



วารสาร

วิทยาศาสตร์

THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

ปีที่ 16 ฉบับที่ 1 ม.ค. - มี.ค. 31



หากทะเล



วารสาร
วิทยาศาสตร์ปู
THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

ISSN 0125-2384

เจ้าของ

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
สำนักงาน

ตึก 3 ห้องสมุดคณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อส่งเสริมและเผยแพร่วิชาการในสาขาวิชาต่าง ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์
2. เพื่อเผยแพร่ผลงานด้านการวิจัย และการศึกษา ค้นคว้าของอาจารย์และนักศึกษา
3. เพื่อเป็นสื่อกลางการแลกเปลี่ยนความรู้ และแนวความคิดทางวิชาการระหว่างอาจารย์ นักศึกษาและผู้สนใจ ทั้งภายในและภายนอกสถาบัน

กำหนดออก ปีละ 4 ฉบับ

- ฉบับที่ 1 มกราคม - มีนาคม
- ฉบับที่ 2 เมษายน - มิถุนายน
- ฉบับที่ 3 กรกฎาคม - กันยายน
- ฉบับที่ 4 ตุลาคม - ธันวาคม

ค่าบำรุง ปีละ 40 บาท ขายปลีกเล่มละ 12 บาท

การบอกรับเป็นสมาชิก

แจ้งความจำนงเป็นจดหมาย หรือกรอกใบสมัครเป็นสมาชิก พร้อมส่งค่าบำรุงเป็นชานันต์ หรือเช็คไปรษณีย์ในนามของนางบุญคุ้ม เหลือล้ำ ฝ่ายจัดการ ส่งจ่าย ป.ท.มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

ที่ปรึกษา

กณบดีคณะวิทยาศาสตร์
รองกณบดีฝ่ายวิชาการ
ทวิศักดิ์ แก้วชิม
สุวิน บุศราคัม

**บรรณาธิการ
บรรณาธิการผู้ช่วย
กองบรรณาธิการ**

ละออศรี เสนาะเมือง
เที่ยง ภูมิสะอาด
ไพบูรณ์ มงคลถาวรชัย
ปริญญา ธีรมงคล
อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์
ชัชวาลย์ เรื่องประพันธ์
พาณี วรรณนิชกุล
เฉลิม เรื่องวิรัชชัย
อโนทัย ตรีวานิช
วิทยา อมรกิจบำรุง
สมศักดิ์ สร้างบิน

ฝ่ายจัดหาทุน

วัฒนา นันทสาร
วิจิตรา ทุนอินทร์

ฝ่ายศิลป์และภาพ

ทรงเวทย์ เบ้าชัย
ลักขณา สุขบาง

ฝ่ายเหรียญก

สงวน ห่วงจิตร
บุญคุ้ม เหลือล้ำ

ฝ่ายจัดการ

บุษราภรณ์ ดวงคำน้อย
สมศักดิ์ อุ่นจันทิ



บทความหรือข้อคิดเห็นใด ๆ ในวารสารนี้เป็นของผู้เขียน ไม่จำเป็นต้องสอดคล้องกับทัศนะของกองบรรณาธิการ

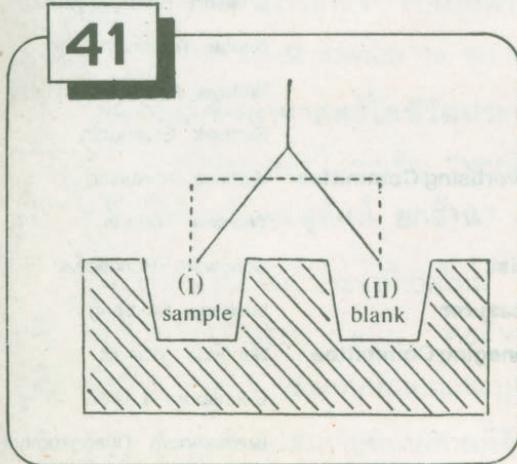
วิทยาศาสตร์ชุมชน.

THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

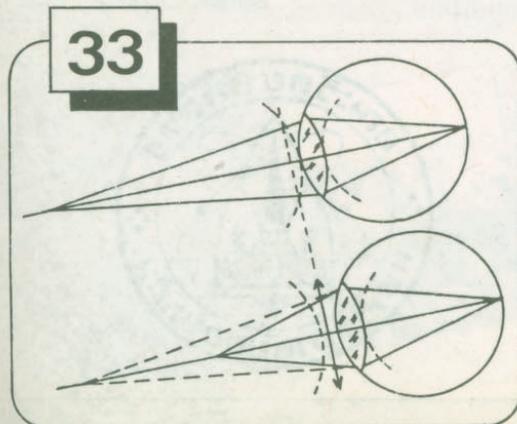
ปีที่ 16 ฉบับที่ 1



22



41



33

ข่าววิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กองบรรณาธิการ 1

ไม่ลองก็ไม่รู้

ดร.เพ็ญ 5

วิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน

วิทยา อมรกิจบำรุง 6

เคมี.....บริโภคและอุปก

เฉลิม เรื่องวิริยะชัย 9

พบนักวิทยาศาสตร์ดีเด่นแห่งประเทศไทย

ประจำปี 2530

วิทยา อมรกิจบำรุง 11

บทความ

มฤตยูเจียบทักามเอรูน

สุนันทา เสงร์ศรี 15

คำตอบสมการตัวแปรเดียวในจำนวนเต็มเกาส์

เที่ยง ภูมิสะอาด 18

ทากทะเล

ละออศรี เสนาะเมือง 22

ตัววัดสัญญาณชนิดจับอิเล็กทรอนิกส์

วิรัช ว่องพัฒนากุล 26

วิธีการของความโค้ง

สยาม ชูอิน 33

การไทเทรตแบบเทอร์โมเมตริก

ทิพย์วิไลย์ คำเหม็ง 41

การจัดการความเสี่ยงภัย

อินทัย ตริวานิช 50

งานวิจัย

การผลิตเบต้า-กาโรทีนโดยยีสต์

สุรสิทธิ์ รอดทอง 53

เบ็ดเตล็ด

เกร็ดความรู้

ชศยา 57

ปัญหาหรือแอปด

นาย TONY 59

คอลัมน์นี้มีรางวัล

น.ส.TINA ปกหลังด้านใน



ISSN 0188-8324



272872
วิทยาจารย์
THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

Publisher

Faculty of Science, Khon Kaen University,
Thailand.

Office

Faculty of Science Library, Building 6, Khon
Kaen University.

Objectives

1. To promote and propagate knowledge in all fields of science.
2. To publish results from research and studies by academic staff and students.
3. To be a medium for the exchange of knowledge and ideas among staff, students and those interested from both inside and outside the institute.

Publishing terms

four issues per annual volume
 Issue no. 1 January - March
 Issue no. 2 April - June
 Issue no. 3 July - September
 Issue no. 4 October - December

Subscription rate

40 baht per annum. Single issue price 12 baht.

Membership

Membership request can be made by letter or by completing the membership form, with the free paid in the form of a postal order or postal cheque sent to Mrs. Boonkoom Lualon, Managing Committee, Khon Kaen University Post-Office, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002.

Advisory Committee

Dean, Faculty of Science
Associate Dean for Academic Affairs

Thaveesakdi Keawsim

Suwin Busaracome

La-orsri Sanoamuang

Tiang Poomsa-ard

Editor

Associate Editor

Editorial Board

Paiboon Mongconthawornchai

Parinya Theramongkol

Utith Inprasit

Chatchavan Ruengprapan

Panee Wannitikul

Chalerm Ruangviriyachai

Anotai Trevanich

Wittaya Amornkijbumroong

Somsak Sarangbin

Advertising Committee

Vathana Nantasarn

Wichitra Toon-in

Artist

Songwate Bousechai

Treasurer

Luckana Sukbang

Managing Committee

Sanguan Wangjit

Boonkoom Lualon

Bussaraporn Duangkomnoi

Somsak Unjantee



The views and opinions expressed in this journal are those of the authors, and do not necessarily reflect the views and opinions of the editorial board.

บรรณาธิการ แปล



ปี 2531 นี้ย่างเข้าปีที่สองของกองบรรณาธิการชุดปัจจุบัน มีการเปลี่ยนแปลงบ้างเล็กน้อย ทั้งในส่วนของกองบรรณาธิการและคอลัมน์ประจำ นาย TONY ได้เดินทางไปศึกษาต่อต่างประเทศ แล้ว อย่างไรก็ตามนาย TONY ยังสง่าและบทความมาลงในวารสารฯ เช่นเคย สำหรับคอลัมน์นี้มีรางวัล น.ส.TINA ได้มาทำหน้าที่แทนนาย TONY ขอเชิญทุกท่านส่งคำตอบมาร่วมสนุกแต่เนิ่น ๆ ขอกระซิบบอกของที่ระลึกที่จะให้เปลี่ยนใหม่แล้วละ

มีหลายท่านถามมาว่า ดร.เพ็ญ เป็นใคร ตอนนี้อยู่ที่ไหน เอาไว้ให้ ดร.เพ็ญพร้อมเมื่อไร ก็จะเปิดเผยตัวพร้อมรูปถ่ายทันทีละ คอลัมน์ “ไม่ลองก็ไม่รู้” ยังเปิดรอให้ผู้สนใจส่งบทความสั้น ๆ มาลงในวารสารฯ เรื่องที่ได้รับการพิจารณาให้ตีพิมพ์ ผู้เขียนจะได้รับวารสารฯ ฉบับนั้น 2 เล่ม และสำเนาพิมพ์อีก 15 ชุด เป็นอนินันตนาการ

คอลัมน์วิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน ฉบับนี้เสนอเรื่องน่ารู้เกี่ยวกับ รุ่งกินน้ำ พิเศษสุดสำหรับปีมังกรทองนี้ ขอเชิญ “พบนักวิทยาศาสตร์ดีเด่นแห่งประเทศไทย ประจำปี 2530 ศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ ยกส้าน” โดย อ.วิทยา อมรกิจบำรุง นำติดตามมากละ

ขอแนะนำคอลัมน์ประจำที่เปิดใหม่ ได้แก่ “เกร็ดความรู้” ของ ขศยา ฉบับแรกนี้เสนอ เกร็ด ที่ขึ้นต้นด้วย “ทำไม” คอลัมน์ “เคมี.....บริโภคและอุปโภค” ของ อ.เฉลิม เรื่องวิริยะชัย ก็น่าสนใจสำหรับนักเคมีและบุคคลทั่วไป

ยังไม่สายเกินไปสำหรับหลายท่านที่ต้องการสมัครเป็นสมาชิกใหม่ และท่านที่ต้องการต่ออายุสมาชิก ใบสมัครและรายละเอียดมีอยู่แล้วในเล่มหน้าสุดท้าย พบกันใหม่ฉบับหน้า



ปกหน้าและปกหลัง

อ่านเรื่องทากทะเล หน้า 22

สวัสดีค่ะ

ละออศรี เสนาะเมือง

ข้อแนะนำ

ในการเขียนบทความลงวารสาร “วิทยาศาสตร์ มข.”



ประเภทของเรื่องที่จะตีพิมพ์

1. รายงานผลวิจัยและค้นคว้าหรือการสำรวจที่ยังไม่เคยตีพิมพ์ในวารสารหรือหนังสืออื่นมาก่อน
2. บทความปริทัศน์ ได้แก่งานเขียนที่รวบรวมหรือเรียบเรียงจากเอกสารหรือหนังสือต่าง ๆ เพื่อเผยแพร่และฟื้นฟูงานด้านวิชาการระดับต่าง ๆ
3. บทความแสดงข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในด้านวิชาการ เรื่องแปล ข่าววิชาการย่อความจากงานวิจัยค้นคว้าหรือหนังสือใหม่ที่น่าสนใจ

รูปแบบของการเขียนและการเตรียมต้นฉบับ

1. ชื่อเรื่อง ให้ใช้ภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ **ไม่ยาวเกินไป** และหลีกเลี่ยงการใช้คำย่อโดยไม่จำเป็น
2. ชื่อผู้เขียน เขียนชื่อภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษพร้อมทั้งบอกสถานที่ทำงานให้ชัดเจน
3. เนื้อเรื่อง ใช้ได้ทั้งภาษาไทยล้วนหรือภาษาอังกฤษล้วน ถ้าใช้ภาษาไทย ภาษาอังกฤษที่ใช้ปนกับภาษาไทยนั้นให้พยายามแปลเป็นไทยเท่าที่จะทำได้และให้เขียนคำเดิมกำกับในวงเล็บ การทับศัพท์ภาษาอังกฤษ ตลอดทั้งการเขียนตัวสะกดการันต์ในภาษาไทยให้ใช้ตามแบบราชบัณฑิตยสถาน เนื้อเรื่อง**ไม่ควรยาวเกินไป**
4. บทความวิจัย ควรมีบทคัดย่อและแบ่งเนื้อหาของบทความเป็นบทนำ วิธีดำเนินงาน ผลการวิเคราะห์บทสรุป และวิจารณ์
5. เชิงอรรถ (footnote) ใช้เฉพาะที่จำเป็นเพื่อขยายหรือให้รายละเอียดเพิ่มเติมแกใจความเฉพาะตอนในบทความ ข้อความที่จำเป็นจะต้องมีเชิงอรรถให้ใช้เครื่องหมายดอกจัน (*) กำกับท้าย
6. ตารางและภาพประกอบ คำบรรยายประกอบตารางหรือภาพประกอบควรจะสั้นและชัดเจน ถ้าจะเป็นภาพถ่ายให้ใช้ภาพขาว-ดำ ขนาดโปสเตอร์การ์ด ภาพเขียนลายเส้นควรเขียนด้วยหมึกดำ ภาพที่เขียนต้องชัดเจนและมีขนาดที่เหมาะสม
7. การตรวจทานต้นฉบับ ก่อนส่งต้นฉบับ ผู้เขียนควรตรวจทานความถูกต้องชัดเจนของบทความ ทั้งด้านเนื้อหาและการใช้ภาษาโดยเฉพาะเมื่อมีการแสดงตาราง แผนภูมิ หรือใช้สัญลักษณ์เฉพาะมาประกอบการเขียนบทความนั้น
8. เอกสารอ้างอิง หรือบรรณานุกรม เขียนตามแบบสากลนิยม
9. การส่งต้นฉบับ พิมพ์ต้นฉบับลงในกระดาษขาว A 4 (โรเนียวสัน) โดยใช้กระดาษหน้าเดียว ส่งต้นฉบับมาที่

อภิปรายสำหรับการสำหรับผู้เขียน

1. เรื่องที่ได้รับการตีพิมพ์ผู้เขียนจะได้รับวารสารฉบับนั้น 2 เล่ม และสำเนาพิมพ์อีก 15 ชุด

กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ มข.
คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น



ยารักษามะเร็งจากสบู่

สารประกอบ เอพีดี (APD) หรือ อะมิโด-เนต โซเดียม (amidonate sodium) ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาใช้ในผงซักฟอกครั้งแรกโดย Procter และ Gamble นั้นขณะนี้กำลังถูกนำมาใช้ในการรักษา มะเร็งระยะที่สอง โดยที่ เอพีดี จะไปจับกับผลึกไฮดรอกซีอะพาไทท์ในกระดูก ป้องกันไม่ให้ผลึกนี้ละลายเข้าไปในเลือด

ผู้ป่วยที่เป็นมะเร็งระยะสุดท้ายส่วนมากจะมีปริมาณแคลเซียมในเลือดต่ำ ทำให้ผู้ป่วยมีอาการอ่อนเพลีย แคลเซียมดังกล่าวมาจากชิ้นส่วนของกระดูกที่แตกหักซึ่งเกิดจากการทำลายของเซลล์มะเร็งระยะที่สอง

ปกติกระดูกจะมีการตกแต่งรูปร่างให้คงที่ โดยเซลล์ที่เรียกว่า ออสทีโอคลาสต์ (osteoclast) ซึ่งจะคอยทำลายกระดูกส่วนที่ไม่ต้องการและปล่อยแคลเซียมเข้าสู่กระแสเลือด ขณะเดียวกันกระดูกก็มีเซลล์ออสทีโอเบลาสต์ (osteoblast) ทำหน้าที่สะสมแคลเซียม ช่วยรักษาระดับแคลเซียมในเลือดให้คงที่ รวมทั้งซ่อมแซมรอยแตกหักของกระดูกด้วย แต่ในผู้ป่วย เซลล์มะเร็งจะหลั่งเอนไซม์ที่ไปกระตุ้นให้ออสทีโอคลาสต์ทำงาน

ทำให้ปริมาณของแคลเซียมในเลือดสูงขึ้น จนไตไม่สามารถขับออกไปได้ทัน ขณะเดียวกันจะเกิดโพรงในกระดูกรอบ ๆ เซลล์มะเร็ง ซึ่งจะขยายตัวออกไปเรื่อยๆ และเป็นอันตรายมากขึ้น

จากรายงานของโรเบิร์ต โคลแมน (Robert Coleman) ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับโรคมะเร็งแห่งโรงพยาบาล Guy เขาพบว่า สารเอพีดีไปยับยั้งเซลล์ออสทีโอคลาสต์ เอพีดีอาจจะไปขัดขวางการสร้างเซลล์ออสทีโอคลาสต์เซลล์ใหม่จากเซลล์ไขกระดูก และขัดขวางการเคลื่อนที่ของออสทีโอคลาสต์ไปยังกระดูกด้วย การที่เอพีดียึดติดกับผลึกไฮดรอกซีอะพาไทท์ของกระดูก ทำให้ปริมาณของเอพีดีที่ฉีดเข้าไปในผู้ป่วยแต่ละครั้งให้ผลนานประมาณ 2 สัปดาห์ นั่นคือ จนกระทั่งมีผลึกไฮดรอกซีอะพาไทท์เกิดขึ้นใหม่

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างผู้ป่วยที่ได้รับสารเอพีดี และผู้ป่วยที่ไม่ได้รับสารเอพีดีแล้วพบว่าผู้ป่วยที่ได้รับสารเอพีดีมีความเจ็บปวดน้อยกว่า ปริมาณแคลเซียมในเลือดไม่สูงเกินระดับปกติ สำหรับมะเร็งกระดูกจะใช้รังสีรักษาเป็นปริมาณครึ่งหนึ่งของปกติ และมีแตกหักของกระดูกน้อยมาก

New Scientist, December 1987

เรื่องเดช ชงศรี

วัคซีนป้องกันไอกรนชนิดใหม่

นักวิจัยในสวีเดนได้ทำการทดสอบวัคซีนป้องกันไอกรนชนิดใหม่เรียบร้อยแล้ว ผลปรากฏว่าวัคซีนมีประสิทธิภาพถึง 80% และไม่มีผลข้างเคียงเหมือนวัคซีนชนิดเก่าที่ยังคงใช้ในอังกฤษ

สวีเดนได้หยุดฉีดวัคซีนป้องกันไอกรนให้แก่เด็กในปี 1979 เนื่องจากการเสี่ยงต่อผลข้างเคียงของวัคซีน วัคซีนที่หยุดใช้แล้วนี้เป็นชนิดเดียวกับที่ใช้ในอังกฤษและอเมริกา คือ เป็นวัคซีนเชื้อตายของ *Bordetella pertussis* ซึ่งเป็นเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดไอกรน

วัคซีนชนิดใหม่นี้ไม่ได้ประกอบด้วยเซลล์ทั้งหมด แต่จะประกอบด้วยส่วนประกอบบางส่วนของเซลล์ที่ไปกระตุ้นให้ระบบภูมิคุ้มกันในร่างกาย สร้างแอนติบอดีออกมาทันที

New Scientist, November 1987

เรื่องเดช ชงศรี

ถั่วพลังสนามแม่เหล็ก

“สนามแม่เหล็ก สามารถช่วยให้เมล็ดพืชงอกเร็วขึ้น และมีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นลงด้วย” นี่เป็นคำกล่าวของนักวิจัยชาวญี่ปุ่น ชื่อ ฟุจิโอะ ชิมาซากิ (Fujiio Shimazaki) แห่งบริษัทเมล็ดพืช ชิมาซากิ เขาอธิบายเพิ่มเติมว่า เมล็ดพืชที่ถูกอบด้วยสนามแม่เหล็กเข้มข้นมาก ๆ สามารถทำให้พืชเจริญเติบโตและให้ดอกผลที่มากขึ้น

เขาทดลองอบถั่วแขก (kidney bean) และถั่วเหลือง (soya bean) ด้วยสนามแม่เหล็กที่มี



ขนาดมากกว่าสนามแม่เหล็กโลกประมาณ 1,000 เท่า โดยใช้แม่เหล็กถาวรหรือแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้กับถั่วปกติ ปรากฏว่าถั่วแขกที่อบสนามแม่เหล็กใช้เวลา 40 วัน ตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงวันเก็บเกี่ยว ในขณะที่ถั่วปกติ (ไม่ได้อบสนามแม่เหล็ก) ใช้เวลา 52 วัน ส่วนถั่วเหลืองที่อบสนามแม่เหล็กใช้เวลาสำหรับงอก 9 วัน ขณะที่เวลาเดิม คือ 11 วัน และใช้เวลาเก็บเกี่ยวภายใน 70 วัน ขณะที่เวลาปกติคือ 82 วัน และยังให้ผลผลิตสูงขึ้นจากเดิมมากกว่า 3 เท่า เขายังกล่าวอีกว่าเมล็ดพืชที่ถูกอบด้วยสนามแม่เหล็ก ให้ต้นพืชที่มีคุณภาพดีกว่าเดิมอีกด้วย

New Scientist, 17 December 1987

ชำนาญ ปัญญาใส

สังเคราะห์แสงโดยไม่ใช้พืช

ในไม่ช้านี้เทคโนโลยีของอุตสาหกรรมอาหารคงทำให้เราสามารถสร้างอาหารเองได้เช่นเดียวกับที่พืชสร้าง ทั้งนี้เป็นผลมาจากการทดลองค้นคว้า ซึ่งทำกันที่มหาวิทยาลัยแห่งเยรูซาเลม (University of Jerusalem)

นายอิตามาร์ วิลเนอร์ (Itamar Willner) และคณะแห่งภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยเฮบริว

(Hebrew University) ได้ผลิตก๊าซมีเทน รวมทั้งกรดฟอร์มิก จาก คาร์บอนไดออกไซด์ โดยใช้แสงอาทิตย์เป็นตัวช่วย นักเคมีเหล่านี้ได้ลอกเลียนแบบวิธีการที่พืชสร้างสารประกอบอินทรีย์ จาก คาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้แสงอาทิตย์ ด้วยการพัฒนาขบวนการสังเคราะห์แสงเทียมขึ้น พวกเขาได้สังเคราะห์สารที่ซับซ้อนได้ด้วย เช่น กรดแอสปาร์ติก และกรดกลูตามิก ซึ่งกรดอะมิโนทั้งสองนี้เป็นต้นแบบสำคัญของโปรตีน และใช้ในอุตสาหกรรมอาหารมาก

กรดฟอร์มิกนั้นใช้เป็นวัตถุเติม และเป็นเชื้อเพลิงในงานอุตสาหกรรม ส่วนกรดอะมิโนทั้งสองตัวที่สังเคราะห์ได้มีความสำคัญในอุตสาหกรรมอาหาร คือ กรดแอสปาร์ติกใช้ผลิตของหวานเทียม ส่วนกรดกลูตามิกใช้ผลิตผงชูรส

ขณะนี้นักวิจัยกลุ่มดังกล่าวกำลังพยายามสังเคราะห์สารอินทรีย์ตัวอื่นๆ ในห้องปฏิบัติการโดยใช้แสงอาทิตย์จากสารพื้นฐาน เช่น น้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ และคาร์บอนเนต เป็นต้น

New Scientist, 31 December 1987

เรื่องเดช ธงศรี

ข่าวจากต่างแดน

ORT: สามารถป้องกันโรคท้องร่วงได้จริงหรือ?

ถ้าถามคนส่วนใหญ่ถึงโรคภัยที่ฆ่ามนุษย์เรามากที่สุดคือโรคอะไร...พวกเขา มักจะตอบกันว่า **โรคมะเร็ง** นะสิ หรือไม่กี่ **โรคหัวใจ** ล่ะ ซึ่งมีส่วนน้อยที่จะกล่าวถึงความตายอันเนื่องมาจาก **โรคท้องร่วง**.....ที่ต้องสูญเสียไปอย่างมากมาย แล้วก็ตายในที่สุด

โรคท้องร่วงได้ฆ่าเด็กเป็นจำนวนมากมากกว่า 5 ล้านคนในแต่ละปีตามรายงานขององค์การอนามัยโลก (WHO) โดยเป็นสาเหตุแห่งความตายถึง 1 ใน 3 ของการตายของเด็กน้อยที่มีอายุตั้งแต่ 5 ขวบลงมา

ถึงอย่างไรก็ตาม ได้มีวิธีการปฏิบัติอย่างง่าย ๆ ที่เรียกว่า.....**การรักษาด้วยการดื่มน้ำกลับคืนมาด้วยปาก (ORAL REHYDRATION THERAPY; ORT)** สามารถช่วยชีวิตเด็กจำนวนล้านได้

ในทางตรงกันข้าม วิธีการปฏิบัติทางการแพทย์ โดยการใช้ยารักษาภายในนั้นดูเหมือนจะไม่ค่อยได้ผลคุ้มค่า แถมยังต้องมีการฝึกอบรมให้ถูกต้องและต้องใช้เครื่องมือเฉพาะอย่างอีกด้วย

ORT ดังกล่าวจะใช้เพียงเล็กน้อย ซึ่งบรรจุเป็น **ห่อที่มีกลูโคสและเกลือ.....ที่ผสมด้วยน้ำที่บริสุทธิ์และสะอาด** ของผสมนี้ไม่ใช่เป็นการหยุดโรคท้องร่วง แต่เป็นการช่วยให้ร่างกายสามารถดื่มน้ำและเกลือที่สูญเสียไปโดยโรคท้องร่วงนั้น.....กลับคืนมา เป็นการป้องกันการสูญเสียน้ำ รวมทั้งความตายอีกด้วย

ห่อดังกล่าวยังมีราคาประมาณแค่ 10 สลึงเท่านั้นเอง.....ที่สามารถเตรียมขึ้นมาใช้เองภายในบ้านได้ ภายหลังจากการให้คำแนะนำอันระมัดระวังไปแล้ว แม้ว่าจะสามารถเตรียมขึ้นใช้เองในบ้านเองก็ตาม **WHO** ได้ย้ำว่า มันเป็นเพียงการใช้เพื่อการป้องกันการสูญเสียน้ำได้.....แต่อันตรายที่เกิดภายหลังจากการปฏิบัติไปแล้ว ยังคงจะมีการสูญเสียน้ำอยู่

ตามรายงานของ **UNICEF** แจ้งว่าได้มีประเทศต่างๆ มากกว่า 100 ประเทศ ที่มีการใช้ **ORT** แล้ว แต่แพทย์และพยาบาลบางกลุ่ม

ยังคงมีความสงสัย และยังคงใช้วิธีการรักษาทาง การแพทย์เหมือนเช่นเคยอยู่ ซึ่ง UNICEF ได้เริ่ม มีความศรัทธาอย่างแรงกล้าเกี่ยวกับการใช้ ORT ด้วยความกระตือรือร้นอย่างยิ่ง

สมาชิกคนหนึ่ง ใน UNICEF ได้กล่าวว่า “ยังไม่มีวงการแพทย์ใดที่ใช้ได้เฉพาะเจาะจง ในช่วงความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ในศตวรรษ ที่ 20 ขณะนี้” และยังคงกล่าวเสริมว่า “ORT มีความ สามารถซึ่งซ่อนเร้นอยู่ภายใน.....ที่สามารถเป็นไปได้

ได้ในการป้องกันความตายที่อาจเกิดขึ้นในช่วง เวลาอันสั้นนั้น แถมยังสิ้นค่าใช้จ่ายเพียงน้อยนิดอีก”

....ไม่ทราบว่ามีคนไทยของเราในเวลานี้ได้มีการนำมาใช้ ORT บ้างแล้วหรือยัง ถ้ายัง....โปรด ติดต่อกับสอบถามได้ที่องค์การอนามัยโลก..... เพื่อลูกหลานที่น่ารักของพวกเขา.....

