



วิทยาศาสตร์ มข.

KHON KAEN UNIVERSITY SCIENCE JOURNAL

ปีที่ ๔ ฉบับที่ ๓ ประจำเดือน กันยายน - ธันวาคม ๒๕๒๓

บรรณาธิการ.....

พฤติกรรมการร่วมเพศของปลา

การสำรวจน้ำมันในภาคอีสาน

เกลือ-ทำอะไรในร่างกายเรา

เครื่องเจ้าน้ำมันดีอย่างไร

ปัจจัยการเจริญของเส้นประสาท

กรีนเฮาส์เอฟเฟกต์

KAPRAO OILS

ศาลาวิทยาสาร

วิทยาศาสตร์ มข.

วัตถุประสงค์

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

**เจ้าของ
ที่ปรึกษา
บรรณาธิการ
กองบรรณาธิการ**

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
 คณบดี คณะวิทยาศาสตร์
 สัมพันธ์ คัมภีรานนท์
 สุวิน บุศราคัม
 เสาวนิตย์ ทองพิมพ์
 ลัดดาวัลย์ ขุนชาติประเสริฐ
 วันชัย สุ่มเล็ก

**ฝ่ายศิลป์และภาพ
ฝ่ายจัดการ**

ภาณี ถิรังกูร
 เฉลิม กิตชัย
 บุญคุ้ม เหลือกลิ่น
 บุษราภรณ์ พฤกษเทเวศ

**เหรียญฉีก
สำนักงาน**

ลักษณะ สุขบาง
 ฝ่ายจัดทำวารสารวิทยาศาสตร์ มข. คณะวิทยาศาสตร์
 มหาวิทยาลัยขอนแก่น โทร. 236199 237272 ต่อ 313
 และ 326

กำหนดออก

ปีละ 3 ฉบับ

ค่าบำรุง

ปีละ 20 บาท

การขอกรับเป็นสมาชิก

แจ้งความจำนงค์เป็นจดหมาย หรือกรอกใบสมัครเป็นสมาชิก พร้อมส่งค่า
 บำรุงเป็นธนาคัต หรือเช็คไปรษณีย์ ในนามของ นางบุญคุ้ม เหลือกลิ่น
 ฝ่ายจัดการ ส่งจ่าย ป.ท. 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 พร้อมนําส่งเงิน

จำนวน

บาท มาทาง

ขอแสดงความนับถือ

()

วิทยาศาสตร์ มข.

คณะวิทยาศาสตร์

บรรณาธิการแถลง.....

พฤติกรรมกรรรวมฝูงของปลา	ชุตินา หาญจวนิช	1
การสำรวจน้ำมันในภาคอีสาน	ภักดี ธันวารชร	10
เหล่า-ทำอะไรในร่างกายเรา	นันทะวดี อุดมพวงพานนท์	14
เครื่องเจระน้ำบาดาลอย่างง่าย	ฉลอง บัวผัน	23
ปัจจัยการเจริญของเส้นประสาท	อมรา วินิสานนท์	28
กรีนเฮาส์เอฟเฟกต์	สมพร เจริญสุข	36
KAPRAO OILS	VERAPONG PODIMUANG	42
ศาลาวิทยาสาร	ทอง นก.	50

บทบรรณาธิการ

การประชุมสัมมนาว่าด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาประเทศ เมื่อเดือนธันวาคม ที่กรุงเทพมหานคร เพิ่งผ่านไประหว่างการประชุมนักวิทยาศาสตร์ทั้งหลาย ได้นำผลงานวิจัยของตนมาเสนอแสดงถึงความก้าวหน้าทางวิชาการด้านต่าง ๆ เป็นอย่างมาก ตลอดทั้งได้มีการแลกเปลี่ยนความรู้แลกเปลี่ยนทัศนคติซึ่งกันและกัน อย่างกว้างขวาง สมดังเจตนารมณ์ของการจัดสมานาครั้งนี้ อย่างไรก็ตามข้าพเจ้ามีความเห็นว่า การที่จะนำความรู้ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมาใช้ในการพัฒนาประเทศได้มากนักน้อยเพียงใด ย่อมขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ อีกหลายประการนอกเหนือไปจากความรู้ ความสามารถที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการ ที่สำคัญประการหนึ่งนักวิทยาศาสตร์ จะต้องมีความคิดอ่านและความสามารถที่จะประยุกต์ความรู้เหล่านั้นให้เข้ากับสถานการณ์ของเราให้ได้ เพื่อที่ว่า ความรู้เหล่านั้นจะได้มีโอกาสก่อให้เกิดประโยชน์แก่ประเทศชาติอย่างแท้จริง

วารสารฉบับนี้เป็นฉบับส่งท้ายปีเก่า ต้อนรับปีใหม่ ในนามของกองบรรณาธิการทุกคน ข้าพเจ้าขอกล่าวสวัสดิ์ปีใหม่แก่ผู้อ่าน และสมาชิกทุกท่าน ขอให้ท่านประสบโชคดีตลอดปี 2524

สัมพันธ์ คัมภีรานนท์

ธันวาคม 2523

พฤติกรรมการรวมฝูงของปลา

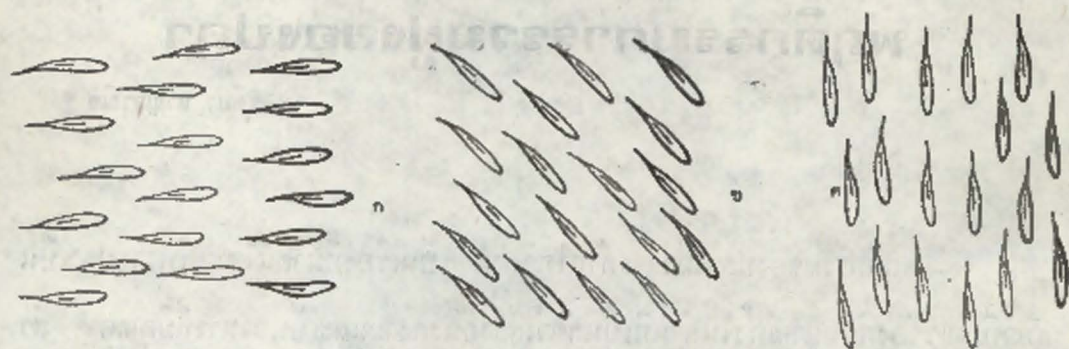
ชติมา หาญจวนิช *

พฤติกรรมของปลาไม่ว่าจะคันใดก็ตาม เป็นเรื่องที่น่าสนใจ เพราะปลาเป็นสัตว์ที่เกี่ยวข้องกับมนุษย์ทั้งในแง่ที่เป็นสัตว์เลี้ยงอันงดงามและเป็นอาหารที่มีคุณค่า สำหรับพฤติกรรมของปลาในด้านการรวมฝูง เป็นเรื่องที่น่าสนใจไม่น้อยเลย ปัจจุบันการศึกษาในเรื่องนี้เป็นไปอย่างกว้างขวางว่าอะไรเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ปลามาอยู่รวมกันเป็นฝูง และอะไรเป็นปัจจัยที่ทำให้ปลาแต่ละตัวในฝูงมีการจัดระยะระหว่างแต่ละตัวได้เท่าๆ กัน อีกทั้งยังสามารถรักษาความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน หรือความพร้อมเพรียงกันในการเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่งได้ ทั้งหมดนี้ได้นำมาประมวลเข้าไว้ในบทความนี้

ลักษณะของฝูงปลา

เพื่อความสะดวกและความเข้าใจในการศึกษาถึงพฤติกรรมการรวมฝูงของปลา Shaw (1960, 1962) ให้ความหมายของคำว่า "ฝูง" (School) คือกลุ่มของปลาชนิดเดียวกันที่มาอยู่รวมกัน มีพฤติกรรมร่วมคล้ายกัน และมีการวางตัวของกลุ่มเป็นทางเรขาคณิต จากนั้นยามที่กล่าวมานี้อาจจะขยายความต่อไปได้อีกว่า กลุ่มปลาที่มาอยู่รวมกันมิใช่เพียงแต่มาอยู่ใกล้ๆ กันเท่านั้น แต่ยังมีระยะห่างระหว่างปลาแต่ละตัวเท่ากัน เมื่อมันว่ายน้ำจะไปทิศทางเดียวกันหากว่าพบศัตรูหรือเลว เบน ก็จะเป็นไปอย่างพร้อมเพรียงกัน โดยไม่ต้องมีปลาที่ทำหน้าที่เป็นผู้นำฝูงเป็นการถาวร กล่าวสมาชิกแต่ละตัวในฝูงสามารถเป็นผู้นำฝูงได้ทั้งนั้นกับสภาพการณ์ เช่น เมื่อมันมีการเลวเบนไปทางซ้ายหรือขวา ปลาตัวที่อยู่ใกล้ทิศทางที่จะเลวเบนก็จะกลายเป็นผู้นำฝูง ส่วนตัวที่เคยเป็นผู้นำฝูงก็จะกลายเป็นผู้ตามภายในฝูงต่อไป (ดังแสดงในรูปที่ 1.)

* อาจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น



รูปที่ 1 ไกอะแกรมแสดงการผลัดกันเป็นผู้นำฝูงเนื่องจากการเลี้ยวเบนตัวที่เป็นสี่เหลี่ยมเป็นผู้นำของฝูง (รูป ก.) เมื่อมีการเลี้ยวถันขวา (รูป ข.) ตัวที่อยู่ทางถันขวาก็จะกลายมาเป็นผู้นำฝูง แล้วตัวที่เป็นผู้นำเดิมจะกลายเป็นผู้ตามในฝูง (รูป ค.)

นอกจากนั้นแล้วคำนิยามนี้ยังชี้ให้เห็นว่า การรวมฝูงของปลาโดยที่มีผู้นำถาวร เช่น ลกครอกปลาช่อนซึ่งมีแม่ปลาเป็นผู้นำหน้าที่ปกป้องคุ้มครองภัย มิใช่ฝูงปลาตามคำนิยามนี้ และในสาระที่จะกล่าวต่อไปนี้มุ่งที่จะพูดถึงพฤติกรรมกรรวมฝูงของปลาโดยอาศัยคำนิยามของ Shaw ดังกล่าวแล้วเป็นหลักโดยตลอด

โดยทั่วไปแล้ว พฤติกรรมกรรวมฝูงของปลาสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 พวก คือการรวมฝูงชั่วคราวและการรวมฝูงถาวร (Parr, 1927) การรวมฝูงอย่างแรก เป็นการรวมฝูงของปลาที่อาศัยอยู่ตามพื้นทะเล หรืออยู่ตามชายฝั่งทะเลหลายชนิด เช่น ปลาเซอร์ริง และปลากระบอก เป็นต้น การรวมฝูงเช่นนี้ ปลาจะเข้ามาอยู่รวมกันเพื่อประกอบกิจกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งเท่านั้นเมื่อเสร็จสิ้นกิจกรรมนั้นแล้วปลาแต่ละตัวก็จะแยกออกจากฝูงไป กิจกรรมที่มันได้แก่การผสมพันธุ์ การหนีศัตรู หรือการอพยพจากแห่งหนึ่งไปยังอีกแห่งหนึ่ง เป็นต้น การรวมฝูงอย่างหลัง หรือการรวมฝูงถาวรมักเป็นการรวมฝูงของปลาที่อาศัยอยู่ตามผิวน้ำ เช่น ปลาทุ เป็นต้น การรวมฝูงแบบนี้เกิดจากปลาใช้ชีวิตอยู่ร่วมกันเป็นฝูงตลอดชีวิตอายุขัยของมันไม่มีการแยกออก ก็เป็นอิสระ แม้ว่าจะมีการแตกแยกออกไปจากฝูงบ้างแต่ในชั่วเวลาไม่กี่วันมันก็จะกลับมารวมฝูงกันอีก

ถ้าพิจารณาถึงลักษณะหรือรูปแบบของฝูงปลา ก็จะพบได้ว่ารูปแบบของฝูงปลาจะมีกระสวน (pattern) ที่แน่นอน โดยเป็นลักษณะเฉพาะของฝูงปลาแต่ละชนิด ซึ่งขึ้นกับสภาพแวดล้อมและปัจจัยที่เกี่ยวกับความรู้สึก (Ommanney, 1969) ฝูงปลาน้ำบางชนิดอาจมีกระสวนคล้ายวงล้อ หรือคล้ายตามเหลี่ยมปีกเครื่องบิน วงกลม วงรี เป็นต้น และในฝูงปลาฝูงหนึ่ง ๆ มีจำนวนปลาไม่แน่นอน อาจมีจำนวนนับหมื่นตัวในฝูงหนึ่ง หรืออาจมีถึงจำนวนหลาย ๆ ล้านตัวก็เป็นได้ (Balon, 1970)

ปัจจัยที่ทำให้เกิดการรวมฝูงของปลา

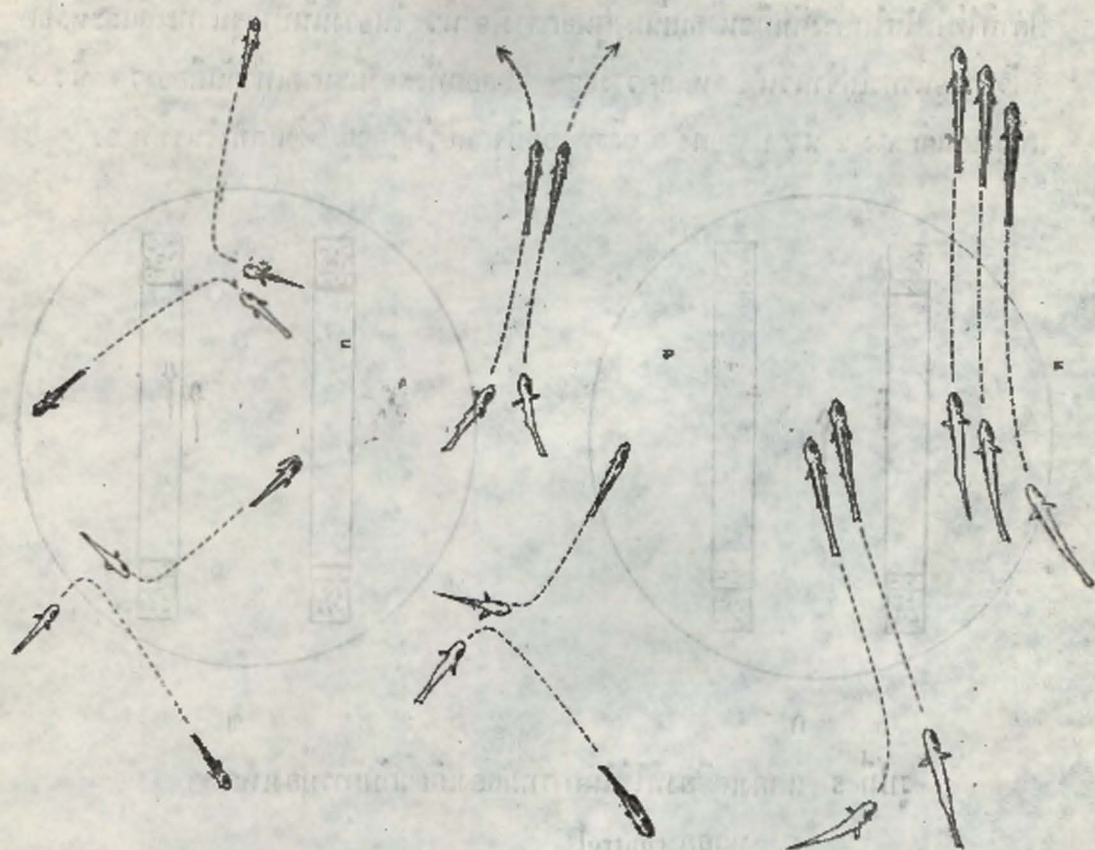
โดยการสังเกตเราพอจะอนุมานได้ว่า การที่ปลาเข้ามาอยู่รวมกันเป็นฝูงนั้นทำให้มีโอกาสที่จะมีชีวิตรอดได้มากกว่าการอยู่อย่างโดดเดี่ยว กล่าวคือ ฝูงของปลาอาจช่วยในการพรางตัวทำให้ดูมีขนาดใหญ่โตมาก และทำให้ง่ายในการหาคู่ผสมพันธุ์ เป็นต้น

ถ้าหากว่าพิจารณาลักษณะและพฤติกรรมที่ปลาเข้ามารวมฝูงกัน จะพบว่าปลาบางชนิดมีหัวเสมอกันในขณะที่ว่ายน้ำไปด้วยกัน บางชนิดหัวปลาตัวหนึ่งจะเหลื่อมอยู่กับกลางตัวหรือส่วนหางของอีกตัวหนึ่งที่อยู่ข้างเคียง และไม่ว่าลักษณะการวางตัวของปลาแต่ละตัวจะเป็นแบบใดก็ตาม ระยะห่างระหว่างกันและกันจะมีค่าคิดเป็นตัวเลขเชิงสถิติคงที่เสมอ ปัญหาที่ทำการศึกษาค้นคว้าว่าปลาแต่ละตัวเข้ามาจับตัวกันในลักษณะที่มีความเป็นระเบียบและความพร้อมเพรียงในการเคลื่อนที่ได้อย่างไร ซึ่งในเรื่องนี้ได้มีการศึกษาในหลายแง่มุมด้วยกัน คือ การรวมกลุ่มโดยอาศัยการมองเห็น (vision) การรับกลิ่น (olfaction) และการรับแรงกดของกระแสน้ำโดยใช้เส้นข้างตัว (lateral line) โดยนักศึกษานิรายละเอียดยัง

(ก) การรวมฝูงโดยอาศัยการมองเห็น

Atz (1953) และ Breder (1959) ได้รายงานงานว่าการที่ปลาอยู่รวมเป็นฝูงนั้นส่วนใหญ่อาศัยสายตาเป็นปัจจัยอันสำคัญยิ่ง ซึ่งเรื่องนี้ Shaw (1960) ได้ทำการวิจัยในเวลาต่อมา โดยศึกษาการรวมฝูงของปลาทะเล 2 ชนิดคือ *Menidia menidia* (Linnaeus) และ *Menidia beryllina* (Cope) ซึ่งเป็นปลาที่เข้ามาอยู่รวมกันเป็นฝูงตามธรรมชาติ เขาได้

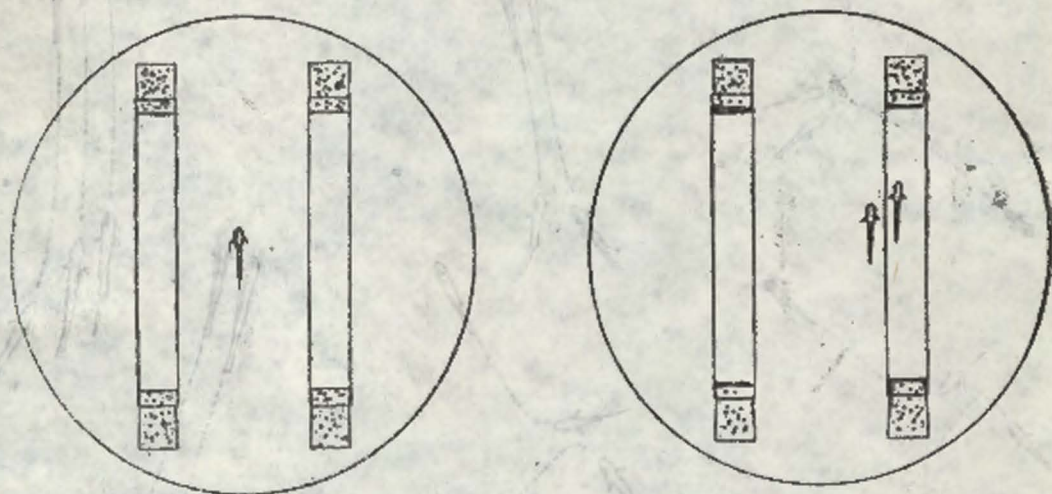
ดำเนินการศึกษาทั้งนี้ โดยนำไข่ปลามาเลี้ยงในห้องทดลองจนกระทั่งมันฟักออกเป็นตัวและได้สังเกตพบว่าปลาทั้งสองชนิดมีพฤติกรรมต่างๆ ก่อนที่จะเข้ามารวมฝูงเป็นดังนี้ คือ เมื่อมันมีขนาดความยาวของลำตัว 5.0-7.0 มม. มันจะเอาหัวเข้าใกล้กัน หรือปลาตัวหนึ่งจะเอาหัวเข้าใกล้กลางตัว หรือหางของปลาอีกตัวหนึ่งที่อยู่ใกล้ๆ กัน และในช่วงระยะห่างระหว่างปลาแต่ละตัวประมาณ 5 มม. หลังจากนั้นก็จะผละออกจากกัน ในระยะนี้จะเห็นได้ว่าลูกปลายังไม่มีการเรียงตัวโดยแท้จริง (ดังแสดงในรูปที่ 2 ก) เมื่อลูกปลามีขนาด 8.0-9.0 มม. ปลาตัวหนึ่งจะเอาหัวเข้าใกล้หางของปลาอีกตัวหนึ่ง โดยมีระยะห่างระหว่างกัน 1-3 มม. แล้วจะว่ายน้ำขนานกันไปเป็นฝูงเป็นเวลา 1-2 วินาที (ดังแสดงในรูปที่ 2 ข) ในระยะนี้เป็นที่น่าสังเกตว่าหากลูกปลาเอาหัวเข้าใกล้กันหรือวางลำตัวต่งฉากกัน มันจะไม่มีการรวมฝูงกันเลย แต่มันจะผลักออกจากกันในทันทีทันใดเมื่อลูกปลามีขนาดโตขึ้น 9.0-9.5 มม. จะเริ่มมีการเรียงตัวกันเป็นฝูงย่อยๆ ภายในกลุ่มใหญ่ๆ ทั้งนี้โดยปลาที่อยู่ในฝูงจำนวน 4 หรือ 5 ตัวเท่านั้นที่มีการจกระยะระหว่างกันแน่นอนและขนานกัน มันจะเรียงกันอยู่เช่นนี้เป็นระยะเวลา 5-10 นาที เมื่อลูกปลามีขนาด 10.0-10.5 มม. (ดังแสดงในรูป 2 ค) ลูกปลาตัวหนึ่งจะว่ายน้ำไปประชิดกับอีกตัวหนึ่งทางด้านหลัง แล้วก็จะเรียงตัวขนานกันและจะว่ายน้ำไปด้วยกันเป็นฝูงย่อยซึ่งประกอบด้วยลูกปลา 4 ถึง 6 ตัว เวลาที่มันจะรวมกันเป็นฝูงย่อยนั้นจะเพิ่มขึ้นเป็น 30 ถึง 60 วินาที แล้วจึงแยกออกจากกัน เมื่อลูกปลามีขนาด 12.0-13.0 มม. จำนวนลูกปลาในฝูงย่อยๆ นั้นจะเพิ่มมากขึ้นเป็น 10-20 ตัว และลูกปลาที่อยู่ในฝูงย่อยนั้นจะไม่ผละออกจากกันเลย ครั้นเมื่อมันมีขนาดโตขึ้นมากกว่า 14.0 มม. ลูกปลาทั้งหมดจะมีการเรียงตัวเป็นฝูงเดียวกัน มีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันทุกตัว ระยะห่างระหว่างปลาจะเป็นค่าคงที่ในช่วง 1.0-1.5 มม. ถ้าปลามาอยู่ใกล้ซึ่งกันก็ไม่เกิน 0.5 มม. หรือถ้าอยู่ห่างกันก็จะไม่เกิน 2.5 มม.



