



วิทยาศาสตร์ มข.

KHON KAEN UNIVERSITY SCIENCE JOURNAL

ปีที่ ๘ ฉบับที่ ๒ พฤษภาคม - สิงหาคม ๒๕๒๓

บรรณาธิการแถลง.....

การติดต่อสื่อสารด้วยสารเคมีในแมลง

ยาปฏิชีวนะ

การรวมกลุ่มของบัคทีเรีย

พิษของสารเคมี

การนอนหลับ

ศาลาวิทยาสาร

วิทยาศาสตร์ มข.

วัตถุประสงค์

- ☆ เพื่อส่งเสริมและเผยแพร่วิทยาการในสาขาวิชาต่างๆ ทาง
ด้านวิทยาศาสตร์
- ☆ เพื่อเผยแพร่ผลงานด้านการวิจัย และการศึกษาค้นคว้า ของ
อาจารย์และนักศึกษา
- ☆ เพื่อเป็นสื่อกลางการแลกเปลี่ยนความและแนวความคิดทาง
วิชาการระหว่างอาจารย์ นักศึกษา และผู้สนใจทั้งภายในและ
ภายนอกสถาบัน

เจ้าของ

ที่ปรึกษา

บรรณาธิการ

กองบรรณาธิการ

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

คณะบดี คณะวิทยาศาสตร์

สัมพันธ์ คัมภีรานนท์

สุวิน บุศราคัม

เสาวนิตย์ ทองพิมพ์

ลัดดาวัลย์ บุญประเสริฐ

วันชัย สุ่มเล็ก

สุกัญญา จารุรัชตพันธ์

เฉลิม คิตชัย

บุญคุ้ม เหลือถัน

บุษราภรณ์ พฤกษ์เทเวศ

ลักขณา สุขบาง

ฝ่ายศิลปและภาพ

ฝ่ายจัดการ

เหรียญกษาปณ์

สำนักงาน

ฝ่ายจัดทำวารสารวิทยาศาสตร์ มข. คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น โทร. 236199 237272 ต่อ 143

และ 326

กำหนดออก

ค่าบำรุง

การบอกรับเป็นสมาชิก

ปีละ 3 ฉบับ

ปีละ 20 บาท

แจ้งความจำนงค์เป็นจดหมาย หรือกรอกใบสมัครเป็นสมาชิก พร้อมส่งค่า
บำรุงเป็นธนาคัต หรือเช็คไปรษณีย์ ในนามของ นางบุญคุ้ม เหลือถัน
ฝ่ายจัดการ ส่งจ่าย ป.ท. เทพารักษ์ ขอนแก่น.

วิทยาลัยการศึกษามหาสารคาม
วิทยาาสตร์ มข.

ดลกรมการศึกษามหาสารคาม

คณะวิทยาศาสตร์

ปีที่ ๘ ฉบับที่ ๒ พฤษภาคม - สิงหาคม ๒๕๒๓

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ใบสมัครเป็นสมาชิก “วิทยาศาสตร์ มข.”

เขียนที่.....

วันที่.....

เดือน.....

พ.ศ.

เรียน บรรณาธิการวารสาร “วิทยาศาสตร์ มข.”

ข้าพเจ้า.....

ที่ทำงาน.....

ที่อยู่.....

มีความประสงค์จะรับวารสาร “วิทยาศาสตร์ มข.” ตั้งแต่ฉบับที่..... ปีที่.....

จนถึงฉบับที่..... ปีที่..... รวม..... ฉบับ พร้อมนี้ได้ส่งเงิน

จำนวน..... บาท มาทาง.....

ขอแสดงความนับถือ

(.....)

ดุษฎีสารคดีมจรบ

วิทยาศาสตร์ มข.

คณะวิทยาศาสตร์

ปีที่ ๘ ฉบับที่ ๒ พฤษภาคม - สิงหาคม ๒๕๒๓

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บรรณาธิการแถลง.....

การติดต่อสื่อสารด้วยสารเคมีในแมลง

โชติ จิตรังษี

I

ยาปฏิชีวนะ

ยงยศ มนต์เสรีนุสรณ์

13

การรวมกลุ่มของแบคทีเรีย

วิยาดา หนูนภักดิ์

20

พิษของสารเคมี

ชุตินา คุดสมุทร

29

การนอนหลับ

ลัดดาวลย์ การะโชติ

38

ศาลาวิทยาศาสตร์

45

บรรณาธิการแถลง

ทั้ง ๆ ที่ทราบว่าการทำวารสารนี้ยาก คณะผู้จัดทำชุดใหม่ก็ขอรับ
งานครั้งนี้ด้วยความเต็มใจ พร้อมกันนั้นก็ตั้งใจว่าจะทำวารสารให้
น่าอ่านมีเนื้อหาสาระ และสิ่งแปลกใหม่ที่จะมีคุณค่าต่อผู้อ่านมาก
ที่สุดเป็นที่น่ายินดีว่าวารสารวิทยาศาสตร์ มข. นี้ได้รับการต้อนรับ
จากผู้อ่านและผู้เขียนพอสมควร ซึ่งถ้าเป็นเช่นนี้เรื่อย ๆ เรา
อาจมีความจำเป็นที่จะต้องทำวารสารทุกๆ 3 เดือน เพื่อเปิดโอกาส
ให้นักวิทยาศาสตร์ หรือผู้สนใจในด้านนี้ได้มีโอกาสที่จะเสนอผล
งานของตนได้มากยิ่งขึ้น.

ขอเรียนให้ทราบว่าตั้งแต่ฉบับหน้าเป็นต้นไป วารสารวิทยาศาสตร์
มข. จะมีรูปเล่มและเนื้อหาในเล่มที่แปลกไปจากเดิม เราตระหนักดี
ว่าหลายสิ่งหลายอย่างสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามกาลเวลา หลาย
ความคิดที่เสนอแนะมาสนับสนุนให้เราทำเช่นนั้น เมื่อเราเสนอให้
แก่ท่านเช่นนั้น ท่านละมีความคิดเห็นอย่างไร ในอันที่จะก่อประ
โยชน์ให้แก่ผู้อ่านท่านอื่นบ้าง

20 สิงหาคม 2523

การติดต่อสื่อสารด้วยสารเคมีในแมลง

(Chemical Communication in Insects)

โชติ จิตรรังษี*

บทคัดย่อ

การติดต่อสื่อสารด้วยสารเคมีในแมลงโดยเฉพาะในพวกผีเสื้อ และผีเสื้อกลางคืน (order lepidoptera) ได้รับการศึกษาอย่างกว้างขวาง ตัวเมียของแมลงเหล่านี้จะหลั่ง (secrete) สารที่เรียกว่า sex pheromone ออกมาเพื่อให้ตัวผู้รู้ตำแหน่งของตัวเมียเฟโรโมนของแมลงพวกนี้ส่วนมากมีโครงสร้างเป็นพวก unsaturated alkenyl alcohol หรือ อะซิเตท โดยมี straight chain ที่ประกอบด้วยคาร์บอนจำนวน 12, 14, 16 หรือ 18 อะตอม มีส่วนน้อยที่พบว่าเป็นอัลดีไฮด์หรือสารไฮโดรคาร์บอนอิ่มตัว การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างของเฟโรโมนกับกัมมันตภาพ (activity) ของความเป็นเฟโรโมนในแมลงบางชนิดยังอยู่ในขั้นเริ่มต้น ประโยชน์ที่สำคัญของเฟโรโมนได้แก่การนำไปใช้ในการควบคุมปริมาณของแมลงที่เป็นศัตรูต่อการเกษตร

บทนำ

สิ่งที่มีชีวิตย่อมมีการติดต่อสื่อสารกันโดยวิธีใดวิธีหนึ่ง เพื่อให้สภาพการดำรงชีวิตเป็นไปอย่างสมบูรณ์ การติดต่อสื่อสารจะมีความสลับซับซ้อนเพียงใดก็ขึ้นกับลักษณะของสังคม และการวิวัฒนาการสิ่งมีชีวิตเหล่านั้น ในสัตว์ชั้นต่ำมีการติดต่อสื่อสารกันโดยอาศัยสัญญาณที่สับทอทางกรรมพันธุ์เป็นส่วนใหญ่ สำหรับสัตว์ชั้นสูง เช่น มนุษย์ย่อมมีการติดต่อสื่อสารได้หลายวิธี เช่น ใช้เสียง ประสาทสัมผัส และลักษณะท่าทางของร่างกายเป็นต้น อย่างไรก็ตามนักวิทยาศาสตร์บางท่านเชื่อว่า กลิ่นก็มีส่วนสำคัญในการสื่อความหมายบางอย่างในมนุษย์เช่นเดียวกัน

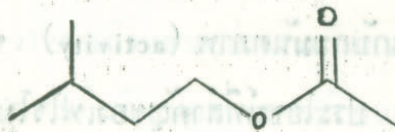
แมลงเป็นสัตว์ไร้กระดูกสันหลังที่มีจำนวนมากมาย และมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของชาวโลกหลายประการ ที่สำคัญที่สุดได้แก่การที่แมลงเป็นตัวการทำลายผลผลิต

* อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ทางการเกษตรเป็นมูลค่ามหาศาลในแต่ละปี บางชนิดก็เป็นพาหะนำโรคร้ายแรง ซึ่งทำให้เกิดอันตรายถึงแก่ชีวิตได้ ถ้ามนุษย์สามารถควบคุมแมลงเหล่านี้ได้ ก็จะทำให้การขาดพืชพันธุ์ ธัญญาหารและทรัพยากรต่าง ๆ ลดน้อยลง

แมลงมีการติดต่อและสื่อสารโดยใช้สารเคมี เพื่อตอบสนองความต้องการต่าง ๆ ทางสรีรวิทยาของมัน การติดต่อสื่อสารนั้นจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมันมาก ตั้งแต่ การหาคู่ การสืบพันธุ์ การวางไข่ การหาแหล่งอาหาร การป้องกันและการทำลายศัตรู การอพยพ ตลอดจนการตายของมัน

นักวิทยาศาสตร์ชื่อ Charles Butler เป็นคนแรกที่ได้อธิบายวิธีที่ใช้สารเคมีของผึ้งในการบอกสมาชิกอื่นให้ทราบถึงการรุกรานจากศัตรู โดยอธิบายว่าผึ้งจะหลั่งสารบางชนิดที่มีกลิ่นออกมากับเหล็กในของมัน ซึ่งทำให้พืชอื่น ๆ ไถ่กลืน และเข้าใจความหมายได้ว่าได้มีการโจมตีเกิดขึ้นแล้ว ต่อมาจึงพบว่า สารที่ผึ้งหลั่งออกมานี้มีโครงสร้างเป็น isopentyl หรือ isoamyl acetate (1)



นักวิทยาศาสตร์ในสาขาต่าง ๆ มีความสนใจศึกษาสารเคมีเหล่านี้ตลอดมา เพราะเชื่อว่าจะใช้ประโยชน์ในการควบคุมและกำจัดแมลงที่เป็นศัตรูต่อการเกษตรได้ และจะช่วยลดอันตรายจากการใช้ยาฆ่าแมลงที่ใช้กันในปัจจุบันได้

ในระยะแรก ๆ นักวิทยาศาสตร์ เรียกชื่อสารเคมีที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารนี้ว่า ectohormone ต่อมาใน ค.ศ. 1959 จึงมีคำซึ่งมีความหมายถูกต้องและกระชับรัดกุมกว่าถูกนำมาใช้คือ pheromone ซึ่งมาจากคำว่า pheros แปลว่านำ ไป กับคำว่า hormon แปลว่า กระตุ้นหรือทำให้ตื่นเต้น คำว่าเฟโรโมนนี้ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลาย

เฟโรโมนหมายถึงสารเคมีที่สัตว์หลั่งออกมา สัตว์ใน species เดียวเมื่อได้กลิ่นจะแสดงพฤติกรรมบางอย่าง เป็นการตอบสนองต่อความต้องการของสัตว์ที่หลั่งสารนั้น

เฟโรโมนต่างจากฮอร์โมนซึ่งถูกหลั่งออกมาจากต่อมไร้ท่อ (endocrine glands)

และทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมลักษณะต่างๆ ทางสรีรวิทยาภายในร่างกายของสิ่งมีชีวิตนั้น ส่วนเฟโรโมนถูกหลั่งออกมาจากต่อมที่ท่อ (exocrine glands) และออกมาทำหน้าที่ของมันนอกร่างกาย

นอกจากเฟโรโมนแล้ว สัตว์ยังหลั่งสารที่ทำหน้าที่สื่อความหมายเพื่อตอบสนองความต้องการบางอย่างของมัน เช่น สัตว์หลั่งสารเพื่อป้องกันตนเอง (defensive secretions) เพื่อขับไล่ศัตรูพืชทำให้ศัตรูหยุดการรุกรานชั่วคราว เพื่อให้สัตว์ที่ถูกรุกรานหนีไปได้ สัตว์บางชนิดหลั่งพิษ (venoms) เพื่อทำให้ศัตรูหรือเหยื่อหมดถึงแก่ความตายได้

เฟโรโมนจัดเป็นสารที่มีฤทธิ์แบบ intraspecific คือทำให้เกิดการตอบสนองจากสัตว์ใน species เดียวกัน ส่วนสารที่มีฤทธิ์แบบ inter หรือ transpecific จะก่อให้เกิดการตอบสนองจากสัตว์ต่าง species สารพวกนี้แบ่งเป็น 2 พวกคือ อัลโลโมน (allomone) ซึ่งทำให้สัตว์ที่ได้รับสารมีการตอบสนองในลักษณะที่เป็นประโยชน์ต่อสัตว์ที่หลั่งสารนั้น เช่น กลิ่นหอมของสารที่หลั่งออกมาเพื่อล่อเหยื่อที่เป็นอาหาร หรือสารที่หลั่งออกมาเพื่อขับไล่ศัตรู เป็นต้น

ไคโรโมน (kairomone) เป็นสารเคมีที่ทำให้สัตว์ที่ได้รับการติดต่อสื่อสารเกิดการสนองตอบที่เป็นประโยชน์ต่อสัตว์ที่ได้รับสารหรือได้กลิ่นสารนั้น เช่น สารที่หลั่งออกมาจากสัตว์หรือพืชที่เป็นเหยื่อ (prey) หรือเป็น host จะทำให้สัตว์ที่เป็นตัวล่า (predator) หรือตัวเบียน (parasite) ได้กลิ่นและรู้ถึงแหล่งที่อยู่ของเหยื่อหรือ host ได้

ทั้งนี้ attractant pheromones, defensive secretions และ venoms จึงจัดอยู่ในพวก allomones ส่วน kairomones ได้แก่สารที่สัตว์หรือพืชเป็นเหยื่อหรือ post ขับออกมา

สารที่เป็น attractant pheromones ในธรรมชาติมีหลายชนิด ได้แก่ sex pheromones, aggregation pheromones, trail pheromones, alarm pheromones เป็นต้น

ในบทความนี้จะกล่าวเฉพาะ sex pheromones ของแมลงใน order lepidoptera เป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากมีการศึกษละเอียดกว่าแมลงใน order อื่นๆ

เฟโรโมนดึงดูดใจเพศตรงข้าม (Sex attractant pheromones)

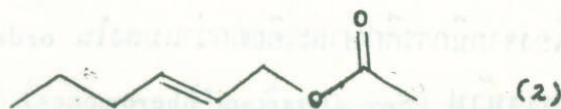
1. **หน้าที่ sex attractant pheromone** เป็นสารที่แมลงเติบโตแล้ว (adult insect) หลั่งออกมาเพื่อไปกระตุ้นเพศตรงข้ามใน species เดียวกันที่อยู่ไกลออกไปให้เกิดความสนใจและล่อให้เข้ามาใกล้ โดยมีจุดมุ่งหมายในการสืบพันธุ์ วิธีการติดต่อบนนี้มีความสำคัญยิ่งในแมลงที่ไม่เป็น social insects เนื่องจากแมลงพวกนี้ไม่อยู่กันเป็นกลุ่มเป็นหมู่ จึงต้องมีวิธีติดต่อล่อใจกันดังกล่าวแล้ว

sex pheromone อาจประกอบด้วยสารประกอบหนึ่งชนิด หรือมากกว่าในบางกรณี สารพวกนี้อาจถูกหลั่งออกมาจาก virgin adult หลังจากที่มีนฟักออกมาจากคักแค้ (pupae) ได้ไม่นานนัก ใน species ที่การผสมพันธุ์ มีเพียงครั้งเดียวในชีวิตการสร้างเฟโรโมนเพศนี้จะยุติลงหลังการผสมพันธุ์

2. เฟโรโมนเพศของแมลงใน Order Lepidoptera

Jean Henri Fabre นักกีฏวิทยาชาวฝรั่งเศสเป็นผู้ได้รับการยกย่องว่าได้บุกเบิกการค้นคว้าเกี่ยวกับเฟโรโมนเพศของแมลงใน order lepidoptera (ผีเสื้อและผีเสื้อกลางคืน) แมลงพวกนี้จะหลั่งสารเคมีที่ใช้ในการสื่อความหมายทางเพศ ในเมื่อถึงฤดูผสมพันธุ์ ตัวเมียจะหลั่งสารที่มีอำนาจการติดต่อได้สูงมาก ตัวผู้ซึ่งอาจอยู่ไกลออกไปมากๆ จะสามารถได้กลิ่น และรู้ความหมายของการติดต่อบนนี้ จากการทดลองแสดงว่าปริมาณของสารเหล่านี้เพียง 200-300 โมเลกุลก็สามารถกระตุ้นให้ตัวผู้ได้กลิ่นและตอบสนองข่าวสารนี้ได้ ในกรณีของ gypsy moth ตัวผู้ที่อยู่ไกลออกไปครึ่งไมล์สามารถได้กลิ่นของเฟโรโมนเพศที่ตัวเมียหลั่งออกมาได้ ผลการทดลองเหล่านี้แสดงว่าประสิทธิภาพของสารที่ใช้และเซลล์ประสาทที่รับกลิ่นของตัวผู้สูงมาก ในพวก pine sawfly (ใน order hymenoptera, ซึ่งได้แก่ พวกผึ้ง มด) นั้น ตัวเมีย 1 ตัว จะหลั่งสารที่มีกลิ่นดึงดูดตัวผู้ได้มากกว่า 11,000 ตัว อย่างไรก็ตามมนุษย์ไม่สามารถได้กลิ่นของสารเหล่านี้

แมลงบางชนิดสามารถหลั่ง สารที่มีกลิ่นรุนแรงกว่าปกติ จนประสาทสัมผัสของมนุษย์รับได้ เช่น ในแมงดาตัวผู้ (order hemiptera) จะหลั่งสารที่มีกลิ่นคล้ายกลิ่นของอบเชย ซึ่งได้พิสูจน์โครงสร้างว่าเป็น trans-2-hexenyl acetate (2)



