

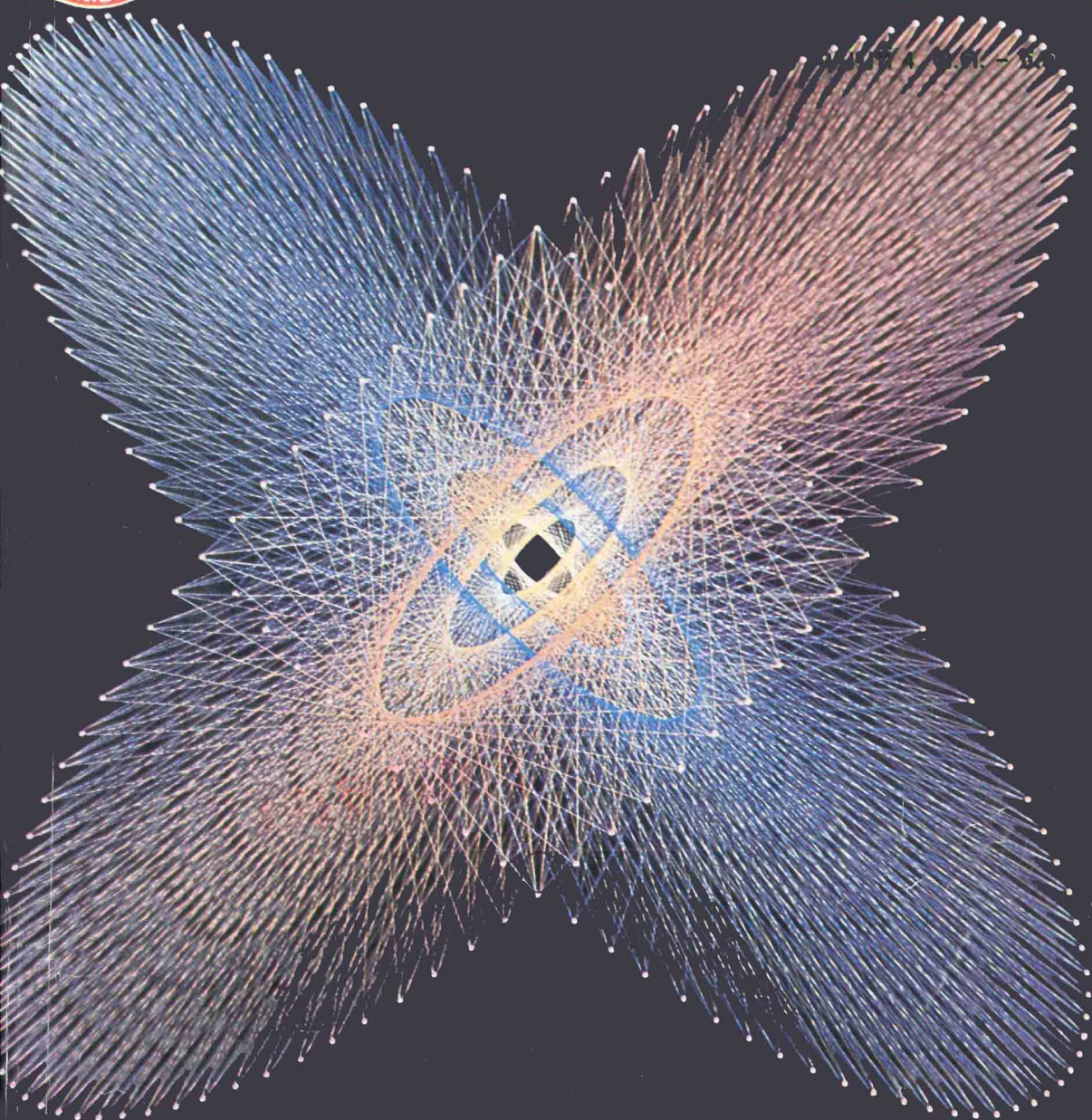


วารสาร

วิทยาศาสตร์มข.

THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

Volume 4, No. 1 - 1999



● คณิตศาสตร์กับศิลปะ
● ลายวงรีซ้อน

Plate V- Double Ellipse



วารสาร
วิทยาศาสตร์ปู.
THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

ISSN 0125-2384

เจ้าของ

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
สำนักงาน

ตึก 3 ห้องสมุดคณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อส่งเสริมและเผยแพร่วิทยาการในสาขาวิชาต่าง 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 ขยกปลีกเล่มละ 12 บาท

การบอกรับเป็นสมาชิก

แจ้งความจำนงค์เป็นจดหมาย หรือกรอกใบสมัครเป็นสมาชิก พร้อมส่งค่าบำรุงเป็นธนาคาณัติ หรือเช็คไปรษณีย์ในนามของนางบุญคุ้ม เหลือล้ำ ฝ่ายจัดการ ส่งจ่ายป.ท.มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

ที่ปรึกษา

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ
ทวิศักดิ์ แก้วขิม
สุวิน บุศราคัม

บรรณาธิการ

บรรณาธิการผู้ช่วย

กองบรรณาธิการ

ละออศรี เสนาะเมือง
เที่ยง ภูมิสะอาด
ไพบุลย์ มงคลถาวรชัย
ปริญญ์ ชีรมงคล
อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์
ชัชวาลย์ เรื่องประพันธ์
พาดิ วรรณนิธิกุล
เฉลิม เรื่องวิริยะชัย
อโนทัย ตริวานิช
วิทยา อมรกิจบำรุง

ฝ่ายจัดหาทุน

วัฒนา นันทสาร
วิจิตรา ทุนอินทร์

ฝ่ายศิลป์และภาพ

ทรงเวทย์ เป้าชัย

ฝ่ายเหรียญก

ลักขณา สุขบาง

ฝ่ายจัดการ

สงวน ห่วงจิตร
บุญคุ้ม เหลือล้ำ
บุษราภรณ์ ดวงคำน้อย
สมศักดิ์ อุ่นจันทร์

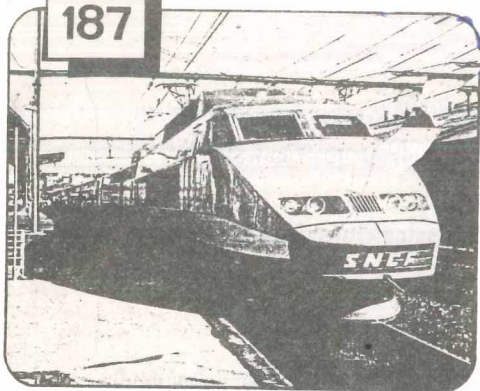


บทความหรือข้อคิดเห็นใด ๆ ในวารสารนี้เป็นของผู้เขียน ไม่จำเป็นต้องสอดคล้องกับทัศนะของกองบรรณาธิการ

วิทยาศาสตร์ชุมชน.

THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

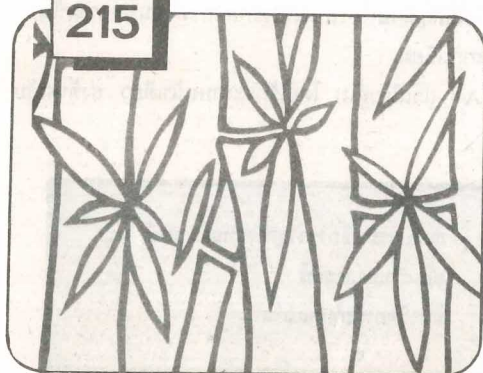
187



197



215



ปีที่ ๑ ฉบับที่ 4

ข่าววิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กองบรรณาธิการ..... 187

ไม่ลองก็ไม่รู้

ดร.เพ็ญ..... 191

วิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน

ชรินทร์ คุ้มสมุทร..... 193

บทความ

คุณภาพของไข่ไก่

จันทร์เพ็ญ ส.โทมัส..... 197

เทคนิคโวลแทมเมตรี

รัตนา มหาชัย..... 205

อนาคตพืชสารพัดประโยชน์

คงศักดิ์ ธาตุทอง..... 215

องค์ประกอบของผักตบชวา!

ทิพย์วัลย์ คำเหม็ง..... 217

สารอสังฐานกึ่งตัวนำ

นพปฎล สุทธิศรี..... 224

ปัญหาหอคอยฮานอย

พรทิพย์ ดิเรกสถาพร..... 231

ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยและของ contrast
ใน Mixed Model

เอนก พชรินทร์ศักดิ์..... 237

เบ็ดเตล็ด

ปัญหา ร้อยแปด..... นาย TONY..... 242

ดร.ชนธิ์..... กองบรรณาธิการ..... 244

ดร.ชนธิ์ผู้เขียน..... กองบรรณาธิการ..... 246

กลัมนันมีมีรางวัล

ปกหลังด้านใน

ข้อเสนอแนะ ในการเขียนบทความลง วารสาร “วิทยาศาสตร์ มข.”



ประเภทของเรื่องที่จะตีพิมพ์

1. รายงานผลวิจัยและค้นคว้าหรือการสำรวจที่ยังไม่เคยตีพิมพ์ในวารสารหรือหนังสืออื่นมาก่อน
2. บทความปริทัศน์ ได้แก่งานเขียนที่รวบรวมหรือเรียบเรียงจากเอกสารหรือหนังสือต่าง ๆ เพื่อเผยแพร่และฟื้นฟูงานด้านวิชาการระดับต่าง ๆ
3. บทความแสดงข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในด้านวิชาการ เรื่องแปล ขาววิชาการ ย่อความจากงานวิจัยค้นคว้าหรือหนังสือใหม่ที่น่าสนใจ

รูปแบบของการเขียนและการเตรียมต้นฉบับ

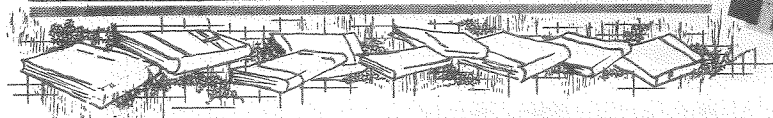
1. ชื่อเรื่อง ให้ใช้ภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ **ไม่ยาวเกินไป** และหลีกเลี่ยงการใช้คำย่อโดยไม่จำเป็น
2. ชื่อผู้เขียน เขียนชื่อภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษพร้อมทั้งบอกสถานที่ทำงานให้ชัดเจน
3. เนื้อเรื่อง ใช้ได้ทั้งภาษาไทยล้วนหรือภาษาอังกฤษล้วน ถ้าใช้ภาษาไทย ภาษาอังกฤษที่ใช้ปนกับภาษาไทยนั้น ให้พยายามแปลเป็นไทยเท่าที่จะทำได้และให้เขียนคำเดิมกำกับในวงเล็บ การทับศัพท์ภาษาอังกฤษ ตลอดทั้งการเขียน ตัวสะกดการันต์ในภาษาไทยให้ใช้ตามแบบราชบัณฑิตยสถาน **เนื้อเรื่องไม่ควรยาวเกินไป**
4. บทความวิจัย ควรมีบทคัดย่อและแบ่งเนื้อหาของบทความเป็นบทนำ วิธีดำเนินงาน ผลการวิเคราะห์ บทสรุป และวิจารณ์
5. เชิงอรรถ (footnote) ใช้เฉพาะที่จำเป็นเพื่อขยายหรือให้รายละเอียดเพิ่มเติมแก้ไขความเฉพาะตอน ในบทความ ข้อความที่จำเป็นจะต้องมีเชิงอรรถให้ใช้เครื่องหมายดอกจัน (*) กำกับท้าย
6. ตารางและภาพประกอบ คำบรรยายประกอบตารางหรือภาพประกอบควรจะสั้นและชัดเจน ถ้าจะเป็น ภาพถ่ายให้ใช้ภาพขาว-ดำ ขนาดโปสเตอร์การ์ด ภาพเขียนลายเส้นควรเขียนด้วยหมึกดำ ภาพที่เขียนต้องชัดเจนและมีขนาดที่เหมาะสม
7. การตรวจทานต้นฉบับ ก่อนส่งต้นฉบับ ผู้เขียนควรตรวจทานความถูกต้องชัดเจนของบทความ ทั้งด้านเนื้อหาและการใช้ภาษาโดยเฉพาะเมื่อมีการแสดงตาราง แผนภูมิ หรือใช้สัญลักษณ์เฉพาะมาประกอบการเขียนบทความนั้น
8. เอกสารอ้างอิง หรือบรรณานุกรม เขียนตามแบบสากลนิยม
9. การส่งต้นฉบับ พิมพ์ต้นฉบับลงในกระดาษขาว A 4 (โรเนียวสัน) โดยใช้กระดาษหน้าเดียว ส่งต้นฉบับมาที่

อภิธานสำหรับการสำหรับผู้เขียน

1. เรื่องที่ได้รับการตีพิมพ์ผู้เขียนจะได้รับวารสารฉบับนั้น 2 เล่ม และสำเนาพิมพ์อีก 15 ชุด

กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ มข.
คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บรรณานิการ แดสง



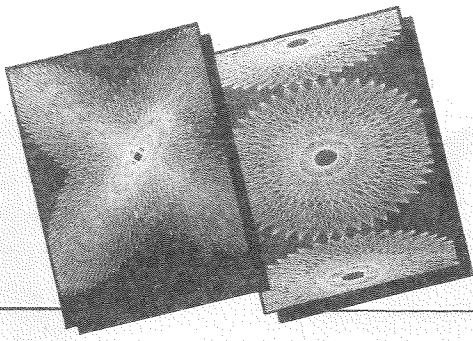
ระยะนี้เลขลือคกำลังเป็นที่สนใจกันมากในหมู่บุคคลทุกอาชีพ ก่อนที่ท่านจะตัดสินใจว่ากระเป๋าคือไม่ว่าสลากกินแบ่งรัฐบาลหรือหวยเบอร์ก็ตาม ไม่ควรพลาดคอลัมน์วิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน ตอน : ความขาดทุนของผู้เล่นหวยเบอร์และสลากกินแบ่งรัฐบาล เขียนโดย อาจารย์ชรินทร์ คุณุสมุทร เป็นการนำความรู้ทางสถิติมาเล่าให้ท่านฟังพร้อมกับให้แง่คิดด้วยความเป็นห่วง

ดร.เพี้ยนฝากเรียนเชิญท่านผู้สนใจส่งบทความสั้นในแนว “ไม่ลองก็ไม่รู้” เพื่อเผยแพร่ความรู้หรือประสบการณ์ในการทดลองทางวิทยาศาสตร์ โดยส่งมาที่ กองบรรณานิการวารสารวิทยาศาสตร์ มข. เรื่องที่ได้รับการตีพิมพ์ ผู้เขียนจะได้รับวารสารฉบับนั้น 2 เล่ม และสำเนาพิมพ์อีก 15 ชุด

อายุการเป็นสมาชิกของหลายท่านกำลังจะหมดวาระลงพร้อมกับวารสาร ปีที่ 15 ฉบับที่ 4 เล่มนี้ กองบรรณานิการใคร่ขอเชิญชวนท่านต่ออายุการเป็นสมาชิก โดยแจ้งความจำนงค์เป็นจดหมายหรือกรอกใบสมัครเป็นสมาชิก พร้อมส่งค่าบำรุงเป็นธนาคติหรือเช็คไปรษณีย์ในนามของ คุณบุญคุ้ม เหลือลั่น ส่งจ่าย ป.ท.มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002. พร้อมกันนี้ถ้าท่านมีความคิดเห็นอย่างไรต่อวารสารวิทยาศาสตร์ มข. กรุณาเขียนข้อเสนอแนะ และวิจารณ์มาด้วยจักขอบพระคุณยิ่ง พบกันใหม่ปีหน้า

สวัสดิ์ค่ะ

ละออศรี เสนาะเมือง



ปกหน้าและปกหลัง

คณิตศาสตร์กับศิลป์

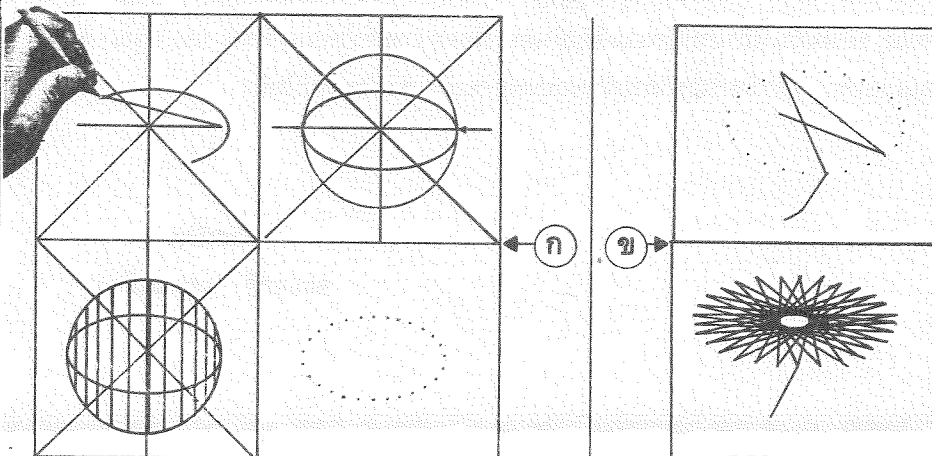
จากภาพในปกหน้าและปกหลังของวารสาร มข. เล่มนี้ เป็นความสวยงามทางศิลปะที่เกิดจากการออกแบบโดยอาศัยรูปทรงทางคณิตศาสตร์ การออกแบบให้เกิดความงามทางศิลปะ โดยอาศัยรูปทรงทางคณิตศาสตร์ที่นำไปใช้ในชีวิตจริงมีมากมาย เช่น ลวดลายบนผ้าที่เกิดจากรูปเหลี่ยม วงกลม วงรี ฯลฯ รั้วบ้าน ลูกกรงเหล็ก หน้าต่างหรือประตูบาน จะตัดเหล็กเป็นรูปทรงทางเรขาคณิตหลาย ๆ แบบผสมกันให้เกิดเป็นลวดลายที่สวยงาม รูปทรงหลังคาบ้านก็จะทำเป็นสามเหลี่ยมแบบต่าง ๆ ภาพบนปกหน้าและปกหลังวารสารเล่มนี้ เป็นภาพประดับบนฝาผนังห้องให้เกิดความสวยงาม ภาพนี้ออกแบบโดยอาศัยเส้นตรง เชื่อมจุดต่าง ๆ ทำให้เกิดเส้นโค้งและอาศัยสีของเส้นด้ายที่โยงระหว่างจุดทำให้เกิดความสวยงามยิ่งขึ้น ภาพทั้งสองเป็นรูปวงรีที่เกิดจากเส้นตรง ซึ่งมีวิธีการทำดังนี้

ก. การออกแบบแผ่นวงรี

1. ตัดกระดาษที่จะใช้เป็นพื้น ให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีขนาดตามต้องการ หาจุดศูนย์กลางซึ่งได้จากจุดตัดของเส้นทแยงมุม และลากเส้นแกนพิกัดฉากเพื่อแบ่งกระดาษออกเป็นสี่ส่วน
2. สร้างวงรีบนกระดาษให้มีจุดศูนย์กลางอยู่ที่จุดศูนย์กลางของกระดาษมีขนาดตามต้องการ ต่อไปสร้างวงกลมให้มีจุดศูนย์กลางร่วมกับวงรีและสัมผัสวงรีที่จุดยอดทั้งสอง
3. แบ่งเส้นรอบวงของวงกลมออกด้วยจุดที่มีระยะห่างเท่า ๆ กัน โดยให้จำนวนของจุดเป็นจำนวนเฉพาะและมีจุดหนึ่งอยู่ที่จุดยอดจุดหนึ่งของวงรี
4. ลากเส้นเชื่อมจุดบนวงกลมเป็นคู่ ๆ โดยที่แต่ละเส้นขนานกับแกนตั้ง เส้นขนานเหล่านี้แต่ละเส้นจะตัดวงรีสองจุด เเจาะรูตามรอยตัดเหล่านี้ ดังภาพข้างล่าง

ข. การร้อยด้ายเป็นรูปวงรี

สมมุติว่าจำนวนรูที่เจาะบนวงรีมี 29 จุด ให้เริ่มร้อยด้ายที่รูใดรูหนึ่ง แล้วโยงไปร้อยรูที่อยู่ห่างจากรูนั้นออกไปทางซ้ายรูที่ 13 (หาได้จาก $\frac{29-1}{2}$) และทำต่อไปเรื่อย ๆ จนครบทุกรู จะได้วงรีที่เล็กที่สุด ทำเช่นเดียวกันนี้ต่อไปเรื่อย ๆ แต่ให้จำนวนรูที่ห่างไปทางซ้ายเป็น 12, 11, ซึ่งแต่ละรอบจะได้วงรีหนึ่งรูป แต่มีขนาดโตขึ้นเรื่อย ๆ ดังนั้นจะได้วงรีขนาดต่าง ๆ ซ้อนกันหลาย ๆ รูป จะร้อยให้เกิดวงรีซ้อนกันก็รูปก็ได้ตามต้องการ



เที่ยง ภูมิสะอาด

บรรยาย



การเขียนเรื่องวิทยาศาสตร์

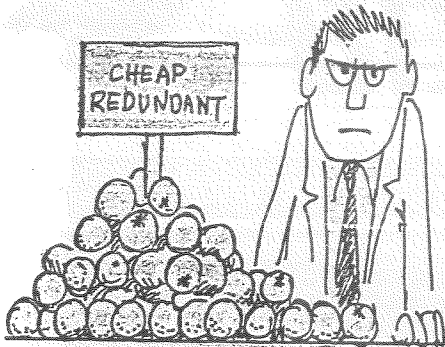
อาจารย์ดุสิต ศิริวรรณ ที่ปรึกษาบริษัท บางกอก โมเตอร์เวอคส์ จำกัด และผู้แทนบริษัทฯ มอบเงินจำนวนห้าหมื่นบาทแก่ ดร.ปรีชา อมาตยกุล ที่ปรึกษาชมรมนักเขียนและผู้จัดทำหนังสือวิทยาศาสตร์ (นจวท.) สมาคมวิทยาศาสตร์ฯ เพื่อสนับสนุนจัดการสัมมนาเรื่องการเขียนเรื่องวิทยาศาสตร์ สำหรับประชาชน ณ จ.จันทบุรี 3 - 6 พ.ย. 30 โดยจัดร่วมกับวิทยาลัยราไพพรรณี จันทบุรี และ มศว.บางแสน

สัมหลอดแก้ว

Brent Tisserat นักวิจัยแห่ง the Us Department of Agriculture's Fruit and Vegetable Laboratory ใน Pasadena ได้ประสบความสำเร็จในการเพิ่มปริมาณถุงน้ำ (juice sac) ของผลส้ม โดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ น้ำส้มจากถุงน้ำที่ผลิตได้ในห้องทดลองนี้มีรสชาติ และสารอาหารต่าง ๆ เหมือนน้ำส้มจากผลส้มจริง ๆ ทุกประการ

ขณะนี้เขากำลังทดลองผลิต "สัมหลอดแก้ว" (รวมทั้งองุ่น และมะนาวด้วย) โดยนำชิ้นส่วนเนื้อ

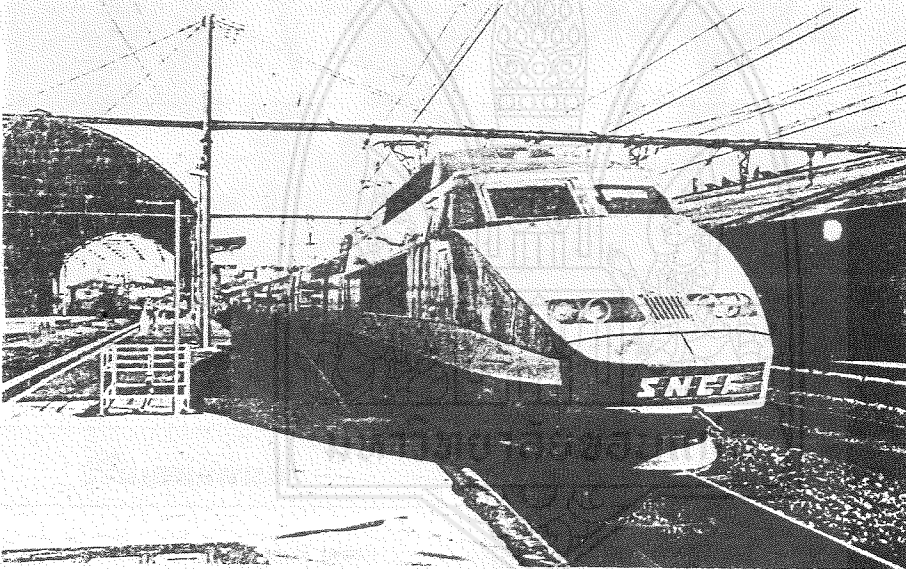
เยื่อของผล และผิว มาเพาะเลี้ยงในอาหารพิเศษ ที่มีปริมาณธาตุอาหาร และฮอร์โมนต่าง ๆ ที่เหมาะสม ภายในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น แสงด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งคาดว่าจะประสบความสำเร็จในเร็ว ๆ นี้



เมื่อการสร้าง "ส้มหลอดแก้ว" นี้ประสบความสำเร็จแล้ว "ผลไม้หลอดแก้ว" อื่น ๆ ตลอดจน "ผักหลอดแก้ว" ต่าง ๆ ก็คงจะเกิดตามมา ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อมนุษย์เป็นอย่างมาก กล่าวคือ จะได้รับประทานผักผลไม้ต่าง ๆ ที่ต้องการได้ตลอดทั้งปีโดยไม่ต้องพะวงเรื่องพิษตกค้างของยาปราบศัตรูพืช

แต่ข่าวนี้อาจไม่ได้กล่าวถึงราคาของ "ส้มหลอดแก้ว" นี้นะครับ

มงคล อุดโท
(New Scientist, 4 June 1987)



รถไฟเร็วที่สุดในโลก

รูปที่เห็นอยู่นี้เป็นรถไฟขบวนที่ได้ชื่อว่าวิ่งได้เร็วที่สุดในโลก มีชื่อว่า French TGV. แต่ในไม่ช้าก็จะมีที่เร็วกว่าผลิดอกมา โดยบริษัทความร่วมมือระหว่างออสเตรเลียและญี่ปุ่น รถไฟขบวนนี้จะมีความเร็วถึง 350 กิโลเมตรต่อชั่วโมง วิ่งระหว่างซิดนีย์กับเมลเบิร์นในออสเตรเลีย ซึ่งเป็นระยะ

ทางประมาณ 900 กิโลเมตร จะใช้เวลาวิ่งประมาณ 3 ชั่วโมง งานนี้จะต้องใช้เงินลงทุนในระยะแรกประมาณ 4 พันล้านเหรียญ โดยจะเริ่มในปี ค.ศ. 1989 และจะเสร็จสมบูรณ์ในปี ค.ศ. 1995

บุญส่ง สุตะพันธ์
(New Scientist, 20 August 1987)

นักฟิสิกส์ชาวรัสเซียพยายามสร้าง

ธาตุที่หนักที่สุด

นักฟิสิกส์ชาวรัสเซียอ้างว่าพวกเขาได้สร้างธาตุที่หนักที่สุดได้แล้ว โดยมีเลขอะตอมเท่ากับ 110 แต่อย่างไรก็ตาม นักวิทยาศาสตร์ชาติอื่นได้แก่อเมริกา และเยอรมันตะวันตก ก็ยังไม่เชื่อว่าเป็นไปได้

ยูริ โอกาเนสเซียน และกลุ่มนักวิจัยจาก Joint Institute for Nuclear Research แห่ง Dubna ได้ทำการทดลอง 2 การทดลอง การทดลองแรกเป็นการยิงยูเรเนียม - 236 (92 โปรตอน) ด้วยลำนิวเคลียสของอาร์กอน - 40 (18 โปรตอน) และอีกการทดลอง คือ ยิงลำนิวเคลียสแคลเซียม - 44 (20 โปรตอน) ไปยังนิวเคลียสของทอเรียม ซึ่งมีโปรตอน 90 จากการทดลองทั้งสองนี้นักวิทยาศาสตร์รัสเซียคิดว่าชิ้นส่วนนิวเคลียสจากปฏิกิริยาฟิชชัน (fission) ที่ตรวจวัดได้หลังเกิดการชน คือ ธาตุที่มีเลขอะตอม 110 ที่เกิดขึ้นชั่วขณะ จากการคำนวณได้ค่าครึ่งชีวิตเพียง 9 มิลลิวินาที

ปีเตอร์ อาร์มรุตเตอร์ นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันตะวันตก กล่าวว่า ชิ้นส่วนนิวเคลียสให้ข้อมูลไม่เพียงพอต่อปฏิกิริยานิวเคลียส เมื่อ 6 ปีที่แล้ว กลุ่มนักวิทยาศาสตร์เยอรมันตะวันตก นำโดย ก๊อตต์ฟรีด มนเชินเบอร์เกอร์ ได้สังเคราะห์ธาตุที่มีเลขอะตอม 107 และ 108 ซึ่งคาดว่าจะได้ธาตุที่มีเลขอะตอม 109 ด้วย

การที่นักฟิสิกส์พยายามที่จะผลักดันให้มีการสร้างธาตุที่หนักกว่าขึ้นมา เพราะเขาคาดการณ์ว่า ธาตุที่มี 114 โปรตอน น่าจะมีความคงที่มากกว่า

เรื่องเดช ธงศรี

(New Scientist, 27 August 1987)

รมชุชีพใต้ดิน

รมชุชีพถูกประดิษฐ์ขึ้นเพื่อช่วยชีวิตมนุษย์ขณะอยู่กลางอากาศ ต่อมามีการนำรมชุชีพมาใช้ในการชะลอความเร็วขณะลงจอดของเครื่องบินเจ็ตเมื่อไม่นานมานี้ นักประดิษฐ์ชาวรัสเซียมีความคิดที่จะใช้รมชุชีพในเหมืองแร่

ปัญหาก๊าซมีเทน และฝุ่นถ่านหินที่เกิดจากการระเบิดในเหมืองถ่านหิน สร้างความตกอกตกใจให้แก่คนงานในเหมืองมาก ดังนั้นจึงได้มีความพยายามคิดค้นสิ่งที่สามารถป้องกันอันตรายในเหมืองแร่ขึ้น แต่ก็ยังไม่ประสบผลสำเร็จมากเท่าใดนัก ปกติคนงานมักจะใช้เครื่องหยุดชั่วคราวที่ทำจากโลหะต่างชนิดกัน เพื่อตรวจสอบคลื่นสะท้อนซึ่งต้องเสียเวลาในการติดตั้งมาก ดังนั้นพวกเขาจึงมีความคิดที่จะสร้างเกราะที่ติดแน่นกับทางเดินสามารถพับเก็บง่ายเมื่อไม่ต้องการใช้ เมื่อนำรมชุชีพซึ่งพับและกางออกง่ายมาทดลอง ในครั้งแรกรมชุชีพจะติดกับผนังทางเดิน เชือกที่ใช้ผูกก็ขาดง่าย จึงดัดแปลงให้โครงของรมหนาแน่นขึ้น และใช้โลหะทนไฟ (ที่สามารถทนแรงดึงได้ถึง 2,000 กิโลกรัม) ทำเป็นสายโยงแทนเชือกรมจะทำงานได้ดีขึ้นมาก การติดตั้งรมชุชีพในเหมืองนี้ใช้เวลาเพียง 30 นาที ในขณะที่ยังไม่ได้ใช้งานมันก็จะถูกพับเอาไว้ไม่ให้เกิดขวางทางเดิน ต่อเมื่อมีการระเบิดขึ้นแรงระเบิดและคลื่นสะท้อนจะทำให้รมชุชีพกางออกมา เป็นการป้องกันอันตรายให้กับคนงาน เมื่อแรงระเบิดสงบลงรมก็จะหดตัวลงเหมือนเดิม

ชุตักดี พุนสวัสดิ์

(Sputonix Junior, vol 3, No.4 1987)

