrometer, Analytical Chemistry General Technics การวิเคราะห์ Fatty acid Composition โดยวิธี Gas Chromatography ให้แก่นักศึกษาเคมีปฏิบัติ มหาวิทยาลัยมหิดล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อบรมการแปรรูปผลิตภัณฑ์ วิจัยวิเคราะห์อาหารสัตว์ น้ำตาล ให้แก่กลุ่มแม่บ้านเกษตรกร จ.นครราชสีมา บุรีรัมย์ สกลนคร สุรินทร์ ให้แก่ผู้สนใจ

อบรมการวิเคราะห์ทดสอบยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ผลิตภัณฑ์ ยางเกี่ยวกับด้าน Hardness การทดสอบถุงมือยางทางการแพทย์ ให้แก่นักศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อบรมภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติการผลิตเซรามิกทุกขั้นตอน การออกแบบ เขียนแบบ เขียนสี ตกแต่งลวดลายให้แก่นักเรียน ศิลปาชีพบางไทร สมาชิกรุ่นยี่สิบแปดปีพระตำหนักทักษิณราชินีเวสต์ จ.นราธิวาส ศูนย์ศิลปาชีพบ้านกุดนาขาม จ.สกลนคร

บรรยายเชิงปฏิบัติวิชาอาหารทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แก่นักศึกษามหาวิทยาลัยรามคำแหง มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

13



กองสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กรมวิทยาศาสตร์บริการ ร่วมกับสำนักงาน
คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติและภาควิชา
บรรณารักษศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
จัดประชุมวิชาการเรื่องการให้บริการข้อมูล
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของ JICST
(Japan Information Center of Science
and Technology) ณ ห้องประชุมชั้น 4
กระทรวงวิทยาศาสตร์ ฯ

14



นักศึกษามหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ดูงานและฝึกอบรมด้านอาหาร
กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ

15



สำนักงานเลขานุการกรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ จัดสนทนาประจำ ว.ศ.
ครั้งที่ 35 และ 36 เรื่องทักษะและประสบการณ์การใช้เอกสารสิทธิบัตร
เพื่อการวิจัยและพัฒนา และเรื่องการพัฒนากระบวนการคุณภาพห้องปฏิบัติการใน
หน่วยงานของรัฐ โดยวิทยากรผู้ทรงคุณวุฒิจากภายนอก
(11 ต.ค. 2538, 26 ม.ค. 2539) 15-16

16



ความเป็นพิษของสารเคมีนั้น ความสามารถในการละลายของสารในของเหลวในร่างกาย ความเข้มข้นของสาร และระยะเวลาที่ได้รับสาร

2) การกลืน ความประมาทหรือไม่ได้ระมัดระวังในเรื่องความสะอาด อาจทำให้สารเคมีเป็นพิษเข้าสู่ร่างกายของผู้ปฏิบัติงาน ในห้องปฏิบัติการที่สัมผัสสารเคมีได้ โดยทางปาก แล้วซึมเข้าสู่ร่างกายทางลำไส้ ซึ่งจะป้องกันได้โดยการฝึกวิธีปฏิบัติให้เป็นนิสัยดังนี้

- ล้างมือทันทีเมื่อเสร็จจากการใช้สารพิษ ก่อนออกจากห้องปฏิบัติการ และก่อนจับสิ่งของเข้าปาก

- อย่าเก็บอาหารและเครื่องดื่มไว้ในห้องปฏิบัติการและไม่รับประทานอาหารในห้องปฏิบัติการ หรือบริเวณที่เก็บสารเคมี

- ไม่ชิมสารเคมีและไม่ใช้ปากดูดปิเปตต์ หรือดูดท่อเพื่อถ่ายสารเคมีที่เป็นของเหลว

3) หากมีการสัมผัสสารเคมีที่ผิวหนังหรือสารเคมีกระเด็นเข้าตา จะทำให้เกิดอันตรายได้ การเกิดอันตรายลักษณะนี้มักพบบ่อย อันตรายที่เกิดกับผิวหนังหรือตา อาจป้องกันได้โดยสวมเครื่องป้องกันที่เหมาะสม ถ้าสารเคมีอันตรายสัมผัสที่ผิวหนัง ควรล้างด้วยน้ำมาก ๆ แล้วแช่น้ำไว้ 15 นาที จากนั้นจึงไปรับการรักษาน้ำ หรือใส่ยา

4) การที่ได้รับสารเคมีหรือสารอันตรายเข้าสู่ร่างกายโดยตรง เช่น การใช้เข็มฉีดยาเพื่อฉีดยาสารเข้าเครื่องมือ หรือฉีดสัตว์ทดลอง อาจเกิดผลพลหลัง หรือถูกสิ่งที่เป็นอันตรายเคมีบาดหรือตำ ทำให้สารเคมีเข้าสู่ร่างกายทางกระแสโลหิต อันตรายในกรณีนี้เหมือนกับการทดลองฉีดสารเข้าในสัตว์หรือคนที่ใช้ทดลองสารหรือยาจึงต้องระมัดระวังในการปฏิบัติงานที่เสี่ยงต่อการได้รับสารอันตรายเข้าสู่ร่างกายโดยตรง

3.2 อันตรายที่เกิดจากวิธีการใช้สารเคมี

การใช้สารเคมีอาจเกิดอันตรายได้ทั้งทางกายภาพและทางเคมี เช่น สารไวไฟทำให้เกิดไฟไหม้ สารบางชนิดระเบิดได้ ปฏิกิริยาเคมีหลายชนิดทำให้เกิดความร้อน สิ่งเหล่านี้เป็นอันตรายที่เกิดขึ้นทันทีที่อาจเกิดขึ้นได้ในห้องปฏิบัติการ จึงต้องมีการระมัดระวังและพร้อมป้องกันอุบัติเหตุอยู่เสมอ นอกจากนี้อันตรายจากการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการอาจเกิดขึ้นโดยใช้ระยะเวลาสั้นก็ได้ เช่น พิษสะสมของสารพิษที่เข้าสู่ร่างกายทีละน้อย ดังนั้นผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการจึงควรสนใจ

และระมัดระวังในสิ่งเหล่านี้ด้วย

3.3 อันตรายจากการเก็บสารเคมี สิ่งที่ต้องระวังในการดูแลรักษาและการใช้สารไวไฟมีดังนี้

1) เก็บหรือใช้สารไวไฟเฉพาะในบริเวณที่ไม่มีแหล่งจุดระเบิด

2) ห้ามให้ความร้อนแก่สารไวไฟด้วยเปลวไฟโดยตรง ควรใช้อ่างทรายร้อน อ่างน้ำร้อน อากาศร้อน เตาไฟฟ้าชนิดบุฉนวน (heating mantle)

3) เมื่อถ่ายสารไวไฟลงในเครื่องมือที่ทำด้วยโลหะ ต้องระวังการเคลื่อนของไฟฟ้าสถิตที่อาจทำให้เกิดประกายไฟ ซึ่งจะทำให้เกิดการติดไฟได้ ควรป้องกันโดยมีสายดิน

4) บริเวณปฏิบัติงานที่มีการใช้สารไวไฟ ต้องมีระบบระบายอากาศที่ดี เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดไอสารผสมกับอากาศในสัดส่วนที่อาจติดไฟได้

การป้องกันอันตรายที่อาจเกิดกับบุคลากรของห้องปฏิบัติการ

การป้องกันอันตรายที่อาจเกิดกับบุคลากรของห้องปฏิบัติการโดยทั่วไป อาจแบ่งออกเป็น 2 ประเด็น ได้แก่

1. การดูแลความเป็นระเบียบเรียบร้อยของห้องปฏิบัติการ

ผู้ดูแลรับผิดชอบห้องปฏิบัติการ ควรจัดให้มีชั้นวางของและตู้เก็บสิ่งของเครื่องใช้ต่าง ๆ อย่างเพียงพอ และดูแลให้มีการเก็บสิ่งของเครื่องใช้เข้าที่อยู่เสมอ ต้องมีระบบการทำความสะอาดที่เหมาะสมสำหรับห้องปฏิบัติการ ด้านชีววิทยา ด้านเคมี และด้านกายภาพ ห้องปฏิบัติการที่จัดให้เป็นระเบียบ และมีความสะอาดเรียบร้อย จะช่วยลดอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานและช่วยให้ทำงานได้สะดวก รวดเร็วขึ้น

2. การดูแลป้องกันอันตรายที่เกิดจากการปฏิบัติงาน

2.1 การใช้สารที่ระเบิดง่าย จะต้องมียุทธวิธีรักษาความปลอดภัยเป็นพิเศษ และต้องซักซ้อมความเข้าใจของผู้ใช้ให้ชัดเจน และต้องปฏิบัติตามวิธีการใช้โดยเคร่งครัด ช้อนและนำเมื่อปฏิบัติงานกับวัตถุที่อาจจะระเบิดได้มีดังนี้

1) ผู้ปฏิบัติงานต้องสวมแว่นตานิรภัยชนิดพิเศษ สวมเครื่องป้องกันใบหน้าและลำคอ สวมถุงมือ

2) ควรมีสิ่งป้องกันอันตรายรอบบริเวณที่อาจเกิดอันตรายจากการระเบิด

3) ทำหีวยึดเตือนภัยติดไว้ในบริเวณที่อาจเกิดอันตราย ให้มองเห็นได้ชัดเจนในระยะไกลพอสมควร

4) ควรเตรียมเครื่องมืออุปกรณ์ป้องกันอันตรายที่อาจเกิดแก่ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายไว้ให้ครบ

2.2 การป้องกันอันตรายจากเครื่องใช้ไฟฟ้า ผู้ปฏิบัติงานต้องมีความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการ ข้อควรระวังอันตรายจากเครื่องใช้ไฟฟ้ามีดังนี้

1) ต้องระมัดระวังพิเศษ เมื่อใช้เครื่องไฟฟ้าที่มีระบบการหมุนเหวี่ยงและไม่มีการป้องกันอันตราย

2) เมื่อต้องปฏิบัติงานที่มีการสัมผัสเครื่องไฟฟ้า อาจเกิดอันตรายจากกระแสไฟฟ้า จึงควรจับเครื่องใช้ไฟฟ้าด้วยมือข้างเดียว ส่วนมืออีกข้างหนึ่งให้ไว้ด้านหลัง ทั้งนี้จะช่วยป้องกันไม่ให้ไฟฟ้าที่รั่วผ่านหัวใจโดยตรงหากถูกไฟดูด

3) ไม่วางเครื่องมือที่ใช้ไฟฟ้าบนโต๊ะหรือฐานที่ทำด้วยโลหะ เพราะถ้ามีไฟฟ้ารั่วจากเครื่องไฟฟ้านั้นอาจทำให้ผู้ที่สัมผัสโต๊ะหรือฐานโลหะนั้นได้รับอันตรายจากไฟดูดได้ และใช้ฉนวนป้องกันเมื่อทำงานที่ใช้ไฟแรงสูง

4) ถ้าทำงานในสถานที่ใหม่ ควรตรวจสอบว่าเต้าเสียบไฟทุกตัวอยู่ในสภาพที่ปลอดภัยและมีสายดิน

2.3 การป้องกันอันตรายจากการใช้สารเคมี ผู้ปฏิบัติงานต้องมีความรู้เกี่ยวกับวิธีการใช้สารเคมีอย่างปลอดภัย ดังนี้

1) สารประเภทกรด ในกรณีที่ต้องให้ความร้อนกับสารที่มีฤทธิ์เป็นกรด หรือปฏิบัติงานทดสอบที่มีปฏิกิริยาซึ่งเกิดไอของกรด ต้องมีอุปกรณ์ดูดไอกรดชนิดที่มีความคงทนต่อกรดได้ และในขณะที่ทำการเจือจางกรด ต้องเทกรดเข้มข้นลงน้ำเสมอ เว้นแต่วิธีวิเคราะห์จะระบุเป็นอย่างอื่น ต้องระมัดระวังไม่ให้กรดสัมผัสกับผิวหนังและกรดกระเด็นเข้าตา การสวมถุงมือกันกรดและสวมแว่นตานิรภัยจะช่วยป้องกันอันตรายได้

2) สารประเภทต่าง ๆ สารที่มีฤทธิ์เป็นต่างอาจทำให้ผิวหนังไหม้ เป็นอันตรายต่อตาและระบบหายใจ เมื่อปฏิบัติงานกับสารประเภทต่างเข้มข้นต้องทำในตู้ดูดควัน ควรสวมถุงมือยางและหน้ากากกันไอพิษ

3) สารประเภทตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvents) สารประเภทนี้มักจะเป็นสารไวไฟ ต้องระวังไม่ให้ไอของสารสะสมในบริเวณที่ปฏิบัติงานจนถึงระดับที่ติดไฟได้ โดย

ใช้อุปกรณ์ดูดควันหรือไอที่มีประสิทธิภาพ ไอของตัวทำละลายอินทรีย์บางชนิดมีความเป็นพิษสูง และถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายทางผิวหนังได้ การปฏิบัติงานโดยใช้ดูดควันที่มีประสิทธิภาพจะช่วยลดอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับผู้ปฏิบัติงานได้เป็นอย่างดี

4) ผู้ปฏิบัติการในห้องปฏิบัติการ ต้องมีความรู้เกี่ยวกับอันตรายของสารเคมีเป็นพิษที่ใช้อยู่

2.4 การป้องกันอันตรายจากรังสี ผู้ที่ปฏิบัติงานต้องมีการรับรองคุณสมบัติจากเจ้าหน้าที่ด้านป้องกันอันตรายจากรังสี และต้องมีความรู้ตามคู่มือความปลอดภัยเกี่ยวกับรังสี ข้อควรระวังทั่วไปมีดังนี้

1) ต้องติดมาตรปริมาณรังสี (dosimeter) ไว้ที่ตัวเสมอ เมื่อทำงานในบริเวณที่อาจมีรังสี หรือสารกัมมันตรังสี

2) ห้ามมองลำแสงเลเซอร์ในทุกกรณี และต้องระวังไม่ให้มีวัตถุที่อาจสะท้อนรังสีได้ในบริเวณนั้นด้วย