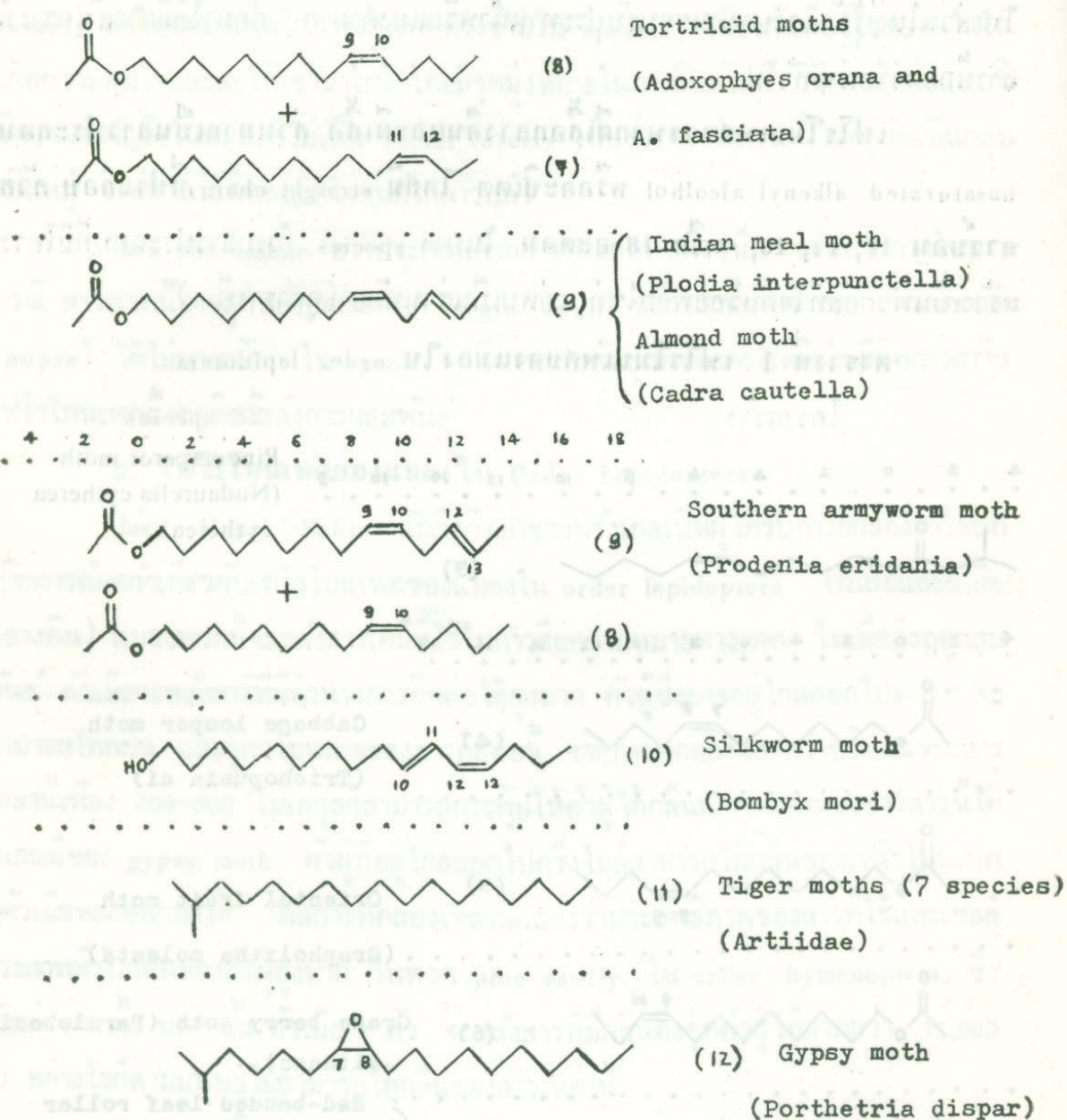
(2)

ชาวเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ใช้แมลงนี้เป็นเครื่องปรุงรสอาหารบางชนิด ชาวไทยส่วนใหญ่รู้จักและบางคนชอบรับประทานน้ำพริกแมงตามาก ต่อมาได้มีการสังเคราะห์สารนี้ออกจำหน่ายทั่วไป

เฟโรโมนเพศของพวกผีเสื้อกลางคืนและผีเสื้อ ส่วนมากเป็นสารประกอบ unsaturated alkenyl alcohol หรืออะลิต โดยที่มี straight chain ที่ประกอบด้วยคาร์บอน 12, 14, 16, หรือ 18 อะตอม ในบาง species ก็พบสารประกอบที่มีโครงสร้างเป็นพวกอัลไซค์หรืออีพอกไซค์ แต่พบเป็นส่วนน้อย (ดูตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 เฟโรโมนเพศของแมลงใน order lepidotera

โครงสร้าง	ชื่อ species
4 . 2 . 0 . 2 . 4 . 6 . 8 . 10 . 12 . 14 . 16 . 18 (3) Pine emperor moth (Nudaurelia cytherea cytherea)	
4 . 2 . 0 . 2 . 4 . 6 . 8 . 10 . 12 . 14 . 16 . 18 (4) Cabbage looper moth (Trichopusia ni)	
4 . 2 . 0 . 2 . 4 . 6 . 8 . 10 . 12 . 14 . 16 . 18 (5) Oriental fruit moth (Grapholitha molesta)	
4 . 2 . 0 . 2 . 4 . 6 . 8 . 10 . 12 . 14 . 16 . 18 (6) Grape berry moth (Paralobesia viteana)	
4 . 2 . 0 . 2 . 4 . 6 . 8 . 10 . 12 . 14 . 16 . 18 (7) Red-banded leaf roller (Argyrotaenia velutinana) Oblique-banded leaf roller (Choristoneura rosaceana) European corn-borer (Ostrinia nubilalis, Iowa)	



จะสังเกตได้ว่า เฟโรโมนเพศของแมลงใน order lepidoptera นั้นมีโครงสร้างเป็นเอสเทอร์ของ long chain unsaturated fatty acid เป็นส่วนมากเท่าที่ได้ศึกษาอย่างละเอียดแมลงส่วนมากใน Order นี้ใช้สารชนิดเดียวเป็นสารเฟโรโมนเพศ แต่มีบางพวก เช่น tortricid moths และ southern armyworm moths มีเฟโรโมนเพศประกอบด้วยสารเคมี 2 ชนิด อย่างไรก็ตามในการศึกษาเฟโรโมนเพศอาจมีข้อผิดพลาดบ่อยๆ เพราะ

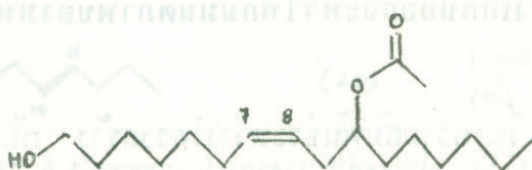
ปริมาณของสารที่นำมาวิเคราะห์น้อยมาก จึงเป็นไปได้ที่เครื่องมือที่ใช้ อาจไม่สามารถตรวจสอบสารที่มีปริมาณน้อยมากได้ ทำให้ตรวจสอบได้เพียงบางสารเท่านั้น

ตัวผู้ของแมลงใน order lepidoptera บาง species สามารถหลั่งสารที่ทำหน้าที่ในการกระตุ้นความรู้สึกทางเพศ (aphrodisiacs) ได้ในเมื่อเข้ามาอยู่ใกล้กับตัวเมีย โดยอาจขับออกมาจากอวัยวะของตัวผู้ที่เรียกว่า hair pencils แต่นักวิทยาศาสตร์มักไม่จัดเป็นพวกเฟโรโมนเพศ

ในเยอรมนี Butenandt และคณะของเขา ทำการศึกษาเฟโรโมนเพศของแมลงใน order lepidoptera ในปี ค.ศ. 1960 เขาสามารถสกัดเฟโรโมนเพศที่บริสุทธิ์จากตัวเมียของ silkworm moths ได้สำเร็จ ในการสกัดสารเฟโรโมนจากตัวเมียบริสุทธิ์ (virgin female) ของ silkworm moth (*Bombyx mori*) กว่า 500,000 ตัว เขาได้รับเฟโรโมนเพศที่บริสุทธิ์น้ำหนัก 12 มิลลิกรัมเท่านั้น อย่างไรก็ตามคณะของเขาทำการวิจัยเรื่องนี้ในขณะที่ยังไม่มีเครื่องมือที่ทันสมัย ดังในปัจจุบัน การวิจัยใช้เวลามากกว่า 20 ปีจึงได้รับผลสำเร็จ

จากการวิเคราะห์พบว่าสูตรโครงสร้างของเฟโรโมนเพศจาก silkworm moths เป็น trans-10, cis-12-hexadecadien-1-ol ซึ่งเรียกชื่อทั่วไปว่า Bombykol (สาร 10 ในตารางที่ 1)

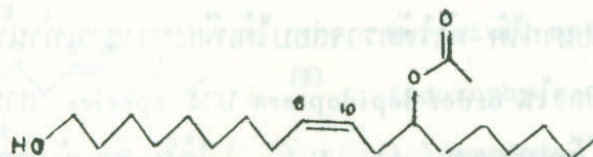
ในปีเดียวกันนี้ Jacobson และคณะในกระทรวงเกษตรแห่งสหรัฐอเมริกาได้สกัดและวิเคราะห์เฟโรโมนเพศจาก gypsy moth (*Porthetria dispar*) เขาสรุปว่าโครงสร้างของสารประกอบนี้เป็น 10-acetoxy-cis-7-hexadecen-1-ol หรือ gyptol (13)



Gyptol (13)

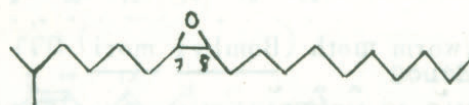
และยืนยันว่า gyplure (14) ซึ่งเป็น homologue ของ gyptol โดยมีจำนวนคาร์บอน มาก

กว่า gyptol 2 อะตอมก็มีสมบัติเป็นเฟโรโมนเพศที่ดีด้วย



Gyplure (14)

ในภายหลังจึงพบว่าสูตรโครงสร้างของ gyptol นั้นผิดพลาด และสูตรโครงสร้างที่ถูกต้องของเฟโรโมนเพศของ gypsp moth เป็น disparlure (12)



Disparlure (12)

Sex Attractant Pheromone Specificity

การค้นคว้าในเรื่องอำนาจอันเฉพาะเจาะจงของ เฟโรโมนเพศต่อแมลงใน species เดียวกันนี้ กระทำกันมากในแมลงใน order lepidotera เช่นเดียวกัน และอาจแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ข้อ คือ

1. Structural Specificity

จากผลการทดลองพบว่า โครงสร้างของเฟโรโมนเพศมีความสำคัญมากต่อระดับกัมมันตภาพของมัน ถ้าโครงสร้างของสารเปลี่ยนแปลงไปจากลักษณะที่พบในเฟโรโมนธรรมชาติเพียงเล็กน้อยก็จะทำให้กัมมันตภาพของมันลดลงหรือไม่ก็มีกัมมันตภาพเลย

ผลการทดลองเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้าง กับกัมมันตภาพของเฟโรโมนเพศของ red-banded leaf roller moth ได้แสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลของการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างไปจากเฟโรโมนธรรมชาติ ต่อกัมมันตภาพในการเป็นเฟโรโมนเพศ ของ red-banded leaf roller moth (*Argyrotenia velutinana*)

0 2 4 6 8 10 12 14 16



(7) เฟโรโมนธรรมชาติ



(15) มีกัมมันตภาพต่ำ



(16) มีกัมมันตภาพต่ำ



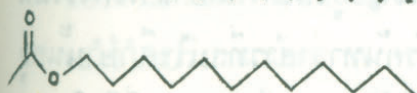
(17)

(R = H, CHO, EtCO)

Inhibitors



(18)



(19) ตัวเสริมกัมมันตภาพ
(Synergist)



(20) Inactive
(ทั้ง cis และ trans)

(จาก W.L.Roelofs และ A.Comeau, J.Insect Physiol., 1971, 17, 435)

ในแมลงที่ศึกษา เฟโรโมนเพศธรรมชาติมีโครงสร้างเป็น cis-11-tetradecnyl acetate ผู้ศึกษาได้ทดลองสารประกอบต่าง ๆ ที่มีโครงสร้างของโมเลกุลคล้ายคลึงกับเฟโรโมนธรรมชาติ และพบว่าตัวผู้ของแมลงจะตอบสนองแตกต่างกันต่อสารที่ทดลองจะสังเกตว่าส่วนมากสารที่มีโครงสร้างแตกต่างจากเฟโรโมนธรรมชาติจะมีกัมมันตภาพน้อย

กว่าหรือไม่ก็มันตกภาพเลย

2. Species Specificity

มีผู้สงสัยว่า ในกรณีที่แมลงซึ่งมีลักษณะทางสรีรวิทยา คล้ายคลึงกันได้รับเฟโรโมนเพศอย่างหนึ่ง จะเกิดการสับสนซึ่งทำให้เกิดการผสมพันธุ์ กันระหว่างแมลงคนละ species หรือไม่นั้น ได้มีนักวิทยาศาสตร์ทำการค้นคว้าอย่างละเอียดโดยเฉพาะใน order lepidoptera

โดยทั่วไป แมลงหลักเลียงการผสมพันธุ์ข้าม species โดยอาศัยความแตกต่างเกี่ยวกับคุณสมบัติทางสรีรวิทยาและลักษณะทางพันธุศาสตร์ที่แตกต่างกัน แต่ก็มีแมลงบางชนิดที่มีลักษณะต่าง ๆ ทั้งกล่าวข้างต้นคล้ายคลึงกันเกี่ยวกับเฟโรโมนเพศซึ่งช่วยให้มันผสมพันธุ์ ภายใน species เดียวกันเท่านั้น

จากตารางที่ 1 จะพบว่าแมลงต่าง species ที่มีลักษณะต่าง ๆ คล้ายคลึงกันจะใช้เฟโรโมนเพศตัวเดียวกัน แต่บาง species จะมีพฤติกรรมบางอย่างแตกต่างออกไปในขณะที่ยังเข้ามาอยู่ใกล้ตัวเมียที่เป็นตัวหลังเฟโรโมน แมลงบาง species หลังเฟโรโมนตัวที่สองเพื่อทำให้มันตกภาพของเฟโรโมนเพศสูงขึ้น เฟโรโมนที่สองนี้บางตัวไม่มีก็มันตกภาพในตัวของมันเองเลย

การแยกและวิเคราะห์สารเฟโรโมน

ปัญหาสำคัญ 2 ประการที่นักวิทยาศาสตร์เผชิญอยู่ในการศึกษาสารเฟโรโมนหรือสารเคมีอื่นๆ ที่หลั่งออกมาจากแมลง คือ (1) การค้นหว่าสารที่สนใจศึกษานั้นอยู่ที่ส่วนใดของแมลง (2) ปัญหาเกี่ยวกับการพิสูจน์โครงสร้างของสารประกอบที่มีปริมาณน้อยมาก

ปริมาณของเฟโรโมนในแมลงแต่ละตัวนั้น เปลี่ยนแปลงไปในแมลงแต่ละชนิด เช่นใน virgin female moth มีประมาณ 5 นาโนกรัม ส่วนในพวกแมลงปีกแข็ง (beetle) ปริมาณของเฟโรโมนเพศใน 1 ตัวจะมีค่าหลาย ๆ ไมโครกรัม

ในสมัยแรกใช้วิธีสกัดเฟโรโมนจากแมลงทั้งตัวเป็นจำนวนมาก ๆ ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ที่เหมาะสม แล้วจึงนำ crude extract มาแยกให้บริสุทธิ์ด้วยโครมาโตกราฟี ในบางกรณีผู้วิจัยพยายามแยกเอาต่อมที่สร้างเฟโรโมนออกมาสกัด เพื่อป้องกันการทำ

สารจากอวัยวะส่วนอื่นๆ มาปะปน แต่ในทางปฏิบัติจะกระทำได้อีกยาก เพราะขนาดของต่อมเหล่านี้ในแมลงจะเล็กมาก วิธีที่สะดวกกว่าจึงได้แก่การตัดเอาส่วนของร่างกายที่มีต่อมที่ต้องการมาสกัด แทนที่จะสกัดทั้งตัว

ในการศึกษาเรื่องแมลงสาป ผู้ศึกษาใช้วิธีผ่านอากาศลงไปในภาชนะที่บรรจุแมลงสาปตัวเมียจำนวนมากๆ แล้วดูดเอาอากาศจากภาชนะนี้ออกไปตามท่ออีกท่อหนึ่งผ่านลงไปในภาชนะที่เย็นจัด เพื่อให้ไอของสารใดๆ ที่ออกมาจากแมลงสาปควบแน่น วิธีนี้ใช้ได้ผลดี แต่ต้องใช้เวลานานนับเดือน

ในปัจจุบันปัญหาที่สอง ซึ่งเกี่ยวกับการพิสูจน์โครงสร้างของสารประกอบที่มีปริมาณน้อยมากนั้น จะมีปัญหาดังกล่าว เนื่องจากได้มีการประดิษฐ์คิดค้นเครื่องมือวิเคราะห์ที่ทันสมัย ซึ่งสามารถวิเคราะห์สารปริมาณน้อยมากได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว

เนื่องจากเฟโรโมนสามารถระเหยได้ จึงใช้เทคนิคทาง chromatography และ mass spectrometry ได้สะดวก โดยเฉพาะเมื่อมีการควบ (interface) เครื่องมือทั้งสองเข้าด้วยกัน นอกจากนั้นระบบสมองกลนำมาใช้กับเครื่องมือวิทยาศาสตร์ต่างๆ ทำให้สามารถวิเคราะห์โครงสร้างของสารที่มีปริมาณน้อยมากได้อย่างถูกต้องในระยะเวลาอันสั้น

การใช้เฟโรโมนเพศในค่านเศรษฐกิจ

มีความเชื่อกันในกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ การใช้ sex attractant เพื่อควบคุมศัตรูของการเกษตร จะมีผลดีกว่าการใช้ยาฆ่าแมลงที่ใช้ในปัจจุบัน เนื่องจากการใช้ attractant จะใช้ในปริมาณน้อยมาก ทำให้ลดการทำลายสิ่งแวดล้อมหรือสมรรถนะของสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติ นอกจากนี้โอกาสที่แมลงที่เป็นประโยชน์ต่อการเกษตรหรือสิ่งแวดล้อมจะถูกทำลายก็น้อยมากเพราะสาร attractant มีลักษณะเป็น species-specific และพบว่าการใช้แมลงจะสร้าง strain ที่ดื้อต่อ attractant จากธรรมชาติจะเป็นไปได้ยาก

โดยทั่วไป มักใช้ sex pheromone ในขบวนการที่เรียกว่า "confusion technique" โดยพ่นสาร attractant ลงในบริเวณที่มีการระบาดของแมลงเพื่อให้แมลงตัวผู้เกิดการสับสนในการค้นหากลิ่นจากตัวเมีย ทำให้พฤติกรรมการผสมพันธุ์ ตามปกติถูกขัดขวาง

ประโยชน์ที่สำคัญอีกอย่างหนึ่ง คือ การใช้ attractant ในการสำรวจประ

ข่าวกรองแมลงที่สำคัญ เช่น ศัตรูของพืช หรือ ศัตรูสัตว์ เพื่อนำมาวิเคราะห์ใช้เป็นข้อ
ในการวางแผนปราบศัตรูเหล่านี้ได้อย่างถูกต้อง เช่น ถ้าพบว่าบริเวณใดมีจำนวนแมลง
เพิ่มขึ้นถึงขั้นที่จะเป็นอันตรายต่อผลิตผล ก็สามารถคำนวณปริมาณของยาฆ่าแมลงที่จะใช้
ได้อย่างถูกต้องเป็นการป้องกันและลดอันตรายจากการใช้ยาฆ่าแมลงเกินความจำเป็นอย่าง
ได้ผลดี

อย่างไรก็ดี การใช้ attractant จะได้ผลดีเพียงใด ย่อมขึ้นอยู่กับการณ์ควา
อย่างละเอียดของนักวิทยาศาสตร์ในแขนงต่าง ๆ นักกีฏวิทยา นักเคมี ชีววิทยา เป็นต้น
เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- Karlson, P. and Luscher, M. 1959. *Nature*, 183, 55
- Evans, D.A., and Green, C.L., 1973. "Insect Attractants of Natural Origin"
Chem Soc. Rev. 2, 75-97.
- Jacobson, M., and Beroza, M. August 1964. "Insect Attractants." *Scientific American*.
20-27.
- Wilson, O.A. May 1963. "Pheromones". *Scientific American*. 100-115.
- Baker, R., and Evans, D.A. 1977. "Insect Chemistry." *Annual Report on
Progress of Chemistry*. 367-389.
- Kullenberg, B., and Bergstrom, G. 1975. "Chemical Communication between
Living Organisms". *Exdeavovr.* 34 (122) 59-66.
- McConnell, J.G., and Silverstein, R.M., 1973 "Recent Results in insect
Pheromone Chemistry". *Angewand. Chem. Intern.*
Edition. 12. 644-654.