เนือปลารักษาหัวใจ

นักวิจัยออสเตรเลีย พบว่า การรับประทาน

เนื้อมีผลช่วยให้โอกาสการเป็นหัวใจล้มเหลวลดน้อยลง

ทั้งนี้จากการที่ นายปีเตอร์ แมคเลนแนน (Peter McLennan) นักวิทยาศาสตร์ของภาควิชาโภชนาการแห่ง Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation รายงานว่า เขาและผู้ร่วมงานได้ทดลองเลี้ยงหนูด้วยอาหารต่าง ๆ 4 ชนิด ซึ่งประกอบด้วย ไขมันอิ่มตัวจากสัตว์ ไขมันไม่อิ่มตัวจากปลา ไขมันอิ่มตัวจากพืช และไขมันผสมทั้ง 3 ชนิด

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ไขมันไม่อิ่มตัวจากเนื้อปลามีผลรบกวนต่อการเต้นของหัวใจน้อยกว่าไขมันจากอาหารชนิดอื่น ซึ่งเป็นผลดี ทั้งนี้เพราะการเต้นผิดจังหวะของหัวใจมักเป็นสาเหตุให้หัวใจหยุดเต้นอย่างกะทันหันได้

นักวิจัยกลุ่มนี้ได้ทำการทดลองซ้ำหลายครั้ง โดยเลี้ยงหนูด้วยอาหารชนิดต่าง ๆ แล้วใช้เครื่องมือกระตุ้นหัวใจเพื่อสังเกตผล เขาพบว่าหนูที่ได้รับ ไขมันไม่อิ่มตัวจะตอบสนองต่อการกระตุ้นน้อยกว่า หรือถ้ามีการตอบสนอง กลุ่มที่มีการตอบสนองจะคืนสู่สภาพปกติได้เร็วกว่ากลุ่มที่ได้รับ ไขมันอิ่มตัว หรือ ไขมันผสม

ผลจากการทดลองเขาจึงคิดว่า ไขมันจากปลา อาจจะไปเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบในเซลล์กล้ามเนื้อหัวใจ จนสามารถลดภาวะแทรกซ้อนต่อจังหวะการเต้นของหัวใจได้

มงคล อุดโท

(New Scientist, august 1987)

ยาเม็ดคุมกำเนิดสำหรับผู้ชาย

ยาเม็ดคุมกำเนิดที่ขายกันในปัจจุบันเป็นยาสำหรับผู้หญิง แต่อีกไม่นานยาเม็ดคุมกำเนิดสำหรับผู้ชายจะปรากฏภายในท้องตลาด

นายเฟร็ด วู (Fred Wu) ผู้อำนวยการศูนย์

การทดลอง Medical Research Council's Reproductive Biology Unit ในเอดินเบอร์ก หนึ่งในแปดของศูนย์การทดลองเกี่ยวกับยาคุมกำเนิด ได้ให้รายละเอียดของการทดลองว่า อาสาสมัครคู่สามีภรรยาที่จะเข้าร่วมการทดลอง จะต้องมีบุตรแล้วอย่างน้อย 1 คน เพื่อแสดงว่าทั้งคู่สามารถมีบุตรได้ ฝ่ายหญิงจะต้องมีอายุน้อยกว่า 35 ปี ฝ่ายชายจะต้องมาที่ศูนย์ทุกอาทิตย์เพื่อรับการฉีดฮอร์โมนเพศชายที่จะใช้เป็นยาคุมกำเนิดชนิดใหม่ การทดลองนี้คาดว่าจะสำเร็จภายในเวลา 4 ปี แต่คู่อาสาสมัครจะถูกขอร้องให้มาเพียง 12 เดือน และต้องไม่ทำการคุมกำเนิดด้วยวิธีอื่น

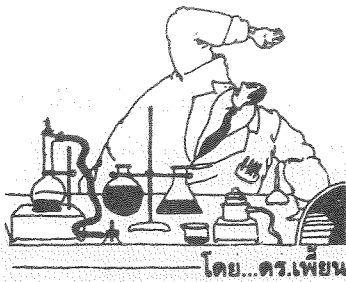
ฮอร์โมนที่ใช้ศึกษา คือ เทสโทสเตอโรน (testosterone) ฮอร์โมนนี้ไประงับการหลั่งฮอร์โมนจากต่อมใต้สมอง ซึ่งเป็นต่อมที่ควบคุมฮอร์โมนเพศและปกติจะกระตุ้นการสร้างอสุจิ ผู้ชายส่วนใหญ่ที่ได้รับการฉีดฮอร์โมนจะไม่มีการสร้างอสุจิ ถึงแม้ผู้ชายบางส่วนจะยังคงมีการสร้างอสุจิแต่ปริมาณจะลดลง จากเดิมซึ่งสร้างประมาณ 200 ล้านตัวต่อวัน เหลือเพียงครึ่งล้านถึง 1 ล้านตัวต่อวัน และเมื่อนำไปทดสอบในห้องปฏิบัติการ พบว่า ตัวอสุจิเหล่านี้ไม่สามารถเข้าผสมกับไข่ได้

การคุมกำเนิดด้วยฮอร์โมนเช่นนี้ ไม่ได้ทำให้ความเป็นชายลดลง เนื่องจากเทสโทสเตอโรนเป็นฮอร์โมนที่ทำให้ลักษณะของเพศชายแสดงออกมา เช่น การมีเครา และเสียงใหญ่ ดังนั้น การที่ร่างกายได้รับฮอร์โมนตัวนี้เพิ่มขึ้นจึงไม่มีผลเสียหายนะแต่อย่างใด

ดังนั้น ถ้าการทดลองได้ผลดี อีกประมาณ 10 - 15 ปีข้างหน้า คุณผู้ชายทั้งหลายอาจจะต้องกินยาคุมกำเนิดแทนคุณผู้หญิงบ้างก็ได้

พานิ วรณนธิกุล

(New Scientist, August 1987)



โดย...ดร.เพ็ญ

ไม่ลองก็ไม่รู้

บทความในชุด “ไม่ลองก็ไม่รู้” นี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อกระตุ้นความสนใจและเสริมความเข้าใจด้านวิทยาศาสตร์โดยการทดลอง หรือประดิษฐ์เครื่องมืออย่างง่าย ซึ่งนอกจากจะให้ความเพลิดเพลินแล้วยังคาดว่าจะมีประโยชน์ต่อการสอนวิทยาศาสตร์ในแบบแผนปัจจุบันอีกด้วย

โครมาโตกราฟีคอล์ก

เมื่อพูดถึง “คอล์ก” ด้วยสามัญสำนึกแล้วคงจะนึกถึง “ครุ” เพราะถือว่าเป็นของคู่กัน ในทำนองเดียวกับที่เข็มฉีดยาคู่กับหมอ (หรือจะคู่กับพยาบาลก็ไม่ทราบ ต้องถามหมอเอาเอง) ถ้าลองนึกดูให้ดีจะเห็นว่าการใช้คอล์กนั้น ไม่ได้ถูกจำกัดอยู่แต่เฉพาะในห้องเรียนแต่เพียงอย่างเดียว ตามบาทวิถี โคนต้นมะขามและในร้านกาแฟประจำซอยก็เป็นสถานที่ที่นิยมใช้คอล์กด้วยกันทั้งสิ้น ถ้ายังนึกไม่ออกว่าจะเกี่ยวข้องกับอะไรก็ลองจับคู่สถานที่กับกิจกรรมต่อไปนี้ดูก็คงจะทราบได้ไม่ยากนัก

- ก. ชีตเขียนตารางสำหรับเล่นตาเขย่ง
- ข. เขียนตัวเลขเพื่อคำนวณโชคชะตาราศี
- ค. จดชื่อบุคคลสำคัญที่ประสงค์จะดื่ม-กินโดยยังไม่ประสงค์จะชำระเงินในขณะนั้น

ขอย้อนกลับมาที่ห้องเรียนอีกครั้งดีกว่า เชื่อหรือไม่ว่านอกจากจะใช้คอล์กเขียนกระดานดำตามปกติแล้ว ยังเอามาสอนวิทยาศาสตร์ในเรื่องโครมาโตกราฟีได้ดีอีกด้วย ทั้งนี้เพราะคอล์กสีขาวนั้นประกอบด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตที่อัดเป็นแท่งที่ไม่แน่นจนเกินไปนัก (เวลาเขียนจึงหักง่าย) จึงทำให้น้ำซึมผ่านได้สะดวกคล้ายกระดาษซับมันเอง พุดมาถึงแค่นี้แล้วคงจะพอเข้าใจได้ว่าเราจะใช้คอล์กแทนกระดาษโครมาโตกราฟีได้ใช่หรือไม่ ขอให้มาลองทำดูดีกว่า

วัสดุและอุปกรณ์

- คอล์กแท่งขาว
- สีสำหรับผสมอาหาร เช่น สีเหลือง (Tartrazine), สีน้ำเงิน (Indigo carmine, สีแดง (carmoisine) เป็นต้น

วิธีการทดลอง ละลายสีในน้ำให้เข้มข้นพอควร ใช้หลอดขนาดเล็กหรือหลอดคะปิลารีจุ่มน้ำสีมาแต้มรอบแท่งคอล์ก ห่างจากปลายด้านใหญ่สักประมาณครึ่งเซนติเมตร ให้เป็นแถบที่แคบที่สุดเท่าที่จะทำได้ เสร็จแล้วนำแท่งคอล์กมาค่อย ๆ ตั้งในภาชนะที่มีก้นแบนซึ่งบรรจุน้ำสะอาดไว้ให้ได้ระดับสักครึ่งเซนติเมตร จะสังเกตเห็นแนว (ระวางอย่าให้ตัว น เป็นตัว ม) น้ำซึมขึ้นมาพร้อมกับแถบสีอย่างชัดเจน ปล่อยให้ไวจนแนวน้ำขึ้นถึงปลายยอด จึงหยิบแท่งคอล์กออก สังเกตดูจะเห็นสีเหลืองอยู่บนปลายยอด ที่อยู่ระดับรองลงมาคือสีน้ำเงิน และตามด้วยสีแดงเป็นอันดับสุดท้าย

ข้อเสนอแนะ

1. น่าจะลองใช้ตัวชะชนิดอื่นดูบ้าง เช่น น้ำผสมแอลกอฮอล์ในอัตราส่วนต่างๆ กัน
2. ลองใช้สีย้อมผ้า หรือน้ำหมึกแทนสีผสมอาหาร
3. แท่งคอล์กที่ใช้เสร็จแล้ว ลองนำมาหักดูว่าสีซึมเข้าไปถึงแกนกลางหรือไม่
4. ถ้าสีที่ใช้เหลืองอยู่ อย่าทิ้ง นำคอล์กมาจุ่มให้ทั่วทั้งแท่งแล้วปล่อยให้แห้ง ก็จะได้คอล์กสีขาว ๆ ไว้ใช้

ขอเรียนเชิญท่านผู้สนใจส่งบทความสั้นในแนว “ไม่ลองก็ไม่รู้” เพื่อเผยแพร่ความรู้หรือประสบการณ์ในการทดลองทางวิทยาศาสตร์ โดยส่งมาที่ กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ มข. เรื่องที่ได้รับการตีพิมพ์ ผู้เขียนจะได้รับวารสารฉบับนั้น 2 เล่ม และสำเนาพิมพ์อีก 15 ชุด

ความรู้พอกพูน เพื่อเกษตรสมบูรณ์ สมัครเป็นสมาชิกวารสาร

แถมเกษตร

วารสารราย 2 เดือน
ของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บุคคลทั่วไปปีละ 40 บาท

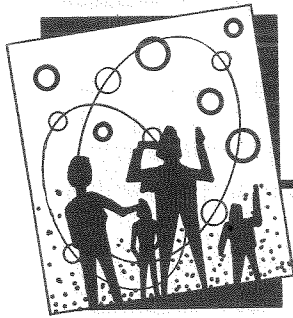
นักเรียน นักศึกษา

ปีละ 35 บาท

(ปีละ 6 ฉบับ)

ติดต่อสมัครเป็นสมาชิกได้ที่ คุณวิยะดา อรัญนารถ
งานการเงินและบัญชี คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ขอนแก่น 40002 (ถนนมิตรภาพ ปณ.มหาวิทยาลัยขอนแก่น)





วิทยาศาสตร์ ในชีวิตประจำวัน

ตอน : ความขาดทุนของผู้เล่นหวยเบอร์และสลากกินแบ่งรัฐบาล

* ชรินทร์ ภูค์สมุทร

หวยเบอร์หรือหวยกินรวบและสลากกินแบ่งรัฐบาลเป็นการพนันประเภทเดียวกับรูเล็ตต์ ไฮโล โดยหวยเบอร์เป็นการพนันที่ผิดกฎหมาย แต่สลากกินแบ่งรัฐบาลเป็นการพนันที่ถูกกฎหมาย โดยมีรัฐบาลเป็นเจ้าของ สำนักงานสลากกินแบ่งรัฐบาลเป็นผู้ดำเนินการ การที่กล่าวว่าสลากกินแบ่งรัฐบาลและหวยเบอร์เป็นการพนัน ก็เพราะมีลักษณะคล้ายกับการพนันทั่วไป กล่าวคือ มีเจ้ามือฝ่ายหนึ่ง และลูกค้าหรือผู้แทงอีกฝ่ายหนึ่ง เล่นพนันเงินกัน โดยในแต่ละเกมของการเล่น ลูกค้ามีหนทางที่จะเสียเงินให้แก่เจ้ามือ หรือได้เงินจากเจ้ามือ ทั้งนี้การพนันที่เล่นกันอยู่เกือบทุกประเภทหากเล่นกันแบบตรงไปตรงมาตามกติกาหรือข้อตกลงที่เข้าใจตรงกันทั้งสองฝ่ายแล้ว ลูกค้าจะเสียเปรียบเจ้ามือในแง่ของโอกาสที่จะเสียเงินมากกว่าได้เงิน หรือกล่าวตามภาษานักพนันว่า ลูกค้ามีประตูที่จะเสียเงินมากกว่าประตูที่จะได้เงิน ประเภทของการพนันที่ยกมาข้างต้นทั้งหมดพบว่า ลูกค้าจะเสียเปรียบเจ้ามือประมาณตั้งแต่ 5%, 10% ไปจนกระทั่งถึง 60% ของเงินที่ลูกค้าแทง การที่จะพิจารณาว่าลูกค้าเสียเปรียบหรือขาดทุนอย่างไร และเท่าใด

ในเกมพนันประเภทหนึ่ง ๆ นั้น ไม่ควรดูที่ผลของการเล่นเพียงครั้งหรือสองครั้ง หรือพิจารณาเฉพาะผู้เล่นบางคนที่ได้เงินจากเจ้ามือ ซึ่งจะทำให้ไม่ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับข้อเสียเปรียบของลูกค้า เราควรจะมองในลักษณะเป็นภาพรวมหรือรายละเอียด คือคิดจากจำนวนครั้งที่มากพอที่ลูกค้าคนหนึ่ง ๆ เล่นเกมประเภทนั้น ๆ หรือคิดจากจำนวนลูกค้าจำนวนมาก ๆ ที่เล่นเกมประเภทนั้น ๆ จึงจะได้ข้อสรุปที่ถูกต้องว่าลูกค้าเสียเปรียบหรือขาดทุนเท่าใด สำหรับเกมหนึ่ง ๆ โดยเฉลี่ย บางท่านอาจจะเคยทราบหรือมีประสบการณ์มาบ้างเกี่ยวกับเกมพนันเหล่านี้ คงจะเห็นด้วยกับผู้เขียนว่า ลูกค้าที่เล่นเกมพนันเหล่านี้มีโอกาสที่จะเสียเงินมากกว่าได้เงินจากเจ้ามือ แต่อาจจะยังไม่ทราบถึงวิธีการคำนวณค่าความขาดทุนโดยเฉลี่ยที่ลูกค้าคนหนึ่ง ๆ แทงได้ของเกมพนันทุกประเภทที่กล่าวข้างต้น ซึ่งที่จริงแล้วเราสามารถคำนวณค่าความขาดทุนดังกล่าวได้โดยไม่ยากนัก ดังที่ผู้เขียนจะได้เสนอต่อไป ซึ่งท่านที่สนใจอาจจะใช้เป็นแนวทางในการคิดประเมินการขาดทุนของผู้แทงสำหรับเกมพนันประเภทอื่น ๆ ต่อไปได้อีก การคำนวณค่าความ

ขาดทุนของเงินที่ลูกค้าแทงสำหรับเกมพนันประเภทหนึ่ง ๆ อาจคำนวณได้ 2 วิธี ดังต่อไปนี้คือ

วิธีการที่ 1 เป็นวิธีการพิจารณาอย่างง่าย ๆ ซึ่งจะขอกว่าในตัวอย่างของเกมพนันที่ยกมาต่อไป

วิธีการที่ 2 อาศัยความรู้ทางสถิติเกี่ยวกับความน่าจะเป็นซึ่งวิธีนี้สามารถให้รายละเอียดได้มากขึ้นเกี่ยวกับโอกาสหรือความน่าจะเป็นที่ผลลัพธ์ต่าง ๆ ของเกมที่จะเกิดขึ้นได้ทั้งหมด

ทั้งสองวิธีนี้จะให้ผลค่าความขาดทุนของผู้แทงดังกล่าวตรงกัน ในที่นี้จะยกตัวอย่างกรณีของหวยเบอร์ และสลากกินแบ่งรัฐบาล

หวยเบอร์ เป็นการพนันที่นิยมเล่นกันทั่วไปในกลุ่มคนทุกอาชีพ แม้แต่ในชนบทที่ประชาชนส่วนใหญ่มีฐานะความเป็นอยู่ยากจนก็นิยมเล่นกันมากในเกือบทุกหมู่บ้าน ทำให้เจ้ามือหวยเบอร์มีรายได้จากการพนันประเภทนี้อย่างเป็นกอบเป็นกำ หวยเบอร์ที่มีผู้นิยมเล่นกันมี 2 ประเภท คือ การที่ลูกค้าแทงเลขท้าย 2 ตัว และแทงเลขท้าย 3 ตัว ของรางวัลที่ 1 ของสลากกินแบ่งรัฐบาล โดยมีข้อตกลงว่าถ้าแทงถูกจะจ่ายให้ 70 เท่า และ 400 เท่า ตามลำดับ หากคิดรวมเงินที่ลูกค้าแทง 1 เท่าด้วย หรือพูดตามเกมพนันส่วนใหญ่ก็กล่าวว่ายจ่ายให้ 69 ต่อ และ 399 ต่อ ตามลำดับ

วิธีการพิจารณาอย่างง่าย ๆ สำหรับเกมนี้คือพิจารณาที่ผลลัพธ์ที่อาจเกิดขึ้นได้ทุกผลลัพธ์หรือ

ทุกประตู และสมมติให้ว่ามีลูกค้าแทงทุกประตูด้วยเงินที่เท่ากัน เจ้ามือจะรวบรวมเงินได้ทั้งสิ้นเป็นเท่าใด และเมื่อผลของเกมปรากฏแล้วมีผู้ถูกรางวัล เจ้ามือจะจ่ายเงินคืนแก่ลูกค้าทั้งหมดเท่าใด และมีกำไรเหลืออยู่เท่าใด ก็แสดงว่าเงินดังกล่าวนั้นเป็นจำนวนเงินที่ลูกค้าขาดทุนจากเงินจำนวนทั้งหมดที่ลูกค้าแทงนั่นเอง อย่างเช่นในกรณีของการพนันแทงเลขท้าย 2 ตัวของรางวัลที่ 1 มีผลลัพธ์ที่อาจจะเกิดขึ้นได้ทั้งสิ้น 100 หนทาง คือ 00, 01, 02, ..., จนกระทั่งถึง 99 เลขทุกตัวมีโอกาสเกิดขึ้นเท่ากันทั้งหมด สมมติให้ลูกค้าแทงตัวเลข 1 บาท ทุกตัว เจ้ามือจะรวบรวมเงินได้ทั้งสิ้น 100 บาท และเมื่อเกมปรากฏมีเลขตัวเดียวที่ถูกรางวัล ในกรณีนี้ เจ้ามือก็จะจ่ายเงินคืนให้แก่ผู้ถูกรางวัลเป็นเงิน 70 บาท แสดงว่าเจ้ามือมีกำไร 30 บาทจากเงินที่ลูกค้าแทง 100 บาท หรือกล่าวได้ว่าเกมพนันประเภทนี้ลูกค้าจะขาดทุน 0.30 บาทจากเงินที่ลูกค้าแทง 1 บาทโดยเฉลี่ย หากเล่นมากขึ้นโดยลูกค้าแทงตัวเลข 1,000 บาท ก็ถือว่าลูกค้าจะขาดทุน 300 บาทโดยเฉลี่ย หรือเล่นทั้งหมด 1,000 ครั้ง ทุกครั้งแทงด้วยเงิน 1 บาท คิดแล้วก็จะขาดทุน 300 บาทโดยเฉลี่ยเช่นกัน หรือกล่าวได้ว่าลูกค้าขาดทุน 30% ของเงินที่แทงโดยเฉลี่ยสำหรับเกมพนันเลขท้าย 2 ตัว ขอให้สังเกตว่าเกมประเภทนี้ยิ่งลูกค้าเล่นมาก และเล่นมากแทงมากก็จะเสียเปรียบหรือขาดทุนมากตามสัดส่วนขึ้นไป

38	— 50	40	—	68	— 50	12	—	55 = 14	48 = 14	29 = 10	92 = 10	78 = 14	82 = 14	31/1/30
18	— 1/6	—	68	— 50	12	—	39 = 28	59 =	50 = 14	52 = 14	35 = 28	16/11/30		
58	— 07	—	48	— 50	12	—	74 =	47 =						
48	—	mm	58	— 19			16/11							

ส่วนวิธีการคำนวณที่อาศัยความรู้ทางสถิติ โดยการคำนวณหาค่าของเกม (value of the game) ซึ่งก็คือค่าขาดทุนหรือกำไรโดยเฉลี่ยของลูกค้านั่นเอง เมื่อกำหนดให้เงินที่ลูกค้าจะได้รับเมื่อถูกรางวัลมีค่าเป็นบวก ส่วนเงินที่ลูกค้าจะถูกเจ้ามือกินเมื่อแทงไม่ถูกมีค่าเป็นลบ หากค่าของเกมที่ได้มีค่าเป็นลบ แสดงว่าลูกค้าขาดทุน หากค่าของเกมเป็นบวกแสดงว่าลูกค้ากำไรหรือได้เปรียบ และหากค่าของเกมมีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่าเกมประเภทนี้ไม่มีฝ่ายใดได้เปรียบเสียเปรียบเมื่อคิดโดยเฉลี่ย ในกรณีเลขท้าย 2 ตัว สมมติว่าลูกค้าเลือกแทงตัวเลขใดตัวเลขหนึ่งจากตัวเลขทั้งหมด 100 ตัว คือ 00, 01, 02, ..., 99 ด้วยเงิน 1 บาท นิยามค่าของเกมจะเป็นดังนี้

ค่าของเกม = ผลรวมของผลคูณระหว่าง
เงินที่ลูกค้าได้หรือเสีย กับ
โอกาสที่ลูกค้าจะถูกหรือไม่ถูก
รางวัล

ดังนั้นในกรณีของการแทงเลขท้าย 2 ตัว ด้วยเงิน 1 บาท เป็นกรณีอย่างง่าย ๆ เพราะมีผลลัพธ์ที่ลูกค้าจะได้รับเงินเพียงผลลัพธ์เดียวหรือรางวัลเดียวเท่านั้น จึงได้

$$\begin{aligned}\text{ค่าของเกม} &= (\text{เงินที่ลูกค้าได้รับหากถูกรางวัล}) \times \\ &\quad (\text{โอกาสที่ลูกค้าถูกรางวัล}) + (\text{เงินที่} \\ &\quad \text{ลูกค้าถูกกินเมื่อไม่ถูกรางวัล}) \times \\ &\quad (\text{โอกาสที่ลูกค้าไม่ถูกรางวัล}) \\ &= (+69) \left(\frac{1}{100} \right) + (-1) \left(\frac{99}{100} \right) \\ &= -0.30 \text{ บาท}\end{aligned}$$

หมายความว่าเกมนี้ลูกค้าขาดทุน 0.30 บาทโดยเฉลี่ยจากเงินที่แทง 1 บาท หรือในกรณีทั่วไปอาจกล่าวได้ว่า เกมเลขท้าย 2 ตัว ลูกค้าจะขาดทุน 30% โดยเฉลี่ย ส่วนการแทงเลขท้าย 3 ตัวนั้น

ถ้าตัวเลขใดจาก 000, 001, 002, ..., 999 ถูกรางวัล ก็จะได้รับเงินจากเจ้ามือ 400 เท่า ในทำนองเดียวกัน จะพบว่าเกมนี้ลูกค้าจะขาดทุนมากถึง 60% โดยเฉลี่ย

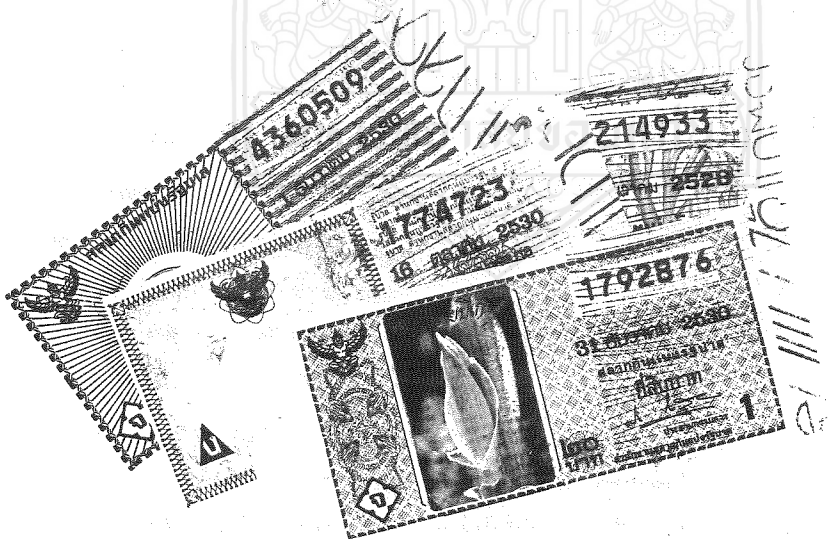
สลากกินแบ่งรัฐบาล จากอดีตจนถึงปัจจุบัน

หากมองถึงอัตราการจำหน่ายสลากกินแบ่งรัฐบาลที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว พร้อมทั้งมูลค่าของสลากกินแบ่งรัฐบาลที่เพิ่มขึ้นแล้ว ก็นับได้ว่าสำนักงานสลากกินแบ่งรัฐบาลเป็นสถานประกอบการที่ประสบผลสำเร็จอย่างดียิ่ง แต่ในอีกแง่หนึ่งหากมองที่ประชาชนที่ล้มลงกับการพนันประเภทนี้มากขึ้น ก็น่าสงสารและห่วงใย เพราะหากรายได้ของสำนักงานสลากกินแบ่งรัฐบาลจะเกิดจากเงินของผู้มีฐานะดีเหลือกินเหลือใช้ก็ไม่น่าจะมีปัญหาอะไร แต่กลับกลายเป็นว่ารายได้ของสำนักงานสลากกินแบ่งรัฐบาลส่วนใหญ่มาจากประชาชนผู้มีรายได้น้อยหรือปานกลางลงมา ผู้มีฐานะดีกลับไม่ค่อยสนใจการพนันประเภทนี้ ในปัจจุบันสำนักงานสลากกินแบ่งรัฐบาลพิมพ์สลากออกจำหน่ายเดือนละ 2 งวดหรือปีละ 24 งวด งวดหนึ่ง ๆ พิมพ์สลากกินแบ่งรัฐบาลออกจำหน่ายรวมทั้งสิ้น 24 ล้านฉบับ โดยแบ่งเป็น 6 หมวด หรือ 6 ชุด ๆ ละ 4 ล้านฉบับ ทุกหมวดจัดเรียงเลขเหมือนกัน หมวด ก และ ข ราคาฉบับละ 10 บาท หมวด ค, ง, จ และ ฉ ราคาฉบับละ 20 บาท รวมมูลค่าทั้ง 6 หมวดเป็นเงิน 400 ล้านบาท ส่วนเงินรางวัลทั้งหมดที่สำนักงานสลากกินแบ่งรัฐบาลจะจ่ายให้เป็นรางวัลแก่ผู้ถูกรางวัลต่าง ๆ รวมทั้งหมดแล้วเป็นเงิน 240 ล้านบาท ดังนั้นเราอาจจะกล่าวได้ว่าเกมสลากกินแบ่งรัฐบาล ลูกค้าขาดทุน 160 ล้านบาทจากเงินที่แทง 400 ล้านบาท หรือคิดเป็นร้อยละ 40 โดยเฉลี่ย หรือขาดทุน 4 บาท

ต่อ 1 ฉบับราคา 10 บาท หรือขาดทุน 8 บาท ต่อ 1 ฉบับราคา 20 บาทโดยเฉลี่ย ส่วนวิธีการคิดโดยอาศัยความรู้ทางสถิติก็ใช้หลักการเดียวกันกับทอยเบอร์ แต่อาจจะยุ่งยากซับซ้อนขึ้นหน่อย เพราะมีหลายกรณีที่ผู้ซื้ออาจถูกรางวัลได้ เช่น รางวัลเลขท้ายแต่ละรางวัลอย่างเดียวกัน หรือรางวัลที่ 5, 4, 3, 2 และ 1 อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือถูกทั้งเลขท้ายและรางวัลอื่น ๆ เป็นต้น อาจจะได้ว่ามีโอกาสที่จะถูกรางวัลได้หลายลักษณะแต่ที่จริงแล้วเมื่อคิดเป็นค่าเฉลี่ยที่ผู้แทงจะได้รับรางวัลแล้วน้อยกว่าเงินที่แทงแน่ ๆ

ปัจจุบันมีผู้เล่นทอยเบอร์และสลากกินแบ่งรัฐบาลมากขึ้นเรื่อย ๆ แสดงว่าเกมพนันดังกล่าวทำให้ผู้เล่นเกิดความลุ่มหลง หลงผิดมากขึ้น การเล่นเพื่อการเสี่ยงโชคนาน ๆ ครั้ง หรือเล็กน้อยคงจะไม่กระไรนักหากไม่ทำให้ตนเองและครอบครัวเดือดร้อน แต่ผู้เล่นส่วนใหญ่เมื่อเคยถูกรางวัลขึ้นมาครั้งหนึ่งก็อาจจะติดใจจึงเฝ้าติดตามซื้อติดตาม

เล่นเรื่อยไปไม่หยุดยั้ง ในลักษณะนี้ไม่ดีแน่ ตามหลักวิชามักมีกฎยืนยันที่เชื่อได้แน่นอน ผู้ที่เล่นเป็นเวลานานหรือเป็นประจำนั้น เมื่อประเมินผลกำไรหรือขาดทุนในท้ายที่สุดแล้ว เกือบจะแน่นอนว่าต้องขาดทุน เมื่อได้ทราบความจริงเช่นนี้แล้วก็หวังว่าท่านที่นิยมเล่นการพนันดังกล่าว โดยเฉพาะท่านที่ฐานะการเงินชักหน้าไม่ถึงหลัง รายได้ไม่ค่อยพอกับรายจ่ายในครอบครัว และหวังจะเอาโชคทางด้านนี้ช่วย ขอได้โปรดเลิกความคิดนี้เสียเพราะในระยะยาวแล้วผู้แทงมีโอกาสที่จะขาดทุนสูงมาก สาเหตุที่มีผู้ตามซื้อตามเล่นการพนันประเภทนี้อีกประการหนึ่งก็คือผู้เล่นมักอ้างว่าได้เลขเด็ดเลขสวยมาจากผู้วิเศษหรืออาจารย์ใบ้หวยท่านใดท่านหนึ่ง สำหรับตัวผู้เขียนเองเชื่อว่ารางวัลทุกรางวัลที่สำนักงานสลากกินแบ่งรัฐบาลออกในแต่ละงวดตัวเลขหนึ่ง ๆ จาก 0 ถึง 9 ทุกตัวมีโอกาสเท่ากันที่จะเกิดขึ้น จึงไม่น่าจะมีคำกล่าวว่ารหัสตัวนี้น่าจะถูกรางวัลมากกว่าเลขตัวนั้น