รูปที่ 2 แสดงแบบแผนการวางตัวของลูกปลา *Menidia* sp. ก่อนที่จะเข้ามา
รวมฝูงเมื่อลูกปลามีขนาด 5.0-7.0 มม. (รูป ก.) จะเอาหัวเข้าใกล้
กัน หรือเอาหัวเข้าใกล้ทางหรือบริเวณกลางตัวของลูกปลาอีกตัวและ
แยกออกจากกัน ลูกปลาขนาดความยาว 0.8-9.0 มม. (รูป ข.) จะเอา
หัวเข้าใกล้หางของปลาอีกตัวแล้วจะว่ายขนานกันเป็นฝูงนาน 1-2
นาที แต่ถ้าปลาเอาหัวเข้าใกล้กันหรือใกล้ลำตัว มันจะผละออกจาก
กันทันที เมื่อลูกปลาโตมีขนาด 9.0-10.5 มม. (รูป ค.) จะเอาหัว
เข้าใกล้หางของปลาอีกตัวและเรียงตัวขนานกันนาน 5-10 วินาที

นอกจากนี้ Shaw (1960) ยังได้ทำการทดลองเพื่อดูว่าการมองเห็นเป็นปัจจัยที่
ทำให้เกิดการรวมฝูงของปลาหรือไม่ ซึ่งทำการทดลองกับปลาทะเล 2 ชนิดคือปลากะพงขาวกับ
โดยนำไข่ปลาแต่ละชนิดมาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ จนกระทั่งมันฟักออกเป็นตัว แล้วนำลูก

ปลาที่ได้ไปใส่ในอ่างที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 นิ้ว ในอ่างนั้นบรรจุน้ำทะเลและหลอดแก้วบรรจุน้ำทะเลจำนวน 2 หลอดวางอยู่ หลอดทั้งสองมีขนาดเท่ากันคือยาว 6 นิ้ว $\times$ เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว ปลายทั้ง 2 ข้างหลอดมีจุกคอร์คอยู่ (ดังแสดงในรูปที่ 3)



ก

ข

รูปที่ 3 แสดงเครื่องที่ใช้ในการทดลองเกี่ยวกับการมองเห็น

ก. หลอด control

ข. หลอดที่มีปลาอยู่

การสังเกตพฤติกรรมของปลาในอ่างกระทำเป็น 2 ขั้นตอน คือในตอนแรกนำปลาใส่ในอ่างที่บรรจุหลอดแก้วดังกล่าวเพียงตัวเดียวเท่านั้น แล้วบันทึกผลในช่วงเวลา 5 นาที โดยสังเกตว่าปลาจะมีการประชิดและวางตัวขนานหลอดแก้วเป็นเวลายาวนานน้อย 5 วินาทีหรือไม่ ในขั้นที่สองนำปลาอีกตัวหนึ่งซึ่งมีขนาดเท่ากับปลาที่อยู่ในอ่างนั้น บรรจุในหลอดแก้ว แล้วบันทึกว่าในช่วงเวลา 5 วินาทีเท่ากัน ปลาตัวที่วางอยู่ในอ่างจะเข้ามาประชิดและวางตัวขนานกับปลาตัวที่อยู่ในหลอดหรือไม่ บันทึกผลนาน 5 นาที ผลการทดลองทั้งหมดสรุปได้ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1

ผลการทดลองแสดงพฤติกรรมการรวมฝูงของปลาโดยอาศัยการมองเห็น

ขนาดความยาว จำนวนครั้งที่ จำนวนครั้งที่ปลาในอ่าง จำนวนครั้งที่ปลาในอ่าง

ลำตัวของปลา ทำการทดลอง (มม.)		ว่ายเข้าประชิดและวางตัว ขนานกับหลอดปลาเป็น เวลาตั้งแต่ 5 วินาทีขึ้นไป	ว่ายเข้าประชิดและวางตัว ขนานกับปลาในหลอด เป็นเวลาตั้งแต่ 5 วินาทีขึ้นไป
5	20	0 *	0 *
6	20	0 *	0 *
7	16	0 *	0 *
8	18	1	9
9	20	3	13
11	20	2	10
12	20	2	12
13	18	1	3
14	18	0	8
15	22	0	15
16	12	0	10

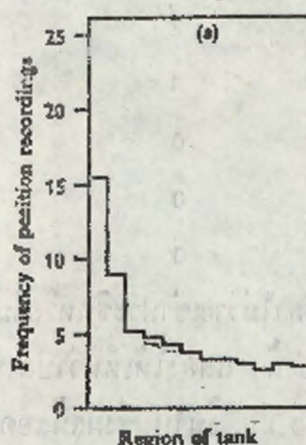
หมายเหตุ * หมายความว่าปลาไม่ว่ายเข้าประชิดหรือไม่วางตัวขนาน

จากผลของการทดลองนี้ แสดงให้เห็นว่าปลาจะว่ายเข้าเรียงตัวขนานกับปลาที่อยู่ในหลอดเมื่อมีขนาดตั้งแต่ 8.0 มม. ขึ้นไป ซึ่งผลสอดคล้องกับผลการสังเกตแบบแผนพฤติกรรมต่าง ๆ ของปลาก่อนที่จะมารวมฝูงดังกล่าวแล้วข้างต้น ทั้งนี้อาจสรุปได้ว่าปลาจะเข้ามาอยู่รวมกันเป็นฝูงเมื่อมันเจริญเติบโตมากขึ้นและมีความยาวลำตัวพอเหมาะ อนึ่ง เนื่องจากปลาที่อยู่ในอ่างกับปลาตัวที่อยู่ในหลอดแก้ว ไม่อาจจะสัมผัสกันได้ด้วยทางอื่นใด นอกจากการมองเห็นเท่านั้นย่อมแสดงให้เห็นว่าการมองเห็นเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่ทำให้ปลาเกิดการรวมฝูง

สำหรับในเรื่องนี้ข้อที่น่าสนใจว่า หากปลาใช้การมองเห็นเป็นปัจจัยการรวมฝูง แต่เพียงอย่างเดียวแล้ว ในเวลากลางคืนปลาก็ไม่อาจรวมฝูงอยู่ด้วยกันได้ เพราะไม่มีแสงสว่างนั่นเอง (Ommanney, 1969) แต่ก็มีปลาบางชนิดที่สามารถรวมฝูงได้ในเวลากลางคืน อาจเนื่องมาจากใช้ปัจจัยอย่างอื่นช่วยในการรวมฝูง เช่นกลิ่น (Hemmings, 1966)

(ข.) การรวมฝูงโดยอาศัยการจับกลิ่น

ถึงเป็นที่ทราบกันอยู่แล้ว มีปลาหลายชนิดสามารถสร้างสารมัสกิ้งได้ และปล่อยสารนี้ออกสู่ภายนอกร่างกาย นอกจากนั้นยังสามารถจับกลิ่นที่พวกมันสร้างได้ เมื่อเป็นเช่นนั้นจึงมีแนวโน้มว่ากลิ่นอาจเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดการรวมฝูงขึ้น ในเรื่องนี้ Hemmings (1966) ได้ทำการศึกษา โดยการนำปลาชนิดหนึ่งที่มีชื่อว่า *Rutilus rutilus* L. มาขังไว้ในอ่างประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อให้ปลาที่อยู่ในอ่างปล่อยสารมัสกิ้งออกมา จากนั้นจึงปล่อยน้ำให้ลงสู่ทางตันซ้ายของตู้ทดลองด้วยอัตราความเร็วคงที่ และนำปลามาจับคู่กันใส่ลงในตู้ทดลองทางตันเดียวกับที่ปล่อยน้ำ แล้วบันทึกผลว่าปลาว่ายอยู่ที่ตำแหน่งใดของตู้ทดลองทุกๆ 5 วินาที เป็นเวลานาน 20 นาที จากผลการทดลองสรุปได้ว่า ปลามีการตอบสนองต่อกลิ่นที่พวกมันสร้างขึ้นและปล่อยออกมา โดยมันจะว่ายอยู่บริเวณทางตันซ้ายของตู้ทดลองมากกว่าที่จะไปอยู่ที่ตำแหน่งต่างๆ ของตู้ (ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 โคอะแกรมแสดงการตอบสนองของปลา *Rutilus rutilus* L. ที่มัสกิ้งกลิ่นที่ปลาพวกเดียวกันสร้างขึ้น

ทั้งนี้สารมัสกิ้งที่ปลาปล่อยออกมาอาจเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่ช่วยป้องกันการแตกฝูงของปลาในเวลากลางคืน และมีฝูงปลาบางชนิดที่มีการรวมฝูงโดยไม่อาศัยกลิ่น อันนั้นแสดงให้เห็นว่าการที่ปลาจะใช้อะไรเป็นปัจจัยในการรวมฝูงนั้นย่อมขึ้นอยู่กับชนิดของปลาเป็นสำคัญด้วย

(ค.) การรวมฝูงโดยอาศัยแรงกดของกระแสน้ำ

ผลจากการศึกษาทางคันธวิธีวิทยาของปลา เป็นที่ทราบกันว่าด้านข้างของลำตัวมีร่องเป็นแนวขนานตามความยาวจากหัวไปยังหาง ร่องนี้เป็นที่อยู่ของอวัยวะรับความรู้สึก

ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มเซลล์ประสาทเรียงตัวกันอย่างหนาแน่น เรียกว่าอวัยวะรับรู้ความรู้สึกว่า "เส้นข้างตัว" (lateral line) ซึ่งเชื่อว่าอวัยวะนี้ไวต่อการสัมผัสเคลื่อนไหวและแรงกดของกระแส น้ำ van Bergeijk และ Harris (อ้างตาม Shaw, 1962) ได้กล่าวว่า การรวมฝูงของปลาอาจจะเกิดจากการที่ปลาใช้เส้นข้างตัวเป็นอวัยวะรับสัมผัสการสั่นไหวของน้ำที่เกิด การเคลื่อนไหวของปลาชนิดเดียวกันที่อยู่ข้างเคียง สำหรับเรื่องนี้ยังไม่มีการศึกษาทดลองที่แน่ ชัด แต่ก็อาจเป็นไปได้ว่าพฤติกรรมการรวมฝูงของปลาบางชนิดอาจอาศัยปัจจัยเช่นนี้ทำให้เกิดการรวมฝูงได้

จากที่กล่าวมาทั้งหมดก็น่าจะให้เห็นว่าการรวมฝูงของปลาชนิดหนึ่งๆ ขึ้นอยู่ กับปัจจัยของการรับรู้ความรู้สึกเป็นสิ่งที่ก่อให้เกิดการรวมฝูง แต่ไม่อาจจะพูดได้เป็นที่ แน่ชัดว่าปัจจัยชนิดใดชนิดหนึ่งเพียงอย่างเดียวเท่านั้นที่จะเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการ รวมฝูง บางทีอาจประกอบด้วยปัจจัยหลายๆ อย่างรวมกัน ซึ่งในเรื่องนี้ยังต้องการศึกษา ในรายละเอียดต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. Arz, J.W. 1953. Orientation in Schooling Fishes. In Proceeding of a Conference on Orientation in Animals, Feb. 6, 7, 1953. Washington. Washington, D.C., Office of Naval Research Department of the Navy.
2. Balon, E.G. 1970 Clupeiformes. Ency. Brit. 4:766
3. Hemmings, C.C. 1966. Olfaction and Vision in Fish Schooling. J. Exp. Biol., 45:449-464
4. Ommanney, F.D. 1969. The Fishes. Lise Nature Library. Time-Life International (Nederland) N.V. p. 127-130.
5. Shaw, E. 1960. The Development of Schooling Behavior in Fishes. Physiol. Zool., 33:79-86
6. Shaw, E. 1962. The Schooling of Fishes. Sci. Amer., 206:128-138.

การสำรวจน้ำมันในภาคอีสาน

ตอนที่สอง หลักการและเหตุผลในการแสวงหาแหล่งน้ำมันในประเทศไทย

ภักดี ธนวารช *

นับตั้งแต่ได้เกิดวิกฤตการณ์น้ำมันของโลกขึ้นเมื่อกลางเดือนตุลาคม 2516 จนกระทั่งปัจจุบัน ประเทศไทยได้รับผลกระทบกระเทือนอย่างหนักในภาคเศรษฐกิจต่างๆ ที่กลุ่มประเทศผู้ผลิตและส่งออกน้ำมันรายใหญ่ของโลกคือ กลุ่มโอเปก (OPEC-Organization of Petroleum Exporting Countries) ซึ่งเป็นกลุ่มประเทศอาหรับ 13 ประเทศ มีเจตจำนงที่จะใช้น้ำมันเป็นอาวุธทางการเมืองและเศรษฐกิจในการต่อต้านประเทศอิสราเอลโดยตรง แต่ผลของการดำเนินการทำให้เกิดผลกระทบต่อทุกประเทศในโลก ซึ่งรวมทั้งประเทศไทย ได้รับผลกระทบกระเทือนจากการประกาศขึ้นราคาน้ำมันดิบหลายต่อหลายครั้ง ในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมา

ประเทศไทยจำเป็นต้องใช้เงินตราต่างประเทศเพิ่มขึ้นอย่างมากมายเพื่อจะจัดหาน้ำมันให้เพียงพอสำหรับใช้ภายในประเทศ ทั้งนี้ เนื่องจากน้ำมันเป็นพลังงานหลัก กล่าวคือ ประมาณร้อยละ 80 ของพลังงานที่ใช้ในประเทศมาจากน้ำมัน ถ้าจะพิจารณาตามตารางที่ 1 ตารางที่ 1 ราคาประกาศน้ำมัน Marker Crude

ปี	เหรียญสหรัฐต่อบาร์เรล (เอฟโอบี)	อัตราเพิ่ม (ร้อยละ)
2515	2.48	
2516 (1 ตค.)	3.01	21
2516 (16 ตค.)	5.12	70
2517 (1 มค.)	11.65	127
2517 (1 พย.)	11.25	- 3
2518	12.38	10
2519	12.38	10
2520 (1 มค.)	13.00	5
2520 (1 กค.)	13.66	5
2521	13.66	5
2522	24.00	76

* คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

หมายเหตุ อัตราเพิ่มคิดเทียบจากปีที่แล้วและใช้ราคาปี 2515 เป็นฐาน ; 1 บาท
= 158.99 ลิตร

ที่มา: คัดแปลงและเพิ่มเติมจากเอกสารทางวิชาการ ลำดับ 1/2521 กรมส่งเสริมอุตสาหกรรมจำเห็นได้ว่าอัตราค่าเพิ่มของราคาน้ำมันดิบเป็นไปอย่างสม่ำเสมอในช่วงระยะหลัง (ตั้งแต่ พ.ศ. 2520 เป็นต้นไป) แต่ในช่วงวิกฤตการณ์เมื่ออัตราเพิ่มสูงมาก (ช่วง 2516-2517 และในช่วง 2521-2522) อย่างไรก็ตามเป็นที่คาดหมายกันว่าราคาน้ำมันดิบจะเพิ่มขึ้นไปเรื่อยๆ ทั้งนี้ เพราะเงินเหรียญสหรัฐที่กลุ่มโอเปกใช้ในการกำหนดราคาน้ำมันดิบมีมูลค่าลดลงไปอยู่ตลอดเวลา นอกจากนั้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงราคาน้ำมันดิบและนโยบายการผลิตของประเทศผู้ผลิตไม่แน่นอนทำให้ประเทศผู้ใช้โดยเฉพาะประเทศอุตสาหกรรม จำเป็นต้องใช้น้ำมันดิบสำรองภายในประเทศให้เพียงพอ จึงทำให้การแย่งกันซื้อน้ำมันดิบในตลาดโลก เพื่อการกักตุน ดังนั้นแม้ประเทศไทยจะมีกำลังเงินที่จะซื้อน้ำมันดิบ แต่ในบางครั้งก็หาซื้อไม่ได้ แม้จะยอมซื้อในราคาที่สูงกว่าราคาประกาศก็ตาม ซึ่งที่น่าเป็นห่วงยิ่งขึ้นไปอีกคือการประมาณการความต้องการใช้น้ำมันในประเทศไทย ซึ่งพิจารณาได้จากตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ประมาณการความต้องการใช้น้ำมันในประเทศไทย พ.ศ. 2520-2529

ปี	จำนวนล้านลิตร	อัตราเพิ่ม (ร้อยละ)
2520	10,384	-
2521	11,507	11
2522	11,801	3
2523	12,302	4
2524	13,188	7
2525	14,495	10
2526	15,887	10
2527	17,416	10
2528	19,096	10
2529	20,943	10

หมายเหตุ อัตราเพิ่มต่อปีโดยทั่วไป พ.ศ. 2520 เป็นต้นมา

ที่มา: คัดแปลงและเพิ่มเติมจากเอกสารทางวิชาการ ลำดับ 1/2521 กรมส่งเสริมอุตสาหกรรมซึ่งจะเห็นว่าแม้จะได้ประมาณการของอัตราเพิ่มไม่เกินร้อยละ 10 ต่อปี โดยเฉพาะในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 5 ซึ่งนับว่าเหมาะสมกับการคาดการณ์ทางภาวะเศรษฐกิจของประเทศแต่การเปลี่ยนแปลงราคาของน้ำมันดิบ ถ้าหากสูงมาก เช่นในปีที่มีวิกฤตการณ์ทางน้ำมันปี 2516 และ 2522 แล้ว ผลลัพธ์อาจจะทำให้ประเทศเราไม่สามารถปรับภาวะเศรษฐกิจให้ดีขึ้น และอัตราเงินเฟ้อก็อาจจะสูงขึ้นมากจนมีผลกระทบกระเทือนต่อโครงสร้างทางเศรษฐกิจอย่างแรง เราอาจจะเห็นปัญหาน้ำมันขึ้นหากได้พิจารณาตัวเลข เช่น ในปี 2522 มูลค่าน้ำมันที่นำเข้าจำนวนถึง 31,895 ล้านบาท⁽¹⁾ ในขณะที่มูลค่าการค้าน้ำมันปี 2621 ขาดดุลอยู่ประมาณ 28,540 ล้านบาท⁽²⁾ และในปี 2522 ขาดดุลอยู่ประมาณ 47,055 ล้านบาท⁽²⁾ สำหรับในปี 2523 นี้ เป็นที่คาดการณ์กันว่าประเทศไทยจะขาดดุลการค้ามีมูลค่าถึง 64,000 ล้านบาท⁽³⁾ ดังนั้น ถ้าเราวิเคราะห์เฉพาะในปี 2522 จะเห็นว่าหากประเทศเราสามารถที่จะลดปริมาณการใช้น้ำมันหรือมีแหล่งน้ำมันภายในประเทศ ที่จะทดแทนการนำเข้าได้บ้าง ก็จะทำให้การขาดดุลการค้าลดลงได้ สิ่งสำคัญที่จะต้องตระหนักให้มากก็คือ อนาคต โดยเฉพาะในขณะนี้ประเทศผู้ผลิตน้ำมัน 2 ประเทศคือ อิหร่าน และอิรัก กำลังสงครามกันอยู่ แม้ผลกระทบในขณะนี้ยังไม่เห็นชัด และต้องไม่ลืมว่าในกลุ่มประเทศในบริเวณอ่าวเปอร์เซีย ซึ่งได้แก่ประเทศอิหร่าน อิรัก ซาอุดีอาระเบีย คูเวต คิวบา บาห์เรน และสหพันธ์อาระเบียมีเขตมีกำลังผลิตน้ำมันดิบรวมกันประมาณ 17.4 ล้านบาร์เรลต่อวัน⁽⁴⁾ หรือประมาณร้อยละ 7 ของจำนวนน้ำมันดิบที่ผลิตทั่วโลก หลังจากการเกิดสงครามในเดือนตุลาคม 2523 นี้ ผลผลิตรวมของกลุ่มประเทศดังกล่าวลดลงถึงร้อยละ 21.8 หรือประมาณ 3.8 ล้านบาร์เรลต่อวัน และถึงแม้ว่าในกลุ่มประเทศที่เหลือมีแผนการที่จะเพิ่มผลผลิตเพื่อชดเชย ก็คงจะมีความสามารถเพิ่มได้อีกประมาณร้อยละ 13.2 เท่านั้น โดยสรุปแล้ว หากประเทศอิหร่านและอิรัก ยังทำสงครามกันต่อไป ปริมาณน้ำมันดิบในตลาดโลกจะต้องลดลง นอกจากนี้ กลุ่มประเทศโอเปก อาจจะพิจารณาขึ้นราคาน้ำมันอีก และถึงแม้สงครามจะยุติลงก็เป็นที่น่าเชื่อว่า ทั้งอิหร่านและอิรักจะต้องหันมาเริ่มผลิตน้ำมันในราคาที่สูงขึ้น ทั้งนี้ เพื่อนำรายได้มาชดเชยการสูญเสียเนื่องจากสงครามครั้งนี้