3) ต้องระมัดระวังเมื่อทำงานกับแหล่งกำเนิดแสง โดยเฉพาะหลอดไฟแสง UV รวมทั้งหลอดไอปรอท

2.5 การอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน

โต๊ะปฏิบัติการต้องออกแบบให้มีขนาดสูงพอเหมาะ มีอ่างน้ำอยู่เป็นระยะ ๆ ให้เข้าถึงได้ง่ายเมื่อเกิดอุบัติเหตุ ชั้นที่ตั้งบนโต๊ะต้องไม่สูงเกินไปจนสุดเอื้อม ท่อแก๊ส แก๊สเชื้อเพลิง น้ำควรมีสีที่แตกต่างกันเพื่อป้องกันการใช้ผิดประเภท เฟอร์นิเจอร์ต้องทำจากวัสดุที่ทนทานและแข็งแรง ต้องจัดหาเครื่องป้องกันอันตรายใส่ตู้กระจกไว้ ให้มองเห็นได้ง่ายและหยิบใช้ได้สะดวก จัดให้มีถังขยะที่ทำด้วยวัสดุที่เหมาะสมอย่างเพียงพอ

การปฐมพยาบาล

การปฐมพยาบาล หมายถึงการช่วยเหลือในเบื้องต้นภายในห้องปฏิบัติการ กรณีที่เกิดอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงาน เพื่อลดอันตรายจากการบาดเจ็บ ถ้าเกิดมีการบาดเจ็บเพียงเล็กน้อย การปฐมพยาบาลอาจเพียงพอสำหรับการรักษา แต่กรณีที่มีการบาดเจ็บมากหรืออาการรุนแรง ควรนำไปหาแพทย์โดยเร็วที่สุด โดยทั่วไปการปฐมพยาบาลจะเป็นเพียงการช่วยชั่วคราว จนกว่าจะได้รับการดูแลรักษาจากแพทย์ จึงจำเป็นต้องจัดให้มีบุคคลในห้องปฏิบัติการ ที่ได้รับการอบรมเรื่องการปฐม

พยาบาลโดยเฉพาะการช่วยหายใจ เพราะสารเคมีบางชนิด เช่น cyanide มีอันตรายเฉียบพลันและไม่สามารถรอการรักษามาจากแพทย์ หรือส่งผู้ได้รับอันตรายไปยังโรงพยาบาลได้ ห้องปฏิบัติการจึงควรคำนึงถึงอันตรายเฉพาะที่ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ในแต่ละการทดลองและจัดหาตู้เก็บอุปกรณ์ปฐมพยาบาลไว้ให้พร้อม ห้องปฏิบัติการบางประเภทอาจต้องเตรียมหน้ากากออกซิเจนไว้เป็นอุปกรณ์ช่วยปฐมพยาบาลด้วย

อุปกรณ์และสิ่งอำนวยความสะดวกในระบอบความปลอดภัยและการป้องกันอัคคีภัย

1. เครื่องมือด้านความปลอดภัยและอุปกรณ์ฉุกเฉิน

ในการป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นในการปฏิบัติงานทางห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์สาขาต่าง ๆ จำเป็นต้องมีเครื่องมือซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ เครื่องมือด้านความปลอดภัยและอุปกรณ์ฉุกเฉิน ข้อแตกต่างระหว่างเครื่องมือด้านความปลอดภัยและอุปกรณ์ฉุกเฉิน อยู่ที่วัตถุประสงค์และขั้นตอนการใช้งาน กล่าวคือ เครื่องมือด้านความปลอดภัยมีไว้เพื่อป้องกันอันตราย และใช้ก่อนที่อุบัติเหตุจะเกิดขึ้น ส่วนอุปกรณ์ฉุกเฉินใช้เมื่ออุบัติเหตุได้เกิดขึ้นแล้ว เพื่อลดการบาดเจ็บของบุคลากรหรือความเสียหายของเครื่องมือหรือสถานที่ ตัวอย่างเช่น แวนดานิกซ์เป็นเครื่องมือด้านความปลอดภัย ในขณะที่ทำน้ำพุสำหรับล้างตาเป็นอุปกรณ์ฉุกเฉินห้องปฏิบัติการควรจัดหาและดูแลเครื่องมืออุปกรณ์เหล่านี้ให้ใช้งานได้อยู่เสมอ โดยเฉพาะรายการดังต่อไปนี้

1) เครื่องมือด้านความปลอดภัย เช่น ผ้าขี้ริ้วกันเปื้อน แวนดานิกซ์ หน้ากากกันฝุ่น หน้ากากป้องกันไอพิษ ถุงมือยางหรือพลาสติกชนิดที่ใช้แล้วทิ้ง แผงพลาสติกใสป้องกันการกระเด็น ลูกยางสำหรับปีเป็ด ถาดยางแข็งใช้เคลื่อนย้ายขวดบรรจุกรดหรือด่าง ตู้เหล็กเก็บขวดสารตัวทำละลายที่ใช้ในงานประจำวันรวมทั้งดูดควัน laminar flow cabinet และ glove box สำหรับงานที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีหรือเชื้อโรคอันตราย เครื่องกำบังกรณีทำงานเกี่ยวกับรังสีหรืองานที่มีการใช้แรงดันสูงหรือใช้สุญญากาศกับเครื่องแก้ว เครื่องแต่งกาย เช่น เสื้อคลุมสำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการ รองเท้านิรภัย หมวกนิรภัย นอกจากนี้อาคารห้องปฏิบัติการจะต้องมีอุปกรณ์ตรวจสอบการเกิดควันหรือความร้อนเกินสภาวะปกติ ซึ่งเป็นสิ่งบ่งชี้การเกิดอัคคีภัย

ต้องมีระบบไฟฟ้าฉุกเฉิน ระบบตัดวงจรไฟฟ้าฉุกเฉิน เพื่อตัดระบบการระบายอากาศและระบบดูดควันของอาคารห้องปฏิบัติการเมื่อเกิดเหตุจำเป็น จัดให้มีสัญญาณเตือนภัยกรณีเกิดไฟไหม้บางบริเวณที่มีความเสี่ยงอันตรายสูงอาจต้องก่อสร้างด้วยวัสดุทนไฟ ห้องปฏิบัติการต้องมีทางออกอย่างน้อย 2 ทาง ประตูหนีไฟต้องมีป้ายแสดงทางออกที่มีแสงส่องสว่างอยู่เสมอ ประตูทางออกจากอาคารควรเป็นชนิดผลักออกด้านนอก

2) อุปกรณ์ฉุกเฉิน จะต้องดูแลให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้อยู่เสมอ มีการตรวจสอบความพร้อมเป็นระยะและบุคลากรของห้องปฏิบัติการจะต้องได้รับการอบรมให้สามารถใช้อุปกรณ์เหล่านี้ได้เมื่อจำเป็น เช่น

- เครื่องพ่นยาเพลิง และเครื่องดับเพลิง ซึ่งมีหลายชนิด การติดตั้งอาจจำเป็นต้องทำหลายจุดในอาคาร ตามความสะดวกในการใช้งาน ผ้าห่มสำหรับดับไฟชนิดติดผนังใช้เมื่อเกิดไฟลุกไหม้ที่ตัวคนควรติดตั้งไว้ใกล้ห้องปฏิบัติการ

- อ่างล้างตาชนิดมีน้ำพุ ควรติดตั้งไว้ใกล้อ่างน้ำ และมีฝักบัวฉุกเฉินติดตั้งไว้ในห้องปฏิบัติการ

- ชุดชุดขับกรด และตัวทำละลาย พร้อมติดป้ายวิธีการใช้ที่ถูกต้อง

- หน้ากากกันไอพิษ พร้อมถังออกซิเจน การทำงานในห้องปฏิบัติการเป็นสภาวะที่เสี่ยงอันตรายค่อนข้างมาก ดังนั้นผู้ดำเนินการห้องปฏิบัติการจึงควรตระหนักถึงการรักษาความปลอดภัยของทั้งบุคลากรและทรัพย์สิน ควรจัดให้มีเครื่องมือด้านความปลอดภัยให้เพียงพอแก่การใช้งาน และมีกฎระเบียบให้ผู้ปฏิบัติงานทำงานด้วยความระมัดระวังเป็นพิเศษและพร้อมที่จะป้องกันตนเองจากอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างเสมอ โดยกำหนดให้มีวิธีการควบคุมอันตรายถ้าเกิดขึ้น สร้างระบบความปลอดภัยและกำหนดการหลบหลีกภัยในการทดลองหรือการวิเคราะห์ทุกชนิด แม้อุบัติเหตุร้ายแรงที่มีผลต่อสุขภาพสาวยตา หรือแม้แต่ต่อชีวิตนั้นจะไม่ได้เกิดขึ้นบ่อยนัก แต่อันตรายส่วนใหญ่มักเกิดจากความเลินเล่อของผู้ปฏิบัติงานเอง ซึ่งเป็นสิ่งที่สามารถป้องกันได้ โดยให้หมั่นตั้งคำถามว่า “จะเกิดอะไรขึ้นถ้า...” ก่อนที่จะลงมือปฏิบัติงาน คำตอบที่เหมาะสมสำหรับคำถามข้างต้นอาจต้องใช้ความรู้ด้านอันตรายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งกับสารเคมี เชื้อโรคและเครื่องมืออุปกรณ์

การหาน้ำหนักโมเลกุลของสารโพลิเมอร์ โดย GPC

จินตนา ลีกิจวัฒน์

Gel Permeation Chromatography (GPC) เป็นวิธีใช้ในการหาน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย (average molecular weight) และการกระจายของน้ำหนักโมเลกุล (molecular weight distribution) ของสารโพลิเมอร์ได้รวดเร็วที่สุดในปัจจุบัน คำทั้งสองนี้สามารถบอกคุณสมบัติของสารโพลิเมอร์ได้ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการผลิตและการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์จากสารโพลิเมอร์ได้

เนื่องจากโพลิเมอร์สังเคราะห์ (synthetic polymers) ไม่ใช่สารประกอบบริสุทธิ์ (pure compound) แต่เป็นส่วนผสมของสารที่มีมวลโมเลกุลต่าง ๆ กัน กล่าวคือ มีการกระจายของมวลโมเลกุลเรียกว่า เป็น polydisperse ถ้าทุกโมเลกุลของโพลิเมอร์มีมวลเท่ากัน หรือเกือบจะเท่ากัน โพลิเมอร์นั้นเรียกว่าเป็น monodisperse ซึ่งได้แก่พวกชีวแมโครโมเลกุล (biological macromolecular species) เช่น เอนไซม์ (enzyme), โปรตีน (protein) เป็นต้น

ค่ามวลโมเลกุลเฉลี่ยหรือน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย ที่สำคัญ ได้แก่

$\bar{M}_n$ คือ Number Average Molecular Weight

$\bar{M}_w$ คือ Weight Average Molecular Weight

$\bar{M}_z$ เป็นค่าที่มีประโยชน์มากและนิยมใช้มากกว่า $\bar{M}_n$ เพราะว่า $\bar{M}_w$ จะบอกสมบัติที่สำคัญ ๆ ของสารโพลิเมอร์ เช่น melt viscosity และคุณสมบัติเชิงกล (mechanical properties) ของโพลิเมอร์ได้ สิ่งที่สำคัญที่ศึกษากันถึงการกระจายของน้ำหนักโมเลกุลเพื่อจะอธิบายถึงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ และคุณสมบัติเชิงกลที่สำคัญ ๆ ของโพลิเมอร์ ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้มีประโยชน์ในขบวนการผลิต และการควบคุมคุณภาพด้วย

นอกจากนี้ ยังมีค่าน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยอื่น ๆ อีก 2 ค่า ซึ่งจะใช้อธิบายถึงสมบัติของสารโพลิเมอร์ได้ ได้แก่

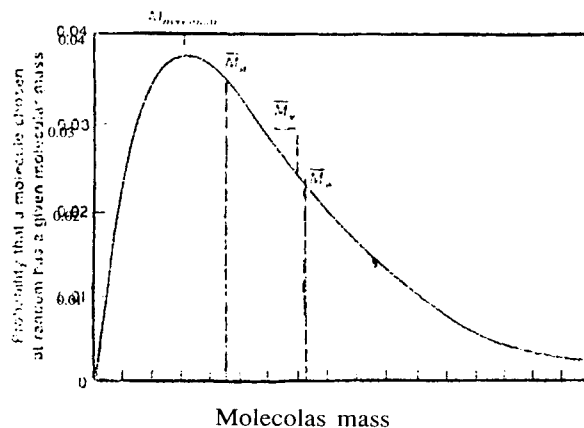
$\bar{M}_z$ คือ Z-average Molecular Weight

$\bar{M}_v$ คือ Viscosity Average Molecular Weight

อัตราส่วนของน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย มีประโยชน์ในการบอกค่าการกระจายของน้ำหนักโมเลกุล สารพวก monodisperse polymer น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยจะเกือบเท่ากันคือ $\bar{M}_w : \bar{M}_n = 1$ สารพวก polydisperse polymer น้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยจะเกือบเท่ากันคือ $\bar{M}_w : \bar{M}_n = 3 : 2 : 1$ ถ้าการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุลของโพลิเมอร์อยู่ในช่วงกว้าง $\bar{M}_w : \bar{M}_n$ อาจจะเพิ่มมากกว่า 25 ก็ได้

อัตราส่วนของ $\bar{M}_w : \bar{M}_n$ โดยทั่วไป เรียกว่า polydispersity index

สารที่มีโมเลกุลเล็กจะไหลเข้าไปในรูพรุน (pore) ของ gel ซึ่งจะใช้เวลาในการที่ตัวทำละลายจะชะล้างออกจากรูพรุนของ gel ส่วนโมเลกุลใหญ่จะไหลออกจาก column ได้เร็วกว่า เนื่องจากขนาดของโมเลกุลใหญ่กว่ารูพรุนของ gel ไม่สามารถเข้าไปในรูพรุนของ gel จึงได้ไหลออกจาก column ได้เร็วกว่า เวลาหรือปริมาตรของตัวทำละลายที่ใช้ในการชะล้าง V_e (volume of elution) เป็นปฏิภาคกลับกับขนาดของโมเลกุล (molecular size) ถ้าขนาดของรูพรุน (pore size) เล็กเกินไปจะไม่มีโมเลกุลไหนหลุดเข้าไปได้ ก็จะแยกขนาดของโมเลกุลไม่ได้ ขณะเดียวกันถ้ารูพรุนขนาดใหญ่เกินไป โมเลกุลทุกโมเลกุลจะเข้าไปในรูพรุนได้