คุณภาพของไข่ไก่

* ดร.จันทร์เพ็ญ ส.โทมัส

เมื่อเอ่ยถึงไข่ไก่น้อยคนนักที่จะไม่รู้จัก แต่จะมีใครบ้างที่ทราบว่าไข่ไก่ที่จัดว่าสดมีคุณภาพดีนั้นดูอย่างไร ในบทความนี้จะมาเล่าสู่กันถึงลักษณะของไข่สด การเปลี่ยนแปลงของไข่ระหว่างที่เก็บ การเก็บรักษาไข่เพื่อชะลอการเสื่อมคุณภาพ และปัจจัยที่ใช้ในการคัดเกรดของไข่ไก่สำหรับการบริโภค

บทนำ

ไข่ของสัตว์ปีกเช่น ไก่ เป็ด นก เป็นสิ่งที่ดึงดูดความสนใจของนักชีววิทยาและบุคคลทั่วไป ในอดีตกาลเริ่มแรกนั้น ความสนใจจะมุ่งที่ลักษณะภายนอกและสีของไข่เพื่อการจัดกลุ่มแยกชนิด ต่อมา ความสนใจมุ่งไปที่ลักษณะภายในของไข่ทั้งในแง่ของแหล่งอาหาร และในการศึกษาเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของสัตว์ตัวอ่อน ไข่จึงใช้เป็นสารตัวอย่างในการศึกษาทางวิทยาศาสตร์ การแพทย์ และอุตสาหกรรมอาหาร

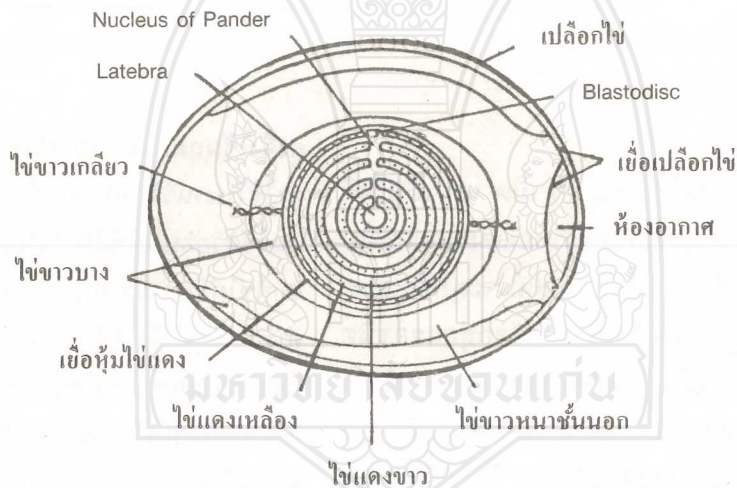
ไข่ไก่เป็นที่นิยมใช้มากเพราะมีขนาดพอเหมาะ และหาได้ง่ายกว่าไขชนิดอื่น ๆ ในอุตสาหกรรมอาหาร ไข่ไก่ใช้เป็นตัว *tabilizer* และ *emulsifier* เช่น ในการทำก๋วยเตี๋ยว ไอศกรีม น้ำสลัด ขนมเค้ก ฯลฯ และเนื่องจากไข่ไก่มีคุณภาพทางอาหาร

สูงจึงใช้ผสมในอาหารเสริม นอกจากนี้ไข่ไก่ยังถูกใช้ในงานวิจัยทางแพทย์ เช่น ศึกษาเชื้อโรค โดยใช้ตัวอ่อนในไข่เป็นตัวรับเชื้อ เป็นต้น เนื่องจากไข่ไก่มีความสำคัญมากในอุตสาหกรรมอาหารต่างประเทศ จึงได้ทำการวิจัยศึกษาเกี่ยวกับไข่ไก่ไว้อย่างละเอียดและเป็นเวลานานแล้ว ดังจะศึกษาได้จากหนังสือของ Romanoff [1] ซึ่งได้รวบรวมผลงานวิจัยเกี่ยวกับไข่ไก่จนถึงปี ค.ศ. 1949 และในบทความต่าง ๆ ที่ได้รวบรวมโดย Carter [2] ในบทความนี้จะพิจารณาเฉพาะคุณภาพของไข่ไก่ในแง่การบริโภคว่า ไข่ไก่ที่จัดว่าสดควรมีลักษณะทางกายภาพอย่างไร ไข่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรระหว่างการเก็บ ควรเก็บอย่างไรจึงจะชะลอการเสื่อมคุณภาพและปัจจัยต่าง ๆ ที่ต่างประเทศใช้ในการคัดเกรดของไข่ไก่สำหรับการบริโภค

ลักษณะทั่วไปของไข่ไก่

ไข่ไก่ประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่คือ ไข่แดง (yolk) ไข่ขาว (albumen) และเปลือกไข่ (shell) ทั้งสามส่วนนี้มีการจัดเรียงดังในรูป 1 ภายใต้เปลือกไข่จะมีเยื่อเปลือกไข่สีขาว 2 ชั้นติดกัน ซึ่งแยกออกจากกันตรงปลายด้านบ้านของไข่เกิดเป็นห้องอากาศ (air cell) ห้องอากาศนี้เกิดขึ้นเมื่อไข่เย็นลงหลังจากที่ออกมาจากแม่ไก่ขณะที่ไข่เย็นลงองค์ประกอบภายในไข่คือไข่ขาวและไข่แดงหดตัวลงทำให้อากาศเข้าไปโดยผ่านทางรูพรุนของเปลือกไข่ (ท่านสามารถพิสูจน์ได้ว่าเปลือกไข่มีรูพรุนโดยเอาไข่ใส่ในน้ำ จะเห็นฟองอากาศหลุดออกจากรูในเปลือกไข่)

ส่วนไข่ขาวนั้นที่จริงแบ่งออกเป็น 4 ชั้นใหญ่ ๆ คือ ชั้นนอกสุดที่ติดกันเยื่อเปลือกไข่เรียกว่าไข่ขาวบางชั้นนอก (outer thin albumen) ชั้นต่อมาคือ ไข่ขาวหนา (thick albumen) ซึ่งจะติดกับเยื่อเปลือกไข่ด้านในที่ปลายทั้งสองของไข่ไก่ ชั้นถัดไปคือ ไข่ขาวบางชั้นใน (inner thin albumen) ซึ่งมีปริมาณน้อยอยู่ภายในถุงของไข่ขาวหนา ส่วนชั้นในสุดคือไข่ขาวหนาชั้นใน (inner thick albumen layer or chalaziferous) ซึ่งจะล้อมรอบไข่แดงและหมุนเป็นเกลียวไปเชื่อมติดกับไข่ขาวหนาชั้นนอกดังรูป 1 ส่วนที่เป็นเกลียวเรียกเป็นภาษาอังกฤษว่า chalazae ในที่นี้จะขอเรียกว่าไข่ขาวเกลียว



รูป 1 ภาพแสดงส่วนประกอบของไข่ไก่ (ตัดตามแกนยาว)

ไข่แดงนั้นจะอยู่ภายในเยื่อหุ้มบาง ๆ สี ๆ เรียกเป็นภาษาอังกฤษว่า vitelline membrane ในไข่สดไข่แดงจะอยู่กลางไข่โดยมีไข่ขาวหนาและไข่ขาวเกลียวช่วยพยุงอยู่ ไข่แดงจะหมุนได้อย่างอิสระภายในถุงไข่ขาวหนาเพื่อให้บริเวณที่มีความหนาแน่นน้อยบนผิวของไข่แดงอยู่ด้านบนเสมอ

บริเวณนี้ถ้าแกะเปลือกออกดูจะเห็นเป็นบริเวณที่มีสีขาว ในไข่ที่ไม่ผสมเรียกภาษาอังกฤษว่า blastodisc ส่วนในไข่ที่ผสมจะเป็นบริเวณที่ตัวอ่อนเติบโตและเรียกว่า blastoderm มีขนาดใหญ่กว่า blastodisc เล็กน้อยในไข่สด ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโดยเฉลี่ย 3.5 มม. ได้บริเวณนี้จะประกอบ

ด้วยไข่แดงขาว (white yolk) ยื่นลงไปโนไข่แดง ในลักษณะรูปกรวยหัวกลับซึ่งเรียกว่า Nucleus of Pander ไปจนถึงใจกลางของไข่แดงซึ่งเป็นบริเวณ แกนทรงกลมเรียกว่า Latebra มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 6 มม. เราจะเห็นส่วนนี้ได้ชัดใน ไข่ต้ม ส่วนรอบ ๆ Latebra ซึ่งเป็นไข่แดงขาวนี้ จะเป็นชั้นของไข่แดงเหลือง (yellow yolk) สลับกับ ไข่แดงขาว ดังรูป 1 เชื่อว่าชั้นของไข่แดงเหลือง และไข่แดงขาวนี้ เกิดในช่วงเวลาต่างกันระหว่างที่ ไข่แดงเริ่มสะสมขึ้นในไข่ภายในตัวแม่ไก่ โดยที่ ไข่แดงเหลืองเป็นชั้นที่สะสมในตอนกลางวัน ส่วน ชั้นไข่แดงขาวซึ่งบางกว่าเกิดในตอนกลางคืน แต่ สีของไข่แดงนี้จะขึ้นกับอาหารที่แม่ไก่กินระหว่าง ที่สร้างไข่ ชั้นของไข่แดงนี้บางครั้งจะเห็นได้ชัดใน ไข่ต้ม แต่จะพบบ่อยในไข่เค็ม (ไข่เป็ดมีลักษณะ โครงสร้างคล้ายไข่ไก่)

หลายท่านอาจจะคิดว่าไข่แดงมีประโยชน์ อยู่ในไข่ ไม่เท่าไข่ขาวหรือในทางกลับกัน ตารางที่ 1 และ

2 แสดงสัดส่วนโดยเฉลี่ยขององค์ประกอบของ ไข่ไก่ และองค์ประกอบหลักทางเคมีของแต่ละ ส่วนของไข่ไก่ จากตารางที่ 1 จะเห็นว่าเกือบ 90% โดยน้ำหนักของไข่ไก่เป็นส่วนที่บริโภคได้คือ แบ่ง เป็นไข่ขาวประมาณ 59% และไข่แดงประมาณ 31% ที่น่าสนใจอีกก็คือ ในตารางที่ 2 จะเห็นว่า ไข่ขาวนั้น ประกอบด้วยน้ำและโปรตีนเป็นส่วนใหญ่คือ 88.5% และ 10.5% โดยน้ำหนัก ตามลำดับ มีคาร์โบไฮเดรต และแร่ธาตุเล็กน้อย และไม่มีไขมันเลย ไขมันของ ไข่ไก่จะอยู่ในไข่แดงหมดคิดเป็น 33% โดยน้ำหนัก ของไข่แดงที่เหลือน้ำมันเป็นส่วนใหญ่ประมาณ 47.5% ตามด้วยโปรตีนประมาณ 17.4% คาร์โบไฮเดรต และ แร่ธาตุอื่น ๆ ที่จำเป็นต่อร่างกายของสิ่งมีชีวิต ทั้งนี้ เพราะไข่แดงคือส่วนที่ใช้ในการเติบโตเป็นลูกไก่ ขณะที่ไข่ขาวใช้เป็นอาหารและป้องกันเชื้อโรคและ การกระทบกระเทือนระหว่างที่ลูกไก่กำลังพัฒนา

ตารางที่ 1 สัดส่วนโดยเฉลี่ยของส่วนประกอบของไข่ไก่ [1,3]

ส่วนประกอบของไข่ไก่	% โดยน้ำหนักของ ไข่ทั้งฟอง	% โดยน้ำหนักของ แต่ละส่วน
เปลือกไข่และเยื่อเปลือก	10.5	
เปลือก		97
เยื่อเปลือก		3
ไข่ขาว	58.5	
ไข่ขาวบางชั้นนอก		23
ไข่ขาวหนาชั้นนอก		57
ไข่ขาวบางชั้นใน		17
ไข่ขาวหนาชั้นใน		2
ไข่ขาวเกลียวอันใหญ่		0.8
ไข่ขาวเกลียวอันเล็ก		0.2
ไข่แดง	31.0	
รวมส่วนที่บริโภคได้	89.5	

ตารางที่ 2 สัดส่วนโดยเฉลี่ยขององค์ประกอบทางเคมีของส่วนต่าง ๆ ของไข่ไก่ [1,3]

องค์ประกอบทางเคมี	% โดยน้ำหนักของแต่ละส่วน			
	เปลือก	ไข่ขาว	ไข่แดง	รวมส่วนที่ทานได้
น้ำ	1	88.5	47.5	74.5
โปรตีน	4	10.5	17.4	12.5
ไขมัน	—	—	33.0	11.8
คาร์โบไฮเดรตอิสระ	—	0.5	0.2	0.4
สารประกอบอินทรีย์	95	0.5	1.1	0.8
สารอื่น ๆ (เช่น Amino-acids)	—	—	0.8	—

ลักษณะของไข่ไก่สดและการเปลี่ยนแปลงของไข่ไก่

ไข่ไก่นั้นก็เหมือนกับอาหารสดทั่วไปกล่าวคือ ไข่ไก่จะมีคุณภาพทางอาหารดีที่สุดและใช้ในการปรุงอาหารได้ดีก็เมื่อไข่ไก่อังสดอยู่ ตัวอย่าง เช่น ในการทำขนมเค้กหรือขนมฟู ที่ต้องตีไข่ขาวให้ขึ้น จะพบว่าไข่ขาวจากไข่ที่สดจะตีได้ขึ้นดีกว่าไข่ที่ไม่สด ตามหลักวิทยาศาสตร์ ไข่ไก่สดที่สุดก็เมื่อออกมาจากแม่ไก่ใหม่ ๆ แต่สำหรับการบริโภคไข่ไก่ได้ รับการเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม (ดังจะได้อธิบายต่อไป) แล้วไข่ไก่จะคงความสดได้นาน เรื่องการคัดเกรดไข่ ในต่างประเทศมีการกำหนดลักษณะมาตรฐานเอาไว้ สำหรับประเทศไทย ไม่ทราบว่ามีการกำหนดมาตรฐานของคุณภาพไข่ไก่ในการบริโภคไว้หรือไม่ ถ้ามีก็คงไม่ได้ควบคุมกันเท่าไร ทั้งนี้เพราะพบว่าไข่ไก่ที่จำหน่ายตามท้องตลาดไม่ว่าจะเป็นตลาดสด ศูนย์การค้าใหญ่ที่มีชื่อเสียงก็ตามจะไม่สด ท่านลองสังเกตดูเอง หลังจากท่านทราบแล้วว่าไข่ไก่ที่จัดว่าสดมากควรมีลักษณะอย่างไร

ถ้าตอกไข่ที่เพิ่งออกจากแม่ไก่ลงบนพื้นราบ

จะพบว่า ไข่ขาวหนาขึ้นนอกจะ “ยืน” เป็นรูปวงรีอยู่รอบ ๆ ไข่แดง ไข่ขาวนี้จะมีลักษณะหนาและเหนียว คล้ายเยลลี่ ไข่แดงจะมีลักษณะเต่งตึงเป็นทรงกลม และจะอยู่กึ่งกลางไข่ขาวหนา ไข่ขาวบางกระจายอยู่รอบ ๆ ไข่ขาวหนาและมีลักษณะเหนียวแต่ไม่เท่าไข่ขาวหนา

เมื่อไข่ไก่มียุมามากขึ้นจะมีการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ เกิดขึ้น ที่เห็นได้ชัดที่สุดคือจะมีน้ำหนักลดลง ทั้งนี้ส่วนใหญ่มาจากการระเหยของน้ำผ่านทางรูพรุนของเปลือกไข่ การซึมออกของก๊าซบางชนิด เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจนและอื่น ๆ ที่เกิดจากการสลายตัวของสารประกอบเคมีในไข่ อัตราการลดลงของน้ำหนักจะขึ้นกับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ไข่เก็บไข่ [1] การสูญเสียน้ำและก๊าซนี้ทำให้เนื้อไข่เล็กลงยังผลให้ห้องอากาศในไข่ใหญ่ขึ้นและความถ่วงจำเพาะของไข่ไก่อลดลง

การเปลี่ยนแปลงที่กล่าวมานั้นเป็นการเปลี่ยนแปลงที่วัดโดยตรงจากภายนอกส่วนการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพขององค์ประกอบภายในของไข่ดูจากไข่ที่ตอกลงบนจานพื้นราบ เมื่อไข่มีอายุการเก็บ

มากขึ้น การเปลี่ยนแปลงนี้จะขึ้นกับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ที่ใช้ในการเก็บไข่ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่จะกล่าวถึงนี้เป็น การเปลี่ยนแปลงที่จะพบในไข่ไก่ที่ไม่ได้ถูกเก็บรักษาอย่างเหมาะสม เช่น ไข่ไก่ที่วางขายในบ้านเราซึ่งอุณหภูมิสูงในช่วง $30-40^{\circ}\text{C}$ **ถุงไข่ขาวหนา**ที่เคยมีลักษณะเหนียวคล้ายเยลลี่จะ **เริ่มสลายตัวโดยความสูงของถุงจะลดลง** ในช่วงแรกความสูงจะลดลงเร็วมากแล้วลดลงช้า ๆ ตามอายุการเก็บ ถุงไข่ขาวหนาซึ่งบางลงนี้จะกระจายออกไปทางไข่ขาวบางและสลายตัวเป็นไข่ขาวบางในขณะเดียวกัน **ไข่ขาวบางก็สลายตัวลง**โดยมีความเหนียวลดลง **มีลักษณะคล้ายน้ำมากขึ้น** ส่วน **ไข่แดงจะค่อย ๆ แบนลงและเหี่ยวย่น** ไม่มีลักษณะเต่งตึงเป็นทรงกลมเหมือนในไข่สด ทั้งนี้เป็นเพราะน้ำจากไข่ขาวซึมเข้าไปในไข่แดงทำให้ไข่แดงมีน้ำหนักมากขึ้น ความเข้มข้นลดลง นอกจากนี้เยื่อหุ้มไข่แดงเกิดการสลายตัวทางเคมี เยื่อนี้จะค่อย ๆ ลดความแข็งแรงลงและในไข่ที่มีอายุการเก็บมากเยื่อนี้จะขาด ที่เห็นชัดอีกประการก็คือ ตำแหน่งของไข่แดงในไข่สดมากไข่แดงจะอยู่กลางไข่โดยมีไข่ขาวหนาช่วยพยุงไว้ แต่เมื่อไข่มีอายุมากขึ้น การสูญเสียน้ำและการสลายตัวของสารอินทรีย์ในไข่ขาวหนาทำให้ความหนาแน่นของไข่ขาวหนามากขึ้น แต่ไข่แดงมีความหนาแน่นลดลง จึงพบว่า **ไข่แดงมักจะอยู่ค่อนไปข้างหนึ่งของไข่** ตำแหน่งของไข่แดงท่านจะสังเกตได้ชัดในไข่ที่ตอกออก และโดยเฉพาะในไข่ต้ม ในไข่ที่มีอายุการเก็บมากไข่แดงอาจติดกับเปลือกไข่ซึ่งทำให้ไข่แดงแตกง่ายเมื่อตอกไข่

การเก็บรักษาไข่ไก่ให้ลดการเสื่อมคุณภาพ

ในฐานะผู้บริโภคแม้ท่านจะไม่สามารถควบคุม

ความสดของไข่ไก่ที่ขายในบ้านเรายกเว้นว่าท่านอยู่ในวงการที่จะกำหนดมาตรฐานได้ แต่ท่านก็สามารถ **ชลอ** การเสื่อมคุณภาพของไข่ไก่ได้หลังจากที่ท่านซื้อมา กล่าวคือ ทำอย่างไรจึงจะชลอการสลายตัวของไข่ขาวและไข่แดงได้ จากการทดลองพบว่า [1] สามารถชลอการเปลี่ยนของไข่ขาวหนาไปเป็นไข่ขาวบางได้ โดยการลดอุณหภูมิที่ใช้เก็บไข่และ **ควบคุมค่า pH ของไข่ขาว** ให้อยู่ในช่วง 8.0-8.2 ในไข่สด pH ของไข่ขาวจะประมาณ 7.6 และของไข่แดงประมาณ 6.0 เมื่อไข่มีอายุมากขึ้นค่า pH ของไข่ขาวจะสูงขึ้นเนื่องจากการสูญเสียคาร์บอน-ไดออกไซด์ในไข่ขาว และยังพบว่าเยื่อหุ้มไข่แดงจะมีความแข็งแรงมากที่สุดที่ค่า pH ของไข่ขาวเป็น 8.0 การควบคุมค่า pH ของไข่ขาวทำได้โดยการเก็บไข่ในบรรยากาศที่มีความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์สูง สำหรับฟาร์มไข่ไก่ใหญ่ ๆ ในประเทศที่มีการควบคุมคุณภาพของไข่จะเก็บไข่ไก่ไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 6°C (อุณหภูมิปกติที่ใช้ในตู้เย็น) ก็สามารถคงความสดของไข่ไก่ไว้ได้นาน

ปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาคุณภาพของไข่ไก่

ที่จริงแล้วคำว่า "คุณภาพของไข่" ในการบริโภคเป็นคำที่ไม่รัดกุมมาก จึงขอกำหนดความหมายที่ใช้ในที่นี้คือ "คุณลักษณะของไข่ไก่ที่มีผลกระทบต่อผู้บริโภค" ปัจจัยสำคัญ ๆ ที่ใช้พิจารณาคุณภาพของไข่คือ สีของเปลือกไข่ ความพรุนของเปลือกไข่ ความแข็งแรงของเปลือกไข่ สภาพของไข่ขาว รูปร่างของไข่แดง ความแข็งแรงของเยื่อหุ้มไข่แดง สีของไข่แดง คุณค่าทางอาหาร รสชาติ ความสะอาด การปราศจากสิ่งแปลกปลอมในไข่ เช่น ก้อนเลือด (blood spot) หรือก้อนเนื้อ

เล็ก ๆ (meat spot) สำหรับคุณค่าทางอาหารและรสชาติของไข่นั้นต้องอาศัยการวิเคราะห์ทางเคมีในที่นี้จะกล่าวเฉพาะ 7 ปัจจัยแรกและวิธีที่ใช้ในการประเมินปัจจัยเหล่านี้อย่างคร่าว ๆ [4]

1. สีของเปลือกไข่

ประเมินโดยการดูเทียบกับสีมาตรฐานในปัจจุบันสามารถใช้วิธีทางอิเล็กทรอนิกส์วัดแสงของสีที่สะท้อนจากเปลือกไข่และแยกตามกลุ่มสีมาตรฐาน 6 กลุ่ม

2. ความพรุนของเปลือกไข่

นิยามความพรุนของเปลือกไข่ คือ คุณสมบัติของเปลือกไข่ที่ยอมให้มีการแลกเปลี่ยนของไอน้ำและก๊าซระหว่างเนื้อไข่กับบรรยากาศภายนอก [4] สำหรับการบริโภค ไข่ยังมีความพรุนของเปลือกต่ำยิ่งดี สำหรับวิธีวัดนั้นแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ วิธีนับจำนวนรูในเปลือกโดยการย้อมสี วิธีวัดอัตราการไหลของก๊าซหรือของเหลวผ่านเปลือกภายใต้ความดันที่กำหนด และวิธีวัดอัตราการลดลงของน้ำหนักของไข่ภายใต้อุณหภูมิและความชื้นมาตรฐานซึ่งจัดเป็นวิธีที่ไม่ทำลาย

3. ความแข็งแรงของเปลือกไข่

ความแข็งแรงของเปลือกไข่นั้น พิจารณาในรูปของความสามารถของเปลือกไข่ที่จะคงสภาพได้อยู่ได้ระหว่างการขนส่งจากแม่ไก่ไปสู่ผู้บริโภค วิธีวัดแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ วัดโดยตรงและโดยทางอ้อม ในทางการวัดโดยตรงแบ่งเป็นการวัดความต้านทานของเปลือกไข่ต่อน้ำหนักที่ค่อย ๆ เพิ่ม กับการวัดความต้านทานของเปลือกไข่ต่อการกระแทก ส่วนวิธีวัดโดยทางอ้อมเป็นการวัดความหนาของเปลือกไข่โดยอาศัยหลักที่ว่าความถ่วงจำเพาะของเปลือกไข่นั้นมีค่าประมาณ 2.3 เมื่อ

เปรียบเทียบกับค่า 1.085 สำหรับไข่ทั้งฟอง [4] ความแตกต่างของค่าความถ่วงจำเพาะของไข่ทั้งฟองจะขึ้นกับความแตกต่างของปริมาณเปลือกไข่ วิธีนี้จึงเป็นวิธีไม่ทำลาย

4. คุณภาพของไข่ขาว

วิธีต่าง ๆ ที่กล่าวมานั้นเกี่ยวข้องกับสภาพภายนอกของไข่ ซึ่งมีความสำคัญต่อผู้ขายในแง่การขนส่ง และความสวยงามของไข่ ส่วนเนื้อภายในไข่นั้นเป็นสิ่งที่สำคัญต่อผู้บริโภคโดยตรง ปัจจัยหนึ่งในการพิจารณาคุณภาพภายในคือสภาพของไข่ขาว

การวัดคุณภาพของไข่ขาว เป็นการวัดสภาพทางกายภาพของไข่ขาวหนาซึ่งมีหลายวิธีด้วยกันคือ การวัดเปอร์เซ็นต์ความเหนียวของไข่ขาวหนาโดยการกรองผ่านตะแกรงที่มีขนาดตามที่กำหนดไว้และวัดปริมาณของไข่ขาวหนาที่ตกค้างอยู่บนตะแกรงภายในเวลาที่กำหนด การวัดความสูงของไข่ขาวหนาเมื่อตอกไข่ลงบนพื้นราบและคำนวณดัชนีไข่ขาว โดยการหารความสูงของไข่ขาวหนาด้วยความกว้างเฉลี่ยของไข่ขาว หรือคำนวณดัชนีพื้นที่โดยการหารพื้นที่ของไข่ขาวด้วยน้ำหนักหรือในหน่วยของฮอก (Haugh unit) ซึ่งเป็นดัชนีความสูงของไข่ขาวหนาต่อน้ำหนักไข่ทั้งฟองหรือวิธีการดูเทียบลักษณะของไข่ขาวกับรูปมาตรฐาน

ยังมีวิธีประเมินคุณภาพของไข่ขาวโดยที่ไม่จำเป็นต้องตอกไข่คือ วิธี "ส่อง" (candling) [5] และการวัดความหนืดของเนื้อไข่โดยใช้ torsion pendulum วิธี "ส่อง" นั้นขึ้นกับความสามารถของเปลือกและเยื่อหุ้มเปลือกในการกระจายแสงและสะท้อนแสงภายในไข่ เพื่อว่าเมื่อไข่อยู่หน้าแสงและหมุนอย่างช้าๆ เราจะสามารถมองเห็นลักษณะภายในไข่โดยผ่านเปลือกได้ สภาพของ

ไข่ขาวดูจากการต้านของไข่ขาวต่อการเคลื่อนที่ของไข่แดงซึ่งจะเห็นเป็นเงา ส่วนการวัดความหนืดของไข่อาศัยหลักการที่ว่า การลดลงของอัมพลิจูดของการออสซิลเลตของกรอบที่มีไข่อยู่ซึ่งเป็นส่วนของ torsion pendulum เป็นการวัดผลการแดมป์เนื่องจาก เนื้อไข่ ผลการวัดอยู่ในรูปของสัมประสิทธิ์การแดมป์ ซึ่งพบว่า ไข่ที่มีค่าความหนืดต่ำหรือผลการแดมป์ต่ำจะมีคุณภาพไข่ขาวต่ำ [5]

5. ดัชนีไข่แดง

ปัจจัยอีกอย่างที่พิจารณาคณสมบัติภายในของไข่คือ ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับไข่แดงซึ่งมี รูปร่างของไข่แดง ความแข็งแรงของเยื่อหุ้มไข่แดง และสีของไข่แดง การวัดคุณภาพทางรูปร่างของไข่แดงวัดในรูปของดัชนีไข่แดง ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างความสูงของไข่แดงและเส้นผ่าศูนย์กลางโดยเฉลี่ยของไข่แดงเมื่อตอกไข่ลงบนพื้นราบ

6. ความแข็งแรงของเยื่อหุ้มไข่แดง

วิธีที่ใช้ในการวัดความแข็งแรงของเยื่อหุ้มไข่แดงมีอยู่หลายวิธี แต่วิธีที่รวดเร็วสำหรับไข่แดงที่ยังคงรูปร่างนั้น ทำโดยการเอาปลายข้างหนึ่งของหลอดคาปิลารีขนาด 2 มม. แตะติดกับเยื่อหุ้มไข่แดง แล้วลดความดันในหลอดจนถึงค่าหนึ่งและจับเวลาที่เยื่อหุ้มไข่แดงเริ่มขาด การทดลองพบว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญระหว่างรูปร่างของไข่แดง ความแข็งแรงของเยื่อหุ้มไข่แดง และสภาพของไข่ขาว

7. สีของไข่แดง

การวัดสีของไข่แดงทำได้โดยการเปรียบเทียบกับสีมาตรฐาน วิธีอื่นคือ การวัดความเข้มข้นของพิกเมนต์สี (pigment) ของไข่แดง และการวัดการ

สะท้อนแสงโดยใช้วิธีทางอิมัลโทรนิคส์

เท่าที่ได้กล่าวมาถึงวิธีที่ใช้วัดคุณภาพของไข่ นั้น ส่วนใหญ่เป็นวิธีที่ทำลาย ในอุตสาหกรรมไข่ไก่เพื่อการบริโภคนั้น นิยมใช้วิธีที่ไม่ทำลายและรวดเร็วในการคัดเกรดไข่ คือ วิธี “ส่อง” นักส่องไข่ (candler) ที่ชำนาญมากสามารถส่องไข่ได้ถึง 30 ฟองต่อนาที สำหรับเครื่องส่องไข่ซึ่งประดิษฐ์ขึ้นในคริสต์ศตวรรษที่ 19 สามารถส่องไข่ได้ครั้งละ 120 ฟอง และอ้างว่าสามารถส่องไข่ได้ถึง 7,200 ฟองต่อชั่วโมง ถ้าใช้นักส่อง 17 คน เครื่องส่องไข่ที่ใช้ในปัจจุบันซึ่งใช้นักส่อง 1 คน กับผู้ช่วยอีก 4 คน สามารถคัดเกรดและบรรจุไข่ใส่กล่องได้เร็วถึง 25,000 ฟองต่อชั่วโมง [5]

การคัดเกรดไข่(ในต่างประเทศ)

ในต่างประเทศ เช่น ประเทศอังกฤษการคัดเกรดทำโดยวิธีส่อง และแบ่ง [5] เกรดไข่ไก่สำหรับการบริโภคเป็นเกรด A B และ C ไข่ไก่ที่ไม่สามารถเข้าเกรดในการบริโภคได้จัดเป็นไข่เกรดอุตสาหกรรม (industrial egg) ไข่เกรด A จัดว่าเป็นไข่ที่สดมาก ไข่เกรด B เป็นเกรดรองลงมาหรือใช้ทำไข่ที่เก็บไว้นาน (preserved egg) ถ้าบ้านเราก็คือ ทำไข่เค็ม ไข่เยี่ยวม้า ฯลฯ ไข่เกรด C เป็นไข่ที่ใช้ในการทำอาหารในอุตสาหกรรมเพื่อการบริโภคของมนุษย์ เช่นในอาหารสำเร็จที่มีไข่เป็นส่วนผสม ส่วนไข่เกรดอุตสาหกรรมคือไข่ที่จัดว่าไม่เหมาะสมในการบริโภคของมนุษย์แม้จะผ่านการปรุงแต่งแล้ว เช่น อาจนำไปแยกโปรตีนไข่ขาวเพื่อทำไหมละลายที่ใช้ในการผ่าตัด เป็นต้น เมื่อไข่ในการกำหนดเกรดไข่สำหรับการบริโภคได้รวบรวมไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การจำแนกเกรดของไข่ไก่ที่ใช้ในการบริโภค [5]