ยาปฏิชีวนะ

ยงยศ มนต์เสรินทร์*

ส่วนใหญ่การลุกลามของเชื้อโรคจะถูกต่อต้านโดยความต้านทานของร่างกาย ซึ่งเกิดเป็นปกติประจำวันอยู่ การเกิดโรคเป็นผลของการต่อสู้ระหว่างร่างกายและเชื้อโรค เมื่อร่างกายอ่อนแอและเชื้อโรคมีความรุนแรงสูง ร่างกายจะไม่สามารถทำลายเชื้อโรคได้ ในภาวะเช่นนี้ การใช้ยาปฏิชีวนะจะช่วยทำลายเชื้อ (Bacteriocidal) หรือทำให้เชื้อโรคไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (Bacteriostatic)

ยาปฏิชีวนะคือยาที่มีฤทธิ์ต่อเชื้อโรค ซึ่งได้นำมาใช้ประมาณ 30-40 ปีมาแล้ว ในปัจจุบันมียาเป็นร้อยๆ ชนิดที่สังเคราะห์ขึ้น เพื่อให้ได้ยาที่มีผลแทรกซ้อนน้อยและมีประสิทธิภาพสูง โดยมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรคได้กว้างขวางและออกฤทธิ์ทางสรีรเคมีที่ต่างกัน

ฤทธิ์ทำลายหรือต่อต้านเชื้อโรคของยาปฏิชีวนะ

แบ่งได้เป็น 2 พวก คือ

1. Bacteriocidal คือพวกที่ทำลายเชื้อจนตาย
2. Bacteriostatic คือพวกที่ทำให้เชื้อไม่สามารถเจริญเติบโตหรือแบ่งตัวได้

กลไกการออกฤทธิ์ของยาปฏิชีวนะ (Mechanism of Action)

การออกฤทธิ์ของยาปฏิชีวนะต่อเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ สามารถจะแบ่งออกเป็นพวกใหญ่ๆ ได้ 4 พวกคือ

1. Metabolic interference

หมายถึงตัวยามีสูตรคล้ายกับ metabolites ที่สำคัญในการยังชีพของเชื้อจุลินทรีย์ เช่น พวก sulfa หรือ PAS มีสูตรเคมีของ para aminobenzoic acid (PABA) ซึ่งเป็นสายจำเป็นในการสังเคราะห์ folic acid ของเชื้อจุลินทรีย์ โดยที่ folic acid นี้มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และจะต้องสังเคราะห์ขึ้นเอง ดังนั้นเมื่อยาไปขัดขวางต่อ PABA ก็จะทำให้เชื้อจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ยาในกลุ่มนี้ทั้งหมด เป็น bacteriostatic ยกเว้น INH แต่เมื่อเอายา 2 ตัวจากกลุ่มนี้รวมตัวเข้าด้วยกัน เช่น sulfa กับ trimethoprim กลับมีฤทธิ์เป็น bacteriocidal

* อาจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

2. Inhibitor of cell wall synthesis

คือมีฤทธิ์ในการยับยั้งการสร้าง cell wall เนื่องจาก bacteria cell wall ล้อมรอบ cytoplasm เพราะสารที่อยู่ใน cell มี osmotic pressure สูงมาก ดังนั้นถ้า cell wall ผิดปกติไปก็จะแตก ทำให้เชื้อ bacteria ตายได้ ยาในกลุ่มนี้ได้แก่ penicillin, cephalosporin, bacitracin, vancomycin

3. Membrane permeability

เป็นยาปฏิชีวนะซึ่งมีผลต่อการซึมผ่านของ cell wall ยาในกลุ่มเป็น bacteriocidal ซึ่งได้แก่ polymyxin colistin, amphotericin, nystatin, gramicidin และ tryrotricin เป็นต้น

4. Inhibitor of protein biosynthesis

ออกฤทธิ์ในการกีดขวางการสังเคราะห์ของ protein ตัวอย่างยาเหล่านี้ chloramphenicol, streptomycin, erythromycin, rifampicin, nalidixic acid, griseofulvin และพวก aminoglycoside ได้แก่ kanamycin และ gehtamycin เป็นต้น

ตัวอย่างยาปฏิชีวนะที่มกลไกการออกฤทธิ์ที่แตกต่างกัน

I. BACTERIOCIDAL

1. Penicillin	Prevent cell wall synthesis
Vancomycin	Prevent cell wall synthesis
2. Bacitracin	Prevent cell wall synthesis
3. Streptomycin	Inhibit protein synthesis
Kanamycin	-,, -
Gentamycin	-,, -
4. Polymyxin	Irreversible damage to cytoplasmic membrane
Colistin	-,, -
5. Mandelamine	Denature protein
6. Rifampicin	Inhibit RNA synthesis of bacteria

II BACTERIOSTATICS

- | | |
|--------------------|---|
| 1. Chloramphenicol | Inhibit protein synthesis |
| 2. Tetracycline | Inhibit protein synthesis |
| 3. Erythromycin | Inhibit protein synthesis |
| 4. Nitrofurantoin | กลไกการทำงานไม่แน่ชัด |
| 5. Sulfonamides | prevent growth by impairing l-carbon metabolism |
| 6. Nalidixic acid | Block DNA synthesis |
| 7. Trimethoprim | Impairing l-carbon metabolism |

การแบ่งชนิดยาปฏิชีวนะโดยอาศัย Spectrum ของยา

1. พวก narrow spectrum พวกที่มีขอบข่ายของฤทธิ์แคบ มักจะเป็นยาออกฤทธิ์ต่อเชื้อพวก gram positive cocci ได้แก่ penicillin, erythromycin, lincomycin, vancomycin เป็นต้น
2. Intermediate spectrum พวกที่มีขอบข่ายของฤทธิ์ปานกลาง ได้แก่ kanamycin, neomycin streptomycin, spectinomycin, sulfonamide, nitrofurantoin.
3. กลุ่มยาที่ออกฤทธิ์ต่อต้าน gram negative เท่านั้น ได้แก่ polymyxin B, colistin, nalidixic acid
4. พวก broad spectrum มีขอบข่ายกว้างขวางเรียกว่าครอบจักรวาล ได้แก่ tetracyclin chloramphenicol, gentamycin

ผลร้ายของยาปฏิชีวนะ

ยาปฏิชีวนะเปรียบเหมือนอาวุธซึ่งมีทั้งคุณและโทษ ดังนั้นเราจะต้องทราบว่าโทษของยานั้นมีอย่างไรบ้างผลร้ายหรือผลแทรกซ้อนที่เกิดจากยาปฏิชีวนะอาจแบ่งเป็นพวกใหญ่ๆ ได้ 2 พวก คือ

1. ผลร้ายที่เกิดทางอ้อม (Indirect effect) เป็นผลร้ายที่ไม่ได้เกิดขึ้นต่อผู้ป่วยหรือต่อการรักษาโดยตรง แบ่งได้เป็น 2 ข้อ
 - ก. ในการใช้ยาปฏิชีวนะหลายอย่างจะทำให้เกิดผลต่อเชื้อจุลินทรีย์ที่อยู่ในธรรมชาติ (environmental flora) การใช้ยาอาจทำให้มีการเปลี่ยนแปลง

ของ sensitivity ของเชื้อต่างๆ เหล่านี้และถ้ายาใดไม่เคยถูกใช้เลย ก็ปรากฏว่าเชื้อจะมีความไวต่อยาน้อยอย่างมาก

- ข. ในการใช้ยาปฏิชีวนะอย่างใดอย่างหนึ่งรักษาผู้ป่วย นอกจากผลของยาที่มีต่อเชื้อที่เรารักษาแล้วยาตัวนั้นจะมีผลต่อ bacteria flora อื่นๆ ที่มีอยู่ในร่างกายด้วย ยานี้จะฆ่าเชื้อที่มีความไวต่อยาด้วย คงปล่อยให้แต่เชื้อซึ่งดื้อต่อยานี้จึงทำให้เชื้อที่ดื้อยามีจำนวนมากขึ้นจนอาจเกิดอันตรายได้

2. ผลร้ายโดยตรง (direct effect) แบ่งได้เป็น 2 พวก

- ก. Allergy เป็นการแพ้ยาที่เกิดขึ้นโดยไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดของยา เป็นลักษณะของ immunological reaction หรือ hypersensitivity reaction อาจเป็นชนิดเกิดขึ้นทันที (immediate) หรือเกิดช้า (delay type) พวกเกิดช้ามักแสดงออกทางผิวหนัง ซึ่งอาจจะเกิดร่วมกับทางแสดงออกทางอวัยวะอื่นด้วยเช่นเป็นอาการคัน ยาที่เกิดการแพ้แบบนี้ที่พบบ่อยได้แก่ penicillin, streptomycin, และ tetracycline สำหรับ immediate allergic reaction ใน case ที่เป็นมากอาจถึง shock ที่พบบ่อยได้แก่พวก penicillin, anaphylactic shock เกิดได้ 0.1% ของพวกแพ้ penicillin ทั้งหมด แต่อันตรายสูงถึง 10-25% โดยเฉพาะถ้าเกิดจากยาฉีด

- ข. Drug toxicity ผลร้ายที่เกิดจากพิษของยา ซึ่งมีความสัมพันธ์กับขนาดของยา ยาแต่ละตัวอาจจะแสดงพิษได้ต่าง ๆ กัน และเกิดกับอวัยวะต่าง ๆ กันเช่น ไต ตับ ทางเดินอาหาร ไชกระดูก เป็นต้น

ยาปฏิชีวนะที่ใช้บ่อย (Antibiotic of Common Use)

1. Penicillin เป็น narrow spectrum antibiotic และเป็น bacteriocidal ซึ่งมีผลต่อ cell wall ของ bacteria จะทำลายเชื้อ bacteria ได้หลายชนิด เช่น Gram positive cocci streptococci ทั้ง aerobes และ anerobes, pneumococci, staphylococci

Gram positive bacilli ได้แก่พวก clostridium, corynebacterium, diphtheria, actinomyces

Gram negative cocci ได้แก่ Nisseria, gonorrhoea

Gram negative bacilli ได้แก่ Treponaema pallidum

2. Aminoglycoside ยากลุ่มนี้เป็นยาที่ประกอบด้วย amino sugar เชื่อมกันโดย glycoside linkage ยาทำลายด้วย mycin ได้มาจากเชื้อราพวก streptomycin (แต่ถ้าทำลายด้วย micin จะได้มาจากเชื้อ microspora) ได้แก่ streptomycin, kanamycin, gentamycin, neomycin ยาในกลุ่มนี้เป็นพวกเกลือ sulfate ดูดซึมทางลำไส้ไม่ดี จึงต้องใช้ฉีดและทุกตัวมีพิษต่อหูทั้งสองข้าง
3. Streptomycin เริ่มใช้มาตั้งแต่ ค.ศ. 1944 เริ่มด้วย dihydrostreptomycin แต่มีพิษต่อการได้ยินเสียงมาก จึงเปลี่ยนเป็น streptomycin sulfate
Antibacterial activity ได้ต่อสู้ M. tuberculosis, gram negative bacilli และ staphylococci
4. Kanamycin ได้ผลดีมากต่อ gram negative ต่างๆ เช่น E. coli, proteus, salmonella และ shigella ใช้ได้ทั้งรับประทานและฉีด แต่วิธีรับประทานจะมีการดูดซึมจากลำไส้ได้น้อยมาก คือ เพียง 1-3% เท่านั้น ยาจะไม่มีการสะสมในร่างกาย นอกเสียจากว่าไตพิการ
5. Tetracyclin เป็นยาปฏิชีวนะที่ใช้กันมาเป็นเวลานานตั้งแต่ปี ค.ศ. 1948 ในโรคต่างๆ มากมายเพราะเป็นยาที่ใช้ได้ทั้งรับประทานและฉีด ผลเสียรุนแรงของยานี้มีน้อย จึงมีการใช้อย่างแพร่หลาย antibacterial activity เป็น bacteriostatic ได้ผลต่อเชื้ออย่างกว้างขวาง จึงทำให้เกิดคำว่า broad spectrum หรือครอบคลุมกว้าง ยาได้ผลต่อ gram positive จำนวนมากและ gram negative บางอย่าง นอกจากนี้ยังได้ผลต่อ mycoplasma ต่อ Rickettsiae ต่อ T. pallidum และยังได้ผลต่อ parasite คือ E. histolytica ในการใช้รักษา gonorrhoea ในเมืองไทยไม่ค่อยได้ผลดีนัก ยานี้ดูดซึมได้ดีจากลำไส้โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขณะท้องว่าง เพราะฉะนั้นจึงมักให้ก่อนอาหาร แต่มีบางตัวอาจจะดูดซึมได้ทั้งก่อน และหลังอาหาร เช่น Doxycyclin

- และ Minocyclin การทานยาพวก aluminium และ magnesium หรือ iron อาจจะทำให้การดูดซึมต่ำลง และการดื่มนมจะทำให้ดูดซึมไม่ดี
6. Chloramphenicol ใช้กันมาตั้งแต่ ค.ศ. 1947 โดยแยกได้จากเชื้อ streptomysis, venezulae, มีฤทธิ์เป็น bacteriostatic ได้ผลกว้างในปัจจุบันเราถือเป็น drug of choice ในการรักษา typhoid, paratyphoid และ salmonella อื่นๆ ผลเสียของยาทำให้เกิด aplastic anemia ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นที่หรือหลังหยุดยาแล้วก็ได้ พบ 1:25,000-100,000 ราย
 7. Sulfonamides ใช้กันตั้งแต่ ค.ศ. 1935 แบ่งออกเป็น 3 พวก
 1. Short acting ได้แก่ sulfodiazine
 2. Long acting ได้แก่ sulfamethazol
 3. Non absorbable sulfa ได้แก่ sulfaguanidine, sulfathiazole เป็นต้น bacteriostatic ใช้ได้ทั้ง gram positive และ gram negative
 8. Chlorguinadol เป็นยาปฏิชีวนะซึ่งเป็น guinoloz derivative ใช้ทาและมีฤทธิ์ broad spectrum ต่อต้านทั้งแบคทีเรียและเชื้อรา มีฤทธิ์ต่อเชื้อที่ก่อให้เกิดโรคของผิวหนังทั้ง 4 ชนิด คือแบคทีเรีย dermatophytes, yeasts และ moulds ยาคอร์ติคอยด์ ชนิดอื่นที่ต้องการฤทธิ์กว้างขวางเช่นนี้ต้องใช้ยาหลายๆ ตัวรวมกัน ซึ่งทำให้เกิดการเลียงขึ้น เช่น มีการติดเชื้อชนิด superinfection การเกิดการดื้อยาและการแพ้ยา เป็นต้น

ยารักษาโรคจากเชื้อรา

ยาปฏิชีวนะส่วนมากเกิดจากเชื้อราสร้างขึ้น และดังนั้นเชื้อราจึงต้านทานยาปฏิชีวนะได้ ยาคังต่อไปนี้นำมาใช้ในการติดเชื้อรา คือ

systemic treatment:

Nystatin

Griseofulvin

local treatment:

Tolftaftat

Haloproglin

Isoconazol

Miconazol

Econazol

Clotrimazol

} Imidazol preparations

ยาแต่ละตัวมีฤทธิ์ต่อกลุ่มของเชื้อราบางชนิดเช่น tolnaftat มีฤทธิ์ต่อต้าน dermatophytes ได้ดีในขณะที่ nystatin ใช้สำหรับพวก yeasts ยาทั้ง 2 ชนิด นี้ไม่มีผลต่อเชื้อรากลุ่มอื่น ๆ ในปัจจุบันยาที่ต่อต้านเชื้อราได้ผลดีที่สุด ได้แก่พวก imidazol ตัวแทนตัวหนึ่งของยากลุ่มนี้ได้แก่ Isoconazol ซึ่งเป็นตัวยาที่ใช้แพร่หลายในประเทศไทยขณะนี้

Isoconazol มีฤทธิ์ต่อต้านเชื้อรา 3 ชนิด dermatophytes, yeasts, moulds และยังต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย gram positive ได้อีก

อันตรายของการใช้ยาปฏิชีวนะอย่างพร่ำเพรื่อ

1. เกิดภาวะดื้อยาขึ้น
2. เป็นพิษต่อตับ ไต และ เลือด
3. เกิดการแพ้ยา
4. superinfection จากการเปลี่ยนแปลง normal bacterial flora
5. ทำให้วินิจฉัยโรคได้ลำบากขึ้นทั้ง ๆ ที่โรคไม่หายไป และยังเป็นอันตรายอยู่ เช่น partially treated minijitis

เอกสารอ้างอิง

Jawetz E. et al (1976) Review of Medical Microbiology, Lange Medical Publication, Japan.

การรวมกลุ่มของแบคทีเรีย

(Flocculation of Bacteria)

วิทยาตา หนูนภักดี*

บทนำ

สาเหตุของการรวมกลุ่มของแบคทีเรีย เป็นเรื่องที่นักวิทยาศาสตร์กำลังให้ความสนใจอย่างมากในเวลานี้เชื่อกันว่าการรวมกลุ่มของแบคทีเรีย เป็นหนทางหนึ่งที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการรวมวิธีกำจัดน้ำเสียได้ บทความนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะกล่าวถึง ผลการวิจัยของนักวิทยาศาสตร์หลายท่าน รวมทั้งเสนอความคิดเห็นของผู้เขียน ซึ่งได้มีประสบการณ์ในการวิจัยเกี่ยวกับเรื่องนี้ด้วย

กลุ่มของแบคทีเรียในกระบวนการกำจัดน้ำเสีย

การกำจัดน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ นั้น มักใช้กรรมวิธีที่เรียกว่า Activated sludge ซึ่งเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำเสียได้ถึง 90% วิธีการนี้ทำโดยการปรับสภาพความเป็นกรดและด่างของน้ำเสียให้เป็นกลางเสียก่อน แล้วจึงผ่านเข้าสู่ถังเติมอากาศ (Aeration tank) เป็นระยะ ๆ น้ำเสียที่อยู่ในถังเติมอากาศจะถูกเขย่าให้ผสมกับอากาศ แบคทีเรียชนิดต่าง ๆ รวมทั้งจุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำเสีย เช่น รา สาหร่าย และโปรโตซัว จะเพิ่มปริมาณมากขึ้น โดยการสลายสารอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดน้ำเสีย ทำให้น้ำเสียดังกล่าวกลายเป็นน้ำใสที่มีความต้องการออกซิเจนเพื่อการดำรงชีวิตต่ำ (Low Biological Oxidation Demand, B. O. D.) จึงเป็นน้ำที่มีคุณภาพดีเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในงานต่าง ๆ ต่อไป

ส่วนแบคทีเรียและจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ ซึ่งทำหน้าที่กำจัดน้ำเสียที่มีอยู่ในน้ำนั้น จะสะสมตัวอยู่ในรูปตะกอนสีน้ำตาลแดง แยกตัวออกจากน้ำจมอยู่ก้นถัง เมื่อนำเอาตะกอนสีน้ำตาลแดงนี้มาวิเคราะห์แยกชนิด พบว่า มีแบคทีเรียอยู่หลายประเภท เช่น Zoogloea, Bacillus, Flavobacterium, Pseudomonas และ Corynebacterium เป็นต้น ผลการวิเคราะห์ยังพบอีกด้วยว่า แบคทีเรียเหล่านี้บางชนิดมีการรวมกันอยู่เป็นกลุ่ม (Flocculation) ในกลุ่มของแบคทีเรีย (floc) กลุ่มหนึ่งมีทั้งแบคทีเรียชนิดเดียวกันอยู่รวมกัน และบางกลุ่มมีแบค-

* อาจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ไตร่ตรองกันอยู่ร่วมกัน

ลักษณะการรวมกลุ่มของแบคทีเรีย เป็นที่ทราบกันแล้วว่า เป็นปัจจัยหนึ่งในการกำจัดน้ำเสีย กล่าวคือ กลุ่มของแบคทีเรียจะประพัตตัวเหมือนวุ้นหรือร่างแหที่กักกลุ่มของเสียที่แขวนลอยอยู่ในน้ำเสียให้แยกตัวออกจากน้ำ กลายเป็นตะกอนจมอยู่ก้นถัง ตามสภาพที่กล่าวแล้วด้วยเหตุนี้เองปัญหาที่จะต้องศึกษาให้รู้แน่ชัดก็คือว่า แบคทีเรียเหล่านั้นรวมกลุ่มกันได้อย่างไรเนื่องจากสาเหตุอะไร

สาเหตุการรวมกลุ่มของแบคทีเรีย

สาเหตุของการรวมกลุ่มของแบคทีเรียที่อยู่ในความสนใจและทำการศึกษากันในปัจจุบัน คือ อิทธิพลของการเขย่า ชนิดของสารอาหารที่แบคทีเรียกิน ชนิดของประจุธาตุที่อยู่ในสารอาหาร และธรรมชาติของแบคทีเรียแต่ละชนิด

เหตุผลที่เชื่อว่า การเขย่ามีอิทธิพลทำให้แบคทีเรียเกิดการรวมกลุ่มนั้น ได้มาจากความจริงที่พบเห็นว่า ภายในถังเติมอากาศที่ใช้ในการกำจัดน้ำเสีย เมื่อเขย่าแล้วแบคทีเรียบางชนิดเกิดการรวมกลุ่ม ซึ่งในเรื่องนี้สามารถทำการทดลองได้ในห้องปฏิบัติการ โดยการนำเอาแบคทีเรียมาเขย่าด้วยเครื่องเขย่า ตลอดช่วงระยะของการเจริญเติบโต (ประมาณ 18-24 ชั่วโมง) ผลจากการทดลองนี้จะพบว่า แบคทีเรียบางชนิดสามารถรวมกลุ่มได้จริง แต่อย่างไรก็ตาม เป็นที่เชื่อได้ว่าการรวมกลุ่มของแบคทีเรียมิใช่เกิดเนื่องจากการเขย่าแต่เพียงอย่างเดียว ชนิดของสารอาหารที่แบคทีเรียกินน่าจะเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้แบคทีเรียเกิดการรวมกลุ่ม ทงนี้รู้ได้จากผลการทดลองโดยนำเอาแบคทีเรียชนิดต่าง ๆ มาเลี้ยงในสารอาหารต่าง ๆ ชนิดกัน (2, 7 และ 8) ผลปรากฏว่า แบคทีเรียที่เลี้ยงในสารอาหารที่มี polypeptone และ glucose ผสมกันนั้น มีการจับกลุ่มกันดีกว่าแบคทีเรียที่เลี้ยงด้วยสารอาหารที่ไม่ได้ใส่สารสองชนิดดังกล่าวลงไป และเมื่อทดลองเติม yeast extract ลงไปในสารอาหารที่มี polypeptone และ glucose เป็นองค์ประกอบอยู่ ปรากฏว่าแบคทีเรียบางชนิดสามารถรวมกลุ่มได้ดีกว่า เมื่อเลี้ยงในสารอาหารที่มีแต่ polypeptone และ glucose เท่านั้น

