

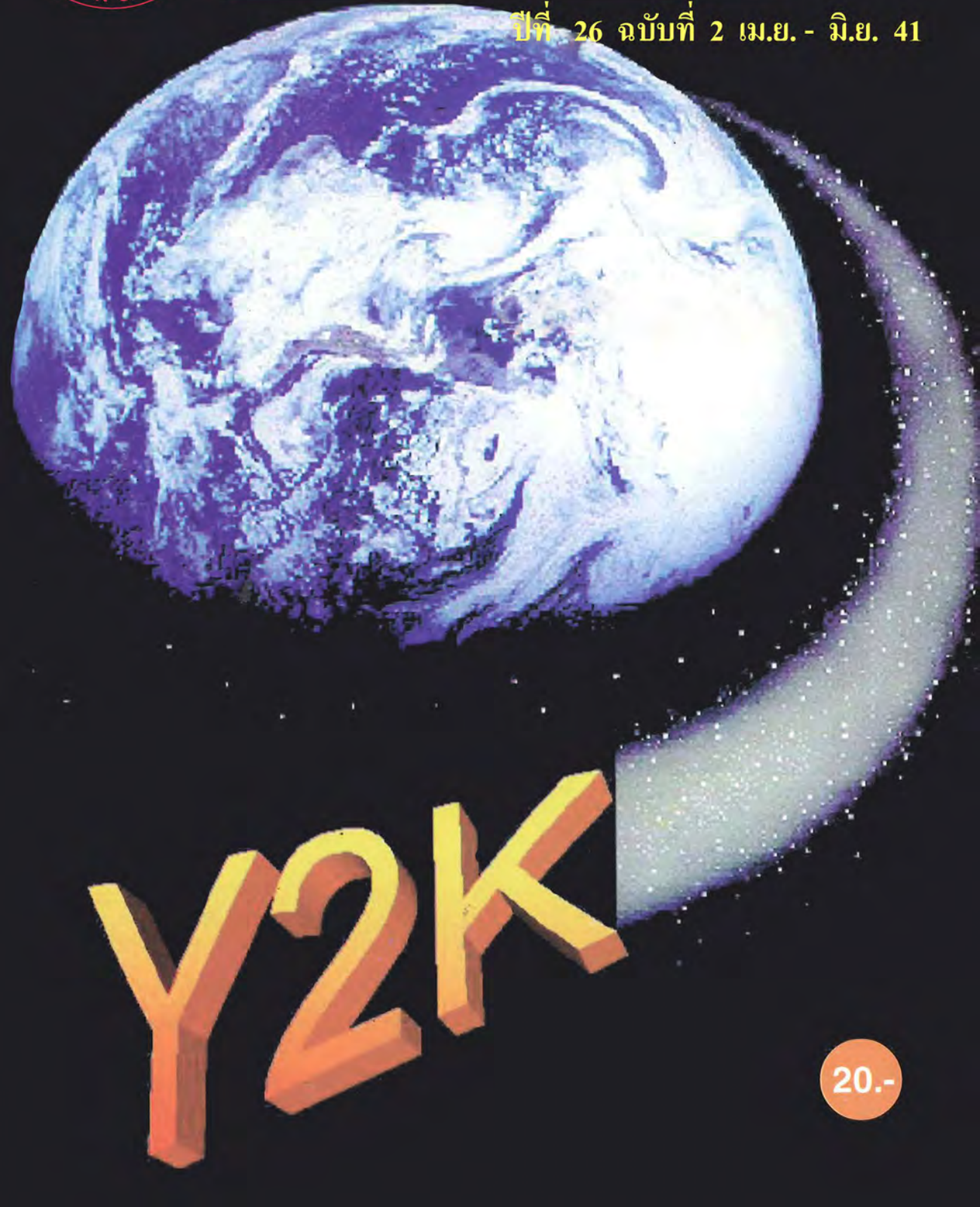


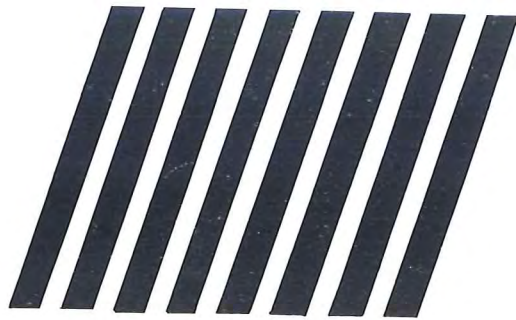
๖๑๕๘๑๕

วิทยาศาสตร์มข.

THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

ปีที่ 26 ฉบับที่ 2 เม.ย. - มิ.ย. 41





วารสาร
วิทยาศาสตร์ปู
THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

ISSN 0125-2254

เจ้าของ

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สำนักงาน

คณะวิทยาศาสตร์ ตึก 6

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วัตถุประสงค์

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

กำหนดออก

ปีละ 4 ฉบับ

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

ค่าบำรุง ปีละ 75 บาท ข่ายปลีก เล่มละ 20 บาท

การบอกรับเป็นสมาชิก

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

ที่ปรึกษา

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ

บรรณาธิการ

ศักดิ์สิทธิ์

จันทร์ไทย

บรรณาธิการผู้ช่วย

อังกร

ศิริมั่งคะลา

กองบรรณาธิการ

เฉลิม

เรืองวิริยะชัย

บำรุง

สมสวัสดิ์

วิทยา

อมรกิจบำรุง

สุพร

นุชดำรงค์

ประนอม

จันทร์ โนทัย

นฤมล

แสงประดับ

สุวรรณ

เนียมสนิท

เพ็ญประภา

เพ็ชรบุรณิน

สุพจน์

ไวฑูรย์กร

วิจารณ์

สดศิริ

วิชุดา

ไชยวิมางค

อาคม

โสวัฒนา

พฤษดี

ศิริแสงตระกูล

ฝ่ายศิลป์และภาพ

กิลิน

ดิณเรศสรฐ์

ทรงเวทย์

เป้าชัย

ฝ่ายเหรียญกษาปณ์

บุญคุ้ม

เหลือล้ำ

ฝ่ายจัดการและ เลขานุการ

ทักษิณ

จิตตะกวี

สมศักดิ์

อุณจันท์

สนธิ

วรจินา

บทความและงานวิจัย
ได้รับการกลั่นกรอง
จากผู้ทรงคุณวุฒิ

บทความหรือข้อคิดเห็นใด ๆ ในวารสารนี้เป็นของผู้เขียน ไม่จำเป็นต้องสอดคล้องกับทัศนะของกองบรรณาธิการ

วารสาร

วิทยาศาสตร์ชุมชน

THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

ปีที่ 26 ฉบับที่ 2

บรรณาธิการแถลง

ข่าววิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กองบรรณาธิการ..... 77

บทความ

■ Process Synchronization The Dining-Philosophers Problem
Sartra Wongthanavasut..... 82

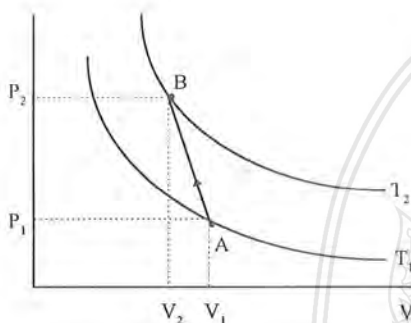
■ "กฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์"
กับมุมมองในการแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์
อัครา ศิริมังกะดา..... 88

งานวิจัย

■ การตรวจแยก *Aeromonas* sp. จากตัวอย่างน้ำ
โดยใช้วิธีการกรองผ่านแผ่นเยื่อสังเคราะห์ และนำไป
เพาะเลี้ยงบนอาหารวุ้น Ampicillin Dextrin Agar
สิรินดา ยุ่นฉลาด..... 95

■ การศึกษาดัชนีการเก็บเกี่ยวผลมะละกอ
Studies on the Harvesting Indices of Papaya
Fruit (*Carica Papaya* L.)
ประสิทธิ์ ชุตติเดช
เบญจวรรณ ชุตติเดช..... 105

■ กราฟผลต่างคือกราฟผลหาร
สาธิต แซ่จิ่ง, เทียง ภูมิสะอาด..... 117

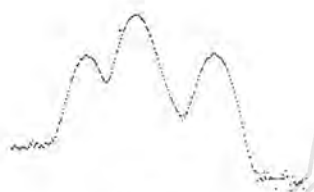


วารสาร

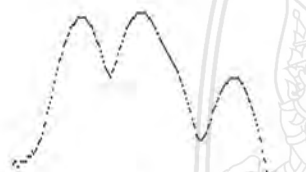
วิทยาศาสตร์ มข.

THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

ปีที่ 26 ฉบับที่ 2



(a)



(b)



(c)

■ A Comparison Study of Automatic Peak Search Algorithms for EDXRF Spectra

บำรุง สมสวัสดิ์..... 121

คอลัมน์ประจำ

■ เกร็ดคอมพิวเตอร์

ความรู้เรื่อง ปัญหาปี ค.ศ.2000-Y2K
(สำหรับคนเดินถนน)

นายถึงเบียร์..... 132

■ เกร็ดเล็กเกร็ดน้อย "ตอนที่ 2"

การประหยัดไฟฟ้าในยุค IMF...มาร่วมมือกันเถอะ

นาย Tony..... 135

■ เสริมทักษะวิทยาศาสตร์

วิทยา อมรกิจบำรุง..... 140

■ มุมวิทยาการผ่านเว็บไซต์

นายชวดไวน์..... 144

■ คณิตศาสตร์ชวนคิด

วิจารณ์ สดศิริ..... 147

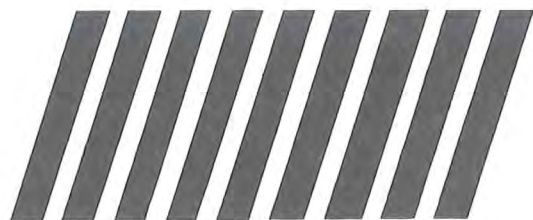
เบ็ดเตล็ด

■ ข้อเสนอแนะในการเขียนบทความลงวารสารวิทยาศาสตร์ มข.

■ การเขียนเอกสารอ้างอิงหรือบรรณานุกรมในวารสารวิทยาศาสตร์ มข.

■ ใบสมัครเป็นสมาชิกวารสารวิทยาศาสตร์ มข.

■ ใบสั่งลงโฆษณาในวารสารวิทยาศาสตร์ มข.



ISSN 0185-8884



วิทยาเขตศรีภูมิ
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

75 baht per annum. Single issue price 20 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

Advisory Committee

Dean, Faculty of Science
Associate Dean for Academic affairs

Editor

Saksit Chanthai

Associate Editor

Atchara Sirimungkala

Editorial Board

Chalerm Ruangviriyachai
Bamrung Somsasdi
Vittaya Amornkitbamrung
Suporn Nuchadomrong
Pranom Chantaranonthai
Narumon Sangpradub
Suwanna Niamsanit
Penprapa Phetcharaburanin
Supot Waitayangkoon
Wijarn Sodsiri
Wichuda Chaisiwamongkol
Akom Sowana
Pusadee Seresangtakul

Artist

Kilen Tinnoraset
Songwate Bousechai

Treasurer

Boonkoom Lualon

Managing Staff and Secretary

Tassanee Jittakhawee
Somsak Unjantee
Sontani Worashina

**The articles and research
publications have been reviewed
by qualified readers**

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

บรรณาธิการ *แดง*

เรียน ท่านสมาชิกวารสารฯ และท่านผู้อ่านที่รัก

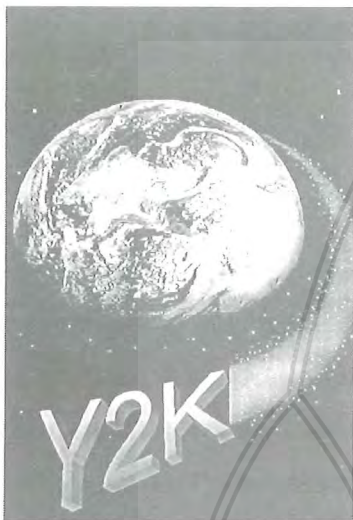
คอยกันมานาน.....! สำหรับวารสารวิทยาศาสตร์ มข. ปีที่ 26 ฉบับที่ 2 ในที่สุดก็ออกมาพร้อมกับมหันตภัยคอมพิวเตอร์ ปี ค.ศ. 2000 หรือ “Y2K” ที่กำลังฮือฮากันอยู่ทุกวันนี้ แม้จะเป็นเพียงคอสม์เล็กน้อย สำหรับคนเดินถนนก็ตาม แต่ก็มีสาระสำคัญมากพอที่จะช่วยเสริมข่าวคราวจากสื่ออื่นๆ ได้บ้างไม่มากก็น้อย นอกจากนี้ได้เสนอบทความทั่วไปและบทความงานวิจัยทางด้านคณิตศาสตร์ ฟิสิกส์ และคอมพิวเตอร์ ซึ่งอาจมีเนื้อหาสาระในฉบับค่อนข้างหนักไปบ้าง แต่ก็ได้นำผลงานวิจัยด้านจุลชีววิทยา และงานวิจัยประยุกต์เกี่ยวกับเรื่องของดัชนีการเก็บเกี่ยวผลมะละกอ ซึ่งน่าจะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่จะเปลี่ยนอาชีพมาเป็นเกษตรกรยุค “IMF” ก็ได้ รวมทั้งแนวทางในการประหยัดไฟฟ้าสำหรับเครื่องใช้ประจำบ้านในยุคนี้ โดยแทรกใบปลิวเรื่องนี้ไว้ด้วยเพื่อใช้เตือนความจำในครัวเรือน สำหรับคอสม์ “คณิตศาสตร์ชวนคิด” ในฉบับนี้ได้เปิดโอกาสให้ท่านสมาชิกผู้สนใจส่งปัญหาทางคณิตศาสตร์พร้อมเฉลยเพื่อร่วมกันพัฒนาความรู้ทางคณิตศาสตร์แก่นักเรียน นักศึกษา และผู้สนใจทั่วไป

สวัสดีครับ

บรรณาธิการ

คำบรรยายภาพปกหน้า-หลัง

ปกหน้า



Y2K กับปัญหาของระบบคอมพิวเตอร์
ปี ค.ศ. 2000 ซึ่งปัจจุบันต่างประเทศได้
ปรับปรุงแก้ไขแล้วเป็นส่วนใหญ่ ขณะที่
ประเทศไทยยังไม่มี การดำเนินการอย่างจริงจัง

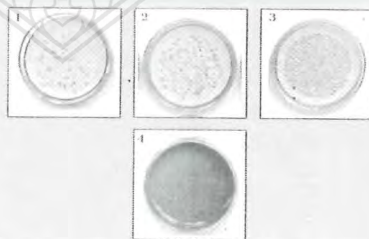
(นาย Tony ผู้ออกแบบและ
ดัดแปลงจาก internet)

ปกหลัง

รูปที่ 2

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

รูปที่ 3



(คำบรรยายและรายละเอียดอยู่หน้า 100 ในฉบับ)

ข่าว วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี

Sapphire Valley

นักวิจัยและบุคคลทั่วไปคงจะทราบความยิ่งใหญ่ของ Silicon Valley ซึ่งเป็นศูนย์วิจัยเกี่ยวกับสารกึ่งตัวนำของสหรัฐ ที่ตั้งชื่อเช่นนั้นก็คงเพราะว่า Silicon เป็นสารกึ่งตัวนำที่มีใช้แพร่หลายในอุตสาหกรรมสารกึ่งตัวนำ

ปัจจุบันนี้ จากผลงานวิจัยของทีมวิศวกรแห่ง University of Delaware ได้ประกาศการค้นพบคุณสมบัติบางประการของ Alumina (Al_2O_3 , มีชื่อทั่วไปคือ Sapphires และ Rubies) คือ มีความสามารถในการเก็บประจุได้เป็น 3 เท่าของ SiO_2 โดยที่ SiO_2 ถูกใช้เป็นสาร dielectric ของตัวเก็บประจุในวงจรไอซีทั่วไป

การเตรียม Alumina เพื่อใช้เป็นสาร dielectric นั้น จะอยู่ในรูปฟิล์มบาง (thin film) โดยเตรียมเป็น Aluminum Nitride (AlN) ลงบนแผ่น Si แล้วตัดด้วยกระบวนการ oxidation เพื่อให้ oxygen ไปแทนที่ nitrogen เกิดเป็น aluminum oxide (Al_2O_3) เรียกว่า alumina นำแผ่น Si ที่มี

ฟิล์มบาง alumina ไปเผาในเตารูปทรงกระบอก พบว่ายิ่งอุณหภูมิสูงขึ้นฟิล์ม alumina ยิ่งหนาขึ้น เช่น ที่อุณหภูมิ $802^\circ C$ ได้ฟิล์ม alumina หนา 33 นาโนเมตร, ที่อุณหภูมิ $1000^\circ C$ ได้ฟิล์ม alumina หนา 524 นาโนเมตร เป็นต้น

ศาสตราจารย์ James Kolodzey หัวหน้าทีมผู้ทำการวิจัยเรื่องนี้กล่าวว่า ในกระบวนการทำฟิล์มบาง SiO_2 ที่ต้องการให้เก็บประจุได้มากนั้น จะต้องให้มีความหนาน้อยลงมากๆ ซึ่งจะเกิดปัญหาคือ เกิดการทะลุผ่านของประจุไฟฟ้าขึ้นได้ แต่สำหรับฟิล์มบาง alumina นั้น สามารถทำหนาได้เป็น 3 เท่าของ SiO_2 เมื่อต้องการความจุของตัวเก็บประจุเท่ากัน นี่คือ โอกาสที่ฟิล์มบาง alumina จะมาแทนที่ฟิล์มบาง SiO_2 ในวงจรไอซี ในอนาคตอาจจะมียุควิจัย Sapphire Valley ก็เป็นไปได้

(<http://www.wired.com/news/news/technology/story/13719.html>)

ความต้านทานไฟฟ้าเป็นลบ (Negative Electrical Resistance)

รายงานข่าวจาก University at Buffalo, N.Y. เมื่อวันที่ 16 กรกฎาคม 2541 แจ้งว่า Prof. D.L. Chung ซึ่งเป็นศาสตราจารย์ทาง Mechanical and Aerospace Engineer ได้ค้นพบปรากฏการณ์ที่แสดงสมบัติของความต้านทานทางไฟฟ้าเป็นลบในระหว่างการศึกษสมบัติของรอยต่อระหว่างชั้นของสารผสมเส้นใยคาร์บอน (carbon fiber) โดยมีการรายงานและการสาธิตปรากฏการณ์นี้ในการประชุมระหว่างประเทศ “International Conference on Composition Engineer” เมื่อวันที่ 9 กรกฎาคม 2541 ณ เมืองลาสเวกัส ประเทศสหรัฐอเมริกา

Prof. D.L. Chung กล่าวว่า ในปรากฏการณ์ความต้านทานเป็นลบนี้ อิเล็กตรอนจะวิ่งสวนทางกับกรณีปกติและจะเกิดขึ้นเมื่อกระแสไหลผ่านผิวสัมผัสของเส้นใยคาร์บอนไฟเบอร์หลายชั้น โดยมิติของกระแสตั้งฉากกับผิวสัมผัสนั้น รายงานข่าว

กล่าวอีกว่า ในการสาธิตปรากฏการณ์นี้ Prof. Chung ได้แสดงก้อนของเส้นใยคาร์บอน (carbon fiber-cement matrix) ที่ต่อเข้ากับโวลต์มิเตอร์ซึ่งแสดงปรากฏการณ์ของความต้านทานเป็นลบได้อย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม รายงานข่าวไม่ได้ให้รายละเอียดมากไปกว่านี้ Prof. Chung ยังได้กล่าวอีกว่า ถึงแม้ว่าจะได้มีการค้นพบสภาพการนำไฟฟ้าโดยมีความต้านทานเป็นศูนย์ โดยนำสารผสมที่มีความต้านทานเป็นลบผสมเข้ากับเส้นใยคาร์บอนอื่นๆ ที่มีความต้านทานปกติ สารนี้ไม่อาจนับเป็นตัวนำที่ยาวได้ เพราะปรากฏการณ์จะเกิดขึ้นได้จะต้องมีผิวสัมผัสระหว่างชั้นสารหลายชั้นและขณะนี้ก็ยังไม่มีความทฤษฎีใดๆ ที่จะอธิบายปรากฏการณ์นี้ได้

(<http://www.buffalo.edu/news/latest/searchindex/ChungResistance.html>)

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ผลึกอินซูลินที่เตรียมจากอวกาศ กับการบำบัดโรคเบาหวาน

อีกก้าวหนึ่งกับความเจริญก้าวหน้าของ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งน่าจะช่วยให้ผู้ป่วย โรคเบาหวานมีความหวังในชีวิตขึ้นมาบ้าง โดยอาจ ช่วยลดการฉีดฮอร์โมนอินซูลิน (insulin) ได้บ้าง ระดับหนึ่ง เมื่อมีการค้นพบ การเตรียมผลึก อินซูลินที่มีขนาดใหญ่ที่สุดเท่าที่เคยพบมา เมื่อ เทียบกับผลึกอินซูลินที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการทั่วไป โดยการเลี้ยงผลึกอินซูลินในห้องทดลองบนยาน กระสวยอวกาศ (Space Shuttle) ซึ่งเป็นการ ทดลองในสภาพไร้น้ำหนักมากที่สุดเท่าที่ได้ ข้อมูล ใหม่ก็มีศักยภาพสูงพอในการลดต้นทุนค่ารักษา พยาบาลผู้ป่วยโรคเบาหวานได้ถึง 1 ใน 7 ส่วนของ บประมาณรายจ่ายเพื่อสุขภาพทั้งหมดของชาว อเมริกัน ปัจจุบันมีชาวอเมริกันมากถึง 16 ล้านคน ที่ป่วยเป็นโรคจากการขาดฮอร์โมนบางชนิด เช่น diabetes, hepatic failure, hemophilia, Parkinson's disease and Huntington disease เป็นต้น

Dr. G. D. Smith นักวิทยาศาสตร์ประจำ Hauptman-Woodward Medical Research Institute,

Buffalo, NY. ซึ่งเป็นศูนย์ค้นคว้าวิจัยแห่งหนึ่งของ องค์การ NASA กล่าวว่า เนื่องจากผลึกอินซูลินที่ ผลิตได้นั้นมีขนาดค่อนข้างใหญ่ จึงสามารถศึกษา ถึงระดับโครงสร้างของอินซูลินได้ละเอียดยิ่งขึ้น โดยทั่วไปแล้ว โมเลกุลของอินซูลินในธรรมชาตินั้น จะรวมตัวกันอยู่ที่ดับอ่อนและค่อยๆ ปล่อยออกสู่ กระแสเลือดทีละน้อย จากข้อมูลใหม่นี้ ทำให้นัก วิจัยมีลู่ทางในการปรับปรุงกระบวนการปลดปล่อย อินซูลินออกจากสภาวะเดิม inactive state ขณะถูก เก็บกักไว้ ให้เปลี่ยนไปสู่สภาวะ active state ที่มีผล ต่อการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดของผู้ป่วยโรค เบาหวาน ซึ่งน่าจะช่วยปรับปรุงคุณภาพชีวิตของคน ที่ต้องคอยเฝ้ารักษาระดับของอินซูลินโดยลด จำนวนครั้งการฉีดลงได้ในระดับหนึ่ง ข้อมูลใหม่นี้ จึงน่าจะเป็นประโยชน์ต่อการแพทย์เพื่อใช้รักษา โรคเบาหวานในโอกาสต่อไป

(NASA News@hq.nasa.gov,

Release : 98-95)

เลือดสังเคราะห์ (Synthetic Blood)

การใช้เลือดสังเคราะห์ช่วยชีวิตคนใช้นั้น อาจมีทั้งผลดีและผลเสียเสมือนเป็นดาบสองคม คือ อาจจะมีผลข้างเคียงเกิดขึ้นได้ เช่น ความดันเลือดสูง (high blood-pressure) ปกติแล้วในร่างกาย หลอดเลือดจะแทรกอยู่ทั่วไปตามกล้ามเนื้อเรียบ โดยทางด้านปลายของหลอดเลือดจะเปิดออกสู่เนื้อเยื่อและมีการหดตัวลงบ้างขึ้นกับปริมาณ NO ที่มีอยู่ในเซลล์กล้ามเนื้อขณะนั้น ถ้ามีปริมาณ NO ต่ำ หลอดเลือดก็จะหดตัว Douglas Lemon นักวิทยาศาสตร์ ประจำ Baxter Hemoglobin Therapeutics กล่าวว่า ถ้าทำให้อัตราการแลกเปลี่ยนระหว่าง NO กับสารในเลือดสังเคราะห์ลดลงได้ จะส่งผลให้ความดันเลือดมีค่าน้อยลงไปด้วย ปกติแล้ว เลือดที่มีอยู่ในร่างกายนั้น (real blood) จะมี hemoglobin เป็นตัวพา O_2 ไปสู่ส่วนต่างๆ ของร่างกาย โปรตีนชนิดนี้มีอยู่ในเซลล์เม็ดเลือดแดง แต่สำหรับเลือดสังเคราะห์แล้ว hemoglobin อยู่ในสภาพโมเลกุลอิสระไม่มีเซลล์เม็ดเลือดแดงหุ้ม ดังนั้นโปรตีนจึงมีอิสระพอที่จะเกิดปฏิกิริยากับสารใดก็ได้ในเลือด ด้วยเหตุผลนี้ อาจมีส่วนทำให้ hemoglobin จับ NO ไว้ได้ ปริมาณ NO จึงลดลง ดังเช่นการให้เลือดแก่หนูทดลองซึ่งหลอดเลือดมีขนาดค่อนข้างเล็กอยู่แล้ว จะมีความดันเลือดสูงขึ้นบ้างดังนั้นจึงมีการสังเคราะห์ hemoglobin ชนิดใหม่ที่มีความว่องไวต่อ NO ลดลง โดยนำจีน (gene) ของ hemoglobin มาทำให้เกิดการผ่าเหล่า (mutation) หลายๆ แบบแล้วใส่จีนที่ว่าเข้าไปในเซลล์แบคทีเรีย *E. coli* ให้แบคทีเรียสังเคราะห์ hemoglobin ผ่าเหล่าขึ้นมาปริมาณมากๆ Lemon

พบว่า hemoglobin ชนิดหนึ่งที่ดูดซับ NO ได้น้อยลงเมื่อทดลองในหนู ดังนั้น จึงเริ่มเกิดความหวังที่ว่า การดูดซับ NO อาจจะเป็นปราการด่านสุดท้ายในการพัฒนาเลือดสังเคราะห์ก็ได้ อย่างไรก็ตาม ยังต้องแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดตามมาอีกมาก ในระบบสรีรวิทยาของร่างกาย เมื่อปีที่แล้ว Baxter Hemoglobin Therapeutics ได้หยุดการทดลองเกี่ยวกับการใช้ผลิตภัณฑ์เลือดสังเคราะห์ “HemAssist” นี้ไว้ก่อน เนื่องจากมีอัตราการตายเพิ่มขึ้นในกลุ่มคนไข้ที่ได้รับเลือดสังเคราะห์ดังกล่าว และได้ขอการทดสอบในยุโรปหลังจากพบว่าผลข้างเคียงเกิดขึ้นบ้างแม้เพียงเล็กน้อยก็ตาม อย่างไรก็ตาม จากผลงานวิจัยของ Lemon ทำให้ทราบถึงสาเหตุและผลที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเรื่อยมาของปฏิกิริยาระหว่าง hemoglobin ผ่าเหล่ากับ NO และยังไม่เป็นที่แน่ชัดว่าอะไรเป็นต้นเหตุของการหดตัวของหลอดเลือด นอกจากนี้ การที่ไม่ใช้เซลล์เม็ดเลือดเป็นตัวพา hemoglobin ก็เท่ากับว่า O_2 ที่ถูกพาไปกับ hemoglobin นั้น จะเคลื่อนไหลได้อย่างอิสระทั่วร่างกาย และทำให้เกิดปัญหาเส้นเลือดหดตัวเช่นกัน ถ้ามี O_2 มาก กล้ามเนื้อก็ยิ่งหดตัวมากขึ้นด้วย จึงอาจเป็นปัญหาให้ต้องขบคิดต่อไปว่า หากจะสังเคราะห์ hemoglobin ผ่าเหล่าที่ไม่จับกับ NO แล้ว O_2 ก็จะไม่ถูกจับไว้ด้วยเช่นกัน

(<http://www.wired.com/news/news/technology/story/html>)

สถิติที่น่าสนใจของไทย การประเมินเศรษฐกิจไทย ปี 2540-2541

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ได้เสนอประมาณการแนวโน้มเศรษฐกิจต่อคณะรัฐมนตรีเมื่อ 2 มีนาคมที่ผ่านมา เพื่อใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นประกอบการพิจารณาวางแผนงบประมาณประจำปี 2542

การประเมินเศรษฐกิจไทยในปี 2540-2541 ตามหนังสือแสดงเจตจำนง (Letter of Intent : LOI) ต่อกองทุนการเงินระหว่างประเทศ

(Intenational Monetary Fund : IMF) ฉบับที่ 3 แสดงให้เห็นว่าเศรษฐกิจไทยอ่อนตัวกว่าที่ประเมินไว้เดิม เนื่องจากอุปสงค์และผลผลิตในประเทศลดลงมาก โดยเฉพาะการลงทุนด้านเอกชน รวมทั้งแนวโน้มการลงทุนเคลื่อนย้ายที่ดีขึ้นช้ากว่าที่กำหนด ดังนั้นเศรษฐกิจไทยในปี 2541 มีแนวโน้มจะหดตัวร้อยละ 3.0-3.5 ตามรายละเอียดในตารางด้านล่าง

	2540			2541		
	LOI 1	LOI 2	LOI 3	LOI 1	LOI 2	LOI 3
อัตราการเติบโต (%)	2.5	0.6	(0.4)	3.5	0.1	(3-3.5)
เงินเฟ้อ (%)	7.0	6.0	5.6	8.0	10.0	11.6
การคลังรัฐบาลกลาง (% GDP)	(1.1)	(0.9)	(1.0)	1.0	1.0	(1.6)
* รายรับ	17.3	17.6	18.1	17.8	16.6	16.1
* รายจ่าย	18.4	18.5	19.1	16.8	15.6	17.7
ฐานะการคลังรวม	(1.6)	(1.5)	(1.5)	1.0	1.0	(2.0)
อัตราเพิ่มส่งออก (% เหรียญสหรัฐฯ)	2.8	3.5	3.5	8.6	7.9	6.2
อัตราเพิ่มนำเข้า (% เหรียญสหรัฐฯ)	(6.1)	(9.3)	(13.1)	1.6	0.2	(7.7)
ดุลบัญชีเดินสะพัด (พันล้านเหรียญสหรัฐฯ)	(9.0)	(6.4)	(3.3)	(5.3)	(2.5)	4.4
ดุลบัญชีเดินสะพัดต่อ GDP	(5.0)	(3.9)	(2.2)	(3.0)	(1.8)	3.9
ทุนสำรองฯ (พันล้านเหรียญสหรัฐฯ)	23.0	23.0	26.9	24.5	24.8	23-25
อัตราแลกเปลี่ยน (บาท/เหรียญสหรัฐฯ)	28.8	30.9	31.4	32.5	41.0	45.0

หมายเหตุ LOI คือหนังสือแสดงเจตจำนง (Letter of Intent) ฉบับที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ

ในปี 2542 คาดว่าเศรษฐกิจไทยขยายตัวเพียงร้อยละ 1.8 โดยมีปัจจัยสนับสนุนที่สำคัญจากการฟื้นตัวของการบริโภคและการลงทุนภาคเอกชน ซึ่งคาดว่าจะขยายตัวในอัตราร้อยละ 1 และร้อยละ 6 ตามลำดับ เงินเฟ้อ คาดว่าจะอ่อนตัวลง โดยมีอัตราเพิ่มเพียงร้อยละ 6 และการเพิ่มขึ้นของการนำเข้าตามการขยายตัวของเศรษฐกิจจะส่งผลให้การเกินดุลบัญชีเดินสะพัดลดลงเป็นร้อยละ 2.8

ของผลผลิตรวม
แนวโน้มเศรษฐกิจในระยะปานกลางถึงปี 2544 คาดว่าเศรษฐกิจจะปรับตัวดีขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงร้อยละ 3.7 ในปี 2544

(จาก Econnews หน้า 14
ปีที่ 8 ฉบับที่ 319 เดือนมีนาคม 2541)

Process Synchronization

The Dining-Philosophers Problem

Sartra Wongthanavasu*

Abstract

This article is to introduce the concepts of threads as implemented by SunOS. A multithreaded program written using Sun's threads programming tools to solve the "Dining Philosophers" problem is presented. The program uses multiple threads of control, i.e. each philosopher is represented by a thread. The solution to the problem is deadlock free and uses thread synchronization primitives such as mutexes and condition variables as tools.

