ISSN 0125 - 2364

วารสาร

วิทยาศาสตร์มข.

THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

ปีที่ 25 ฉบับที่ 3 ก.ค. - ก.ย. 40

- เห็ดพิษ หรือเห็ดเมา
- พัฒนาการของอับเรณูและละอองเรณูของพืช
- ความหลากหลายของสัตว์ในอ่าวปัตตานี
- สัณฐานวิทยาละอองเรณูของพืชสกุล Polygonum L.
- สมการเชิงพีชคณิตในการคำนวณเรื่องกระจกและเลนส์
- การใช้ Microsoft Excel for Windows ช่วยในการตัดเกรดและพิมพ์ใบส่งเกรด

15.-

ISSN 0125-8354

วารสาร วิทยาศาสตร์ขอ.
THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

เจ้าของ

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สำนักงาน

คณะวิทยาศาสตร์ ตึก 6
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อส่งเสริมและเผยแพร่วิทยาการใน สาขาวิชาต่าง ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์
2. เพื่อเผยแพร่ผลงานด้านการวิจัย และการศึกษา ค้นคว้าของอาจารย์และนักศึกษา
3. เพื่อเป็นสื่อกลางการแลกเปลี่ยนความรู้และแนวความคิดทางวิชาการระหว่างอาจารย์ นักศึกษาและผู้สนใจ ทั้งภายในและภายนอกสถาบัน

กำหนดออก ปีละ 4 ฉบับ

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

ค่าบำรุง ปีละ 55 บาท ขายปลีก เล่มละ 15 บาท

การบอกรับเป็นสมาชิก

แจ้งความจำนงเป็นจดหมาย หรือกรอกใบสมัครเป็นสมาชิก พร้อมส่งค่าบำรุงเป็นธนาณัติ หรือเช็คไปรษณีย์ในนามของนางบุญคุ้ม เหลือล้น ฝ่ายจัดการ สั่งจ่าย ป.ท.มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

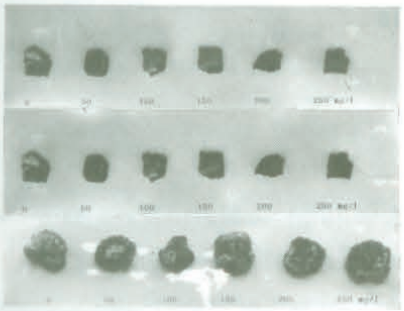
บทความหรือข้อคิดเห็นใด ๆ ในวารสารนี้เป็นของผู้เขียน ไม่จำเป็นต้องสอดคล้องกับทัศนะของกองบรรณาธิการ

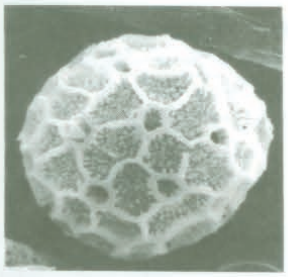
สารบัญ

ISSN 0125 - 2364

วารสาร
วิทยาศาสตร์มข.
THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

ปีที่ 25 ฉบับที่ 3



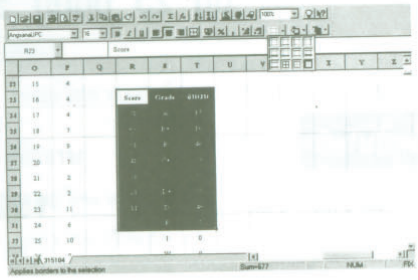


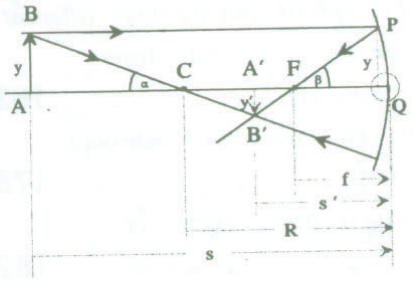
สารบัญ (ต่อ)

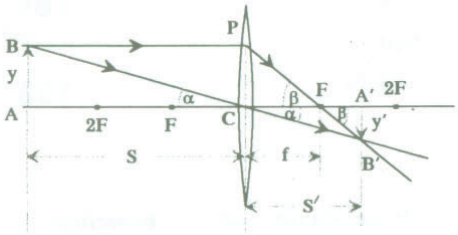
ISSN 0125 - 2364

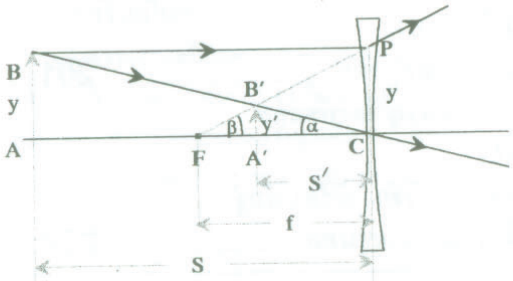
วารสาร
วิทยาศาสตร์ มข.
THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

ปีที่ 25 ฉบับที่ 3









คอลัมน์ประจำ

เบ็ดเตล็ด

ISSN 0125-2584

วิทยาศาสตร์ขอนแก่น
THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

Publisher

Faculty of Science, Khon Kaen University, Thailand.

Office

Faculty of Science, Building 6, Khon Kaen University.

Objectives

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

Publishing terms

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

Subscription rate

55 baht per annum. Single issue price 15 Baht.

Membership

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

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

บรรณาธิการแถลง

ท่านผู้อ่านที่รักทุกท่าน

วารสารวิทยาศาสตร์ มข. ยังคงนำเสนอเนื้อหาสาระวิชาการข้อมูลข่าวสารทางด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและความรู้ต่าง ๆ อย่างเพียบพร้อมเสมอ แม้ว่าสภาพเศรษฐกิจในขณะนี้จะเป็นอยู่อย่างที่ทุกท่านทราบกันดี เพราะเราตระหนักดีว่าเราคือส่วนหนึ่งของสังคม และมีหน้าที่ต้องช่วยกันดูแลพัฒนาสังคมของเรา โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางด้านวิชาการ การศึกษาเท่าที่เราจะสามารถทำได้ แม้จะไม่ดีที่สุดก็ตาม

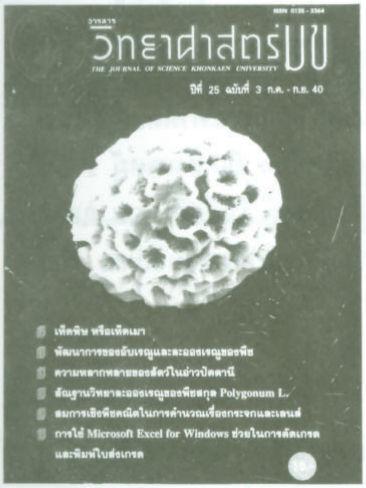
ในฉบับนี้มีเรื่องที่น่าสนใจมากมาย บทความเรื่องเห็ดพิษหรือเห็ดเมา ที่ผู้อ่านไม่ควรพลาด เนื่องจากเป็นสิ่งใกล้ตัวเพราะการรับประทานเห็ดโดยไม่รู้ว่ามีพิษหรือไม่นั้น อันตรายเป็นอย่างยิ่งต่อชีวิต และสำหรับครู อาจารย์ที่ต้องสอนนักเรียนนักศึกษา จำนวนมาก ๆ บทความเรื่องการใช้ Microsoft Excel for Windows ช่วยในการตัดเกรดและพิมพ์ใบส่งเกรด คงจะช่วยท่านได้บ้างไม่มากก็น้อย บทความเรื่องสมการเชิงพีชคณิตในการคำนวณ เรื่องกระจกและเลนส์ คงจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อครูและนักเรียน ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายและแม้แต่นักศึกษาชั้นปีที่หนึ่งในมหาวิทยาลัยที่ต้องเรียนวิชาฟิสิกส์เป็นวิชาบังคับพื้นฐาน

ขณะที่เขียนบทบรรณาธิการอยู่นี้ อากาศในปลายเดือนตุลาคมต้นพฤศจิกายนของปีนี้เริ่มหนาวเย็นแล้วขอให้ท่านผู้อ่านทุกท่านระมัดระวังดูแลสุขภาพของตัวเองด้วย

พบกันฉบับหน้าครับ

บรรณาธิการ

คำบรรยายภาพปกหน้า-หลัง



คำบรรยายภาพปกหน้า

ภาพถ่ายละอองเรณูของ *Polygonum tomentosum willd* โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope) กำลังขยาย 1900 เท่า

คำบรรยายภาพปกหลัง

มะเมื่อย (Gnetum L.) รอยต่อแห่งวิวัฒนาการ

มะเมื่อย เป็นพืชที่มีข้อโต้แย้งเรื่องการจัดกลุ่ม เนื่องจากมีลักษณะที่คล้ายคลึงระหว่างจิมโนสเปิร์ม (Gymnosperm) กับพืชมีดอก (Angiosperm)

ลักษณะที่คล้ายจิมโนสเปิร์ม เพราะมะเมื่อยไม่มีการพัฒนาโครงสร้างของดอกอย่างแท้จริงและมีการสร้าง prothallial cell ในการเจริญไปเป็นแกมีโทไฟต์เพศผู้ ทำให้เมล็ดไม่มีรังไข่ห่อหุ้ม นอกจากนี้ เอนโดสเปิร์มยังเปลี่ยนแปลงมาจากส่วนหนึ่งเซลล์ของแกมีโทไฟต์เพศเมียซึ่งไม่ได้พัฒนามาจากการผสมของ polar nuclei กับ sperm cell ตัวที่ 2 เช่นเดียวกับพืชมีดอก

ลักษณะที่คล้ายกับพืชมีดอก เพราะมีเวสเซลในระบบท่อลำเลียง มีโครงสร้างที่คล้ายกับดอกของพืชดอก ในการเจริญของแกมีโทไฟต์เพศเมีย ไม่มีการพัฒนาของอาซีโกเนียมเกิดขึ้นทำให้เกิดมีการปฏิสนธิซ้อน (double fertilization)

ลักษณะของพืชสกุลมะเมื่อย

พืชในสกุลนี้ส่วนใหญ่เป็นพืชแยกเพศ ส่วนน้อยมีเพศผู้และเมียในต้นเดียวกัน เป็นไม้ยืนต้น ไม้พุ่ม หรือไม้เลื้อย มีเนื้อไม้ ในเนื้อไม้มีเวสเซล ส่วนยอดของลำต้นพบเนื้อเยื่อชั้น tunica และ corpus แตกกิ่งตามซอกใบ **ใบเดี่ยว**เรียงเป็นคู่ตรงข้ามสลับตั้งฉาก ขอบใบเรียบ เส้นแขนงใบแยกจากเส้นกลางใบสานกันเป็นร่างแห ไม่มีหูใบ **ดอกช่อ**แบบเชิงลด

คำบรรยายภาพปกหลัง (ต่อ)

ออกตามซอกใบหรือตามลำต้น ดอกย่อยเรียงเป็นวงลักษณะคล้ายลูกประคำติดอยู่ ไม่มีก้านดอกย่อย **ดอกเพศผู้**เรียงเป็นวง กลีบรวม (perianth) คล้ายซ้อน มีเกสรเพศผู้ 1 อัน เกสรเพศเมียเป็นหมัน **ดอกเพศเมีย**เรียงเป็นวงอยู่เหนือวงดอกเพศผู้ ไม่มีกลีบรวม ออวุลตั้งตรง มีเนื้อเยื่อ 2-3 ชั้นหุ้มอยู่ เมล็ดคล้ายผลพิกุลขนาดเล็ก เปลือกหุ้มสีเขียว เมื่อเมล็ดแก่มีสีชมพูหรือแดง เอ็มบริโอมีใบเลี้ยง 2 ใบ

การกระจายพันธุ์

พืชในกลุ่มนี้กระจายพันธุ์ในเขตร้อนชื้น ทั่วโลกมีประมาณ 30 ชนิด เป็นไม้ยืนต้น 1 ชนิด พบในประเทศไทย 8 ชนิด ได้แก่

1. *Gnetum gnemon* L.
   - 1.1 *G. gnemon* var. *gnemon* : บีแซ
   - 1.2 *G. gnemon* var. *tenerum* Marker. : ผักเมี่ยง, ผักกะเหรี่ยง
2. *G. tenuifolium* Ridl. : เมื่อยนก
3. *G. macrostachyum* Hook. f. : เมื่อยดูก, เมื่อย, ม่วย, ม่วยเลือด
4. *G. microcarpum* Bl.
5. *G. cuspidatum* Bl. : เมื่อยดำ, เมื่อย
6. *G. leptostachyum* Bl.
7. *G. montanum* Markgraf : แฮนม่วย, เมื่อย, ม่วย, มะม่วย
8. *G. latifolium* Bl.
   - 8.1 *G. latifolium* var. *latifolium*
   - 8.2 *G. latifolium* var. *funiculare* (Bl.) Markgraf

เอกสารอ้างอิง

Keng, H., 1976. *Order and Families of Malayan Seed Plants.* Singapore University Press.

Phengkai, C., 1975. *Flora of Thailand II : part III.* The Asrst Press, Thailand.

William, H. B., 1969. *The Plant Kingdom.* Blaisdell Publishing

ว.วิทย มข. 25(3) : 159-162 (2540)

กองบรรณาธิการ

ข่าววิทยาศาสตร์เทคโนโลยี

อุปกรณ์ตัวเก่ง (Smart matter)

อุปกรณ์ตัวเก่งหลายอย่างใช้ระบบจักรกลอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กระดับไมครอน (micro-electromechanical systems, MEMS) ในการทำงาน อุปกรณ์แบบนี้มีความสามารถตรงที่เกือบจะคิดได้เอง เช่น บางอย่างสามารถรับรู้ได้เกี่ยวกับการหดขยายตัว, ร้อนเย็น, ความดัน หรือการเคลื่อนไหว บางชนิดสามารถตอบสนองต่อแรงกด, บีบตัว, การโค้งงอ หรือทำหน้าที่เป็นสวิทช์ นอกจากนี้ ยังอาจสื่อสารได้กับเส้นใยนำแสง, สายอากาศและลวดตัวนำ และทำการคำนวณได้โดยมีหน่วยประมวลผล (microprocessor)

อุปกรณ์ตัวเก่งจะมีขนาดเล็ก ตั้งแต่มิลลิเมตรถึงไมครอนถูกผลิตโดยเทคโนโลยี IC และพึ่งจะเผยแพร่ให้เป็นที่รู้จักในระยะเริ่มต้นเท่านั้น อย่างไรก็ตามนักคิดค้นวิจัยทางด้านนี้ ยังได้มองการณ์ไกลถึงการปฏิวัติของระบบอุตสาหกรรมระดับไมโคร เช่น ในทางอุตุนิยมวิทยาการส่งกลุ่มเมฆของ smart dust ขึ้นไปบนท้องฟ้า จะสามารถบอกและติดตามความเคลื่อนไหวพายุเฮอร์ริเคนได้, Silicon cilia ที่ใส่โปรแกรมไว้จะสามารถแยกแยะเม็ดเลือดได้ หรือทำหน้าที่ประกอบชิ้นส่วนจิ๋วในอุปกรณ์จักรกลเล็ก ๆ, อุปกรณ์ microflaps จะสามารถควบคุมการปรับขยับของปีกเครื่องบินให้เป็นไปอย่างเหมาะสมโดยอัตโนมัติ

Science News, 26 July 1997

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ทำงานได้เร็วที่สุดในโลก

นักฟิสิกส์แห่ง Weizmann Institute ประเทศอิสราเอล ได้ประดิษฐอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ทำจากชั้นประกบของ GaAs และ AlGaAs ภายใต้ระบบสูญญากาศที่สะอาดยิ่งและใช้วัสดุตั้งต้นที่บริสุทธิ์มาก จากการทดสอบโดยหล่อเย็นอุปกรณ์ไว้ที่อุณหภูมิ 0.1 เคลวิน แล้วให้สนามไฟฟ้าพบว่า อิเล็กตรอนในอุปกรณ์สามารถเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อของผิวประกบได้ด้วยอัตราเร็วที่มากกว่าเดิมถึง 40 เปอร์เซนต์ เมื่อเทียบกับอุปกรณ์ประเภทเดียวกันที่มีชั้นของ GaAs ประกอบอยู่ด้วย

อิเล็กตรอนในอุปกรณ์นี้สามารถเคลื่อนที่ได้ระยะทางโดยเฉลี่ยถึง 120 ไมครอนก่อนที่จะชนกับสิ่งกีดขวางอื่นๆ (โดยปกติแล้วอิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำ GaAs จะชนกับสิ่งกีดขวางภายในเนื้อสารน้อยกว่าอิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำ Si) เนื่องจากการที่สารมีความบริสุทธิ์มากๆ นี้เอง จึงทำให้อุปกรณ์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพดีเยี่ยม

อย่างไรก็ตามที่อุณหภูมิห้อง อุปกรณ์ชิ้นนี้ก็ยังไม่สามารถทำงานได้ดี เท่ากับที่อุณหภูมิต่ำ เพราะมีการสั่นของโครงผลึกเนื่องจากความร้อนเป็นสิ่งกีดขวางการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน

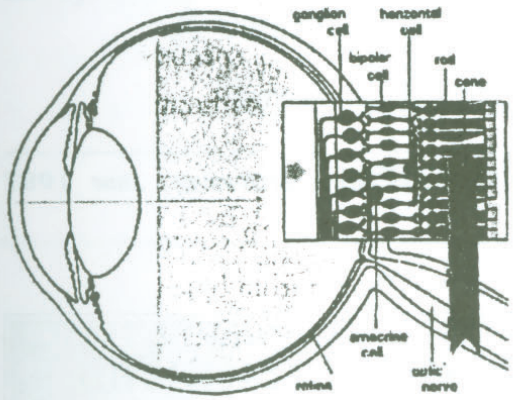
Applied Physics Letters, 4 August 1997

โฟโตไดโอดอาจเข้ามาแทนที่เซลล์รับแสงของนัยน์ตามนุษย์

ในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมาสะโพกเทียมและเครื่องกระตุ้นการเต้นของหัวใจได้กลายมาเป็นวัสดุปกติที่ใช้กันแพร่หลายไปเสียแล้ว การฝัง Cochlear เทียมสามารถกระตุ้นประสาทรับเสียงและช่วยการได้ยินให้ดีขึ้น ขณะนี้นักวิจัยของประเทศเยอรมันนีกำลังค้นคว้าเพื่อประดิษฐ์อุปกรณ์ช่วยคนตาบอดให้มองเห็นได้

งานวิจัยเกี่ยวกับเรื่องนี้ ไม่ว่าทั้งในเยอรมันหรืออเมริกาที่ผ่านมาอุปกรณ์ที่ช่วยเพื่อให้มองเห็นได้จะทำงานอยู่ภายนอกนัยน์ตา (epiretinal approach) ภาพที่เกิดโดยอุปกรณ์จะถูกรวบรวมผ่านขบวนการประมวลผลภายนอกร่างกายแล้ว จึงถูกส่งผ่านไปยังประสาทรับแสง (optical nerve) ผู้ป่วยบางรายต้องทนทุกข์ทรมานจากการฟกช้ำของเรตินา แต่ไม่มีทางเลือกอื่นที่ดีกว่านี้

ในการเสนอผลงานวิจัยของการประชุม Materials Research Society ที่เมืองซานฟราน-ซิสโก M.B. Schubert จาก Institute for Physical Electronics ของมหาวิทยาลัยสตูทการ์ต ประเทศเยอรมันนี ได้เสนอทางเลือกใหม่ที่เหมาะสมและดีกว่าสำหรับผู้ป่วยเหล่านี้ โดยใช้อุปกรณ์ช่วยเหลือเพื่อให้มองเห็นฝังอยู่ในนัยน์ตา (subretinal approach) จุดประสงค์หลักของการรักษาโดยวิธีนี้มุ่งไปที่การสร้างอุปกรณ์เพื่อแทนเซลล์รับแสงของตาดังแสดงในรูปที่ 1

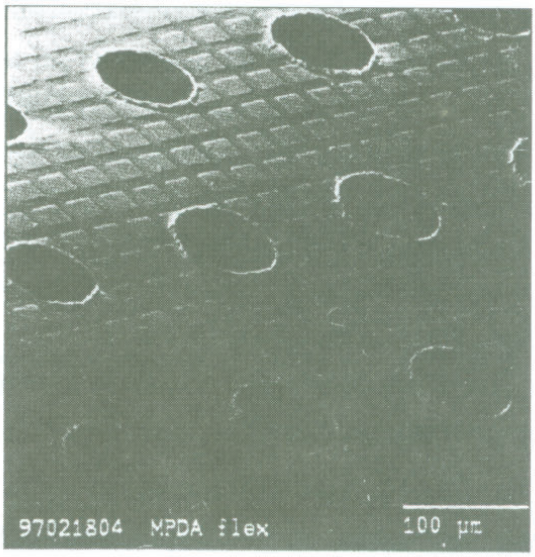


รูปที่ 1 แผนภาพแสดงให้เห็นการจัดเรียงของอุปกรณ์หน่วยย่อย (photovoltaic pixel-array) ที่ฝังติดลงไปที่บริเวณจอรับภาพ (เรตินา) ของนัยน์ตา

เงื่อนไขที่จะทำให้อุปกรณ์ทำงานได้ผลสำเร็จมีดังนี้ คือ

- อุปกรณ์จะต้องบางมาก โดยมีความหนาระหว่าง 10-20 ไมครอน และต้องมีความยืดหยุ่นเพียงพอที่จะฝังติดกับเรตินาได้ นอกจากนี้ยังจะต้องทนต่อการบุบสลายได้ในระหว่างที่แพทย์ทำการผ่าตัด
- จะต้องยอมให้สารอาหารและสารหล่อเลี้ยงผ่านไปยังเนื้อเยื่อชั้นล่างได้
- วัสดุนั้น จะต้องเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อของส่วนที่จะฝังลงไป

ดังนั้นในการเลือกใช้วัสดุเพื่อสร้างเป็นอุปกรณ์ จึงมีความสำคัญมาก จากวัสดุหลายชนิดที่ทดลองพบว่า ซิลิกอนในรูปอสัณฐาน (amorphous silicon) มีความเหมาะสมที่สุด โดยในการสร้างอุปกรณ์ สารต้านแสง (photoresist) จะถูกเคลือบลงไปก่อนบนแผ่นรองรับ (substrate) แก้วโดยวิธีสปินโคท ซึ่งสามารถกำจัดหรือลอกออกได้ในภายหลัง แล้วจึงเคลือบทับด้วย Ti/Au/Ti ซึ่งทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้า จากนั้นจึงใช้เลเซอร์เจาะแผ่นฟิล์มเป็นรู เพื่อเป็นช่องให้สารอาหารทั้งหลายผ่านไปได้ สำหรับหน่วยย่อยที่ทำหน้าที่รับแสง (photodiode) จะสร้างโดยขบวนการสะกัดออก (etching) โดยใช้แก๊ส CF_4 ต่อไปจึงจะทำขั้วสัมผัสและท้ายที่สุดเคลือบทับไมโครไดโอดทั้งหลายด้วยชั้นฟิล์มของซิลิกอนไนไตรด์ (SiN) ซึ่งมีคุณสมบัติเฉื่อยไม่ทำปฏิกริยากับสารใด ๆ ภายในตา ดูรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงให้เห็นรูที่เจาะด้วยเลเซอร์และเซลล์โฟโตไดโอด

ขณะนี้คณะทำงานของ University Eye Hospital และ The Natural and Medical Science Institute ของ University of Tuebingen กำลังรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับความเข้ากันได้ของวัสดุที่ใช้ทำอุปกรณ์กับเซลล์เนื้อเยื่อ

การช่วยให้มองเห็นภาพด้วยวิธีนี้ จะประสบผลสำเร็จหรือล้มเหลวเพียงใด ขึ้นอยู่กับความสามารถของอุปกรณ์ว่าจะเข้าไปทำหน้าที่ได้ดีเพียงใด กับเรตินา สำหรับปริมาณกระแสไฟฟ้าที่จะกระตุ้นให้เซลล์ประสาททำงานได้มีค่าอยู่ระหว่าง

1-100 ไมโครคูลอมบ์ ต่อตารางเซนติเมตร ขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างขั้วไฟฟ้าของแต่ละหน่วยย่อยและการจัดวางตัวของการสัมผัสระหว่างอุปกรณ์เนื้อเยื่อ ถ้าหากแสงที่เข้ามาตกกระทบมีความเข้มไม่เพียงพอที่จะกระตุ้นให้เซลล์ประสาททำงานได้ ก็จะมีพลังงานจากภายนอกป้อนเข้าไปยังอุปกรณ์เพื่อช่วยให้ทำงานได้

Solid State Technology, June 1997

สถิติด้านอุตสาหกรรมโรงแรมในประเทศไทย

เมื่อวันที่ 6 มิ.ย. 2540 สมาคมโรงแรมแห่งประเทศไทย (Thai Hotels Association) ได้เปิดการแถลงผลการประกอบการไตรมาสแรก (ม.ค.-มี.ค.) 2540 ของอุตสาหกรรมโรงแรมเมื่อเทียบกับปี 2539 ในแต่ละพื้นที่ของประเทศไทย รายละเอียดตามตารางด้านล่าง

นายชาญชัย สัตยาประเสริฐ รักษาการนายกสมาคม ได้กล่าวสรุปถึงสภาวะการของโรงแรมเอกชนในประเทศไทยปัจจุบันว่า มีจำนวนเพียงพอที่จะรับนักท่องเที่ยวได้ถึง 10 ล้านคน โดยปัจจุบันจะมีจำนวนนักท่องเที่ยวพัก 7.4 ล้านคน สาเหตุที่อัตราการถือครองห้องพักเทียบกับปีก่อนตกต่ำลงนั้น เกิดจากการที่รัฐไม่เปิดเสรีทางการบิน ทำให้ไม่สามารถเปิดประตูต้อนรับนักท่องเที่ยวต้องการมาเที่ยวได้ นอกจากนี้ปัญหาสภาพการจราจรติดขัดและปัญหาด้านการบริการที่ไม่สมบูรณ์ เป็นต้น

พื้นที่	อัตราการครองห้องพัก (%) /ลดลงจากปี 39 (%)			รายได้เฉพาะค่าห้องพัก ลดลงจากปี 39 (%)		
	ม.ค.-มี.ค.	เม.ย.-พ.ค.	เฉลี่ย	ม.ค.-มี.ค.	เม.ย.-พ.ค.	เฉลี่ย
1. กทม.	70/6	45/7	56/6.2	7	9	8.2
2. ตะวันตก	70/5	48/6	57/5.2	6	7	6.2
3. เหนือ	76/5	45/5	55/5	6	6	6
4. ตะวันออกเฉียงเหนือ	65/3	50/3	52/3	4	4	4
5. ตะวันออก	75/6	40/15	56/10.5	N.A.	N.A.	N.A.
6. ใต้	80/2	40/7	50/2	N.A.	N.A.	N.A.

หมายเหตุ : N.A. คือไม่มีข้อมูลในการแถลง

(จากธุรกิจท่องเที่ยว ปีที่ 9 ฉบับที่ 7 หน้า 8 ก.ค. 40)

ว.วิทย มข. 25(3) : 163-174 (2540)

A comparison of complexity among three different sorting methods on arrays of 16-bit integers

■ *Sartra Wongthanavasu** ■

Abstract

In theory, the complexity of sorting methods can be derived, but it has still questioned in implementation. This paper is to present two approaches of implementing and comparing three different sorting methods, namely insertion sort, binary-insertion sort, and heap sort in regard to complexity. The first approach is analyzing method, and the other is programming method that was written in C language and run on IBM-compatible PC. The program generates random numbers as arrays of 1000, 2000, 4000, and 8000 integers and runs each of the three sorting methods on these input files. The actual running times, not including I/O , and those predicted by the analyses in theory are compared.

I. Overview

In 1968, Knuth published the first of three volumes with the general title *The Art of Computer Programming* [1,2,3]. The first volume brought in the modern study of computer algorithms with a focus on the analysis of running time. According to Knuth, the word "algorithm" is derived from the name "al-Khowarizmi," a ninth-century Persian mathematician. Aho, Hopcroft, and Ullman [4] advocated the symptotic analysis of algorithms as a means of comparing relative performance. They also popularized the use of recurrence relations to describe the running times of recursive algorithms. Knuth [3] provides an encyclopedic treatment of many sorting algorithms. His comparison of sorting algorithm includes exact step-counting analyses, like the one that is performed here for insertion and binary-insertion sorts.

Heap sort is one of three $\Theta(n\lg n)$ sorting methods, e.g. quicksort and mergesort. It was invented by William [5], who also described how to implement a priority queue with a heap. This paper takes the three sorting algorithms from Cormen, Leiserson, and

**A lecturer at Department of Computer Science, Faculty of Science, Khon Kaen University.*
Email: wongsar@cs.ait.ac.th, URL: http://bazooka.cs.ait.ac.th/~wongsar

Rivest [6] as the basis of analysis. For more details, there are many excellent texts on the general topic of algorithms, including those by Basse [7], Brassard and Bratley [8], Horowitz and Sahni [9], Knuth [1,2,3], Manber [10], Purdom and Brown [11], Sedgewick [12], and Wilf [13], Cormen, Leiserson,and Rivest [6]. Some of the more practical aspects of algorithm design are discussed by Bentley [14,15] and Gonnet [16].

II. Analyzing algorithms

Analyzing an algorithm has come to mean predicting the resources that the algorithm requires. In this paper, we shall assume a generic one-processor, random-access machine (RAM) model of computation as our implementation technology, and understand that our algorithms will be implemented as computer programs. In the RAM model, instructions are executed one after another, with no concurrent operations. The *running time* of an algorithm on a particular input - for example, the array size *n* for sorting, is the number of primitive operations or "steps" executed. A constant amount of time is required to execute each line of our pseudocode. One line may take a different amount of time than another line, but we shall assume that each execution of the ith line take time *ci*, where *ci* is a constant. This simple notation will also make it easy to determine whether one algorithm is more efficient than another. We start by presenting the insertion sort procedure with the time çcosté of each statement and the number of times each statement is executed. We let *tj* be the number of times the **while** loop test is executed for that value of j, and assume that comments are not executable statements, i.e. they take no time.

1. Analysis of insertion sort

The pseudocode of insertion sort is illustrated below. The running time of the algorithm is the sum of running times for each statement executed, i.e. a statement that take *ci* steps to execute and is executed n times will contribute *cin* to the total running time.

Insertion-Sort(A)		*cost*	*times*
1	**for** j <- 2 **to** *length[A]*	c_1	n
2	**do** *key* <- *A[j]*	c_2	n-1
3	/* Insert *A[j]* into the sorted */		
	/* sequence *A*[1..*j*-1] */	0	n-1
4	i <- *j* - 1	c_4	n-1
5	**while** $i > 0$ and $A[i] > key$	c_5	Σt_j (j=2 to n)
6	**do** $A[i+1]$ <- $A[i]$	c_6	$\Sigma(t_j-1)$ (j=2 to n)
7	i <- i - 1	c_7	$\Sigma(t_j-1)$ (j=2 to n)
8	$A[i+1]$ <- *key*	c_8	n-1

To compute T(n), the running time of Insertion-Sort, we sum the products of the cost and times columns, obtaining

$$T(n) = c_1n+c_2(n-1)+c_4(n-1)+c_5\Sigma\, t_j \text{ (j=2 to n)}+c_6\Sigma\,(t_j-1) \text{ (j=2 to n)}+c_7\,\Sigma(t_j-1) \text{ (j=2 to n)}+c_8(n-1).$$

The best case occurs if the array is already sorted. For each j=2,3,...,n, we then find that $A[i]$ <= key in line 5 when i has its initial value of j-1. Thus $t_j=1$ for j=2,3,...,n, and the best-case running time is

$$\begin{aligned} T(n) &= c_1n+c_2(n-1)+c_4(n-1)+c_5(n-1)+c_8(n-1) \\ &= (c_1+c_2+c_4+c_5+c_8)n - (c_2+c_4+c_5+c_8). \end{aligned}$$

This running time can be expressed as an+b for constant a and b that depend on the statement costs ci; it is thus a ***linear function*** of n.

If the array is in reverse sorted order — that is, in decreasing order — the worst case results. We must compare each element A[j] with each element in the entire sorted subarray A[1..j-1], and so $t_j=j$ for j=2,3,...,n. Noting that

$$\Sigma\, j \text{ (j=2 to n)} = n(n+1)/2 - 1 \quad \text{and} \quad \Sigma(j-1) \text{ (j=2 to n)} = n(n-1)/2$$

We find that in the worst case, the running time of Insertion-Sort is

$$\begin{aligned} T(n) &= c_1n+c_2(n-1)+c_4(n-1)+c_5(n(n+1)/2 - 1)+c_6n(n-1)/2 \\ &\quad +c_7(n(n-1)/2) +c_8(n-1) \\ &= (c_5/2+c_6/2+c_7/2)n^2+(c_1+c_2+c_4+c_5/2-c_6/2-c_7/2+c_8)n \\ &\quad -(c_2+c_4+c_5+c_8). \end{aligned}$$

The worst-case running time can be expressed as an2+bn+c for constants a,b, and c that again depend on the statement costs ci; it is thus ***a quadratic function*** of n.

The average-case is often roughly as bad as the worst case. Suppose that we randomly choose n numbers and apply insertion sort, half the elements in $A[1..j-1]$ are less than A[j], and half the elements are greater on average. On average, therefore, we check half of the subarray A[1..j-1], so $t_j=j/2$. If we work out the resulting average-case running time, it turns out to be *a quadratic function* of the input size, *just like the worst-case running time.*

Order of growth ***(also called complexity)***

We shall now make one more simplifying abstraction. It is the order of growth of the running time that really interests us. We therefore consider only the leading term of a formula (e.g., an2), since the lower-order terms are relatively insignificant for large n. We also ignore the leading term's constant coefficient, since constant factors are less significant that the rate of growth in determining computational efficiency for large inputs. Thus, we write that insertion sort has worst-case and average-case running time of $\Theta(n^2)$ *(pronounced "theta of n-squared").*

2. Analysis of binary-insertion sort

The binary-insertion sort is a version of insertion sort that inserts A[j] into the sorted sequences $A[1..j-1]$ by using binary search to find the place where $A[j]$ belongs. The pseudocode of binary-insertion sort is given below.

Binary-Insertion-Sort(A)	*cost*	*times*
for j <- 2 **to** *length*[A]	c_1	n
do *key* <- $A[j]$	c_2	n-1
q <- Binary-Search(A[1..j],key)	c_3	t(n)*
i <- j - 1	c_4	n-1
while i >= q	c_5	Σ tj (j=2 to n)
do $A[i+1]$ <- $A[i]$	c_6	Σ (tj-1) (j=2 to n)
i <- i - 1	c_7	Σ (tj-1) (j=2 to n)
$A[i+1]$ <- *key*	c_8	n-1

The analysis is similar to the insertion sort. The running time of Binary-Insertion-Sort, T(n), is also the summation of the products of the cost and times columns, obtaining

$$T(n) = c_1n+c_2(n-1)+c_3t(n)+c_4(n-1)+c_5\Sigma t_j \text{ (j=2 to n)}+c_6\Sigma(t_j-1) \text{ (j=2 to n)}+c_7\Sigma(t_j-1) \text{ (j=2 to n)}+c_8(n-1).$$

From $t(n) = t(n/2) + \Theta(1) = \Theta(\lg n)$ [* *taking time of binary search*],

Σt_j (j=2 to n) $= \Sigma j$ (j=2 to n) $= n(n+1)/2 - 1$ and

$\Sigma(t_j-1)$ (j=2 to n) $= \Sigma(j-1)$ (j=2 to n) $= n(n-1)/2$,

if the arrays is in reverse sorted-order, the worst case results; i.e. $t_j=j$ for j=2,3,...,n. The running time of Binary-Insertion-Sort can be derived as follows.

$$
\begin{aligned}
T(n) &= c_1n+c_2(n-1)+c_3\Theta(\lg n)+c_4(n-1)+c_5(n(n+1)/2 - 1))+c_6n(n-1)/2 \\
&\quad +c_7(n(n-1)/2) +c_8(n-1) \\
&= (c_5/2+c_6/2+c_7/2)n2+(c_1+c_2+c_4+c_5/2-c_6/2-c_7/2+c_8)n \\
&\quad -(c_2+c_4+c_5+c_8)+c_3\Theta(\lg n). \\
&= \Theta(n^2).
\end{aligned}
$$

On average-case, the running time is also obtained in term of a quadratic function of the input size; i.e. $\Theta(n^2)$, *just like the worst-case running time.*

3. Analysis of heap sort

Heap sort has the complexity of $\Theta(n\lg n)$, the same as quick sort and merge sort. The analysis of this algorithm is left over for ones who are interested in finding out the solution. As already illustrated, we can keep the previous analyzing method as hint how to go. However, the psedocode of heap sort and some explanation are given below.

Heapsort*(A)*

```
Build-Heap(A)
for i <- length[A] downto 2
        do exchange A[1] <-> A[i]
                heap-size[A] <- heap-size[A] - 1
                Heapify(A,1)
```

Build-Heap*(A)*

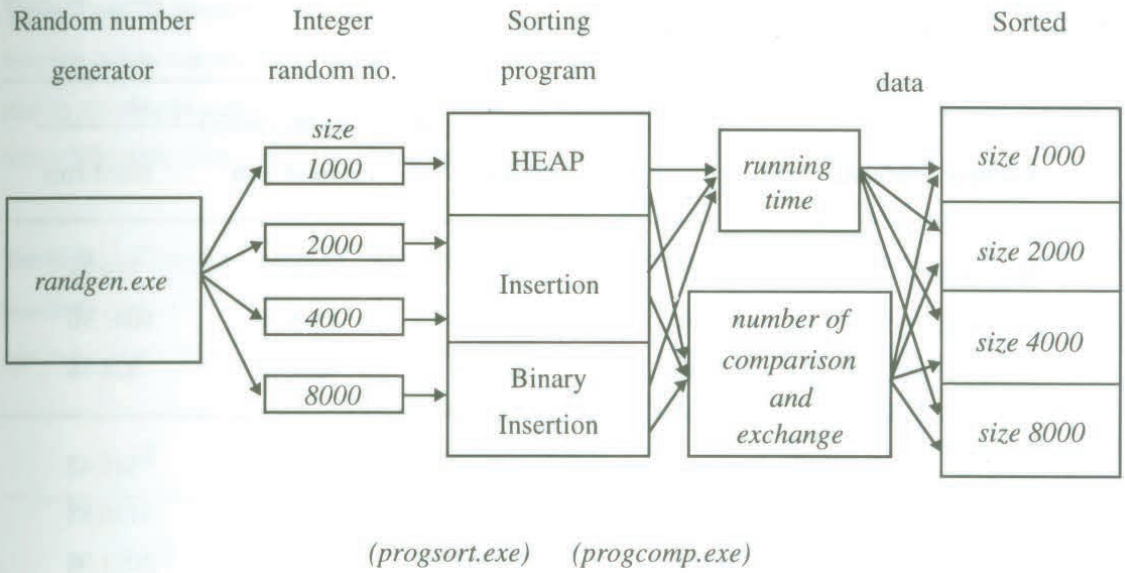
```
heap-size[A] <- length[A]
for i <- ⌊length[A]/2⌋ downto 1
        do Heapify(A,i)
```

```
Heapify(A,i)
    l <- LEFT(i)
    r <- RIGHT(i)
    if l <= heap-size[A] and A[l] > A[i]
            then largest <- l
            else largest <- i
    if r <= heap-size[A] and A[r] > A[largest]
            then largest <- r
    if largest <> i
            then exchange A[i] <-> A[largest]
                    Heapify(A,largest)
```

The Heap sort procedure takes time $\Theta(n\lg n)$, since the call to Build-Heap takes time $\Theta(n)$ and each of the n-1 calls to Heapify takes time $\Theta(\lg n)$. [*Note that, (lgn) is binary logarithm and is equal to* $\log_2 n$.]