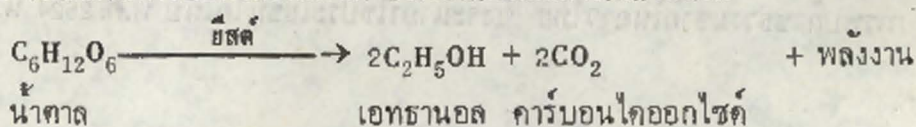
เมื่อมองถึงสถานะการณ์ของน้ำมันในระดับโลกและประมวลเข้าปัสภาวะการณ์เศรษฐกิจของประเทศไทยคงได้กล่าวมาแล้ว ย่อมเห็นเด่นชัดว่า ประเทศเราจำเป็นต้องดำเนินนโยบายที่จะลดปริมาณการนำเข้าของน้ำมัน ในขณะเดียวกัน ต้องมีมาตรการที่จะส่งเสริมงานค้นคว้า วิจัย และพัฒนาแหล่งพลังงานภายในประเทศ เช่น แสงอาทิตย์ น้ำร้อนใต้พิภพ และพลังงานทดแทนอื่นๆ เป็นต้น เป็นต้นว่า รัฐบาลมีคั้งงนสนใจในเรื่องนี้ และขณะนั้นงานแสวงหา แหล่งน้ำมัน ก๊าซธรรมชาติก็ยังคงดำเนินการอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลางซึ่งคาดกันว่าในช่วงระยะเวลาอีกไม่นานผลจากการสำรวจ ก็อาจจะพิสูจน์อีกต้งว่า ประเทศไทยนั้นเป็น "แหลมทอง" ดังผลที่ปรากฏแล้วจากการพบก๊าซธรรมชาติในอ่าวไทย ซึ่งจะนำมาใช้ประโยชน์ได้ในปี พ.ศ. 2524 นี้.

- (1) รายงานวิจัยเศรษฐกิจ ธนาคารกรุงเทพ 2523
- (2) รายงานเศรษฐกิจ ธนาคารแห่งประเทศไทย 2523
- (3) รายงานภาวะเศรษฐกิจประเทศไทย สภาหอการค้าอเมริกัน 2523
- (4) Time, Vol 116 No. 17, 1980.

เหล้า - ทำอะไรในร่างกายเรา

นันทวล อุดมพจนานนท์ *

เหล้าซึ่งคนเรารูจักกันมานานกว่า 1000 ปีนั้น มีชื่อเรียกทางวิทยาศาสตร์ คือ เอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol) หรือ เอทานอล (ethanol) มีสูตรเคมีเป็น $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ หรือ $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักของยีสต์ เป็นขบวนการที่ยีสต์ย่อยสลายน้ำตาลด้วยเอนไซม์ (enzyme) หลายชนิด เพื่อให้ได้พลังงานออกมา และได้สารเหลือทิ้งคือ เหล้าและคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเขียนเป็นสมการเคมีได้ดังนี้



คนเริ่มพบเหล้าก่อนประวัติศาสตร์ จากการหมักในธรรมชาติ หมักน้ำผลไม้ ผลที่ได้เรียกเป็นไวน์ หมักน้ำผึ้งเรียกเหล้าน้ำผึ้ง หมักข้าวหมักเรียกเบียร์ นักวิทยาศาสตร์ได้ใช้เหล้าบริสุทธิ์ให้เป็นประโยชน์ โดยใช้เป็นตัวทำลายสารอินทรีย์หรือใช้ในการทำสารให้บริสุทธิ์โดยการตกผลึก ทางการแพทย์ใช้เป็นยาฆ่าเชื้อโรค

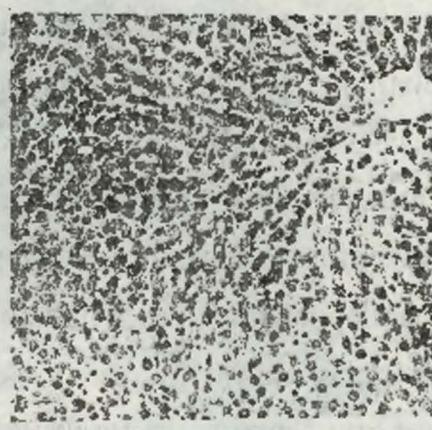
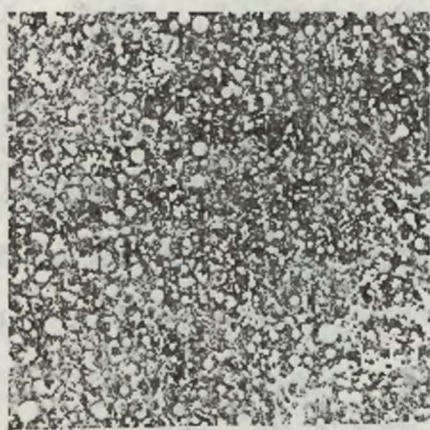
ในชีวิตประจำวันเหล้าเข้ามามีบทบาทอย่างมาก โดยใช้เหล้าเป็นเครื่องดื่ม ถึงแม้ใช้สำหรับต้อนรับแขกบ้านแขกเมืองระหว่างประเทศในงานเลี้ยงต่างๆ จนดื่มกันเป็นประจำในคนทั่วๆ ไป เป็นที่ทราบกันดีว่าการดื่มเหล้ามากเกินไปมีผลเสียทั้งทางด้านจิตใจ ร่างกายและทางเศรษฐกิจ และในคนต่างก็มีความสามารถในการดื่มเหล้าไม่เท่ากัน คนจำนวนไม่น้อย ไม่ทราบว่าเหล้าที่ดื่มกันนั้นได้เข้าไปทำให้ร่างกายมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้าง

ปกติคนเราได้พลังงานจากอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตและไขมัน และสามารถถูกสร้างขึ้นในร่างกาย แต่เหล้าที่ดื่มเข้าไปนั้นเป็นสื่งแปลกปลอมต่อร่างกาย เหล้ามีค่าแคลอรีสูงถึง 7.1 แคลอรีต่อกรัม (คาร์โบไฮเดรตมีค่าแคลอรี 4 แคลอรีต่อกรัม ไขมันมีค่าแคลอรี 9 แคลอรีต่อกรัม) เหล้าอย่างแรง (ประมาณ 43 เปอร์เซ็นต์) 0.5 ลิตรจะมีจำนวนแคลอรีเท่ากับครึ่งหนึ่งของจำนวนแคลอรีที่ร่างกายต้องการใน 1 วัน ดังนั้นคนดื่มเหล้าจึงอาจทำให้ความอยากอาหารลดลง แต่ถ้าแคลอรีที่ได้จากเหล้าเป็นพลังงานที่ไม่

* อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

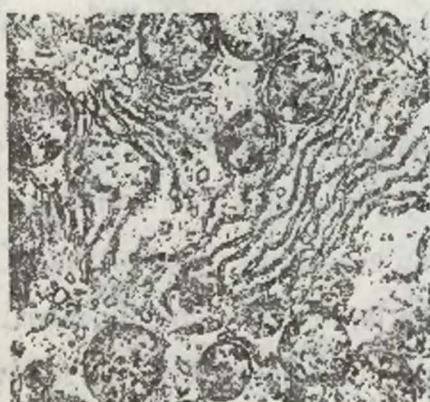
ค่า ซึ่งไม่มีความสัมพันธ์กับอาหารพวกโปรตีน เกลือแร่และวิตามิน ไม่เหมือนแคลลอรีที่
ได้จากการโบไฮเดรตและไขมัน ยิ่งกว่านั้น เหล้าเป็นสาเหตุที่ทำให้เป็นโรคขาดอาหารมาก
ขึ้น โดยทำให้เกิดการอักเสบของกะเพาะ ตับอ่อน และลำไส้ ทำให้อาหารไม่ถูกย่อยและไม่
ถูกดูดซึมเข้าสู่เส้นเลือด

เหล้าที่ดื่มจะมีประมาณ 30 % ที่ถูกดูดซึมโดยกะเพาะ ส่วนที่เหลือจะถูกดูดซึม
โดยลำไส้เล็ก ดื่มเหล้าเวลาจะเพาะว่าจะถูกดูดซึมได้เร็วกว่าดื่มเมื่อหลังรับประทานอาหาร
เหล้าที่เข้มข้นจะถูกดูดซึมได้เร็วกว่าเหล้าที่เจือจาง และเหล้าจะถูกดูดซึมได้เร็วกว่าไวน์
พวกเบียร์จะถูกดูดซึมได้ช้าที่สุด



ลักษณะของตับหนูที่ให้อาหารที่ไม่มีเหล้าปน

ลักษณะของตับหนูที่ให้อาหารที่มีเหล้า 36%
ของจำนวนแคลลอรีทั้งหมด ในรูปแสดงให้
เห็นว่ามียกไขมันปรากฏอยู่มากมาย



ลักษณะของไมโทคอนเดรีย (กลม) ผนัง
หยาบของเอ็นโดพลาสมิก เรติคูลัม (เส้น
ขนาน) และผนังเรียบของเอ็นโดพลาสมิก
เรติคูลัม (เป็นถุง) ของตับหนูที่ให้อา-
หารที่ไม่มีเหล้าปน

ลักษณะของไมโทคอนเดรียบางอันที่มีการ
บวมและแตกออกและมีการงอกของผนัง
เรียบของเอ็นโดพลาสมิก เรติคูลัมของ-
ตับหนูที่ให้อาหารที่มีเหล้าปน

รูปที่ 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ตับของหนูที่ให้อาหารที่มีเหล้าปนและไม่มีเหล้าปน
เหล้าถูกดูดซึมได้โดยตรงจากลำไส้ เช่นเดียวกับคาร์โบไฮเดรตและไขมัน ที่
ต่างกันคือ คาร์โบไฮเดรตและไขมันสามารถถูกสะสมไว้ในเนื้อเยื่อต่าง ๆ สำหรับนำมาใช้
เมื่อร่างกายขาดแคลน แต่เหล้าไม่ถูกสะสมและจัดเป็นสารแปลกปลอมที่สำคัญต่อร่างกาย
เหล้าจำนวนน้อยมาก น้อยกว่า 2% ที่ถูกจำกัดโดยผ่านปอดหรือไต ดังนั้นเหล้าถูกจำกัด
โดยวิธีเดียวคือ ถูกออกซิไดซ์ที่ตับ ซึ่งต่างกับคาร์โบไฮเดรตและไขมันก็สามารถถูกออก
ซิไดซ์ในเนื้อเยื่อเกือบทุกชนิด ตับเป็นอวัยวะที่มีเอนไซม์ (enzymes) ต่าง ๆ จำนวนมาก
และเป็นแหล่งแรกของขบวนการย่อยสลายต่าง ๆ รวมทั้งการสร้างโปรตีน การทำลายสารเป็น
พิษและสิ่งแปลกปลอมอื่น ๆ เช่น พวกยาเสพติดต่าง ๆ สารทำให้เกิดมะเร็ง ยารักษาโรค
และสารพิษที่ปนมาในอาหาร เป็นต้น

ในที่นี้จะอธิบายถึงความเป็นพิษของเหล้าที่มีต่อตับ ไม่ขึ้นกับการขาดอาหาร
และแสดงถึงปรากฏการณ์เฉพาะของการย่อยสลายเหล้าที่สัมพันธ์กันทางชีวเคมีและการ
เปลี่ยนแปลงโครงสร้างของตับและเนื้อเยื่ออื่น ๆ

ในปลายศตวรรษที่ 1950 Charles S. Lieber ต้องการจะพิสูจน์ว่า ถ้ามีการ
รับประทานอาหารอย่างเพียงพอ เหล้าจะเป็นพิษต่อตับหรือไม่ เขาได้ให้ผู้ที่อาสาสมัครจะ
ทำการทดลองให้ทานอาหารอย่างเพียงพอ มีปริมาณเท่า ให้โปรตีน 2½ เท่าของปริมาณที่ร่าง
กายต้องการ ควบกับการให้ทานไวตามินและเกลือแร่อย่างพอเพียง และให้ดื่มเหล้าวันละ
6 ครั้งรวมแล้วประมาณ 283.5 กรัมของเหล้า 43 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลองปรากฏว่า
มีการเพิ่มของปริมาณไขมันในตับเป็นอย่างมากใน 2-3 วัน และเพิ่ม 8 เท่าในเวลา 18 วัน
การเกิดไขมันในตับเป็นอาหารชั้นแรกของการเป็นโรคตับแข็ง นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยน
แปลงของเซลล์ตับและไมโทคอนเดรีย (มีหน้าที่เป็นแหล่งผลิตพลังงาน) ก็ขยายใหญ่ขึ้น

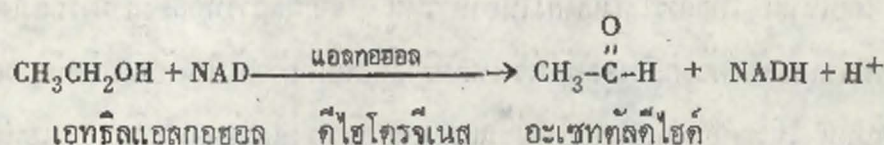
และรูปร่างผิดไป มีการงอกที่ผนังเรียบของเอนโดพลาสมิก เรติคูลัม (endoplasmic reticulum) ซึ่งเป็นที่สำหรับเอนไซม์ (enzymes) ไปจับ เพื่อใช้ในการย่อยสลายเซลล์และสารอวัยวะในเนื้อเยื่อ 80-90 มิลลิกรัมต่อเนื้อเยื่อ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ที่เรียกว่ามีการคั่งเหล้ามากเกินไป (100-150 มิลลิกรัมต่อเนื้อเยื่อ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร) การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้สังเกตเห็นในคนคั่งเหล้าพอประมาณ

Leonore M. Decarli และ Charles S. Lieber ได้ทำการทดลองซ้ำเพื่อให้แน่ใจ โดยใช้หนู โดยการใส่เหล้าลงในอาหารหนู จากผลการทดลองสามารถสังเกตเห็นภัยพิบัติและต้องคอยสังเกตจุดที่เห็นว่าเหล้ามีผลต่อหนูคล้ายกันในตัวคน คือมีการเกิดไขมันในตับหนู ไม่โตจนกระทั่งวัยผู้ใหญ่และแตก มีการงอกของผนังเรียบของเอนโดพลาสมิกเรติคูลัม ดังแสดงในรูปที่ 1 การทดลองในหนูนี้ไม่สามารถทำให้หนูมีอาการถึงขั้นตับอักเสบและตับแข็ง เหมือนกับที่เกิดกับคน ทั้งนี้เพราะหนูกินอาหารน้อยกว่าคน จึงไม่สามารถที่จะให้เหล้าแก่หนูเท่ากับระดับที่ให้แก่คน และหนูมีอายุสั้นกว่าคน คนใช้เวลา 5-25 ปีในการคั่งเหล้าอย่างสม่ำเสมอ จึงจะเกิดอาการตับแข็ง แต่หนูมีอายุแค่ 2 ปีเท่านั้น

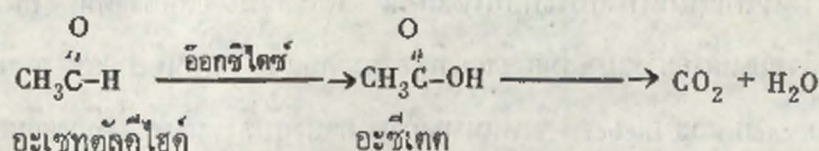
Decarli และ Lieber จึงหันมาทำการทดลองกับลิงหน้าหมูซึ่งมีอายุยืนยาวใกล้เคียงกับคน และสามารถกินอาหารที่มีเหล้าในปริมาณที่ใกล้เคียงกับนักดื่มเหล้า ผลจากการทดลองพบว่า ลิงหน้าหมูมีอาการของตับเป็นพิษ และถ้าลดปริมาณของเหล้าที่ให้กินลงชั่วคราว จะมีอาการตัวอ่อนและเป็นลม ซึ่งเป็นอาการทางกายที่เนื่องมาจากการคั่งเหล้ามาก การทดลองอีกต่อมาโดยให้ลิงหน้าหมู 16 ตัวกินอาหารที่มีเหล้ามาก และอีก 16 ตัวกินอาหารที่ไม่มีเหล้า แต่มีปริมาณแคลอรีเท่ากัน พบว่าในกลุ่มลิงที่กินอาหารไม่มีเหล้าตับมีลักษณะผิดปกติ และถึง 16 ตัวที่กินอาหารที่มีเหล้ามีการสะสมของไขมันในตับมากเกินไป 5 ตัวในจำนวน 16 ตัวมีอาการตับอักเสบและถ้าให้ถึง 6 ตัวในกลุ่มที่กินเหล้าให้กินเหล้าต่อไป จะมีอาการตับแข็งในเวลา 2-4 ปีต่อมา จากการทดลองกับหนูและลิงหน้าหมู แสดงชัดว่า ตับจะถูกทำลายได้อย่างรุนแรงถ้ามีการคั่งเหล้าอย่างมากเป็นเวลานาน แม้จะมีการรับประทานอาหารที่สมบูรณ์

การเปลี่ยนแปลงของเหล้าในร่างกาย

ได้กล่าวแล้วว่าเหล้าที่ดื่มเข้าไปจำนวนน้อยมาก น้อยกว่า 2% ที่จะถูกกำจัดออกทางปอดและไต ดังนั้นเหล้าที่ดื่มเข้าไปจะถูกกำจัดขั้นแรก โดยถูกออกซิไดส์ (oxidize) ที่ตับด้วยเอ็นไซม์ แอลกอฮอล์ ดีไฮโดรจีเนส (enzyme alcohol dehydrogenase) โดยการย้ายไฮโดรเจนอะตอมจากเหล้าไปยังโคแฟกเตอร์ NAD (Nicotinamide adenine dinucleotide) ทำให้เหล้าเปลี่ยนไปเป็นสารประกอบอะเซทัลดีไฮด์ (acetaldehyde) ปฏิกิริยาขั้นนี้เกิดขึ้นในไซโตพลาสซึม (cytoplasm)



ขั้นถัดไปสารประกอบอะเซทัลดีไฮด์จะถูกออกซิไดส์ต่อไปในไมโทคอนเดรีย (mitochondria) ในตับ ได้สารประกอบอะซีเตต (acetate) ซึ่งจะสลายต่อไปเองเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ



ดังนั้นการย่อยสลายเหล้าขั้นแรกในตับ จะได้สารประกอบไฮโดรเจนและอะเซทัลดีไฮด์ไฮโดรเจนที่เกิดจากการออกซิไดส์เหล้าทำให้สภาวะทางเคมีของเซลล์ตับเปลี่ยนไป เพื่อที่จะให้เซลล์ตับยังคงมีชีวิตอยู่ ร่างกายจึงจำเป็นต้องมีการกำจัดไฮโดรเจน ซึ่งมีอยู่หลายวิธี วิธีหนึ่งกำจัดไฮโดรเจนจากการย่อยสลายของกรดอะมิโนในโปรตีนของตับ โดยการที่กรดอะมิโนถูกเปลี่ยนไปเป็นไพรูเวต (pyruvate) ซึ่งจะถูกเปลี่ยนต่อไปเป็น glucose แต่ถ้าวร่างกายมีไฮโดรเจนมากเกินไปจากการดื่มเหล้าขบวนการเปลี่ยนกรดอะมิโนไปเป็นกลูโคสจะเปลี่ยนไป คือ ไพรูเวตจะถูกรีดิวซ์ (reduced) ไปเป็นแล็กเตต (lactate)

ปกติน้ำตาลในเลือดจะได้มา 3 ทางคือ

(1) โดยขบวนการกลูโคนีโอเจเนซิส (gluconeogenesis) คือการสร้างจากกรดอะมิโนในตับซึ่งได้กล่าวมาแล้ว