THE PLAIN TRUTH (ENGLAND)
FEBRUARY, 1988

นาย TONY



ขอเรียนเชิญท่านผู้สนใจส่งบทความสั้น ๆ ในแนว “ไม่ลองก็ไม่รู้” เพื่อเผยแพร่ ความรู้หรือประสบการณ์ในการทดลองทางวิทยาศาสตร์ โดยส่งมาที่ กองบรรณาธิการ วารสารวิทยาศาสตร์ มข. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002 เรื่องที่ได้รับการตีพิมพ์ ผู้เขียนจะได้รับวารสารฉบับนั้น 2 เล่ม, ของที่ระลึก และ สำเนาพิมพ์อีก 15 ชุด

ไม่ลองก็ไม่รู้



โดย...ดร.เพ็ญ

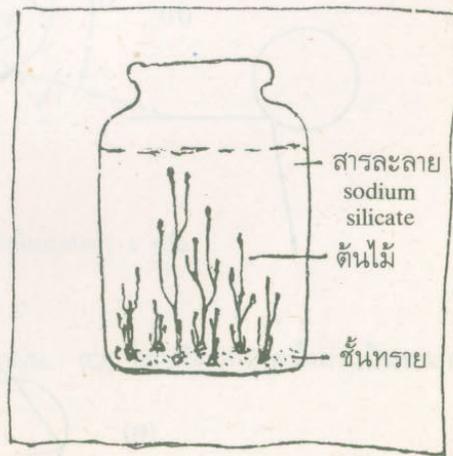
บทความในชุด “ไม่ลองก็ไม่รู้” นี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อกระตุ้นความสนใจและเสริมความเข้าใจด้านวิทยาศาสตร์โดยการทดลอง หรือประดิษฐ์เครื่องมืออย่างง่าย ซึ่งนอกจากจะให้ความเพลิดเพลินแล้วยังคาดหวังประโยชน์ต่อการสอนวิทยาศาสตร์ในแบบแผนปัจจุบันอีกด้วย

สวน (ของ) นักเคมี

อากาศร้อน ๆ อย่างเดือนเมษายน-พฤษภาคมนี้ พลอยให้อะไร ๆ ก็ร้อนไปหมดรวมทั้งใจด้วย ลองมาทำอะไรทำเล่นให้เย็น ๆ ใจดูบ้างคงจะดีไม่น้อย สมมุติว่าอยากจะทำสวนดอกไม้งาม ๆ ไร่ชื่นชม ก็คงต้องแก้ไขก่อนเป็นแน่ เพราะไหนจะร้อนอากาศยังแล้งน้ำซ้ำอีก ครั้นจะรอยุค “อีสานเขียว” ก็คงจะต้องอดทนอีกสักหน่อย เมื่อใดที่ทางป่าแถวเมืองทองท่าเขื่อนน้ำคาน เมื่อนั้นอีสานก็จะเขียวทันที เพราะเราจะเอาต้นไม้ทุกต้นที่ถอนจากเมืองทองมาปักลงในดินแดนอีสาน เท่านั้นก็แก้ปัญหาเรื่องสร้าง-ไม่สร้างเขื่อนที่ยืดเยื้อกันมานานลงได้ เพราะป่าไม้ของชาติไม่ถูกทำลายลงเลย เพียงแต่ “ย้ายที่” จากภาคตะวันตกมาอยู่ภาคอีสาน แถมยังทำให้โครงการอีสานเขียวสำเร็จลงในเวลาอันสั้นด้วย เห็นหรือยังว่ากระสุนนัดเดียวได้นกตั้งสองตัว เผลอ ๆ อาจเป็นสาม, สี่ หรือห้าตัวก็ได้เพราะเราใช้ปืนลูกซอง

ใครที่ไม่อยากรอจะลองทำสวนแบบนักเคมีดูก่อนก็เชิญลงมือ - ได้เลย

- ละลาย sodium silicate 100 ml. ในน้ำ 400 ml. แล้วใส่ขวดแก้วทรงสูงเอาไว้ เททรายสะอาดลงไปที่เป็นชั้นบาง ๆ ที่ก้นขวด
- หย่อนเมล็ดขนาดค่อนข้างใหญ่ของสารประกอบต่อไปนี้ลงไปตามใจชอบ
 1. CuSO_4 (สีฟ้า)
 2. NiSO_4 (สีเขียว)
 3. FeCl_3 (สีเหลือง)
 4. CaCl_2 หรือ MgSO_4 (สีขาว)
 5. MnCl_2 (สีชมพู)
 6. CoCl_2 (สีน้ำเงินเข้ม)
- ตั้งทิ้งไว้อย่าให้กระเทือน ภายใน 2-3 นาที จะเห็น “ต้นไม้” เริ่มงอกขึ้นจากผลึกที่ใส่ลงไปปล่อยให้โตเต็มที่ (อาจใช้เวลาเป็นวัน) ถ้าไม่กระทบกระเทือน อาจคงอยู่ได้นาน 2-3 วันทีเดียว





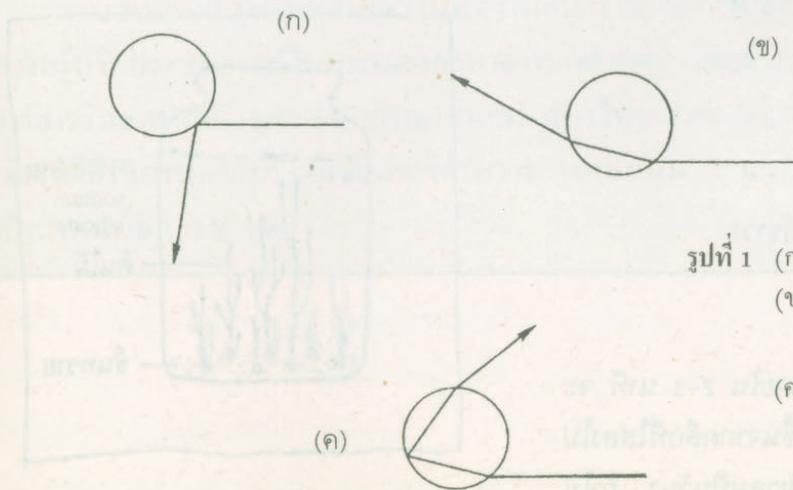
วิทยาศาสตร์ ในชีวิตประจำวัน

* วิทยา อมรกิจบำรุง

รุ้งกินน้ำทำไมดวงอ

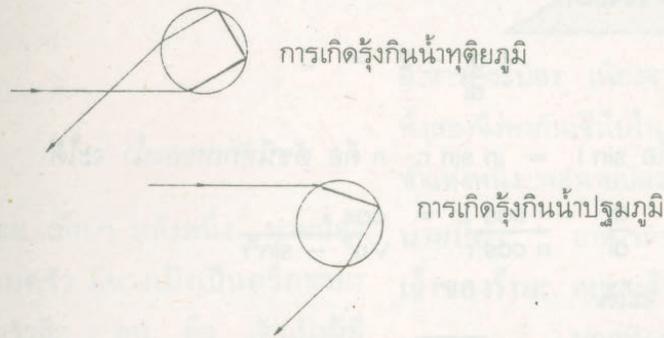
รุ้งกินน้ำอาจถือได้ว่าเป็นภาพที่สวยงามที่สุดในท้องฟ้า นักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษาเป็นเวลากหลายศตวรรษมาแล้ว มีผู้พรรณนาถึงความสวยงามของรุ้งกินน้ำไว้มากมาย แต่ท่านเคยสงสัยไหมว่า รุ้งกินน้ำทำไมจึงดวงอ

ก่อนจะตอบข้อสงสัยนี้ได้ เราคงต้องเข้าใจหลักการของการเกิดรุ้งกินน้ำเสียก่อน กล่าวคือ การศึกษารุ้งกินน้ำเป็นการศึกษาการกระจายของแสงที่เกิดจากหยดน้ำทรงกลม เมื่อได้รับแสงจากดวงอาทิตย์ในมุมที่เหมาะสม แสงบางส่วนจะสะท้อนที่ผิวนอกของหยดน้ำ บางส่วนจะหักเหเข้าไปในหยดน้ำ และหักเหออกจากหยดน้ำที่ผิวอีกข้างหนึ่ง โดยไม่มีการสะท้อนที่ผิวด้านในของหยดน้ำ แสดงในรูปที่ 1 ก. และรูปที่ 1 ข. ตามลำดับ



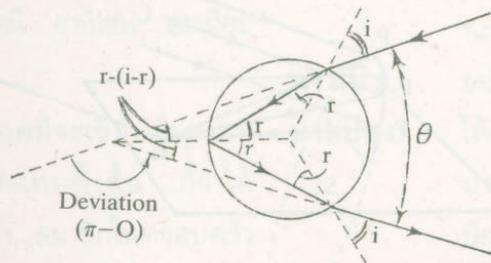
รูปที่ 1 (ก) แสงสะท้อนที่ผิวนอกหยดน้ำ
(ข) แสงหักเหผ่านหยดน้ำ โดยไม่มีการสะท้อนภายในหยดน้ำ
(ค) แสงหักเหผ่านหยดน้ำโดยมีการสะท้อนภายใน 1 ครั้ง

แสง 2 ส่วนนี้ไม่ทำให้เกิดรุ้งกินน้ำ ยังมีแสงบางส่วนซึ่งหักเหเข้าไปในหยดน้ำแล้วจะเกิดการสะท้อนที่ผิวในของหยดน้ำก่อนหักเหครั้งที่ 2 ออกจากหยดน้ำแสดงในรูปที่ 1 ค. ถ้ามีการสะท้อนภายในหยดน้ำ 1 ครั้ง เกิดรุ้งกินน้ำชื่อว่า ปฐมภูมิ (primary rainbow) สะท้อนภายในหยดน้ำ 2 ครั้ง เกิดรุ้งกินน้ำชื่อว่าทุติยภูมิ (secondary rainbow) แสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ลักษณะการเกิดรุ้งกินน้ำปฐมภูมิและทุติยภูมิ

เราจะพิจารณาเฉพาะการเกิดรุ้งกินน้ำปฐมภูมิพอเข้าใจเพื่อตอบข้อสงสัยของเรา โดยดูจากแสงหักเหและสะท้อนผ่านหยดน้ำฝน ตามรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสงหักเหและสะท้อนภายในหยดน้ำ 1 ครั้ง

มุมที่ลำแสงที่ออกจากหยดน้ำฝนทำกับลำแสงที่เข้าสู่หยดน้ำฝน (O) โดยคิดว่าหยดน้ำฝนเป็นทรงกลมจะได้

$$\begin{aligned}
 O &= 2[r - (i - r)] \\
 &= 4r - 2i
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

เคมี... บริโภค และ อุปโภค

*เฉลิม เรื่องวิริยะชัย

ณ บ้านน้อย...เล็ก ๆ หลังหนึ่ง นายป่อง เป็นหัวหน้าครอบครัว มีนางเป้งเป็นศรีภรรยา สมาชิกในครอบครัวอีก 2 คน คือ เจ้าแบ่งผู้พี่ กะเจ้าป่องผู้น้อง พ่อ-แม่และลูก ๆ อยู่ด้วยกัน อย่างมีความสุข โดยเฉพาะในเรื่องการกินอยู่ และรู้ ๆ กันอยู่แล้วว่า ทุกครั้งในชีวิตประจำวัน มักจะเกี่ยวข้องกับสารเคมีสำหรับการบริโภคเสมอ เช่น น้ำปลา ซีอิ้ว อาหารกระป๋อง น้ำตาล น้ำ-ส้มสายชู ผงชูรส น้ำหวาน เป็นต้น จนกระทั่ง พวกเครื่องไม้เครื่องมืออุปกรณ์ในการอุปโภคก็ยัง ไม่วายที่จะเกี่ยวข้องกับสารเคมี อาทิเช่น ตะเกียบ ถ้วยชามพลาสติก เป็นต้น

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า....เคมีจะเข้าไปมีบทบาท ในการบริโภคและอุปโภคแทบทั้งสิ้น.....ก็ว่าได้ เพราะฉะนั้นเราลองมาดูสิว่า...สมาชิกในครอบครัว ของนายป่อง จะทำอะไรกันบ้างที่เกี่ยวข้องกับ สารเคมี ซึ่งครั้งนี้จะเสนอในชื่อหัวข้อที่ว่า

...ไม่น่าเลย...

ปีใหม่ 2531 ปีนี้เองนายป่องคิดที่จะซื้อ ของขวัญปีใหม่ให้กับญาติผู้ใหญ่ จึงปรึกษากับ นางเป้ง...ผู้ภรรยา ถึงเรื่องดังกล่าว ผลปรากฏ ว่าจะชวนกันเข้าเมืองเพื่อไปซื้อของฝากจำพวก

อาหารกระป๋อง เนื่องจากสะดวกและง่าย ดังนั้น ทั้งสองจึงพากันเข้าไปในเมือง แวะเข้าร้านขายของ ชำแห่งหนึ่ง...พอนายป่องมาถึงร้าน ก็เอ่ยถามว่า

นายป่อง: อาหารกระป๋องอยู่แถวไหนหรือ

เจ้าของร้าน: อยู่ทางด้านข้างโน้นไง (พร้อมทั้งชี้ บอทิศทาง)

นายป่องจึงเดินไปพร้อมนางเป้ง ไปยังทิศทางดังกล่าว

นางเป้ง: นี่ไงพวกอาหารกระป๋อง มีเยอะ- เยอะ ไม่รู้จะเลือกซื้อพวกไหนดี

นายป่อง: ความจริงซื้ออะไรไปฝากก็ได้ แต่ สำคัญที่ว่า ควรเลือกซื้ออาหาร กระป๋องให้ดี ๆ หน่อยก็แล้วกัน นะจ๊ะ

นางเป้ง: อย่างนั้นก็ช่วยบอกหน่อยสิ

นายป่อง: ได้เลย จะเล่าตามที่เคยพบและ ประสบมา คือควรเลือกซื้อกระ- ป๋องที่ **ไม่มีรอยบุบ** เพราะกระป๋อง ที่บุบนี้ อาจทำให้สารที่ เคลือบ ด้านในลอกหลุดและละลายปน ออกมา

นางเป้ง: นอกเหนือจากนั้น มีอะไรอีกไหม

นายป่อง: กระป๋องจะต้อง**ไม่เป็นสนิม**อีกด้วย เพราะสนิมที่เกิดอยู่ภายนอก อาจผุกร่อนไปถึงด้านในได้ นอกจากนั้น ถ้ากระป๋องใดมีรอยพอง

หรือโป่ง ก็อย่าซื้อ แสดงว่าอาหาร
ที่บรรจุอยู่ภายในเสื่อมคุณภาพ
หรือบูดเน่า

นางเป้ง:

อย่างนั้นเชียว

นายป๋อง:

และจะต้องดูฉลาก แสดงราย-
ละเอียดของผลิตภัณฑ์ ชื่อและ
ที่ตั้งผู้ผลิต เลขทะเบียนอาหาร
ของกระทรวงสาธารณสุข แจ็ง
น้ำหนักสุทธิ ส่วนประกอบของ
อาหาร วันเดือนปีที่ผลิต และ
ฉลากต้องเห็นได้ชัด ไม่เลอะเลือน
และที่น่าสนใจอย่างหนึ่ง คือ จะ
ต้องมี.....นางเป้งตอบแทรกขึ้นมาว่า

“...เครื่องหมายมาตรฐาน จาก
สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมด้วย ใช่หรือเปล่า”

นายป๋อง:

อ้าว! รู้เหมือนกันหรือนี่

ขณะที่ทั้งสองกำลังพูดคุยถึงการเลือกซื้อ
อาหารกระป๋องอยู่ ทันใดนั้นนั่นเองก็มีเสียงดัง
สอตแทรก... แหวกอากาศมาแต่ไกลว่า

“นี่พวกคุณ! เมื่อไหร่จะซื้ออาหารกระป๋อง
เสียที มัวแต่พูดอยู่นั้นแหละจนพวกอาหาร
กระป๋องที่อยู่ตรงแถวนั้น จะบูบ...จนเป็นสนิม
และพองโป่ง ตามคำพูดไปหมดแล้ว”

นายป๋องและนางเป้ง: | ง ? |

พบนักวิทยาศาสตร์ดีเด่น แห่งประเทศไทย ประจำปี 2530

* วิทยา อมรกิจบำรุง

ในโอกาสที่คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ได้รับเกียรติจากศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ ยกส้าน นักวิทยาศาสตร์ดีเด่นแห่งประเทศไทย ประจำปี 2530 มาเยี่ยมชมและบรรยายพิเศษ ในวันที่ 25 กันยายน 2530 เกี่ยวกับ "วิทยาศาสตร์" แก่คณาจารย์และนักศึกษาคณะวิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งตอบคำถามต่าง ๆ ในโอกาสนี้ผู้เขียนได้มีโอกาสสนทนาและฟังการบรรยายดังกล่าว จึงขอถ่ายทอดเนื้อหาสาระต่าง ๆ อันจะเมื่อนประโยชน์ต่อวงการวิทยาศาสตร์ไทย ให้ได้ทราบโดยทั่วกัน ดังนี้

ศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ ยกส้าน ได้กล่าวไว้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ว่าการศึกษาศาสตร์เป็นการ สังเกตปรากฏการณ์ธรรมชาติ อธิบายธรรมชาติ และมนุษย์พยายามจะเอาชนะธรรมชาติให้ได้ ซึ่งแตกต่างกับสัตว์ที่พยายามปรับตัวให้เข้ากับธรรมชาติ ไม่มีความสามารถที่จะเอาชนะธรรมชาติได้ ความรู้ที่ได้จากการศึกษาศาสตร์นี้ ถ้าสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เราก็เรียกว่า "เทคโนโลยี" แต่ถ้ายังไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในปัจจุบัน ก็ไม่ใช่ว่ามันไม่มีความสำคัญ เพราะถือว่าความรู้เป็นสิ่งอันสุนทร เป็นสิ่งจริงใจจิตใจนักวิทยาศาสตร์ผู้ค้นพบเอง

ว่าเขาเป็นผู้มีความสามารถคนหนึ่ง และเป็นสิ่งสวยงามสำหรับผู้ได้เห็น (ผู้รับรู้ผลงานชิ้นนั้น) วิทยาศาสตร์เป็นความสวยงามทางด้านวิชาการ เป็นเหตุเป็นผลกัน สามารถอ้างอิงได้ มันเป็นอารยธรรมแบบหนึ่งซึ่งเราคิดว่า จะเป็นอารยธรรมที่ไม่มีวันสูญหายเหมือนอย่างอารยธรรม อียิปต์ โบราณซึ่งยังไม่มีความเป็นวิทยาศาสตร์

การวิจัยทางด้านวิทยาศาสตร์นั้น มี 2 แบบ คือ ปฏิบัติและทฤษฎี ทางด้านปฏิบัติต้องการเงินมหาศาลในการทำ นอกจากนี้ยังต้องมีความถนัดในการแก้เครื่องมือ ในการออกแบบและสร้างเครื่องมือและต้องการทีมงานที่ดีด้วย ส่วนทางด้านทฤษฎีต้องการแค่ กระดาษ, ดินสอ, เอกสาร การวิจัย, ไม่ต้องการวัสดุมากมาย เพียงแต่ใช้สมอง, เวลา ความสามารถ และการทุ่มเท ตัวคนเดียวก็สามารถสร้างผลงานออกมาได้ อย่างไรก็ตามงานวิจัยก็ต้องมีทั้ง 2 ด้าน เปรียบเสมือนคนที่มี 2 ขา ก้าวสลับกันไป เพราะทฤษฎีสร้างขึ้นเพื่ออธิบายผลการทดลอง ขณะเดียวกันทฤษฎีก็จะมีการทำนายผลการทดลองล่วงหน้าด้วย ในบ้านเราจะถือว่าการวิจัยทางทฤษฎีไม่มีประโยชน์ต่อประเทศชาติไม่ได้ เพราะนั่นหมายถึงว่าเราพยายามจะก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์ด้วยเราเพียงข้างเดียว เป็นไปไม่ได้ มีแต่จะหกล้มเจ็บตัวเปล่า ๆ

ตราบใดที่เราตอบคำถามเกี่ยวกับธรรมชาติ ได้ เรากำลังเริ่มรู้วิทยาศาสตร์เข้าบ้างแล้ว แต่แค่คนรู้วิทยาศาสตร์ยังไม่ใช่นักวิทยาศาสตร์ การเป็นนักวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยมากกว่าความรู้ (ตัวอย่าง เช่น คุณทอง “นะโมฯ” ได้ ไม่ได้เรียกว่า “พระ”) การรู้วิทยาศาสตร์ไม่ใช่นักวิทยาศาสตร์ การเป็นนักวิทยาศาสตร์ต้องทุ่มเทมากกว่านั้น มันเป็นเรื่อง มันมีวิญญาณ การเรียนระดับปริญญาตรีเป็นการเก็บความรู้ พยายามจะเข้าใจ ขบวนการของจิตใจสำหรับคนที่เขาทุ่มให้กับงานแบบนี้ กวีเขียนบทกวีขึ้นมา เราอ่านก็รู้สึกซาบซึ้ง เช่น “เรื่อย ๆ มาเรื่อย ๆ นกบินเฉียงมาทั้งหมด” ถ้าหากคุณเขียนขึ้นได้หรือสร้างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ขึ้นมาได้ มันทำให้ถึงกับนอนไม่หลับจริงๆ มันเป็นความรู้สึกปลื้มในความสามารถว่า “เราทำได้” ไม่ใช่อยากดัง แต่มันเป็นการพิสูจน์ตนเอง การเรียนวิทยาศาสตร์ต้องเรียนอยู่นานไม่เหมือนการเรียนหน้าที่พลเมืองและศีลธรรม ต้องเป็น 10 ปี, ต้องทุ่มตัว, ต้องครุ่นคิดกับปัญหา, ทุ่มกับงาน, คนพวกนี้ชีวิตในครอบครัวค่อนข้างจะราบรื่น, การที่คนจะสร้างความรู้ก็คงไม่ใช่ธรรมดา จะต้องพิเศษ, ผลที่ได้รับจะเป็นทางด้านจิตใจ แต่ด้านวัตถุไม่ค่อยมีให้มากนักสำหรับประเทศอย่างเรา ไม่เหมือนต่างประเทศที่มีค่าตอบแทนทางความคิดสูงมาก แต่ค่าตอบแทนทางจิตใจ ไม่ว่าจะอยู่ที่ไหน เหมือนกันหมดเป็นความภูมิใจในความสามารถของตัวเอง ทุกคนจะรู้สึกเช่นนี้ที่ทำได้

การทำงานฝึกฝนทางวิทยาศาสตร์ วิธีที่ดีที่สุด คือ การได้สัมผัสกับคนที่เขาทำงานวิทยาศาสตร์จริงๆ (นักวิทยาศาสตร์จริงๆ) การอ่านตำราทั้งปี ทั้งชาติ ก็ไม่จบ แต่ถ้ายังไม่ได้ลงมือทำเองเหมือนกับการอ่านนิยายรัก ตั้งเยาะเย้ย แต่ยังไม่เคยลองรักเอง มันต่างกัน, ถ้าคุณได้ลองดูจริงๆ จะรู้ว่าปัญหามันอยู่ที่ไหน แก้ไขอย่างไร เรียนแล้วต้องลองทำจริงๆ มีพี่เลี้ยงคอยช่วยแนะนำ เหมือนกับเรียนอาชีพค้าขายกับพ่อค้าจริงๆ จะ

ได้รับวิทยายุทธจริงๆ ปัญหาทางด้านวิทยาศาสตร์ที่จะให้ทำมีมากมาย ยิ่งทำยิ่งเยาะ ยิ่งทำเหมือนยิ่งยุ แต่ถ้าไม่รู้อะไรก็คงไม่มีปัญหาจะทำ

ส่วนมากคนไทยมักจะมีความรู้สึกว่า การเรียนวิทยาศาสตร์ เป็นนักวิทยาศาสตร์ ไม่เหมาะกับสภาพการณ์ของเรา และเมื่อจบวิทยาศาสตร์แล้วไปทำอะไรได้บ้าง นักวิทยาศาสตร์ดีเด่นฯ ชี้แจงว่าความรู้สึกนึกคิดที่เป็นวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ควรภาคภูมิใจ เราได้แนวความคิด ได้ประสบการณ์ มีคุณค่าต่อชีวิต ไม่ม่งมาย ส่วนทำอะไรได้บ้างนั้น เราต้องถามตัวเอง การเรียนกับการวิจัยไม่เหมือนกัน การเรียนไม่ต้องใช้ความคิดสร้างสรรค์แต่การวิจัยต้องมีความคิดสร้างสรรค์ มีด้วยกันทุกคน แต่ว่ามีโอกาสได้ใช้มันหรือเปล่านั้นอยู่กับสิ่งแวดล้อม นักจิตวิทยาบอกว่าคนธรรมดาใช้ความสามารถแค่ 30% อีก 7% ยังไม่ได้ใช้ ต้องมีการฝึกให้ใช้ส่วนนี้โดยมีอาจารย์ช่วย และมันออกมา หรืออาจกล่าวได้ว่า “คุณมีความสามารถมากกว่าที่คุณคิด”

คนที่ไม่รู้วิทยาศาสตร์จริงๆ มักจะเข้าใจว่าการเรียนวิทยาศาสตร์ไม่เหมาะกับเมืองไทยและเป็นการโศครายที่เรียน เพราะว่าประเทศเราจน จุดนี้ยังมีคนจำนวนมากที่ “เห็นด้วย” แต่จริงๆ แล้วยิ่งถ้าจนเราต้องรู้วิทยาศาสตร์ให้มากๆ และทุก ๆ คนเพื่อยกระดับความรู้วิทยาศาสตร์ให้สูงขึ้น มีประเทศไหนบ้างในโลกนี้ที่มีความเจริญทางด้านวิทยาศาสตร์มากๆ แล้วจน อาจจะมีบ้างที่ประเทศนั้น ๆ รวย (เช่นพวกอาหรับ) โดยที่ประเทศตนไม่มีความเจริญทางวิทยาศาสตร์ แต่ถ้าโลกไม่มีความเจริญทางวิทยาศาสตร์จะสามารรถขุดน้ำมันมาขายสร้างควมร่ำรวยได้หรือ

สุดท้ายผู้เขียนได้นำประวัตินักวิทยาศาสตร์ดีเด่น รางวัลและทุนต่างๆ ที่ท่านได้รับ พร้อมทั้งผลงานตีพิมพ์ อันเป็นสิ่งสุนทรที่ท่านได้รับ จะได้เป็นสิ่งจรรโลงจิตใจแก่อนุชนรุ่นหลังเพื่อเป็นแนวที่จะได้พบสิ่งอันสุนทรในอนาคต



ประวัติส่วนตัว

ศาสตราจารย์ ดร.สุทัศน์ ยกส้าน

เกิดเมื่อวันที่ 10 กรกฎาคม พ.ศ. 2488 ที่จังหวัดตรัง เป็นบุตรคนที่ 3 ในจำนวน 7 คน ของ นายยงจินต์ และนางจ้อยทั้น ยกส้าน

การศึกษา

- 2494 - 2498 โรงเรียนอนุกุลสตรี จังหวัดตรัง
- 2498 - 2504 โรงเรียนวิเชียรมาตุ จังหวัดตรัง
- 2504 - 2506 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา กรุงเทพฯ
- 2506 - 2507 คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์ มหาวิทยาลัยแพทยศาสตร์
- 2507 - 2509 นอร์ริชซิตีคอลลเลจ นอร์ริช อังกฤษ
- 2509 - 2512 ปริญาตรีฟิสิกส์ (เกียรตินิยม) อิมพีเรียลคอลลเลจ มหาวิทยาลัยลอนดอน อังกฤษ
- 2512 - 2513 ปริญาโทฟิสิกส์ด้านทัศนศาสตร์ประยุกต์ อิมพีเรียลคอลลเลจ มหาวิทยาลัยลอนดอน อังกฤษ
- 2516 - 2517 ปริญาโทฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียที่ริเวอร์ไซด์ สหรัฐอเมริกา
- 2517 - 2521 ปริญาเอกฟิสิกส์ ด้านฟิสิกส์ของของแข็งภาคทฤษฎี มหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียที่ริเวอร์ไซด์ สหรัฐอเมริกา

ประวัติการทำงาน

- 2513 - 2523 อาจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์ มศว.ประสานมิตร
- 2523 - 2526 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์ มศว.ประสานมิตร
- 2526 - 2528 รองศาสตราจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์ มศว.ประสานมิตร
- 2528 - ปัจจุบัน ศาสตราจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์ มศว.ประสานมิตร
- 2523 - 2526 หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2528 - 2530 ผู้ช่วยคณบดีคณะวิทยาศาสตร์ ฝ่ายวิชาการ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปัจจุบัน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ทุนศึกษา ทุนอบรม ทุนวิจัย และรางวัล