Introduction

The story of the Dining Philosophers' problem [1] has it that five philosophers spend their lives thinking and eating. The philosophers share a common circular table surrounded by five chairs, each belonging to one philosopher. In the center of the table there are bowls of rice, and the table is laid with five single forks. When a philosopher thinks, he does not interact with his colleagues. From time to time, a philosopher gets hungry and tries to pick up the two forks that are closest to him (the forks that are between him and his left and right neighbors). A philosopher may pick up only one fork at a time. Obviously, he cannot pick up a fork that is already in the hand of a neighbor. When a hungry philosopher has both his forks at the same time, he eats without

releasing his forks. When he is finished eating, he puts down both of his forks and starts thinking again. We can summarize the story as the following:

- Philosophers dine on a round table
- An unlimited bowl of food is in the center
- A FORK is set between every two philosophers
- Each philosopher may EAT or THINK
- Constraints:
 1. Each philosopher needs two FORKS to EAT
 2. Every philosopher may only lift the RIGHT and LEFT FORKS
 3. No philosopher should STARVE.

* A lecturer at the Department of Computer Science, Faculty of Science, Khon Kaen University.

Email: wongsar@cs.ait.ac.th

URL: <http://www.cs.ait.ac.th/~wongsar>

The SunOS's "Threads Library" supports four types of synchronization primitives: Mutex Locks, Counting Semaphores, Condition Variables and Reader/Writer Locks. We are to implement the dining philosophers' problem using a program of multiple threads of control. In the program written, we demonstrate using two types of synchronization primitives, i.e. mutexes and condition variables, to solve the problem.

Threads and Synchronization

A thread is a sequence of instructions to be executed within a program. If several programs are to be used to accomplish a single task or a series of tasks, a programmer will use multiple threads of control. Such multiple threads of control have traditionally been achieved using the fork () system call. A thread or a thread of control is simply a series of executable steps, in other words, a thread of control is a program in execution.

A multithreaded program is a process that contains more than one thread. Each thread within the program acts like a "mini-program" with exactly the same properties attributed to processes, i.e.

- Each thread is independent of every other thread.
- Threads are invisible from outside the program.
- Threads have their own identity, i.e., stack, program counter, registers, priority.

Threads communicate via library calls, and processes communicate via system calls. In fact, the creation of a thread can be up to 50 times [2] faster than the creation of a process.

Synchronization objects [4] are variables in memory that we access just like data. Threads in different processes can synchronize with each other through synchronization variables placed in shared memory, even though the threads in different processes are generally invisible to each other as being mentioned earlier. Synchronization variables can also be placed in files and can have lifetimes beyond that of the creating process.

Synchronization Primitives:

We have mentioned synchronized primitives as being used in the program written.

● Mutexes:

Mutexes are used to serialize thread execution. Mutual exclusion locks synchronized threads, usually by ensuring that only one thread at a time executes a critical section of code.

`mutex_lock ( )` Use `mutex_lock (mp)` to lock the mutex pointed to by `mp`. When the mutex is already locked, the calling thread blocks until the mutex becomes available.

`mutex_unlock ( )` Use `mutex_unlock (mp)` to unlock the mutex pointed to by `mp`. The mutex must be locked and the calling thread must be the one that last locked the mutex (the owner). When any other threads are waiting for the mutex to become available, the thread at the head of the queue is unblocked.

14838934

● Condition Variables

Condition variables are used to wait for a particular condition to become true, such as a state change.

`cond_broadcast (wanna_eat+i)`

Use `cond_broadcast ( )` to unblock all threads that are blocked on the condition variable pointed to by `wanna_eat+i`. When no threads are blocked on the condition variable then `cond_broadcast ( )` has no effect. This function wakes all the threads blocked in `cond_wait ( )`.

`cond_wait (wanna_think+id, &fork_lock)`

Use `cond_wait ( )` to atomically release the mutex pointed to by `fork_lock` and to cause the calling thread to block on the condition variable pointed to by `wanna_think+id`. The blocked thread can be awakened by `cond_broadcast ( )`.

`thr_create ( )`

Use `thr_create ( )` to create a new thread of control. An example of using `thr_create ( )` is as the following: `thr_create (NULL, (size_t) NULL, think, (void*)i, THR_NEW_LWP, (t_think+i))`. `thr_create ( )` adds a new thread of control to the current process. The new thread begins execution by calling the function specified by start routine, e.g. `think`. If the routine `think` returns, the thread exists with the exit status set to the value returned by the `think` routine. The details

related to using this command in producer and consumer problem were mentioned in [2], [3] and the “thread library” reviewing all pertinent issues are in [4].

Data types for synchronization primitives:

Data types	Comments
<code>cond_t</code>	condition variable
<code>mutex_t</code>	mutual exclusion
<code>thread_t</code>	threads

Dining-Philosophers Program

At this point, it is time to encode the program for resolving the dining-philosophers problem using the basic principles of thread creation and synchronization that we have mentioned so far. The program written will have to be compiled with the threads library using `-lthread`.

Dining Philosophers' Problem using multi-threaded programming paradigm implemented through synchronization primitives, i.e. mutexes, conditions.

```

/*
#include <stdio.h>
#include <thread.h>
#include <synch.h>
#define PHIL_NUM 5
#define FORKS_NUM 5

void *think(void *it);
void *eat(void *it);

int forks[FORKS_NUM], eating[PHIL_NUM];

```

```

cond_t wanna_think[PHIL_NUM], wanna_eat[PHIL_NUM];
mutex_t fork_lock;

main()
{
    thread_t t_think[PHIL_NUM],
    t_eat[PHIL_NUM];
    int i;
    for (i=0;i<FORKS_NUM;i++) forks[i]=0;
    for (i=0;i<PHIL_NUM;i++) eating[i]=0;
    for (i=0;i<PHIL_NUM;i++)
        thr_create(NULL,(size_t) NULL,think, (void*)i,THR_NEW_LWP,(t_think+i));
    for (i=0;i<PHIL_NUM;i++)
        thr_create(NULL,(size_t) NULL,eat,(void*)i, THR_NEW_LWP,(t_eat+i));
    getchar();
}

void *think(void *it)
{
    int id=(int) it, i;
    while (1)
    {
        mutex_lock(&fork_lock);
        for (i=0;i<PHIL_NUM;i++)
            if ((!forks[id])&&(!forks[(id+PHIL_NUM-1)%PHIL_NUM]))
                cond_broadcast(wanna_eat+i);
        if ((eating[id])&&(forks[id])&&(forks[(id+PHIL_NUM-1)%PHIL_NUM]))
        {
            eating[id]=0;
            forks[id]=0;
            forks[(id+PHIL_NUM-1)%PHIL_NUM]=0;
            printf("\n\n philosopher -%d- is now thinking.\n and Forks' status
            is ",id+1);
            for (i=0;i<FORKS_NUM;i++) printf("---%d---",forks[i]);

```

```

    }
else
    cond_wait(wanna_think+id,&fork_lock);
    mutex_unlock(&fork_lock);
}
}
void *eat(void *it)
{
    int id=(int) it, i;
    while (1)
    {
        mutex_lock(&fork_lock);
        for (i=0;i<PHIL_NUM;i++)
            if ((forks[id])&&(forks[(id+PHIL_NUM-1)%PHIL_NUM]))
                cond_broadcast(wanna_think+i);
        if ((!eating[id])&&(!forks[id])&&(!forks[(id+PHIL_NUM-1)%PHIL_NUM]))
        {
            eating[id]=1;
            forks[id]=1;
            forks[(id+PHIL_NUM-1)%PHIL_NUM]=1;
            printf("\n\n philosopher -%d- is now eating.\n and Forks' status\n is ",id+1);
            for (i=0;i<FORKS_NUM;i++) printf("---%d---",forks[i]);
        }
        else
            cond_wait(wanna_eat+id,&fork_lock);
        mutex_unlock(&fork_lock);
    }
}
}

```

As being illustrated above, the “while (1) loop” will infinitely be executed. You are advised to redirect the program output to a file and stop running the program after it is executed for a while by command [CTRL+D]. Upon completion of the advice mentioned, you can observe the behavior of the 5-philosophers as opposed to deadlock and starvation free.

Conclusion

As having learned so far, we can apply the multithreaded programming paradigm to solve any kinds of synchronization problem such as bounded-buffer, reader-writer problems, etc., to preserve mutual exclusion and avoid the starvation and deadlock problems. In implementing such a programming style, the most difficult things are the type of synchronization method to be used and how to divide the workload among the various threads. I am hopeful that this article will be useful

and helpful for readers who wish to adopt the multithreaded programming styles to solve any facets of synchronization problems.

References

- [1] Silberschatz, A. and Galvin, P. B. (1994). Operating System Concepts. Fourth-Edition, Addison-Wesley Publishing Company, Inc. pp. 183-186.
- [2] Graham, J. R. (1996). Programming Tools : Advanced Techniques for Threads. SunExpert Magazine, Vol. 7, No. 4, pp. 65-71.
- [3] Graham, J. R. (1996). Programming Tools : Advanced Techniques for Synchronization. SunExpert Magazine, Vol. 7, No. 5, pp. 63-69.
- [4] SunOS 5.4, (1994). Programming with Synchronization Objects, Chapter III of the Manual of SunOS version 5.4.

“กฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์” กับมุมมองในการแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์

ดร.อจรรว ศิริมังคะลา*

นักศึกษาที่เรียนวิชาเคมีมักจะกล่าวกันอยู่เสมอว่า เคมีฟิสิกส์เป็นวิชาที่ค่อนข้างยากแก่การศึกษาให้เข้าใจ ปัญหาที่นักศึกษาส่วนใหญ่ประสบก็คือความรู้สึกว่าวิชานี้เต็มไปด้วยสูตรทางคณิตศาสตร์จนไม่ทราบว่าจะจดจำสูตรได้อย่างไร และจะนำสูตรต่างๆ ไปใช้ในการแก้ปัญหาในเชิงเคมีฟิสิกส์ได้อย่างไร เมื่อพิจารณาหัวข้อเทอร์โมไดนามิกส์ซึ่งเป็นหัวข้อใหญ่ในแขนงวิชานี้ และนักศึกษาจะได้เรียนรู้เป็นเรื่องแรกๆ ก็พบว่า ลักษณะของกระบวนการที่มีความเกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์เป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตามพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่ต้องใช้นั้นเป็นเพียงความรู้ทางแคลคูลัสทั่วไปเท่านั้น ความสำคัญจึงน่าจะอยู่ที่ความเข้าใจความหมายในเชิงเคมีและฟิสิกส์ของสูตรคณิตศาสตร์เหล่านั้น

อาร์โนลด์ ซอมเมอร์เฟลด์ นักฟิสิกส์ชาวเยอรมันที่มีชื่อเสียงท่านหนึ่งได้กล่าวไว้ว่า “เทอร์โมไดนามิกส์เป็นวิชาที่แปลกครั้งแรกที่เริ่มอ่านจะไม่เข้าใจอะไรเลย เมื่ออ่านครั้งที่สอง คิดว่าเข้าใจเกือบหมดแล้ว พออ่านอีกครั้งกลับพบว่าความจริงแล้วก็ยังไม่เข้าใจเลยจริงๆ แต่ถึงขั้นนี้แล้วจะรู้สึกคุ้นกับวิชานี้ จนไม่ต้องสนใจอีกว่า จะเข้าใจมากน้อยเพียงใด” นั้นแสดงให้เห็นว่า เทอร์โมไดนามิกส์เป็นหัวข้อที่ไม่ง่ายนัก จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องอาศัยความตั้งใจศึกษาและทำความเข้าใจ และหากสามารถทำได้ในระดับหนึ่ง ก็นับว่าเป็นการ

เริ่มต้นที่ดี ที่มีส่วนกระตุ้นให้เกิดความอยากรู้อยากเห็นต่อไป

ในการทดสอบความเข้าใจที่แท้จริงในเรื่อง จำเป็นต้องทำแบบฝึกหัด โดยเฉพาะโจทย์ประเภทคำนวณซึ่งเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ปัญหาส่วนใหญ่จะอยู่ที่การตีความโจทย์ ซึ่งจำเป็นต้องพิจารณาให้รอบคอบว่าโจทย์ให้ข้อมูลใดมาบ้าง ควรจะแทนค่าใดที่โจทย์ให้มาหรือหาเทอมหรือฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ใด ก็จะสามารถลดปัญหาของความสับสนเกี่ยวกับการใช้สูตรหรือสมการในการคำนวณได้ และหากมีการฝึกทำแบบฝึกหัดบ่อยๆ ขึ้น ก็จะทำให้สูตรหรือสมการที่ใช้ประยุกต์บ่อยๆ นั้นมีเพียงไม่กี่สูตร และสูตรเหล่านั้นก็แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติต่างๆ ของระบบ

สำหรับกฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์นั้น มีการให้คำนิยามไว้ต่างๆ กัน เช่น

ก. พลังงานของระบบและสิ่งแวดล้อมรวมกันย่อมมีค่าคงที่เสมอ

ข. เมื่อพลังงานรูปหนึ่งหายไป จะเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปอื่นๆ ในปริมาณที่เท่ากัน

ค. เราไม่สามารถสร้างพลังงานขึ้นมาใหม่หรือทำลายพลังงานให้สูญหายไปได้

ง. การเปลี่ยนแปลงพลังงานภายใน มีความสัมพันธ์กับความร้อนที่ให้แก่ระบบ และงานที่ระบบทำ

* ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

หรือกล่าวโดยสรุปว่า กฎนี้แสดงความสัมพันธ์ในการเปลี่ยนรูปของพลังงาน ซึ่งเป็นกฎการคงตัวของพลังงาน (Law of Conservation of Energy) สามารถเขียนเป็นรูปแบบทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$\Delta U = q + W \quad \dots\dots(1)$$

เมื่อ ΔU คือ การเปลี่ยนแปลงพลังงานภายใน
 q คือ ความร้อน ซึ่งเป็นพลังงานที่ถ่ายเทในขณะที่ระบบไม่ใช่ระบบโดดเดี่ยว
 W คือ งานที่เกิดขึ้น

ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับกฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์ที่พบเป็นส่วนใหญ่ คือ ความไม่เข้าใจในเทอมต่างๆ ที่ใช้ เช่น ไอโซเทอร์มอล (isothermal, $dT = 0$) อะไดอะบาติก (adiabatic, $dq = 0$) ความดันคงที่ (constant pressure, $dP = 0$) และแก๊สในอุดมคติหรือแก๊สสมบูรณ์แบบ (ideal or perfect gas: $U = U(T)$, $H = H(T)$, $PV = nRT$) ซึ่งทั้งหมดนี้จะใช้ในการอธิบายระบบแบบต่างๆ กัน โดยมีความหมายในเชิงคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกันด้วย หากไม่มีความเข้าใจถึงความสัมพันธ์ระหว่างเทอมต่างๆ ข้างต้น ก็จะมีผลทำให้เกิดความสับสนในการนำกฎข้อที่หนึ่งมาใช้เป็นเครื่องมือในการคำนวณได้

เพื่อที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าว จึงได้จัดทำแผนผังอย่างง่ายดังแสดงในรูปที่ 1 ในการพิจารณานำสูตรหรือสมการต่างๆ ที่สืบเนื่องมาจากกฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์มาใช้ในการแก้ปัญหาเชิงเคมีกับระบบแต่ละชนิดที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยที่ตัวแปรหลักที่เกี่ยวข้องในการพิจารณาเบื้องต้นคือ ความร้อน (q) งาน (W) การเปลี่ยนแปลงพลังงานภายใน (ΔU) และการเปลี่ยนแปลงเอนทัลปี (ΔH) ของระบบ

ในการประยุกต์ใช้แผนผังในรูปที่ 1 เพื่อแก้ปัญหาทางเทอร์โมไดนามิกส์นั้น จำเป็นต้องพิจารณาว่า ระบบที่กำลังพิจารณาอยู่นั้นเป็นระบบ

แบบใด ตัวอย่างเช่น ในการพิจารณาการอัดตัวหรือขยายตัวของแก๊สชนิดหนึ่ง หากเป็นระบบของแก๊สสมบูรณ์แบบก็แสดงว่าสามารถนำเอาสมการสถานะ (equation of state) : $PV = nRT$ มาประกอบใช้ในการคำนวณได้ หรือหากมีข้อมูลเพิ่มเติมต่อไปว่าระบบนั้นเป็นแบบไอโซเทอร์มอล คือมีอุณหภูมิคงที่ ก็จะทำให้ทราบต่อไปทันทีว่าระบบดังกล่าวไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าพลังงานภายใน (ทั้งนี้เนื่องจากพลังงานภายในของระบบ เป็นเทอมที่แปรโดยตรงกับอุณหภูมิ) หรือเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้เป็น

$$\Delta U = 0$$

เมื่อนำไปแทนค่าในกฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์ จะได้

$$q = -W = \int_{V_1}^{V_2} PdV$$

และเมื่อทราบว่าอุณหภูมิของระบบคงที่ ก็จะทำให้ทราบต่อไปว่า เทอม PV ก็เป็นค่าคงที่ด้วย แสดงว่า

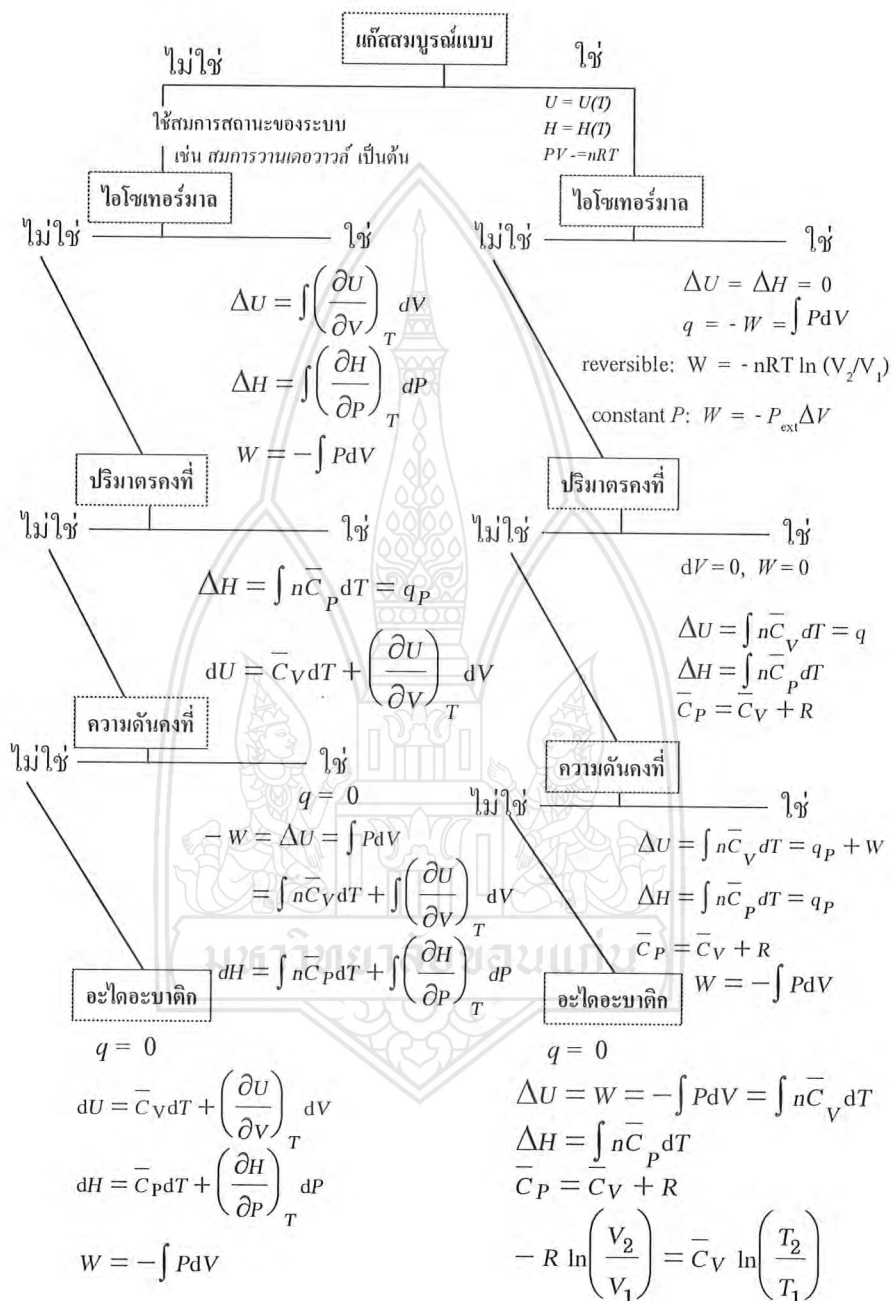
$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

ดังนั้น สมการที่สามารถนำมาใช้ในการคำนวณค่าของงานและความร้อนที่เกี่ยวข้องในระบบชนิดนี้คือ

$$W = -nRT \ln(V_2/V_1) \quad \dots\dots(2)$$

เป็นต้น

กระบวนการอะไดอะบาติกเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นโดยไม่มีความร้อนผ่านเข้าออกจากระบบ สมการเชิงคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการในลักษณะนี้ย่อมแตกต่างไปจากสมการที่ใช้ในการแก้ปัญหาทางเทอร์โมไดนามิกส์แบบอื่นๆ



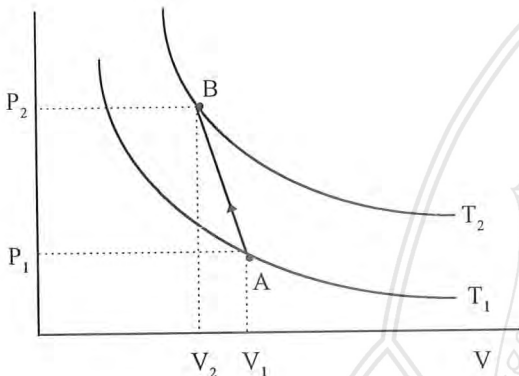
รูปที่ 1 แผนผังแสดงสมการสำหรับกระบวนการทางเทอร์โมไดนามิกส์แบบต่าง ๆ

เนื่องจากอุณหภูมิของระบบมีการเปลี่ยนแปลงไปตามการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของระบบ กล่าวคือการอัดแก๊สจะมีผลทำให้อุณหภูมิของระบบเพิ่มขึ้น (จาก T_1 เป็น T_2) และการขยายตัวของแก๊สจะมีผลให้อุณหภูมิของระบบลดลง (จาก T_2 เป็น T_1)

$$\bar{C}_V \ln \left(\frac{T_2}{T_1} \right) = -R \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)$$

หรือ $\left(\frac{T_2}{T_1} \right) = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{-R / \bar{C}_V}$

$$\left(\frac{T_2}{T_1} \right) = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{-R / \bar{C}_V}$$



เมื่อแทนค่า $\bar{C}_p = \bar{C}_V + R$

และ อัตราส่วนของความจุความร้อน (heat

capacity ratio) : $\gamma = \frac{\bar{C}_p}{\bar{C}_V}$

รูปที่ 2 ไดอะแกรม PV สำหรับการเปลี่ยนแปลงแบบอะไดอะบัติก

จะได้ $\left(\frac{T_2}{T_1} \right) = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{\frac{\bar{C}_p - \bar{C}_V}{\bar{C}_V}}$

พิจารณากระบวนการการเปลี่ยนสถานะจากสถานะ A เป็นสถานะ B ของรูปที่ 2 เนื่องจากไม่มีการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อม ดังนั้น $q = 0$ และงานที่กระทำต่อระบบได้จาก

$$\left(\frac{T_2}{T_1} \right) = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{\gamma - 1} \quad \text{.....(3)}$$

$$DW = dU$$

สำหรับแก๊สสมบูรณ์แบบ n mol ;

$$\begin{aligned} dU &= n \bar{C}_V dT = -P dV \\ &= -\frac{nRT}{V} dV \end{aligned}$$

จากความสัมพันธ์ $PV = nRT$

จะได้ $\frac{T_2}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} \quad \text{..... (4)}$

แทนค่าสมการ (4) ในสมการ (3) จะได้

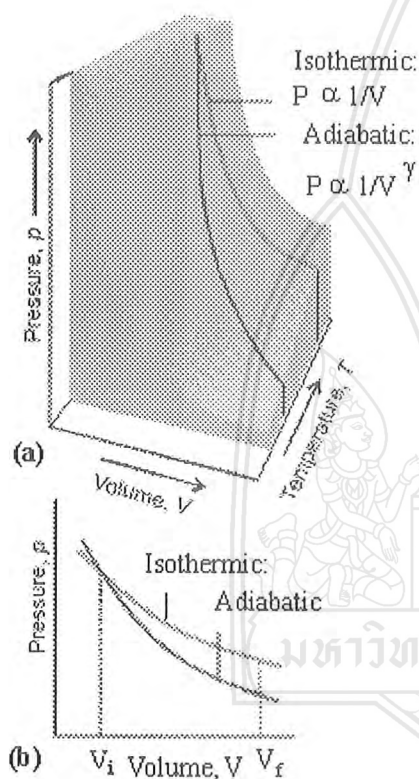
เมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิจาก T_1 ไปเป็น T_2 ทำให้ปริมาตรเปลี่ยนจาก V_1 เป็น V_2 ดังนั้น

$$\frac{P_2 V_2}{P_1 V_1} = \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma - 1}$$

$$\int_{T_1}^{T_2} \frac{\bar{C}_V}{T} dT = \int_{V_1}^{V_2} \frac{R}{V} dV$$

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma \quad \text{..... (5)}$$

เมื่อเปรียบเทียบกับกฎของบอยล์ : $P_1 V_1 = P_2 V_2$ ที่ใช้ในกรณีของกระบวนการไอโซเทอร์มอล พบว่า ค่าความดันในกระบวนการอะไดอะบาติก ลดลงเร็วกว่าในกระบวนการไอโซเทอร์มอล และ ปริมาณงานที่หาได้จากกระบวนการอะไดอะบาติก ก็มีค่าน้อยกว่าที่หาได้จากกระบวนการไอโซเทอร์มอล ดังแสดงในรูปที่ 3b ทั้งนี้เนื่องจากค่า γ ของแก๊สทั่วไปมีค่ามากกว่า 1 นั่นเอง



รูปที่ 3 a) ความสัมพันธ์ระหว่าง P , V และ T ในกระบวนการอะไดอะบาติกและกระบวนการไอโซเทอร์มอล b) ไดอะแกรม PV ที่อุณหภูมิใดๆ แสดงว่า ค่าความดันในกระบวนการอะไดอะบาติก ลดลงเร็วกว่าในกระบวนการไอโซเทอร์มอล

ต่อไปนี้จะแสดงตัวอย่างการนำเอาแผนผังที่เสนอในรูปที่ 1 มาประกอบใช้ในการแก้ปัญหาลักษณะที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับกฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์

จงคำนวณหาค่าความร้อน งาน การเปลี่ยนแปลงพลังงานภายใน และการเปลี่ยนแปลงเอนทาลปี เมื่อแก๊สสมบูรณ์แบบเกิดการขยายตัวแบบอะไดอะบาติก จนกระทั่งมีอุณหภูมิเปลี่ยนจาก 20°C ไปเป็น 0°C เมื่อกำหนดให้ค่าความจุความร้อนโมลาร์ของแก๊ส ($\bar{C}_V$) มีค่าเท่ากับ $5 R / 2$

จากโจทย์ข้างต้น เป็นการพิจารณาระบบของแก๊สสมบูรณ์แบบ จะใช้สมการทางด้านขวาของแผนผังเท่านั้น และไม่ว่าระบบจะมีความดันคงที่ ปริมาตรคงที่ หรืออุณหภูมิคงที่ หรือไม่ก็ตาม สมการที่จะต้องเลือกมาใช้ในการคำนวณก็คือสมการที่ปรากฏในกลุ่มของอะไดอะบาติกเท่านั้น นั่นคือ

$$q = 0,$$

$$\Delta U = -W = n \int \bar{C}_V dT,$$

$$\Delta H = n \int \bar{C}_P dT$$

$$\text{และ } \bar{C}_P = \bar{C}_V + R$$

ดังนั้น จึงใช้ความสัมพันธ์ต่อไปนี้ในการคำนวณ :

$$\Delta U = -W = \int_{T_1}^{T_2} n \bar{C}_V dT$$

$$= \int_{293}^{273} (1)(5 R / 2) dT$$

$$= (5/2) RT \Big|_{293}^{273}$$

$$= (5/2) R (-20 \text{ K}) = -415.7 \text{ J}$$

$$\text{จาก } \bar{C}_P = \bar{C}_V + R : \bar{C}_P = 7 R / 2$$

$$\Delta H = \int_{T_1}^{T_2} n \bar{C}_p dT$$

$$= \int_{293}^{273} (1)(7 R / 2) dT$$

$$= (7/2) RT \Big|_{293}^{273}$$

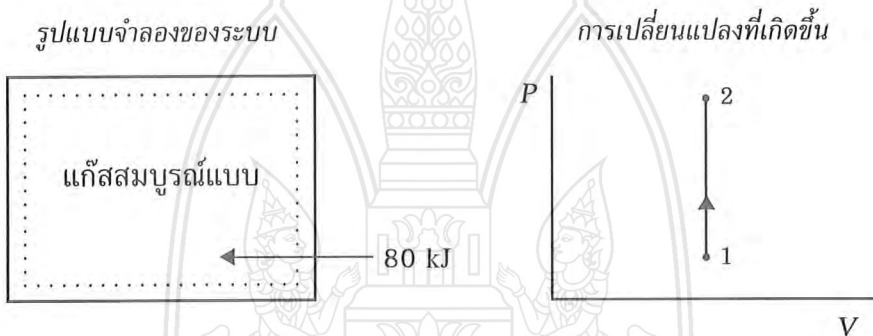
$$= (7/2) R (-20 \text{ K}) = -581.98 \text{ J}$$

คำตอบของโจทย์ข้อนี้ คือ ความร้อน (q) มีค่าเท่ากับ 0 งาน (W) มีค่าเท่ากับ -415.7 J การเปลี่ยนแปลงพลังงานภายใน (ΔU) มีค่าเท่ากับ

-415.7 J และการเปลี่ยนแปลงเอนทาลปี (ΔH) มีค่าเท่ากับ -581.98 J

อีกตัวอย่างหนึ่งเป็นการแก้ปัญหาแบบที่ประกอบด้วยแก๊สสมบูรณ์แบบ เมื่อมีปริมาตรคงที่ การนำสมการจากแผนผังในรูปที่ 1 มาใช้ จึงแตกต่างไปจากตัวอย่างที่แสดงไว้แล้วข้างต้น

พิจารณาระบบของแก๊สสมบูรณ์แบบ 1 kg ที่บรรจุอยู่ในภาชนะปิดที่มีปริมาตรคงที่ อุณหภูมิ 20°C เมื่อระบบได้รับความร้อนจากสิ่งแวดล้อม 80 kJ มีผลทำให้ระบบมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเป็น 100°C จงคำนวณการเปลี่ยนแปลงพลังงานภายใน (ΔU) ความจุความร้อน และอัตราส่วนระหว่างความดันสุดท้ายและความดันเริ่มต้นของระบบ



ข้อมูลที่ทราบจากโจทย์คือ ขนาดของระบบ (เท่ากับ 1 kg) ซึ่งเป็นระบบปิดที่มีปริมาตรคงที่ แสดงว่าเป็นกระบวนการแบบไอโซคลอริก (isochoric closed system) นั่นคือ ไม่มีงานเกิดขึ้น ($W = 0$) ค่า $q \neq 0$ แสดงว่า ไม่ใช่กระบวนการอะไดอะบาติก เมื่อระบบมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ทำให้สามารถทราบได้ว่า ความดันของระบบต้องเปลี่ยนแปลงไปด้วย (โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ $PV = nRT$ เมื่อ V , n และ R เป็นค่าคงที่ จะได้ $P \propto T$) แสดงว่า ระบบควรมีความดันเพิ่มขึ้น ในการแก้ปัญหาดังนี้ ให้เลือกใช้สมการที่ปรากฏทางด้านขวาของแผนผังในรูปที่ 1 ภายใต้วงเล็บ

ปริมาตรคงที่ คือ $dV = 0$; $W = 0$

$$\Delta U = \int_{T_1}^{T_2} n \bar{C}_V dT = \int C_V dT = q = 75 \text{ kJ}$$

$$C_V = \frac{\Delta U}{\Delta T} = \frac{80}{80} = 1 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K} = 1 \text{ J/g} \cdot \text{K}$$

จากความสัมพันธ์ $PV = nRT$ เมื่อ n และ V

$$\text{คงที่จะได้ } \frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

คำนวณหาอัตราส่วนระหว่างความดันสุดท้ายและความดันเริ่มต้นได้ดังนี้

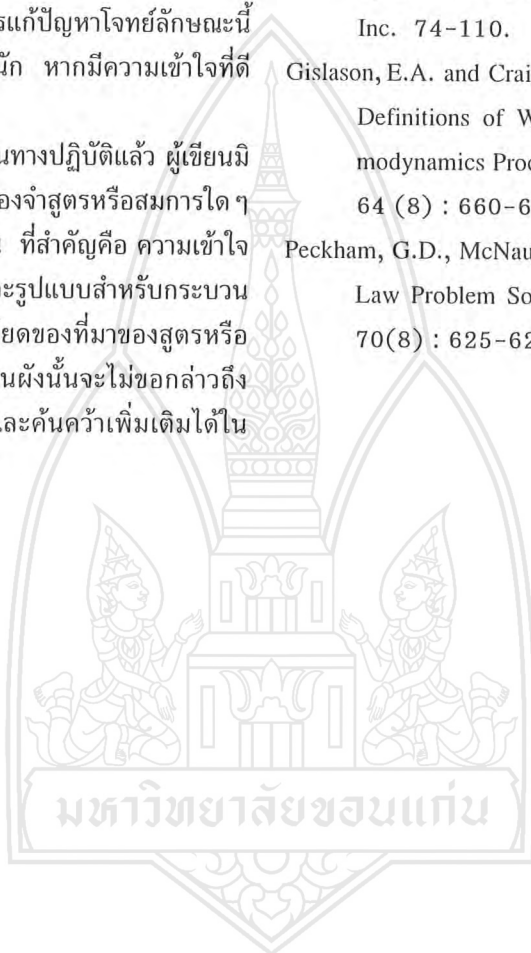
$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{T_2}{T_1} = \frac{(100+273)}{20+273} = 1.27$$

จะเห็นว่า การแก้ปัญหาโจทย์ลักษณะนี้สามารถทำได้ไม่ยากนัก หากมีความเข้าใจที่ดีในเบื้องต้น

อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติแล้ว ผู้เขียนมิได้ประสงค์จะแนะนำให้ท่องจำสูตรหรือสมการใดๆ ที่ปรากฏในแผนผังข้างต้น ที่สำคัญคือ ความเข้าใจในการเลือกใช้สมการแต่ละรูปแบบสำหรับกระบวนการแต่ละชนิด รายละเอียดของที่มาของสูตรหรือสมการที่ปรากฏอยู่ในแผนผังนั้นจะไม่ขอกล่าวถึงในที่นี้ สามารถหาอ่านและค้นคว้าเพิ่มเติมได้ในตำราทางเคมีฟิสิกส์ทั่วไป

บรรณานุกรม

- Atkins, P. (1998). **Physical Chemistry**. (sixth edition). New York : W. H. Freeman and Company. 45-95.
- Dickelson, E. (1969). **Molecular Thermodynamics**. New York : W.A. Benjamin, Inc. 74-110.
- Gislason, E.A. and Craig, N.C. (1987). General Definitions of Work and Heat in Thermodynamics Processes. **J. Chem. Educ.** 64 (8) : 660-668.
- Peckham, G.D., McNaught, I.J. (1993). First-Law Problem Solving. **J. Chem. Educ.** 70(8) : 625-626.