(2) โดยการสลายตัวของไกลโคเจน (glycogen) ที่สะสมอยู่ในเนื้อเยื่อต่าง ๆ

(3) ได้จากการโบไฮเทรทในอาหาร

ในคนที่ดื่มเหล้าเป็นประจำแต่ไม่รับประทานอาหาร จะไม่ได้กลูโคสจากการโบไฮเทรทไกลโคเจนที่สะสมอยู่จะถูกนำไปใช้และการจะได้กลูโคสจากกรดอะมิโนจะถูกขัดขวาง โดยการที่ไพรูเวตถูกเปลี่ยนไปเป็นแล็กเตต ผลคือทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดลดลง คนที่มีระดับน้ำตาลในเลือดต่ำผิดปกติเรียกว่าเป็นโรค ไฮโปไกลซีเมีย (Nypoglycemia) ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่าเกิดจากการดื่มเหล้ามาก อวัยวะที่สำคัญ ๆ เช่น สมองอาจถูกกระทบกระเทือนได้ง่ายจากการขาดน้ำตาลในเลือดและอาจถึงตายได้

การเกิดไฮโครเจนมากทำให้ไพรูเวตเปลี่ยนไปเป็นแล็กเตต การมีแล็กเตตมากในเลือดมีผลทำให้ไตขาดไตขาดประสิทธิภาพในการขับกรดยูริก (uric acid) ทำให้กรดยูริกสะสมในร่างกายเป็นสาเหตุของการเป็นโรคปวดตามข้อมือข้อเท้า หรือที่เรียกว่าโรคเกาต์ ผลของการดื่มเหล้าต่อไขมันในร่างกาย

ได้กล่าวมาแล้วว่าการดื่มเหล้าเป็นประจำทำให้มีการสะสมไขมันในตับ ทั้งนี้เพราะเซลล์ตับจะกำจัดไฮโครเจนที่ได้จากการย่อยสลายเหล้าโดยสร้างเป็นไขมันทำให้สะสมอยู่ในตับ นอกจากนี้ยังมีขบวนการกำจัดไฮโครเจนทางอ้อม โดยส่งไฮโครเจนให้ถูกออกซิไดซ์ที่ไมโทคอนเดรีย (Mitochondria) ปกติไมโทคอนเดรียจะเผาผลาญไขมันในขบวนการ ซิตริก แอซิกไซเคิล (Citric acid cycle) ให้พลังงานออกมา เมื่อมีการดื่มเหล้าและการย่อยสลายเหล้าไฮโครเจนซึ่งจะถูกส่งไปออกซิไดซ์ที่ไมโทคอนเดรีย แทนที่ไมโทคอนเดรียจะออกซิไดซ์ไฮโครเจนจากไขมันทำให้ไขมันไม่ถูกเผาผลาญ จึงเป็นอีกสาเหตุหนึ่งให้มีการสะสมไขมันในตับ

เมื่อมีการสะสมไขมันในตับมาก ตับต้องหาวิธีกำจัดไขมันออกจากตับ วิธีหนึ่งก็คือตับจะขับไขมันเข้าสู่เส้นเลือด เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานให้แก่กล้ามเนื้อหรือสะสมที่เนื้อเยื่อไขมัน การขับไขมันเข้าสู่เส้นเลือดนั้นค่อนข้างยุ่งยาก เพราะไขมันไม่ละลายน้ำ เมื่อจะขับไขมันเข้าสู่เส้นเลือดก็ต้องทำให้ไขมันละลายน้ำ โดยทำให้ไขมันถูกหุ้มห่อด้วยโปรตีนบาง ๆ เป็นสารประกอบ ไลโปโปรตีน (Lipoproteins) ไลโปโปรตีนถูกพาออกจากตับเข้าสู่เส้นเลือดไปยังผนังเรียบของเอ็นโดพลาสมิก เรติคิวลัม (Endoplasmic reticulum) ทำให้มีการงอกของผนังเรียบของเอ็นโดพลาสมิก เรติคิวลัมซึ่งพบทั้งในหนูและคน การ

ของของผนังเรียบที่เอ็นโคพลาสติก เรตคิควิลมัน ทำให้เอ็นโซมบางชนิดที่ผนังมีปริมาณเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้ตับขับไลโปโปรตีนมากขึ้น ดังนั้นเมื่อตับได้มีการปรับตัวหลังจากคัมเหล่านี้มากๆ เป็นระยะเวลาหนึ่งจะทำให้มีการขับไลโปโปรตีนเข้าสู่เลือดมาก แม้จะมีการรับประทานอาหารปกติในเวลาต่อมา ทำให้เกิดโรคไฮเปอร์ไลโปเมีย (Hyperlipemia) คือมีไขมันในเลือดสูงผิดปกติซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดโรคหัวใจวาย

นอกจากนี้เซลล์ตับยังกำจัดไขมันที่มีมากเกินไปโดยการ เปลี่ยนเป็นสารประกอบพวก คีโตน บอดี้ (Ketone bodies) ซึ่งละลายได้ในน้ำและถูกขับเข้าสู่เส้นเลือด ทำให้เกิดโรค คีโตนแอซิดโทซิส (Ketoacidosis) คือมีสารประกอบพวกคีโตนในเลือดสูง คนส่วนมากที่มีการคัมเหล่านี้มากติดต่อกันเป็นเวลานาน การเกิดไขมันในตับจะผันกลับทำให้เป็นอันตรายมากขึ้นและเป็นโรคที่รักษาให้หายไม่ได้ คือตับอักเสบและตับแข็ง และตายในที่สุด

ความสัมพันธ์ของการคัมเหล่านายาเสพติด

ผนังเรียบของเอ็นโคพลาสติก เรตคิควิลมันของเซลล์ตับ นอกจากทำหน้าที่เปลี่ยนไขมันให้เป็นไลโปโปรตีนเพื่อขับออกจากเซลล์เข้าสู่เส้นเลือดแล้ว ยังทำหน้าที่นำฤทธิ์ยาเสพติดต่างๆ และสารแปลกปลอมอื่นๆ โดยการเปลี่ยนให้เป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้ เพื่อขับออกจากร่างกายในคนที่คัมเหล่านี้เป็นประจำจะมีการออกของเอ็นโคพลาสติก เรตคิควิลมัน (ก่อนถึงขั้นที่เซลล์ตับจะถูกทำลายมาก) ดังกล่าวแล้ว เอนโซมต่างๆ ที่ผนังเรียบของเอ็นโคพลาสติก เรตคิควิลมันทำหน้าที่ทำลายพวกยาเสพติดและสารพิษอย่างอื่น ๆ จะเพิ่มความสามารถในการทำลายมากขึ้น ทำให้ร่างกายมีขีดความสามารถในการทำลายสารดังกล่าวสูง ซึ่งเป็นที่ทราบกันมานานแล้วว่า แพทย์ต้องใช้ยาสลดประับประสาทในคนที่คัมเหล่านี้มากกว่าคนปกติ ทั้งนี้เพราะคนคัมเหล่านี้มีการปรับตัวที่ประสาทส่วนกลางให้มีความต้านทานต่อยาสูงขึ้น ในกรณีคนที่มีการคัมเหล่านี้สม่ำเสมอจะได้ผลในทางตรงกันข้าม ทั้งนี้เพราะบางส่วนของเอนโซมแอลกอฮอล์ คีโตนโคโรจีเนส (เอนโซมที่จะย่อยสลายเหล่านี้) จะทำหน้าที่ย่อยสลายได้ทั้งเหล้าและยาเสพติด เหล้าที่คัมเข้าไปจะไปแย่งที่บนเอนโซม สำหรับการย่อยสลายยาเสพติด ทำให้การย่อยสลายยาเสพติดช้าลงและออกฤทธิ์ยาวนานขึ้น ซึ่งเป็นการอธิบายว่าในคนที่คัมเหล่านี้ และมีการเสพยาเสพติดไปด้วยในขณะเดียวกัน

กันจะมือนทรายมากเป็นพิเศษ เพราะเหล่านี้ทำให้ฤทธิ์ของยาเสพติดเด่นชัดขึ้น และอาจเกิดจากทั้งเหล้าและยาเสพติดมีผลต่อสมองพร้อม ๆ กัน เมื่อมีการดื่มเหล้ามากเป็นเวลานานตับจะถูกทำลายอยู่เรื่อย ๆ ทำให้ตับไม่สามารถย่อยสลายเหล้าเท่าเดิมหรืออาจลดลง

ผลของอันตรายที่เกิดจากการดื่มเหล้า

การดื่มเหล้ามาก ๆ ยังมีพิษโดยตรงต่อเนื้อเยื่อของตับ ความเป็นพิษของเหล้าต่อเนื้อเยื่ออาจเนื่องมาจาก อะเซทอัลดีไฮด์ (ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการย่อยสลายเหล้าเป็นสารที่มีปฏิกิริยาเคมีที่ว่องไวมาก และมีผลกระทบโดยตรงต่อเนื้อเยื่อส่วนมากในร่างกาย อะเซทอัลดีไฮด์ ส่วนใหญ่จะถูกเปลี่ยนไปเป็นอะซิเตทโดยไมโทคอนเดรียในตับ แต่บางส่วนก็จะรั่วไหลเข้าสู่กระแสโลหิต

Hasamura และ Charles S. Lieber ได้ศึกษาโดยสกัดเอาไมโทคอนเดรียจากตับของคนที่ดื่มเหล้าหนักมาศึกษาพบว่า มีการเปลี่ยนแปลงในไมโทคอนเดรีย ทำให้การย่อยสลายของอะเซทอัลดีไฮด์ไปเป็นอะซิเตทในไมโทคอนเดรียลดลง อะเซทอัลดีไฮด์ที่เกิดจากการย่อยสลายของเหล้าก็เป็นพิษต่อการทำงานของไมโทคอนเดรียในตับ การย่อยสลายอะเซทอัลดีไฮด์ก็ลดลงทำให้มีการสะสมอะเซทอัลดีไฮด์มาก ทำให้ตับถูกทำลายยิ่งขึ้น นอกจากนั้น Marcus A. Rothschild และเพื่อนร่วมงานของเขายังพบว่าอะเซทอัลดีไฮด์ในเลือดสามารถระงับการสร้างโปรตีนในกล้ามเนื้อหัวใจ ซึ่งเป็นการทำลายการทำงานของหัวใจ และมักจะเกิดกับคนที่ดื่มเหล้า นอกจากนั้นอะเซทอัลดีไฮด์ยังมีผลโดยตรงต่อสมองและเนื้อเยื่ออื่นๆ ด้วย

ในคนที่ดื่มเหล้ามากทำให้เซลล์ตับไม่สามารถสร้างโปรตีนที่สร้างโดยเซลล์ตับออกจากตับทำให้มีการสะสมโปรตีนในเซลล์ตับ การที่การสะสมไขมันและโปรตีนในเซลล์ตับทำให้เซลล์ตับทำงานไม่ได้เต็มที่ จึงทำให้มีการสร้างพลังงานลดลงด้วยเหตุผลเหล่านี้ เซลล์ตับบางส่วนอาจจะตายและการตายของเนื้อเยื่อจะทำให้เกิดอาการตับอักเสบ การลดการทำงานของเซลล์ตับในขั้นนี้อาจทำให้คนไข้ถึงตายได้ ในขณะเดียวกัน การตายและอักเสบของเนื้อเยื่อจะลามต่อไปถึงขั้นทำให้เนื้อเยื่อเป็นแผลซึ่งเป็นอาการของตับแข็ง นอกจากนี้เนื้อเยื่อเชื่อมต่อกันระหว่างกลุ่มเซลล์ตับจะเป็นอุปสรรคต่อการไหลของเลือดที่มาจากหลอดเลือด เซลล์ตับ ยังทำให้สมรรถภาพการทำงานของตับลดลง เลือดไหลไม่สะดวกหรืออาจมีการไหล

กลับทำให้เพิ่มความดันในหลอดเลือดที่ยังเซลล์ตับ การส่งผ่านเกี่ยวกับระบบประสาทอาจผิดไป ในรายที่เป็นตับแข็ง เลือดบางส่วนอาจไหลไปทางตับ การเพิ่มความดันในหลอดเลือดดำอาจทำให้หลอดเลือดออกซึ่งเป็นสาเหตุใหญ่ที่ทำให้ตายได้ คนที่เป็นโรคตับแข็ง การสร้างโปรตีนที่ตับถูกทำลาย ทำให้ระดับโปรตีนในเลือดลดลง ทำให้มีของเหลวสะสมอยู่ระหว่างเซลล์มาก ทำให้เกิดการบวมโดยเฉพาะที่มือและขา

นอกจากนี้การที่ความดันในหลอดเลือดสูง ทำให้พลาสมาไหลออกจากเส้นเลือดที่ยังตับ ทำให้มีการสร้างน้ำเหลืองเพิ่มขึ้นและรั่วออกมาจากท่อน้ำเหลืองซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคท้องมาร คืออาการที่หน้าซึ้งในช่องท้องมาก ความสลับซับซ้อนขึ้นสู่สุดท้ายที่เกิดจากการทำงานผิดปกติของตับ คือ ไม่สามารถกำจัดแอมโมเนียออกจากเลือดและสารประกอบไนโตรเจนอย่างอื่นที่สร้างโดยแบคทีเรียในลำไส้ ทำให้มีการสะสมของสารดังกล่าวซึ่งจะผลิตต่อสมองอาจจะทำให้สมองทำงานผิดปกติ และการอักเสบของตับถึงขั้นอันตรายและอาจถึงตายได้

นอกจากนี้คนที่เป็โรคตับยั้งไม่สามารถสร้างโปรทรอมบิน (Prothrombin) ในปริมาณปกติ ซึ่งโปรทรอมบินเป็นสารสำคัญช่วยในการแข็งตัวของเลือด จึงอาจทำให้เกิดโรคโลหิตจางได้และยังอาจทำให้การย่อยสลายของน้ำคั้งเป็นหน้าที่สำคัญของตับผิดปกติ ทำให้เกิดโรคคั้งานได้

จากที่กล่าวมาทั้งหมดจะเห็นได้ว่า การคั้งเหล้าปริมาณเล็กน้อย ร่างกายสามารถย่อยสลายและกำจัดสารที่ได้จากการย่อยสลายเหล้าได้หมด ก็ไม่ให้โทษอะไรนัก นอกจากสูญเสียทางเศรษฐกิจและเวลาบ้าง แต่ถ้าคั้งเป็นประจำและติดคั้งเป็นเวลานานๆ นอกจากจะสูญเสียทางเศรษฐกิจและเวลาแล้ว ยังขาดประสิทธิภาพในการทำงานอย่างมาก จะต้องได้รับความทรมานจากโรคภัยไข้เจ็บคั้งๆ มากมาย และอาจถึงตายได้ ในปี 1974 มีรายงานว่าคนที่ตายด้วยพิษสุราเรื้อรังและตับแข็งสูงเป็นอันดับที่ 7 ซึ่งเกิดมากในคนที่มีความอายุระหว่าง 25-65 ปี

เอกสารอ้างอิง

1. Lieber, C.S., (1976): The Metabolism of Alcohol. Scientific American. 234 (3), 3-11.
2. White, A., Handler, P., Smith, E.L., Hill, R.L., & Lehman, I.R., (1978). Principles of Biochemistry 6th edition. McGraw-Hill Book Company.
3. แผนประกอบการสอนปริญญาดการวิชาชีวเคมี ของภาควิชาชีวเคมี The University of Adelaide, Australia.

เครื่องเจาะน้ำบาดาลอย่างง่าย

ฉลอง บัวพันธ์ *

การเขียนเรื่องเครื่องเจาะน้ำบาดาลอย่างง่ายขึ้นก็เนื่องจากตามชนบททั่วไปของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนใหญ่เมื่อเข้าหน้าแล้ง มักจะขาดน้ำที่ใช้สำหรับดำรงชีวิต หลายหมู่บ้านที่อยู่ติดกันการ ต้องใช้น้ำอย่างประหยัดมาก เนื่องจากแหล่งน้ำใช้ตาม ห้วย ลำธาร หนอง และบึง จะแห้งจนคนไม่มีน้ำ แหล่งน้ำที่น้ำจะพัฒนาเอามาใช้ทดแทนในฤดูแล้ง ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ก็คือ แหล่งน้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาล จากสถิติและการคำนวณทางอุทกวิทยาของประเทศไทย ฝนที่ตกลงมาจะมีแหล่งที่ไป อยู่ 3 แหล่งคือ 15 เปอร์เซ็นต์ของน้ำฝนที่ตกลงมาทั้งหมด จะไหลไปเป็นน้ำผิวดิน (run off water) 6 เปอร์เซ็นต์ของน้ำฝนที่ตกลงมาทั้งหมด จะระเหยกลายเป็นไอน้ำกลับไปในอากาศ (evapo-transpiration water) และที่เหลืออีก 80 เปอร์เซ็นต์ของน้ำฝนที่ตกลงมาทั้งหมดจะไหลลงสู่ใต้ดินกลายมาเป็นน้ำบาดาล (ground water) โดยเฉพาะในเขตพื้นที่บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปริมาณน้ำที่ไหลลงสู่ใต้ดินที่กลายมาเป็นน้ำบาดาล จะมีปริมาณเกินกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากดินโดยทั่วไปของภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะเป็นดินทราย ถึงทรายจืด ในบางพื้นที่ซึ่งดินถึงกล่าวมีคุณสมบัติด้านการไหลซึมดีเป็นพิเศษ ดังนั้นการพัฒนาเอาน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ประโยชน์จึงน่าจะเป็นไปได้ แต่การที่จะพัฒนาเอาน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ในถิ่นกันดารนั้นก็มีข้อจำกัดอยู่หลายอย่าง เช่น ความรู้ ต้นทุนในการขุดเจาะ เป็นต้น ซึ่งในท้องที่ชนบททั่วไป มักจะขาดปัจจัยเหล่านี้ ดังนั้นเครื่องเจาะน้ำบาดาลอย่างง่ายสำหรับชนบทที่จะเสนอให้ใช้เป็นเครื่องเจาะน้ำบาดาลแบบกระแทกอย่างง่าย (simple percussion drilling) จึงน่าจะเหมาะสมสำหรับชนบทเพราะใช้แรงงานคนจำนวนน้อย ต้นทุนในการสร้างและขุดเจาะต่ำกว่าเครื่องเจาะทั่วไปอย่างอื่น เป็นเครื่องเจาะที่สามารถสร้างขึ้นเองได้ โดยใช้วัสดุส่วนใหญ่ที่หาได้ง่ายตามชนบท และเป็นเครื่องเจาะที่ใช้ขุดเจาะหาแหล่งน้ำบาดาลได้ดี

* อาจารย์ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเครื่องเจาะ

เครื่องเจาะที่ใช้เจาะสำรวจหาแหล่งน้ำมันบาดาลโดยทั่ว ๆ ไปนั้นจะแยกออกได้เป็น 2 พวกใหญ่ ๆ คือเครื่องเจาะบ่อตื้น (shallow well drilling) สามารถใช้เจาะสำรวจหาแหล่งน้ำมันบาดาลลึกตั้งแต่ 15 เมตรลงมา และเครื่องเจาะบ่อดึก (deep well drilling) จะใช้เจาะสำรวจหาแหล่งน้ำมันบาดาลที่มีความลึกตั้งแต่ 15 เมตรขึ้นไปจนถึงบ่อที่มีความลึกหลาย ๆ สิบเมตร ปกติเครื่องเจาะบ่อตื้นนั้นโดยมากจะใช้แรงงานคนทำการเจาะ แต่ถ้ากรณีของเครื่องเจาะบ่อดึก มักจะใช้เครื่องจักรกลทำการเจาะ เพราะสะดวกและรวดเร็วกว่าการใช้แรงงานคน ในจำพวกเครื่องเจาะบ่อตื้นอาจจะแบ่งออกได้เป็นหลายประเภท โดยอาศัยลักษณะการขุดเจาะ ได้แก่ เครื่องเจาะบ่อขุด (dug well drilling) เครื่องเจาะบ่อด้วยส่ว้น (bore well drilling) เครื่องเจาะบ่อแบบตอก (driven well drilling) เครื่องเจาะบ่อโดยใช้น้ำพ่น (jet well drilling) และเครื่องเจาะบ่อกระแทกอย่างง่าย (simple percussion well drilling) สำหรับพวกเครื่องเจาะบ่อดึกก็มีการแบ่งออกเป็นประเภทต่าง ๆ โดยอาศัยวิธีการขุดเจาะเช่นเดียวกับบ่อตื้น ได้แก่ เครื่องเจาะแบบกระแทก (percussion drilling) เครื่องเจาะแบบหมุน (rotary drilling) เครื่องเจาะแบบหมุนย้อน (reverse rotary drilling) และเครื่องเจาะแบบผสม (combination drilling) ในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะรายละเอียดของเครื่องเจาะกระแทกอย่างง่าย (simple percussion drilling)