- 2507 - 2513 ทุนรัฐบาล ศึกษาต่อที่ประเทศอังกฤษ
- 2516 - 2521 ทุนรัฐบาล ศึกษาต่อที่ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 9 เม.ย. - 20 ม.ย. 2523 ทุนฝึกอบรม เรื่อง ของแข็งมิติต่ำ ที่สถาบันฟิสิกส์ภาคทฤษฎีทริเอสเต
อิตาลี
- 15 ม.ย. - 2 ก.ค. 2524 ทุนฝึกอบรม เรื่อง ฟิสิกส์กับความต้อการปัจจุบัน ที่อิสลามาบัต ปากีสถาน
- 14 เม.ย. - 22 มิ.ย. 2527 ทุนฝึกอบรม เรื่อง สารกึ่งตัวนำผลึก ที่สถาบันฟิสิกส์ภาคทฤษฎีทริเอสเต
อิตาลี
- 15 ส.ค. 26 - 14 ก.พ. 27
- 1 พ.ค. - 31 ต.ค. 2528 ทุนวิจัยจากสภาวิจัยวิทยาศาสตร์ธรรมชาติและวิศวกรรมศาสตร์ แห่ง
แคนาดา
- 1 มี.ค. - 30 มิ.ย. 2530 ที่มหาวิทยาลัยวอเตอร์ลู ประเทศแคนาดา
- 1 มี.ค. - 30 มิ.ย. 2532
- 2524 รางวัลวิจัยดีเด่นสาขาวิทยาศาสตร์กายภาพและคณิตศาสตร์ จากสภา
วิจัยแห่งชาติ
- 2530 รางวัลนักวิจัยดีเด่นแห่งชาติ สาขาวิทยาศาสตร์กายภาพและคณิตศาสตร์
จากสภาวิจัยแห่งชาติ

๐ มฤตยูเจียบที่คาเมอรูน ๐

* ดร.สุนันทา เสงี่ยมศรี

วันที่ 21 สิงหาคม 2529 ที่หมู่บ้านเล็ก ๆ ในหุบเขาคาเมอรูน ชาวพื้นเมือง
อัฟริกัน 1,700 คน ได้ถึงแก่ความตายอย่างเจียบ ๆ โดยไม่มีร่องรอยของการต่อสู้ใด ๆ ทั้งสิ้น
ใครเป็นผู้อยู่เบื้องหลังฆาตกรรมหมู่ครั้งนี้

หมู่บ้านไนออสเป็นหมู่บ้านที่อยู่บนเชิงเขา
คาเมอรูนซึ่งอยู่ทางทิศตะวันตกของทวีปอัฟริกา
ภูมิภาคโดยรอบเป็นเทือกเขาของภูเขาไฟที่
ดับแล้วและบางส่วนยังคงคุกรุ่นอยู่ มีทะเลสาบเป็น
จำนวนมาก ทะเลสาบเหล่านี้รวมทั้งทะเลสาบ
ไนออสล้วนแต่เป็นแหล่งน้ำที่เกิดจากปล่อง
ภูเขาไฟ เทือกของฆาตกรรมหมู่ครั้งนี้ส่วนใหญ่
เป็นประชาชนของหมู่บ้านไนออส ผู้รอดชีวิต
คนหนึ่งได้เล่าว่าในหัวค่ำของคืนแห่งความตายนั้น
เขาเพิ่งจะหลับไปและได้สะดุ้งตื่นขึ้นเนื่องจากเสียง
ที่ดังมาก เขาและครอบครัวได้วิ่งออกจากบ้านและ
จ้องมองไปยังแหล่งกำเนิดของเสียงซึ่งอยู่ที่ทะเล
สาบไนออส เขาเห็นหมอกควันจำนวนมากพวยพุ่ง
ออกจากทะเลสาบไหลไปตามเชิงเขาลงสู่หุบเขา
ที่อยู่เบื้องล่าง หมอกควันเหล่านี้หยุดเคลื่อนไหว
ภายในเวลา 1 ชั่วโมง แต่เขาและครอบครัวหวาด
กลัวเกินกว่าที่จะกลับบ้าน ในวันรุ่งขึ้นเขาและ
ผู้รอดชีวิตอื่น ๆ ได้ลงจากภูเขาและได้พบศพของ

ผู้คนและสัตว์เลี้ยงเป็นจำนวนมากเรียงรายอยู่
ในหมู่บ้าน ศพไม่ถูกรบกวนโดยแมลงวันหรือมด
ไม่มีร่องรอยของสิ่งมีชีวิตใด ๆ แม้กระทั่งมด
และแมลงเล็ก ๆ หลงเหลืออยู่ มันช่างคล้ายคลึง
กับการทำลายล้างของระเบิดนิวตรอนที่เลือกทำ
ลายเฉพาะแต่สิ่งมีชีวิตเท่านั้น

ที่หมู่บ้านไนออส ก๊าซในลักษณะหมอกควัน
มีความสูงถึง 50 เมตร เคลื่อนที่เข้าสู่หมู่บ้าน
อย่างรวดเร็วในขณะที่วิถีชีวิตของชาวบ้านกำลัง
ดำเนินไปอย่างปกติ หลายครอบครัวกำลังรับประทาน
อาหารเย็น หลายครอบครัวได้หลับไปแล้ว เมื่อก๊าซ
เคลื่อนที่ผ่านไป 1,200 ชีวิตในหมู่บ้านก็ถึงแก่
ความตาย กลุ่มก๊าซเคลื่อนที่ต่อไปเป็นระยะทาง
ถึง 16 กิโลเมตร ออกจากหมู่บ้านไนออสเข้าสู่
หมู่บ้านใกล้เคียงและแพร่กระจายความตายให้
แก่ประชาชนในหมู่บ้านซา, ชูบัมและแพง อีก
500 ชีวิต

* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ที่ทะเลสาบไนออส การปลดปล่อยก๊าซจำนวนมากออกมาทำให้ระดับน้ำลดลงกว่าหนึ่งเมตรและสามารถคาดคะเนได้ว่าก๊าซที่ถูกปล่อยออกมามีปริมาณถึง 1 ล้านล้านลูกบาศก์เมตร ห้วงน้ำที่เคยใสสะอาดกลับมีสีแดงของสนิมเหล็กที่ปะปนมากับกลุ่มก๊าซ การผุดฟุ้งของก๊าซก่อให้เกิดคลื่นขนาดยักษ์ที่มีความสูงกว่า 80 เมตร ชัดชัดเข้าสู่ชายฝั่งและทำลายพรรณไม้ที่อยู่รอบ ๆ ทะเลสาบ

วิกฤตการณ์ในลักษณะนี้ได้ปรากฏขึ้นครั้งหนึ่งแล้วในเดือนสิงหาคม 2527 ที่ทะเลสาบโมเนห์ ซึ่งอยู่ห่างจากทะเลสาบไนออสลงไปทางใต้ประมาณ 95 กิโลเมตร ในครั้งนั้นมีผู้เสียชีวิตทั้งสิ้น 37 คน

วิกฤตการณ์ที่ทะเลสาบไนออสทำให้นักวิทยาศาสตร์จากทุกมุมโลกมาที่ทะเลสาบแห่งนี้เพื่อศึกษาถึงชนิดและสาเหตุของการผุดฟุ้งอย่างรุนแรงของก๊าซ ตัวอย่างของน้ำที่เก็บได้ที่ระยะลึกจะมีฟองก๊าซผุดออกมาตลอดเวลาคล้ายกับน้ำโซดา การวิเคราะห์พบว่าก๊าซที่ปะปนในน้ำคือ **คาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งไม่ใช่ก๊าซพิษ** แต่มีความหนาแน่นสูงกว่าอากาศ ดังนั้นเมื่อแยกตัวออกจากน้ำจึงลอยต่ำและแทนที่อากาศ ผู้ที่อยู่ภายใต้บรรยากาศของก๊าซนี้จะอยู่ในภาวะขาดออกซิเจนและตายในที่สุด นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สะสมภายใต้ทะเลสาบนี้เป็นก๊าซที่ซึมขึ้นมาจากใต้พิภพที่ยังมีความร้อนสูงและปฏิกิริยาเคมียังดำเนินอยู่ การวิเคราะห์ทางไอโซโทปสนับสนุนความเชื่อของนักวิทยาศาสตร์เหล่านี้ โดยพบว่า C-14 ในก๊าซตัวอย่างมีปริมาณสูงกว่าที่พบในบรรยากาศ

ปัญหาที่นักวิทยาศาสตร์ครุ่นคิดกันต่อไปก็คือ เหตุใดก๊าซจึงฟุ้งออกมาพร้อม ๆ กันเป็น

จำนวนมาก นักวิทยาศาสตร์กลุ่มหนึ่งเชื่อว่ามีการคาร์บอนไดออกไซด์สะสมในบริเวณรอยแตกของแผ่นหินที่มีความร้อนสูงใต้พิภพ เมื่อน้ำใต้ดินซึมลงไปสัมผัสกับหินเหล่านี้จะกลายเป็นไอน้ำอย่างรวดเร็วก่อให้เกิดการระเบิดขึ้นและแรงระเบิดจะทำให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่แทรกอยู่เคลื่อนที่และฟุ้งออกมา นักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ไม่เห็นด้วยกับทฤษฎีนี้ และเชื่อกันว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากใต้พิภพจะค่อย ๆ ซึมออกมา และละลายน้ำจนน้ำในทะเลสาบมีความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าความเข้มข้นอิมตัว และเชื่อว่ามีอาการกระแทกจากอิทธิพลภายนอก เช่น จากการขยับตัวของเปลือกโลก การระเบิดของภูเขาไฟ พายุ หรือการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของน้ำ น้ำจะปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนเกินอย่างรวดเร็ว ความดันของน้ำจะลดลง ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะขยายตัวกลายเป็นฟองอากาศฟุ้งขึ้นสู่อากาศและตั้งโมเลกุลของน้ำติดตามาด้วย การลดลงของความดันทำให้ขบวนการปลดปล่อยก๊าซถูกเร่งให้เกิดเร็วขึ้น ทำให้เกิดการพวยพุ่งของก๊าซจำนวนมากขึ้นสู่อากาศอย่างรวดเร็ว ซึ่งพฤติกรรมนี้จะคล้ายคลึงกับการเกิดฟองของแชมเปญหรือน้ำอัดลม ในวันที่ 30 ธันวาคมปีเดียวกันนักวิทยาศาสตร์ได้พบการปลดปล่อยก๊าซของทะเลสาบไนออสอีกครั้งหนึ่ง และในครั้งนี้นักวิทยาศาสตร์สามารถเจาะจงได้ว่าการระเบิดของภูเขาไฟเป็นตัวกระตุ้นพฤติกรรมนี้

ทะเลสาบหลายแห่งในบริเวณเทือกเขาคาเมอรูนมีแนวโน้มที่จะสะสมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับสูงและปลดปล่อยออกมาเช่นเดียวกับทะเลสาบไนออส ทะเลที่มีความลึกสูงและมีน้ำนิ่ง มีโอกาสที่จะสะสมก๊าซได้มาก ในบางครั้งปริมาณ

ก๊าซที่ถูกสะสมจะลดน้อยลงเนื่องจากการเคลื่อนที่ของน้ำจากน้ำฝนหรือจากความแตกต่างของอุณหภูมิของน้ำที่ผิวหน้าและที่ก้นทะเลสาบ ปัจจุบันทะเลสาบไนออสและทะเลสาบโมเนาน์ยังมีคาร์บอนไดออกไซด์ละลายในปริมาณที่สูงมาก และมีโอกาสที่จะเกิดวิกฤตการณ์ได้อีก

ทะเลสาบที่มีก๊าซละลายสูงที่สุด ได้แก่ ทะเลสาบคิวิ ซึ่งอยู่ทางตะวันออกของทวีปแอฟริกา ทะเลสาบแห่งนี้มีความยาว 100 กิโลเมตรและลึก 485 เมตร นอกจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 315 ล้านล้านลูกบาศก์เมตร ที่ละลายอยู่แล้วยังมีก๊าซมีเทนซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ละลายอยู่ประมาณ 63 ล้านล้านลูกบาศก์เมตร ถึงแม้ว่าจะมีก๊าซละลายอยู่เป็นจำนวนมากแต่ก็โชคดีที่ทะเลสาบคิวิมีความเสถียรมากกว่าทะเลสาบไนออส อย่างไรก็ตาม ได้มีโครงการที่จะนำก๊าซมีเทนที่ละลายอยู่ขึ้นมา

ใช้ในเชิงพาณิชย์ ซึ่งจะต้องใช้ความระมัดระวังอย่างสูง มิฉะนั้นสมดุลของทะเลสาบจะถูกรบกวนและอาจเกิดการปลดปล่อยก๊าซละลายออกมา ซึ่งผลลัพธ์คงจะรุนแรงกว่าวิกฤตการณ์ที่ทะเลสาบไนออสหลายร้อยเท่า เพราะก๊าซที่จะถูกปลดปล่อยจะมีจำนวนมากกว่าและมีก๊าซมีเทนซึ่งไวไฟปะปน

นักวิทยาศาสตร์ได้เสนอแนวทางการป้องกันการปลดปล่อยก๊าซอย่างรวดเร็วของทะเลสาบ โดยการลดระดับน้ำให้ต่ำลง และควบคุมความเข้มข้นของก๊าซที่ละลายโดยการจัดให้มีการไหลเวียนของน้ำเพื่อในก๊าซสามารถระเหยได้อย่างช้า ๆ และหวังอย่างยิ่งว่าโศกนาฏกรรมเช่นที่ไนออสคงไม่เกิดขึ้นอีก

เรียบเรียงจาก C. Stager, "Silent Death from Cameroon's Killer Lake", National Geographic, vol. 172, no.3, September 1987, 400-420.

คำตอบสมการตัวแปร เดียวในจำนวน เต็มเกาส์

* เทียง ภูมิสะอาด

1. บทนำ

สมการตัวแปรเดียวเขียนได้ในรูป
 $a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0 = 0$ (1)
ในกรณีที่ $a_i, i = 0, 1, 2, \dots, n$ เป็นจำนวนเต็ม
จาก [1] สามารถหาคำตอบที่เป็นจำนวนเต็มของ
สมการนี้ทั้งหมด ได้โดยการหาจำนวนเต็มซึ่งหาร
 a_0 ลงตัว แล้วนำเอาจำนวนเต็มเหล่านี้ไปตรวจ
สอบกับสมการ (1) ดูว่าจำนวนใดเป็นคำตอบบ้าง
ก็จะได้คำตอบที่เป็นจำนวนเต็มของสมการ (1)
ทั้งหมด

ต่อไปจะพิจารณาคำตอบที่เป็นจำนวน
เต็มเกาส์ของสมการ (1) ทั้งหมด ในกรณีที่ $a_i,$
 $i = 0, 1, 2, \dots, n$ เป็นจำนวนเต็มเกาส์

2. จำนวนเต็มเกาส์

ก่อนอื่นจะให้นิยามของจำนวนเต็มเกาส์
ตลอดจนคุณสมบัติบางประการของจำนวนเต็ม
เกาส์ ที่จะนำมาช่วยในการพิจารณาเกี่ยวกับเรื่อง
นี้ก่อนดังนี้

นิยาม 2.1 ให้ G เป็นเซตย่อยของเซตจำนวน
เชิงซ้อน ซึ่งมีสมาชิกเขียนได้ในรูป $p+qi$ เมื่อ p, q
เป็นจำนวนเต็ม จะเรียกสมาชิกของ G ว่า **จำนวน
เต็มเกาส์**

จากนิยามของจำนวนเต็มเกาส์ เราสามารถ
แสดงได้ว่าเซตของจำนวนเต็มเกาส์เป็นวงย่อย
ของเซตจำนวนเชิงซ้อน

นิยาม 2.2 ให้ α, β เป็นสมาชิกของ G จะกล่าว
ว่า α หาร β ลงตัวใน G ก็ต่อเมื่อมี γ ใน G
ซึ่ง $\beta = \gamma\alpha$

ตัวอย่างที่ 2.1

(1) ให้ $\alpha = 2 + 3i, \beta = -4 + 7i$ จะเห็น
ว่า α หาร β ลงตัวใน G เพราะว่า $-4+7i =$
 $(1+2i)(2+3i)$

(2) ให้ $\alpha = 2-3i, \beta = 3+i$ เนื่องจาก
 $(3+i)/(2-3i) = (3/13) + (11/13)i$ จะได้ว่า $2-3i$
หาร $3+i$ ไม่ลงตัวใน G

3. สมการตัวแปรเดียวในเซต จำนวนเต็มเกาส์

สมการตัวแปรเดียวในเซตจำนวนเต็ม
เกาส์เขียนได้ในรูป

$$a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0 = 0 \quad (2)$$

เมื่อ $a_i, i = 0, 1, 2, \dots, n$ เป็นจำนวนเต็มเกาส์

* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ในการหาคำตอบของสมการ (2) ในเซตจำนวนเต็มเกาส์นั้น จะเริ่มพิจารณาหาคำตอบในกรณีที่ n มีค่าน้อย ๆ ก่อนดังนี้ พิจารณาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว $a_1x+a_0 = 0$ เมื่อ a_1, a_0 เป็นสมาชิกของ G และ $a_1 \neq 0$ คำตอบของสมการนี้คือ

$x = -(a_0/a_1)$ ซึ่งจะเป็นจำนวนเต็มเกาส์ เมื่อ a_1 ทหาร a_0 ลงตัวใน G ดังนั้นสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวไม่จำเป็นต้องมีคำตอบในเซต G เสมอไป เช่น สมการ $(2-3i)x - (5-i) = 0$ มีคำตอบในเซต G คือ $x = (5-i)/(2-3i) = 1+i$

แต่สมการ $(4+i)x + (2-5i) = 0$ ไม่มีคำตอบในเซต G เพราะ

$$x = -(2-5i)/(4+i) = -(3/17) + (22/17)i$$

สำหรับกรณีของสมการตัวแปรเดียวที่มีระดับชั้นมากกว่าหนึ่งก็เช่นเดียวกัน กล่าวคือไม่จำเป็นต้องมีคำตอบในเซต G เสมอไป เช่น

สมการระดับชั้นสอง $x^2+x-(5-5i) = 0$ มีคำตอบในเซต G คือ $x_1=2-i$ และ $x_2 = -3+i$

แต่สมการระดับชั้นสอง $x^2-4x+2 = 0$ ไม่มีคำตอบในเซต G เพราะคำตอบของสมการนี้คือ $x_1 = 2+\sqrt{2}$ และ $x_2 = 2-\sqrt{2}$ ซึ่งไม่เป็นสมาชิกของ G

ในกรณีทั่วไปเราจะพิจารณาหาคำตอบของสมการ (2) ในเซต G ได้ดังนี้

สมมุติว่า $x = \alpha$ เป็นคำตอบของสมการ (2) ($n \geq 1$) ในเซต G จะได้ว่า

$$a_n\alpha^n + a_{n-1}\alpha^{n-1} + \dots + a_1\alpha + a_0 = 0$$

$$a_0 = -(a_n\alpha^n + a_{n-1}\alpha^{n-1} + \dots + a_1\alpha) \\ = -\alpha(a_n\alpha^{n-1} + a_{n-1}\alpha^{n-2} + \dots + a_1)$$

เนื่องจาก $a_i, i = 1, 2, 3, \dots, n$ และ α เป็นสมาชิกของ G จะได้ว่า

$a_n\alpha^{n-1} + a_{n-1}\alpha^{n-2} + \dots + a_1$ เป็นสมาชิกของ G ด้วย นั่นคือ α ทหาร a_0 ลงตัวใน G

จากการพิจารณาข้างต้นนี้ จะสรุปได้ว่าสมาชิกใน G ที่เป็นคำตอบของสมการ (2) จะต้องหาร a_0 ลงตัวใน G ดังนั้นเราอาจจะหาคำตอบของสมการ (2) ใน G ได้โดยการหาสมาชิกของ G ที่หาร a_0 ลงตัวใน G มาทั้งหมด แล้วนำเอาจำนวนเต็มเกาส์เหล่านี้ไปทดสอบกับสมการ (2) ดูว่าจำนวนใดบ้างเป็นคำตอบก็จะได้คำตอบของสมการ (2) ใน G ทั้งหมด

ตัวอย่างที่ 3.1 จงหาคำตอบของสมการ

$$x^3 - (4+3i)x^2 + (6+6i)x - (4+6i) = 0 \dots (3)$$

ในเซต G

วิธีทำ จำนวนเต็มเกาส์ที่หาร $-(4+6i)$ ลงตัวใน G มีดังนี้ $1, -1, i, -i, 2, -2, 2i, -2i, 1+i, -1-i, -1+i, 1-i, 2+3i, -2-3i, -3+2i, 3-2i, -1+5i, 1-5i, 5+i, -5-i, 4+6i, -4-6i, -6+4i, 6-4i$ แต่เมื่อนำไปตรวจสอบโดยการแทนค่า x ในสมการ จะได้ว่าคำตอบของสมการ (3) คือ $1+i, 1-i$ และ $2+3i$

จากข้อสรุปของการหาคำตอบของสมการ (2) ในเซต G ที่กล่าวมาแล้วนั้นยังทำได้ยากเนื่องจากการหาจำนวนเต็มเกาส์ที่หาร a_0 ลงตัวใน G นั้นทำได้ยาก ไม่เหมือนกับการหาคำตอบของสมการ (1) ในเซตจำนวนเต็ม เพราะว่าการหาจำนวนเต็มที่หาร a_0 ลงตัวในเซตจำนวนเต็มนั้นทำได้ง่าย ต่อไปจะหาวิธีที่จะหาคำตอบของสมการ (2) ในเซต G ที่ง่ายกว่าวิธีที่กล่าวมาแล้วดังต่อไปนี้

นิยาม 3.1 ให้ α เป็นสมาชิกของ G ซึ่ง

$$\alpha = x+yi \text{ นอร์มของ } \alpha \text{ เขียนแทนด้วย } N(\alpha) \\ \text{โดยที่ } N(\alpha) = (x+yi)(x-yi) \\ = x^2+y^2$$

จากนิยามของนอร์ม จะเห็นว่า $N(\alpha)$ จะเป็นจำนวนเต็มที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์ โดย [3] ได้แสดงว่า ถ้า α และ β เป็นสมาชิกของ G แล้ว $N(\alpha\beta) = N(\alpha)N(\beta)$ จากคุณสมบัตินี้เราจะได้ว่า ถ้า α และ β เป็นสมาชิกของ G ซึ่ง α ทหาร β ลงตัวใน G นั่นคือมี γ ใน G ซึ่ง $\beta = \gamma\alpha$ แล้ว $N(\beta) = N(\gamma\alpha) = N(\gamma)N(\alpha)$ ดังนั้นจะได้ว่า ถ้า α ทหาร β ลงตัวใน G แล้ว $N(\alpha)$ จะหาร $N(\beta)$ ลงตัวในเซตจำนวนเต็มด้วย

จากคุณสมบัติที่ได้นี้ เราสามารถนำมาพิจารณาหาคำตอบของสมการ (2) ในเซต G ได้โดยอาศัย $N(a_0)$ ดังนี้ คือ หาจำนวนเต็มเกาส์ทั้งหมดที่นอร์มของมันหาร $N(a_0)$ ลงตัวในเซตจำนวนเต็ม แล้วนำจำนวนเต็มเกาส์เหล่านี้ไปตรวจสอบกับสมการ (2) ว่าจำนวนใดบ้างที่เป็นคำตอบ ก็จะได้คำตอบของสมการ (2) ใน G ทั้งหมด หรืออาจจะกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่า หาจำนวนเต็มบวกทั้งหมดที่หาร $N(a_0)$ ลงตัวในเซตจำนวนเต็มแล้ว จึงพิจารณาหาจำนวนเต็มเกาส์ทั้งหมดที่มีนอร์มเท่ากับจำนวนเต็มบวกเหล่านั้น จากนั้นจึงนำจำนวนเต็มเกาส์ที่ได้ไปตรวจสอบกับสมการ (2) ว่าจำนวนใดบ้างเป็นคำตอบ จะทำให้สามารถหาคำตอบของสมการ (2) ในเซต G ได้ทั้งหมด

ตัวอย่างที่ 3.2 จงหาคำตอบของสมการ (3) ที่เป็นจำนวนเต็มเกาส์ทั้งหมด

วิธีทำ เนื่องจาก $N(-4-6i) = 16+36 = 52$ และจำนวนเต็มบวกที่หาร 52 ลงตัว คือ 1, 2, 4, 13, 26 และ 52

จำนวนเต็มเกาส์ที่มีนอร์มเท่ากับ 1 คือ $1, -1, i, -i$

จำนวนเต็มเกาส์ที่มีนอร์มเท่ากับ 2 คือ

$2, -2, 2i, -2i, 1+i, -1-i, -1+i, 1-i$

จำนวนเต็มเกาส์ที่มีนอร์มเท่ากับ 4 คือ

$4, -4, 4i, -4i$

จำนวนเต็มเกาส์ที่มีนอร์มเท่ากับ 13 คือ

$2+3i, -2-3i, -2+3i, 2-3i, 3+2i, -3-2i, -3+2i, 3-2i$

จำนวนเต็มเกาส์ที่มีนอร์มเท่ากับ 26 คือ

$5+i, -5-i, -5+i, 5-i, 1+5i, -1-5i, -1+5i, 1-5i$

จำนวนเต็มเกาส์ที่มีนอร์มเท่ากับ 52 คือ

$4+6i, -4-6i, -4+6i, 4-6i, 6+4i, -6-4i, -6+4i, 6-4i$

เมื่อนำจำนวนเต็มเกาส์เหล่านี้มาตรวจสอบเพื่อหาคำตอบของสมการ (3) จะพบว่าคำตอบของสมการ (3) คือ $1+i, 1-i$ และ $2+3i$

ถ้าเปรียบเทียบการหาคำตอบของสมการ (3) ในตัวอย่างที่ 3.1 กับตัวอย่างที่ 3.2 จะเห็นว่าจำนวนของจำนวนเต็มเกาส์ที่ต้องนำมาตรวจสอบเพื่อหาคำตอบของสมการในตัวอย่างที่ 3.2 จะมียกกว่าในตัวอย่างที่ 3.1 ซึ่งต้องใช้เวลาตรวจสอบนานกว่า แต่อย่างไรก็ตามการหาจำนวนเต็มเกาส์ที่มีนอร์มของมันหารนอร์มของ a_0 ลงตัวในเซตจำนวนเต็ม จะทำได้ง่ายกว่าการหาจำนวนเต็มเกาส์ที่หาร a_0 ลงตัวในเซต G

การหาจำนวนเต็มเกาส์ซึ่งนอร์มของมันหารนอร์มของ a_0 ลงตัวนั้น ทำได้โดยการหาจำนวนเต็มบวกที่หาร $N(a_0)$ ลงตัวก่อน แล้วจึงหาจำนวนเต็มเกาส์ที่มีนอร์มเท่ากับจำนวนเต็มบวกเหล่านี้ กรณีนี้อาจจะมีปัญหาว่า เราจะทราบได้อย่างไรว่าจำนวนเต็มเหล่านี้ตัวใดบ้างมีจำนวนเต็มเกาส์ซึ่งมีนอร์มเท่ากับมัน และจำนวนเต็มใดบ้างไม่มีจำนวนเต็มเกาส์ที่มีนอร์มเท่ากับมัน เราสามารถแก้ปัญหานี้ได้ เนื่องจาก [2] มีทฤษฎีบทว่า จำนวนเต็ม n ใด ๆ จะไม่มีจำนวนเต็ม x, y ซึ่ง $n = x^2 + y^2$ ก็ต่อเมื่อ ถ้าแยกตัวประกอบ n แล้วมีจำนวนเฉพาะ $p \equiv 3 \pmod{4}$ ยกกำลังเลขคี่เป็นตัวประกอบตัวหนึ่ง

ตัวอย่างที่ 3.3

(1) เนื่องจาก $38 = 19 \times 2$ และ $19 \equiv 3 \pmod{4}$ ดังนั้นจะไม่มี จำนวนเต็ม x, y ซึ่ง $38 = x^2 + y^2$

(2) แต่ $52 = 13 \times 2^2$ ดังนั้นจะมีจำนวนเต็ม x, y ซึ่ง $52 = x^2 + y^2$ คือ $x = 6$ และ $y = 4$

เนื่องจาก ถ้า $\alpha = x + yi$ แล้ว

$N(\alpha) = x^2 + y^2$ ดังนั้นโดยอาศัยทฤษฎีบทจาก [2] ที่กล่าวมาแล้ว จะช่วยบอกให้เราทราบว่าจำนวนเต็มบวกใด ๆ n จะมีจำนวนเต็มเกาส์ ซึ่งมีนอร์มเท่ากับ n หรือไม่

References

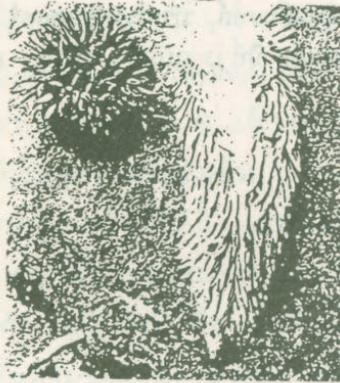
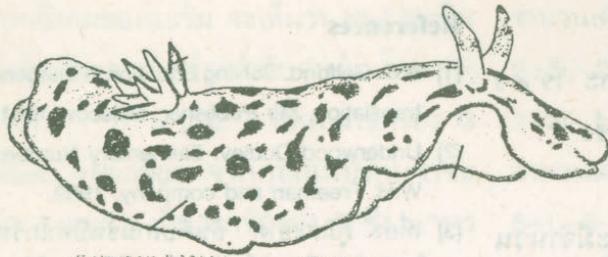
- [1] A.O. Gelfond. Solving Equation in Integers. English translation, Mir Publisher. Moscow 1981.
- [2] Underwood Dudley. Elementary Number Theory. W.H. Freeman and company, 1969.
- [3] เทียง ภูมิสะอาด อันดับสามชั้นพีทาโกรัสปฐมฐานในจำนวนเต็มเกาส์ วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีที่ 15 ฉบับที่ 2 หน้า 141-148.