III. Programming approach

The program applies the algorithm appeared in previous analyzing part. It was written in Borland Turbo C/C++ version 3.0 and was run on 33 Mhz IBM-compatible PC notebook. The program is composed of 3 parts, the first part is a random number generator that generates arrays of 1000, 2000, 4000, 8000 random integers. The second part is a sorting program that takes input data generated by the first part and sorts it by the three different sorting methods as mentioned earlier. It computes the running times the work done by each algorithm on each input array (not including I/O). The third part is a program that computes the number of comparison and exchange occured during sorting input files by each algorithm. Ones who are interested in source code of the programs can request by sending email to "wongsar@cs.ait.ac.th". The pictorial description of the program is illustrated below.



The random number generating program, *randgen.exe,* generates integer random number of sizes 1000, 2000, 4000, 8000 and write them into files data 1000.dat, data 2000.dat, data 4000.dat, and data 8000.dat, respectively. The sorting program, *progsort.exe,* then sorts each of input files that just derived from the first program by implementing the three sorting algorithms and write them into files heap1000, heap2000, heap4000, heap 8000, insert10, insert20, insert40, insert80, binsort1, binsort2, binsort3, and binsort4 and also computes the running time. *Note that, filenames imply types of sorting methods and sizes of input data.* Finally, the program progcomp.exe computes the number of comparison and exchange occured during sorting for each of the three sorting methods.

IV. Comparison between two approaches

The sorting program is run three times to find out average actual running time and its result is shown in Table 1. We take the order of growth occured in average case into consideration, since the input data derived from the random number generator could occure in sequence randomly. As being depicted in Table I, we find that the running times of three different runs are very little in change and heap sort gives the minimal running time, followed by binary insertion sort, and insertion sort, respectively. This appearance goes along the complexity of the sorting methods, i.e. complexity of heapsort, insertion sort, and binary insertion sort are $\Theta(n\lg n)$, $\Theta(n^2)$, and $\Theta(n^2)$, respectively. We will discuss the reasons behind the faster running time of binary insertion sort over insertion sort later.

Table 1: Actual running time (running program)

Sorting methods	N	Running times (milliseconds) first run	second run	third run
Heap Sort	1000	219.78	219.78	219.78
Insertion Sort	1000	1043.96	1043.96	1043.96
Binary Insertion	1000	824.18	824.18	824.18
Heap Sort	2000	549.45	549.45	549.45
Insertion Sort	2000	4120.88	4120.88	4120.88
Binary Insertion	2000	3021.98	3021.98	3021.98
Heap Sort	4000	1098.90	1153.85	1153.85
Insertion Sort	4000	16923.08	16868.13	16923.08
Binary Insertion	4000	12142.86	12142.86	12142.86
Heap Sort	8000	2472.53	2472.53	2472.53
Insertion Sort	8000	67197.80	67197.80	67142.86
Binary Insertion	8000	47417.58	47472.53	47472.53

Table II and III provide interesting results. The running times between the analyzing method and by running program are very closed to each other. When the data size to be sorted increases double, the running time in practice (running program) also increases nearly in order of n2. It is in accordance with complexity Θ(n2).

Table II: Compare running times between analyzing method and running program for insertion sort.

	Running Times: millisecond	
N	**Analyzing method ($\Theta(n^2)$)**	**Running program**
1000	1043.96	1043.96
2000	4175.84	4120.88
4000	16703.36	16923.08
8000	66813.44	67197.80

Table III: Compare running times between analyzing method and running program for binary-insertion sort.

	Running Times: millisecond	
N	**Analyzing method ($\Theta(n^2)$)**	**Running program**
1000	824.18	824.18
2000	3296.72	3021.98
4000	13186.88	12142.86
8000	52747.52	47472.53

In Table IV, the actual running time goes along Θ(nlgn) in the accepatable degree when data size, N, increases double. The idea to find out the running time of analyzing method, in term of Θ(nlgn), is that we use N at 1000 as the basis in analysis. Firstly, at N=1000, we give the the running time of analyzing method equal to those in running program. When the data size increases double, i.e. N equals to 2000, its running time could increase in term of 2 multiplied by lg(2000)/lg(1000). Also, if we want to find out the running time of analyzing method when N equals to 8000, we could multiply 8 by lg(8000)/lg(1000) and the running times of which N equals to 1000.

Table IV: Compare running times between analyzing method and running program for heap sort.

	Running Times: millisecond	
N	**Analyzing method (Θ(nlgn))**	**Running program**
1000	219.78	219.78
2000	483.52	549.45
4000	1054.94	1153.85
8000	2285.71	2472.53

Table V gives very interesting results among the three sorting methods. The total number of comparison and exchange for heap-sort is minimal among the three, this is the reason why its running time is much less than the other two that have complexity in order of n^2, $\Theta(n^2)$; *Be remembered that, the order of growth on heapsort is Θ(nlgn).* If we narrow to compare between insertion sort and binary insertion sort, although both have $\Theta(n^2)$ in order of growth, the number of comparisons and exchanges occured in binary insertion sort fall into half of those in binary sort. This reason causes running times of binary insertion sort less than those of insertion sort in all of cases no matter how data in arrays are sequenced.

Table V: Number of comparisons and exchanges by running program.

		On average of 3-times running program		
Sorting Methods	**N**	**No. Comparison [1]**	**No. Exchanges [2]**	**Total [1]+[2]**
Heap Sort	1000	13576	9109	22685
Insertion Sort	1000	251762	250768	502530
Binary-Insertion	1000	17117	250787	267904
Heap Sort	2000	30075	20205	50280
Insertion Sort	2000	967772	965779	1933551
Binary-Insertion	2000	38192	965837	1004029
Heap Sort	4000	65866	44287	110153
Insertion Sort	4000	3986690	3982696	7969386
Binary-Insertion	4000	83826	3982948	4066774
Heap Sort	8000	144085	96688	240773
Insertion Sort	8000	15861230	15853237	31714467
Binary-Insertion	8000	182414	15854210	16036624

V. Conclusion

As already mentioned, we take the order of growth occurred in average case to make analysis. This assumption may be a little bit wrong if actual input data are not sequenced randomly, i.e. instead, the best or worst cases could be taken into consideration. But as having examined, we find that the running times derived from running program and analyzing methods are very closed to each other. We are narrow to find out the reasons behind faster running times by taking the number of comparison and exchange to be corporated in analysis and find that the more the number of comparison and exchange occure, the more the running times increase. This occurrence is very obvious among the three sorting methods. Finally, it comes to the conclusion that on average case the complexity of heap sort, insertion sort, and binary insertion sort derived from analyzing methods and by running program go along $\Theta(n\lg n)$, $\Theta(n^2)$, and $\Theta(n^2)$, respectively.

References:

[1] Donald E. Knuth. 1973. *Fundamental Algorithms,* volume 1 *of The Art of Computer Programming.* Addision-Wesley.

[2] Donald E. Knuth. 1981. *Seminumerical Algorithms,* volume 2 *of The Art of Computer Programming.* Addison-Wesley.

[3] Donald E. Knuth. 1973. *Sorting and Searching,* volume 3 *of The Art of Computer Programming.* Addison-Wesley.

[4] Alfred V. Aho, John E. Hopcroft, and Jeffrey D. Ullman. 1974. *The design and Analysis of Computer Algorithms.* Addison-Wesley.

[5] J.W.J. Williams. Algorithm 232 (heapsort). 1964. *Communications of the ACM,* 7:347-348.

[6] Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, and Ronald L. Rivest. 1990. *Introduction to Algorithms.* McGraw-Hill, pp. 8, 143-147.

[7] Sara Baase. 1988. *Computer Algorithms: Introduction to Design and Analysis.* Addison-Wesley.

[8] Gilles Brassard and Paul Bratley. 1988. *Algorithmics: Theory and Practice.* Prentice-Hall.

[9] Ellis Horowitz and Sartaj Sahhni. 1978. *Fundamentals of Computer Algorithms.* Computer Science Press.

[10] Udi Manber. 1989. *Introduction to Algorithms: A Creative Approach.* Addison-Wesley.

[11] Paul W. Purdom, Jr., and Cynthia A. Brown. 1985. *The Analysis of Algorithms.* Holt, Rinehart, and Winston.

[12] Robert Sedgewick. 1988. *Algorithms.* Addison-Wesley, second edition.

[13] Herbert S. Wilf. 1986. *Algorithms and Complexity.* Prentice-Hall.

[14] Jon L. Bentley. 1982. *Writing Efficient Programs.* Prentice-Hall.

[15] Jon L. Bentley. 1986. *Programming Pearls.* Addison-Wesley.

[16] G.H. Gonnet. 1984. *Handbook of Algorithms and Data Structures.* Addison-Wesley.

ว.วิทย มข. 25(3) : 175-181 (2540)

เห็ดพิษหรือเห็ดเมา
(The Poisonous Mushroom)

วิชัย ณีรัตนพันธุ์

เห็ดเป็นที่รู้จักและคุ้นเคยของมนุษย์เป็นเวลานาน เนื่องจากเห็ดบางชนิดเป็นอาหารชนิดหนึ่งที่ให้รสชาติอร่อย น่ากิน บางชนิดมีคุณค่าทางอาหารเทียบเท่ากับเนื้อสัตว์เลยทีเดียว ในฤดูกาลที่มีดอกเห็ดจึงมีผู้ชอบไปเสาะแสวงหาเพื่อนำมาประกอบอาหาร ในบรรดาเห็ดที่ขึ้นในธรรมชาตินั้นมีมากมาย บางชนิดนำมารับประทานได้ บางชนิดรับประทานแล้วทำให้เกิดอาการผิดปกติหรืออาจถึงตายได้ จึงเรียกเห็ดพวกนี้ว่า เห็ดพิษหรือเห็ดเมาการนำเอาเห็ดมารับประทานนั้น มักเลือกเอาตามความเคยชิน ส่วนชนิดที่ไม่เคยก็จะไม่นำมารับประทาน อย่างไรก็ตามลักษณะของดอกเห็ดที่รับประทานได้และดอกเห็ดที่เป็นพิษบางชนิดมีลักษณะคล้ายคลึงกันมาก ซึ่งอาจทำให้เกิดความเข้าใจผิด เมื่อนำมารับประทานอาจทำให้ถึงกับเสียชีวิตต่อตนเองและครอบครัว วิธีการต่าง ๆ ที่จะนำมาตรวจสอบว่าเห็ดชนิดใดเป็นพิษบ้างตามที่ทราบกันมาก็ยังใช้เป็นวิธีการมาตรฐานไม่ได้ เช่น เห็ดที่เป็นพิษจะทำให้ช้อนเงินเปลี่ยนสี, เมื่อนำเอาเห็ดไปต้มหุงรวมกับข้าวจะทำให้ข้าวสุก ๆ ดิบ ๆ ถ้าทำหมวกเห็ดให้เป็นรอยจะมีสีเหลืองหรือดำ เห็ดที่ไม่สามารถลอกเปลือกหมวกได้ เป็นต้น วิธีการที่กล่าวมานี้เป็นเพียงแนวทางอย่างหนึ่งเท่านั้น ซึ่งไม่ได้เป็นจริงเสมอไป เช่น เห็ดตับเต่า *(Boletus)* เป็นเห็ดที่นำมารับประทานได้ชนิดหนึ่งในประเทศไทย เมื่อถูกทำให้เป็นรอยก็จะมีสีเหลืองหรือดำ เห็ดที่มีพิษมากชนิดหนึ่งคือ *Amanita virosa* สามารถลอกเปลือกหมวกออกได้

วิธีการทดสอบความเป็นพิษของเห็ดที่ได้ผลดีที่สุดคือ การทดลองรับประทาน แต่คนที่จะทดลองก็ต้องเข้าใจเสียก่อนว่าอาจเป็นพิษรุนแรงถึงตายได้ เช่น *Amanita phalloides* เพียงดอกเดียวก็เพียงพอสำหรับฆ่าเด็กได้ ดังนั้นถ้าทดลองรับประทานก็ต้องเริ่มแต่เพียงเล็กน้อยก่อน แล้วคอยดูอาการที่เกิดขึ้นเป็นอย่างไร ต่อมาอีก 2-3 วัน ถ้าไม่มีอาการอะไร จึงรับประทานใหม่ให้ชิ้นใหญ่ขึ้นอีกเล็กน้อย เห็ดพิษบางชนิดอาจไม่แสดงอาการในสัตว์ เช่น แมวที่ถูกบังคับหรือลอกให้กิน การไม่แสดงอาการในสุนัข, หนอน, ไม่ได้แสดงว่าเห็ดนั้นปลอดภัยแต่อย่างใด

สารพิษและความเป็นพิษที่มีในดอกเห็ดแตกต่างกันไป เมื่อกินเห็ดพิษเข้าไป อาการเริ่มแรกโดยทั่วไปคือ ท้องเดิน คลื่นไส้ หลังจากนั้นจะอยู่ในระยะพัก (incubation period) คือผู้ป่วยจะมีอาการดีขึ้น ระยะพักจะกินเวลาสั้นหรือนานขึ้นอยู่กับแต่ละชนิด บางชนิดกินเวลาประมาณ 30 นาที แล้วจึงเกิดอาการระยะที่สอง บางชนิดกินเวลาประมาณ 24-40 ชม. เห็ดพิษที่มีระยะพักนานมักเป็นชนิดที่มีพิษมากเช่น *Amanita phalloides* อาการครั้งแรกจะเกิดขึ้น หลังจากรับประทาน

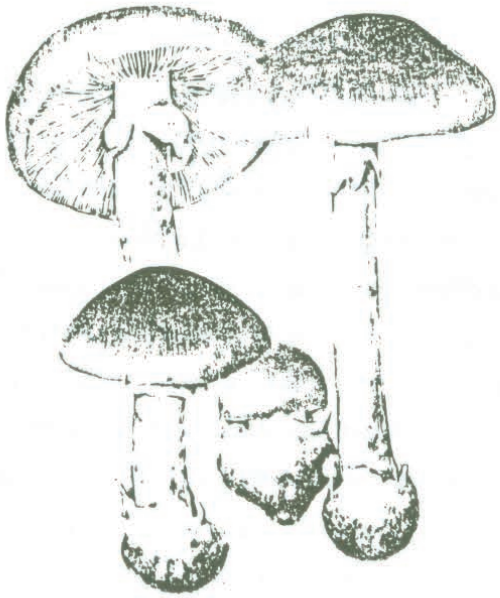
*อาจารย์ประจำภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เข้าไปแล้วประมาณ 6-9 ชม. ภายหลังจาก 24 ชม. หรือ 40 ชม. พิษจะเข้าไปในกระแสเลือดและอาการจะกลับดีขึ้นได้ยาก

วิธีการปฏิบัติสำหรับผู้ป่วยที่รับประทานเห็ดพิษเข้าไปคือ ต้องนำส่งโรงพยาบาลหรือก่อนนำส่งโรงพยาบาลควรจะทำให้ผู้ป่วย อาเจียนหรือถ่ายท้องเสียก่อน เพื่อลดความเป็นพิษของเห็ดให้น้อยลงวิธีการทำให้ผู้ป่วยอาเจียนสามารถทำได้ง่าย ๆ คือใช้นิ้วมือล้วงลงไปในลำคอหรือใช้ขนไก่แทนก็ได้ หรือดื่มน้ำอุ่นมาก ๆ หรือใช้ยาที่ทำให้เกิดอาเจียน สิ่งที่ควรระวังคือห้ามผู้ป่วยดื่มเหล้าหรือเครื่องดื่มประเภทที่มีแอลกอฮอล์เป็นส่วนประกอบ เนื่องจากแอลกอฮอล์จะไปละลายเอาพิษของเห็ดให้เข้าไปในกระแสเลือดได้เร็วขึ้น สิ่งที่ผู้ป่วยอาเจียนหรือส่วนของอาหารที่รับประทานควรเก็บเอาไว้หรือได้ส่วนของดอกเห็ดที่ยังสดอยู่ก็จะเป็นการดี เพื่อจะได้นำเอาไปใช้ตรวจสอบว่าเป็นเห็ดพวกใดซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการเพิ่มความรู้เกี่ยวกับเห็ดที่เป็นพิษด้วย

ถ้าแบ่งเห็ดพิษออกตามชนิดของพิษจะแบ่งได้ 7 กลุ่มคือ

I. พวกที่มีพิษถึงตาย เห็ดที่มีพิษมากที่สุดในกลุ่มนี้คือ *Amanita phalloides* มีขนาดหมวกเห็ดโตประมาณ 3 นิ้ว ถ้าเปียกน้ำจะเหนียวหนืดเล็กน้อย หมวกเห็ดมีสีแตกต่างกัน ตั้งแต่สีขาวเหลืองอ่อน ๆ จนถึงเขียวมะกอก ขอบหมวกเรียบ ครีบ (gill) เป็นอิสระบางสีขาว สปอร์สีขาว ก้านสีขาวเรียบยาวประมาณ 3-5 นิ้ว ส่วนของโคนไม่สม่ำเสมอกัน บริเวณโคนพองออกเล็กน้อย มีปลอกหุ้มโคนก้านอย่างหลวม ๆ เห็นได้ชัดเจน วงแหวนที่คอก้านมีขนาดโตห้อยติดอยู่ มีสีขาวหรือเขียว ดอกเห็ดมีกลิ่นหวานอ่อน ๆ มักขึ้นในดินที่มีอินทรีย์วัตถุมาก เมื่อรับประทานเห็ดชนิดนี้เข้าไปประมาณ 6-9 ชม. ผู้ป่วยจะรู้สึกปวดท้อง เหงื่อออก อาเจียน ท้องเดิน ท้องขึ้น ตับแข็งและบวม ไม่มีปัสสาวะ หลังจากนั้นผู้ป่วยจะมีอาการดีขึ้น อาการระยะที่สองจะรุนแรงกว่าเดิมคือหัวใจเต้นและหยุด ตัวเย็น การตอบสนองน้อยลง ภายหลังจากนั้น 2-3 วัน ผู้ป่วยจะถึงขั้นโคมา (coma) เมื่อกินเห็ดชนิดนี้เข้าไปประมาณ 5-10 วัน ผู้ป่วยจะตายเร็วหรือช้าก็ขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของผู้ป่วย



ภาพที่ 1 ลักษณะรูปร่างของ Amanita phalloides

สปอร์ของเห็ดชนิดนี้มีพิษรุนแรงเท่า ๆ กับน้ำที่คั้นออกจากดอกเห็ด ทำการทดลองฉีดสปอร์ของเห็ดเข้าไปในหนูและกระต่ายได้ผลการทดลองดังนี้คือ

เมื่อฉีดสปอร์เข้าไปในหนู

0.01-0.02 กรัม หนูกลับเป็นปกติได้

0.03-0.05 กรัม ตายภายใน 24 ชม.

0.1-0.2 กรัม ตายภายใน 2-5 ชม.

เมื่อฉีดสปอร์เข้าไปในกระต่าย

0.002 กรัม กระต่ายกลับเป็นปกติได้

0.005 กรัม ตายภายใน 48 ชม.

0.01-0.04 กรัม ตายภายใน 2-24 ชม.

0.05 กรัม ตายภายใน 30 นาที

วิธีการฉีดคือ เตรียมโดยชั่งน้ำหนักของสปอร์แล้วเอาไปละลายในน้ำที่ฆ่าเชื้อแล้ว หรือชั่งน้ำหนักของสปอร์แล้วแช่ในน้ำไว้ 24 ชม. จากนั้นจึงกรองเอาสปอร์ออก นำเอาน้ำที่ได้ไปทดลอง ปรากฏว่าทั้ง 2 วิธีเกิดอาการขึ้นเหมือนกัน อุณหภูมิสูงไม่ทำให้พิษเปลี่ยนแปลงเลย

สารพิษที่พบในเห็ดชนิดนี้มี 3 ชนิดคือ

1. Phallin เป็นสารพิษที่ทำลายเม็ดเลือดแดง (haemolytic poisons) แต่สารนี้สามารถทำลายได้ด้วย 0.3% ของกรดเกลือ (HCl) และเปปซิน (pepsin) ที่อุณหภูมิ 37.5°ซ ดังนั้นพิษนี้จึงถูกทำลายได้เมื่อเข้าไปอยู่ในกระเพาะ ผู้ตั้งชื่อสารนี้คือ Kobert เมื่อปี ค.ศ. 1891

2. Phalloidin ($C_{30}H_{43}O_9N_4S$) เป็นสารพิษชนิดหนึ่ง ที่ทำให้ตายได้แต่ต้องใช้ปริมาณมาก ผู้ที่แยกเป็นสารบริสุทธิ์และตั้งชื่อสารนี้คือ U. Weiland เมื่อปี ค.ศ. 1937

3. Amanitin ($C_3H_{45}(OR47)O_{12}N_7S$) สารพิษนี้ เมื่อถูกผิวหนังจะทำให้เกิดอาการบวมและผิวหนังเน่าเปื่อย สารพิษนี้เมื่ออยู่ในสภาพบริสุทธิ์เป็นพิษที่รุนแรงมาก ผู้ที่สามารถแยกเป็นสารบริสุทธิ์และตั้งชื่อสารนี้คือ Heinrich Weiland เมื่อปี ค.ศ. 1941

II. เห็ดพวกที่มีสาร Mycoatropine เห็ดพวกนี้มีความรุนแรงน้อยกว่าพวกแรกซึ่งได้แก่ *Amanita muscaria, Amanita pantherina*

Amanita muscaria เป็นดอกเห็ดที่มีสีสดสวย หมวกเห็ดมีสีแดง ส้ม น้ำตาล สีชมพูเข้ม มีขนาดกว้าง 3-8 นิ้ว สูง 4-8 นิ้ว บนผิวหมวกมีสะเก็ด (scale) ติดอยู่ทั่วไป เมื่ออากาศชื้นบริเวณผิวหมวกจะมีลักษณะหนืดเล็กน้อย บางครั้งสะเก็ดบนหมวกเห็ดอาจถูกชะล้างออกไปได้ สปอร์มีสีขาว บริเวณโคนของก้านจะพองโตแล้วเรียวขึ้นไปด้านบนห่วง (ring) มีสีขาวหรือสีครีมและอยู่ค่อนข้างสูง ขนาดค่อนข้างโตเมื่อเปรียบเทียบกับชนิดอื่น ๆ

ภาพที่ 2 ลักษณะรูปร่างของ *Amanita muscaria* (Fly mushroom)

Amanita pantherina เป็นดอกเห็ดที่มีน้ำตาลหรือเทาอมน้ำตาล หมวกเห็ดมีขนาดกว้างประมาณ 4 นิ้ว บนหมวกเห็ดมีสะเก็ดประปราย สูงประมาณ 4 นิ้ว สปอร์มีสีขาว โคนของก้านพองออก เมื่อรับประทานเห็ดในกลุ่มนี้เข้าไปแล้วประมาณ 1/2-4 ชม. จะมีอาการเริ่มขึ้น ลักษณะสำคัญคือ มันจะไปกระตุ้นประสาทคล้ายอาการของพิษสุรา เวียนศีรษะ พิษของเห็ดชนิดนี้ไม่เป็นอันตรายมาก ผู้ป่วยจะเป็นปกติได้อย่างรวดเร็ว แต่ผู้ป่วยอาจจะถึงตายได้ ถ้ามีอาการไข้อยู่ก่อน

ภาพที่ 3 ลักษณะรูปร่างของ *Amanita pantherina*

จากการทดลองของ R.Dujanic, de la Riviere และ Garnal โดยฉีดสปอร์ของ *Amanita muscaria* ประมาณ 0.2 กรัม เข้าไปในหนูพบว่าสามารถทำให้หนูตายได้ภายใน 24 ชม. ถ้าฉีดสปอร์เข้าไปในจำนวนที่มากกว่านี้ก็จะทำให้หนูตายได้เร็วขึ้น หรือถ้าฉีดเข้าไปในกระต่ายมากกว่า 0.2 กรัมจะทำให้กระต่ายตายภายใน 24-36 ชม.

สารพิษที่พบในเห็ดกลุ่มนี้มี 4 ชนิดคือ

1. Mycoatropine
2. Muscarin ($C_5H_{15}NO_3$)
3. Mycotoxin
4. Cholin ($C_5H_1NO_2$)

III. เห็ดที่มีสารพิษพวก Muscarin เดิมเข้าใจว่า Muscarin มีมากในพวก *Amanita muscaria* หลังจากตั้งชื่อเห็ดนี้แล้ว ต่อมาพบว่ามีเห็ดชนิดอื่น ๆ ที่มีสาร Muscarin ในปริมาณที่มากกว่า เห็ดที่พบว่ามีสารนี้มากได้แก่ *Inocybe* จากการทดลองของ Wiki และ Jaccottet พบว่าเห็ดชนิดนี้ไม่ได้มีพิษทุกสปีชี่ (species)

C. Loup ในปี ค.ศ. 1938 (Groves, 1972) ได้จำแนก *Inocybe* ออกตามชนิดของพิษ จากการทดลอง 33 สปีชี่พบว่าประกอบด้วยสาร Muscarin ในปริมาณที่แตกต่างกัน ตามรายการต่อไปนี้

1. พวกที่มีสาร Muscarin ในปริมาณที่สูง

Inocybe napipes	3.3-16%
Inocybe patouillardi	6.4-8%
Inocybe fastigiata	5.3-6.4%

2. พวกที่มีสาร Muscarin ในปริมาณปานกลาง

Inocybe geophylla	0.8-3.2%
Inocybe lucifuga	2.3-2.8%
Inocybe lannginosa	16%
Inocybe umbrina	0.8-1.6%
Inocybe asterospora	0.5-1.6%

3. พวกที่มีสาร Muscarin ในปริมาณต่ำ

Inocybe praeterisa	0.8%
Inocybe brunnea	0.5-0.8%
Inocybe eutheles	0.3-0.8%
Inocybe posterula	0.4-0.46%
Inocybe flocculosa	0.4%

4. พวกที่มีในปริมาณที่ต่ำมาก

Inocybe hystrix	0.2-0.23%
Inocybe godegi	0.11-0.16%
Inocybe cineinnate	0.08-0.16%

พวกที่มีปริมาณของ Muscarin ต่ำสุดได้แก่ *Inocybe dulcamara, I. cervicolor, I.maculata, I.piridora, I.incarnata* และ *I.petiginosa*

พวกที่ไม่พบสาร Muscarin เลยได้แก่ *I. jurana, I.bongardi, I. cookei, I. corydalina, I.fibrosa, I.bresadolae* และ *I. calospora*

อาการที่เกิดจากพิษของสาร Muscarin คือ ทำให้เหงื่อไหล น้ำตา น้ำมูกและน้ำลายไหล อาเจียน ท้องเดิน ปวดท้อง การทำงานของหัวใจช้าลง การขยายตัวของเส้นเลือดฝอยโดยเฉพาะที่ศีรษะจึงทำให้ความดันต่ำ เกิดการบวมของปอด หายใจลำบากและในที่สุดจะตาย

IV. เห็ดพวกที่ทำให้เกิดอาการผิดปกติของทางเดินอาหาร เห็ดในกลุ่มนี้ที่สำคัญได้แก่ *Entoloma lividum* และ *Tricholoma pardinum* ถ้ารับประทานเห็ดพวกนี้เข้าไปประมาณ 1-2 ชม. อาการเริ่มแรกจะรุนแรงคือ อาเจียน ท้องเดิน กระเพาะอาหารและลำไส้ เกิดอาการปั่นป่วน เหงื่อออก อาการเช่นนี้จะเป็นอยู่หลายวัน ผู้ป่วยจะอ่อนเพลียมาก ความเป็นพิษของเห็ดชนิดนี้เกิดจากสาร stibiokalitartaricum ($C_4H_4SbKO_7$)

ภาพที่ 4 ลักษณะรูปร่างของ *Entoloma lividum*

V. เห็ดพวกที่ทำให้เกิดอาการท้องเดินอย่างรุนแรง (Resinoid Syndrome) เห็ดที่ทำให้เกิดอาการเช่นนี้ได้แก่ *Russulae* และ *Lactarii* พวกนี้จะมีกลิ่นฉุน เมื่อรับประทานเข้าไปจะทำให้เกิดอาการท้องเดินอย่างรุนแรง อาเจียนและปวดท้อง การต้มสามารถทำลายสารพิษของเห็ดพวกนี้ได้ ดังนั้นเมื่อนำเอาไปต้มจึงสามารถจะนำมารับประทานได้แต่การต้มควรจะเอาน้ำทิ้งไปหรือต้มใหม่หลาย ๆ ครั้ง อย่างไรก็ตามกลิ่นเหม็นของพวกนี้ยังมีอยู่

VI. เห็ดพวกที่มีสาร Helvellic acid พิษของเห็ดพวกนี้จะไปทำลายเม็ดเลือดแดง (Haemolytic Syndrome) จึงทำให้เกิดอาการ Haemoglobinuria และ Haemolytic jaundice สารพิษที่ทำให้เกิดอาการดังกล่าวคือ Helvellic acid ($C_{12}H_{20}O_7$) สารพิษนี้สามารถทำลายได้โดยการลวกหรือทำให้แห้ง ดังนั้นเห็ดที่มีสาร Helvellic acid จะเป็นพิษก็ต่อเมื่อยังดิบอยู่ จึงไม่สมควรที่นำเอาไปทำอาหารจำพวกสลัดหรืออาหารสุก ๆ ดิบ ๆ ปริมาณของสาร Helvellic acid ในแต่ละชนิดไม่เท่ากันจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอากาศและสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างของเห็ดที่มีสารพิษพวกนี้เช่น *Gyromitra esculenta*

ภาพที่ 5 ลักษณะรูปร่างของ *Gyromitra esculenta*

VII. เห็ดพิษที่เกิดพิษหลังจากการดื่มเครื่องดื่มประเภทแอลกอฮอล์ เห็ดในกลุ่มนี้ ได้แก่ *Coprinus atramentarius* และ *Coprinus micaceus* ทั้ง 2 ชนิดเป็นพวกที่รับประทานได้ พวกนี้มีกลิ่นและรสอร่อย เมื่อยังอ่อนมีสีสดสวยและน่ารับประทาน เมื่อนำเอาเห็ดพวกนี้มาทำอาหารจะต้องไม่มีส่วนประกอบของเหล้าหรือเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ ถ้ารับประทานเห็ดชนิดนี้เข้าไปแล้วดื่มเครื่องดื่มประเภทแอลกอฮอล์ด้วย ประมาณ 20 นาที ถึง 2 ชม. ก็จะแสดงอาการของพิษคือหน้าแดงทันทีและแพร่กระจายไปตลอดลำคอและตามร่างกาย แต่ที่จมูกและใบหูจะซีด ในขณะเดียวกันหัวใจจะเต้นแรงประมาณ 130-150 ครั้งต่อนาที แต่ไม่มีอาการอย่างอื่น เช่น ปวดศีรษะ ปวดท้อง อาเจียน ในวันรุ่งขึ้นถ้าดื่มเครื่องดื่มประเภทแอลกอฮอล์เข้าไปอีกจะมีอาการเช่นเดิมแต่จะรุนแรงน้อยกว่าวันแรก สารพิษของ *Coprinus* เป็นชนิดที่ละลายน้ำได้ยากแต่ละลายได้ในแอลกอฮอล์ ผู้ที่รับประทานเห็ดชนิดนี้แล้วดื่มเครื่องดื่มประเภทแอลกอฮอล์จึงแสดงอาการขึ้น ในปี ค.ศ. 1931 Thellung (Groves, 1972) ได้ อธิบายอาการของพิษเห็ดนี้หลังจากดื่มเหล้า (cider) ปรากฏว่า หัวใจเต้นอย่างรุนแรงประมาณ 140 ครั้งต่อนาที ศีรษะร้อน ผิวหนังมีสีแดง ริมฝีปากแห้ง กระหายน้ำมาก พูดลำบาก มองเห็นไม่ชัด แต่ไม่มีอาการเกี่ยวกับท้อง หลังจากนั้น 2-3 ชม. อาการดีขึ้นเหมือนเดิม ในปี 1935 Suss ได้ทำการทดลองกับตัวของเขาเองโดยวันแรกรับประทานเห็ดเข้าไปแต่ไม่ดื่มเครื่องดื่มประเภทแอลกอฮอล์ ปรากฏว่าไม่มีอาการใด ๆ เกิดขึ้น วันที่ 3 ไม่รับประทานเห็ดแต่ดื่มเฉพาะเบียร์ หลังจากนั้น 10 นาที เขารู้สึกหัวใจเต้นแรงขึ้นใบหน้าแดง จากนั้น 1 ชม. อาการค่อย ๆ หายไป

เห็ดที่รับประทานได้ในประเทศเรามีจำนวนมาก และที่เป็นพิษก็มีมากเช่นกันการนำเอามารับประทานจึงควรระมัดระวังให้มาก เพราะถ้าเป็นชนิดที่เป็นพิษอาจทำอันตรายถึงแก่ชีวิตได้ทั้งครอบครัว เห็ดชนิดใดที่ไม่แน่ใจจึงไม่ควรนำมารับประทาน ถ้าบังเอิญหรือเกิดความผิดพลาดนำเอาเห็ดพิษมารับประทานก็ควรจะรู้วิธีการเบื้องต้นว่า

จะทำอย่างไร ก่อนที่จะนำส่งโรงพยาบาล เห็ดบางชนิดรับประทานได้ก็ต่อเมื่อทำให้สุก ถ้านำมารับประทานดิบก็อาจเกิดอันตรายได้ เพราะฉะนั้นจึงไม่ควรนำเอามาประกอบอาหารประเภทสลัด อาการผิดปกติบางอย่างอาจเกิดขึ้นได้เมื่อดื่มเครื่องดื่มประเภทแอลกอฮอล์หลังจากรับประทานเห็ดเข้าไป การแก้ไขอาการนี้สามารถทำได้โดยงดดื่มเครื่องดื่มประเภทแอลกอฮอล์ก็จะช่วยให้อาการดีขึ้น

ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีเห็ดจำนวนมากที่นำมาขายในท้องตลาด การเลือกซื้อเพื่อนำมาประกอบอาหารก็ควรเลือกชนิดที่แน่ใจและเคยรับประทานดีกว่าที่จะนำเอาชนิดที่ไม่รู้จักมารับประทาน ถึงแม้ว่าผู้ขายจะบอกว่ารับประทานได้ แต่เมื่อเรานำเอามารับประทาน อาการหรือโทษที่ได้รับนั้นก็คือผู้ซื้อเท่านั้น การป้องกันหรือระมัดระวังไว้เสียก่อนดีกว่าที่จะมาแก้ไข เพราะนั่นหมายถึงอาจต้องสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินโดยไม่จำเป็น

บรรณานุกรม

1. August to Rinaldi and Vassili Tyndalo, 1972. Mashrooms and other Fungi. The Hamlyn Publishing Group Limited. London. 333 pages.
2. Gray, W.O. 1959. The Relationship of Fungi to Human Affairs. Hemy Holt and Company Inc, New York, pp. 481-487.
3. Groves, W.J. 1977. Edible and Poisonous Mushrooms of Canada. Ottawa, Canada. pp. 54-72.
4. Helen, L. Pursey. 1977. The Wonderful World of Mushroons and Other Fungi The Hamlyn Publishing Group Limited London. 96 papes.
5. Ramsbottom, I. 1969. Mushrooms and Toadstools. Collina Clear-type Press. London. pp. 30-63.
6. Wolf, F.A. and F.I. Wolf. 1947. The Fungi. Vol II, John Wiley & Sons. Inc. London. pp. 339-359.