การตรวจแยก *Aeromonas* sp. จากตัวอย่างน้ำ โดยใช้วิธีการกรอง
ผ่านแผ่นเยื่อสังเคราะห์ และนำไปเพาะเลี้ยงบนอาหารวุ้น

Ampicillin Dextrin Agar

Recovery and Isolation of *Aeromonas* sp. from water
samples by using filter member technique and enrichment
on Ampicillin Dextrin Agar Medium

สิรินดา ยุ่นฉลาด*

บทคัดย่อ

Aeromonads ชนิดที่เคลื่อนที่ได้และเจริญที่อุณหภูมิปานกลาง (Motile Mesophilic Strain) เป็นกลุ่มของแบคทีเรียที่มีความเกี่ยวข้องกับการก่อให้เกิดโรคกระเพาะและลำไส้อักเสบ (Gastroenteritis) และสามารถตรวจพบได้จากสภาวะแวดล้อมที่มีน้ำอยู่ การศึกษานี้ได้ตรวจแยก *Aeromonas* sp. จากตัวอย่างน้ำ จากแหล่งน้ำตามธรรมชาติในจังหวัดขอนแก่น โดยเลือกใช้วิธีการกรองตัวอย่างน้ำผ่านแผ่นเยื่อสังเคราะห์ (Filter Membrane Technique) และนำไปเพาะเลี้ยงบนอาหารวุ้น Ampicillin Dextrin Agar (ADA medium) ซึ่งนับเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่ง สามารถตรวจพบ *Aeromonas* sp. ได้จากตัวอย่างน้ำทุกตัวอย่างที่ทำการศึกษาและขณะเดียวกันได้สืมเก็บรักษา *Aeromonas* sp. ไว้ได้มากกว่า 180 สายพันธุ์

Abstract

The motile mesophile *Aeromonads* have been found to be associated with gastroenteritis. They can be found abundantly from aquatic systems. In this study recovery and isolation of *Aeromonas* sp. was carried out among natural water samples around Khon Kaen Province. The filter membrane technique and enrichment on ADA medium, was chosen as it was considered to be an effective method to recover and isolate *Aeromonas* sp. As a result *Aeromonas* sp. can be detected from all of the studied water samples and more than 180 isolates of *Aeromonas* sp. were randomly kept.

บทนำ

Aeromonads เป็นแบคทีเรียที่ย้อมติดสีแกรมลบ (Gram Negative) มีการสร้างเอนไซม์ออกซิเดส (Oxidase Positive) และเอนไซม์คะตาเลส (Catalase Positive) มีกลไกในการใช้น้ำตาลกลูโคสทั้งแบบผ่านกระบวนการหมัก (Fermentation) และแบบผ่านกระบวนการหายใจโดยใช้ออกซิเจน (Aerobic Respiration) สามารถใช้น้ำตาลแลคโตสโดยไม่อาศัยกระบวนการหมัก (Non-lactose Fermenter) มีรูปร่างหลายแบบ อาทิ แท่ง (Rod) เซลล์รูปโค้ง (Curved Cells) แต่โดยมากจะเป็น แท่งสั้น (Short Rod)

Aeromonads แบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ (Popoff, 1984) คือ 1. กลุ่มที่เป็นชนิดที่เคลื่อนที่ไม่ได้และเจริญที่อุณหภูมิต่ำ (Non-motile psychrophilic strain) ได้แก่ *A. salmonicida* ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญในการก่อให้เกิดโรคกับปลาแซลมอนและปลาเทราต์ แต่ไม่เกิดโรคกับคน 2. กลุ่มที่เป็นชนิดที่เคลื่อนที่ได้และเจริญที่อุณหภูมิปานกลาง (Motile mesophilic strain) ได้แก่ *A. hydrophila*, *A. sobria* และ *A. caviae* (Popoff et al., 1981 และ Schubert, 1987) นอกจากนั้นยังมี *A. veronii* และ *A. schubertii* ที่พบจากตัวอย่างจากคนไข้ที่เป็นโรคท้องร่วง (Huguet & Ribas, 1991) Aeromonads ในกลุ่มที่ 2 นี้เป็นกลุ่มใหญ่มีอยู่หลายชนิด และพบว่าเป็นเชื้อฉวยโอกาส (Opportunistic Pathogen) ที่ก่อให้เกิดโรคกับมนุษย์ได้ เช่นโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบทางเดินอาหารเช่นกระเพาะและลำไส้อักเสบ (Gastroenteritis) โรคท้องร่วงท้องเสีย (Diarrheal Disease) โรคติดเชื้อในกระแสโลหิต (Septicemia) โรคติดเชื้อที่ผิวหนัง หรือบาดแผล (Cellulitis และ Deep Wound Infection) และโรคที่มีอาการเยื่อช่องท้องอักเสบ (Peritonitis) (Hickman-Brenner et al., 1988 Janda & Duffy, 1988 และ von Graevenitz & Mensch, 1988)

เป็นต้น

Aeromonads เป็นแบคทีเรียที่พบได้ทั่วไปตามสภาวะแวดล้อมต่างๆ เช่น ในสภาวะแวดล้อมที่เป็นแผ่นดิน ในสภาวะแวดล้อมที่มีน้ำอยู่ ซึ่งเป็นแหล่งที่พบมากเป็นพิเศษ ในอาหารและเครื่องดื่ม ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์น้ำและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (Nakano et al., 1986) จึงทำให้วิธีการตรวจพบและแยก มีความหลากหลายแตกต่างกันไปตามแหล่งต่างๆ ที่ต้องการจะตรวจแยก ทั้งนี้รวมไปถึงอาหารและวิธีการที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงภายในห้องปฏิบัติการ การศึกษานี้ใช้วิธีการกรองตัวอย่างน้ำผ่านแผ่นเยื่อสังเคราะห์ และนำแผ่นเยื่อนี้ไปวางลงบนจานเพาะเลี้ยงที่มีวนอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสม แล้วนำไปเพาะเลี้ยงที่สภาวะที่เหมาะสมเพื่อให้ *Aeromonas* sp. ที่มีอยู่ในตัวอย่างน้ำนั้นๆ เจริญอยู่บนแผ่นเยื่อจนสามารถตรวจนับได้ (Holmes & Sartory, 1993 Knochel, 1989 และ Rippey & Carbelli, 1979)

วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมี อาหารเลี้ยงเชื้อ และวิธีการทดลอง

ชุดเครื่องกรองตัวอย่างผ่านแผ่นเยื่อของบริษัท Millipore filter Corporation, USA. ปีมุดอากาศ ขนาด 1/6 แรงม้า ตู้บ่มเพาะเชื้อ แผ่นเยื่อสังเคราะห์แบบ WCN Catalog no. 7140 104 ของบริษัท Whatman จานเพาะเลี้ยงขนาดเป็นผืนศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ขวดแก้วใสมีฝาเกลียวปิดมิดชิดเก็บน้ำตัวอย่าง ขนาด 300-1000 มิลลิลิตร อุปกรณ์การเก็บน้ำตัวอย่าง (Water Sampler) ตู้แช่แข็งอย่างยี่ห้อ สารเคมี Analytical grade จากบริษัท Sigma Chemicals ได้แก่ sodium deoxycholic acid catalog no. D6750 และ Ampicillin catalog no. G 4217 จากบริษัท BDH chemicals ได้แก่ Tetramethyl-p-phenylenediamine dihydrochloride จากบริษัท Fluka, AG.

Chemische ได้แก่ Bromothymol blue ส่วนสารเคมีอื่นๆ มาจากบริษัท Carlo ERBA สารที่เป็น Vibriostatic agent (2, 4-diamino-6, 7 diisopropylpteridine phosphate หรือ 0/129) มาจากบริษัท Oxoid ส่วนประกอบอาหารเลี้ยงเชื้อ ได้แก่ Bacto-Tryptose Bacto-Yeast extract Bacto-Agar Tryptic Soy Agar Nutrient Broth Triple Sugar Iron Agar Bacto-SIM agar และ Plate Count Agar มาจากบริษัท Difco Laboratories

เก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งต่าง ๆ ด้วยอุปกรณ์การเก็บน้ำตัวอย่างที่สามารถกำหนดความลึกได้ โดยในการศึกษานี้ได้เก็บตัวอย่างน้ำที่ระดับความลึกจากผิวน้ำไม่เกิน 50 เซนติเมตร ลงในขวดเก็บตัวอย่างน้ำ 300-1000 มิลลิลิตร ปิดฝาเกลียวมิดชิด แล้วนำขวดไปเก็บไว้ในอ่างน้ำแข็งภายในเวลา ไม่เกิน 24 ชั่วโมง จึงนำมาตรวจและแยก *Aeromonas* sp. ในห้องปฏิบัติการ ด้วยการนำเอาตัวอย่างน้ำมาเจือจางแบบ 10 time Serial Dilution โดยใช้ น้ำกลั่นปลอดเชื้อเป็นตัวเจือจาง (Diluent) แล้วใช้น้ำตัวอย่างที่มีระดับความเจือจางที่เหมาะสม ที่จะให้ได้จำนวนโคโลนีของจุลินทรีย์ที่เจริญอยู่บนแผ่นเยื่อนั้น ในปริมาณที่ตรวจนับได้อย่างพอเหมาะ (30-300 โคโลนี) จำนวน 100 มิลลิลิตร มากรองโดยใช้ชุดกรองผ่านแผ่นเยื่อสังเคราะห์ที่ได้ผ่านการอบฆ่าเชื้อไว้ กรองน้ำตัวอย่างทั้งหมดให้ผ่านแผ่นเยื่อสังเคราะห์จนแห้งหมด แล้วจึงนำเอาแผ่นเยื่อสังเคราะห์นั้น มาวางลงบนผิวน้ำของอาหารวุ้น Ampicillin Dextrin Agar (ADA) ที่เตรียมไว้ในจานอาหารขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ในการเตรียม ADA ได้ดัดแปลงมาจาก Havelaar & Vonk, 1988 [โดยมีองค์ประกอบ และ วิธีเตรียม ต่าง ๆ ดังนี้ (กรัม/

ลิตร): Bacto-Tryptose (5.0) Bacto-Yeast Extract (2.0) NaCl (3.0) KCl (2.0) $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ (0.2) $FeCl_3 \cdot 6 H_2O$ (0.1) Dextrin (10.0) Bromothymol blue (0.04-0.08), Bacto-Agar (14) ปรับ pH ให้ได้ 8.0 นำไปทำให้ปลอดเชื้อแล้วเติมสารละลาย Ampicillin ที่ปลอดเชื้อให้มีความเข้มข้นสุดท้าย 10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และสารละลาย Sodium deoxycholate ที่ปลอดเชื้อให้มีความเข้มข้นสุดท้าย 100 มิลลิกรัม/ลิตร] จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จึงนำออกตรวจนับจำนวน *Aeromonas* sp. ที่ตรวจแยกได้จากตัวอย่างน้ำต่าง ๆ จากนั้นสุ่มเอาโคโลนีที่คาดว่า เป็น *Aeromonas* sp. บนแผ่นเยื่อสังเคราะห์ไปบ่งชี้เพื่อเป็นการยืนยันว่าเป็นโคโลนีของ *Aeromonas* sp. โดยการทดสอบคุณสมบัติทางชีวเคมีและสรีรวิทยาที่สำคัญบางประการของแบคทีเรียในสกุลนี้

วิธีการตรวจแยก และบ่งชี้ *Aeromonas* sp. จากตัวอย่างน้ำ แสดงในรูปที่ 1 และในขณะเดียวกันได้ตรวจนับจำนวนแบคทีเรียทั้งหมดในตัวอย่างน้ำ โดยใช้การกรองตัวอย่างน้ำผ่านแผ่นเยื่อ และเพาะเลี้ยงบนอาหารวุ้น Plate Count Agar (PCA) การบ่งชี้ *Aeromonas* sp. ทำโดยใช้คุณสมบัติสำคัญทางชีวเคมีและสรีรวิทยาบางประการของแบคทีเรียในสกุล *Aeromonas* โดยอาศัยข้อมูลตามคณะวิจัยของ Altwegg *et al.*, 1990 และคณะวิจัยของ Carnahan *et al.*, 1991 จากรูปที่ 1 มีการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Bacto-MacConkey Agar Bacto-SIM medium Triple Sugar Iron Agar Nutrient agar หรือ Tryptic Soy Agar ที่มี 6.0% NaCl Nutrient Broth และ Tryptic Soy Broth ในการทดสอบ

Water Sample**Filtration**

(Filter Membrane is Applied to ADA plate & Incubated for 24-48 Hr at 30°C)

Other Color / Colorless Colony(-)

Yellow Colony(+)

IN SITU Non-Lactose Fermenter Test

(Streak Single Yellow Colony on MacConkey medium)

Lactose Fermenter

Pink Colony

Non-lactose Fermenter

No Color

Ignore

IN SITU Oxidase Test

(Transfer Part of Colony with Loop to Oxidase Paper Test)

No Purple (-)

Ignore

Rapid Purple (+)

IN SITU Motility Test

Negative

Ignore

Positive

IN SITU Growth at 6% NaCl

Turbid

Ignore

Non-Turbid

IN SITU 0/129 TEST

Clear Zone

No Clear Zone

***Aeromonas* sp.**

รูปที่ 1 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการตรวจแยก *Aeromonas* sp. จากตัวอย่างน้ำ

ผลการทดลอง

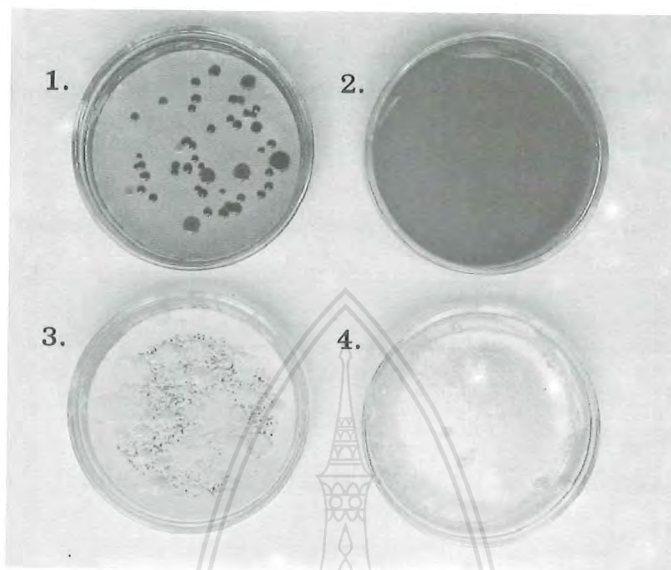
การศึกษานี้ได้ตรวจแยก *Aeromonas* sp. จากตัวอย่างน้ำ 43 ตัวอย่าง โดยได้สรุปเป็นประเภทและแหล่งที่มาไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงประเภท แหล่งที่มาและ จำนวนของตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการตรวจแยก *Aeromonas* sp.

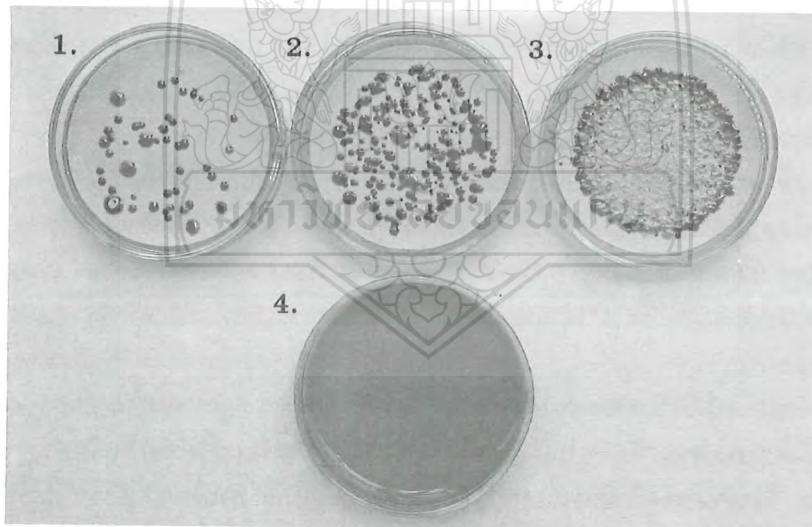
ประเภทของตัวอย่างน้ำ	แหล่งที่มา	จำนวน
1. แหล่งน้ำนิ่ง (Surface Water Sample) ลำคลอง/หนอง/บึง	อ.บ้านไผ่ และ อ.เมือง จ.ขอนแก่น	20
2. แหล่งน้ำไหล (River) ลำน้ำพอง	อ.น้ำพอง อ.อุบลรัตน์ และอ.เมือง จ.ขอนแก่น	23

จากตัวอย่างน้ำทั้ง 43 ตัวอย่างนี้ สามารถ และแยก *Aeromonas* sp. ได้จากตัวอย่างน้ำทุก แบ่งตามแหล่งที่มาได้เป็น 2 ประเภท คือ ตัวอย่าง โดยจะพบเป็นจำนวนมากถึงประมาณ 10^4 CFU/100 มล. จากตัวอย่างน้ำจาก ลำน้ำพอง และ 20 ตัวอย่าง ที่มีทั้งตัวอย่างจาก ลำคลอง/หนอง/บึง ตามธรรมชาติ ซึ่งจะมีลักษณะเป็นน้ำนิ่ง ประมาณ 10^2 CFU/100 มล. จากตัวอย่างน้ำจาก ลำคลอง/หนอง/บึง (ดังแสดงผลของบางตัวอย่าง น้ำ ในรูปที่ 3)

2. ตัวอย่างน้ำจากลำแม่น้ำ คือ ลำน้ำพอง ช่วงที่ ผ่านอำเภอต่างๆ ของจังหวัดขอนแก่น ซึ่งจะมี ลักษณะเป็นน้ำไหล 23 ตัวอย่าง จากการศึกษานี้ แล้ว ได้ยืนยันว่าโคโลนีสีเหลืองน้ำผึ้งที่เจริญเห็น ด้วยวิธีการกรองตัวอย่างน้ำผ่านแผ่นเยื่อสังเคราะห์ ชัดบนแผ่นเยื่อสังเคราะห์นั้นเป็น *Aeromonas* sp. และเพาะเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ ADA และ PCA จริง ด้วยการสุมโคโลนีสีเหลืองน้ำผึ้งมาบ่งชี้ พบว่า พบว่า สามารถตรวจและแยก *Aeromonas* sp. ได้ โคโลนีสีเหลืองน้ำผึ้งบนแผ่นเยื่อสังเคราะห์ที่อยู่บน จากการตรวจนับโคโลนีที่มีสีเหลืองน้ำผึ้งบนแผ่น อาหารรุ้น ADA ที่สุมมาบ่งชี้ขึ้นเป็น *Aeromonas* sp. เยื่อสังเคราะห์ที่อยู่บนอาหารรุ้น ADA ภายใน ทั้งหมด พร้อมนี้ได้สุมเก็บรักษาสายพันธุ์ของ *Aeromonas* sp. ส่วนใหญ่ที่ได้ไว้มากกว่า 180 สาย 24-48 ชั่วโมง โดยจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียที่ พันธุ์ ไว้ในทำเนียบสายพันธุ์ของภาควิชาเทคโนโลยี เจริญบน ADA มีน้อยกว่าที่เจริญบน PCA (42 ชีวภาพ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยวิธีแช่แข็งอย่างยั่งยวดที่ -80°C . เพื่อใช้ประโยชน์ ในการศึกษาต่อไป



รูปที่ 2 แสดงการตรวจแยก *Aeromonas* sp. จากตัวอย่างน้ำ 1 ตัวอย่าง โดยวิธีการกรองตัวอย่างน้ำผ่านแผ่นเยื่อสังเคราะห์ และเพาะเลี้ยงบนอาหารวุ้น ADA เปรียบเทียบกับการนำไปเพาะเลี้ยงบนอาหารวุ้น PCA 1. แสดง *Aeromonas* sp. ที่เจริญเป็นโคโลนีสีเหลืองน้ำผึ้งจากตัวอย่างน้ำ (42 CFU/มล.) บนอาหารวุ้น ADA 2. จานอาหารวุ้น ADA ก่อนใช้ 3. แสดงแบคทีเรียทั้งหมดที่อยู่จากตัวอย่างน้ำชนิดเดียวกัน (148 CFU/มล.) บนอาหารวุ้น PCA 4. จานอาหารวุ้น PCA ก่อนใช้



รูปที่ 3 แสดงการตรวจแยก *Aeromonas* sp. โดยวิธีการกรองตัวอย่างน้ำผ่านแผ่นเยื่อสังเคราะห์ และเพาะเลี้ยงบนอาหารวุ้น ADA 1. ตัวอย่างน้ำจากบึง (42 CFU/มล.) 2. ตัวอย่างน้ำจากลำน้ำพองในเขื่อนอุบลรัตน์ (210 CFU/มล.) 3. ตัวอย่างน้ำจากลำน้ำพองท้ายเขื่อนอุบลรัตน์ (>300 CFU/มล.) 4. จานอาหารวุ้น ADA ก่อนใช้

วิจารณ์ผลการทดลอง

เป็นที่ทราบกันดีว่า *Aeromonads* เป็นจุลินทรีย์ที่สามารถตรวจพบและแยกได้จากตัวอย่างน้ำหรือสภาวะแวดล้อมที่มีน้ำอยู่ (Aquatic Systems) ตามรายงานจากคณะผู้ทำการวิจัย อาทิ Nakano *et al.*, 1986 Schubert, 1987 Arcos *et al.*, 1988 Monfort & Baleux, 1988 และ Holmes & Sartory, 1993 จากการศึกษาพบว่าสามารถตรวจพบและแยก *Aeromonas* sp. ได้จากตัวอย่างน้ำทุกตัวอย่างที่ทำการศึกษา 43 ตัวอย่าง ในปริมาณที่อยู่ในช่วงใกล้เคียงกับปริมาณที่ตรวจพบโดยคณะผู้วิจัยอื่น ๆ (Havelaar *et al.*, 1987 และ Huguet & Ribas, 1991) ได้เช่นกัน โดยตรวจพบปริมาณ *Aeromonas* sp. ในตัวอย่างน้ำจากลำน้ำพองได้มากกว่า ตัวอย่างน้ำจากแหล่งอื่นๆ วิธีการตรวจแยก *Aeromonas* sp. จากตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการศึกษานี้ เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมดีวิธีหนึ่ง เพราะจากการศึกษาของ Havelaar *et al.*, 1987 ได้เลือกวิธีการกรองตามที Rippey & Cabelli, 1979 Peterkin & Warburton, 1988 และ Holmes & Sartory, 1993 ได้ใช้เช่นเดียวกัน นอกจากนั้นการใช้วิธีการกรองตัวอย่างผ่านแผ่นเยื่อสังเคราะห์ที่มีรูพรุนขนาด 0.45μ ยังถือว่าเป็นวิธีที่เป็นมาตรฐาน ใช้ในการตรวจนับจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในตัวอย่างน้ำ เนื่องจากวิธีนี้สามารถดักเอาจุลินทรีย์ทุกชนิดที่มีอยู่ในน้ำตัวอย่างได้ทั้งหมด เพราะเซลล์ของจุลินทรีย์ ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าขนาดของรูพรุนที่มีอยู่ในแผ่นเยื่อสังเคราะห์จะติดค้างอยู่บนแผ่นเยื่อ เมื่อต้องการตรวจพบแบคทีเรีย ให้นำแผ่นเยื่อนี้ไปเพาะเลี้ยงบนอาหารเพาะเลี้ยงและในสภาวะที่เหมาะสม จึงถือได้ว่าเป็นวิธีการตรวจจุลินทรีย์จากตัวอย่างน้ำที่มีปริมาณของแบคทีเรียไม่มากนัก เช่น ตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติได้วิธีหนึ่ง

ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับอาหารเพาะเลี้ยงที่เหมาะสมกับการตรวจพบ *Aeromonas* sp. จาก

ตัวอย่าง จากแหล่งน้ำ อาทิ Shotts & Rimler, 1973 Rippey & Cabelli, 1979 Havelaar *et al.*, 1987 Arcos *et al.*, 1988 Monfort & Baleux, 1988 Knochel, 1989 Huguet & Ribas, 1991 Ribas *et al.*, 1991 Gavriel & Lamb, 1995 และ Kersters *et al.*, 1996 การศึกษานี้ได้เลือกใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ ADA ที่พบว่าเป็นอาหารเพาะเลี้ยงที่มีความเหมาะสมกับการตรวจพบและแยก *Aeromonas* sp. จากตัวอย่างน้ำ โดยวิธีการกรองตัวอย่างน้ำผ่านแผ่นเยื่อสังเคราะห์ โดยเตรียมอาหาร ADA ตามวิธีของ Havelaar & Vonk, 1988 ADA มีความเหมาะสม เพราะมี Dextrin เป็นองค์ประกอบซึ่งเป็น Oligosaccharides ที่มีโมเลกุลเล็กกว่าโมเลกุลของแป้งที่ใช้อยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อ SGAP-10C (Huguet & Ribas, 1991) และอาศัยคุณสมบัติของ *Aeromonas* sp. ที่มีความสามารถในการใช้ Dextrin แล้วทำให้เกิดกรด ซึ่งมีความจำเพาะมากกับเชื้อ *Aeromonas* sp. จากรายงานการศึกษาของ Havelaar *et al.*, 1987 ได้ระบุไว้ว่า ยังไม่เคยตรวจพบสายพันธุ์ของ *Aeromonas* sp. ที่ไม่สามารถใช้ Dextrin ได้เลย ดังนั้นจากการที่ ADA มี Dextrin เป็นองค์ประกอบโดยทำหน้าที่เป็นแหล่งคาร์บอนจะสามารถจำกัดการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดอื่นที่ปะปนอยู่ในตัวอย่างน้ำซึ่งจะไม่สามารถที่จะใช้ Dextrin ได้ แล้วยังมีข้อดีอีกอย่างคือ Dextrin มีโมเลกุลเล็กกว่าแป้งก็ทำให้ *Aeromonas* sp. ที่อยู่ในตัวอย่างจากสิ่งแวดล้อมที่อาจอยู่ในสภาวะไม่สมบูรณ์ น่าจะใช้ Dextrin ได้ดีกว่าแป้งทำให้เกิดการเจริญได้เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารเพาะเลี้ยง *Aeromonas* sp. ที่ใช้แป้งเป็นแหล่งคาร์บอน (Palumbo *et al.*, 1985) ขณะเดียวกัน ADA ยังมี Ampicillin ความเข้มข้น 10 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร จึงสามารถลดจำนวนของจุลินทรีย์ที่เป็น Background flora ออกไปได้มาก (ดังแสดงในรูปที่ 2 จำนวนโคโลนีของแบคทีเรียทั้งหมดบน PCA เท่ากับ

148 CFU/มล. จำนวนโคโลนีบน ADA เท่ากับ 42 CFU/มล.) ทำให้เกิดการลดการแข่งขันกับ *Aeromonads* และถึงแม้การที่ ADA จะมี sodium deoxycholate ซึ่งเป็น Bile salt ชนิดหนึ่งที่ความเข้มข้น 0.01% ทำหน้าที่เป็นตัวยับยั้งแบคทีเรียที่เป็น Gram positive cocci และแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ได้ แต่ก็จะไม่ยับยั้งแบคทีเรียที่เป็น Gram negative enteric bacilli จึงทำให้ *Aeromonads* ยังสามารถเจริญได้บน ADA