ไม้ค้ำยันโรงยกเหล็ก

บทความเกี่ยวกับไม้ค้ำยันโรงยกเหล็ก... (The text is very faint and difficult to read, appearing to be a technical or engineering article.)

บทความเกี่ยวกับไม้ค้ำยันโรงยกเหล็ก... (The text is very faint and difficult to read, appearing to be a technical or engineering article.)



หาคทะเล

* ละออศรี เสนาะเมือง

แรกเรียกตามลักษณะรูปร่าง ส่วนชื่อหลังเรียกตามชื่อออร์เดอร์ (order) ของมัน ตามการจำแนกหาคทะเลออกเป็นหมวดหมู่ดังนี้

Phylum Mollusca

Class Gastropoda

Subclass Opisthobranchia

Order Nudibranchia

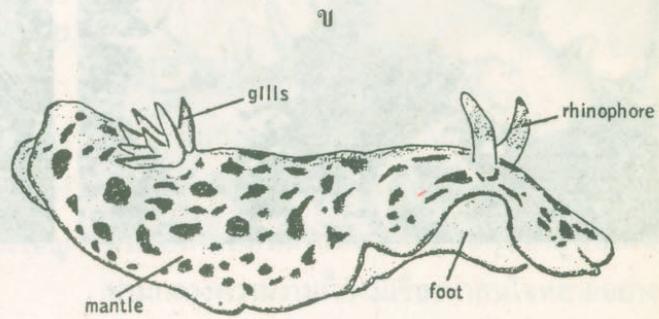
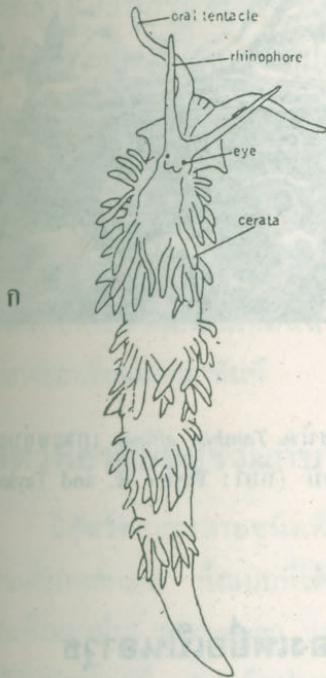
ชื่อสัตว์ที่มีคำว่าหาคอยู่ด้วยที่เรารู้จักคุ้นเคยมี 4 ชื่อ ได้แก่ **หาคดูดเลือด (land leech)**, **หาคบก (land slug)**, **หอยหาค (land snail)**, และ **หาคทะเล (sea slug)** ถ้าเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของสัตว์ทั้ง 4 กลุ่มนี้ หาคดูดเลือดถูกจัดแยกออกมาเป็นไฟลัมต่างหาค (Phylum Annelida) ส่วนอีก 3 ชนิดที่เหลือเป็นพวกที่มีรูปร่างภายนอกและลักษณะภายในคล้ายกัน จึงจัดไว้ในไฟลัมและคลาสเดียวกัน (Phylum Mollusca, Class Gastropoda) หาคดูดเลือดเป็นสัตว์พวกเดียวกับปลิงน้ำจืด แต่อาศัยอยู่บนบกที่ชื้นแฉะ ชอบดูดเลือดสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมโดยเฉพาะมนุษย์ หาคบกและหอยหาคเป็นสัตว์บกหายใจด้วยปอด ส่วนหาคทะเลอาศัยอยู่ในน้ำทะเลหายใจด้วยเหงือก ลักษณะรูปร่างโดยทั่วไปของหาคทะเลคล้ายกับหาคบกหรือหอยหาคที่ถูกแกะเอาเปลือกออก ดังนั้นบางคนจึงเรียกหาคทะเลว่า **หาคเปลือย** ซึ่งหมายถึงหาคที่ไม่มีเปลือกนั่นเอง แม้แต่ฝรั่งก็มีชื่อเรียกหาคทะเล 2 ชื่อ คือ “sea slug” และ “nudibranch” ชื่อ

ลักษณะโดยทั่วไป

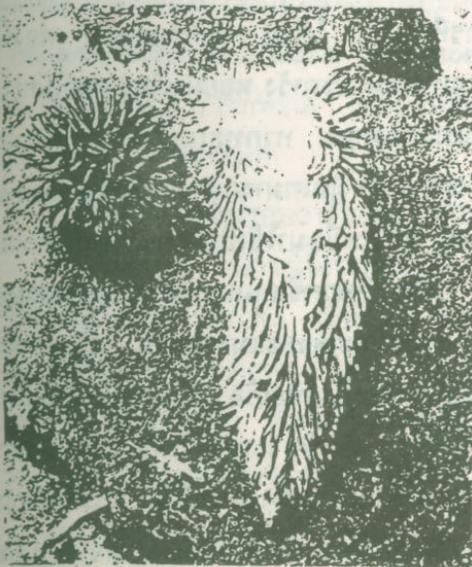
รูปร่างภายนอกของหาคทะเลคล้ายหาคบกหรือหอยหาคขณะไม่มีเปลือก ร่างกายอ่อนนุ่มไม่แบ่งเป็นปล้อง สีตัวอาจเป็นสีเหลือง ส้ม แดง ม่วง ฟ้ำ เขียว น้ำตาล หรือหลายสีผสมกัน ร่างกายด้านบนโค้งนูนเป็นส่วนของแมนเติล (mantle) ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อที่เจริญมาจากทางด้านบนแล้วแผ่คลุมอวัยวะภายใน ร่างกายด้านซ้ายและขวาเหมือนกัน ไม่ได้ขดเป็นเกลียวเหมือนหอยฝาเดียวทั้งหลาย โดยทั่วไปส่วนหัวมีหนวด (tentacles) 2 คู่ ทำหน้าที่รับสัมผัสสารเคมี หนวดคู่ที่ 2 แผ่แบนเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการรับสัมผัส เรียกหนวดคู่นี้ว่า **ไรโนฟอรั (rhinophore)** (รูปที่ 1 ก, 1 ข) บางชนิดบนหลังมีเหงือก (gill) เป็นถุงขนาดเล็กจำนวนมากเรียงเป็นแถว ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนก๊าซ เรียกว่า **เซอราตา (cerata)** เช่น สกุล *Eoli-*

* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

dia (รูปที่ 1 ก, 2) บางชนิดเทือกเรียงเป็นวงกลม ที่ 1 ข, 3), สกุด Casella (รูปที่ 4) และสกุด ล้อมรอบทวารหนัก เช่น สกุด Glossodoris (รูป Tambja (รูปที่ 5)



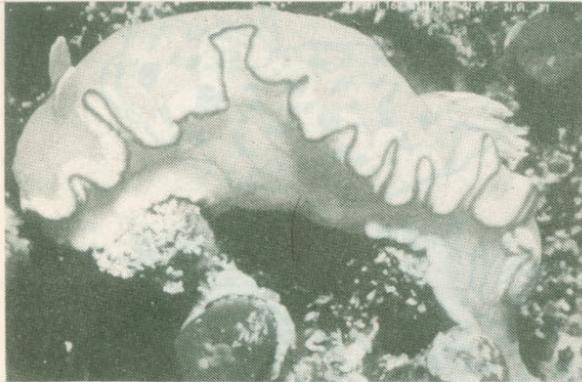
รูปที่ 1 ก. ทากทะเลชนิด *Eolidia papillosa*
ข. ทากทะเลสกุด *Glossodoris* sp.
(ที่มา : Barnes, R.D. 1980)



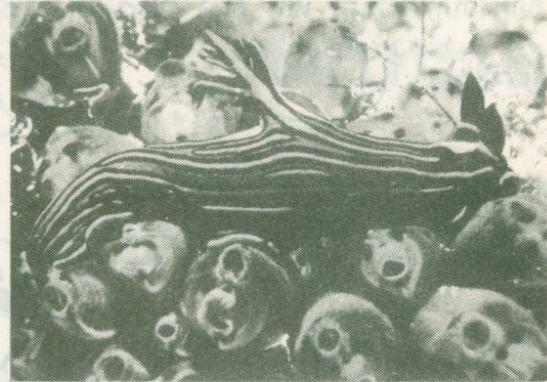
รูปที่ 2 ทากทะเลชนิด *Eolidia papillosa* กำลังกิน ดอกไม้ทะเลเป็นอาหาร (ที่มา : Buchsbaum, R. 1948)



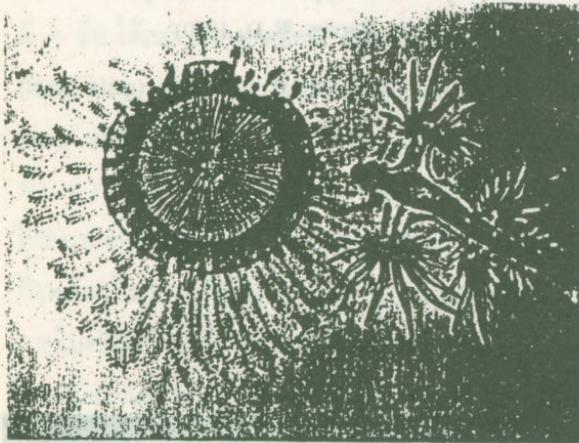
รูปที่ 3 ทากทะเลสกุด *Glossodoris* sp. อาศัยอยู่บริเวณ เกาะสีชัง จ.ชลบุรี (ที่มา : สุรินทร์. 2521)



รูปที่ 4 หาคทะเลชนิด *Casella atromarginata* อาศัยอยู่บริเวณแนวปะการังของประเทศออสเตรเลีย (ที่มา : Taylor R. and Taylor V. 1981)



รูปที่ 5 หาคทะเลชนิด *Tambja affinis* เกาะอยู่บนเพรียงหัวหอม (ที่มา : Taylor R. and Taylor V. 1981)



รูปที่ 6 หาคทะเลชนิด *Glaucus atlanticus* รูปร่างคล้ายจิ้งจกกำลังกินแมงกะพรุนเหรียญ (ที่มา : Zann, L.P. 1980)

หาคทะเลส่วนใหญ่มีขนาดเล็ก ความยาวของลำตัวมีตั้งแต่ 0.5 นิ้ว ถึง 12 นิ้ว โดยเฉลี่ย หาคทะเลมีอายุประมาณ 1 ปี มีน้อยชนิดที่มีชีวิตอยู่ได้นาน 2 ปี บางชนิด เช่น *Aeolis amoena* เมื่อมีอายุได้เพียง 10 วัน ก็สามารถวางไข่ได้ หาคทะเลเป็นพวกที่มีอวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียอยู่ในตัวเดียวกัน (hermaphrodite)

ใช้เข็มพิษของเหยื่อเป็นอาวุธ

หาคทะเลเป็นสัตว์ที่ชอบอาศัยอยู่ตามชายฝั่งทะเลทั่วโลก โดยเฉพาะบริเวณที่มีสาหร่ายขึ้น ชุกชุม บริเวณโขดหิน และบริเวณแนวปะการัง อาหารที่มันกิน ได้แก่ สาหร่ายทะเล ฟองน้ำ เพรียงหัวหอม ปะการัง หอยฝาเดียว ดอกไม้ทะเล และแมงกะพรุน หาคทะเลเป็นสัตว์ที่มีความสามารถพิเศษ มันสามารถนำเอาเข็มพิษ (nematocyst) ของเหยื่อมาใช้เป็นอาวุธป้องกันตัวเองได้ สัตว์จำพวกซีเลนเทอเรต (Coelenterates) เช่น ดอกไม้ทะเลและแมงกะพรุน เป็นพวกที่มีเข็มพิษแทรกอยู่ในเนื้อเยื่อ เมื่อหาคทะเลกินสัตว์เหล่านี้เข้าไป เข็มพิษจะถูกส่งไปที่กระเพาะอาหาร แล้วถูกเคลือบด้วยน้ำเมือกที่นี้ ทำให้อวัยวะภายในของหาคทะเลไม่ได้รับอันตรายจากเข็มพิษ จากนั้นเข็มพิษจะถูกส่งไปตามทางเดินอาหาร แล้วนำไปเก็บเอาไว้ในถุงพิเศษที่มีทางเปิดเข้าสู่เซอ-ราตา เมื่อศัตรู เช่น ปลาต้องการกินหาคทะเล มันจะปล่อยเข็มพิษที่สะสมเอาไว้ออกมาทำร้าย

ปลาทันที เป็นที่น่าสังเกตว่าขณะที่ทากทะเลกินดอกไม้ทะเล (รูปที่ 3) เหตุใดเข็มพิษของดอกไม้ทะเลจึงไม่สามารถทำอันตรายแก่ทากทะเลได้ ทั้งนี้เพราะทากทะเลสามารถปล่อยเมือกออกมาล้อมรอบตัวมัน ทำให้เข็มพิษไม่สามารถทำร้ายตัวมันได้

ทากทะเลบางชนิดตัวมีกลิ่นเหม็นของกรดซัลฟูริก ทำให้ศัตรูไม่ชอบเข้าใกล้ บางครั้งปลากินทากทะเลที่มีกลิ่นเหม็นนี้เข้าไปโดยบังเอิญ ปลาจะอาเจียนออกมาทันที

สัตว์ที่อาศัยอยู่ร่วมกับทากทะเล

มีสัตว์ทะเลหลายชนิดที่ชอบมาอาศัยอยู่ร่วมกับทากทะเล ทั้งแบบที่ได้รับประโยชน์ร่วมกันทั้งสองฝ่าย (Mutualism) และแบบที่ฝ่ายหนึ่งได้รับประโยชน์ ส่วนอีกฝ่ายหนึ่งไม่ได้ไม่เสียประโยชน์ (Commensalism) สัตว์ที่ชอบมาอาศัยอยู่กับทากทะเล ได้แก่ **สาหร่ายสีเขียว (Zooxanthellae)** อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อของทากทะเลเลย **กุ้งทะเลขนาดเล็กและโคปีปอด (Copepod)** ก็ชอบว่ายน้ำอยู่ใกล้ ๆ ทากทะเล โดยปรับสีตัวให้คล้ายกับสีของทากทะเลมาก

ทากทะเลบางชนิดชอบอาศัยอยู่ร่วมกับสัตว์อื่น เช่น **ปะการัง** ในกรณีนี้ทากทะเลต้องปรับสีตัวให้เข้ากับสีของปะการัง เมื่อมันเกาะอยู่บนปะการังจึงสังเกตเห็นได้ยาก ในทางตรงกันข้ามถ้าทากทะเลว่ายน้ำไปที่อื่น ตัวมันจะเด่นชัดขึ้นทันที

ทากทะเลที่ดำรงชีวิตเป็นแพลงตอน เช่น *Glaucus atlanticus* รูปร่างภายนอก (รูปที่ 6) คล้ายจิ้งจก มีลวดลายสวยงาม ชอบอาศัยอยู่ใกล้ ๆ กับ **แมงกะพรุนเหรียญ (Porpita)** ทากทะเล

พวกนี้กินแมงกะพรุนเป็นอาหาร ขณะเดียวกันมันสามารถนำเอาเข็มพิษของแมงกะพรุนมาเก็บไว้ แล้วนำมาใช้ป้องกันตัวเองเมื่อได้รับอันตรายจากสัตว์อื่น ดังได้กล่าวแล้วข้างต้น

บทสรุป

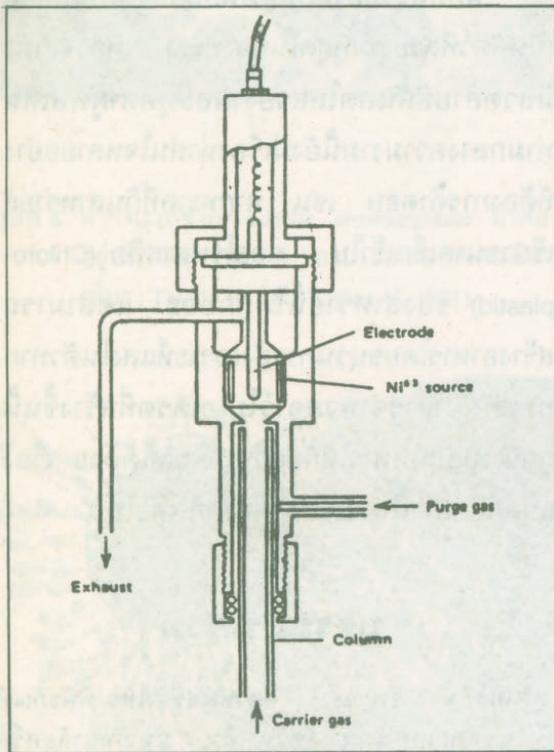
นักสัตววิทยาหลายท่านยกย่องให้ทากทะเลเป็นสัตว์ที่สวยงามที่สุดในท้องทะเล เนื่องจากตัวมีลวดลายสีสดใสสวยงามสะดุดตาผู้พบเห็นท่ามกลางความงามนี้ยังมีเรื่องน่าสนใจหลายอย่างที่ต้องการคำตอบ เช่น ทากทะเลที่กินสาหร่ายสีเขียวขนาดเล็กเข้าไป คลอโรพลาสต์ (Chloroplastid) ของสาหร่ายนี้ไม่ถูกย่อย แต่สามารถสร้างอาหารโดยขบวนการสังเคราะห์แสงในตัวทากทะเล อาหารจำพวกคาร์โบไฮเดรตที่สร้างขึ้นนี้ถูกนำไปเป็นอาหารให้กับตัวทากทะเลได้ด้วย เรื่องแปลกที่กล่าวนี้น่าจะมีการศึกษากันต่อไป

บรรณานุกรม

- สุรินทร์ มัจฉาชีพ. 2521. **สัตว์ทะเลของไทย** พิพิธภัณฑสถานเลี้ยงสัตว์น้ำเค็ม, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, บางแสน.
- Barnes, R.D. 1980. **Invertebrate Zoology**. 4th ed. Holt-Saunders, Japan.
- Buchsbaum, R. 1948. **Animals Without Backbones**. 2nd ed. The University of Chicago Press, Chicago.
- Taylor R. and Taylor V. 1981. Paradise Beneath the Sea. **J. National Geographic**. 159(5): 636-663.
- Valle, A.K. 1972. "The Nudibranchia", **The Illustrated Encyclopedia of the Animal Kingdom**. ed. Herbert Kondo, Grolier Enterprises, Inc; New York, 17: 101-105.
- Zann, L.P. 1980. Living Together in the Sea. T.F.H. Publications, Inc, Ltd. N.J.

ตัววัดสัญญาณชนิดจับอิเล็กตรอน

(Electron Capture Detector)



* วิรัช ว่องพัฒน์กุล

วิเคราะห์ ชีวเคมี เภสัชกรรม การแพทย์ การเกษตร การอุตสาหกรรมและด้านสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

เมื่อเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี สามารถประยุกต์ใช้กับสารต่างๆ ได้มากมายเช่นนี้ ตัวเครื่องโครมาโทกราฟีจึงต้องมีตัววัดสัญญาณหลายชนิด เช่น ตัววัดสัญญาณชนิดจับอิเล็กตรอน (Electron Capture Detector) ตัววัดสัญญาณชนิดเปลวไอออนไนซ์ (Flame Ionization Detector) และตัววัดสัญญาณชนิดไนโตรเจนฟอสฟอรัส (Nitrogen Phosphorus Detector) ฯลฯ ดังนั้น การเลือกใช้ตัววัดสัญญาณแต่ละชนิดจะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับสารประกอบที่กำลังศึกษา และผู้ควบคุมเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี หรือผู้วิเคราะห์ จำเป็นต้องทราบหลักการทำงานของตัววัดสัญญาณแต่ละชนิดก่อนใช้เครื่องมือ ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะตัววัดสัญญาณชนิดจับอิเล็กตรอนเพียงชนิดเดียว

ตัววัดสัญญาณชนิดจับอิเล็กตรอน เรียกโดยย่อว่า "ECD" เป็นตัววัดสัญญาณที่มีความไวสูงที่สุดที่ใช้ในปัจจุบัน สามารถวิเคราะห์สารได้ในระดับต่ำสุดถึง 0.2 พิโกกรัม (เท่ากับ

บทนำ

การวิเคราะห์สารด้วยเทคนิคทางแก๊สโครมาโทกราฟีเป็นที่นิยมใช้กันแพร่หลายของวงการต่างๆ ในปัจจุบันนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเหมาะสำหรับวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์และสารประกอบอนินทรีย์ที่มีสถานะเป็นแก๊สหรือสามารถทำให้เปลี่ยนสถานะเป็นแก๊สหรือไอได้ ดังนั้นการประยุกต์ของเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี จึงใช้กันอย่างกว้างขวางในหลายสาขาวิชา เช่น เคมี

* อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

0.2 × 10⁻¹² กรัม) สำหรับ γ-BHC ตัววัดสัญญาณชนิดนี้ใช้สำหรับวิเคราะห์สารประกอบอินทรีย์ประเภทที่มีหมู่ธาตุแฮโลเจน คือ Cl, Br, I และ F เป็นองค์ประกอบ ตัวอย่างสารประกอบที่วิเคราะห์ ได้แก่ ยาฆ่าแมลงชนิดออร์แกโนคลอรีนและยาปราบวัชพืช เช่น DDE; DDT; DDD; Aldrin; Heptachlor; 2-4D; 2,4,5-T; Malathion ฯลฯ และสารประกอบที่ไม่มีหมู่ธาตุแฮโลเจนเป็นองค์ประกอบตัววัดสัญญาณชนิดนี้ก็สามารถวิเคราะห์ได้เช่นกันแต่จะตอบสนองในระดับที่ต่ำมากดังตัวอย่างในตารางที่ 1

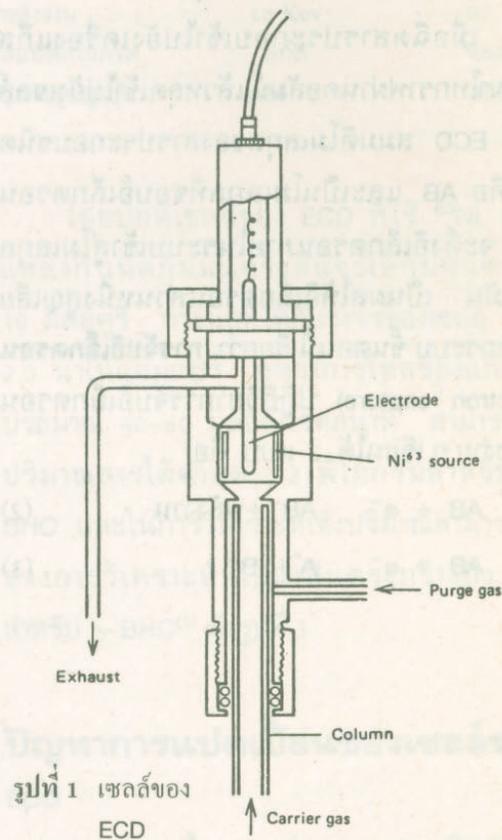
ตารางที่ 1 การตอบสนองสัมพัทธ์ของ ECD สำหรับสารประกอบชนิดต่าง ๆ*

Compound	Response (arbitrary unit)
Hexane	0.9
Heptane	1.2
Octane	1.5
Decane	2.6
Chlorobenzene	5.5
Atrazine	3,000
Dichloroethane	20,000
Lead Tetraethyl	30,000
Benzophenone	100,000
2, 4 D	125,000
Tedion	180,000
Malathion	250,000
Diethyl Maleate	550,000
Thioctane	600,000
2, 4, 5, T	800,000
Kelthane	1,600,000
D D D	2,000,000
D D T (para, para)	2,000,000
D D E	3,200,000
Heptachlor	4,800,000
Dieldrin	8,000,000
Aldrin	10,000,000
Lindane	11,000,000
Dibromoethane	11,000,000
Fluothane	16,000,000
Carbon Tetrachloride	400,000,000

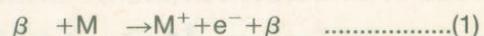
* K.P.Dimick, H. Hartmann; presented at ACS Winter Meeting Cincinnati, Ohio January 13-18, 1963.

หลักการของ ECD

หลักการที่สำคัญของ ECD คือ การจับอิเล็กตรอนอิสระที่ได้จากการไอออนไนซ์โมเลกุลของแก๊สพาโดยรังสีเบต้า (β) จากธาตุกัมมันตรังสีที่นำบอยู่โดยรอบของเซลล์ ECD (รูปที่ 1) ธาตุกัมมันตรังสีที่ให้รังสีเบต้า ได้แก่ ³H, ⁶³Ni และ ²⁴¹Am โดยทั่วไปแล้วนิยมใช้ ⁶³Ni มากที่สุด



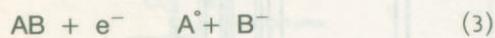
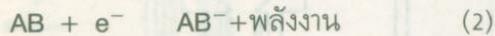
เมื่อแก๊สพาไหลผ่านเซลล์ของ ECD โมเลกุลของแก๊สพาจะถูกกระตุ้นด้วยรังสีเบต้า ทำให้เกิดอิเล็กตรอนในโมเลกุลของแก๊สพาหลุดออกมาสู่ระบบวงจรไฟฟ้าของตัววัดสัญญาณ เกิดกระแสขึ้นในระบบ เรียกขั้นตอนนี้ว่า การเกิดอิเล็กตรอน (electron formation) และเขียนสมการได้ดังนี้



เมื่อ M เป็นโมเลกุลของแก๊สพา

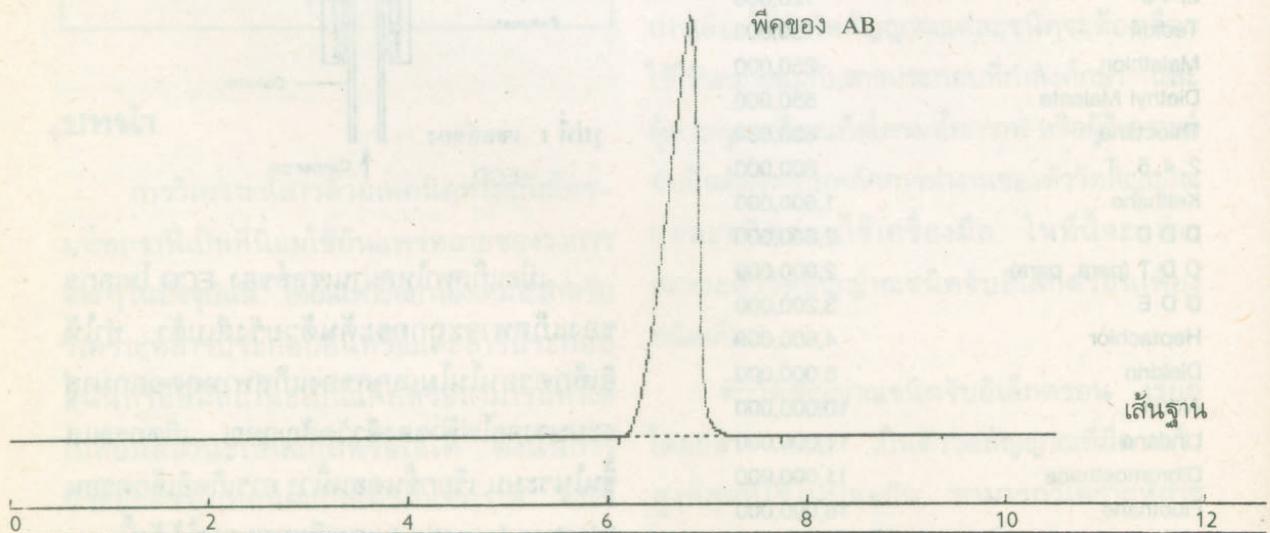
ในขณะนี้ถ้าหากแก๊สพามีอัตราการไหลคงที่ จำนวนโมเลกุลของแก๊สพาคงที่ จำนวนรังสีเบต้า จะคงที่ตลอดเพราะสารกัมมันตรังสีจะปล่อย รังสีเบต้าตลอดเวลาและมันยังมีครึ่งชีวิตที่ยาว ดังนั้นอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้จะคงที่ และทำให้กระแสที่เกิดขึ้นคงที่ด้วย ถ้าเครื่อง บันทึกรับสัญญาณในขณะนี้จะได้เส้นฐานของ โครมาโทแกรมเป็นเส้นเรียบดังรูปที่ 2