ปัจจัยที่พิจารณา	เงื่อนไขที่ใช้คัดเกรดไข่ไก่		
	เกรด A	เกรด B	เกรด C
1. สภาพของผิวไข่ (cuticle)	สะอาดและไม่มีรอยทำลาย	-	-
2. สภาพเปลือกไข่	มีรูปร่างและเนื้อเปลือกที่ถูกต้อง ไม่มีรอยบุบ	มีรูปร่างและเนื้อเปลือกที่ถูกต้อง ไม่มีรอยบุบ	มีรูปร่างและเนื้อเปลือกที่ถูกต้อง ไม่มีรอยบุบ
3. ความสูงของห้องอากาศในไข่	สะอาด น้อยกว่า 6 มม. อยู่นิ่งเมื่อหมุนไข่	สะอาด น้อยกว่า 9 มม. อาจเคลื่อนที่ได้เมื่อหมุนไข่	สะอาด เกิน 9 มม. อาจไม่สมบูรณ์ได้
4. สภาพไข่ขาว	ใส ไม่มีสิ่งแปลกปลอม มีความเหนียวคล้ายเยลลี่	ใส ไม่มีสิ่งแปลกปลอม	ใส อาจมีสิ่งแปลกปลอม เช่น ก้อนเนื้อ ก้อนเลือด
5. สภาพไข่แดง	เห็นเป็นเงาเวลาส่อง ไม่มีสิ่งแปลกปลอม คงอยู่ตรงกลาง เมื่อหมุนไข่	เห็นเป็นเงาเวลาส่อง ไม่มีสิ่งแปลกปลอม ไม่จำเป็นต้องอยู่ตรงกลางแต่ไม่แตกเปลือก	อาจมีสิ่งแปลกปลอมและติดเปลือกได้
6. blastodisc	(ในการหมุนไข่ ไข่ขาวเกลียวจะหมุนตามไข่แดง ควรระวังอย่าคิดว่า เป็นสิ่งแปลกปลอม)		
	ไม่มีร่องรอยของการเจริญเติบโตของตัวอ่อน	ไม่มีร่องรอยของการเจริญเติบโตของตัวอ่อน	ไม่มีร่องรอยของการเจริญเติบโตของตัวอ่อน
	(วงรอบ ๆ blastodisc แสดงถึงการเจริญเติบโตของตัวอ่อน)		
7. กลิ่น	ไม่มีกลิ่นผิดปกติ	ไม่มีกลิ่นผิดปกติ	ไม่มีกลิ่นผิดปกติ
8. ความสะอาดของเปลือกไข่	ต้องสะอาดโดยธรรมชาติ	ทำความสะอาดได้	ทำความสะอาดได้

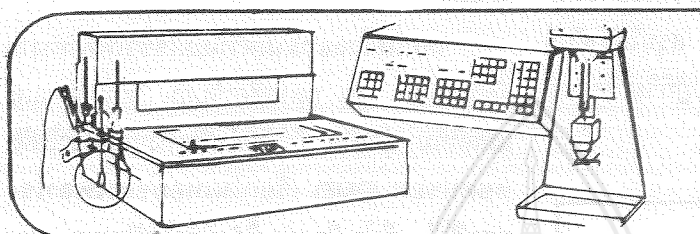
บทสรุป

กล่าวโดยสรุปก็คือ ไข่ไก่ที่จัดว่ามีคุณภาพดี (ทางกายภาพ) ในการบริโภค มีลักษณะ คือ เปลือกควรสะอาด (เชื้อโรคเข้าทางรูของเปลือกไข่ได้) เมื่อตอกไข่ลงบนจานพื้นราบ ควรเห็นไข่ขาวหนา และไข่ขาวบางแยกกันอย่างชัดเจน โดยที่ไข่ขาวทั้งสองควรมีความเหนียวคล้ายเยลลี่ ไข่แดงควรตั้งเป็นรูปทรงกลมและอยู่กลางไข่ และท่านสามารถลดการเสื่อมคุณภาพของไข่โดยเฉพาในบ้านเราที่มีอากาศร้อนได้ โดยการเก็บไข่ไว้ในตู้เย็นที่ประมาณ 6°C

เอกสารอ้างอิง

- [1] Romanoff, A.L. and Romanoff, A.J. (1949) "The Avian Egg" (John Wiley & Sons, New York).
- [2] Carter, T.C., Editor (1968) "Egg Quality-A Study of the Hen's Egg" (Oliver & Boyd, Edinburgh).
- [3] Shenstone, F.S. (1968) in "Egg Quality-A Study of the Hen's Egg", 24-64, T.C. Carter Ed. (Oliver & Boyd, Edinburgh).
- [4] Wells, R.G. (1968) in "Egg Quality-A Study of the Hen's Egg", 207-250, T.C. Carter Ed. (Oliver & Boyd, Edinburgh).
- [5] "Testing of Eggs for Quality" (1974) Technical Bulletin 28 (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, London).

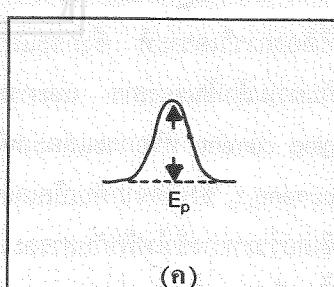
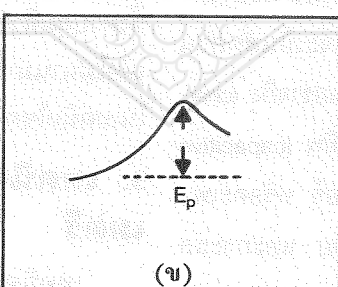
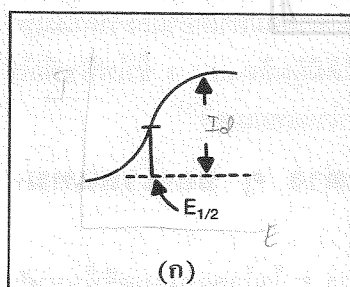
เทคนิคโวลแทมเมตรี



* รัตนา มหาชัย

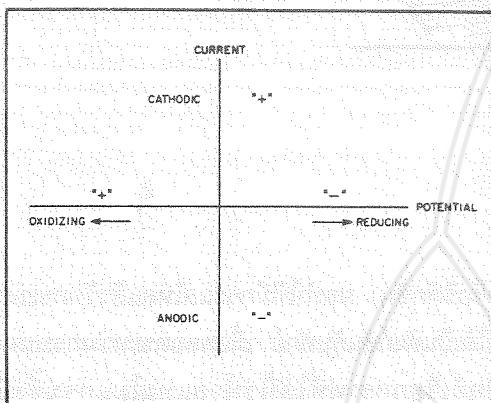
1. บทนำ^(1,2)

โวลแทมเมตรี (voltammetry) เป็นเทคนิค หรือรีดักชัน) ผลทำให้มีกระแสไหลแล้ววัดกระแสทางเคมีไฟฟ้าที่อาศัยความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ (E) กับกระแส (i) โดยจะผ่านศักย์ที่เปลี่ยนแปลง ซึ่งได้เป็นฟังก์ชันกับศักย์ เมื่อพลอตระหว่างกระแส-ศักย์เรียกกราฟที่ได้ชื่อว่าโวลแทมโมแกรมซึ่งมีรูปร่าง 2 แบบ คือ เป็นเวฟ หรือพีค ดังรูปที่ 1 จุ่มอยู่ในสารละลายตัวอย่างที่มีความว่องไวทางเคมีไฟฟ้า (อยู่ในรูปตัวออกซิไดส์ หรือรูปตัวรีดิวซ์) ความสูงของเวฟ (i_p) หรือพีค (i_p) ที่ได้จะแปรตามความเข้มข้นของสารที่วิเคราะห์ในสารละลาย ผสมกับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ช่วยบรรจุนายใน และค่าศักย์ครึ่งคลื่น ($E_{1/2}$) หรือศักย์ของพีค (E_p) เป็นตำแหน่งเฉพาะของสารแต่ละตัวนั้น ๆ



รูปที่ 1 โวลแทมโมแกรม (ก) เป็นเวฟ (ข) และ (ค) เป็นพีค

ศักย์ที่ขั้วไฟฟ้าจะเป็นตัวควบคุมให้สารถูกออกซิไดส์หรือรีดิวซ์ส่วนมากแล้ว ถ้าศักย์เป็นลบมากทำให้สารเป็นตัวรีดิวซ์ที่แรงมากขึ้น ในทางตรงกันข้ามเมื่อศักย์เป็นบวกสารจะเป็นตัวออกซิไดส์ที่แรงมากขึ้นเช่นกัน ดังรูปที่ 2 สรุปได้ว่าศักย์ที่ให้แกขั้วไฟฟ้าจะเป็นตัวควบคุมปฏิกิริยารีดอกซ์ที่เกิดขึ้น



รูปที่ 2 สัญลักษณ์สำหรับการพลอตโวลแทมโมแกรม

กระแสที่เกิดขึ้นมีหลายส่วน แต่ที่วัดนั้นเป็นกระแสรวม (i) ของกระแส 2 อย่าง ได้แก่ กระแสฟาราเดอิก (faradaic current), i_f ซึ่งได้มาจากการเกิดปฏิกิริยาที่ผิวขั้วไฟฟ้าทำงานของสารที่ต้องการวิเคราะห์ ซึ่งกระแสนี้จะเป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นของสาร และกระแสชาร์จ (charging current) หรือกระแสคาปาซิทีฟ (capacitive current), i_c ซึ่งเกิดจากดับเบิลเลเยอร์ หรืออะพาคีเตอร์ระหว่างขั้วไฟฟ้ากับสารละลาย และกระแสนี้จะมีค่ามากขึ้นตามอายุและขนาดของหยดปรอท ความสัมพันธ์ของกระแสรวมที่วัดกับกระแสทั้งสองมีค่าดังสมการ 1⁽²⁾ ตามรูปที่ 2 กระแสที่วัดอาจ

เป็นกระแสแคโทดิกส่วนมากเกิดจากปฏิกิริยารีดักชันมีเครื่องหมายบวก และกระแสแอโนดิกมีเครื่องหมายลบส่วนมากได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชัน

เทคนิคโวลแทมเมตรีนิยมใช้ขั้วไฟฟ้าทำงานมีขนาดเล็ก เช่น กลาสซีคาร์บอน กราไฟต์ และแพลทินัม เป็นต้น ถ้าใช้ขั้วไฟฟ้าทำงานเป็นขั้วไฟฟ้าหยดปรอท (DME) เรียกในเทอมของโพลารกราฟี⁽¹⁾ ซึ่งในปัจจุบันนี้ยังมีขั้วไฟฟ้าหยดปรอทแบบแขวน และขั้วไฟฟ้าฟิล์มปรอทใช้กันแพร่หลายเช่นกัน

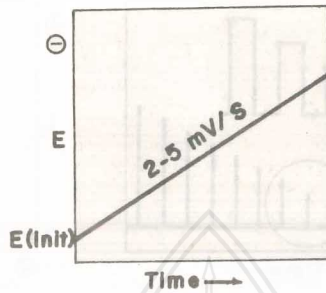
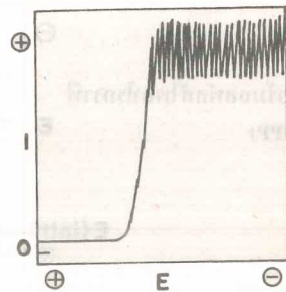
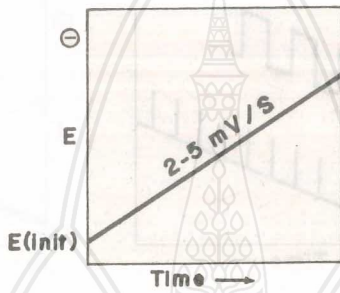
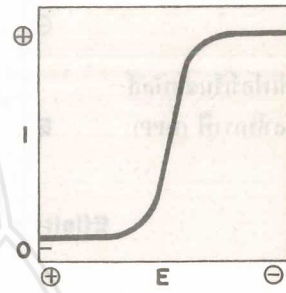
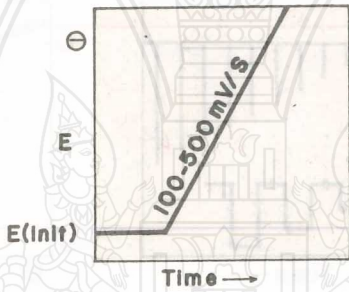
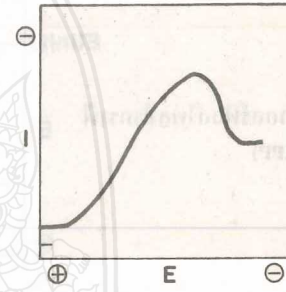
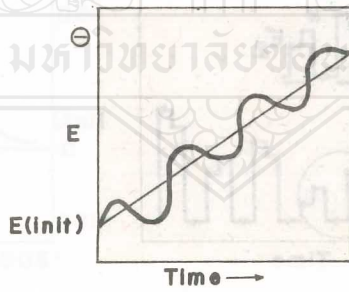
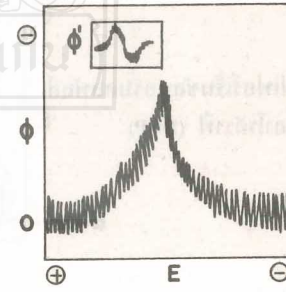
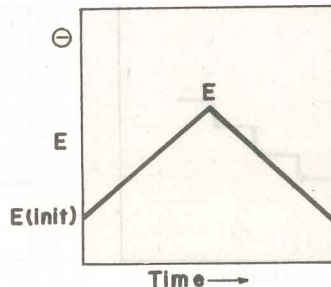
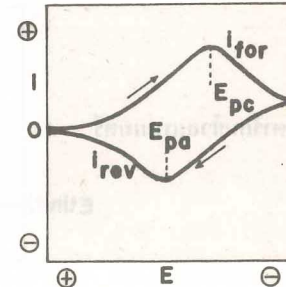
2. เครื่องมือ^(3,4)

เครื่องมือโพลารกราฟีกอนาไลเซอร์ในสมัยก่อนเป็นแบบ 2 ขั้วไฟฟ้าโดยมีขั้วไฟฟ้าทำงานและขั้วไฟฟ้าอ้างอิง แต่พบปัญหาเรื่องการเกิดโอห์มมิกดรอพ (ohmic drop) ภายในสารละลาย โดยเฉพาะเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ไม่ใช่ น้ำ จึงได้มีการออกแบบเป็น 3 ขั้วไฟฟ้าพร้อมโพเทนชิโอสเตต โดยเพิ่มขั้วไฟฟ้าช่วยเข้าไปอีกอันหนึ่ง ในปัจจุบันนี้ได้มีเครื่องมือโพลารกราฟีกอนาไลเซอร์ครบชุดขายทั่ว ๆ ไปตามท้องตลาดจากหลายบริษัท มีโหมด (mode) การทำงานได้หลายเทคนิคพร้อมทั้งควบคุมด้วยไมโครคอมพิวเตอร์และราคาไม่แพง เมื่อไม่นานมานี้ได้มีผู้ผลิตแบบ 4 ขั้วไฟฟ้าเพื่อใช้ในเทคนิคไซคลิกโวลแทมเมตรี⁽⁵⁾

3. เทคนิคต่าง ๆ ของโวลแทมเมตรี

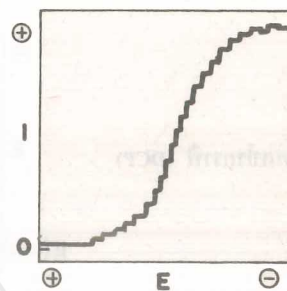
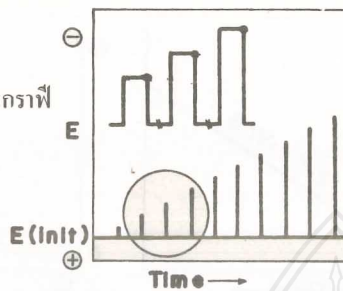
เทคนิคต่าง ๆ ในโวลแทมเมตรีนั้นอาศัยหลักการคล้ายคลึงกันหมดจะต่างกันที่รูปแบบของศักย์ (potential waveform) ที่ให้วิธีการวัดกระแสโพลารแกรม และขีดจำกัดต่ำสุดของการวิเคราะห์ ดังแสดงในรูปที่ 3

$$i_f = i - i_c \quad \text{หรือ} \quad i = i_f + i_c \quad (1)$$

รูปที่	เทคนิค	รูปแบบศักย์	โวลแทมโมแกรม จำกัดต่ำสุด(พีเอ็ม)	
3-1	ดีซีโพลาโรกราฟี (DCP)			1
3-2	แซมพลีดีซีโพลาโรกราฟี (SDCP)			0.5
3-3	ลิเนียร์สวี่โพลาโรกราฟี (LSP)			0.5
3-4	เอซีโพลาโรกราฟี (ACP)			0.01
3-5	ไซคลิกโวลแทมเมตรี (CV)			0.01

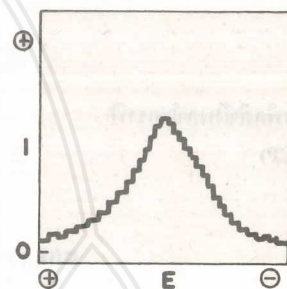
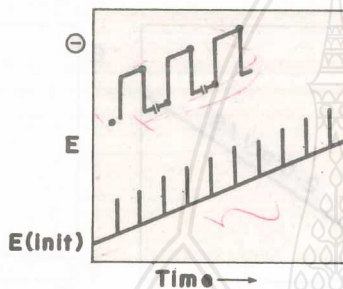
รูปที่ เทคนิค รูปแบบสัณย โวลแทมโมแกรม ขีดจำกัดต่ำสุด (พีพีเอ็ม)

3-6 นอร์มอลพัลส์โพลาริกราฟี (NPP)



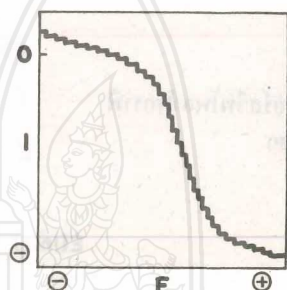
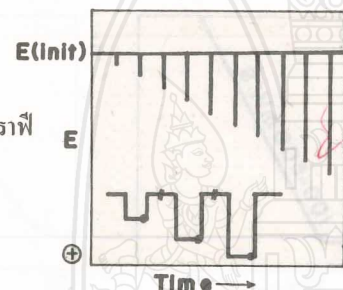
0.1

3-7 ดิฟเฟอเรนเชียลพัลส์โพลาริกราฟี (DPP)



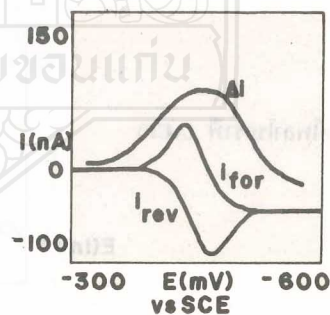
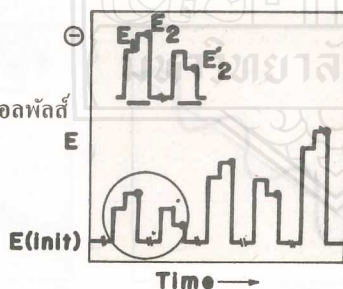
0.01

3-8 รีเวอร์สพัลส์โพลาริกราฟี (RPP)



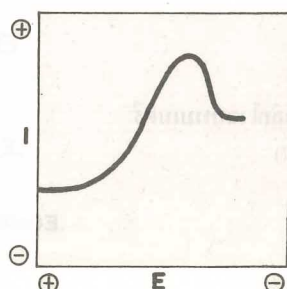
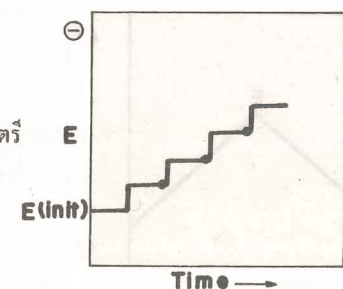
0.1

3-9 ดิฟเฟอเรนเชียลพัลส์นอร์มอลพัลส์โพลาริกราฟี (DNP)



0.01

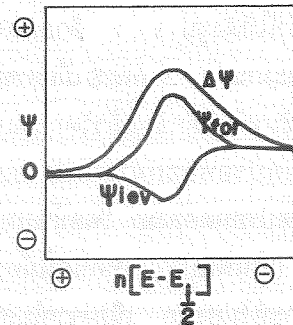
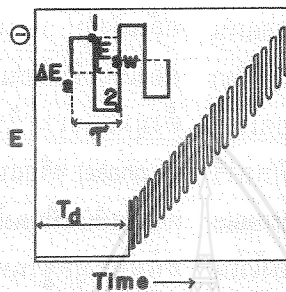
3-10 สตาร์เคสโวลแทมเมตรี



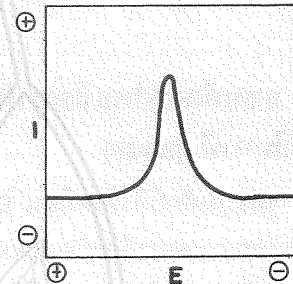
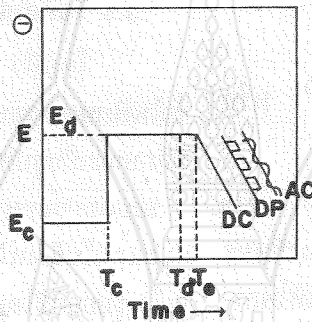
0.1

รูปที่ เทคนิค รูปแบบสัคย์ โวลแทมโมแกรม ขีดจำกัดต่ำสุด (พีพีเอ็ม)

3-11 สแกวเฟวโวลแทมเมตรี (SWV)



3-12 สทพทั้งโวลแทมเมตรี (SV)



รูปที่ 3 ***ประเภทของเทคนิคโวลแทมเมตรีพร้อมทั้งแสดงรูปแบบสัคย์ - เวลา (E-t); แผนภาพแสดงตำแหน่งการวัดกระแส, (.) ; กระแสสัคย์ (i-E); ความว่องไวในการวิเคราะห์ [สัญลักษณ์ E = สัคย์, E_1 = สัคย์ตำแหน่งที่ 1, E_2 = สัคย์ตำแหน่งที่ 2 ΔE = พัลส์แอมพลิจูด, $\Delta E_s(E_s)$ = สัคย์ของสตาร์เคส, $\Delta E_{sw}(E_{sw})$ = สัคย์ของสแกวเฟว, E_c = สัคย์ในขั้นคอนดิชันนิง, E_d = สัคย์ในขั้นดิฟฟูชัน, $n(E - E_{1/2})$ = สัคย์นอร์มอลไลซ์, E_{pc} = สัคย์ของพีคแคโทดิก, E_{pc} = สัคย์ของพีคแอโนดิก, i = กระแสรวม, i_f = กระแสไปข้างหน้า, i_r = กระแสย้อนกลับ, Δi = ผลต่างของกระแส ($i_f - i_r$), ϕ = กระแสโวลแทมโมแกรม, ϕ' = กระแสโวลแทมโมแกรมลำดับสอง, Ψ_f , Ψ_r = กระแสโวลแทมโมแกรมไปข้างหน้า และย้อนกลับ, $\Delta\Psi$ = ผลต่างกระแสโวลแทมโมแกรม, t = เวลา]

*** ผู้เขียนได้เรียงเทคนิคโวลแทมเมตรีทั้งหมดตามความสัมพันธ์กันของรูปแบบสัคย์ไม่ได้เรียงตาม ปี ค.ศ. ทัดถึกัน

3.1 ดีซีโพลาริกราฟี⁽¹⁾ (DCP)

เป็นเทคนิคแรกของโวลแทมเมตรีคิดค้นในปี ค.ศ. 1950 โดยเฮรอฟสกี (Heyrovsky) รูปแบบศักย์ที่ให้ดังรูป 3-1 ด้วยอัตราการสแกนต่ำ ๆ ประมาณ 2-5 mV/S เมื่อสารเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือรีดักชันแล้ววัดกระแสตลอดเวลาตั้งแต่หยุดปรอทออกมาจากปลายแคพพิลลารีจนถึงหยุดปรอทตกลงมา โพลารแกรมมีลักษณะเป็นเวฟ (เส้นฟันปลา) เทคนิคนี้มีความว่องไวในการวิเคราะห์ไม่สูงนัก เนื่องจากไม่สามารถกำจัดกระแสชาจกิง ซึ่งมีค่ามากขึ้นตามขนาดของหยุดปรอทได้

3.2 แชนพิลดีซีโพลาริกราฟี⁽¹⁾ หรือ เทลโพลาริกราฟี (SDCP)

รูปแบบศักย์ที่ให้เหมือน DCP จะต่างตรงที่การวัดกระแสจะเลือกวัดเฉพาะช่วงที่หยุดปรอทมีขนาดใหญ่ที่สุดในแต่ละหยุด ทำให้โพลารแกรมเป็นเวฟ (เส้นเรียบ) และความว่องไวในการวิเคราะห์สูงกว่า DCP เพราะในช่วงนี้กระแสชาจกิงลดลงได้มากและเกือบคงที่**

3.3 ลีเนียร์สควิปโพลาริกราฟี⁽³⁾ (LSP)

รูปแบบศักย์เหมือนกับ DCP แต่ให้อัตราที่เร็วมาก 100-500 mV/S บางทีอาจให้ถึง 1-2 V/S และให้ในช่วงที่หยุดปรอทมีขนาดใหญ่พอสมควร มีการวัดกระแสเหมือนแบบ SDCP ทำให้โพลารแกรมที่ได้มีลักษณะเป็นพีค และมีความว่องไวในการวิเคราะห์ใกล้เคียงกับ SDCP ด้วย

3.4 เอซีโพลาริกราฟี^(4,6) (ACP)

เทคนิคโวลแทมเมตรีส่วนมากจะวัด

กระแสตรงแต่เทคนิคนี้วัดกระแสสลับ รูปแบบของศักย์ที่ให้เป็นดีซีแรมพ์ (DC ramp) ด้วยอัตราการสแกนต่ำ ๆ 2-5 mV/S ผสมกับลูกคลื่นดังรูป 3-4 การวัดกระแสของเทคนิคนี้ค่อนข้างซับซ้อนต้องอาศัยระบบอิเล็กทรอนิกส์ตั้งมุมและเวลาในการวัดอาจเลือกแบบอินเฟส (in phase) หรือแบบเอาต์ออฟเฟส (out of phase) กระแสที่บันทึกลงโพลารแกรมอาจเป็นแบบกระแสฮาโมนิกมูลฐานหรือแบบกระแสฮาโมนิกลำดับสองกับศักย์

3.5 ไซคลิกโวลแทมเมตรี^(7,8) (CV)

โดยทั่ว ๆ ไปใช้ขั้วไฟฟ้าของแข็งหรือขั้วไฟฟ้าหยุดปรอทแบบแขวน รูปแบบศักย์ที่มีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยม ดังรูป 3-5 เรียกว่า 1 รอบต่อปรอทหนึ่งหยุด จากรูปจะเห็นว่าศักย์จะสแกนไปข้างหน้า ถ้าสารที่ต้องการวิเคราะห์อยู่ในรูปออกซิไดส์จะเกิดรีดักชัน และเมื่อศักย์สแกนย้อนกลับ ผลผลิตที่อยู่รอบ ๆ ขั้วไฟฟ้าจะเกิดออกซิเดชัน ดังนั้นจึงมีการวัดกระแสไปข้างหน้าและกระแสนย้อนกลับ โวลแทมโมแกรมที่ได้จึงมีรูปคล้ายระฆัง 2 ลูกประกบกัน ข้อมูลที่ได้จากโวลแทมโมแกรมนอกจากใช้หาปริมาณวิเคราะห์แล้วยังทำคุณภาพวิเคราะห์ เช่น ใช้ศึกษา ค่าศักย์ฟอร์มูล ค่าคงที่การเกิดไอออนเชิงซ้อน และกลไกของปฏิกิริยา เป็นต้น จากตัวอย่างเหล่านี้เป็นข้อที่ CV เหนือกว่า เทคนิคโวลแทมเมตรีอื่น ๆ และในปัจจุบันได้มีการใช้เอซีไซคลิกโวลแทมเมตรีในการศึกษาปฏิกิริยาควิรีด็อกซ์แบบ solution-soluble⁽⁹⁾ ควบคุมอัตราปฏิกิริยาการถ่ายโอนประจุในวิธีพัลส์ และพบว่ามีค่าความว่องไวมากกว่า CV แบบดีซี (DC)

** การลดลงของ i_f และ i_c แปรตาม e^{-t} และ $t^{-1/2}$ ตามลำดับ

3.6 นอร์มอลพัลส์โพลาริกราฟี^(1,10) (NPP)

บาร์เกอร์ (Barker) เป็นคนคิดค้นเทคนิคนี้และ DPP ในปี ค.ศ. 1957 รูปแบบศักย์ที่ให้ เป็นพัลส์โดยจะให้พัลส์ 1 ลูกใน 1 หยอดปรอท และให้ในช่วงที่หยดปรอทมีขนาดใหญ่ พัลส์แต่ละ ลูกที่ให้พัลส์แอมพลิจูด (ΔE) เพิ่มด้วยอัตรา คงที่ แล้ววัดกระแสในช่วงสุดท้ายของอายุพัลส์-โพลาริแกรมจึงมีรูปร่างเป็นเวฟเหมือน SDCP

3.7 ดิฟเฟอร์เรนเชียลพัลส์โพลาริกราฟี^(1,10) (DPP)

รูปแบบศักย์ที่ให้ เป็นแบบพัลส์เหมือน NPP แต่ให้ไปบนดิซีแรมพ์ และพัลส์แต่ละลูก มีพัลส์แอมพลิจูดเท่ากันหมด เทคนิคนี้วัดกระแส 2 ครั้งเป็นผลต่างกัน ครั้งแรกวัดในตำแหน่งก่อน ให้พัลส์ 2 - 3 mS และครั้งที่สองก่อนพัลส์จะหมดอายุ 2 - 3 mS โพลาริแกรมที่ได้มีรูปร่าง เป็นพีก ความว่องไวของ DPP ดีที่สุดเมื่อเทียบกับเทคนิคโพลาริกราฟีด้วยกันเพราะสามารถ กำจัดกระแสคงที่เพซิทิฟได้เกือบหมดจากการวัด กระแสเป็นผลต่าง

3.8 รีเวอร์สพัลส์โพลาริกราฟี^(10,11) (RPP)

คล้ายคลึงกับ NPP และเป็นเทคนิค พัลส์ที่ค่อนข้างใหม่เหมือนกับ DNP และ SWV รูปแบบของศักย์ที่ให้เหมือนกับ NPP แต่ให้ศักย์ ด้าน (เครื่องหมาย) ตรงข้ามกัน และโพลาริแกรม ที่ได้ก็มีลักษณะเป็นเวฟ แต่อยู่ตรงกันข้าม

3.9 ดิฟเฟอร์เรนเชียลนอร์มอลพัลส์โ- ลาโรกราฟี^(10,12) (DNP)

รูปแบบศักย์เป็นลูกผสมของ DPP และ NPP มีลักษณะเป็นพัลส์คู่ (double pulse)