สำหรับแบคทีเรียในจำพวก Flavobacterium นั้น จากการทดลอง (3 และ 8) พบว่า แบคทีเรียพวกนี้จะรวมกลุ่มกันได้ดี เมื่อสารอาหารประกอบด้วยธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียม ฉะนั้นจึงเข้าใจได้ว่า ประจุธาตุเหล่านี้จะต้องมีส่วนที่ทำให้แบคทีเรียรวมกลุ่มกันอย่าง

แน่นอน

ทั้งนี้การรวมกลุ่มของแบคทีเรียนอกจากจะขึ้นอยู่กับชนิดของสารอาหาร หรือประจุของธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมแล้ว ยังขึ้นอยู่กับคุณสมบัติเฉพาะชนิดของแบคทีเรียเองที่จะเกิดการรวมกลุ่ม

กลไกของการรวมกลุ่มของแบคทีเรีย

นักวิทยาศาสตร์หลายคน (4, 5, 8,) ได้ศึกษากลไกการรวมกลุ่มของแบคทีเรีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งแบคทีเรียจำพวก *Zoogloea* เมื่อเอากลุ่มของแบคทีเรียชนิดนี้มาศึกษาลักษณะรูปร่างด้วยกล้องอิเล็กตรอน พบว่ากลุ่มของแบคทีเรียชนิดที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่ง 2 ประการ ประการแรกได้แก่การพบว่า เซลล์ของแบคทีเรียมารวมกันเป็นกลุ่มนั้นมีปริมาณของ Poly-B-Hydroxybutyrate (PHB) ซึ่งเป็นแหล่งสะสมไขมันมากกว่าเซลล์ที่ไม่ได้รวมกันอยู่เป็นกลุ่ม และ PHB นี้จะพบในปริมาณมากขึ้นไปอีกเมื่อนำแบคทีเรียชนิดรวมกลุ่มมาเลี้ยงในสารอาหารที่มี glucose อีก ประการหนึ่ง ได้แก่การที่พบว่าบริเวณผนังเซลล์ที่มารวมกันนั้น มีสารที่เรียกว่า Polymer matrix (หรือ Capsular material หรือ Gelatinous matrix) มาเกาะอยู่โดยรอบ และทำหน้าที่เชื่อมต่อเซลล์แต่ละเซลล์ให้ติดกันเป็นกลุ่ม

การวิเคราะห์ศึกษา Polymer matrix (4) พบว่า Polymer matrix ดังกล่าวประกอบด้วย Polysaccharide ต่อกันด้วย 1→4 linkage และมีคุณสมบัติเป็น Polyelectrolyte ซึ่งสามารถที่จะจับกับประจุธาตุโลหะชนิดต่างๆ ได้เช่น Ca^{+2} , Mg^{+2} , Ba^{+2} ลักษณะของ polymer matrix เช่นนี้ชี้ชัดว่า ประจุโลหะเหล่านั้นเป็นตัวการที่จะเชื่อมต่อเซลล์แต่ละเซลล์เข้าด้วยกัน โดยที่ผิวของเซลล์มีคุณสมบัติคล้ายประจุลบจะถูกยึดด้วยประจุบวกของธาตุโลหะ ผลจึงทำให้เซลล์ที่ถูกยึดเกาะกันเป็นกลุ่ม ความเข้าใจในเรื่องนี้สามารถยืนยันได้จากการทดลองนำเอาแบคทีเรียมาเลี้ยงในสารอาหารที่ประกอบด้วย ประจุธาตุโลหะ Ca^{+2} ในรูปของ CaCl_2 ที่มีความเข้มข้นน้อยกว่า 0.5 mM

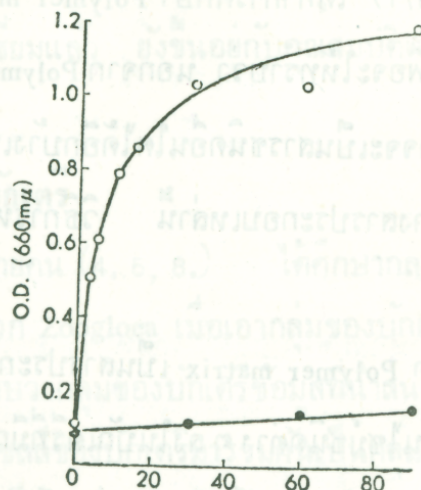
ผลการทดลองนี้ปรากฏว่า เกิดการรวมกลุ่มของแบคทีเรีย โดยมี Ca^{+2} เป็นตัวยึดระหว่างเซลล์ได้จริง ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ดังนั้นจึงอาจจะคาดการณ์ได้ว่า ประจุธาตุโลหะชนิดอื่นๆ เช่น Mg^{+2} และ Ba^{+2} ก็น่าที่จะทำหน้าที่ยึดเซลล์แต่ละเซลล์ให้เกิดการรวมกลุ่มได้เช่นเดียวกัน

การศึกษาส่วนประกอบของ Polymer matrix

Kato, et.al. (1971) ได้ทำการศึกษา Polymer matrix หรือสารเชื่อมระหว่างเซลล์ของแบคทีเรียชนิดต่างๆ เพื่อให้ทราบว่า นอกจาก Polymer matrix จะประกอบด้วย Polysaccharide แล้ว ยังอาจจะเป็นสารชนิดอื่นใดได้อีกบ้างเช่น โปรตีน คาร์โบไฮเดรต เซลลูโลสหรือของผสมระหว่างสารประกอบเหล่านี้ วิธีการหาจะขอนำมากล่าวในรายละเอียดดังต่อไปนี้

หลักการที่จะหาว่า Polymer matrix เป็นสารประกอบประเภทใด กระทำได้ 2 ขั้นตอนขั้นแรกเป็นการใส่เอนไซม์ชนิดต่างๆ ลงในแบคทีเรียที่มีการรวมกลุ่มกันแล้ว เพื่อจะดูว่า เอนไซม์ชนิดใดที่สามารถทำลายสาร ซึ่งประกอบกันเป็น Polymer matrix ของกลุ่มแบคทีเรียได้บ้าง ทั้งนี้โดยการสังเกตดูผลของการที่เกิดการแตกกลุ่ม (Defocculation) ของแบคทีเรีย อันเนื่องมาจากสารเชื่อมระหว่างเซลล์หรือ Polymer matrix ถูกทำลายลงนั่นเอง กล่าวคือ การแตกกลุ่มของแบคทีเรียจะมีผลทำให้หลอดที่เลี้ยงแบคทีเรียเกิดฝ้าขึ้น กระจายอยู่ทั่วหลอด จากนั้นเพื่อที่จะทราบว่าการแตกกลุ่มของแบคทีเรียมีปริมาณที่แน่นอนสักเท่าใด ก็ทำได้โดยการวัด Optical Density ของแบคทีเรียในหลอดเลี้ยงแบคทีเรีย โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า Spectronic-20

ในทางปฏิบัติเพื่อหาปริมาณแตกกลุ่มของแบคทีเรีนั้นทำได้ โดยเปรียบเทียบ Optical Density ของหลอดทดลองที่เพาะเลี้ยงกลุ่มแบคทีเรียชนิดเดียวกัน 2 หลอด แต่ละหลอดมีปริมาณของแบคทีเรียรวมกลุ่มที่จะทดสอบเท่าๆ กัน หลอดหนึ่งเป็นหลอดคุมการทดลองที่ไม่ได้ใส่เอนไซม์ลงไป อีกหลอดหนึ่งเป็นหลอดทดลองที่ใส่เอนไซม์แต่ละชนิดลงไป ในปริมาณที่แน่นอน เขย่าหลอดทั้งสองด้วยเครื่องเขย่าตลอดเวลาที่ทำการทดลองเมื่อต้องการตรวจสอบนำหลอดทั้งสองออกจากเครื่องเขย่ามาตั้งทิ้งไว้นาน 30 นาที แยกเอาชั้นบนของสารละลาย (supernatant) ในหลอดทั้ง 2 ไปวัดค่า O.D. ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงการแตกกลุ่มของแบคทีเรียรวมกลุ่มโดยใช้เอนไซม์

---●--- แบคทีเรียรวมกลุ่มใส่เอนไซม์

---●--- แบคทีเรียรวมกลุ่มไม่ใส่เอนไซม์

ซึ่งปรากฏว่า O.D. ของหลอดทดลองจะมีค่าสูงกว่า O.D. ของหลอดควบคุมการทดลองและค่อยๆ สูงขึ้นเมื่อทำการทดลองไว้นาน ทั้งนี้เนื่องจากเอนไซม์ที่ใส่ลงไปจะมีผลในการทำให้เซลล์แตกกลุ่มกระจายกระจายแขวนลอยในชั้นบนของสารละลาย ส่วนในหลอดควบคุมการทดลองนั้นจะเกิดการรวมกลุ่มของแบคทีเรีย ทำให้เกิดตะกอนตกที่ก้นหลอด ชั้นบนของสารละลายจึงใสและมีค่า O.D. ต่ำ

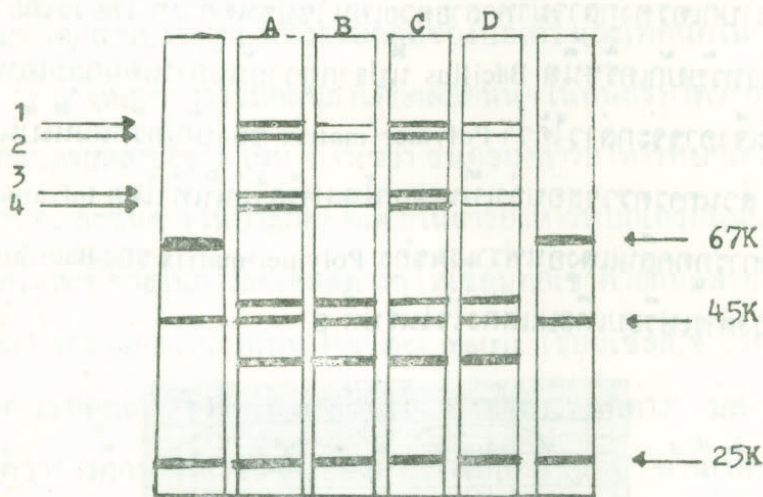
เมื่อรู้ว่า Polymer matrix มีความไวต่อปฏิกิริยากับเอนไซม์ชนิดใดแล้วก็จะดำเนินขั้นที่สอง ซึ่งเป็นการวิเคราะห์เพื่อให้ทราบว่า Polymer matrix นั้น เป็นสารประกอบชนิดใดต่อไป สำหรับในเรื่องนี้จะยกตัวอย่างเมื่อทำการศึกษา Polymer matrix ชนิดที่เป็น (ก) สารโปรตีน (Protein polymer matrix) และ (ข) สารเซลลูโลส (Cellulose polymer matrix)

(ก) การหา Polymer matrix ที่เป็นโปรตีน

การศึกษา Polymer matrix นี้ ศึกษาจากแบคทีเรียจำพวก Citromonas (7)

ซึ่งเป็นแบคทีเรียรวมกลุ่มประเภทหนึ่ง เมื่อใส่เอนไซม์ชนิดต่าง ๆ ลงไปในหลอดทดลองเช่น Meicelase-P, Cellulase type II, Trypsin และ Pronase-E เป็นต้น ผลปรากฏว่าการแตกกลุ่มของแบคทีเรียจำพวก *Citromonas* นี้ เกิดขึ้นในหลอดทดลองที่ใส่ Pronase-E ความเข้มข้น $20 \mu\text{g/ml}$ เมื่อวัด O.D. โดยเครื่อง Spectronic-20 ของหลอดทดลองนี้ โดยเทียบกับหลอดคุมการทดลอง ในช่วงเวลา 3 ชั่วโมง นั้นหมายความว่า เอนไซม์ Paonase-E ไปทำลาย Polymer matrix ที่เชื่อมกลุ่มของแบคทีเรียเข้าด้วยกัน ผลจึงทำให้เซลล์เกาะกลุ่มกันนั้นหลุดออกจากกัน และยังชี้ต่อไปว่า Polymer matrix นั้น จะต้องเป็นสารโปรตีนหรือมีโปรตีนเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย

เพื่อที่จะหาว่า Polymer matrix ชนิดนี้ เป็นโปรตีนชนิดใดจึงนำเอา Polymer matrix ซึ่งอยู่ในสภาพรวมกลุ่มมาศึกษา โดยการแยกแถบโปรตีน นำไปเทียบโปรตีนมาตรฐาน ซึ่งรู้ตำแหน่งโมเลกุลแล้ว โดยวิธี Acrylamide slab gel electrophoresis เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนที่ผนังเซลล์ ดังปรากฏในรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบผนังส่วนนอกของเซลล์โดยวิธี Acrylamide

slab gel electrophoresis

แถว A และ C คือผนังเซลล์ส่วนนอกของแบคทีเรียรวมกลุ่ม

แถว B และ D คือผนังเซลล์ส่วนนอกของแบคทีเรียแตกกลุ่มด้วยเอนไซม์

ลูกศรที่ชี้ทางด้านขวามือแสดง ตำแหน่งของน้ำหนักโมเลกุลโปรตีนมาตรฐานดังนี้

67 K (67,000): albumin from bovine serum

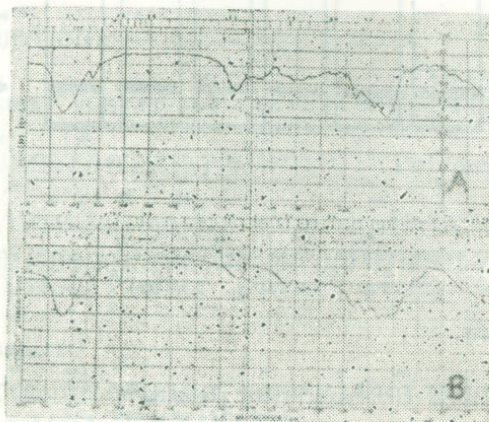
45 K (45,000): albumin from hen egg

25 K (25,000): chymotrypsin a from bovine pancreas, salt free

แถบที่ 1, 2, 3, และ 4 ตามรูปที่ 2 ในแถว B และ D ซึ่งเป็นของบัคทีเรียที่แตกกลุ่มนั้นจะจางกว่าแถบโปรตีนของบัคทีเรียรวมกลุ่มในแถว A และ C น้ำหนักโมเลกุลของโปรตีนทั้ง 4 แถบ นั้นค่ามากกว่า 67 K เมื่อเทียบกับตำแหน่งของแถบโปรตีนมาตรฐานที่ปรากฏบนแผ่น Acrylamide slab gel เอนไซม์ Pronase-E ได้มีส่วนไปทำลายโปรตีนส่วนหนึ่งที่ผนังเซลล์

(ข) การหา Polymer matrix ที่เป็นเซลล์ูโลส

การศึกษา Polymer matrix ทำจากบัคทีเรียตัวอย่างหมายเลข 141 ซึ่งเป็นบัคทีเรียที่รวมกันอยู่เป็นกลุ่มแล้ว ได้มีการวิเคราะห์หาชนิดของบัคทีเรียผลปรากฏว่าเป็น (5) Bacillus นำเอาบัคทีเรียดังกล่าวมาทำลายด้วยเอนไซม์ชนิดต่างๆ โดยวิธีเดียวกันกับที่แสดงไว้ในข้อ ก. สำหรับบัคทีเรียชนิด Bacillus นี้ปรากฏว่ามีการแตกกลุ่มเฉพาะกับเอนไซม์เซลล์ูเลส ดังนั้นจึงอาจจะกล่าวได้ว่า Polymer matrix ของบัคทีเรียกลุ่มนี้เป็นสารประกอบประเภทเซลล์ูโลส ส่วนการตรวจสอบว่าเป็นเซลล์ูโลสหรือไม่นั้นทำโดย Infrared Spectrometry เพื่อเทียบอัตราการดูดกลืนแสงอินฟราเรดของ Polymer matrix ของ Bacillus กับเซลล์ูโลสมาตรฐานผลของการเปรียบเทียบแสดงไว้ในรูปที่ 3



(คำอธิบายรูปอยู่หน้าถัดไป)

รูปที่ 3 แสดงการวัดการดูดแสง Infrared ของ Polymer ของ Bacillus และ เซลลูโลส (KBr)

ภาพ A คือ Polymer ของ Bacillus

ภาพ B เซลลูโลส

ตามรูปจะเห็นว่า Polymer matrix ของ Bacillus (ในภาพ A) แม้ว่าจะมีความคล้ายคลึงกับเซลลูโลส (ในภาพ B) อย่างมากก็ตาม แต่ก็ยังมีความแตกต่างของการดูดกลืนแสงอินฟราเรดในช่วง 700 ถึง 1500 nanometers (nm) อยู่ด้วย ดังนั้นจึงไม่อาจจะสรุปได้อย่างแน่ชัดว่าเป็นเซลลูโลส

เพื่อที่จะให้ทราบผลเป็นที่แน่ชัดลงไป จึงนำเอาส่วน acid hydrolysate ของ Polymer matrix นี้นหยดลงบน Paper chromatogram เปรียบเทียบกับน้ำตาลที่ทราบชื่อจะได้จุด 2 จุดบนกระดาษ จุดหนึ่งเป็น glucose อีกจุดหนึ่งเคลื่อนไปอยู่เหนือ L-rhamnose เล็กน้อยไม่ทราบว่าเป็นอะไร ดังนั้นจึงสรุปได้แต่เพียงว่าสารนี้เป็นพวก Polysaccharide ที่ไม่เป็น Homogenous polysaccharide เหมือนเช่นเซลลูโลส

ตามที่ได้กล่าวบรรยายถึงการรวมกลุ่มของแบคทีเรีย และเทคนิคในการศึกษาว่าสารอะไรเป็นตัวการที่ทำให้เกิดการรวมกลุ่มมาโดยตลอดนั้น ในที่นี้สรุปได้ว่าการรวมกลุ่มของแบคทีเรียต้องอาศัยปัจจัยหลายอย่าง เช่น การเข้า ชนิดของสารอาหารที่แบคทีเรียกิน และธรรมชาติของแบคทีเรียแต่ละชนิด ส่วนประกอบที่มีอยู่ในสารอาหารที่แบคทีเรียกินนั้น นอกจากจะอยู่ในรูปประจุธาตุโลหะที่ช่วยในการยึดเซลล์ต่างๆ ให้เชื่อมต่อน้ำเข้าด้วยกันแล้วยังมีสารประกอบต่างๆ นานาชนิดที่จะช่วยก่อให้เกิดเป็น Polymer matrix เชื่อมเซลล์เข้าไว้ด้วยกันอีกด้วยสำหรับในเรื่องนี้ตามเหตุผลที่ว่า Polymer matrix ของแบคทีเรียชนิดต่างๆ มีส่วนประกอบแตกต่างกันจึงนับได้ว่าการศึกษาในเรื่องนี้จะต้องกระทำไปอีกมาก ทั้งนี้เพื่อจะได้นำผลการศึกษาวิจัยไปสู่การประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงวิธีกำจัดน้ำเสีย ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นโดยใช้จุลินทรีย์เป็นตัวการสำคัญ

เอกสารอ้างอิง

1. เสริมพล รัตนสุข, และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์. 2518. การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงาน
แหล่งชุมชน กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ประยุกต์แห่งประ
เทศไทย หน้า 31-45, 122-129
2. Crabtree, K., E. McCy, W. C. Boyle, and G. A. Rohlich. 1965 Isolation,
indentification, and metabolic role of the sudanophilic granules of
Zoogloea ramigera Itzigsohn. indentification. and metabolic role of
the sudanophilic granules of Zoogloea ramigera. Appl. Microbiol.
13: 218-226.
3. Endo, T., K. Nakamura, and H. Takahashi. 1976. Pronase-susceptible floc
forming bacteria: Relationship between flocculation and calcium ion.
Agr. Biol. Chem. 40: 2289-2296.
4. Friedman, B. A., P R. Dugan, R. M. Pfister, and C. C. Remsen. 1968. Fine
structure and composition of the Zoogloea matrix surrounding
Zoogloea remigera. J. Bacteriol. 95: 2144-2153
5. Kato, A., K. Izaki, and H. Takahashi. 1971 Floc-forming bacteria isolated from
activated sludge J Gen. Appl. Microbiol 17: 439-456.
6. Kiuchi, K., H. Kuraishi, H. Murooka, K. aida, and T. Uemura 1971 Floc formation
in activated sludge I. Floc-forming activities of representatives
bacteria isolated from activated sludge. J. Gen Appl. Microbiol 14:
337-397.
7. Nunbhakdi, V, and H. Takahasoi 1978. Stndies on Pronase-E-susceptible
floc-forming bacteria. Annual Reports of ICCR and DMF. 1: 331-343
8. Tezuka, Y. 1969 Cation-dependent flocculation in a Flavobacterium species
predominant in activated sludge. Appl. Microbiol. 17: 222-226.