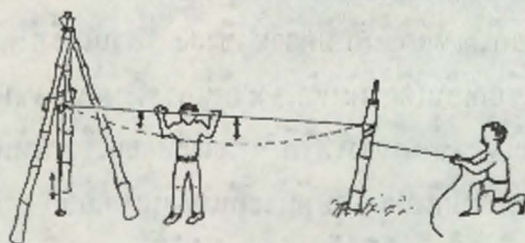
วิธีการของเครื่องเจาะแบบกระแทกอย่างง่าย

I ส่วนประกอบของเครื่องเจาะ

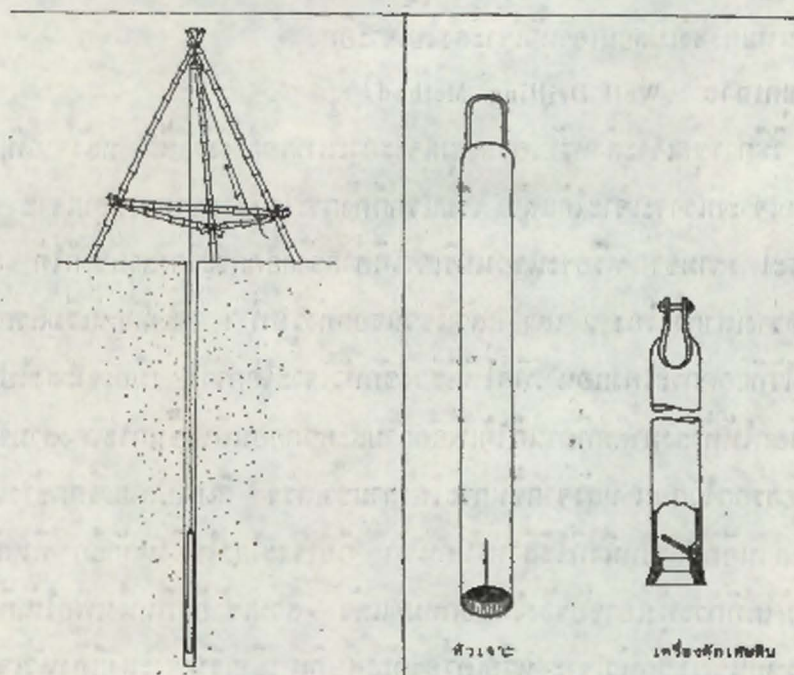
1. วัสดุสำหรับทำกระโถงสามขา (Tripod Construction Materials)

วัสดุที่จะต้องใช้เป็นสังแรกสำหรับเครื่องเจาะกระแทกอย่างง่ายนั้นก็คือกระโถงสามขาทำหน้าที่เป็นตัวแขวนรอก ชักหัวเจาะและเครื่องตักเศษดินขึ้นจากหลุมเจาะ ขณะทำการขุดเจาะวัสดุที่จะนำมาทำเป็นกระโถงสามขานั้นมีอยู่หลายชนิด แต่ชนิดที่ทำได้ง่ายราคาถูกและมีอยู่มากมายตามท้องถนนทุกที่คือ ไม้ไผ่ ในการเลือกไม้ไผ่ที่จะนำมาทำกระโถงสามขานั้น เราจำเป็นต้องเลือกไม้ไผ่ ลำที่มีขนาดใหญ่พอสมควร และมีอายุแก่ เพื่อให้มีความแข็งแรงดี ไม้ไผ่ที่ใช้ควรจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10 เซนติเมตร แต่

ละล้าควรมีความยาวสักประมาณ 10 ฟุต พอเรานำมาตั้งเป็นกระโถนสามขา ก็มันปลายไม้
ไม้ทั้งสามล้ารวมกันด้วยเชือก ตรงกลางของกระโถนสามขาถ้าจะให้มีความแข็งแรง มันคง
เพิ่มขน ควรจะทำไม้ค้ำไว้ด้วย (ดูรูปที่ 2)



รูปที่ 1 แสดงวิธีการขุดเจาะที่ใช้แรงงาน ๒ คน



รูปที่ ๒ แสดงรูปตัดขวางการขุดเจาะที่ใช้กระโถนสามขาแบบไม่มีค้ำตรงกลาง

รูปที่ ๓ แสดงลักษณะของหัวเจาะและเครื่องหักเศษดิน

2. หัวเจาะและเครื่องมือส่วนประกอบอื่น ๆ (Drilling Rig and any Equipments)

นอกจากกระโถงสามขาแล้ว ส่วนประกอบของเครื่องเจาะกระแทกอย่างง่ายนี้ ยังประกอบไปด้วยสิ่งที่จำเป็นต้องมีอีกคือ หัวเจาะ รอก และเชือกสำหรับดึงหัวเจาะ ลักษณะของหัวเจาะ และเครื่องชักขึ้นจะแสดงไว้ในรูปที่ 3 ขนาดของเครื่องมือทั้งสองจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 4 นิ้ว ความยาวประมาณ 4 ฟุต ส่วนบนของหัวเจาะจะมีหู สำหรับผูกเชือกที่ห้อยมาจากรอก ส่วนล่างสุดจะเป็นลักษณะมีคมสำหรับเจาะดิน ปลายด้านล่างของหัวเจาะนี้ จะหล่อด้วยเหล็กขึ้นตี มีความแข็งแรงสูง ส่วนเครื่องชักพิเศษ (bailer) ด้านบนจะมีหูสำหรับผูกเชือกเช่นเดียวกับหัวเจาะด้านล่างจะมีลิ้น (valve) ปิดเปิดสำหรับให้เศษดินที่ไถ่จากการขุดเจาะเข้ามาข้างในได้ ขณะหย่อนเชือกให้เครื่องชักพิเศษลงไป ในหลุมเจาะ เมื่อถึงเศษดินก้นหลุมเศษดินจะดันให้ลิ้นเปิดออก เศษดินก็จะเข้ามาอยู่ข้างในเครื่องชัก เมื่อถึงเชือกขึ้นเศษดินก็จะตกลงทำให้ลิ้นของเครื่องชักพิเศษปิด พอขึ้นมาข้างบนก็เกิดที่ตกขึ้นมาออกทางปลายที่ผูกเชือก แล้วจึงหย่อนเครื่องชักพิเศษลงไป ตักดินอีกจนหมด จึงเปลี่ยนเอาหัวเจาะลงไปเจาะอีก

II วิธีการขุดเจาะ (Well Drilling Method)

วิธีการขุดเจาะสำหรับเครื่องขุดเจาะกระแทกอย่างง่ายนี้ หลังจากที่เรากำหนดบริเวณหลุมเจาะที่เราจะเจาะได้แล้ว เริ่มแรกก็ตั้งกระโถงสามขาตรงหลุมเจาะ แขนรอกไว้ที่ยอดกระโถงสามขา หรือจะแขวนบริเวณที่ต่ำกว่ายอดกระโถงสามขาก็ได้ โดยใช้ไม้คานยันระหว่างเสากระโถง 2 เสา แล้วแขวนรอกดังรูปที่ 1 แต่ตอนเริ่มแรกเราควรแขวนรอกไว้ที่ยอดกระโถงก่อน เพื่อให้มีช่วงชักหัวเจาะได้กว้าง เมื่อเจาะลงไปลึกๆ แล้วค่อยเลื่อนรอกให้ต่ำลงมาติดที่คานก็ได้เพื่อความสะดวกก่อนที่จะขึ้นกระโถงสามขา ควรจะเอาเชือกร้อยรอกไว้ก่อน หลังจากขึ้นกระโถงสามขาเสร็จ ก็เอาปลายเชือกข้างหนึ่งผูกเข้ากับหัวเจาะ ส่วนอีกปลายหนึ่งที่ใช้สำหรับคนชัก ก็อาจจะโยงไปยังหลักยึด ที่หลักยึดนี้ควรจงเอาท่อไม้ไผ่ที่กระทุ้งเอาข้อข้างในออกหมดแล้ว สวมเข้าอีกที่หนึ่งเพื่อให้เกิดความสะดวกในการหมุนขณะชักหัวเจาะ หรือเครื่องชักพิเศษ เมื่อเริ่มเจาะลงก็ดึงหัวเจาะขึ้นลงๆ ไปเรื่อยๆ เพื่อให้เกิดแรงกระแทก คนดึงเชือกอาจจะใช้แค่ 2 คน ดังรูปที่ 1 คนหนึ่งชักอยู่หลังหลักยึด อีกคนหนึ่งชักอยู่ระหว่างกระโถงสามขา และหลักยึด ขณะเปลี่ยนหัวเจาะหรือเครื่องชักพิเศษ ก็ผูกเชือกไว้กับหลักยึด การเจาะก็ดำเนินไปเรื่อยๆ จนถึงระดับน้ำบาดาลจึงเสร็จสิ้นการเจาะ

สำหรับเครื่องเจาะประเภทที่แนะนำนี้ ประสิทธิภาพจะดีที่สุด ในกรณีที่ใช้เจาะ บริเวณที่หินค่อนข้างชั้น และปรวจากหิน ถ้าเป็นบริเวณที่มีหินอยู่ การเจาะอาจจะใช้เวลานาน และถ้าเป็นหินแข็งเครื่องเจาะประเภทนี้จะใช้ไม่ได้ผล เครื่องเจาะประเภทนี้จะเหมาะสมมากในการใช้เจาะสำรวจหาแหล่งน้ำบาดาลเบื้องต้น ก่อนที่จะมีการพัฒนา เพราะประหยัด เวลา กำลังคน และค่าใช้จ่าย ส่วนราคาของเครื่องเจาะประเภทนี้ จะประมาณ 1,300 บาท หรือต่ำกว่านี้

เอกสารอ้างอิง

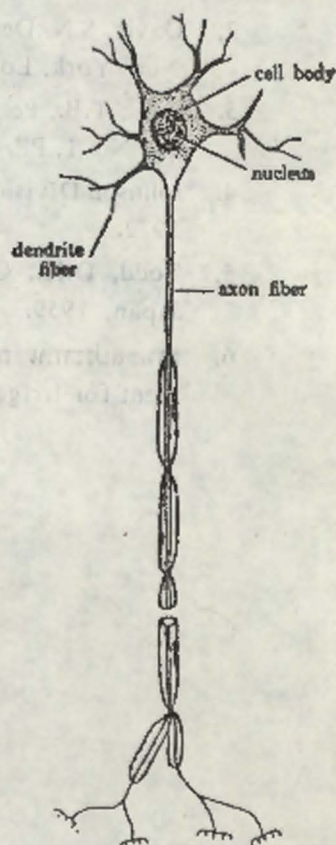
1. Bouwer, H., Ground Water Hydrology, McGraw-Hill Book Company, 1978.
2. Davis, S.N.; Deweist, R.J.M., Hydrogeology, John Wiley & Sons, Inc., New York, London, Sydney, 1966.
3. Gass, T.B., Percussion Drilling Technologies, Water Well Journal, Vol-34, No. 1, PP. 29-31, 1980.
4. Johnson Division, Ground Water and Well, Universal Oil Product Co., 1972.
5. Todd, D.K., Ground Water Hydrology, Toppan Company, Ltd, Tokyo, Japan, 1959.
6. กรมชลประทาน กองสำรวจน้ำและธรณี, Project of Groundwater Development for Irrigation of Thailand, Aug., 1974.

ปัจจัยการเจริญของเส้นประสาท

The Nerve-Growth Factor

อมรา วจิยานันท์*

ระบบประสาทของคนเราประกอบด้วยเซลล์ประสาท (neuron) หลายล้านเซลล์ ติดต่อกันเป็นร่างแห มีคุณสมบัติที่นำส่งเกิดในการที่รับ เก็บและส่งข้อมูล (information) ต่าง ๆ ในการติดต่อกันระหว่างเซลล์ประสาทด้วยกันหรือกับเซลล์อื่น เซลล์ประสาทกระทำได้ โดยผ่านทาง axon ซึ่งมีหน้าที่คล้ายกับสายไฟฟ้า แต่ที่ไม่เหมือนกับสายไฟฟ้าก็คือ axon เป็นใยประสาท (nerve fiber) ที่ยื่นออกมาจากตัวเซลล์ (cell body) (รูปที่ 1) ภายใน บรรจุของเหลวซึ่งไม่เพียงแต่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณไฟฟ้า (electrical signal) เท่านั้น, แต่ยังสามารถรับและส่งอาหารและสิ่งจำเป็นอื่น ๆ เข้าและออกมาจากตัวเซลล์ได้อีกด้วย. มีคำถามที่ยังคงต้องการคำตอบ อยู่ก็คือ อะไรเป็นตัวควบคุมการสร้างร่างแหใยประสาทที่ ยุ่งยากเหล่านี้ บทความนี้จะได้อธิบายถึงคุณสมบัติและผล ของโปรตีนที่เรียกว่า NGF (nerve growth factor) ซึ่งจะ ช่วยให้สามารถอธิบายถึงขั้นตอนอันสำคัญในการ differentiate ของเซลล์ประสาท เช่นการเจริญเติบโตและการ เติบโตอย่างเต็มที่ (maturation) ของ axon, การค้นพบ NGF จะเป็นก้าวที่จะนำไปสู่การค้นพบปัจจัยการเจริญของ เซลล์ชนิดอื่น ๆ ที่จะช่วยให้เซลล์แต่ละชนิดเจริญเติบโต



รูปที่ 1 เซลล์ประสาท

* อาจารย์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ในครั้งแรกของศตวรรษปัจจุบันนี้ ความก้าวหน้าเกี่ยวกับการวิจัยค้นคว้าในเรื่องตัวอ่อนทำให้การศึกษาถึงปัจจัยที่ควบคุมการเจริญของเส้นประสาทกระทำได้ง่ายขึ้น. การศึกษาส่วนใหญ่ศึกษาถึงการอ่อนเยาว์ของ axon จากตัวเซลล์ ซึ่งอยู่ในปมประสาท (ganglion) ไปยังอวัยวะที่หมาย (targetorgan) ของมัน ผู้ศึกษากลุ่มแรก ๆ ทำการศึกษาในตัวอ่อนของสัตว์มีกระดูกสันหลังชั้นต่ำเช่นสัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำก่อน หลังจากนั้นก็มีผู้หันมาศึกษาในไก่และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม วิธีการศึกษาทำโดยการนำเอาอวัยวะจากตัวอ่อนหรือชนิดอื่นมาปลูก (organ graft) ลงบนตัวอ่อนที่จะศึกษานั้น ซึ่งได้มีการสรุปผลการทดลองเอาไว้ว่า มีการเจริญอย่างรวดเร็วของระบบประสาทของตัวอ่อนนั้น เพื่อให้เข้ากันกับการเจริญอย่างรวดเร็วของอวัยวะที่นำมาปลูก แสดงว่าตัวอ่อนเหล่านั้นสามารถยอมรับอิทธิพลจากภายนอกที่มาสัมผัสได้

ในปี ค.ศ. 1945 Beuker, E.D. ได้นำเนื้องอกของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันของหนูเล็ก (mouse) ที่เรียกว่า sarcoma 180. มาปลูกลงบนตัวอ่อนไก่อายุ 3 วัน หลังจากนั้นอีก 5 วันเขาได้สังเกตเห็นใยประสาทงอกออกมาจากปมประสาท sensory ใกล้เคียงๆ เข้าไปในเนื้องอกนั้นมากมาย และปมประสาทเหล่านั้นมีขนาดใหญ่มากกว่าปกติอีกด้วย และจากการทดลองต่อมาของ Levi-Montalcini, R. และ Calissano, P. พบว่าไม่เพียงแต่ปมประสาท sensory เท่านั้นที่มีขนาดโตขึ้น แต่ปมประสาท sympathetic ใยประสาทจากปมประสาท sympathetic ไปยังเส้นเลือดก็ทั้งเล็กและใหญ่อย่างมากและได้แทงทะลุเข้าไปในเส้นเลือด ไปสู่ขั้วขวางการไหลของเลือดอีกด้วย ซึ่งเขาได้สรุปผลการทดลองครั้งนี้ไว้ว่า sarcoma 180 ได้ปล่อยสารบางอย่างออกมามีผลกระตุ้นการเจริญของใยประสาท ต่อมาเมื่อทำการทดลองเพื่อพิสูจน์สมมุติฐานอันนี้โดยการปลูกเนื้องอก sarcoma 180 ลงบนเนื้อเยื่อหายใจ (respiratory membrane) ของตัวอ่อนไก่ ดังนั้นเซลล์จะติดต่อกับตัวอ่อนได้โดยผ่านเส้นเลือดเท่านั้นพบว่าได้ผลเหมือนกับการปลูกเนื้องอกลงบนตัวอ่อนโดยตรง แสดงว่ามีการปล่อยสารบางอย่างจากเนื้องอกไหลไปตามเส้นเลือดไปมีผลเร่งการเจริญของเส้นประสาทในตัวอ่อนนั้น

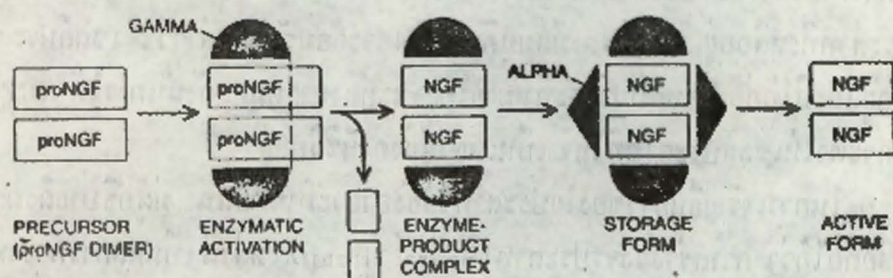
ในปี ค.ศ. 1957 Levi-Montalcini กับ Meyer, H. ได้ทำการศึกษาต่อโดยการเลี้ยงปมประสาท sensory และ sympathetic ของตัวอ่อนไก่อายุ 8 วัน ใน semisolid

medium ที่มีชิ้นส่วนของ sarcoma 180 อยู่ด้วย สืบค้นต่อมาพบว่า มีใยประสาทเล็ก ๆ ยื่นออกมาจากปมประสาทเหล่านี้มากมาย มองดูเหมือนวิธีของดวงอาทิตย์ ขณะที่ปมประสาทใน medium ที่ปราศจากเซลล์เนื้องอก มีใยประสาทยื่นออกมาเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ต่อมา Cohen, S., Levi-Montalcini และ Calissano ได้ร่วมกันแยกปัจจัยการเจริญของเส้นประสาทจากเนื้องอก พบว่าประกอบด้วยโปรตีน และกรดนิวคลีอิก (nucleic acid) เขาจึงได้พหุซึ่งมีเอ็นไซม์ phosphodiesterase ลงในสกัด (extract) ของเนื้องอก โดยต้องการให้เอ็นไซม์นี้ทำลายกรดนิวคลีอิกเสีย หลังจากเลี้ยงปมประสาทลงใน medium ที่มีสกัดดังกล่าว พบว่ามันกลับไปเร่งการเจริญของใยประสาท และเมื่อ Cohen ได้เลี้ยงปมประสาทลงใน medium ที่มีพหุแทนเนื้องอก พบว่าได้ผลไปเร่งการเจริญของใยประสาทเช่นเดียวกัน จากการพบ NGF จากสองแหล่งที่ไม่มีความสัมพันธ์กันนี้ จึงมีผู้เสนอแนะว่าอาจมี NGF จากแหล่งอื่น ๆ อีก ซึ่ง Cohen ได้แยก NGF จากต่อมน้ำลายของหนูเล็ก ซึ่งพบว่า มี activity สูงกว่า NGF บริสุทธิ์จาก sarcoma 180 ของหนูเล็กเช่นกันถึง 10,000 เท่า และสูงกว่า NGF บริสุทธิ์จากพหุ 10 เท่า หลังจากนั้นอีก 20 ปี มีผู้พบ NGF จากเซลล์ทั่วไปหลายชนิด รวมทั้งเซลล์มะเร็ง (neoplastic cell) ซึ่งแม้ว่าจะมีปริมาณไม่มากนักก็ตาม

ในปี ค.ศ. 1969 Bocchini, V. และ Angeletti, P.U. ได้แยก NGF จากต่อมน้ำลายหนูเล็ก ซึ่ง Angeletti, R.H. และ Bradshaw, R.A. ได้ศึกษาการเรียงตัวของกรดอะมิโนใน NGF และสรุปว่า NGF ที่ active อยู่ในรูป dimer ประกอบด้วย polypeptide chain 2 สายที่เหมือนกัน แต่ละสายมีน้ำหนักโมเลกุล 13,250 daltons มีกรดอะมิโนที่มีประจุบวกมากกว่า และใน pH ที่เป็นกลางประจุรวมก็มีค่าเป็นบวก สายของโปรตีนที่โค้งอยู่ได้เพราะมี disulfide bond อยู่ 3 แห่ง ซึ่งการคงอยู่ของมันเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการมีปฏิกิริยาของ NGF

ในปี ค.ศ. 1967 Varon, S.S. และ Shooter, E.M. ได้ศึกษาคุณสมบัติของ NGF ต่อและได้เสนอว่า การที่ NGF dimer คงรูปอยู่ได้ เพราะรวมกันเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับโปรตีนอีก 2 ชุด ที่เหมือนกันซึ่งแต่ละชุดประกอบด้วย alpha และ gamma subunit จากการค้นคว้าพบว่า gamma subunit เป็นเอ็นไซม์ซึ่งสามารถแบ่งโปรตีนตรงจุดใกล้เคียงกับกรดอะมิโนชนิด arginine แต่ปฏิกิริยาทางชีววิทยาของ alpha subunit ยังไม่