ดังรูป 3 - 9 พัลส์ลูกแรกมีศักย์ขึ้นไป E_1 ก่อน ช่วงเวลาหนึ่งแล้วเพิ่มศักย์ไปที่ E_2 ด้วยค่าพัลส์ แอมพลิจูด (ΔE) ให้พัลส์ช่วงหยดปรอทมีขนาด ใหญ่ใน 1 หยด ส่วนลูกที่สองเริ่มศักย์ที่ E_2 แล้ว ลดศักย์ลง ($-\Delta E$) ไปที่ E_2 ในปรอทอีกหนึ่งหยด เลือกตำแหน่งวัดกระแสที่ E_2 ของพัลส์ลูกแรก ไกลหมดอายุจะได้กระแสไปข้างหน้า และตำแหน่ง ที่ E_2 ของพัลส์ลูกสองไกลหมดอายุเช่นกัน ได้ กระแสนอนกลับ โพลาริแกรมที่ได้คล้ายกับ CV หรืออาจพลอตผลต่างของกระแส (Δi) กับศักย์ ก็ได้ดังรูป 3 - 9 ทำให้การประยุกต์คล้ายกับ CV และมีความว่องไวในการวิเคราะห์ใกล้เคียงกับ DPP แต่ถ้าใช้ในปฏิกิริยาแบบไม่ผันกลับจะดีกว่า DPP

3.10 สตาร์เคสโวลแทมเมตรี^(13,14)

มีการให้ศักย์แบบขึ้นบันไดแต่อัตรา การสแกนเร็วมากต่อปรอทหนึ่งหยด วัดกระแส ในช่วงสุดท้ายของขึ้นบันไดแต่ละขั้น โวลแทม-โมแกรมที่ได้คล้ายกับ LSV เทคนิคนี้ยังไม่เป็นที่รู้จักกันและไม่นิยมใช้กันแพร่หลายมากนักใน ทางเคมีวิเคราะห์

3.11 สแควเวฟโวลแทมเมตรี^(13,14) (SWV)

เทคนิคนี้ได้อาศัยข้อดีจาก DPP และ สตาร์เคสโวลแทมเมตรีมาปรับปรุง มีการให้รูปแบบ ศักย์เป็นการผสมของศักย์สตาร์เคส (ΔE_s) และ ศักย์สแควเวฟ (ΔE_{sw}) มีลักษณะเป็นพัลส์ที่มี อายุพัลส์สั้น ๆ อัตราการสแกนเร็วมากมีค่าประ-มาณ 150 mV/S และให้ในช่วงที่หยดปรอทมี ขนาดใหญ่ เช่น ถ้าในช่วงก่อนหมดอายุปรอท เช่น เหลือเวลา 4 วินาทีจะได้ศักย์ถึง 600 mV และได้พัลส์จำนวนมากใน 1 หยดปรอท เลือกวัด

กระแสตำแหน่งที่ 1 ได้กระแสไปข้างหน้าและตำแหน่ง 2 ได้กระแสนย้อนกลับ ดังรูป 3 - 11 การพลอตในโวลแทมโมแกรมนิยมใช้แบบกระแสนอร์มอลไลซ์ของกระแสไปข้างหน้าและย้อนกลับหรือกระแสนอร์มอลไลซ์เป็นผลต่างของกระแสทั้งสองกับศักย์นอร์มอลไลซ์ และได้มีการนำเอาเทคนิค SWV มาประยุกต์ทางด้านคุณภาพวิเคราะห์อย่างกว้างขวาง และเนื่องจากเป็นเทคนิคที่สามารถวิเคราะห์ได้รวดเร็วจึงนิยมใช้เป็นตัววัดในเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถภาพสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพดีมาก

3.12 สหัพพังโวลแทมเมตรี⁽¹⁵⁾ (SV)

แตกต่างจากโวลแทมเมตรีเทคนิคอื่น ๆ เล็กน้อยโดยมีขั้นตอนในการทำ 2 ขั้นตอน คือ ขั้นแรกต้องทำให้สารที่ต้องการวิเคราะห์เข้าไปเกาะที่ผิวขั้วไฟฟ้าโดยใช้ศักย์คงที่ และขั้นที่สองเป็นการทำให้สารที่เกาะออกมาสู่สารละลายโดยการเปลี่ยนแปลงศักย์ได้หลายแบบ เช่น ดีซีแรมพ์ ดิฟเฟอร์เรนเชียลพัลส์ เอซี และสแคววเฟ เป็นต้น SV เป็นเทคนิคโวลแทมเมตรีที่ว่องไวในการ

วิเคราะห์มากที่สุดในปัจจุบัน สามารถวิเคราะห์ได้ถึงขีดจำกัดต่ำสุดประมาณ 10^{-11} โมลาร์ หรือ 0.001 พีพีเอ็ม

4. การประยุกต์⁽¹⁶⁾

โวลแทมเมตรีมีการประยุกต์ทั้งทางด้านปริมาณวิเคราะห์และคุณภาพวิเคราะห์ กล่าวคือสามารถใช้หาปริมาณโลหะได้เกือบหมดทุกตัวในตารางธาตุ ดังรูปที่ 4 โดยเฉพาะพวกโลหะหนักวิเคราะห์ได้ถึงเป็นพีพีบี ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งโลหะเดี่ยวและโลหะผสม และยังวิเคราะห์หาปริมาณธาตุที่มีเลขออกซิเดชันได้ทุกค่าแบบต่อเนื่องพวกอโลหะและแอนไอออน รวมทั้งสารอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันนอลที่ว่องไวทางไฟฟ้าในรูปรีดิวซ์และออกซิไดส์ดังตัวอย่างสารบางตัว ดังแสดงในตารางที่ 1 และ 2 เทคนิคที่นิยมใช้กันมากในการหาปริมาณในปัจจุบันนี้ได้แก่ DPP และ SV นอกจากนี้ยังได้ใช้เทคนิค CV, DNP และ SWV ในการศึกษาทางคุณภาพวิเคราะห์ เช่น กลไกของปฏิกิริยา ชนิดของปฏิกิริยาที่ขั้วไฟฟ้า เป็นต้น

H																		He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne	
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
Fr	Ra	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu											

Elements which can be determined by polarography
 Elements which can be determined by stripping voltammetry

รูปที่ 4 ตารางพริออดิกของธาตุที่สามารถหาได้โดยใช้เทคนิคโวลแทมเมตริก

Dienes: Conjugated Double Bonds	$>C=C-C=C<$
Acetylenes	$-C\equiv C-C\equiv C-$, $-C\equiv C-C\equiv C<$
Conjugated Aromatics	 $-C=C-$,  $-C\equiv C-$
Aldehydes	$R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-H$
Ketones	$R-\overset{\overset{O}{\parallel}}{C}-R$
Quinones	$O=\text{C}_6H_4=O$
Hydroquinones	$O=\text{C}_6H_4-OH$
Conjugated Carboxylic Acids	$HOOC-C\equiv C-COOH$, $HOOC-COOH$
Peroxydes	$-O-O-$
Sulfones	 SO_2
Sulfides	$-CO-C-S-$
Sulfonium Salts	$>C-S^+-<$
Thiocyanates	$-CO-C-SCN$,  SCN
Disulfides	$-S-S-$
Halides	$-CO-\overset{\overset{ }{Cl}}{C}-$, $>C-Cl$, $>C=\overset{\overset{ }{Cl}}{C}-Br$
Heterocycles	  
Organometallics	$>C-Hg-$, $-\overset{\overset{O}{\parallel}}{Si}-$
Aromatic Carboxylic Acids	 $COOH$
Imines	$-C=N-$
Oximes	$>C=N-OH$
Nitriles	$CN-\overset{\overset{ }{N^+}}{C}-$, $CO-\overset{\overset{ }{N^+}}{C}-$
Diazo Compounds	$-N=N$
Nitroso Compounds	$>N-N=O$
Nitro Compounds	$-NO_2$, $>C-NO_2$,  NO_2

ตารางที่ 1 หมู่ฟังก์ชันนอลรูปรีดิวซ์

Aromatics	
Ethers	$-\overset{\overset{ }{C}}{O}-\overset{\overset{ }{C}}{O}-$
Heterocyclics	 $Furan$
Nitroaromatics	
Olefins	$>C=C<$
Amines	$-\overset{\overset{ }{C}}{N}-$
Aromatic Amines	
Heterocyclic Amines	 $Pyridine$
Phenols	 OH
Aliphatic Halides	$-\overset{\overset{ }{C}}{I}-$
Aromatic Halides	 Cl
Organometallics	 $Ferrocene$
Carboxylic Acids	 $COOH$
Alcohols	 OH

ตารางที่ 2 หมู่ฟังก์ชันนอลรูปออกซิไดส์

5. บทสรุป⁽¹⁻¹⁷⁾

จากการพัฒนาเทคนิคโวลแทมเมตรีในปัจจุบันมีแนวโน้มไปยังพวกที่ให้โวลแทมโมแกรมเป็นรูปประดังกว่า 2 ลูกประกบกันมากขึ้น เช่น SWV ซึ่งพบเมื่อ 15 ปีที่ผ่านมา ซึ่งสามารถให้ข้อมูลทางคุณภาพวิเคราะห์ได้มาก สาเหตุที่มี

แนวโน้มแบบดังกล่าวเนื่องจากได้มีเทคนิคสัฟฟิงโวลแทมเมตรีซึ่งสามารถวิเคราะห์หาปริมาณสารที่มีปริมาณน้อย ๆ และต่ำมาก ซึ่งวิเคราะห์ได้ไม่แพ้อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี ในการวิเคราะห์หาโลหะ และอุลตราไวโอเลต-วิสิเบิลสเปกโทรสโกปีที่ใช้หาปริมาณสารอินทรีย์

เอกสารอ้างอิง

1. Princeton Applied Research, **Application Note P - 2**
2. Cynthia G. Zoski. **Journal of Chemical Education**. 1986, 63, 910 - 914
3. Princeton Applied Research, **Application Note 151**
4. Jud B. Flato **Analytical Chemistry**, 1972, 44, 75A - 87A
5. F.N. Albahadily and Horacio A. Mottoia. **Journal of Chemical. Education**. 1986, 63, 271-273
6. M.P.I. **Application Note II No 2**, 1969, 5-8
7. Gary a. Mobbott. **Journal of Chemical Education** 1983, 60 697-701
8. Peter t. Kissinger, *ibid*, 702-706
9. Alan M Bond and Roger J.O' Halloran. **Analytical Chemistry** 1976, 48, 872-883
10. Stuart A. borman. **Analytical Chemistry** 1982, 54, 698A-705A
11. Janet Osteryoung. **Analytical Chemistry**, 1980, 52, 62-66
12. Timothy R. Brumleve, et. **Analytical Chemistry**, 1981, 53, 702-706
13. Janet Osteryoung, et. **Analytical Chemistry**, 1985, 57, 101A-110A
14. Louis Ramaley and Matthew S. Krause. **Analytical Chemistry**, 1969, 41, 1362-1368
15. Princeton Applied Research **Application Note S-6**
16. **Princeton Applied Research. sheet**
17. มหาชัย, รัตนา **โวลแทมเมตรี** ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, พ.ศ. 2528 และ พ.ศ. 2530

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สิ่งพิมพ์นี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยขอนแก่น
การนำสิ่งพิมพ์นี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต
จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น หรือโดยไม่ได้รับ
อนุญาตจากกองบรรณาธิการจะถือว่าผิดกฎหมาย
และจะมีความผิดตามกฎหมายว่าด้วยการ
คุ้มครองสิทธิบัตร

สิ่งพิมพ์นี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยขอนแก่น
การนำสิ่งพิมพ์นี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต
จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น หรือโดยไม่ได้รับ
อนุญาตจากกองบรรณาธิการจะถือว่าผิดกฎหมาย
และจะมีความผิดตามกฎหมายว่าด้วยการ
คุ้มครองสิทธิบัตร

อนาคตพืชสารพัด ประโยชน์

กนกศักดิ์ ธาตุทอง*

“พืชสารพัดประโยชน์” พืชที่เหมาะสมกับข้อความนี้เห็นทีไม่มีพืชใดเกินต้นไผ่ หรือที่ชาวบ้านเรียกกันว่าไม้ไผ่ มนุษย์รู้จักใช้ประโยชน์จากไม้ไผ่มานานนับศตวรรษแล้ว ไม้ไผ่มีประโยชน์มากมาย เช่น ใช้สร้างที่อยู่อาศัย ทำเครื่องใช้ในครัวเรือน ตลอดจนใช้ประกอบอาหาร เป็นต้น การจะกล่าวถึงประโยชน์ของไม้ไผ่ให้ครบถ้วนนั้นเป็นเรื่องยากเพราะมีมากนับเป็นพันอย่าง ดังที่คุณประยูร จรรย์วาทย์ เขียนไว้ในคอลัมน์ขบวนการก้าวหน้า หนังสือพิมพ์ไทยรัฐ ในอดีตที่ผ่านมาประเทศไทยมีไม้ไผ่ขึ้นอยู่อย่างอุดมสมบูรณ์ทั่วทุกภาค การมีไม้ไผ่มากจึงเป็นเหตุให้คนไทยมองข้ามความสำคัญของไม้ไผ่ไป ทำให้เกิดการใช้ทรัพยากรไม้ไผ่อย่างฟุ่มเฟือยโดยมิได้คำนึงถึงการอนุรักษ์ประกอบกับช่วงเวลาที่ผ่านมามีการพัฒนาอุตสาหกรรมบางอย่างที่ต้องการไม้ไผ่เป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิต เช่น การผลิตเยื่อกระดาษ ตลอดจนความต้องการทั้งภายในและภายนอกประเทศเกี่ยวกับผลผลิตจากไม้ไผ่ มีแนวโน้มสูงขึ้น ดังเช่นประเทศญี่ปุ่นสั่งซื้อหน่อไม้ไผ่อัดปีปจากประเทศไทยเป็นจำนวนมาก จากสาเหตุที่กล่าวมาข้างต้นนี้เอง ทำให้ไม้ไผ่ในประเทศเริ่มขาดแคลน อันส่งผลกระทบต่อผู้บริโภคไม้ไผ่โดยมีราคาสูงขึ้น ราคาไม้ไผ่เปลี่ยนจากล่ำละ 5 - 6 บาท มาเป็น

ล่ำละ 10 - 30 บาท และมีแนวโน้มว่าจะแพงขึ้นเรื่อย ๆ ทั้งนี้เพราะการใช้ทรัพยากรไม้ไผ่โดยมิได้คำนึงถึงการอนุรักษ์หรือบำรุงรักษา โดยเฉพาะนโยบายที่เกี่ยวกับป่าไม้หรือโครงการเร่งรัดการปลูกป่าที่ผ่านมา ไม่ได้ให้ความสนใจต่อไม้ไผ่เท่าที่ควร แต่กลับไปเน้นและส่งเสริมการปลูกต้นไม้ที่มีประโยชน์น้อยกว่า เช่น ยูคาลิปตัส เป็นต้น ถึงแม้ว่าจะไม่ได้รับความสนใจจากผู้เกี่ยวข้องมากนักก็ตาม ไม้ไผ่เมืองไทยก็ยังมีให้เห็นกันอยู่ทั่วไป เนื่องจากไม้ไผ่เป็นพืชที่ทนความแห้งแล้งและเจริญงอกงามได้ดีในดินเกือบทุกประเภท ปัจจุบันเริ่มมีผู้วิตกเกี่ยวกับการขายไม้ไผ่แบบเหมาถ่อหรือยกถ่อให้แก่ผู้ซื้อ เมื่อไม้ไผ่ถูกขายแล้วจะถูกตัดจนหมดกอไม่เหลือไว้ให้ขยายพันธุ์ต่อไปอีก เป็นเหตุให้ไม้ไผ่ลดจำนวนลงอย่างรวดเร็ว ดังเช่นที่อำเภอสังขละ จังหวัดหนองคาย ขณะนี้จำนวนไม้ไผ่ลดลงมากจนน่าเป็นห่วง อย่างไรก็ตาม ชาวบ้านคิดว่าชาวบ้านคงไม่ยอมขายจนหมด คงจะมีการปลูกทดแทนส่วนที่ขายไปบ้าง ปัญหาว่าจะเกิดการขาดแคลนไม้ไผ่ในอนาคตอันใกล้คงไม่เกิดขึ้น แต่เรื่องที่เป็นเหตุให้ชาวบ้านเขียนเรื่องนี้ขึ้นมา เพียงเพราะคำพูดของชาวใต้หวันที่ชาวเจ้าได้พบและพุดคุยด้วย ครั้งที่ชาวเจ้าเดินทางไปทัศนศึกษาที่ดอยอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่เมื่อเดือน

* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชามัธยมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มกราคม 2530 ที่กล่าวว่าไม้ไผ่ที่มีอายุมาก (แก่แล้ว) จะออกดอกและต้นที่ออกดอกนั้นจะตาย ซึ่งคงเป็นเรื่องธรรมดาอย่างที่เราทราบกันว่าไม้ไผ่ตายชุนนั่นเอง ถ้าเรื่องเป็นเช่นนั้นก็มีปัญหา แต่นักวิชาการชาวไต้หวันยังกล่าวต่อไปว่า ถ้าเรามีกอไผ่อยู่กอหนึ่งสมมติให้เป็นกอแม่ ต่อมาเราแยกหน่อเหง้าหรือส่วนของลำต้นไปปลูกได้กอใหม่ขึ้นมาเรียกว่ากอลูก ไม่ว่าเราจะแยกไปปลูกได้กอลูกกี่กอก็ตาม หากกอแม่เกิดตายชุนจะทำให้กอลูกที่แยกจากกอแม่นี้ตายด้วย เรียกว่าตายตามกัน ฟังแล้วก็เป็นเรื่องที่ไม่น่าเชื่อจึงได้ถามย้าว่าเป็นไปได้หรือไม่ ท่านผู้นั้นก็ยืนยันว่าเป็นเช่นนั้นจริง ทำให้ข้าพเจ้ามีความสงสัยเป็นอันมาก เมื่อกลับมา ก็ได้ทำการสอบถามจากเพื่อนฝูง และผู้ที่คาดว่าจะรู้หลายคน แต่ก็ไม่ได้รับคำตอบที่จะทำให้หายสงสัย จึงได้ถามไปยังป่าไม้เขตจังหวัดขอนแก่น บังเอิญที่ขอนแก่นก็มีไม่มีผู้เชี่ยวชาญเรื่องไม้ไผ่ทางป่าไม้เขตขอนแก่นจึงส่งคำถามของข้าพเจ้าไปยังกรมป่าไม้ คำตอบที่ได้รับสอดคล้องกับคำพูดของผู้เชี่ยวชาญชาวไต้หวัน เมื่อความจริงปรากฏเช่นนี้ ท่านผู้อ่านจะไม่วิตกกังวลหรือว่าสักวันหนึ่ง บางท้องที่ บางหมู่บ้านหรือบางตำบล อาจจะเกิดเหตุการณ์ที่กอไผ่ยกพวกตายหมู่กันหมด เนื่องจากวิธีการปลูกไม้ไผ่ที่นิยมทำกันก็คือ การแยกเอาส่วนต่าง ๆ ของลำต้นแม่ไปปลูกกันต่อ ๆ ไป โดยเฉพาะชาวชนบทจะมีการขอพันธุ์จากเพื่อนบ้านไปปลูก ดังนั้นในหมู่บ้านหนึ่งกอไผ่ทั้งหมดอาจมาจากกอแม่เพียงหนึ่งหรือสองกอเท่านั้น หากกอแม่เกิดการตายชุน (ซึ่งปกติไม้ไผ่จะมีอายุอยู่ระหว่าง 40 - 60 ปี) ต้นลูกก็จะตายตามไปด้วย ดังที่กล่าวมาข้างต้น ถ้าหากเหตุการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นผลที่ตามมาจะเป็นอย่างไร โดยเฉพาะในแถบ

อีสาน ซึ่งคนนิยมบริโภคหน่อไม้กันมาก ขณะนี้ความแห้งแล้งของพื้นดินประกอบกับความยากจนและอดอยากของชาวชนบททางไกลก็มีมากอยู่แล้ว หากขาดไม้ไผ่ที่เคยได้ใช้ประโยชน์อยู่เป็นประจำ ความทุกข์และความอดอยากจะทวีขึ้นเพียงใด การป้องกันปัญหาดังกล่าวคงมีอยู่ทางเดียวคือเร่งการขยายพันธุ์ไม้ไผ่ด้วยเมล็ด และแจกจ่ายให้แก่ประชาชนนำไปปลูกและขยายพันธุ์ในที่ดินของตนเอง เนื่องจากไม้ไผ่ที่ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดใช้เวลาในการเจริญเติบโตหลายปีก่อนจะให้ผลผลิตได้ ถ้าปล่อยให้เหตุการณ์ตายดังกล่าวข้างต้นเกิดขึ้นแล้ว ย่อมจะส่งผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของชาวบ้านอย่างมาก จึงควรเร่งดำเนินการเสียก่อนที่จะสายเกินไป เรื่องนี้เป็นเรื่องสำคัญที่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรให้ความสนใจอย่างจริงจัง การที่จะรอให้ไม้ไผ่มีการขยายพันธุ์ตามธรรมชาติ โดยเมล็ดที่เกิดขึ้นจากต้นแม่ซึ่งตายจะออกเป็นต้นใหม่นั้น ในสภาพความแห้งแล้งเช่นปัจจุบันไม่เอื้ออำนวยให้เกิดการขยายพันธุ์เช่นนั้น ดังนั้นนักวิชาการที่เกี่ยวข้องทั้งหลายควรให้ความสนใจและเร่งส่งเสริมให้มีการขยายพันธุ์ไม้ไผ่โดยเมล็ดให้มากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะโครงการสำคัญ ๆ เกี่ยวกับการปลูกป่า เช่น โครงการอีสานเขียว ควรบรรจุแผนขยายพันธุ์ไม้ไผ่ด้วยเมล็ดเข้าไปด้วยเป็นอย่างยิ่ง เพราะการเพิ่มพื้นที่สีเขียวด้วยพืชสารพัดประโยชน์ด้วยวิธีเพาะเมล็ดย่อมจะก่อให้เกิดผลดีแก่ประเทศชาติในระยะยาวเป็นแน่

“ชนบทจะสดใส ถ้าปลูกไม้ไผ่ด้วยเมล็ด”

เอกสารประกอบ

เกษตรและสหกรณ์, กระทรวง, มปป. **ความรู้เรื่องไม้ไผ่**. ฝ่ายประชาสัมพันธ์และเผยแพร่, กรมป่าไม้.

องค์ประกอบของ ผักตบชวา



* ทิพย์วัลย์ คำเหม็ง

ไปสู่แหล่งน้ำจืดทั่วโลก สำหรับประเทศไทยผักตบชวาถูกนำเข้ามาเมื่อปี พ.ศ. 2444 ในสมัยรัชกาลที่ 5 ต่อมาได้แพร่กระจายไปทุกหนทุกแห่ง สร้างปัญหาอย่างมากมาต่อการชลประทาน การสัญจรทางน้ำ การประมง การเกษตรและการสาธารณสุข

การใช้ประโยชน์จากผักตบชวา

เนื่องจากผักตบชวาแพร่พันธุ์ได้รวดเร็ว จึงก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ แก่แหล่งน้ำจนต้องมีการกำจัดผักตบชวา ซึ่งในการกำจัดผักตบชวาคควรนำมันมาใช้ประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อมดังนี้

1. ใช้เป็นอาหารของสัตว์จำพวก วัว ควาย หมู แพะ และแกะ เป็นต้น
2. ใช้เป็นวัตถุดิบดิน เพื่อรักษาความชุ่มชื้นของดินและผักตบชวาที่ใช้คลุมดินจะสลายเป็นปุ๋ยไปในที่สุด
3. ผักตบชวามีธาตุโปแตสเซียมมากในดินที่งอกงามดี จึงเหมาะสำหรับทำปุ๋ยหมัก โดยกองสลับชั้นกับดิน ปุ๋ยคอก ขยะ และขี้เถ้า จนเน่าเปื่อยกลายเป็นปุ๋ยหมัก
4. ใช้เป็นวัสดุสำหรับเพาะเห็ดฟาง

ผักตบชวามีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Eichhornia crassipes* ชื่อสามัญคือ Water hyacinth นอกจากนี้ยังมีชื่อที่ชนชาติต่าง ๆ ตั้งขึ้นเพื่อขนานนามตามความเกลียดชังของมนุษย์ที่มีต่อผักตบชวา เช่น ปีศาจสีฟ้า (blue devil) ผยองภัยจากเบงกอล (Bengal terror) ปีศาจจากฟลอริดา (Florida terror) และไ้อยุ่นจอมยุ่ง (Japanese trouble) สำหรับประเทศไทยเรียกพืชนี้ว่า “ผักตบชวา” เพราะมีลักษณะคล้ายผักตบไทย ถิ่นเดิมของผักตบชวาอยู่ในอเมริกาใต้ (ศุภจิต, 2524) เนื่องจากมีดอกที่สวยงามจึงมีผู้นำไปเผยแพร่ในที่ต่าง ๆ หลายแห่ง จนกระทั่งในปัจจุบันผักตบชวาได้แพร่กระจาย

5. ในบางประเทศใช้เป็นอาหารเสริมโปรตีนของมนุษย์และสัตว์

6. สกัดส่วนต่าง ๆ ของผักตบชวามาใช้เป็นเคมีภัณฑ์หลายอย่าง เช่น

6.1 ยิบเบอเรลลิน (gibberellin) ได้มาจากรากของผักตบชวา สารนี้ใช้กระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชจำพวก ข้าว ข้าวสาลี ข้าวโพด ถั่ว และปอกระเจา

6.2 ผลึกแคลเซียมออกซาเลท ซึ่งสามารถเปลี่ยนไปเป็นกรดออกซาลิกสำหรับอุตสาหกรรมต่าง ๆ

6.3 แอลกอฮอล์ ได้จากการบดเน่าของเนื้อเยื่อผักตบชวา

6.4 ยามาแบคทีเรีย สกัดได้จากเนื้อเยื่อของผักตบชวา มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับเพนิซิลลิน

7. ใช้ทำวัสดุต่าง ๆ เช่น ทำเครื่องเรือน แผงฉนวนไฟฟ้า ตู้วิทยุโทรทัศน์ เป็นต้น

8. ใช้ทำเครื่องถักสาน เช่น พรมปูพื้น เพลญวน กระบุง ตะกร้า ชะลอมและเชือก เป็นต้น

9. ผักตบชวาช่วยดูดสิ่งสกปรกโสโครกและอาหารธาตุต่าง ๆ ในน้ำที่มาจากแหล่งต่าง ๆ เช่น สิ่งขับถ่ายจากมนุษย์และสัตว์ สิ่งสกปรกจากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น นอกจากนี้ผักตบชวาจะช่วยป้องกันการสูญเสียแร่ธาตุจำพวกไนโตรเจนและฟอสเฟตไม่ให้ตกตะกอนสู่ท้องน้ำโดยเปล่าประโยชน์

10. ใช้ผลิตแก๊สหุงต้ม โดยใช้แบคทีเรียช่วยย่อยผักตบชวาจนเกิดแก๊สมีเทนซึ่งใช้เป็นแก๊สหุงต้มได้

11. ทำเยื่อกระดาษ ก้านของผักตบชวามีเยื่อใยที่สามารถนำมาทำเยื่อกระดาษได้

12. ใช้ทำแท่งเพาะชำ โดยเอาผักตบชวามาปั่นแล้วตากให้แห้งและนำมาผสมกับดินเพื่อช่วยให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ดีขึ้น

การนำเอาผักตบชวามาใช้ประโยชน์ในทางเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม นับว่าเป็นสิ่งที่ควรทำอย่างยิ่ง ในขณะที่ประเทศเรากำลังประสบกับสภาวะสิ่งแวดล้อมเป็นพิษและขาดแคลนวัตถุดิบสำหรับทำผลิตภัณฑ์บางอย่าง ปัจจุบันจึงได้มีการเร่งค้นคว้าและวิจัยเพื่อนำผักตบชวามาใช้ประโยชน์ต่อไป สำหรับในบทความนี้จะขอกล่าวถึงองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีอยู่ในผักตบชวา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในทางโภชนาการสำหรับทำอาหารสัตว์

องค์ประกอบทางโภชนาการของผักตบชวา

ผักตบชวาเป็นพืช ที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบอยู่มากประมาณ 93 - 96 เปอร์เซ็นต์ ตามปกติหญ้าอาหารสัตว์ ในระยะที่ตัดเลี้ยงสัตว์พอดี จะมีความชื้นประมาณ 70 - 75 เปอร์เซ็นต์ จากการวิจัยของกรมปศุสัตว์ (2524) ได้รายงานผลการวิเคราะห์ของผักตบชวา ทั้งต้นและใบมีส่วนประกอบที่สำคัญดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงส่วนประกอบทางโภชนาการบางตัวในผักตบชวาสด

การวิเคราะห์	เปอร์เซ็นต์
ความชื้น	92.73
โปรตีน	1.68
ไขมัน	0.26
คาร์โบไฮเดรต	2.72
กาก	1.27
เถ้า	3.37

โดยทั่วไปแล้วคุณค่าทางโภชนาของผักตบชวา สูงมาก คิดจากวัตถุแห้ง (ชาญชัย, 2521) ได้รายงาน ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 2

จากเอกสารการประชุม Special Meeting of the ASA Joint Working Party ที่กรุงเทพมหานคร ระหว่างวันที่ 27 – 29 กรกฎาคม 2519 ประเทศไทย ได้รายงานองค์ประกอบของใบผักตบชวา ภายหลัง การตากแดด 1 วัน จะมีความชื้นอยู่ 86.01 เปอร์เซ็นต์ ส่วนของรากจะมีความชื้นเหลือ 94.61 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังได้รายงานผลการวิเคราะห์ องค์ประกอบอื่น ๆ ของผักตบชวาดังแสดงใน ตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางโภชนาของผักตบชวาระหว่างการเจริญเติบโต (น้ำหนักแห้ง)

ส่วนของผักตบชวา ที่ทำกรวิเคราะห์	ความชื้น	ไนมัน	โปรตีน	เยื่อใย	เถ้า	N.F.E.*	แคลเซียม	ฟอสฟอรัส
ทั้งต้น (ก่อนมีดอก)	5.84	2.27	20.73	19.07	17.65	44.44	1.04	0.69
ทั้งต้น (ขณะมีดอก)	4.74	2.05	12.93	25.65	17.11	47.42	0.86	0.54
ทั้งต้น (หลังมีดอก)	5.14	1.80	9.84	26.27	14.05	42.91	1.18	0.41
เฉพาะใบ (หลังมีดอก)	7.23	2.24	14.88	18.94	12.33	44.39	1.34	0.46
เฉพาะราก (หลังมีดอก)	7.66	1.48	5.77	26.68	15.79	42.61	0.99	2.29

* NFE = Nitrogen Free Extract = สารสกัดที่ปราศจากไนโตรเจน

องค์ประกอบทางเคมีในผักตบชวา

จากการศึกษาวิจัยโดยองค์การบริหารการ บินและอวกาศแห่งสหรัฐอเมริกา หรือองค์การ นาซ่า (NASA) พบว่าผักตบชวาเป็นตัวแก้ปัญหา น้ำเสียได้ดี ผักตบชวาสามารถดูดเก็บเอาแร่ธาตุ และสารที่ละลายอยู่ในน้ำไว้ได้เป็นจำนวนมาก (ปรีชญา ธัญญาดิ, 2524) ได้ทำการปล่อยผักตบชวา ลงในบ่อน้ำโสโครกที่ระบายจากที่อยู่อาศัย ปรากฏ ว่าผักตบชวาเจริญอย่างรวดเร็ว และมีส่วนประกอบ ของแร่ธาตุต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 2 แสดงส่วนประกอบทางโภชนาบางตัวใน ผักตบชวาแห้ง

การวิเคราะห์	เปอร์เซ็นต์
ความชื้น	9.90
โปรตีน	20.50
ไนมัน	3.20
คาร์โบไฮเดรต	33.60
กาก	15.60
เถ้า	16.90
แคลเซียม	1.57
ฟอสฟอรัส	0.78

ตารางที่ 4 แสดงส่วนประกอบของแร่ธาตุต่าง ๆ ในผัก ตบชวา

ผลการวิเคราะห์ทางเคมี	เปอร์เซ็นต์ (คิดเทียบกับน้ำหนักแห้ง)
คาร์บอน (C)	32 – 35
ไฮโดรเจน (H)	5.4 – 5.8
ไนโตรเจน (N)	2.8 – 3.5
โปแตสเซียม (K)	2.0 – 3.5
โซเดียม (Na)	1.5 – 2.5
แคลเซียม (Ca)	0.6 – 1.3
ฟอสฟอรัส (p)	0.4 – 1.0
กำมะถัน (S)	0.3 – 0.4
แมกนีเซียม (Mg)	0.2 – 0.3