นอกจากนั้น ADA ยังมีส่วนประกอบคือ Bacto-Tryptose และ Bacto-Yeast extract ที่ทำหน้าที่เป็นทั้งแหล่งคาร์บอน และแหล่งไนโตรเจน ทำให้เซลล์ที่มีความไม่สมบูรณ์มากมักจากตัวอย่างน้ำมีโอกาสเจริญได้มากขึ้นและเมื่อ *Aeromonas* sp. เจริญ ก็จะใช้ Dextrin แล้วทำให้สภาพความเป็นกรดต่าง (pH) ของ ADA เปลี่ยนไป จาก pH 8.0 เป็น pH 6.0 จนสามารถเปลี่ยนสี Bromothymol blue ที่มีอยู่ใน ADA จากสีน้ำเงินเปลี่ยนไปเป็นสีเหลืองน้ำผึ้ง จึงทำให้เมื่อเรานำเอาแผ่นเยื่อสังเคราะห์ที่ได้กรองตัวอย่างน้ำ แล้วมาวางบน ADA ใน จานอาหารเลี้ยงเชื้อ แล้วนำไปบ่มที่ 30°C ในสภาวะที่มีอากาศ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำให้สามารถมองเห็นโคโลนีสีเหลืองน้ำผึ้งของ *Aeromonas* sp. เจริญบนแผ่นเยื่อได้อย่างชัดเจน โดยที่โคโลนีจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1-2 มิลลิเมตร จากการสุมโคโลนีสีเหลืองน้ำผึ้งไปบ่งชี้เพื่อยืนยันว่าเป็นโคโลนีของ *Aeromonas* sp. ทำให้สรุปได้ว่า ลักษณะการเจริญเห็นเป็นโคโลนีสีเหลืองน้ำผึ้งบนอาหาร ADA เป็นลักษณะเฉพาะของแบคทีเรียในสกุลนี้ ดังนั้น ADA จึงเป็นอาหารเพาะเลี้ยง *Aeromonas* sp. ที่มีคุณสมบัติเป็นอาหารที่ใช้คัดเลือกและจำแนกความแตกต่างของเชื้อ (Selective and Differential Medium) ไปพร้อมๆ กัน ด้วยเหตุผลต่างๆ ที่ได้กล่าวมาตั้งแต่ต้นประกอบกัน ส่งผลให้การกรองตัวอย่างน้ำผ่านแผ่น

เยื่อสังเคราะห์แล้วนำไปเพาะเลี้ยงบนอาหาร ADA เป็นวิธีการที่ทำให้การตรวจพบและแยก *Aeromonas* sp. จากตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการศึกษานี้ ได้ผลดีเป็นที่น่าพึงพอใจ

สรุปผลการทดลอง

การตรวจแยก *Aeromonas* sp. จากตัวอย่างน้ำโดยวิธีการกรองน้ำตัวอย่างผ่านแผ่นเยื่อสังเคราะห์ที่มีรูพรุนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.45µm กระดาษทั่วแผ่นเยื่อ แล้วนำเอาแผ่นเยื่อสังเคราะห์นี้ไปวางลงบนจานอาหาร ADA จากนั้นนำไปบ่มเพาะในสภาวะที่มีอากาศ ที่อุณหภูมิ 30°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นับเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมวิธีหนึ่ง การศึกษานี้ได้ตรวจพบและแยก *Aeromonas* sp. จากตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติในเขตจังหวัดขอนแก่น 43 ตัวอย่าง และพบว่าสามารถตรวจพบ *Aeromonas* sp. ได้ทุกตัวอย่างน้ำที่ทำการศึกษา และการตรวจนับโคโลนีสีเหลืองน้ำผึ้งที่เจริญบนแผ่นเยื่อนั้นเชื่อถือได้ว่ามีความแน่นอนสามารถนำไปใช้ได้ เพราะเมื่อสุมเอาโคโลนีสีเหลืองน้ำผึ้งเหล่านั้นไปบ่งชี้โดยอาศัยคุณสมบัติทางชีวเคมีและสรีรวิทยาที่สำคัญบางประการ พบว่าโคโลนีสีเหลืองน้ำผึ้งบน ADA ที่สุมมาเพื่อยืนยัน โดยการบ่งชี้ขึ้นเป็น *Aeromonas* sp. ทั้งหมด

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ Dr. Andrew J. Lamb อาจารย์ประจำ School of Applied Sciences Faculty of Science and Technology The Robert Gordon University Aberdeen Scotland UK. ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำแก่ผู้ทำการวิจัยตลอดมา และขอขอบคุณ น.ส. เมทินี นาสุขสม ที่ช่วยเหลืองานวิจัย ตลอดจน เจ้าหน้าที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เชื้ออนุสรณ์ จ.ขอนแก่น ที่

อำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่างน้ำในลำน้ำพอง

เอกสารอ้างอิง

- Altwegg, M. Steigerwalt, A.G., Altwegg-Bissig., R Liithy-Hottenstein. J., Brennes, D.J. (1990) Biochemical identification of *Aeromonas* genospecies isolated from humans. **J. Clin. Microbiol.** 28, 258-64.
- Arcos, M.L. de Vicente, A. Morinigo M.A. Romero, P., Borrego. J.J. (1988) Evaluation of several selective media for recovery of *Aeromonas hydrophila* from polluted waters. **Appl. Environ. Microbiol.** 54, 2786-92.
- Carnahan, A.M., Behran, S., Jaseph, S.W. (1991) Aerokey II : A flexible key for identifying clinical *Aeromonas* species **J. Clin. Microbiol.** 29, 2843-9.
- Gavriel, A. and Lamb, A.J. (1995) Assessment of media used for selective isolation of *Aeromonas* spp. **Lett. Appl. Microbiol.** 21 : 313-5.
- Havelaar, A.H. and Vonk, M. (1988) The preparation of ampicillin dextrin agar for the enumeration of *Aeromonas* in water. **Lett. Appl. Microbiol.** 7. 169-71.
- Havelaar A.H., During, M., Versteegh, J.F. (1987) Ampicillin-dextrin agar medium for the enumeration of *Aeromonas* Species in water by membrane filtration. **J. Appl. Bacteriol.** 62; 279-87.
- Hickman-Brenner, F.W., Fanning, G.R., Ardujino, M.J. (1988) *Aeromonas schubertii*, a new mannitol-negative species found in human clinical specimens. **J. Clin. Microbiol.** 26, 1561-4.
- Holmes, P. and Sartory, D.P. (1993) An evaluation of media for the membrane filtration enumeration of *Aeromonas* from drinking water. **Lett Appl. Microbiol.** 17 : 58-60.
- Huguet J.M., and Ribas, F. (1991) SGAP-10C agar for the isolation and quantification of *Aeromonas* from water **J. Appl. Bacteriol.** 70 : 81-8.
- Janda, J.M. and Duffey, P.S. (1988) Mesophilic aeromonads in human disease : Current taxonomy, laboratory identification and disease spectrum. **Rev. Inf. Disease.**, 10, 980-97.
- Kerster, I., Smeyers, N., Verstraete, W. (1996) Comparison of different media for the enumeration of *Aeromonas* sp. in freshwaters. **J. Appl. Bacteriol.** 81 : 257-61.
- Knochel, S. (1989) The suitability of four media for enumeration of *Aeromonas* spp from environmental samples. **Lett Appl. Microbiol.** 9 : 67-9.
- Monfort, P. and Baleux, B. [Evaluation of two culture media for the isolation and enumeration of motile *Aeromonas* in different kinds of water]. **C.R. Acad Sci III** (1988) 307 : 523-7.
- Nakano, H., Hashimoto, H., Sasaki M., Kameyama T., Takahashi T., Kawakami H. (1986) Distribution and properties of motile *Aeromonas* and *Plesiomonas* in aquatic environment. **Jpn. J. Food. Microbiol.** 3:101-8.

- Palumbo, S.A., Maxino, F., Williams, A.C., Buchanan, R.L., Thayer, D.W. (1985) Starch-ampicillin agar for the quantitative detection of *Aeromonas hydrophila*. **Appl. Environ. Microbiol.** 50:1027-30.
- Peterkin P.I. and Warburton, D.W. (1988) MFLP-58, Enumeration of *Aeromonas hydrophila* by the hydrophobic grid-membrane filter (HGMFF). In. Compendium of analytical methods, Montreal, Quebec ; Polyscience Publications, Inc.
- Popoff, M. (1984), *Aeromonas*. In. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology, Vol1, Krieg, N.R. and Holt, J.G. (Eds). Williams and Wilkins : Baltimore and London.
- Popoff, M., Cognault, C., Kinedjian, M., Lemelin, M. (1981) Polynucleotide sequence relatedness among motile *Aeromonas* species. **Curr. Microbiol** 5, 109-14.
- Ribas F., Araujo, R. Frias, J. Huguet J.M. Ribas F.R., Lucena. F. (1991) Comparison of different media for the identification and quantification of *Aeromonas* spp. in water. **Antonie Van Leeuwenhoek** 59 : 225-8.
- Rippey, S.R. and Cabelli, V.J. (1979) Membrane filter procedure for enumeration of *Aeromonas hydrophila* in fresh waters. **Appl. Environ. Microbiol.** 38 ; 108-13.
- Schubert, R.H. (1987). [The Occurrence of *Aeromonas* in surface waters]. **Arch Hyg. Bakteriolog.** 150, 688-708.
- Shotts, E.B and Rimler, R. (1973) Medium for the isolation of *Aeromonas hydrophila*. **Appl. Microbiol.** 26, 550-3.
- von Graevenitz, A and Mensch, A.H. (1988) The genus *Aeromonas* in human bacteriology. Report of 30 cases and review of the literature. **The New Eng. J. of. Med.** 278, 245-9.

การศึกษาดัชนีการเก็บเกี่ยวผลมะละกอ Studies on the Harvesting Indices of Papaya Fruit (*Carica papaya* L.)

ผศ. ประสิทธิ์ ชุตติชูเดช *

เบญจวรรณ ชุตติชูเดช *

บทคัดย่อ

จากการศึกษาดัชนีการเก็บเกี่ยวผลมะละกอพันธุ์แขกดำที่เหมาะสมสำหรับบริโภคระยะผลสุกในช่วงอายุ 2 , 3 , 4 , 5 และ 6 เดือน โดยนำผลมะละกอที่มีช่วงอายุดังกล่าวมาศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีภายหลังเก็บเกี่ยวจากนั้นนำไปเก็บรักษาไว้ในสภาพอุณหภูมิห้องนาน 10 วันเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา พบว่าผลมะละกอในช่วงอายุ 6 เดือนมีขนาดผลใหญ่ (ความยาว 34.8 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลาง 9.1 ซม.) น้ำหนักผลมาก (1,270 กรัม) ความหนาเนื้อ 3.2 ซม. และผลสุกเต็มที่ 100% โดยเมื่อผลเข้าสู่ระยะสุกมีการเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อที่เด่นชัด บริเวณรอยตัดไม่พบน้ำยาง ผลมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูง (12.8°Brix) ปริมาณกรดต่ำ ($1.42 \times 10^{-3}\%$) ความแน่นเนื้อลดลง (1.64 ก.ก./ซ.ม.^2) ทำให้ได้รับการยอมรับจากการประเมินผลทางประสาทสัมผัสสูง นอกจากนั้นยังมีการสูญเสียน้ำหนักหลังเก็บรักษาต่ำ (4.01%)

Abstract

The harvesting indices of ripe papaya fruit for consumption at 2, 3, 4, 5 and 6 months after anthesis have been investigated. Physical and chemical attributes of the fruit were examined immediately after harvesting and during post-harvest period of 10 days, at room temperature. The results revealed that the optimal stage for consumption of the fruit was attained when the fruit was 6 months old. At this age the fruit was fully ripened with the largest size (34.8 cm. in length, 9.1 cm. in diameter, 1,270 gm. in weight and 3.2 cm. in flesh thickness). The color of the fruit peel and pulp had changed dramatically during ripening period. No latex was found in a cross-section area. In addition the 6-month-old fruit had the highest soluble solids content (12.8°Brix), lowest acid ($1.42 \times 10^{-3}\%$) and decreased flesh firmness (1.64 kg./cm.^2). These characteristics led the fruit to get the highest scores from a consumer acceptance test by sensory method. Moreover, after 10 days of storage the 6-month-old papaya fruit had the lowest weight loss (4.01%).

บทนำ

มะละกอ (*Carica papaya* L.) จัดเป็นไม้ผลเขตร้อนที่ปลูกได้ง่าย ให้ผลผลิตตลอดทั้งปี และมีแนวโน้มว่าจะเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญสำหรับประเทศไทย ทั้งนี้เนื่องจากสามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งบริโภคในรูปของผลดิบ ผลสุก และเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมได้หลายประเภท นอกจากนี้ผลมะละกอยังจัดเป็นแหล่งที่ให้ Provitamin A และวิตามินซีปริมาณสูงในอาหารของประชากรแถบท้องถิ่นในชนบท(1)

สำหรับพันธุ์มะละกอที่นิยมปลูกกันมากในปัจจุบันคือ พันธุ์แขกดำ เนื่องจากเป็นพันธุ์ที่มีลักษณะลำต้นเตี้ยให้ผลขนาดกลางเนื้อหนาและแน่น ผลสุกมีสีแดงเข้ม รสหวาน ช่องว่างภายในผลแคบ มีเมล็ดจำนวนน้อย(2) นอกจากนี้มะละกอจัดเป็นผลไม้ที่มีระยะของการสุก (Climacteric fruit) ดังนั้นการเก็บเกี่ยวผลที่มีระยะแก่ที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการขายในรูปของการนำไปบริโภค ผลสดและการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้ระยะแก่ที่เหมาะสมสำหรับผลไม้โดยทั่วไปคือระยะแก่ทางสรีรวิทยา (Physiological stage) ซึ่งผลที่ถูกเก็บเกี่ยวในระยะนี้มักเข้าสู่การสุกหลังจากเก็บเกี่ยวโดยให้ลักษณะคุณภาพตามที่ผู้บริโภคต้องการได้แก่ สี รสชาติ เนื้อสัมผัสและคุณค่าทางอาหาร(3) นอกจากนี้ระยะแก่ทางสรีรวิทยายังมีอิทธิพลต่ออัตราของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพในระหว่างการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว(4) ซึ่งส่งผลกระทบต่ออายุการเก็บรักษาด้วย(5) การวัดระยะแก่ทางสรีรวิทยาสามารถวัดได้หลายทางได้แก่การประเมินจากระยะของการพัฒนา การวัดขนาดน้ำหนัก ลักษณะทางกายภาพ เช่น สี ความแน่นเนื้อ และปริมาณความชื้น นอกจากนี้ยังอาจใช้วิธีการวิเคราะห์ทางองค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ เช่น ปริมาณแป้ง น้ำตาล ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Soluble solids) และกรด(4)

กรมวิชาการเกษตรกำหนดมาตรฐานผลมะละกอสำหรับบริโภคระยะผลสุกในลำดับคุณภาพชั้นที่ 1 ควรมีลักษณะดังนี้ ผลมีรูปร่างทรงกระบอก ยาว ไม่บิดเบี้ยว ขนาดผลควรมีน้ำหนัก 1.0-1.5 กิโลกรัม ความยาวของผลควรอยู่ในช่วงระหว่าง 27-35 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางผลในส่วนที่กว้างที่สุด 8-10 เซนติเมตร ผลมีสีเขียวเข้ม ผิวเรียบ ไม่มีร่องรอยการเข้าทำลายของโรคและแมลง ช่องว่างภายในผลแคบโดยมีเปอร์เซ็นต์ช่องว่างน้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ เนื้อควรมีความหนามากกว่า 2 เซนติเมตร และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มากกว่า 12 เปอร์เซ็นต์(6) จากมาตรฐานข้อกำหนดดังกล่าวจะพบว่าภารกิจที่จะเก็บเกี่ยวผลมะละกอให้ได้คุณภาพตามที่ผู้บริโภคต้องการนั้น ธรรมชาติการเก็บเกี่ยวผลมะละกอจัดเป็นปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งในการกำหนดคุณภาพดังกล่าว ดังนั้นจึงควรที่จะศึกษาหาดัชนีการเก็บเกี่ยวของผลมะละกอเพื่อใช้เป็นตัวกำหนดอายุการเก็บเกี่ยวผลมะละกอที่มีคุณภาพสูงสุดต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการศึกษา แบ่งการศึกษาลักษณะต่างๆ ของผลมะละกอออกเป็น 5 กลุ่มตามอายุ โดยเริ่มนับอายุหลังจากที่ดอกบานวันแรก ดังนี้

- กลุ่มที่ 1 ผลมะละกออายุ 2 เดือน
- กลุ่มที่ 2 ผลมะละกออายุ 3 เดือน
- กลุ่มที่ 3 ผลมะละกออายุ 4 เดือน
- กลุ่มที่ 4 ผลมะละกออายุ 5 เดือน
- กลุ่มที่ 5 ผลมะละกออายุ 6 เดือน

นำผลมะละกอในทุกกลุ่มอายุ (กลุ่มละ 50 ผล) ไปศึกษาลักษณะทางกายภาพ หลังจากนั้นนำไปเก็บไว้ในสภาพอุณหภูมิห้อง ซึ่งมีระดับอุณหภูมิ โดยเฉลี่ย 26.5°C. ความชื้นสัมพัทธ์ 87.9% ทั้งนี้ในการเก็บข้อมูลจะทำการศึกษาถึง

1. ลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ขนาดผล

(เส้นผ่าศูนย์กลางและความยาวของผล) ความหนาของเนื้อ น้ำหนักผล ความแน่นเนื้อ สีในส่วนเปลือกและเนื้อโดยอาศัยการเทียบสีจากแผ่นเทียบสี (Munsell color chart)

2. ลักษณะทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ วิตามินซีและค่าความเป็นกรด

3. การเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา ได้แก่ เปอร์เซนต์การสูญเสียน้ำหนัก ความแน่นเนื้อ สีในส่วนของเปลือกและเนื้อ การสุก การประเมินผลทางประสาทสัมผัส การเน่าเสีย การเปลี่ยนแปลงทางเคมีของแข็งที่ละลายน้ำได้ วิตามินซี และค่าความเป็นกรด และลักษณะอื่นๆ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

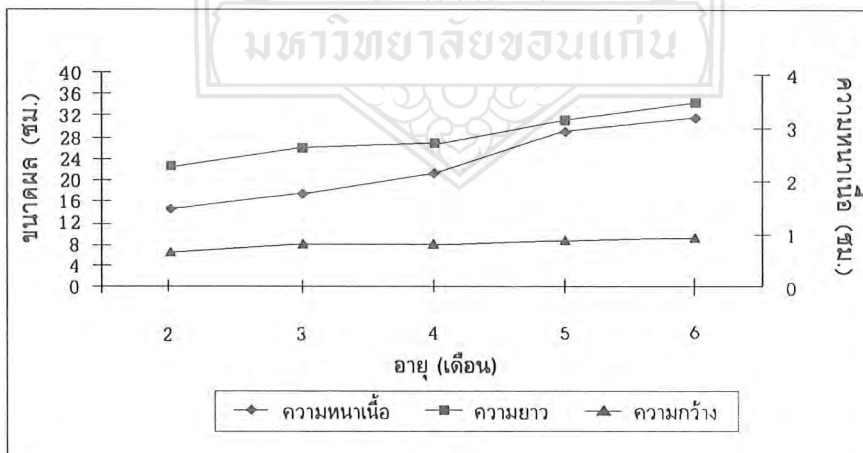
จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีของผลมะละกอในช่วงระหว่างอายุ 2-6 เดือน ได้ผลการศึกษาดังนี้

1. การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ

1.1 ขนาดผล จากการศึกษาพบว่า ผลมะละกอในช่วงอายุ 4-6 เดือน มีอัตราการเจริญเติบโตทางด้านขนาดผลเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (ภาพที่ 1) เนื่องจากผลมะละกอจัดเป็นแหล่งที่มี

การสะสมอาหารในระหว่างการเจริญเติบโต เมื่อผลมีอายุมากขึ้นปริมาณอาหารที่สะสมจึงมากทำให้ผลมีขนาดใหญ่(4) ทั้งนี้จากการเทียบเกณฑ์มาตรฐานผลมะละกอสำหรับบริโภคผลสุกในลำดับคุณภาพชั้นที่ 1 ในส่วนของขนาดผล พบว่าผลมะละกอในช่วงระหว่างอายุ 4-6 เดือนมีความยาวของผลอยู่ในช่วงระหว่างเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด (27-35 เซนติเมตร) ส่วนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางผล พบว่าผลมะละกอในช่วงอายุ 5-6 เดือนมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางผลอยู่ในช่วงระหว่างเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดเช่นกัน (8-10 เซนติเมตร)(6)

1.2 ความหนาเนื้อ จากการศึกษาพบว่ามีความสอดคล้องกับขนาดของผล ทั้งนี้เนื้อผลมะละกอจะมีความหนาเพิ่มขึ้นเมื่อผลมีอายุมากขึ้นตามลำดับ (ภาพที่ 1) สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Paull(7) พบว่าความหนา ในส่วนเนื้อของผลมะละกอพันธุ์ Solo ตั้งแต่ระยะผลอ่อนถึงผลแก่อยู่ในช่วงระหว่าง 1.5-4.0 เซนติเมตร จากการศึกษาเมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานมะละกอสำหรับบริโภคผลสุกพบว่าผลมะละกอในช่วงระหว่างอายุ 4-6 เดือน มีความหนาเนื้ออยู่ในช่วงที่สอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด(6)



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงขนาดผลและความหนาเนื้อของผลมะละกอที่อายุต่างๆ กัน

1.3 น้ำหนัก น้ำหนักผลมะละกจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงที่ผลมีการเจริญเติบโต โดยเฉพาะในช่วงผลอายุ 5-6 เดือนซึ่งผลมีน้ำหนักอยู่ในช่วงระหว่างเกณฑ์มาตรฐานสำหรับบริโภคผลสุก (1.0-1.5 กิโลกรัม) (ภาพที่ 2) ทั้งนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Coombe(8) ซึ่งพบว่าการเพิ่มขึ้นในส่วนน้ำหนักของผลมะละกามีลักษณะเป็นแบบ Single sigmoid curve

1.4 ความแน่นเนื้อ ผลมะละกอในทุกช่วงอายุตั้งแต่ 2-6 เดือนเป็นระยะผลดิบ พบว่ามีค่าความแน่นเนื้อมากกว่า 8.27 ก.ก./ซ.ม.² แสดงให้เห็นว่าส่วนของเนื้อผลยังคงมีความแข็งแรงอยู่ เนื่องจากผนังเซลล์ในเซลล์ของผลดิบจะถูกเชื่อมกันด้วยห่วงลูกโซ่ของเพคติน ซึ่งจะเชื่อมเข้ากันกับสารละลายเกลือแคลเซียมที่มีอยู่ในเซลล์พืช เกิดเป็นเกลือแคลเซียมเพคเตทที่ไม่ละลายน้ำ ทำให้เนื้อของผลมีความแข็งและแน่น (9)

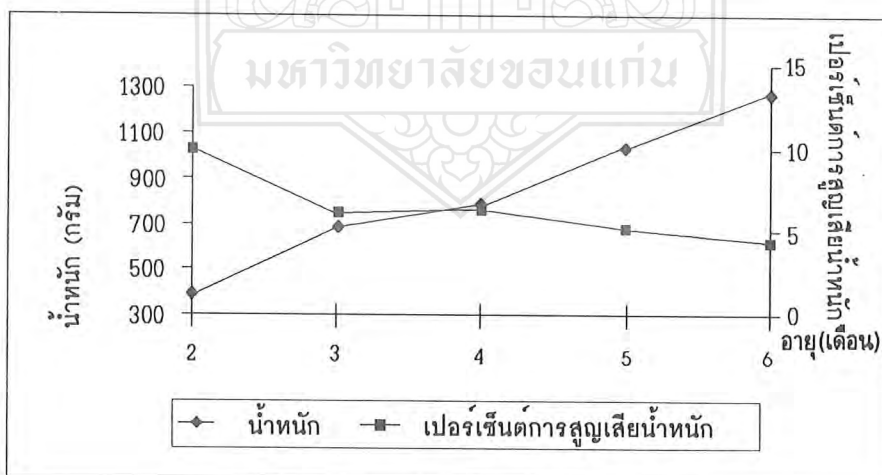
1.5 สี แบ่งการศึกษาออกเป็น

1.5.1 สีเปลือก ในทุกช่วงอายุของผลมะละกอที่ทำการศึกษา (2-6 เดือน) พบว่า

สีเปลือกยังคงเขียวอยู่โดยผลที่อายุน้อย (2 และ 3 เดือน) มีค่าสีเปลือกอยู่ในระดับ 7.5 GY 3/4 ซึ่งมีสีเปลือกเขียวกว่าผลอายุ 5 และ 6 เดือนซึ่งมีค่าสีเปลือกอยู่ในระดับ 7.5 GY 4/6 (ตารางที่ 1) ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) ในผลไม้จะผันแปรตามระยะการพัฒนาของผล (Developmental stage) โดยในระหว่างช่วงแรกของการพัฒนาของผลคลอโรฟิลล์จะถูกสร้างขึ้นจำนวนมาก เมื่อผลมีอายุมากขึ้นการสร้างคลอโรฟิลล์จะเริ่มลดลงโดยเฉพาะผลไม้พวก Climacteric fruit เช่น มะละกอ (10)

1.5.2 สีเนื้อ ผลมะละกอใน

ช่วงอายุ 2-5 เดือนมีเนื้อสีขาว ส่วนผลอายุ 6 เดือนสีเนื้อเริ่มเปลี่ยนเป็นสีขาวอมส้ม โดยเฉพาะในส่วนไส้กลางผล (ตารางที่ 1) เนื่องจากกระบวนการสร้างคาโรทีนอยด์ (Carotenoid) (Carotenogenesis) ซึ่งเป็นรงควัตถุในสีเนื้อมะละกอสุกมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับระยะความแก่ของผล (Maturity) โดยผลมะละกอที่เข้าสู่ระยะแก่มากขึ้น การสร้างคาโรทีนอยด์ในส่วนเนื้อจะเกิดมากขึ้น (10)



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักและการสูญเสียน้ำหนักของผลมะละกอที่อายุต่าง ๆ กัน

ตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อตามอายุของผลมะละกอ

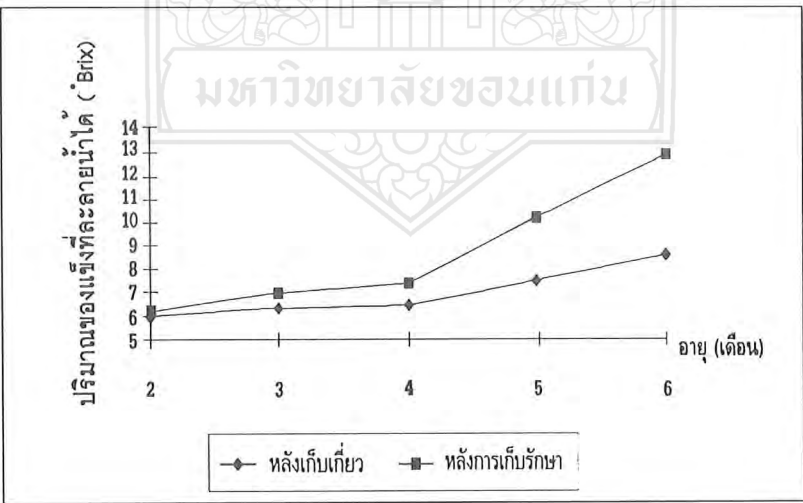
อายุ (เดือน)	สีเปลือก ^{1/}	สีเนื้อ ^{1/}
2	เขียวเข้ม 7.5 GY 3/4	ขาว
3	เขียวเข้ม 7.5 GY 3/4	ขาว
4	เขียว 7.5 GY 4/4	ขาว
5	เขียวตองอ่อน 7.5 GY 4/6	ขาว
6	เขียวตองอ่อน 7.5 GY 4/6	ขาวอมส้ม

^{1/} สีเปลือกและสีเนื้อเทียบจาก Munsell Color Chart

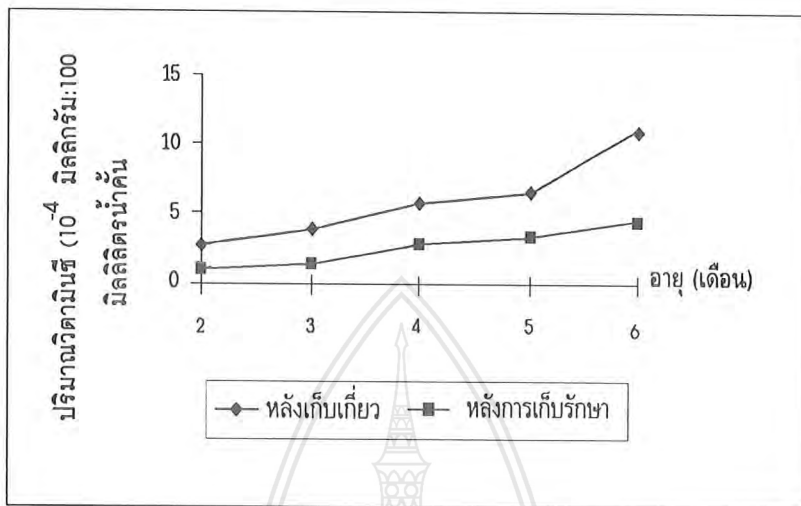
2. การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางเคมีของ เก็บสะสมอาหาร (Storage organ) เมื่อผลมีอายุ
ผลมะละกอ เพิ่มมากขึ้นจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ใน

2.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ เนื้อของผลเพิ่มขึ้น(11)
ได้ มะละกอผลดิบมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้
เพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ในผลช่วงอายุ 2-4 เดือนโดยมี
ค่าเฉลี่ย 6.0, 6.3 และ 6.5 (brix ตามลำดับ ส่วน
ผลอายุ 5 และ 6 เดือน ของแข็งที่ละลายน้ำได้มี
ปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วคือ 7.5 และ 8.6 (brix
(ภาพที่ 3) ทั้งนี้เนื่องจากผลทำหน้าที่เป็นแหล่ง

2.2 ปริมาณวิตามินซี พบว่าผล
มะละกอที่มีอายุมากจะมีปริมาณวิตามินซีเพิ่มขึ้น
ตามลำดับ (ภาพที่ 4) ดังจะเห็นได้จากผลมะละกอ
ที่อายุ 2 เดือนมีปริมาณวิตามินซี 2.64 (10^{-4} มก./
100 มล. น้ำคั้น ในขณะที่ผลอายุ 6 เดือนมีปริมาณ
วิตามินซี 10.8 (10^{-4} มก./100 มล. น้ำคั้น ซึ่ง



ภาพที่ 3 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ของผลมะละกอที่อายุต่างๆ



ภาพที่ 4 ปริมาณวิตามินซีของผลมะละกออายุต่าง ๆ กัน

ผลมะละกอที่มีอายุแตกต่างกันจะมีวิตามินซีใน ปริมาณที่ต่างกัน(4) โดยผลมะละกอที่เข้าสู่ ระยะแก่มากขึ้นจะมีปริมาณวิตามินซีเพิ่มมากขึ้น (12)

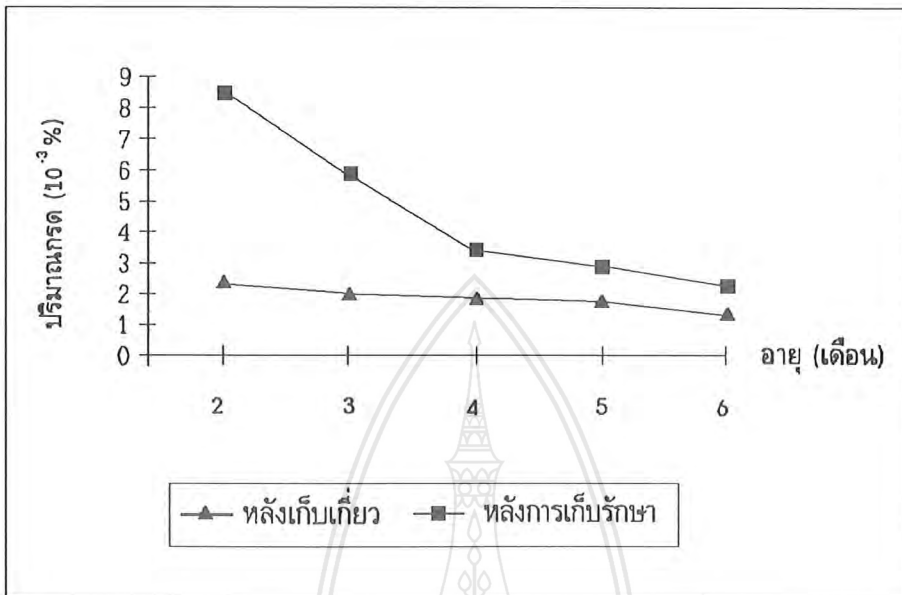
2.3 ปริมาณกรด จากการทดลอง พบว่าผลมะละกอมีปริมาณกรดลดลงเมื่อผลมีอายุ เพิ่มขึ้น โดยผลอายุ 2 เดือนมีปริมาณกรดสูงสุด 8.44 ($10^{-3}\%$ ในขณะที่ผลอายุ 6 เดือนมีปริมาณ กรดเพียง 2.32 ($10^{-3}\%$ (ภาพที่ 5) ทั้งนี้ สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Paul (7) ที่พบว่า ปริมาณ Titratable acidity จะลดลงในระหว่างการ เจริญเติบโตของผล นอกจากนี้จากผลการศึกษาของ Pal and Selvaraj (13) พบว่าในระหว่างที่ผล มะละกอเข้าสู่ช่วงผลแก่จะมีกิจกรรม (activity) ของเอนไซม์ Malic dehydrogenase ถูกกระตุ้นให้ มาย่อยสลายโมเลกุลของกรดมาลิก จึงทำให้ผล มะละกอที่แก่มีปริมาณกรดลดลง

3. การเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บ รักษา นำผลมะละกอในทุกช่วงอายุ (2-6 เดือน) เก็บรักษาไว้ที่สภาพอุณหภูมิห้อง (26.5°C) ความ

ชื้นสัมพัทธ์ 87.9% นาน 10 วัน เพื่อศึกษาการ เปลี่ยนแปลงลักษณะต่างๆ ดังนี้

3.1 เปอร์เซนต์การสูญเสีย น้ำ

หนัก ผลมะละกออายุ 2 เดือน มีการสูญเสีย น้ำหนัก ของผลมากที่สุดคือ 10.22% ทำให้ผลเหี่ยวเร็ว ส่วนผลในช่วงอายุ 4, 5 และ 6 เดือนมีการสูญเสีย น้ำหนักน้อยกว่าคือ 6.61, 4.89 และ 4.01 เปอร์- เซนต์ ตามลำดับ (ภาพที่ 2) ทั้งนี้เนื่องจากผลผลิต ผลพืชที่ถูกเก็บเกี่ยวมาจะมีความผันแปรในการคายน้ำ แตกต่างกันซึ่งปัจจัยเหล่านี้รวมถึงระยะการ พัฒนา ของผลโดยผลที่มีอายุน้อยซึ่งอยู่ในระยะที่กำลัง เจริญเติบโตจะมีการสะสมของไซตามธรรมชาติ บริเวณผิวน้อย(14) นอกจากนี้ผลอายุน้อยจะมี อัตราการหายใจและเกิดกระบวนการเมแทบอลิซึม (metabolism) ภายในเซลล์ในระดับที่สูงกว่าผลที่มี อายุมาก ทำให้มีความไวต่อการตอบสนองของ ความเครียดของน้ำที่เกิดภายหลังเก็บเกี่ยวมากกว่า ดังนั้นการสูญเสีย น้ำหนักของผลที่มีอายุน้อยจึงมี ปริมาณสูงกว่า(15)



ภาพที่ 5 ปริมาณกรดของผลมะละกออายุต่างกัน

3.2 ความแน่นเนื้อ จากการศึกษ ในการยึดเกาะกันระหว่างเซลล์ลดน้อยลง ก่อให้พบว่าผลมะละกออายุ 2 เดือน ยังคงสภาพความ แน่นเนื้ออยู่ในระดับเดียวกันกับก่อนเก็บรักษาคือมี (Softening) มากขึ้น (17 และ 15) ค่ามากกว่า 8.27 ก.ก./ช.ม.² ในขณะที่ผลอายุ 3-6 เดือนมีค่าความแน่นเนื้อลดลงคือ 6.28, 1.73, 1.71 และ 1.64 ก.ก./ช.ม.² ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจาก 3.3 การเปลี่ยนแปลงของสี แบ่ง เป็น 3.3.1 สีเปลือก พบว่าสีเปลือก ของผลมะละกออายุ 2 เดือนยังคงมีสีเขียวอยู่ใน ระดับเดิมคือ 7.5 GY 3/4 ส่วนเปลือกของผลใน ช่วงระหว่างอายุ 3-4 เดือนมีความเข้มของสีเขียว ที่ผิวจางลงตามลำดับ ในขณะที่เปลือกของผลใน ช่วงอายุ 5-6 เดือนมีการพัฒนาสีส้มเหลืองใน ส่วนของสีเปลือกอยู่ในระดับ 10 YR 7/14 และ 6.25 YR 7/14 ตามลำดับ (ตารางที่ 2) เนื่องจากการสลายตัวของคลอโรฟิลล์และการสร้างคาโรที- นอยด์จะยังคงดำเนินไปอย่างต่อเนื่องภายหลังการ เก็บเกี่ยวโดยกลไกดังกล่าวจะเกิดขึ้นได้มากหรือน้อยขึ้นกับอายุของผล ทั้งนี้ผลที่เข้าสู่ระยะแก่มากขึ้นจะมีการสลายตัวของคลอโรฟิลล์และมีการสร้าง

คาโรทีนอยด์มากกว่าผลที่มีอายุน้อยกว่า (18 และ 10)

3.3.2 สีเนื้อ จากการศึกษาพบว่าเนื้อของผลมะละกออายุ 2 เดือน มีสีขาวอยู่ในระดับ 10 Y 8.5/4 ในขณะที่ผลอายุ 3-6 เดือนส่วนเนื้อจะมีสีเหลืองส้มที่เข้มขึ้นตามลำดับอายุของผลที่มากขึ้น โดยผลที่มีอายุ 6 เดือนเมื่อสุกมีสีเนื้อที่เข้มกว่าผลในช่วงอายุอื่นๆ โดยมีสีส้มอมเหลืองอยู่ในระดับ 2.5 YR 5/14 (ตารางที่ 2)

ทั้งนี้เนื่องจากการสร้างเอทธิลีนซึ่งเป็นฮอร์โมนที่พืชสร้างขึ้นเพื่อเร่งการสุกของผลไม่มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับอายุของผล โดยผลมะละกอที่เริ่มแก่จะมีการสร้างและสะสมเอทธิลีนภายในผลเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีผลไปกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ Chlorophyllase ซึ่งเป็นตัวเร่งสำคัญในปฏิกิริยาการสลายตัวของคลอโรฟิลล์ ทำให้เกิดการสร้างและสะสมคาโรทีนอยด์เพิ่มมากขึ้น (19,20 และ 21)

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและสีเนื้อของผลมะละกออายุต่าง ๆ กัน ภายหลังเก็บรักษา

อายุ (เดือน)	สีเปลือก ^{1/}	สีเนื้อ ^{1/}
2	เขียวเข้ม 7.5 GY 3/4	ขาว 10 Y 8.5/4
3	เปลี่ยนเป็นสีเหลือง 20%	ส้มอมเหลืองอ่อน 7.5 YR 7/8
4	เปลี่ยนเป็นสีเหลือง 20%	ส้มอมเหลืองอ่อน 7.5 YR 7/8
5	ส้มอมเหลือง 10YR 7/14	ส้มอมเหลือง 6.25 YR 7/4
6	ส้มอมเหลือง 6.25 YR 7/14	ส้มแดง 2.5 YR 5/14

^{1/} สีเปลือกและสีเนื้อเทียบจาก Munsell Color Chart

3.4 การสุก จากการศึกษาพบว่าผลมะละกอที่อายุ 2 เดือน บริเวณส่วนผิวของผลปรากฏแต่มีสีเหลืองที่ส่วนหัวและก้นผล แต่ผลยังไม่เข้าสู่ระยะการสุกมีจำนวน 10% ของจำนวนผลทั้งหมด ในขณะที่ผลอายุ 3 เดือนพบจำนวนผลที่เข้าสู่การสุกมีจำนวน 20% โดยผลแสดงการสุก 1 ใน 2 จำนวน 10% และสุก 3 ใน 4 จำนวน 10% ส่วนผลอายุ 4 เดือน แสดงจำนวนผลสุกทั้งหมด 42.86% โดยผลที่แสดงการสุกระยะ 1 ใน 2 มีจำนวน 14.29% ระยะสุก 3 ใน 4 จำนวน 28.57% ในขณะที่ผลอายุ 5 และ 6 เดือนเริ่มปรากฏการเปลี่ยนแปลงของสีผิวมีสีเหลืองเมื่อเก็บรักษาเพียง 2 วัน ทั้งนี้สีผิวผลปรากฏสีเหลืองที่เด่นชัดขึ้นและ

มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเมื่อเก็บรักษา 4 วัน ภายหลังเก็บรักษา 10 วัน ผลที่มีอายุ 5 เดือนแสดงลักษณะผลสุกเต็มที่จำนวน 80% ในขณะที่ผลอายุ 6 เดือนแสดงลักษณะผลสุกเต็มที่จำนวน 100% ซึ่งการสุกของผลมะละกอจะมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของสีผิวโดยการสุกของผลจะเริ่มต้นจากส่วนในของผลก่อนแล้วเปลี่ยนแปลงออกมาสู่ภายนอกผลโดยแสดงการเปลี่ยนแปลงสีที่ผิวผล ซึ่งการสุกของผลจะมีความสัมพันธ์กับอายุของผลด้วย โดยผลที่มีอายุเข้าสู่ระยะแก่มากขึ้นจะใช้ระยะเวลาในการเปลี่ยนแปลงสีที่ผิวสั้นกว่าผลอายุน้อย(7) และผลที่มีอายุเข้าสู่ระยะแก่มากขึ้นจะแสดงการสุกของผลเพิ่มมากขึ้นตามลำดับของอายุ(22)

3.5 ลักษณะอื่นๆ

3.5.1 ยาง จากการนำเอาผลมะละกอมาผ่าจะพบน้ำยางสีขาวข้นในส่วนขอบบริเวณรอยตัดในผลอายุ 2 เดือน ส่วนผลที่อายุ 3-4 เดือนพบน้ำยางมีลักษณะใส ในขณะที่ผลอายุ 5-6 เดือนไม่พบน้ำยางในส่วนบริเวณรอยตัดซึ่งสอดคล้องกับ Paull(7) ที่พบว่ามะละกอผลอ่อนจะมีน้ำยางสีขาวข้น (Milky latex) จำนวนมากซึ่งปริมาณของน้ำยางจะหมดไปเมื่อผลเริ่มเข้าสู่การสุกและจะไม่มีน้ำยางให้เห็นเมื่อผลเข้าสู่ระยะสุกเต็มที่ ทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรม (activity) ของเอนไซม์ Protease ในเนื้อเยื่อส่วน mesocarp ลดลง เป็นผลให้ต่อมสร้างน้ำยาง (Laticifers) เริ่มสลายตัว

3.5.2 เมล็ด ในผลมะละกออายุ 2 เดือนพบเมล็ดอ่อนมีสีขาว ทั้งนี้เมล็ดจะเริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลในผลอายุ 3 เดือน ส่วนผลอายุ 4-6 เดือน เมล็ดจะเริ่มเข้าสู่ระยะแก่มากขึ้นโดยสีของเมล็ด เริ่มเปลี่ยนเป็นสีดำ ในแต่ละเมล็ดจะมีวันหุ้มเมล็ด (Sarcotesta) ซึ่งวันที่หุ้มรอบเมล็ดจะมีความแตกต่างกันตามช่วงอายุของผล โดยผลมะละกอที่มีอายุ 6 เดือนจะมีความหนาของวันที่หุ้มรอบเมล็ดน้อยกว่าเมล็ดจากผลอายุ 4 เดือน ทั้งนี้สอดคล้องกับ Desai and Wagh(22) ที่พบว่าผลมะละกอจะเริ่มเข้าสู่ผลแก่ (mature) ตั้งแต่อายุ 4-6 เดือน

3.6 การเน่าเสีย ภายหลังการเก็บรักษานาน 10 วันพบว่าผลมะละกออายุ 2 เดือนเกิดการเน่าเสียมากที่สุดคือ 20% ในขณะที่ผลอายุ 3 และ 4 เดือนมีการเน่าเสียจำนวน 14.29 และ 10% ตามลำดับ ส่วนผลอายุ 5 และ 6 เดือนไม่พบการเน่าเสีย ทั้งนี้เนื่องจากการเสื่อมเสียคุณภาพของผลผลิตมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับอัตราการหายใจ ภายหลังการเก็บเกี่ยวเนื้อเยื่อในผลมะละกอยังคงมีการหายใจเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยผลที่มีอายุน้อยจะมีอัตราการหายใจที่มากกว่า ทำให้เกิดปฏิกิริยา

ออกซิเดชันในส่วนของการหายใจและสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ ขึ้นภายในเซลล์เป็นไปอย่างรวดเร็ว ภายหลังการเก็บรักษา อาหารสะสมที่มีในผลจึงเหลือน้อยลง เซลล์เกิดการอ่อนแอ ดังนั้นจุลินทรีย์ต่างๆ จึงเข้าทำลายได้ง่ายขึ้น(12)

3.7 การเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในผล

3.7.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ จากการศึกษาพบว่าผลมะละกอในทุกช่วงอายุมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นภายหลังการเก็บรักษาโดยเฉพาะผลในช่วงอายุ 5 และ 6 เดือนจะมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มขึ้นมากกว่าผลในช่วงอายุอื่นๆ (ภาพที่ 3) ทั้งนี้เนื่องจากผลมะละกอในช่วงอายุดังกล่าวมีอาหารสะสมเป็นคาร์โบไฮเดรตมาก ในช่วงระหว่างการสุกภายในผลจะมีกิจกรรมของเอนไซม์ที่ย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลขนาดใหญ่เปลี่ยนไปเป็นน้ำตาล จึงทำให้ผลมะละกอในช่วงอายุดังกล่าวมีความหวานมากกว่าผลในช่วงที่มีอายุน้อยกว่า(3) จากผลการศึกษาเมื่อนำมาเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานผลมะละกอที่เหมาะสมสำหรับบริโภคผลสุกของกรมวิชาการเกษตร (6) จะเห็นว่าผลมะละกออายุ 6 เดือนจัดเป็นผลที่มีช่วงอายุที่เหมาะสมสำหรับการบริโภคผลสุก

3.7.2 ปริมาณวิตามินซี จากการวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณวิตามินซีภายหลังเก็บรักษามะละกอพบว่าผลมะละกอในทุกช่วงอายุมีปริมาณวิตามินซีลดลง เนื่องจากวิตามินซีเป็นวิตามินที่ง่ายต่อการสูญเสียภายหลังเก็บเกี่ยว(17) ทั้งนี้จากการศึกษาพบว่าภายหลังเก็บรักษาผลมะละกออายุ 6 เดือนมีปริมาณวิตามินซีสูงกว่าผลอายุอื่นๆ คือ 4.1×10^{-4} ม.ก./100 ม.ล. น้ำคั้น ในขณะที่ผลอายุ 2 เดือนมีปริมาณวิตามินซีน้อยที่สุดคือ 0.93×10^{-4} ม.ก./100ม.ล. น้ำคั้น (ภาพที่ 4) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Paull(7) ที่ศึกษาพบว่าปริมาณวิตามินซีจะเพิ่มขึ้น ในระหว่างการสุก

ของผลมะละกอ

3.7.3 ปริมาณกรด ภายหลังการเก็บรักษาพบว่าผลมะละกอทุกช่วงอายุมีปริมาณกรดลดลงโดยผลอายุ 6 เดือนมีปริมาณกรดในเนื้อผลน้อยกว่าผลช่วงอายุอื่นๆ (ภาพที่ 5) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Desai and Wagh(22) ที่พบว่าปริมาณ Total acidity ของผลมะละกอจะลดลงสู่ปริมาณน้อยที่สุดในระยะที่ผลนั้นสุกเต็มที่ เนื่องจากเนื้อเยื่อภายในพืชมีอัตราการเกิดกระบวนการเมแทบอลิซึมเพิ่มมากขึ้น(17) ประกอบกับกรดอินทรีย์ในเซลล์จะถูกนำไปใช้เป็นสารมัธยันต์ (intermediate) ในกระบวนการหายใจและกระบวนการเมแทบอลิซึมของพืช(23) ดังนั้นรสชาติของมะละกอจากผลที่อายุ 6 เดือนจะมีความหวานมากกว่าผลอายุอื่นๆ เนื่องจากมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูง ในขณะที่เดียวกันกับมีการลดลงของปริมาณกรดมากกว่าผลในช่วงอายุอื่นๆ

4. การประเมินผลทางประสาทสัมผัส จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและ

เคมีของผลมะละกออายุ 2-6 เดือน จะเห็นได้ว่าผลในช่วงระหว่างอายุ 4-6 เดือนมีลักษณะบางประการที่ใกล้เคียงกันจึงได้นำเอาผลในช่วงอายุดังกล่าว (อายุละ 50 ผล) มาประเมินผลทางประสาทสัมผัสในด้านของลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับรวม โดยวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Randomized Completely Block Design ใช้แบบสอบถาม Hedonic scale 9 ระดับ จากตารางที่ 3 พบว่าผลมะละกออายุ 6 เดือนได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคในทุกลักษณะด้วยคะแนนที่สูงกว่าผลอายุ 5 และ 4 เดือนตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากอายุของผลที่มากขึ้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณของอาหารสะสมและสารต่างๆ ภายในผลที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาลักษณะต่างๆ ที่ส่งผลต่อคุณภาพในการบริโภค เช่น รสชาติ สี กลิ่น และเนื้อสัมผัส(22) โดยเฉพาะการสะสมอาหารและการสร้างสารประกอบที่ทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติในผลมะละกอสุกจะค่อยๆ พัฒนาและสะสมมากขึ้นเมื่อผลเข้าสู่ระยะแก่(24)

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคในลักษณะต่าง ๆ

ลักษณะการทดสอบ

อายุ(เดือน)	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	เนื้อสัมผัส	รสชาติ	การยอมรับรวม
4	3.2 c ^{1/}	3.0 c	2.5 c	2.7 c	2.1 c	2.5 c
5	6.2 b	6.0 b	5.5 b	5.5 b	5.1 b	5.5 b
6	8.0 a	8.1 a	7.9 a	8.0 a	7.7 a	7.8 a
cv.(%)	4.38	4.05	2.52	5.2	4.89	4.25

^{1/} ในบรรทัดเดียวกันค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรกำกับเหมือนกันไม่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาดัชนีในการเก็บเกี่ยวผลมะละกอพันธุ์แขกดำในช่วงระหว่างอายุ 2-6 เดือนเพื่อใช้บริโภคผลสุก พบว่าผลมะละกอในช่วงอายุ 6 เดือนจะเป็นระยะที่เหมาะสมสำหรับเก็บเกี่ยวเพื่อนำไปบริโภคผลสุกเนื่องจากผลมีขนาดใหญ่ น้ำหนักของผลมาก เนื้อส่วนที่ใช้บริโภคมีความหนาและผลจะเข้าสู่ระยะการสุก 100% ภายหลังเก็บเกี่ยวตลอดจนเมื่อผลเข้าสู่ระยะสุกมีการเปลี่ยนแปลงของสีผิวและสีเนื้อที่เด่นชัด รวมทั้งส่วนเนื้อผลบริเวณรอยตัดไม่พบน้ำยาง และเมื่อนำมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางเคมีพบว่าผลอายุ 6 เดือนมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูง ขณะเดียวกันมีปริมาณกรดต่ำ ทำให้รสชาติของผลมะละกอในช่วงอายุดังกล่าว ได้รับการยอมรับจากการประเมินผลทางประสาทสัมผัสในด้านของรสชาติสูง นอกจากนี้ในระหว่างการเก็บรักษายังพบว่าผลในช่วงอายุดังกล่าวมีการสูญเสียน้ำหนักน้อยกว่าผลมะละกอในช่วงอายุอื่นๆ

เอกสารอ้างอิง

- Chan, H.T., Jr. 1983. Papaya. In Handbook of Tropical Foods. ed. By Chan, H.T. Marcel Dekker, Inc. New York. 639pp.
- จันทร์วิภา ธนะโสภณ. 2531. พันธุ์ ลักษณะ และคุณสมบัติบางประการของมะละกอ, ในรวมเล่ม เอกสารประกอบการอบรม/สัมมนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวผักและผลไม้เพื่อการส่งออก. ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยี สำนักงานปลัดกระทรวงสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด, กรุงเทพฯ. หน้า 1-2 .
- Jagtiani, J., Chan, H.T. and Sakai W.S. 1988. Tropical Fruit Processing. California : Academic Press, Inc. 184pp.
- Shewfelt, R.L. 1993. Measuring quality and maturity. In Postharvest Handling. eds. by Shewfelt, R.L. and S.E. Prussia . Academic Press, Inc. California. 358pp.
- Prussia, S.E. and Shewfelt, R.L. 1993. Systems approach to postharvest handling. In Postharvest Handling. eds. By Shewfelt, R.L. and S.E. Prussia. Academic Press, Inc. California. 358pp.
- กรมวิชาการเกษตร . 2537. การคัดเลือกมะละกอแขกดำ. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการนำพระทัยจากในหลวง. สถาบันวิจัยพืชสวนศรีสะเกษ, ศรีสะเกษ. 72 หน้า.
- Paull, R.E. 1993. Pineapple and papaya. In Biochemistry of Fruit ripening. eds. by Seymour, G.B., J.E. Taylor and G.A. Tucker. Chapman & Hall, Inc. London. 454 pp.
- Coombe, B.G. 1976. The development of fleshy fruits. Ann. Rev. Plant Physiol. 27: 507-528.
- Shetty, S.R. and Dubash, R.J. 1973. Relation of pectin content of papaya fruit to its firmness and maturity. Indian Food Packer 17 (3) : 5-8.
- Gross, J. 1987. Pigments in Fruits. London : Academic Press, Inc. 303pp.
- Amar, S. 1980. Fruit: Physiology and Production. New Delhi : Kalyani Publishers, Inc. 513 pp.
- Ryall, A.L. and Pentzer, W.T. 1974. Handling, Transportation, and Storage of Fruits and Vegetable. Vol. 2. Fruits and Tree Nuts. Westport Connecticut : The AVI Publishing Company, Inc. 545pp.

13. Pal, D.K. and Selvaraj, Y. 1987. Biochemistry of papaya (*Carica papaya* L.) fruit ripening : changes in RNA, DNA, protein and enzymes of mitochondrial, carbohydrate, respiratory and phosphate metabolism. *J. Hort. Sci.* 62 : 117-124.
14. Kays, S.J. 1975. Stress in harvested products. In *Quality of Horticultural Products*. ed. by Arthey, V.D. Butterworths Company, Inc. Great Britain. 228pp.
15. Tucker, G.A. 1993. Introduction. In *Biochemistry of Fruit Ripening*. eds. by Seymour, G.B., J.E. Taylor and G.A. Tucker. Chapman & Hall, Inc. London. 454 pp.
16. Hughes, O. and Bennion, M. 1970. *Introductory Foods*. 5th ed. London : The Macmillan Company, Inc. 545pp.
17. Bennion, M. 1980. *The Science of Food*. Canada : John Wiley and Sons, Inc. 598pp.
18. Birth, G.S., Dull, G.G., Magee, J.B., Chan, H.T. and Cavaletto, C.G. 1984. An optical method for estimating papaya maturity. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109 : 62-66.
19. Stewart, I. and Wheaton, T.A. 1972. Carotenoids in citrus : their accumulation induced by ethylene. *J. Agric. Food Chem.* 20 : 442-449.
20. Young, R.H. and John, O.L. 1972. Ethylene - induced carotenoid accumulation in citrus fruit rinds. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97 : 258-261.
21. Shimokawa, K., Shimoda, S. and Yaeo, K. 1978. Ethylene - enhances chlorophyllase activity during degreening of (*Citrus unshiu*) Marc. *Scientia Hort.* 8 : 129-135.
22. Desai, U.T. and Wagh, A.N. 1995. Papaya. 297-314. In *Handbook of Science and Technology*. eds. by Salunkhe, D.K. and S.S. Kadam. Marcel Dekker, Inc. New York. 611 pp.
23. Penfield, M.P. and Campbell, A.M. 1990. *Experimental Food Science*. 3rd ed. California : Academic Press, Inc. 541pp.
24. Flath, R.A., Light, D.M., Jang, E.B., Mon, T.R. and John, J.O. 1990. Headspace examination of volatile emission from ripening papaya (*Carica papaya* L., Solo variety). *J. Agric. Food. Chem.* 38:1060-1063.

กราฟผลต่างคือกราฟผลหาร

(Difference Graphs are Quotient Graphs)

สาธิต แซ่จิ่ง*
เที่ยง ภูมิสะอาด**

บทคัดย่อ

กำหนดให้ S เป็นเซตจำกัดของเลขจำนวนเต็มบวก กราฟผลต่าง $G^-(S)$ คือ กราฟที่มี S เป็นเซตของจุดและจุด 2 จุด x และ y ใดๆ ใน S จะประชิดกัน ก็ต่อเมื่อ $|x-y| \in S$ และจะเรียกกราฟทั้งหลายที่สมมูลฐานกับ $G^-(S)$ สำหรับบางเซต S ว่า กราฟผลต่าง นอกจากนี้ถ้าให้ $1 \notin S$ กราฟผลหาร $G^{sup+}(S)$ ก็นิยามในลักษณะคล้ายๆ กัน คือ x และ y จะประชิดกัน ก็ต่อเมื่อ $x/y \in S$ หรือ $y/x \in S$ และจะเรียกกราฟทั้งหลายที่สมมูลฐานกับ $G^+(S)$ สำหรับบางเซต S ว่า กราฟผลหาร เราสามารถแสดงได้ว่า ทุกกราฟผลต่างเป็นกราฟผลหาร และในทางกลับกัน คือ ทุกกราฟผลหารเป็นกราฟผลต่าง

1. บทนำ จากการศึกษ บทความ

“กราฟผลบวกคือกราฟผลคูณ” ใน [2] ที่ได้นิยามกราฟผลบวก $G^+(S)$ ($S \subset \mathbb{N}$) คือกราฟที่มี S เป็นเซตของจุด โดยที่จุด 2 จุด x และ y ใดๆ ใน S ประชิดกันก็ต่อเมื่อ $x + y \in S$ และเรียกกราฟทั้งหลายที่สมมูลฐานกับ $G^+(S)$ สำหรับบางเซต S ว่า กราฟผลบวก (sum graph) นอกจากนั้น ถ้ากำหนดว่า $1 \notin S$ เราสามารถนิยาม กราฟผลคูณ $G^x(S)$ และ กราฟผลคูณ (product graph) ได้ในลักษณะคล้ายกัน บทความข้างต้นได้พิสูจน์ว่า กราฟผลคูณคือกราฟผลบวกนั่นเองในบทความนี้ได้ให้นิยามกราฟผลต่างและกราฟผลหารและสามารถพิสูจน์ได้ว่ากราฟผลหารคือกราฟผลต่างด้วยเหมือนกัน

2. ความรู้พื้นฐาน

คำว่า “กราฟ (Graphs)” ในบทความนี้ มีความหมายแตกต่างจากความหมายปกติที่เรา มักจะคิดถึง กราฟ $G = (V, E)$ ประกอบด้วยเซต 2 เซต คือ เซต V ที่มีสมาชิกเรียกว่า จุด (nodes) และเซต E ที่มีสมาชิกเรียกว่า เส้น (edges) โดยเส้น e แต่ละเส้นใน E ตรงกับคูไม่จัดอันดับ (unordered pairs) ของจุดใน V นั่นคือ ถ้า $u, v \in V$ และ e เป็นเส้นที่เชื่อมจุด u และ v (หรือ u และ v ประชิดกัน (adjacent)) ก็จะได้ว่า $e = \{u, v\}$ ในบางครั้งเพื่อความสะดวก เรามักจะใช้แผนภาพบนระนาบเพื่อแทนกราฟ

* นักศึกษา สาขาคณิตศาสตร์ ชั้นปีที่ 4 คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บ่อยครั้งที่เราพบว่ากราฟเดียวกันเขียนเป็นแผนภาพที่แตกต่างกันได้ อย่างไรก็ตามเราสามารถกล่าวได้ว่ากราฟ $G_1 = (V_1, E_1)$ และกราฟ $G_2 = (V_2, E_2)$ สมสัณฐานกัน (isomorphic) ถ้ามีฟังก์ชัน $f : V_1 \rightarrow V_2$ ซึ่ง

1. f เป็นฟังก์ชันหนึ่งต่อหนึ่งจาก V_1 ไปทั่วถึง V_2
2. สำหรับแต่ละ $u, v \in V_1$, $\{u, v\} \in E_1$ ก็ต่อเมื่อ $\{f(u), f(v)\} \in E_2$ และจะเรียกฟังก์ชัน f ว่า สมสัณฐาน (isomorphism)

บทนิยาม 1

ให้ $S \subset N$ และ S เป็นเซตจำกัด กราฟผลต่าง $G^-(S)$ คือกราฟที่มี S เป็นเซตของจุดใดๆ สมมติว่าเป็น x และ y จะประชิดกัน เมื่อ $|x-y| \in S$ และจะเรียกกราฟที่สมสัณฐานกับ $G^-(S)$ ว่า กราฟผลต่างของ S และถ้า $1 \notin S$ กราฟผลหาร $G^+(S)$ คือกราฟที่มี S เป็นเซตของจุดและระหว่างจุด 2 จุดใดๆ สมมติว่าเป็น x และ y จะประชิดกัน ก็ต่อเมื่อ $x/y \in S$ หรือ $y/x \in S$ และจะเรียกกราฟที่สมสัณฐานกับ $G^+(S)$ ว่า กราฟผลหารของ S

บทนิยาม 2

ให้ G เป็นกราฟ จะกล่าวว่า G เป็นกราฟผลต่าง ถ้ามีเซตจำกัด $S \subset N$ ซึ่ง $G^-(S)$ สมสัณฐานกับ G และกล่าวว่า G เป็นกราฟผลหาร ถ้ามีเซตจำกัด $S \subset N - \{1\}$ ซึ่ง $G^+(S)$ สมสัณฐานกับ G

บทตั้ง

สำหรับสับเซตจำกัด V ของ $N - \{1\}$ จะมีฟังก์ชัน $\varphi : V \rightarrow N$ ซึ่งมีสมบัติว่า สำหรับ $x, y, z \in V$ ทุกตัว $x/y = z$ ก็ต่อเมื่อ $\varphi(x) - \varphi(y) = \varphi(z)$

พิสูจน์

ให้ $V = \{v_1, v_2, \dots, v_s\} \subset N - \{1\}$ กำหนดให้ m เป็น multiplicative labeling function และถ้า $v \in V$ นิยาม $m(v) = p_1^{r_1} p_2^{r_2} \dots p_k^{r_k}$ ซึ่งสอดคล้องเงื่อนไขต่อไปนี้

1. แต่ละ p_i เป็นจำนวนเฉพาะที่แตกต่างกัน k จำนวน
2. p_k เป็นจำนวนเฉพาะที่ใหญ่ที่สุดที่หาร $m(v_1)m(v_2) \dots m(v_s)$ ลงตัว
3. r_i เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ (จะเห็นว่า $r_i = r_i(v)$ และเพราะว่า $m(v) \neq 1$ ดังนั้นมีบาง $r_i \neq 0$)

ให้ b เป็นจำนวนเต็มบวกที่เล็กที่สุด ซึ่ง

$$10^b > \max\{r_i(v) \mid v \in V, i = 1, 2, \dots, k\}$$

นิยามฟังก์ชัน $\varphi : V \rightarrow N$ ซึ่ง

$$\varphi(v) = r_1(v) \cdot 10^b + r_2(v) \cdot 10^{2b} + \dots + r_k(v) \cdot 10^{kb}$$