เป็นที่ทราบกัน อย่างกว้างขวาง Shooter ได้ตั้งสมมุติฐานไว้ว่าทั้ง alpha และ gamma subunit มีไว้สำหรับกระตุ้น เก็บรักษา และป้องกันโมเลกุลของ NGF ดังนั้นก่อนอื่นจะต้องมีการสร้างโปรตีนสายยาวมาก ๆ 2 สายที่เหมือนกัน เรียก pro NGF dimer จากนั้น gamma subunit ทั้งสองจะแยกกันรวมกับ pro NGF แต่ละสาย แล้วแบ่งเอาบางส่วน ของ pro NGF ออกไป ได้เป็น active NGF dimer ส่วน alpha subunit อาจรวมกับ pro NGF dimer ก่อนการถูกแบ่งด้วย gamma subunit หรืออาจรวมกับสารประกอบ active-NGF dimer กับ gamma subunit ก็ได้ (รูปที่ 2) ซึ่งการยังง่วนรวมกันของ alpha และ gamma subunit กับ NGF dimer นี้เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการช่วยป้องกันการทำลาย NGF dimer จากเอนไซม์ ที่ย่อยโปรตีนอื่น ๆ ซึ่งสมมุติฐานของ Shooter นี้ได้รับการสนับสนุน โดยการทดลองของตัวเขาเอง กับ Berger, E.A. โดยการแยก pro NGF ออกมา นำไป incubate กับ gamma subunit พบว่าได้ active NGF



รูปที่ 2 ขบวนการสร้าง active NGF จาก Pro NGF dimer

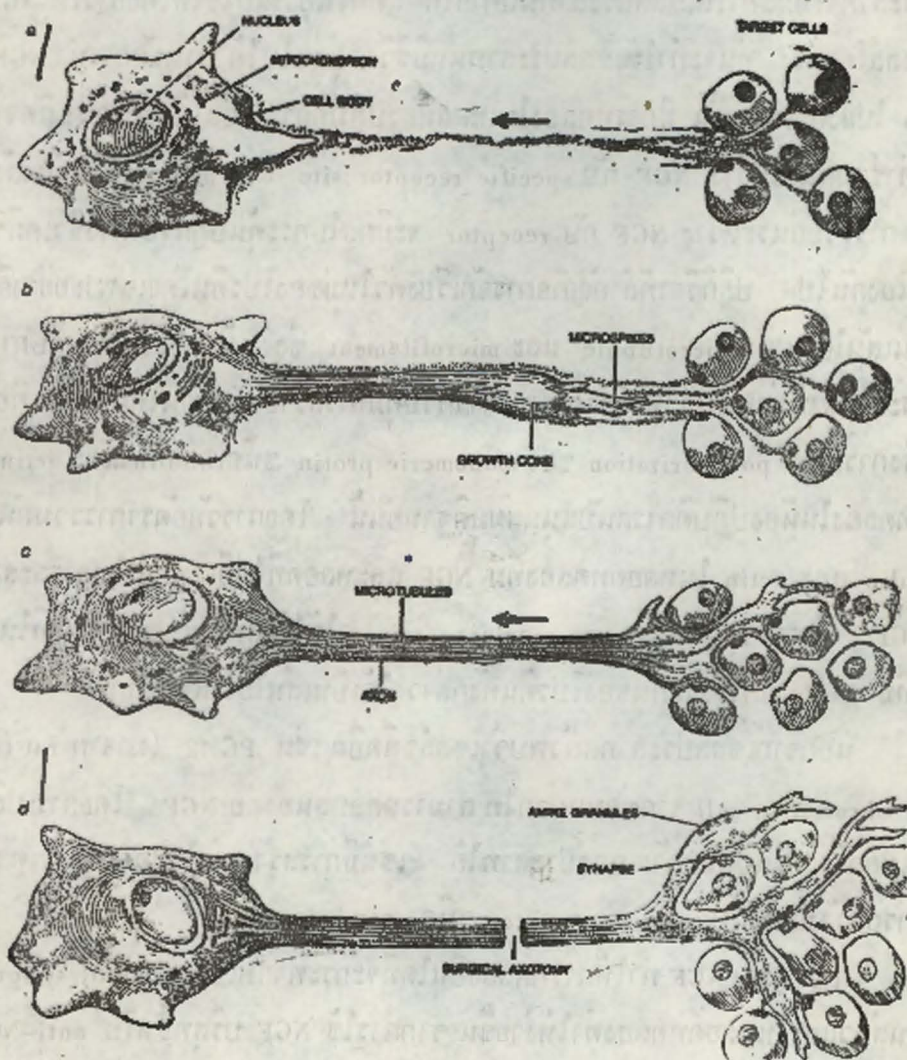
สำหรับการศึกษาบทบาทของ NGF ในสัตว์ที่มีชีวิต เริ่มเมื่อปี ค.ศ. 1959 โดย Cohen เขาได้ฉีด NGF บริสุทธิ์เข้าไปในกระต่าย และเก็บเอา serum ซึ่งมี anti-NGF ออกมา ฉีดเข้าหนูเล็กแรกเกิด หนึ่งเดือนต่อมาฆ่าหนูเพื่อศึกษาระบบประสาท พบว่าปมประสาท sympathetic เล็กกว่าสัตว์ปกติมาก แต่อย่างไรก็ตามพบว่ามันไม่ได้มีผลอันใดต่ออวัยวะอื่น รวมทั้งด้วยเหตุผลที่ยังไม่อาจอธิบายได้ว่า มันไม่ได้มีผลอันใดเช่นกันต่อปมประสาท sympathetic ที่อยู่ห่างไกลออกไป ซึ่งไปเลี้ยงอวัยวะเพศในทั้งสองเพศ ในการศึกษาต่อถึงผลของ anti-NGF ว่าเป็นเพราะพิษของมันต่อเซลล์ประสาทโดยตรง หรือเป็นผลการไป inactivate โมเลกุล NGF ในกระแสโลหิตโดย Angeletti, P. และ Levi-Mon-talcini ในปี ค.ศ. 1963 โดยการแยกเซลล์ประสาท, glial cell และ fibroblast ออกมา

จากปมประสาท มาเลี้ยงใน tissue culture 24 ชั่วโมงต่อมาพบว่า glial cell และ fibroblast เจริญเติบโตและมีการแบ่งตัวตามปกติ ขณะที่เซลล์ประสาทค่อยๆ ตายและลดจำนวนลง ต่อมาเมื่อค่อยๆ ใส่ NGF ลงใน culture ที่ละน้อยๆ พบว่าเซลล์ประสาทที่เหลือจะมีชีวิตอยู่รอดได้ และสามารถสร้างใยประสาทประสานกันเป็นตาข่ายหนาที่บดเต็ม culture dish

NGF ที่บริสุทธิ์แม้เพียงจำนวนเล็กน้อยก็สามารถให้ผลได้ เช่นการฉีด NGF 10 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักตัว ให้แก่สัตว์ทะเลแรกเกิดจนกระทั่งอายุ 21 วัน พบว่าของขนาดปมประสาท sympathetic ใหญ่กว่าของสัตว์ปกติ 10-12 เท่าสำหรับการเพิ่มขนาดของปมประสาท พบว่า NGF มีได้ไปเพิ่มอัตราการแบ่งตัวของเซลล์ประสาทในปมประสาทนั้นแต่อย่างใด แต่ไม่ทำให้เซลล์ประสาทส่วนที่มากเกินไป ซึ่งจะต้องตายไประหว่างการเจริญเติบโตของสัตว์นั้น กลับยังคงมีชีวิตอยู่ได้ ในตัวอ่อนของไก่พบว่าจำนวนการตายของเซลล์ประสาทในระยะแรกของการเจริญเติบโตนั้น มากกว่าจำนวนเซลล์ประสาทที่เหลืออยู่เสียอีก และมีสมมุติฐานที่พอจะยอมรับได้กล่าวว่า เซลล์ประสาทที่ยังอ่อนอยู่และมีได้คือเชื่อมกับอวัยวะที่หมายใด ๆ จะต้องตายหมด ดังนั้นการให้ NGF จากภายนอกจะทำให้เซลล์ประสาทที่ไม่จำเป็นเหล่านี้ยังคงมีชีวิตอยู่

ในการเจริญย่นยาวของใยประสาทไปยังอวัยวะที่หมายนั้น มีผู้อธิบายถึงกลไกที่พอจะเชื่อถือได้ว่า การสร้างวงจรประสาท (neural circuit) เหล่านี้ เป็นผลการทำงานร่วมกันระหว่างพันธุกรรมกับสิ่งแวดล้อมภายนอกเซลล์ประสาทนั้น ซึ่ง Cajal ได้กล่าวแนะไว้ว่า มีปัจจัยภายนอกเป็นสารเคมีถูกหลั่งออกมาจากเนื้อเยื่อบริเวณนอกๆ เป็นตัวชักนำให้ใยประสาทเจริญเข้าไปหา เขาเรียกสิ่งนี้ว่า neurotropism หลังจากนั้นผู้ทำการทดลองยืนยันสมมุติฐานของ Cajal โดยการทดลองทั้งในสัตว์เองและในหลอดทดลองสำหรับการทดลองในสัตว์นั้น ได้มีการฉีด NGF เข้าในสมองสัตว์ทะเลแรกเกิด และได้ผลการทดลองที่ไม่เคยคาดคิดมาก่อนเลย กล่าวคือมีการแตกกิ่งของใยประสาทจากเซลล์ประสาทในปมประสาท sympathetic เข้าไปในสมองและไขสันหลังมากมาย ทั้งเห็นได้ว่าสิ่งที่เกิดขึ้นนี้ เป็นเพราะ NGF ในสมองที่ได้ฉีดเข้าไปเป็นตัวชักนำ และจากการทดลองของ Compton, R.B. โดยการสร้าง cell-cultured system ขึ้น 3 ช่อง แต่ละช่องกันด้วย silicon grease ซึ่งได้ทำให้ปราศจากเชื้อแล้ว และมีคุณสมบัติไม่ยอมให้ของเหลวในแต่ละช่องไหลไปหากันได้ เขาได้ใส่เซลล์ประสาท sympathetic ที่ยังอ่อนอยู่ลงในช่องกลางที่มี NGF ถ้วยปล่อย

ให้เซลล์ประสาทเหล่านั้นสร้างใยออกมา สำหรับช่องว่างอีก 2 อย่าง ช่องหนึ่งเขาได้ใส่ NGF กับอาหารที่เป็นของเหลวลงไป ส่วนอีกช่องมีอาหารอย่างเคียว ซึ่งเขาได้สังเกตเห็น ใยประสาทจำนวนมากมายเจริญไปยังช่องว่างที่มี NGF จากนั้นเขาได้นำ NGF ออกจาก ช่องว่างดังกล่าว พบว่าใยประสาทที่ยื่นเข้าไปในช่องนี้ค่อยๆ สลายตัว ทั้งๆ ที่ตัวเซลล์ใน ช่องกลางยังมีสภาพเป็นปกติ จากการทดลองทั้งในสัตว์และจากการทำใน tissue culture อาจสรุปได้ว่า สารเคมีจากภายนอกเป็นตัวชักนำให้มีการเจริญของใยประสาทไปหา ทั้งนี้ ความเข้มข้นของสารเคมีที่มากขึ้นเรื่อยๆ (concentration gradient) จะเป็นตัวบอก ทิศทาง ให้ใยประสาทเจริญไปยังอวัยวะที่สร้างสารเคมีนั้นได้อย่างถูกต้อง (รูปที่ 3)



รูปที่ 8 แสดงการเจริญของใยประสาท จากเซลล์ประสาทไปยังเซลล์ที่หมาย พบว่าการมีชีวิตอยู่ของเซลล์ประสาทที่กำลังเจริญเติบโต ขึ้นอยู่กับจำนวน NGF จากอวัยวะที่หมาย จากการศึกษาของบุคคล 2 กลุ่ม กลุ่มแรกคือ Hendry อีกกลุ่มคือ Stocked, K. และ Thoenen, H ได้สรุปผลออกมาเหมือนกันว่าส่วนปลายของใยประสาทจะเก็บเอา NGF, และนำไปยังตัวเซลล์ทาง axon การทำให้ส่วนของ axon ได้รับความเสียหายจนไม่อาจนำ NGF กลับไปยังตัวเซลล์ได้โดยการให้ยา Vinblastine ซึ่งเป็นตัวยับยั้งการนำส่งสารผ่าน axon หรือโดยการให้ 6-hydroxydopamine ซึ่งมีฤทธิ์ทำลายปลายใยประสาทจะมีผลทำให้เซลล์ประสาทนั้นตายได้ แต่ทั้งนี้อาจแก้ไขได้โดยการให้ NGF แก่ตัวเซลล์โดยตรง อันจะทำให้เซลล์ประสาทนั้นมีชีวิตอยู่ต่อไปได้ สำหรับการนำ NGF โดย axon ไปยังตัวเซลล์นั้น มีการทดลองในหลายห้องปฏิบัติการ ซึ่งได้สรุปไว้ว่าเกิดจากการกระทำร่วมกันระหว่าง NGF กับ specific receptor site ที่ปลายใยประสาทที่กำลังเจริญนั้น การรวมกันระหว่าง NGF กับ receptor จะมีผลไปกระตุ้นปฏิกิริยาทางชีวเคมีซึ่งเกิดต่อเนื่องกันไป ปฏิกิริยาที่สำคัญคือการจัดเรียงตัวใหม่ของโปรตีนโดยเฉพาะอย่างยิ่งพวกที่เป็นเส้นใย เช่น microtubule และ microfilament ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการสร้างใยประสาทซึ่งที่น่าจะเป็นไปได้สำหรับผลการควบคุมการสร้างใยเหล่านี้โดย NGF ก็ว่ามันจะไปเร่งการเกิด polymerization ของ monomeric protein ชนิด tubulin และ actin ซึ่งมีการทดลองในห้องปฏิบัติการสนับสนุนสมมุติฐานอันนี้ โดยการวัดอัตราการรวมกันของ tubulin และ actin ในหลอดทดลองที่มี NGF และหลอดที่ไม่มี พบว่าในสารละลายที่ไม่มี NGF มีการรวมกันของ monomeric protein ให้ได้เส้นใยน้อยมากขณะที่ในสารละลายที่มี NGF มีการรวมกันของโปรตีนดังกล่าว ได้เป็นเส้นใยจำนวนมาก

นอกจากเซลล์ประสาทแล้วพบว่าเซลล์ชนิดอื่น เช่น PC 12 (มาจาก rat tumor) หรือ Chromaffin cell จากต่อมหมวกไต สามารถตอบสนองต่อ NGF โดยการเปลี่ยนไปเป็นเซลล์ที่มีคุณสมบัติคล้ายเซลล์ประสาทได้ เช่นมีการสร้างเส้นใยออกมาจากตัวเซลล์ สามารถสร้างและเก็บ neurotransmitter ชนิด catecholamine ได้

การค้นพบ NGF ทำให้การทดลองอื่นใดที่จะกระทำกับเซลล์ประสาท sympathetic ทั้งในสัตว์และในหลอดทดลองทำให้ง่ายขึ้น จากการให้ NGF บริสุทธิ์หรือ anti-NGF ทำ

๒๕
เอกสารอ้างอิง

- Guyton, A.C. 1977. Basic Human Physiology: Normal Function and Mechanisms of Disease. Saunders: Philadelphia. 457-482.
- Levi-Montalcini, R. and Calissano, P. 1979 "The Nerve Growth Factor." Sci. Amer. 240 (6): 44-53.
- Stevens, C.F. 1979. "The Neuron." Sci. Amer. 241 (3): 48-59

กรีนเฮาส์เอฟเฟกต์

(Greenhouse Effect)

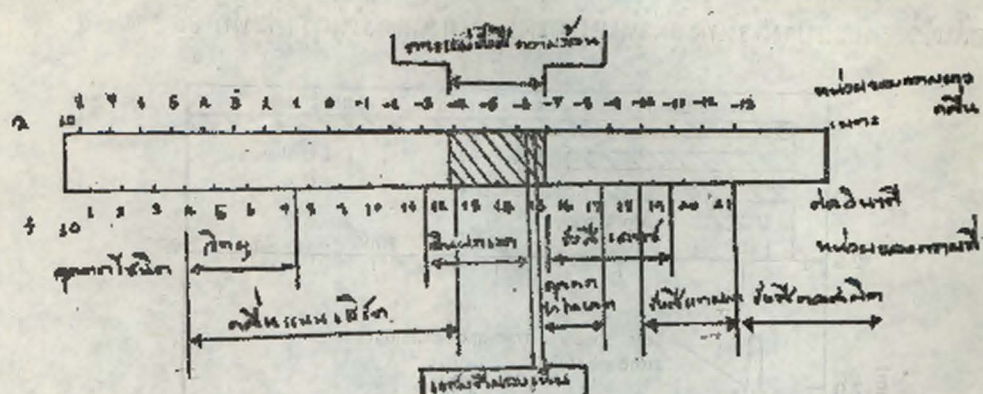
สมพร เจริญสุข*

กรีนเฮาส์เป็นเทคนิคอย่างหนึ่งที่จะกักเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ให้มากที่สุดสามารถนำมาประยุกต์ได้มากมาย ในด้านเกษตร การกลั่นน้ำ และอุปกรณ์แสงอาทิตย์อื่นๆ และยังสามารถอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันบางอย่างได้อีกด้วย

ความหมาย⁽¹⁾ เป็นผลและการส่งผ่านความร้อนอย่างหนึ่ง ซึ่งความร้อนที่สูญเสียจากพื้นผิวภายในระบบถูกควบคุมโดยการป้องกันการสูญเสียความร้อนโดยการพา เป็นเหตุผลสำหรับการป้องกันการแผ่รังสีจากภายในภาชนะปิด (enclosure) ของระบบทางอ้อม

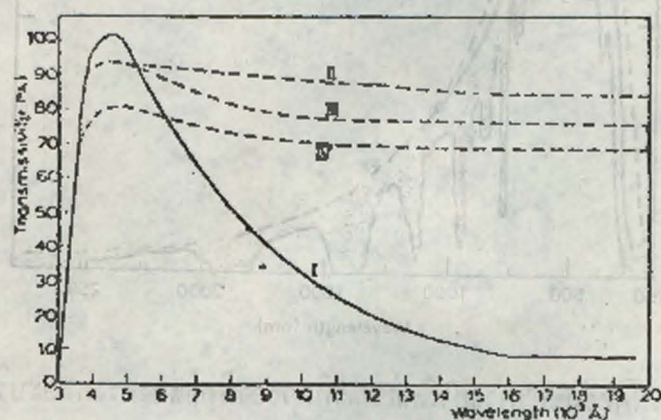
ปรากฏการณ์กรีนเฮาส์⁽⁵⁾ เอฟเฟกต์นี้อาจจะพบเมื่อเรานั่งใกล้ๆ หน้าต่างกระจกใสภายในบ้านที่อยู่ในเขตอบอุ่นวันที่ดวงอาทิตย์ส่องแสงสว่างในฤดูหนาว เราจะอบอุ่นขึ้นในขณะที่กระจกใสนี้ยังเย็นอยู่ที่เป็นเช่นนั้นเพราะกระจกใสยอมให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มาจากดวงอาทิตย์ผ่านได้เกือบทั้งหมด มีบางส่วนสะท้อนกลับ และบางส่วนถูกกระจกใสดูดกลืนไว้ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าส่วนที่ผ่านกระจกใสเข้ามาทั้งหมดจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนโดยวัสดุภายในห้อง กระจกใสจะกัก (block) คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงอินฟราเรดที่แผ่รังสีจากวัสดุภายในห้องเกือบทั้งหมด ความอบอุ่นภายในบ้านที่กล่าวถึงนั้นเกิดจากกระจกใสเป็นเสมือนวัตถุทึบแสง (opaque) ต่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงอินฟราเรด⁽²⁾ และอีกปรากฏการณ์หนึ่งที่เราคุ้นเคยกันคือ ก่อนฝนตกเราจะรู้สึกอบอุ่นเนื่องจากความร้อนแฝงที่ไอน้ำจากเมฆคายออกมาในการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำเพื่อจะกลายเป็นฝนนั้นแผ่ลงมายังพื้นโลก พื้นโลกจะดูดและสะท้อนกลับไปในบรรยากาศ และพื้นโลกก็จะแผ่รังสีความร้อนที่สะสมออก แต่ละองศาในเมฆจะเป็นเสมือนวัตถุทึบแสงสำหรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงอินฟราเรดหรือรังสีความร้อนเช่นเดียวกับกระจกใส จึงทำให้เรารู้สึกอบอุ่น สำหรับการแบ่งช่วงต่างๆ ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้นแสดงได้ดังรูปที่ 1.

*อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น



รูปที่ 1 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (1) p. 146

สำหรับกระจกใสยอมให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ผ่านได้มาก น้อยขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้น ดังแสดงในรูปที่ 2.