ในขณะที่ผักตบชวามีการเจริญเติบโต จะมีการดูดแร่ธาตุต่าง ๆ ที่ใช้เป็นปุ๋ย (ประดิษฐา อินทรโมลิต และทวีศักดิ์ ศักดิ์นิมิตร, 2522) เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียม จากแหล่งน้ำที่ขึ้นอยู่มาใช้และสะสมไว้ ดังข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียมในผักตบชวา

อายุ (วัน)	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์เทียบกับน้ำหนักแห้ง)		
	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โปแตสเซียม
0	1.87	0.43	3.58
15	2.87	0.44	4.58
30	2.51	0.40	6.95
45	1.99	0.37	6.60
60	1.79	0.36	6.31
75	1.69	0.36	6.51
90	1.47	0.36	6.72
105	1.24	0.30	5.77
120	1.27	0.36	6.00
135	1.32	0.38	5.20
150	1.41	0.40	5.45
165	1.31	0.39	5.33

กรดอะมิโนและโปรตีนในผักตบชวา

โดยทั่วไปแล้วจากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผักตบชวาในแถบภาคใต้และภาคกลางของ รัฐพลริดา (Kanchanomai, 1974) เพื่อต้องการหาค่า TAC (total digestible carbohydrate) โปรตีน หยาบ (crude protein) เถ้า (ash) สารเยื่อใย (cellulose) พลังงาน (calorific content) และความขึ้น ผลการทดลองพบว่าค่าเฉลี่ยของโปรตีนเมื่อเทียบต่อหน่วยน้ำหนักแห้งแล้วมีค่าสูงเท่ากับพืชอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพดีหลาย ๆ ชนิด แต่ถ้าคิดเทียบต่อหน่วยน้ำหนักสดแล้วค่าเฉลี่ยโปรตีนไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยของสารเยื่อใยในผักตบชวาไม่สูงไปกว่าพืชอาหารสัตว์อื่น ๆ คุณค่าของกรดอะมิโนที่เป็นองค์ประกอบของโปรตีนก็เหมือน ๆ กันกับพืชอาหารสัตว์อื่น ๆ และได้โน้โปรตีนจาก ส่วนใบของผักตบชวามาทำการหาปริมาณกรดอะมิโน (Larco & Bressani, 1982) ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 6

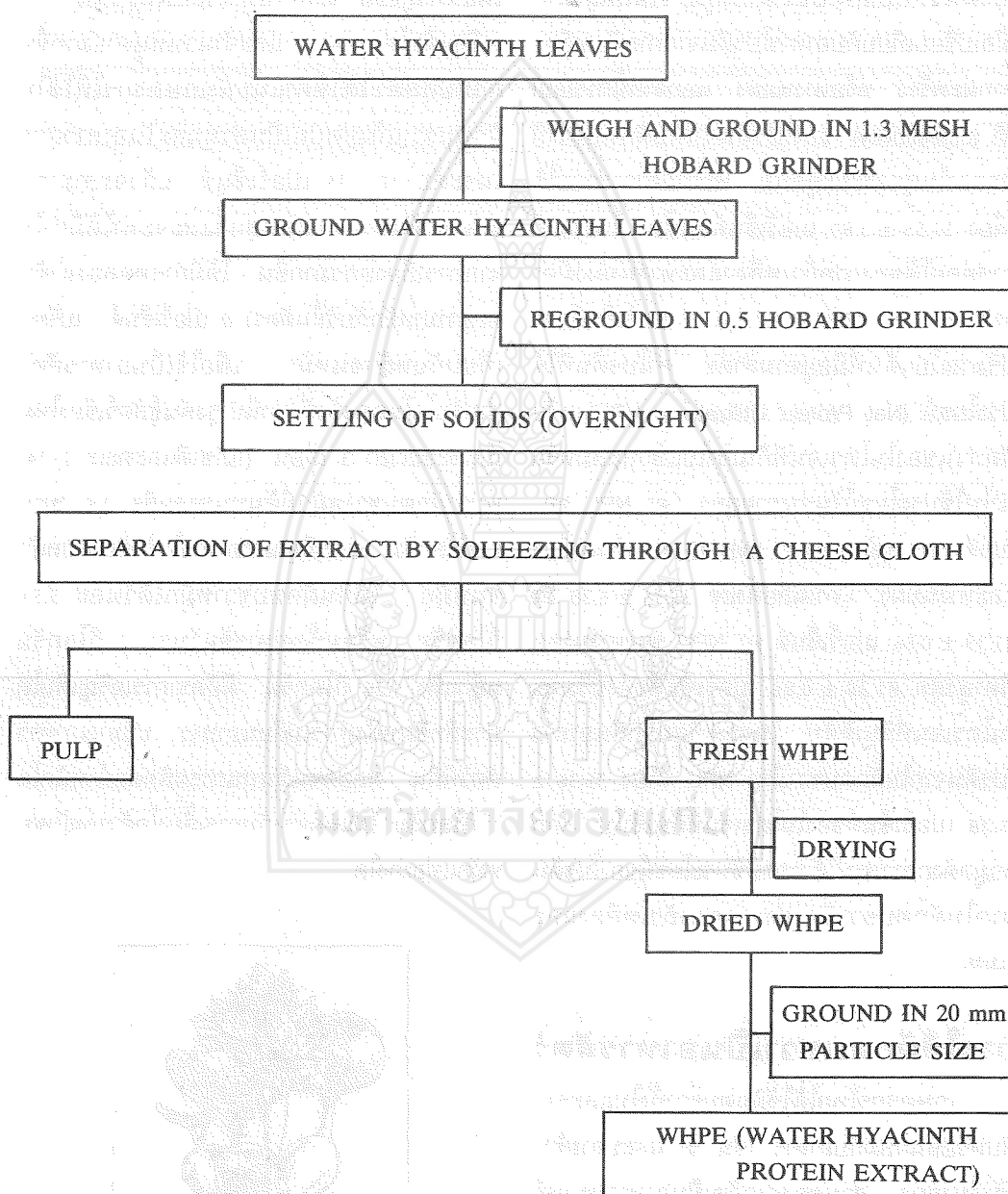
ตารางที่ 6 แสดงองค์ประกอบของโปรตีนจากใบผักตบชวาเปรียบเทียบกับความต้องการของมนุษย์ตามที่ FAO* (1973) ได้ระบุเอาไว้ (ในหน่วย กรัม/100 กรัมโปรตีน)

กรดอะมิโน (amino acid)	FAO (1973)	ใบผักตบชวา
ไลซีน (lysine)	5.4	5.7
เมทธีโอนีน + ซิสทีน (methionine + cysteine)	3.5	2.7
ธรีโอนีน (threonine)	4.0	4.3
ไอโซลูซีน (isoleucine)	4.0	4.7
ลูซีน (leucine)	7.0	8.3
วาเลีน (valine)	5.0	5.6
ฟีนิลอะลานีน + ไทโรซีน (phenylalanine + tyrosine)	6.1	8.8
ทริฟโทแฟน (tryptophan)	0.96	1.0
ฮิสติดีน (histidine)	—	2.2
อาร์จินีน (arginine)	—	5.2

FAO* = Food and Agriculture (of the UN) Organization

=องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ

ได้มีการวิจัยเพื่อศึกษาคุณค่าของโปรตีน จากใบผักตบชวาตามกรรมวิธี ดังแสดงในแผน
จากผักตบชวา (Alcantara and Lobos, 1981) ภาพที่ 1
ในการนำมาใช้เป็นอาหารสุกร โดยการสกัดโปรตีน



แผนภาพที่ 1 แสดงการสกัดโปรตีนจากใบผักตบชวา (WHPE Water Hyacinth Protein Extract)

จากการทดลองศึกษาคุณภาพของโปรตีน ที่สกัดได้จากผักตบชวาและการย่อยของโภชนะ ต่าง ๆ จากใบผักตบชวาเปรียบเทียบกับกากถั่วเหลืองและหางนมผงพบว่าในขบวนการเตรียมโปรตีนจากใบผักตบชวามีต้นทุนการผลิตสูงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารโปรตีนจากกากถั่วเหลือง กากมะพร้าว หรือหางนมผง นอกจากนี้การย่อยได้ (digestibility) ของโปรตีนจากใบผักตบชวาที่ทดลองในสุกรระยะดูดนม พบว่ามีค่าการย่อยได้เพียง 57.55 ± 5.81 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ในขณะที่การย่อยได้ของกากถั่วเหลืองและหางนมผงมีค่า 89.63 ± 1.12 และ 99.05 ± 0.17 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณโปรตีนที่มีอยู่ตามลำดับ ค่าโปรตีนที่ใช้ประโยชน์ (Net Protein Utilization = NPU) หรือ สัดส่วนของไนโตรเจนที่กินเข้าไปแล้วสะสมหรือนำไปใช้ประโยชน์ในร่างกายสุกร ค่า NPU ของโปรตีนจากใบผักตบชวา (WHPE) กากถั่วเหลือง และหางนมผง มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 35.36 ± 6.38 ถึง 81.39 ± 0.86 เปอร์เซ็นต์ ค่า NPU ของหางนมผงมีค่าสูงสุด 81.39 ± 0.86 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณไนโตรเจนที่กินเข้าไป ในขณะที่สุกรที่กินอาหารโปรตีนจากใบผักตบชวามีค่า NPU เพียง 35.36 ± 6.38 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนที่กินเข้าไป จากข้อมูลดังกล่าวสรุปได้ว่าการใช้ประโยชน์ของโปรตีนจากใบผักตบชวามีค่าต่ำกว่ากากถั่วเหลืองและนมผง

การใช้ผักตบชวาเป็นอาหารสัตว์

เกษตรกรไทยได้ใช้ผักตบชวาทั้งใบและราก สับหรือหั่นผสมกับอาหาร เช่น รำ และปลายข้าว ใช้เลี้ยงสุกร ส่วนของรากจัดเป็นอาหารหยาบที่ไม่เหมาะสมในการใช้เลี้ยงโค กระบือ เพราะโคและกระบือไม่ชอบกิน ในปัจจุบันได้มีการทดลอง

นำเอาผักตบชวามาหมักก่อนใช้เป็นอาหารสัตว์ ส่วนการใช้ผักตบชวาแห้งบดป่นได้นำมาทดลองในอาหารหมู โดยใช้ในระดับ 5 - 20 เปอร์เซ็นต์ของอาหาร พบว่าเมื่อระดับของผักตบชวาบดป่นในอาหารสูงขึ้น มีผลทำให้การสืบพันธุ์ช้าลง การเจริญเติบโตลดลง และจำนวนหนูตายมากขึ้น กรมปศุสัตว์ได้ให้คำแนะนำเกษตรกรให้ใช้ใบผักตบชวาแห้งบดป่นเป็นส่วนผสมในอาหารสุกรในระดับ 10 - 15 เปอร์เซ็นต์ แล้วจะสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตสุกรและจะทำให้มีกำไรจากการเลี้ยงสุกรมากขึ้น ได้มีการทดลองนำผักตบชวามาหมักกับรำในอัตรา 8 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับหญ้าขนหมัก เพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์สำหรับโคในฤดูแล้งที่สถานีบำรุงพันธุ์สัตว์เชียงใหม่เป็นระยะเวลา 3 เดือน (อภิชาติและคณะ, 2524) พบว่าผักตบชวามีต้นทุนการผลิต 0.60 บาทต่อกิโลกรัม และมีคุณค่าอาหารใกล้เคียงกับหญ้าขนหมัก โคกินผักตบชวามากได้วันละ 5.54 กิโลกรัม พร้อมทั้งอาหารข้นวันละ 2 กิโลกรัม หญ้าแห้ง 1.26 กิโลกรัม มีอัตราการเจริญเติบโตประสิทธิภาพในการเปลี่ยนอาหาร ปริมาณอาหารสัตว์ที่กิน ตลอดจนต้นทุนการผลิตต่อน้ำหนักโค 1 กิโลกรัม ไม่แตกต่างกับการเลี้ยงโคด้วยหญ้าขนหมักแต่อย่างใด



เอกสารอ้างอิง

1. กรมปศุสัตว์ "การใช้ผักตบชวาเลี้ยงสุกรช่วยลดต้นทุนการผลิต" วารสารปศุสัตว์ 8(4), 2524 หน้า 43 - 52
2. ชามูชัย มณีคุณย์ "ผักตบชวาอีกที" วารสารสาส์นไก่อ 26(10), 2521 หน้า 23 - 30
3. ประจญา ธัญญาดี "การทำปุ๋ยหมักของผักตบชวา" วารสารพัฒนาที่ดิน 19(194), 2524 หน้า 6 - 15
4. ประดิษฐา อินทร์โฆสิต และทวีศักดิ์ ศักดิ์นิมิตร์ "กำลังผลิตของผักตบชวา" วารสารวิทยาศาสตร์ 33(12), 2522 หน้า 39 - 47
5. เรือโท วิศิษฐ์ รัศมิหัต "ผักตบชวา" วารสารอากาศวิทยา 17(3), 2528 หน้า 35 - 36
6. ศุภจิต มโนพิโมกษ์ "พลังงานดอกไม้แห้ง พลังงานใหม่ที่รุดหน้า" วารสารวิทยาศาสตร์ 35(1), 2524 หน้า 57 - 60
7. อภิชาติ รัตนวานิช และคณะ "การทดลองใช้ผักตบชวามาหมักเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์สำหรับเลี้ยงโคในฤดูแล้ง" วารสารศูนย์บางพระ 18(5), 2524 หน้า 35 - 49
8. Aldcantara, P.E. and A.D. Labos. "Nutritional Evaluation of Water Hyacinth (Eichhornia crassipes) as Feed for Swine", NSDB Technology Journal, April - June, 81, P 15 - 29.
9. Kanchanomai, Ratchanee "Water Hyacinth Abstracts", subsidized by international federation for documentation comission for asia and oceania, 1974.
10. Lareo, L. and R. Bressani, "Possible Utilization of the Water Hyacinth in Nutrition and Industry Food Nutri. Bull., 4(60)
11. "Special Meeting of the ASA Joint Working Party", Bangkok, Thailand, 27 - 29 July, 1966. Working Paper No. 2. (SJWP/66/T-WP.2).

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สารอสังฐานกึ่งตัวนำ

* นพปฎล สุทธิศิริ

บทนำ

คุณสมบัติอิเล็กทรอนิกส์ของผลึกสารกึ่งตัวนำอธิบายได้โดยอาศัย ทฤษฎีแถบพลังงาน ทฤษฎีนี้เสนอว่าผลึกสารกึ่งตัวนำมีโครงสร้างที่เสมือนหนึ่งประกอบขึ้นด้วยเซลล์หนึ่งหน่วย (unit cell) ที่เหมือนกันจำนวนไม่จำกัด และมีฟังก์ชันคลื่นแทนอิเล็กตรอน เป็นฟังก์ชันบลอค แผ่กระจายในคึกย์ที่มีความเป็นคาบจึงมีการแทรกสอด ทำให้เกิดมีแถบต้องห้าม (forbidden band) สำหรับอิเล็กตรอนแถบนี้แบ่งแยกแถบพลังงานที่ยอมให้มีสถานะอิเล็กตรอนได้ออกจากกัน โดยแถบพลังงานที่มีสถานะที่มีอิเล็กตรอนอยู่เต็มเรียกว่า แถบเวเลนซ์ (valence band) และแถบพลังงานที่ว่างเรียกว่า แถบการนำ (conduction band) และจะมีการนำไฟฟ้าก็ต่อเมื่อมีอิเล็กตรอนถูกกระตุ้นจากแถบเวเลนซ์ โดยแสง หรืออุณหภูมิมาอยู่ที่แถบการนำ

มีการใช้ประโยชน์ผลึกสารกึ่งตัวนำโดยเฉพาะซิลิกอนอย่างกว้างขวาง จนถึงประมาณปี ค.ศ. 1960 จึงมีการค้นพบสารอสังฐานกึ่งตัวนำซึ่งมีโครงสร้างแตกต่างจากพวกที่เป็นผลึก นับแต่นั้นมาก็มีการศึกษา การพัฒนาในแง่ต่าง ๆ และการนำไปใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง

การเตรียม

สารอสังฐานกึ่งตัวนำเตรียมได้เป็นแท่งและเป็นฟิล์ม ในกรณีเป็นแท่งเตรียมได้โดยให้ความร้อนจนวัสดุหลอมเหลวทำให้เย็นลงทันที พวกที่เตรียมได้โดยวิธีนี้ ได้แก่ พวกแก้วซัลโคไนด์ (chalcogenide glass) ได้แก่ ธาตุกลุ่ม VI และสารประกอบบางชนิดของมัน และสารประกอบสามกลุ่ม II-IV-V₂

พวกที่เตรียมได้ในลักษณะของฟิล์มเท่านั้น ได้แก่ กลุ่ม IV และกลุ่ม III-V โดยมีวิธีเตรียมได้หลายวิธี ได้แก่

ก) โดยการระเหยในสุญญากาศ ให้สารไปติดยังแผ่นรองรับที่ควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำกว่าอุณหภูมิของการตกผลึก

ข) โดยการสปัตเตอร์ลิง (sputtering) ได้แก่ ทำให้เกิดพลาสมาขึ้นในก๊าซเฉื่อย และไอออนซึ่งเป็นประจุบวก จะถูกเร่งไปยังขั้วลบ (cathode) ที่มีสารที่ต้องการจะสปัตเตอร์ ไอออนจะทำให้อะตอมของวัสดุนั้นหลุดมาติดบนแผ่นรองรับ ตัวอย่างของสารที่เตรียมได้โดยวิธีนี้ ได้แก่ อสังฐานกึ่งตัวนำ GaAs

ค) เทคนิคอีกอย่างที่เหมาะสมอย่างยิ่งกับการเตรียมสารอสังฐานกึ่งตัวนำซิลิกอน ก็คือ

การผ่านก๊าซซิลเลน (silane) ไปเหนือแผ่นรองรับที่ร้อน ภายใต้สนามไฟฟ้าที่มีความถี่ในย่านความถี่คลื่นวิทยุ สนามไฟฟ้านี้จะทำให้ก๊าซซิลเลนแตกตัว และซิลิกอนจะไปติดยังแผ่นรองรับ

ง) ด้วยการแยกสารละลายด้วยไฟฟ้า (electrolysis) ตัวอย่าง ได้แก่ การเตรียมสารอสังฐานกึ่งตัวนำเยอรมันเนียมจากสารละลายของ GeCl_4 ใน $\text{C}_3\text{H}_6(\text{OH})_2$

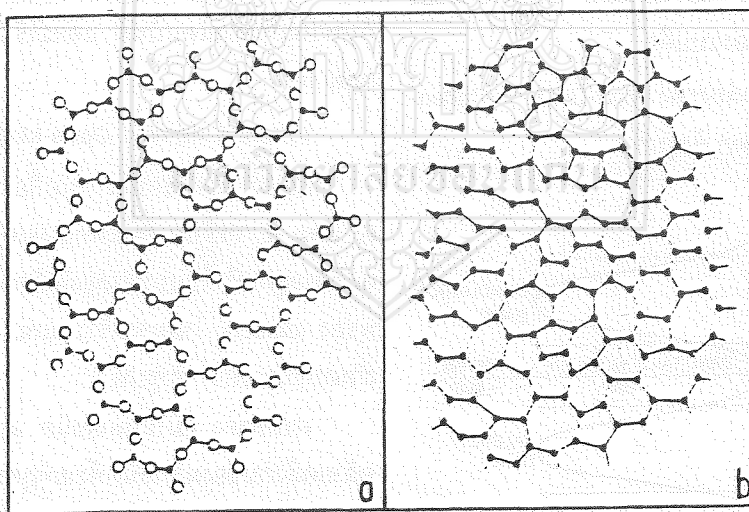
จ) ด้วยการชนด้วยไอออน (ion bombardment) ด้วยวิธีนี้ ไอออนจะถูกเร่งจนมีพลังงานสูงหลาย กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ (KeV) เข้าไปชนจนทำให้เกิดการแตกตัวในสาร

โครงสร้าง

จากการศึกษาการเลี้ยวเบนของลำอิเล็กตรอน และการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ในสารอสังฐานกึ่งตัวนำ พบว่าไม่มีรูปแบบที่แยกแยะได้เช่นเดียว

กับผลึก แต่พอจะบอกได้ว่าสารอสังฐานกึ่งตัวนำในอุดมคตินั้น ทุกอะตอมมีพันธะโควาเลนต์เกาะเกี่ยวอยู่ แต่จะมีการเปลี่ยนแปลงความยาวและมุมของพันธะ ทำให้ไม่มีระเบียบในระยะห่าง (long range disorder) ซึ่งแตกต่างจากโครงสร้างของพวกผลึก รูปแบบลักษณะนี้เรียกว่าแบบจำลองตาข่ายต่อเนื่องอย่างสุ่ม (continuous random network model) สารอสังฐานกึ่งตัวนำที่มีลักษณะโครงสร้างแบบนี้ ได้แก่ พวก แก้วซิลโคเกไนต์ ตัวอย่างเช่น As_2Te_3 แต่ละ As อะตอม จะมีอะตอมของ Te สามอะตอมที่ใกล้ที่สุดจัดเรียงเป็นรูปปริมาตร และแต่ละ Te จะล้อมรอบด้วยอะตอมของ As สองอะตอม ดังรูปที่ 1

แต่ในสารอสังฐานกึ่งตัวนำซิลิกอน และเยอรมันเนียม ไม่เป็นโครงสร้างสมบูรณ์แบบอย่างนี้ แต่จากการทดลองวัด ESR (electron spin resonance) พบว่ามีช่องว่าง (voids) ในโครงสร้าง



รูปที่ 1 แสดงภาพ 2 มิติของโครงสร้างตาข่าย

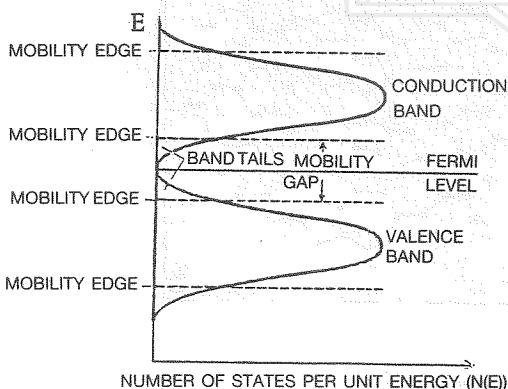
(a) เป็นแผนภาพของแก้ว A_2B_3

(b) โครงสร้างตาข่ายของธาตุที่มี 3 แชน

สถานะอิเล็กตรอน

ผลการศึกษาโครงสร้างของสารอสังฐานกึ่งตัวนำ พบว่าไม่มีสมมาตรในการเคลื่อนที่ที่นำแนวคิดที่แบ่งผลึกออกเป็นเซลล์หนึ่งหน่วย นี้ใช้ไม่ได้ แต่จากผลการทดลองวัดค่า สัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสง (optical absorption) เป็นองค์ประกอบกับพลังงานแสงที่ฉายเข้าไปพบว่ามีความต้องห้าม และมีค่าใกล้เคียงกับพวกที่เป็นผลึก ดังนั้นในการอธิบายการที่เกิดมีแถบพลังงานจะต้องอาศัยธรรมชาติทางเคมีของอะตอมที่ประกอบขึ้นเป็นสารนั้น ซึ่งอธิบายได้ว่า ถ้านำอะตอมสองอะตอมเข้ามาใกล้กันจะมีพันธะโควาเลนต์ (covalent bond) เกิดขึ้น และแบ่งได้เป็น 2 สถานะ คือ สถานะพันธะ (bonding state) และสถานะปฏิพันธะ (anti-bonding state) แต่เมื่อมีหลายอะตอมมาใกล้กันอย่างเช่นในพวกของแข็ง สถานะทั้งสองนี้จะขยายกว้างขึ้นกลายเป็นแถบพลังงานเช่นเดียวกับผลึก แต่ก็มีค่าแตกต่างอยู่ซึ่งเป็นผลมาจากโครงสร้างที่แตกต่างกัน แบบจำลองของสารอสังฐานมีสองแบบคือ

ก) แบบจำลองของ Mott-CFO (Cohen-Fritzsche-Oshinsky) ดังรูปที่ 2



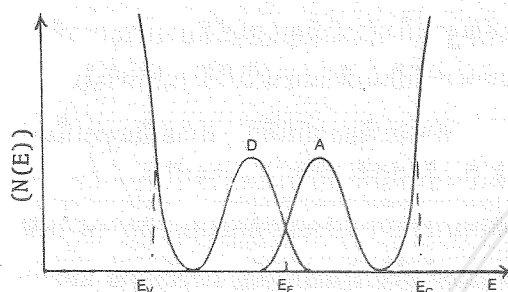
รูปที่ 2 แสดงแบบจำลองแถบพลังงานของ Mott-CFO

แบบจำลองนี้อาศัยแนวความคิดที่ว่าโครงสร้างของสารอสังฐานเป็นแบบจำลองตาข่ายต่อเนื่องอย่างสุ่มในอุดมคติ ซึ่งถือว่าความไร้ระเบียบ (disorder) เป็นเหตุให้เกิดการกระเพื่อม (fluctuation) ของศักย์ ทำให้เกิดสถานะอยู่กับที่ (localized state) ที่ยื่นออกมาจากแถบ การนำและแถบเวเลนซ์เข้าไปสู่ช่องพลังงานหวงห้าม และเรียกส่วนนี้ว่า สถานะแถบหาง (band tail states) ซึ่งต่างจากสถานะแถบการนำ ซึ่งเป็นแบบขยาย (extended state) พิจารณารูปจะเห็นว่า สถานะทั้งสองแบบจะแยกกันที่พลังงานวิกฤตคือ ที่ E_c และ E_v ณ ที่นี้ค่าสภาพเคลื่อนที่ได้ (mobility) ของพาหะจะลดลงทันทีจากที่มีค่าที่วัดได้ค่าหนึ่งไปเป็นค่าศูนย์ พลังงานที่จุดนี้เรียกว่าขอบสภาพเคลื่อนที่ได้ (mobility edges) และจะมีบทบาทอย่างเดียวกับ ขอบแถบพลังงาน (band edges) ในพวกผลึกกึ่งตัวนำ และช่องว่างระหว่างขอบสภาพเคลื่อนที่ได้ จะเรียกว่า ช่องว่างสภาพเคลื่อนที่ได้ (mobility gap) แบบจำลองนี้ใช้ได้กับพวกแก้วซัลโคเกไนต์ แต่จะใช้ไม่ได้กับพวกกลุ่ม IV

ข) แบบจำลองของ Davis-Mott

แบบจำลองนี้ขอบสภาพเคลื่อนที่ได้ อยู่ที่ E_c และ E_v เหมือนเดิมแต่ความแตกต่างอยู่ที่ว่าสถานะอยู่กับที่ ในแบบจำลองนี้เกิดจากการมีส่วนพร่อง (defects) ในโครงสร้าง และทำให้มีส่วนหางที่ยาวกว่า ดังรูปที่ 3

ส่วนพร่อง ก็มีได้หลายชนิด และมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับของผลึกชนิดที่ง่ายที่สุดก็คือ พันธะแตก (broken bond) ที่เกิดจากการที่อะตอมไม่มีการใช้อิเลตรอนร่วมกับอะตอมอื่น ซึ่งพันธะแตกแบบนี้เรียกว่า พันธะแดงคลิง (dangling bond)



รูปที่ 3 แสดงความหนาแน่นสถานะของสารกึ่งตัวนำชนิด p โดยที่ D และ A เป็นแถบพลังงานของสถานะอยู่กับที่ที่เกิดจากพันธะแตกคลิง

สถานะที่มีอยู่ในช่วงพลังงานหวงห้าม เป็นผลจาก พันธะแตกคลิงเท่านั้นโดยที่พันธะชนิดนี้ที่ไม่มีคู่จะประพฤติตัวเป็นผู้ให้ที่ลึก (deep donor) และจะให้อิเล็กตรอนกับแถบการนำได้ ระดับพลังงานของสถานะจะขยายกว้างขึ้นเนื่องจากการวางตัวแบบสุ่ม (random) ของอะตอม สิ่งกีดขัด D ในรูปพันธะแตกคลิง ที่มีอิเล็กตรอนหนึ่งตัวก็จะเป็นผู้รับ (acceptor) ได้เหมือนกันเพราะอิเล็กตรอนจากแถบเวเลนซ์จะเข้ามายังตำแหน่งนั้นได้ และเช่นเดียวกันเนื่องจากการวางตัวแบบสุ่มของอะตอมจะทำให้ระดับพลังงานขยายกว้างขึ้น สิ่งกีดขัด A

ความแตกต่างระหว่างพลังงานที่จุดยอดของ A และที่จุดยอดของ D เรียกว่า "Hubbard U" เป็นค่าเฉลี่ยของปริมาณ $e^2/4\pi\epsilon\epsilon_0 r_{12}$ ซึ่งเป็นอันตรกิริยาระหว่างคู่ของอิเล็กตรอน โดย r_{12} เป็นระยะระหว่างคู่ของอิเล็กตรอน แถบพลังงาน A และ D จะขยายกว้างขึ้นมากจนกระทั่งมีการ

ซ้อนกัน (overlap) ซึ่งหมายความว่าในสภาวะสมดุล บางสถานะอาจจะมีอิเล็กตรอนถึงสองตัว ขณะที่บางสถานะจะไม่มีอิเล็กตรอน และอิเล็กตรอนก็เต็มเต็มจนถึงระดับพลังงานค่าหนึ่ง ซึ่งเรียกว่าพลังงานเฟอร์มี (Fermi energy) แทนด้วย E_F เช่นเดียวกับพวกโลหะ แต่ต่างกันที่ความหนาแน่นสถานะที่พลังงานเฟอร์มีในสารกึ่งตัวนำ จะไม่เป็นศูนย์แต่จะไม่ทำให้สารกึ่งตัวนำมีลักษณะการนำไฟฟ้าเช่นเดียวกับโลหะ เนื่องจากสถานะในแถบต้องห้ามนั้นเป็นสถานะอยู่กับที่

เนื่องจากความหนาแน่นสถานะที่พลังงานเฟอร์มีไม่เป็นศูนย์ ดังนั้น อิเล็กตรอนในแถบการนำจะให้พลังงานแก่อิออน (phonon) และตกลงสู่สถานะพลังงานเฟอร์มีในเวลาเดียวกัน โฮล (hole) ก็จะไปสู่สถานะพลังงานเฟอร์มี

การนำไฟฟ้า

การนำไฟฟ้ากระแสตรงเป็นผลมาจากสามขบวนการ ซึ่งได้แก่

1. การนำไฟฟ้าของอิเล็กตรอนในแถบพลังงานที่อยู่เหนือ E_C
2. การนำไฟฟ้าของโฮลในแถบพลังงานที่อยู่ต่ำกว่า E_V
3. การนำไฟฟ้าในแถบพลังงานส่วนหาง

การนำไฟฟ้าของอิเล็กตรอนแบบข้อหนึ่งและข้อสอง เป็นอย่างเดียวกับพวกผลึก ซึ่งอิเล็กตรอนมีการเคลื่อนที่แบบลอยเลื่อน (drift mobility) โดยมีค่าสภาพเคลื่อนที่ได้

$$\mu = \mu_0 \exp(-\Delta E/kT)$$

โดยที่ μ คือ สภาพเคลื่อนที่ได้, μ_0 เป็นค่าคงที่, T คือ อุณหภูมิ, K คือ ค่าคงที่โบลต์ซมันน์ และ ΔE คือ พลังงานกระตุ้น

สำหรับข้อสามนั้นสถานะอยู่กับที่ ในแถบพลังงานส่วนทางจะประพฤติตัวเหมือนเป็นกับดักสำหรับอิเล็กตรอน ดังนั้น อิเล็กตรอนจึงเคลื่อนที่ในลักษณะอย่างเดียวกับข้อแรกไม่ได้ แต่จะอาศัยขบวนการกระโดด (hopping) โดยอาศัยการช่วยเหลือจากโฟนอน (phonon)