เมื่อฉีดสารประกอบเข้าไปยังเครื่องแก๊ส โครมาโทกราฟผ่านคอลัมน์แล้วหลุดเข้าไปยังเซลล์ ของ ECD สมมติโมเลกุลของสารประกอบชนิด นั้นคือ AB และเป็นโมเลกุลที่ชอบอิเล็กตรอน AB จะดึงอิเล็กตรอนภายในระบบเข้าสู่โมเลกุล ของมัน เป็นผลให้อิเล็กตรอนส่วนหนึ่งสูญเสีย ไปจากระบบ ขั้นตอนนี้เรียกว่า **การจับอิเล็กตรอน (electron capture)** ปฏิบัติการจับอิเล็กตรอน อย่างง่าย ๆ เขียนได้ 2 แบบ คือ



การที่โมเลกุล AB จับอิเล็กตรอนเข้าสู่ โมเลกุลของมันนี้ทำให้อิเล็กตรอนภายในระบบ ลดลง ดังนั้นกระแสในวงจรจะลดลงอย่างมาก เมื่อเครื่องบันทึกข้อมูลรับสัญญาณนี้จะทำให้เกิด พีก (peak) ของสารประกอบ AB ดังรูปที่ 2

ในปฏิกิริยาสมการที่ 2 พลังงานที่คายออก มาเนื่องจากการรับอิเล็กตรอนเข้าไปเรียกว่า **"พลังงานสัมพรรคภาพอิเล็กตรอน"** (electron affinity energy) ปฏิบัติการนี้อุณหภูมิมักจะมีผลต่อการ จับอิเล็กตรอนอย่างมาก กล่าวคือ ถ้าอุณหภูมิ เพิ่มขึ้นจะทำให้ประสิทธิภาพของการจับอิเล็กตรอน ของโมเลกุลของสารประกอบลดลง ส่วนปฏิกิริยา ในสมการที่ 3 หลังจากโมเลกุลจับอิเล็กตรอนแล้ว จะเกิดการแตกตัวให้อิออนลบและอนุมูลอิสระ การแตกตัวนี้จึงต้องอาศัยพลังงานเข้าไปเพื่อสลาย พันธะ พลังงานสลายพันธะนี้ส่วนมากมักมีค่าสูง กว่าพลังงานสัมพรรคภาพอิเล็กตรอน ดังนั้น



รูปที่ 2 โครมาโทแกรมของสารประกอบ AB วัดโดย ECD

การเพิ่มอุณหภูมิจึงมีผลทำให้ประสิทธิภาพของการจับอิเล็กตรอนของโมเลกุลของสารประกอบเพิ่มขึ้นในเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟีพบว่าปฏิกิริยาในสมการที่ 3 มีโอกาสที่จะเกิดได้มากกว่าปฏิกิริยาในสมการที่ 2 เพราะตัววัดสัญญาณที่ใช้วิเคราะห์มักใช้ในช่วงอุณหภูมิที่สูงเพื่อเป็นการป้องกันการแปดเปื้อน (contamination) ที่เซลล์ของ ECD ถ้าเกิดการแปดเปื้อนที่ตัววัดสัญญาณจะให้ความไวในการวัดสัญญาณลดลงและเกิดสัญญาณรบกวนซึ่งสังเกตได้จากเส้นฐานของโครมาโทแกรม หากเกิดการแปดเปื้อนมากๆ ความไวในการวัดสัญญาณจะลดต่ำลงจนไม่สามารถใช้งานได้ต่อไป

ในปัจจุบันมีการออกแบบวงจรใน ECD ที่ใช้กันอยู่ 2 ชนิดคือ แบบความต่างศักย์คงที่ (constant-voltage mode) และกระแสคงที่ (constant-current mode) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถให้ช่วงของการตอบสนองกว้างขึ้นและสามารถวิเคราะห์สารที่มีความเข้มข้นสูงขึ้น

ในช่วงปี ค.ศ. 1961-1965 แหล่งกำเนิดกัมมันตรังสีที่ใช้กันคือ ทริเทียม (tritium, ^3H) ซึ่งให้กัมมันตรังสีประมาณ 100-250 มิลลิวินาทีของตัววัดสัญญาณใช้ได้ไม่เกิน 220°C สถาบันอะตอมมิกเอ็นเนอร์ยีคอมมิสชัน (Atomic Energy Commission) ระบุว่าถ้าระดับของ ^3H ในอากาศมีมากกว่า 2×10^{-7} คูรีต่อมิลลิลิตรจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพ แต่จากการทดลองพบว่าเมื่อใช้ธาตุนี้เป็นตัววัดสัญญาณจะให้กัมมันตรังสีมีค่ามากกว่าที่กำหนดไว้ 6 - 10 เท่า ในปัจจุบันจึงนิยมใช้ ^{63}Ni แทน ^3H เนื่องจากมีความปลอดภัยที่สูงกว่าและยังสามารถใช้งานได้ในช่วงอุณหภูมิที่สูงขึ้นถึงสูงสุดที่ 350°C แต่โดยปกติจะใช้งาน

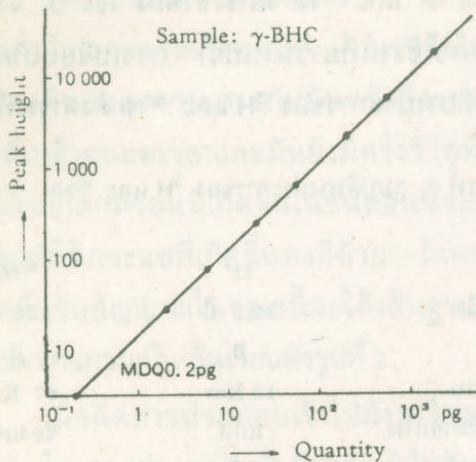
ที่ 300°C และ ^{63}Ni มีครึ่งชีวิตถึง 125 ปี จึงมีอายุการใช้งานที่ยาวนานกว่า การเปรียบเทียบสมบัติบางประการของ ^3H และ ^{63}Ni ดังตารางที่ 2

	^3H	^{63}Ni
ครึ่งชีวิต	12.5 ปี	125 ปี
รังสี	β	β
พลังงาน	18 Kev	67 Kev
สมบัติกายภาพ	แก๊ส	ของแข็ง
อุณหภูมิสูงสุด	220°C	350°C

โดยปกติเซลล์ของ ECD ที่ใช้ ^{63}Ni เป็นแหล่งกำเนิดกัมมันตรังสีนี้จะให้กัมมันตรังสี 10 มิลลิวินาที กระแสที่ให้กับวงจรของเซลล์ 0.5-2.0 นาโนแอมแปร์ อัตราการไหลของแก๊สพาประมาณ 40-60 มิลลิลิตรต่อนาที สามารถวัดปริมาณสารได้ต่ำสุด 0.2 พิโกกรัมสำหรับ $\gamma\text{-BHC}$ และในการวิเคราะห์เชิงปริมาณสามารถใช้ช่วงการวิเคราะห์ที่เป็นเส้นตรงกว้างถึง 10^4 สำหรับ $\gamma\text{-BHC}^{(1)}$ ดังรูปที่ 3

ปัญหาการแปดเปื้อนของเซลล์ของ ECD

การแปดเปื้อนเซลล์ของ ECD เป็นปัญหาใหญ่ที่ผู้วิเคราะห์ประสบอยู่เสมอแม้ว่าจะระมัดระวังการใช้งานอย่างเต็มที่แล้วก็ตาม การแปดเปื้อนของเซลล์นี้ส่วนมากแล้วจะมาจากการฉีดสารตัวอย่างเข้าไปในเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีผ่านคอลัมน์และเข้าสู่เซลล์ของตัววัดสัญญาณ สารตัวอย่างที่ฉีดเข้าไปนี้อาจมีสิ่งสกปรกสอดแทรกเข้ามาด้วย โดยเฉพาะสารประเภทที่ระเหยยากจะเข้าไปเกาะอยู่ภายในเซลล์ของตัววัดสัญญาณ



Operational Conditions

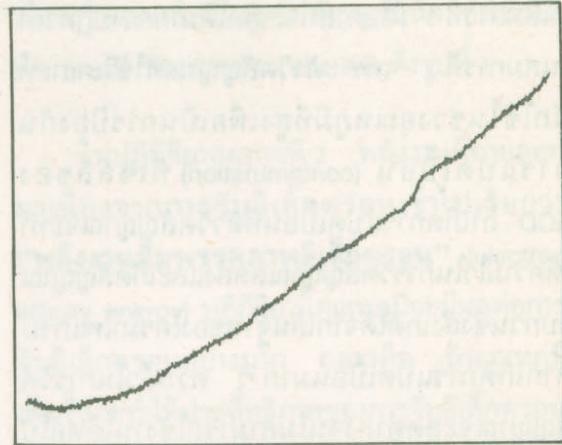
Column	OV-17 2% 1 m
Column temperature	220 ° C
Detector temperature	300 ° C
Carrier gas	N ₂ 60 ml/min
Current	1.0 nA

รูปที่ 3 ช่วงการวิเคราะห์ที่เป็นเส้นตรงของ γ -BHC

ผลที่เกิดขึ้นคือความไวของตัววัดสัญญาณจะลดลงและมีสัญญาณการรบกวนจนไม่สามารถวิเคราะห์สารได้ถูกต้อง หรือถ้ามีการรบกวนมากๆ จะไม่สามารถวิเคราะห์ได้เลย นอกจากนี้การปรับศูนย์ของเครื่องวัดสัญญาณจะไม่สามารถปรับได้ตามปกติแล้วการปรับศูนย์ (set zero) สำหรับ ECD คักย์ไฟฟ้าที่ออกมา (out put) จาก ECD จะมีความเหมาะสมในช่วง -1,000 ถึง +5,000 ไมโครโวลต์ แต่เมื่อมีการเปิดเบื่อนที่เซลล์มากๆ คักย์ที่ให้ออกมาจะสูงมากกว่า 10,000 ไมโครโวลต์ ทำให้ไม่สามารถปรับศูนย์ได้และตัววัดสัญญาณอาจจะไม่สามารถใช้งานได้อีกต่อไป

ผลของการเปิดเบื่อนเซลล์ของ ECD สังเกตได้จากเส้นฐานของโครมาโทแกรมที่มีสัญญาณ

การรบกวนสูง เส้นฐานจะมีความชันขึ้นสูงหรือมีลักษณะโค้งขึ้นลงไม่มีรูปแบบที่แน่นอน ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 เส้นฐานของโครมาโทแกรมที่มีสัญญาณรบกวนสูงเนื่องจากเกิดการเปิดเบื่อนที่เซลล์ของ ECD

การป้องกันและแก้ไขการเปิดเบื่อน

การเปิดเบื่อนของเซลล์ ECD ก่อปัญหาในการใช้เครื่องที่ได้กล่าวมาแล้ว ผู้ควบคุมเครื่องต้องระมัดระวังการใช้งานเป็นพิเศษ การป้องกันและแก้ไขการเปิดเบื่อนของเซลล์ในทางปฏิบัติยังไม่มีวิธีที่แน่นอน ทั้งนี้เนื่องจากการเปิดเบื่อนเกิดมาจากหลายสาเหตุและสิ่งเจือปนที่เข้าไปเปิดเบื่อนได้ที่ตำแหน่งต่างๆ เช่น อาจเปิดเบื่อนที่เซลล์หรือที่คอลัมน์หรือที่บริเวณที่ฉีดสาร สิ่งเจือปนเหล่านี้ไม่ว่าไปเกาะติดอยู่ที่ใด ก็อาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของตัววัดสัญญาณนี้ได้^(2,3) วิธีการป้องกัน อาจสรุปได้ดังนี้

1. สารตัวอย่างที่สกัดจากตัวอย่างดิน น้ำ พืชหรืออวัยวะต่างๆ ของสัตว์ จำเป็นต้องกำจัดสิ่งเจือปนที่ไม่พึงประสงค์ (clean up) ก่อนที่จะฉีดสารตัวอย่างเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี

2. ต้องปรับอุณหภูมิของ ECD ให้สูงกว่าอุณหภูมิของคอลัมน์ประมาณ 20-50° ซ เสมอ ตอนเริ่มต้นอุณหภูมิของ ECD ต้องสูงกว่าอุณหภูมิของคอลัมน์ ดังนั้นในการเพิ่มอุณหภูมิของคอลัมน์ จะต้องเพิ่มหลังจากอุณหภูมิของ ECD สูงเพียงพอ

3. ต้องไม่ต่อคอลัมน์ที่ยังไม่ปรับสภาวะที่เหมาะสม (unconditioned column) เข้ากับเซลล์ของ ECD ทุกกรณี

4. เมื่อใช้ ECD ต้องระมัดระวังการแปดเปื้อน glass insert และจำเป็นต้องล้าง glass insert ให้สะอาดเสมอ

5. ต้องไม่ฉีดสารประกอบที่มีค่าสัมพรรคภาพอิเล็กตรอนสูง ๆ เข้าไปในเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟในปริมาณสูง ๆ เช่น คาร์บอนเตตราคลอไรด์และคลอโรฟอร์ม เป็นต้น

6. ถ้าหากต้องการใช้ ECD ในวันต่อไป เมื่อปิดเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟแล้วควรปล่อยให้แก๊สพาผ่านคอลัมน์ด้วยอัตราเร็วประมาณ 20-30 มิลลิลิตรต่อนาที

นอกจากนี้สาเหตุที่ทำให้ ECD มีการตอบสนองที่ผิดปกติไปอาจมีสาเหตุจากการรั่วของแก๊สพา ดังนั้นต้องตรวจสอบและแก้ไขไม่ให้มีการรั่วของแก๊สพาที่ข้อต่อต่าง ๆ

ถึงแม้ว่าจะป้องกันการแปดเปื้อนของ ECD เป็นอย่างดีตามที่ได้กล่าวมาแล้วก็ตาม เมื่อใช้ ECD ไปนาน ๆ การแปดเปื้อนอาจเกิดขึ้นได้เสมอ การแก้ไขเพื่อลดปัญหาดังกล่าวอาจทำได้ดังต่อไปนี้

1. เพิ่มอุณหภูมิของ ECD ให้สูงขึ้นกว่าอุณหภูมิที่ใช้งานปกติประมาณ 30-50° ซ เป็นเวลา 2-3 วัน แล้วจึงลดอุณหภูมิลงถึงอุณหภูมิที่ต้องการใช้งานปกติ สังเกตการตอบสนองของ ECD จากเส้นฐานของโครมาโทแกรม

2. ถ้าหากแก้ไขตามข้อ 1. ไม่ได้ผลเป็นที่พอใจ อาจจำเป็นต้องผ่านแก๊สไฮโดรเจนบริสุทธิ์เข้าไปในเซลล์ของ ECD เพื่อรีดิวซ์สารที่แปดเปื้อนทำโดยใช้ไฮโดรเจนเป็นแก๊สพาที่มีอัตราการไหล 50 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิของ ECD 300° ซ และอุณหภูมิของคอลัมน์ 100° ซ ฉีดน้ำกลั่น 3 ไมโครลิตร สลับกับตัวทำละลายที่ใช้ในการวิเคราะห์ 3 ไมโครลิตร ฉีดหลาย ๆ ครั้ง ประมาณ 2-3 วัน แล้วกลับมาใช้แก๊สพาตัวเดิม (OFN) และปรับสภาวะตามที่ต้องการใช้ในการวิเคราะห์สารนั้น ๆ สังเกตการตอบสนองของ ECD จากเส้นฐานของโครมาโทแกรม

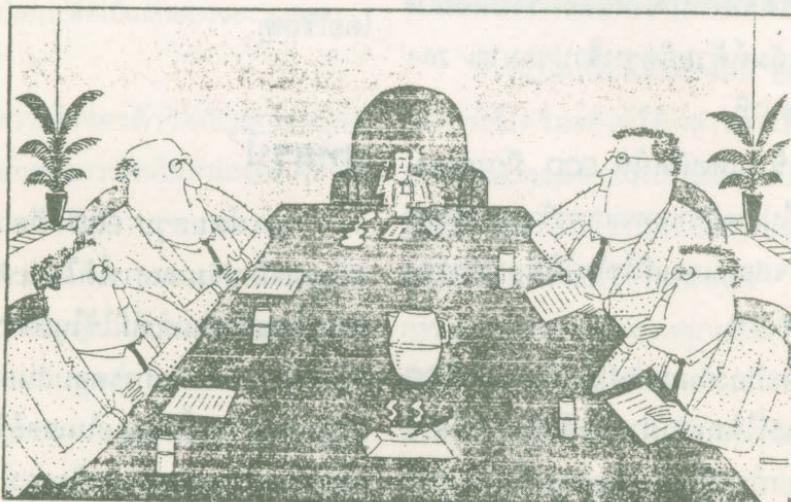
อย่างไรก็ตามการป้องกันมีความจำเป็นมากที่ผู้ควบคุมเครื่องต้องระมัดระวังอย่างสม่ำเสมอ หากปล่อยให้เกิดการแปดเปื้อนที่เซลล์ของ ECD มาก ๆ แล้วจะไม่สามารถแก้ไขได้ ต้องเปลี่ยน ECD ใหม่ซึ่งมีราคาแพงเป็นการเสียค่าใช้จ่ายมากโดยใช่เหตุ

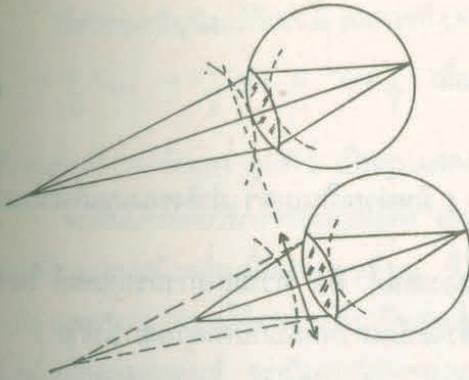
บทสรุป

กล่าวโดยสรุป ECD มีความไวสูงสุดและสามารถวัดปริมาณสารได้ในระดับที่ต่ำกว่าตัววัดสัญญาณชนิดอื่น ๆ ที่มีใช้ในปัจจุบันนี้ เนื่องจาก ECD มีความไวต่อการตอบสนองสูงสุดจึงมักพบปัญหาการแปดเปื้อนภายในเซลล์ซึ่งจะมีผลกระทบต่อโครมาโทแกรมค่อนข้างสูง จึงจำเป็นต้องป้องกันการแปดเปื้อนให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ หากมีการแปดเปื้อนมาก ๆ แล้วตัววัดสัญญาณนี้จะไม่สามารถใช้งานได้อีกต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. Shimadzu Corporation, "Electron Capture Detector ECD-9 for Gas Chromatograph GC-9A Instruction Manual", Analytical Instruments Plant, Kyoto, Japan, 221-20613A, p. 1-23.
2. Shimadzu Corporation, "Practical Gas Chromatography", 2nd revised edition, Kyoto, Japan, CA180-911A, p. 1-36.
3. Koichi SHIOMI, Application Laboratory, "Beginners' Gas Chromatography", Kyoto, Japan, CA 180-910B, p. 1-12.





วิธีการของความโค้ง

* สยาม ชูถิ่น

วิธีการของความโค้ง (the method of curvatures) เป็นวิธีการที่นำเอาสูตรของเลนส์บาง (หรือกระจก) ที่คุ้นเคยกันแต่เดิม คือ $\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$ มาพิจารณาใหม่ โดยมีพื้นฐานจากการคิดว่าแสงเป็นคลื่น

จึงเป็นวิธีหนึ่งที่ทำให้ผู้เรียนคุ้นเคยกับลักษณะความเป็นคลื่นของแสงอันจะเป็นพื้นฐานในการศึกษาทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์ต่อไป นอกจากนี้การศึกษาระบบทัศนศาสตร์ที่ซับซ้อน มีเลนส์หลายตัวประกอบกัน การใช้วิธีการนี้จะช่วยให้เข้าใจง่ายขึ้น

1. ประวัติ ผู้ที่เสนอและให้ชื่อ "วิธีการของความโค้ง" คือ T.B.Green Slade, Jr. และ F.Miller, Jr.^{1,2} บางท่านก็เรียกวิธีการนี้ว่า "the vergence method"^{3,4,5,6} แต่อย่างไรก็ตามผู้เสนอแนวความคิดในทำนองนี้คนแรกเป็นนักดาราศาสตร์ชาวอังกฤษ คือ J.F.W. Herschel เมื่อปี 1827⁶

2. หลักการ วิธีการของความโค้งมีพื้นฐานจากการคิดว่าแสงเป็นคลื่น แทนการพิจารณาการเกิดภาพด้วยรังสีของแสง วิธีการก็คือ พิจารณาจุดวัตถุที่อยู่บนแกน (จุด O ในรูปที่ 1) ที่กำลังส่งหน้าคลื่นออกไปยังเลนส์หรือกระจกอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา แล้วพิจารณาความโค้งของหน้าคลื่นที่ตกกระทบ (พอดี) และหน้าคลื่นที่ (เพิ่ง) ผ่านออกจากเลนส์หรือสะท้อนออกจากกระจก ซึ่งหน้าคลื่นที่ (เพิ่ง) ออกจากเลนส์หรือกระจกนี้จะเปลี่ยนแปลงไปจากหน้าคลื่นตกกระทบ ขึ้นกับกำลังของเลนส์หรือกระจกและลักษณะของหน้าคลื่นที่ตกกระทบ

ในบทความนี้จะได้พิจารณาความสัมพันธ์ของความโค้งของหน้าคลื่นตกกระทบ กำลังของเลนส์หรือกระจก และความโค้งของหน้าคลื่นที่ (เพิ่ง) ออกมา รวมทั้งระบบสัญลักษณ์ (the sign convention) ที่ใช้กับวิธีการของความโค้งนี้ด้วย

3. เลนส์บาง สมการของเลนส์บางไม่ว่าจะเป็นเลนส์นูนหรือเลนส์เว้า ถ้าใช้สัญลักษณ์แบบ "จริงเป็นบวก" แล้ว จะมีรูปสมการเหมือนกัน คือ

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f} \quad (1)$$

* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สมการที่ (1) จัดรูปใหม่ได้

$$-\frac{1}{u} + \frac{1}{f} = \frac{1}{v} \tag{2}$$

จากสมการที่ (2) เทอม $\frac{1}{f}$ คือกำลังของเลนส์ (P) (... ถ้า f มีหน่วยเป็นเมตร กำลังของเลนส์จะมีหน่วย

เป็น diopter ใช้ตัวย่อ d ความหมายของ P หรือกำลังของเลนส์ คือ ความสามารถของเลนส์ ในการที่จะทำให้แสงลู่เข้า (converge) หรือถ่างออก (diverge) ซึ่งจะเป็นส่วนกลับกับค่าความยาวโฟกัส...)

พิจารณารูปที่ 1 O คือจุดวัตถุบนแกนที่อยู่ห่างจากเลนส์นูนเป็นระยะ u ทำให้เกิดภาพที่จุด I ห่างไปจากเลนส์เป็นระยะ v จากรูปจะเห็นได้ว่า ความโค้งของหน้าคลื่นที่ตกกระทบ (C_{in}) จะมีค่า $\frac{1}{u}$ และความโค้งของหน้าคลื่นที่ (เพิ่ง) ออกจากเลนส์ ซึ่งมีศูนย์กลางความโค้งอยู่ที่จุด I (C_{out}) จะมีค่า $\frac{1}{v}$

ดังนั้นสมการที่ (2) เขียนใหม่ได้เป็น

$$C_{in} + P = C_{out} \tag{3}$$

เพื่อให้สมการที่ (3) มีรูปเหมือนสมการที่ (2) ต้องกำหนดการให้เครื่องหมาย (สัญญาณ) ของความโค้งของหน้าคลื่น และกำลังของเลนส์ ดังนี้

กำลังของเลนส์

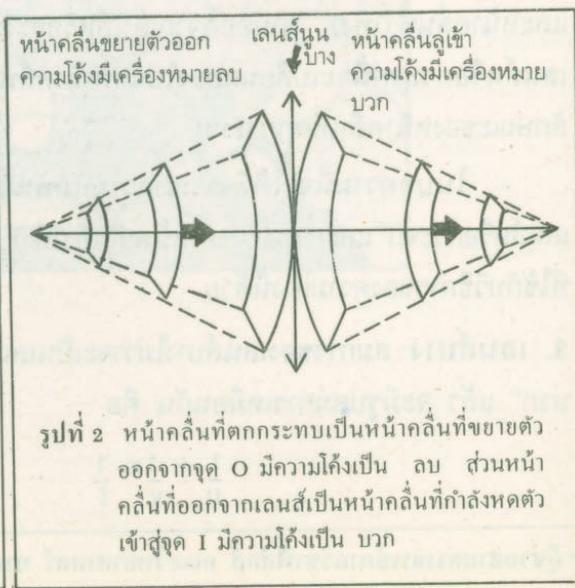
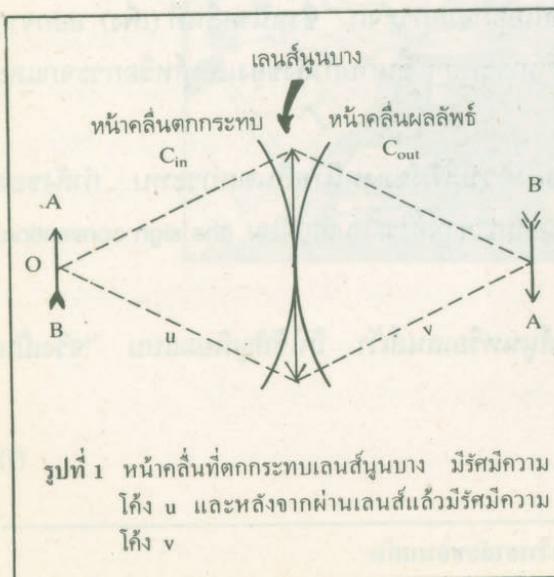
(P)

{ เลนส์นูน มีเครื่องหมาย บวก
เลนส์เว้า มีเครื่องหมาย ลบ

ความโค้งของหน้าคลื่น

(C)

{ เมื่อหน้าคลื่นกำลังขยายตัวออก มีเครื่องหมาย ลบ
เมื่อหน้าคลื่นกำลังลู่เข้าหรือหดตัว มีเครื่องหมาย บวก



ถ้ากำหนดสัญญาณไว้เช่นนี้ สมการที่ (3) จะเหมือนสมการที่ (2) ตัวอย่างเช่น ในกรณี ดังรูปที่ 1

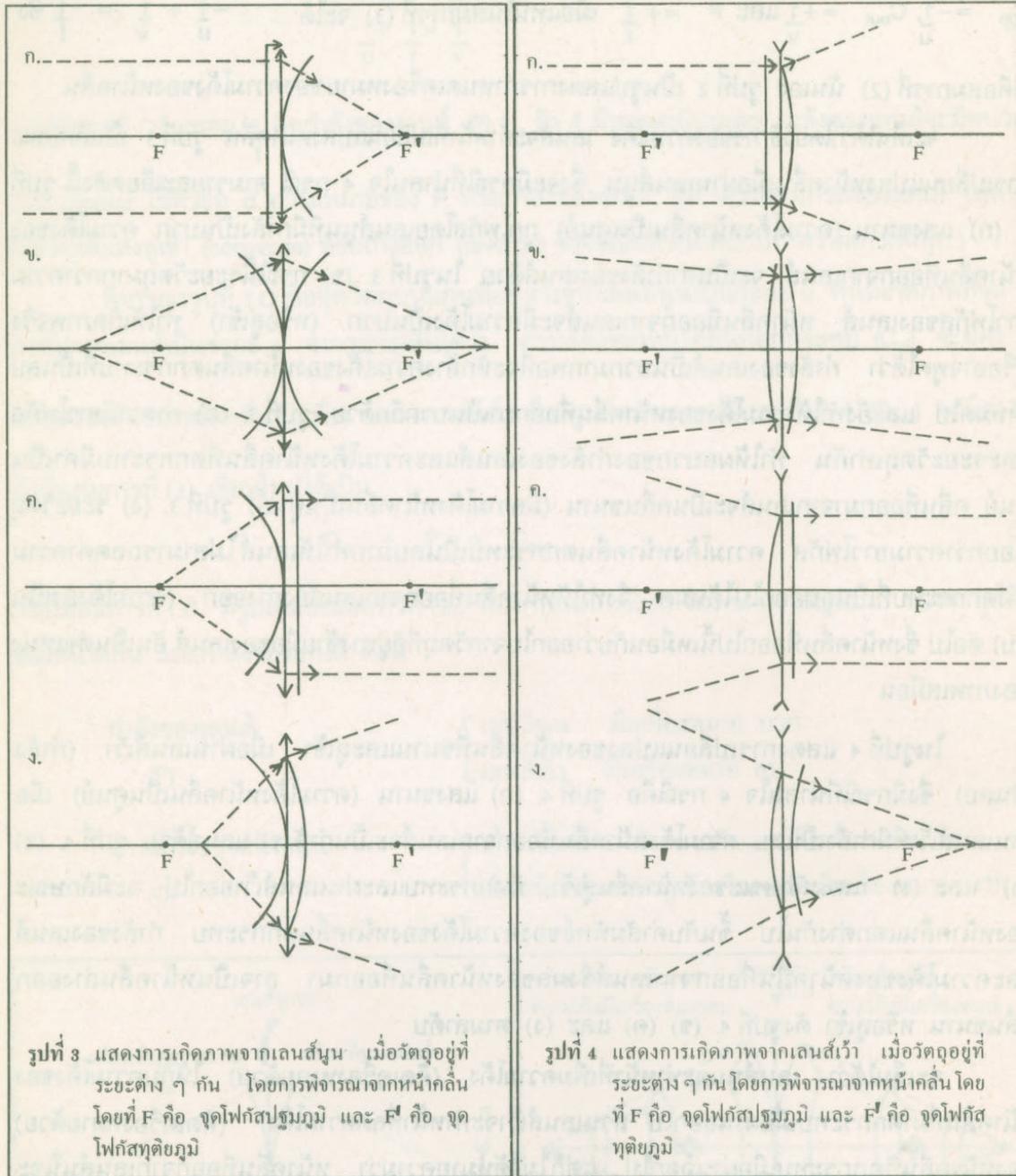
$$C_{in} = -\frac{1}{U}, C_{out} = +\frac{1}{V} \text{ และ } P = +\frac{1}{f} \text{ เมื่อแทนในสมการที่ (3) จะได้ } -\frac{1}{U} + \frac{1}{V} = \frac{1}{f} \text{ ซึ่ง}$$