ว.วิทย มข. 25(3) : 182-188 (2540)

พัฒนาการของอับเรณูและละอองเรณู

*กัลยา เพ็ญสุวรรณ
**รัชนี ฉวีราช

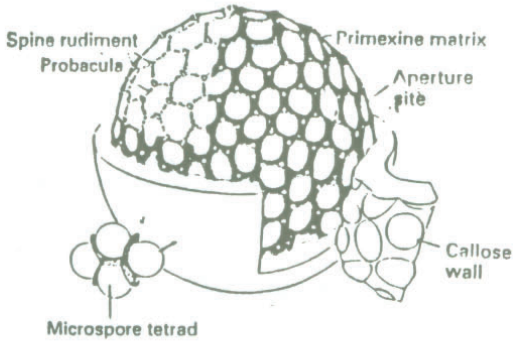
ในพืชชั้นสูงโดยทั่วไป กระบวนการสืบพันธุ์เกิดขึ้นในส่วนของดอกไม้ เกสรตัวผู้ เป็นอวัยวะที่สร้างแกมีโทไฟต์เพศผู้ (male gametophtye) ที่เรียกว่า ละอองเรณู หรือ ละอองเกสรตัวผู้ (pollen grain) ขึ้นภายในส่วนถุงละอองเรณู (pollen sac) ของอับเรณู (anther) ดังภาพที่ 1 ละอองเรณูมีความสำคัญในการควบคุมกระบวนการสืบพันธุ์แบบมีเพศ ทำหน้าที่สร้างและถ่ายทอดเซลล์สเปิร์ม (sperm cell) และเจเนเรตีฟเซลล์ (generative cell) ผ่านหลอดละอองเรณู (pollen tube) ไปยังถุงเอมบริโอ (embryo sac) ทำให้เกิดการปฏิสนธิ (fertilization) เกิดขึ้น

อับเรณูและละอองเรณูของพืชโดยทั่ว ๆ ไปเจริญพัฒนามาจากกลุ่มเซลล์เจริญ (meristematic cells) ที่มีการเจริญเปลี่ยนแปลงไปเป็นกลุ่มเซลล์ภายในถุงละอองเรณู (microsporangium) 4 กลุ่ม ในอับเรณูที่อ่อนมาก ๆพบว่าประกอบด้วยเซลล์เจริญ (meristematic cells) ที่มีรูปร่างเหมือนกันหมด ถูกล้อมรอบด้วยชั้นอิพิเดอร์มิส (epidermal cells) เมื่ออับเรณูมีพัฒนาการมากขึ้นกลุ่มเซลล์ใต้ชั้นอิพิเดอร์มิสในแต่ละพูมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปโดยมีขนาดใหญ่กว่าเซลล์อื่น ๆ และมีนิวเคลียสขนาดใหญ่ กลุ่มเซลล์นี้เรียกว่า กลุ่มเซลล์อะคิสปอร์เรียล (archesporial cells) ซึ่งต่อมากลุ่มเซลล์เหล่านี้แบ่งตัวแบบขนานให้เนื้อเยื่อ 2 ชั้น ชั้นนอกเรียกว่า ชั้นพาไรทอลปฐมภูมิ (primary parietal layer) ชั้นในเรียกว่า ชั้นสปอโรจีนัสปฐมภูมิ (primary sporogeneous layer) ชั้นพาไรทอลปฐมภูมิแบ่งตัวในแนวขนานได้ 2 ชั้น คือ พาไรทอลทุติยภูมิชั้นนอก (secondary outer parietal layer) และพาไรทอลทุติยภูมิชั้นใน (secondary inner parietal layer) ชั้นพาไรทอลทุติยภูมิชั้นนอกมีการแบ่งเซลล์ในแนวนอนได้เป็นชั้นเอนโดทีเซียม (endothecium layer) และชั้นมิดเดิล (middle layer) ส่วนชั้นพาไรทอลทุติยภูมิชั้นในแบ่งตัวในแนวนอนได้ชั้นมิดเดิล และชั้นเทพีทัม (tapetum) ทั้ง 4 ชั้นที่เกิดจากชั้นพาไรทอลเหล่านี้ประกอบกันเป็นผนังของอับเรณู (anther wall) ส่วนกลุ่มเซลล์สปอโรจีนัสทำหน้าที่เป็นเซลล์ที่สร้างเซลล์ไมโครสปอร์ (microspore mother cells) ในกรณีของข้าว IR-30 พบว่า กลุ่มเซลล์สปอรโรจีนัสปฐมภูมิ แบ่งเซลล์แบบไมโตซิสได้เป็นเซลล์สปอโรจีนัสทุติยภูมิ (secondary sporogeneous cell หรือ microspore mother cell หรือ microsporocyte) ซึ่งพบว่าทั้ง 4 พู มีไมโครสปอโรไซต์อยู่ประมาณ 60 เซลล์ จากนั้นไมโครสปอโรไซต์แบ่งตัวไมโอซิส 2 ครั้ง ได้ไมโครสปอร์ที่มีจำนวนโครโมโซม 1 ชุด มีลักษณะ 2 และ 4

*อาจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เซลล์ติดกันตามลำดับเรียกว่าไดแอด (dyad) และเทแทรด (tetrad) ในขั้นแรกทั้ง 2 และ 4 เซลล์ถูกยึดอยู่ด้วยกันโดยผนังซึ่งประกอบด้วยสารแคลโลส (callose) (ภาพที่ 1) เชื่อว่า ผนังแคลโลสนี้ทำหน้าที่ดึงดูดน้ำเพื่อรักษาความชื้นให้แก่ไมโครสปอร์และในระหว่างพัฒนาการของละอองเรณู ในระยะที่ยังเป็นไมโครสปอโรไซต์และไมโครสปอร์ ผนังแคลโลสทำหน้าที่กรองสาร, ของเหลวต่าง ๆ ที่มาจากเซลล์ของเนื้อเยื่อที่มีโครโมโซม 2n หรือเนื้อเยื่อที่ทำพี่เลี้ยง ในระยะต่อมาผนังแคลโลสที่ล้อมรอบกลุ่มเซลล์เหล่านี้ถูกย่อยโดยเอนไซม์ 1,3 เบต้า กลูคาเนส (1,3 β-glucanase) จากนั้นไมโครสปอร์เริ่มแยกตัวเป็นอิสระจากกัน ชั้นเซลล์เทพีทัมเริ่มมีการแยกตัวออกจากกัน และสลายไป ในระยะไมโครสปอร์ มี 1 นิวเคลียส (uninucleate) พบว่าไมโครสปอร์ที่แยกตัวออกเป็นอิสระในระยะแรก มีไซโทพลาซึมเข้มข้น มีนิวเคลียสหนึ่งอันขนาดเล็กอยู่ตรงกลางเซลล์ จากนั้นเซลล์, นิวเคลียสและแวคิวโอลมีการเพิ่มขนาดใหญ่ขึ้นและนิวเคลียสถูกดันไปอยู่ที่ขอบเซลล์ ไมโครสปอร์แบ่งนิวเคลียสแบบไมโตซิส ได้นิวเคลียสใหม่ 2 ขนาดต่างกัน คือ นิวเคลียสของเจเนเรตีฟเซลล์ (generative cell) ซึ่งมีขนาดเล็กและนิวเคลียสของเวเก็ทเตตีฟเซลล์ (vegetative cell) หรือทิวป์นิวเคลียส (tube nucleus) ซึ่งมีขนาดใหญ่ นิวเคลียสของเจเนเรตีฟเซลล์มีไซโทพลาสซึมเข้มข้นอยู่ล้อมรอบทำให้ดูคล้ายเป็นหนึ่งเซลล์ บางทีจึงเรียกว่า เจเนเรตีฟเซลล์ (Mc Cormick, 1991; Know, 1979; Worrall และคณะ, 1992 และ เชาวน์ ชิโนรักษ์ และ พรรณี ชิโนรักษ์, 2522)

ในพืชชั้นสูงส่วนใหญ่ ละอองเรณูที่เจริญเต็มที่ก่อนการถ่ายละอองเรณู ประกอบด้วยเซลล์ 2 เซลล์คือ เจเนเรตีฟเซลล์ และ เวเก็ทเตตีฟเซลล์ เรียกละอองเรณูแบบนี้ว่า ละอองเรณูมี 2 เซลล์ หรือ ละอองเรณูมี 2 นิวเคลียส (bicellular pollen grain หรือ binucleate pollen grain) ภายหลังการถ่ายเรณูนิวเคลียสของเจเนเรตีฟเซลล์แบ่งตัวแบบไมโตซิสได้เซลล์สเปิร์ม 2 เซลล์ ในพืชอีกพวกหนึ่งละอองเรณูที่เจริญเต็มที่ก่อนการถ่ายละอองเรณูประกอบด้วยเซลล์ 3 เซลล์คือ สเปิร์ม 2 เซลล์ และ เวเก็ทเตตีฟเซลล์ เรียกละอองเรณูแบบนี้ว่า ละอองเรณูมี 3 เซลล์ หรือ ละอองเรณูมี 3 นิวเคลียส (tricellular pollen grain หรือ trinucleate pollen grain) เซลล์สเปิร์ม 2 เซลล์นั้น เป็นผลมาจากการแบ่งไมโตซิสของนิวเคลียสของเจเนเรตีฟเซลล์ (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 1 แสดงลักษณะของไมโครสปอร์ในระยะเทแทรดที่ถูกยึดติดอยู่ด้วยกันด้วยผนังแคลโลส
ที่มา : Knox, 1979 ดัดแปลงจาก Waterkeyn และ Bienfait, 1970)

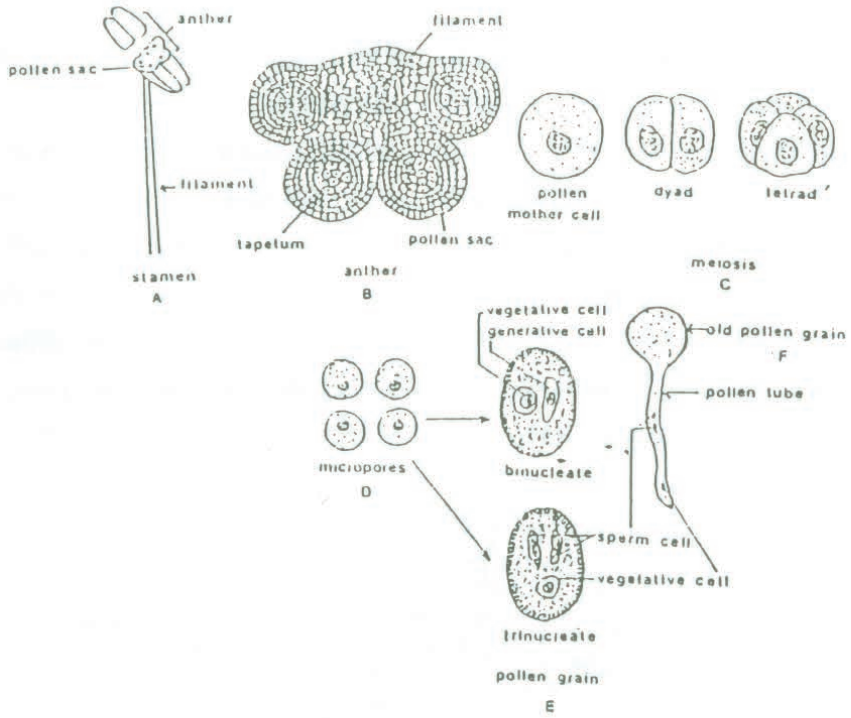
ผนังของอับเรณูที่เจริญเต็มที่ ประกอบด้วยชั้นเนื้อเยื่อต่าง ๆ (ภาพที่ 3) ดังนี้คือ

1) อิพิเดอร์มิส เป็นเนื้อเยื่อชั้นนอกสุด แบ่งตัวเพิ่มจำนวนเซลล์ในขณะที่อับเรณูเจริญและเพิ่มขนาดขึ้น

2) เอนโดเดอร์มิส เป็นชั้นเนื้อเยื่อที่อยู่ใต้ชั้นอิพิเดอร์มิส เชื่อว่าการหนาตัวของผนังเซลล์ในเอนโดเดอร์มิส มีส่วนเกี่ยวข้องกับการแตกของอับเรณู

3) ชั้นมิดเดิล ประกอบด้วยเซลล์ 2-3 ชั้น เซลล์ในชั้นนี้โดยทั่วไปจะถูกดันให้แบนลงและสลายตัวไปในที่สุดตั้งแต่ระยะที่อับเรณูยังอ่อนอยู่

4) เทพีทัม เป็นชั้นในสุดของผนังอับเรณูที่ส่งผ่านของสารอาหารเข้าสู่กลุ่มเซลล์สปอโรจีนัสทางไซโทพลาสซึม (cytoplasmic bridges) ซึ่งเรียกว่า พลาสโมเดสมาต้า (plasmodesta) เทพีทัมมีกิจกรรมมากที่สุดในระยะที่ไมโครสปอรโรไซต์เริ่มแบ่งเซลล์แบบเซลล์ และในระยะที่ไมโครสปอร์แยกตัวออกเป็นอิสระชั้นเซลล์เทพีทัมเริ่มสลายตัว ในอับเรณูที่เจริญเต็มที่จะเห็นเพียงร่องรอยที่เหลืออยู่ของเทพีทัมที่สลายตัวไปเท่านั้น นอกจากนี้ ชั้นเทพีทัมยังทำหน้าที่ในการผลิตของเหลวออกมาที่ช่องว่าง(locular fluid) พบมากในอับเรณูชนิดที่มีเทพีทัมแบบหลั่งสาร (secretory) เช่น เอนไซม์-



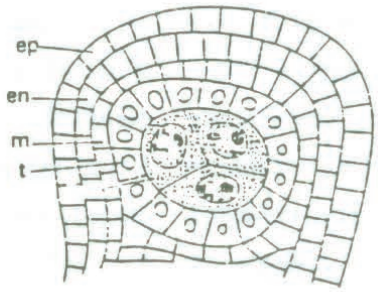
ภาพที่ 2 แสดงแผนภาพการเจริญของละอองเรณูจนกระทั่งถึงการงอก

(A) เกสรตัวผู้, (B) อับเรณูตัดตามขวาง, (C) การแบ่งตัวของไมโครสปอโรไซต์แบบไมโอซิส

(B) ได้ 2 และ 4 เซลล์ ตามลำดับ, (D) ไมโครสปอร์, (E) ละอองเรณู 2 นิวเคลียส,

(F) ละอองเรณู 3 นิวเคลียส และ (G) ละอองเรณูที่มีการงอกของหลอดละอองเรณู

ที่มา : ดัดแปลงจาก Weier และ Stocking, 1982



ภาพที่ 3 ผนังชั้นต่าง ๆ ของอับเรณูของพืช
(ep = อิพิเดอร์มิส, en = เอนโดเดอร์มิส, m = ชั้นมิลเดิล, t = เทพีทัม)
ที่มา : Knox , 1979

แคเลส (callase) ซึ่งย่อยผนังแคลโลสที่หุ้มไมโครสปอร์ที่อยู่ติดกันให้หลุดจากกัน, สร้างสารตั้งต้นอันเป็นองค์ประกอบของผนังชั้นเอ็กซ์ซีน (exine precusors), สร้างพอเล่นคิท (pollen kitt) ซึ่งถูกนำมาใช้ในการสร้างสปอโรโพเลนินที่เป็นชั้นสารที่สะสมอยู่บนชั้นเอ็กซ์ซีน และคาดว่าพอเล่นคิทอาจทำหน้าที่คล้ายกับตัวเชื่อมให้ละอองเรณูอยู่ติดกันเป็นกลุ่มและติดไปกับขาแมลงเพื่อการแพร่กระจายของละอองเรณู, สร้างทริปฟิน (tryphine) ซึ่งคาดว่าทำงานคล้ายสารดึงดูดแมลง (insect attractants), สร้างยูบิช บอดี้ (ubisch bodies หรือ tapetal orbicules) ที่ทำหน้าที่ขนถ่ายสารที่จะกลายไปเป็นสปอโรโพเลนิน ซึ่งเป็นสารที่สะสมอยู่บนผนังของละอองเรณูชั้นเอ็กซ์ซีน (Mascarenhas, 1975; Know, 1979; Pacini, 1990)

ระยะพัฒนาการของละอองเรณูของพืช ตัวอย่างเช่น ข้าวแบ่งออกเป็น 7 ระยะ คือ

1. ระยะไมโครสปอโรไซต์ ไมโครสปอโรไซต์เกิดจากการแบ่งตัวของเซลล์สปอโรจีนัสปฐมภูมิแบบไมโตซิส มีรูปร่างค่อนข้างรี และมีผนังแคลโลสหุ้มอยู่ เมื่อมีการเพิ่มขนาดของเซลล์รูปร่างของเซลล์เริ่มกลมขึ้น และพบว่า ไมโครสปอโรไซต์ถูกล้อมรอบด้วยผนังของอับเรณู นับจากชั้นนอกสุดเข้ามาตามลำดับ ได้แก่ ชั้นเซลล์อิพิเดอร์มิส, เอนโดเดอร์มิส, ชั้นมิดเดิล และเทพีทัม ระยะนี้ยังไม่มีแวคิวโอลภายในเซลล์ และในบางเซลล์อาจพบนิวคลีโอลัส 2 อัน

2. ระยะไมโอซิส ไมโครสปอโรไซต์มีการแบ่งตัวแบบไมโอซิส 2 ครั้งได้ไมโครสปอร์ที่อยู่ติดกัน 2 และ 4 เซลล์ เรียก ไดแอด และเทแทรด ตามลำดับ ระยะนี้ยังพบว่า มีผนังแคลโลสหุ้มอยู่ และยังไม่มีการสร้างแวคิวโอล

3. ระยะไมโครสปอร์หลุดจากผนังแคลโลส ไมโครสปอร์รูปร่างเป็นเสี้ยวหนึ่งในสี่ของทรงกลม และยังไม่มีการสร้างแวคิวโอล

4. ไมโครสปอร์ระยะอ่อนมี 1 นิวเคลียส ไมโครสปอร์เริ่มมีรูปร่างกลมขึ้น มีขนาดเล็กและมีนิวเคลียสขนาดเล็กอยู่กลางเซลล์ พบไมโครสปอร์ 1 เซลล์มี 1 ไมโครพอร์ และยังไม่มีการสร้างแวคิวโอล

5. ระยะไมโครสปอร์มี 1 นิวเคลียส ระยะนี้พบว่า มีการเพิ่มขนาดของเซลล์และนิวเคลียส, พบว่า เริ่มมีการสร้างและเพิ่มขนาดของแวคิวโอล เมื่อแวคิวโอลมีการเพิ่มขนาดใหญ่

ขึ้นจนเกือบเต็มเซลล์ ทำให้นิวเคลียสถูกดันไปติดขอบเซลล์และพบเซลล์เทพีทัมเริ่มไม่เป็นระเบียบ

6. ระยะละอองเรณูมี 2 นิวเคลียส คือ นิวเคลียสของเวเก็ทเตตีฟเซลล์กับนิวเคลียสของเจเนเรตีฟเซลล์ ซึ่งเป็นผลจากการแบ่งนิวเคลียสแบบไมโตซิสของไมโครสปอร์ ในระยะแรกนิวเคลียสทั้งสองมีขนาดเท่ากัน จากนั้นพบว่าเวเก็ทเตตีฟเซลล์มีขนาดใหญ่กว่าเจเนเรตีฟเซลล์, ชั้นเทพีทัมเริ่มมีการยุบสลายไปบางส่วนหรือเกือบหมด และแวคิวโอลมีขนาดเล็กลง

7. ระยะละอองเรณูมี 3 นิวเคลียส คือ สเปิร์มเซลล์ 2 เซลล์ และนิวเคลียสของเวเก็ทเตตีฟเซลล์ 1 เซลล์ ระยะนี้ไม่พบแวคิวโอลและไซโทพลาสซึมเต็มไปด้วยเม็ดแป้ง

พัฒนาการของผนังของละอองเรณู

ผนังของละอองเรณูแบ่งเป็น 2 ชั้นคือ

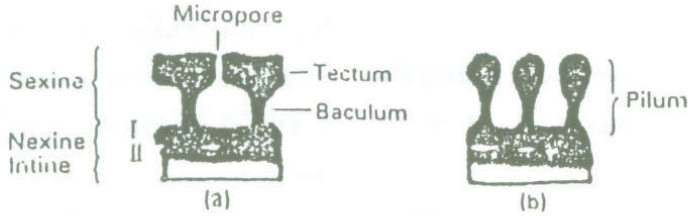
1. ชั้นเอ็กซ์ซิน (exine) ซึ่งผนังชั้นนอกที่ประกอบไปด้วยสารสปอโรโพเลนิน มีคุณสมบัติในการทำลายตัวเองได้ช้าและเป็นสารโพลิเมอร์ที่ทนทาน ทำให้ละอองเรณูทนต่อสภาพแวดล้อมและการถูกย่อยสลายโดยเอนไซม์ ผนังชั้นนี้เริ่มมีการสร้างในระยะที่ไมโครสปอร์อยู่ในระยะเทแทรดและยังมีผนังแคลโลสหุ้มอยู่ สารที่มาสะสมเป็นพวกเซลลูโลส

ผนังชั้นเอ็กซ์ซินนี้แบ่งย่อยได้ 2 ชั้นคือ ชั้นนอกเรียกว่า ชั้นเซกซีน (sexine) ซึ่งเป็นส่วนของเท็กตัม (tectum) และ บาคูลัม (baculum) หรือ คอลิวเมลลา (columellae) และชั้นในเรียกว่า เน็กซีน (nexine) ซึ่งเป็นส่วนฐานของชั้นเซกซีน นอกจากนี้ผนังชั้นเอ็กซ์ซีนแบ่งออกเป็น 2 แบบ (ภาพที่ 4) คือ

1.1 แบบเท็กเตท (tectate type) เป็นชั้นเอ็กซ์ซีนที่มีชั้นเท็กตัมเป็นส่วนนอกสุด ซึ่งมีลักษณะคล้ายหลังคาคลุมส่วนที่เป็นแท่งบาคูลัมหรือคอลิวเมลลาไว้ส่วนที่เป็นฐานของบาคูลัมเรียกว่า ฟุตเลเยอร์ (foot layer)

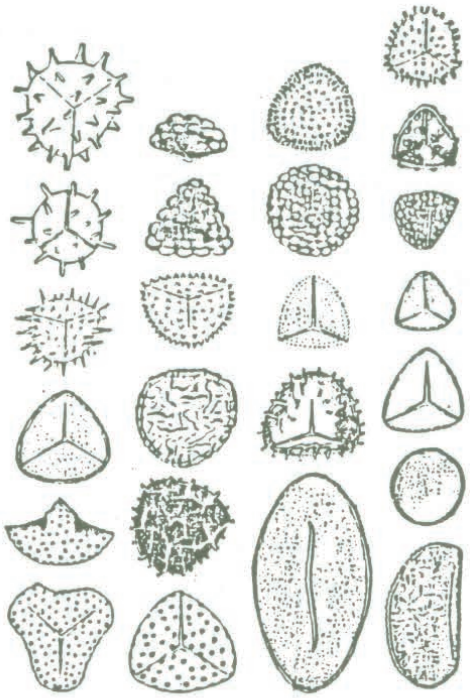
1.2 แบบไพเลต (pilate type) เป็นชั้นเอ็กซ์ซีนที่ไม่มีผนังชั้นเท็กตัม มีบาคูลัมที่ปลายมีลักษณะเป็นปุ่ม เรียกส่วนนี้ว่า ไพลั่ม (pilum)

2. ชั้นอินทิน (intine) ซึ่งเป็นผนังชั้นในมีลักษณะเรียบ ไม่เกี่ยวข้องกับรูปแบบของผนังละอองเรณู สารที่เป็นองค์ประกอบ เช่น เซลลูโลสไมโครไฟบริล (cellulose microfibrils), เฮมิเซลล์-ลูโลสแมทริกซ์ (matrix of hemicelluloses), เพกติกโพลิเมอร์ (pectic polymer) และโปรตีน อินทินถูกสร้างหลังจากผนังชั้นเอ็กซ์ซีนถูกสร้างขึ้นเรียบร้อยแล้ว ในระยะที่ไมโครสปอร์หลุดออกมาเป็นอิสระ สารที่อยู่ในชั้นนี้ถูกนำไปใช้ในปฏิกิริยาการห้ามผสมข้ามพันธุ์ (incompatibility reactions)



ภาพที่ 4 แสดงรูปแบบโครงสร้างของผนังชั้นเอ็กซ์ซิน (a) แบบเท็กเตท (b) แบบไพเลต
ที่มา : Knox, 1979

บริเวณที่เป็นรูเปิดของเรณูชั้นอินทินหนาเป็นพิเศษ ผนังชั้นอินทินยังแบ่งออกเป็น 2 ชั้น คือ เอ็กซ์อินทิน (exintine) และเอ็นอินทิน (endintine) เอ็กซ์อินทินจะบรรจุเอนไซม์ ส่วนเอ็นอินทินเป็นตัวให้สารแก่ผนังชั้นของหลอดละอองเรณู (Hestop-Harrison, 1969 อ้างถึงโดย Blackmore และ Barnes, 1990) ในพืชแต่ละชนิดมีพัฒนาการของรูปร่างของละอองเรณูและรูปแบบของการสะสมของสารต่าง ๆ บนผนังชั้นนอกของละอองเรณูจนเกิดลวดลายจะแตกต่างกันไป ดังแสดงในภาพที่ 5 (Nair, 1965 ดัดแปลงจาก Knox, 1938)



ภาพที่ 5 รูปร่างและรูปแบบของลวดลายบนผนังชั้นนอกของละอองเรณูของพืชในแบบต่าง ๆ
ที่มา : Nair,1965 ดัดแปลงจาก Knox, 1938

เอกสารอ้างอิง

1. เชาวน์ ชิโนรักษ์ และพรรณี ชิโนรักษ์. 2522. ชีววิทยา. กรุงเทพฯ : อักษรประเสริฐ.
2. Blackmore, S. and S.H. Barnes. 1990. Pollen wall development in angiosperms. In Microspores : Evolution and ontogeny, pp. 173-192.
3. Know, R.B. 1979. Pollen and allergy. London : Camelot Press.
4. Mascarenhas, J.P. 1975. The biochemistry of angiosperm pollen development. The Botany Review. 41 : 259-314.
5. Mc Cormick, S. 1991. Molecular analysis of male gametogenesis in plant. Trends Genet. 7 : 298-303.
6. Nair, P.K.K. 1965. Pollen morphology of some Indian plants. IndianJournal of Science Industry. pp.45-50.
7. Pacini, E. 1990. Tapetum and microspore function. In Microspores evolution and ontogeny. pp. 213-238. Blackmore, S. and R.B. Know. eds. London : Academic Press.
8. Worrall, D., D.L. Hird, R. Hodge, W. Paul, J. Draper and R. Scott. 1992. Premature dissolution of the microsporocyte callose wall causes male steritity in transgenic tobacco. Plant Cell 4 : 769-771.

ว.วิทย มข. 25(3) : 189-192 (2540)

ความหลากหลายของสัตว์ในอ่าวปัตตานี

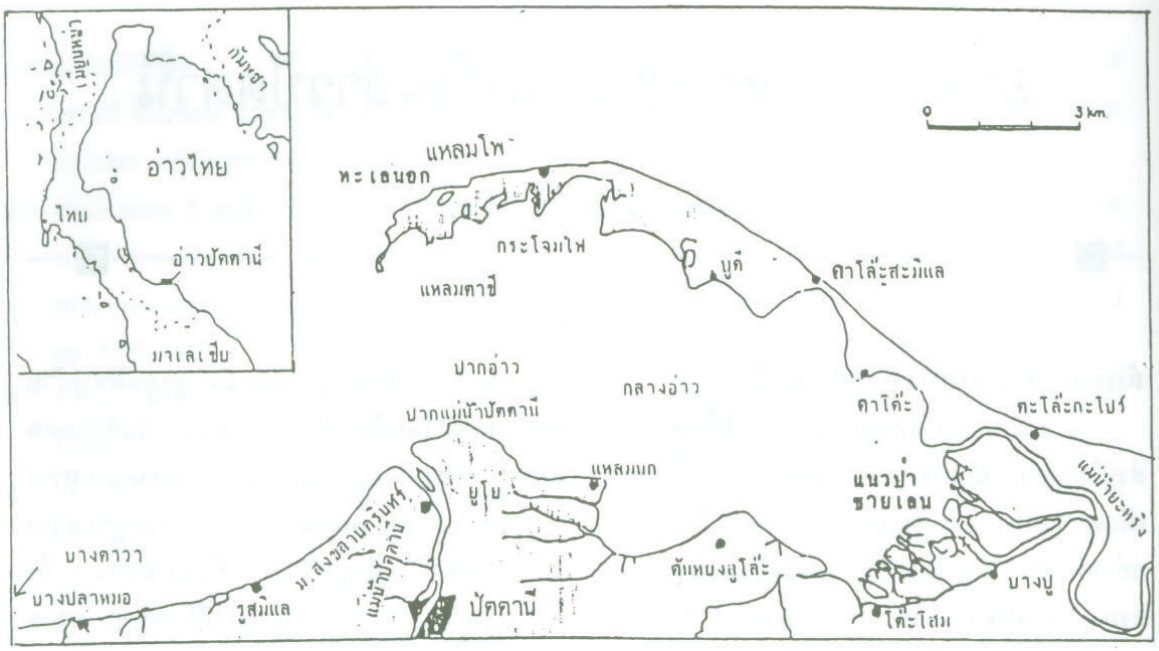
สมพร ประเสริฐส่งสกุล*

ลักษณะทั่วไปของอ่าวปัตตานี

เมื่อพูดถึงจังหวัดปัตตานีเชื่อได้ว่าคนโดยส่วนใหญ่คงจะนึกถึงภาพอ่าวปัตตานีได้ เนื่องจากเมื่อดูจากแผนที่จะเห็นลักษณะของอ่าวปัตตานีได้อย่างชัดเจน อ่าวปัตตานีตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 6 องศา 53 ลิปดา เหนือ และเส้นแวงที่ 101 องศา 14 ลิปดาถึง 101 องศา 21 ลิปดา ตะวันออก มีเนื้อที่ 74 ตารางกิโลเมตร ทางทิศเหนือของอ่าวปัตตานี มีส่วนแหลมยื่นออกไป เรียกว่า "แหลมโพธิ์" ยาวประมาณ 22 กิโลเมตร ยื่นขนานไปกับแนวชายฝั่งของแผ่นดินในแนวตะวันออก-ตะวันตก โดยมีปากอ่าวเปิดออกสู่อ่าวไทยทางทิศตะวันออก อ่าวปัตตานีเป็นอ่าวตื้น มีความลึกเฉลี่ยประมาณ 1 เมตร พื้นที่รอบอ่าวปัตตานีมีความอุดมสมบูรณ์ สภาพทางภูมิศาสตร์เหมาะแก่การเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำต่าง ๆ มีชุมชนรอบอ่าวปัตตานีอาศัยกันอยู่อย่างหนาแน่น ซึ่งทำอาชีพประมง ชุมชนรอบอ่าวปัตตานี เช่น ชุมชนหมู่บ้านดาโต๊ะ บูดี บางปู รูสะมิแล บางตาวา ตันหยงปาโอ๊ะ เป็นต้น (ภาพที่ 1) จากการวิเคราะห์น้ำในอ่าวปัตตานีเมื่อปี พ.ศ. 2531 (1) พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำในอ่าวปัตตานี 29.5 องศาเซลเซียส ความเร็วเฉลี่ยของกระแสน้ำต่ำสุดที่หมู่บ้านดาโต๊ะ 0.03 เมตรต่อวินาที และมีค่าสูงสุดที่กลางอ่าวเท่ากับ 0.61 เมตร ของแข็งแขวนลอยทั้งหมดเฉลี่ยต่ำที่สุดที่หมู่บ้านบางปู และหมู่บ้านดาโต๊ะประมาณ 175 มิลลิกรัมต่อลิตร และมีค่าสูงสุดที่หมู่บ้านตันหยงลูโล๊ะโดยมีค่าเท่ากับ 344.2 มิลลิกรัมต่อลิตร สภาพความเป็นกรด-ด่าง มีค่าอยู่ระหว่าง 7.05-8.15 ความเค็มของน้ำในอ่าวอยู่ระหว่าง 4-32 พีพีที ดินตะกอนค่อนข้างเป็นด่าง ซึ่งลักษณะทางกายภาพดังกล่าวมีสิ่งมีชีวิตหลากหลายที่อาศัยอยู่ภายในอ่าวปัตตานี ข้อมูลของการศึกษาเกี่ยวกับข้อมูลทางชีวภาพเป็นที่สนใจของนักวิชาการโดยทั่วไป เพราะสามารถบ่งบอกถึงสภาพแวดล้อมของอ่าวว่ายังคงสภาพธรรมชาติไว้ได้หรือไม่

ลักษณะชายฝั่งของอ่าวปัตตานีมีลักษณะทั้งที่เป็นหาดโคลน และหาดทราย ซึ่งหาดโคลนจะมีลักษณะอนุภาคของโคลนที่มีอนุภาคเล็กละเอียดมาก เกิดการพัดพาตะกอนมาทับถมบริเวณชายฝั่งเป็นชั้น ๆ โดยในชั้นล่างจะเป็นโคลนที่เหนียว และอัดตัวกันค่อนข้างแน่น ส่วนชั้นบนเป็นโคลนเหลว และมีตะกอนจำนวนมากปะปนอยู่ในน้ำ จากการทับถมทำให้มีการงอกของแผ่นดินไปเรื่อย ๆ จะพบป่าชายเลนขึ้นในระดับที่ถัดจากชายฝั่งทะเล ป่าชายเลน คือ พื้นที่ชายฝั่งที่มีป่าชายเลน ประกอบด้วยพรรณไม้ต่าง ๆ อาทิเช่น โกงกาง ลำพู ลำแพน แสม ตะบูน พวกถั่วต่าง ๆ กระจายอยู่ตลอดแนวชายฝั่ง ส่วนหาดทรายเป็นส่วนหนึ่งของที่ราบชายฝั่งทะเล ลักษณะชายหาดเป็นสันทรายยาวขนานกับชายทะเล โดยสัณฐานวิทยาของหาดทรายเกิดจากการที่คลื่นพัดพา

*อาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์



ภาพที่ 1 แผนที่อ่าวปัตตานี

อนุภาคของทรายมาทับถมกัน ลักษณะการทับถมเป็นชั้นๆ โดยที่มีอนุภาคขนาดใหญ่อยู่ชั้นล่าง ส่วนชั้นบนเป็นทรายละเอียด บริเวณชายหาดที่น้ำทะเลท่วมถึงมีเปลือกหอยปะปนอยู่มาก ถัดขึ้นไปจากชายหาดเป็นสันทราย ซึ่งวางขนานไปกับชายฝั่งทะเลเกิดขึ้นจากลมพัดพาทรายมาทับถมกันบริเวณชายหาด บริเวณสันทรายที่อยู่ใกล้ชายฝั่งไม่มีต้นไม้ใหญ่ แต่ถัดออกไปมีไม้ยืนต้น เช่น ต้นสน ต้นมะพร้าว ขึ้นปะปนไปตลอดตามความยาวของหาด ซึ่งบริเวณที่เป็นหาดทรายจะพบได้บริเวณปลายแหลมโพธิ์ด้านในอ่าวนั่นเอง

ชนิดของสัตว์ในอ่าวปัตตานี

การแพร่กระจายของสัตว์มีความแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ลักษณะความเค็มของดิน ความเค็มของน้ำ อุณหภูมิ ฤดูกาล เป็นต้น จากการศึกษาของอิสระ และคณะ (2) ทำการเก็บตัวอย่างและสุ่มตัวอย่างจากเรือชาวประมงท้องถิ่น ซึ่งเป็นเรือขนาดเล็ก บริเวณอ่าวปัตตานี เมื่อปี พ.ศ. 2537 นำตัวอย่างที่ได้มาแยกประเภท แล้วจัดกลุ่ม จำแนกชนิดเทียบตัวอย่างจากหนังสือ และพิพิธภัณฑ์ทั้งในประเทศและต่างประเทศ ได้แก่ พิพิธภัณฑ์ที่ศูนย์วิจัยชีววิทยาและประมงทะเลจังหวัดภูเก็ต และพิพิธภัณฑ์ที่อัมสเตอดัมประเทศเนเธอร์แลนด์ พบจำนวนชนิดของหอย กุ้ง ปู และไส้เดือนทะเล จำนวนมาก ได้แก่ หอยกาบเดี่ยว (univalve) จำนวน 113 ชนิด 26 วงศ์ (วงศ์ Cypraeidae, Olividae, Volutidae, Strombidae, Scaphandridae, Cerithidae, Potamididae, Fasciolariidae, Cymmatidae, Patellidae, Mitridae, Acmacidae, Muricidae, Cassidae, Tonnidae, Architectomicidae, Xenophoridae, Trochidae, Marginellidae, Turridae, Turritellidae Naticidae, Neticidae, Nassaridae และ Buccinidae) หอยส่วนใหญ่อยู่ในวงศ์ Naticidae ส่วนหอยกาบคู่ (bivalve) พบทั้งสิ้น 58 ชนิด 21 วงศ์ (ได้แก่วงศ์ Pectinidae, Ostreidae, Pteridae, Anomidae, Spondylidae,

Corbiculidae, Mactridae, Nuculidae, Tellinidae, Solenidae, Latermulidae, Donacidae, Psamobiidae, Veneridae, Mytilidae และ Pinnidae) ซึ่งหอยส่วนใหญ่อยู่ในวงศ์ Veneridae

นอกจากนี้อิสระ และคณะ (2) ยังพบกุ้งทั้งสิ้น 12 ชนิด 4 วงศ์ ได้แก่วงศ์ Penacidae, Sergestidae, Palaemonidae และ Alpheidae วงศ์ที่มีจำนวนมากชนิดที่สุด คือ วงศ์ Penacidae และ Palaemonidae พบปูทั้งสิ้น 25 ชนิด 4 วงศ์ ได้แก่ วงศ์ Crapsidae, Ocypodidae, Portunidae และ Paguridae ส่วนไส้เดือนทะเลที่พบมีจำนวน 13 ชนิด จาก 11 วงศ์ ได้แก่วงศ์ Ophelidae, Terellidae, Capitellidae, Ampharetidae, Pilargidae, Cirratulidae, Magelonidae, Nereidae, Chaetopteridae, Phllodocidae และ Glyceridae

ถ้ามองในแง่ที่อยู่อาศัยของสัตว์ดังกล่าว พบว่า ที่อยู่อาศัยของสัตว์จะมีความเฉพาะ เช่น เราจะพบหอยกาบเดี่ยวในกลุ่มหอยขี้นก (Cerithidea) หอยน้ำพริก (Nerithidae) ในบริเวณโคลนตม ส่วนหอยกาบเดี่ยวที่กระจายอยู่ตามหาดทราย ได้แก่ หอยเบี้ย (Cypraeidae) หอยทับทิม (Trochidae) หอยปีกนางฟ้า (Strombidae) หอยฝาชี (Patellidae) และหอยเจดีย์ (Turritellidae) ส่วนหอยก้างปลา *(Murex capucinus)* พบทั้งบริเวณที่เป็นโคลนและทราย จากคำบอกเล่าของชาวประมงในช่วงระยะ 3-4 ปีที่ผ่านมาหอยก้างปลาได้เพิ่มปริมาณมากในขณะที่หอยแครง (Anadara) ได้ลดจำนวนลงอย่างมาก ซึ่งโดยปกติชาวประมงจะไม่นิยมบริโภคหอยนี้ ดังนั้นอาจเป็นไปได้ว่าหอยก้างปลาและหอยแครงมีความสัมพันธ์กัน ถ้าได้มีการศึกษาต่อไปน่าจะเป็นข้อมูลที่สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของชนิดของหอยนี้ได้ สำหรับหอยกาบคู่ส่วนใหญ่จะพบตามหาดทราย มีบางชนิดเท่านั้นที่อาศัยบริเวณพื้นดินที่เป็นโคลน เช่น หอยแครง หอยแมลงภู่ (Perna) และหอยกะพง *(Pectinidae)* ในขณะที่กุ้งโดยเฉพาะกุ้งเคย (Sergestidae) พบตามพื้นทะเลที่เป็นทรายหรือโคลน กุ้งเคยนี้เป็นกุ้งที่ใช้ทำกะปิ (3) ดังนั้นชาวบ้านบางส่วนทำกะปิสำหรับประกอบอาหารเอง หากได้มีการส่งเสริมอุตสาหกรรมทำกะปิให้ประชาชนที่อยู่บริเวณอ่าวปัตตานีน่าจะช่วยเสริมรายได้ให้อีกส่วนหนึ่ง กุ้งอื่นๆ ที่พบได้แก่ กุ้งกุลาดำ *(Peneaus monodon)* กุ้งแชบ๊วย *(Peneaus merguiensis)* กุ้งก้ามกราม *(Macrobrachium)*

ปูที่พบ เป็นปูที่มีขนาดใหญ่บ้างขนาดเล็กบ้าง เช่น ปูทะเล *(Scylla serrata)* ปูม้า *(Portunus pelagicus)* ปูแสม *(Sesarma)* ปูก้ามดาบ *(Uca)* ปูเสฉวน (Paguridae) เป็นต้น ส่วนไส้เดือนทะเลพบเกาะตามสาหร่ายหรือหญ้าทะเล บางชนิดฝังตัวในโคลนโดยมีท่อห่อหุ้ม

จากการเปรียบเทียบจำนวนชนิดของหอยในอ่าวปัตตานีเมื่อมีการศึกษาต่างระยะเวลากันวิธีการเก็บตัวอย่าง รวมทั้งช่วงระยะการเจริญเติบโตของสัตว์ต่างกัน พบจำนวนชนิดต่างกันไป ผู้เขียนได้เคยสำรวจจำนวนของหอยกาบเดี่ยวและหอยกาบคู่ในปี 2536-2537 (4) พบหอยจำนวน 115 ชนิด ซึ่งต่างไปจากการศึกษาของอิสระและคณะ (2) ซึ่งพบถึง 171 ชนิด ซึ่งเป็นข้อมูลยืนยันได้ว่าปัจจัยต่างๆ ทางนิเวศวิทยามีผลอย่างยิ่งต่อจำนวนและชนิดของสัตว์ที่พบ

Amornjaruhit (5) รายงานถึงการสำรวจสัตว์น้ำขนาดใหญ่ที่สำคัญ โดยเฉพาะหอยในประเทศไทย โดยใช้วิธีการสำรวจและเก็บตัวอย่างจากการซื้อขายในท้องตลาดที่สามารถนำมาบริโภคได้ การสำรวจครอบคุมบริเวณ 22 จังหวัด ที่ติดชายฝั่งทะเล พบว่าหอยที่มีซื้อขายกันในท้องตลาดและมีความสำคัญทางเศรษฐกิจมีทั้งสิ้น 39 ชนิด ส่วนอีก 13 ชนิด เป็นหอยที่นิยมบริโภคในท้องถิ่น จังหวัดปัตตานีพบหอยหลากหลายชนิดที่ต่างไปจากบริเวณอื่น คือ Laay *(Callista sp.)* และ *Khao*

(Katelysia hiantina) นั่นแสดงให้เห็นว่าชายฝั่งอ่าวปัตตานีเป็นแหล่งที่มีความอุดมสมบูรณ์มีจำนวนชนิดของสัตว์มากมาย

อนาคตของอ่าวปัตตานี

จากข้อมูลทางชีวภาพของอ่าวปัตตานีเพียงบางส่วน จะเห็นได้ว่าอ่าวปัตตานียังมีความหลากหลายของสัตว์น้ำที่มีประโยชน์ในการบริโภคหรือเป็นประโยชน์ต่อระบบนิเวศวิทยาอยู่มาก แต่อนาคตจะเป็นอย่างไรเล่า คงต้องพึ่งประชาชนหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องหันมาร่วมมือและมองเห็นถึงความสำคัญของธรรมชาติ ไม่สร้างมลพิษให้กับอ่าวปัตตานี อันได้แก่ ไม่ทิ้งขยะทั้งหลายลงแหล่งน้ำ ควบคุมการปล่อยน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ลงแหล่งน้ำ ซึ่งน้ำจะไหลลงสู่อ่าวปัตตานี ทำให้น้ำในอ่าวมีการเสื่อมสภาพ ไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ รวมทั้งการทำประมงโดยใช้เครื่องมือที่เหมาะสม เช่น ไม่ใช้อวนลาก หรืออวนรุน ทำให้เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำวัยอ่อน ส่งผลให้จำนวนประชากรของสัตว์น้ำลดจำนวนลง

สรุป

อ่าวปัตตานีมีความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตโดยเฉพาะสัตว์น้ำที่มีความสำคัญในเชิงเศรษฐกิจรวมถึงในเชิงของระบบนิเวศด้วย ซึ่งมีความสำคัญต่อวิถีชีวิตของชุมชนที่อาศัยอยู่ในบริเวณดังกล่าวซึ่งได้อาศัยทรัพยากรสัตว์น้ำสำหรับการดำรงชีวิตมาช้านาน การขยายผลให้ทุกคนหันมาเห็นความสำคัญของทรัพยากรในท้องถิ่นเพื่อให้เกิดความหวงแหน สิ่งหนึ่งที่น่าจะทำได้ก็คือให้ทราบถึงสิ่งที่เขามีอยู่ว่ามีประโยชน์ จะได้มีการอนุรักษ์ไม่ให้เสื่อมสลายลง ดังนั้นข้อมูลจากการศึกษาบางอย่างจะกระตุ้นให้นักวิทยาศาสตร์หันมาสนใจพื้นที่อ่าวปัตตานี เนื่องจากเป็นพื้นที่สำคัญ และมีความหลากหลาย รวมทั้งความอุดมสมบูรณ์ของสิ่งมีชีวิตสามารถชี้ให้เห็นถึงความหนาแน่นของชนิดของสิ่งมีชีวิตที่เป็นพันธุ์หายากเพื่อการอนุรักษ์ และเป็นแหล่งข้อมูลสำหรับประเมินการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพที่จะมีผลกระทบต่อที่อยู่อาศัยและวงจรของสิ่งมีชีวิต เพื่อหาแนวทางแก้ไขได้ทัน

เอกสารอ้างอิง

1. หน่วยวิจัยอ่าวปัตตานี. 2532. รายงานการวิจัย โครงการวิจัยอ่าวปัตตานี ระยะที่ 1. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.
2. อิสระ อินตะนัย สมพร จันทเดช นุกูล รัตนดากุล และสมพร ประเสริฐส่งสกุล. 2538. ข้อมูลทางชีวภาพของอ่าวปัตตานี. รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. 69 หน้า.
3. เสาวภา อังสุภานิช. 2528. แพลงค์ตอนสัตว์. ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลนครินทร์.
4. สมพร ประเสริฐส่งสกุล ภูสิต ห่อเพชร วาสนา ก่อเดช นุกูล รัตนดากุล และ C.Swennen. 2536. ชนิดของหอยในอ่าวปัตตานี และบริเวณใกล้เคียง รายงานการวิจัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. 44 หน้า.
5. Amornjaruchit, S. 1988. Economically important molluscan shellfish of Thailand. Bivalve mollusc culture research in Thailand.