รูปที่ 1 ภาพแสดงการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุลของโพลิเมอร์

GPC เป็นรูปแบบหนึ่งของ Liquid Chromatography ใน GPC โมเลกุลของสารจะถูกแยกออกตามขนาดของโมเลกุล โพลิเมอร์จะละลายในตัวทำละลาย (solvent) ที่เหมาะสม ตัวทำละลายที่ละลายโพลิเมอร์จะเป็นตัวทำละลายชนิดเดียวกับที่ไหลผ่านใน column เมื่อฉีดสารละลายโพลิเมอร์ที่มีความเข้มข้นประมาณ 0.1 - 2% โดยน้ำหนักเข้าไปในระบบตัวทำละลายซึ่งไหลผ่านในระบบจะพาโพลิเมอร์ที่เราฉีดเข้าไปให้ไหลผ่านเข้า column ซึ่งภายใน column จะบรรจุด้วย microporous gel particle

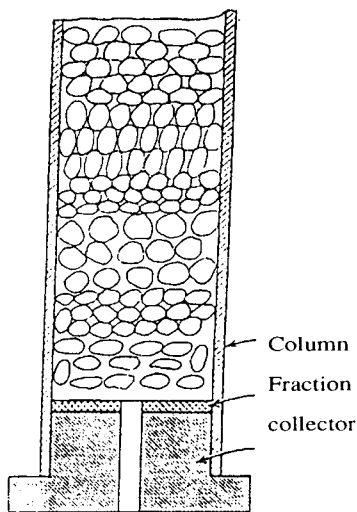
เราจะแยกโมเลกุลไม่ได้ดีหรืออาจจะไม่ได้เลย เพราะฉะนั้นการเลือกขนาดสารที่จะบรรจุใน column เพื่อให้มีขนาดรูพรุนที่เหมาะสมกับขนาดโมเลกุล จึงสำคัญมาก

GPC ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. Solvent Delivery System ส่วนของการส่งผ่านตัวทำละลายผ่านระบบคือผ่านเข้า column และ detector

2. Column ซึ่งประกอบด้วย microporous gel ขนาดที่เหมาะสมกับช่วงน้ำหนักโมเลกุลของโพลิเมอร์

3. Injection System ส่วนฉีดสาร



รูปที่ 2 ภาพตัดตามยาวของ column

เข้าระบบ เมื่อฉีดสารละลายโพลิเมอร์เข้าระบบสามารถนำสารเข้าสู่ระบบด้วยปริมาตรที่แน่นอนโดยไม่รบกวนการไหลผ่านของสารละลายในระบบ

สารที่บรรจุใน column ทำให้มีความเสถียรดีขึ้น (stability of crosslinked gel) สามารถใช้ตัวทำละลายซึ่ง polar มากขึ้นได้ เช่น dimethylformamide, O-Chlorophenol และ N-methyl pyrrolidone ทำให้เราสามารถหาน้ำหนักโมเลกุลของ nylon และ polyethylene terephthalate (PET) ได้ที่อุณหภูมิปกติ (ambient) อย่างไรก็ตาม การใช้อุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิปกติ จะช่วยให้การแยกสารได้เร็วขึ้น สำหรับสารพวก semi crystalline polymer เช่น polyethylene (PE) และ polypropylene (PP) ต้อง

ใช้อุณหภูมิสูงประมาณ 130°C. ในการแยกเนื่องจาก PE และ PP ละลายยากมาก และต้องใช้อุณหภูมิสูงในการทำละลาย

Column GPC ที่มี pore size ขนาด

แม้ว่า GPC จะแยกโมเลกุลตามขนาดของโมเลกุล แต่ไม่ได้บอกค่าของ molecular weight โดยตรง ต้องมีการ calibrate ด้วย โพลิเมอร์มาตรฐานที่รู้น้ำหนักของโมเลกุลโดยทั่วไปใช้ polystyrene standard ขนาดน้ำหนักโมเลกุลตั้งแต่ $500-15 \times 10^6$ เพราะ polystyrene มีค่า $\bar{M}_w/\bar{M}_n \approx 1.05$ จึงนิยมใช้มาก standard อื่นที่ใช้ก็มี poly (methylmethacrylate) poly (α -methylstyrene) เป็นต้น

ค่า molecular weight averages ($\bar{M}_n, \bar{M}_w, \bar{M}_v$) คำนวณจาก GPC Curve ของสารมาตรฐาน และทำ calibration curve เพื่อให้ได้ค่า molecular weight average ที่ใกล้เคียงกับค่าที่แท้จริงมากที่สุด เมื่อเราฉีดสารละลายโพลิเมอร์ จนได้ GPC curve ออกมา เครื่อง computer จะคำนวณผลออกมาเป็นค่า average molecular weight ($\bar{M}_n, \bar{M}_w$ และ $\bar{M}_v$) ความสามารถของ GPC ในการแยกสารโมเลกุลใหญ่ออกจากสารโมเลกุลเล็ก มีประโยชน์มากใน polymer science และเนื่องจาก GPC สามารถบอกค่าการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุล (molecular weight distribution) สามารถใช้ในการควบคุมคุณภาพในอุตสาหกรรมการผลิตเม็ดพลาสติก และค่าการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุลนี้ยังสามารถแก้ปัญหาในขบวนการผลิต สามารถบอกถึงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ (physical properties) และคุณสมบัติเชิงกล (mechanical properties) ของโพลิเมอร์นั้นได้ จึงเป็นประโยชน์มากในอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเม็ดพลาสติก

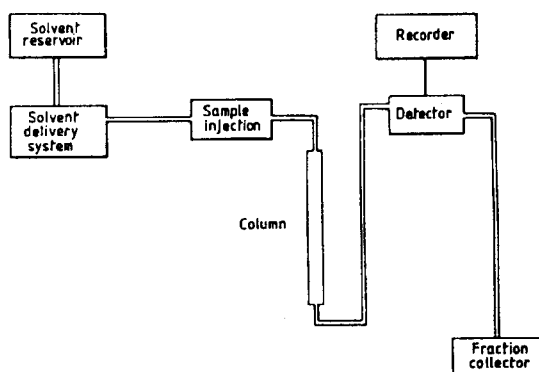


Figure 2.13 Schematic of typical gel permeation chromatograph.

รูปที่ 3 แผนผังแสดงส่วนประกอบของ GPC

4. Detector System ซึ่งจะส่งสัญญาณไปยัง recorder

5. Recorder จะส่งสัญญาณเข้า computer

Column ทั่วไปจะบรรจุด้วย microporous crosslinked Styrene divinylbenzene gel หรือ porous glasses หรือ silica ส่วน Inorganic packing เหมาะสำหรับสารที่ละลายในน้ำ (aqueous solution work) Styrene divinylbenzene gels เหมาะสำหรับสารละลายพวก nonpolar organic solvent เช่น toluene, tetrahydrofuran เป็นต้น ในปัจจุบันมีการปรับปรุงคุณสมบัติของ

$0.5 - 10^5$ nm สามารถแยกโมเลกุล ขนาด <100 ถึง 4×10^7 nm ได้ column ทั่วไปจะยาวประมาณ 30-60 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของ column 7.5 มิลลิเมตร column ทำด้วย stainless steel เนื่องจากเป็นพวก non reactive

Detector โดยปกติทั่วไปใช้ differential refractometer ซึ่งจะวัดค่า refractive index ค่า refractive index จะเปลี่ยนแปลงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของโพลิเมอร์ นอกจากนี้ยังมี detector อื่น ๆ เช่น ultraviolet/visible absorption instrument, viscosity/detector เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- Campbell, D. and White, JR. Polymer characterization physical techniques. London : Chapman & Hall, 1989.
- Encyclopedia of polymer science and technology. Vol. 7 New York : Interscience Publishers, 1967. p. 241
- Robinson, Kenneth A. Chemical analysis Boston, Mass : Little Brown and company, 1987.

การผลิตเอนไซม์โปรทีเอสโดยเชื้อรา

เกรียงไกร นาคะเกษ

เอนไซม์โปรทีเอสเป็นเอนไซม์ที่มีประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมหลายชนิด เช่น การผลิตขนมปัง การผลิตเบียร์ และการทำชีวส์ เต้าเจี้ยว เป็นต้น การผลิตเอนไซม์โปรทีเอสจากเชื้อราโดยทั่วไปนิยมหมักแบบ solid state การหมักแบบนี้เป็นการเลี้ยงเชื้อราโดยใช้ธัญพืช เช่น ข้าว และรำข้าว เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ ข้อดีของการหมักแบบนี้คือ เครื่องมือที่ใช้มีราคาไม่แพง ลงทุนน้อย และยังยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียที่ไม่ต้องการได้อีกด้วย เนื่องจากใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่มีความชื้นต่ำ

เชื้อรา *Aspergillus oryzae* และ *Rhizopus oligosporus* ใช้ในการผลิตอาหารในประเทศแถบเอเชียมาเป็นเวลานาน และพบว่าเชื้อราทั้งสองชนิดสามารถผลิตเอนไซม์โปรทีเอสได้ในปริมาณมากด้วยวิธีการหมักแบบ solid state ดังนั้นจึงนำเชื้อราทั้งสองชนิดนี้มาทดลองผลิตเอนไซม์โปรทีเอสโดยใช้รำข้าว ซึ่งเป็นผลิตผลพลอยได้จากการสีข้าวที่มีราคาถูกและมีปริมาณมากเป็นวัตถุดิบ และศึกษาสมบัติของเอนไซม์โปรทีเอสที่ผลิตขึ้น

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

1. เพื่อคัดเลือกเชื้อราที่สามารถผลิตเอนไซม์โปรทีเอสจากข้าวได้ในปริมาณสูง
2. เพื่อศึกษาสมบัติของโปรทีเอสที่ผลิตได้จากเชื้อราที่คัดเลือกแล้ว

เชื้อราที่ใช้ในการทดลอง

Aspergillus oryzae ACM 146F และ *Rhizopus oligosporus* ACM 145F
วิธีทดลอง

1. การผลิตเอนไซม์ด้วยวิธีการหมักแบบ solid state

นำรำข้าว 12.5 กรัม ผสมกับสารละลายอาหาร Hortico trace element fertilizer ในน้ำกลั่น ร้อยละ 0.01 ปริมาณ 7.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร แบ่งใส่ในขวดแก้วรูปชมพู่ ขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร 2 ใบในปริมาณเท่าๆ กัน นำไปฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที รอ

ให้เย็นแล้วเติมสารละลายสปอร์เชื้อรา 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร นำไปเพาะเชื้อที่ 30 องศาเซลเซียส สำหรับเชื้อรา *Aspergillus oryzae* และ 37 องศาเซลเซียส สำหรับ *Rhizopus oligosporus*

สารละลายสปอร์เตรียมโดยเติมน้ำกลั่นที่ฆ่าเชื้อแล้ว 10 ลูกบาศก์เซนติเมตรลงในหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีเชื้อราบริสุทธิ์เจริญอยู่โปเตโดเคกซ์โตรส 3 วัน

2. การวิเคราะห์เอนไซม์

2.1 สารเคมี และ วิธีเตรียม

2.1.1 สารละลายโซเดียมคลอไรด์ ร้อยละ 5

2.1.2 สารละลาย bovine serum albumin (BSA) ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรในสารละลายซีเตรตบัฟเฟอร์ 0.1 โมลาร์ มีความเป็นกรดต่างเท่ากับ 3

2.1.3 สารละลายกรดไตรคลอโรอะซิติก ร้อยละ 10

2.1.4 สารละลาย A : สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ร้อยละ 2 ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 โมลาร์

2.1.5 สารละลาย B : สารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต ร้อยละ 0.5

2.1.6 สารละลาย C : ผสมสารละลาย A และสารละลาย B ในอัตราส่วน 50 ต่อ 1

2.1.7 สารละลาย D : สารละลายฟอสฟอรัส โมลิบเดต 0.1 นอร์มอล

2.2 การสกัดเอนไซม์

เติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (2.1.1) 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรลงในขวดแก้วรูปชมพู่ที่มีเชื้อราที่เพาะจากข้อ 1. ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วย Virtis homogenizer แล้วสกัดเอนไซม์ออกโดยใช้ rotary shaker ด้วยความเร็ว 70 ถึง 80 รอบต่อนาที นาน 1 ชั่วโมง นำส่วนผสมที่มีเอนไซม์อยู่ไปปั่นด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง แล้วแยกส่วนที่เป็นของเหลวไปวิเคราะห์ต่อไป

ต่อไป

2.3 วิธีวิเคราะห์

หาปริมาณไทโรซีนที่เกิดขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาการย่อยโปรตีนของเอนไซม์โปรทีเอส โปรตีนที่ใช้ คือ สารละลาย bovine serum albumin (BSA) (2.1.2) เติมสารละลาย BSA 0.265 ลูกบาศก์เซนติเมตร และสารละลายเอนไซม์ (ที่สกัดได้จากข้อ 2.2) 0.2 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก นำไปแช่ในอ่างน้ำที่ 40 องศาเซลเซียส นาน 45 นาที เติมสารละลายกรดไตรคลอโรอะซิติก (2.1.3) ลงไป 0.3 ลูกบาศก์เซนติเมตร เพื่อยุติปฏิกิริยาของเอนไซม์โปรทีเอส แล้วนำไปปั่นด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง แยกเอาส่วนของเหลวที่มีไทโรซีนละลายอยู่ในวิเคราะห์ต่อด้วยปฏิกิริยาฟอลิน

ปฏิกิริยาฟอลินทำโดยนำของเหลวใสที่ได้ 0.3 ลูกบาศก์เซนติเมตรมาเติมน้ำกลั่นปริมาตรเท่ากันลงในหลอดทดลองขนาด 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมสารละลาย C 3 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผสมให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ 10 นาที เติมสารละลาย D 0.3 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้อีก 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร โดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ แล้วนำไปเทียบกับการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นเดียวกันของสารละลายมาตรฐานไทโรซีนที่มีความเข้มข้น 0 ถึง 0.184 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