รูปที่ 2 (x) การทะลุผ่านของการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ สำหรับกระจกใส

ส่วนโค้งที่ 1. สเปกตรัมของการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ในอุดมคติ ซึ่งเสมือนการแผ่รังสีของวัตถุสีดำที่อุณหภูมิ 5762° K

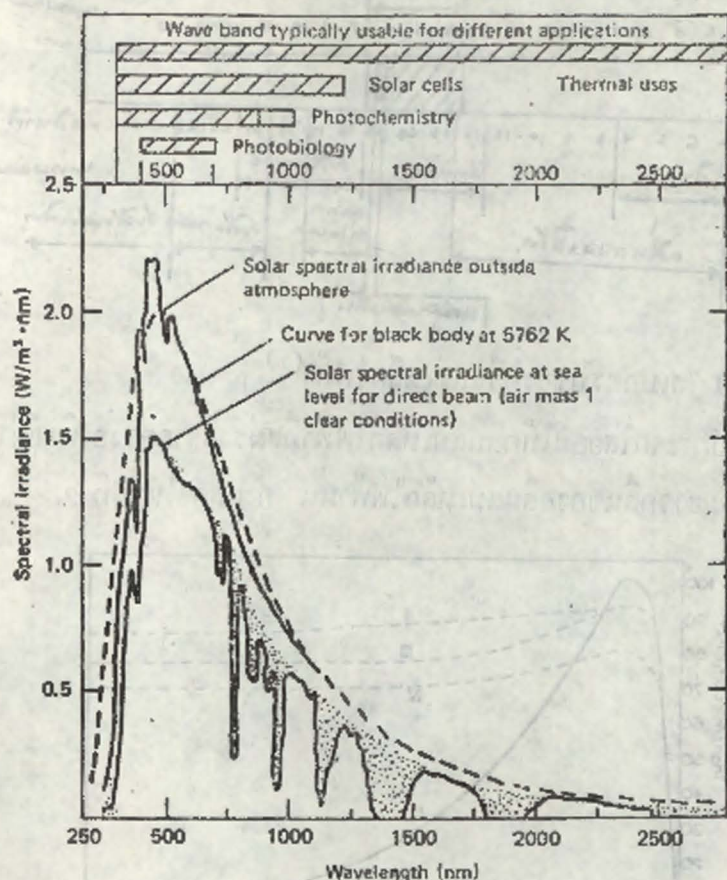
ส่วนโค้งที่ 2. ใช้กระจกใสหนา 2 มม.

ส่วนโค้งที่ 3. ใช้กระจกใสหนา 4 มม.

ส่วนโค้งที่ 4. ใช้กระจกใสหนา 2 มม. สองแผ่นวางซ้อนกัน 3 มม.

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่รังสีจากดวงอาทิตย์นั้น เมื่อเข้าสู่บรรยากาศของโลก บางส่วนจะถูกส่วนประกอบของอากาศ เช่น น้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ และโอโซน เป็นต้น

ถูกกลืนไว้ และมีบางส่วนทะลุผ่านมาถึงพื้นโลก ดังแสดงในกราฟรูปที่ 3.



แสดงสเปกตรัมของดวงอาทิตย์ขณะที่ดวงอาทิตย์ส่องตรงที่บริเวณที่เป็นเงา
เกิดจากบรรยากาศถูกกลืนพลังงานแสงอาทิตย์ช่วงนั้นไว้ โดย H_2O , CO_2 และ O_3 และ
การนำพลังงานแสงอาทิตย์ไปใช้งานนั้นได้แสดงช่วงในการใช้งานอยู่บนสุดของรูป

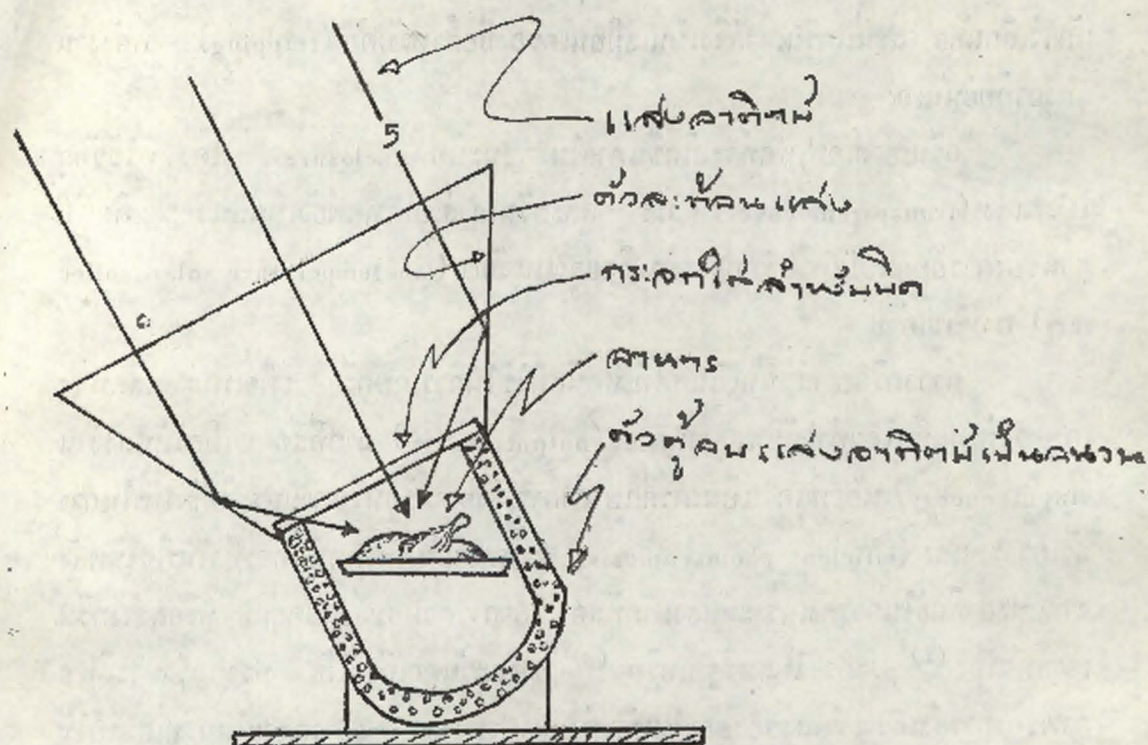
เมื่อพิจารณาจากผลของกระจกใสต่อความยาวคลื่นของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่แสดง
ในรูปที่ 2. พบว่าคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นสั้น ซึ่งเป็นพลังงานส่วนใหญ่ของ
การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์สามารถผ่านกระจกใสของกรีนเฮาส์ได้เกือบหมดคลื่นแม่เหล็ก
ไฟฟ้าที่ผ่านกระจกใสจะถูกตัวดูดกลืนพลังงาน (absorber) เปลี่ยนไปอยู่ในรูปพลังงาน
ความร้อนทำให้ตัวดูดกลืนพลังงานมีอุณหภูมิสูงขึ้น และตัวดูดกลืนพลังงานจะแผ่คลื่นแม่
เหล็กไฟฟ้าออกมาส่วนมากจะอยู่ในช่วงอินฟราเรด ซึ่งจะถูกระงับไว้โดยสะท้อน

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าช่วงนี้กลับภายในกรีนเฮาส์อีก ส่วนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าช่วงอื่นจะถูก
กักไว้เล็กน้อย ฉะนั้นกรีนเฮาส์จึงเป็นเสมือนเครื่องมือสำหรับกัก (trapping) พลังงาน
แสงอาทิตย์นั่นเอง

กรีนเฮาส์เอฟเฟกต์จะเกิดขึ้นภายในภาชนะปิด (enclosures) ใดๆ ที่ใช้วัตถุ
โปร่งแสง (transparent cover) ถัดมา และกรีนเฮาส์เอฟเฟกต์ยังเป็นแนวความคิดพื้นฐาน
ของการออกแบบเครื่องรวมแสงอาทิตย์อุณหภูมิต่ำ (low temperature solar collec-
ters) ทั้งหลายด้วย

คำว่ากรีนเฮาส์ นั้นเป็นศัพท์เทคนิคที่ใช้ในการเกษตร เพื่อเพิ่มผลผลิตทาง
เกษตรให้มากขึ้นโดยทำให้มีพลังงานคาย (output energy) มากที่สุด เมื่อให้พลังงาน
(input energy) น้อยที่สุด เป็นการศึกษาถึงการเพิ่มผลผลิตหรือเพิ่มประสิทธิภาพในการ
สังเคราะห์แสง (efficient photosynthesis) ซึ่งพยายามหาเทคนิคที่จะทำให้พืชใช้พลัง
งานแสงอาทิตย์ในการสังเคราะห์แสงมากที่สุด โดยการควบคุมสิ่งแวดล้อม หรือสร้างกรีน
เฮาส์นั่นเอง⁽¹⁾ p. 125 ในสหรัฐอเมริกา⁽²⁾ ทางตะวันตกเฉียงใต้ ปรากฏว่าประสิทธิ
ภาพของการสังเคราะห์แสงของอ้อยในท้องทุ่งมีค่าประมาณ 3% แต่ภายในกรีนเฮาส์ที่ใช้
พลาสติกราคาถูก ๆ จำนวนได้ว่า ประสิทธิภาพของการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า
สำหรับประเทศที่มีอากาศแบบสบายๆ (temperate countries) น่าจะใช้เทคนิคนี้ในการ
เพิ่มผลผลิตในด้านการเกษตร

เตาอบแสงอาทิตย์⁽⁴⁾ เป็นอุปกรณ์ปรุงอาหารที่ใช้พลังงานแสงอาทิตย์ตามหลัก
การของกรีนเฮาส์เตาอบแสงอาทิตย์มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 4. มีส่วนที่เป็นตัวสะท้อน
แสง (reflector) เพื่อรวมแสงอาทิตย์ให้มาตกกระทบบนกระจกใสที่ปิดตัวอยู่ ข้าง เป็น
ฉนวน (insulator) คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มาจากดวงอาทิตย์ตกกระทบบนกระจกใสจะมีบาง
ส่วนผ่านกระจกใสเข้าไปในเตาอบและอาหารในเตาอบก็จะเปลี่ยนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็น
พลังงานความร้อน จะมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าบางส่วนถูกผิวภายในเตาอบ แสงอาทิตย์ถูก
กักไว้และแผ่รังสีออกมาในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอินฟราเรดและจะ
ถูกกักไว้ภายในทำให้อุณหภูมิภายในเตาอบสูงขึ้นเรื่อย ๆ



รูปที่ 4. แสดงวิธีการเก็บพลังงานความร้อนของเตาอบของแสงอาทิตย์

นอกจากนี้ยังมีเครื่องมืออีกมากที่ใช้หลักการของกรีนเฮาส์ เช่น เครื่องกลั่นน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์แบบต่างๆ กรีนเฮาส์โอเพนเฟลด์จะทำให้อุณหภูมิภายในเครื่องกลั่นน้ำ พลังงานแสงอาทิตย์สูงขึ้น และอัตราการกลั่นน้ำเพิ่มขึ้นด้วย

นับว่าเทคนิคกรีนเฮาส์นี้มีประโยชน์สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้มาก และเครื่องมือที่สร้างโดยอาศัยเทคนิคนี้ก็สร้างไม่ยาก

หนังสืออ้างอิง

1. Krieth, Frank and Kreider, Jan F., Principles of Solar Engineering, Mc Graw-Hill, New York, 1978, p. 756
2. Howe, Everett D., Infrobuction to the Utilization of Solar Energy. "The Distillation of Sea Water and Other Low-Temperature Applications of Solar Energy." McGraw-Hill, New York, 1969, p. 298-299.
3. Bolton, James R., Solar Power and Fuels, Academic Press, New York, 1977, p. 40
4. Halaby, D.S., Experiments with Solar Energy, W.W. Norton, New York, 1966, p. 48-56
5. Norton, Thomas W., Solar Energy Experiments, Rodale Press, New York, 1977, p. 63-64
6. Robinson, N., "Solar Radiation" Elsevier Publishing Company, Amsterdam, 1966

KAPRAO OILS

VERAPONG PODIMUANG*

Abstract

There are at least three kinds of Kaprao grown for flavoring purposes in Thailand. Kaprao belongs to the Ocimum genus and the Labiatae family. The three kinds of Kaprao are: white kaprao (Ocimum sanctum L.), red kaprao or kaprao-daeng (another variety of Ocimum sanctum L.) and kaprao-chang (Ocimum grattissimum). The last one, kaprao-ckang, is not well known as the other two. Its leaf has a pungent and hot taste. It is a flavoring as well as a medicinal plant.

The oils used in this study were obtained from steam distillation of fresh plant material. The physical characteristics such as Specific gravity, Refractive index, Specific rotation were compared. The essential oil of white-kaprao (Ocimum sactum L.), was found to contain the following chemical compounds: alpha-pinene, camphene, beta-pinene, copaene, linalool, isocaryophyllene, beta-elemene, carophyllene, estragole, borneol and gamma-humulene. The essential oil of kaprao-chang was found to contain eugenol as the main component and belongs to the main component and belongs to the phenolic group.

Background Information

White kaprao (Ocimum sanctum L.), red kaprao (another variety of Ocimum sactum L.) and kaprao-charng (Ocimum grattissimum) are commonly cultivated for its highly fragrant and aromatic leaves which are used for flavouring Thai dishes. They are found throughout Thailand.

Preliminary experiments with fresh leaves and stems, white kaprao has given pale yellow essential oil with an aromatic odour, red kaprao oil and kaprao charng has given pale yellow oil with a pungent odour. These three oils were sent to Tropical Products Institute, London, for further examination and for commercial evaluation. The comments on the individual oils are as follows :-

White kaprao (Ocimum sanctum L.) This has an interesting odour unlike any particular material that we have come across. As such it could be of interest as a new material and we would be interested in further details of price, supply and amount annually available.

* Associate Professor, Chemistry Department Faculty of Science, Khon Kaen University

Red kaprao (another variety of Ocimum sanctum) This oil was found to have a density, refractive index and solubility in alcohol comparable to the figures reported for the sample (white kaprao) but the optical rotation (-19.80°) was considerably higher than the figure ($+0.09^\circ$) previously observed. A gas chromatography examination of the oil indicated a qualitative similarity but the apparent proportion of the higher boiling constituents was lower than observed for the white kaprao oil.

Kaprao-Chang (Ocimum grattissimum) There are several physiological forms of this species. The constants and gas chromatography examination indicate that it belongs to the phenolic group and the main component is eugenol. Although numerous samples of this form of Ocimum grattissimum have been examined and reported in the oil is not considered to be of commercial interest.

MATERIAL AND METHODS

For the first few experiments, the raw material (fresh kaprao leaves) were obtained from the local market. But to rely on the market for other details, such as period of cutting, fertilizer etc., is impossible. So a farmer was asked to conduct the yield-trial experiments, to find the basic data on yield per rai. From this experimental farm, the farmer could supply the raw material (fresh kaprao leaves and stems) for small scale and medium size scale extractions.

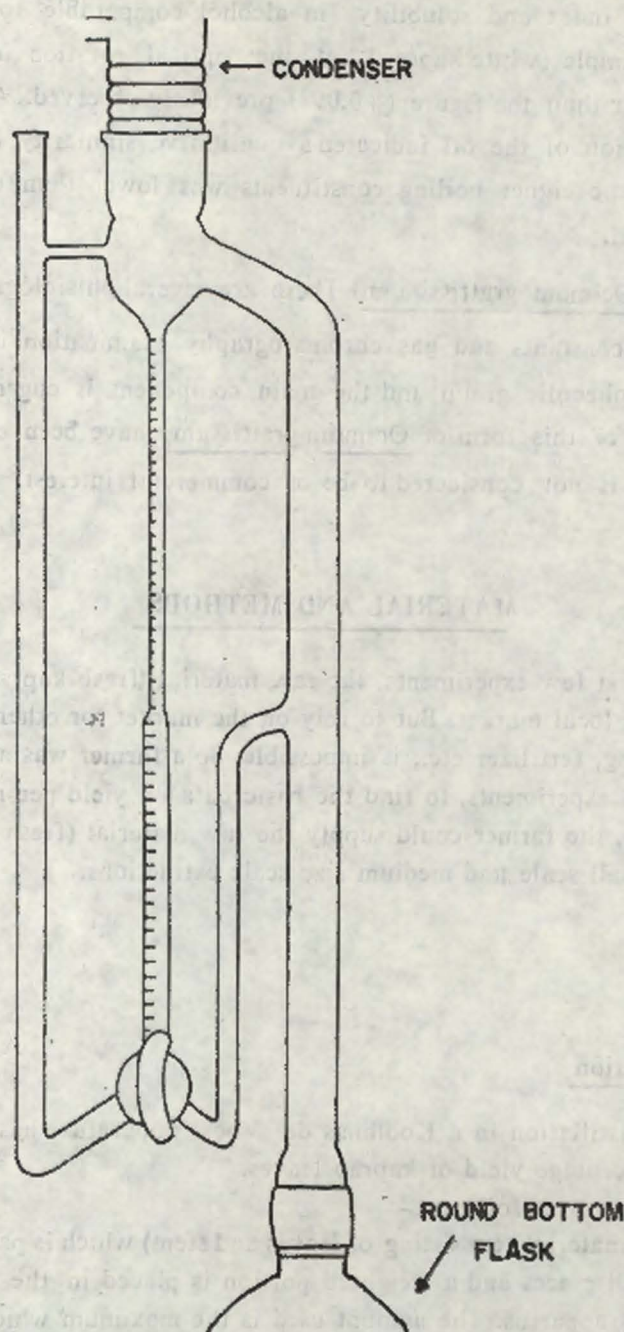
Methods

(1) Water-distillation

The water distillation in a Koolhaas de Voos apparatus has been done to determine the percentage yield of kaprao leaves.

The procedure is as follows :-

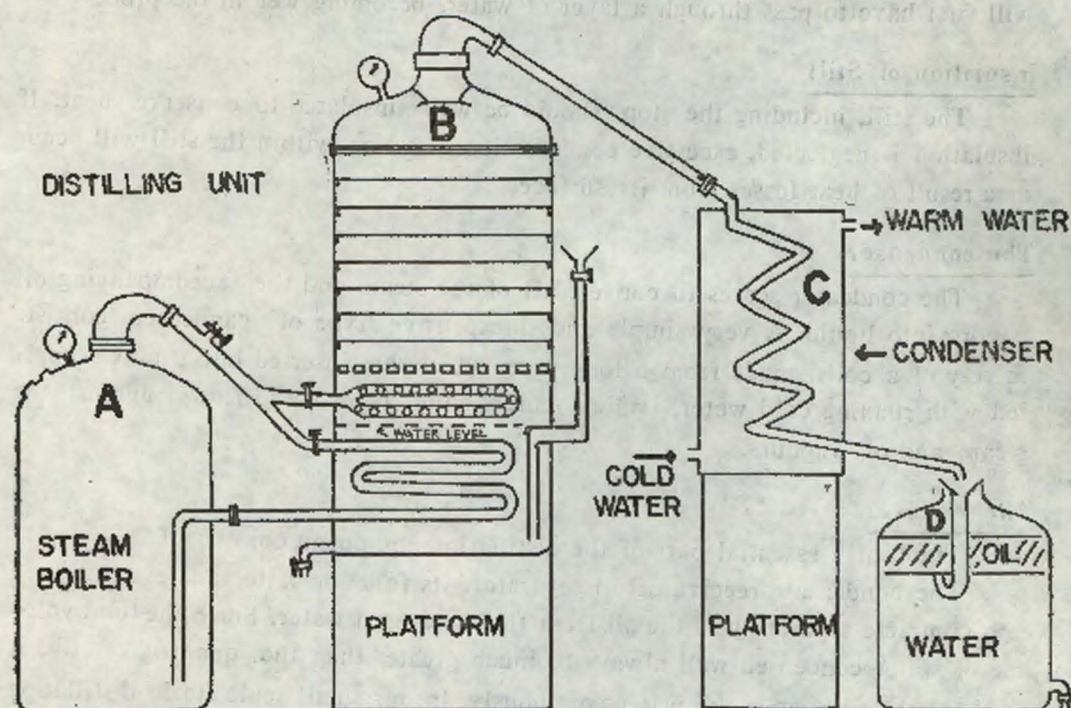
The kaprao material (consisting of leaves and stem) which is partially dried is chopped into small pieces and a weighted portion is placed in the flask of the Koolhaas de Voos apparatus. The amount used is the maximum which will permit free boiling of water in the flask. Water is then added to cover the charge, heat is applied to boil the water, and boiling is continued for three hours. The yield of oil is noted and the oil is collected using a separatory funnel.



(2) Steam distillation

It is a well known fact that steam distillation is the most economical method of extracting essential oils. Only some fragrant materials do not give satisfactory yield by steam distillation, so other methods must be tried, such as solvent extra-

ation or enfleurage. It has been found out that kaprao gave good yield by water distillation in a Koolhaas de Voos apparatus so steam distillation was used to extract essential oil from it.



Equipment for Steam Distillation

There are four main parts which are necessary for steam distillation, namely

- (1) The boiler for generating steam
- (2) The Still
- (3) The condenser
- (4) The receiver for the condensate

The still, commonly called "tank" serves primarily as a container for the plant material, and as a vessel in which the steam contacts the plant material and vaporizes its essential oil. In its simplest form the still, we used, consists of a cylindrical container with a diameter slightly less than its height, and equipped with a removable cover which can be clamped upon the cylindrical section. Near the top of the cover a pipe is attached for leading the vapours to the condenser. The steam is introduced to it through a steam line to a perforated coil below the false bottom.

The bottom of the still is provided with a drain valve so that any water condensing within the charge and dripping to the bottom can be drawn off in the course of distillation. (The drain valve also serves as an outlet for the wash

water, when the still is cleaned). Otherwise such residual condensed water will accumulate and engulf the steam coil, with result that the entering live steam will first have to pass through a layer of water, becoming wet in the process

Insulation of Still

The still, including the top, should be well insulated to conserve heat. If insulation is neglected, excessive condensation of steam within the still will occur as a result of heat losses from its surface.

The condenser

The condenser serves to convert all of the steam and the accompanying oil vapors into liquid. A very simple and inexpensive type of condenser consists merely of a coils, made from a long pipe, which are inserted into a tank supplied with running cold water, which enters from below and flows against the steam and oil vapours.