ว.วิทย มข. 25(3) : 193-200 (2540)

Dietary Antioxidants

ประสาร สวัสดิ์ซิตัง*

Abstract

Two groups of dietary antioxidants were mentioned according to their solubility. Epidemiological studied revealed that people consumed a large amount of fruits and vegetables which had three major antioxidant nutrients (Vitamin C, Vitamin E and β carotene) had an inverse relationship with low risk of degenerative diseases. Plant flavonoids showed that evidences of inhibition of lipid peroxidation against free radical damages. Different fruits and fruit juices possessed different level of total antioxidant capacity. Lipid peroxidation could be inhibitated by the apple flavonoids, especially phloridzin's derivatives which could be produced by the reaction of polyphenoloxidase and vitamin C.

บทคัดย่อ

สามารถแบ่งสารต้านออกซิเดชันออกเป็น 2 กลุ่มตามความสามารถในการละลาย จากการศึกษาทางระบาดวิทยาแสดงให้เห็นว่ากลุ่มคนที่บริโภคผัก ผลไม้มากจะได้รับสารอาหาร 3 ชนิดที่มีฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน คือ วิตามิน ซี วิตามิน อี และเบต้าแคโรทีนในระดับสูง เป็นเหตุให้มีความเสี่ยงในการเกิดโรคไร้เชื้อเรื้อรังต่ำ (degenerative diseases) สารต้านออกซิเดชันอีกกลุ่มหนึ่งที่น่าสนใจคือฟลาโวนอยด์ ซึ่งมีแหล่งกำเนิดจากพืชสามารถยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของไขมันจากอนุมูลอิสระได้ ผลไม้และน้ำผลไม้เป็นแหล่งของสารต้านออกซิเดชันในปริมาณที่แตกต่างกันไป แอปเปิลมีฟลาโวนอยด์หลายชนิดที่มีฤทธิ์ต้านการเกิดออกซิเดชันของไขมัน กลุ่มที่น่าสนใจคืออนุพันธ์ของฟลอริดซิน ซึ่งสามารถผลิตได้จากปฏิกิริยาของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส และวิตามินซี

*อาจารย์ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

There are two groups of dietary antioxidants, classified according to their solubility, which play an important role in an inhibition of lipid peroxidation. The first group are the fat soluble substances such as carotenoids and α-tocopherol. The other are water soluble substances such as ascorbic acid and flavonoids. However, it is possibly that flavonoids could flip between lipid and aqueous phases, so it seems appropriate to call them "transfer antioxidants" (1). An antioxidant is any substance that, when presents at low concentrations compared to those of an oxidizable substrate, significantly delays or prevents oxidation of that substrate (2). The oxidizable refer to every type of molecule (lipids, proteins, DNA and carbohydrates) found in living systems.

The carotenoids, α-tocopherol and ascorbic acid are categorized as three major antioxidant nutrients which prevent of delay the onset of major degenerative diseases of aging, including cancer, cardiovascular disease, immune-system decline, brain dysfunction and cataracts (3,4). The imbalance between antioxidants and free radicals in individuals will lead to the state of oxidative stress which could be caused by either decreased antioxidants and / or increased free radical production. In the present World, there are a lot of pollutants including many oxidants that could enter into the human cells and may perform upto 10,000 oxidative hits on DNA in each cell per day (3). Besides DNA, lipids and proteins also receive oxidative damage. The unrepaired damage accumulates over a life-span resulting in illness during the late period of life as mentioned above. Two studies of dietary antioxidant (5,6) showed the possibility that three major antioxidant nutrients could delay or inhibit lipid peroxidation in vitro. Three epidemiological studies (7,8,9) have revealed that intake of all three major antioxidant nutrients especially derived from vegetables and fruits, had an inverse relationship with degenerative disease risk.

Dietary flavonoids are the other crucial antioxidant and there are found particularly in vegetables, fruits and beverages such as tea and wine, especially red wine (10,11). These flavonoids have an important influence on colour and flavour of these foods. All flavonoids are phenolic compounds which possess a basic chemical building block comprising of two aromatic six -carbon rings joined by an aliphatic three-carbon chain (figure 1.) (12,13). There could be hydroxyl (-OH), methoxyl ($-OCH_3$), or sugar groups attached at various points on the skeleton (12). Most flavonoids occur naturally as glycoside (14). The flavonoids are divided into two major groups the anthoxanthins and anthocyanins. The anthoxanthins consist of flavones, flavonols and flavonones. The anthoxanthins are almost colourless or light yellow whereas the anthocyanins are vary in colour from pink, red, violet to blue. These pigments are responsible for the colour of vegetables and fruits and could be used as natural food colourants (15,16). Flavonoids have been widely reported to inhibit membrane lipid peroxidation and have become the issue

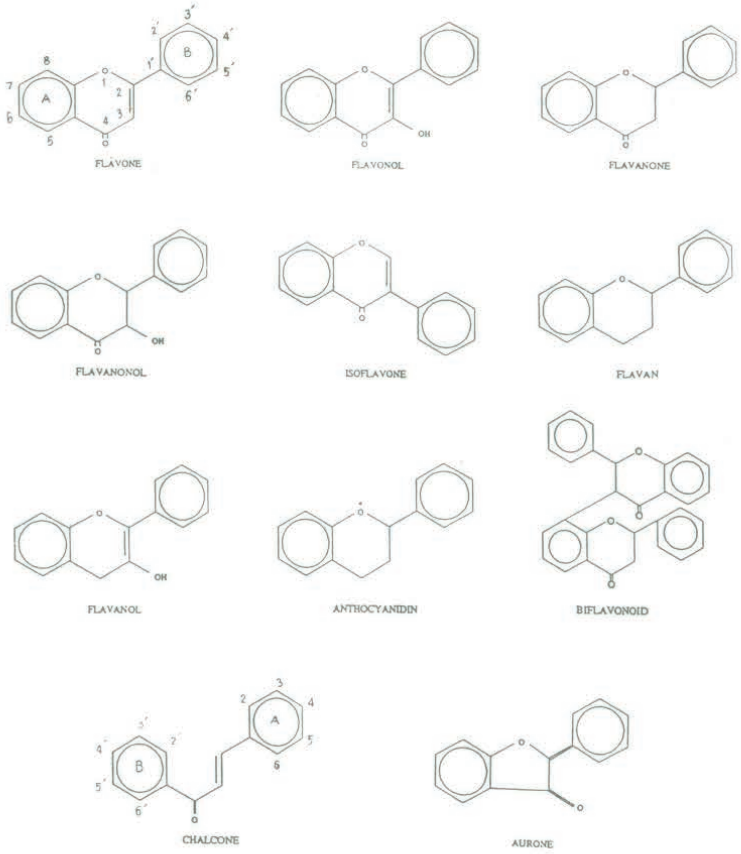


Figure 1. General chemical structure of flavonoids.

of interest although their antioxidant activities *in vivo* are not clearly established. Two studies on the effect of wine's flavonoids on Low Density Lipoprotein (LDL) oxidation revealed the following; Frankel *et al* (17) found that flavonoids of red wine could protect LDL from oxidation *in vitro* and Furhrman *et al* (18) showed that the consumption of red wine with meals could reduce the susceptibility of human plasma and low desity lipoprotein to oxidation. Another study of Whitehead *et al* (10) revealed that consumption of red wine could increase serum antioxidant capacity. The supportable data from the study of Vinson *et al* (19) showed that red wines had a much higher phenol content and a significantly higher antioxidant index than white wines. This suggested that consumption of wine, grape juice or grapes should provide an excellent means of increasing antioxidants in the diet, The Dutch Zutphen Elderly Study has added additional weight to the possible role of flavonoids in reducing risk of coronary heart disease. Three major sources of Dutch flavonoids are from black tea, onions and apples (20). The antioxidation property of some flavonoids have been widely reported (1,15,21,22,23,24)

The oxidation damage in living cells is mainly the results of free radical attack. Lipids seem to be the most susceptability to oxidation, especially polyunsaturated fatty acids in membranes and plasma lipoprotein particles. Free radicals occurring *in vivo* are regarded as by-products of normal metabolism. They are unstable since they contain one or more unpaired electrons so they can attack any molecules surround them. There are two group of active radical species that mediate the reaction of oxidative damage. These are reactive oxygen specied (ROS) and reactive nitrogen species (RNS). Reactive oxygen species refer to superoxide, hydroxyl radical, hydrogen peroxide, singlet oxygen, hypochlorous acid and ozone. Reactive nitrogen species refer to species which could be derived from nitric oxide and include peroxynitrite. These free radicals can damage not only lipids but also proteins and DNA bases. This oxidative damage is responsible for atherosclerosis, protein and DNA bases modifications which may lead to cancer. The reactive species can damage directly their target molecules implicated in over 100 disease (25-26)

The total antioxidant capacity of fruits and fruit juices has been measured and ranked (27). The greatest antioxidant capacity was in strawberry and decreased in plum, orange, red grape, kiwi fruit, pink grape, banana, apple, tomato, pear and melon respectively. Among the commercial fruit juices, grape juice had the highest antioxidant capacity followed by grape fruit juice, tomato juice, orange juice and apple juice.

Apple is particularly important since this is a traditional popular fresh fruit and there is a large juice consumption. The shelflife of apple juice is dependent on the total antioxidant activity which comes mainly from flavonoids and to a lesser extent from vitamin C. Chlorogenic acid and phloridzin have been reported to be the major antioxidants in apple juice (28).

Phloridzin is a flavonoid (dihydrochalcone) largely restricted to *Malus spp.*. Each derivative of phloridzin has a different capacity in inhibition of lipid peroxidation. According to the test system of Wiseman *et al* (unpublished results) the overall order of potency of the hydroxy chalcone (phloridzin) derivatives was 3-hydroxyphloretin > 3-hydroxyphloridzin > phloretin > phloridzin (15). Although phloridzin is not as good an inhibitor of lipid peroxidation as its derivatives, it is present in considerable amounts in young apple leaves and twigs and can be obtained as a precursor for derivative production. Phloridzin is now commercially available but at high price. Ridgway and Tucker have developed a method of purification of phloridzin (15) in order to lower the cost of production and suggested that the fast growing rootstock of apple could be developed as a new agrochemical crop.

The process of conversion of phloridzin into its derivatives, requires the use of the plant enzyme polyphenol oxidases (PPO). This enzyme appears in many higher plants and mushrooms and are responsible for the browning reactions in damaged tissues of plants, especially in fruits and juices (29). PPO can be obtained from apple leaves and other plant sources and may be used in the pure or partially purified forms, or even whole cells according to the selected reaction, the expense, the side reactions and the degree of specificity of final products we required. Polyphenol oxidase is a plastidassociated ubiquitous copper containing plant enzyme, which catalyses the hydroxylation of monophenols to o-phenols (monophenol mono-oxygenase or tyrosinase activity, EC 1.14.18.1) and the oxidation of o-phenols to o-quinones utilizing molecular oxygen (catechol oxidase or diphenol oxidase or diphenoloxygen oxidoreductase activity, EC 1.10.3.2). These groups of enzymes have both advantage and disadvantage from the food industry view point. They are major causes of undesirable colour change in fruit and vegetable products whereas some products need the changed colour resulting from their activities such as black tea, dried banana, cocoa products and raisin.

Polyphenol oxidase is generally considered to be a difficult enzyme to purify because of the presence of phenolic compounds (substrates) with which it reacts. However, a number of methods for its extraction and purification from apple have been reported (30,31,32). PPO has been partially purified by salting out with ammonium sulphate together with hydrophobic chromatography on Phenyl Sepharose CL4B (30) or dialysis (31). One potential derivative of phloridzin hydroxylation is 3-hydroxyphloridzin which is produced by using L-ascorbic acid to partially block the PPO reaction. L-ascorbic acid continually reduces quinones to o-diphenols, so the reaction can not continue to the final brown pigments. The 3-hydroxyphloridzin is recovered by partition against ethylacetate and precipitation with chloroform followed by water recrystallization (Ridgway and Tucker unpublished results).

Besides its antioxidant property,

phloridzin also gives derivatives which have colour in the shade of yellow and orange. This colour may be used as food colourant in aqueous food system (15).

References

1. Ridgway, T. and Tucker, G.A. (1996). Phloridzin derivatives ; food additives / chemopreventive drugs of the future. *Biochem. Soc. Trans.* (in press).
2. Halliwell, B. (1995). Antioxidant characterization and mechanism. *Biochem. Pharmacol.* 49: 1341-1348.
3. Ames, B.N., Shigenaga, M.K. and Hagen, T.M. (1993). Oxidants, antioxidants and the degenerative diseases of aging. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 90: 7915-7922.
4. Knekt, P., Heliovaara, M., Rissanen, A., Aromaa, A. and Aaran R-K. (1992). Serum antioxidant vitamins and risk of cataract. *Brit. Med. J.* 305: 1392-1394.
5. Abbey, M., Nestel, P.J. and Baghurst, P.A. (1995). Antioxidant vitamins and low density lipoprotein oxidation. *Am. J. Clin. Nutr.* 58: 525-532.
6. Niki, E., Noguchi, N., Tsuchihashi, H. and Gotoh, N. (1995). Interaction among vitamin C, vitamin E, and β-carotene. *Am. J. Clin. Nutr.* 62 (suppl) : 1322s-1326s.
7. Stampfer, M.J. and Rimm, E.B. (1995). Epidemiologic evidence for vitamin E in prevention of cardiovascular disease. *Am. J. Clin. Nutr.* 62 (suppl): 1365s-1369s.
8. Kohlmeir, L. and Hastings, S.B. (1995). Epidemiologic evidence of a role of carotenoids in cardiovascular disease prevention. *Am. J. Clin. Nutr.* 62 (suppl) : 1370s-1376s.
9. Byers, T. and Guerrero, N. (1995). Epidemiologic evidence for vitamin C and vitamin E in cancer prevention. *Am. J. Clin. Nutr.* 62 (suppl) : 1385s-1392s.
10. Whitehead, T.P., Robinson, D., Allaway, S., Syms, J. and Hale, A. (1995). Effect of red wine ingestion on the antioxidant capacity of serum. *Clin. Chem.* 41: 32-35.
11. Larson, R.A. (1988). The antioxidants of higher plants. *Phytochem.* 27: 969-978.
12. Anon. (1994). Dietary flavonoids and risk of coronary heart disease. *Nutr. Rev.* 52: 59-61.
13. Middleton Jr., E. and Kandaswami, C. (1994). Potential health-promoting properties of citrus flavonoids. *Food Technol.* 48(11): 115-119.
14. Campbell, A.M., Penfield, M.P. and Griswold, R.M. The experimental study of food. 2nd edition. Boston : Houghton Mifflin Co. 1979.
15. Ridgway, T., O'Reilly, J., West, G., Tucker, G. and Wiseman, H. (1996). Potent antioxidant properties of novel apple-derived flavonoids with commercial potential as food additives. *Biochem.*

Soc. Trans. 24: 391s.

16. Taylor, A.J. and Clydesdale, F.M. (1987). Potential of oxidised phenolics as food colourants. *Food Chem.* 24: 301-313.
17. Frankel, E.N., Kanner, J., German, J.B., Parks, E. and Kinsella, J.E. (1993). Inhibition of oxidation of human low-density lipoprotein by phenolic substances in red wine. *Lancet.* 341: 454-457.
18. Fuhrman, B., Lavy, A. and Aviram, M. (1995). Consumption of red wine with meals reduces the susceptibility of human plasma and low-density lipoprotein to lipidperoxidation. *Am. J. Clin. Nutr.* 61: 549-554.
19. Vinson, J.A. and Hontz, B.A. (1995). Phenol antioxidant index : comparative antioxidant effectiveness of red and white wines. *J. Agric. Food Chem.* 43: 401-403.
20. Hertog, M.G.L., Feskens, E.J.M., Hollman, P.C.H., Katan, M.B. and Kromhout, D. 1993. Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease : the Zutphen Elderly Study. Lancet 342: 1007-1011.
21. Ridgway. T., O'Reilly, J., West, G., Tucker, G. and Wiseman, H. (1996). Antioxidant action of novel derivatives of the apple-derived flavonoid phloridzin compared to oestrogen : relevance to potential cardioprotective action. *Biochem. Soc. Trans.* (in press).
22. Laughton, M.J., Halliwell, B., Evans. P.J. and Hoult, J.R.S. (1989). Antioxidant and pro-oxidant actions of the plant phenolics quercetin, gossypol and myricetin. *Biochem. Pharmacol.* 38: 2859-2865.
23. deWhalley, C.V., Rankin, S.M., Hoult, J.R.S., Jessup, W. and Leake, D.S. (1990). Flavonoids inhibit the oxidative modification of low density lipoproteins by macrophages. *Biochem. Pharmacol.* 39: 1743-1750.
24. Mangiapane, H., Thomson, J., Salter, A., Brown, S., Bell, G.D. and White, D.A. (1992). The inhibition of the oxidation of low density lipoprotein by (+)-catechin, a naturally occurring flavonoid. *Biochem. Pharmacol.* 43: 445-450.
25. Cerutti, P.A. (1994). Oxy-radicals and cancer. *Lancet.* 344: 862-863.
26. Witztum, J.L. (1994). The oxidation hypothesis of atherosclerosis. *Lancet.* 344: 793-795.
27. Wang, H., Cao, G. and Prior, R.L. (1996). Total antioxidant capacity of fruits. *J. Agric. Food Chem.* 44: 701-705.
28. Miller, N.J., Diplock, A.T. and Rice-Evans, C.A. (1995). Evaluation of the total antioxidant activity as a marker of the deterioration of apple juice on storage. *J. Agric. Food Chem.* 43: 1794-1801.

29. Nicolas, J.J., Richard-Forget, F.C., Goupy, P.M., Amiot, M-J. and Aubert, S.Y. (1994). Enzymatic browning reactions in apple and apple products. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 34: 109-157.

30. Janovitz-Klapp, A., Richard, F. and Nicolas, J. (1989). Polyphenoloxidase from apple, partial purification and some properties. *Phytochem.* 28: 2903-2907.

31. Oktay, M., Kufrevioglu, I., Kocacaliskan, I. and Sakiroglu, H. (1995). Polyphenoloxidase from Amasya apple. *J. Food. Sci.* 60: 494-496.

32. Marques, L., Fleuriet, A., Cleyet-Marel, J-C. and Macheix, J-J. (1994). Purification of an apple polyphenoloxidase isoform resistant to SDS-proteinase K digestion. *Phytochem.* 36: 1117-1121.

ว.วิทย มข. 25(3) : 201-207 (2540)

อิทธิพลของ timentin, cefotaxime และ carbenicillin ต่ออัตราการเจริญของแคลลัสถั่วพุ่ม และความสามารถในการกำจัด *Agrobacterium tumefaciens* EHA 105 Effcets of timentin, cefotaxime and arbenicillin on growth rate of cowpea calluses and the efficiency in eliminating *Agrobacterium tumefuciens* EHA 105

*สุมนทิพย์ บุนนาค
**เนริสา คุณประทุม

บทคัดย่อ

จากการศึกษาอิทธิพลของสารปฏิชีวนะ(antibiotic) timentin, cefotaxime และ carbenicillin ต่ออัตราการเจริญของแคลลัสถั่วพุ่ม พบว่า timentin และ cefotaxime มีผลยับยั้งการเจริญของแคลลัสถั่วพุ่มที่ระดับความเข้มข้น 50 mg/l ในขณะที่ carbenicillin ต้องใช้ความเข้มข้นสูงถึง 100 mg/l

สำหรับความสามารถในการกำจัด *A. tumefaciens* strain EHA 105 นั้นพบว่า timentin มีประสิทธิภาพในการกำจัด EHA 105 ได้ดีที่สุด เมื่อเทียบกับ cefotaxime และ carbenicillin คือ ใช้ความเข้มข้นเพียง 5 mg/l ในขณะที่ต้องใช้ cefotaxime และ carbenicillin ในความเข้มข้น 10 mg/l และ 50 mg/l ตามลำดับ

Abstract

The antibiotics timentin and cefotaxime inhibited growth rate of cowpea calluses completly when supplied at 50 mg/l while 100 mg/l carbenicillin was reguired. Timentin was also more effective in eliminating *A. tumefaciens strain* EHA 105 . It inhibited growth of EHA 105 completly when added at 5 mg/l while 10 mg/l cefotaxime or 50 mg/l carbenicillin was reguired to produce the same effect.

*ผู้ช่วยศาตราจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
**นักศึกษาภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

คำนำ

ถั่วพุ่ม *(Vigna unguiculata L.)* ถือเป็นแหล่งอาหารโปรตีนของมนุษย์ (1) เนื่องจากมีปริมาณโปรตีนสูงถึง 28% ชาวอัฟริกันตะวันตกและชาวอเมริกันใต้นิยมบริโภคเป็นอาหาร (2,3) ถั่วพุ่มถือเป็นพืชที่สำคัญในประเทศเขตร้อนและกึ่งร้อน (4) ในประเทศไทยนิยมปลูกถั่วพุ่มทั้งภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และ ภาคเหนือ และมีการแนะนำให้ประชากรหันมาบริโภคถั่วพุ่มเป็นอาหารเสริมโปรตีนเนื่องจากเป็นโปรตีนราคาถูก

ปัญหาที่สำคัญของถั่วพุ่มคือแมลงซึ่งเป็นปัจจัยที่จำกัดผลผลิต พบว่าเมล็ดถั่วพุ่มที่เก็บไว้นานมากกว่า 5 เดือนจะถูก Cowpea weevil *(Callosobruchus maculatus F.)* ทำลายเมล็ดเกือบ 100% (4) ถึงแม้ว่าภายในเมล็ดถั่วพุ่มเองจะมีสารพวก trypsin inhibitor ซึ่งเป็นพิษต่อแมลง (3,5) แต่ปริมาณของ trypsin inhibitor ซึ่งเป็นพิษนั้นปริมาณไม่สูงพอที่จะทำลาย Cowpea weevil ได้

ปัจจุบันวิธีการที่ใช้ป้องกันและกำจัดแมลงคือใช้สารเคมีกำจัดแมลงซึ่งผลที่ตามมาคือ เกิดการปนเปื้อนของสิ่งแวดล้อม ดังนั้นพันธุวิศวกรรมจึงเป็นทางเลือกทางหนึ่งที่ควรจะนำมาใช้เพื่อสร้างพืชที่มีความต้านทานต่อแมลง โดยวิธีการส่งถ่ายจีนที่เป็นพิษต่อแมลงเข้าไปในพืช

สำหรับปัจจัยพื้นฐานที่ต้องทราบก่อนที่จะสร้างพืชที่ต้านทานต่อแมลง คือ ต้องเพิ่มประสิทธิภาพในการ regeneration ถั่วพุ่ม และคัดเลือกสารปฏิชีวนะที่มีประสิทธิภาพสูงในการกำจัด *Agrobacterium* ซึ่งในขณะเดียวกัน จะต้องมีผลเสียต่อ % regeneration ของพืชน้อยที่สุด

วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ คือ

1. ศึกษาอิทธิพลของ timentin cefotaxime และ carbenicillin ต่ออัตราการเจริญของแคลลัสถั่วพุ่ม

2. เปรียบเทียมความเข้มข้นที่เหมาะสมระหว่าง timentin, cefotaxime และ carbenicillin ที่สามารถกำจัด *A. tumefacicns* EHA 105 และคัดเลือกสารปฏิชีวนะที่เหมาะสมที่ใช้ในการกำจัด EHA 105

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการทดลอง

1.ศึกษาอิทธิพลของ timentin cefotaxime และ carbenicillin ต่ออัตราการเจริญของแคลลัสถั่วพุ่ม

วิธีดำเนินการทดลอง

เตรียมอาหารสูตร MS (6) ที่เติม BA (Benzyladenine) ความเข้มข้น 10 μM และ NAA (Naphthalene acetic acid) ความเข้มข้น 1μM (7) ใส่ใน petridish ปริมาตร 25 ml และเติม timentin, cefotaxime และ carbenicillin ความเข้มข้นตั้งแต่ 0,50,100,150,200 และ 250 mg/l (ใช้ filter sterilization) จากนั้นนำแคลลัสของถั่วพุ่มซึ่งมีน้ำหนักสดเฉลี่ยเท่ากันคือ 0.5 gm มาเลี้ยงในอาหารซึ่งบรรจุอยู่ใน petridish โดยใส่ไว้ petridish ละ 5 แคลลัส ทำการทดลอง 5 ซ้ำจากนั้น นำ petridish นั้น ไปเก็บไว้ที่ห้อง light culture room อุณหภูมิประมาณ 25°C photoperiod 16 ชั่วโมงความเข้มแสง 40μmol m^{-2} s^{-2} เป็นเวลา 6 สัปดาห์หลังจากนั้น วัดการเจริญของแคลลัสโดยการชั่งน้ำหนักสด ในแต่ละทรีตเมนต์

2. เปรียบเทียบและศึกษาหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของ timentin, cefotaxime และ carbenicillin ที่สามารถกำจัด *A. tumefaciens* EHA 105

วิธีดำเนินการทดลอง

เลี้ยง *A. tumefaciens strain* EHA 105 ใน YEP medium ปริมาตร 10 cc. และเติม timentin , cefotaxime และ carbenicillin ความเข้มข้น 0,5,10,15,20 และ 25 mg/l หลังจากนั้นนำ flask ที่บรรจุอาหารที่มี *Agrobacterium* ไปเขย่าโดยใช้ reciprocal skakers ที่ 28°C นาน 2 วัน ทำการทดลองซ้ำ 2 ครั้ง หลังจากนั้นนำไปวัดค่า OD เพื่อหาค่าการเจริญเติบโตของ *Agrobacterium.*

การวิเคราะห์ข้อมูล

การทดสอบค่าทางสถิติใช้โปรแกรม SAS ในการวิเคราะห์หาค่าทางสถิติ ถ้าค่า P Value<0.05 แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ผลการทดลอง

1. ศึกษาอิทธิพลของ timentin cefotaxime และ carbenicillin ต่ออัตราการเจริญของแคลลัสถั่วพุ่ม

จากการศึกษาอิทธิพลของ timentin cefotaxime และ carbenicillin ต่ออัตราการเจริญของแคลลัสถั่วพุ่มพบว่าแคลลัสที่เลี้ยงในอาหารสูตร MS (6) ที่ไม่ได้เติมสารปฏิชีวนะ เมื่อเวลาผ่านไป 6 สัปดาห์ แคลลัสจะมีการขยายขนาดเพิ่มขึ้น และมีน้ำหนักสดเพิ่มขึ้น โดยจะมีน้ำหนักสดเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 1.02 $\pm$ 0.40 gm.(แสดงในตาราง ที่ 1) และรูปที่ 1, 2, 3, และ 4

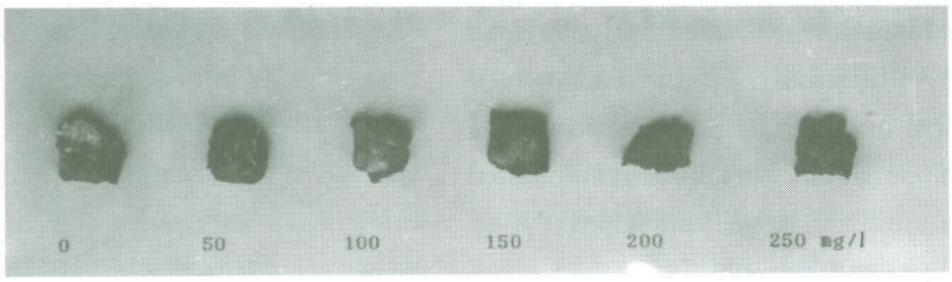
สำหรับแคลลัสที่เลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มี timentin และ cefotaxime ที่ความเข้มข้น 50, 100, 150, 200 และ 250 mg/l จะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลในสัปดาห์ที่ 2 และจะเป็นสีน้ำตาลเข้มขึ้นเรื่อย ๆ น้ำหนักสดไม่เพิ่มขึ้น ทดสอบทางสถิติพบว่าแตกต่างจากทรีตเมนต์ที่ไม่เติม antibiotic อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 1 และรูปที่ 1, 2, และ 4

สำหรับแคลลัสถั่วพุ่มที่เลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มี carbenicillin ความเข้มข้น 50 mg/l เมื่อเวลาผ่านไป 6 สัปดาห์พบว่ายังคงมีชีวิตรอดอยู่ แคลลัสยังมีสีเขียวเข้ม น้ำหนักสดเฉลี่ยวัดได้ 0.88 $\pm$ 0.33 gm เมื่อทดสอบทางสถิติพบว่าแตกต่างจากทรีตเมนต์แรกอย่างมีนัยสำคัญในอาหารที่มี carbenicillin ความเข้มข้น 100, 150, และ 200 mg/l พบว่าแคลลัสเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลในสัปดาห์แรก และเมื่อเวลาผ่านไป 6 สัปดาห์ แคลลัสจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และน้ำหนักไม่เพิ่มขึ้น เมื่อทดสอบทางสถิติพบว่าจะแตกต่างจาก 2 ทรีตเมนต์แรกอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 1 และ รูปที่ 3 และรูปที่ 4

ตารางที่ 1 แสดงน้ำหนักสดเฉลี่ยของแคลลัสถั่วพุ่ม ที่เลี้ยงไว้ใน อาหาร MS (6) ที่มี Timentin, cefotaxime และ carbenicillin ความเข้มข้น 0, 50,100,150,200 และ 250 mg/l เป็นเวลา 6 สัปดาห์(น้ำหนักสดเฉลี่ย เริ่มต้น 0.5 gm)

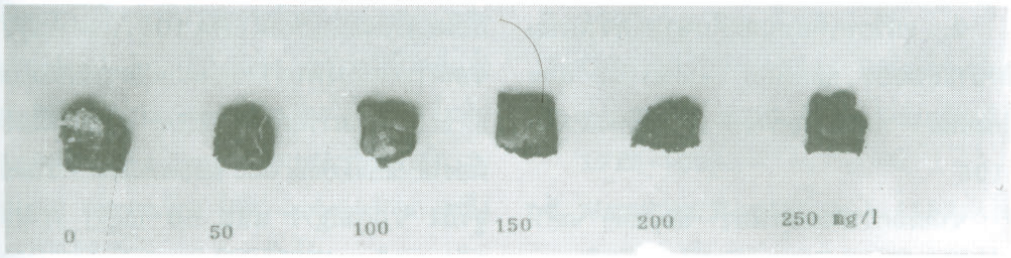
ความเข้มข้นของ antibiotics (mg/l)	น้ำหนักสดเฉลี่ย (gm)		
	timentin	cefotaxime	carbenicillin
0	1.02 ± 0.3 A	1.01 ± 0.4 A	1.02 ± 0.4 A
50	0.52 ± 0.5 B	0.54 ± 0.5 B	0.88 ± 0.33 B
100	0.50 ± 0.6 B	0.52 ± 0.3 B	0.67 ± 0.21 C
150	0.52 ± 0.4 B	0.50 ± 0.6 B	0.68 ± 0.21 C
200	0.52 ± 0.4 B	0.52 ± 0.4 B	0.62 ± 0.33 C
250	0.50 ± 0.6 B	0.50 ± 0.03 B	0.62 ± 0.23 C

ตัวเลข A B C ใช้แสดงค่าการทดสอบทางสถิติ อักษรต่างกันแสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)



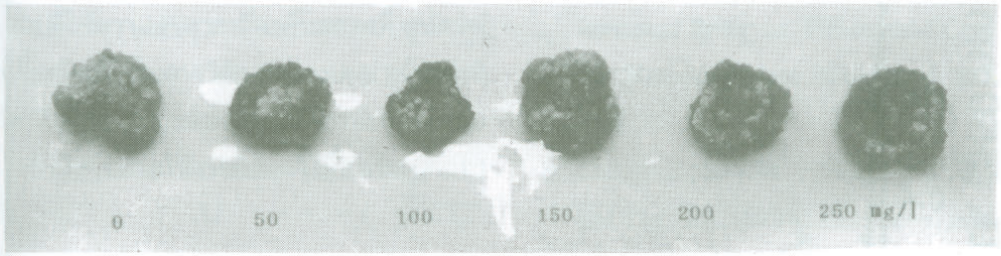
Timentin

รูปที่ 1 เปรียบเทียบลักษณะของแคลลัสที่เลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มี timentin ความเข้มข้น 0, 50, 100, 150, 200 และ 250 mg/l เป็นเวลา 6 สัปดาห์



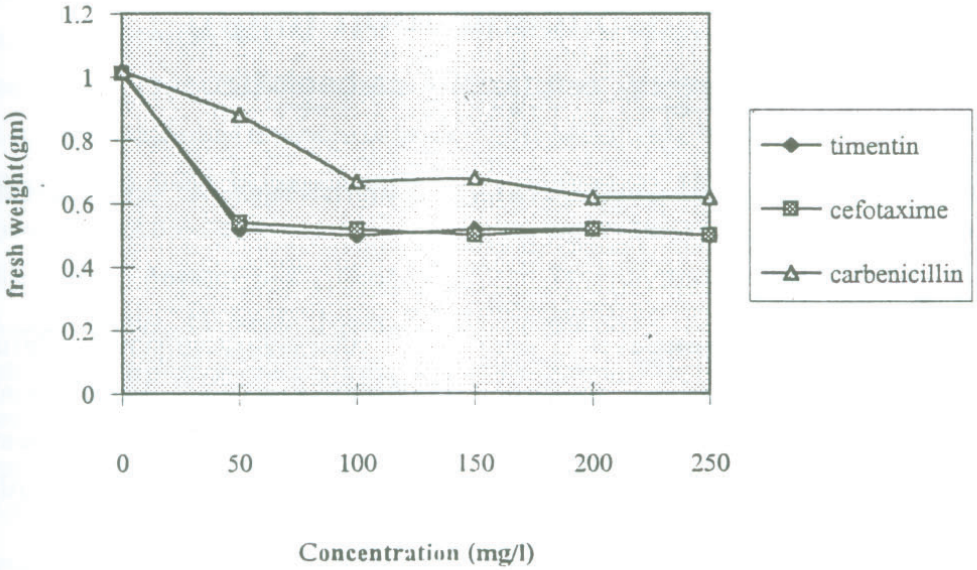
Cefotaxime

รูปที่ 2 เปรียบเทียบลักษณะของแคลลัสที่เลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มี cefotaxime ความเข้มข้น 0, 50, 100, 150, 200 และ 250 mg/l เป็นเวลา 6 สัปดาห์



Carbenicillin

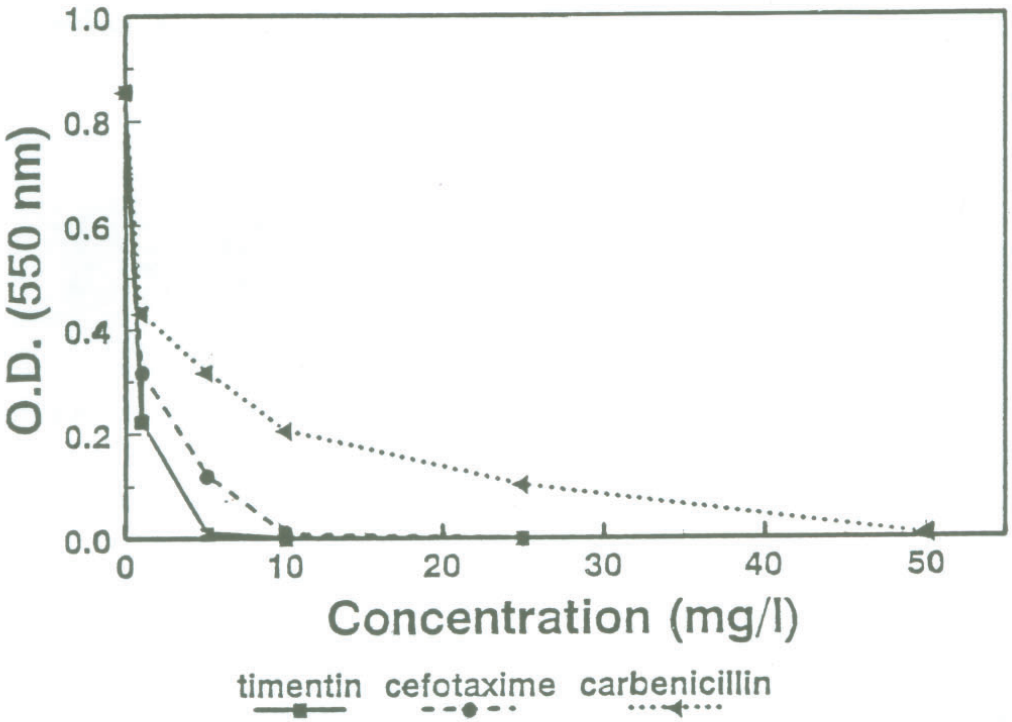
รูปที่ 3 เปรียบเทียบลักษณะของแคลลัสที่เลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มี carbenicillin ความเข้มข้น 0,50,100,150,200 และ 250 mg/l เป็นเวลา 6 สัปดาห์



รูปที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของน้ำหนักสดเฉลี่ยของแคลลัสถั่วพุ่มที่เลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มี timentin, cefotaxime และ carbenicillin ความแข้มข้น 0, 50, 100, 150, 200 และ 250 mg/l เป็นเวลา 6 สัปดาห์

2. เปรียบเทียบและศึกษาหาความเข้มข้นที่เหมาะสมของ timentin cefotaxime และ carbenicillin ที่สามารถกำจัด *A. tumefaciens* EHA 105

จากผลการทดลองพบว่า timentin จะให้ผลดีกว่า cefotaxime และ carbenicillin ในการกำจัด *A. tumefaciens* EHA 105 (แสดงในรูปที่ 5) จากการทดลองพบว่า timentin ความเข้มข้นเพียง 5 mg/l สามารถกำจัด EHA 105 ได้ในขณะที่ต้องใช้ cefotaxime และ carbenicillin ความเข้มข้นสูงถึง 10 mg/l และ 50 mg/l ตามลำดับ (ดังแสดงในรูปที่ 5)



รูปที่ 5 อิทธิพลของ timentin cefotaxime และ carbenicillin ต่อการเจริญของ *A. tumefaciens* EHA 105 โดยการวัดค่า OD

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาอิทธิพลของ timentin cefotaxime และ carbenicillin ต่ออัตราการเจริญของแคลลัสถั่วพุ่ม พบว่า timentin และ cefotaxime จะยับยั้งการเจริญของแคลลัสถั่วพุ่มที่ระดับความเข้มข้น 50 mg/l ในขณะที่ carbenicillin จะยับยั้งการเจริญของแคลลัสถั่วพุ่มที่ระดับความเข้มข้น 100 mg/l

ปริมาณของสารปฏิชีวนะ ที่ใช้ในพืชต่างชนิดกันย่อมแตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากมีความแตกต่างกันระหว่างชนิดของเนื้อเยื่อและชนิดของพืชที่สามารถทนทานต่อปริมาณของสารปฏิชีวนะนั้น ๆ (8)

ในการใช้สารปฏิชีวนะในการกำจัด *A. tumefaciens* ปกตินิยมใช้ cefotaxime และ carbenicillin. (9,10,11) แต่จากการใช้ timentin

ซึ่งเป็นสารปฏิชีวนะที่ประกอบด้วย ticarcillin และ β-lactamase in hibiitor พบว่าได้ผลดีกว่า cefotaxime และ carbenicillin โดยใช้ความเข้มข้นของ timentin เพียง 5 mg/l ในขณะที่ต้องใช้ความเข้มข้นของ cefotaxime และ carbenicillin สูงถึง 10 mg/l และ 50 mg/l ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ในการวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ความสะดวกเกี่ยวกับสถานที่ อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ภาควิชาชีววิทยา ตลอดจนผู้ให้ความช่วยเหลืออื่นๆ ซึ่งมีส่วนช่วยให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. Dobie, P. 1981. The use of resistant varieties of cowpeas to reduce losses due to post harvest attack by *Callosobuchus maculatus*. Ser. Entomol. 19:185-192.
2. Latunde Dada, 1990 Genetic manipulation of the cowpea for enhanced resistance to fungal pathogens and insect pests. Advances in Agronomy 44:133-54.
3. Hilder, V.A.; Anghard M.R., Gatehouse, J.A. and Boulter, D. 1989. Potential for exploiting plant genes to genetically engineer insect resistance, exemplified by the cowpea trypsin inhibitor gene. Pesticide Science 27:165-171.
4. Shad, R.E.,Murdock, L.L.; Foard D.E. and Pomeroy, M.A. 1986. Artificial seed system for bioassay of cowpea weevil growth and development Environ. Entomol. 15:1286-1291.
5. Grierson, D. 1971. Biotechnology of vegetable crops. Hort Science 26(8): 1025-1028.
6. Murashige, T. and Skoog, F. 1962. A revised medium for the rapid growth and bioassay with tobacco tissue cutures. Phsiolgy Plant 15: 473-497.
7. Suriyajantratong, P. and Bunnag, S. 1987. Shoot Bud Formation from Cultured Cowpea Immature Embryos. *Fifh* Annual Conference on Methodological Biological Science : 1-4.
8. Choi, P.S.; Soh. W.Y.; Kim, Y.S.; Yoo, O.J. and Liu, J.R. 1994. Genetic transfomation and plant regenneration of watermelon using *Agrobaterium tumefaciens*. Plant Cell Report 13(6): 344-348.
9. Horsch, R.B.; Fry, J.; Hoffmann, N.; Neidermeyer, J.; Rogers, S.G. and Fraley, R.T. 1988. Leaf disc transformation. Plant Mol. Biol. Manual A5: 1-9.
10. James, D.J., Passey, A.J. Barbara D.J. and Bevan, M. 1989. Genetic transformation of apple *(Malus pumila Mill.)* using a disarmed Ti-binary vector. Plant Cell Rep. 7: 658-661.
11. James, D.J., Passey, A.J.; webster, A.D.; Barbara, D.J.; Viss, P.; Dandekar A.M. and Uratsu, S.L. 1993. Transgenic apples and strawberries: Advances in transformation, introductin of genes for insect resistance and field studies of tissue culture plants. Acta Hort. 336:176-184.