สำหรับ $v \in V$ ทุกตัว ต่อไปจะแสดงว่า สำหรับ x, y และ $z \in V$ ทุกตัว

$$x/y = z \text{ ก็ต่อเมื่อ } \varphi(x) - \varphi(y) = \varphi(z)$$

สมมติว่า $x/y = z$ เมื่อ

$$m(x) = p_1^{r_1(x)} p_2^{r_2(x)} \dots p_k^{r_k(x)}$$

$$m(y) = p_1^{r_1(y)} p_2^{r_2(y)} \dots p_k^{r_k(y)} \text{ และ}$$

$$m(z) = p_1^{r_1(z)} p_2^{r_2(z)} \dots p_k^{r_k(z)}$$

จะได้ว่า

$$\frac{p_1^{r_1(x)-r_1(y)} p_2^{r_2(x)-r_2(y)} \dots p_k^{r_k(x)-r_k(y)}}{1} = m(x)/m(y) = x/y = z = m(z)$$

$$= p_1^{r_1(z)} p_2^{r_2(z)} \dots p_k^{r_k(z)} \text{ นั่นคือ } r_i(x) - r_i(y) = r_i(z) \text{ สำหรับทุก } i = 1, 2, \dots, k \text{ ดังนั้น}$$

$$\sum_{i=1}^k r_i(x) \cdot 10^{ib} - \sum_{i=1}^k r_i(y) \cdot 10^{ib} = \sum_{i=1}^k r_i(z) \cdot 10^{ib}$$

หรือ $\varphi(x) - \varphi(y) = \varphi(z)$

ในทางกลับกัน สมมติว่า $\varphi(x) - \varphi(y) = \varphi(z)$ เนื่องจากเลขชี้กำลัง $r_i(v)$ จะปรากฏเป็นกลุ่ม ๆ ตามลำดับในการเขียน $\varphi(v)$ เป็นเลขฐานสิบ โดยไม่มีการเหลื่อมล้ำกัน (กล่าวคือ ในการปรากฏของ $r_i(v)$ และ $r_j(v)$ เมื่อ $i \neq j$ จะไม่มีทางที่ $10^{ib} < r_i(v)10^{ib} < 10^{(j+1)b}$) ซึ่งเป็นผลจากการเลือกจำนวนเต็ม b ดังกล่าว ทำให้ $\varphi(v)$ เขียนเป็นผลบวกเชิงเส้นของ $10^b, 10^{2b}, \dots, 10^{kb}$ ได้เพียงแบบเดียวเท่านั้น ดังนั้น ถ้า $\varphi(x) = \sum_{i=1}^k r_i \cdot 10^{ib}$, $\varphi(y) = \sum_{i=1}^k s_i \cdot 10^{ib}$ และ $\varphi(z) = \sum_{i=1}^k t_i \cdot 10^{ib}$ จะได้ว่า $r_i - s_i = t_i$ สำหรับทุก ๆ $i = 1, 2, \dots, k$ นั่นคือ $x/y = z$ นั่นเอง

ตัวอย่าง

กำหนดให้ $V = \{2, 5, 6, 10, 12\}$ จะได้ multiplicative labeling function $m(v) = 2^{r_1(v)} 3^{r_2(v)} 5^{r_3(v)}$ และ $\varphi(z) = r_1(v) \cdot 10 + r_2(v) \cdot 10^2 + r_3(v) \cdot 10^3$ สำหรับทุก ๆ $v \in V$ ($b = 1$) จาก $m(2) = 2^1 \cdot 3^0 \cdot 5^0$ จะได้ว่า $\varphi(2) = 1 \cdot 10 + 0 \cdot 10^2 + 0 \cdot 10^3 = 10$ ส่วนค่าอื่น ๆ ก็หาได้ทำนองเดียวกัน ดังตารางต่อไปนี้

v	$m(v)$	$\varphi(v)$
2	$2^1 \cdot 3^0 \cdot 5^0$	10
5	$2^0 \cdot 3^0 \cdot 5^1$	1000
6	$2^1 \cdot 3^1 \cdot 5^0$	110
10	$2^1 \cdot 3^0 \cdot 5^1$	1010
12	$2^2 \cdot 3^1 \cdot 5^0$	120

จากตารางก็จะพบว่า φ สอดคล้องกับสมบัติในบทตั้ง เช่น $10 \div 5 = 2$ ก็จะได้ว่า $\varphi(10) - \varphi(5) = \varphi(2)$

3. ผลลัพธ์หลัก

ทฤษฎีบท กราฟ G ใดๆ จะเป็นกราฟผลต่างก็ต่อเมื่อ G เป็นกราฟผลหาร

พิสูจน์ จะแบ่งการพิสูจน์ออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

1. จะแสดงว่า ถ้า G เป็นกราฟผลต่าง แล้ว G จะเป็นกราฟผลหาร

ให้ $G = G^-(S)$ เมื่อ $S = \{s_1, s_2, \dots, s_k\} \subset N$ พิจารณา $G' = G^-(M)$ เมื่อ $M = \{2^s \mid s \in S\} \subset N - \{1\}$ และกำหนด $\phi : S \rightarrow M$ โดยที่ $\phi(s) = 2^s$ สำหรับทุก ๆ $s \in S$ จะเห็นได้ชัดเจนว่า ϕ เป็น 1-1 correspondence ให้ u, v และ $w \in S$ เพื่อความสะดวกและโดยไม่เสียยัยทั่วไป สมมติว่า u และ v ประชิดกันโดยที่ $|u-v| = w$ จะได้ว่า ถ้า $u > v$ แล้ว $2^u / 2^v = 2^w \in M$ หรือถ้า $u < v$ แล้ว $2^u / 2^v = 2^w \in M$ นั่นคือ 2^u และ 2^v จะประชิดกันใน $G^+(M)$ และในทางกลับกันเป็นจริงด้วย นั่นคือ จุด 2 จุดใดๆ ของ S จะประชิดกันใน $G^-(S)$ ก็ต่อเมื่อ 2 จุดใน M ที่สมนัยกับ 2 จุดดังกล่าวประชิดกันในกราฟ $G^+(M)$ ดังนั้น $G \equiv G' = G^+(M)$

2. จะแสดงว่า ถ้า G เป็นกราฟผลหาร แล้ว G จะเป็นกราฟผลต่าง

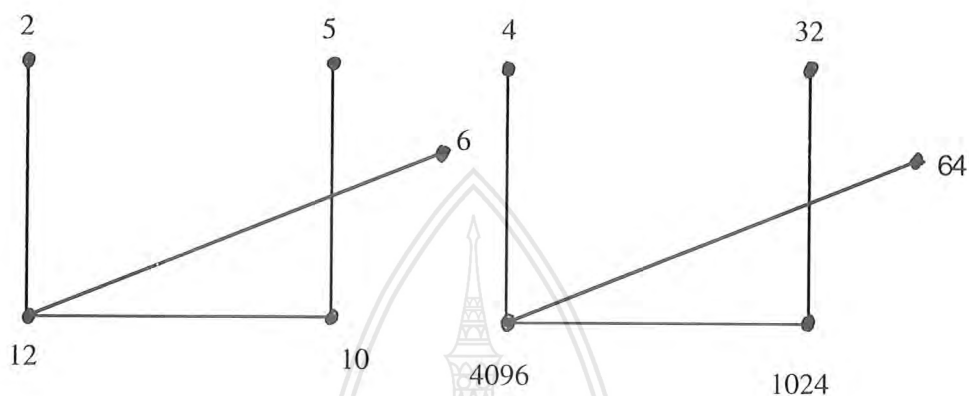
ให้ $G = G^+(V)$ เมื่อ $V = \{v_1, v_2, \dots, v_k\} \subset N - \{1\}$ พิจารณา $G' = G^-(M)$ เมื่อ $M = \{\varphi(v_1), \varphi(v_2), \dots, \varphi(v_k)\} \subset N$ โดยที่ φ เป็นฟังก์ชันที่นิยามไว้ในบทตั้ง ถ้าให้ $\Psi : V \rightarrow M$ โดยที่ $\Psi(v) = \varphi(v)$ สำหรับทุก ๆ $v \in V$ จะเห็นได้ชัดเจนว่า Ψ เป็นสมสัณฐาน ดังนั้น $G \equiv G' = G^-(M)$

ตัวอย่าง ให้ $S = \{2, 5, 6, 10, 12\}$

จะได้ว่า $M = \{2^s \mid s \in S\} = \{4, 32, 64, 1024, 4096\}$

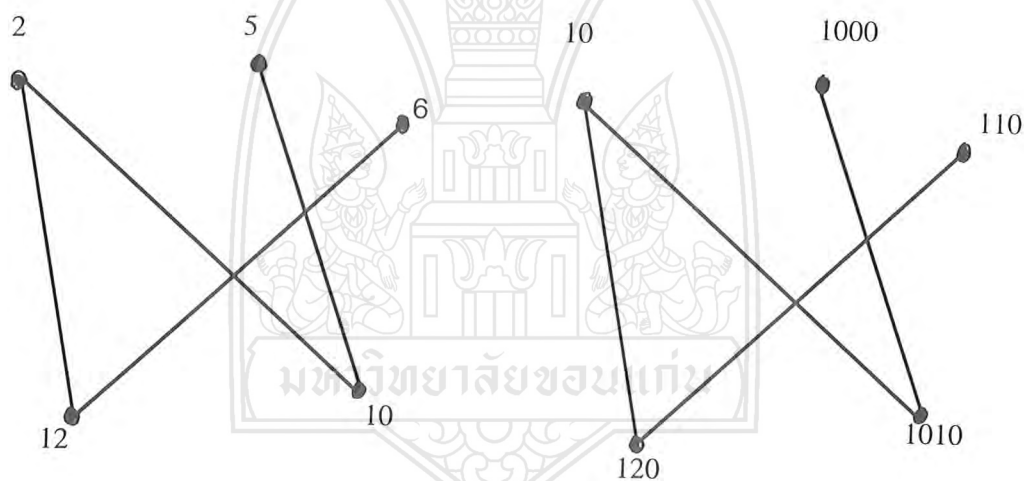
$M' = \{\varphi(s) \mid s \in S\} = \{10, 1000, 110, 1010, 120\}$

และได้กราฟต่าง ๆ ดังต่อไปนี้



$G^-(S)$

$G^+(M)$



$G^+(S)$

$G^-(M)$

4. เอกสารอ้างอิง

1. วนิตา เหมะกุล. 2535. คณิตศาสตร์ดิสครีต. บ.ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด.
2. Bergstrand, D. et. al. 1992. Product Graphs are Sum Graphs. **Mathematics Magazine**. 65 : 262-264.
3. Harary, F.1969. **Graph Theory**. Readings : Addison-Wesley.
4. Tucker, A. 1995. **Applied Combinatorics**. John Wiley & Sons.

A Comparison Study of Automatic Peak Search Algorithms for EDXRF Spectra*

บำรุง สมสวัสดิ์**

บทคัดย่อ

ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบอัลกอริธึม (algorithm) ของการค้นหาค่าโดยอัตโนมัติ โดยมี จุดมุ่งหมายที่จะค้นหาอัลกอริธึมที่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ สเปกตรัมที่ได้จาก ขบวนการการเรืองรังสีเอกซ์แบบการกระจายพลังงาน ในการศึกษาเปรียบเทียบ ได้มีการสร้างและใช้ สเปกตรัมจำลองที่สร้างขึ้นโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ รวมทั้งการใช้สเปกตรัมจริง จากขบวนการ การเรืองรังสีเอกซ์แบบการกระจายพลังงานเป็นตัวตรวจสอบ ผลการศึกษาพบว่าอัลกอริธึมบางอัลกอริธึม นั้น ไม่สามารถจะประยุกต์ใช้กับสเปกตรัมที่ได้จากขบวนการการเรืองรังสีเอกซ์แบบการกระจายพลังงานได้ และพบว่าอัลกอริธึมที่เหมาะสมที่สุดคืออัลกอริธึมที่อาศัยเทคนิค smoothed second derivative เป็นหลักการ ของการทำงาน นอกจากนี้ยังพบว่า ถ้าต้องการความรวดเร็วในการทำงานแล้ว อัลกอริธึมที่อาศัยหลักการ ของการค้นหาค่าสูงสุดเฉพาะที่ (local maximum search) จะเหมาะสมที่สุด แต่ความสามารถในการจำแนก พีกซ้อน (overlapping peaks) จะด้อยกว่า

Abstracts

A comparison study of automatic peak search algorithms has been done with the aim of finding the suitable algorithm for application in the analysis of Energy Dispersive X-Ray Fluorescence (EDXRF) spectral data. The algorithms were tested with both computer generated spectral data with controllable known parameters and also genuine spectra from EDXRF analysis. It was found that some algorithms are not suitable for EDXRF spectra at all, and the best algorithm is the algorithm employing the smoothed second derivative technique. The algorithm employing the technique of local maximum search is also recommended since it is very fast and performs quite well in the overlapping resolving power test.

*บรรยายในการประชุมวิชาการประจำปี ของศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ณ ศูนย์การประชุมสหประชาชาติ กทม. 27 กุมภาพันธ์ - 2 มีนาคม 2540

**ภาควิชาฟิสิกส์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น 40002

I. Introduction

Automatic peak searching is a very important function of a computer program used in material analysis employing the EDXRF (Energy Dispersive X-ray Fluorescence) technique. For an analysis program to perform a fully automatic analysis of the constituents of a specimen, automatic peak searching is a necessary primary step of the process. In the past, several peak searching methods had been developed for energy dispersive spectrum analysis. These methods are :

(1) Smoothed Second Derivative Technique used by Mariscotti[1], Routti & Prussin[2], Koskelo et al.[3] and some others,

(2) Cross-correlation Technique used by Black[4] , and, with some modifications, by Robertson et al.[5],

(3) Local Maximum Search used by Lindstrom and Korotev[6],

(4) Conversion to Step Function Technique used by Slavic & Bingulac[7],

(5) Subtraction by Smoothed Spectrum Technique used by Kosina[8],

(6) Local Maximum Search with Gaussian constraint used by Sanchez[9].

For these methods, only methods 2 and 6 have been applied to energy dispersive x-ray spectra from solid state x-ray detectors. A comparative study among methods 1, 2, 3, 4, and 5 has been done in the past, but the comparison study was done for gamma-ray spectra only[10].

In EDXRF, the spectrum is marginally different from the gamma-ray spectrum. We normally utilize Si(Li) or Hp Ge planar detectors in detecting x-rays for the analysis. The size of the spectrum is 1K (1024 channels) to 2K (2048 channels) at the most. At this size of spectrum,

with the energy of interest range up to about 20-25 KeV, the resolution of these detectors makes each x-ray line contain more than 30-40 channels in the peak. This makes the different in counts of adjacent peak channels almost in the same range as the variation of the background noise. In other words, the peaks in EDXRF spectra do not possess strong peak characteristics as in spectra from gamma-ray analysis. Therefore, the peak search technique must have a very effective way to suppress noise and pronounce the peak. However, EDXRF spectra do have some favorable properties. There are no Compton edge structures that will confuse the peak search algorithms, and the background noise in the region of interest is, with some exception, normally a smooth curve.

In this work, we have done a thorough comparative study of these methods for application to EDXRF spectra. The aim is to find the most suitable method for use in the spectrum analysis package that is under development as a part of the project *Development of EDXRF Analysis System* funded by NECTEC. This exclusive method must be fast, have good resolving power for the overlapping peaks, and have good sensitivity for detecting small peaks.

II. Algorithms of the Techniques

For the ideal cases, locating a peak is quite simple. A peak is found at i^{th} channel of the spectrum if the counts in the i^{th} channel, $N(i)$, satisfy the following condition :

$$N(i-1) < N(i) > N(i+1) \quad (1)$$

However, in the real situation, statistical fluctuations in the spectrum have made locating peaks difficult.

We have to find a way to suppress the statistical fluctuation in the spectrum and/or convolute the raw data to pronounce peaks. To do this, since the spectral data is of a digital nature, we simply use the technique called digital filtering [11] which consists of deriving a new set of data, Y_i , by multiplying the spectral data, N_i , with an appropriated filter function, c_j , of the form;

$$Y(i) = \sum_{j=-k}^k c_j N_{i+j} \quad (2)$$

The shape and values of the coefficients of the filter function depend on the model that the algorithm is based upon. Each of the algorithms employed by the techniques mentioned above can be summarized as in the following :

Algorithm I (A1) : Smoothed Second Derivative

This technique originated from the work of Mariscotti [1] and later was improved by Routti & Prussin [2] and Koskelo et al. [3]. This method is one of the most widely use among gamma-ray analysis packages currently in used around the world. The algorithm exploits the fact that the second derivative of Gaussian functions will have a negative minimum value at the top of the peak. Following the work of Koskelo et al. [3], the primary peak location is defined as the integer channel where the ratio of the smoothed second difference of counts in channel i , dd_i , to the standard deviation, sd_i ,

$$ss_i = \frac{dd_i}{sd_i} \quad (3)$$

reaches its minimum. The dd_i and sd_i are defined by the generalized second difference expression,

$$dd_i = \sum_{j=-k}^k c_j N_{i+j} \quad (4)$$

and

$$sd_i = \sum_{j=-k}^k c_j^2 N_{i+j} \quad (5)$$

Where N_j is the number of counts in the i^{th} channel; $\sigma_{av} = \text{fwhm}_{av}/2.355$ of the peaks in the search interval, and the value of k depends on the filter function c_j . We normally choose k so that c_{k+1} will not contribute any significant value to the function.

In our investigation, we followed the work of Koskelo et al.[3] who suggested the coefficients are defined as

$$c_i = \frac{100(j^2 - \sigma_{av}^2)}{\sigma_{av}^2} \exp \left[-\frac{j^2}{2\sigma_{av}^2} \right] \quad (6)$$

and k is terminated where $|c_{k+1}| < 0.01|c_0|$, and the second coefficient was adjusted to make the total area of the filter function equal to zero. We also introduced a sensitivity limit of the search, SEN , which is a discrimination level to exclude unnecessary channels from the searching process. And the final condition for the i^{th} channel to be a peak is

$$ss_i > SEN \text{ and } ss_{i-1} > ss_i < ss_{i+1} \quad (7)$$

Algorithm II (A2) : Cross-Correlation Technique

There are two algorithms that utilize the idea of cross-correlation technique, normally used in electronics signal processing, to detect peaks on top of the background noise. In the original idea of Black[4] a Gaussian function was used as a

correlator. Black suggested that the correlated spectrum, D_i , should be generated from

$$D_i = \sum_{j=-k}^k \left[\exp \left\{ \frac{(i-j)^2}{2\sigma_{av}^2} \right\} \right] [N_i - (A_i - SEN\sqrt{A_i})] \quad (8)$$

where $A_i = \sum_{j=-k}^k \frac{N_i}{(2k+1)}$ and SEN is the sensitivity factor as before.

This algorithm will be referred to later on as algorithm A2-1.

Robertson et.al.[5] modified the original idea of Black to improve the performance of the technique by the following steps :

(a) Produce a new spectrum by taking the square-root of the original spectrum to enhance the signal to noise ratio of the result;

(b) Produce a correlated spectrum by cross-correlating the new spectrum using a zero-area rectangular pulse as a correlator. The correlator is a square pulse with negative wings on both sides. The positive half-width of the rectangle is suggested to be about one half of the standard deviation of the peak and the width of the negative wing on each side is about three standard deviations.

This algorithm will be referred to later on as A2-2.

To locate the peak, we scan the resulting correlated spectrum, D_i , by a normal peak location as in (1), but for A2-2 we may also introduce a sensitivity factor SEN so that the condition becomes :

$$D_i > SEN \text{ and } D_{i-1} < D_i > D_{i+1} \quad (9)$$

Algorithm III (A3) : Local Maximum Search

Lindstrom and Korotev[6] modified the condition for peak location just slightly. The i^{th} channel will be considered to be a peak if

$$N_i > SEN * C_{\text{ref}} \text{ and } N_{i-1} < N_i > N_{i+1} \quad (10)$$

where C_{ref} is an average counts in some 'reference' channels. The 'reference' channels used in this work are those channels with a distance from the i^{th} channel of -1.2, -0.9, 0.9 and 1.2 times the expected fwhm of the peak.

Algorithm IV(A4) : Conversion to Step Function

Slavic & Bingulac[7] used a technique that converts a raw spectrum into a step function by a condition that

$$D_i = -1 \text{ if } N_i \leq N_{i-1} + SEN * \sqrt{N_i} \\ = +1 \text{ if } N_i > N_{i-1} + SEN * \sqrt{N_i} \quad (11)$$

and the i^{th} channel will be a peak location if D_i changes from +1 to -1.

Algorithm V (A5) : Subtraction by Smoothed Spectrum

Kosina[8] has introduced a technique that removes the background and intensifies the peak by subtracting the original spectrum by a smoothed spectrum. In smoothing the spectrum, the Gaussian weighting function was used. That is, the smoothed spectrum S_i was constructed from the original spectral data N_i by

$$S_i = \frac{\sum_{j=-k}^k W_i N_i}{\sum_{j=-k}^k W_j} \quad (12)$$

where

$$S_i = \exp\left(\frac{-j^2}{2\sigma_{av}^2}\right) \quad (13)$$

and the searching spectrum D_i is calculated from

$$D_i = N_i - S_i \quad (14)$$

The peak is then located by the condition of equation (9).

Algorithm VI (A6) : Local Maximum Search with Gaussian Constraint

Sanchez[9] has proposed a method similar to the local maximum search A3, but with modifications that the algorithm detects the range of the peak instead of the top of the peak. It was suggested that three channels with separations of half of the expected *fwhm* channel apart were used to detect the range that cover the peak position. The condition used is that, the *i*th channel will be considered peak channels if

$$N_i > SEN \text{ and } N_i < N_{i+j} > N_i \quad (15)$$

where $j = fwhm/2$. Then the peak location is calculated from the properties of the Gaussian function.

In all of the algorithms mentioned above, the peak location is found at the integer channel. Thus we calculate the true location by :

$$\text{Peak Location} = \frac{\sum_{j=-k}^k (i+j) N_{i+j}}{\sum_{j=-k}^k N_{i+j}} \quad (16)$$

III. Comparison Criteria

In the analysis of samples, the characteristic of the spectral data that is of concern is the small peaks from trace element analysis and the interference among elements that causes the overlapping peaks in the spectrum. Therefore, we designed our study to compare the capability to detect small peaks, the capability to isolate the overlapping peaks, and also the execution speed and the accuracy of peak locations.

IV. The Test Spectra

Two set of spectra were used in this comparison study. The first set is a set of synthetic spectra generated by computer software and the second set is a set of real spectra from EDXRF analysis of a binary mixture of Copper- and Zinc-oxide.

For the first set, spectra were generated with exactly known peak areas and locations; this is for the test of small peak detection sensitivity. The spectra were generated as in the following :

Firstly, we produced a background spectrum by running EDXRF analysis on a low atomic number specimen such as pure hydrocarbon material using x-ray from x-ray tube with tungsten anode. The resulting spectrum is a clean bremsstrahlung background spectrum of x-rays scattered from the specimen as shown in Figure 1. This spectrum was called BACKSPEC, it has a size of 2K ch

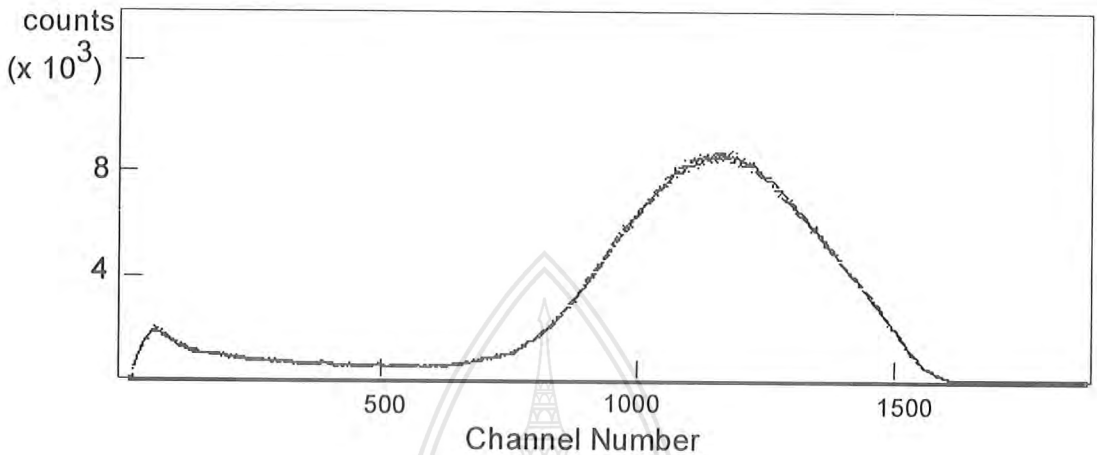


FIGURE 1. Background spectrum BACKSPEC

Secondly, several “peak spectra” were generated. Each of these spectra contains 18 gaussian peaks without background, the peaks are 100 channels apart from channel number 100 to 1800. The true positions of each peak were the integer position plus 0.2(e.g. 100.2, 200.2 etc..), the peak width(fwhm) was taken from a model of the real detector in our laboratory which can be described as

$$fwhm = \sqrt{150^2 + 2.335 \times 0.114E} \quad (17)$$

where fwhm is the full width at half maximum of the peak in eV, E is the energy of the x-ray peak in eV and E is related to channel number by

$$E = 150 + 13.3 \times \text{Channel Number}, \quad (18)$$

The area of each peak was taken as a number of lower limit of detection(LLD), which is a statistical definition which formulates the smallest value of the peak area which will be noticeable above the

background noise. The LLD values were calculated using the formula proposed by Anicin and Yap [12] as

$$LLD = \frac{9}{12} + \sqrt{\frac{81}{4} + 18B} \quad (19)$$

where B is the background count in the region of the peak, and

$$B = \sum_{j=-w}^w b_{ij} \quad (20)$$

where

b_i is the background counts in the i th channel of BACKSPEC spectrum;

i is the peak location;

and

$$w = \text{int} \left(\frac{2.55 fwhm}{2} + 0.99 \right) \quad (21)$$

The content of each peak in the peak region was calculated exactly according to the standard Gaussian function, then Poisson noise was added

to the content of each channel and the true value of all the parameters of the peak were calculated. The peak will be rejected if it appears that any of the parameters differs from the input value for more than 1%. Ten of these spectra were generated, the peak area for each spectrum was set to $1.0 \times \text{LLD}$, $1.5 \times \text{LLD}$, $2.0 \times \text{LLD}$, $2.5 \times \text{LLD}$, up to $5.0 \times \text{LLD}$.

Thirdly, the peak spectrum was added to BACKSPEC to produce a final test spectrum. The name of each spectrum was given according to the value of peak area in the unit of LLD, e.g. spectrum name of 50LLD indicates that peaks in the spectrum will have an area of $5.0 \times \text{LLD}$ counts in each peak.

As an example, the 45LLD spectra is shown in FIGURE 2.

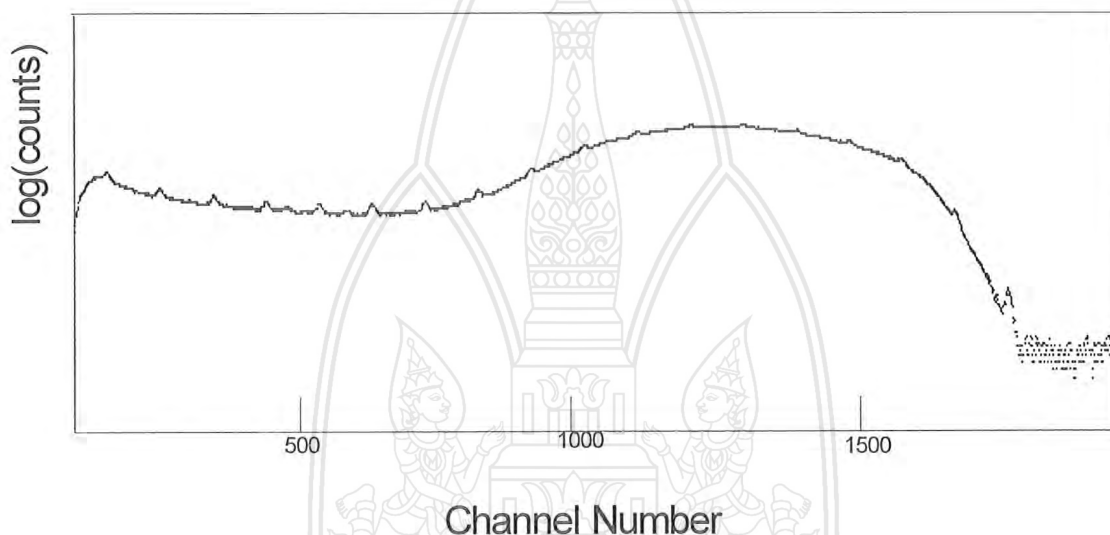


FIGURE 2. 45LLD spectrum, displayed with logarithmic scale.

For the second set, true EDXRF spectra were used, with the aim of testing the resolving power of the algorithms, we chose the Copper and Zinc mixture as a source to produce overlapping peaks of Cu-K_β and Zn-K_∞ . We vary the degree

of overlapping by varying the ratio of Cu : Zn content. The ratio is from 5 : 95, 15 : 85, 25 : 75, 45 : 55, 55 : 45, 75 : 25, 85 : 15, and 95 : 5. FIGURE 3 shows examples of the overlapping peaks

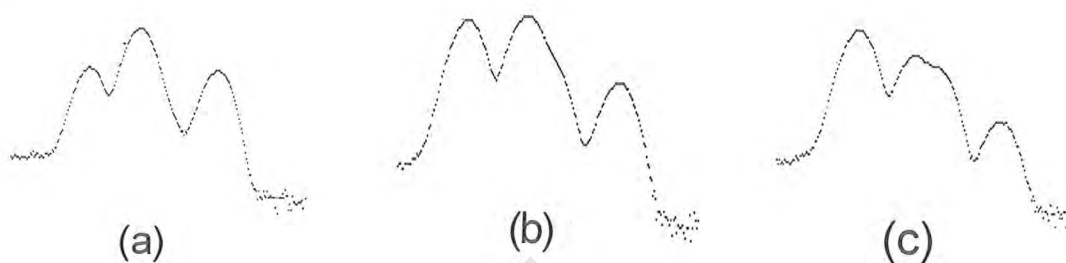


FIGURE 3. X-ray peaks showing overlapping of Cu – Zn, The concentration ratio is (a) 15 : 85 (b) 55 : 45 and (c) 85 : 5. The display is with a logarithmic scale.

IV. Experiment

Programming to implement the selected algorithms has been done using Microsoft QuickBASIC™. It was selected rather than another high level language compiler because of its availability, the ease of implementation and the built-in graphics support. The computer used is an MS-DOS™ computer with Intel™ 80486 CPU running at 66MHz.

In testing the algorithms, the sensitivity factor *SEN* has to be set at the appropriate level. This is because if the setting is too low the peak search algorithms will detect too many spurious peaks; and if it is too high the peak search will omit small peaks. Therefore, we searched for the appropriate value of *SEN* for each algorithm by analysing the BACKSPEC spectrum and set the value of *SEN* so that all the spurious peaks just vanished from the detection of the algorithm. The value was then kept constant throughout the following test.

To compare the performance of the algorithm, we designed the experiment and defined the performance index in the following way :

Firstly, the number of “valid” test spectra was defined by analysing the spectrum which has the mildest characteristics under test (e.g. smallest peak area) and then went on to the stronger characteristics. The number of “valid” test spectra was then ranging from the spectrum that had at least one algorithm detect at least one peak in the spectrum and terminated at the spectrum that one (or more) algorithm detected all of the peaks in the spectrum. In this way, the number of “expected peaks” of the test was defined (equal to 18 multiplied by the number of valid spectra).

Secondly, the number of peaks that the algorithms can detect was found and the *average number of peaks detected per algorithm* (APDA) was defined as

$$APDA = \frac{\text{total number of peaks found by all algorithms}}{\text{number of algorithms under test (=7)}} \quad (22)$$

and then the figure of merit (FOM) of the algorithm is defined by

$$FOM = \frac{\text{number of peaks found for the algorithm}}{APDA} \quad (23)$$

By this definition, FOM is a relative performance index among the algorithms considered. An FOM of 1.00 indicates that the algorithm is at the average point of the performance among all of the algorithms under test, an FOM of 1.50 means that the algorithm is 50% better than average.

From the number of expected peaks, the percentage of peak detection can be calculated and compare.

In the test, if the peak position differs from the true value by more than 2.9 channels, it will be ignored.