2.4 การคำนวณ

นำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้มาคำนวณปริมาณไทโรซีนโดยเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน แล้วนำมาคำนวณเป็นหน่วยโปรทีเอส แอกทิวิตี (PU) 1(PU) เท่ากับ 1 นาโนโมลของไทโรซีนที่ผลิตขึ้นภายในเวลา 45 นาที ตามวิธีในข้อ 2.3

3. ศึกษาการทำงานของเอนไซม์ที่ ค่าความเป็นกรด-ด่างต่าง ๆ

ทำการวิเคราะห์ดังในข้อ 2.2 ส่วน
โปรตีนใช้สารละลาย BSA ในสารละลาย
ซิงเตรคบัฟเฟอร์ 0.1 โมลาร์ ที่มีค่าความ
เป็นกรด-ด่าง 1.5, 2.0, 3.0, 4.0 และ
5.0 ตามลำดับและสารละลาย BSA ใน
สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์ 0.1 โมลาร์
ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 7.0

4. ศึกษาการทำงานของเอนไซม์ที่ อุณหภูมิต่าง ๆ

ทำการวิเคราะห์ ดังในรูปข้อ 2.2
แต่อุณหภูมิที่ใช้เปลี่ยนเป็น 30 40 50 60
และ 70 องศาเซลเซียส

ผลการทดลอง

การผลิตเอนไซม์โปรตีนเอสโดยการ
หมักแบบ solid state

จากการทดลองพบว่า *Aspergillus*
oryzae ACM 146F ผลิตเอนไซม์โปรตีน
เอสจากรำข้าวได้มากกว่า *Rhizopus*
oligosporus ACM 145F หลังจากการ
หมักผ่านไป 24 ชั่วโมง ดังแสดงในรูปที่ 1
นอกจากนี้ *Aspergillus oryzae* ยังผลิต
เอนไซม์โปรตีนเอสจากรำข้าวได้สูงสุดเท่ากับ
 4.9×10^5 PU ต่อรำข้าว 1 กรัม หลัง
จากการหมักผ่านไป 168 ชั่วโมง ในขณะที่
Rhizopus oligosporus ผลิตเอนไซม์
ได้สูงสุดเท่ากับ 2.0×10^5 PU ต่อรำข้าว
1 กรัม เมื่อการหมักผ่านไป 72 ชั่วโมง

หลังการหมัก 72 ชั่วโมง *Rhizopus*
oligosporus ผลิตเอนไซม์โปรตีนเอสใน
ปริมาณที่ลดลงในขณะที่ *Aspergillus*
oryzae ผลิตเอนไซม์ได้เพิ่มขึ้นเล็กน้อย
การผลิตเอนไซม์ของ *Rhizopus*
oligosporus มีความคล้ายคลึงกับการ
ผลิตเอนไซม์โดยเชื้อราที่ศึกษาโดย Wang
และคณะ (1974) Padmanabhan และ
คณะ (1993) และ Ikasari และ Mitchell
(1994) คือ เอนไซม์จะผลิตได้มากที่สุด
เมื่อการหมักผ่านไป 72 ชั่วโมง แล้วหลัง
จากนั้นการผลิตก็จะลดลงไปเรื่อยๆ ทั้งนี้
อาจเรื่องมาจาก หลังจากหมักรำข้าวไปได้
72 ชั่วโมง ค่าความเป็นกรด-ด่างของรำ
ข้าวจะเปลี่ยนแปลงไปซึ่งอาจจะไม่เหมาะ

สมต่อการผลิตโปรตีนเอสโดย *Rhizopus*
oligosporus จึงทำให้การผลิตเอนไซม์
ลดลง ในทางตรงกันข้ามการเปลี่ยนแปลง
ค่าความเป็นกรด-ด่างนี้อาจมีผลกระทบ
ต่อเชื้อรา *Aspergillus oryzae* น้อย
การผลิตเอนไซม์จึงยังคงดำเนินต่อไปหลัง
จากการหมักผ่านไป 72 ชั่วโมง

การทำงานของเอนไซม์ที่ค่าความ
เป็นกรด-ด่างต่าง ๆ

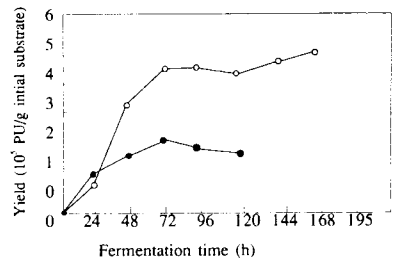
เอนไซม์โปรตีนเอสที่ผลิตโดยเชื้อรา
ทั้งสองชนิดทำงานได้ดีที่สุดเมื่อค่าความเป็น
กรด-ด่าง เท่ากับ 2.0 (รูปที่2) ผลการ
ทดลองนี้คล้ายกับการศึกษาของ Wang
และ Hesseltine (1970) ซึ่งพบว่า เอน
ไซม์โปรตีนเอสที่ผลิตโดยเชื้อรา *Rhizopus*
oligosporus ทำงานได้ดีที่สุดเมื่อค่า
ความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 2.5 ถึง 3.0
สำหรับ *Rhizopus rhizopodiformis*,
Rhizopus SMC และ *Aspergillus niger*
F2078 ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมคือ
3.0 3.5 และ 3.7 ตามลำดับ [Wang และ
Hesseltine 1970 Schindler และคณะ
(1983) Ramamurthy และคณะ (1991)]
และ Singh และคณะ (1994) แสดงให้
เห็นว่าโปรตีนเอสที่ผลิตโดยเชื้อราหลาย
ชนิดเหมาะสำหรับนำมาใช้ที่สภาวะเป็นกรด

การทำงานของเอนไซม์ที่อุณหภูมิ
ต่าง ๆ

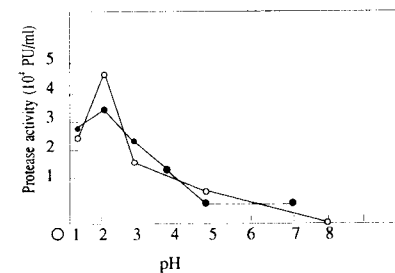
โปรตีนเอสที่ผลิตโดยเชื้อราทั้งสองทำ
งานได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซล
เซียสเหมือนกันดังแสดงในรูปที่ 3 การ
ทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของ [Wang
และ Hesseltine (1970) Schindler
และคณะ (1983) Ramamurthy และคณะ
(1991) และ Singh และคณะ (1994)]
ได้กล่าวว่า อุณหภูมิที่โปรตีนเอสซึ่งผลิตโดย
Rhizopus oligosporus, *Rhizopus*
rhizopodiformis, *Rhizopus* SMC และ
Aspergillus niger F2078 ทำงานได้ดี
ที่สุด คือ 60 องศาเซลเซียส แสดงว่าโปร
ตีนเอสที่ผลิตโดยเชื้อราอาจนำมาใช้ใน
อุตสาหกรรมอาหารได้ เนื่องจาก
อุตสาหกรรมอาหารหลายชนิดนิยมฆ่า
จุลินทรีย์ที่อาจปนมากับผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ
60 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า

สรุป

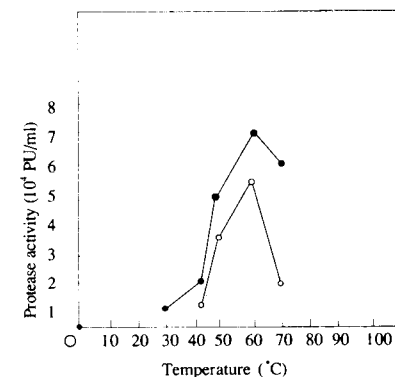
Aspergillus oryzae ACM 146F
ผลิตเอนไซม์โปรตีนเอสจากรำข้าวได้ใน
ปริมาณที่มากกว่า *Rhizopus oligosporus*
ACM 145F แต่ใช้เวลาในการหมักนานกว่า
ในขณะที่ *Rhizopus oligosporus* ใช้
เวลาสั้นกว่า โปรตีนเอสที่ผลิตโดยเชื้อราทั้ง
สองชนิดนี้มีสมบัติเหมือนกันคือ เป็นเอน
ไซม์ที่ทำงานได้ดีที่สภาวะเป็นกรดและ
อุณหภูมิสูง



รูปที่ 1. การผลิตเอนไซม์โปรตีนเอสโดยเชื้อรา *Aspergillus oryzae* (○) และ *Rhizopus oligosporus* (●)



รูปที่ 2. การทำงานของโปรตีนเอสที่ผลิตโดยเชื้อรา *Aspergillus oryzae* (○) และ *Rhizopus oligosporus* (●) ที่สภาวะความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่าง ๆ



รูปที่ 3. การทำงานของโปรตีนเอสที่ผลิตโดยเชื้อรา *Aspergillus oryzae* (○) และ *Rhizopus oligosporus* (●) ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

Aspergillus oryzae ACM 146F
มีแนวโน้มที่จะนำมาผลิตเอนไซม์โปร
ตีนเอสจากรำข้าวในระดับอุตสาหกรรมได้
เนื่องจากสามารถผลิตเอนไซม์ได้ใน
ปริมาณมากพอควร แต่ยังคงมีการศึกษา

สมบัติต่างๆ อีกหลายอย่างเพื่อให้แน่ใจว่าโปรตีนที่ผลิตปลอดภัยเหมาะกับการใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร นอกจากนี้เชื้อรา *Rhizopus oligosporus* ก็สมควรแก่การนำมาผลิตเอนไซม์ เนื่องจากพบว่าราชนิดนี้ไม่สร้างสารพิษ ถึงแม้ว่าผลผลิตที่ได้จะน้อยกว่า แต่ถ้าศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการสร้างโปรตีนก็เป็นไปได้ที่จะผลิตในระดับอุตสาหกรรม

เอกสารอ้างอิง

- Ikasari, L. and Mitchell, D.A. Protease Production by *Rhizopus Oligosporus* in solid state fermentation. *World Journal Microbiology Biotechnology*, 1994, Vol. 10, no. 8, p.320-324.
- Padmanabhan, S., Murthy, MVR. and Lonsane, B.K. Potential of *Aspergillus oryzae* CFTRI 1480 for producing protrinase in high titres by solid state fermentation. *Applied Microbiology Biotechnology*, 1944, vol. 40, p. 499-503
- Ramamurthy, V., Upadhyay, CM. and Kothari, RM. An optimized protocol for the preparation and application of acid protease. *Journal Biotechnology*, 1991, vol. 21, p. 187-196.
- Schindler, J, Lehmann, R., Pfeiffer, H. and Schmid, R. Extracellular acid protease of *Rhizopus rhizopodiformis*, by RM Lafferty. Berlin : Springer-Verlag, 1983. p. 69-77.
- Singh, A., Ghosh, VK. and Ghosh, P. Production of thermostable acid protease by *Aspergillus niger*. *Lettere in Applied Microbiology*, 1994, vol. 18, P. 177-180
- Wang., HL. & Hesseltine, CW. Multiple forms of *Rhizopus oligosporus* Protease. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 1970, Vol. 140, p. 459-463.
- Wang., HL., Vespa, JB. and Hesseltine, CW. Acid protease production by fungi used in soybean food fermentation. *Applied Microbiology*, 1974, vol. 27, no. 5, p. 906-911.

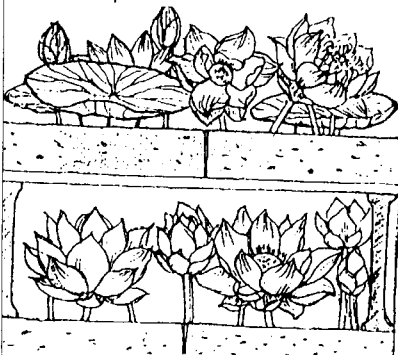
การเผาสิบบนเคลือบ

(ต่อจากหน้า 5)

- เผาที่อุณหภูมิ 930 °ซ. ระยะเวลาเผาประมาณ 5 $\frac{1}{2}$ ชั่วโมง

- เผาที่อุณหภูมิ 800 °ซ. ระยะเวลาเผาประมาณ 5 ชั่วโมง

ในการจัดวางผลิตภัณฑ์เพื่อเผาให้จัดวางแบบเดียวกับการจัดเพื่อเผาเคลือบใช้อุปกรณ์สำหรับรองรับชิ้นงาน ใบและก้านใช้ลวดทนไฟปักบนอิฐทนไฟรองรับแบบสามมุม



การจัดวางผลิตภัณฑ์สำหรับเผา

ในการตกแต่งสิบบนเคลือบที่มีอุณหภูมิต่างกันให้ตกแต่งสิบบนเคลือบที่สูงกว่าก่อนเผาแล้วจึงนำมาตกแต่งสิบบนเคลือบที่ต่ำกว่าอีกครั้ง จึงจะได้สีสวยงามตามที่ต้องการ



ผลงานสำเร็จ

การประกอบชิ้นส่วน

เมื่อชิ้นส่วนของดอกบัวหลวงสำเร็จเรียบร้อยแล้ว จึงเป็นขั้นตอนการ

ประกอบดอก นำชิ้นส่วนของดอก ฝัก และใบมาติดประกอบกับก้านด้วยกาวที่มีสมบัติที่แห้งเร็วและเนื้อกาวที่ยึดแน่นเพื่อเชื่อมส่วนที่มีช่องว่างเล็กน้อยของดอกและก้าน

ข้อเสนอแนะ

ในการจัดดอกบัวหลวงเซรามิกประดับแจกัน หรืออ่างบัว ควรเลือกแจกันและอ่างบัวที่มีน้ำหนักรับแรงถ่วงของดอกบัวเซรามิกได้ โดยเฉพาะในแจกันและรังผึ้ง ต้องใช้ดินน้ำมันอัดเอาไว้เพื่อกันก้านดอกบัวโอนเอนจากน้ำหนักของดอกและใบ

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับ เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ สเปกโตรมิเตอร์