ว.วิทย มข. 25(3) : 208-214 (2540)

สัณฐานวิทยาละอองเรณูของพืชสกุล *Polygonum L.*
(Pollen Morphology of *Polygonum L.*)

*รัชนี ฉวีราช
**วิชัย ณีรัตนพันธุ์
**มลิวรรณ นาคขุนทด

บทคัดย่อ

จากการศึกษาสัณฐานวิทยาละอองเรณูของพืชสกุล *Polygonum L.* จำนวน 6 ชนิด โดยนำละอองเรณูมาผ่านกรรมวิธีอะซีโตไลซีส แล้วศึกษาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงและกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด พบว่ารูปทรงละอองเรณูทุกชนิดมีรูปทรงแบบ spheroidal ขั้วแบบ apolar ช่องเปิดแบบ periporate และลวดลายบนผนังเรณูแบบ loosely reticulate ลักษณะที่แตกต่างกันคือขนาดของละอองเรณู ซึ่งสามารถแบ่งละอองเรณูออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ ละอองเรณูขนาด 40-49 μ 50-59 μ และ 60-69 μ

Abstract

A study on polllen morpholgy of 6 species *Polygonum L.* has been undertaken by acetolysis method. The palynological characters were examined by light microscope and scanning electron microscope. The palynological studies of all species are spheroidal in shape, apolar in polarity, periporate in apertures and loosely reticulate in exine sculpturing. Different sizes are classified in to 3 groups, ranging 40-49 μ, 50-59 μ and 60-69 μ

* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
**อาจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
***นิสิตปริญญาโท ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทนำ

ละอองเรณูเป็นเซลสืบพันธุ์เพศผู้ของพืชมีดอกซึ่งเกิดจากการแบ่งตัวของเซลต้นกำเนิด (spore mother cell) เมื่อเจริญเปลี่ยนแปลงเป็นละอองเรณูจะมี 2 นิวเคลียส (binucleate) คือ เวเจทเททีฟ นิวเคลียส (vegetative nucleus) และเจเนอเรทีฟ นิวเคลียส (generative nucleus) ละอองเรณูประกอบด้วยโปรตีน 20% คาร์โบไฮเดรต 37% ไขมัน 4% และเกลือแร่ 3% (knox, 1979) ดังนั้นจึงมีคุณค่าทางอาหารด้วย

การศึกษาสัณฐานวิทยาละอองเรณู เป็นข้อมูลพื้นฐานของการศึกษาทางพฤกษ-ศาสตร์ซึ่งจะนำไปสู่การศึกษาสาขาอื่นอีกมากมาย เช่น การศึกษาทางโบราณคดี (Archaeopalynology) การศึกษาละอองเรณูในน้ำผึ้ง (Melitopalynology) การศึกษาเกี่ยวกับโรคภูมิแพ้ (Aeropalynology) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาทางด้านพฤกษานุกรมวิธาน (Plant Taxonomy) และอื่น ๆ ทั้งนี้เนื่องจากว่าเรณูของพืชแต่ละชนิดจะมีลักษณะแตกต่างกันออกไปทั้งรูปร่างลักษณะ ขนาด โครงสร้าง ขั้วช่วงเปิด ลวดลายบนผนังเรณู ซึ่งเป็นเอกลักษณ์เฉพาะชนิดของพืช

พืชสกุล *Polygonum L.* เป็นไม้พุ่ม ไม้ล้มลุก ลำต้นเป็นข้อปล้องชัดเจน โดยปกติแล้วจะมีลักษณะเด่นคือ มีหูใบที่เชื่อมติดกันเป็นแผ่นบางหุ้มรอบข้อไว้ เรียกว่า โอเครีย (ochrea) ดอกช่อคล้ายสไปค์ (spike) คือมีก้านดอกย่อยสั้น ๆ ลักษณะภายนอกที่มองเห็นได้เด่นชัดและสามารถนำมาประกอบการตรวจสอบ (iditification) และจัดจำแนก (classification) ได้คือ การมีขนที่ลำต้น, ใบ และโอเครีย

Tseng-chieng, 1972 ได้ศึกษาละอองเรณูในไต้หวัน รวมทั้งพืชสกุล *Polygonum L.* หลายชนิด พบว่ามีลักษณะดังต่อไปนี้

Polygonum barbatum L.

เรณูเป็นแบบ แพนโทโพเรท (pantoporate) จำนวน 14 ช่องเปิด รูปทรงกลม (spheroidal) กว้าง 61-80 μ โอรา (ora) เกือบจะกลม กว้าง 4-5 μ เอ็กซีนหนา 5-7 μ เทคตัม (tectum) มีบาคูเลท (baculate) เน็กซีน (nexine) หนา 0.5-1 μ

P. longiseptum R. Br.

เรณูแบบแพนโทโพเรท รูปทรงกลม กว้าง 53-60 μ โอรา กว้าง 4-5 μ เอ็กซีนหนา 7.8-8 μ เทคตัมมีสับเอคิเนท (subechinate) เอคินี (echini) ยาว 6 (ลูมินา (lumina) กว้าง 7 μ ไมโครบาคูลา (microbacula) ยาว 3 μ เน็กซีนหนา 1.3-1.5 μ

P. strigosum R. Br.

เรณูแบบแพนโทโพเรท รูปทรงกลม กว้าง 57-68 μ โอรา กว้าง 4-5 μ เอ็กซีน หนา 7 μ เทคตัมมีสับเอคิเนท เอคินียาว 4.5 μ ลูมิน่า รูปทรง 5-6 เหลี่ยม กว้าง 7-8 μ ไมโคบาคูลา ยาว 3 เน็กซีนหนา 1.5

P. tomentosum Willd.

เรณูแบบแพนโทโพเรท รูปทรงกลม กว้าง 44-50 μ โอรา กว้าง 5-6 μ เอ็กซีน หนา 8 μ เทคตัมมีสับเอคิเนท เอคินียาว 6 μ ลูมิน่า รูปทรง 5-6 เหลี่ยม กว้าง 7-8 μ ไมโครบาคูลา ยาว 2-4 μ เน็คซีนหนา 1.5 μ

วิธีการวิจัย

1. เก็บส่วนดอกพืชสกุล *Polygonum L.* ได้ 6 ชนิด ดังตาราง แล้วนำเรณูมาอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 50°C

ลำดับที่	ชื่อท้องถิ่น	ชื่อวิทยาศาสตร์	สถานที่เก็บ	เดือนที่เก็บ
1	สร้อยทับทิม	*Polygonum barbatum* L.	อ.หนองหาร จ.อุดรธานี	พ.ย. 2537
2	เอื้อง	*P. glabrum* Willd.	อ.หนองหาร จ.อุดรธานี	พ.ย. 2537
3	-	*P. longiseptum* L.	อ.โคกศรีสุพรรณ จ.สกลนคร	พ.ย. 2537
4	ผักไผ่ ผักแพว	*P. odoratum* Lour.	อ.เมือง จ.ขอนแก่น	พ.ย. 2537
5	ผักโพดแดง	*P. strigosum* R. Br.	อ.เมือง จ.สกลนคร	พ.ย. 2537
6	ผักไผ่น้ำ	*P. tomentosum* Willd.	อ.เมือง จ.หนองบัวลำภู	พ.ย. 2537

2. ตรวจสอบชนิด และเทียบตัวอย่างพรรณไม้ที่หอพรรณไม้ กรมป่าไม้ และหอพรรณไม้ตึกพืชพรรณ กรมวิชาการเกษตร

3. เตรียมสไลด์ละอองเรณู เพื่อศึกษาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง และเตรียมละอองเรณูเพื่อบันทึกภาพโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด โดยนำละอองเรณูมาผ่านขบวนการ อซีโตไลซีส (Erdtman, 1966)

4. แสดงผลการวิจัยเป็นตาราง พร้อมกับบันทึกภาพ

สัณฐานวิทยาละอองเรณูที่นำมาศึกษา

1. รูปทรง (shape) ได้จากอัตราส่วนของค่าความยาวของเรณูในแนวแกนระหว่างขั้วทั้งสองของเรณู (polar axis : P) ต่อค่าความกว้างของเรณูในแนวเส้นศูนย์สูตร (equatorial axis : E) (Erdtman, 1952) ในกรณีที่ไม่มีช่องเปิดหรือช่องเปิดกระจายอยู่ทั่วเรณู วัดโดยโฟกัสให้เห็น median optical section แล้ววัด 2 ครั้งในแนวตั้งฉากกัน

2. ขนาด (size) วัดในแนวแกน P หรือ E โดยเลือกแกนที่ยาวที่สุด จำนวนของละอองเรณูที่วัดแต่ละชนิด 15 เรณู

3. ขั้ว (polarity)

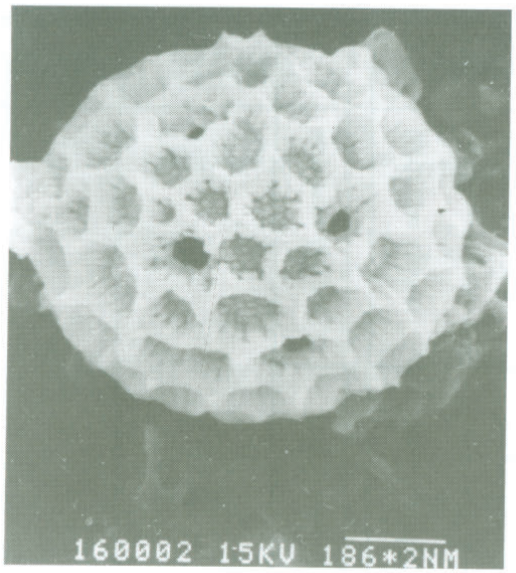
4. ช่องเปิด (aperture)

5. ลวดลายบนผนังเรณูชั้นนอก (exine sculpturing)

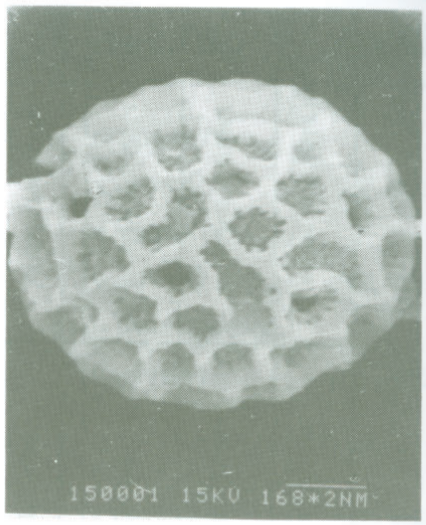
ผลการวิจัย

แสดงผลการวิจัยเป็นตารางดังนี้

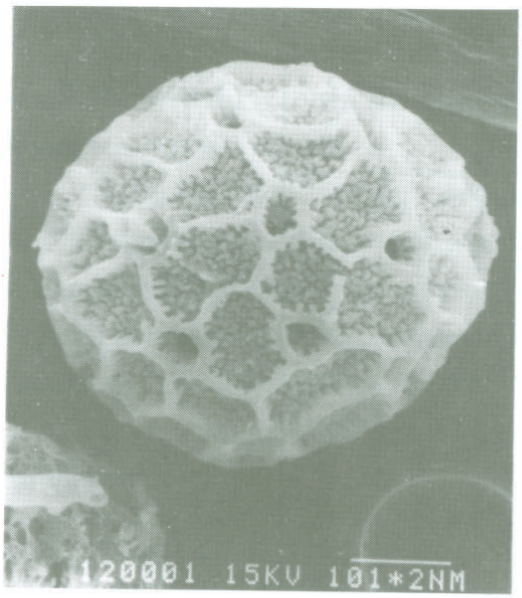
local name	scientific name	shape (P/E)	size (μ)	polarity	aperture	exine sculpturing
สร้อยทับทิม	*Polygonum barbatum* L.	spheroidal	46.8-47.4	apolar	Polypantoporate	loosely reticulate
เอื้อง	*P. glabrum* willd	spheroidal	65.6-66.0	apolar	Polypantoporate	loosely reticulate
-	*P. longiseptum* L.	spheroidal	45.3-48.9	apolar	Polypantoporate	loosely reticulate
ผักไผ่ ผักแพว	*P. odoratum* Lour.	spheroidal	46.6-46.9	apolar	Polypantoporate	loosely reticulate
ผักโพดแดง	*P. strigosum* R. Br.	spheroidal	52.6-53.0	apolar	Polypantoporate	loosely reticulate
ผักไผ่น้ำ	*P. tomentosum* Willd	spheroidal	50.8-51.4	apolar	Polypantoporate	loosely reticulate



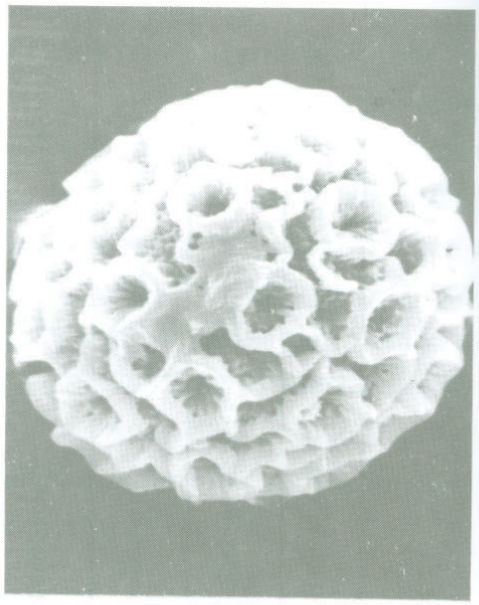
ภาพที่ 1 ละอองเรณูของ *Polygonum barbatum* L. SEM x 1800



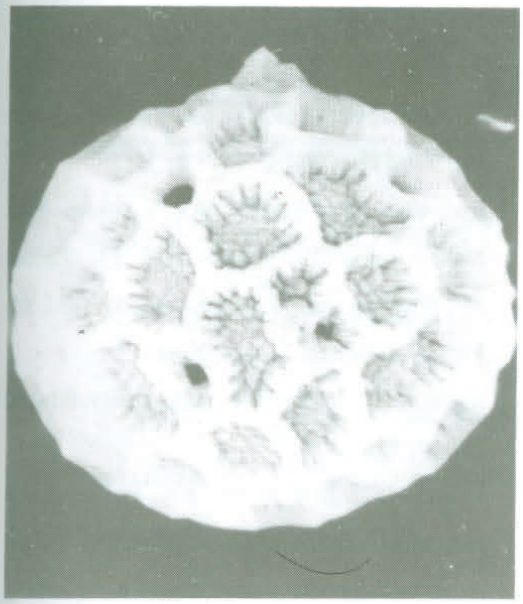
ภาพที่ 3 ละอองเรณูของ *Polygonum longiseptum* L. SEM x 2400



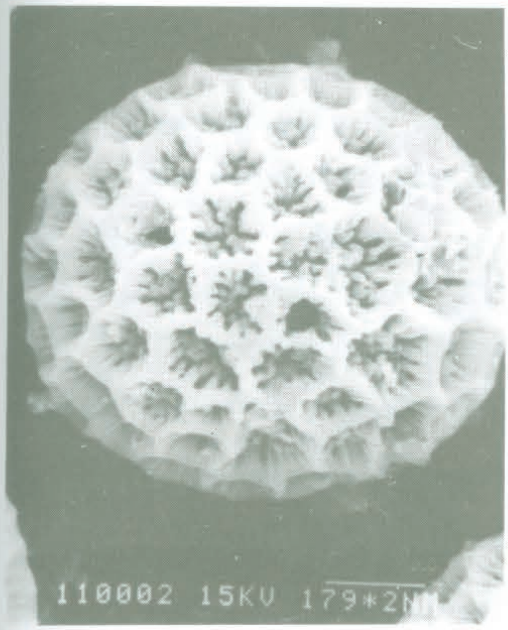
ภาพที่ 2 ละอองเรณูของ *Polygonum glabrum* willd SEM x 1500



ภาพที่ 4 ละอองเรณูของ *Polygonum odoratum* Lour. SEM x 1500



ภาพที่ 5 ละอองเรณูของ *Polygonum strigosum* R. Br. SEM x 2000



ภาพที่ 6 ละอองเรณูของ *Polygonum tomentosum* willd SEM x 1900

สรุปผลและวิจารณ์

จากการศึกษาสัณฐานวิทยาละอองเรณูนั้น พบว่ารูปทรง ขั้ว ช่องเปิดและลวดลายบนผนังเรณูมีลักษณะที่เหมือนกัน และแตกต่างกันบ้างที่ขนาดเท่านั้น โดยสามารถแบ่งกลุ่มของละอองเรณูออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

ละอองเรณูขนาด 40 - 49 μ ได้แก่

P. barbatum L.

P. longiseptum L.

P. odoratum Lour.

ละอองเรณูขนาด 50 - 59 μ ได้แก่

P. tomentosum willd

P. strigosum R. Br.

ละอองเรณูขนาด 60 -69 μ ได้แก่

P. glabrum willd

สำหรับลักษณะอื่น ๆ ของละอองเรณู เป็นต้นว่า ขนาดของช่องเปิด ขนาดของลูมิน่า ความหนาของผนังเอ็กซีนนั้น จากการศึกษาพบว่า ขนาดของช่องเปิดจะแตกต่างกันได้เพียงเล็กน้อย ขนาดของลูมิน่าใน *P. barbatum* L. *P odoratum* L. *P. tomentosum* Willd. ค่อนข้างจะสม่ำเสมอ แตกต่างกันไม่มากนัก แต่ใน *P. glabrum* Willd. *P. longiseptum* L. และ *P. strigosum* R. Br. ขนาดของลูมิน่าจะไม่สม่ำเสมอ แตกต่างกันได้มาก ในที่นี้ไม่ได้ทำการวัดค่าที่แน่นอนไว้ ทั้งนี้เนื่องจากว่าขนาดนั้นไม่นิยมนำมาใช้ในการตรวจสอบและจัดจำแนกชนิดของพืช เพราะความแตกต่างของขนาดอาจจะมีสาเหตุมาจากสภาพแวดล้อมภายนอกได้เช่น ความอุดมสมบูรณ์ของแร่ธาตุอาหารบริเวณที่พืชนั้นเจริญ แต่อย่างไรก็ตามในการวิจัยครั้งต่อไปจะได้ทำการวัดเพื่อศึกษาเรื่องของขนาด อาจจะได้ค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องได้ สำหรับความหนาของผนังชั้นเอ็กซีนนั้น เมื่อศึกษาโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงไม่สามารถวัดความหนาของ

ชั้นเอ็กซีนได้ เพราะที่กำลังขยายขนาดนั้นจะมองเห็นผนังเอ็กซีนบาง ถ้าจะวัดให้ได้ค่าที่ถูกต้องและเที่ยงตรงในแต่ละชนิดควรจะใช้กล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องผ่าน (Transmission electron microscope : TEM) และเช่นเดียวกัน จะได้ศึกษาในโอกาสต่อไป จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการจะมองเห็นเสาคอลูเมลา (columella) ยาว หรือสั้น ที่โผล่ขึ้นมาบริเวณที่เทคตัมขาดหายไป หรือที่ค้ำเทคตัมส่วนที่เหลืออยู่ ทำให้มองเห็นรูปทรงของเสาคอลูเมลาแบบบาคูเลท แต่มองไม่เห็นความหนาของชั้นเน็กซีนเลย

เอกสารอ้างอิง

1. Erdtman, G. 1952. Angiosperm. Pollen Morphology and Plant Taxonomy I. Stockholm and Waltham, Man.
2. Erdtman, G. 1966. Angiosperm (An Introduction to Polynology I). Pollen Morphology and Plant Taxonomy. 3d ed. Hafner Publishing, New York.
3. Knox, R.B. 1979. Pollen and Allergy. Edward Arnod, London.
4. Moore, P.D. and Webb, J.A. Pollen grains and spores. An Illustrated Guide to Pollen Analysis. Hodder and Stoughton, London, 1978.
5. Tseng-Chieng Huang. Pollen Flora of Taiwan. Ching-HWA Press Co. LTD., Taiwan, 1972.

ว.วิทย มข. 25(3) : 215-231 (2540)

เกร็ดคอมพิวเตอร์

อนุสรณ์ ศรีธีระวิโรจน์

การใช้ Microsoft Excel for Windows ช่วยในการตัดเกรดและพิมพ์ใบส่งเกรด

เมื่อมีนักศึกษาจำนวนมากมายมาลงทะเบียนเรียนวิชาของท่าน มักจะเกิดปัญหาในการกรอกคะแนน, การรวมคะแนน, การหาค่า mean & std, การตัดเกรด และ**สุดท้ายการกรอกเกรดลง มข. 11** ปวดหัวแน่นอนในการตรวจสอบหลังจากกรอกไปแล้ว

ปัญหานี้มีทางออก แต่อาจไม่ดีที่สุดแต่ก็แบ่งเบาภาระและความผิดพลาดไปเยอะเหมือนกัน โดยจะใช้ **โปรแกรม Microsoft Excel for Windows** โดยมีแนวทางปฏิบัติดังนี้

1. **ข้อมูล(*.DAT)จากเจ๊เก๋**

โดยจะยกตัวอย่างวิชา 315 104 Basic Physics I (ผู้เขียนสอนเอง) ซึ่งข้อมูลที่ได้รับมานั้นให้ชื่อว่า **"315104.DAT"** มีรูปแบบคือ

31510403404904_5นายสมคิด	บรรสุทธี	150101
31510404351344_2น.ส.บุษราภรณ์	วิชาสุ	030801
31510404371016_3นายวรวัตต์	แน่นอุดร	030801

31510404	351344_2	น.ส.บุษราภรณ์	วิชาสุ	030801
1	2 3	4	5	6 7 8 9 10

ช่วงที่ 1 คือ **รหัสวิชา** ขนาด **X(6)**

ช่วงที่ 2 คือ **กลุ่ม** ขนาด **X(2)**

ช่วงที่ 3 คือ **รหัสประจำตัว** ขนาด **X(8)**

ช่วงที่ 4 คือ **ชื่อ** ขนาด **X(25)**

อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

<u>ช่วงที่ 5</u> คือ **นามสกุล** ขนาด **X(20)**

<u>ช่วงที่ 6</u> คือ **AUDIT** ขนาด **X(1)**

<u>ช่วงที่ 7</u> คือ **ADD/DROP** ขนาด **X(1)**

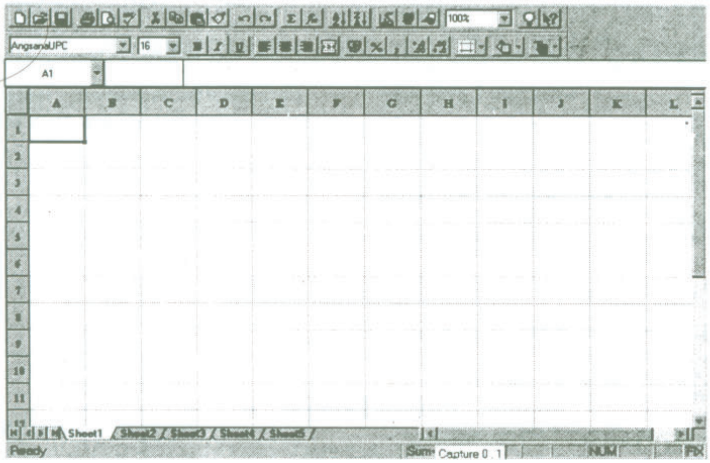
<u>ช่วงที่ 8</u> คือ **คณะ** ขนาด **X(2)**

<u>ช่วงที่ 9</u> คือ **สาขา** ขนาด **X(2)**

<u>ช่วงที่ 10</u> คือ **สถานะภาพ น.ศ.** ขนาด **X(2)**

2. <u>จัดการข้อมูลด้วย Microsoft Excel for Windows</u>

2.1 เรียกโปรแกรม Microsoft Excel จาก icon หรือ เลือก **Start, Program, Microsoft Excel**



เลือก **File, Open** ใส่ชื่อข้อมูลที่ต้องการ **"315104.DAT"**

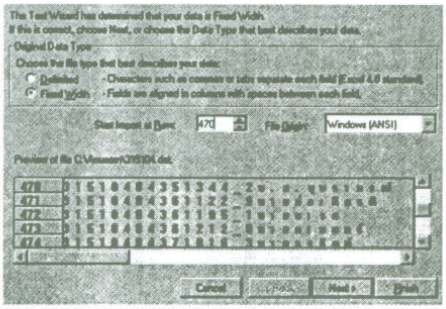
หน้าจอจะขึ้นเมนูขนาดเล็กชื่อ **Text Import Wizard - Step 1 of 3**

เลือก (1) ถ้าเป็น Microsoft Excel เวอร์ชันภาษาอังกฤษ เลือก **Fixed Width**

ถ้าเป็น Microsoft Excel เวอร์ชันภาษาไทย เลือก **Delimited**

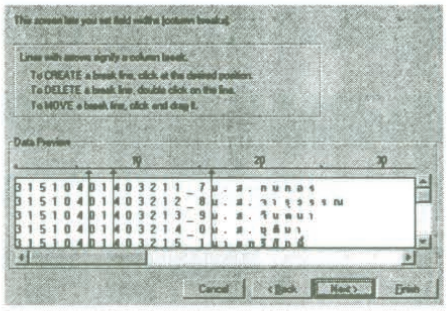
เพราะว่าตัวหนังสือไทยมีสระและวรรณยุกต์ ข้อมูลจะย่อเข้ามา ทำให้อักษรตัวแรกในคอลัมน์นามสกุล ไม่ตรงกัน ดังข้อมูลตัวอย่างข้างบน

เลือก (2) เป็น<u>ข้อมูลบรรทัดแรกที่ต้องการ</u> คือวิชา 315104 กลุ่ม 04 โดยเลือกบรรทัดที่ 470 ดังรูป



click "Next > "

หน้าจอจะขึ้นเมนูขนาดเล็กชื่อ **Text Import Wizard - Step 2 of 3**



เป็นการ<u>แบ่งข้อมูลให้เป็นคอลัมน์ที่ต้องการ</u>และไม่ต้องการ โดย **click ตรงตำแหน่งที่จะแบ่ง** ดังรูป

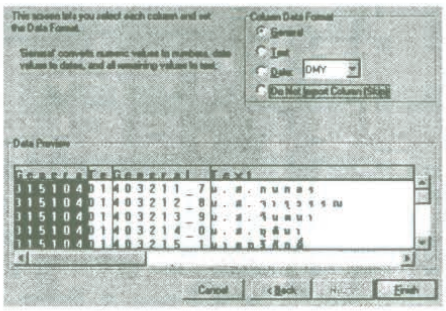
3151040435134 4_2น.ส.บุษราภรณ์ วิชาสุ 030801

① ② ③ ④ ⑤ ⑥

click "Next > "

กรณีที่มีเส้นที่ถูกแบ่งแล้วไม่ต้องการ ให้กดปุ่มเม้าส์ซ้ายค้างไว้ที่เส้นที่ไม่ต้องการแล้วลากออกไปให้พ้นเมนูขนาดเล็ก เส้นนั้นก็จะหายไป

หน้าจอจะขึ้นเมนูขนาดเล็กชื่อ **Text Import Wizard - Step 3 of 3** ดังรูป



เป็นการ<u>**เลือก**คอลัมน์ที่ต้องการและไม่ต้องการ</u> โดย **click ทีละคอลัมน์**

ถ้า ***ต้องการ*** คอลัมน์นี้ เลือก

- **General** ถ้าข้อมูลคอลัมน์นี้*<u>ไม่</u>เป็นตัวหนังสือ*

หรือ - **Text** ถ้าข้อมูลคอลัมน์นี้*เป็นตัวหนังสือ*

หรือ - **Date** ถ้าข้อมูลคอลัมน์นี้*เป็นวันที่*

ถ้า ***ไม่ต้องการ***คอลัมน์นี้ เลือก

- **Do Not Import Column (Skip)**

จากรูปที่แล้ว ส่วนที่ 1 เลือก General ส่วนที่ 2 เลือก Text

ส่วนที่ 3 เลือก General ส่วนที่ 4 เลือก Text

ส่วนที่ 5 เลือก Text

ส่วนที่ 6 เลือก Do Not Import Column (Skip)

click "Finish" เป็นการเสร็จสิ้นขั้นตอนการ import ข้อมูลเข้าสู่ Microsoft Excel

2.2 ข้อมูลที่ได้ จะเป็นดังตารางข้างล่าง

□□□□□□□ □□□

□□□□m□□ □□□□q□

□□□□ □□□

แน่นอนถ้าเป็น Microsoft Excel เวอร์ชันภาษาอังกฤษ ส่วนที่เป็นชื่อ-สกุลอ่านไม่รู้เรื่องแน่ต้องเปลี่ยน Font เป็นชนิดที่มีภาษาไทยเช่น AngsanaUPC, EucrosiaUPC เป็นต้น โดยเลือกขนาดตามต้องการ ในที่นี้จะใช้ AngsanaUPC ขนาด 16 ดังตัวอย่างข้างล่าง

315104	04	351344_2	น.ส.บุษราภรณ์	วิชาสุ
315104	04	361122_9	นายก่อเกียรติ	สิงห์สถิตย์
315104	04	361195_1	นายนเรศ	คำพันธ์

ถ้าเป็น Microsoft Excel เวอร์ชันภาษาไทย ส่วนที่เป็นชื่อ-สกุลใช้ได้เลย อาจจะเปลี่ยน Font หรือขนาดตามต้องการได้

2.3 ขอบเขตข้อมูลที่ต้องการตอนนี้ได้ส่วนที่เป็นข้อมูลคนแรกแล้วคือ

315104	04	351344_2	น.ส.บุษราภรณ์	วิชาสุ

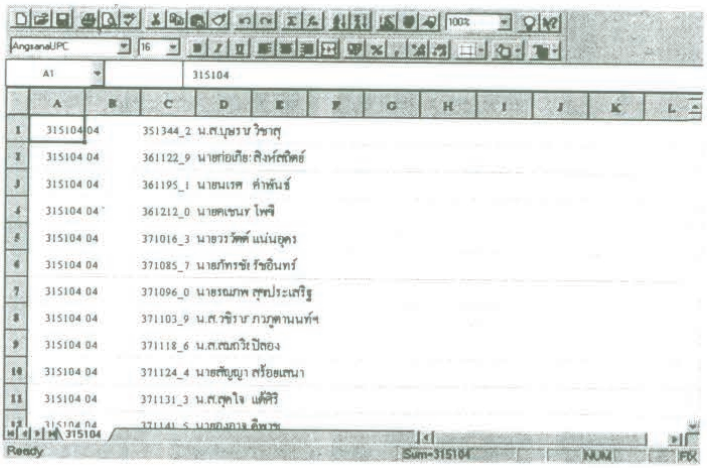
แต่คนสุดท้ายที่ต้องการยังไม่ได้ในที่นี้คือ

315104	04	391404_7	นายสมคิด	เพ็ชรอาษา

ซึ่งอยู่บรรทัดที่ 388

ดังนั้นให้ **Cut** ข้อมูล***แถวตั้งแต่หลังคนสุดท้ายทิ้งไป*** { Cut ตั้งแต่บรรทัดที่ 389 ลงไปทิ้ง }

ถึงตอนนี้ก็จะได้ขอบเขตของข้อมูลรายชื่อในวิชา 315104 กลุ่ม 04 ตามต้องการ ดังรูป



2.4 จะให้ กลุ่ม อยู่ คอลัมน์ B

รหัสประจำตัว อยู่ คอลัมน์ C

ชื่อ อยู่ คอลัมน์ E

สกุล อยู่ คอลัมน์ F

จะ **ลบ** ข้อมูลในคอลัมน์ A ทิ้งไป โดย click ไปอยู่ใน A1 {คอลัมน์ A แถว 1} แล้วสร้าง Hi-light ในคอลัมน์ A จนถึงบรรทัดสุดท้าย กดปุ่ม **Delete**

click ไปอยู่ในคอลัมน์ D เลือก **Insert, Column** ก็จะมีคอลัมน์ D ที่ว่างปล่าวขึ้นมาแทน ส่วนชื่อ, นามสกุลเดิม จะ shift ไปทางขวาอีก 1 คอลัมน์ ตามลำดับ โดย ชื่อ จะอยู่คอลัมน์ E สกุล อยู่ คอลัมน์ F

จะให้ข้อมูลคนแรกไปเริ่มที่ A7 โดย click ไปอยู่ใน A1

เลือก **Insert, Row** ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆจนข้อมูลคนแรกไปอยู่ที่ A7

สร้าง Hi-light ในคอลัมน์ A จากแถวที่ 1 ถึงแถวที่ 6 เลือก **Format, Row, Height** ใช้ขนาด **23.25**

2.5 จะกำหนดขนาดของแต่ละคอลัมน์ ดังนี้

click ไปอยู่ในคอลัมน์ A เลือก **Format, Column, Width** ใช้ขนาด 5

click ไปอยู่ในคอลัมน์ B เลือก **Format, Column, Width** ใช้ขนาด 5

click ไปอยู่ในคอลัมน์ C เลือก **Format, Column, Width** ใช้ขนาด 13

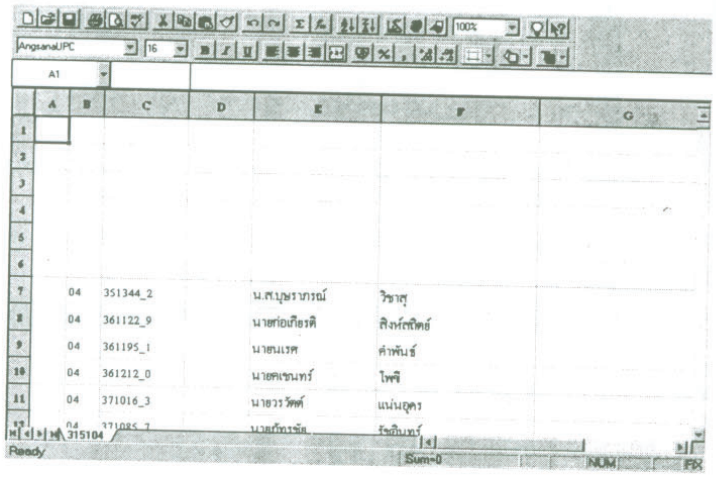
click ไปอยู่ในคอลัมน์ D เลือก **Format, Column, Width** ใช้ขนาด 10

click ไปอยู่ในคอลัมน์ E เลือก **Format, Column, Width** ใช้ขนาด 20

click ไปอยู่ในคอลัมน์ F เลือก **Format, Column, Width** ใช้ขนาด 25

click ไปอยู่ในคอลัมน์ G เลือก **Format, Column, Width** ใช้ขนาด 28

ดังรูป



2.6 จัดรูปแบบช่วงบน ให้เป็นแบบฟอร์มของ มข. 11 ดังนี้

click ไปอยู่ใน A1 **พิมพ์** คำว่า "ใบส่งเกรด (มข. 11)"

สร้าง Hi-light จาก A1 ถึง G1 เลือก icon รูป 

click ไปอยู่ใน D2 **พิมพ์** คำว่า "ภาคการศึกษา ปลาย ปีการศึกษา 2539"

click ไปอยู่ใน G2 **พิมพ์** คำว่า "มหาวิทยาลัยขอนแก่น"

click ไปอยู่ใน C3 **พิมพ์** คำว่า "315 104 BASIC PHYSICS I"

click ไปอยู่ใน F3 **พิมพ์** คำว่า " 2.00 หน่วยกิจ กลุ่ม 04"

click ไปอยู่ใน A4 **พิมพ์** คำว่า "วิชาสังกัดคณะ วิทยาศาสตร์"

click ไปอยู่ใน F4 **พิมพ์** คำว่า "จำนวนผู้ลงทะเบียนในกลุ่มนี้ 388 คน"

โดย จำนวนผู้ลงทะเบียนจะกล่าวถึงจำนวนในขั้นตอนต่อไป

click ไปอยู่ใน A5 **พิมพ์** คำว่า "ลำดับ"

click ไปอยู่ใน B5 **พิมพ์** คำว่า "กลุ่ม"

click ไปอยู่ใน C5 **พิมพ์** คำว่า "รหัสประจำตัว"

click ไปอยู่ใน D5 **พิมพ์** คำว่า "เกรด"

click ไปอยู่ใน E5 **พิมพ์** คำว่า "ชื่อ-สกุล"