การนำไฟฟ้าแบบกระโดด เกิดขึ้นเนื่องจากความหนาแน่นสถานะที่เฟอร์มิไม่เป็นศูนย์ อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่จาก พันธะแดงคลิง (dangling bond) ที่มีอิเล็กตรอนหนึ่งตัวไปยังที่ไม่มีอิเล็กตรอนที่ตำแหน่งที่ใกล้ที่สุด แต่อิเล็กตรอนอาจจะกระโดดไปได้ไกลกว่านี้ ไปยังตำแหน่งที่มีพลังงานเท่ากัน ถ้ามีการซ้อนกัน (overlap) ของฟังก์ชันคลื่นมอทท์ (Mott) ได้คำนวณค่าสภาพนำไฟฟ้า σ เป็น

$$\sigma = A \exp(-B_{1/4})$$

โดยที่ A และ B เป็นค่าคงที่

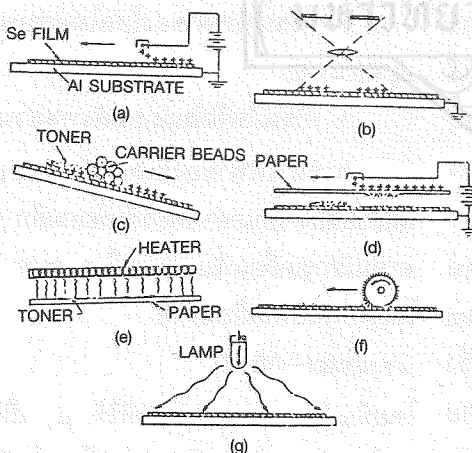
การประยุกต์

ในการนำสารออสันฐานกึ่งตัวนำไปใช้งานนั้น คำถามที่ควรหาคำตอบให้ได้มีอยู่สองข้อ ข้อ

แรกคือ คุณสมบัติของสารออสันฐานข้อใดที่เหมาะสมที่จะใช้มากกว่าพวกที่เป็นผลึก ข้อที่สองคือ สารออสันฐานกึ่งตัวนำมีคุณสมบัติบางประการที่ต่างจากพวกที่เป็นผลึกและนำไปใช้งานได้หรือไม่

คำตอบข้อแรกก็คือ สารออสันฐานนั้นทำได้เป็นชั้นที่มีพื้นที่กว้างโดยวิธีที่ไม่ยากนัก ทำให้เหมาะกับการประยุกต์คุณสมบัติการนำไฟฟ้าด้วยแสงไปใช้ ตัวอย่างก็คือ การซีร็อกซ์ และการทำเซลล์สุริยะ (solar cell)

การซีร็อกซ์นั้นอาศัยคุณสมบัติการนำไฟฟ้าด้วยแสงของสารออสันฐานกลุ่มซาลโคไกไนต์ ตัวอย่างเช่น สารออสันฐานซีลีเนียมซึ่งนำมาโดย อาร์ซีนิก (Arsenic) เพื่อเพิ่มความต้านทาน การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเมื่อมีแสงฉายมากระทบ โดยมีหลักการดังนี้คือ ตอนแรกทำให้สารออสันฐานซีลีเนียมเกิดประจุบวกบนผิวของสาร โดยการปล่อยประจุไฟฟ้าแบบคอโรนา ต่อมาเมื่อมีแสงฉายมาตกกระทบบนผิวของสารออสันฐาน บริเวณที่แสงตกกระทบนั้นจะทำให้เกิดคู่ของอิเล็กตรอนและโฮล จึงทำให้เกิดความเป็นกลางขึ้นที่บริเวณนั้น ดังนั้น ส่วนที่เหลือจะดึงดูดผงคาร์บอนได้



- (a) การทำให้เกิดประจุไฟฟ้า
- (b) การจำลองภาพบนแผ่นออสันฐาน
- (c) การ development
- (d) การจำลองภาพลงกระดาษ
- (e) การประทับภาพ
- (f) การทำความสะอาด
- (g) การลบภาพบนแผ่นออสันฐานกึ่งตัวนำ

รูปที่ 4 แสดงขั้นตอนในการซีร็อกซ์

สำหรับการนำไปประยุกต์ทำเป็นเซลล์สุริยะนั้น สารอสังฐานที่ใช้ทำเป็นเซลล์สุริยะ นั้นคือ สารอสังฐานซิลิกอนที่ทำมาจากวิธีการ (ค) ในหัวข้อ การเตรียม และผลที่ได้นั้นได้มาจากฟิล์มที่มีไฮโดรเจนประกอบอยู่มากกว่า 5% เนื่องจากบริเวณที่มีพันธะแตกคิ่ง ในโครงสร้างตาข่ายของซิลิกอนนั้น ซิลิกอนจะจับกับอะตอมข้างเคียงเพียงสามอะตอมเป็นพันธะ s-p ดังนั้นจะเหลือพันธะหนึ่งพันธะ ซึ่งจะให้สัญญาณ ESR (Eletron Spin Resonance) และบทบาทของไฮโดรเจนก็คือ ไปทำให้พันธะแตกคิ่งเป็นกลาง โดยทำให้เกิดเป็นพันธะระหว่างซิลิกอนกับไฮโดรเจน

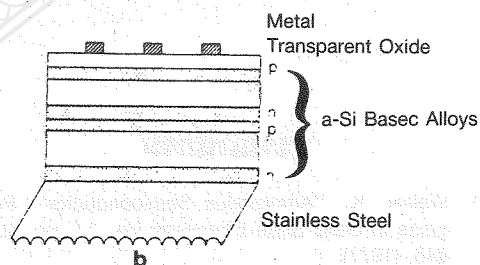
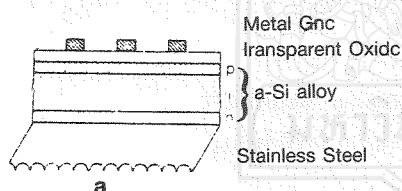
สารอสังฐานกึ่งตัวนำซิลิกอนโด๊ป ให้เป็นแบบ n ได้โดยเติมฟอสฟีน (PH_3) ในก๊าซไฮโดรเจนฟอสฟอรัสที่มีอะตอมข้างเคียงสามอะตอม จะมี สองอิเล็กตรอนในออร์บิทัล S และอิเล็กตรอนอีกสามตัวจะมีพันธะ s-p กับอะตอม

ซิลิกอนข้างเคียง สำหรับฟอสฟอรัสที่มีสี่อะตอมข้างเคียง อิเล็กตรอนก็จะมีพันธะ s-p กับอะตอมซิลิกอนทั้งสี่ ก็จะเหลืออิเล็กตรอนอิสระหนึ่งตัว เนื่องจากสารอสังฐานกึ่งตัวนำมีสถานะพลังงานอยู่ในแถบต้องห้าม ดังนั้นอิเล็กตรอนอิสระนี้จะตกลงสู่สถานะเหล่านี้ ทำให้ระดับพลังงานเฟอร์มิขยับสูงขึ้น และเนื่องจากการนำไฟฟ้าขึ้นกับอุณหภูมิตามสมการ

$$\sigma_0 = \exp \{ -(E_C - E_F) / k_B T \}$$

จากสมการนี้จะเห็นได้ว่า สภาพนำไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น ในทำนองเดียวกันก็ทำเป็นแบบ p ได้โดยการโด๊ปด้วยโบรอน (boron) ก็จะทำให้ค่า $E_C - E_F$ เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มสภาพนำไฟฟ้า

การที่สารอสังฐานกึ่งตัวนำซิลิกอนโด๊ปได้ จึงสามารถนำมาทำเป็นรอยต่อ p-n ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการทำเซลล์สุริยะ



รูปที่ 5 แผนภาพของ

(a) เซลล์สุริยะเดี่ยว p-i-n และ

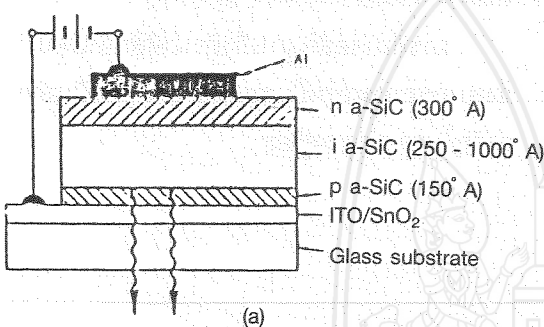
(b) เซลล์สุริยะแทนเดม tandem solar cell)

คำตอบสำหรับข้อที่สอง ตอบได้ว่ายังไม่พบคุณสมบัติที่น่าสนใจที่เป็นของพวกสารอสัณฐานอย่างเดียว โดยที่พวกที่เป็นผลึกไม่มี แม้แต่อย่างเช่นคุณสมบัติที่เรียกว่าปรากฏการณ์สวิตช์ (switching phenomena) ที่มีอยู่ในสิ่งประดิษฐ์ที่ประกอบด้วย โลหะ-สารอสัณฐานกึ่งตัวนำ - โลหะ ประกอบเป็นชั้นตามลำดับ จะมีลักษณะส่ออย่างเดียวกับสิ่งประดิษฐ์ที่ทำจากผลึกคือ พวกรอยต่อ p-i-n

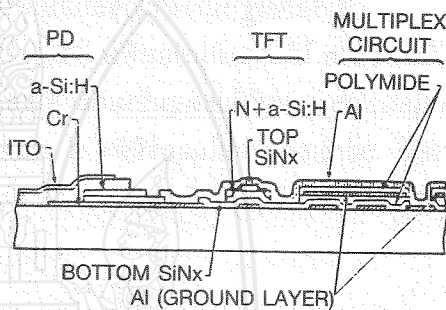
ปัจจุบันความก้าวหน้าของสารอสัณฐานกึ่งตัวนำโดยเฉพาะซิลิกอนมีการพัฒนามากที่สุด ทั้งในแง่การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และเทคโนโลยี

ในการทำสิ่งประดิษฐ์อิเล็กทรอนิกส์ตัวอย่าง เช่น สิ่งประดิษฐ์เซลล์สุริยะที่ทำจากชั้นของผลึกพหุพันธ์ซิลิกอนซ้อนกับอสัณฐานซิลิกอน มีประสิทธิภาพมากกว่า 13% (พื้นที่ $6 \times 6 - 10 \times 10$ ตารางมิลลิเมตร) และสำหรับพื้นที่กว้าง (10×10 ตารางเซนติเมตร) จะได้ถึง 9% สิ่งประดิษฐ์ตรวจสอบแสงและสิ่งประดิษฐ์จำลองภาพ (imaging device) เป็นต้น

มีการพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ที่ทำจาก ออสัณฐานกึ่งตัวนำของสารผสมระหว่างซิลิกอน กับสารต่าง ๆ เช่น ซิลิกอนคาร์ไบด์ (SiC) เป็นต้น



(a)



(b)

รูปที่ 6 (a) แสดงโครงสร้างของ a-SiC/p-i-n ซึ่งเป็น LED
(b) แสดงภาคตัดขวางของทรานซิสเตอร์ฟิล์มบาง (TFT) ที่ใช้เป็นเครื่องรับรู้

บรรณานุกรม

1. Weiser, K., "Amorphous Semiconductor", Progress in Solid State Chemistry Vol. 11, pp. 403-445, (1977)
2. Mott, N., "Electrons in non-crystalline materials The last twenty five years", Contemp. Phys. Vol. 26, No.3, pp. 203-215, (1985)
3. Fritzsche, H., "Electric Phenomena in Amorphous semiconductors", Annual Rev. of Mat. Science, Vol.2, pp. 697-744, (1972)
4. Yonezawa, F. and Cohen, M.H., "Theory of Electronic Properties of Amorphous Semiconductors", Fundamental Physics of Amorphous Semiconductors, pp. 119-144, Edited by Yonezawa, F., Springer Verlag, New York, (1981)
5. Marshall, J.M., "Carrier Diffusion in Amorphous Semiconductors", Report on Progress in Physics Vol.46, pp. 1235-1282, (1983)

ปัญหาหอคอยฮานอย

*พรทิพย์ ดิเรกสถาพร

บทนำ

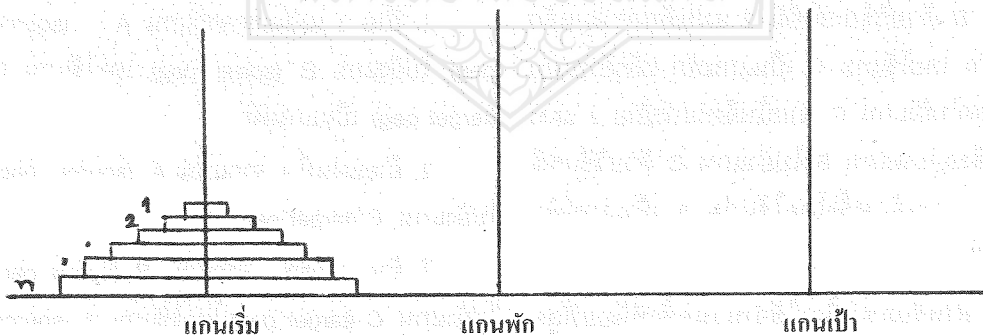
หอคอยฮานอยประกอบด้วยแผ่นไม้กลม n แผ่น รัศมีจากมากไปหาน้อยวางซ้อนกันบนแกนจากฐานขึ้นไป (ในที่นี้ให้แผ่นใหญ่มีเบอร์เป็น n และแผ่นถัดไปมีเบอร์ลดลงเรื่อย ๆ จนแผ่นสุดท้ายซึ่งเป็นแผ่นเล็กสุดมีเบอร์เป็น 1) ดังรูปที่ 1

ปัญหาหอคอยฮานอยคือ ถ้าหอคอยฮานอยมีแผ่นไม้กลม n แผ่นบนแกนเริ่ม (source peg) เราจะย้ายแผ่นไม้เหล่านี้ลงแผ่นไปยังแกนเป้า (target peg) ให้วางเรียงกันเหมือนเดิมได้อย่างไร โดยที่ในระหว่างการย้ายนั้นอนุญาตให้มีแกนพัก (spare peg) ได้อีก 1 แกน และไม้แผ่นเล็กจะต้องวางเหนือแผ่นใหญ่เสมอทุกครั้ง

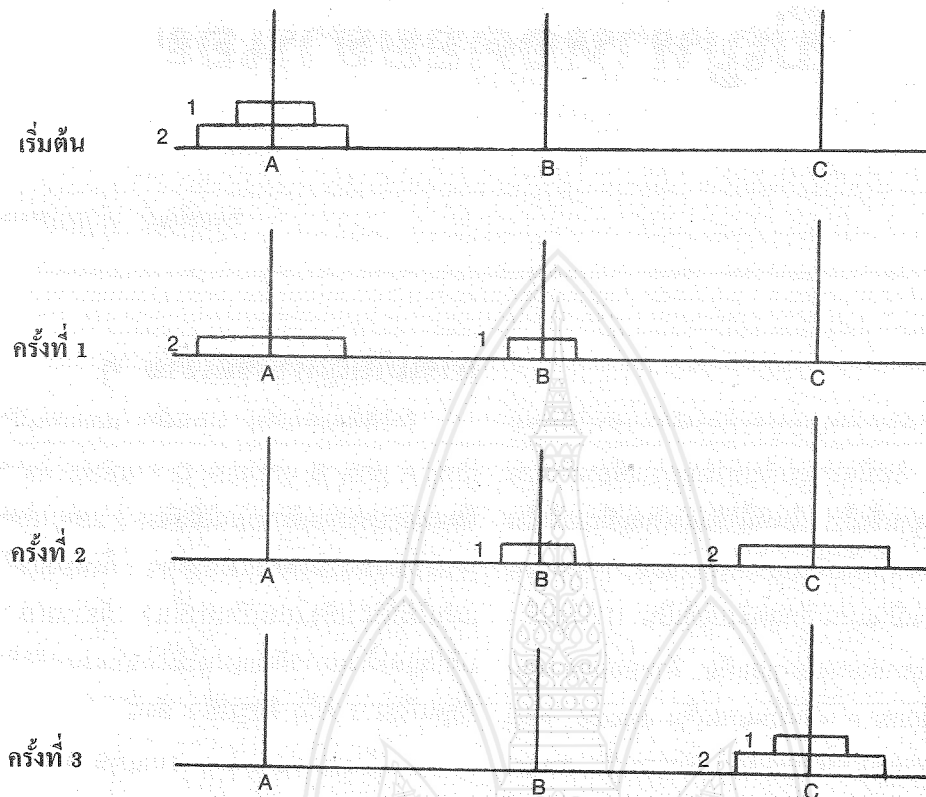
การแก้ปัญหาคณิตง่าย ๆ

ถ้าให้ชื่อแกนเริ่ม, แกนพัก และแกนเป้าว่า แกน A แกน B และแกน C ตามลำดับ ในกรณีที่หอคอยประกอบด้วยแผ่นไม้เพียง 2 แผ่น (สำหรับกรณีที่ไม้แผ่นไม้เพียงแผ่นเดียว ก็เพียงแต่ย้ายแผ่นไม้นั้นไปยังแกนเป้าเท่านั้น) ผู้อ่านสามารถแก้ปัญหาด้วยการย้ายแผ่นไม้ให้จำนวนครั้งน้อยที่สุดเพียง 3 ครั้ง ดังรูปที่ 2 ดังนี้

1. ย้ายแผ่นเบอร์ 1 จากแกน A ไปยังแกน B
2. ย้ายแผ่นเบอร์ 2 จากแกน A ไปยังแกน C
3. ย้ายแผ่นเบอร์ 1 จากแกน B ไปยังแกน C



รูปที่ 1 หอคอยฮานอย



รูปที่ 2 กรณีที่มี 2 แผ่น

เมื่อพิจารณากรณีที่มีแผ่นไม้ 3 แผ่น เราสามารถแก้ปัญหโดยการย้าย 2 แผ่นแรกไปยังแกน B ด้วยวิธีการที่มี 2 แผ่นที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยใช้แกน C เป็นแกนพัก แล้วย้ายแผ่นใหญ่สุดไปยังแกน C จากนั้นจึงทำการย้าย 2 แผ่นแรกซึ่งอยู่บนแกน B ไปยังแกน C ด้วยวิธีการที่มี 2 แผ่นอีกครั้งโดยใช้แกน A เป็นแกนพัก ดังรูปที่ 3

สำหรับกรณีนี้จะใช้จำนวนครั้งที่น้อยที่สุดในการย้ายเท่ากับ $3 + 1 + 3 = 7 = 2^3 - 1$ ครั้ง

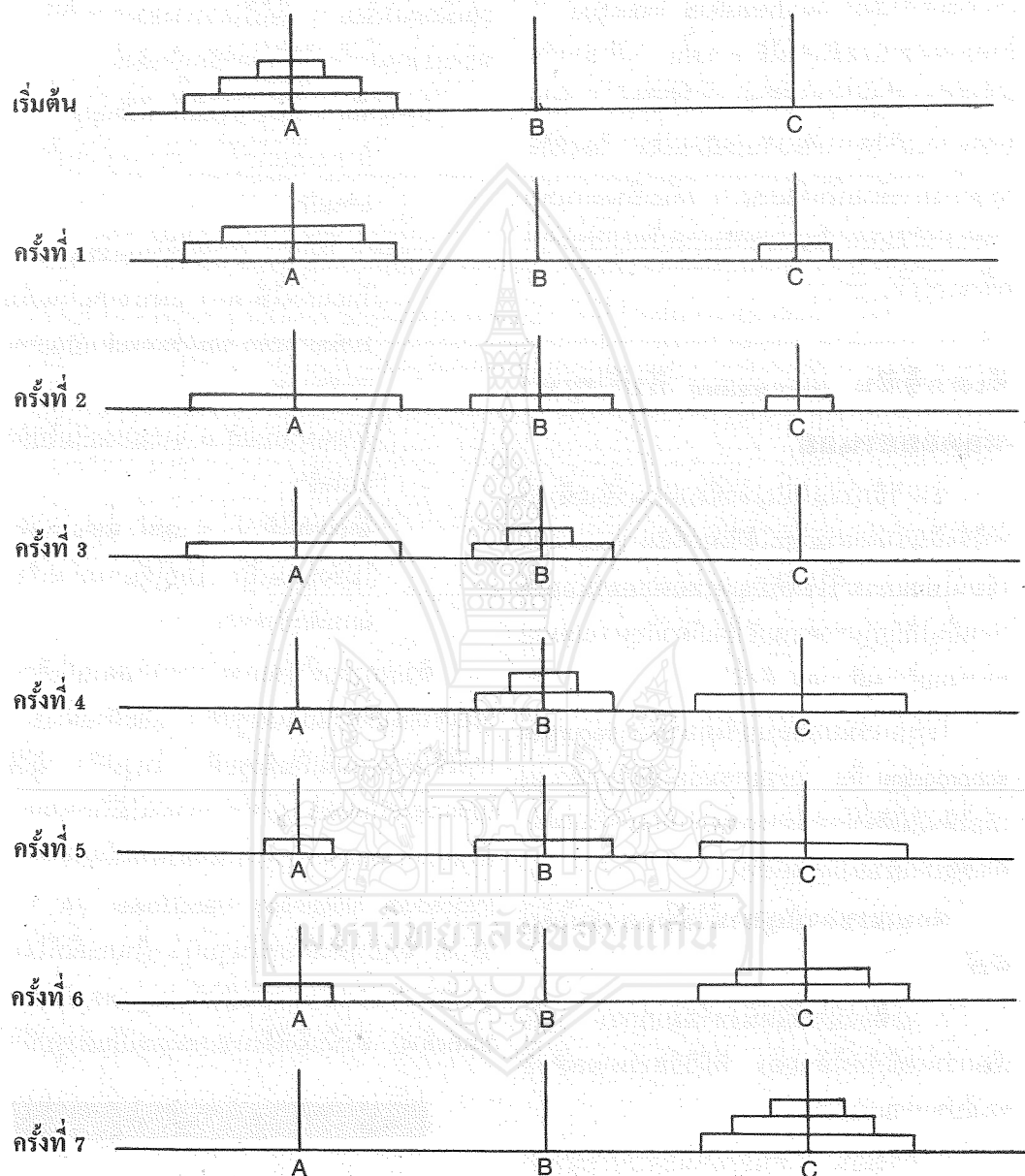
เนื่องจากเราารู้วิธีการย้ายกรณีที่มี 3 แผ่น ก็ทำให้ย้ายกรณีที่มี 4 แผ่นได้ คือ

1. ย้าย 3 แผ่นแรกจากแกน A (source peg) ไปยังแกน B (spare peg) โดยใช้แกน C (target peg) เป็นแกนพัก

2. ย้ายแผ่นที่ 4 จากแกน A (source peg) ไปยังแกน C (target peg)

3. ย้าย 3 แผ่น จากแกน B (spare peg) ไปยังแกน C (target peg) โดยใช้แกน A (source peg) เป็นแกนพัก

และจะใช้จำนวนครั้งที่น้อยที่สุดในการย้ายทั้งหมดเท่ากับ $7 + 1 + 7 = 15 = 2^4 - 1$ ครั้ง



รูปที่ 3 กรณีที่มี 3 แผ่น

จากการพิจารณากรณีง่าย ๆ เช่นนี้ ทำให้ได้ข้อสรุปซึ่งสามารถพิสูจน์ได้โดยใช้วิธีอุปนัยเชิงคณิตศาสตร์ (mathematical induction) ว่า ถ้าหอคอยฮานอยมีแผ่นไม้ n แผ่น แล้วจำนวนครั้งที่น้อยที่สุดในการย้ายแผ่นไม้ทีละ 1 แผ่น ไปยังแกนเป้าหมายเรียงกันเหมือนเดิม โดยที่ในระหว่างการย้ายนั้นไม่มีแกน ๆ หนึ่งเป็นแกนพัก และแผ่นไม้แผ่นเล็กวางเหนือแผ่นใหญ่เสมอทุกครั้งจะเท่ากับ $2^n - 1$

รีเคอร์ชัน (recursion) กับปัญหาหอคอยฮานอย

จากวิธีการแก้ปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นนี้ ทำให้เห็นว่าเราสามารถใช้อรีเคอร์ชัน (recursion) เขียนโปรแกรมที่ใช้แก้ปัญหาหอคอยฮานอยได้ ก่อนอื่นให้ผู้อ่านทำความเข้าใจเกี่ยวกับความหมายของรีเคอร์ชันเสียก่อน ดังนี้

โปรแกรมย่อยแบบรีเคอร์ชัน (recursive subprogram) คือ โปรแกรมย่อยที่เรียกตัวเองเพื่อให้ปฏิบัติซ้ำโดยที่ค่าของพารามิเตอร์ในแต่ละครั้งที่เรียกตัวเองมีค่าต่างกัน

ลักษณะของปัญหาที่ใช้อรีเคอร์ชันได้มีดังนี้

1. จะต้องมีการณีหนึ่งหรือมากกว่า (ซึ่งเรียกว่ากรณีที่ทำให้หยุด) ที่มีวิธีการหาผลลัพธ์ของโปรแกรมย่อยได้

2. กรณีอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากกรณีที่ทำให้หยุดสามารถใช้วิธีการให้เรียกตัวเองโดยทำให้ค่าของพารามิเตอร์เข้าใกล้ค่าที่ทำให้เป็นกรณีที่ทำให้หยุดได้

สำหรับปัญหาหอคอยฮานอย กรณีที่ทำให้หยุด คือ กรณีที่มีแผ่นไม้แผ่นเดียวในหอคอย ส่วน

กรณีที่มีแผ่นไม้ในหอคอย n แผ่น ($n > 1$) เราสามารถใช้วิธีการย้ายแผ่นไม้กรณีที่มี $n - 1$ แผ่น เช่นนี้ลดลงเรื่อย ๆ จึงได้โครงร่างของการแก้ปัญหาหอคอยฮานอยโดยใช้อรีเคอร์ชันเป็นดังนี้

ถ้า n คือ 1 แล้ว (กรณีที่ทำให้หยุด)

ย้ายแผ่นเบอร์ 1 จากแกนเริ่มไปยังแกนเป้าหมาย

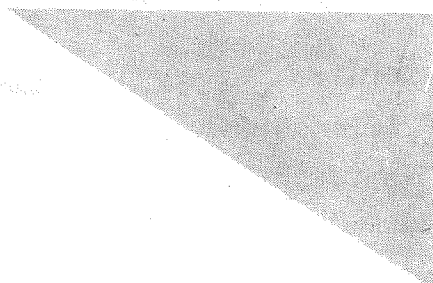
กรณีที่ n ไม่ใช่ 1 (กรณีใช้อรีเคอร์ชัน)

ย้ายแผ่นไม้ $n-1$ แผ่นจากแกนเริ่มไปยังแกนพัก โดยใช้แกนเป้าหมายเป็นแกนพักชั่วคราว

ย้ายแผ่นเบอร์ n จากแกนเริ่มไปยังแกนเป้าหมาย

ย้ายแผ่นไม้ $n-1$ แผ่น จากแกนพักไปยังแกนเป้าหมาย โดยใช้แกนเริ่มเป็นแกนพักชั่วคราว

ตัวอย่างของโปรแกรมภาษาปาสคาลที่เขียนโดยใช้โครงสร้างนี้เป็นดังรูปที่ 4 และตัวอย่างของการใช้โปรแกรมนี้เป็นดังรูปที่ 5 ในรูปที่ 5 ผู้ใช้โปรแกรมกำหนดข้อมูลจำนวนแผ่นไม้ในหอคอยเป็น 3 ผลจากการทำงานของคำสั่งโปรซีเจอร์ (procedure statement) HanoiTower ('A', 'C', 'B', 3) จึงเป็นดังลูกศรในรูปที่ 6 (ในกรณีที่ไม่มีลูกศรแสดงว่าเป็นการปฏิบัติงานตามคำสั่งจากบนลงล่าง) ดังนั้นจึงได้การแสดงผลเป็นดังรูปที่ 5



```

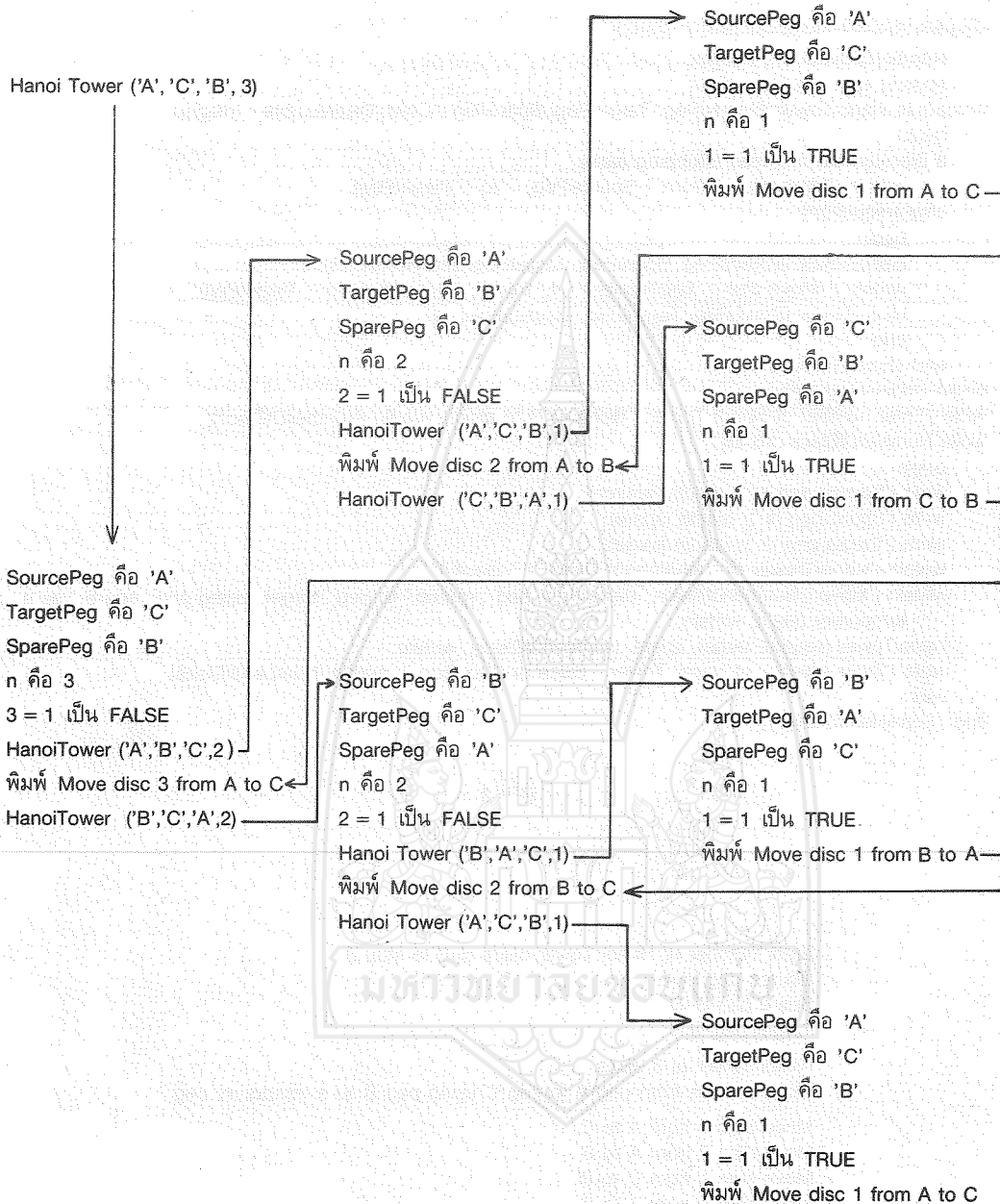
program SolveHanoiTower (input, output);
  NumberOfDiscs : integer;
  source, spare, target : char;
  procedure HanoiTower (SourcePeg, TargetPeg, SparePeg : Char; DiscNumber : integer);
  begin
    if DiscNumber = 1 then (stopping case)
      writeln ('Move disc 1 from ', SourcePeg, ' to ' TargetPeg)
    else {recursion}
      begin
        HanoiTower (SourcePeg, SparePeg, TargetPeg, DiscNumber - 1);
        writeln (' Move disc ', DiscNumber : 1, ' from ', SourcePeg, ' to ', TargetPeg);
        HanoiTower (SparePeg, TargetPeg, DiscNumber - 1)
      end
    end {HanoiTower};
  begin {main program}
    write ('Enter number of Hanoi Tower discs or O to stop'); readln (NumberOfDiscs);
    while NumberOfDiscs >0 do
      begin
        write ('Source peg is '); readln (source);
        write ('Spare peg is '); readln (spare);
        write ('Target peg is '); readln (target);
        writeln ('Hanoi Tower of ', NumberOfDiscs : 1, ' discs. ');
        writeln ('Move ', NumberOfDiscs, ' discs from peg ', source, ' to peg ', target, ' using peg ', spare, ' as a
          temporary peg '); writeln;
        HanoiTower (source, target, spare, NumberOfDiscs); writeln;
        write ('Enter number of Hanoi Tower discs or 0 to stop '); readln (NumberOfDiscs)
      end
    end {SolveHanoiTower},

```

รูปที่ 4

Enter number of Hanoi Tower discs or 0 to stop 3
 Source peg is A
 Spare peg is B
 Target peg is C
 Hanoi Tower of 3 discs.
 Move 3 discs from peg A to peg C using peg B as a temporary peg.
 Move disc 1 from A to C
 Move disc 2 from A to B
 Move disc 1 from C to B
 Move disc 3 from A to C
 Move disc 1 from B to A
 Move disc 2 from B to C
 Move disc 1 from A to C
 Enter number of Hanoi tower discs or 0 to stop 0

รูปที่ 5 ตัวพิมพ์แบบเอนหมายถึงสิ่งที่ผู้ใช้โปรแกรมป้อนข้อมูลเข้าแล้วกดเป็น enter



รูปที่ 6

บรรณานุกรม

Goldschlager L. and Lister, A., Computer Science :
A Modern Introduction. Prentice - Hall, 1982.

ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยและของ contrast ใน Mixed Model (Variance of Means and Contrast for Mixed Model)

เอนก พชรินทร์ศักดิ์*

1. บทนำ

ในการทดลองแบบแฟกตอเรียลที่มี 2 แฟกเตอร์ ที่มีตัวแบบของค่าสังเกตเป็น

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ijk}$$

$$i = 1, 2, \dots, a$$

$$j = 1, 2, \dots, b$$

$$k = 1, 2, \dots, n$$

ถ้าทั้งสองแฟกเตอร์ คือ ทั้งแฟกเตอร์ A และ B ต่างก็เป็นปัจจัยคงที่ (fixed factor) เราจะได้ $\sum_i \tau_i = 0$ และ $\sum_j \beta_j = 0$ เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) แล้วผู้ทดลองอาจสนใจการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคู่ของค่าเฉลี่ยคู่ใด ๆ ภายในเซลล์ เช่น อาจใช้วิธีของ Duncan โดยเปรียบเทียบค่าความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยในเซลล์ใด ๆ (cell means) คู่หนึ่ง ๆ กับ $R_p = r_\alpha(p, f) S_{\bar{y}_{ij}}$

มีข้อสังเกตว่าใน fixed effects model นั้น การหาความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) ของ $\bar{y}_{ij}$ นั้น เราใช้สูตร

$$S_{\bar{y}_{ij}} = \sqrt{\frac{MSE}{n}} \quad : (\text{สำหรับ mean ทุก ๆ คู่})$$

แต่สำหรับกรณีที่มีบางแฟกเตอร์เป็น fixed และบางแฟกเตอร์เป็นแบบสุ่ม (random) การหาความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยดังกล่าวจะใช้ไม่ได้ และเป็นข้อที่พึงระวังซึ่ง Anderson และ McLean ได้เสนอวิธีหาความคลาดเคลื่อนมาตรฐานดังกล่าวได้จากสูตรต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

2. ค่าความแปรปรวน (Variance) ของ row mean

กรณี 2 แพกเตอร์ที่เป็นแบบผสม (mixed model) พิจารณาค่าสังเกตดังตาราง

		Columns (β_j)						
		1	2	...	j	...	b	
Rows (τ_i)	1	$\left. \begin{matrix} xx \\ xx \\ xx \end{matrix} \right\} = n$						$\bar{Y}_{1..}$
	$\vdots$							$\bar{Y}_{2..}$
	i				$\bar{Y}_{ij.}$			$\bar{Y}_{i..}$
	$\vdots$							$\vdots$
	a							$\bar{Y}_{a..}$
		$\bar{Y}_{.1.}$	$\bar{Y}_{.2.}$	...	$\bar{Y}_{.j.}$	...	$\bar{Y}_{.b.}$	$\bar{Y}_{..}$

ให้ตัวแบบของค่าสังเกต คือ

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

สมมติให้ $\tau_i = \text{fixed}$, $\beta_j = \text{random}$

$$\beta_j \sim N(0, \sigma^2_{\beta}), (\tau\beta)_{ij} \sim N(0, \sigma^2_{\tau\beta})$$

$$\text{และ } \epsilon_{ijk} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$$

ซึ่งจะได้ $E(\tau_i) = \tau_i$ เพราะ τ_i เป็น fixed

$$E(\mu) = \mu$$

เราต้องการหาความแปรปรวนของ row (fixed) mean นั่นคือต้องการหา $V(\bar{Y}_{i..})$ ทั้งนี้เพื่อจะนำไปใช้ในการหา $S_{\bar{Y}_{i..}}$ สำหรับการทดสอบค่าเฉลี่ยของสิ่งทดสอบระหว่างคู่ใด ๆ ของ fixed factor ต่อไป

จากตัวแบบข้างต้น ค่าเฉลี่ยของแถวที่ i (ith row mean) คือ

$$\begin{aligned} \bar{Y}_{i..} &= \frac{\sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}}{bn} = \mu + \frac{1}{bn} \sum_j \sum_k \tau_i + \frac{1}{bn} \sum_j \sum_k \beta_j + \frac{1}{nb} \sum_j \sum_k (\tau\beta)_{ij} \\ &\quad + \frac{1}{bn} \sum_j \sum_k \epsilon_{ijk} \end{aligned}$$

$$E(\tau_i) = \tau_i, E(\mu) = \mu \text{ และ } E(\text{random variable ทุกตัวใน model}) = 0, E(\text{cross product}) = 0$$

$$\therefore E(\bar{Y}_{i..}) = \mu + \tau_i + 0 + 0 + 0$$

$$= \mu + \tau_i$$

$$V(\bar{Y}_{i..}) = E[\bar{Y}_{i..} - E(\bar{Y}_{i..})]^2$$

$$= E\left\{\mu + \frac{1}{bn} \sum_i \sum_k \tau_i + \frac{1}{bn} \sum_i \sum_k \beta_j + \frac{1}{bn} \sum_i \sum_k (\tau\beta)_{ij} + \frac{1}{bn} \sum_i \sum_k \varepsilon_{ijk} - \mu - \tau_i\right\}^2$$

$$= E\left\{\frac{\sum_j \beta_j}{b} + \frac{\sum_j (\tau\beta)_{ij}}{b} + \frac{\sum_j \sum_k \varepsilon_{ijk}}{bn}\right\}^2$$

แต่ $E(\beta_j^2) = V(\beta_j) + [E(\beta_j)]^2 = \sigma^2_\beta - 0 = \sigma^2_\beta$ เช่นเดียวกับ $E(\tau\beta)^2_{ij} = \sigma^2_\tau\sigma^2_\beta$

และ $E(\varepsilon^2_{ijk}) = \sigma^2$

ดังนั้น $V(\bar{Y}_{i..}) = E\left\{\frac{(\beta^2_1 + \dots + \beta^2_b + \text{cross product 1})}{b^2} + \frac{(\tau\beta)^2_{i1} + \dots + (\tau\beta)^2_{ib} + CP_2}{b^2} + \frac{\varepsilon^2_{i11} + \dots + \varepsilon^2_{ibn} + CP_3}{b^2n^2} + CP_4\right\}$

$$= \frac{b\sigma^2_\beta}{b^2} + \frac{b(\sigma^2_\tau\sigma^2_\beta)}{b^2} + \frac{bn\sigma^2}{b^2n^2}$$

$$= \frac{\sigma^2_\beta}{b} + \frac{\sigma^2_\tau\sigma^2_\beta}{b} + \frac{\sigma^2}{bn} = \frac{\sigma^2 + n\sigma^2_\tau\sigma^2_\beta + n\sigma^2}{bn}$$

นั่นคือ $S_{\bar{Y}_{i..}} = \left(\frac{\sigma^2_\beta}{b} + \frac{\sigma^2_\tau\sigma^2_\beta}{b} + \frac{\sigma^2}{bn}\right)^{\frac{1}{2}}$

3. ค่าความแปรปรวน (Variance) ของค่าเฉลี่ยของแต่ละ cell

$$\bar{Y}_{ij.} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n Y_{ijk} = \frac{1}{n} \left[\sum_{k=1}^n (\mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}) \right]$$

$$= \frac{1}{n} [n\mu + n\tau_i + n\beta_j + n(\tau\beta)_{ij} + \sum_{k=1}^n \varepsilon_{ijk}]$$

$$\therefore E(\bar{Y}_{ij.}) = \mu + \tau_i + 0 + 0 + 0$$

$$= \mu + \tau_i$$

$$\therefore V(\bar{Y}_{ij.}) = E[\bar{Y}_{ij.} - E(\bar{Y}_{ij.})]^2$$

$$= E\left[\mu + \tau_i + \beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \frac{\sum_{k=1}^n \varepsilon_{ijk}}{n} - \mu - \tau_i\right]^2$$

$$= E\left[\beta_j + (\tau\beta)_{ij} + \frac{\sum_{k=1}^n \varepsilon_{ijk}}{n}\right]^2$$

$$\begin{aligned}
 &= E[\beta_j^2 + (\tau\beta)_{ij}^2 + \frac{\varepsilon_{ij1}^2 + \dots + \varepsilon_{ijn}^2 + CP_5}{n^2} + CP_6] \\
 &= \sigma_\beta^2 + \sigma_{\tau\beta}^2 + \frac{\sigma^2}{n}
 \end{aligned}$$

$$\text{นั่นคือ } S_{\bar{Y}_{ij}} = [\sigma_\beta^2 + \sigma_{\tau\beta}^2 + \frac{\sigma^2}{n}]^{\frac{1}{2}}$$

4. ค่าความแปรปรวน (Variance) ของ contrast

พิจารณาการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ row ใดๆ เช่น $\bar{Y}_{p..}$ กับ $\bar{Y}_{q..}$ ดังนั้นผลต่างของค่าทั้งสองนี้ก็คือ contrast ของ

$$\begin{aligned}
 (\bar{Y}_{p..} - \bar{Y}_{q..}) &= \mu + \tau_p + \frac{\sum_j \beta_j}{b} + \frac{\sum_j (\tau\beta)_{pj}}{b} + \frac{\sum_j \sum_k \varepsilon_{pjk}}{bn} \\
 &\quad - \mu - \tau_q - \frac{\sum_j \beta_j}{b} - \frac{\sum_j (\tau\beta)_{qj}}{b} - \frac{\sum_j \sum_k \varepsilon_{qjk}}{bn} \\
 &= (\tau_p - \tau_q) + \frac{\sum_j (\tau\beta)_{pj}}{b} - \frac{\sum_j (\tau\beta)_{qj}}{b} + \frac{\sum_j \sum_k \varepsilon_{pjk}}{bn} \\
 &\quad - \frac{\sum_j \sum_k \varepsilon_{qjk}}{bn}
 \end{aligned}$$

Variance ของ contrast นี้คือ

$$V(\bar{Y}_{p..} - \bar{Y}_{q..}) = E[(\bar{Y}_{p..} - \bar{Y}_{q..}) - E(\bar{Y}_{p..} - \bar{Y}_{q..})]^2$$

$$\text{แต่ } E(\bar{Y}_{p..} - \bar{Y}_{q..}) = \tau_p - \tau_q$$

$$\begin{aligned}
 \therefore V(\bar{Y}_{p..} - \bar{Y}_{q..}) &= E \left\{ \frac{\sum_j (\tau\beta)_{pj}}{b} - \frac{\sum_j (\tau\beta)_{qj}}{bn} + \frac{\sum_j \sum_k \varepsilon_{pjk}}{bn} - \frac{\sum_j \sum_k \varepsilon_{qjk}}{bn} \right\}^2 \\
 &= E \left\{ \frac{\sum_j (\tau\beta)_{pj}^2}{b^2} + \frac{\sum_j (\tau\beta)_{qj}^2}{b^2} + \frac{\sum_j \sum_k \varepsilon_{pjk}^2}{b^2 n^2} + \frac{\sum_j \sum_k \varepsilon_{qjk}^2}{b^2 n^2} + CP \right\} \\
 &= \frac{b\sigma_{\tau\beta}^2}{b^2} + \frac{b\sigma_{\tau\beta}^2}{b^2} + \frac{bn\sigma^2}{b^2 n^2} + \frac{bn\sigma^2}{b^2 n^2} \\
 &= \frac{2\sigma_{\tau\beta}^2}{b} + \frac{2\sigma^2}{bn} = \frac{2}{bn} (\sigma^2 + n\sigma_{\tau\beta}^2)
 \end{aligned}$$

ซึ่งเราทราบมาแล้วว่า $E[MS(AB)] = \sigma^2 + n\sigma_{\tau\beta}^2$ ค่าประมาณของความแปรปรวนนี้ได้แก่

$$\hat{V}(\bar{Y}_{p..} - \bar{Y}_{q..}) = \frac{2[MS(AB)]}{bn}$$

$$s^2 = \frac{2[MS(AB)]}{bn}$$

สรุป

จะเห็นได้ว่าถ้าผู้ทดลองใช้ fixed model แล้วยอมคำนวณหาความคลาดเคลื่อนมาตรฐานได้จาก $\sqrt{\frac{MSE}{n}} = \frac{s}{\sqrt{n}}$ เสมอสำหรับทุก ๆ การทดสอบ แต่กรณี mixed model จะขึ้นอยู่กับว่าแฟกเตอร์ใดเป็น fixed และแฟกเตอร์ใดเป็น random เพราะค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานจะแตกต่างจากค่าความแปรปรวนของ contrast ดังนั้นผู้ทดลองจะต้องหาความคลาดเคลื่อนมาตรฐานและความแปรปรวนของ contrast จากตัวแบบนั้น ๆ โดยตรง

สำหรับกรณี random model เราไม่สนใจในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย จึงไม่เกิดปัญหาใด ๆ ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างคู่ของ fixed factor ใน mixed model นั้นหากพิจารณาต่อไปจะเห็นว่า

$$|\bar{y}_{p..} - \bar{y}_{q..}| > t_{\alpha} \sqrt{2} s_f : \text{สำหรับ fixed model}$$

ค่า $\sqrt{2} s_f$ คือความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของ contrast นี้ ซึ่งเราสามารถแทนได้ด้วย

$$\sqrt{\frac{2 MS(AB)}{bn}} \text{ สำหรับ mixed model}$$

วิธีโดยทำนองเดียวกันนี้อาจนำไปใช้กับการทดสอบแบบอื่น ๆ เช่น Newman - Keuls test เราใช้

$$R_p = q_{\alpha}(p, f) \cdot s_f : \text{สำหรับ fixed model}$$

แต่ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของ contrast นี้ คือ $\sqrt{2} \cdot s_f$

$$\text{ดังนั้น } R_p = \frac{q_{\alpha}(p, f)}{\sqrt{2}} (\sqrt{2} s_f)$$

$$(\text{เช่นถ้า } p = \frac{2, q_{\alpha}(p, f)}{\sqrt{2}} = t_{\alpha} \text{ ที่เมืองสายอิสระ} = \text{องศาอิสระของความคลาดเคลื่อนใน}$$

ตาราง ANOVA)

และถ้าเป็น mixed model เราแทนค่า $\sqrt{2} s_f$ ด้วย

$$\sqrt{\frac{2}{bn}} [MS(AB)]$$

ซึ่งจะได้ critical value คือ

$$R_p = \frac{q_{\alpha}(p, f)}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{\frac{2}{bn}} [MS(AB)]$$

$$\text{หรือ } R_p = q_{\alpha}(p, f) \cdot \sqrt{\frac{[MS(AB)]}{bn}}$$

Reference

Anderson, Virgil L. and Robert A. McLean, *Design of Experiments, A Realistic Approach*. Marcel Dekker, Inc., New York and Basel (1974).

นาย TONY

สาขาวิชาคณิตศาสตร์

ปัญหา จงหาค่าของ $\sqrt{3+\sqrt{3+\sqrt{3+\dots}}}$

ตอบ $\frac{1+\sqrt{3}}{2}$

ปัญหา จงหาผลบวกของอนุกรม $\sum_{n=1}^{\infty} 5\left(\frac{1}{n} - \frac{1}{n+1}\right)$

ตอบ 5

ปัญหา ม้าตัวหนึ่งและลาตัวหนึ่งถูกบรรทุกของหนักทั้งสองตัว เดินเคียงข้างกันไป ม้าบ่นว่า "ฉันถูกบรรทุกของหนักเหลือเกิน" ลาตอบว่า "บ่นไปทำไม เพราะถ้าฉันเอามาจากเธออีก 1 กระสอบ ฉันก็บรรทุกเป็น 2 เท่าของเธอ แต่ถ้าเธอเอาไปจากฉัน 1 กระสอบ เธอก็บรรทุกเท่าฉัน" ถามว่าม้าและลาบรรทุกของตัวละกี่กระสอบ

ตอบ ม้าบรรทุก 5 กระสอบ ลาบรรทุก 7 กระสอบ

ปัญหา ให้ O เป็นจุดกำเนิด และกำหนดจุด A(-1,-1) จงหาพิกัดของจุด B(X,Y) ทั้งหมดที่เป็นไปได้ ซึ่ง $|X|=|Y|$ และทำให้ระยะทาง $|OB|=2|OA|$

ตอบ (2,2), (-2,2), (2,-2), (-2,-2)

ปัญหา ในการแข่งขันตอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ครั้งหนึ่ง มีนักเรียนที่เป็นผู้แทนของโรงเรียนขึ้นไปตอบปัญหานั้นโรงเรียนละ 1 คน ก่อนเริ่มรายการ พิธีกรให้นักเรียนแต่ละคนทักทายแลกเปลี่ยนจับมือกันก่อน ถ้านับดูแล้วทั้งหมดมี 21 ครั้ง ถามว่ามีนักเรียนขึ้นไปตอบปัญหานั้นกี่คน

ตอบ 7 คน

ปัญหา สามี - ภรรยา 5 คู่ นั่งเก้าอี้รอบโต๊ะกลม จงหาความน่าจะเป็นที่สามีคนหนึ่งจะนั่งติดกับภรรยาของเขา

ตอบ $\frac{2! \cdot 8!}{9!} = \frac{2}{9}$

ปัญหา จะมีเลขจำนวนเต็มตั้งแต่ 100 ถึง 500 ทั้งหมดกี่จำนวนที่หารด้วย 9 ลงตัว

ตอบ 44 จำนวน

ปัญหา หอดลูกเต๋า 2 ลูกพร้อมกัน n ครั้ง จงหาความน่าจะเป็นที่จะได้ผลบวกของแต้มที่หงาย = 5 เกิดก่อนผลบวกของแต้ม = 7

ตอบ 2/5

ปัญหา จงหาค่าของ $\sin(2 \arctan 2)$

ตอบ 4/5

ปัญหา ข้อใดมีค่าความจริงเป็นจริงทุกกรณี

ตอบ $\left\{ (P \times [P(X) \rightarrow \exists X[Q(X)] \wedge \forall X[\sim Q(X)]) \rightarrow \exists X[\sim P(X)] \right\}$

สาขาวิชาเคมี

ปัญหา ธาตุ X อยู่ในคาบที่ 4 หมู่ที่ 6 จะมีการจัดอิเล็กตรอนอย่างไร

ตอบ 2, 8, 18, 6

ปัญหา ถ้าธาตุ A มีเลขอะตอมเท่ากับ 15 รวมกับธาตุ B ซึ่งมีเลขอะตอม 35 เป็นสารประกอบรูปร่างของโมเลกุลที่ได้เป็น

ตอบ ปริมาตรสามเหลี่ยม

ปัญหา ถ้ากรดออกซาลิกมีค่า $K_a = 1 \times 10^{-9}$ กรดอะซิติกมีค่า $K_a = 1 \times 10^{-5}$ กรดฟอร์มิกมีค่า $K_a = 1 \times 10^{-4}$ อยากทราบว่า ถ้าเอากรดเหล่านี้เข้มข้นอย่างละ 1 โมลาร์ มาหาค่า pOH จะได้ผลดังนี้คือ

ตอบ pOH ของกรดฟอร์มิก > ของกรดอะซิติก > ของกรดออกซาลิก

ปัญหา โลหะ A จำนวน 5 กรัม ทำปฏิกิริยาพอดีกับออกซิเจน 4 กรัม เกิดสารประกอบมีสูตร AO จงหามวลอะตอมของโลหะ A

ตอบ มวลอะตอมของโลหะ A เท่ากับ 20

ปัญหา แก๊สจะประพัตตัวคล้ายกับแก๊สในอุดมคติ ภายใต้ภาวะ

ตอบ อุณหภูมิสูง ความดันต่ำ

ปัญหา สารเรืองแสงสำหรับฉายจอร์นภาพในเครื่องรับโทรทัศน์ คือ

ตอบ ZnS

ปัญหา คู่เบสของ H_2PO_3^- ออออน มีสูตรโมเลกุล คือ

ตอบ HPO_3^{2-}

ปัญหา กรดอมต คือ กรด

ตอบ กรดฟอร์มิก

ปัญหา ข้อความใดต่อไปนี้ไม่ใช่สมบัติของคอลลอยด์

ตอบ กรองผ่านกระดาษเซลโลเฟนได้

ปัญหา สาร A มีจุดเดือด 80°C . ไม่มีสี, สาร B มีจุดเดือด 100°C . ไม่มีสี, สาร C มีจุดเดือด 120°C . ไม่มีสี วิธีที่ดีที่สุดในการแยกสารเหล่านี้ออกจากกันคือ

ตอบ กลั่นลำดับส่วน

ปัญหา เตรียมแก๊สคลอรีนโดยวิธีแยกโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ที่หลอมเหลวด้วยไฟฟ้า ถ้าได้แก๊สคลอรีน 71 กรัม จงคำนวณหาปริมาตรของแก๊สคลอรีนที่ STP

ตอบ ได้แก๊สคลอรีน เท่ากับ 22.4 ลิตร

ดรชนีเรื่อง ในวารสารวิทยาศาสตร์ มข. ปีที่ 15 (2530)

เรื่อง

เคมี

การตรวจสอบส่วนประกอบทางเคมีของผักตบชวา

3(180 – 186)

การทำสบู่ให้ใส

3(127)

เคมีวิเคราะห์บนแทมปี

1(31 – 39)

โครมาโตกราฟีคอลด์

4(191 – 192)

ความเครียดกับการตัดขาดแก้ว

1(5 – 6)

เทคนิคโวลเทมเมตรี

4(205 – 214)

น้ำใส ๆ ที่เรียกว่าน้ำส้มสายชู

3(128 – 130)

น้ำเสียจากโรงงานผลิตแอลกอฮอล์และสุรา

1(40 – 48)

แผนภูมิคูร์ด – เบต

3(131 – 140)

รังแค – ยาสระผม – หัวล้าน

2(69 – 70)

ภาพพิมพ์ปริศนา

2(67 – 68)

สารเคมีในใบดอกและเปลือกผลของชุมเห็ดเล็ก

2(111 – 110)

เปรียบเทียบกับกลูปฤกษ์

แทมปี.....ช่วยในการสอนเคมี

2(101 – 110)

องค์ประกอบของผักตบชวา

4(217 – 223)

คณิตศาสตร์และสถิติ

การผ่อนส่งรายเดือน

1(7 – 9)

ความขาดทุนของผู้เล่นหวยเบอร์และสลากกินแบ่งรัฐบาล

4(194 – 196)

ความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยและของ Contrast ใน Mixed Model

4(237 – 241)

บันทึกข้อความในไฮด์ทิก

2(85 – 92)

ปัญหาหอคอยฮานอย

4(231 – 236)

อันดับสามชั้นปีทาโกรัสปฐมฐานในจำนวนเต็มเกาส์

3(141 – 148)

ชีววิทยา

การตรวจสอบส่วนประกอบทางเคมีของผักตบชวา	3 (180 - 186)
การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของเฟิร์นราชนิในหลอดทดลอง	3 (176 - 179)
กลี้องจุลทรรศน์แบบสะท้อนแสง	3 (159 - 163)
คุณภาพของไข่ไก่	4 (197 - 204)
ตัวเล็กในบึงใหญ่	1 (25 - 30)
ป่าเต็งรัง	1 (10 - 14)
ผักตบชวาและยีสต์โปรตีนสูงเพื่อเป็นอาหารสัตว์	1 (53 - 57)
พืชทะเลทรายของอริโซนา	1 (50 - 52)
รังแค - ยาสระผม - หัวล้าน	2 (69 - 70)
เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับวิตามินบี 1 (ไทอามีน)	3 (170 - 171)
สารเคมีในใบดอก และเปลือก ผลของชมพูัดเล็กเปรียบเทียบกับกล้วยพฤกษ์	2 (111 - 120)
หอยวงช้าง	2 (93 - 100)
องค์ประกอบของผักตบชวา	4 (217 - 223)
อนาคตพืชสารพัดประโยชน์	4 (215 - 216)
แอสไพรีน : ยามหัศจรรย์	1 (23 - 24)

ฟิสิกส์

การหาขนาดของโลกด้วยเลเซอร์	2 (71 - 73)
กลี้องจุลทรรศน์แบบสะท้อนแสง	3 (159 - 163)
กระสวยอวกาศ	2 (74 - 78)
ตัวนำยวดยิ่งเซรามิก	3 (172 - 175)
โนโมกราฟของสมการของเลนส์บางและกระจก	1 (15 - 22)
สารออสเทนไนต์กึ่งตัวนำ	4 (224 - 230)

อื่น ๆ

เครื่องบินดีซี 10 : พ.ศ. 2517	1 (49)
-------------------------------	--------

วรรณคดีผู้เขียนในวารสาร วิทยาศาสตร์ มข. ปีที่ 15 (2530)

ผู้เขียน	ฉบับที่ (หน้า)	ผู้เขียน	ฉบับที่ (หน้า)
กนกศักดิ์ ธาตุทอง	4 (215 - 216)	รัตนา มหาชัย	3 (131 - 140), 4 (205 - 214)
จันทร์เพ็ญ ส.โทมัส	4 (197 - 204)	ละออศรี เสนาะเมือง	1 (25 - 30)
เฉลิม เรื่องวิริยะชัย	1 (31 - 39), 1 (49)	วิทยา อมรกิจบำรุง	3 (172 - 175)
	2 (101 - 110), 3 (180 - 186)	วิภากรณ์ ศรีพรหมยา	1 (53 - 57)
ชรินทร์ คุคู่สมุทร	4 (193 - 196)	ศุภลักษณ์ ศรีจิราภัย	3 (180 - 186)
ทิพย์วัลย์ กำแหง	1 (40 - 48), 3 (180 - 186)	ศิริชัย แซ่ลี	2 (111 - 120)
	4 (217 - 223)	สยาม ชูถิ่น	1 (15 - 22), 2 (71 - 73)
ทิพาภรณ์ ศรีชัยรัตน์	3 (164 - 169)		3 (159 - 163)
เทียง ภูมิสะอาด	3 (141 - 148)	สำเร็จ ไตรกุ่มตัน	2 (111 - 120)
นพพล สุทธิศรี	3 (172 - 175), 4 (224 - 230)	สิรินทร์เทพ เต่าประยูร	1 (53 - 57)
บุญยืน กิจวิจารณ์	3 (176 - 179)	สุรลักษณ์ รอดทอง	1 (53 - 57)
พัฒนา เห็นแสงหงษ์	2 (111 - 120), 3 (149 - 158)	हरรรษา ปุณณพยัคฆ์	1 (50 - 52)
พาณี วรรณนิธิกุล	1 (23 - 24)	อัจฉรา ธรรมถาวร	1 (10 - 14)
พินิจ หวังสมนึก	2 (93 - 100)	อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์	1 (7 - 9)
พรทิพย์ ดิเรกสถาพร	4 (231 - 236)	เอนก พชรินทร์ศักดิ์	4 (237 - 241)
พิสิษฐ์ เจริญสุดใจ	2 (79 - 84)	อภิศักดิ์ พัฒนจักร	2 (85 - 92)
พหล จิตติยศรา	3 (170 - 171)		



คอลัมน์นี้มีรางวัล



เฉลย

ปัญหาวิทยาศาสตร์ ครั้งที่ 2

ปีที่ 15 ฉบับที่ 2 เม.ย. - มิ.ย. 30

1. รังสีที่ใช้ในการอบอาหารที่พวกผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ เพื่อชะลอการเน่าเปื่อย คือ รังสีแกมมา
2. รังสีที่ใช้ตรวจสอบสิ่งที่มีชีวิตในที่มืดได้ คือ รังสีอินฟราเรด
3. ในสภาพแวดล้อมตามธรรมชาติ คนเรามีโอกาสได้รับอันตรายจากรังสีนั้นมากที่สุด คือ รังสีอัลตราไวโอเล็ต
4. รังสีที่มีอำนาจทะลุทะลวงสูงที่สุด คือ รังสีแกมมา

ผู้ที่ตอบปัญหาได้ยอดเยี่ยมก็คือ 1. ศิริรัตน์ คงสมบูรณ์ จ.ชัยภูมิ 2. สุธิ วัฒนศิริเวช จ.ขอนแก่น 3. หนู่ย จงสันเทียะ จ.ชัยภูมิ 4. ไต้ง จ.ขอนแก่น 5. ศิษยา ไชยบุรี จ.นครราชสีมา 6. วันดี สุขผึ้ง จ.มหาสารคาม 7. สมร สอยโว จ.มหาสารคาม 8. ประทีป ไปสกุล จ.ลพบุรี 9. เกษมศักดิ์ อางสาลี จ.ศรีสะเกษ 10. แต้ว คีลาโชติ จ.ศรีสะเกษ และ 11. พนารัก เพ็ชรนน จ.เลย

เราก็คหวังเป็นอย่างยิ่งว่า โอกาสหน้า และต่อ ๆ ไปท่านทั้งหลายคงจะร่วมสนุกกับคอลัมน์นี้อีก ส่วนของที่ระลึก หรือวารสารนั้น จัดการส่งให้เป็นที่เรียบร้อย... ไม่ได้รับโปรดแจ้งให้ทราบด้วย

----- นาย TONY -----

การประชุม ว.ท.ท. 13 หรือการประชุมวิชาการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13 ที่เพิ่งผ่านมาเมื่อปลายเดือนตุลาคม 2530 จัด ณ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา มีนักวิชาการและนักวิจัยไปกันอย่างมากมาย

จึงมีปัญหาเล็ก ๆ น้อย ๆ มาฝากน้อง ๆ ว่า

การประชุม ว.ท.ท. 14 ที่จะมีขึ้นในกรุงเทพมหานครนั้น จะจัดที่ไหน มีคำตอบเลือกดังนี้ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี บางมด หรือสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง หรือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ง่ายไหม!

ส่งคำตอบมา.....บนไปรษณียบัตรมายัง

นาย TONY วารสารวิทยาศาสตร์ ม.ช. ห้องสมุดคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
จ.ขอนแก่น 40002

ส่วนรางวัลนั้น...ขออุบไว้ก่อน แต่รับรองว่าใหม่...ไม่เหมือนเดิม มี 10 รางวัลด้วยกันครับ

บ้าย...นาย
นาย TONY