พิษของสารเคมี

ชุตินา คัคคุสมุท *

เป็นที่ยอมรับกันแล้วว่าชีวิตประจำวันของมนุษย์ในปัจจุบันมีสิ่งหนึ่งที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ และนับวันจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อวิทยาการยิ่งก้าวหน้าขึ้น สิ่งนั้นคือ "สารเคมี" สารเคมีมีคุณสมบัติประโยชน์มหาศาล แต่ในทางตรงข้ามบางตัวก็อาจมีพิษทำให้ถึงตายได้เช่นกัน มนุษย์รู้จักนำไปใช้แต่ก็จะมองข้ามความร้ายแรงของมันไป ทั้งนี้อาจเป็นเพราะพิษของสารเคมีส่วนใหญ่จะไม่ทำให้ผู้ป่วยตายอย่างเฉียบพลัน แต่จะสะสมในร่างกายและเกิดอาการรุนแรงในภายหลังซึ่งผู้ป่วยเองก็ไม่ทราบว่าเป็นผลที่เกิดจากพิษของสารเคมี พิษของมัน จะมีตั้งแต่ทำให้เกิดอาการระคายเคืองเพียงเล็กน้อย จนกระทั่งทำให้ถึงแก่ชีวิต ซึ่งก็แล้วแต่ชนิดของสาร ปริมาณที่ร่างกายได้รับหนทางที่สารเคมีเข้าสู่ร่างกายซึ่งอาจเป็นการรับประทานเข้าไป การหายใจเข้า การซึมผ่านผิวหนัง หรือการฉีดเข้าในร่างกายความสามารถในการดูดซึมเข้าสู่กระแสโลหิต การเกิดปฏิกิริยาในร่างกาย (metabolize) แล้วเปลี่ยนไปเป็นสารอื่น ความสามารถในการขับออกของร่างกาย ซึ่งอาจออกมาทางปัสสาวะลมหายใจออก เหงื่อ สารเคมีบางอย่างยังอาจถูกส่งผ่านจากมารดาไปทำให้ทารกในครรภ์พิการได้ (teratogenesis)

การศึกษาเกี่ยวกับพิษของสารเคมี ข้อมูลส่วนใหญ่ได้จากสัตว์ทดลอง แต่ก็มีบางข้อมูลที่ได้จากการทดลองกับมนุษย์ซึ่งส่วนมากมักจะเป็นข้อมูลที่ได้จากการศึกษาผู้ป่วยที่บังเอิญได้รับสารเคมีเข้าสู่ร่างกายเป็นจำนวนมากๆ โดยมีได้ตั้งใจ หรือศึกษาจากผู้ที่อยู่ในภาวะบรรยากาศที่มีสารพิษนั้นๆ เจือปนอยู่เป็นเวลานานๆ พิษของสารเคมีที่มีต่อร่างกายเป็นสิ่งที่เราจะคาดคะเนหรือทำนายไม่ได้ ทั้งนี้เพราะเราไม่อาจบอกได้ว่าสารชนิดหนึ่งเมื่อเข้าสู่ร่างกายแล้วจะเกิดปฏิกิริยาในร่างกายอย่างไร สารบางอย่างเมื่อเข้าสู่ร่างกายแล้วอาจถูกเปลี่ยนแปลงเป็นสารตัวใหม่ ซึ่งมีพิษน้อยลงหรือไม่มีพิษเลยหรือในทางตรงข้ามอาจเป็นสารที่มีพิษร้ายแรงขึ้นก็ได้ เช่นถ้าสารที่ถูกเปลี่ยนไปเป็นสารที่ไวต่อรังสีและสามารถจับกับ DNA ก็จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของยีน (mutagenesis) ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดเป็นมะเร็ง (carcinogenesis) ได้ หรือถ้ามันไปจับโปรตีนที่จำเป็นในเซลล์ จะทำให้เซลล์ในร่างกายตายได้ ในบางครั้งแม้ได้ผลการทดลองจากสัตว์เป็นอย่างหนึ่ง เมื่อเกิด

* อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ชนกับมนุษย์อาจได้ผลแตกต่างกันออกไป ทั้งนี้เป็นเพราะระบบการดูดซึม ขั้วถ่าย ตลอดจน สรีระต่าง ๆ ของคนและสัตว์แตกต่างกัน

นักเคมีจะแบ่งสารเคมีออกเป็น 2 พวกใหญ่ ๆ ด้วยกัน คือ สารอินทรีย์ (organic compound) และสารอนินทรีย์ (inorganic compound) ดังนั้น เมื่อจะพูดถึงพิษของสารเคมีก็จำเป็นต้องแยกกล่าวเป็น 2 พวก เช่นเดียวกัน ซึ่งในบทความนี้ จะกล่าวถึงเฉพาะพิษของสารเคมีที่เกิดจากสารอินทรีย์เท่านั้น

อะลิฟาติก ไฮโดรคาร์บอน (Aliphatic Hydrocarbons)

เมื่อสูดดมไอของสารไฮโดรคาร์บอนเข้าไป จะมีผลในการกดประสาทส่วนกลาง ถ้าสูดดมเข้าไปมาก ๆ อาจทำให้หมดสติได้ ถ้ารับประทานไฮโดรคาร์บอนเหลวเข้าไป อาจทำให้ถึงตายได้ เนื่องจากของเหลวท่วมปอดเพราะคนไข้มักจะอาเจียรแล้วสำลักหรือสูดเอาไอเข้าไปเติมปอด ไฮโดรคาร์บอนเหลวละลายไขมันได้ดี ดังนั้น ถ้าปล่อยให้ผิวหนังสัมผัสกับมันนาน ๆ จะทำให้ผิวหนังแห้งแตกและตกสะเก็ด อะลิฟาติก ไฮโดรคาร์บอน ที่น่าสนใจเป็นพิเศษตัวหนึ่ง คือ เฮกเซน (hexane) พบว่าถ้าสัตว์ทดลองได้รับในปริมาณสูง ๆ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของระบบประสาทส่วนปลายที่ควบคุมแขนและขา ปลายประสาทเหล่านี้จะตายแล้วลุกลามเข้าไปหาประสาทไขสันหลัง

อะโรแมติก ไฮโดรคาร์บอน (Aromatic Hydrocarbons)

เมื่อพูดถึง อะโรแมติก ไฮโดรคาร์บอน ก็มักจะนึกถึงเบนซีน (benzene) เป็นตัวแรกการสูดดมไอของเบนซีน อยู่เป็นประจำติดต่อกันเป็นเวลานาน ๆ จะทำให้เป็นโรคโลหิตจาง (aplastic anemia) เนื่องจากเซลล์ของไขกระดูก (bone marrow) ซึ่งทำหน้าที่สร้างเม็ดเลือดแดงถูกทำลาย นอกจากนี้ยังทำให้ความต้านทานโรคลดลง และอาจทำให้เป็นโรคเม็ดเลือดขาวมากผิดปกติ (leukemia) เป็นที่ยอมรับกันแล้วว่าพิษของเบนซีนเกิดจากแคทีคอล อินเทอร์มีเดียท (catechol intermediate) ที่ได้จากเมตาบอลิซึม (metabolism) ของเบนซีนในร่างกาย ขณะนี้ยังไม่ทราบโดส (dose) ที่จะก่อให้เกิดโรคต่าง ๆ อย่างแน่นอน ดังนั้นจึงไม่ควรใช้เบนซีนในการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการต่อไป แต่ถ้าจำเป็นต้องใช้ในงานวิจัยจะต้องใช้ความระมัดระวังอย่างมาก

อนุพันธ์ของเบนซีนอาจมีพิษมากหรือน้อยกว่าเบนซีนก็ได้ เช่น โทลูอิน

(toluene) มีพิษน้อยกว่าเบนซีน เมื่อร่างกายได้เข้าไปจะมีผลเพียงก่ระบบประสาทส่วนกลางเท่านั้น ทั้งนี้เพราะผลผลิตจากเมตาบอลิซึมของโทลูอีน คือ กรดเบนโซอิก (benzoic acid) และอนุพันธ์อื่นๆ ที่เกิดจาก oxidation ของกลุ่มเมทิล (methyl group) อนุพันธ์ฮาโลเจน (halogen) ของเบนซีน เช่น โบรโมเบนซีน (bromobenzene) จะทำอันตรายต่อดับ คาดกันว่าพิษของมันเนื่องมาจากเมตาบอลิซึมของโบรโมเบนซีน แล้วในที่สุดเกิดอีพอกไซด์ (epoxide) ซึ่งเป็นอินเทอร์มีเดียตที่ว่องไว อีพอกไซด์เหล่านี้จะถูกสะสมไว้ในตับและจับกับไบโอโลจิคัล โมเลกุล (biological molecule) ที่สำคัญของร่างกาย จึงทำให้เซลล์ตายได้ อนุพันธ์ฮาโลเจนของเบนซีน ที่น่าสนใจอีกพวกหนึ่งคือ โปคลอรีเนตเตด ไบเฟนิล (polychlorinated biphenyls - P.C.B.) พวกนี้จะมีพิษต่อดับและระบบประสาทส่วนนอก ถ้าร่างกายได้รับปริมาณสูงๆ จะทำให้ถึงแก่ชีวิต คาดกันว่าพิษของสารพวกนี้เกิดเนื่องจากเกิดอะรีน ออกไซด์ อินเทอร์มีเดียต (arene oxide intermediate) ขึ้นเมื่อ P.C.B. ถูกเมตาบอลิซ์ (metabolize)

พวกสารโพลีนิวเคลีย อะโรแมติก (polynuclear aromatic) เป็นตัวสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคมะเร็ง (carcinogenesis) เพราะสารพวกนี้เมื่อถูกเมตาบอลิซ์ในร่างกายจะเกิดอินเทอร์มีเดียตที่ว่องไวสามารถจับกับ DNA ได้ ตัวอย่างเช่น 3-methyl cholanthrene, 7,12-dimethyl benz [a] anthracene และ benzo (a) pyrene

แอนทราซีน (anthracene) ไม่ได้เป็นสารที่จะทำให้เกิดโรคมะเร็ง (carcinogen) แต่ถ้าเพิ่มจำนวนวงเบนซีน (benzene ring) เข้าไป เช่น เพิ่มหนึ่งวง ทำให้เป็นเบนซาแอนทราซีน (benzaanthracene) จะเป็นสารที่เป็นคาร์ซิโนเจน (cacinogen) อย่างอ่อนถ้าเพิ่มอีกหนึ่งวง เป็นไดเบนซาแอนทราซีน (dibenz (a,h) anthracene) จะเป็นคาร์ซิโนเจนที่แรงมาก และถ้าเพิ่มกลุ่มเมทิลเข้าไปในตำแหน่งที่เหมาะสม เช่น 7,12-ไดเมทิลเบนซาแอนทราซีน (7,12-dimethyl benz a anthracene) หรือ 3, เมทิลโครแลนทรีน (3-methylcholanthrene) จะทำให้โมเลกุลว่องไวยิ่งขึ้น โมเลกุลเหล่านี้เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะเปลี่ยนไปเป็น อีพอกไซด์ซึ่งบางตัวเป็นคาร์ซิโนเจนที่แรงมาก

ฮาโลจิเนตเตด ไฮโดรคาร์บอน (Halogenated Hydrocarbon)

ในบรรดพวกฮาโลจิเนตเตด ไฮโดรคาร์บอน ด้วยกันคลอรีเนตเตด ไฮโดรคาร์

บอน (chlorinated hydrocarbon) เป็นพวกที่มีผู้ศึกษามากที่สุด และสรุปได้ว่า สารประเภทนี้บางตัวเช่น ไวนิลคลอไรด์ (vinylchloride) เป็นคาร์ซิโนเจนที่ไม่ถาวร และคาร์บอนเตตระคลอไรด์ (CCl_4) คลอโรฟอร์ม (CHCl_3) เป็นอันตรายต่อตับอย่างร้ายแรง ทั้งนี้เพราะเมื่อสารทั้งสองเข้าสู่ร่างกายจะเกิดปฏิกิริยาในร่างกายเป็นแบบเมตาบอลิก รีดักทีฟ ดีฮาโลจิเนชัน (metabolic reductive dehalogenation) พันธะระหว่าง C-Cl จะแตกออกทำให้เกิดฟรี แรดิคัล (free radical) ขึ้น ในกรณีของ CCl_4 จะเกิดคลอรีน แรดิคัล (chlorine radical) และ ไตรคลอโร เมทิล แรดิคัล (trichloromethyl radical) ฟรี แรดิคัลเหล่านี้จะทำปฏิกิริยากับไขมันของกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว ทำให้เกิดฟรีแรดิคัลใหม่ ซึ่งทำปฏิกิริยากับออกซิเจน แล้วเกิดเป็นเปอร์ออกไซด์ (peroxide) และไฮโดรเปอร์ออกไซด์ (hydroperoxide) เปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะทำให้กรดไขมันสลายตัวมากขึ้นและยังทำลายผนังเนื้อเยื่อ และโมเลกุลขนาดใหญ่ในร่างกายอีกด้วยถ้าอัตราการเกิดดีคลอรีเนชัน (dechlorination) ยิ่งสูงเท่าไรสารนั้นก็จะมีพิษต่อเซลล์ของตับสูงขึ้นเท่านั้น

ฮาโลจิเนทเตด ไฮโดรคาร์บอน ที่มีอันตรายร้ายแรงกว่าคาร์บอนเตตระคลอไรด์ และคลอโรฟอร์ม คือ โบรโมไตรคลอโรมีเทน (bromotrichloromethane) สาเหตุยังไม่ทราบแน่แท้มีผู้เสนอแนะไว้ว่าความเป็นพิษของสารประเภทนี้อาจเป็นปฏิกิริยากับพลังงานในการแตกพันธะ (bond dissociation energy) ของสารนั้นๆ ดังนั้นสารที่มีพลังงานในการแตกพันธะต่ำจะมีแนวโน้มในการเกิดเป็นฟรี แรดิคัลได้มากกว่า

พวกคลอโรอัลคีน (chloroalkene) ทั้งหลายเป็นคาร์ซิโนเจนที่ไม่ถาวร เชื่อกันว่าเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะถูกออกซิไดซ์ไปเป็นออกซิเรน (oxirane epoxide) ซึ่งสามารถอัลคิลเลต (alkylate) สารประกอบบางชนิดในเซลล์ได้ แต่ถ้าเกิดออกซิเรนแล้วมีการจัดเรียงตัวภายในใหม่เป็นคลอรีเนทเตด อัลดีไฮด์ (chlorinated aldehyde) หรือเอซิล คลอไรด์ (acyl chloride) ซึ่งถูกออกซิไดซ์ หรือ ไฮโดรไลส (hydrolyse) ต่อไปเป็นกรดหรือถูกรีดิวซ์ไปเป็นอัลกอฮอล์ได้ก็จะไม่มีคุณสมบัติเป็นคาร์ซิโนเจน

การใช้ฮาโลอีเทน (haloethane (1,1,1-trifluoro-2-bromo-2-chloroethane) เป็นยาสลบกับคนไข้ ในบางรายจะพบว่าจะมีผลเป็นพิษต่อตับ ซึ่งเกิดเฉพาะในกรณีที่มี

ออกซิเจนน้อย จึงคิดว่าอาการเป็นพิษเนื่องมาจากการเกิดรีดักทีบ เมตาบอลิซึม (reductive metabolism) แล้วได้คาร์บิน อินเตอร์มีเดียท (carbene intermediate)

แอลกอฮอล์ Alcohol

ในบรรดาแอลกอฮอล์ด้วยกัน เอทิลแอลกอฮอล์เป็นตัวที่ใช้มากที่สุด เมื่อร่างกายได้รับเข้าไปจะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นอัลดีไฮด์ (aldehyde) และเปลี่ยนต่อไปเป็นอนุมูลอะซิเทท (acetate ion) ในที่สุด เอทิลแอลกอฮอล์มีผลต่อระบบประสาทและทำอันตรายต่อตับ โดยจะทำให้มีการสะสมไขมันในตับมากขึ้น เมื่อร่างกายได้รับเอทิลแอลกอฮอล์ปริมาณสูงๆ และบ่อยๆ จะทำให้เซลล์ของตับตายได้ เมทิลแอลกอฮอล์มีพิษร้ายแรงกว่าแอลกอฮอล์ตัวอื่น ๆ ทั้งนี้เพราะเมื่อเกิดเมตาบอลิซึมในร่างกายแล้วจะถูกเปลี่ยนไปเป็นฟอร์มาลดีไฮด์ (formaldehyde) และอนุมูลฟอร์มเมท (formate ion) ฟอร์มาลดีไฮด์ที่เกิดขึ้นจะทำลายเรตินา (retina) ทำให้มองไม่เห็น และทำอันตรายต่อปอด ตับ ไต และหัวใจอีกด้วย แอลกอฮอล์ที่นำเสนองานอีกตัวหนึ่งคือเอทิลีน ไกลคอล (ethylene glycol) เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดออกซาลิกซึ่งทำปฏิกิริยาได้ดีกับแคลเซียมได้ผลึกเล็กๆ ของแคลเซียมออกซาลเลท (calcium oxalate) ซึ่งเป็นเหตุทำให้เนื้อเยื่อเป็นผลและเสื่อมโทรมลง ทำให้ท่อไตเป็นแผลและเป็นนิ่วในกระเพาะปัสสาวะพวกแอลกอฮอล์ที่มี อีเทอร์ ลิงเคจ (ether linkage) อยู่ด้วยจะเป็นพิษมากกว่าพวกที่ไม่มี

เป็นที่ยอมรับกันแล้วว่า พวกอะโรแมติก แอลกอฮอล์ (aromatic alcohol) เช่น ฟีนอล (phenol), ครีโซล (cresoles) มีพิษร้ายแรงและทำลายเซลล์ทุกชนิด ถ้าถูกผิวหนังจะถูกดูดซึมไว้ได้อย่างรวดเร็วและทำให้ผิวหนังบริเวณนั้นถูกกัดกร่อนไป นอกจากนี้ยังทำลายเส้นประสาท ถ้าร่างกายได้รับสารเหล่านี้ปริมาณน้อยๆ แต่บ่อยๆ จะทำให้เซลล์ของตับ ไต ตับอ่อน และม้ามถูกทำลาย แต่ถ้าร่างกายได้รับสารพวกนี้เพียงครั้งเดียว แต่ปริมาณสูงจะมีผลในการทำลายระบบประสาทส่วนกลาง

อัลดีไฮด์ (Aldehyde) เอสเทอร์ (Ester), อีเทอร์ (Ether), คีโตน (Ketones)

อัลดีไฮด์ เป็นสารที่ว่องไวและเข้าทำปฏิกิริยากับกลุ่มฟังก์ชันนอล (functional group) อื่นๆ ได้ดี และเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดขบวนการโพลิเมอไรเซชัน (polymerization) ความเป็นพิษของ อะลิฟาติกอัลดีไฮด์ จะลดลงเมื่อนักหนักโมเลกุลของมันสูงขึ้น

ออกซิเจนน้อย จึงคิดว่าอาการเป็นพิษเนื่องมาจากการเกิดรีดักทีบ เมตาบอลิสม (reductive metabolism) แล้วได้คาร์บิน อินเตอร์มีเดียท (carbene intermediate)