สร้าง Hi-light จาก E5 ถึง F5 เลือก icon รูป

click ไปอยู่ใน G5 **พิมพ์** คำว่า "หมายเหตุ"

click ไปอยู่ใน E6 **พิมพ์** คำว่า "คณะเกษตรศาสตร์"

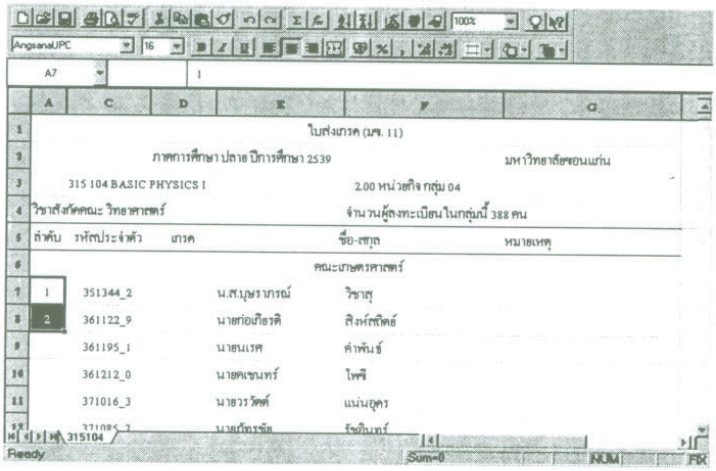
สร้าง Hi-light จาก E6 ถึง F6 เลือก icon รูป

สร้าง Hi-light จาก A5 ถึง G5 เลือก icon รูป

จะซ่อนคอลัมน์ B เลือก **Format, Column, Hide**

click ไปอยู่ใน A7 **พิมพ์** "1" และclick ไปอยู่ใน A8 **พิมพ์** "2"

สร้าง Hi-light จาก A7 ถึง A8 <u>เอาหัว pointer ไปวางไว้ที่มุมขวา-ล่าง ของ A8</u> {pointer จะเป็นรูปเครื่องหมายบวก (+)} ดังรูป



แล้ว<u>กดปุ่มเมาส์ซ้ายค้างไว้</u> ลากลงไปตามคอลัมน์ A จนถึงข้อมูลสุดท้ายแล้วปล่อยปุ่มเมาส์ซ้าย ถึงตอนนี้ลำดับของข้อมูลจะเรียงจาก 1, 2, 3, ... , 388 คนซึ่งอยู่ที่ A394

<u>หมายเหตุ</u> การทำให้ข้อความในช่อง ชิดซ้าย, ชิดขวา, หรืออยู่ตรงกลาง นั้น จะต้องสร้าง Hi-light ในส่วนที่ต้องการ แล้วเลือก icon รูป ตามลำดับ

2.7 สร้างรูปแบบในการกรอกคะแนนและการตัดเกรด อีกชุดหนึ่งทางซีกขวา โดย

ที่ช่อง H1 **พิมพ์** คำว่า "**ภาคการศึกษา ปลาย ปีการศึกษา 2539**"

ที่ช่อง H2 **พิมพ์** คำว่า "**315 104 BASIC PHYSICS I**"

ที่ช่อง H3 **พิมพ์** คำว่า "**คณะเกษตรศาสตร์**"

ที่ช่อง H4 **พิมพ์** คำว่า "Mid-term" ที่ช่อง J4 **พิมพ์** คำว่า "Final"

ที่ช่อง L4 **พิมพ์** คำว่า "**รวม**" ที่ช่อง M4 **พิมพ์** คำว่า "**เกรด**"

ที่ช่อง H5 **พิมพ์** คำว่า "สอบ" ที่ช่อง I5 **พิมพ์** คำว่า "คะแนน"

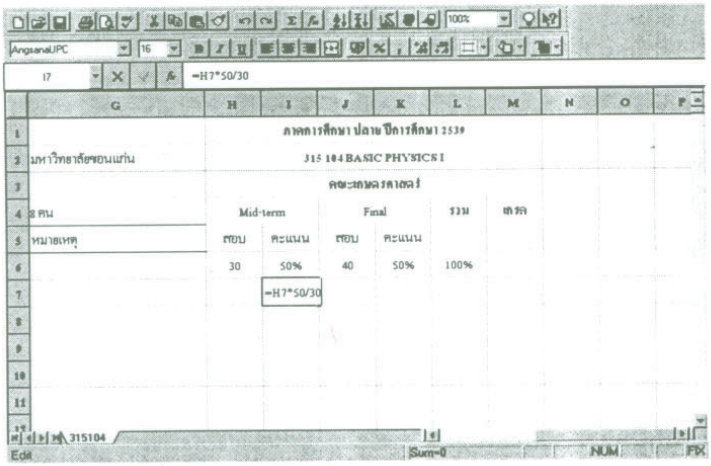
ที่ช่อง J5 **พิมพ์** คำว่า "สอบ" ที่ช่อง K5 **พิมพ์** คำว่า "คะแนน"

<u>หมายเหตุ</u> การเชื่อมต่อช่องในบรรทัดเดียวกัน

ให้สร้าง Hi-light ในส่วนที่ต้องการ แล้วเลือก icon รูป 

สร้างสมการในการให้คะแนน Mid-term ที่ I7 โดยสมมติให้สอบมีคะแนนเต็ม 30 คิดเป็น 50% ดังนั้นที่ I7 **พิมพ์** "=H7*50/30" ลงไป {หมายความว่า ถ้าได้คะแนนที่ H7 จะคิดเป็นกี่% ที่ I7}

ดังรูป



copy สมการที่ I7 ลงไป จาก I8 ถึงคนสุดท้าย I394 โดย

click ไปอยู่ใน I7 เลือก **Edit, Copy**

สร้าง Hi-light จาก I8 ถึง I394 เลือก **Edit, Paste**

สร้างสมการในการให้คะแนน Final ที่ K7 โดยสมมติให้สอบมีคะแนนเต็ม 40 คิดเป็น 50% ดังนั้นที่ K7 **พิมพ์** "=J7*50/40" ลงไป {หมายความว่า ถ้าได้คะแนนที่ J7 จะคิดเป็นกี่% ที่ K7}

copy สมการที่ K7 ลงไปที่ K8 ถึงคนสุดท้าย K394 โดย

click ไปอยู่ใน K7 เลือก **Edit, Copy**

สร้าง Hi-light จาก K8 ถึง K394 เลือก **Edit, Paste**

สร้างสมการในการให้คะแนนรวม ที่ L7 โดยรวมคะแนน Mid-term จาก I7 กับคะแนน Final ที่ K7 ดังนั้นที่ L7 **พิมพ์** "=roundup(I7+K7,0)" ลงไป {สาเหตุที่ใช้คำสั่งนี้ เพื่อทำให้ช่องคะแนนรวมเป็นจำนวนเต็ม ไม่มีเศษเหลืออยู่ โดยใช้ ",0" เป็นคำสั่งปัดเศษให้เป็นทศนิยมศูนย์ตำแหน่ง แล้วจัดให้คะแนนเป็นจำนวนเต็ม โดยเลือก icon รูป → .0 .00 หรือ .00 → .0 }

<u>เพื่อเป็นการสะดวกในการเขียนกราฟและเลือกช่วงในการตัดเกรด</u>

จำนวนทศนิยมมากขึ้น จำนวนทศนิยมน้อยลง

copy สมการที่ L7 ลงไปที่ L8 ถึงคนสุดท้าย L394 โดย

click ไปอยู่ใน L7 เลือก **Edit, Copy**

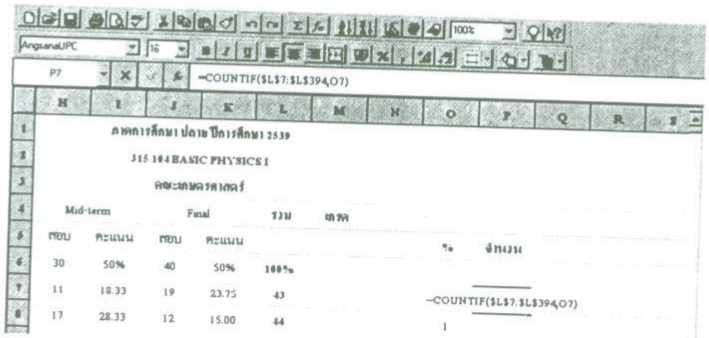
สร้าง Hi-light จาก L8 ถึง L394 เลือก **Edit, Paste**

เมื่อได้คะแนนรวม(100%)แล้ว ให้สมมติตัวเลขลงไปที่ช่องคะแนนของ Mid-term และ Final โปรแกรมก็จะคำนวณช่อง 50% ของ Mid-term และ Final และคะแนนรวม 100% โดยอัตโนมัติ

ดังนั้น **<u>จะทำการนับว่าแต่ละเปอร์เซ็นต์มีอยู่กี่คน</u>**

โดยการสร้าง 0% ที่ O7 ด้วยการ **พิมพ์** "0" ลงไป และ 1% ที่ O8 ด้วยการ **พิมพ์** "1" ลงไป ทำการเพิ่มตัวเลขทีละหนึ่งลงไปตามคอลัมน์จนได้ 100% {ช่อง O107}

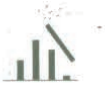
ที่ P7 **พิมพ์** "=COUNTIF($L$7:$L$394,O7)" ลงไป หมายความว่า ตั้งแต่ช่อง L7 ถึงช่อง L394 ถ้ามีค่าเท่ากับช่อง O7 {0%} ให้นับเพิ่มทีละหนึ่ง ดังรูป



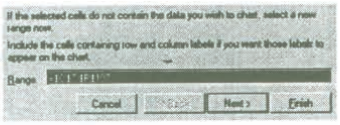
copy สมการที่ P7 ลงไปที่ P8 {1%} ถึง P107 {100%}

ทดสอบจำนวนรวมทั้งหมดอีกครั้งที่ช่อง P109 โดย **พิมพ์** "=SUM(P7:P107)" ลงไป ถ้าเท่ากับลำดับสุดท้ายของข้อมูลในคอลัมน์ A แสดงว่าขั้นตอนนี้ถูกต้อง

<u>จะสร้างกราฟแสดงจำนวนของข้อมูลในแต่ละเปอร์เซ็นต์</u>

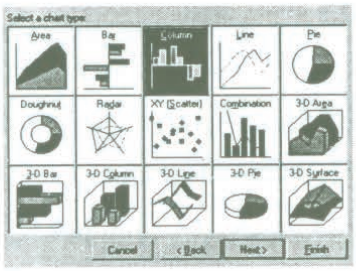
สร้าง Hi-light จาก O7 ถึง P107 เลือก icon รูป 

กำหนดพื้นที่ที่จะแสดงกราฟ โดย click ปุ่มเม้าส์ซ้ายไปที่ Q1 แล้วกดปุ่มค้างไว้ ลากไปที่ AD20 แล้วปล่อย หน้าจอจะขึ้นรูปดังนี้



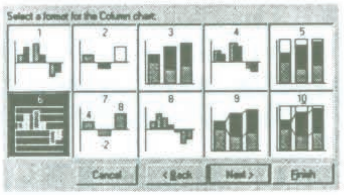
ซึ่งเป็นเมนู **Chart Wizard 1 of 5** โดยในช่อง **Range** จะเช็คขอบเขตข้อมูลที่จะ plot graph ว่าอยู่ในช่วงที่ถูกต้องตามที่กำหนดหรือปล่าว

click "Next > " หน้าจอจะขึ้นรูปดังนี้



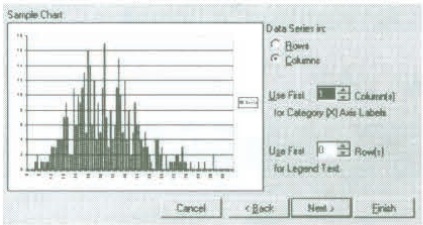
ซึ่งเป็นเมนู **Chart Wizard 2 of 5** เป็นการ<u>เลือกชนิดของกราฟ</u> ให้เลือกกราฟชนิด **Column**

click "Next > " หน้าจอจะขึ้นรูปดังนี้



ซึ่งเป็นเมนู **Chart Wizard 3 of 5** เป็นการ<u>เลือกรูปแบบของกราฟชนิด **Column**</u> ให้เลือกชนิดที่ **6**

click "Next > " หน้าจอจะขึ้นรูปดังนี้

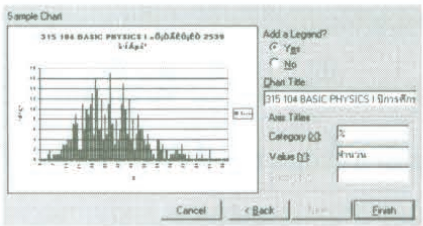


ซึ่งเป็นเมนู **Chart Wizard 4 of 5** เป็นการเลือกกลุ่มของข้อมูล ให้เลือก

Use first 1 Column(s) และ **Use first 0 Row(s)**

เพราะข้อมูลอยู่ในแนวที่เรียงเป็น Column

click "Next > " หน้าจอจะขึ้นรูปดังนี้

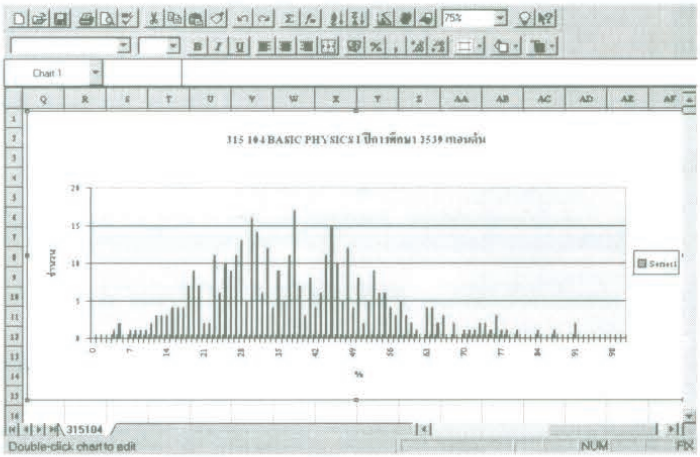


ซึ่งเป็นเมนู **Chart Wizard 5 of 5** เป็นการใส่รายละเอียดลงบนแกน X, แกน Y และหัวข้อ(Title)

ให้ **Chart Title** เป็น **"315 104 Basic Physics I ปีการศึกษา 2539 เทอมต้น"**

Category(X) เป็น **"%"** **Category(Y)** เป็น **"จำนวน"**

click "Next > " หน้าจอจะขึ้นรูปดังนี้



<u>จะสร้างตารางแสดงค่า Mean , Std และกำหนดขอบเขตของการตัดเกรดในช่วงที่ต้องการ</u>

โดย ที่ S23 **พิมพ์** "**Grade**" ลงไป

ให้ช่อง S24 เป็น "A", ช่อง S25 เป็น "B+", ช่อง S26 เป็น "B",

ช่อง S27 เป็น "C+", ช่อง S28 เป็น "C", ช่อง S29 เป็น "D+",

ช่อง S30 เป็น "D", ช่อง S31 เป็น "F", ช่อง S32 เป็น "I",

ช่อง S33 เป็น "W", ช่อง S34 เป็น "รวม", ช่อง S35 เป็น "MEAN",

ช่อง S36 เป็น "SD"

ที่ R23 **พิมพ์** "**Score**" ลงไป

ถ้าดูจากกราฟที่ผ่านมาที่แสดงจำนวนข้อมูลในแต่ละเปอร์เซ็นต์แล้ว

ให้ช่อง R24 เกรด A คะแนน "71" ขึ้นไป, ช่อง R25 เกรด B+ คะแนน "63" ขึ้นไป,

ช่อง R26 เกรด B คะแนน "51" ขึ้นไป, ช่อง R27 เกรด C+ คะแนน "41" ขึ้นไป,

ช่อง R28 เกรด C คะแนน "31" ขึ้นไป, ช่อง R29 เกรด D+ คะแนน "21" ขึ้นไป,

ช่อง R30 เกรด D คะแนน "11" ขึ้นไป, ช่อง R31 เกรด F คะแนน "0" ขึ้นไป ดังรูป

เมื่อกำหนดช่วงคะแนนในแต่ละเกรดแล้ว จะไปตัดเกรดที่ช่อง M7 ถึงช่อง M394 โดย

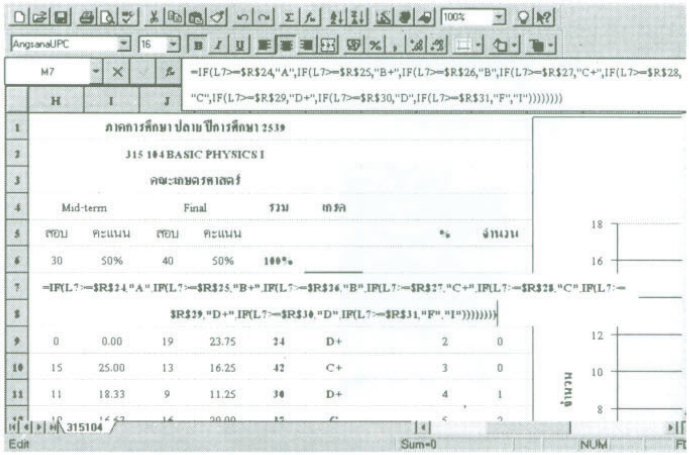
ที่ M7 **พิมพ์** **"=IF(L7>=$R$24,"A",IF(L7>=$R$25,"B+",IF(L7>=$R$26,"B",**

IF(L7>=$R$27,"C+",IF(L7>=$R$28,"C",IF(L7>=$R$29,"D+",IF(L7>=$R$30,"D","F")))))))"

ลงไป ซึ่งเป็นสูตรที่ได้เกรด จากคะแนนที่ช่อง L7 คิดเทียบกับที่ช่วงต่างๆที่กำหนดไว้ที่ R24 ถึง R29

copy สูตร ที่ช่อง M7 ลงไปที่ช่อง M8 ถึง M394

แต่ละคนจะได้เกรดออกมา ดังรูป



จะนับจำนวนคนที่ได้เกรดแต่ละเกรด ลงในคอลัทน์ T โดย

ที่ T23 **พิมพ์** "**จำนวน**" ลงไป

ที่ T24 **พิมพ์** "**=COUNTIF($M$7:$M$394,"A")**" ลงไป เป็นคำสั่งที่ให้นับจำนวนคน ตั้งแต่ช่อง L7 ถึง ช่อง L394 ว่าถ้าได้เกรด A ให้นับเพิ่มทีละหนึ่ง

ทำนองเดียวกัน ที่ T25 **พิมพ์** "**=COUNTIF($M$7:$M$394,"B+")**" ลงไป

และ ที่ T26 **พิมพ์** "**=COUNTIF($M$7:$M$394,"B")**" ลงไป

ที่ T27 **พิมพ์** "**=COUNTIF($M$7:$M$394,"C+")**" ลงไป

ที่ T28 **พิมพ์** "**=COUNTIF($M$7:$M$394,"C")**" ลงไป

ที่ T29 **พิมพ์** "**=COUNTIF($M$7:$M$394,"D+")**" ลงไป

ที่ T30 **พิมพ์** "**=COUNTIF($M$7:$M$394,"D")**" ลงไป

ที่ T31 **พิมพ์** "**=COUNTIF($M$7:$M$394,"F")**" ลงไป

ที่ T32 **พิมพ์** "**=COUNTIF($M$7:$M$394,"I")**" ลงไป

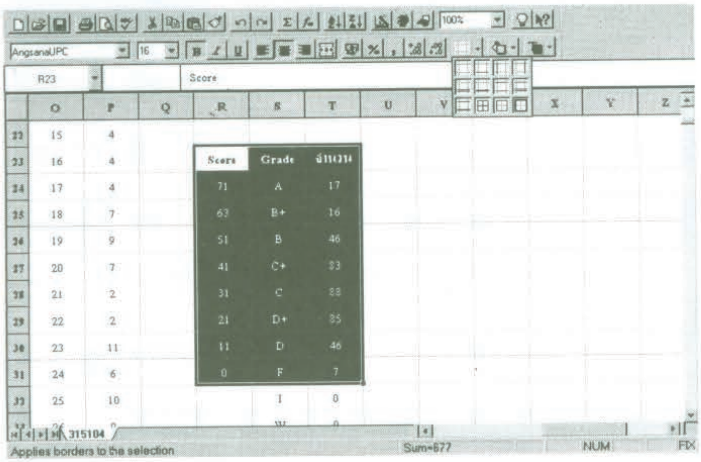
ที่ T33 **พิมพ์** "**=COUNTIF($M$7:$M$394,"W")**" ลงไป

รวมจำนวนคนอีกครั้งที่ T34 **พิมพ์** "**=SUM(T24:T33)**" ลงไป <u>ควรจะเท่ากับจำนวนทั้งหมดด้วย</u>

หาค่า MEAN ที่ T35 **พิมพ์** "**=AVERAGE(L7:L394)**" ลงไป

หาค่า SD ที่ T36 **พิมพ์** "=STDEV(L7:L394)" ลงไป

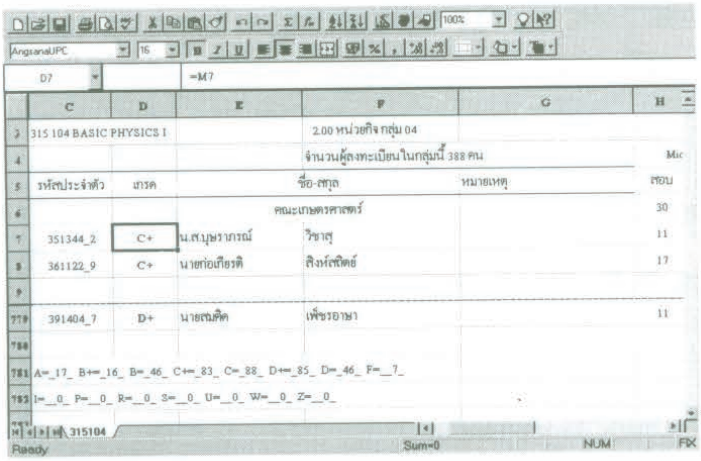
สร้างตารางให้สวยงาม โดยสร้าง Hi-light บริเวณนี้ แล้วเลือก icon ดังรูป



จะ copy เกรดจากคอลัมน์ M ไปอยู่ที่คอลัมน์ D

โดย ที่ D7 **พิมพ์** "=M7" ลงไป

copy สมการ จากช่อง D7 ลงไปที่ช่อง D8 ถึงช่อง D394



สรุปเกรดหลังคนสุดท้ายอีกครั้ง

โดย ที่ C396 **พิมพ์** "A=__2_ B+=__0_ B=_14_ C+=_33_ C=_81_ D+=_102 D=_72_ F=__9_"

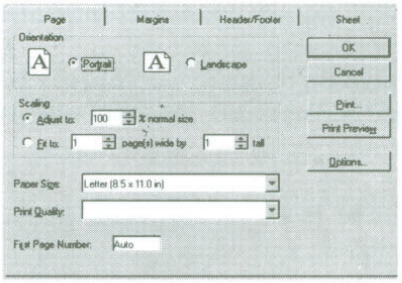
ที่ C397 **พิมพ์** "I=__0_ P=__0_ R=__0_ S=__0_ U=__0_ W=__0_ Z=__0_"

<u>จำนวนคนที่ได้ในแต่ละเกรด ให้ดูจากตารางที่สร้างขึ้นนั่นเอง</u>

มาถึงตอนนี้แล้วจะได้รูปแบบที่ต้องการ แต่เราต้อง Print ใส่กระดาษออกไปส่งด้วยขั้นตอนสุดท้าย

3. <u>**ส่งเกรด**</u> จะเป็นขั้นตอนการกำหนดขอบเขตและรูปแบบการพิมพ์ โดยข้อมูลทั้งหมดจะคลุมในช่วง A7 ถึง G397

เลือก **File, Page Setup** หน้าจอจะขึ้น

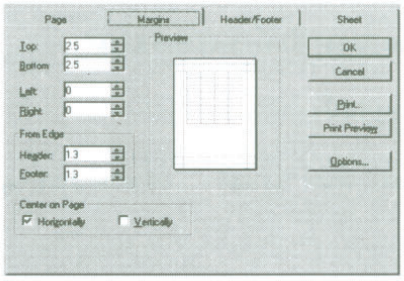


เมนู Page เป็นลักษณะของกระดาษที่ใช้

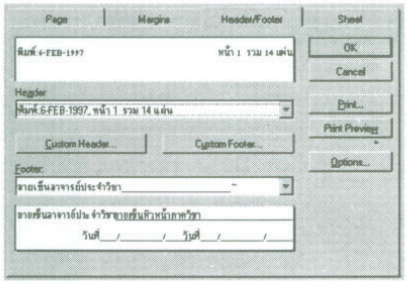
เลือก **Orientation** เป็นลักษณะตัวหนังสือที่จะพิมพ์บนกระดาษให้อยู่แนวตั้ง(Portrait) หรือแนวนอน(Lanscape) ในที่นี้จะเลือก **Portrait**

เลือก **Paper Size** เป็นขนาดของกระดาษที่ใช้ โดยเลือก **Letter 8.5 x 11.0 in**

เมนู Margins เป็นขอบเขตของข้อมูลและหัวข้อบนกระดาษ จะใช้ดังรูป



เมนู Header/Footer เป็นหัวกระดาษ(Header)และท้ายกระดาษ(Footer)บนกระดาษ ดังรูป



เลือกหัวกระดาษ **Custom Header**

ด้านซ้าย(**Left Section**) **พิมพ์ "พิมพ์:6-FEB-1997"**

ด้านขวา(**Right Section**) **พิมพ์ "หน้า &[Page] รวม 14 แผ่น"**

click "OK"

เลือกท้ายกระดาษ **Footer**

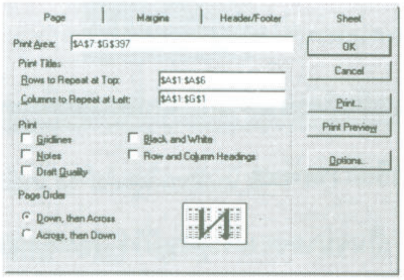
ด้านซ้าย(**Left Section**) **พิมพ์ "ลายเซ็นอาจารย์ประจำวิชา_____**

วันที่____/_____/_____"

ด้านขวา(**Right Section**) **พิมพ์ "ลายเซ็นหัวหน้าภาควิชา_____**

วันที่____/_____/_____"

click "OK"



เมนู Sheet เป็นรูปแบบของข้อมูลที่จะออกกระดาษ

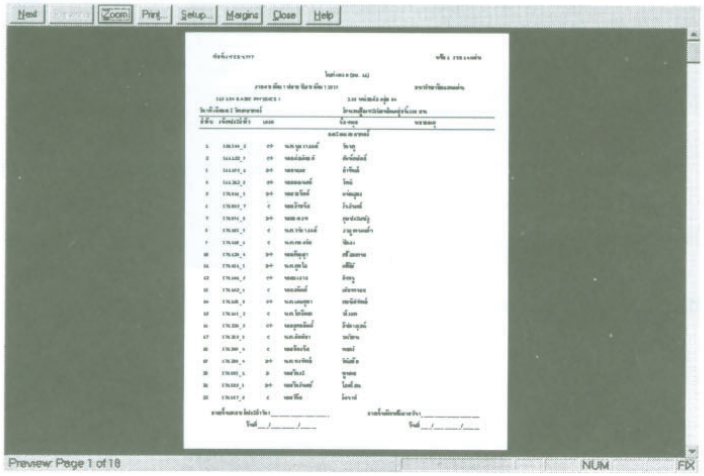
ขอบเขตข้อมูล(**Print Area**) พิมพ์ "**$A$7:$F$326**"

หัวข้อที่ต้องพิมพ์ซ้ำทุกหน้า

ซ้ำแถว(**Rows**) พิมพ์ "**$1:$6**" ซ้ำคอลัมน์(**Column**) พิมพ์ "**$A:$F**"

click "OK"

ตรวจเช็คข้อมูลก่อน Print อีกครั้ง โดยเลือก icon รูป 



Print โดยเลือก icon รูป Printer

Printer ที่ใช้ควรเลือกไปที่ใช้**พิมพ์ซองจดหมาย** เพราะกระดาษที่เราใช้มีความหนามาก และการ **set properties** ของเครื่องพิมพ์ ให้เลือกแบบ **Tractor**

มาถึงตอนนี้แล้ว ก็จะได้ใบส่งเกรด(มข. 11) ตามต้องการ .....

ยินดีรับปรึกษาและความคิดเห็น ติดต่อมาที่

อนุสรณ์ ศรีธีระวิโรจน์

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

e-mail address : **anusorn@kku1.kku.ac.th**

Telephone : **(043) 242-331-9 ext 2236, 2248**

Pager : **(152) 548282**

ว.วิทย มข. 25(3) : 232-235 (2540)

เกร็ดเล็กเกร็ดน้อย

โดย อ๊อดน้อย ลูกบางปลาสร้อย

ตอน นมหมักจากจุลินทรีย์

สวัสดีครับท่านผู้อ่านพบกันอีกแล้วในคอลัมน์เกร็ดเล็กเกร็ดน้อย ฉบับนี้ผมขอเล่าเรื่องเกี่ยวกับนมให้ฟังบ้าง นมนี้หมายถึงน้ำนมนะครับ ต้องพูดให้เข้าใจกันก่อน นมหรือน้ำนมเป็นอาหารที่มีคุณค่าสูงชนิดหนึ่งถึงแม้ในเมืองไทยเราจะเริ่มมีการส่งเสริมกันมาไม่นานนี้ อีกทั้งก็มีเรื่องมีราวข่าวคราวเกี่ยวกับนมที่ให้นักเรียนรับประทานในโรงเรียนกันทำให้ไม่ค่อยสบายใจ ก็คนไทย (นักกิน) เรานี่หล่ะครับนอกจากจะสามารถกิน ปูน อิฐ หิน ดินทราย ได้แล้ว ก็ยังกินแม้กระทั่งนมเด็กเลยได้ ยินแล้วก็หดหู่ ขออภัยท่านผู้อ่านด้วยที่เอาเรื่องไม่เป็นเรื่องมาบ่นให้ฟัง ตอนนี้เข้าเรื่องของเราดีกว่า ที่จริงผมคิดอยู่นานครับว่าจะเล่าเรื่องอะไรสู่กันฟังดี หลังจากเล่าเกี่ยวกับของมึนเมาติดต่อกันมาหลายฉบับ ก็ได้รับคำแนะนำจากท่านบรรณาธิการว่าควรจะเล่าเรื่องเกี่ยวกับโยเกิร์ตให้ท่านผู้อ่านได้รู้จักกันยิ่งขึ้น กระผมก็มาคิดดูแล้วเห็นเป็นความคิดที่ดีมาก แต่ก็กลัวท่านผู้อ่านจะได้ทราบเรื่องราวเกี่ยวกับโยเกิร์ตและนมเปรี้ยวกันมามากมายจากสื่อต่าง ๆ (รวมทั้งสาวยาคูล์ท) จึงจะขออนุญาติเล่าให้ฟังทางด้านอื่น ๆ ที่คิดว่าท่านยังไม่เคยทราบเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์นมที่เกิดจากจุลินทรีย์ คงจะขอข้ามในเรื่องคุณประโยชน์ต่าง ๆ นานาที่บางครั้งก็เป็นความเชื่อที่เล่าต่อ ๆ กันมา ซึ่งก็ไม่อาจพิสูจน์ทางวิทยาศาสตร์ ได้ แต่สำหรับคนไทยเรามีโฆษณาซึ่งเป็นที่ติดปากของ "ซีอิ๊ว" เค้าบอกว่าไม่เชื่อก็อย่าลบหลู่นะครับ เช่น ความเชื่อที่ว่า การรับประทานโยเกิร์ตแล้วจะอายุยืน หรือจะแก้โรคภัยไข้เจ็บบางชนิดได้ หรือขนาดมีบางท่านนำโยเกิร์ตมาทาบำรุงผิวก็มีใช่มั๊ยครับท่านสุภาพสตรีที่รักความสวยงามทั้งหลาย ซึ่งก็อาจเป็นความจริงก็ได้ เพราะโยเกิร์ตก็เป็นนมชนิดหนึ่งซึ่งมีคุณประโยชน์หรือคุณค่าทางอาหารใกล้เคียงกับนมนั่นเอง นอกจากนั้นก็ยังมีคุณค่าทางอาหารที่เกิดจากจุลินทรีย์ที่เจริญในน้ำนมอีกมากมายหลายชนิดนะครับ ซึ่งเดี๋ยวเราจะคุยกันต่อไป แต่ก็ขอเตือนว่าอย่าเชื่ออะไรอย่างชนิดที่ไม่ลืมหูลืมตา ไม่มีเหตุมีผล จนกลายเป็นความงมงายนะครับ อย่างนี่ไม่ใช่วิสัยของนักวิทยาศาสตร์

ส่วนที่กระผมจะขอเล่าให้ฟังจึงเป็นในเรื่องของการที่คนเราเอานมมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์โดยใช้จุลินทรีย์จากธรรมชาติ แต่ในเรื่องของนมนี่ประเทศทางแถบเอเชียไม่ค่อยชำนานหรอกครับ ประเทศที่เป็นต้นตำหรับมันเป็นประเทศทางยุโรป เช่น รัสเซีย หรือประเทศที่มีการผลิตนมเป็นจำนวนมาก ซึ่งเมื่อมีนมมากก็ต้องหาทางนำมาแปรรูปเพื่อการเก็บรักษา หรือเพื่อให้เกิดรสชาติหรือผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ขึ้นมา ซึ่งมีวิธีการที่แตกต่างกันมากมายหลายแบบ แต่กระผมก็จะขอเล่าแต่เฉพาะในส่วนที่นำนมมาแปรรูปโดยจุลินทรีย์เท่านั้นนะครับ เพราะที่ค่ายมวยลูกบางปลาสร้อยเค้าสอนมาแต่เรื่องนี้ครับ กระผมก็ขอจำเค้ามาเล่าต่อให้ฟังก็แล้วกัน

ว่ากันถึงส่วนประกอบของนมกันเสียหน่อย รวมทั้งผลิตภัณฑ์นมชนิดต่าง ๆ นิดหนึ่งก็ได้ เมื่อพูดถึงนมเราก็มักจะหมายถึงนมวัวหรือเรียกเพราะ ๆ

ว่าโค แต่ที่จริงมีนมอีกหลายชนิดที่คนเรานำมารับประทานกัน เช่น นมแพะ แกะ ม้า ลา อูฐ จามรี กระบือ หรือแม้แต่กวางเรนเดียร์ เป็นต้น นมจากสัตว์ต่าง ๆ เหล่านี้ รวมทั้งน้ำนมของคน ก็มีคุณค่าและองค์ประกอบไม่แตกต่างกันนัก แต่อาจมีรสชาติและกลิ่นที่เฉพาะตัวแตกต่างกันออกไป ส่วนประกอบสำคัญคือ โปรตีนโดยเฉพาะเคซีน ไขมัน แคลเซียม วิตามิน และน้ำตาลแลคโตส เป็นต้น

เมื่อพูดถึงนมก็ควรจะพูดถึงเชื้อโรคในนมด้วยถึงจะดี นมเป็นอาหารที่มีประโยชน์อย่างสูงต่อสิ่งมีชีวิตซึ่งก็รวมทั้งจุลินทรีย์ด้วย นมจึงเสื่อมเสียได้ง่าย อีกทั้งยังอาจเป็นแหล่งนำโรคได้อีกด้วยหากสัตว์เป็นโรคเช่น เต้านมอักเสบ หรือมีเชื้อโรคตกลงไปในน้ำนมไม่ว่าด้วยเหตุใด ผมได้เคยเล่าในเรื่องของการฆ่าเชื้อในอาหารที่อาจเสียคุณค่าไปเมื่อได้รับความร้อนสูง เช่นไวน์ หรือน้ำนม เป็นต้น โดยท่านหลุยปาสเตอร์เป็นผู้คิดค้น โดยการให้ความร้อนเพื่อทำลายเชื้อโรค และจุลินทรีย์บางส่วนทำให้ปลอดภัยจากเชื้อโรค สามารถเก็บรักษาอาหารนั้นได้นานขึ้น โดยไม่เสียคุณค่าของอาหารไปมากนัก เราเรียกวิธีการนี้ว่า ปาสเจอร์ไรเซชั่น แต่การฆ่าเชื้อวิธีนี้ยังต้องเก็บอาหารไว้ในตู้เย็นเพราะยังมีเชื้อจุลินทรีย์ที่อาจทำให้อาหารเสียได้เหลืออยู่ แต่ปัจจุบันมีการพัฒนาการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ให้หมดไปจากน้ำนมที่เรียกว่าสเตอรีไรซ์เซชั่น ซึ่งมีหลายวิธีที่เราเห็นกันเช่นนมกล่อง UHT ก็เป็นนมที่ผ่านการฆ่าเชื้อชนิดนี้ ดังนั้นนมดังกล่าวก็อาจมีการสูญเสียคุณค่าทางอาหารบางชนิดไปบ้างโดยเฉพาะวิตามิน แต่ก็ทำให้เก็บได้นานโดยไม่ต้องแช่เย็น

ที่นี้ลองมาทำความรู้จักกับผลิตภัณฑ์จากนมกันบ้าง มนุษย์พยายามเก็บรักษาและแปรรูปนมหลายวิธี เช่น การทำให้ข้น การทำให้เป็นผง หรือการเติมน้ำตาลลงไป เช่นนมข้นหวาน และยังมีการสกัดไขมันออก เช่นนมพร่องไขมัน หรือการแยกเอาส่วนน้ำออกจากนมที่ตกตะกอนกลายเป็นเนยแข็ง เป็นต้น นอกจากนี้ก็ยังมีผลิตภัณฑ์จากนมที่รู้จักกันดีอีกเช่น ไอศกรีม เป็นต้น หรือการเพิ่มสารอาหารเช่นแคลเซียม หรือวิตามินต่าง ๆ ลงในนมเพื่อเพิ่มคุณค่า

นอกจากการแปรรูปนมแบบต่าง ๆ แล้ว ได้มีการใช้จุลินทรีย์ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์นมซึ่งทำกันมาเป็นเวลานานนับร้อย ๆ ปี ที่รู้จักกันดีเห็นจะเป็นโยเกิร์ต และนมเปรี้ยว แต่ที่จริงยังมีผลิตภัณฑ์ลักษณะนี้อีกหลายชนิด คุณประโยชน์ที่เรามักจะได้ทราบกันประการหนึ่งคือถ้ารับประทานนมเปรี้ยวหรือโยเกิร์ตแล้วจะไม่ท้องเสีย ซึ่งคนไทยส่วนบางส่วนเมื่อรับประทานนมแล้วจะท้องเสีย เพราะอะไรเมื่อรับประทานนมแล้วจะท้องเสีย ก็เนื่องจากในนมมีน้ำตาลแลกโตสซึ่งบางคนจะไม่สามรถย่อยสลายได้ถ้าไม่ได้ดื่มนมติดต่อกันนาน ๆ เนื่องจากร่างกายจะไม่ผลิตน้ำย่อยสำหรับย่อยน้ำตาลชนิดนี้ เมื่อมีน้ำตาลชนิดนี้เหลืออยู่จะมีจุลินทรีย์หลายชนิดในร่างกายเช่นแบคทีเรียที่ชื่อว่า Escherichia coli หรือแบคทีเรียชนิดอื่น อีกที่ปกติจะอยู่ในร่างกายโดยเฉพาะบริเวณลำไส้ ซึ่งแบคทีเรียเหล่านี้จะสามารถย่อยน้ำตาลแลคโตสได้และจะทำให้เพิ่มปริมาณขึ้นอีกทั้งจะสร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ รวมทั้งกรดจากการย่อยสลายเหล่านั้นจึงทำให้เกิดอาการท้องอืด ท้องเฟ้อ หรืออาการผิดปกติกับระบบทางเดินอาหารต่าง ๆ ได้ จึงมีความพยายามที่จะแก้ปัญหานี้โดยการเติมน้ำย่อยที่สามารถย่อยน้ำตาลชนิดนี้ลงไปในน้ำนมเพื่อให้มีน้ำตาลแลกโตสเหลือน้อยที่สุดสำหรับคนที่ย่อยน้ำตาลในนมไม่ได้จะได้ไม่ต้องพลาดการดื่มนม ยังไม่ได้บอกเลยว่าเกี่ยวอะไรกับนมเปรี้ยวและโยเกิร์ต ก็ต้องเกี่ยวชิครับตรงที่ว่าโยเกิร์ตและนมเปรี้ยวนั้นเกิดจากการที่มีจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตกรดแลคติกได้เจริญในน้ำนมโดยจุลินทรีย์เหล่านี้จะใช้น้ำตาลแลคโตสในน้ำนมไปด้วย กรดที่เกิดขึ้นนี้เองที่ทำให้นมเปรี้ยว และแข็งตัวหรือตกตะกอน