อุราวรรณ อุ่นแก้ว

ในคริสต์ทศวรรษที่ 19 นักฟิสิกส์จำนวนมากได้ค้นพบและศึกษาเกี่ยวกับรังสีแคโทดซึ่งมีสมบัติเป็นทั้งคลื่นและอนุภาครังสีแคโทดนี้เมื่อกระทบสารบางชนิดจะทำให้สารเกิดการวาวแสงที่เรียกว่า fluorescence ขึ้นได้ ในขณะเดียวกัน Röntgen หัวหน้าแผนกวิชาฟิสิกส์มหาวิทยาลัยเวริสเบิร์ก ที่บาเวเรีย ประเทศเยอรมันก็ได้ทำการทดสอบปรากฏการณ์ของรังสีแคโทดซึ่งเป็นรังสีส่งออกจากขั้วไฟฟ้าลบในหลอดครุกส์ (Crookes tube) พบว่ารังสีแคโทดสามารถทำให้สารบางชนิดที่วางอยู่ห่างจากหลอด วาวแสงได้ ครั้งหนึ่ง Röntgen ได้ภาพจากรังสีประหลาดโดยเกิดจากลูกกุญแจที่ซ่อนอยู่ในหนังสือโดยบังเอิญ หนังสือที่วางทับอยู่บนฟิล์มถ่ายรูปและหลอดรังสีแคโทดวางอยู่บนหนังสือรังสีประหลาดทำให้เกิดภาพลูกกุญแจบนฟิล์มได้ Röntgen ได้ค้นพบรังสีประหลาดนี้ในปี พ.ศ. 2438 และตั้งชื่อรังสีนี้ว่า รังสีเอกซ์ (X-ray)

รังสีเอกซ์เป็นรังสีที่มีสมบัติเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic radiation) เกิดจากการคายพลังงานส่วนเกินภายหลังการเกิดอันตรกิริยา (interaction) ของอะตอมของธาตุที่บริเวณชั้นโคจรของอิเล็กตรอน (electron shell) รังสีเอกซ์มีความยาวคลื่นในช่วงประมาณ 0.1 ถึง 100 Å (อังสตรอม) ในแถบสเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแต่ที่ใช้ทางเคมีวิเคราะห์จะอยู่ในช่วง 0.7-2.0 Å คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจัดเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่มีสมบัติเป็นทั้งคลื่นและอนุภาค สมบัติของความเป็นคลื่นแสดงได้โดยปรากฏการณ์ต่าง ๆ

เช่น การหักเห การสะท้อนกลับ การกระจายแสง เป็นต้น และสำหรับสมบัติที่เป็นอนุภาค คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะมีชื่อเรียกตามลักษณะว่า “โฟตอน” (photon) เช่น โฟตอนแสง (light photon) โฟตอนรังสีเอกซ์ (x-ray photon) เป็นต้น

การใช้รังสีเอกซ์วิเคราะห์ธาตุในวัตถุ (matter) โดยรังสีเอกซ์พุ่งชนเข้าทำอันตรกิริยากับธาตุเกิดการดูดกลืนของเอกซเรย์ทำให้อะตอมได้รับการกระตุ้น (excite) ให้เปลี่ยนระดับพลังงานจากสภาวะปกติ (ground state) สู่สภาวะที่ถูกกระตุ้น (excited state) ที่ไม่เสถียรอะตอมนี้จะกลับสู่สภาวะปกติโดยการเปลี่ยนระดับพลังงาน (transition) ของอิเล็กตรอนเกิดการคายคลื่นแสง (emission of radiation) ออกมาในรูปของฟลูออเรสเซนซ์ ซึ่งเทคนิคนี้เรียกว่า x-ray fluorescence หรือ secondary x-ray emission การวิเคราะห์ธาตุด้วยเทคนิค x-ray fluorescence ได้พัฒนาขึ้นจนเป็นที่รู้จักอย่างกว้างขวางและได้มีการนำไปประยุกต์ในการวิเคราะห์ตัวอย่างประเภทต่าง ๆ มากมาย ข้อได้เปรียบของเทคนิคนี้เมื่อเทียบกับวิธีวิเคราะห์อื่น ๆ ก็คือ เครื่องมือที่ใช้มีส่วนประกอบที่ไม่ยุ่งยาก การตรวจวิเคราะห์สามารถทำได้สะดวกและรวดเร็วนิยมใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมีสามารถทำได้ทั้งวิเคราะห์ธาตุเดี่ยวทีละธาตุ (sequential) หรือวิเคราะห์หลายธาตุพร้อมกัน (simultaneous) อีกทั้งยังสามารถจัดทำให้เป็นระบบวิเคราะห์แบบอัตโนมัติได้ง่ายอีกด้วย

- computer

- printer

หน้าที่และการใช้งานดังนี้

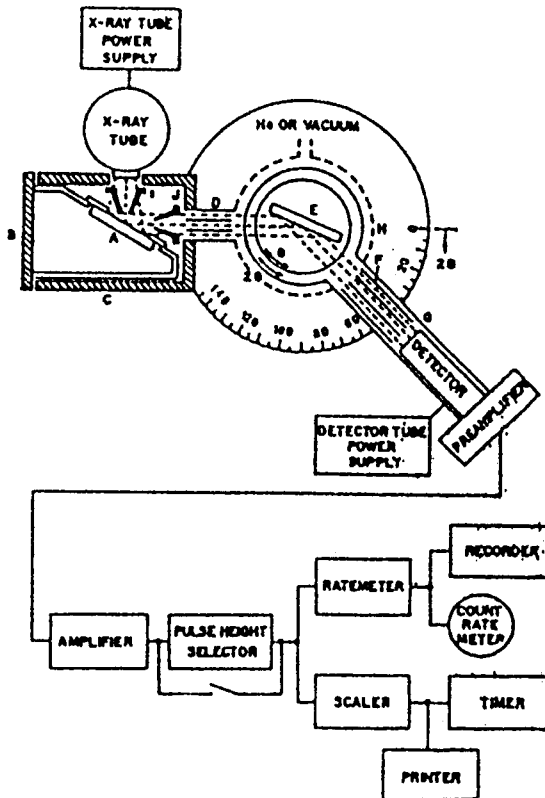
หลอดรังสีเอกซ์ (x-ray tube) ทำหน้าที่ผลิตรังสีเอกซ์ โดยภายในหลอดเป็นสุญญากาศใช้ลวดทั้งสแตนเป็นไส้หลอด (filament) เป็นแคโทด ส่วนแอนโนดมีเป้า (target) ทำด้วยโลหะ เช่น ทังสเทน ทองแดง โรเดียม เป็นต้น ลวดทั้งสแตนเมื่อได้รับความร้อนจากวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เกิดอิเล็กตรอนอิสระที่มีพลังงานสูง เคลื่อนที่ไปชนเป้า เกิดเป็นรังสีเอกซ์ผ่านหน้าต่างที่ทำด้วยเบริลเลียม (beryllium) ออกมาหลอดนี้มีความร้อนสูงมากจึงต้องระบายความร้อนที่แอนโนดด้วยน้ำ เพราะว่ามีประมาณร้อยละ 1 ของพลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนเป็นรังสีเอกซ์

ฟیلเตอร์ (filter) มีหน้าที่กรองหรือตัดรังสีเอกซ์บางช่วงออกไป เพื่อให้ได้รังสีเอกซ์ที่มีความยาวคลื่นค่อนข้างเฉพาะ หรือให้มีช่วงความยาวคลื่นที่แคบ ๆ

คอลลิเมเตอร์ (collimators) ทำหน้าที่บังคับให้ลำรังสีเอกซ์เป็นลำขนาน และทำให้โฟกัสไปในทิศทางที่ต้องการและเหมาะสม โดยทั่วไปคอลลิเมเตอร์มีการจัดขนาดแบบละเอียด (fine) แบบกลาง (medium) และแบบหยาบ (coarse) เพื่อให้เหมาะสมกับการวิเคราะห์ธาตุที่มีเลขอะตอมขนาดต่าง ๆ กัน

ช่องที่ใส่สารตัวอย่าง (sample chamber) ตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์สามารถวิเคราะห์ได้โดยตรงกับสารตัวอย่างประเภทต่าง ๆ กัน ทั้งของแข็งและของเหลว แต่การเตรียมตัวอย่างที่จะทำการวิเคราะห์นั้นมีความสำคัญและมีเทคนิคต่าง ๆ กัน

สเปกโตรมิเตอร์ (spectrometer) หน้าที่สำคัญของสเปกโตรมิเตอร์ใน XRFS คือการแยกสเปกตรัมจาก polychromatic radiation ให้เป็น monochromatic radiation ตามต้องการ ส่วนที่ทำหน้าที่แยกรังสีเอกซ์เหล่านี้ได้ คือ ผลึกวิเคราะห์ (analysing crystal) ของสารบางชนิด โดยอาศัยหลักการเลี้ยวเบน (diffraction) ที่รังสีเอกซ์ตกกระทบกับผิวหน้าของผลึก



รูปที่ 1. แสดงแผนภาพองค์ประกอบต่าง ๆ ของเครื่อง XRFS แบบ wavelength dispersive system

(A) = sample (B และ C) = sample chamber (D,F,I และ J) = collimators

(E) = analysing crystal (G) = detector (H) = goniometer

การวิเคราะห์ด้วยเทคนิค X-ray Fluorescence Spectrometry (XRFS) มี 2 ระบบคือ

1. ระบบที่วัดเป็นความยาวคลื่น (wavelength dispersive system)

2. ระบบที่วัดเป็นพลังงาน (energy dispersive system)

ลักษณะและองค์ประกอบของเครื่อง XRFS ชนิด WAVELENGTH DISPERSIVE SYSTEM ดังรูปที่ 1 โดยทั่วไปจะประกอบด้วยส่วน ต่าง ๆ ที่สำคัญ 3 ส่วนคือ

1.X-ray Generator ซึ่งประกอบด้วย

ด้วย

- x-ray tube
- x-ray power controller
- high voltage power supply
- cooling unit
- filter

2.Spectrometer ประกอบด้วย

- sample chamber
- collimators
- analysing crystal
- goniometer
- detector

3.Data System ประกอบด้วย

ตาม Bragg's law ($n \approx 2d \sin \theta$) ความยาวคลื่นที่มีมากที่สุดที่สามารถเกิดการเลี้ยวเบนได้จะมีค่าเท่ากับ $2d$

การจัดผลึกวิเคราะห์มีด้วยกันหลายแบบที่สำคัญมีอยู่ 2 แบบดังรูปที่ 2 คือ flat crystal และ curve crystal ผลึกแบบ flat crystal จำเป็นต้องมีคอลลิเมเตอร์ลำรังสีเอกซ์ที่ขนานจะตกลงบนผิวหน้าของผลึกเกิดการเลี้ยวเบนของรังสี ส่วนผลึกแบบ curve crystal ทำให้โค้งเป็นรัศมี R และจุดโฟกัสที่มุมของผลึกจะมีรัศมีเท่ากับ $R/2$ ดังนั้นรังสีที่จะมาตกบนผลึกได้ต้องมีระยะทางมากกว่า $R/2$ จึงจะเกิดการเลี้ยวเบน ข้อดีของการใช้ผลึกโค้งนี้คือไม่ต้องใช้คอลลิเมเตอร์ ความเข้มของรังสีก็ไม่ลดลงเพียงแต่ใช้ช่องแสงเล็ก ๆ (slit) ควบคุมเท่านั้น

เนื่องจากผลึกวิเคราะห์แต่ละชนิดไม่สามารถตอบสนองต่อความยาวคลื่นทุกขนาดได้ ดังนั้น เพื่อให้การวิเคราะห์ธาตุครอบคลุมจำนวนธาตุให้มากที่สุด จึงจำเป็นต้องใช้ผลึกวิเคราะห์หลายชนิด

โดยทั่วไปเครื่อง XRFS มักจะประกอบด้วยผลึก

LiF 200 ใช้วิเคราะห์ธาตุตั้งแต่ K-U
Ge 111 ใช้วิเคราะห์ธาตุ P-Cl
PET ใช้วิเคราะห์ธาตุ Al-Cl
TLAP ใช้วิเคราะห์ธาตุ O-Mg

ผลึกแต่ละชนิดจะทำให้รังสีเอกซ์ที่เกิดจากธาตุแต่ละชนิดเลี้ยวเบนเป็นมุม (2θ) ต่างกันซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนั้นไม่ว่ารังสีเอกซ์ของธาตุใดใช้ผลึกใดก็สามารถคำนวณหาตำแหน่งของ Peak ที่จะเกิดขึ้นในสเปกตรัมได้

โกนิอิมิเตอร์ (goniometer) ทำหน้าที่ควบคุมการเปลี่ยนตำแหน่งของผลึกวิเคราะห์เพื่อรับรังสีเอกซ์ที่เกิดจากตัวอย่าง ในขณะที่เดียวกันก็ควบคุมการเปลี่ยนตำแหน่งของดีเทคเตอร์เพื่อรับรังสีเอกซ์จากผลึกวิเคราะห์ บรรยายภาพที่ปรากฏภายในสเปกโตรมิเตอร์นั้นเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องใช้ให้ถูกต้อง มิฉะนั้นรังสีเอกซ์ที่เกิดจากธาตุที่จะวิเคราะห์อาจถูกดูดกลืนหมดไปได้ หรือทำให้ความเข้มข้นของรังสีเอกซ์ลดลงทำให้หาปริมาณผิดพลาดได้ ดังนั้นในการวิเคราะห์สารตัวอย่างอาจเลือกใช้บรรยายภาพดังนี้คือ ส่วนใหญ่ถ้าสารตัวอย่างเป็นของแข็งให้ใช้ระบบสูญญากาศ และถ้าสารตัวอย่างเป็นของเหลวให้ใช้บรรยายภาพเป็นอิลีเมนต์ดีเทคเตอร์ (detector) ที่ใช้เป็นที่นิยมกันมี 3 แบบ คือ