ก็คือสมการที่ (2) นั่นเอง รูปที่ 2 เป็นรูปแสดงการกำหนดเครื่องหมายของความโค้งของหน้าคลื่น

จะเห็นได้ว่าโดยวิธีการของความโค้ง เลนส์จะทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงหน้าคลื่น รูปที่ 3 เป็นลักษณะการเปลี่ยนแปลงหน้าคลื่นเมื่อผ่านเลนส์นูน ซึ่งจะมีกรณีที่น่าสนใจ 4 กรณี ตามรายละเอียดดังนี้ รูปที่ 3. (ก) แสงขนาน (ความโค้งหน้าคลื่นเป็นศูนย์) ถูกโฟกัสโดยเลนส์นูนที่มีกำลังเป็นบวก ความโค้งของหน้าคลื่นที่ออกจากเลนส์ จะเป็นค่ากำลังของเลนส์ด้วย ในรูปที่ 3. (ข) กรณีนี้ระยะวัตถุมากกว่าความยาวโฟกัสของเลนส์ หน้าคลื่นที่ออกจากเลนส์จะมีความโค้งเป็นบวก (หรือลู่เข้า) ทำให้เกิดภาพจริงหรืออาจพูดได้ว่า กำลังของเลนส์เป็นบวกมากพอที่จะหักล้างความโค้งของหน้าคลื่นตกกระทบที่เป็นลบให้หมดไป และยังทำให้ความโค้งของหน้าคลื่นที่ออกมาเป็นบวกอีกด้วย รูปที่ 3. (ค) ค่าความยาวโฟกัสและระยะวัตถุเท่ากัน ทำให้ผลบวกของกำลังของเลนส์และความโค้งหน้าคลื่นที่ตกกระทบมีค่าเป็นศูนย์ คลื่นที่ออกมาจากเลนส์จะเป็นคลื่นขนาน (มีความโค้งหน้าคลื่นเป็นศูนย์) รูปที่ 3. (ง) ระยะวัตถุน้อยกว่าความยาวโฟกัส ความโค้งหน้าคลื่นตกกระทบเป็นลบมากทำให้เลนส์ไม่สามารถลดค่าความโค้งตกกระทบที่เป็นลบออกไปได้หมด จึงทำให้หน้าคลื่นที่ออกจากเลนส์ยังถ่างออก (ความโค้งยังเป็นลบ) ต่อไป ซึ่งหน้าคลื่นที่ออกไปนี้เหมือนกับว่าออกไปจากวัตถุที่อยู่ทางซ้ายมือของเลนส์ อันเป็นตำแหน่งของภาพเสมือน

ในรูปที่ 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงของหน้าคลื่นที่ขนานและลู่เข้า เมื่อผ่านเลนส์เว้า (กำลังเป็นลบ) ซึ่งจะมีกรณีที่น่าสนใจ 4 กรณีคือ รูปที่ 4. (ก) แสงขนาน (ความโค้งหน้าคลื่นเป็นศูนย์) เมื่อผ่านเลนส์เว้าที่มีกำลังเป็นลบ ความโค้งหน้าคลื่นที่ออกจากเลนส์จะเป็นกำลังของเลนส์ด้วย รูปที่ 4. (ข) (ค) และ (ง) แสดงลักษณะของหน้าคลื่นลู่เข้า ที่ตกกระทบและผ่านเลนส์เว้าออกไป จะมีลักษณะของหน้าคลื่นแตกต่างกันไป ขึ้นกับค่าสัมพัทธ์ของความโค้งของหน้าคลื่นตกกระทบ กำลังของเลนส์และความโค้งของหน้าคลื่นที่ออกจากเลนส์ซึ่งผลของหน้าคลื่นที่ออกมา อาจเป็นหน้าคลื่นถ่างออก คลื่นขนาน หรือลู่เข้า ดังรูปที่ 4. (ข) (ค) และ (ง) ตามลำดับ

จะเห็นได้ว่า เลนส์นูนจะทำหน้าที่เพิ่มความโค้ง (คิดเครื่องหมายด้วย) ให้กับความโค้งของหน้าคลื่นที่มาตกกระทบเมื่อผ่านออกไป ส่วนเลนส์เว้าจะทำหน้าที่ลดความโค้ง (คิดเครื่องหมายด้วย) ของหน้าคลื่นที่ตกกระทบเมื่อผ่านออกไป แต่ก็ไม่ได้หมายความว่า หน้าคลื่นที่ออกจากเลนส์นูนจะเป็นหน้าคลื่นลู่เข้าเสมอ เพราะบางครั้งหน้าคลื่นที่ออกจากเลนส์นูนก็ยังคงเป็นหน้าคลื่นที่ถ่างออกได้ ดังรูปที่ 3. (ง) หรืออาจจะยกตัวอย่าง เช่น เลนส์นูนมีกำลัง $+5d$ สามารถเปลี่ยนความโค้งหน้าคลื่นตกกระทบ $-3d$ ให้เป็นหน้าคลื่นที่มีความโค้ง $+2d$ เมื่อออกจากเลนส์ แต่เลนส์ตัวเดียวกันนี้ถ้าความโค้งหน้าคลื่นตกกระทบเป็น $-7d$ จะให้หน้าคลื่นที่ออกมีความโค้งเป็น $-2d$ ซึ่งจะพบว่า นอกจากขึ้นกับลักษณะของเลนส์แล้วยังขึ้นกับลักษณะของหน้าคลื่นที่ตกกระทบด้วย ว่ามีความโค้งมากหรือน้อย (คิดเครื่องหมายด้วย)



รูปที่ 3 แสดงการเกิดภาพจากเลนส์นูน เมื่อวัตถุอยู่ที่ระยะต่าง ๆ กัน โดยการพิจารณาจากหน้าคลื่น โดยที่ F คือ จุดโฟกัสปฐมภูมิ และ F' คือ จุดโฟกัสทุติยภูมิ

รูปที่ 4 แสดงการเกิดภาพจากเลนส์เว้า เมื่อวัตถุอยู่ที่ระยะต่าง ๆ กัน โดยการพิจารณาจากหน้าคลื่น โดยที่ F คือ จุดโฟกัสปฐมภูมิ และ F' คือ จุดโฟกัสทุติยภูมิ

4. กระจก วิธีการของความโค้ง สามารถใช้ได้กับการเกิดภาพโดยกระจกเว้าและกระจกนูน ผลจากการคิดว่าแสงเป็นรังสี และใช้สัญนิยม "จริงเป็นบวก" จะได้สมการของกระจกซึ่งเหมือนสมการของเลนส์ คือ

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f} \tag{4}$$

จัดสมการที่ (4) ใหม่ได้

$$-\frac{1}{u} + \frac{1}{f} = \frac{1}{v} \quad (5)$$

โดยวิธีการเดียวกับเลนส์ สมการที่ (5) เขียนใหม่ได้เป็น

$$C_{in} + P = C_{out} \quad (6)$$

โดยที่ P คือ กำลังของกระจก C_{in} คือ ความโค้งของหน้าคลื่นที่ตกกระทบกระจก (พอดี), C_{out} คือความโค้งของหน้าคลื่นที่ (เพิ่ง) สะท้อนออกจากกระจก เพื่อให้สมการที่ (6) มีผลเหมือนสมการที่ (5) สัญลักษณ์ของ P และ C กำหนดไว้ ดังนี้

กำลังของกระจก $\left\{ \begin{array}{l} \text{กระจกเว้า มีเครื่องหมาย บวก (เพิ่มความโค้งให้กับหน้าคลื่นตกกระทบ)} \\ \text{กระจกนูน มีเครื่องหมาย ลบ (ลดความโค้งจากหน้าคลื่นตกกระทบ)} \end{array} \right.$
 (P)
 ความโค้ง $\left\{ \begin{array}{l} \text{เมื่อน้ำคลื่นขยายตัวออก มีเครื่องหมาย ลบ} \\ \text{เมื่อน้ำคลื่นลู่เข้าหรือหดตัว มีเครื่องหมาย บวก} \end{array} \right.$
 (C)

จากสมการที่ (6) มีกรณีที่น่าสนใจคือ กรณีที่กระจกมี $P = 0$ (คือกระจกราบ) จะได้ว่า $C_{in} = C_{out}$ โดยเครื่องหมายไม่เปลี่ยนแปลง ตัวอย่างเช่น ถ้าหน้าคลื่นลู่เข้าความโค้ง $+3d$ ตกกระทบกระจกราบ เมื่อสะท้อนออกหน้าคลื่นก็ยังคงมีความโค้ง $+3d$ เช่นกัน จะเห็นได้ว่าการสะท้อนย้อนกลับไปทางเดิมในกรณีกระจกราบ เครื่องหมายของความโค้งหน้าคลื่นไม่เปลี่ยนแปลง

สรุปในตอนนี้จะเห็นได้ว่า วิธีการของความโค้งในกรณีของกระจกและของเลนส์ จะได้ผลที่เป็นสมการที่มีรูปเหมือนกัน (สมการที่ (3) และสมการที่ (6)) คือ ความโค้งหน้าคลื่นตกกระทบ + กำลังของเลนส์หรือกระจก = ความโค้งของหน้าคลื่นที่ออกมา อันเป็นความสัมพันธ์ที่บอกการเปลี่ยนแปลงของหน้าคลื่น (คิดเหมือนกับว่า เรากำลังติดตามการเคลื่อนที่ของหน้าคลื่นไป) เมื่อผ่านเลนส์และกระจก โดยมีระบบสัญลักษณ์ของ C เหมือนกัน!

ตัวอย่างที่ 1 วัตถุอยู่ที่ระยะ 0.50 เมตร จากเลนส์นูนที่มีความยาวโฟกัส 0.25 เมตร จงหาตำแหน่งและชนิดของภาพ

วิธีทำ

$$\text{จาก } C_{in} + P = C_{out}$$

$$C_{in} = -\frac{1}{0.50m} = -2d; \quad P = +\frac{1}{0.25m} = +4d \quad \text{แทนค่า จะได้}$$

$$-2d + 4d = C_{out}$$

$$C_{out} = +2d$$

$$v = \frac{1}{C_{out}} = +0.50 \text{ m}$$

จะได้ภาพจริงที่ระยะ 0.50 เมตรจากเลนส์

ตัวอย่างที่ 2 วัตถุอยู่ที่ระยะ 0.50 เมตร จากเลนส์แก้วที่มีความยาวโฟกัส 0.25 เมตร จงหาตำแหน่งและชนิดของภาพ

วิธีทำ

$$\text{จาก } C_{in} + P = C_{out}$$

$$C_{in} = -\frac{1}{0.50m} = -2d; \quad P = -\frac{1}{0.25m} = -4d \quad \text{แทนค่า จะได้}$$

$$-2d - 4d = C_{out}$$

$$C_{out} = -6d$$

$$v = \frac{1}{C_{out}} = -0.16m$$

จะได้ภาพเสมือนอยู่ห่างเลนส์ 0.16 เมตร

ตัวอย่างที่ 3 ทันตแพทย์ถือกระจกเว้าอยู่ห่างจากรอยผุของฟัน 2.0 เซนติเมตร ภาพของรอยผุของฟันจะมีขนาดเท่าใด ถ้ากระจกเว้ามีรัศมีความโค้ง 5.0 เซนติเมตร

วิธีทำ

$$\text{จาก } C_{in} + P = C_{out}$$

$$C_{in} = -\frac{1}{2.0cm}; \quad P = +\frac{1}{R/2} = +\frac{1}{2.5cm}; \quad C_{out} = ? = \frac{1}{v}$$

$$\text{แทนค่าจะได้} \quad -\frac{1}{2.0cm} + \frac{1}{2.5cm} = C_{out}$$

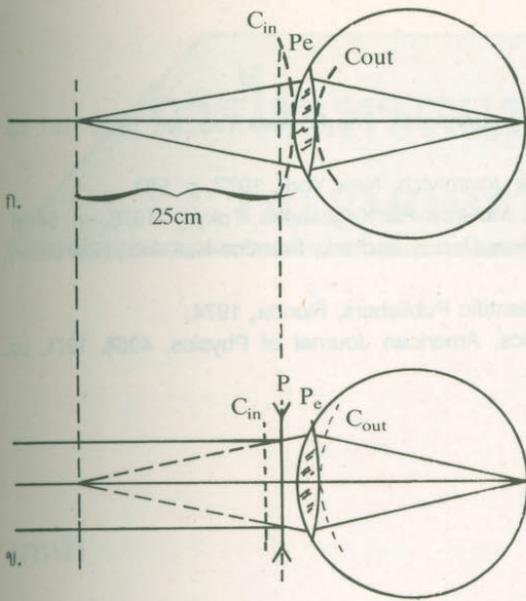
$$v = \frac{1}{C_{out}} = -10.0cm$$

$$\therefore m = \frac{|v|}{u} = \frac{10.0}{2.0} = 5 \text{ เท่า}$$

นั่นคือ ภาพจะโตขึ้น 5 เท่า เป็นภาพเสมือน

ตัวอย่างที่ 4 คนสายตาสั้นผู้หนึ่งมองไกลมากที่สุดได้ 25 เซนติเมตร การแก้ไขจะต้องใช้เลนส์อะไร มีกำลังเท่าใด

วิธีทำ



รูปที่ 5 รูปสำหรับตัวอย่างที่ 4 รูป ก. สำหรับตอนที่ 1 และรูป ข. สำหรับตอนที่ 2

ตอนที่ 1 ตาเปล่า (หาลักษณะของหน้าคลื่นที่จะทำให้ตาเห็นได้ไกลที่สุด) มีกำลังของเลนส์ตา = P_e

จาก $C_{in} + P = C_{out}$

$$-\frac{1}{0.25m} + P_e = C_{out} \quad (ก)$$

ตอนที่ 2 ใส่เลนส์กำลัง P เพื่อแก้ไข เลนส์ดังกล่าวจะต้องทำให้แสงจากอนันต์ผ่านเข้าตามีความโค้ง C_{out} คงเดิมตามสมการ (ก) ในการคำนวณจะถือว่าเลนส์อยู่ใกล้ตา

$$C_{in} + P + P_e = C_{out}$$

$$-\frac{1}{\infty} + P + P_e = C_{out} \quad (ข)$$

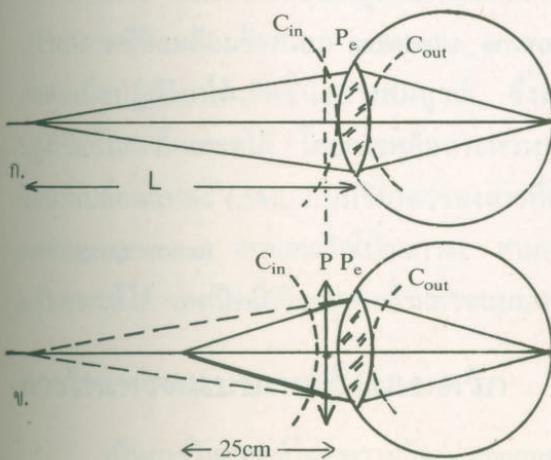
จาก (ก) และ (ข)

$$\therefore P = -4d$$

นั่นคือต้องใช้เลนส์เว้ามีกำลัง $4d$

ตัวอย่างที่ 5 คนสายตาวผู้หนึ่งมองใกล้ได้มากที่สุด เป็นระยะทาง $2L$ เมตร การแก้ไขจะต้องใช้เลนส์อะไร มีกำลังเท่าใด

วิธีทำ



รูปที่ 6 รูปสำหรับตัวอย่างที่ 5 รูป ก. สำหรับตอนที่ 1 และรูป ข. สำหรับตอนที่ 2

ตอนที่ 1 ตาเปล่า (หาลักษณะของหน้าคลื่นที่จะทำให้ตาเห็นได้ไกลที่สุด) มีกำลังของเลนส์ตา = P_e

$$-\frac{1}{L} + P_e = C_{out} \quad (ค)$$

ตอนที่ 2 ปรับแก้ไขให้มองได้ใกล้เท่าคนปกติ (คือ 0.25m) โดยใส่เลนส์ที่มีกำลัง P ในการคำนวณจะถือว่าเลนส์อยู่ใกล้ตา

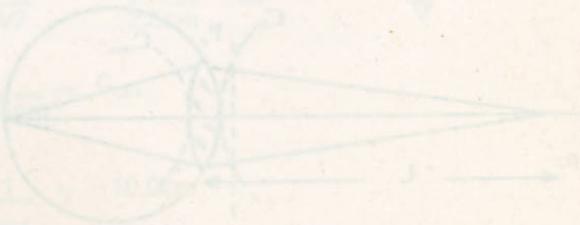
$$-\frac{1}{0.25m} + P + P_e = C_{out} \quad (ง)$$

จาก (ค) และ (ง) $P = 4 - \frac{1}{L}$

นั่นคือเลนส์ที่จะใช้ปรับแก้ต้องมีกำลัง $4 - \frac{1}{L}$ ไดออปเตอร์ (ด)

บรรณานุกรม

- 1) Greenslade, Jr., T.B. and Miller, Jr., F., the method of curvatures. *The Physics Teacher*, 19(2), 1981, pp. 88-93
- 2) Miller, Jr., F., *College Physics*, 4th ed., Harcourt Brace Jovanivich, New York, 1977, p. 583
- 3) Jenkins, F.A. and White, H.E., *Fundamental of Optics*, McGraw-Hill Kogakusha, Tokyo, 1976, pp. 54-56
- 4) Meyer-Arendt, J.R., *Introduction to Classical and Modern Optics*, 2nd ed., Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1984, pp. 11-14
- 5) Rubin, M.L., *Optics for Clinicians*, 2nd ed., TRIAD Scientific Publishers, Florida, 1974.
- 6) Keating, M.P., vergence, vision, and geometric optics, *American Journal of Physics*, 43(9), 1975, pp. 766-769.



การไทเทรตแบบเทอร์โมเมตริก

THERMOMETRIC TITRATION

* ทิพย์วัลย์ คำเหม็ง

บทนำ

ในปี ค.ศ. 1749 Lavoisier ได้ศึกษาเรื่องความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ของสารและได้ตั้งทฤษฎีของความร้อน (caloric theory) โดยพิจารณาว่าความร้อนเป็นของไหลชนิดหนึ่งที่ไม่มีน้ำหนัก ภายในสารหนึ่งจะมีความร้อนและสามารถรับหรือถ่ายเทความร้อนสู่ภายนอกได้ ต่อมาได้มีผู้สังเกตและศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความร้อนพบว่าในปฏิกิริยาเคมีส่วนมากจะมีการเปลี่ยนแปลงทางความร้อน (enthalpy change, ΔH) ซึ่งอาจจะเป็นปฏิกิริยาการดูดความร้อนหรือคายความร้อน โดยสังเกตได้จากการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิของระบบนั้นๆ คือ อุณหภูมิจะสูงขึ้น ถ้าเป็นปฏิกิริยาคายความร้อนและอุณหภูมิจะต่ำลงถ้าเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะขึ้นอยู่กับปริมาณของสารที่ทำปฏิกิริยา ฉะนั้นการวัดค่า ΔH จะเป็นการบอกได้ว่าสารนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงไปขนาดไหนหรืออาจกล่าวได้ว่า ΔH เป็นสมบัติที่ขึ้นอยู่กับปริมาณของสารที่เกิดการเปลี่ยนแปลง โดยทั่วไปแล้วไม่นิยมวัดค่า ΔH โดยตรง แต่จะวัดค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปภายใต้สิ่งแวดล้อมที่ไม่มีถ่ายเทความร้อนให้กับบรรยากาศที่ห้อมล้อมข้างนอก (adiabatic environment) และการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมินี้จะสิ้นสุดลงต่อเมื่อปฏิกิริยาได้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ ซึ่งสมบัติข้อนี้อาจนำไปเป็นเครื่องบ่งชี้ถึงจุดสมมูลของปฏิกิริยาในการไทเทรตได้ โดยการพล็อตระหว่างค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (ΔT) หรือปริมาณความร้อนที่เปลี่ยนแปลง (ΔH) กับปริมาตรของสารที่เติมลงไป (V) ซึ่งกราฟที่ได้เรียกว่าเอนทัลปีโปรแกรม (enthalprogramme) จากเอนทัลปีโปรแกรม สามารถจะคำนวณหาปริมาณของสารที่มีอยู่ในตัวอย่างที่น่าวิเคราะห์ได้ เทคนิคนี้เรียกว่าการไทเทรตแบบเทอร์โมเมตริก

การไทเทรตแบบเทอร์โมเมตริก

เป็นการวิเคราะห์โดยความร้อน (thermal analysis) และเป็นสาขาหนึ่งของเคมีวิเคราะห์ซึ่งเป็นการศึกษาสมบัติของสารทั้งในทางเคมีและฟิสิกส์ การวิเคราะห์อาศัยสมบัติความร้อนจากปฏิกิริยาเคมี ในปี 1913 Bell & Cowell เป็นนักวิทยาศาสตร์กลุ่มแรกที่เริ่มทำการศึกษาและนำเอาวิธีการไทเทรต

* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

แบบเทอร์โมเมตริกไปประยุกต์ในทางเคมีวิเคราะห์โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์เบคแมน (Beckman thermometer) ซึ่งวัดอุณหภูมิได้ละเอียดมาก นำมาวัดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในปฏิกิริยาระหว่างกรดกับด่าง ในปี 1953 Linde, Hume & Rogers ได้เขียนรายงานเรื่องการไทเทรตแบบเทอร์โมเมตริก โดยใช้เทอร์มิสเตอร์ (thermistor) ซึ่งเป็นเครื่องวัดความร้อนที่สามารถตอบสนองการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิได้ไวมาก

ความร้อนของปฏิกิริยา

การไทเทรตแบบเทอร์โมเมตริกสำหรับปฏิกิริยาเคมีใด ๆ จะมีพารามิเตอร์ทางอุณหพลวัต (thermodynamic) มาเกี่ยวข้องด้วยคือการเปลี่ยนแปลงความร้อนอันเนื่องมาจากปฏิกิริยาเคมีภายใต้ความดันคงที่ในระบบใดระบบหนึ่งโดยเฉพาะและมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงพลังงานอิสระ (free energy change) ของปฏิกิริยาเคมีตามสมการของ Gibbs Helmholtz ($\Delta H = G + T\Delta S$) และถ้าพิจารณาปฏิกิริยาเคมีจากสมการ



เมื่อปฏิกิริยาเกิดขึ้นและเข้าสู่ภาวะสมดุลโดยที่ให้ "B" เป็นสารที่เติมลงไปทำปฏิกิริยากับ "A" ในสารละลายที่มี "C" เป็นตัวทำละลาย จะมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเกิดขึ้นและเกิด "p" โมลของสารผลิตภัณฑ์ "P" เมื่อเกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์แล้วความร้อนต่อหนึ่งหน่วยโมล (molar heat of reaction) ของสารสามารถวัดออกมาในรูปของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (ΔT) และถ้าเป็นปฏิกิริยาที่ให้ความร้อนด้วยแล้วปริมาณความร้อนทั้งหมด (Q) หลังจากเกิดปฏิกิริยาจะมีความสัมพันธ์กับ ΔT และ ΔH ดังสมการ

$$Q = -n_p \cdot \Delta H \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$Q = C_s \Delta T \quad \dots\dots\dots (2)$$

จาก (1) และ (2) จะได้ว่า $\Delta T = -n_p \cdot \Delta H / C_s \quad \dots\dots\dots (3)$

ในเมื่อ n_p = จำนวนโมลของสารที่เกิดจากปฏิกิริยา

C_s = ความจุความร้อนของระบบ

ขณะทำการไทเทรตถ้าความดันคงที่และอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ค่า ΔH ก็คงที่ด้วย

$$\therefore \Delta T = \text{const. } -n_p / C_s \quad \dots\dots\dots (4)$$

การไทเทรตอาจมีการสูญเสียหรือรับความร้อนเกิดขึ้นระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อม ดังนั้นค่า C_s จะขึ้นอยู่กับความจุความร้อนของเครื่องมือที่ใช้ ซึ่งจะเป็นค่าคงที่สำหรับแต่ละระบบ ปริมาตรของสารละลายที่ทำปฏิกิริยากันนี้จะควบคุมให้มีค่าคงที่หรือเปลี่ยนแปลงแต่เพียงเล็กน้อยได้โดยการ

เติมสารที่จะไปทำปฏิกิริยา (titrant) ปริมาณน้อย ๆ เมื่อเทียบกับปริมาตรทั้งหมดของสารละลาย (titrand + titrant) ซึ่งอาจทำได้โดยใช้ไทเทรนต์ที่มีความเข้มข้น 10 - 100 เท่าของสารที่จะทำการวิเคราะห์ (titrand) ซึ่งโดยวิธีนี้จะทำให้ความจุความร้อนของระบบคือค่า C_s มีค่าคงที่

$$\text{จะได้ } \Delta H = \text{const. } (-n_p) \dots\dots\dots (5)$$

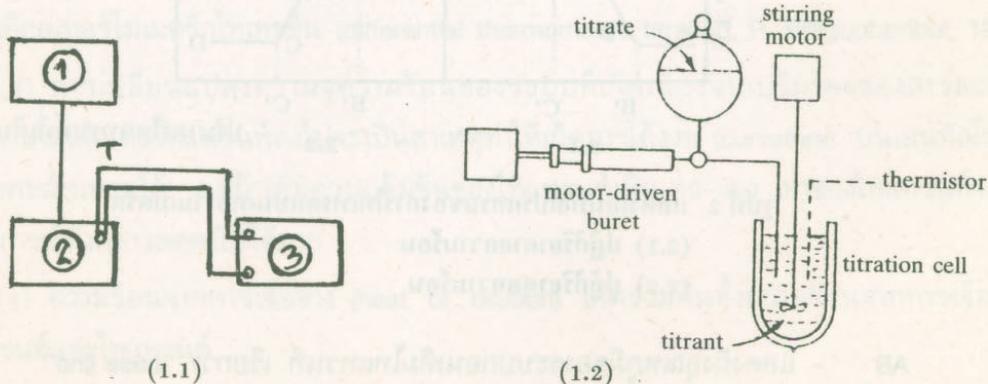
$$\Delta T = \text{const. } n_p \dots\dots\dots (6)$$

จากสมการที่ (6) จะเห็นได้ว่า ΔT นั้นมีความสัมพันธ์โดยตรงกับจำนวนโมลของสารผลิตภัณฑ์ (n_p)

ส่วนประกอบของเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารโดยวิธีการไทเทรตแบบเทอร์โมเมตริกจะประกอบไปด้วยส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วนด้วยกันคือ

1. ระบบถ่ายเทไทเทรนต์ไปยังไทเทรนต์ (dispensing system)
2. ระบบที่สารทำปฏิกิริยากัน (reaction system)
3. เครื่องวัดหรือเครื่องบันทึกการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและเทอร์มิสเตอร์ (detector or recorder, thermister)



รูปที่ 1 แสดงส่วนประกอบของเครื่องมือการไทเทรตแบบเทอร์โมเมตริก

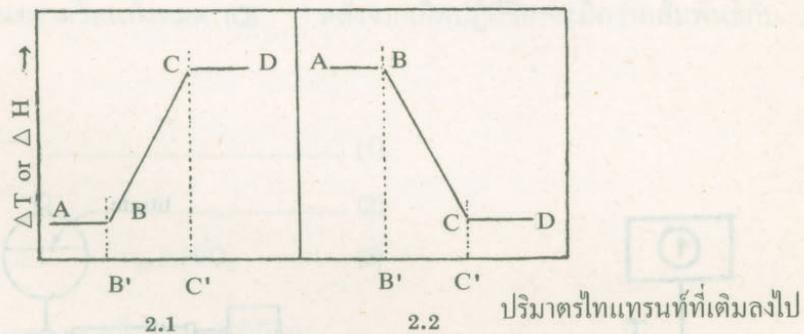
(1.1) แสดงแผนภาพโดยสังเขป

(1.2) แสดงส่วนประกอบอย่างละเอียดของเครื่องมือ (Willard, 1974)