นั่นเอง เนื่องจากส่วนประกอบหลักในน้ำนมก็คือโปรตีนซึ่งจะเสียสภาพหรือตกตะกอนเมื่ออยู่ในสภาพที่เป็นกรดสูง ไม่เชื่อลองบีบน้ำมะนาวลงในนมซิครับก็จะได้นมเปรี้ยวที่คล้าย ๆ กับโยเกิร์ต แต่นมชนิดนี้ยังมีน้ำตาลแลกโตสอยู่นะครับ แต่ก็จะมีรสชาติต่างออกไปอีกแบบท่านอาจชอบก็ได้ เวลารับประทานนมเปรี้ยวลองดูที่ข้างขวดด้วยนะครับ ท่านอาจจะกินนมปรุ่งแต่ที่ไม่ได้เกิดจากจุลินทรีย์ก็ได้ซึ่งนมแบบนี้จะมีคุณค่าไม่เท่านมเปรี้ยวที่ทำจากจุลินทรีย์ นอกจากนมเปรี้ยวและโยเกิร์ตที่เกิดจากจุลินทรีย์จะไม่มีน้ำตาลแลกโตสแล้วยังมีคุณค่าทางอาหารที่เกิดจากจุลินทรีย์ เช่น วิตามินชนิดต่าง ๆ และโปรตีนที่ถูกย่อยสลายไปแล้วบางส่วนซึ่งจะทำให้ร่างกายใช้โปรตีนเหล่านี้ได้ง่ายขึ้น รวมทั้งตัวจุลินทรีย์เองที่จะเข้าสู่ร่างกายและเจริญอยู่ในระบบทางเดินอาหารระยะหนึ่ง ซึ่งมีผลดีต่อความสมดุลของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารและส่งผลถึงการทำงานของระบบทางเดินอาหารอีกด้วย

จุลินทรีย์ในโยเกิร์ตและผลิตภัณฑ์นมเปรี้ยวชนิดต่าง ๆ มีหลายชนิด เรียกทั่ว ๆ ไปว่าแบคทีเรียแลกติก แต่ที่รู้จักกันดีเป็นจะเป็น แลกโตบาซิลลัส เพราะเคยเห็นกันบ่อย ๆ ในโฆษณา นอกจากนี้ยังมีกลุ่ม สเตร็บโตคอคคัส ดังตัวอย่างต่อไปนี้ Lactobacillus bugalicus, Streptococcus thermophillus, L. acidophillus, L. casei สายพันธุ์ Shirota (ใช้ทำยาคูลท์) , S. diacetylactis, S. lactis, S. cremoris เป็นต้น จุลินทรีย์เหล่านี้จะเจริญได้ดีในน้ำนมมีทั้งที่ชอบอุณหภูมิสูง ๆ หรือพวกที่ชอบอุณหภูมิปานกลาง รูปร่างกลม หรือเป็นท่อน

แล้วนมเปรี้ยวกับโยเกิร์ตต่างกันยังไง ก็ต่างกันอย่างที่เราเห็นนั่นหล่ะครับ คือนมเปรี้ยวจะเป็นน้ำแหลว ๆ ส่วนโยเกิร์ตจะแข็งกว่าและเห็นเป็นลิ่มของนม ตอบอย่างนี้สงสัยจะโดน. จึงต้องบอกที่มานิดหนึ่ง ก็คือว่าจะต่างกันที่เจ้าชนิดและปริมาณของจุลินทรีย์ จึงทำให้มีปริมาณกรดที่ต่างกันออกไป ถ้ากรดน้อยน้ำนมก็จะไม่แข็งครับเป็นแค่นมเปรี้ยว ถ้ากรดมาก ๆ ก็จะแข็ง แต่ก็สามารถทำนมเปรี้ยวจากโยเกิร์ตได้นะครับ ก็เอาโยเกิร์ตมาเติมน้ำ น้ำผลไม้ หรือน้ำเชื่อม แล้วก็เอาไปเข้าเครื่องปั่นก็จะได้นมเปรี้ยวมารับประทานเล่น ๆ ครับ แต่อย่าทิ้งไว้นานนะครับเพราะนมกับน้ำจะแยกชั้นกันได้ เพราะเราไม่มีเครื่องมือเหมือนกับที่โรงงานเค้าทำกัน

ไหน ๆ ก็พูดถึงการทำนมเปรี้ยวไปแล้วก็ต้องพูดถึงการทำโยเกิร์ตเสียหน่อยนะครับ เผื่อท่านผู้อ่านสนใจอยากลองทำกันเล่น ๆ ดู เริ่มจากเอานมสด ไม่ว่าจะเป็นนมกล่อง หรือกระป๋อง ถ้าเป็นนมพร่องมันเนยได้ก็จะดีครับเอามาต้ม อาจผสมนมผงลงไปด้วยก็ได้ครับเพื่อเพิ่มความเข้มข้น การต้มจะเป็นการฆ่าเชื้ออีกครั้งหนึ่ง รวมทั้งทำให้น้ำน้อยลงโยเกิร์ตที่ได้จะได้มีความแข็งตัวดี เมื่อต้มให้เดือดแล้วก็ปล่อยให้อุ่น ๆ เติมโยเกิร์ตที่มีขายตามท้องตลาดควรจะเป็นชนิดที่ไม่ปรุงรสนะครับ มีขายอยู่หลายชนิด เช่น ฟอร์โมส ดัชชี่ ก่อนเอามาเติมก็ตั้งทิ้งไว้ให้หายเย็นสักครู่ก็ดีครับ ในโยเกิร์ตนี้จะมีเชื้อจุลินทรีย์อยู่ จุลินทรีย์เหล่านี้ชอบเจริญในที่มีอุณหภูมิสูงเล็กน้อยดังนั้นนมที่อุ่น ๆ เชื้อจะเจริญได้ดี และการที่เอาโยเกิร์ตมาตั้งทิ้งไว้ให้หายเย็นเพราะส่วนใหญ่เราจะแช่ตู้เย็นไว้ถ้าจุลินทรีย์อยู่ในที่เย็น ๆ แล้วไปโดนนมร้อน ๆ เลย ก็จะทำให้เชื้อตายได้จึงน่าจะตั้งทิ้งไว้ให้คลายความเย็นลงหน่อยจึงค่อยเติมลงในนมอุ่น ๆ ถ้าอยากไม่อยากรอนานก็เติมมาก ๆ ถ้างกก็เติมน้อย ๆ แต่รอนานหน่อย คนให้ทั่ว หลังจากนั้นก็ปล่อยทิ้งไว้คอยสังเกตลักษณะของนมที่เปลี่ยนไปซึ่งเกิดจากเชื้อจุลินทรีย์ในโยเกิร์ตเจริญเพิ่มจำนวนและสร้างกรดออกมาทำให้นมเริ่มแข็งตัว ให้เราแอบชิม (อย่าชิมจนหมดก่อนได้โยเกิร์ตนะครับ) และไม่ขอแนะนำให้ชิมบ่อย ๆ นะครับเพราะการชิมอาจทำให้เชื้อจุลินทรีย์ชนิดอื่น ๆ ตกลงไปในนมและและอาจ

ทำให้เสียได้นะครับ ถ้าได้รสชาติตามต้องการ เช่น ต้องการนมเปรี้ยว ก็อาจไม่ต้องรอจนนมแข็งตัว เพียงแค่มีรสเปรี้ยวก็นำใส่ในตู้เย็นเพื่อไม่ให้เชื้อจุลินทรีย์เจริญและสร้างกรดต่อไป แต่ถ้าอยากได้เป็นลักษณะโยเกิร์ตก็ต้องรอนานหน่อย พอได้ความเปรี้ยวและความแข็งตามต้องการแล้วก็นำเข้าตู้เย็น ถ้าปล่อยไว้นานเกินไปนมจะเปรี้ยวมากขึ้นเรื่อย ๆ จนไม่น่ารับประทาน เมื่อจะรับประทานก็ตักออกมารับประทานกับแยมหรือน้ำผลไม้ หรือน้ำเชื่อม หรืออาจรับประทานเปล่า ๆ ได้ตามชอบใจเลยนะครับ ทั้งอร่อยและบำรุงสุขภาพด้วย (แต่อย่าใส่หวาน ๆ มากนะครับจะอ้วนไม่รู้ด้วย)

นอกจากจุลินทรีย์พวกแบคทีเรียแลคติกแล้วในผลิตภัณฑ์นมบางประเภทอาจมีจุลินทรีย์พวกยีสต์อยู่ด้วย ยีสต์ที่เจริญในน้ำนมจะใช้น้ำตาลและส่วนประกอบอื่น ๆ ในน้ำนมและสร้างแอลกอฮอล์ และสารให้กลิ่นรส ทำให้ผลิตภัณฑ์นมเหล่านั้นมีกลิ่นและรสน่ารับประทาน ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้แก่ คีเฟอร์ (Kefir) และคิวมิสส์ (Kumiss) เป็นผลิตภัณฑ์นมที่นิยมบริโภคกันในประเทศแถบยุโรปตะวันออก โดยจัดเป็นเครื่องดื่มที่มีรสเปรี้ยวและมีแอลกอฮอล์ผสมอยู่ด้วยในปริมาณต่าง ๆ กันตั้งแต่ประมาณ 1 ถึง 3 เปอร์เซ็นต์ นมที่นำมาใช้ก็อาจเป็นนมของสัตว์ชนิดอื่น ๆ ที่ไม่ใช่วัวขึ้นกับท้องถิ่น นอกจากในยุโรปตะวันออกก็ยังมีประเทศแถบเอเชียอีกหลายประเทศที่นิยมดื่มเครื่องดื่มประเภทนี้ เช่น ธิเบต หรือจีนตอนเหนือ เป็นต้น การผลิตจะมีหัวเชื้อของคีเฟอร์ซึ่งจะเกิดขึ้นเป็นก้อนของเชื้อแบคทีเรียแลคติก ยีสต์ และสารที่เชื้อสร้างขึ้นในน้ำนม สามารถกรองแยกออกจากนมที่หมักได้ สามารถเก็บไว้ได้และนำไปใช้หมักนมในคราวต่อไป คล้าย ๆ กับลูกแป้งในการทำสุราของแถบประเทศเรานั่นแหละครับ

เล่าไปเล่ามาก็ชักยาวแล้วนะครับ ที่จริงเรื่องเกี่ยวกับนมแล้วก็จุลินทรีย์ยังมีอีกมากเลยนะครับ เช่น เรื่องของเนยแข็ง หรือกะปิฝรั่ง เป็นต้น แต่เอาไว้ถ้ามีเวลาแล้วจะนำมาคุยกันใหม่ก็แล้วกัน ฉบับนี้หวังว่าท่านผู้อ่านคงได้ประโยชน์จากเรื่องของนมไปบ้างนะครับ และขอแนะนมให้ไปลองทำเล่นกันดู (นักวิทยาศาสตร์ต้องช่างสังเกตและทดลองครับ) ได้ผลประการใดก็บอกกันมาได้นะครับ สุดท้ายจริง ๆ ก็อย่าลืมช่วยกัน "กินของไทย (ทำกันเองเลย) ใช้ของไทย เที่ยวเมืองไทย ร่วมใจประหยัด" (แต่ถ้าจะประหยัดจริง ๆ ก็อย่าเที่ยวมากนักจะดีกว่า)

บรรณานุกรม

นภา โลห์ทอง. 2540. สิ่งละอันพันละน้อยจากจุลินทรีย์. บุญศิริการพิมพ์. กรุงเทพฯ. 54 หน้า.

นภา โลห์ทอง. 2534. กล้าเชื้ออาหารหมักและเทคโนโลยีการผลิต. ฟันนี่ พับบลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ. 159 หน้า.

บัญญัติ สุขศรีงาม. 2534. จุลชีววิทยาทั่วไป. โอ เอส พริ้นติ้ง. กรุงเทพฯ. 507 หน้า.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2525. นมและผลิตภัณฑ์นม. กรุงเทพฯ. 112 หน้า.

ว.วิทย มข. 25(3) : 236-243 (2540)

เสริมทักษะวิทยาศาสตร์

สมการเชิงพีชคณิตในการคำนวณเรื่องกระจกและเลนส์

■ สยาม ชูถิ่น ■

ในการเรียนเรื่องแสง ที่เกี่ยวกับการสะท้อน และการหักเห ที่จะต้องมีการคำนวณหาความสัมพันธ์ ระหว่างระยะภาพ ระยะวัตถุ และความยาวโฟกัส ของกระจกและเลนส์ ทั่ว ๆไปแล้วทุกคนจะรู้สูตรที่ใช้คำนวณและนำไปใช้ได้อย่างคล่องแคล่ว สามารถคำนวณทั้งเลนส์เดี่ยว กระจกเดี่ยว และระบบของกระจกหรือระบบของเลนส์ได้ โดยที่บางคนอาจไม่ได้สงสัยว่า ที่มาของสมการที่จะต้องแทนเครื่องหมายลงไปด้วยนั้นมาได้อย่างไรเสริมเนื้อหาวิชาฟิสิกส์มัธยมปลายฉบับนี้ จะกล่าวในรายละเอียดเนื้อหาของจุดนี้เพราะเห็นเป็นเรื่องที่สำคัญ ที่ถือได้ว่าเป็นพื้นฐานของการคำนวณกระจกและเลนส์เลยทีเดียวก็ว่าได้

เนื้อหาในบทความ จะกล่าวถึงระบบสัญนิยมหรือระบบเครื่องหมายที่ใช้กันมาก ตามด้วยการหาสูตรที่บอกความสัมพันธ์ระหว่าง ระยะภาพ ระยะวัตถุ และความยาวโฟกัส เน้นให้เห็นขั้นตอนที่จะกำหนดระบบเครื่องหมายลงไปในสมการ โดยแสดงให้เห็นทั้งกรณีของกระจก และกรณีของเลนส์ มีตัวอย่างคำนวณเพื่อเป็นที่เข้าใจ ในแต่ละกรณี

1. ระบบสัญนิยม

ระบบเครื่องหมายที่ใช้ในการคำนวณเรื่องแสงที่นิยมใช้มากมี 2 ระบบ คือ

1) ระบบเครื่องหมายจริงเป็นบวก

2) ระบบเครื่องหมายตามพิกัดคาร์ทีเซียน

(หรือ ระบบเครื่องหมายตามพิกัดฉาก)

รายละเอียดการกำหนดเครื่องหมายของแต่ละระบบมีดังนี้

1.1) ระบบเครื่องหมายจริงเป็นบวก

ระบบเครื่องหมายนี้แสงจะเข้าจากด้านใดก็ได้

ระยะวัตถุ ระยะภาพ { จริง มีเครื่องหมาย + ; เสมือน มีเครื่องหมาย - }

ความยาวโฟกัส { กระจกเว้า เลนส์นูน มีเครื่องหมาย + ; กระจกนูน เลนส์เว้า มีเครื่องหมาย - }

1.2) ระบบเครื่องหมายตามพิกัดคาร์ทีเซียน

ในระบบนี้มีข้อกำหนดดังนี้

ก. แสงจะต้องวิ่งมาจากทางด้านซ้ายมือ...ถือเป็นข้อกำหนดที่เคร่งครัดมาก !

ข. ระยะต่าง ๆ ให้ใช้เครื่องหมายตามระบบพิกัดฉากทุกประการ กล่าวคือ จุดกำเนิดของพิกัดให้อยู่ที่เลนส์หรือกระจกตัวที่กำลังพิจารณา ระยะต่าง ๆไม่ว่าจะเป็นระยะภาพ ระยะวัตถุ ระยะโฟกัส ถ้าวัดไปทางขวามือของจุดกำเนิดมีเครื่องหมายบวก แต่ถ้าวัดไปทางซ้ายมือของจุดกำเนิดจะมีเครื่องหมาย ลบ

2. สมการเชิงพีชคณิตของการคำนวณกระจกและเลนส์

สมการเชิงพีชคณิต(algebraic equation) ในที่นี้หมายถึง สมการที่การคำนวณแต่ละครั้ง จะต้องแทนเครื่องหมายของตัวแปรลงไปด้วย และผลการคำนวณออกมาแล้วก็ต้องนำมาตีความอีกครั้ง เพื่อทำให้เกิดความเข้าใจที่ตรง

*ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

กันในทางฟิสิกส์ ทั้งนี้เพราะ การกำหนดเครื่องหมายอาจใช้การกำหนดที่แตกต่างกันออกไป แต่เมื่อตีความแล้วต้องได้ผลอธิบายที่ออกมาเหมือนกัน ตรงกัน

3. ขั้นตอนการหาสมการเชิงพีชคณิต ในการคำนวณกระจกโค้งทรงกลมและเลนส์

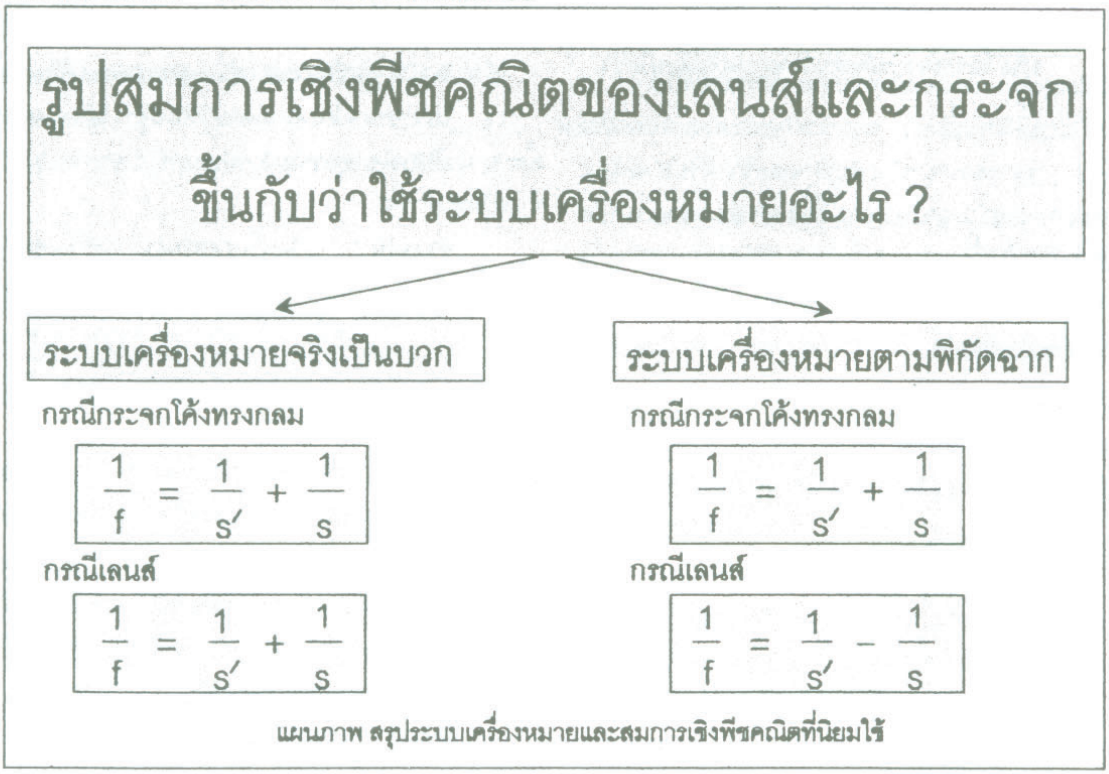
การหาสูตร ที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างระยะภาพ ระยะวัตถุและระยะโฟกัส โดยจะต้องแทนเครื่องหมายลงไปในขั้นตอนการคำนวณ ไม่ว่าจะเป็นกระจกโค้งทรงกลมหรือเลนส์มีขั้นตอนที่เหมือนกันดังนี้

I. หาความสัมพันธ์ระหว่างระยะภาพ ระยะวัตถุและระยะโฟกัส ในแต่ละกรณีออกมาก่อน โดยการเขียนรังสีแสดงการเกิดภาพในแต่ละกรณี ในตอนนี้จะได้สมการแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างระยะภาพ ระยะวัตถุ และระยะโฟกัส แต่จะยังไม่ใช่สมการเชิงพีชคณิต ที่จะต้องแทนเครื่องหมายลงไปด้วยในการคำนวณ

II. ผลจากตอนที่ I คือสมการแสดงความสัมพันธ์ที่แยกเป็นกรณี ๆ ไป กล่าวคือ ไม่ว่าจะเป็นกระจกเว้า กระจกนูน หรือเลนส์นูน เลนส์เว้า วัตถุจริงให้ภาพจริงจะให้สมการหนึ่ง วัตถุจริงให้ภาพเสมือนก็จะให้อีกสมการหนึ่งไม่เหมือนกัน การจะทำให้เป็นสมการที่ใช้ได้ทั่วไปไม่จำกัดกรณีนั้นสามารถทำได้ ขั้นตอนนี้คือการจะกำหนดระบบเครื่องหมายให้กับระยะต่าง ๆในสูตร วิธีการคือใส่เครื่องหมายของระยะต่าง ๆในรูปที่กำลังหาความสัมพันธ์ ให้ตรงกับระบบเครื่องหมายที่ต้องการจะใช้ ลงไปในสูตรที่ได้จากตอนที่ I ผลที่ได้ตอนหลังนี้เป็นสมการเชิงพีชคณิตหรือสูตรที่จะต้องแทนเครื่องหมายลงไปด้วยในการคำนวณ การใส่เครื่องหมายระบบเดียวกัน คืนลงไปในขั้นตอนการคำนวณจะทำให้สมการเชิงพีชคณิตในตอนที่ II กลับเป็นสมการในตอนที่ I เหมือนเดิม

ความแตกต่างของสมการในตอนที่ I กับตอนที่ II คือ สมการเชิงพีชเป็นสมการที่รวมหลาย ๆกรณีไว้ในสมการเดียวกันไม่ว่าเป็นวัตถุจริงหรือเสมือน ภาพจริงหรือเสมือน กระจกนูนหรือกระจกเว้า เลนส์นูนหรือเลนส์เว้า สามารถใช้สมการเดียวกันคำนวณได้

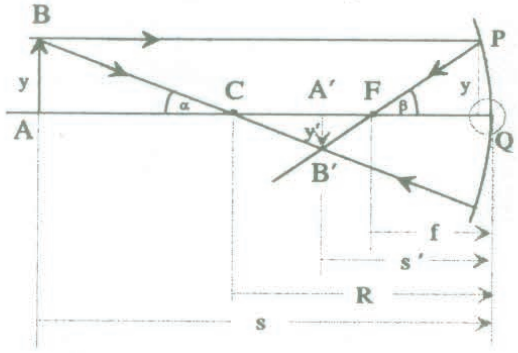
รายละเอียดการหาสมการเชิงพีชคณิตแสดงความสัมพันธ์ของ ระยะภาพ ระยะวัตถุและความยาวโฟกัสของกระจก และเลนส์ ที่จะกล่าวในตอนต่อไป จะพิจารณาเป็นกรณี ๆไป โดยจะเริ่มจากการหาสูตรของกระจกนูน และกระจกเว้า หลังจากนั้น จะพิจารณาหาสูตรของเลนส์นูนและเลนส์เว้า ในรายละเอียด จะระบุขั้นตอนของการใส่ระบบเครื่องหมายลงไปในแต่ละสูตรให้เห็นชัดเจน



แผนภาพ สรุประบบเครื่องหมายและสมการเชิงพีชคณิตที่นิยมใช้

4. การหาสมการเชิงพีชคณิตของกระจกโค้งทรงกลม

4.1 กระจกเว้าทรงกลม กรณีวัตถุจริงให้ภาพจริง



รูปที่ 1 การเกิดภาพจริง ของวัตถุจริงที่กระจกเว้า

จากรูป AB เป็นวัตถุ แสงจาก B ที่ขนานกับแกนมุขสำคัญจะสะท้อนที่จุด P กลับมาตัดผ่านแกนที่จุด F อีกรังสีหนึ่งผ่านจุด C ตกตั้งฉากกับกระจก และจะสะท้อนออกตามแนวเดิมมาตัดกันจริง ๆกับรังสีแรกที่จุด B′ ได้ภาพจริงที่ A′B′ F คือ จุดโฟกัส C คือ จุดศูนย์กลางความโค้งของกระจก f คือ ความยาวโฟกัส s คือ ระยะวัตถุ s′ คือ ระยะภาพ R คือ รัศมีความโค้งของกระจก y คือ ความสูงของวัตถุ y′ คือ ความสูงของภาพ

พิจารณาจากรูป ΔABC และ $\Delta A'B'C$ จะได้

$$\tan\alpha = \frac{AB}{AC} = \frac{A'B'}{A'C} \qquad .....(1)$$

หรือ โดยใช้ความสัมพันธ์จากรูปอาจเขียนได้ว่า

$$\frac{y}{s-R} = \frac{y'}{R-s'} \qquad .....(2)$$

พิจารณาจากรูป ΔPQF และ $\Delta A'B'F$ จะต้องใช้การประมาณว่า จุดในวงกลมที่จุด Q ตำแหน่งต่าง ๆถือเป็นจุดเดียวกันทั้งหมด เพราะถือว่า กำลังพิจารณาเงื่อนไขของทัศนศาสตร์ใกล้แกน ดังนั้น ทำนองเดียวกับสมการที่ (2) สามารถเขียนได้ว่า

$$\tan\beta = \frac{y}{f} = \frac{y'}{s'-f}$$

$$\frac{y}{f} = \frac{y'}{s'-f} \qquad .....(3)$$

เอาสมการที่ (2) หารด้วยสมการที่ (3) ได้

$$\frac{f}{s-R} = \frac{s'-f}{R-s'}$$

$$f(R-s') = (s'-f)(s-R)$$

$$fR-fs' = s's-s'R-fs+fR$$

$$-fs' = s's-2fs'-fs$$

$$s's = fs'+fs$$

เอา s′sf หารตลอด

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} \qquad .....(4)$$

สมการที่ (4) เป็นสมการที่บอกความสัมพันธ์ของระยะวัตถุ ระยะภาพ และความยาวโฟกัส ของกระจกเว้าโดยมีเงื่อนไขดังรูปที่ 1 เท่านั้น กล่าวคือ วัตถุต้องเป็นวัตถุจริง และได้ภาพเป็นภาพจริง กรณีอื่นที่แตกต่างออกไปสมการนี้ใช้ไม่ได้ การหาสมการที่ใช้ได้ทั่วไปในทุกกรณีทำได้โดยแทนเครื่องหมายของระยะวัตถุ ระยะภาพ และความยาวโฟกัส ของรูปที่ 1 ลงไปในสมการที่ (4) ซึ่งก็แล้วแต่ว่าจะแทนด้วยระบบเครื่องหมายอะไรก็ได้ แล้วแต่เราเช่น อาจจะเป็นระบบเครื่องหมายจริงเป็นบวก หรือ ระบบเครื่องหมายตามพิกัดฉาก หรืออาจเป็นระบบเครื่องหมายของเราที่กำหนดขึ้นมาใช้เองก็ได้

4.1.1 สูตรในระบบเครื่องหมายจริงเป็นบวก

จากรูปที่ 1 s มีเครื่องหมายบวก เพราะเป็นวัตถุจริง s′ มีเครื่องหมายบวก เพราะเป็นภาพจริง และ f มีเครื่องหมายบวก เพราะเป็นกระจกเว้า ถ้าแทนเครื่องหมายของทุกตัวลงสมการที่ (4) จะได้

$$\frac{1}{(+f)} = \frac{1}{(+s)} + \frac{1}{(+s)'}$$

จะได้สมการที่สามารถใช้คำนวณได้ ในทุกกรณีตามระบบเครื่องหมายจริงเป็นบวก สำหรับกระจกเว้าเป็น

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} \qquad .....(5)$$

4.1.2 สูตรในระบบเครื่องหมายตามพิกัดฉาก

ในระบบเครื่องหมายตามพิกัดฉาก ใช้ตำแหน่งที่ตั้งกระจกเป็นหลัก ทุกระยะวัดไปทางขวาเป็นบวก ไปทางซ้ายเป็นลบดังนั้น

จากรูปที่ 1 s มีเครื่องหมายลบ เพราะอยู่ทางซ้ายของกระจก s′ มีเครื่องหมายลบ เพราะอยู่ทางซ้ายของกระจก และ f มีเครื่องหมายลบ เพราะอยู่ทางซ้ายของกระจกถ้าแทนเครื่องหมายของทุกตัวลงสมการที่ (4) จะได้

$$\frac{1}{(-f)} = \frac{1}{(-s)} + \frac{1}{(-s)'}$$

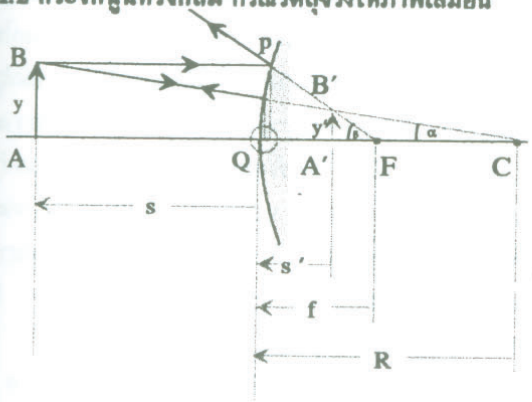
จะได้สมการที่สามารถใช้คำนวณได้ ในทุกกรณีตามระบบเครื่องหมายตามพิกัดฉาก สำหรับกระจกเว้าเป็น

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} \qquad .....(6)$$

ในทำนองเดียวกัน กรณีการเกิดภาพเสมือนของกระจกเว้า สามารถพิสูจน์ได้ผลที่มีความสัมพันธ์เหมือนกับสมการที่ 6 ซึ่งจะไม่พิสูจน์ให้ดูในที่นี้

สังเกต สมการที่ 5 และที่ 6 มีรูปเหมือนกัน !

4.2 กระจกนูนทรงกลม กรณีวัตถุจริงให้ภาพเสมือน



รูปที่ 2 การเกิดภาพของวัตถุจริงที่กระจกนูน ซึ่งเป็น ซึ่งเป็นภาพเสมือน

จากรูป AB เป็นวัตถุ แสงจาก B ที่ขนานกับแกนมุขสำคัญจะสะท้อนที่จุด P เสมือนตัดผ่านแกนที่จุด F อีกรังสีหนึ่งตกตั้งฉากกับกระจกเสมือนผ่านจุด C จะสะท้อนออกตามแนวเดิม รังสีที่ต่อออกมาทางด้านหลังกระจกตัดกันที่จุด B′ ภาพที่เกิดขึ้นจากการที่รังสี ของแสงไม่ได้ตัดกันจริง ๆนี้เรียกว่าภาพเสมือน ในที่นี้ A′B′ คือภาพเสมือน F คือ จุดโฟกัส C คือ จุดศูนย์กลางความโค้งของกระจก f คือ ความยาวโฟกัส s คือ ระยะวัตถุ s′ คือ ระยะภาพ R คือ รัศมีความโค้งของกระจก y คือ ความสูงของวัตถุ y′ คือ ความสูงของภาพ

พิจารณาจากรูป ΔABC และ $\Delta A'B'C$ จะได้

$$\tan\alpha = \frac{AB}{AC} = \frac{A'B'}{A'C} \qquad .....(7)$$

หรือ โดยใช้ความสัมพันธ์จากรูปอาจเขียนได้ว่า

$$\frac{y}{s+R} = \frac{y'}{R-s'} \qquad .....(8)$$

พิจารณาจากรูป ΔPQF และ $\Delta A'B'F$ จะต้องใช้การประมาณว่า จุดในวงกลมที่จุด Q ตำแหน่งต่าง ๆถือเป็นจุดเดียวกันทั้งหมด เพราะถือว่ากำลังพิจารณาเงื่อนไขของทศนศาสตร์ใกล้แกน ดังนั้น ทำนองเดียวกับสมการที่ (8) สามารถเขียนได้ว่า

$$\tan\beta = \frac{y}{f} = \frac{y'}{f-s'}$$

$$\frac{y}{f} = \frac{y'}{f-s'} \qquad .....(9)$$

เอาสมการที่ (8) หารด้วยสมการที่ (9) ได้

$$\frac{f}{s+R} = \frac{f-s'}{R-s'}$$

$$f(R-s') = (f-s')(s+R)$$

$$fR-fs' = fs+fR-s's-s'R$$

$$-fs' = fs-s's-2fs'$$

$$s's = -fs'+fs$$

เอา s′sf หารตลอด

$$\frac{1}{f} = -\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} \qquad .....(10)$$

สมการที่ (4) เป็นสมการที่บอกความสัมพันธ์ของระยะวัตถุ ระยะภาพ และความยาวโฟกัส ของกระจกนูนโดยมีเงื่อนไขดังรูปที่ 2 เท่านั้น กล่าวคือ วัตถุต้องเป็นวัตถุจริง และได้ภาพเป็นภาพเสมือน กรณีอื่นที่แตกต่างออกไปสมการนี้ใช้ไม่ได้ การหาสมการที่ใช้ได้ทั่วไปในทุกกรณี ทำได้โดยแทนเครื่องหมายของระยะวัตถุ ระยะภาพ และความยาวโฟกัสของรูปที่ 2 ลงไปในสมการที่(10) ซึ่งก็แล้วแต่ว่าจะแทนด้วยระบบเครื่องหมายอะไรก็ได้ แล้วแต่เราเช่น อาจจะเป็นระบบเครื่องหมายจริงเป็นบวก หรือ ระบบเครื่องหมายตามพิกัดฉาก หรือ อาจเป็นระบบเครื่องหมายที่เรากำหนดขึ้นมาใช้เองก็ได้

4.2.1 สูตรในระบบเครื่องหมายจริงเป็นบวก

จากรูปที่ 2 s มีเครื่องหมายบวก เพราะเป็นวัตถุจริง s′ มีเครื่องหมายลบ เพราะเป็นภาพเสมือน และ f มีเครื่องหมายลบ เพราะเป็นกระจกนูน ถ้าแทนเครื่องหมายของทุกตัวลงสมการที่ (10) จะได้

$$\frac{1}{(-f)} = -\frac{1}{(+s)} + \frac{1}{(-s)'}$$

จะได้สมการที่สามารถใช้คำนวณได้ ในทุกกรณีตามระบบเครื่องหมายจริงเป็นบวก สำหรับกระจกนูนเป็น

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} \qquad .....(11)$$

4.2.2 สูตรในระบบเครื่องหมายตามพิกัดฉาก

ในระบบเครื่องหมายตามพิกัดฉาก ใช้ตำแหน่งที่ตั้งกระจกเป็นหลัก ทุกระยะวัดไปทางขวาเป็นบวก ไปทางซ้ายเป็นลบดังนั้น จากรูปที่ 2 s มีเครื่องหมายลบ เพราะอยู่ทางซ้ายของกระจก s′ มีเครื่องหมายบวกเพราะอยู่ทางขวาของกระจก และ f มีเครื่องหมายบวก เพราะอยู่ทางขวาของกระจก ถ้าแทนเครื่องหมายของทุกตัวลงในสมการที่ (10) จะได้

$$\frac{1}{(+f)} = -\frac{1}{(-s)} + \frac{1}{(+s)'}$$

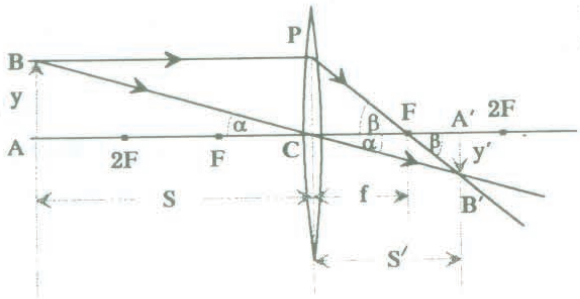
จะได้สมการที่สามารถใช้คำนวณได้ ในทุกกรณีตามระบบเครื่องหมายตามพิกัดฉาก สำหรับกระจกนูนเป็น

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} \qquad .....(12)$$

สังเกต สมการที่ 11 และที่ 12 มีรูปเหมือนกัน !