1. gas ionization detector ซึ่งส่วน

ใหญ่จะเป็น proportional counter

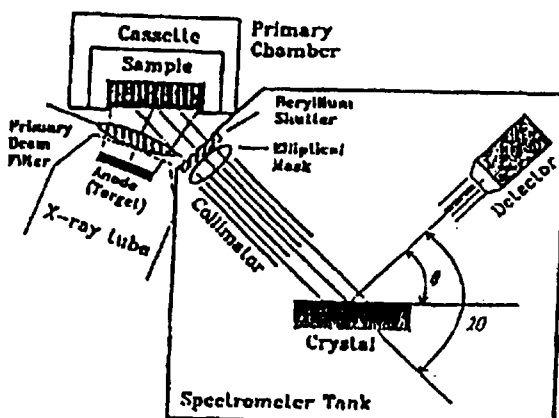
2. scintillation detector โดยใช้ NaI(Tl) เป็นหัววัด Detector ทั้ง 2 แบบนี้ส่วนมากจะใช้ในระบบ wavelength dispersive system

3. semiconductor detector ดีเทคเตอร์ประเภทนี้จะใช้ในระบบของ energy dispersive system

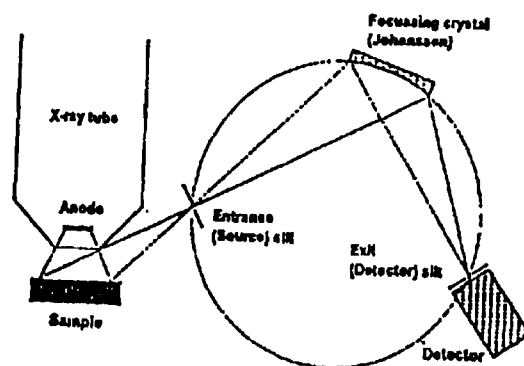
gas ionization detectors หรือ proportional counter เป็นดีเทคเตอร์ที่ใช้หลักการทำให้เกิดไอออนในเซชันกับแก๊สที่บรรจุหรือผ่านเข้าไปในกระบอกแก๊สด้วยรังสีเอกซ์ แก๊สที่ใช้นี้โดยทั่วไปจะเป็นแก๊สผสมของแก๊สอาร์กอนร้อยละ 90 และแก๊สที่เทนร้อยละ 10 ดีเทคเตอร์ชนิดนี้เหมาะที่จะใช้กับเครื่อง XRFS เพราะ dead time สั้นมากและมีสภาพไวสูง จึงเหมาะที่จะใช้วัดรังสีเอกซ์ $K\alpha$ หรือ $K\beta$ ของธาตุ $F(Z=9)$ ถึงธาตุ $Sr(Z=38)$

scintillation detector เป็นดีเทคเตอร์อีกชนิดหนึ่งที่นิยมใช้โดยเฉพาะใช้สำหรับวัดรังสีเอกซ์ที่เกิดจากธาตุหนักซึ่งประสิทธิภาพของ proportion counter ค่อนข้างต่ำ ดังนั้นในเครื่อง XRFS จะมีดีเทคเตอร์ 2 ชนิดนี้อยู่ด้วยกันเสมอ

หลักการการทำงานของเครื่อง XRFS ชนิดนี้คือรังสีเอกซ์ที่ได้จากเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์



flat crystal



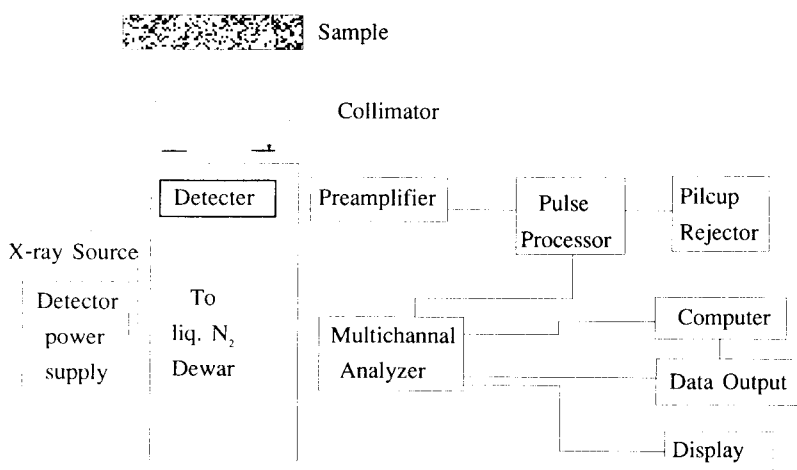
curve crystal

รูปที่ 2 แสดงถึงการจัดผลึกวิเคราะห์แบบ flat crystal และ curve crystal

ถูกส่งไปยังสารตัวอย่างเพื่อให้เกิดอันตรกิริยากับธาตุต่าง ๆ ในสารตัวอย่างแล้วเกิดเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ขึ้นให้เอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ผ่านคอลลิเมเตอร์ เพื่อให้ลำรังสีเอกซ์เป็นลำขนานและไปในทิศทางที่ต้องการ คือให้ไปกระทบกับผลึกวิเคราะห์ เพื่อทำหน้าที่กระจายหรือแยกรังสีเอกซ์ออกไปให้มีความยาวคลื่นต่าง ๆ กัน รังสีเอกซ์ที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ กันนี้จะถูกวัดความเข้มด้วยการสแกน (scan) ของดีเทคเตอร์ สัญญาณที่วัดได้จะถูกส่งไปยังเครื่องเก็บข้อมูลแล้วถ่ายทอดออกมาเป็นสเปกตรัมด้วย printer หรือ recorder จากข้อมูลที่เก็บได้ทั้งของมาตรฐานและสารตัวอย่างสามารถนำไปใช้วิเคราะห์เชิงคุณภาพ (qualitative analysis) และปริมาณ (quantitative analysis) ได้

ลักษณะและองค์ประกอบของเครื่อง XRFS ชนิด Energy Dispersive System

เครื่อง XRFS แบบนี้มีอยู่หลายส่วนที่เหมือนกับระบบ wavelength dispersive system เช่น ให้แหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์จากหลอดรังสีเอกซ์เหมือนกัน แต่ในระบบนี้สามารถใช้ธาตุกัมมันตรังสีเป็นตัวที่ทำให้เกิดเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ซึ่งสามารถเลือกใช้ได้



รูปที่ 3 แสดงแผนภาพองค์ประกอบต่าง ๆ ของเครื่อง XRFS แบบ energy dispersive system

ตามที่ต้องการดังแสดงในรูปที่ 3

องค์ประกอบของเครื่อง XRFS ชนิดนี้ประกอบด้วย

1. หัววัดซึ่งเป็น Si(Li) หรือ Ge(Li)
2. detector power supply
3. ระบบ cooling ซึ่งเป็นไนโตรเจนเหลวเพื่อทำให้ดีเทคเตอร์เย็น

4. แหล่งผลิตรังสีเอกซ์ ซึ่งอาจใช้หลอดรังสีเอกซ์หรือ radioactive

5. preamplifier และ amplifier

6. multichannel analyzer ทำหน้าที่เก็บรวบรวมสัญญาณที่ได้จากดีเทคเตอร์แล้วทำการแยกขนาดของพลังงาน

7. data system ประกอบด้วย computer software เพื่อใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องเก็บข้อมูลต่าง ๆ และผลการวิเคราะห์ นอกจากนี้ยังมี data analysis system ด้วย ซึ่งจะช่วยให้การวิเคราะห์ผลทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณวิเคราะห์สำเร็จได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง

หลักการทำงานของเครื่อง XRFS ชนิดนี้คือรังสีเอกซ์ที่ได้จากเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ถูกส่งไปยังสารตัวอย่างเพื่อให้เกิดอันตรกิริยากับธาตุต่าง ๆ ในสารตัวอย่างแล้วเกิดเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ขึ้นให้เอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์ผ่านคอลลิเมเตอร์ เพื่อให้ลำรังสีเอกซ์เป็นลำขนานและไปในทิศทางที่ต้องการ จากนั้นรังสีเอกซ์จะผ่านเข้าไปในดีเทคเตอร์ทำให้เกิดสัญญาณ ขนาดของสัญญาณจะเป็นสัดส่วนกับพลังงานของรังสีเอกซ์ และสัญญาณที่ได้จะถูกขยายสัญญาณให้ใหญ่พอที่จะวัดได้ถูกต้อง

dispersive system ส่วน wavelength dispersive system ก็สามารถทำได้แต่ยุ่งยากและช้ากว่า ทั้งนี้เพราะจำเป็นต้องจัดตัวแปรเสริม (parameter) ในการวิเคราะห์ให้เหมาะสมเช่น คอลลิเมเตอร์ ดีเทคเตอร์ และผลึกวิเคราะห์ เป็นต้น และความสามารถในการแยก (resolution) ของ crystal spectrometer จะมีค่าสูงกว่า XRFS แบบ energy dispersive system สำหรับธาตุที่มีค่าเลขอะตอมต่ำถึงกลาง (low to medium atomic number) ดังนั้นในการเลือกเทคนิคการวิเคราะห์แบบใดนั้นขึ้นอยู่กับการใช้ประโยชน์ของผู้ซื้อเอง

กองการวิจัย กรมวิทยาศาสตร์บริการ ได้ซื้อเครื่อง x-ray Fluorescence Spectrometer ชนิด wavelength dispersive system มาใช้งานและได้ติดตั้งเรียบร้อยแล้ว สามารถวิเคราะห์ทั้งธาตุหนัก (heavy elements) และธาตุเบา (light elements) ตั้งแต่ Be (Beryllium) ถึง U (Uranium) ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับงานศึกษาวิจัย และวิเคราะห์ทดสอบ เพราะสะดวก รวดเร็วและประหยัดเวลา

เอกสารอ้างอิง

- แน่น อมรสิทธิ์ และอมร เพชรสม. หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์เชิงเครื่องมือ. กรุงเทพมหานคร: ชวนพิมพ์ 2534. หน้า 424-494
- วัฒนพงษ์ รัชวิเชียร. ธรรมชาติรังสีเอกซ์. วารสารศูนย์วิจัยเพื่อการศึกษา, ตุลาคม-ธันวาคม, 2522, ปีที่ 3, ฉบับที่ 3, หน้า 7-11.
- Christian, GD, and O'Rilly, JE. Instrumental analysis. 2nd ed. Boston: Allyn and Bacon, 1986. p.412-447
- Ewing, GW. Instrumental methods of chemical analysis. 5th ed. New York : Mcgraw-Hill, 1985. p.188-214.
- Jenkins, R. X-Ray analysis. Encyclopedia of physical science and technology. 2nd ed. vol 17. San Diego : Academic Press, 1922. p. 691-708.

การประกันคุณภาพสำหรับการวิเคราะห์น้ำ

ธิดา เกิดคำไร

ในปัจจุบันหลายประเทศได้ให้ความสำคัญกับการควบคุมคุณภาพของการวิเคราะห์น้ำ และจัดให้อยู่ในอันดับแรก ๆ ที่ต้องดำเนินการก่อน เนื่องจากผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องเท่านั้นที่สามารถจะนำมาสรุปได้นำนั่นมีคุณภาพอย่างไร มีการปนเปื้อนของสารพิษ หรือสามารถจะนำมาใช้ประโยชน์ได้หรือไม่ การวิเคราะห์จึงต้องมีทั้งคุณภาพและมาตรฐานเป็นที่ยอมรับโดยปราศจากข้อขัดแย้งทั้งจากผู้ส่งตัวอย่างวิเคราะห์ หรือหน่วยงานที่ต้องมีหน้าที่เกี่ยวข้องในการพิจารณาผลการวิเคราะห์ การแสวงหาคุณภาพในการวิเคราะห์จึงเป็นกระบวนการที่จำเป็นและมีระบบหรือแผนการดำเนินการที่ดี ต้องมีการปฏิบัติตามกฎเกณฑ์ต่าง ๆ เช่น การใช้แนวทางของการประกันคุณภาพการใช้วัสดุอ้างอิง(reference material) และการเข้าร่วมในการศึกษาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับห้องปฏิบัติการต่าง ๆ

จุดประสงค์ของการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทุกชนิดเพื่อเป็นแนวทางในการควบคุมคุณภาพของน้ำทั้งที่เป็นน้ำดื่ม น้ำทิ้งและน้ำในแหล่งน้ำต่าง ๆ ความถูกต้องแม่นยำในการวิเคราะห์เป็นสิ่งที่มีสำหรับการนำข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่กำหนดและทำให้ผู้มีหน้าที่เกี่ยวข้องตัดสินใจได้ถูกต้อง การวิเคราะห์ทดสอบที่ขาดการควบคุมคุณภาพ ผลการวิเคราะห์ที่ได้อาจไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เลย จะเป็นการสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจในแง่ของค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ และการฟ้องร้องทางกฎหมาย ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ที่ไม่มีคุณภาพย่อมก่อให้เกิดความเสียหายไม่เป็นธรรมทั้งผู้ฟ้องและผู้ถูกร้องเรียน ทำให้เกิดความไม่ไว้วางใจและยืดเยื้อเสียเวลาออกไป นอกจากนั้นแล้ว ยังมีผลต่อคุณภาพชีวิตของผู้บริโภค หากได้รับข้อมูลที่ผิดพลาดการใช้น้ำในกิจกรรมต่าง ๆ อาจไม่เหมาะสมทำให้ได้รับความเสียหายทั้งทางตรงและทางอ้อมแก่สุขภาพและทรัพย์สิน

บางครั้งผลกระทบที่เกิดขึ้นแผ่เป็นวงกว้างที่ยากแก่การประเมินค่าความเสียหายได้ ดังนั้นการประกันคุณภาพในการวิเคราะห์จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องดำเนินการเพื่อสร้างระดับความมั่นใจในความถูกต้องของผลการวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ เป็นการแก้ปัญหาที่เป็นต้นเหตุอย่างแท้จริง

การประกันคุณภาพ หมายถึงระบบซึ่งห้องปฏิบัติการใช้เพื่อให้เกิดความมั่นใจแก่ผู้ใช้บริการหรือบุคคล หรือหน่วยงานภายนอกว่าเป็นห้องปฏิบัติการที่ผลิตแต่ข้อมูลที่มีคุณภาพ ทั้งยังสามารถพิสูจน์ยืนยันได้ด้วย เป็นชุดของการดำเนินการหลักที่ต้องปฏิบัติตามอย่างเข้มงวดในระหว่างการเก็บตัวอย่าง และการวิเคราะห์ ตัวอย่างจะทำให้ผลการวิเคราะห์มีคุณภาพ นั่นคือความถูกต้องของการวิเคราะห์และสร้างความเชื่อถือในการวิเคราะห์นั้น การประกันคุณภาพสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือการควบคุมคุณภาพ (quality control) และการประเมินคุณภาพ (quality assessment)

การควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำของห้องปฏิบัติการควรจะเริ่มด้วยการวางแผนการจัดทำเอกสารต่าง ๆ ให้เป็นระบบ เพื่อแสดงให้เห็นว่ามีการดำเนินการควบคุมคุณภาพ ในที่นี้ขอแนะนำให้ออกเอกสารต่าง ๆ ตามแนวทางของข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการสอบเทียบและห้องปฏิบัติการทดสอบ (มอก.1300-2537) ซึ่งจะครอบคลุมเนื้อหาในเรื่องต่าง ๆ ดังนี้ การจัดองค์กรและการบริหารระบบคุณภาพ การตรวจติดตามคุณภาพ การทบทวนระบบคุณภาพ บุคลากร สถานที่และสถานะแวดล้อม เครื่องมือและวัสดุอ้างอิง ความสอบกลับได้ของการวัดและการสอบเทียบ วิธีการสอบเทียบและวิธีทดสอบ การจัดการตัวอย่างสอบเทียบและทดสอบ การบันทึกใบรับรองและรายงานผล การรับมอบช่วงการสอบเทียบหรือทดสอบการจัดซื้อและการใช้บริการภายนอก ข้อร้องเรียน

นอกจากการจัดทำเอกสารต่าง ๆ ดังที่กล่าว การควบคุมคุณภาพในการวิเคราะห์ที่ที่จะต้องมีการนำความรู้ทางสถิติมาใช้โดยการทำแผนภูมิควบคุม (control charts) ในการวิเคราะห์แต่ละรายการ การใช้วัสดุอ้างอิง (reference material) สำหรับประเมินวิธีการวัด เป็นอีกสิ่งหนึ่งที่ควรดำเนินการ เพราะเป็นอีกขั้นตอนในการควบคุมคุณภาพของห้องปฏิบัติการ วัสดุอ้างอิงหมายถึงวัสดุหรือสารที่ทราบสมบัติอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างดีพอที่จะนำไปใช้ในการสอบเทียบเครื่องมือ อุปกรณ์ประเมินวิธีการวัด หรือใช้ในการกำหนดค่าของวัสดุ หากเป็นวัสดุอ้างอิงที่ได้รับการรับรองจะเรียกว่าวัสดุอ้างอิงรับรอง (certified reference material, CRMs) วัสดุอ้างอิงรับรอง ที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ สามารถจัดซื้อได้จากสถาบันในต่างประเทศ เช่น NRCC (National Research Council Canada) NIST (National Institute of Standard and Technology) BCR (Community Bureau of Reference) เป็นต้น แต่ราคาของวัสดุอ้างอิงรับรองของน้ำค่อนข้างสูงมาก ดังนั้นการใช้วัสดุอ้างอิงรับรองจึงควรใช้ในการตรวจสอบวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ขั้นสุดท้ายเท่านั้น ส่วนการทำแผนภูมิควบคุมจะใช้วัสดุอ้างอิงที่เตรียมในห้องปฏิบัติการ (laboratory reference material, LRMs)

สำหรับการประเมินคุณภาพของห้องปฏิบัติการ สามารถทำได้โดยการเข้าร่วมในการศึกษาการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับห้องปฏิบัติการต่าง ๆ การเข้าร่วมในกิจกรรมนี้จะทำให้รู้ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการวิเคราะห์นอกเหนือจากความผิดพลาดในการเก็บตัวอย่าง สาเหตุของความผิดพลาดจากการวิเคราะห์อาจมาจาก

1. การเตรียมตัวอย่างก่อนนำมาวิเคราะห์ เช่น การย่อย (digestion) การ

สกัด(extraction) และการแยก (seperation)และการทำให้เข้มข้นขึ้น (preconcentration)

2. การวัดในขั้นสุดท้าย เช่น ความผิดพลาดในการสอบเทียบเครื่อง (calibration errors) การรบกวนของสเปกตรัม(spectral interferences) และการซ้อนทับกันของสัญญาณ(peak overlap)

3. ประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ที่ไม่เพียงพอ เช่น ขาดการฝึกอบรม ความใส่ใจในงานที่ทำ การจัดการ การรักษาความสะอาดของโต๊ะทำงาน เป็นต้น

การเข้าร่วมในการศึกษาเปรียบเทียบ ผลระหว่างห้องปฏิบัติการมีประโยชน์และมีความสำคัญ ในเรื่องการประเมินคุณภาพ

ของงานที่ทำในห้องปฏิบัติการ ทำให้ผู้ปฏิบัติการมีความกระตือรือร้นในการปฏิบัติให้มีคุณภาพ ทำให้ผู้ใช้บริการมีความมั่นใจในผลการวิเคราะห์

แม้ว่าการประกันคุณภาพในการวิเคราะห์น้ำ จะมีขั้นตอนและกระบวนการที่ค่อนข้างจะยุ่งยากซับซ้อน ต้องอาศัยความชำนาญและประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติ แต่เป็นสิ่งที่จำเป็นต้องดำเนินการ องค์กรหรือหน่วยงานที่ห้องปฏิบัติการนั้นสังกัด จะต้องให้ความสำคัญ และนโยบายสนับสนุน และที่สำคัญคือความร่วมมือและความตั้งใจของผู้ปฏิบัติในห้องปฏิบัติการนั้น รวมถึงความร่วมมือระหว่างห้องปฏิบัติการทั้งในและต่างประเทศ ไม่ว่าจะเป็นการแลกเปลี่ยนข้อคิดเห็น ประสิทธิภาพ

วิชาการ หรือการศึกษาอบรม ฯลฯ อันจะก่อประโยชน์สูงสุดแก่องค์กรและประเทศต่อไป

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. ข้อกำหนดทั่วไปว่าด้วยความสามารถของห้องปฏิบัติการสอบเทียบ และห้องปฏิบัติการทดสอบ. มอก. 1300. 2537.

Quevauviller, Ph. Quality assurance for water analysis. Trends in Analytical Chemistry, October, 1994, vol. 13 no.9, p404-409.

Standard method for the examination of water and wastewater.18th ed. Washington,DC:American Public Health Association, 1992.

อันตรายจากการใช้สารเคมี ในการก่อสร้าง



รวบรวมเรียบเรียงโดยสุจินต์ พรพรพันธุ์

ในปัจจุบันนี้ ก ารก่อสร้างภายในประเทศได้มีการขยายตัวเป็นอย่างมาก ทำให้มีการแข่งขันในการพัฒนาและปรับปรุงคุณภาพของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการก่อสร้าง สารเคมีเป็นองค์ประกอบหนึ่งของวัตถุดิบก่อสร้าง มักจะได้รับการพัฒนาควบคู่กันไป และสารเคมีเหล่านี้ถึงแม้จะทำให้คุณภาพของวัตถุดิบดีขึ้น แต่ในบางครั้งก็อาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้ใช้ได้ ถ้าผู้ใช้ไม่เข้าใจถึงพิษภัยของสารเคมีเหล่านั้นหรือใช้สารเคมีเหล่านั้นอย่างไม่ถูกวิธีหรือไม่มีการป้องกันอย่างถูกต้อง เราจะพบว่าอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในหลาย ๆ กรณี บางครั้งเกิดจากสารเคมีเหล่านี้ เช่น การเกิดเพลิงไหม้เนื่องจากการใช้สารเคมีประเภทตัวทำละลายหรือทินเนอร์ ดังนั้นบทความนี้จึงมีความมุ่งหวังที่จะให้ผู้อ่านได้รับความรู้และความเข้าใจในการใช้สารเคมีเหล่านี้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

สารเคมีที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้ในการก่อสร้าง เราสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภทหลัก ๆ ดังนี้

1. สารเคมีที่ก่อให้เกิดการระเบิด สารประเภทนี้เมื่อมีการเก็บไว้ในที่ ๆ มีอุณหภูมิสูงถึงระดับหนึ่งจะเกิดการสลายตัว (decompose)อย่างรวดเร็ว ให้แก๊สและความร้อนออกมาซึ่งทำให้อากาศโดยรอบเกิดการขยายตัว เป็นผลทำให้เกิดการระเบิดได้ อันก่อให้เกิดอันตรายอย่างมาก จึงควรที่จะมีที่สำหรับจัดเก็บอย่างดี และมีกระบอกอากาศอย่างถูกต้อง วัตถุดิบที่ใช้ในการก่อสร้างหลายชนิดที่มีผลจากของการใช้งานว่าเป็นของที่ระเบิดได้ เช่น กาวและสีบางชนิด ทำให้ผู้ใช้งานเกิดความกลัว จึงเก็บไว้ในที่มืดชิด ไม่มีการระบายอากาศ ซึ่งเป็นการเก็บที่ไม่ถูกต้อง เพราะการระเบิดจะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อสารเคมีอยู่ในสภาวะที่เป็นไอ ดังนั้นเมื่อมีการจัดเก็บในที่มืดชิด จะทำให้ไอของสารเคมี

สะสมอยู่เป็นจำนวนมาก ทำให้เกิดระเบิดได้ดียิ่งขึ้น

2. สารที่ง่ายต่อการติดไฟ สารเคมีประเภทนี้ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของของเหลว ซึ่งมีการใช้งานกันอย่างกว้างขวางบ่อยครั้งพบว่าผู้ใช้งานไปใช้งานอย่างไม่ถูกวิธีและไม่มีการระมัดระวังอย่างถูกต้อง การใช้วัตถุดิบที่มีสารเคมีจำพวกนี้เป็นองค์ประกอบในการก่อสร้าง จะต้องป้องกันไม่ให้ถูกใกล้ความร้อน เช่น ตัวทำละลายของสีบางชนิด หรือทินเนอร์ ส่วนใหญ่จะมีจุดวาบไฟ(อุณหภูมิที่ทำให้เกิดการติดไฟต่ำ) ในสภาวะบรรยากาศทั่วไป ดังนั้นถ้าใช้วัตถุดิบจำพวกนี้ในสถานที่มีการระบายอากาศไม่ดี หรือใกล้แหล่งความร้อนหรือเปลวไฟหรือบริเวณที่มีการเกิดประกายไฟ ก็ทำให้ง่ายต่อการเกิดไฟไหม้ได้

3. สารเคมีที่มีฤทธิ์ในการกัดกร่อน สารประเภทนี้ส่วนใหญ่เป็นสาร

เคมีจำพวกกรดหรือด่าง ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่มีอยู่ในสารที่ใช้ในการทำ ความสะอาด เช่น น้ำยาล้างห้องน้ำบางชนิด น้ำยาลอกสี สารประเภทนี้มักจะทำลาย ภาชนะบรรจุและออกมายังบรรยากาศภายนอกได้ บางชนิดระเหยได้ บางชนิดทำปฏิกิริยารุนแรงกับความชื้น สารเคมีประเภทนี้เมื่อสัมผัส อาจจะทำให้เกิดรอยไหม้ ระคายเคืองผิวหนัง ทำอันตรายต่อตา บางครั้งอาจทำให้ตาบอดได้ รวมทั้งก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบหายใจ

4. สารเคมีอื่น ๆ ที่ก่อให้เกิดพิษต่อร่างกาย สารประเภทนี้จะเป็นอันตรายต่อร่างกายไม่ว่าจะอยู่ในสภาวะใดก็ตาม ในบางครั้งถึงแม้ว่าจะมีปริมาณน้อยก็ก่อให้เกิดอันตรายได้ เช่น โลหะบางชนิดที่มีอยู่ใน ซีเมนต์ สารประเภทนี้ควรระวังหลีกเลี่ยงที่จะกิน ดื่ม หรือ หายใจเอาฝุ่นละอองเข้าไป หรือสัมผัสผิวหนังในกรณีที่ไม่มีเครื่องป้องกัน

ปัญหาสำคัญที่ทำให้คนงานก่อสร้างได้รับบาดเจ็บจากอุบัติเหตุอันเนื่องมาจากการติดไฟหรือการระเบิดของสารเคมีที่ใช้ในการก่อสร้าง หรือเก็บใช้ อันเนื่องมาจากการได้รับสารเคมีเข้าสู่ร่างกาย ก็คือ การที่คนงานก่อสร้างไม่ได้รับคำแนะนำที่ถูกต้อง ทำให้ไม่รู้ถึงพิษภัยจากสารเคมี ก่อให้เกิดความประมาทไม่ได้ป้องกันการเข้าสู่ร่างกาย จึงเป็นสาเหตุให้เกิดการเจ็บไข้ อันเนื่องมาจากการแพ้สารเคมีที่ผิวหนังบริเวณที่สัมผัสกับสารเคมี หรือเป็นโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ หรือระบบทางเดินอาหาร อันเนื่องมาจากการสูดหายใจเอาฝุ่นละอองหรือรับประทานอาหารที่มีสารเคมีปะปนอยู่เข้าสู่ร่างกาย ในบางครั้งอาจก่อให้เกิดมะเร็งที่ปอดหรือกระเพาะอาหารได้ ในกรณีที่ได้รับเอาสารที่มีพิษร้ายแรง เช่นใยแก้ว(fiber glass) หรืออื่น ๆ ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างของสารเคมีที่ใช้ในการก่อสร้างบางประเภทที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้งาน ดังนั้นจึงควรมีความระมัดระวังทุกครั้งที่ใช้งาน

การใช้สารเคมีประเภทที่มีสารฆ่าแมลง(insecticides) สารฆ่าเชื้อรา(fungicides)เช่น น้ำยารักษาเนื้อไม้ น้ำยากำจัดปลวก เป็นต้น ผู้ใช้งานควรระลึกอยู่เสมอว่า สารประเภทนี้ได้ผลิตขึ้นมาเพื่อใช้ฆ่าแมลงและเชื้อรา ดังนั้นย่อมมีอันตรายต่อชีวิตมนุษย์ได้เช่นกัน