The receiver

The fourth essential part of the distillation equipment consists of

The condensate receive or oil separator. Its function is to achieve a quick and complete separation of the oil from the condensed water. Since the total volume of water condensed will always be much greater than the quantity of oil, it is necessary to remove the water continuously. In our small scale steam distillation glass separatory funnels are used

Procedure

The partially dried kaprao (consisting of leaves and stems) is placed in the still about twenty kilogrammes at one time. The steam is introduced through it for three hours and the condensate is collected and allowed to cool down to room temperature. Then separatory funnel is used to separate the oil from the water. This oil must be dried by drying agents for overnight and filtered to get the dried oil. Now it is ready for used for any purposes.

The oils were found to have the following properties :

White KaPrao (*Orcimum sanctum* L.) This oil is pale yellow and has a strong smell of *Orcimum sanctum* leaf. It's characteristics are :

Specific gravity at 20°C	0.959
Refractive index at 20°C	1.520
Specific rotation 20	+0.09°

D

Red Kaprao (another variety of *Orcimum sanctum* L.) This oil is yellow and has a strong smell of *Orcimum sanctum* leaf. It's characteristics are :

Specific gravity at 20°C	0.971
--------------------------	-------

วิทยาศาสตร์ มข. ปีที่ 8 ฉบับที่ 3, 2523

Refractive index at 20°C 1.514
Specific rotation 20 -19.80

D

Kaprao-Charng (*Ocimum grattissimum*)

This oil is pale yellow and has a pungent smell. It's characteristics are :

Specific gravity at 20°C 0.931

Refractive index at 20°C 1.510

Specific rotation 20 -19.5

D

Results

The results obtained from the analysis of white kaprao (*Ocimum sanctum* L.) can be seen in Table 1. The peak numbers given in this table refer to the position of each compound on the corresponding chromatogram which is shown in Figure I.

COMPOSITION OF THE VOLATILE OIL OF OCIMUM SANCTUM L.

Peak no	Compound	Percentage composition
1	alpha-pinene	0.7
2	camphene	0.7
3	beta-pinene	0.5
4	sabinene	0.1
5	limonene	0.2
6	1,8 cineol	0.1
7	gamma-terpinene	0.1
8	p.cynene	tr
9	terpinolene	tr
10	alpha-cubebene	0.2
11	copaene	2.0
13	linalool	1.5
14	isocaryophyllene	0.7
15	beta-elemene	5.1

16	caryophyllene	27.4
18	alpha-amorphene	0.3
19	methyl chavicol	9.9
20	borneol and alpha-selinene	0.3
21	germacrene D and gamma-humulene	9.9
22	delta-cadinene and gamma-cadinene	0.8
25	calamenene	tr
27	caryophyllene oxide	0.8
28	methyl eugenol	37.7
30	eugenol	tr
unidentified constituents		1.0

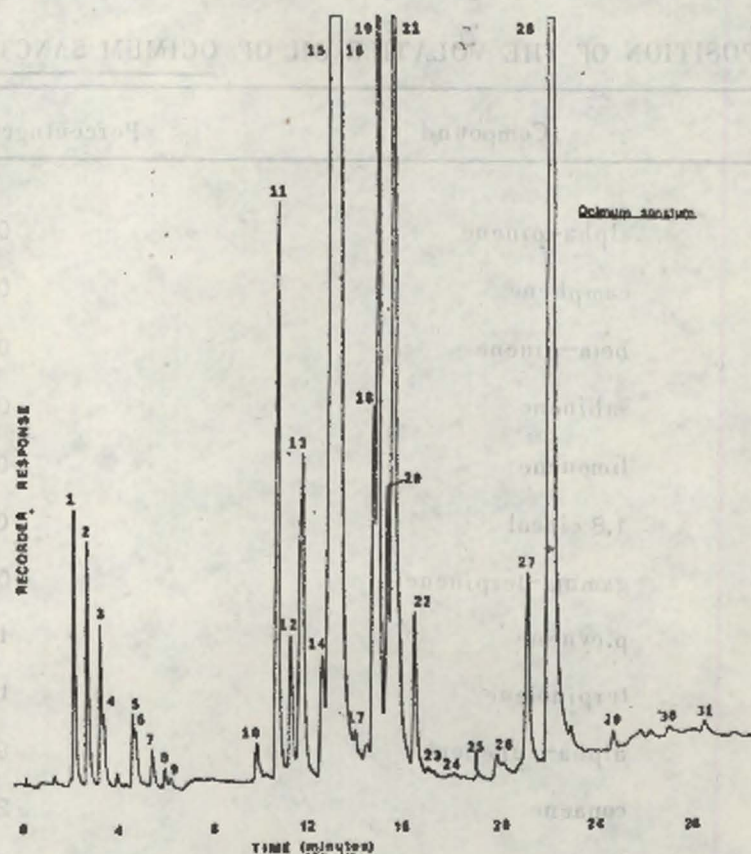


Figure A temperature and pressure programmed capillary g.l.c. analysis of the volatile oil of *Ocimum sanctum* using a 100 ft x 0.01 inch i.d. stainless steel capillary column coated with Carbowax 6000.

Conclusion

From our experiments on the essential oils of white kaprao, red kaprao and kaprao-charng we have found that the oil of white kaprao seems to be the most promising of the three, and has highest possibility to develop as a new flavouring export into the world market.

Acknowledgement

The author would like to express his gratitude to the TISTR for the facilities in the laboratory and to the TPI for her kind cooperation of this project and finally to Mr. Brian M. Lawrence and his colleagues for their help with GLC analysis.

REFERENCES

- 1) Guenther, E. 1975. The Essential Oils. Vol. III D.Van Nostrand Co. Inc., New York.
- 2) Arctander Steffen. 1960. Perfume and Flavour Materials of Natural Origin Det. Hoffencebergske Establishment.
- 3) Burkill, I.H. 1966. Dictionary of the Economic Products of the Malay Peninsula. Vol. II (I-Z). Kuala Lumpur.
- 4) Pong Boonrod, S. 1965. Mai-Thes-Muang Thai. Kasem Banakit. Bangkok
- 5) Bedoukian, P.Z., Perfumery And Flavoring Synthetics, New York 1967
- 6) Poucher, W.A. Perfumes, Cosmetics And Soaps, New York 1974



บทความส่งท้าย (ปีเก่า)

ศาลาวิทยาศาสตร์ ขอฝากข้อคิดสำหรับนักเล่นทางสถิติหรือผู้ใช้สถิติไว้ขบคิด
เล่นนะคะ

"สถิติเหมือนหญิงสาวในชุดบิกินี สิ่งที่เป็นที่เปิดเผย นั้นก็น่าจะสนใจ
ที่อยู่หรืออก แต่สิ่งที่ปกปิดไว้นั้นสำคัญยิ่งนัก"

ถ้ากล่าวนี้ผู้เขียนแปลมาจากภาษาอังกฤษ ซึ่งไม่ทราบคนตำหรับผู้กล่าว แต่ก็จะ
พอเป็นเครื่องเตือนนักวิจัยทั้งหลายว่าให้ศึกษาหลักการและวิธีใช้สถิติให้เข้าใจอย่างถ่องแท้
ก่อนที่จะนำไปใช้ มิฉะนั้นแล้ว ค่าทางสถิติที่คำนวณได้อาจไม่มีความหมายเลย และที่ซ้ำ
ร้ายไปกว่านั้นก็คือ มันอาจทำให้นักวิจัยสรุปผลที่ผิดไปจากความจริงได้

ภาณี อธิกรณ์

ผู้ได้รับรางวัลโนเบลสาขาเคมี 2522

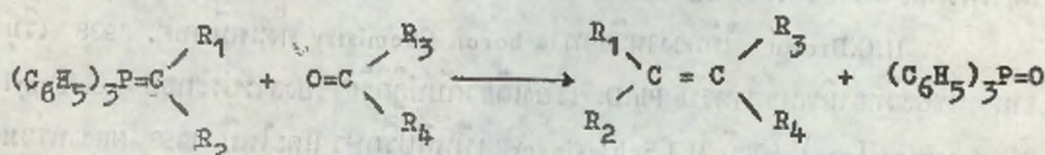
GEORGE MITTIG

ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา งานวิจัยทางอินทรีย์เคมีที่ได้นำเอาวิชาอินทรีย์เคมีมา
ประยุกต์ใช้ ขยายเพิ่มมากขึ้น จนขอบเขตของ 2 สาขาวิชานี้จะเลือนลางลง

Geor Mittig ศาสตราจารย์ทางอินทรีย์เคมี นักวิทยาศาสตร์ผู้เรืองนาม เป็นผู้
หนึ่งที่เริ่มงานวิจัยทางด้านอินทรีย์เคมีที่เกี่ยวข้องกับโลหะ (organometallic chemistry)
มีผลงานที่จารึกไว้ในประวัติศาสตร์ทางเคมีมากมาย เช่น Wittig reaction, Wittig
rearrangement, และ Wittig hydrocarbon เป็นต้น นอกจากงานวิจัยของ Wittig ที่

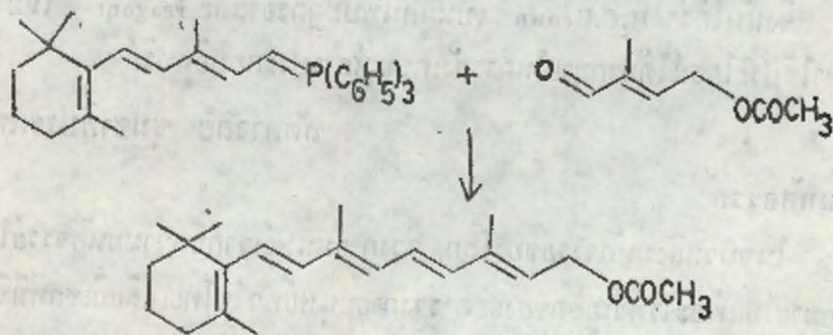
เกี่ยวกับอินทรีย์เคมีของแอนไอออน (anionic Organic chemistry) ซึ่งเป็นประโยชน์ในการสังเคราะห์สารประกอบอินทรีย์อย่างมากและนำไปใช้ประโยชน์ในการศึกษากลไกของปฏิกิริยาคู่ด้วย ตัวอย่างงานวิจัยที่น่าสนใจ ได้แก่ การจัดตัวใหม่ของ metallated ether กลไกของการจัดตัวใหม่ของ ammonium ylides, phosphorus ylides, การเตรียมและใช้ organo-lithium reagents, ปฏิกิริยา metal-halogen exchange ซึ่งนำไปสู่การค้นพบ benzyne, การเตรียม pentaphenyl phosphoranes รวมไปถึง arsenic, antimony and bismuth analogues และ tetraphenyl derivatives ของ sulphur, selenium และ tellurium

ผลงานวิจัยที่โด่งดังของ Wittig ที่นักอินทรีย์เคมีทุกคนรู้จักคือ Wittig reaction เป็นปฏิกิริยาระหว่าง phosphorus ylides กับสารประกอบ carbonyl จะได้สารประกอบ alkene เป็น product และปฏิกิริยานี้ยังเกิดขึ้นได้ในภาวะที่ไม่รุนแรง (mild condition) ด้วย



หลังจากที่ Wittig พบปฏิกิริยานี้ก็มีงานวิจัยที่นำเอาปฏิกิริยานี้ไปใช้และประยุกต์ใช้ ซึ่งเห็นได้ว่าการตีพิมพ์เผยแพร่งานวิจัยทางเคมีในวารสารต่าง ๆ มากกว่า 100 papers

ตัวอย่างที่ได้อีกหนึ่งที่ใช้ Wittig reaction คือการสังเคราะห์วิตามิน A₁ ในอุตสาหกรรมดังนี้



vitamin A₁ acetate

ผลงานของ Wittig เป็นที่ยอมรับอย่างแพร่หลาย ทั้งจะเห็นได้จากการที่เขาได้รับปริญญากิตติมศักดิ์จากหลายสถาบันและได้รับเลือกเป็นสมาชิกกิตติมศักดิ์ของสมาคมวิชาการชั้นสูง เช่น สมาชิกกิตติมศักดิ์ของ Chemical Society ประเทศอังกฤษ ปี ค.ศ. 1967 รางวัลโนเบล ที่ Wittig ได้รับในปี 1979 นั้นนับเป็นความสำเร็จขั้นสูงสุดของชีวิตการเป็นนักเคมี

ศาสตราจารย์ Georg Wittig เกิดเมื่อวันที่ 16 มิถุนายน ค.ศ. 1897 ที่เมืองเบอร์ลิน ประเทศเยอรมนี

HERBERT C. BROWN

ศาสตราจารย์ H.C. Brown เป็นนักวิทยาศาสตร์ผู้บุกเบิกทาง Organoboron Chemistry ซึ่งมีประโยชน์มากมาย เป็นที่กล่าวขวัญจากนักเคมีตลอดเวลา ผลงานของ H.C. Brown ได้ออกตีพิมพ์เผยแพร่มากกว่า 700 papers และดูเหมือนว่าอัตราการพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัยของเขาไม่มีที่ท่าว่าจะลดลงเลย

H.C. Brown ได้ทำงานวิจัยทาง boron Chemistry ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1938 เริ่มจากงานของวิทยานิพนธ์สำหรับ Ph.D. เรื่องเกี่ยวกับปฏิกิริยาของสารประกอบ carbonyl กับ diborane (gas) โดยมี H.I. Schlesinger เป็นที่ปรึกษา และในปี 1953 ผลงานร่วมระหว่าง H.C. Brown และ H.I. Schlesinger ตีพิมพ์ออกมามี 11 papers นอกจากนี้ยังมีผลงานการวิจัยทางด้าน ทางสังเคราะห์ alkali metal borohydrides และ derivatives ด้วยซึ่งเป็น reagent ที่ใช้เตรียม diborane ได้ง่าย, ปี 1956 พบปฏิกิริยา hydroboration ใช้เตรียม organoboranes และอีก 10 ปีต่อมาพบว่า organoboranes มีประโยชน์ในสังเคราะห์สารอินทรีย์ และมีการตีพิมพ์ผลงานวิจัยทางด้านนี้ออกมามากกว่า 150 papers

จึงนับได้ว่า H.C. Brown เป็นผู้ค้นพบปฏิกิริยาและ reagent ใหม่ ๆ ที่สำคัญ และนำมาใช้ประโยชน์ได้มากมายในการสังเคราะห์สารประกอบอินทรีย์

ลัดดาวลีย์ ชุนชาติประเสริฐ

มนุษย์มหัศจรรย์

ในขบวนการวิวัฒนาการของโลก ร่างกายมนุษย์เราก็คงมีความมหัศจรรย์ให้ทั้งตะลึงลานมากมายไม่แพ้อะไรที่ว่ายออกของยอค ร่างกายมนุษย์ทั่วไปโดยเฉลี่ยมีเซลล์ที่มีชีวิตอยู่แค่เพียง 7 ล้านล้านเซลล์ ซึ่งถ้าท่านอยากจะทราบว่ามันมากมายมหาศาลขนาดไหนก็โปรดเทียบดูจากการที่เราจะนับเลขจำนวนหลักล้านล้านได้นั้นต้องใช้เวลานับถึง 3 หนับ

นอกจากนี้ร่างกายมนุษย์เรายังมีเส้นประสาทยาวรวมแล้ว 45 ไมล์ และมีเส้น
เลือดยาวรวมกันถึง 7 หมื่นไมล์ เส้นเลือดเหล่านี้ประกอบด้วยเซลล์เม็ดเลือดแดง 30 ล้าน
ล้านเซลล์และในจำนวนเซลล์เหล่านี้จะมีเซลล์เกิดใหม่จำนวน 15 ล้านเซลล์เข้าแทนที่ทุกวินาที

ประวัติไอศกรีม

เราท่านคงรู้จักไอศกรีม ไอติม หรือที่เรียกว่า "ไอศกรีม" ตามการอ่านออกเสียง
ของฝรั่งกันเป็นอย่างดี อย่างน้อย ๆ ก็ต้องเคยลิ้มเคยเลียเคยน้ำกันมาไม่มากก็น้อย ท่านเคย
นึกอยากทราบไหมว่า ไอศกรีมกำเนิดเกิดเมื่อไร

สมัยก่อนไอศกรีมไม่ใช่ของหวานที่ใครหากินได้สบายอย่างทุกวันนี้ แต่ก็เป็น
ของมีค่าราคาแพงกันได้แต่พวกเศรษฐีพวกเจ้าขุนมูลนายในวังในวังเท่านั้น

ต่อมาในปี ค.ศ. 1670 เมื่อโปรโคพ "ค็อฟฟีชอป" ร้านแรกของกรุงปารีสเปิด
กิจการนั้นแหละชาวบ้านถึงมีโอกาสลิ้มรสไอศกรีมกันเป็นครั้งแรก แต่ในอเมริกาไอศกรีม
ยังเป็นของหวานราคาแพงอยู่ดี กินได้แต่เศรษฐีมีฐานะ จนถึงต้นศตวรรษที่ 19 หรือ
ร่วมสองร้อยกว่าปีก่อน จึงมีคนทำห้องเย็นและเครื่องปั้นไอศกรีมใช้มือหมุนขึ้น

พอถึงราวๆ 160 ปีที่แล้วก็มีพ่อค้านำไอศกรีมออกเร่ขายตามถนนในกรุงนิวยอร์ก ทะโกนปาวๆ ให้คนซื้อว่า "ไอศกรีม ไอศกรีม" ซึ่งแปลว่า "ผมทะโกนว่า..."
ฝรั่งร้องชวนคนซื้อก็ต้องหาวิธีๆ แบบนี้ จากนั้นไอศกรีมก็เป็นของหวานยอดนิยมของ
อเมริกาอย่างรวดเร็วจนสมองชนาคนไหนไม่ตักต้อนไอศกรีมใน ค.ศ. 1921 เจ้าหน้าที่ด่านรับ
คนเข้าเมืองของกรุงนิวยอร์ก ตั้งใจต้อนรับคนที่อพยพเข้ามาทั้งหลักแหล่งในอเมริกาอยาก
ให้ได้กิน "อาหารอเมริกาแท้ๆ" นอกจากจะเสิร์ฟอาหารที่ชาวอเมริกันชอบกินแล้วยัง
แถมไอศกรีมเป็นของหวานตบท้าย.

เสาวนิตย์ ทองพิมพ์

ข้อแนะนำในการเขียนบทความลงวารสาร “วิทยาศาสตร์ มข.”

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 ชื่อผู้แต่งภาษาไทยให้ขึ้นต้นด้วยชื่อตัวก่อนชื่อสกุล ภาษาอังกฤษให้เรียงชื่อสกุลก่อนชื่อตัว ชื่อวารสารหรือหนังสือให้ขีดเส้นใต้ ชื่อบทความให้อยู่ในเครื่องหมายอัญประกาศ บอกชื่อเมืองที่พิมพ์ สำนักพิมพ์ ปีที่พิมพ์ (เรียงต่อจากชื่อผู้แต่ง) ถ้าเป็นวารสาร ให้ใส่หมายเลขปีที่ (volume number) และขีดเส้นใต้ และใส่หมายเลขที่ (issue number) ในวงเล็บตลอดทั้งบอกหมายเลขหน้าที่ใช้อ้างอิง

6. เชิงอรรถ (footnote) ใช้เฉพาะที่จำเป็นเพื่อขยายหรือให้รายละเอียดเพิ่มเติมแก่ใจความเฉพาะตอนในบทความ ข้อความที่จำเป็นจะต้องมีเชิงอรรถให้ใช้เครื่องหมายดอกจัน (*) กำกับท้าย

7. การส่งต้นฉบับ พิมพ์ต้นฉบับลงในกระดาษขาว 8 x 11 นิ้ว โดยใช้กระดาษหน้าเดียว ส่งต้นฉบับมาที่ :

บรรณการวารสารวิทยาศาสตร์ มช.

คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ขอนแก่น

8. ตารางและภาพประกอบ ถ้าบรรยายประกอบตารางหรือภาพประกอบควรชัดเจนและชัดเจน ถ้าจะเป็นภาพถ่ายให้ใช้ภาพขาว-ดำ ขนาดโปสต์การ์ด ภาพเขียนลายเส้นควรเขียนด้วยหมึกก่อนเขียนบนกระดาษหนา ภาพที่เขียนต้องชัดเจนและมีขนาดที่เหมาะสม

9. การตรวจทานต้นฉบับ ก่อนส่งต้นฉบับ ผู้เขียนควรตรวจทานความถูกต้องชัดเจนของบทความทั้งด้านเนื้อหาและการใช้ภาษา โดยเฉพาะเมื่อมีการแสดงตาราง แผนภูมิ หรือใช้สัญลักษณ์เฉพาะมาประกอบควรเขียนบทความนั้น กองบรรณาธิการมีสิทธิ์ในการพิจารณาตัดเลือกเรื่องหรือบทความใดๆ เพื่อตีพิมพ์ในวารสาร ทั้งนี้เพื่อความถูกต้องเหมาะสมตามวัตถุประสงค์ และมาตรฐานของวารสาร

ตัวอย่างเอกสารอ้างอิง

หนังสือเล่ม :

บุญเสริม วีสกุล. 1517 สถิติตอนที่ 1 : วิถ์เก็บและประมวลข้อมูล.

พระนคร: ไทยวัฒนาพานิช. หน้า 57-64.

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

วารสาร:

สมพงศ์ จันทร์โพธิ์ศรี. 2520. "การเรียกชื่อธาตุ" วิทยาศาสตร์ มบ. 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

ດັບຟຟຳເມື່ອເສຣີຈງານ