5. การหาสมการเชิงพีชคณิตของเลนส์

5.1 เลนส์นูนบาง กรณีวัตถุจริงให้ภาพจริง



รูปที่ 3 การเกิดภาพจริงของวัตถุจริง ในกรณีของเลนส์นูน

จากรูป AB เป็นวัตถุ แสงจาก B ที่ขนานกับแกนมุขสำคัญจะหักเหผ่านเลนส์ที่จุด P ตัดผ่านแกนที่จุด F อีกรังสีหนึ่งผ่านจุด C ที่เป็นจุดกึ่งกลางเลนส์ รังสีจะวิ่งตามแนวเดิมไม่หักเห เพราะถือว่าเลนส์บางมากมาตัดกันจริง ๆ กับรังสีแรกที่จุด B′ ได้ภาพจริงที่ A′B′ F คือ จุดโฟกัส f คือความยาวโฟกัสของเลนส์ s คือ ระยะวัตถุ s′ คือ ระยะภาพ y คือ ความสูงของวัตถุ y′ คือความสูงของภาพ

พิจารณาจากรูป ΔABC และ $\Delta A'B'C$ จะได้

$$\tan\alpha = \frac{AB}{AC} = \frac{A'B'}{A'C} \qquad .....(13)$$

หรือ โดยใช้ความสัมพันธ์จากรูปอาจเขียนได้ว่า

$$\frac{y}{s} = \frac{y'}{s'} \qquad .....(14)$$

พิจารณาจากรูป ΔPCF และ $\Delta A'B'F$ ทำนองเดียวกับสมการที่ (14) สามารถเขียนได้ว่า

$$\tan\beta = \frac{y}{f} = \frac{y'}{s'-f}$$

$$\frac{y}{f} = \frac{y'}{s'-f} \qquad .....(15)$$

เอาสมการที่ (14) หารด้วยสมการที่ (15) ได้

$$\frac{f}{s} = \frac{s'-f}{s'}$$

$$fs' = (s'-f)s$$

$$fs' = s's-fs$$

$$s's = fs'+fs$$

เอา $s'sf$ หารตลอด

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} \qquad .....(16)$$

สมการที่(16)เป็นสมการที่บอกความสัมพันธ์ของระยะวัตถุ ระยะภาพ และความยาวโฟกัส ของเลนส์นูนโดยมีเงื่อนไขดังรูปที่ 3 เท่านั้น กล่าวคือ วัตถุต้องเป็นวัตถุจริง และได้ภาพเป็นภาพจริง กรณีอื่นที่แตกต่างออกไปสมการนี้ใช้ไม่ได้ การหาสมการที่ใช้ได้ทั่วไปในทุกกรณีทำได้โดยแทนเครื่องหมายของระยะวัตถุ ระยะภาพ และความยาวโฟกัส ของรูปที่ 3 ลงไปในสมการที่(16)ซึ่งก็แล้วแต่ว่าจะแทนด้วยระบบเครื่องหมายอะไรก็ได้แล้วแต่ เช่น อาจจะเป็นระบบเครื่องหมายจริงเป็นบวก หรือ ระบบเครื่องหมายตามพิกัดฉาก หรืออาจเป็นระบบเครื่องหมายของเรา ที่กำหนดขึ้นมาใช้เองก็ได้

5.1.1 สูตรในระบบเครื่องหมายจริงเป็นบวก

จากรูปที่ 3 s มีเครื่องหมายบวก เพราะเป็นวัตถุจริง s′ มีเครื่องหมายบวก เพราะเป็นภาพจริง และ f มีเครื่องหมายบวก เพราะเป็นเลนส์นูน ถ้าแทนเครื่องหมายของทุกตัวลงสมการที่ (16) จะได้

$$\frac{1}{(+f)} = \frac{1}{(+s)} + \frac{1}{(+s)'}$$

จะได้สมการที่สามารถใช้คำนวณได้ ในทุกกรณีตามระบบเครื่องหมายจริงเป็นบวก สำหรับเลนส์นูนเป็น

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} \qquad .....(17)$$

5.1.2 สูตรในระบบเครื่องหมายตามพิกัดฉาก

ในระบบเครื่องหมายตามพิกัดฉาก ใช้ตำแหน่งที่ตั้งกระจกเป็นหลัก ทุกระยะวัดไปทางขวาเป็นบวก ไปทางซ้ายเป็นลบดังนั้น

จากรูปที่ 3 s มีเครื่องหมายลบ เพราะอยู่ทางซ้ายของเลนส์ s′ มีเครื่องหมายบวกเพราะอยู่ทางขวาของเลนส์ และ f มีเครื่องหมายบวก เพราะอยู่ทางขวาของเลนส์ ถ้าแทนเครื่องหมายของทุกตัวลงสมการที่(16)จะได้

$$\frac{1}{(+f)} = \frac{1}{(-s)} + \frac{1}{(+s)'}$$

จะได้สมการที่สามารถใช้คำนวณได้ ในทุกกรณีตามระบบเครื่องหมายตามพิกัดฉาก สำหรับกระจกเว้าเป็น

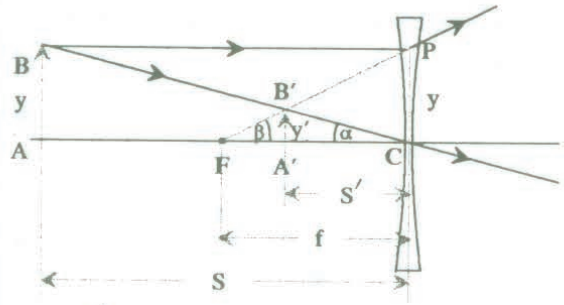
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} \qquad .....(18)$$

ในทำนองเดียวกัน กรณีการเกิดภาพเสมือนของเลนส์นูน สามารถพิสูจน์ได้ผลที่มีความสัมพันธ์เหมือนกับสมการที่ 17 และ 18 ซึ่งจะไม่พิสูจน์ให้ดูในที่นี้

สังเกต สมการที่ 17 และ 18 มีรูปไม่เหมือนกัน ถึงจุดนี้จะเห็นความจริงว่า สมการกระจกและเลนส์อาจมีรูปที่ไม่เหมือนกันได้แล้วแต่ว่า จะใช้ระบบเครื่องหมายอะไร

เราจะมาดูอีกตัวอย่างเพื่อความชัดเจนตรงจุดนี้

5.2 เลนส์เว้าบาง กรณีวัตถุจริงให้ภาพเสมือน



รูปที่ 4 การเกิดภาพเสมือนของวัตถุจริงในกรณีของเลนส์เว้า

จากรูป AB เป็นวัตถุ แสงจาก B ที่ขนานกับแกนมุขสำคัญจะหักเหผ่านเลนส์ที่จุด P จะเสมือนตัดผ่านแกนที่จุด F อีกรังสีหนึ่งผ่านจุด C ที่เป็นจุดกึ่งกลางเลนส์ รังสีจะวิ่งตามแนวเดิมไม่หักเห เพราะถือว่าเลนส์บางมาก รังสีที่ต่อมาด้านหน้าจะมาตัดกันกับรังสีที่ต่อรังสีแรกที่จุด B′ ได้ภาพเสมือนที่ A′B′ F คือ จุดโฟกัสของเลนส์เว้า f คือ ความยาวโฟกัสของเลนส์ s คือ ระยะวัตถุ s′ คือ ระยะภาพ y คือ ความสูงของวัตถุ y′ คือความสูงของภาพ

พิจารณาจากรูป ΔABC และ $\Delta A'B'C$ จะได้

$$\tan\alpha = \frac{AB}{AC} = \frac{A'B'}{A'C} \qquad .....(19)$$

หรือ โดยใช้ความสัมพันธ์จากรูปอาจเขียนได้ว่า

$$\frac{y}{s} = \frac{y'}{s'} \qquad .....(20)$$

พิจารณาจากรูป ΔPCF และ $\Delta A'B'F$ ทำนองเดียวกับสมการที่ (20) สามารถเขียนได้ว่า

$$\tan\beta = \frac{y}{f} = \frac{y'}{f-s'}$$

$$\frac{y}{f} = \frac{y'}{f-s'} \qquad .....(21)$$

เอาสมการที่ (20) หารด้วยสมการที่ (21) ได้

$$\frac{f}{s} = \frac{f-s'}{s'}$$

$$fs' = (f-s')s$$

$$fs' = fs - s's$$

$$s's = -fs' + fs$$

เอา $s'sf$ หารตลอด

$$\frac{1}{f} = -\frac{1}{s} + \frac{1}{s'} \qquad .....(22)$$

สมการที่(22)เป็นสมการที่บอกความสัมพันธ์ของระยะวัตถุ ระยะภาพ และความยาวโฟกัสของเลนส์นูน โดยมีเงื่อนไขดังรูปที่ 4 เท่านั้น กล่าวคือ วัตถุต้องเป็นวัตถุจริง และได้ภาพเป็นภาพเสมือน กรณีอื่นที่แตกต่างออกไปสมการนี้ใช้ไม่ได้ การหาสมการที่ใช้ได้ทั่วไปในทุกกรณีทำได้โดย แทนเครื่องหมายของระยะวัตถุ ระยะภาพ และความยาวโฟกัสของรูปที่ 4 ลงไปในสมการที่(22) ซึ่งก็แล้วแต่ว่าจะแทนด้วยระบบเครื่องหมายอะไรก็ได้แล้วแต่เราเช่นอาจจะเป็นระบบเครื่องหมายจริงเป็นบวกหรือ ระบบเครื่องหมายตามพิกัดฉากหรืออาจเป็นระบบเครื่องหมายของเราที่กำหนดขึ้นมาใช้เองก็ได้

5.2.1 สูตรในระบบเครื่องหมายจริงเป็นบวก

จากรูปที่ 4 s มีเครื่องหมายบวก เพราะเป็นวัตถุจริง s′ มีเครื่องหมายลบ เพราะเป็นภาพเสมือนและ f มีเครื่องหมายลบ เพราะเป็นเลนส์เว้า ถ้าแทนเครื่องหมายของทุกตัวลงสมการที่ (22) จะได้

$$\frac{1}{(+f)} = \frac{1}{(+s)} + \frac{1}{(+s)'}$$

จะได้สมการที่สามารถใช้คำนวณได้ ในทุกกรณีตามระบบเครื่องหมายจริงเป็นบวก สำหรับเลนส์นูนเป็น

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} \qquad .....(23)$$

5.2.2 สูตรในระบบเครื่องหมายตามพิกัดฉาก

ในระบบเครื่องหมายตามพิกัดฉาก ใช้ตำแหน่งที่ตั้งกระจกเป็นหลัก ทุกระยะวัดไปทางขวาเป็นบวก ไปทางซ้ายเป็นลบดังนั้น

จากรูปที่ 4 s มีเครื่องหมายลบ เพราะอยู่ทางซ้ายของเลนส์ s′ มีเครื่องหมายลบเพราะอยู่ทางซ้ายของเลนส์ และ f มีเครื่องหมายลบ เพราะอยู่ทางซ้ายของเลนส์ ถ้าแทนเครื่องหมายของทุกตัวลงสมการที่ (22) จะได้

$$\frac{1}{(-f)} = -\frac{1}{(-s)} + \frac{1}{(-s)'}$$

จะได้สมการที่สามารถใช้คำนวณได้ ในทุกกรณีตามระบบเครื่องหมายตามพิกัดฉาก สำหรับเลนส์เว้าเป็น

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} \qquad .....(24)$$

ถึงจุดนี้ จะเห็นว่า สมการที่ 23 และ สมการที่ 24 ไม่เหมือนกัน แต่ถ้าพิจารณาสมการ ที่ 17 ,18, 23 และสมการที่ 24 ให้ดีจะเห็นว่า

ระบบเครื่องหมายจริงเป็นบวก สูตรของเลนส์บางเป็น $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$

ในระบบเครื่องหมายตามพิกัดฉาก สูตรของเลนส์บางเป็น $\frac{1}{f} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s}$

6. เปรียบเทียบระบบเครื่องหมายจริงเป็นบวกและระบบเครื่องหมายตามพิกัดฉาก

จากตอนที่ 4 และตอนที่ 5 ได้ผลว่า ระบบเครื่องหมายจริงเป็นบวก สูตรสำหรับกระจกและเลนส์จะเหมือนกันคือ

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

จะแตกต่างจากระบบเครื่องหมายตามระบบพิกัดฉากที่สูตรของกระจกและเลนส์ไม่เหมือนกันกล่าวคือ

กรณีกระจกสูตรจะเป็น

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

แต่กรณีเลนส์สูตรจะเป็น

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s}$$

ถึงตรงนี้ จะชี้ให้เห็นถึงความไม่สะดวกของระบบเครื่องหมายตามพิกัดฉากดังนี้

ก. แทนที่จะใช้สูตรเดียวกัน ก็ต้องแยก กระจกใช้สูตรอย่างหนึ่ง เลนส์ใช้สูตรอย่างหนึ่ง จุดนี้เองที่ทำให้ระบบเครื่องหมายจริงเป็นบวก เหมาะสมกับการศึกษาเรื่องของเลนส์และกระจกในชั้นต้น ๆ ใช้สูตรเดียวกันตลอด

ข. ระบบเครื่องหมายตามพิกัดฉากนั้นแสงจะต้องมาจากทางด้านซ้ายมือเป็นข้อกำหนดที่จำกัดมาก ในการคำนวณจะต้องมีลูกเล่นมากมายในการแก้ปัญหาจุดนี้

จุดเด่นของระบบเครื่องหมายตามพิกัดฉาก ก็คือ ทุกระยะ ทุกความยาวมีเครื่องหมายตามระบบพิกัดฉาก ไม่ต้องดูว่าเป็นอะไร ถ้าวัดไปทางขวามีเครื่องหมายบวก วัดไปทางซ้ายมีเครื่องหมายลบ

7. ตัวอย่างการคำนวณกระจกและเลนส์

เพื่อความเข้าใจการคำนวณเลนส์และกระจก โดยใช้ระบบเครื่องหมายทั้งสอง ขอให้ดูตัวอย่างดังนี้

ตัวอย่างที่ 1 วัตถุอันหนึ่งอยู่ห่างกระจก 40.0 cm ที่มีรัศมีความโค้ง 20.0 cm จงหาชนิด และตำแหน่งภาพของวัตถุในกรณีต่อไปนี้

ก. ถ้าเป็นกระจกเว้า

ข. ถ้าเป็นกระจกนูน

วิธีทำ จะคำนวณให้ดูทั้งสองระบบเครื่องหมาย

ก. กรณีกระจกเว้า

เนื่องจากเป็นกระจก ทั้งสองระบบมีสูตรการคำนวณเหมือนกันคือ

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} \qquad \text{.....(I)}$$

ระบบจริงเป็นบวก	ระบบตามพิกัดฉาก
$s = +40.0$	$s = -40$
$f = +\frac{R}{2} = +\frac{20}{2} = +10$	$f = -\frac{R}{2} = -\frac{20}{2} = -10$
แทนค่าใน (I)	แทนค่าใน (I)
$\frac{1}{+10} = \frac{1}{+40} + \frac{1}{s'}$	$\frac{1}{-10} = \frac{1}{-40} + \frac{1}{s'}$
$\frac{1}{s'} = \frac{1}{+10} - \frac{1}{+40}$	$\frac{1}{s'} = \frac{1}{-10} - \frac{1}{-40}$
$\frac{1}{s'} = \frac{1}{10} - \frac{1}{40}$	$\frac{1}{s'} = -\frac{1}{10} + \frac{1}{40}$
$\frac{1}{s'} = +\frac{3}{40}$	$\frac{1}{s'} = -\frac{3}{40}$
$s' = +\frac{40}{3} = +13.3$ cm	$s' = -\frac{40}{3} = -13.3$ cm
ได้ภาพจริง หน้ากระจกห่างกระจก 13.3 cm	ได้ภาพจริง หน้ากระจกห่างกระจก 13.3 cm

ข. กรณีกระจกนูน

เนื่องจากเป็นกระจก ทั้งสองระบบมีสูตรการคำนวณเหมือนกันคือ

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'} \qquad \text{.....(I)}$$

ระบบจริงเป็นบวก	ระบบตามพิกัดฉาก
$s = +40.0$	$s = -40$
$f = -\frac{R}{2} = -\frac{20}{2} = -10$	$f = +\frac{R}{2} = +\frac{20}{2} = +10$
แทนค่าใน (I)	แทนค่าใน (I)
$\frac{1}{-10} = \frac{1}{+40} + \frac{1}{s'}$	$\frac{1}{+10} = \frac{1}{-40} + \frac{1}{s'}$
$\frac{1}{s'} = \frac{1}{-10} - \frac{1}{+40}$	$\frac{1}{s'} = \frac{1}{+10} - \frac{1}{-40}$
$\frac{1}{s'} = -\frac{1}{10} - \frac{1}{40}$	$\frac{1}{s'} = +\frac{1}{10} + \frac{1}{40}$
$\frac{1}{s'} = -\frac{5}{40}$	$\frac{1}{s'} = +\frac{5}{40}$
$s' = -\frac{40}{5} = -8.0$ cm	$s' = +\frac{40}{5} = +8.0$ cm
ได้ภาพเสมือนหลังกระจกห่างกระจก 8.0 cm	ได้ภาพเสมือนหลังกระจกห่างกระจก 8.0 cm

ตัวอย่างที่ 2 วัตถุอันหนึ่งอยู่ห่างเลนส์ 40.0 cm ที่มีความยาวโฟกัส 20.0 cm จงหาชนิด และตำแหน่งภาพของวัตถุในกรณีต่อไปนี้

ก. ถ้าเป็นเลนส์นูน

ข. ถ้าเป็นเลนส์เว้า

วิธีทำ ตัวอย่างนี้ก็เช่นกัน จะแสดงการคำนวณให้ดูทั้งสองระบบเครื่องหมาย

แต่ในกรณีของเลนส์ ดังได้กล่าวมาแล้วว่า สูตรหรือสมการเชิงพีชคณิตของสองระบบไม่เหมือนกัน

ก. กรณีเลนส์นูน

ระบบจริงเป็นบวก	ระบบตามพิกัดฉาก
สูตรคำนวณเป็น....	สูตรคำนวณเป็น....
$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$	$\frac{1}{f} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s}$
s = + 40.0	s = − 40
f = + 20	f = + 20
แทนค่าในสูตร	แทนค่าในสูตร
$\frac{1}{+20} = \frac{1}{+40} + \frac{1}{s'}$	$\frac{1}{+20} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{-40}$
$\frac{1}{s'} = \frac{1}{+20} - \frac{1}{+40}$	$\frac{1}{s'} = \frac{1}{+20} + \frac{1}{-40}$
$\frac{1}{s'} = \frac{1}{20} - \frac{1}{40}$	$\frac{1}{s'} = \frac{1}{20} - \frac{1}{40}$
$\frac{1}{s'} = +\frac{1}{40}$	$\frac{1}{s'} = +\frac{1}{40}$
$s' = +\frac{40}{1} = +40$ cm	$s' = +\frac{40}{1} = +40.0$ cm
ได้ภาพจริงหลังเลนส์	ได้ภาพจริงหลังเลนส์
ห่างเลนส์ 40.0 cm	ห่างเลนส์ 40.0 cm

ก. กรณีเลนส์เว้า

ระบบจริงเป็นบวก	ระบบตามพิกัดฉาก
สูตรคำนวณเป็น....	สูตรคำนวณเป็น....
$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$	$\frac{1}{f} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s}$
s = + 40.0	s = − 40
f = − 20	f = − 20
แทนค่าในสูตร	แทนค่าในสูตร
$\frac{1}{-20} = \frac{1}{+40} + \frac{1}{s'}$	$\frac{1}{-20} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{-40}$
$\frac{1}{s'} = \frac{1}{-20} - \frac{1}{+40}$	$\frac{1}{s'} = \frac{1}{-20} + \frac{1}{-40}$
$\frac{1}{s'} = -\frac{1}{20} - \frac{1}{40}$	$\frac{1}{s'} = -\frac{1}{20} - \frac{1}{40}$
$\frac{1}{s'} = -\frac{3}{40}$	$\frac{1}{s'} = -\frac{3}{40}$
$s' = -\frac{40}{3} = -13.3$ cm	$s' = -\frac{40}{3} = -13.3$ cm
ได้ภาพเสมือนหน้าเลนส์	ได้ภาพเสมือนหน้าเลนส์
ห่างเลนส์ 13.3 cm	ห่างเลนส์ 13.3 cm

ที่กล่าวมาทั้งหมดพร้อมตัวอย่างแสดงการคำนวณ จะเห็นที่มาของสมการเชิงพีชคณิต ที่บอกความสัมพันธ์ของระยะภาพ ระยะวัตถุ และความยาวโฟกัส ของกระจกและเลนส์ รวมทั้งการนำไปใช้ในการคำนวณ

บางท่านที่นึกสนุก อาจลองกำหนดระบบเครื่องหมายของตัวเองขึ้นมาดู สูตรที่ได้ประกอบกับระบบเครื่องหมายใหม่ เมื่อตีความแล้วก็จะให้ผลออกมาตรงกันดังตัวอย่างที่แสดงการคำนวณให้ดู ที่ไม่ว่าจะใช้ระบบเครื่องหมายจริงเป็นบวก หรือระบบเครื่องหมายตามพิกัดฉาก เมื่อตีความเครื่องหมายออกมาแล้วจะให้ผลที่ตรงกัน

ตอนท้ายนี้หวังเป็นอย่างยิ่งว่าบทความเสริมทักษะนี้คงจะเป็นประโยชน์เสริมเนื้อหาฟิสิกส์มัธยมปลาย หรือผู้ที่สนใจไม่มากก็น้อย

****

ก. กรณีเลนส์นูน

ระบบจริงเป็นบวก

สูตรคำนวณเป็น....

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

$s = +40.0$

$f = +20$

แทนค่าในสูตร

$$\frac{1}{+20} = \frac{1}{+40} + \frac{1}{s'}$$

$$\frac{1}{s'} = \frac{1}{+20} - \frac{1}{+40}$$

$$\frac{1}{s'} = \frac{1}{20} - \frac{1}{40}$$

$$\frac{1}{s'} = +\frac{1}{40}$$

$$s' = +\frac{40}{1} = +40 \text{ cm}$$

ได้ภาพจริงหลังเลนส์

ห่างเลนส์ 40.0 cm

ระบบตามพิกัดฉาก

สูตรคำนวณเป็น....

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s}$$

$s = -40$

$f = +20$

แทนค่าในสูตร

$$\frac{1}{+20} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{-40}$$

$$\frac{1}{s'} = \frac{1}{+20} + \frac{1}{-40}$$

$$\frac{1}{s'} = \frac{1}{20} - \frac{1}{40}$$

$$\frac{1}{s'} = +\frac{1}{40}$$

$$s' = +\frac{40}{1} = +40.0 \text{ cm}$$

ได้ภาพจริงหลังเลนส์

ห่างเลนส์ 40.0 cm

ก. กรณีเลนส์เว้า

ระบบจริงเป็นบวก

สูตรคำนวณเป็น....

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

$s = +40.0$

$f = -20$

แทนค่าในสูตร

$$\frac{1}{-20} = \frac{1}{+40} + \frac{1}{s'}$$

$$\frac{1}{s'} = \frac{1}{-20} - \frac{1}{+40}$$

$$\frac{1}{s'} = -\frac{1}{20} - \frac{1}{40}$$

$$\frac{1}{s'} = -\frac{3}{40}$$

$$s' = -\frac{40}{3} = -13.3 \text{ cm}$$

ได้ภาพเสมือนหน้าเลนส์

ห่างเลนส์ 13.3 cm

ระบบตามพิกัดฉาก

สูตรคำนวณเป็น....

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s}$$

$s = -40$

$f = -20$

แทนค่าในสูตร

$$\frac{1}{-20} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{-40}$$

$$\frac{1}{s'} = \frac{1}{-20} + \frac{1}{-40}$$

$$\frac{1}{s'} = -\frac{1}{20} - \frac{1}{40}$$

$$\frac{1}{s'} = -\frac{3}{40}$$

$$s' = -\frac{40}{3} = -13.3 \text{ cm}$$

ได้ภาพเสมือนหน้าเลนส์

ห่างเลนส์ 13.3 cm

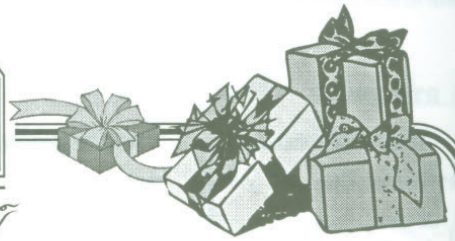
ที่กล่าวมาทั้งหมดพร้อมตัวอย่างแสดงการคำนวณ จะเห็นที่มาของสมการเชิงพีชคณิต ที่บอกความสัมพันธ์ของระยะภาพ ระยะวัตถุ และความยาวโฟกัส ของกระจกและเลนส์ รวมทั้งการนำไปใช้ในการคำนวณ

บางท่านที่นึกสนุก อาจลองกำหนดระบบเครื่องหมายของตัวเองขึ้นมาดู สูตรที่ได้ประกอบกับระบบเครื่องหมายใหม่ เมื่อตีความแล้วก็จะให้ผลออกมาตรงกันดังตัวอย่างที่แสดงการคำนวณให้ดู ที่ไม่ว่าจะใช้ระบบเครื่องหมายจริงเป็นบวก หรือระบบเครื่องหมายตามพิกัดฉาก เมื่อตีความเครื่องหมายออกมาแล้วจะให้ผลที่ตรงกัน

ตอนท้ายนี้หวังเป็นอย่างยิ่งว่าบทความเสริมทักษะนี้คงจะเป็นประโยชน์เสริมเนื้อหาฟิสิกส์มัธยมปลาย หรือผู้ที่สนใจไม่มากก็น้อย

****

คอลัมน์นี้มีรางวัล



ศรีปราชญ์

สวัสดีครับแฟนๆ คอลัมน์นี้มีรางวัล

ก่อนอื่นศรีปราชญ์ขอเฉลยปัญหาก่อนดังนี้ครับ

เฉลยคำถามในฉบับที่ 1 ปีที่ 25

ข้อ 1 ส่วนประกอบสำคัญที่ใช้ทำเบียร์ มี 4 อย่างที่สำคัญคือ

1. มอลล์จากข้าวบาร์เลย์
2. ดอกฮอป
3. น้ำสะอาด
4. ยีสต์

ข้อ 2 สารเบต้าแคโรทีน มีประโยชน์ต่อร่างกายคือ

- ช่วยให้มองเห็นในที่มืดได้ดี
- ช่วยป้องกันผิวไม่ให้ได้รับอันตรายจากรังสีอัลตราไวโอเลตจากแสงแดด
- ช่วยรักษาสภาพปกติของเซลล์เยื่อบุตาขาว กระจกตา ช่องปาก ทางเดินอาหาร ทางเดินหายใจ และทางเดินปัสสาวะ
- ช่วยให้ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายทำงานได้ดี

เฉลยคำถามในฉบับที่ 2 ปีที่ 25

ข้อ 1 สภาพป่าของอุทยานแห่งชาติภูกระดึง มีดังนี้คือ

1. ป่าเต็งรัง
2. ป่าเบญจพรรณ
3. ป่าดิบแล้ง
4. ป่าดงดิบเขา
5. ป่าสนเขา

ข้อ 2 เฟิรน์สืบพันธุ์ด้วยสปอร์

ต้องขอแสดงความเสียใจด้วยนะครับ ที่ไม่มีผู้ใดตอบคำถามในฉบับที่ 1 ปีที่ 25 ได้ถูกต้อง แต่สำหรับ ฉบับที่ 2 ปีที่ 25 มีผู้ตอบถูกมากมายดังนี้ครับ

1. น.ส.สุทธิสา ขุมกระโทก ขอนแก่น
2. น.ส.เกสริน เพียวงษ์ ขอนแก่น

3.	น.ส.อมรรัตน์	ประจักษ์สูตร	ขอนแก่น
4.	น.ส.นิตยา	แสนกุล	ขอนแก่น
5.	ดช.ทินกร	แสนกุล	ขอนแก่น
6.	นายวีรัต	เวียตะคุ	นครราชสีมา
7.	ดญ.ทัศนาวรรณ	แสงตันชัย	มหาสารคาม
8.	คุณวิไลวรรณ	ประทาน	อุบลราชธานี
9.	น.ส.อาภาธร	ศักดิ์เพชร	ชัยภูมิ
10.	น.ส.ชนิสรา	สามารถ	ขอนแก่น
11.	นายมานิตย์	ไสย์ฮาตวงษ์	ขอนแก่น

ของรางวัลจะจัดส่งไปให้โดยเร็วที่สุด และสำหรับคำถามประจำฉบับนี้ มีดังนี้ครับ

ข้อ 1 นักวิทยาศาสตร์ท่านใดบ้างที่ได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ในปีนี้

ข้อ 2 เพชรที่ทุกคนรู้จักดีว่าสวย และแข็งที่สุด แม้ว่าเพชรจะเป็นฉนวนไม่นำไฟฟ้า แต่ก็ยังมีคุณสมบัติเหนือกว่าวัสดุทั้งปวงอยู่อีกข้อหนึ่ง คุณสมบัติข้อนั้นคืออะไร

รีบส่งคำตอบมาเลยนะครับ ภายใน 15 ธันวาคม 2540 ถึง

นายศรีปราชญ์ (คอลัมน์นี้มีรางวัล)
กองบรรณาธิการ วารสารวิทยาศาสตร์ มข.
สำนักงานคณบดี คณะวิทยาศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

ขอให้ทุกท่านโชคดีและมีความสุขตามควรแก่อัตภาพ
ในยุคที่สภาวะเศรษฐกิจย่ำแย่เช่นนี้

ศรีปราชญ์

ข้อแนะนำในการเขียนบทความลงวารสาร วิทยาศาสตร์ มข.

ประเภทของเรื่องที่จะตีพิมพ์

1. รายงานผลวิจัยและค้นคว้าหรือการสำรวจที่ยังไม่เคยตีพิมพ์ในวารสารหรือหนังสืออื่นมาก่อน
2. บทความปริทัศน์ ได้แก่งานเขียนที่รวบรวมหรือเรียบเรียงจากเอกสารหรือหนังสือต่าง ๆ เพื่อเผยแพร่และฟื้นฟูงานด้านวิชาการระดับต่าง ๆ
3. บทความแสดงข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในด้านวิชาการ เรื่องแปล ข่าววิชาการ ย่อความจากงานวิจัยหรือหนังสือใหม่ที่น่าสนใจ

รูปแบบของการเขียนและการเตรียมต้นฉบับ

1. ต้นฉบับ **ต้องเป็นตัวพิมพ์ปกติ** มีช่วงห่างระยะบรรทัดตามมาตรฐาน พิมพ์ลงในกระดาษขาว A4 (โรเนียวสั้น) โดยใช้กระดาษหน้าเดียว **ความยาวไม่เกิน 10 หน้า ส่งต้นฉบับ 2 ชุด หรือต้นฉบับพิมพ์ 1 ชุด และ Diskette ของบทความนั้น**
2. ต้นฉบับ จะถูกพิจารณาโดยกองบรรณาธิการ และจะตอบรับการได้รับบทความโดยไม่ส่งต้นฉบับคืน ผู้เขียนควรจะอัดสำเนาเก็บไว้เป็นหลักฐานของตัวเอง 1 ฉบับ
3. ต้นฉบับ จะต้องมีความถูกต้องทั้งในด้านเนื้อหา และการใช้ภาษา รวมทั้งมีความสมบูรณ์ในรูปแบบพร้อมที่จะนำลงตีพิมพ์ได้
4. ชื่อเรื่อง ให้ใช้ภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ **ไม่ยาวเกินไป** และหลีกเลี่ยงการใช้คำย่อโดยไม่จำเป็น
5. ชื่อผู้เขียน เขียนชื่อภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษพร้อมทั้งบอกสถานที่ทำงานให้ชัดเจน
6. เนื้อเรื่อง ใช้ได้ทั้งภาษาไทยล้วนหรือภาษาอังกฤษล้วน ถ้าใช้ภาษาไทย ภาษาอังกฤษที่ใช้ปนกับภาษาไทยนั้นให้พยายามแปลเป็นไทยเท่าที่จะทำได้และให้เขียนคำเดิมกำกับในวงเล็บ การทับศัพท์ภาษาอังกฤษตลอดทั้งการเขียนตัวสะกดการันต์ในภาษาไทยให้ใช้ตามแบบราชบัณฑิตยสถาน
7. ในกรณีของบทความวิจัย **ต้องมีบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ** และแบ่งเนื้อหาของบทความเป็นบทนำ วิธีดำเนินงาน ผลการวิเคราะห์ บทสรุปและวิจารณ์
8. เชิงอรรถ (footnote) ใช้เฉพาะที่จำเป็นเพื่อขยายหรือให้รายละเอียดเพิ่มเติมแก่ใจความเฉพาะตอนในบทความ ข้อความที่จำเป็นจะต้องมีเชิงอรรถให้ใช้เครื่องหมายดอกจัน (*) กำกับท้าย
9. ตารางและภาพประกอบ คำบรรยายประกอบตารางหรือภาพประกอบควรจะสั้นและชัดเจน ถ้าเป็นภาพถ่ายให้ใช้ภาพขาว - ดำ ขนาดโปสการ์ด ภาพเขียนลายเส้นควรเขียนด้วยหมึกดำ ภาพที่เขียนต้องชัดเจนและมีขนาดที่เหมาะสม
10. เอกสารอ้างอิง หรือบรรณานุกรม เขียนตามแบบที่ทางวารสารกำหนด

ส่งต้นฉบับมาที่

กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ มข.
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

อภินันทนาการสำหรับผู้เขียน

เรื่องที่ได้รับการตีพิมพ์ ผู้เขียนจะได้รับวารสารฉบับนั้น 2 เล่ม และสำเนาพิมพ์อีก 15 ชุด

การเขียนเอกสารอ้างอิงในวารสารวิทยาศาสตร์ มข.

การเขียนเอกสารอ้างอิงในเนื้อหานั้น ให้ใช้ระบบหมายเลขแบบไม่คำนึงถึงลำดับตัวอักษร (order system) การเขียนเอกสารอ้างอิงตอนท้ายบทความนั้น ให้ใส่เฉพาะเล่มที่มีการอ้างไว้แล้วในเนื้อหาเท่านั้น โดยเรียงตามลำดับที่อ้างถึงในบทความ มีแนวทางการเขียนดังนี้

1. หนังสือ

ก. ภาษาไทย

ชื่อตัว นามสกุลของผู้แต่ง. (เลขปี พ.ศ.). **ชื่อหนังสือ.** (เล่มที่). (พิมพ์ครั้งที่). เมืองที่พิมพ์ : โรงพิมพ์ หรือสำนักพิมพ์. เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าสุดท้ายที่อ้างอิง.

ข. ภาษาอังกฤษ

ชื่อสกุล, อักษรย่อชื่อต้น. อักษรย่อชื่อรอง. (เลขปี ค.ศ.). **ชื่อหนังสือ.** (เล่มที่). (พิมพ์ครั้งที่). เมืองที่พิมพ์ : โรงพิมพ์ หรือสำนักงานพิมพ์. เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าสุดท้ายที่อ้างอิง.

2. เอกสารราชการ

ชื่อหน่วยราชการ. (เลขปี พ.ศ. หรือ ค.ศ.). ชื่อเรื่อง. **ชื่อหนังสือ.** เมืองที่พิมพ์ : โรงพิมพ์ หรือสำนักพิมพ์.

3. วารสาร

ก. ภาษาไทย

ชื่อตัว นามสกุลของผู้แต่ง. (เลขปี พ.ศ.). ชื่อบทความ. **ชื่อวารสาร.** เล่มที่ (ฉบับที่) : เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าสุดท้าย.

ข. ภาษาอังกฤษ

ชื่อสกุล, อักษรย่อชื่อต้น. อักษรย่อชื่อรอง. (เลขปี ค.ศ.). ชื่อบทความ. **ชื่อวารสาร.** เล่มที่ (ฉบับที่) : เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าสุดท้าย.

หมายเหตุ

1. กรณีที่เป็นเอกสารอ้างอิงจากแหล่งอื่น ๆ นอกเหนือจากที่กำหนดข้างต้น เช่น จุลสาร, หนังสือพิมพ์ ฯลฯ ให้ยึดหลักการเขียนตามแบบข้างต้นโดยอนุโลม
2. กรณีที่มีผู้เขียน 2 หรือ 3 คน ให้เขียนตามแบบของผู้เขียนคนแรก แต่ให้เติมคำว่า "และ" หรือ "and" หน้าชื่อสุดท้ายในกรณีของภาษาไทย หรือภาษาอังกฤษตามลำดับ
3. กรณีที่มีผู้เขียนมากกว่า 3 คนขึ้นไป ให้ใส่เฉพาะผู้แต่งชื่อแรกและใส่คำว่า "และคณะ" หรือ "et. al." ในกรณีของภาษาไทย หรือภาษาอังกฤษตามลำดับ
4. ถ้าเอกสารที่ถูกอ้างอิงอยู่ในระหว่างตีพิมพ์ ให้บอกรายละเอียดมากที่สุดและใช้คำว่า "ระหว่างตีพิมพ์" หรือ "in press" ในกรณีของภาษาไทย หรือภาษาอังกฤษตามลำดับ โดยวงเล็บต่อท้ายเอกสารอ้างอิงนั้น

วารสาร
วิทยาศาสตร์ มข.
THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

วัตถุประสงค์

1. เพื่อส่งเสริมและเผยแพร่วิทยาการในสาขาวิชาต่าง ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์
2. เพื่อเผยแพร่ผลงานด้านวิจัย และการศึกษา ค้นคว้าของอาจารย์และนักศึกษา
3. เพื่อเป็นสื่อกลางการแลกเปลี่ยนความรู้และแนวความคิดทางวิชาการระหว่างอาจารย์ นักศึกษาและผู้สนใจ ทั้งภายในและภายนอกสถาบัน

กำหนดออก ปีละ 4 ฉบับ

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

ใบสมัครเป็นสมาชิก
"วารสารวิทยาศาสตร์ มข."

☐ สมาชิกใหม่
☐ ต่ออายุ

ชื่อ-สกุล.....

ที่อยู่.....

รหัสไปรษณีย์.....หมายเลขสมาชิก.....

ตั้งแต่ฉบับที่.....ปีที่.....ถึงฉบับที่.....ปีที่..... รวม.....ฉบับ

พร้อมนี้ได้ส่งเงินจำนวน.....บาท มาทาง

☐ ธนาณัติส่งจ่าย ป.ท.มข.
☐ เช็คไปรษณีย์
☐ เงินสด

อัตราค่าบำรุง

☐ 1 ปี 4 เล่ม 55 บาท
☐ 2 ปี 8 เล่ม 100 บาท
☐ 3 ปี 12 เล่ม 150 บาท
☐ 4 ปี 16 เล่ม 200 บาท

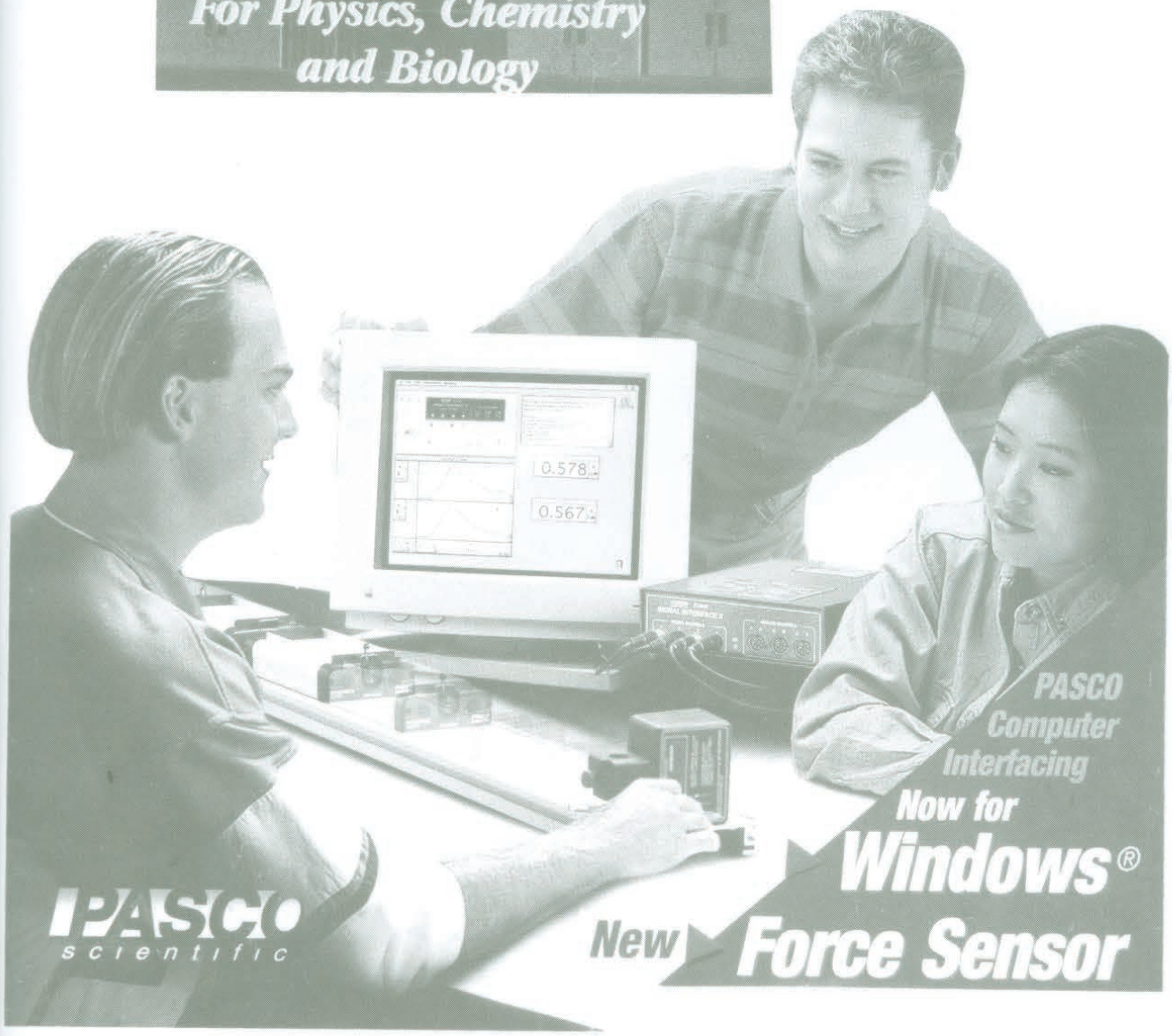
ลายเซ็นผู้สมัคร.....

หมายเหตุ
1. ส่งเงินทางธนาณัติหรือเช็คไปรษณีย์ ในนามของ นางบุญคุ้ม เหลือล้น คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น สั่งจ่าย ป.ท.มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002
2. กรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงที่อยู่ กรุณาแจ้งให้ทราบล่วงหน้า ไม่น้อยกว่า 1 เดือน ก่อนเดือนสุดท้ายของกำหนดวารสารออก เพื่อความสะดวกในการส่งวารสารแก่ท่าน

ScienceWorkshop™

Tools for Computer-Based Labs

For Physics, Chemistry and Biology



Call

VECTOR

VECTOR CO., LTD.
41/38 SOI SUNTORNPIMOL, CHARUMUANG RD.
PATUMWAN, BANGKOK 10330, THAILAND.
TEL. (662) 216-2981, FAX. (662) 216-5270

พิมพ์ที่

หจก. โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา

33/17-18 ถนนหน้าเมือง ต.ในเมือง อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000 โทร. (043) 236344, 332152-3 Fax. 333785