V. Results

TABLE 1 shows the results of the peak detection sensitivity test. It shows the number of detected peaks of the test spectra, the time used to finish searching the whole spectrum, and the figure of merit for each algorithm. It is clear that there are only three usable peak search algorithms for EDXRF. They are A1 (Smoothed Second Derivative), A2-2 (Digital Cross- correlation), and A3 (Local Maximum Search). Among these three, A3 is the fastest and A1 has the highest FOM of 2.01, and A1 also has the highest percentage of peak detection at about 75%. It should be noted that some of the algorithms that are quite effective in Gamma-ray spectrum analysis, have failed completely when applied to small peak EDXRF spectral data.

LLD	1.0		1.5		2.0		2.5		3.0		time sec. FOM	
	true	false	true	false	true	false	true	false	true	false		
A1	3	0	14	0	15	0	17	0	18	0	6.4	2.01
A2-1	1	1	3	1	3	1	5	1	5	1	2.7	0.51
A2-2	0	1	4	1	10	1	16	1	16	1	7.7	1.38
A3	1	0	7	0	16	0	17	3	18	4	0.2	1.77
A4	0	2	0	2	0	4	0	6	0	4	0.8	0.00
A5	1	0	3	0	5	0	11	0	14	0	3.6	1.02
A6	0	1	0	1	2	0	3	1	5	1	0.3	0.30

TABLE 1. Results of small peak detection sensitivity: “true” is the number of peaks detected with the position lying within 3 channels of the true positions; “false” is either the spurious peaks or peaks with position found further than 3 channels from the true position.

CU : ZN Ratio	75:25	85:15	95:5
A1	T	T	T
A2-1	F	F	T
A2-2	T	T	F
A3	F	F	T
A4	F	F	F
A5	T	T	T
A6	F	F	F

TABLE 2. Results of resolving power test: T means the overlapping peaks were detected as a doublet; F means the overlapping peaks were detected as a singlet.

TABLE 2 show the results of the resolution test. It was found that only A1, A2-2, and A5 can resolve the overlapping peaks of Cu- K_{α} and Zn- K_{β} starting from the mixture ratio of 75:25. It should be noted that, in the situation where the overlapping peak has the smaller peak in front (at the lower channel number) which is the case of the 95:5 ratio, A2-2 cannot resolve the overlapping

It should be also noted that A5 detected a large number of spurious peaks in the later set of the real EDXRF test spectra.

VI. Conclusion and Discussion

From the results above, it is clear that the best algorithm to be used for automatic peak searching for EDXRF spectra is the smoothed second derivative (A1). It is the best in both peak detection sensitivity and resolving power for the overlapping peaks. The algorithm also does not give any spurious peaks in the small peak detection test. This will be very good for using the algorithm

as a part of a fully automatic analysis package. It will reduce the operator intervention in the analysis. The only draw back of the algorithm is that it rather slow, however, when time is of no concern and the computing power is plentiful, A1 will be the best.

If execution speed is of concern, the local maximum search (A3) is the algorithm to be used. It can complete the search in a very fast time. However, it performs not very well in the overlapping peaks resolving power test.

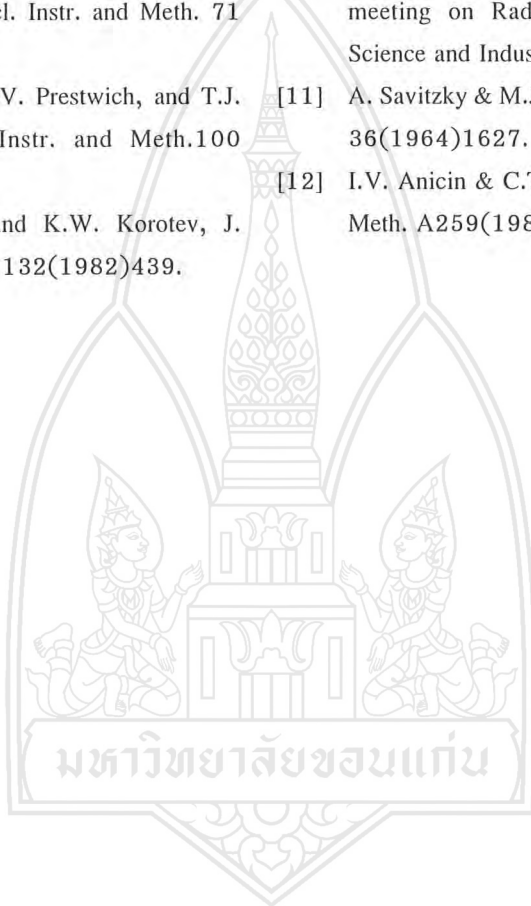
The subtraction by smoothed spectrum algorithm (A5), is quite good and fast, but it is unfortunate that it has given too many spurious peaks that make it quite unusable in the fully automatic package.

VII. Acknowledgements

We wish to thank NECTEC for providing us with the budget for the project *Development of EDXRF Analysis System* which makes this work possible.

VIII. Reference

- [1] M.A. Mariscotti, Nucl. Instr. and Meth. 71(1969)309.
- [2] J.T. Routti and S.G. Prussin, Nucl. Instr. and Meth. 72(1969)125.
- [3] M.J. Koskelo, P.A. Aarnio, and J.T. Routti, Nucl. Instr. and Meth. 190(1981)89.
- [4] W.W. Black, Nucl. Instr. and Meth. 71 (1969)317.
- [5] A. Robertson, W.V. Prestwich, and T.J. Kennett, Nucl. Instr. and Meth. 100 (1972)317
- [6] D.J. Lindstrom and K.W. Korotev, J. Radioanal. Chem. 132(1982)439.
- [7] I.A. Slavic and S.P. Bingulac, Nucl. Instr. and Meth. 84(1970)261.
- [8] Z. Kosina, Nucl. Instr. and Meth. 88(1970)317.
- [9] H.J. Sanchez, Computers In Physics, V.7(5)(1991)407.
- [10] B. Somswasdi and M. Noguchi, 27th Annual meeting on Radioisotopes in Physical Science and Industries, Tokyo 1989.
- [11] A. Savitzky & M.J.E. Golay, Anal. Chem. 36(1964)1627.
- [12] I.V. Anicin & C.T. Yap, Nucl. Instr. and Meth. A259(1987)525.



เครื่องคอมพิวเตอร์

"นายชวดไอน์"

ความรู้เรื่อง ปัญหาปี ค.ศ.2000-Y2K (สำหรับคนเดินถนน)

ในช่วงนี้ ท่านผู้อ่านที่ติดตามข่าวธุรกิจ หรือข่าวเทคโนโลยีตามหน้าหนังสือพิมพ์ต่างๆ ก็คงจะไม่พลาดที่จะได้รับรู้ถึงข่าวที่ไม่ค่อยดีนักเกี่ยวกับปัญหาที่จะเกิดขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 2000 มาถึง ปัญหานี้เป็นปัญหาที่จะเกิดขึ้นกับการคิดระยะเวลาโดยคอมพิวเตอร์ ซึ่งในยุคนี้คอมพิวเตอร์ได้กลายเป็นหัวใจสำคัญของการทำธุรกิจ และการดำเนินชีวิตของเราๆ ท่านๆ ไปอย่างที่เราหลีกเลี่ยงไม่ได้เสียแล้ว คอลัมน์เกร็ดคอมพิวเตอร์ครั้งนี้ จึงใคร่ขออนุญาตหยิบเอาเรื่องนี้มาคุยสู่กันฟังเพื่อเป็นการประดับความรู้สักเล็กน้อย

ต้นตอของปัญหานี้เกิดจากการเก็บข้อมูลปี (ค.ศ.) ด้วยเลขเพียง 2 หลัก แทนที่จะเป็นตัวเลข 4 หลักอย่างที่ควรจะเป็น นั่นคือ ข้อมูลวันที่จะถูกเก็บไว้ในรูปของ DD/MM/YY (คือ ตัวเลข 2 หลักของวันที่/เดือน/ปี ค.ศ.) เช่น สมมุติว่านายชวดไอน์เกิดเมื่อวันที่ 28 สิงหาคม ค.ศ. 1961 ก็จะมีการบันทึกข้อมูลวันเกิดเป็น 28/08/61 เมื่อมีการนำข้อมูลนี้ไปใช้ เช่น เมื่อมีการคิดอายุของนายชวดไอน์ คอมพิวเตอร์ก็จะอ่านวันที่ ของวันนั้นออกมาจากนาฬิกา (real time clock) ของระบบแล้วนำไปคิดค่าผลต่างกับวันเดือนปีเกิด ซึ่งจะเห็นว่า ถ้าเป็นการหาอายุในปีนี้ (ค.ศ. 1998) อายุของนายชวดไอน์ ก็จะเป็น $98 - 61 = 37$ ปี (หนุ่มมาก!) แต่ถ้าโปรแกรมการทำ ทะเบียนประวัตินี้ไปทำงานในปี ค.ศ. 2000 อายุนายชวดไอน์ก็จะเป็น

$00 - 61 = - 61$ ปี (!) และการคิดคำนวณต่อจากนั้น (เช่น การคิดบำเหน็จบำนาญ, การตรวจสอบเวลาเกษียณอายุราชการ หรือการตรวจสอบการครบเกณฑ์เข้าโรงเรียนของเด็กเล็ก) ก็จะผิดไปหมด หรือไม่เช่นนั้น โปรแกรมคอมพิวเตอร์ก็อาจจะ “งง” ว่าทำไมอายุจึงติดลบ ทำให้มีการ “โยนข้อมูลทิ้ง” (Reject) แล้วหยุดทำงานเพราะข้อมูลผิดพลาดได้ (ขึ้นอยู่กับโปรแกรมที่ถูกเขียนขึ้น)

ความผิดพลาดของการคิดเวลาในลักษณะนี้จะเกิดขึ้นได้กับงานทุกประเภท ไม่ว่าจะเป็นการคิดดอกเบี้ยธนาคาร, เงินกู้, การคิดบัญชี, การจ่ายเงินชำระหนี้ผ่านระบบออนไลน์, การคิดเงินเดือนค่าจ้าง ฯลฯ จะสับสนไปหมด ระบบการธนาคาร การพาณิชย์ ก็จะมีปัญหายุ่งเหยิง ถ้าไม่มีการแก้ไขปัญหาล่วงล่วงหน้าก่อนที่เวลานั้นจะมาถึง

นี่คือที่มาของคำกล่าวที่ว่า เศรษฐกิจของโลกจะเกิดความวุ่นวาย และจะเกิดภาวะถดถอยทางเศรษฐกิจขึ้นทั่วโลก เนื่องจากปัญหาปี ค.ศ. 2000 นี้ และโดยความเป็นจริงแล้ว ผลของปัญหานี้จะเกิดขึ้นได้ก่อน ปี ค.ศ. 2000 จะเริ่มด้วยซ้ำไป ขอยกตัวอย่าง (สมมุติ) ดังต่อไปนี้

ท่านที่มีบัตรเครดิต ถ้าท่านดูข้อมูลที่บ้านที่วันที่ออกบัตร และวันหมดอายุบนบัตร ท่านจะเห็นว่าข้อมูลที่บ้านที่ไว้เป็นตัวนูน (ที่จะถูกอ่านโดยเครื่องอ่านอัตโนมัติต่อไป) นั้นจะอยู่ในรูปของ MM/YY เช่นวันที่ออกบัตรเป็น 06/97 และวันหมดอายุเป็น

06/99 (บัตรทั่วไปมีอายุ 2 ปี) ซึ่งท่านจะเห็นว่า วันหมดอายุบัตรจะมีค่าตัวเลขปีมากกว่าตัวเลขของ วันออกบัตร แต่ถ้าท่านรับบัตรใหม่ของท่านในปีนี้ บัตรที่มีอายุ 2 ปีของท่าน ก็จะมีวันหมดอายุที่ถูก บันทึกไว้บนบัตรเป็น 06/00 ถึงตรงนี้ท่านคงจะ เริ่มมองเห็นปัญหา เพราะถ้าอ่านกันตรงๆ จะเห็นว่าค่าตัวเลขปีของวันหมดอายุบัตรที่บันทึกไว้นั้น จะน้อยกว่า ตัวเลขปีของวันออกบัตร ซึ่งกลับ ตาลปัตร กับกรณีแรก เมื่อมีการใช้บัตรก็จะต้องมี การตรวจสอบอายุของบัตรก่อนเป็นอันดับแรก ใน การตรวจสอบอายุบัตรโดยระบบอัตโนมัติ โปรแกรม คอมพิวเตอร์จะตรวจสอบโดยขั้นตอนดังนี้ (นี่เป็น กรณีหนึ่งที่เป็นไปได้เท่านั้น)

(1) ตรวจสอบตัวเลขปีว่าเวลาจริงมี ตัวเลขปีมากกว่าปีของเวลาหมดอายุบนบัตรหรือไม่ ถ้ามากกว่า หมายความว่าบัตรหมดอายุ

(2) ถ้าตัวเลขปีของเวลาจริงเท่ากับปี ของเวลาหมดอายุบนบัตรเท่ากัน ก็จะตรวจสอบ ตัวเลขเดือนว่า เวลาจริงมีตัวเลขเดือนมากกว่า เดือนของเวลาหมดอายุหรือไม่ ถ้ามากกว่าถือว่า บัตรหมดอายุ

(3) ถ้าเงื่อนไข (1) และ (2) ผ่าน (= ไม่หมดอายุ) ก็ให้ถือว่าบัตรนั้นใช้ได้ ผู้ใช้บัตร ก็สามารถใช้จ่ายได้

ดังนั้น ในกรณีที่ท่านมีบัตรหมดอายุที่ 06/99 เมื่อใช้งาน ณ เวลา 08/98 จะถูกตรวจสอบว่าใช้ได้ แต่ถ้าบัตรนั้นหมดอายุที่ 06/00 โปรแกรมจะรายงานทันทีว่า บัตรนี้ใช้ไม่ได้ (หมด อายุแล้ว เพราะปีของเวลาจริง มากกว่าปีของวัน หมดอายุของบัตร) นอกเสียจากว่าโปรแกรม คอมพิวเตอร์ที่ทำงานนี้จะถูกเขียนให้สามารถรับรู้ว่ 98 คือ 1998 และ 00 คือ 2000 แล้วเท่านั้น ซึ่ง ผมก็คิดว่ากรณีอย่างนี้น่าจะได้รับการแก้ไขแล้ว เพราะไม่เช่นนั้น นายชวดไวน์ ก็คงไม่สามารถสั่งซื้อ หนังสือผ่าน Internet ได้อีกต่อไป

ในระบบของเครื่องมือเครื่องจักรที่เกี่ยวข้อง- ข้อกับความปลอดภัย หรือ เกี่ยวกับชีวิตทรัพย์สิน ของประชาชน เช่น ในระบบเครื่องช่วยชีวิตในโรง- พยาบาล ระบบการผลิตไฟฟ้า ระบบสาธารณสุขโรค ระบบขนส่งมวลชน และอื่นๆ เรามักจะมีหน่วย ควบคุมตรวจสอบอัตโนมัติที่ควบคุมให้มีการซ่อม บำรุงสม่ำเสมอตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ ถ้าหากไม่ มีการซ่อมบำรุงตามกำหนดระยะเวลา ระบบ ควบคุมอัตโนมัติจะไม่ยอมให้มีการใช้งานได้อีกต่อ ไปโดยจะมีการสั่งหยุดเครื่องโดยตัวของมันเอง (โดยการสั่งให้หยุดจะอยู่ในสถานการณ์ที่ปลอดภัย เช่น จะไม่ยอมให้เครื่องบิน บินขึ้น จะไม่ใช้การ ดับเครื่องของเครื่องบินขณะบินกลางอากาศ เป็นอันตราย) ปัญหาของปี ค.ศ. 2000 ก็จะมีผล ต่อระบบชนิดนี้อีกเหมือนกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง โปรแกรมและข้อมูลต่างๆ ในระบบนี้จะถูกรรจุไว้ใน ฮาร์ดแวร์ของหน่วยควบคุมที่มีหน่วยความจำ จำกัด ดังนั้นในบางระบบจะมีการคิดตัวเลขโดยใช้ ตัวเลขจำนวนเต็มที่ไม่มีเครื่องหมาย (unsigned integer) ขอยกตัวอย่างให้เห็นดังนี้ สมมุติว่า โปรแกรมควบคุมถูกตั้งให้มีการซ่อมบำรุงทุก 6 เดือน เมื่อช่างทำการซ่อมบำรุง ณ เดือนธันวาคม ค.ศ. 1999 จะมีการบันทึกเวลาไว้เป็น 12/99 ซึ่ง เครื่องจักรนั้นควรจะสามารถถูกใช้งานไปได้ถึงเดือน 05/00 (เดือนพฤษภาคม ค.ศ. 2000) แต่เมื่อถึง วันปีใหม่ ค.ศ. 2000 โปรแกรมจะคิดเวลาโดยการ เอา 00 - 99 ผลที่ได้ควรจะ เป็น - 99 แต่ เนื่องจากไม่มีการคิดเครื่องหมาย ดังนั้น โปรแกรม ควบคุมจะคิดว่าเครื่องจักรนั้น ได้ผ่านการซ่อม บำรุงครั้งสุดท้ายมาเป็นเวลา 99 ปีแล้ว ซึ่งอาจจะ ทำให้ระบบควบคุมสั่งปิดเครื่อง (Shut-down) ใน ทันที (ที่อยู่ในสถานการณ์ปลอดภัย)

นี่คือที่มาของข่าวลือที่ว่าเมื่อถึงวันปีใหม่ปี ค.ศ. 2000 เครื่องช่วยชีวิตในโรงพยาบาล, ระบบ รถไฟใต้ดิน (ของเมืองนอก), เครื่องบิน, ลิฟต์ใน

1083894

อาคารสูงๆ จะหยุด ไม่ยอมทำงานอีกต่อไป (ซึ่งที่จริงแล้วก็ไม่ใช่ว่าเสียทั้งหมด)

การเก็บข้อมูลวันที่ในฮาร์ดแวร์ที่ใกล้ตัวเราที่สุดก็คือ ในเครื่องคอมพิวเตอร์ พี. ซี. ที่เราท่านใช้กันอยู่ทั่วไป พี.ซี.ทุกเครื่อง จะมีโปรแกรมจัดการเกี่ยวกับวันที่เก็บอยู่ในฮาร์ดแวร์ ซึ่งเป็นส่วนที่เรียกว่า bios ใน พี.ซี. รุ่นเก่าๆ บางรุ่น จะมีปัญหาในลักษณะเดียวกันนี้โดยมีการใช้ตัวเลขเพียง 2 หลักในการเก็บค่าปีของวันที่ พี.ซี. เหล่านี้ จะตีความหมายของปี 00 ว่าเป็นปี ค.ศ. 1900 ไม่ใช่ ปี ค.ศ. 2000 อย่างที่ควรเป็น

ถึงตอนนี้ ก็อาจจะมีความถามว่า คนเขียนโปรแกรมนั้นทำไมจึงมั่งง่ายเช่นนี้ พวกเขาไม่รู้เลยหรือว่าจะมีปัญหาอย่างนี้เกิดขึ้น? คำตอบก็คงจะไม่ใช่ความมั่งง่ายไปเสียทั้งหมด เราจะต้องไม่ลืมว่าในยุคก่อนหน่วยความจำของระบบคอมพิวเตอร์ที่มีให้ใช้นั้นมีจำกัดเราพึ่งมาถึงจุดที่อาจจะกล่าวได้ว่ามีหน่วยความจำใช้เหลือเฟือ (หรือค่อนข้างเพียงพออย่างมาก) เมื่อไม่กี่ปีมานี้เอง ดังนั้นการประหยัดพื้นที่ในการเก็บข้อมูลจึงเป็นสิ่งจำเป็น และเมื่อข้อมูลเหล่านี้ถูกใช้งานไปแล้ว การที่จะเปลี่ยนรูปแบบของข้อมูลก็เป็นสิ่งที่ยาก จะต้องมีการยกเครื่องโปรแกรมใหม่ และอาจจะต้องมีการหยุดการทำงานของระบบทั้งหมด ซึ่งไม่ใช่สิ่งที่จะทำได้ง่ายนักในการดำเนินธุรกิจขนาดใหญ่ คงจะต้องมีความจำเป็นที่จำเป็นจริงๆ เท่านั้นจึงจะทำการก็เลย “เลยตามเลย” กันมาตลอด และเวลาของปี 2000 ก็คงจะเป็น “ความจำเป็น” ที่จะต้อง “ยกเครื่อง” กันเสียที !

จากที่กล่าวมานี้ จะเห็นว่าผลกระทบจากปัญหา ปี ค.ศ. 2000 นั้น จะมีความเสียหายมากน้อยแค่ไหนเพียงไร หรือจะมีปัญหาเกิดขึ้นจริง ๆ หรือไม่ ก็จะต้องมีการพิจารณาเป็นกรณีๆ ไปทั้งหมดจะขึ้นอยู่กับซอฟต์แวร์ที่ถูกเขียนขึ้นมาเพื่อทำงานในระบบต่างๆ ที่แตกต่างกันออกไป การแก้

ปัญหานี้จะต้องมีการแก้ที่ตัวซอฟต์แวร์ นั่นคือ จะต้องมีการรื้อต้นตอของโปรแกรม (Source Code) ของซอฟต์แวร์นั้นๆ ออกมาปรับปรุงเพิ่มเติมเงื่อนไข ที่จะทำให้สามารถจัดการกับการเปลี่ยนเลขปีจาก 99 เป็น 00 ให้ได้อย่างถูกต้อง รวมทั้งอาจจะต้องพิจารณาว่า สมควรที่จะปรับรูปแบบ (format) ของการเก็บข้อมูลปีให้เป็น DD/MM/YYYY เสียเลย เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาขึ้นอีกใน 100 ปีข้างหน้า ซึ่งหากโปรแกรมเป็นโปรแกรมเล็กๆ สั้นๆ ก็คงจะไม่มีปัญหามากนัก แต่หากเป็นโปรแกรมที่มีขนาดใหญ่โตมหึมาศาล ก็คงจะต้องลำบากและใช้เวลามาก และหากหน่วยงานซื้อโปรแกรมสำเร็จรูปที่ไม่มี Source Code กำกับมาด้วย มาใช้งานก็คงจะแก้ไขอะไรไม่ได้ นอกจากจะต้องซื้อซอฟต์แวร์ชุดใหม่มาใช้งานเท่านั้นเอง(!) ส่วนระบบการควบคุมที่เก็บโปรแกรมไว้ในฮาร์ดแวร์นั้น ก็คงจะต้องทำการแก้ไขได้โดยการเปลี่ยนฮาร์ดแวร์ (ในส่วนที่เกี่ยวข้อง) ของระบบควบคุมเพียงประการเดียวเท่านั้น

เรื่องนี้ไม่ใช่เรื่องที่จะใช้งบประมาณเล็กน้อยๆ เลยนะครับ และท่านที่เกี่ยวข้องกับเครื่องมือเครื่องจักรที่เกี่ยวข้องกับชีวิตทรัพย์สินของประชาชนก็น่าที่จะต้องตรวจสอบให้ทราบด้วยว่าเครื่องมือต่างๆ เหล่านั้น จะมีปัญหาทับปี ค.ศ. 2000 ดังที่กล่าวมาหรือไม่ อย่างน้อยก็เพื่อที่เราจะไม่ต้องมานั่งเสียใจกันภายหลัง

สำหรับประเทศไทย จุดเปลี่ยนศตวรรษของปีพุทธศักราช จะมาถึงในอีก 59 ปีข้างหน้า (พ.ศ. 2600) ถ้าเรายังใช้ตัวเลข 2 หลักในการเก็บข้อมูลปี พ.ศ. อยู่ ลูกหลานเราก็คงจะต้องมานั่งแก้ปัญหาทำนองเดียวกันนี้อีก ซึ่งเมื่อถึงตอนนั้นคนเขียนโปรแกรมก็คงจะไม่มีข้อแก้ตัวอะไรอีกแล้ว นอกจากเป็นความมั่งง่ายประการเดียว (!)

ขอให้ทุกท่านโชคดีและมีสุขภาพที่แข็งแรง ในปี ค.ศ. 2000 ที่จะมาถึงนี้ ...

เกร็ดเล็กเกร็ดน้อย

โดย
นาย
TONY

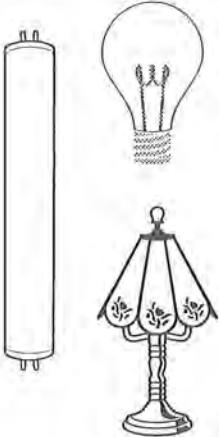
การประหยัดไฟฟ้าในชุด IMF...มาร่วมมือกันเถอะ

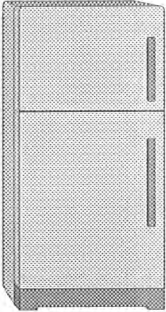
ตอนที่ 2

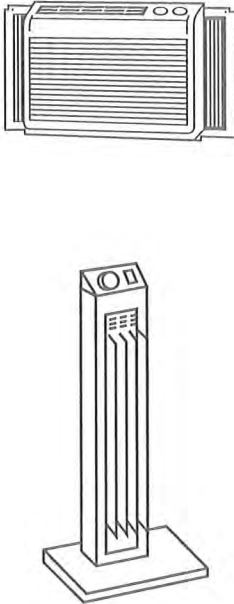
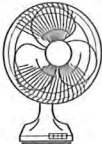
การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัด

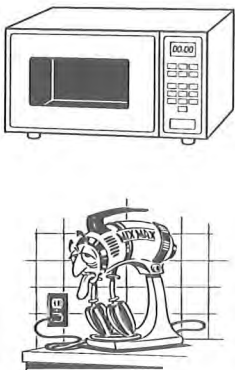
ฉบับที่แล้ว.... นาย TONY ก็ได้กล่าวถึง “เบื้องต้นของการประหยัด” ไปแล้ว เพื่อเป็นการกล่าวนำไว้ให้ทราบพอสังเขปว่าเป็นอย่างไร ส่วนคราวนี้จะได้กล่าวถึงการใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัด โดยทำเป็นตารางแสดงให้เห็นกันชัด ๆ เกี่ยวกับประเภทของเครื่องใช้ไฟฟ้า การเลือกซื้อ ตลอดจนการประหยัดไฟฟ้า

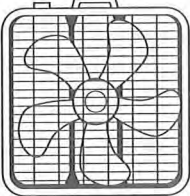
ตาราง ชนิดของเครื่องใช้ไฟฟ้า การเลือกซื้อ และการประหยัดไฟฟ้า

ประเภทของ เครื่องใช้ไฟฟ้า	การเลือกซื้อ	การประหยัดไฟฟ้า
1. หลอดไฟฟ้า 	- ควรซื้อหลอดไฟฟ้าแบบฟลูออเรสเซนต์รุ่นใหม่ ที่ให้กำลังส่องสว่างมากและกินไฟน้อยกว่าหลอดไฟฟ้าชนิดไส้ - ปัจจุบันนิยมซื้อหลอดไฟฟ้าแบบตะเกียบคู่ ที่ประหยัดไฟฟ้าได้มากกว่าหลอดไฟฟ้าแบบฟลูออเรสเซนต์ (แม้หลอดไฟฟ้าแบบตะเกียบคู่จะมีราคาแพงกว่าก็ตาม)	- ควรใช้หลอดไฟฟ้าที่มีวัตต์ต่ำ ๆ ในบริเวณที่ไม่จำเป็นต้องใช้แสงสว่างมาก เช่น เฉลียงทางเดิน สนามหญ้า เป็นต้น - ไม่ควรใช้ผ้าม่านห้อง หรือชุดเฟอร์นิเจอร์ที่มีสีทึบ-คล้ำ ควรใช้สีอ่อน ๆ จะทำให้ห้องสว่างมากขึ้น - หมั่นทำความสะอาดอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ขั้วหลอด ตัวหลอดไฟ รวมทั้งโคมไฟ - ปิดไฟทุกครั้ง เมื่อไม่ใช้ - ไม่ควรเปิดไฟนอน - ควรใช้ไฟตั้งโต๊ะหรือโคมไฟ เมื่อทำงานเฉพาะที่ เช่น การอ่านหนังสือ หรือการเย็บปักถักร้อย เป็นต้น

ประเภทของ เครื่องใช้ไฟฟ้า	การเลือกซื้อ	การประหยัดไฟฟ้า
2. เครื่องรับโทรทัศน์ 	- ควรซื้อขนาดของเครื่องรับโทรทัศน์ให้เหมาะสมแต่ละครอบครัว ซึ่งโทรทัศน์ขนาดดำจะกินไฟน้อยกว่าโทรทัศน์สี - หากใช้โทรทัศน์ที่มีรีโมทคอนโทรลแล้ว จะกินไฟเพิ่มขึ้นมากกว่าแบบไม่มีรีโมทคอนโทรล	- ควรเลือกชมรายการเดียวกันหรือเปิดเมื่อถึงเวลาที่มีรายการที่น่าสนใจจะดู - ปิดโทรทัศน์ทุกเครื่องเมื่อไม่มีคนดู - ควรถอดปลั๊กโทรทัศน์ออกทุกครั้งหลังปิดเครื่อง นอกจากจะประหยัดไฟฟ้า ยังให้ความปลอดภัยอีกด้วย
3. ตู้เย็น  	- ควรซื้อขนาดของตู้เย็นให้เหมาะสมกับครอบครัว ถ้าครอบครัวขนาดเล็ก (2-4 คน) ควรเลือกขนาด 2-4 ลูกบาศก์ฟุต (หรือเรียกว่า คิว) ครอบครัวขนาดกลาง (5-8) ควรเลือก 4.5-10 คิว - ควรซื้อตู้เย็นที่มีฉนวนความร้อนที่หนา และเป็นชนิดโฟมฉีด - ควรซื้อตู้เย็นที่มีปุ่มละลายน้ำแข็ง หรือเลือกซื้อตู้เย็นแบบ NO FROST - ตู้เย็นแบบประตูเดียวจะกินไฟน้อยกว่าตู้เย็นแบบ 2 ประตู - อย่าลืมน้ำหนักที่มีสัญลักษณ์ฉลาก "เบอร์ 5" ที่ประหยัดไฟสูงสุดด้วย	- ควรตั้งตู้เย็นไว้ในที่ที่เหมาะสมโดยให้อยู่ห่างจากผนังอย่างน้อย 10 เซนติเมตร - อย่าตั้งไว้ใกล้แหล่งให้ความร้อน เช่น เตาไฟ หรืออย่าให้ตู้เย็นโดนแดด - ควรหมั่นตรวจสอบขอบยางประตูไว้สม่ำเสมอ - ไม่ควรเปิดตู้เย็นบ่อยเกินไป - ควรละลายน้ำแข็งภายในให้สม่ำเสมอ - ควรปรับระดับตู้เย็นไว้ให้เหมาะสมโดยให้ระดับด้านหน้าของตู้เย็นอยู่สูงกว่าด้านหลังเล็กน้อย - ไม่ควรแช่ช่องมากเกินไป - ถ้าต้องการแช่ของร้อน ควรรอให้เย็นก่อนนำเข้าตู้เย็น - ควรตั้งสวิตช์ควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมโดยส่วนใหญ่ตั้งไว้ในระดับกลาง - ควรถอดปลั๊กไฟ เมื่อไม่อยู่หลายวัน และควรเปิดประตูไว้เล็กน้อย เพื่อมิให้ตู้เย็น เหม็นอับ - หมั่นทำความสะอาดตะแกรงระบายความร้อน ด้านหลังตู้เย็น อย่าให้มีฝุ่นเกาะ