แอลกอฮอล์ Alcohol

ในบรรดาแอลกอฮอล์ด้วยกัน เอทิลแอลกอฮอล์เป็นตัวที่ใช้มากที่สุด เมื่อร่างกายได้รับเข้าไปจะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นอัลดีไฮด์ (aldehyde) และเปลี่ยนต่อไปเป็นอนุมูลอะซิเทท (acetate ion) ในที่สุด เอทิลแอลกอฮอล์มีผลต่อระบบประสาทและทำอันตรายต่อตับ โดยจะทำให้มีการสะสมไขมันในตับมากขึ้น เมื่อร่างกายได้รับเอทิลแอลกอฮอล์ปริมาณสูงๆ และบ่อยๆ จะทำให้เซลล์ของตับตายได้ เมทิลแอลกอฮอล์มีพิษร้ายแรงกว่าแอลกอฮอล์ตัวอื่น ๆ ทั้งนี้เพราะเมื่อเกิดเมตาบอลิซึมในร่างกายแล้วจะถูกเปลี่ยนไปเป็นฟอร์มัลดีไฮด์ (formaldehyde) และอนุมูลฟอร์มเมท (formate ion) ฟอร์มัลดีไฮด์ที่เกิดขึ้นจะทำลายเรตินา (retina) ทำให้มองไม่เห็น และทำอันตรายต่อปอด ตับ ไต และหัวใจอีกด้วย แอลกอฮอล์ที่น่าสนใจอีกตัวหนึ่งคือเอทิลีน ไกลคอล (ethylene glycol) เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดออกซาลิกซึ่งทำปฏิกิริยาได้ดีกับแคลเซียมได้ผลึกเล็กๆ ของแคลเซียมออกซาลเลท (calcium oxalate) ซึ่งเป็นเหตุทำให้เนื้อเยื่อเป็นผลและเสื่อมโทรมลง ทำให้ท่อไตเป็นแผลและเป็นนิ่วในกระเพาะปัสสาวะพวกแอลกอฮอล์ที่มี อีเทอร์ ลิงเคจ (ether linkage) อยู่ด้วยจะเป็นพิษมากกว่าพวกที่ไม่มี

เป็นที่ยอมรับกันแล้วว่า พวกอะโรแมติก แอลกอฮอล์ (aromatic alcohol) เช่น ฟีนอล (phenol), ครีโซล (cresoles) มีพิษร้ายแรงและทำลายเซลล์ทุกชนิด ถ้าถูกผิวหนังจะถูกดูดซึมไว้ได้อย่างรวดเร็วและทำให้ผิวหนังบริเวณนั้นถูกกัดกร่อนไป นอกจากนี้ยังทำลายเส้นประสาท ถ้าร่างกายได้รับสารเหล่านี้ปริมาณน้อยๆ แต่บ่อยๆ จะทำให้เซลล์ของตับ ไต ตับอ่อน และม้ามถูกทำลาย แต่ถ้าร่างกายได้รับสารพวกนี้เพียงครั้งเดียว แต่ปริมาณสูงจะมีผลในการทำลายระบบประสาทส่วนกลาง

อัลดีไฮด์ (Aldehyde) เอสเทอร์ (Ester), อีเทอร์ (Ether), คีโตน (Ketones)

อัลดีไฮด์ เป็นสารที่ว่องไวและเข้าทำปฏิกิริยากับกลุ่มฟังก์ชันนอล (functional group) อื่นๆ ได้ดี และเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดขบวนการโพลิเมอไรเซชัน (polymerization) ความเป็นพิษของ อะลิฟาติกอัลดีไฮด์ จะลดลงเมื่อนักหนักโมเลกุลของมันสูงขึ้น

พวกอัลคิไฮด์ที่ไม่อิ่มตัวจะเป็นพิษร้ายแรงกว่าอัลคิไฮด์ที่อิ่มตัว

เอสเทอร์ เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะถูกทำลายในเลือดและเนื้อเยื่อไฮโดรไลซ์อย่างรวดเร็วได้ผลผลิตเป็นกรดและอัลกอฮอล์ เอสเทอร์จะมีพิษต่อร่างกายหรือไม่ขึ้นอยู่กับว่ากรดและอัลกอฮอล์ที่ได้เป็นอะไร

อีเทอร์ ทุกตัวเป็นอันตรายต่อร่างกาย อีเทอร์ที่มีสูตรง่าย ๆ เช่น เอทิล อีเทอร์ (ethyl ether) จะมีผลในการกดระบบประสาทส่วนกลางเหมือนกับเอทานอล (ethanol) ต่างกันตรงที่ อีเทอร์จะออกฤทธิ์เร็วกว่าและเป็นช่วงสั้นกว่า และถ้าได้รับอีเทอร์เข้าไปมาก ๆ จะทำให้ถึงตายได้ อีเทอร์อีกตัวหนึ่งที่มีพิษร้ายแรงคือ ไดออกเซน (dioxane) จะกดระบบประสาทส่วนกลางและถ้าได้รับเข้าไปมาก ๆ ก็จะทำให้ตายได้เช่นกัน แต่ถ้าได้รับปริมาณน้อย ๆ แค่น้อย ๆ จะพบว่าตับและไตจะถูกทำลาย อาการเป็นพิษเนื่องมาจากตัวไดออกเซนเองมิใช่เมตาบอไลต์ของมัน

คีโตน ส่วนมากถือว่าไม่เป็นพิษ ยกเว้น นิวโรทอกซิน 2,6-เฮกเซนไดโอน (neurotoxin 2,6-hexanedione)

ซัลไฟด์ (Sulfides), **เมอร์แคปแทน** (Mercaptans), **คาร์บอนไดซัลไฟด์** (Carbon disulfide)

ในบรรดาสารประกอบที่มีกัมมันต์เป็นองค์ประกอบ คาร์บอน ไดซัลไฟด์ เป็นตัวเดียวที่มีพิษอย่างจริงจัง อาการขึ้นต้นเมื่อร่างกายได้รับก็คือจะเกิดอาการกดประสาทส่วนกลาง คนงานในโรงงานอุตสาหกรรมที่ได้รับสารนี้เข้าไปมาก ๆ อาจมีอาการตั้งแต่การกดและละลายเยื่อของประสาทจนกระทั่งถึงขนาดคุ้มคลั่ง แล้วแต่ปริมาณที่ได้รับ คาร์บอนไดซัลไฟด์สามารถทำปฏิกิริยากับพวกกลุ่มนิวคลีโอฟิลิก ฟังก์ชันนอล (nucleophilic functional group) เช่น กรดอะมิโน (amino acid) กลุ่มเมอร์แคปโท (mercapto group) กลุ่มไฮดรอกซิล (hydroxyl group) และเป็นลิแกนด์ (ligand) ที่ดีมากจึงจับอนุมูลโลหะ (metal ion) จากอวัยวะต่าง ๆ ในร่างกายทำให้ปริมาณของอนุมูลโลหะในอวัยวะต่าง ๆ ลดลง ซึ่งเป็นผลให้ร่างกายขาดโลหะนั้น ๆ ได้ สำหรับสารประเภทนี้ตัวอื่น ๆ ยังไม่มีข้อมูลใด ๆ

สารประกอบที่มีไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบ (Nitrogen Containing Composunds)

สารประกอบไนโตรเจนมีผลต่อร่างกายมากมายยากที่จะทำนายได้ ควรจะจำไว้เสมอว่ายาที่ใช้กันแพร่หลายหลายชนิด เช่น แอมเฟตามีน บาร์บิทูเรท (amphetamines

barbiturate) แอนติฮิสตามีน (antihistamine) แคททีโคลามีน (catecholamines) อะเซทิลโคลีน (acetylcholine) เซอร์โรโทนิน (serotonin) เป็นต้น มีอะตอมของไนโตรเจนอยู่ในส่วนที่เป็นโครงสร้างสำคัญของยา ฟรีอะมีน (free amine) เป็นสารซึ่งจัดว่ามีพิษอย่างไม่ถาวร

อะโรแมติก อะมีน (aromatic amine) ส่วนใหญ่และไนโตรเบนซีน (nitrobenzene) มีความสามารถในการออกซิไดซ์เหล็กในเม็ดเลือดแดงทำให้เกิดเป็นเมธีโมโกลบิน (methemoglobin) ซึ่งทำให้โลหิตมีความสามารถในการขนส่งออกซิเจนน้อยลงซึ่งเป็นเหตุให้ระบบประสาทถูกทำลายสารประกอบเหล่านี้สามารถซึมผ่านผิวหนังหรือถูกดูดซึมหลังจากหายใจเข้าไปได้ดี ปริมาณมากที่สุดของ nitrobenzene ที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายคือ ความเข้มข้น 1 ppm. สูดดมได้ไม่เกิน 8 ชั่วโมง และ 5 ppm. ในกรณีอะนิลีน (aniline)

สารประกอบของอะลิฟาติก อะมีน (aliphatic amine) และไนโตร (nitro) บางตัว เช่น ไนโตรมีเทน (nitromethane) ไนโตรโพรเพน (nitropropane) เอมีลไนไทรท์ (amyl nitrite), ไดไซโคลเฮกซิล อะมีน (dicyclohexyl amine) และไฮดรอกซิลามีน (hydroxylamine) จะทำให้เกิดเมธีโมโกลบินได้เช่นกัน ความเป็นพิษของอาริลามีน (arylamines) บางตัว เนื่องจาก เอ็น-ไฮดรอกซีเมตาบอไลต์ (N-hydroxymetabolite) สารประกอบไนโตรที่เปลี่ยนไปเป็นไฮดรอกซิล อะมีน หลังจากถูกเมตาบอไลต์ในร่างกายแล้วมีโอกาสถูกรีกิวซ์ไปเป็นอะมีนได้เช่นกัน

พวกอะโรแมติก อะมีน และ อะมิด (amide) บางตัวที่เป็นโพลีไซคลิก ไฮโดรคาร์บอนจะมีคุณสมบัติเป็นคาซิโนเจน เช่น 2,4,6-ไตรเมทิล อะนิลีน (2,4,6-trimethyl toluidine) 2,4-ไดอะมีน (toluene 2,4-diamine), 2-แนฟทิลามีน (2-naphthylamines) 4-อะมิโนไบเฟนิล (4-aminobiphenyl), 2-อะมิโนฟลูออรีน (2-aminofluorene), 2-แอนทามีน (2 anthramine) และ 2-ฟิแนนทีรีนนามีน (phenanthencamine)

อนุพันธ์ไนโตรของคาร์ซิโนเจนิก อะมีน จะทำให้เป็นเนื้องอกได้ อนุพันธ์ไนโตรฟิวแรน (nitrofurans) เป็นคาร์ซิโนเจนที่ไม่ถาวร ประมาณ 80 % ของสารประกอบไนโตรซามีน (nitrosamine) เป็นคาร์ซิโนเจนที่ทำให้เป็นเนื้องอกและมะเร็งได้ มีผู้ทำการ

ทดลองโดยให้เซเกลคาร์ อะมีน (secondary amine) และโซเดียมไนไตรท์ (sodium nitrite) แก่หนู หนูจะมีเนื้องอกเกิดขึ้นในลักษณะเดียวกับเมื่อได้รับไนโตรซามีน เขาจึงตั้งสมมุติฐานว่าเซเกลคาร์ อะมีน จะทำปฏิกิริยากับโซเดียมไนไตรท์ที่ความเป็นกรดเป็นด่างใกล้เคียงกับในกระเพาะอาหารแล้วทำให้เกิดไนโรซามีนซึ่งเป็นต้นเหตุของเนื้องอกและมะเร็ง

คาร์ซิโนเจน (Carcinogens)

แม้ว่าจะได้กล่าวถึงสารเคมีที่เป็นคาร์ซิโนเจนไปบ้างแล้ว แต่ก็ควรจะนำมาสรุปเป็นอีกหัวข้อหนึ่งต่างหาก เพราะเรื่องนี้เป็นเรื่องสำคัญและมีผู้สนใจมาก คาร์ซิโนเจนทำปฏิกิริยาอิเล็กโตรฟิลิก (electrophilic reactants) ที่ไม่ว่องไวจนสามารถทำปฏิกิริยากับน้ำหรือสารในเนื้อเยื่อ แต่ก็ไม่เฉื่อยชาเสียจนถูกร่างกายเมตาบอลิซึมไปเสียก่อนที่มันจะออกฤทธิ์ สำหรับโครงสร้างสำคัญของมันยังไม่สามารถจะทำนายได้ทั้งนี้เพราะตัวสำคัญที่เป็นสาเหตุการเกิดมะเร็งเป็นผลผลิตที่ได้จากปฏิกิริยาในร่างกายของโมเลกุลของสารนั้นๆ อีกทีหนึ่ง แต่ก็มีสารบางตัวที่ถือว่าเป็นคาร์ซิโนเจนโดยตัวของมันเอง เช่น อัลคิลอิมีน (alkylimines), อัลคิลีนอีพอกไซด์ (alkylene epoxides), อะริล อีพอกไซด์ (aryl epoxides) แลคโตนที่มีวงขนาดเล็ก ๆ (small ring lactones), ซัลเฟต เอสเทอร์ (sunfete esters) เช่น ไดเมทิล ซัลเฟต (dimethyl sulfate) ไนโตรเจนมัสตาร์ด (nitrogen mustards) และ สารประกอบคาร์บอนที่ว่องไว (active carbon compound) พวกไดเฟนิล (diphenyl) และไตรเฟนิลลามีน (triphenylamine) พวกนี้จะว่องไวกว่าคาร์ซิโนเจนตัวอื่นๆ ที่กล่าวมาแล้ว สารประกอบ 3 ชนิด ที่มีผู้ศึกษากันมากที่สุดคือ โปลินิวเคลีย อะโรแมติก กลอโรอีนคีน และ อะโรแมติก อะมีน พบว่าสารประกอบเช่น ไนโตรซามีน บางตัว สารประกอบไนโตรยูเรีย อะริล ไตรอะซิโน (nitrourea aryl triazeno compounds), ไดอัลคิล ไฮดราซีน (dialkyl hydrazene), ไทอามิด (thiamides), อัลคิลคาร์บาเมท (alkyl carbamate) เอธิโอไนน์ (ethionine) เป็นคาร์ซิโนเจนในสัตว์ สำหรับกลไกของการเหนี่ยวนำให้เกิดมะเร็งนั้นยังมีข้อโต้แย้งกันอยู่ และสรุปไม่ได้ว่ามีขีดปลอดภัยของปริมาณสารคาร์ซิโนเจนหรือไม่ อย่างไรก็ตามนักเคมีหรือผู้เกี่ยวข้องก็โปรด

อย่าได้วางใจ ขอให้ใช้ความระมัดระวังให้มากแม้ว่าสารนั้นจะยังไม่ได้รับการยืนยันว่าเป็นพิษก็ตาม เพราะในอนาคตอาจมีรายงานออกมาว่าเป็นสารมีพิษเมื่อไรก็ได้

เอกสารอ้างอิง

1. Carter, D.E. and Quintus Fernando, "Chemical Toxicology" in "Journal of Chemical Education" volume 56, no, 5, May 1979, P 284-288
2. Dreisbach R.H. "Handbook of Poisoning" Lange Med. Pub. Co. 6th Edition, 1969.
3. Gerande, M.W., "The Aliphatic Hydrocarbons" in "Industrial Hygiene and Toxicology vol 2" (Editor: Fatty, F.A) Interscience Pub. Co, New York 1960 2nd Edition
4. Jollow D.J. and Smith C., "Biomedical Aspects of Toxic Metabolite: Formation, : Detoxication and Covalent Bonding" in "Biological Reactive Intermediates" (Editors: Jollow D.J. Kocsis, J.J. Synder, R. and Vinio, H.) Plenum Press, New York, 1977, P. 42-60

การนอนหลับ

ลัดดาวัลย์ การะโชติ*

การนอนหลับเป็นสิ่งจำเป็นอย่างหนึ่งของสิ่งมีชีวิต ไม่ว่าจะเป็นมนุษย์หรือสัตว์ ต้องการเวลาในการนอนหลับช่วงระยะเวลาหนึ่ง การนอนหลับเป็นการพักผ่อนอย่างหนึ่งของร่างกาย และเป็นภาวะที่ร่างกายไม่มีการรับรู้ความรู้สึกใดๆ จากสภาพแวดล้อม ไม่มีการเคลื่อนไหว ไม่มีความตึงเครียดของอารมณ์ การทำงานของระบบประสาทซิมพัทธิกลดลงถึงขั้นสังเกตได้จากขณะที่นอนหลับนั้นเหงื่อที่เกิดตามมือจะลดลง ผู้ที่มีการนอนหลับอย่างเพียงพอเมื่อตื่นขึ้นมาจะมีความรู้สึกสดชื่น จิตใจแจ่มใสกระปรี้กระเปร่า พร้อมทั้งจะปฏิบัติภารกิจต่างๆ ด้วยความมั่นใจ และมีความกระตือรือร้นที่จะทำงาน ส่วนผู้ที่มีการนอนหลับไม่เพียงพอ จะมีอาการมึนงงในตอนเช้าช่วงเหงาทำอะไรเชื่องช้ามีอาการหงุดหงิดโกรธง่าย มักจะมีการงีบหลับบ่อยๆ แต่ละคนจะมีความต้องการในการนอนหลับไม่เท่ากัน ผู้ที่มีร่างกายแข็งแรงอาจจะนอนคืนละ 2-3 ชั่วโมง โดยไม่ต้องนอนเวลากลางวัน และไม่แสดงอาการผิดปกติเกี่ยวกับจิตใจ บางคนต้องการนอนคืนละ 9-10 ชั่วโมง จะพบว่าผู้ที่ต้องการเวลาในการนอนหลับนานๆ นั้นส่วนใหญ่จะเป็นผู้ที่ต้องการจะหนีความวุ่นวายต่างๆ หรือมีปัญหาที่ไม่สามารถแก้ไขได้ หรือเกิดความเบื่อหน่าย เป็นต้น ทารกแรกเกิดมีความต้องการในการนอนหลับมากที่สุดคือวันละ 18 ชั่วโมง โดยจะนอนในเวลากลางวันนานแต่พออายุประมาณ 4 ขวบ ระยะเวลาในตอนกลางคืนจะเพิ่มขึ้น ระยะเวลาอนอนในตอนกลางวันจะลดลงเมื่อโตเป็นผู้ใหญ่จะนอนคืนละประมาณ 7-8 ชั่วโมง ส่วนในผู้สูงอายุจะนอนคืนละประมาณ 4-6 ชั่วโมง จะสังเกตเห็นว่าผู้ที่สูงอายุหรือคนชราใช้เวลาอนในตอนกลาง

* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาเภสัชวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

ก็น้อยเนื่องจากการนอนหลับในช่วงเวลากลางวันซึ่งเหมือนกับทารก ทั้งนี้อาจเกิดจากการเสื่อมของเซลล์ประสาทในสมอง

ได้มีผู้ทำการศึกษาคลื่นสมองในขณะที่นอนหลับโดยการใช้อุปกรณ์ Electroencephalogram (EEG) ทั้งนี้เนื่องจากปกติในสมองจะมีความต่างศักย์ และมีการไหลของกระแสไฟฟ้าตลอดเวลา นอกจากนั้นกั้ววัดการเคลื่อนไหวของลูกตา (Electrooculogram หรือ Electromyogram) โดยการนำ Electrode และที่มุดตามผู้เสนอแนะว่าระบบที่ควบคุมการนอนหลับอยู่ที่ Median Raphe System ใน Brain stem ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อทำการทำลายเซลล์ประสาท ในบริเวณดังกล่าวด้วยกระแสไฟฟ้า จะทำให้เกิดการนอนไม่หลับ