การที่จะให้ไทเทรนต์เข้าไปทำปฏิกิริยากับไฮแตรนด์นั้นทำได้หลายวิธีคือ เติมไทเทรนต์จากบิวเรต และจดปริมาตรแต่ละครั้งที่เติมลงไป วิธีนี้ใช้ได้ดีเมื่อปฏิกิริยานั้นเกิดช้าและให้ความร้อนค่อนข้างสูง อีกวิธีหนึ่งเป็นวิธีการเติมไทเทรนต์แบบอัตโนมัติ ซึ่งอาจจะเป็นการใช้บิวเรตอัตโนมัติ (automatic burette) หรือการใช้ปั๊มทำให้ไทเทรนต์ไหลไปตามท่อพลาสติกอย่างต่อเนื่องและอาจใช้มอเตอร์ควบคุมหัวฉีด (motor driven automatic syringe) ซึ่งมอเตอร์จะควบคุมการไหลของไทเทรนต์ผ่านหัวฉีดซึ่งมีปลายเปิดเล็ก ๆ จุ่มอยู่ในสารละลายที่ต้องการวิเคราะห์ก็ได้ การทำปฏิกิริยานี้ควรทำภายใต้สภาวะที่ไม่มีการถ่ายเทความร้อนระหว่างระบบและสิ่งแวดล้อม ดังนั้นภาชนะที่ใช้จะต้องมีฉนวนหุ้มไว้อย่างดีหรือใช้ขวดแก้วเทอร์มอส พร้อมทั้งมีที่กวนสารเพื่อให้มีการผสมเป็นเนื้อเดียวกันและมีเทอร์มิสเตอร์ทำหน้าที่วัดอุณหภูมิหรือความร้อนที่เปลี่ยนแปลงระหว่างการเกิดปฏิกิริยาด้วย เทอร์มิสเตอร์ที่ใช้ควรจะมีควมไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ สามารถวัดได้ถูกต้องถึงแม้อุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อย เทอร์มิสเตอร์ที่ทำจากโลหะผสมของเฟอร์ไรท์ (ferrite) และออกไซด์ของโคบอลต์ แมงกานีส นิกเกิล และวาเนเดียม มีสมบัติเป็นเซมิคอนดักเตอร์ (semiconductor) ใช้วัดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิปริมาณน้อย ๆ ได้รวดเร็ว

ลักษณะเอนทัลปีปรแกรมของการไทเทรตแบบเทอร์โมเมตริก

ได้จากการพล็อตระหว่างอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป (ΔT) หรือการเปลี่ยนแปลงความร้อนของปฏิกิริยา (ΔH) กับปริมาตรของไทเทรนต์ (V) ที่เติมลงไปทำปฏิกิริยา



รูปที่ 2 แสดงเอนทัลปีปรแกรมของการไทเทรตแบบเทอร์โมเมตริก

(2.1) ปฏิกิริยาคายความร้อน

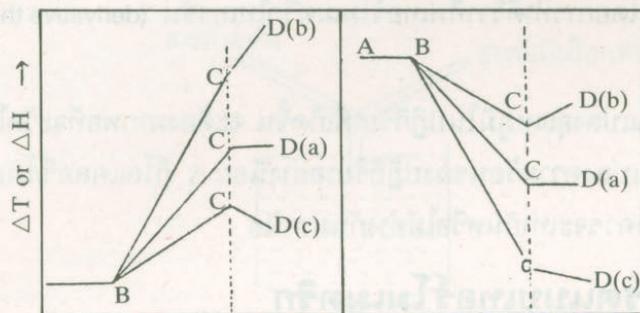
(2.2) ปฏิกิริยาดูดความร้อน

- AB - แสดงถึงอุณหภูมิของระบบก่อนเติมไทเทรนต์ เรียกว่า "base line"
- BC - แสดงถึงอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดลงแล้ว
- CD - เมื่อเติมไทเทรนต์ต่อไปอีกจะได้ส่วนที่เรียกว่า "excess reagent line"
- จุด B - แสดงถึงจุดสุดท้ายของปฏิกิริยา
- C'-B' - ปริมาตรของไทเทรนต์ที่สมมูลกับปริมาณของสารที่ต้องการวิเคราะห์

แพกเตอร์ที่มีผลต่อเอนทัลปีโปรแกรมของการไทเทรตแบบเทอร์โมเมตริก

การไทเทรตโดยเทคนิคนี้ ผลที่ได้ขึ้นกับแพกเตอร์ต่าง ๆ หลายอย่างดังนี้คือ

(1) อุณหภูมิของไทแทรนท์และไทแทรนด์ไม่เท่ากันในกรณีเช่นนี้จะได้เอนทัลปีโปรแกรมดังในรูปที่ 3



3.1

3.2

ปริมาตรของไทแทรนท์ที่เติมลงไป

รูปที่ 3 แสดงอุณหภูมิของไทแทรนท์และไทแทรนด์ที่มีผลต่อเอนทัลปีโปรแกรมของการไทเทรตแบบเทอร์โมเมตริก

(3.1) ปฏิกริยาคายความร้อน (3.2) ปฏิกริยาดูดความร้อน

- (a) เมื่ออุณหภูมิเริ่มแรกของไทแทรนท์และไทแทรนด์เท่ากัน
- (b) เมื่ออุณหภูมิเริ่มแรกของไทแทรนท์สูงกว่าไทแทรนด์
- (c) เมื่ออุณหภูมิเริ่มแรกของไทแทรนท์ต่ำกว่าไทแทรนด์

(2) ความร้อนอื่นๆ นอกเหนือจากความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยา ขณะทำปฏิกิริยาอาจมีความร้อนอื่นๆ มาเกี่ยวข้องด้วย เช่น ความร้อนที่เพิ่มขึ้นมาเนื่องจากการคนหรือกวนสาร เป็นต้น แต่สิ่งเหล่านี้ไม่มีผลต่อการหาจุดสุดท้ายของปฏิกิริยาแต่อย่างใดและอาจกำจัดผลที่เกิดขึ้นได้โดยเทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลเทอร์โมเมตริกไทเทรชัน (differential thermometric titration, P. Praguobribul, 1977)

(3) การเปลี่ยนแปลงความจุความร้อนของระบบที่เกิดเนื่องจากปริมาตรของสารละลายเพิ่มขึ้นจากเดิมเมื่อเติมไทแทรนด์ลงไปจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดการโค้งงอ (curvature) บนเอนทัลปีโปรแกรมของการไทเทรตได้ แต่ถ้าเพิ่มความเข้มข้นของไทแทรนท์เป็น 10-100 เท่าของไทแทรนด์จะทำให้ปรากฏการณ์ดังกล่าวลดลงไปได้มาก

(4) ความร้อนจากการเจือจาง (heat of dilution) เกิดร่วมกันทั้งความร้อนจากการเจือจางของไทแทรนท์และไทแทรนด์

(5) ความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาที่ไม่ต้องการ ซึ่งจะเกิดในกรณีที่สารละลายนั้นมีสารเจือปนอื่นๆ นอกเหนือจากตัวที่ต้องการหาปริมาณและสามารถทำปฏิกิริยากับไทแทรนด์ได้ จึงทำให้เอนทัลปีโปรแกรมที่ได้มีรูปร่างผิดไป

ในการทำไทเทรตแบบเทอร์โมเมตริกเพื่อให้ได้ผลดีจะต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้คือ

(1) สารละลายจะต้องผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ทั้งนี้เพื่อให้ความร้อนที่เปลี่ยนแปลงในสารละลายถ่ายเทไปสู่เครื่องมือวัดความร้อนได้อย่างรวดเร็ว

(2) ปฏิกริยาที่ทำการศึกษาคือจะต้องเกิดอย่างรวดเร็วและสมบูรณ์ เพื่อว่าเอนทัลปีปรแกรมของการไทเทรตจะได้ไม่โค้งงอและเป็นการลดความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้อันเนื่องจากการลากเส้นต่อที่ได้ออกไปเพื่อหาจุดสมมูลของปฏิกริยา สำหรับการโค้งงอของเอนทัลปีปรแกรมที่เกิดบริเวณจุดสุดท้าย สามารถแก้ไขได้โดยการทำติรวิทาที่ฟเทอร์โมเมตริกไทเทรชัน (derivative thermometric titration, Zenchelsk, 1957)

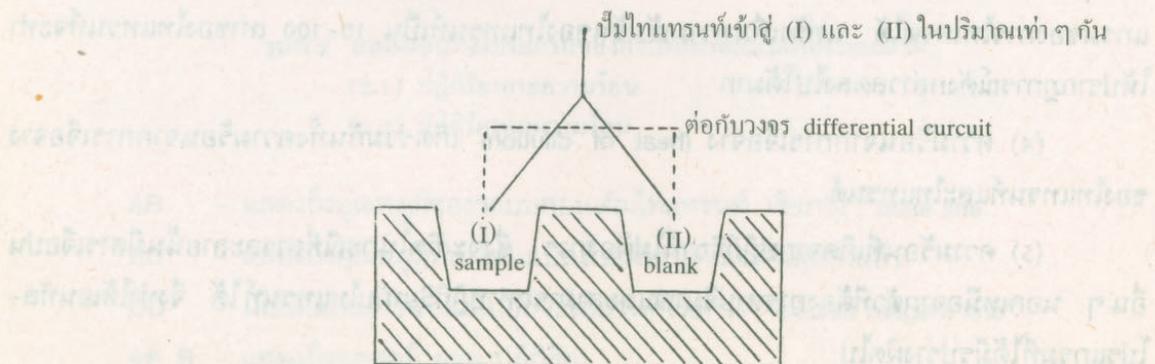
(3) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในปฏิกริยาที่เกิดขึ้น จะต้องมากพอที่จะวัดได้ กล่าวคือ ปฏิกริยานั้นจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงความร้อนของปฏิกริยาอย่างน้อย 5 กิโลแคลอรี/โมล และอุณหภูมิของไทเทรนต์และไทเทรนต์ควรจะต้องเท่ากันหรือไม่ต่างกันมากนัก

เทคนิคการไทเทรตแบบเทอร์โมเมตริก

เพื่อที่จะให้การวิเคราะห์โดยเทคนิคนี้ดีขึ้น จึงมีผู้คิดค้นวิธีการพร้อมทั้งปรับปรุงเครื่องมือต่าง ๆ ให้เหมาะสมกับงานที่ทำการทดลอง ซึ่งในปัจจุบันมีเทคนิคต่าง ๆ ดังนี้คือ

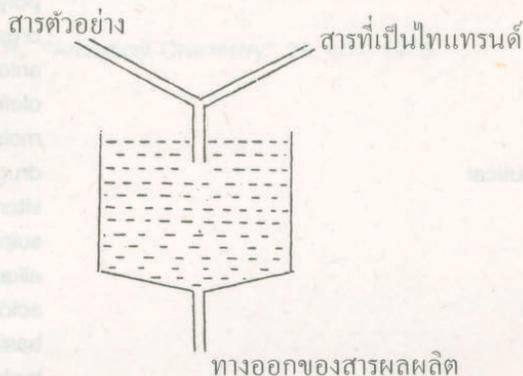
(1) แคทาไลติกเทอร์โมเมตริกไทเทรชัน (catalytic thermometric titration) ในปฏิกริยาที่มีตัวเร่งบางปฏิกริยา สามารถจะใช้บอกจุดยุติในการไทเทรตแบบเทอร์โมเมตริกได้ กล่าวคือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนไปอันเนื่องมาจากปฏิกริยาที่มีตัวเร่งหลังจากปฏิกริยาที่สนใจเสร็จสิ้นสมบูรณ์ สามารถจะใช้บอกจุดยุติของการไทเทรตได้ (Vaughan, 1965) เช่น ปฏิกริยาการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในสารละลายต่าง โดยมีแมงกานีสเป็นตัวเร่ง (Kreingol, 1974)

(2) ดิฟเฟอเรนเชียลเทอร์โมเมตริกไทเทรชัน (differential thermometric titration) มีหลักการง่าย ๆ คือ ใช้ระบบการไทเทรตสองอันที่เหมือนกัน อันหนึ่ง (I) บรรจุสารละลายตัวอย่าง และอีกอันหนึ่งบรรจุสารละลายแบลนด์ (blank) ที่ทำหน้าที่เป็นตัวทำละลาย (II) ให้ไทเทรนต์ที่เป็นสารละลายมาตรฐานไหลเข้าสู่ภาชนะที่สารจะทำปฏิกริยาทั้งสองพร้อม ๆ กัน และบันทึกอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปได้ด้วยวงจรดิฟเฟอเรนเชียล (differential circuit) ซึ่งสามารถบันทึกผลต่างของอุณหภูมิ (I) และ (II) ได้



รูปที่ 4 แสดงดิฟเฟอเรนเชียลเทอร์โมเมตริกไทเทรชัน

(3) คอนตินิวอัลสโพลเอนทัลปีเมตริก (continuous flow enthalpimetric) เป็นวิธีการไทเทรต โดยให้ไทแทรนท์และไทแทรนด์ไหลด้วยอัตราคงที่อย่างต่อเนื่องเข้าไปทำปฏิกิริยากันในภาชนะที่ใส่สาร โดยทำภายใต้สภาวะที่ไม่มีการสูญเสียความร้อน (Priestley, 1965) เทคนิคนี้มีประโยชน์มากในการ วิเคราะห์แบบต่อเนื่อง ซึ่งใช้ควบคุมการวิเคราะห์ในโรงงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมี



รูปที่ 5 แสดงคอนตินิวอัลสโพลเอนทัลปีเมตริก

นอกจากเทคนิคดังที่กล่าวมาแล้วยังได้มีการแบ่งเทคนิคเป็นวิธีอื่น ๆ อีกมากมาย ซึ่งแต่ละ เทคนิคมีกฎเกณฑ์การแบ่งแตกต่างกันออกไป ส่วนใหญ่จะเรียกชื่อเทคนิคตามลักษณะของเครื่องมือ ที่ใช้และ/หรือเรียกตามปฏิกิริยาที่เกิดเช่นคอนตินิวอัลสเทอร์โมเมตริกไทเทรชัน (continuous thermo-metric titration) ดูเอลไทเทรชันอะนาไลซิส (dual titration analysis) และอื่น ๆ เป็นต้น

การประยุกต์

ในปัจจุบันได้มีการนำเอาเทคนิคการไทเทรตแบบเทอร์โมเมตริกมาใช้ประโยชน์ในการวิจัย และวิเคราะห์สารอินทรีย์และอนินทรีย์ต่าง ๆ อย่างมากมาย ทั้งในการวิเคราะห์เชิงปริมาณและคุณภาพ การวิเคราะห์โดยวิธีนี้ถึงแม้จะไม่สามารถแก้ไขปัญหาทางเคมีวิเคราะห์ได้หมดทุกอย่าง แต่ก็สามารถ ช่วยได้มากมายหลายสาขา เช่น ในทางสาขาเคมีคลินิก (clinical chemistry) ชีวเคมี (biochemistry) และ จุลชีววิทยา (microbiology) ได้มีผู้นำเทคนิคนี้ไปศึกษากันอย่างแพร่หลาย แต่ผลงานที่ดีที่สุดพิมพ์ออกมา ส่วนมากเป็นการศึกษาความรู้พื้นฐานทางเคมีความร้อนของสารที่มีความสำคัญทางชีวภาพ ซึ่งมัก จะเป็นปฏิกิริยาเฉพาะเจาะจงและมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Canning, 1975) จึงเหมาะมากที่จะ ใช้เทคนิคนี้ในการวิเคราะห์ นอกจากนี้การวิเคราะห์โดยเทคนิคนี้มีแนวโน้มที่จะนำไปประยุกต์ใช้ใน งานประจำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวิเคราะห์สารประกอบ และผลิตภัณฑ์ทางอุตสาหกรรมต่าง ๆ ดัง ตัวอย่างที่ได้รวบรวมและแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงสารประกอบของธาตุและผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่วิเคราะห์โดยการไทเทรตแบบเทอร์โมเมตริก (ทิพย์วัลย์, 2523).

สาขาที่วิเคราะห์	สิ่งที่วิเคราะห์
chemical	weak acid and weak base polyacid-base or polybasic-acid organic acid anionic or cationic polymerization olefin
pharmaceutical	moisture in organic drug vitamin C sulphonamide alkaloid and alkaloid salt
petroleum	acidity basic nitrogen hydrocarbon
mineral	phenol in coal silica in rock and ore silicate in chromium ore SiO ₂ , AlO ₃ , Fe ₂ O ₃ and TiO ₂ in bauxite
metal	transition metal sulphur and phosphorus in steel silicon in steel P, Mn, Co and V in steel
ceramic	Th and La in glass
miscellaneous	alumina and silica in cement soap, detergent and surfactant pesticide calcium oxide in lime-fly ash mixture hydroxyl content of rasin

สำหรับการวิเคราะห์แบบควบคุมการผลิตตามโรงงานอุตสาหกรรมนั้น จะต้องเป็นวิธีที่สามารถทำได้รวดเร็วต่อเนื่องกันไป ซึ่งวิธีการเช่นนี้อาจทำได้โดยประยุกต์เทคนิคคอนตินิวอัสโฟลเอนทัลปีเมตริกเข้าไปใช้ เพราะเป็นวิธีที่ทำได้ง่ายและรวดเร็วให้ความถูกต้องสูงและสามารถติดตั้งเข้ากับเครื่องมี้อัตโนมัตินี้ได้ จึงเหมาะมากในการนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมต่างๆ ได้

เอกสารอ้างอิง

- ทิพย์วัลย์ คำเหม็ง "Thermal Analysis" ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 2529
- วิรัตน์ โอภาสนิพัทธ์ "Thermometric and Enthalpimetric Titrimetry", ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2520

3. Canning, L.M. Jr. and Corr, P.W., "Analytical Letters", 8, 359, 1975
4. Kreingol, S.U., Komarova, V.K., Martsokha, V.I. and Yutal, E.M. "Journal Analytical Chemistry of USSR (translated)" 29, 2,000, 1974
5. P. Praguobpribul, "Analytical Newsletter", p. 8-16 vol. II No I, July, 1977
6. Priestiley, P.T. ; Sebborn, W.S. and Solman R.F.W. "Analyst" 90, 589 (1965)
7. Vaughau, GA and Swithenbank, J.J., "Analyst" 90, 594, 1965
8. Willard, Merritt, Dean "Instrumental Method of Analysis" 5th ed., Publish by D. Van Nostrand Company, p. 496-511, 1974
9. Zenchelsky, S.T., and Segatto, P.R., "Analytical Chemistry" 29, 404, 1975

ความรู้พอกพูน เพื่อเกษตรสมบูรณ์ สมัครเป็นสมาชิกวารสาร

แค้นเกษตร

วารสารราย 2 เดือน
ของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บุคคลทั่วไปปีละ 40 บาท

นักเรียนนักศึกษา

ปีละ 35 บาท

(ปีละ 6 ฉบับ)

ติดต่อสมัครเป็นสมาชิกได้ที่ คุณ วิยะดา อรัญนารถ
งานการเงินและบัญชี คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ขอนแก่น 40002 (ธนาณัติสั่งจ่าย ปณ.มหาวิทยาลัยขอนแก่น)



การจัดการความเสี่ยงภัย (Risk management)

อโนทัย ตรีนวนิช*

บทนำ

มนุษย์เราดำรงชีวิตอยู่ท่ามกลางการเสี่ยงภัยหรือเสี่ยงต่อการเกิดเหตุการณ์ที่นำมาซึ่งความสูญเสียแก่ชีวิต ทรัพย์สิน หรือรายได้อยู่ตลอดเวลา ไม่ว่าคนๆ นั้นจะเป็นนักเรียน นักศึกษา แม่บ้าน ข้าราชการ นักธุรกิจ เกษตรกร หรือนักท่องเที่ยวก็ตาม แต่มนุษย์เราก็มิได้นิ่งเฉยพยายามที่จะทำให้โอกาสที่จะมีความเสี่ยงภัยนั้นต่ำ ซึ่งถ้าเราสามารถพิจารณาได้ว่าความเสียหายนั้นจะต้องเกิดขึ้นแน่นอน และมีจำนวนเท่าใดแล้วเราก็สามารถที่จะวางแผนล่วงหน้าได้ว่าจะจัดการอย่างไรเกี่ยวกับความเสียหายที่จะเกิดขึ้นเพื่อให้เหมาะสมและเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด

การจัดการความเสี่ยงภัย (Risk Management)

การจัดการความเสี่ยงภัยเป็นขบวนการหรือวิธีการที่จะเลือกเผชิญกับการเสี่ยงภัยให้เหมาะสมกับการเสี่ยงภัยหนึ่ง หรืออาจจะเสียค่าใช้จ่ายสูงกว่าอีกวิธีหนึ่งก็ได้ ขั้นตอนของการจัดการความเสี่ยงภัย อาจแบ่งได้ดังนี้คือ

1. การจำแนกการเสี่ยงภัย (Risk Identification) เป็นขั้นตอนการพิจารณาและการกำหนดการเสี่ยงภัยว่าทรัพย์สินหรือชีวิตของเรานั้นกำลัง

หรืออาจจะเสี่ยงภัยอะไรอยู่และสภาพการณ์การเสี่ยงภัยเป็นอย่างไร

2. การวิเคราะห์ความสูญเสียหรือความเสียหายทางการเงินที่อาจจะเกิดขึ้นได้หากมีภัยเกิดขึ้น (analysis of financial Impact) เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์ว่าถ้าหากภัยที่ได้พิจารณาจากขั้นตอนการจำแนกการเสี่ยงภัยแล้วว่าจะเกิดขึ้น เราต้องพิจารณาต่อว่า ถ้าภัยนั้นเกิดขึ้นแล้วนำมาซึ่งความเสียหายมากน้อยเท่าใด และเกิดขึ้นบ่อยครั้งเพียงไร

3. การเลือกวิธีการเผชิญการเสี่ยงภัย (Risk Handling Decision) เป็นขั้นตอนในการตัดสินใจเลือกวิธีการเผชิญการเสี่ยงภัยให้เหมาะสมกับการเสี่ยงภัยและความสูญเสียที่จะเกิดขึ้น เพื่อจะได้เสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด ปกติมักจะหามาตรการหรือเครื่องมือบางอย่างมาช่วยในการตัดสินใจเลือกวิธีการเผชิญการเสี่ยงภัย ซึ่งจำแนกวิธีการเผชิญกับการเสี่ยงภัยได้ดังนี้

3.1 การเลี่ยงการเสี่ยงภัย (Risk Avoidance)

3.2 การรับความเสี่ยงภัย (Risk Assumption)

3.3 การป้องกันการสูญเสีย (Loss Prevention)

*ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

3.4 การลดการสูญเสีย (Loss Reduction)

3.5 การโอนการเสี่ยงภัย (Risk Transfer)

3.1 การเลี่ยงการเสี่ยงภัย คือการที่เราจะไม่เข้าไปมีส่วนในการเสี่ยงภัย ถ้าทำได้หรือถ้าพิจารณาได้ว่าโอกาสที่จะเกิดความเสียหายนั้นมีบ่อยมากและความเสียหายในแต่ละครั้งนั้นร้ายแรงมาก ดังนั้นเราควรหลีกเลี่ยงที่จะเข้าไปมีส่วนร่วมตั้งแต่แรก เช่น ถ้าหากซื้อรถจักรยานยนต์มาใช้แล้ว อาจถูกขโมย หรือเกิดอุบัติเหตุได้จึงเลี่ยงโดยไม่ซื้อรถจักรยานยนต์ เป็นต้น ถึงแม้ว่าวิธีการเลี่ยงการเสี่ยงภัยจะเป็นวิธีการเลือกเผชิญการเสี่ยงภัยที่ง่าย และไม่มีค่าใช้จ่ายใดๆ เกิดขึ้น แต่มีการเสี่ยงภัยอย่างหนึ่งที่มนุษย์ทุกคนไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ก็คือ ความตาย

3.2 การรับการเสี่ยงภัยเอง คือการที่เราตกลงที่จะรับภาระความเสียหายทั้งหมดไม่ว่าจะเสียหายเท่าใด และเราได้ตระหนักถึงการเสี่ยงภัยและความเสียหายนั้นแล้ว การรับการเสี่ยงภัยเองมักจะใช้กับการเสี่ยงภัยที่ไม่เกิดขึ้นบ่อยครั้งนัก กอปรทั้งความเสียหายที่เกิดขึ้นก็ไม่ร้ายแรงด้วย เช่น ในกรณีที่บุคคลร่ำรวยที่ไม่ได้ทำประกันรถยนต์ เมื่อรถยนต์ตนเองได้เกิดอุบัติเหตุ และเสียหายขึ้นก็สามารถจ่ายค่าซ่อมแซมเองได้

3.3 การป้องกันการสูญเสีย คือการจัดทำกิจกรรมบางอย่างขึ้น เพื่อลดโอกาสที่จะเกิดความเสียหาย หรือทำให้ความถี่ในการเกิดความเสียหายลดลง เช่น จัดให้มียามเฝ้าธนาคาร เพื่อป้องกันการถูกปล้น การพิมพ์ค่าเตือนบนภาชนะเพื่อเตือนถึงอันตรายของตัวยาบางชนิด เป็นต้น

3.4 การลดการเสี่ยงภัย คือ การจัดทำกิจกรรมเพื่อลดความสูญเสียที่จะเกิดขึ้นให้มีความร้ายแรงน้อยที่สุด เมื่อไม่สามารถป้องกันมิให้ความสูญเสียเกิดขึ้นได้ เช่น เมื่อใช้ยาทาแผล

บ่งเอิญยาเข้าตา เราควรรีบปฏิบัติตามฉลากที่บอกวิธีการใช้ เช่น ใช้น้ำล้างตาด้วยน้ำสะอาดแล้วไปพบแพทย์ ดีกว่าปล่อยไว้หรือไม่ทำอะไรเลย ซึ่งอาจทำให้ตาบอดได้

3.5 การโอนการเสี่ยงภัย คือ การโอนความเสียหายที่จะได้รับให้ผู้อื่นเป็นผู้รับความเสี่ยงแทน ซึ่งมีได้หลายรูปแบบ เช่น การซื้อขายล่วงหน้า (hedging) เป็นการทำสัญญาตกลงซื้อขายสินค้ากันโดยตกลงราคาซื้อ ณ วันนั้น แต่ส่งมอบสินค้ากันภายหลัง ถ้าต่อไปราคาสินค้าสูงขึ้นก็ถือว่าผู้ซื้อไม่ต้องรับภาระการเสี่ยงภัยนี้กล่าวคือโอนภาระการเสี่ยงภัยไปให้กับผู้ขายแทน การประกันภัย (insurance) เป็นการโอนการเสี่ยงภัยโดยวิธีทำประกันกับบริษัทประกันภัยเป็นวิธีที่สะดวกและนิยมทำกัน วิธีนี้จะช่วยขจัดหรือลดความเดือดร้อนทางการเงินได้เป็นอย่างดี โดยบุคคลนั้นยอมเสียค่าใช้จ่ายส่วนหนึ่งให้กับผู้รับประกันในรูปค่าเบี้ยประกัน และเมื่อเกิดความเสียหายขึ้นมาผู้รับประกันจะจ่ายชดเชยค่าเสียหายให้ในวงเงินที่เอาประกัน เป็นต้น

ส่วนการเลือกวิธีการเผชิญการเสี่ยงภัยที่จะเสนอในบทความนี้นั้น ได้จากการพิจารณาจำนวนครั้งหรือความถี่ของการเกิดความเสียหาย และผลของความเสียหาย (ปริมาณความเสียหาย) ที่เกิดขึ้นว่ารุนแรงมากน้อย โดยจะจำแนกได้เป็นความถี่ต่ำและความเสียหายน้อย - ความถี่สูงและความเสียหายน้อย ความถี่ต่ำและความเสียหายมาก ความถี่สูงและความเสียหายมาก จึงค่อยทำการตัดสินใจเลือกจะใช้ วิธีการเผชิญการเสี่ยงภัยแบบใด สรุปได้ดังตารางที่ 1

4. การประเมินผลและการปรับปรุงการจัดการการเสี่ยงภัย

เป็นขั้นตอนการประเมินผลของการจัดการการ

เสี่ยงภัยที่ใช้อยู่โดยพิจารณาจากการเปรียบเทียบ นั้น เพื่อจะได้ปรับปรุงการเลือกการเผชิญการ
ค่าใช้จ่ายผลความเสียหายที่เกิดจากการเสี่ยงภัย เสียภัยในครั้งต่อ ๆ ไป

ตารางที่ 1 แสดงเครื่องมือในการจัดการการเสี่ยงภัย

		ความถี่ของความสูญเสียหรือความเสียหายที่เกิดขึ้น	
		ต่ำ	สูง
ปริมาณความเสียหาย	น้อย	เลือกการรับเสี่ยงภัยเอง พร้อมทั้ง การป้องกันการสูญเสียและการ ลดความเสียหาย ถ้าค่าใช้จ่าย คุ้มกับผลประโยชน์ที่ได้รับ	เลือกการป้องกันการสูญเสีย พร้อมทั้งการลดการสูญเสีย ถ้า ค่าใช้จ่ายคุ้มกับผลประโยชน์ เลือกรับการเสี่ยงภัยเองถ้าค่า ใช้จ่ายของการป้องกันหรือการลด การสูญเสียไม่คุ้มประโยชน์
	สูง	เลือกการประกันภัย หรือการลด ความสูญเสีย พร้อมทั้งการ ป้องกันการสูญเสีย	เลือกการเลี่ยงการเสี่ยงภัย พร้อม ทั้งการป้องกันการสูญเสีย และ ลดความสูญเสีย ถ้าเป็นไปได้

สรุป

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาและปรับปรุงวิธีการ
เมื่อเผชิญ กับการเสี่ยงภัยอย่างต่อเนื่อง การ
เลือกใช้วิธีการใดๆ เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว มี
ปัจจัยที่ควรพิจารณา ก่อนการตัดสินใจคือ

1. ค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นในแต่ละทางเลือก
ว่าจะเสียหายมากน้อยเท่าใด
2. ความสามารถในการบริหาร หรือจัดการ
การเสี่ยงภัยว่ามีมากน้อยเท่าใด
3. ประเภทของธุรกิจว่าเรากำลังประกอบ
ธุรกิจแบบใด

และ 4. ประเภทของการเสี่ยงภัยที่อาจจะเกิด
ขึ้น เช่น ถ้าเป็นการเสี่ยงภัยแบบเบี่ยงกำไร โดย
ทั่วไป จะใช้วิธีการประกันภัยไม่ได้

บรรณานุกรม

1. ประเสริฐ ประภาสะโนบล **หลักการประกันภัย**,
โรงพิมพ์บรรณาคม, 2527.
2. Robert I. Mehr, **Life Insurance: Theory and prac-
tice**, Business publications inc.
3. Robert I. Mehr and Emerson Cammack, **Principle
of Insurance**, IRWEN series in insurance and
economic security.