การใช้ปูนซีเมนต์ที่มีการปรับปรุงเพื่อใช้งานเฉพาะอย่างนั้น บางครั้งมีการเติมสารประกอบพวกโครเมียม โคบอลต์ นิเกิล ปูนซีเมนต์ประเภทนี้ผู้ใช้งานควรป้องกันไม่ให้เข้าสู่ร่างกายโดยการรับประทาน ไม่ว่าทางตรงหรือทางอ้อม ทั้งนี้จากการศึกษาวิจัยพบว่า สารเคมีประเภทนี้เป็นสารก่อให้เกิดมะเร็งได้ โดยจะไปทำให้เกิดเอ็นไอนในร่างกายเกิดการเปลี่ยนแปลง

แผ่นฉนวนหรือผ้าป้องกันความร้อนหรือเสียง โดยปกติแล้วจะมีสารจำพวกแอสเบสตอส ซิลิกาปนอยู่ เมื่อผู้ใช้งานสูดดมเอาฝุ่นละอองเข้าไปในร่างกายนานๆ จะทำให้เกิดโรคปอดแข็ง อันเนื่องมาจากฝุ่นของซิลิกา หรือโรค asbestosis อันเนื่องมาจากแอสเบสตอส ดังนั้นผู้ใช้งานควรสวมหน้ากากเพื่อป้องกันการหายใจเอาฝุ่นละอองเข้าไป

น้ำยาทำความสะอาดผิวโลหะ น้ำยาลอกสี น้ำยาทำความสะอาดห้องน้ำบางชนิดส่วนใหญ่จะเป็นสารเคมีจำพวกกรดหรือด่าง ที่มีฤทธิ์ในการกัดกร่อนเป็นองค์ประกอบ ดังนั้นผู้ใช้งานควรมีอุปกรณ์ป้องกันในขณะใช้งาน เช่น สวมแว่นตาเพื่อป้องกันการกระเด็นเข้าตา สวมหน้ากากเพื่อป้องกันสูดดมหรือหายใจเข้าไป สวมใส่เสื้อผ้าที่ปกปิดมิดชิดเพื่อป้องกันการสัมผัสร่างกาย และสิ่งหนึ่งที่ต้องควรระวังเป็นพิเศษคือ สารเคมีประเภทนี้จะมีการปดผนึกภาชนะอย่างแน่นหนา จึงไม่ควรเก็บภาชนะที่บรรจุสารเคมีดังกล่าวในบริเวณที่มีแสงแดดส่องถึงหรือที่ๆ มีความร้อนสูง เพราะจะทำให้ภาชนะในภาชนะบรรจุที่ความดันสูง เมื่อเปิดฝาภาชนะจะทำให้เกิดการระเบิดของสารเคมีที่บรรจุอยู่ภายใน ซึ่งอาจกระเด็นถูกร่างกายได้

สารเคมีประเภทซีลอุดรอยรั่ว (sealant) สี วานิช กาว สารเคมีประเภทนี้จะมีตัวทำลายเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย ดังนั้นการใช้งานและการเก็บรักษา จึงไม่ควรให้อยู่ในบริเวณที่ใกล้ความร้อนหรือบริเวณที่มีประกายไฟ เพราะอาจก่อให้เกิดเพลิงไหม้ได้

นอกจากที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังมีสารเคมีที่ใช้ในการก่อสร้างอีกหลายชนิดที่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้งาน ดังนั้นการใช้สารเคมีเหล่านี้จึงควรที่จะมีมาตรการป้องกันที่ดีควรคำนึงถึงผู้ที่เกี่ยวข้อง ข้อเสนอแนะต่อไปนี้จะนำไปปฏิบัติเพื่อเป็นการป้องกัน

อันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้ทั้งต่อผู้ใช้งานและผู้เกี่ยวข้อง คือ

1. ในการซื้อสารเคมีประเภทนี้มาใช้งาน ควรซื้อมาให้พอเพียงกับปริมาณการใช้แต่ละครั้ง ไม่ควรซื้อที่ละมากๆ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการระเหยและฟุ้งกระจายในห้องเก็บ โดยเฉพาะวัตถุที่มีสารเคมีจำพวกตัวทำลายผสมอยู่ เพื่อป้องกันการอันตรายต่อการสูดหายใจเข้าไป และการเกิดเพลิงไหม้

2. ห้องที่ใช้เก็บควรเป็นห้องที่มีการระบายอากาศที่ดี และไม่ควรอยู่ใกล้บริเวณที่มีความร้อนหรือประกายไฟ

3. ควรจัดให้มีอุปกรณ์ป้องกันในขณะใช้งาน เช่น หน้ากากสวมเพื่อป้องกันการสูดดมหายใจเข้าไปแว่นตาและเสื้อผ้าไว้สวมป้องกันร่างกาย

4. ควรจะอ่านฉลากที่ติดมากับภาชนะบรรจุทุกครั้งก่อนการใช้งาน หรือขอคำแนะนำในการใช้งานที่ถูกต้องและปลอดภัยจากผู้ขายหรือผู้ที่มีความรู้

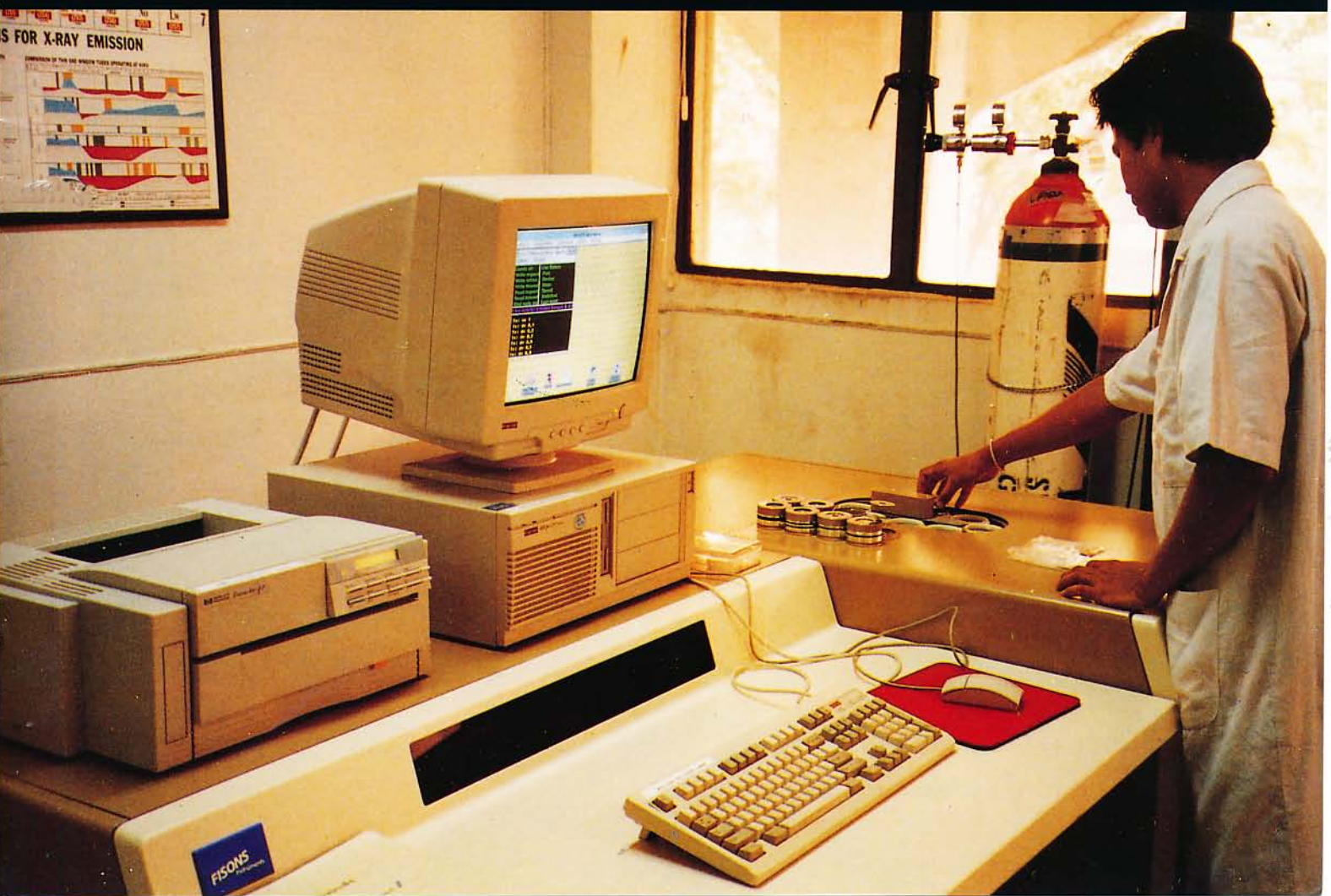
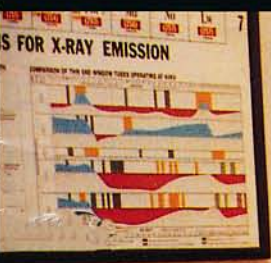
ผู้ใช้งานควรระลึกอยู่เสมอว่าสารเคมีที่ใช้ในการก่อสร้างนั้นมีอันตรายมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของสารเคมีที่ประกอบภายใน ดังนั้นในการใช้งานควรมีความระมัดระวังไม่ให้เข้าสู่ร่างกายได้ และหลังจากการใช้งานควรล้างมือหรืออาบน้ำทันทีก่อนจะรับประทานอาหาร

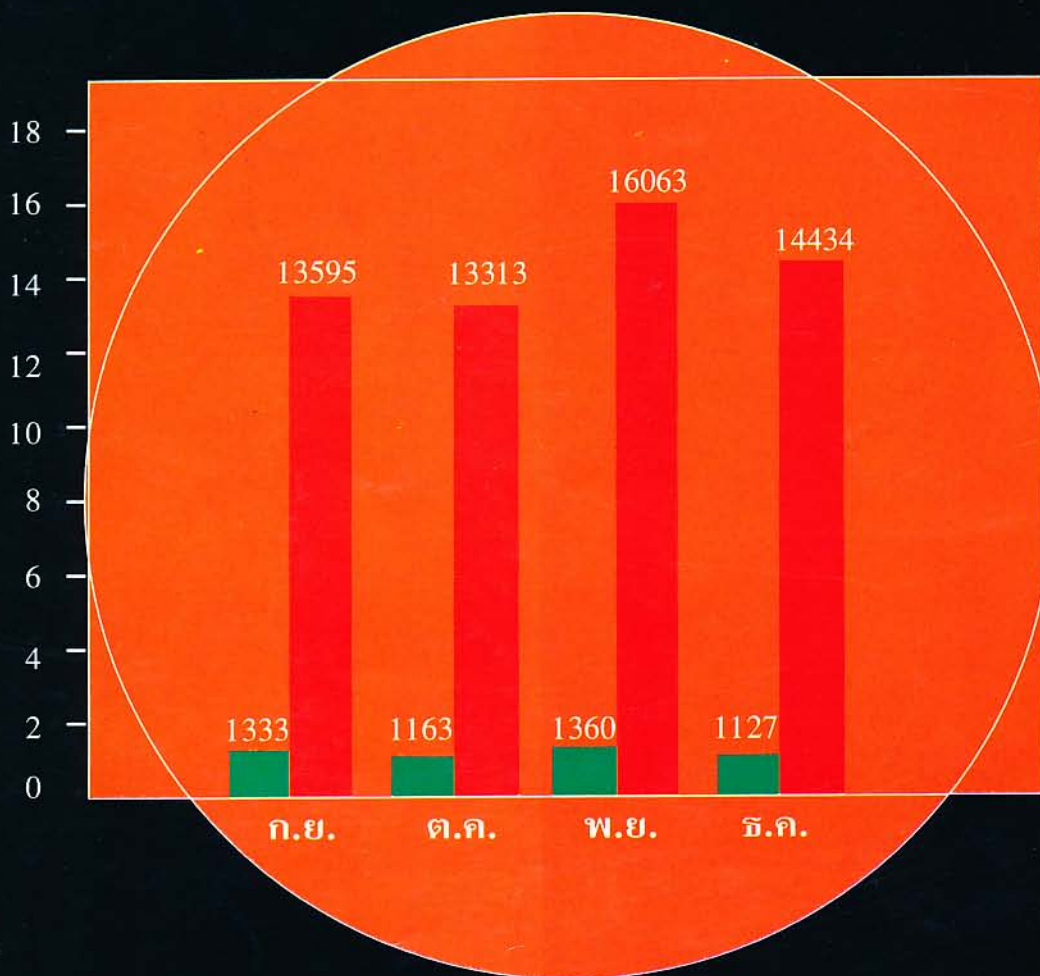
เอกสารอ้างอิง

- ประไพพิศ แจ่มสุภัส. การเก็บสารเคมีให้ถูกต้อง. เอกสารประกอบการบรรยายการสัมมนา เรื่อง สารเคมีกับความปลอดภัย, 29 มีนาคม 2534. สาขาเคมี สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์และมูลนิธิ ศาสตราจารย์ ดร.แถบ นีละนิธิ, หน้า 1-4
- Hall, N. Safety and building - the use of chemical. Appropriate Technology, March 1990, vol 16, No 4, p. 17-19.
- Hawley, Gessner. The condensed chemical dictionary. 11th ed, rev. by N. Irving Sax and Richard J. Lewis, Sr. New York : Van Nostrand Reinhold, 1987.



เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรมิเตอร์ (X-ray Fluorescence Spectrometer) ใช้วิเคราะห์หาส่วนประกอบทางเคมีทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ ตั้งแต่ธาตุเบริลเลียม (Be) ถึงยูเรเนียม (U) วิเคราะห์ได้ทั้งของแข็งและของเหลวซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับงานศึกษาวิจัย และวิเคราะห์ทดสอบ เพราะสะดวกและรวดเร็ว
(กองการวิจัย)





สถิติแสดงจำนวนตัวอย่างและรายการวิเคราะห์ทดสอบ
วัตถุตัวอย่างเดือน กันยายน-ธันวาคม 2538

■ จำนวนตัวอย่าง
■ จำนวนรายการ