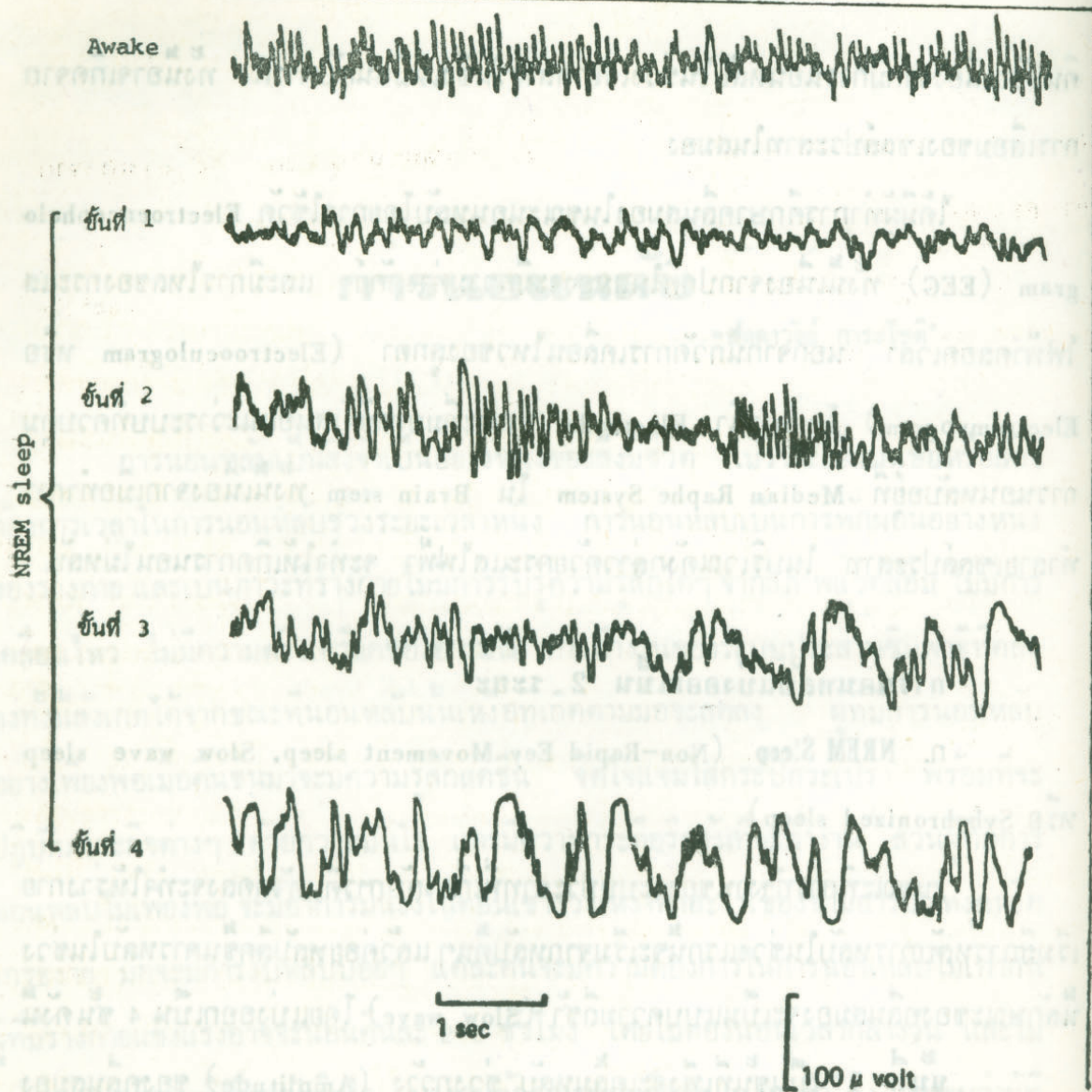
การนอนหลับแบ่งออกเป็น 2 ระยะ

ก. NREM Sleep (Non-Rapid Eey Movement sleep, Slow wave sleep หรือ Syhchronized sleep)

ในขณะที่การทำงานของระบบประสาทที่เกี่ยวข้องกับการตื่นตัวลดลงจะทำให้ร่างกายเริ่มมีการหลับการหลับในช่วงแรกนี้จะเริ่มจากหลับตื้นๆ แล้วค่อยหลับลึกขึ้นการหลับในช่วงลึกๆ ของคลื่นสมองจะเป็นแบบความถี่ช้า (Slow wave) โดยแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 เป็นขั้นที่เพิ่งจะเคลิ้มหลับ ช่วงกว้าง (Amplitude) ของคลื่นสมองจะลดลงเล็กน้อยจากขั้นการตื่น (awake) ในขั้นนี้จะมีการกรอกไปมาของลูกตา ขั้นที่ 1 นี้ใช้เวลาประมาณ 5-10% ของระยะเวลาในการนอนหลับทั้งหมด

ขั้นที่ 2 ในช่วงนี้คลื่นสมองจะมีลักษณะคล้ายกระสวย (ดังรูปที่ 1) หรือเรียกว่ามี Sleep spindle หรือ Short burst เกิดเป็นระยะโดยจะมีความถี่ประมาณ 13-15 รอบต่อวินาทีและเกิดขึ้นนานประมาณ 1 วินาที ขั้นที่ 2 นี้บางครั้งเรียกว่า Low deta wave ใช้เวลาประมาณ 50% ของระยะเวลาในการนอนหลับทั้งหมด



รูป 1. แสดงลักษณะของคลื่นสมอง (EEG) ระยะตื่น (awake) และชั้นต่างๆ ของ NREM sleep จะสังเกตเห็นว่าในขั้นที่ 2 ของ NREM sleep มีลักษณะคล้าย กระสวย และ Delta wave ปรากฏเด่นชัดในขั้นที่ 4 Delta wave จะมีลักษณะ ก้นหอย มีความถี่ช้าลงโดยอาจจะต่ำกว่า 4 รอบต่อวินาที

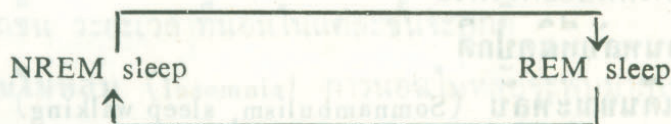
บท 3 การหลับในช่วงนี้ ลักษณะของคลื่นสมองจะมี delta wave มากขึ้น โดยความถี่จะช้าลง ช่วงกว้าง (Amplitude) ของคลื่นสมองจะเพิ่มขึ้น การหลับในช่วงนี้จะ ใช้เวลาประมาณ 10% ของระยะเวลาในการนอนหลับทั้งหมด

บทที่ 4 ลักษณะคลื่นสมองในช่วงจะเป็นแบบที่เรียกว่า High delta wave หรือ Slow wave คือมีความช้าลงมากแต่มีช่วงกว้าง (Amplitude) ของคลื่นสมองสูงขึ้น การนอนหลับขั้นนี้คือการนอนหลับที่ลึกที่สุด และใช้เวลาประมาณ 10% ของระยะเวลาในการนอนหลับทั้งหมด ในผู้สูงอายุมักจะหลับไม่ค่อยถึงขั้นที่ 4 นี้

๒. REM Sleep (Rapid Eye Movement, Dreaming Sleep)

ลักษณะของคลื่นสมองของการหลับ ในช่วงนี้จะคล้ายกับคลื่นสมองในช่วงตื่นคือมี low voltage, fast wave activity ช่วงนี้เป็นช่วงฝัน ลุกตามมีการกรอกไปมาในแนวนอนนอกจากการทำงานของกล้ามเนื้อลดลงด้วย ถ้าหากทำการปลุกผู้ที่กำลังหลับอยู่ในช่วงนี้ขึ้นมา เขาสามารถจะเล่าได้ว่ากำลังฝันถึงเรื่องอะไร แต่ถ้าปลุกในขณะที่หลับอยู่ในช่วงอื่นจะไม่สามารถเล่าถึงความฝันได้ นอกจากนั้นเมื่อหลับมาถึง REM Sleep แล้วมักจะปลุกให้ตื่นยากกว่าผู้ที่เพิ่งหลับ เมื่อปลุกผู้ที่หลับอยู่ในช่วง REM Sleep แล้วปล่อยให้หลับต่อจะหลับยากขึ้นแต่เมื่อหลับแล้วจะฝันนานขึ้น ซึ่งเรียกว่าเกิด REM rebound ร่างกายคนเราต้องการระยะเวลาฟื้นฟูระยะหนึ่ง ผู้ที่ถูกปลุกจากจากขณะฝันจะมีอารมณ์หงุดหงิด กระวนกระวาย ไม่มีสมาธิ แต่ถ้าฝันมากเกินไปก็จะทำให้รู้สึกเหนื่อยหรือจิตใจไม่มีการพักผ่อน การนอนหลับในช่วง REM Sleep นี้จะไม่น้อยมีการเปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะเป็นเด็ก ผู้ใหญ่ หรือคนชรา คือจะใช้เวลาในช่วงนี้ประมาณ 20-25% ของระยะเวลาในการนอนหลับทั้งหมด การปลุกผู้ที่กำลังหลับอยู่ในขั้น REM Sleep เรียก REM deprivation พบว่าการทำ Dream deprivation ในผู้ที่เป็โรคจิตชนิดซึมเศร้าเป็นเวลานาน 2 สัปดาห์สามารถทำให้ผู้ป่วยมีอาการดีขึ้น แต่ก็ยังไม่เป็นที่ยืนยันอย่างแน่ชัดว่าการทำ Dream deprivation สามารถรักษาโรคจิตชนิดซึมเศร้าได้ ทั้งนี้เนื่องจากถ้าทำ Dream deprivation ในคนปกติอาจทำให้ผู้นั้นมีอาการของโรคจิตได้

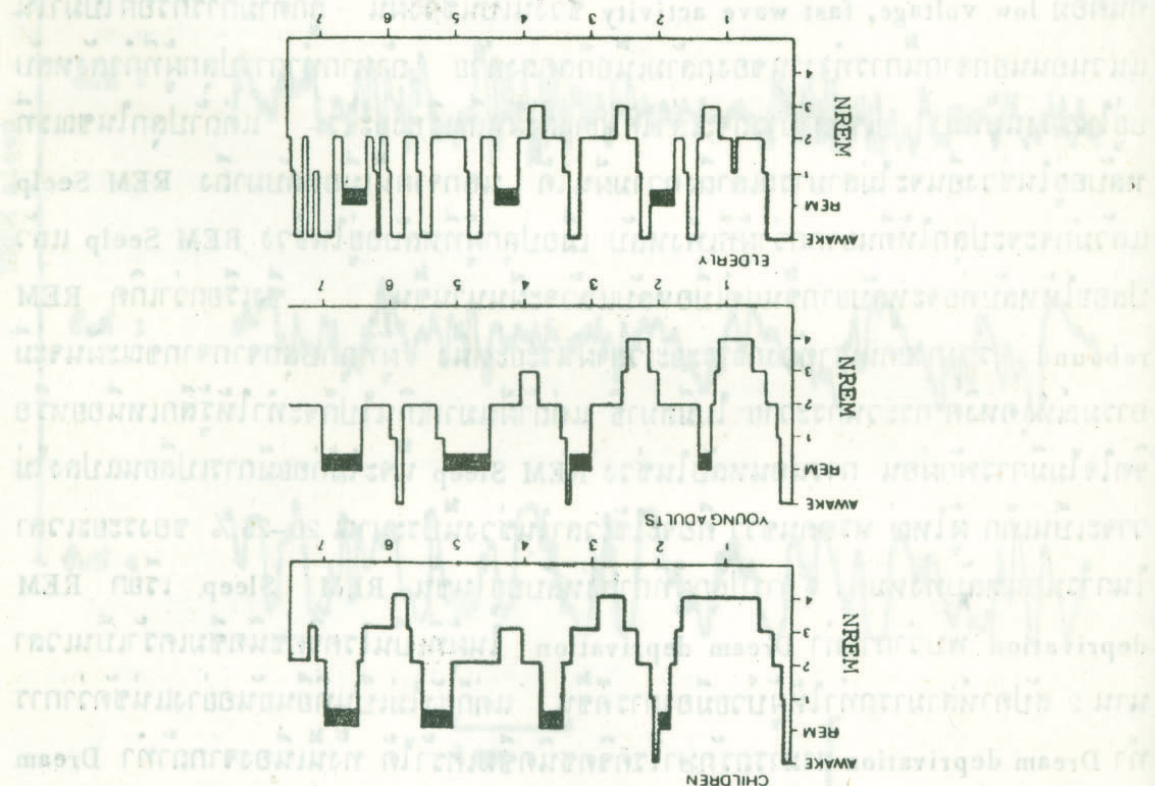
จะสังเกตเห็นได้ว่าวงจรการหลับจะเริ่มหลับจากช่วง NREM Sleep แล้วเข้าสู่ REM sleep สลับกันไป



การหลับเป็นรอบๆ นี้ในแต่ละรอบจะประกอบด้วย NREM sleep หรือ REM sleep ซึ่งในวงจรหนึ่ง หรือรอบหนึ่งๆ ของการหลับใช้เวลาประมาณ 90 นาที ดังนั้นใน

กันหนึ่งๆ คนเราจะหลับประมาณ 4-6 รอบ ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่นอนหลับทั้งหมด บางครั้งการนอนหลับอาจจะเข้าสู่ภาวะที่ตื่น (awake) ซึ่งเป็นระยะสั้นๆ

ในเด็กจะพบว่าหลับง่ายและมีการหลับถึงขั้นที่ 4 (ดังรูป 2) เป็นเวลานานและมีช่วงการตื่นเพียงเล็กน้อย การนอนหลับในขั้นที่ 4 ของผู้ใหญ่เมื่อเปรียบเทียบกับเด็กจะมีระยะเวลาสั้นกว่าในเด็ก และการหลับในรอบหลายๆ จะหลับลึกเพียงแต่ขั้นที่ 3 หรือขั้นที่ 2 เท่านั้น ส่วนในผู้สูงอายุจะเห็นว่าหลับยากขึ้น และหลับไม่ลึก จะหลับเพียงขั้นที่ 3 หรือขั้นที่ 2 จะสังเกตเห็นมีการตื่นบ่อยครั้งขึ้น



รูป 2 แสดงวงจรของการนอนหลับที่ปกติ REM sleep จะมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในอายุต่างๆ กันในผู้สูงอายุจะหลับไม่ถึงขั้นที่ 4 ของ NREM sleep และจะสังเกตเห็นว่ามีการตื่นบ่อยครั้งด้วย

การนอนหลับที่ผิดปกติ

1. การลุกเดินขณะหลับ (Somnambulism, sleep walking) ส่วนใหญ่จะพบในเด็กโดยลุกขึ้นเดินไปไหนๆ โดยไม่รู้ตัวมักเกิดในขณะหลับลึกๆ เช่นขั้นที่ 3 หรือขั้นที่ 4 ของ NREM sleep ถ้าเป็นอย่างเรื้อรังจะทำให้การเจริญเติบโตของสมองในเด็กนั้นช้าลง การป้องกันรักษาเด็กผู้ที่เป็นโรคลุกเดินขณะหลับ ทำโดยให้นอนในชั้นล่างปิดประตูหน้า

ต่างให้เรียบร้อย นอกจากนี้อาจใช้ยาที่มีผลกดขั้นที่ 4 NREM sleep เช่น Diazepam หรือ Flurazepam สำหรับรักษาผู้ที่เป็นโรคนี

2. **บัสสาวะรดที่นอน** (Bed wetting Enuresis) โรคนีส่วนใหญ่จะเป็นในเด็กอายุ 4-5 ขวบ โดยพบประมาณ 10-15 % เมื่อเด็กเหล่านี้อายุมากขึ้น อาการของโรคนีก็จะหายไปเอง ส่วนใหญ่จะหายในราวอายุประมาณ 7-12 ขวบ

3. **ฝันร้าย** (Night mare) **ฝันผวา** (Night terror) อาการฝันร้ายมักจะพบบ่อยในผู้ที่หยุดใช้ยานอนหลับที่มีผลกด REM sleep ฝันร้ายส่วนใหญ่จะเกิดในผู้ใหญ่ และเมื่อเกิดฝันร้ายขึ้นมักจะจำได้ว่าฝันถึงเรื่องอะไร แต่จะมีอาการหวาดกลัวความฝันนอกจากนี้ระบบประสาทอัตโนมัติก็ทำงานมากกว่าปกติด้วย ในผู้ป่วยที่มีฝันผวา หัวใจเต้นเร็ว หายใจเร็วขึ้น

4. **นอนกรน** (Snoring) ผู้ที่นอนกรนจะไม่รบกวนตนเอง แต่จะมีผลรบกวนผู้ที่นอนอยู่ใกล้ชิด การนอนกรนจากการคลายตัวของเพดานอ่อนในปาก

5. **Narcolepsy** (REM state mal-function) เป็นการหลับที่เกิดขึ้นอย่างกะทันหันและไม่สามารถจะต้านทานได้ ส่วนใหญ่จะพบในผู้ที่มีอายุต่ำกว่า 30 ปี โดยอาจเป็นเนื่องมาจากการมึนพิษ หรือมีความผิดปกติทางจิตใจ ในขณะที่เกิดกล้ามเนื้อจะหมดแรง บางครั้งมีอาการประสาทหลอนทางตา หรือทางหู Narcolepsy อาจเกิดขึ้นขณะพูดคุย หรือกำลังทำงานการหลับจะต่างจากการหลับที่ปกติ คือจะมีแต่ REM sleep และจะหลับไม่นาน แต่เมื่อตื่นขึ้นจะรู้สึกสดชื่น กระปรี้กระเปร่า

6. **Hypersomnia** การหลับชนิดนี้จะต่างจาก Narcolepsy คือมีระยะเวลาการนอนหลับนานกว่า และตื่นยากกว่า โดยอาจจะหลับอยู่นานหลายชั่วโมง หรือเป็นวัน หรือสัปดาห์ วงจรของการหลับซึ่งประกอบด้วย NREM sleep และ REM sleep จะปกติแต่มีจำนวนรอบมากขึ้น ระยะเวลาที่นอนในแต่ละชั้นจะปกติ

7. **นอนไม่หลับ** (Insomnia) การนอนไม่หลับจะพบมากในผู้สูงอายุ เมื่อทำการสำรวจตามโรงพยาบาลทั่วๆ ไปในสหรัฐอเมริกา พบว่ามีผู้เป็นโรคนอนไม่หลับถึงประมาณ 20 % ส่วนในผู้ใหญ่ที่แข็งแรงจะเป็นประมาณ 5-10 % แต่จะพบว่าเป็นมากในผู้ที่เป็นโรคจิต และมีอัตราการเป็นสูงถึงประมาณ 80 % ส่วนใหญ่เป็นผู้หญิงมากกว่าผู้ชาย

ปัจจัยที่ทำให้นอนไม่หลับมีหลายชนิด เช่น

ก. **ปัจจัยจากสภาพแวดล้อม** เช่น เสียงดัง อากาศที่ร้อนจัดหรือหนาวจัดหรือ
หรือผู้ที่อยู่ที่สูงกว่า 10,000 ฟุต จะนอนไม่หลับ

ข. **ปัจจัยที่เกิดจากผู้ป่วย** ผู้สูงอายุ ผู้ที่เป็นโรคจิต โรคกระเพาะอาหาร โรค
หัวใจโรคหืด ผู้ป่วยเหล่านี้มักจะเป็นโรคนอนไม่หลับ

ค. **ยาที่มีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง** ยาที่มีผลกระตุ้นระบบประสาทส่วน
กลาง เช่น Amphetamine, caffeine

การนอนไม่หลับอาจมีอาการดังนี้

1. นอนหลับยาก ใช้เวลานานกว่าจะนอนหลับ
2. หลับแล้วตื่นบ่อย หรือ หลับๆ ตื่นๆ
3. ตื่นเช้าเกินไป ส่วนใหญ่จะพบในผู้ที่ที่เป็นโรคจิตชนิดซึมเศร้า ผู้ป่วยเหล่านี้จะ
ตื่นเร็วกว่าปกติ ปัจจุบันนี้โรคนอนไม่หลับจะพบว่ามีอัตราการเป็นสูงขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจาก
ภาวะทางเศรษฐกิจ และสังคมการแข่งขันในทางปฏิบัติหน้าที่ต่างๆ หรือปัญหาของครอบครัว
ปัญหาทางสังคม ทำให้เกิดความตึงเครียดของอารมณ์ หรือการใช้ยาที่มีผลกระตุ้น
ระบบประสาทส่วนกลาง เป็นประจำจึงทำให้เกิดเป็นโรคนอนไม่หลับ โรคนี้ถึงแม้จะไม่ทำ
ให้ผู้เป็นเสียชีวิต แต่ทำให้จิตใจหงุดหงิด และอาจเป็นหนทางนำไปสู่โรคจิตได้ ดังนั้นจึง
ควรมีการผ่อนคลายอารมณ์บ้าง หลังจากปฏิบัติภารกิจอย่างหนักมาทั้งวัน เพื่อป้องกันโรค
นอนไม่หลับหรือโรคจิตที่อาจเกิดขึ้นได้

เอกสารอ้างอิง

1. Kales, A. & Kales, J.D : (1974). Sleep disorders. New Eng. J. of Med. 290 : 487 - 499
2. Johns, M.W. (1975). Sleep and Hypnotic drugs. Medical Progress. 2 (8), 71 - 89.
3. Mc Gaugh J.L; Weinberger N.M. & Whalen R.E. (1967) : Psychobiology (The Biological Bases of Behavior); 225-231.