การผลิตเบต้า-คาโรทีน โดยยีสต์

(*Rhodotorula pallida*)

β -Carotene Production by Yeast,

Rhodotorula pallida

* Sureeluk Rodtong

บทคัดย่อ

เชื้อยีสต์ (*Rhodotorula pallida*) สามารถผลิตสารเบต้า-คาโรทีนได้ในปริมาณสูง เมื่อเลี้ยงเชื้อเป็นเวลา 5 วัน ในอาหารเหลวที่ประกอบด้วย กลูโคส 8 เปอร์เซ็นต์ แอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียม ไดไฮโดรเจน ฟอสเฟต 0.2 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียม ซัลเฟต 0.05 เปอร์เซ็นต์ ยีสต์เอ็กซ์แทรก 0.4 เปอร์เซ็นต์ ไธอามีนไฮโดรคลอไรด์ 0.0001 เปอร์เซ็นต์ ไรโบฟลาวิน 0.001 เปอร์เซ็นต์ แอล-ทริปโตเฟน 0.2 เปอร์เซ็นต์ และปรับพีเอชเริ่มต้นของอาหารเท่ากับ 7.0 โดยบ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส บนเครื่องเขย่าความเร็ว 120 รอบต่อนาที วิธีที่เหมาะสมในการสกัดเบต้า-คาโรทีน ออกจากเซลล์ยีสต์ กระทำได้โดยใช้อะซิโตนไล่ลงในเซลล์ยีสต์ที่ผ่านการล้างด้วยน้ำ และทำให้แห้งด้วยเมธานอล แล้วนำเข้าเครื่องผสมเป็นเวลา 20 นาที และบ่มต่อที่อุณหภูมิ 40-45 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาที จากนั้นปั่นแยกเซลล์ออกจากส่วนของเหลวซึ่งเป็นส่วนที่มีสารเบต้า-คาโรทีน

ABSTRACT

The yeast, *Rhodotorula pallida*, could produce maximal yield of β -carotene in the cultivation for five days in the liquid medium containing 8% glucose, 0.5% ammonium sulfate, 0.2% potassium dihydrogen phosphate, 0.05% magnesium sulfate, 0.4% yeast extract, 0.0001% thiamin hydrochloride, 0.001% ribofla-

vin, and 0.2% L-tryptophan at initial PH 7.0; shaking at 120 rpm at 28 °C. β -Carotene could be extracted from yeast cells by suspending washed cells in acetone after drying with absolute methanol, and mixing for 20 min, and then incubating at 40-45 °C for 20 min. Solid materials were removed by centrifugation. β -Carotene dissolved in the supernatant.

INTRODUCTION

β -Carotene is known as a precursor of vitamin A, and incorporated into foods to provide a source of vitamin A and to impart a desirable color to the skin, fat, and other tissues of animal. It occurs naturally in photosynthetic tissues of plants, egg yolk, fish oil, and some organs of animals (Boonyaratpalin and Phromkunthong, 1986; Goodwin, 1984). Much β -carotene is chemically synthesized and also produced by microorganisms. Some fungal species of the genera *Blakeslea*, *Rhodotorula*, and *Wangiella* produced large amounts of β -carotene when grown in the medium containing glucose as the carbon source (Prescott and Dunn, 1959; Simpson et al, 1964; Geis and Szaniszló, 1984). Thus, this research used *Rhodotorula pallida* and the medium containing glucose for establishing the β -carotene production process and analytical methods. Various agricultural products contain large amounts of glucose such as cassava starch can be used as the raw materials. They will be further investigated.

* Department of Biology, Faculty of Science Khon Kaen University

MATERIALS AND METHODS

Microorganism and cultivation:

The yeast, *Rhodotorula pallida* obtained from Laboratory of Fermentation and Metabolic Regulation, Kyoto University, Japan, was used throughout this study. The medium containing 50 g of glucose, 5 g of ammonium sulfate, 2 g of potassium dihydrogen phosphate, 0.5g of magnesium sulfate, 1 mg of thiamin hydrochloride, and 2 g of yeast extract in 1 liter of distilled water, PH 5.5 was used for culture maintenance, inoculum preparation, and β -carotene production. For inoculum preparation, the yeast cells were inoculated into 5 ml of the medium in a 16.5 \times 165 mm test tube and incubated at 28 ° C with reciprocal shaking at 200 rpm for 24 hours. One percent of the seed culture was transferred to 100 ml of a production medium in a 500 ml. shaking flask. Cultivation was carried out at 28 ° C with reciprocal shaking at 120 rpm until well grown. Cells were harvested by centrifugation and washed once with distilled water. Washed cell were dried with absolute methanol and used for determination of β -carotene and cell mass. The effects of medium compositions, initial PH of medium and inoculum sizes on β -carotene production were determined.

Extraction and determination of β -Carotene:

Various extraction methods were tried to extract β -carotene from the yeast cells. The procedure of the chosen method is as follows: washed cells obtained from 100 ml of culture broth were suspended in 5 ml of acetone after drying with absolute methanol, and mixed with Taiyo Mix-Tower A-14 for 20 min, and then incubated at 40-45 ° C for 20 min. Solid material were removed by centrifugation. The supernatant was determined the intensity of color at 450 nm with spectrophotometer. The concentration of carotene present in the sample was determined by comparison with a standard calibration curve prepared from pure β -carotene dissolved in acetone. The high concentration of β -carotene in the sample was applied to silica gel thin-layer plates (DC-Alufohlen Kieselgel 60 F254, Merck). Development of thin-layer chro-

matographic plates was carried out together with standard of β -carotene in the solvent system of 10% methanol in benzene.

Cell mass:

Dry cell weight was calculated from a calibration curve between the optical density at 610 nm of washed cell suspension and the dry cell weight obtained by drying cells in an oven at 105 ° C overnight.

RESULTS AND DISCUSSION

The maximal β -carotene production of *Rhodotorula pallida* grown in the initial production medium was obtained on the third day of cultivation. The maximal yield of β -carotene was 14.06 ug per g of dry cells when the amount of cells in the inoculum culture was about 10^8 cells per ml. Therefore, the incubation time for β -carotene production in the further experiments was only 3 days.

For optimization of some production conditions, the effect of medium compositions, the maximal concentration of β -carotene in the cells was obtained by addition of 8% glucose. When used the optimal concentration of glucose, the optimal concentration of ammonium sulfate was 0.5%. Based on the production medium contained the optimal concentration of C-and N-source, it was found that the optimal medium composed of the other components in concentration as follows: 0.2% potassium dihydrogen phosphate, 0.05% magnesium sulfate, and 0.4% yeast extract.

Based on the optimal medium, effect of some additive compounds were studied. The addition of 0.1% β -ionone, a component of the β -carotene molecule, to the production medium at the same time with inoculation of seed culture inhibited growth and production completely, and it gave the same result when added after 2 days of cultivation (Table I). Thus, β -ionone exhibited strong toxicity when added alone to the production medium. Adding 0.1% of triton x-100, a nonionic detergent, to the production medium decreased a five-fold of β -carotene yield. For determining the effect of salts on β -carotene

production, it was found that 0.2% sodium chloride slightly inhibited the production but 0.03% calcium chloride slightly increased the yield (Table 1). The different result might be caused by

the kind of salts and the high concentration of sodium chloride. Effect of various concentrations of salts will be further investigated.

Table 1 Effect of β -ionone, triton x-100, and various salts on β -carotene production of *Rhodotorula pallida*.

Additive	β -Carotene formed	
	ug/g dry cell	ug/l
None	14.26	59.39
0.1% β -Ionone (added together with inoculation)	- ^a	- ^a
0.1% β -Ionone (added after 2 days of cultivation)	6.71	27.95
0.2% Sodium chloride	11.72	44.63
0.03% Calcium chloride	16.44	65.56
0.1% Triton x-100	2.65	19.42

a No growth of the yeast.

The effect of various vitamins on β -carotene production, the highest yield was up to 48.89 ug per g of dry cells when added 0.0001% thiamine hydrochloride together with 0.001% riboflavin to the production medium. At the same time, the effect of various amino acids (L-aspa-

ragine, L-phenylalanine, L-proline, L-threonine, L-tryptophan and L-tyrosine) was determined by using 0.2% concentration for each amino acid. The addition of L-tryptophan resulted in the best total yield, 52.02 ug of β -carotene per g of dry cells (Table 2).

Table 2 Effect of various amino acids on β -carotene production of *Rhodotorula pallida*.

Amino acid	β -Carotene formed	
	ug/g dry cell	ug/l
None	14.31	57.05
L-Asparagine	17.08	79.91
L-Phenylalanine	18.29	71.28
L-Proline	15.34	65.93
L-Threonine	16.02	66.01
L-Tryptophan	52.02	206.23
L-Tyrosine	15.68	70.55

For determining the effect of other conditions on β -carotene production, the initial PH of the medium was adjusted to 7.0, and the inoculum size in the range of 1.0 to 5.0% gave the same results. Therefore, 1.0% inoculum was se-

lected for the production. Under the suitable fermentation conditions, *Rhodotorula pallida* gave maximal β -carotene production on the fifth day of cultivation.

The crude products, yellow acetone-soluble fractions contained three to four spots on thin-layer chromatograph, one spot gave the Rf values identical to standard of β -carotene.

ACKNOWLEDGEMENT

I am deeply grateful to Prof. Dr. Yoshiki Tani of Kyoto University, Japan, for his helpful advices and suggestions on my work. I wish to thank the organizer of Japan society for Promotion of science and National Research Council of Thailand (JSPS-NRCT) for financial support.

REFERENCES

- Boonyaratpalin, M. and Phromkunthong, W. 1986. Effect of Carotenoid Pigments. **Songklanakarin**. 10 (1) : 11-20.
- Geis, P.A. and P.J. Szaniszló. 1984. Carotenoid Pigments of the Dermatiaceous Fungus **Wangiella dermatitidis**. **Mycologia**. 76 (2) : 268-273.
- Goodwin, T.W. 1984. The Biochemistry of the Carotenoids, vol.II. London : Chapman and Hall.
- Prescott, S.C. and C.G. Dunn. 1959. Industrial Microbiology. London : McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Simpson, K.L.; T.O.M. Nakayama; and C.O. Chichester. 1964 Biosynthesis of Yeast Carotenoids. **J. Bacteriol.** 88 (6) : 1688-1694.

เกร็ดความรู้

โดย.....“จศยา”

เกร็ดความรู้ เป็นคอลัมน์ที่นำปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่พบเห็นตามปกติมาอธิบายด้วยเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ว่าเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่นำมาอธิบายในฉบับนี้จะขอเริ่มต้นด้วยคำถามว่า “ทำไม” แล้วตอบคำถามนั้นด้วยเหตุผลทางวิทยาศาสตร์สาขาต่าง ๆ

ทำไมคนจึงพูดได้

คำถามนี้อธิบายด้วยเหตุผลทางชีววิทยาและฟิสิกส์ได้ว่า การที่คนเราสามารถพูดได้นั้น เนื่องจากภายในลำคอของคนมีเส้นเอ็นที่ทำให้เกิดเสียงอยู่ 2 เส้น เส้นเอ็นดังกล่าวอยู่ระหว่างทางเข้าออกของลมหายใจ เมื่อต้องการจะพูดเส้นเอ็นทั้งสองจะตึงและเคลื่อนชิดเข้าหากัน เสียงที่เกิดขึ้นเกิดจากการที่อากาศผ่านช่องระหว่างเส้นเอ็นทั้งสองนี้ ถ้าช่องดังกล่าวยิ่งเล็กเสียงก็จะยิ่งแหลม และเมื่อนำเสียงต่าง ๆ มารวมกันเป็นคำ ๆ ที่สามารถทำให้คนอื่นเข้าใจความหมายได้ ก็คือสามารถพูดได้นั่นเอง

ทำไมท้องฟ้าเป็นสีคราม

ในเวลากลางวันของวันที่อากาศแจ่มใส ถ้าเรามองขึ้นไปบนท้องฟ้าจะเห็นท้องฟ้ามีสีครามสวยงามมาก การที่เราเห็นท้องฟ้าเป็นสีครามนี้

อธิบายได้ว่า แสงอาทิตย์ซึ่งตาเรามองเห็นเป็นสีขาวใส่นั้น ประกอบด้วยแสงสีต่าง ๆ 7 สี ผสมกัน (ได้แก่ สีม่วง, คราม, น้ำเงิน, เขียว, เหลือง, แสด, แดง) ขณะที่แสงอาทิตย์ส่องผ่านบรรยากาศ จะเกิดการกระจายตัวของแสงสีต่าง ๆ เนื่องจากไปกระทบกับโมเลกุลของอากาศ, ฝุ่นละออง, น้ำ, และสารอื่น ๆ ที่ปะปนอยู่ แสงแต่ละสีกระจายตัวได้ไม่เท่ากัน แสงคลื่นสั้น (ได้แก่ แสงสีม่วง, คราม, น้ำเงิน) กระจายตัวได้ไกลกว่าแสงคลื่นยาว (ได้แก่ แสงสีแดง) ประมาณ 10 เท่า ดังนั้นเราจึงมองเห็นสีของท้องฟ้าเป็นสีของแสงคลื่นสั้นคือสีในกลุ่มสีคราม ดังกล่าว ถ้าแสงทุกสีมีการกระจายตัวเท่ากัน เราจะมองเห็นท้องฟ้าเป็นสีขาว

ทำไมจึงปวดฟันเมื่อรับประทานของหวาน

คนที่เคยปวดฟันคงจะเคยพบว่า บางครั้งอาการปวดฟันจะเกิดขึ้นขณะเมื่อรับประทานของหวาน เรื่องนี้อธิบายได้ว่า อาการปวดฟันนั้นเกิดเนื่องจากเซลล์ประสาทฟันต้องสูญเสียน้ำไป เนื่องจากมีการแพร่กระจายของน้ำจากเซลล์ประสาทฟัน ออกมาสู่สารละลายของหวานที่อยู่รอบ ๆ โดย ขบวนการออสโมซิส (osmosis) อันเป็นขบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่รู้จักกันดีแล้วนั่นเอง

ทำไมเรือเหล็กจึงลอยน้ำได้

ทุก ๆ คนคงเคยเห็นหรือเคยทราบ ว่า เรือลอยน้ำได้ แม้แต่เรือที่ทำด้วยเหล็กก็ลอยน้ำได้ การที่เรือเหล็กสามารถลอยน้ำได้นั้น อธิบายตามหลักฟิสิกส์ได้ว่า เนื่องจากน้ำหนักของเรือเหล็กมีค่าน้อยกว่าแรงพยุงของน้ำ แรงพยุงของน้ำมีค่าเท่ากับน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่าเรือเหล็ก) การลอยของเรือเหล็กในน้ำจะมีส่วนหนึ่งที่จมอยู่ น้ำหนักของเรือเหล็กจะมีค่าเท่ากับน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่าส่วนจม หลักการนี้ค้นพบโดยนักปราชญ์ชาวกรีกชื่ออาร์คิมิดีส เมื่อประมาณ 200 ปีหลังพุทธกาล

ทำไมการใช้กาวมากเกินไปจึงติดวัตถุได้ไม่แน่น

หลาย ๆ คนคงเคยสังเกตว่าในการใช้กาวติดวัตถุต่าง ๆ นั้น ถ้าใช้ปริมาณกาวมาก (มาก

เกินไป) จะติดวัตถุได้ไม่แน่นมากเท่ากับเมื่อใช้ปริมาณกาวพอดี ปรากฏการณ์นี้อธิบายได้ว่า การที่วัตถุจะติดกันด้วยกาวได้แน่นนั้น จะต้องใช้แรงดึงดูระหว่างโมเลกุลของกาวกับวัตถุ และแรงดึงดูระหว่างโมเลกุลของกาวเอง โดยทั่วไปแล้วแรงดึงดูระหว่างโมเลกุลของกาวกับวัตถุอื่นจะมากกว่าแรงดึงดูระหว่างโมเลกุลของกาว ดังนั้นการใช้ปริมาณกาวมากเกินไป จะเป็นการเพิ่มจำนวนโมเลกุลของกาวซึ่งมีแรงดึงดูระหว่างกันน้อย จึงทำให้วัตถุติดกันไม่แน่นมากเท่ากับเมื่อใช้ปริมาณกาวพอดี

ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่นำมาเขียนในฉบับนี้เป็นเพียงตัวอย่างที่แสดงให้เห็นว่า เราสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้ด้วยเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เพื่อจะเป็นแนวทางให้ผู้อ่านหาเหตุ (ทางวิทยาศาสตร์) มาอธิบายผลต่าง ๆ ได้ และหวังว่าคงจะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านคอลัมน์นี้ตามสมควร

เกร็ดความรู้

ปัญหา 108 "ร้อยแปด"

นาย TONY

สาขาวิชาชีววิทยา

ปัญหา ศูนย์ควบคุมการหายใจเข้าและออก อยู่ที่สมองส่วนใด

ตอบ medulla oblongata

ปัญหา ข้าวพันธุ กข. ที่กระทรวงเกษตรผลิตออกมาและแนะนำให้ชาวนาปลูก คำว่า กข. ย่อมาจากอะไร

ตอบ กองการข้าว

ปัญหา คลอโรฟิลล์ชนิดใดที่พืชใช้ในการสังเคราะห์แสงมากที่สุด

ตอบ คลอโรฟิลล์เอ

ปัญหา ดอกไม้ที่พบเห็นทั่ว ๆ ไป มีการเจริญเปลี่ยนแปลงมาจากส่วนใดของพืช

ตอบ กิ่งและใบ

ปัญหา ออกซิเจนละลาย (D.O. : dissolved oxygen) จะเป็นอย่างไร ถ้าลดอุณหภูมิของน้ำ

ตอบ จะเพิ่มขึ้น

ปัญหา ถ้าในระบบนิเวศน์ (ecosystem) ไม่มีสิ่งมีชีวิต พวกผู้ย่อยอินทรีย์สาร (decomposer) จะส่งผลกระทบต่อข้อใด

ตอบ การหมุนเวียนของสารเคมี

ปัญหา จุลินทรีย์ชนิดใดที่สืบพันธุ์แบบแตกหน่อ (budding) ได้

ตอบ แบคทีเรีย

ปัญหา ถ้าลิ้นหัวใจที่กั้นระหว่างห้องบนซ้าย และล่างซ้ายถูกทำลายลงจะเกิดผลอย่างไร

ตอบ เลือดในร่างกายจะมีความดันลดลง

ปัญหา ถ้าตัดมดลูกทิ้งไป พบว่า

ตอบ ไม่มีประจำเดือน

ปัญหา ปัญหาฝนกรดเกิดจากแก๊สใดเป็นสาเหตุสำคัญที่สุด

ตอบ SO₂ และ SO₃ หรือ SO₂ หรือ ออกไซด์ของซัลเฟอร์

ตอบ พาหะที่นำโรคพยาธิใบไม้ในเลือด คืออะไร

ตอบ หอยคัน

สาขาวิชาฟิสิกส์

ปัญหา วัตถุหนึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ ในช่วงวินาทีที่ 3 เคลื่อนที่ได้ระยะทาง 5 เมตร และในช่วงวินาทีที่ 5 เคลื่อนที่ได้ระยะทาง 9 เมตร วัตถุนี้เคลื่อนที่ด้วยความเร่งเท่าไร

ตอบ 2 เมตร/วินาที²

ปัญหา ท่อนไม้รูปร่างสม่ำเสมออันหนึ่งยาว 10 ฟุต หนัก 100 ปอนด์ วางราบอยู่ในแนวนอน แรงที่จำเป็นจะต้องใช้ในการที่จะยกปลายข้างหนึ่งของท่อนไม้ขึ้นจากพื้นดิน คือ

ตอบ 50 ปอนด์

ปัญหา รถยนต์วิ่งด้วยอัตราเร็วคงที่ 10 เมตรต่อวินาที ไปตามถนน ซึ่งเป็นส่วนโค้งของวงกลมที่มีรัศมี 70 เมตร เมื่อวิ่งไปเป็นเวลา 22 วินาที จงหาขนาดของการขจัด

ตอบ 140 เมตร

ปัญหา เมื่อค่อย ๆ วางใบมีดโกนลงบนผิวหนัง ปรากฏว่าถ้าใบมีดโกนไม่จมลงในน้ำทั้ง ๆ ที่สารที่ใช้ทำใบมีดโกนมีความหนาแน่นมากกว่าน้ำมาก ที่เป็นเช่นนั้นเพราะอะไร

ตอบ เพราะแรงตึงผิวสมดุลกับน้ำหนักของใบมีดโกน (แรงลอยตัวมีผลน้อยมาก)

ปัญหา การเคลื่อนที่แบบใดต่อไปนี้เป็นเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิก

ตอบ การเคลื่อนที่ของเงาของวัตถุที่เคลื่อนที่เป็นวงกลมโดยมีอัตราเร็วตามเส้นโค้งที่บนระนาบของวงกลม

ปัญหา ถ้ามวลคลื่นอัลตราโซนิกมีความถี่เป็นกี่เท่าของคลื่นอินฟราโซนิก

ตอบ มากกว่า 1,000 เท่า

ปัญหา แวนชยายที่หมอดูใช้ดูลายมือ เป็นอะไร

ตอบ เลนส์นูน

ปัญหา เมื่อเร็ว ๆ นี้ ถ้านักเรียนติดตามข่าวความก้าวหน้าของวงการวิทยาศาสตร์ ก็จะทราบว่านักวิทยาศาสตร์สามารถประดิษฐ์สารตัวนำยิ่งยวดให้ใช้งานได้ที่อุณหภูมิสูงขึ้นกว่าเดิมมาก อยากทราบว่า เป็นสารประเภทใด

ตอบ เซรามิก

ปัญหา เมื่อผู้โดยสารนั่งอยู่บนรถที่แล่นด้วยความเร็วคงที่ แสดงว่า

ตอบ โมเมนตัมของรถมากกว่าของผู้โดยสาร

คอลัมน์นี้มีรางวัล



เฉลย ปัญหานักวิทยาศาสตร์ที่รัก

ปีที่ 15 ฉบับที่ 3 ก.ค.-ก.ย. 30

สมาชิกใหม่

ใบสมัครเป็นสมาชิก “วิทยาศาสตร์ มข.”

ต่ออายุ

เขียนที่

วันที่

เดือน

พ.ศ.

ข้าพเจ้า

บุคคลทั่วไป

นักเรียน นักศึกษา

ที่ทำงานหรือสถานศึกษา:

ที่อยู่

รหัสไปรษณีย์

มีความประสงค์จะรับวารสาร “วิทยาศาสตร์ มข.” ตั้งแต่ฉบับที่

จนถึงฉบับที่

จำนวน

บาท

บาท

ทัศนคติ

เช็คไปรษณีย์

ลายเซ็น

ผู้สมัคร

(วารสารวิทยาศาสตร์ มข. พิมพ์ปีละ 4 ฉบับ ค่าบำรุงปีละ 40 บาท ขายเป็นเล่มละ 12 บาท)

หมายเหตุ ส่งเงินทางธนาคารหรือเช็คไปรษณีย์ ในนามของนางบุญคุ้ม เหลือสั้น ห้องสมุดคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ส่งคำตอบมา...บนไปรษณียบัตร มายัง

น.ส. TINA วารสารวิทยาศาสตร์ มข. ห้องสมุดคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

จ.ขอนแก่น 40002

รางวัลใหญ่ 10 รางวัล กำลังรอท่านอยู่นะคะ

บ้าย...บาย

น.ส.TINA

คอลัมน์นี้มีรางวัล



เฉลย ปัญหาหน้าวิทยาศาสตร์ที่รัก

ปีที่ 15 ฉบับที่ 3 ก.ค.-ก.ย. 30

- | | | |
|--------------------------------|------|--|
| 1. อองตวน อองรี เบ็กเกอร์เรล | .... | เป็นผู้ค้นพบกัมมันตภาพรังสี |
| 2. มารี กูรี | .... | เป็นผู้ค้นพบธาตุกัมมันตภาพรังสี 2 ชนิดคือ โพลอเนียม และเรเดียม |
| 3. เซลลี เอวันเยลิสตา ตอร์รี | .... | เป็นผู้ค้นพบหลักการและประดิษฐ์บาร์อมิเตอร์ |
| 4. เซอร์อเล็กซานเตอร์ เพลมมิ่ง | .... | เป็นผู้ค้นพบเพนซิลลิน |
| 5. เบนจามิน แฟรงคลิน | .... | เป็นผู้ค้นพบประจุไฟฟ้าในบรรยากาศ |
| 6. ออยเกน โกลด์ชไตน์ | .... | เป็นผู้ค้นพบรังสีบีตา |
| 7. ทอมสัน วิลเลียม | .... | เป็นผู้ค้นพบมาตราสัมบูรณ์ของอุณหภูมิ |
| 8. อองตวน-โลซง ลาวัซซีเอ | .... | เป็นผู้ค้นพบบทบาทของออกซิเจนในการเผาไหม้ |
| 9. วิลเฮล์ม คอนราด เรินเกน | .... | เป็นผู้ค้นพบรังสีเอกซ์ |
| 10. เฟรเดอริก แชนเกอร์ | .... | เป็นผู้ค้นพบสูตรโครงสร้างของอินซูลิน |

ปัญหาฉบับนี้ ไม่มีท่านใดตอบถูกเลย ผู้จัดรู้สึกเสียใจเป็นอย่างยิ่งเลยที่รางวัลใหญ่ของเราที่อุตสาหกรรมเตรียมมอบให้กับท่านนั้นไม่สามารถให้ท่านได้ เราจึงหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ท่านทั้งหลายคงจะร่วมสนุกกับคอลัมน์นี้อีกนะคะ

...น.ส.TINA

AIDS (เอดส์)

ท่านรู้จักโรค AIDS (เอดส์) มากน้อยเพียงไร ลองอ่านคำถามเหล่านี้นะคะ

1. โรคเอดส์ หมายถึง โรคอะไร
2. ท่านทราบหรือไม่ว่าโรคเอดส์เกิดจากเชื้ออะไร แบคทีเรีย ไวรัส รา หรือพยาธิ
3. โรคเอดส์ติดต่อได้ทางใดบ้างคะ

ง่ายใช้มั๊ยคะ

ส่งคำตอบมา...บนไปรษณียบัตร มายัง

น.ส. TINA วารสารวิทยาศาสตร์ มข. ห้องสมุดคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

จ.ขอนแก่น 40002

รางวัลใหญ่ 10 รางวัล กำลังรอท่านอยู่นะคะ

บ๊าย...บาย

น.ส.TINA