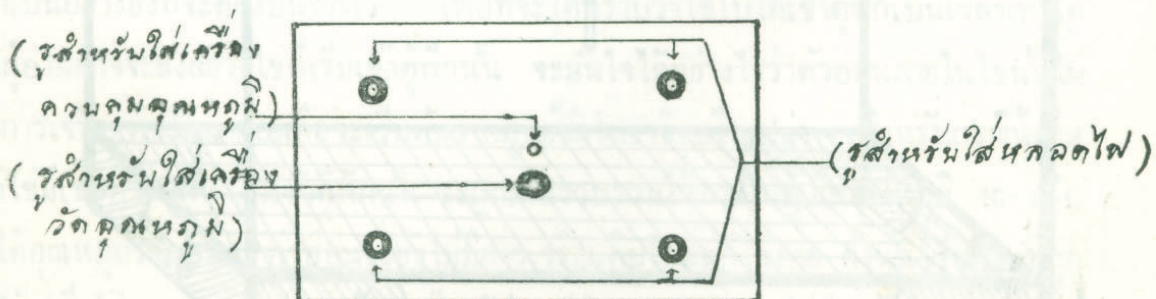
ศาลาวิทยาศาสตร์

ตั้งไฟอย่างง่าย

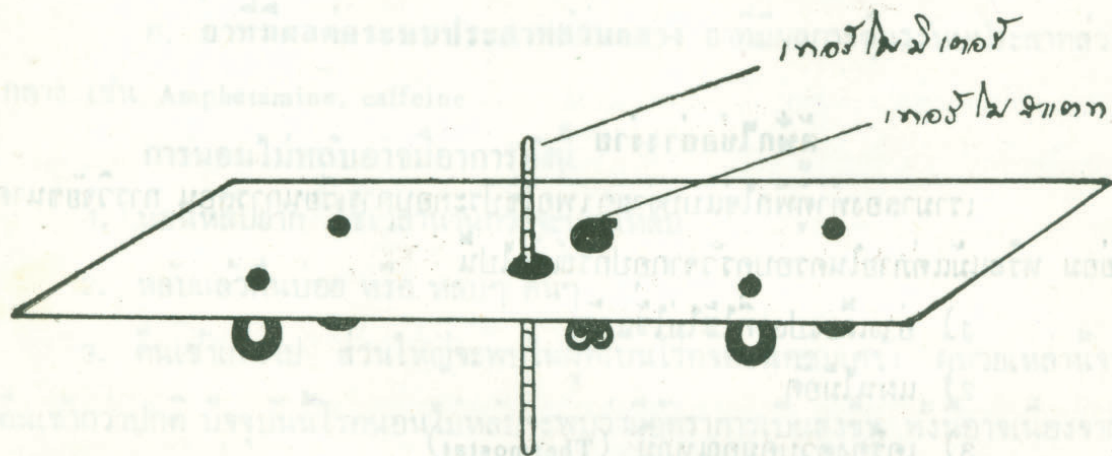
เรามาลองทำตุ้ฟักไข่แบบง่ายๆ เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอน การวิจัยขนาดเล็ก
ย่อม หรือแม้แต่ภายในครอบครัวจากอุปกรณ์ต่อไปนี้

- 1) อ่างเลี้ยงปลาที่ใช้ไม่ใช้แล้ว
- 2) แผ่นไม้อัด
- 3) เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Thermostat)
- 4) เครื่องวัดอุณหภูมิ (เทอร์โมมิเตอร์)
- 5) หลอดไฟ 100 วัตต์ 4 หลอด
- 6) สายไฟยาวประมาณ 10 เมตร พร้อมปลั๊กตัวผู้ 1 ตัว
- 7) ตะแกรงลวด

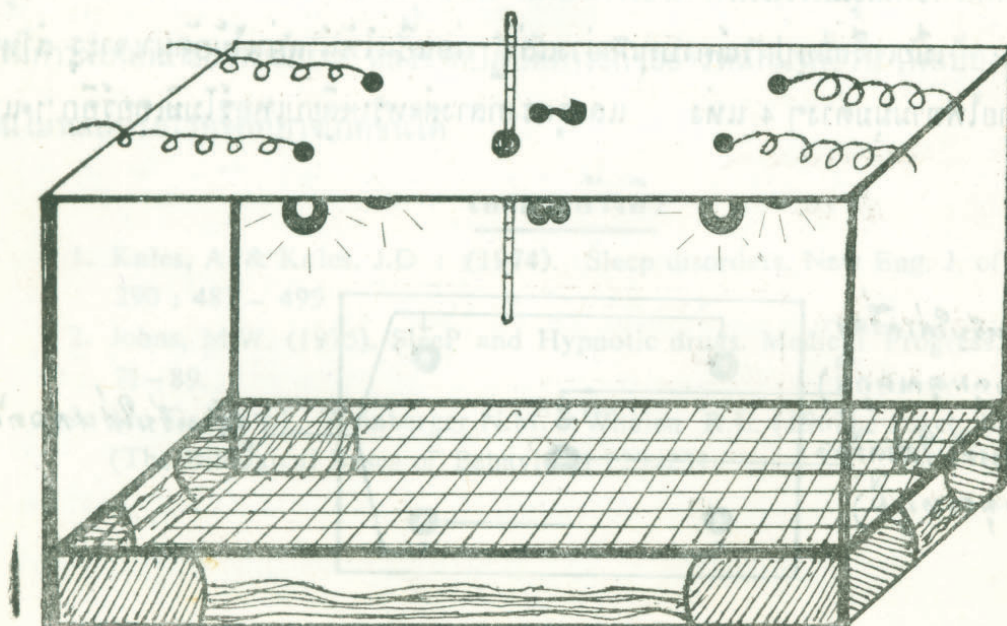
เมื่อเตรียมอุปกรณ์ครบทุกอย่างแล้ว ก่อนอื่นให้นำแผ่นไม้อัดมาเจาะรู สำหรับ
สอดสายไฟตามมุมต่างๆ 4 แห่ง และรูตรงกลางสำหรับเสียบเทอร์โมมิเตอร์อีก 1 แห่ง
ดังรูป



จากนั้นให้ต่อหลอดไฟทั้ง 4 หลอด แบบขนานโดยให้หลอดทั้ง 4 หลอดอยู่ฝาด้านล่างส่วน สายไฟพร้อมปลั๊กอยู่ฝาด้านบน ขนไฟไม้ก้อนนอกจากมีหลอดไฟต่ออยู่แบบขนานแล้ว ให้ ติดเครื่องควบคุมอุณหภูมิลงไปด้วย โดยใช้ตะปูเกลียวขันติดเข้าไป ฝาด้านล่างเมื่อติดอุปกรณ์ครบแล้วจะมีรูปร่างดังนี้



นำฝาด้านบนพร้อมอุปกรณ์ที่ติดไว้นี้ ไปครอบบนปากอ่างเลี้ยงปลา ซึ่งมีตะแกรงวางอยู่ใน ระดับห่างจากพื้นอ่างประมาณ 6 นิ้ว ตู้ฟักไข่ที่ประกอบเสร็จแล้วก็มีรูปร่างดังนี้



การฟักไข่

ตู้ฟักไข่ที่ทำขึ้นจากอ่างเลี้ยงปลาขนาด กว้าง X ยาว X สูงเท่ากับ 36 X 36 X 37 ซม. สามารถฟักไข่ได้ครั้งละประมาณ 50-60 ฟอง การเริ่มต้นฟักไข่เมื่อได้ไข่ที่ต้องการจะฟักมาเรียบร้อยแล้ว (ไข่ที่มีเชื้อ) ก่อนอื่นให้เตรียมการเกี่ยวกับตู้ฟักเสียก่อน ดังนี้

- 1) เติมน้ำลงไปให้อ่างให้มีระดับสูงประมาณ 2 เซนติเมตร
- 2) ปิดฝาอ่างอาจจะปิดสนิท หรือปิดให้มีอากาศถ่ายเทก็ได้
- 3) เสียบปลั๊กไฟแล้วเช็คอุณหภูมิ
- 4) เมื่อหลอดไฟสว่าง ความร้อนจากหลอดไฟจะทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น
- 5) ปรับเสกจากเทอร์โมสแตท ให้อุณหภูมิอ่านได้ประมาณ $37.5-38^{\circ}\text{C}$
- 6) ระดับปรอทต้องไม่อยู่สูงจากไข่มากนัก

เมื่อเตรียมการเกี่ยวกับตู้ฟักเรียบร้อยแล้ว ต่อไปก็นำไข่วางลงบนตระแกรง การวางควรวางเรียงเป็นแถว (หากใส่หมายเลขได้ก็ยิ่งดี) เพื่อสะดวกในการกลับไข่ ไข่ที่อยู่ในตู้ฟักควรจะได้กลับอย่างน้อยวันละครั้ง ทั้งนี้เพื่อป้องกันตัวอ่อนที่กำลังเจริญเติบโตติดเปลือกไข่ หากไม่มีการพลิกไข่หรือกลับไข่เลยตัวอ่อนจะติดเปลือกและจะตายก่อนที่จะฟักออกเป็นตัว การนำไข่เข้าตู้ฟักหากเป็นการฟักเพื่อนำลูกไก่ที่ได้ ไปเลี้ยงภายในครอบครัวการทำหมายเลขไข่ก็ไม่จำเป็นเท่าใด แต่ถ้าวางไข่เพื่อการเรียนการสอนหรือการวิจัยจำเป็นอย่างยิ่งที่จะใส่หมายเลขไข่ รวมถึงกำหนดเวลาการเข้าตู้ฟักด้วยในด้านการศึกษเกี่ยวกับเจริญเติบโตของตัวอ่อนไก่ (Chick embryo) นิยมศึกษาตามกำหนดระยะฟักต่างๆ กันคือ 18 ชม, 24 ชม, 48 ชม, 72 ชม, และ 96 ชม ดังนั้นเวลาเริ่มต้นนำไข่เข้าตู้ฟักจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องบันทึกไว้ เพื่อที่จะได้ทราบว่าไข่ใบใดเข้าตู้ฟักเป็นเวลาเท่าใด ท่านผู้อ่านอาจจะสงสัยว่าไข่ที่เริ่มเข้าตู้ฟักนั้น จะมั่นใจได้อย่างไรว่าตัวอ่อนภายในไข่นั้นไม่ได้มีการเจริญเติบโตมาก่อนคือจะเริ่มต้นจากศูนย์ชั่วโมงจริงหรือเปล่า สำหรับกรณีนี้ตามปกติไข่มีเชื้อที่จะถูกนำไปเข้าตู้ฟักนั้น จะถูกเก็บรวบรวมไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ $10-15^{\circ}\text{C}$ ภายใต้อุณหภูมิระดับนี้ ตัวอ่อนจะยังไม่มีมีการเจริญเติบโตแต่ก็ไม่ตาย ดังนั้นไข่ทุกใบที่ถูกเก็บไว้ (ซึ่งไม่ควรจะเกิน 7-10 วัน) ถึงแม้ว่าจะได้มาจากการออกไข่ต่างวันก็ตาม ไข่ทุก

ใบจะอยู่ในสภาวะหยุดการเจริญเติบโตเมื่อไข่ถูกเปลี่ยนแปลงสู่อุณหภูมิของตัวฟัก คือประมาณ $37.5 - 38^{\circ}\text{C}$ การเจริญของเอ็มบริโอจะเริ่มทันที และจะเจริญไปเรื่อยๆ จนถึงระยะฟักซึ่งกินเวลา 21 วัน

ตามปกติการนำไข่เข้าตัวฟัก เพื่อใช้ในการศึกษาเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของตัวอ่อนนั้น (Embryonic development) ควรจะวางแผนเกี่ยวกับเวลาให้เหมาะสมเพราะหากไม่มีการวางแผนแล้วบางครั้ง เวลาที่จะต้องนำไข่ออกจากตัวฟักอาจจะเป็นเวลาหนึ่งนาฬิกา หรือสองนาฬิกาในเวลากลางคืน ซึ่งเป็นการไม่สะดวกอย่างยิ่งการวางแผนอาจจะแบ่งเป็น 2 กรณีคือ

กรณีที่ 1 นำไข่ทุกใบเข้าตัวฟักพร้อมกัน แต่นำออกจากตัวในเวลาต่างกันตามกำหนดระยะฟักตัว

กรณีที่ 2 นำไข่แต่ละชุดเข้าตัวฟักในวันและเวลาต่างกัน แต่นำออกจากตัวฟักในเวลาเดียวกันกัน กรณีที่ 1 อาจจะเหมาะสมสำหรับการศึกษาหรือวิจัยที่ต้องการศึกษาไข่แต่ละชุด ที่มีอายุการฟักต่างกัน ส่วนกรณีที่ 2 อาจจะเหมาะกับการเตรียมไข่ที่มีอายุการฟักใช้ระยะต่างๆ เพื่อศึกษาในห้องปฏิบัติการที่ได้กำหนดเวลาสำหรับนักเรียนนักศึกษา ซึ่งเรียนเป็นกลุ่ม และสามารถศึกษาเปรียบเทียบลักษณะรูปร่างของเอ็มบริโอที่มีอายุการฟักต่างๆ กันได้

ในการศึกษาเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของเอ็มบริโอของไก่ระยะต่างๆ ส่วนใหญ่นักเรียนนักศึกษาจะได้ศึกษาจากสไลด์ถาวร (Permanent slides) หากนักเรียนสามารถประดิษฐ์ตัวฟักไข่แบบง่ายขึ้นเอง ก็จะได้ศึกษาเอ็มบริโอที่ยังมีชีวิตอยู่ เห็นการเต้นของหัวใจเห็นลักษณะรูปร่างต่างๆ ไปของไก่ที่นอนอยู่บนไข่แดง เมื่อศึกษาเสร็จแล้วก็ไม่ควรจะทิ้ง อาจจะนำมาทำสไลด์ถาวรเก็บเอาไว้ศึกษาต่อไปได้

วัตถุประสงค์ของบทความเรื่องนี้ เพื่อให้ผู้อ่านเกิดความคิดเกี่ยวกับสิ่งประดิษฐ์ง่ายๆ แต่สามารถนำไปใช้และเกิดผลคุ้มค่าในด้านการเรียน การสอน และด้านอื่นๆ ด้วยสำหรับอุปกรณ์นั้นอย่างง่ายเลยปลา หากไม่มีของเก่าที่ไม่ใช้อยู่เดิมแล้วก็ไม่ควรไปซื้อของใหม่ที่แพง ควรจะหาสิ่งอื่นชดเชยเช่นกล่องไม้ หรือ กล่องกระดาษแข็งคงจะพอใช้แทนกันได้ โดยหาจานใส่น้ำวางไว้ที่พื้นกล่องและมีที่วางตะแกรงไข่ด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. Billet, F.S. and Wild, A.E. 1975. Practical Studies of Animal Development. Chapman and Hall London. pp. 166-167.
2. Morholt, E., Brandiwein, P.F. and Joseph A 1966. A Sourcebook for the Biological Sciences, 2 nd. ed. Harcourt, Brace and World, Inc. P. 363
3. Rahn, H., An Amos and Paganelli, C.V. 1979. How Bird Eggs Breathe Scientific American. February, 1979

สุภาพ ฒ นคร

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ข้อแนะนำในการเขียนบทความลงวารสาร “วิทยาศาสตร์ มจ.”

ประเภทของเรื่องที่จะตีพิมพ์

1. รายงานผลวิจัยและค้นคว้าหรือการสำรวจที่ยังไม่เคยตีพิมพ์ในวารสารหรือหนังสืออื่นมาก่อน
2. บทความปริทัศน์ ได้แก่งานเขียนที่รวบรวมหรือเรียบเรียงจากเอกสารหรือหนังสือต่าง ๆ เพื่อเผยแพร่และฟื้นฟูงานด้านวิชาการ
3. บทความแสดงข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในด้านวิชาการ-เรื่องแปล ข่าววิชาการ ย่อความจากงานวิจัยค้นคว้าหรือหนังสือใหม่ที่น่าสนใจ

รูปแบบของการเขียนและการเตรียมต้นฉบับ

1. ชื่อเรื่อง ให้มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ไม่ยาวเกินไปและหลีกเลี่ยงการใช้คำย่อโดยไม่จำเป็น
2. ชื่อผู้เขียน เขียนชื่อภาษาไทยพร้อมทั้งบอกสถานที่ทำงานให้ชัดเจน
3. เนื้อเรื่อง ใช้ได้ทั้งภาษาไทยล้วนหรือภาษาอังกฤษล้วน ถ้าใช้ภาษาไทย ศัพท์ภาษาอังกฤษที่ใช้ปนกับภาษาไทยนั้น ให้พยายามแปลเป็นไทยเท่าที่จะทำได้ และให้เขียนคำเดิมกำกับในวงเล็บ การทับศัพท์ภาษาอังกฤษ ตลอดจนการเขียนตัวสะกดการันต์ในภาษาไทยให้ใช้ตามแบบราชบัณฑิตยสถาน
4. บทความวิจัย ควรมีบทคัดย่อ และแบ่งเนื้อหาของบทความเป็น บทนำ วิธีดำเนินงาน ผลการวิเคราะห์ บทสรุป และวิจารณ์
5. เอกสารอ้างอิง เอกสารอ้างอิงในตอนท้ายสุดของเรื่องให้เรียงตามระดับตัวอักษรที่เป็นชื่อผู้แต่ง ชื่อผู้แต่งภาษาไทยให้ชนต้นด้วยชื่อตัวก่อนชื่อสกุล ภาษาอังกฤษให้เรียงชื่อสกุลก่อนชื่อตัว ชื่อวารสารหรือหนังสือให้ขีดเส้นใต้ ชื่อบทความให้อยู่ในเครื่องหมายอุทกประภาศ บอกชื่อเมืองที่พิมพ์ สำนักพิมพ์ ปีที่พิมพ์ (เรียงต่อจากชื่อผู้แต่ง) ถ้าเป็นวารสาร ให้ใส่หมายเลขปีที่ (volume number) และขีดเส้นใต้ และใส่หมายเลขเล่มที่ (issue number) ในวงเล็บตลอดทั้งบอกหมายเลขหน้าที่ใช้อ้างอิง
6. เชิงอรรถ (footnote) ใช้เฉพาะที่จำเป็นเพื่อขยายหรือให้รายละเอียดเพิ่มเติมแก่ใจความเฉพาะตอนในบทความ ข้อความที่จำเป็นจะต้องมีเชิงอรรถให้ใช้เครื่องหมายดอกจัน (*) กำกับท้าย

7. การส่งต้นฉบับ พิมพ์ต้นฉบับลงในกระดาษขาว 8 x 11 นิ้ว โดยใช้กระดาษหนาเดียว ส่งต้นฉบับมาที่ :

บรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ มข.

คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ขอนแก่น

8. ตารางและภาพประกอบ คำบรรยายประกอบตารางหรือภาพประกอบควรชัดเจนและชัดเจน ถ้าจะเป็นภาพถ่ายให้ใช้ภาพขาว-ดำ ขนาดโปสต์การ์ด ภาพเขียนลายเส้นควรเขียนด้วยหมึกกั้นเขียนบนกระดาษหนา ภาพที่เขียนต้องชัดเจนและมีขนาดที่เหมาะสม

9. การตรวจทานต้นฉบับ ก่อนส่งต้นฉบับ ผู้เขียนควรตรวจทานความถูกต้องชัดเจนของบทความทั้งด้านเนื้อหาและการใช้ภาษา โดยเฉพาะเมื่อมีการแสดงตาราง แผนภูมิ หรือใช้สัญลักษณ์เฉพาะมาประกอบการเขียนบทความนั้น กองบรรณาธิการมีสิทธิ์ในการพิจารณาคัดเลือกเรื่องหรือบทความใดๆ เพื่อตีพิมพ์ในวารสาร ทั้งนี้เพื่อความถูกต้องเหมาะสมตามวัตถุประสงค์ และมาตรฐานของวารสาร

ตัวอย่างเอกสารอ้างอิง

หนังสือเล่ม :

บุญเสริม วิสกุล. 1517 สถิติตอนที่ 1 : วิธีเก็บและประมวลข้อมูล.

พระนคร: ไทยวัฒนาพานิช. หน้า 57-64.

Glasstone, Samuel. 1967. Sourcebook on Atomic Energy. New York: Van Nostrand Reinhold Company. pp. 157-196.

วารสาร:

สมพงษ์ จันทรโพธิ์ศรี. 2520. "การเรียกชื่อธาตุ" วิทยาศาสตร์ มข. 5 (2):
11-13.

Zajone, R.B. 1976 "Family Configuration and Intelligence," Science. 192 (4236): 227-235.

วิทยานิพนธ์

Phillip O.C. 1962. "The Influence of Ovid on Lucan's Bellum Civile." Unpublished Ph.D dissertation. University of Chicago.

ນ້ຳມັນມີຄຸນຄ່າ

ດັບຟຟຳເມື່ອເສຣີຈານ