ประเภทของ เครื่องใช้ไฟฟ้า	การเลือกซื้อ	การประหยัดไฟฟ้า
4. เครื่องปรับอากาศ 	- ควรเลือกซื้อขนาดของเครื่องปรับอากาศให้พอเหมาะกับห้องที่ติดตั้ง - ควรเลือกซื้อชนิดของเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมกับลักษณะของห้องว่าจะเป็นชนิดแยกส่วนตั้งพื้นหรือชนิดแยกส่วนติดฝาผนัง - ควรซื้อเครื่องปรับอากาศที่มีราคาพอสมควร โดยให้มีราคาพอเหมาะ โดยให้มีประสิทธิภาพสูงที่สุด แต่ใช้กระแสไฟน้อยที่สุด และให้ความเย็นสูงสุด - อย่าลืมนึกถึงสัญลักษณ์จาก "เบอร์ 5" ที่ประหยัดไฟสูงสุดด้วย	- ควรติดตั้งในที่ที่เหมาะสม โดยต้องตั้งอยู่สูงจากพื้นพอสมควรที่สามารถเปิด-ปิดปุ่มต่างๆ ได้สะดวก และเพื่อให้ความเย็นหมุนกระจายได้ทั่ว - ไม่ควรติดตั้งเครื่องปรับอากาศให้ถูกแสงแดด หรือโดนความร้อนที่ปล่อยออกมาจากอุปกรณ์ประเภทอื่น - อย่าให้ความเย็นรั่วไหลออกจากห้องที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ - ควรปรับปุ่มต่างๆ ให้เหมาะสม โดยเฉพาะตัวควบคุมอุณหภูมิ (Thermostat) ควรตั้งไว้ที่เลขกลางๆ คือ 25 °ซ - หมั่นทำความสะอาดแผ่นกรองอากาศด้านหน้า ตะแกรงด้านหลังของเครื่องปรับอากาศ โดยอย่าให้มีฝุ่นเกาะจับ - ควรปิดเครื่องปรับอากาศทุกครั้งเมื่อไม่มีความจำเป็นต้องใช้
5. พัดลม 	- ควรเลือกซื้อตามความเหมาะสมของแต่ละครอบครัว	- ควรปิดพัดลมเมื่อไม่ใช้ และควรตั้งปลั๊กออกด้วย เพื่อการประหยัด และความปลอดภัย
6. เตารีดไฟฟ้า 	- ควรเลือกซื้อตามความเหมาะสมของแต่ละครอบครัว ซึ่งไม่ควรแพงมากนัก	- ตั้งปุ่มปรับความร้อนให้เหมาะสมกับประเภทของผ้าที่จะรีด - ควรรวบรวมผ้าที่จะรีดแต่ละครั้งให้มีจำนวนมากพอ - ไม่ควรพรมน้ำมากเกินไป หรือขุยมผ้าไว้ - ก่อนรีดเสร็จ 2-3 นาที ให้ปิดและดึงปลั๊กไฟของเตารีดออก เพราะยังคงมีความร้อนเหลืออยู่พอที่จะใช้รีดผ้าจนเสร็จได้

ประเภทของ เครื่องใช้ไฟฟ้า	การเลือกซื้อ	การประหยัดไฟฟ้า
7. เครื่องใช้ไฟฟ้า สำหรับปรุงอาหาร เช่น เตาไฟฟ้า เตาอบ 	- ควรเลือกซื้อตามความเหมาะสมของแต่ละครอบครัว โดยพยายามใช้ชนิดที่กินไฟไม่มากนัก	- ก่อนทำอาหารควรมีการวางแผนโดยควรเตรียมเครื่องปรุงต่างๆ ให้พร้อม - อาหารแช่แข็ง ควรทำให้หายเย็นก่อน กล่าวคือ หากต้องการปรุงอาหารมื้อเย็นก็ควรนำของแช่แข็งนั้นออกมาไว้ชั้นล่างของตู้เย็นก่อน - ควรเลือกชนิดของภาชนะสำหรับปรุงอาหารให้เหมาะสมกับอาหารนั้นๆ เช่น กะทะกันแบน หม้อ เป็นต้น - ควรปิดสวิตช์ก่อนเสร็จการปรุงอาหาร เนื่องจากยังคงมีความร้อนที่พอจะทำให้อาหารสุกได้ - สิ่งที่สำคัญในการประหยัดที่ดีกว่า คือ ควรใช้เตาแก๊ส แทนเตาไฟฟ้า
8. เครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป 8.1 เครื่องซักผ้า  8.2 หม้อต้มน้ำ-กาแฟ  8.3 เครื่องทำน้ำ อุ่นในห้องน้ำ 	- ควรเลือกซื้อตามความเหมาะสมของแต่ละครอบครัว - ไม่ควรซื้อเครื่องที่อบให้แห้งได้ เนื่องจากจะกินไฟมากขึ้น - ควรเลือกซื้อตามความเหมาะสมและจำเป็นของแต่ละครอบครัว - ควรเลือกซื้อตามความเหมาะสมของฐานะแต่ละครอบครัว	- ควรศึกษาวิธีการใช้เครื่องตามคู่มือที่ร้านค้าแนบมา - จำนวนผ้าที่จะซักแต่ละครั้ง ควรมีปริมาณที่เหมาะสมกับขนาดของเครื่องซักผ้า ซึ่งไม่น้อยเกินไปหรืออัดแน่นมากจนเกินกำลังของเครื่อง - ควรต้มน้ำให้มีปริมาณพอการใช้ - ถ้าไม่ใช่เป็นเครื่องแบบอัตโนมัติควรหมั่นคอยดูเมื่อน้ำเดือด และต้องปิดสวิตช์อย่าปล่อยให้เดือดจนล้นหรือแห้งซึ่งอาจเป็นอันตรายได้ - ภายหลังจากอาบน้ำเสร็จควรรีบปิดเครื่องทันที อย่าเปิดสวิตช์ทิ้งไว้ - ระวังอย่าให้น้ำรั่วจากฝักบัว หรือสายท่อน้ำ

ประเภทของ เครื่องใช้ไฟฟ้า	การเลือกซื้อ	การประหยัดไฟฟ้า
8.4 เครื่องดูดฝุ่น 	- ควรเลือกซื้อตามความเหมาะสม ของฐานะแต่ละครอบครัว	- ควรเอาฝุ่นผงในถุงทิ้งทุกครั้ง เมื่อใช้ไป สักระยะหนึ่ง แต่ขึ้นอยู่กับเวลาในการ ใช้งาน
8.5 เครื่องเป่าผม	- ควรเลือกซื้อตามความเหมาะสม ของผู้ใช้	- หลังสระผม ควรเช็ดผมให้เกือบแห้ง ก่อนใช้เครื่อง
8.6 พัดลมดูดอากาศ 	- ควรเลือกซื้อตามความเหมาะสม ของแต่ละครอบครัว	- ควรปิดทุกครั้ง เมื่อไม่มีคนอยู่หรือ เลิกใช้ - ควรเปิดหน้าต่างเพื่อให้ลมธรรมชาติ ช่วยถ่ายเทอากาศ ก่อนเปิดเครื่อง - ควรหมั่นทำความสะอาดใบพัดและ ตะแกรงให้ปราศจากฝุ่น - ควรติดตั้งความเร็วให้พอเหมาะกับการ ใช้งาน
8.7 เครื่องสูบน้ำ	- ควรเลือกซื้อตามความเหมาะสม ของแต่ละครอบครัว	- ใช้เสร็จแล้ว ควรรีบบิดเครื่องทันที - อย่าใช้เครื่องสูบน้ำฉีดน้ำรดต้นไม้ หรือสนามหญ้า - ระวังอย่าให้น้ำรั่วตามท่อหรือตามก๊อก

ท่านทั้งหลายสามารถฝึก “การใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าอย่างประหยัด” แผ่นนี้ออก แล้วนำไปติดข้างฝา ที่เห็นได้ชัด เพื่อให้สมาชิกครอบครัวของท่านอ่านแล้ว จะได้ใช้เป็นประโยชน์ต่อครอบครัว ซึ่งเป็นผลดีต่อประเทศชาติอีกด้วย โดยเฉพาะในภาวะเศรษฐกิจที่ย่ำแย่ในขณะนี้

หมายเหตุ :

ขอบคุณฝ่ายประชาสัมพันธ์ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ที่เอื้อเฟื้อเอกสาร “คู่มือประหยัดไฟฟ้า” กันยายน 2540

ประเทศชาติจะพ้นวิกฤต หากร่วมมือร่วมใจ ประหยัดไฟฟ้า

ปริศนาทักษะวิทยาศาสตร์

การวัดในการทดลอง

ผศ.ดร.วิทยา อมรกิจบำรุง

วัตถุประสงค์ของการทดลองวิทยาศาสตร์ ทุกการทดลองนั้น ก็เพื่อตอบคำถามที่สนใจของนักวิทยาศาสตร์ ปกติแล้วคำตอบจะอยู่ในรูปหน่วยของระบบการวัด การวัดจะมีความเชื่อถือก็ต่อเมื่อเครื่องมือและเทคนิคการวัดมีความน่าเชื่อถือพอแล้วเราจะรู้ได้อย่างไรว่าเครื่องมือและเทคนิคการวัดนั้นมีความน่าเชื่อถือพอ แสดงว่าเราต้องมีกฎเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจการวัดของเรา เมื่อใช้กฎเกณฑ์เหล่านี้บ่อยๆ จนคุ้นเคยก็จะทำให้เกิดความชำนาญในการวัดขึ้นได้

เครื่องมือที่วัดประจำวันและพื้นฐานที่สุดคือ เทอร์โมมิเตอร์ การอ่านเทอร์โมมิเตอร์จะให้ผลที่แตกต่างกันในการวัดเชิงวิทยาศาสตร์ (scientific measurement) โดยทั่วไปเราอ่านเทอร์โมมิเตอร์เป็นองศาเต็มๆ เช่น 30°C , 39°C เป็นต้น ซึ่งมีความละเอียดเพียงพอสำหรับการวัดค่าอุณหภูมิของอากาศประจำวัน

ความชำนาญในการประมาณค่า

เทอร์โมมิเตอร์วัดไข้ทำขึ้นเพื่อวัดอุณหภูมิในบางช่วงอุณหภูมิเท่านั้น ดังนั้นในแต่ละ 1 องศาจึงสามารถแบ่งย่อยให้ละเอียดได้ เช่น ใน 1 องศาเซลเซียส แบ่งเป็น 10 ช่องย่อย ดังนั้น เทอร์โมมิเตอร์วัดไข้จึงอ่านได้เป็น 37.5° , 37.6° , หรือ 37.7°C เมื่อมีไข้ขึ้นถ้าเราอ่านอย่างพิถีพิถัน เราก็สามารถอ่านประมาณค่าได้ละเอียดขึ้น เช่น 39.05°C คืออ่านระดับปรอทอยู่ระหว่าง 39.0°C และ 39.1°C ซึ่งไม่มีขีดบอกรไว้ แต่เป็นการอ่านแบบคาดคะเน (estimate) เอา

ในงานด้านวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการประมาณ 1 ใน 10 ของสเกลบนเครื่องวัดมีการใช้กันเป็นกิจวัตร หรือเป็นอัตโนมัติ ความสามารถเช่นนี้ต้องมีการฝึกฝน เราลองมาพิจารณาการทดลองอันหนึ่งที่จะเป็นการฝึกการอ่านประมาณระหว่างสเกล คือการวัดความหนาของแผ่นกระดาษ

ที่ใช้พิมพ์หนังสือ แม้ว่าความหนาของกระดาษ 1 แผ่น จะน้อยกว่าสเกลเล็กสุดของไม้บรรทัดอยู่มาก แต่ก็มียุทธวิธีวัดความหนาของแผ่นกระดาษได้ค่อนข้างละเอียดมากคือวัดความหนาของกระดาษเป็นปึกแล้วหารด้วยจำนวนแผ่นในปึกที่วัดนั้นตัวอย่างง่าย ๆ นี้จะเปิดเผยถึงหลายสิ่งหลายอย่างในเรื่องของการวัดอยู่มากมาย

อันดับแรกเราอาจจะมีเตรียมแบบบันทึกข้อมูลของการวัด มีรายละเอียดที่สำคัญ เช่น ผู้ทดลองวัด, ชื่อหนังสือ และผู้แต่ง และวันที่ทดลองวัด เมื่อเริ่มทดลองอาจจะเลือกหนังสือมาสักเล่ม เอาเศษกระดาษที่คั่นหนังสือ (ถ้ามี) ออกเปิดหน้าแรก ๆ และหน้าท้าย ๆ หมายถึงไม่รวมปกหน้าและปกใน บีบปึกกระดาษด้วยนิ้วหัวแม่มือและนิ้วที่เหลืองทั้งสี่ให้แน่น ทาบไม้บรรทัดลงบนขอบปึกกระดาษ วัดความหนา อ่านเป็นหน่วยมิลลิเมตร ค่าที่วัดอยู่ระหว่าง 1-2 ซม. หรือระหว่าง 10-20 มม. พยายามกะประมาณทศนิยมตำแหน่งที่ 1 ของ มม. ตอนแรกอาจจะลำบากหน่อยที่จะประมาณ เช่นนั้น อย่างน้อยให้ได้ 1 ใน 4 ของมิลลิเมตรคือ 0.25 มม. เช่น 14 มม. และอีก 1/4 ของ มม. เป็น 14.25 มม.

จะพบรายละเอียดมากมายจากการทดลองง่าย ๆ นี้ คือเมื่อเราอ่านเลขหน้าของแผ่นแรกในปึก และหน้าขวามือนอกปึกกระดาษ พบว่าเป็นเลขที่ผลต่างของเลขหน้าทั้ง 2 คือ จำนวนหน้าของปึกหนังสือที่วัด เมื่อหารด้วย 2 ก็จะเป็นจำนวนแผ่นกระดาษในปึกนั้น บันทึกข้อมูลทั้งหมดลงในแบบบันทึกข้อมูลดังตารางที่ 1

การวัดที่ไม่สอดคล้องกันเกิดขึ้นเสมอ

หลังจากวัดครั้งแรกเสร็จแล้วให้ปิดหนังสือเปิดหนังสือใหม่อีกครั้งแต่คนละที่ (คนละหน้า) กับครั้งแรก วัดและบันทึกข้อมูลใหม่ ทำอย่างน้อย 4 ครั้ง หาผลลัพธ์ของความหนากระดาษ 1 แผ่น คุณจะพบว่า การวัดในแต่ละครั้งให้ผลลัพธ์ไม่เท่ากัน แม้จะเป็นการหาความหนาของแผ่นกระดาษ 1 แผ่น เช่นเดียวกัน

มีเหตุผลหลัก ๆ อยู่ 2 อย่างของผลลัพธ์ที่ไม่สอดคล้องกันคือ 1) อาจจะกดปึกกระดาษแน่นไม่เท่ากัน คุณอาจจะแก้อัปเดตผลด้วยการหาของหนัก ๆ วางทับโดยให้กระดาษวางที่โต๊ะ 2) อาจจะเกิดจากความยังไม่ชำนาญจากการประมาณค่าระหว่างสเกลมิลลิเมตร

ตารางที่ 1 แบบบันทึกข้อมูลของการวัดในการทดลองวัดความหนาของกระดาษ

ชื่อผู้ทดลอง : B.G.

วันที่ 16 มีนาคม 2504

ชื่อหนังสือและผู้แต่ง : Modern Chemistry, Dull, Metcalfe และ William

การวัดครั้งที่	เลขหน้าแรกในปึก	เลขหน้าขวามือนอกปึก	จำนวนหน้าในปึก	จำนวนแผ่นในปึก	ความหนาทั้งปึก ม.ม.	ความหนาต่อแผ่น ม.ม.
1	67	387	320	160	12.4	0.0775
2	41	459	418	209	16.4	0.0785
3	23	549	526	263	20.0	0.0760
4	35	521	486	243	18.5	0.0761
ผลรวม						0.3081
ค่าเฉลี่ย						0.0770

ตารางที่ 2 แสดงผลการวัดทั้งหมด 96 ครั้ง ของความหนาของกระดาษ โดยนักเรียน 24 คน

ชื่อนักเรียน	ความหนา, มม.				ค่าเฉลี่ย	พิสัย	การกระจาย	
							+	-
A	.0757	.0762	.0769	.0746	.0758	.0023	0	4
B	.0808	.0793	.0781	.0821	.0801	.0040	4	0
C	.0811	.0772	.0770	.0756	.0777	.0055	2	2
D	.0655	.0683	.0714	.0746	.0700	.0091	0	4
E	.0741	.0710	.0748	.0711	.0728	.0038	0	4
F	.0756	.0772	.0776	.0759	.0766	.0020	2	2
G*	.0775	.0785	.0760	.0761	.0770	.0025	2	2
H	.0747	.0765	.0735	.0776	.0756	.0041	1	3
I	.0719	.0762	.0802	.0713	.0749	.0089	1	3
J	.0734	.0833	.0833	.0783	.0796	.0099	3	1
K	.0755	.0740	.0714	.0743	.0738	.0041	0	4
L	.0788	.0817	.0794	.0766	.0791	.0051	3	1
M	.0731	.0716	.0726	.0714	.0722	.0017	0	4
N	.0833	.0794	.0783	.0788	.0800	.0050	4	0
O	.0767	.0775	.0765	.0793	.0775	.0028	2	2
P	.0787	.0798	.0864	.0817	.0816	.0077	4	0
Q	.0784	.0799	.0789	.0802	.0794	.0018	4	0
R	.0784	.0820	.0796	.0818	.0804	.0036	4	0
S	.0830	.0796	.0778	.0767	.0793	.0063	3	1
T	.0741	.0680	.0733	.0723	.0719	.0061	0	4
U	.0759	.0766	.0772	.0466**	.0766	-	1	3
V	.0810	.0812	.0789	.0776	.0797	.0036	4	0
W	.0777	.0759	.0795	.0790	.0780	.0036	3	1
X	.0784	.0786	.0797	.0859	.0806	.0075	4	0
ผลรวมของการวัด 95 ครั้ง			=	7.3239				
ค่าเฉลี่ยสำหรับการวัด 95 ครั้ง			=	0.07709				
ค่าเฉลี่ยของพิสัย 23 ค่า			=	0.00483				

*G เป็นนักเรียนคนเดียวกับที่แสดงในตารางที่ 1 ที่ชื่อ B.G.

** ค่าสุดท้ายของการวัดของนักเรียนชื่อ U ซึ่ง = .0466 เป็นการวัดที่ให้ค่าแตกต่างจากค่าเฉลี่ยมากถือเป็นข้อมูล ที่ผิดพลาด จึงไม่นำมาคิดในการคำนวณ

จะเป็นสิ่งที่น่าสนใจมากถ้าการวัดให้ผลซ้ำกัน แต่ถ้าวัดมีความถี่ (ความบ่อย) มากพอ ผลลัพธ์ที่ได้ถือว่าเข้าสู่ค่าความจริง(true value) นี่คือ สิ่งที่น่าสนใจที่วิทยาศาสตร์เรียกว่า ความละเอียด (accuracy)

ถ้าเรารู้ว่า การวัดความหนาของแผ่นกระดาษมีความสำคัญมากต่ออุตสาหกรรมการผลิตกระดาษและการพิมพ์ เราจึงต้องออกแบบเครื่องมือวัดที่มีแรงกดที่มาตรฐานและวัดความหนาด้วยไมโครมิเตอร์ (คือ วัดละเอียดสุด 1 ไมครอน, 0.001 มิลลิเมตร) แม้กระนั้นก็ไม่สามารถตัดปัญหาของการวัดที่ไม่สอดคล้องกันได้ แต่ความเป็นจริงแล้วการปรับปรุงเครื่องมือให้วัดละเอียดมากขึ้นเป็นการเปิดเผยให้ทราบว่า การวัดมีการแปรเปลี่ยน (variation) จากค่าที่วัดได้ซ้ำ ๆ กัน จะมีก็เพียงแต่เครื่องมือที่หยาบลงเท่านั้นเอง จึงจะทำให้การวัดที่ไม่สอดคล้องกันหมดไป แต่แน่นอน ผลการวัดหยาบลงไม่น่าเชื่อถือ

สิ่งที่นักทดลองฝึกฝนอยู่เป็นประจำก็คือ วัดเพื่อให้ทราบค่าที่มากที่สุดและค่าน้อยที่สุด และคำนวณค่าเฉลี่ย ความแตกต่างระหว่างค่าที่มากที่สุดและค่าน้อยที่สุด เรียกว่า “พิสัย” หรือ “ช่วง” (range) ของกลุ่มข้อมูลที่เราได้จากการวัด, ค่าพิสัยบอกถึงการมี variation ของการวัด, ถ้าค่าพิสัยเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเฉลี่ยแล้วมีค่าน้อย แสดงว่าค่าเฉลี่ยนั้นมีความเชื่อถือ (confidence) สูง โดยปกติแล้วคน ๆ หนึ่งจะมีค่าเฉลี่ยของพิสัยของ

การวัด 10 ครั้ง เป็น 1.5 เท่าของการวัด 4 ครั้ง ดังนั้นจำนวนการวัดจึงต้องคำนึงอยู่เสมอ

ค่าเฉลี่ย, พิสัย และการกระจาย

ข้อมูลในตารางที่ 1 นั้นเป็นการทดลองโดยนักเรียน 1 คน, ถ้าให้นักเรียนในห้องซึ่งมี 24 คน ทำการทดลองและบันทึกข้อมูลแบบเดียวกัน โดยวัดหนังสือเล่มเดียวกัน แล้วนำผลลัพธ์มาทำสรุปเป็นตารางที่ 2 จากตารางข้อมูลของนักเรียนชื่อ B การวัดครั้งที่ 4 ของเขาผิดพลาด จากข้อมูลกลุ่มอยู่มาก เราจึงตัดทิ้งถือว่าเป็นค่าที่ไม่มีความถูกต้อง คือเราจะต้องมีการพิจารณาเบื้องต้นก่อนว่าข้อมูลที่ได้นำเชื่อถือพอที่จะเอามาใช้หรือไม่ สรุปผลค่าเฉลี่ยของความหนาของกระดาษ 1 แผ่นได้ 0.07709 มม. และค่าเฉลี่ยของพิสัย 23 ค่า เป็น 0.00483 จากค่าเฉลี่ยทั้งสองตัวเลขทศนิยมตำแหน่งท้ายสุด 2 ตำแหน่ง ไม่มีความแน่นอน แต่ถ้านักคณิตศาสตร์วิเคราะห์อย่างเข้มงวดจริงๆ แล้ว ความไม่น่าเชื่อถือมีถึงทศนิยมตำแหน่งท้ายสุด 3 ตำแหน่ง คือ ความหนาของกระดาษ 1 แผ่น มีความถูกต้องแค่ทศนิยม 2 ตำแหน่งคือ 0.07 มม. เท่านั้น

เอกสารอ้างอิง

“Experimentation and Measurement”, W.J. Youden, NIST Special Publication 672, p.23-32, 1994.



วิทยากรผ่านเว็บไซต์
นางขวดไฉน
wbottle@comsc3.kku.ac.th

พบกันเป็นครั้งที่สองครับ คอลัมน์ที่แล้วมี
ข้อผิดพลาด 2 เรื่อง ที่ต้องขอภัยต่อท่านผู้อ่าน
เรื่องแรกคือ ผมไม่ได้แจ้ง e-mail address ในกรณี
ที่ท่านผู้อ่านต้องการติดต่อกลับมาหรือต้องการ
เสนอแนะเกี่ยวกับ “มุขวิทยาการผ่านเว็บไซต์” นี้
ในฉบับนี้มี e-mail address ปรากฏอยู่ที่หัวเรื่อง
แล้วนะครับ ส่วนอีกเรื่องหนึ่งนั้น มีข้อผิดพลาด
ของการพิสูจน์อักษรเกิดขึ้น ใน address ของ Site #3
address ที่ถูกต้องคือ [huey.jpl.nasa.gov/~spravdo/
neat.html](http://huey.jpl.nasa.gov/~spravdo/neat.html) ต้องขอภัยเป็นอย่างยิ่งครับ

ขอเริ่มการเที่ยว (ทางวิชาการ) บนเว็บไซต์
ลำดับต่อไปเลยนะครับ

Site#5 [http://www.nea.fr/html/rp/
chernobyl/chernobyl.html](http://www.nea.fr/html/rp/chernobyl/chernobyl.html)

ยังจำอุบัติเหตุการระเบิดของเครื่องปฏิกรณ์
ในโรงไฟฟ้าปรมาณูที่เชอร์โนบิล เมื่อ 26 เม.ย.
ค.ศ. 1986 ได้หรือเปล่าครับ เวลาที่ผ่านมา 10
กว่าปี มีผลตามอย่างไรบ้าง? องค์กรของรัฐบาล
ประเทศฝรั่งเศส (ซึ่งเป็นประเทศที่มีการผลิตไฟฟ้า
จากพลังงานนิวเคลียร์สูง ถึง 78.2% ของกำลังการ
ผลิตทั้งหมด*) คือ Nuclear Energy Agency ได้
ตั้งคณะนักวิจัยเพื่อศึกษาผลกระทบ 10 ปี หลัง

จากอุบัติเหตุนี้ขึ้น รายงานของการวิจัยได้เผยแพร่ไว้
ที่ Site นี้

ท่านที่ไม่อยากเสียเวลากับการอ่านราย
ละเอียด สามารถอ่านข้อสรุป Executive Summary
ได้เลย มีข้อสรุปที่ชัดเจนเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น
และผลกระทบที่ตามมา น่าสนใจมากครับ

Site #6 [http://www.pmel.noaa.gov/toga-
tao/el-nino-story.html](http://www.pmel.noaa.gov/toga-tao/el-nino-story.html)

คงไม่สายเกินไปที่จะพูดถึงปรากฏการณ์ El
Nino นะครับ เพราะถึงแม้จะเป็นเรื่องค่อนข้างเก่า
แต่เชื่อว่าหลายท่านอาจจะยังไม่ทราบถึงปรากฏการณ์
La Nina ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่ตรงกันข้ามกับ
El-nino ที่จะตามมาติดๆ เรื่องนี้เป็นเรื่องธรรมดา
มากทางฟิสิกส์นะครับ ธรรมดาในแง่ที่ว่าถ้าระบบที่
สมดุลอยู่ดีๆ ถูกรบกวนให้มีการเปลี่ยนแปลงสุด
โต่งไปข้างหนึ่งระบบจะไม่สามารถกลับเข้าสู่สมดุล
เดิมได้ในครั้งเดียว ระบบมักจะต้องการเปลี่ยน-
แปลงเลยไปอีกข้างเสมอ (การแกว่งของชิงช้าก็เป็น
ตัวอย่างที่ดีอันหนึ่ง)

การ “สั่น” ของปรากฏการณ์ทั้งสองนี้
มีชื่อเรียกว่าเป็น El Nino/Southern Oscillation
หรือ ENSO

* ข้อมูลจากทบวงพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ, IAEA News Briefs ฉบับ April/May 1998 เป็นข้อมูลของ
เดือนมีนาคม ค.ศ. 1998.

รายละเอียดของทั้ง El Nino และ La Nina หาได้จาก Site นี้ครับ

แต่ถ้าท่านต้องการดูประกาศพยากรณ์ว่า ENSO กำลังเกิดขึ้นจริง ๆ ก็ต้องไปที่ Site #7 ครับ

Site #7 <http://www.eorc.nasda.go.jp/TRMM/>

Site นี้เป็น site ที่นำเสนอข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ที่เป็นการร่วมมือระหว่างสหรัฐและญี่ปุ่น ดาวเทียมดวงนี้มีชื่อเรียกว่า Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Satellite และมีเครื่องมือที่สำคัญคือ Microwave Imager ที่สามารถบันทึกอุณหภูมิส่วนต่างๆ ของผิวโลกได้ โดยปราศจากการรบกวนจากเมฆ

รูปถ่ายที่หาได้จาก Site นี้แสดงถึงปรากฏการณ์ El-Nino ได้อย่างชัดเจนและภาพล่าสุดได้แสดงว่า La Nina ได้เริ่มขึ้นแล้วและนอกจากนี้ยังมีภาพถ่ายของพายุไต้ฝุ่น, ฝน และหิมะในส่วนต่างๆ ของโลกอยู่อีกมาก น่าสนใจมาก แต่ผมมีเรื่องบ่นเกี่ยวกับ Site นี้ทีเดียวครับ ตัวหนังสือที่ใช้บน Site นี้มีขนาดเล็กเหลือเกิน คนแก่อย่างนายชวดไวน์ อ่านลำบากครับ!

Site #8 <http://curry.edschool.Virginia.EDU/go/frog/>

ชื่อเป็นทางการของ Site นี้คือ The Interactive Frog Dissection: An On-line Tutorial

Site นี้เป็น site สำหรับการศึกษาทางชีววิทยาโดยเฉพาะ กล่าวคือ เป็น site ที่นักเรียน/นักศึกษา สามารถจะทำปฏิบัติการผ่ากบผ่านทาง Internet ได้ มีครบถ้วนทั้งทฤษฎี (รวมทั้งเอกสารอ้างอิงต่างๆ) วิธีการ, แบบฝึกหัด และภาพเคลื่อนไหว แต่ Web browser ของท่านจะต้องมีความ

สามารถในการแสดงภาพเคลื่อนไหวในฟอร์แมทของ quick Time .MOV ได้เสียก่อน (ตัว plug-in สำหรับ เพิ่มความสามารถ web browser ของท่านอาจจะ download ได้จาก Apple computer ที่ : <http://quickTime.apple.com/sw/>)

เท่าที่ผมลองสำรวจดู คิดว่าประสบการณ์ที่ได้ จะเป็นรองก็เพียงแต่การลงมือทำจริงๆ เท่านั้นเอง คาดว่าจะเป็นประโยชน์มากสำหรับระดับมัธยมศึกษา/นักศึกษาปี 1

เป็นผลงานที่น่ายกย่องสำหรับ Mable Kinzie แห่ง Curry School of Education, University of Virginia

นายชวดไวน์ ขอปรบมือดังๆ ให้ 3 ครั้งครับ

Site #9 <http://wotsit.simsware.com>

ในประเทศด้อยพัฒนาอย่างบ้านเรา การพัฒนาอะไรต่อมิอะไรขึ้นมาใช้เองก็เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับงบประมาณของสถาบันที่มีอยู่แสนจะจำกัดในยุคฟองสบู่แตกเช่นนี้ ในแง่ของซอฟต์แวร์ การพัฒนาโปรแกรมขึ้นมาใช้เองหรือขยายขีดความสามารถของซอฟต์แวร์ที่มีอยู่อุปสรรคตรงที่เราอาจจะไม่ทราบฟอร์แมท (format) ของไฟล์ข้อมูลชนิดต่างๆ ซึ่งทำให้เราไม่สามารถที่จะเขียนโปรแกรมเพื่ออ่านข้อมูลมาดำเนินการต่อได้

Site นี้จะแก้ปัญหาก็กล่าวมาแล้วได้ เพราะเป็นที่รวบรวมรายละเอียดของฟอร์แมทของไฟล์ข้อมูลชนิดต่างๆ ครบถ้วน ไม่ว่าจะเป็นฟอร์แมทของไฟล์รูปภาพและภาพเคลื่อนไหวชนิดต่างๆ, ไฟล์ข้อมูลของ Spread sheet ต่างๆ, และอื่นๆ อีกมาก

ผมคิดว่าเป็น Site ของเอกชนที่มีประโยชน์อย่างมากแก่บ้านเราอีก Site หนึ่ง

Site #10 <http://www.iaea.or.at/worldatom/glance/legal/>

ขออนุญาตปิดคอลัมน์ประจำฉบับนี้ด้วยเรื่องทางนิวเคลียร์อีกเรื่องหนึ่งนะครับ

ท่านที่กังวลเรื่องการติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์เพื่อใช้ในการวิจัยหรือการผลิตไฟฟ้าที่กำลังเป็นข่าวกันเมื่อเร็วๆ นี้ ถ้าเข้ามาที่ Site นี้แล้วอาจจะทำให้ท่านสบายใจขึ้นบ้างว่า มืองค์กรของสหประชาชาติคอยดูแลเรื่องนี้อยู่ (แต่อาจจะไม่แน่ครับ กรุณาอ่านต่อไป)

เจ้าของ Web Site แห่งนี้คือ ทบวงพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (IAEA) ซึ่งเป็นหน่วยงานของสหประชาชาติที่ทำหน้าที่ควบคุมดูแลและโปรโมท การใช้พลังงานนิวเคลียร์เพื่อสันติในกลุ่มประเทศภาคีสมาชิกทั้งหมด หน้าที่ที่สำคัญยิ่งขององค์กรนี้ก็คือ การควบคุมความปลอดภัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ในโรงไฟฟ้าปรมาณูทั้งหลาย ในการควบคุมความปลอดภัยนี้ ได้มีการออกอนุสัญญา (Convention) ต่างๆ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่ประชากรโลกขึ้น โดยประเทศที่ตกลงเข้าร่วมเป็นภาคีของอนุสัญญาต่างๆ จะต้องรักษาและถือปฏิบัติ ตามอนุสัญญาต่างๆ โดยเคร่งครัด

Site นี้ มีชื่อเป็นทางการว่า International Nuclear Legal Framework เนื้อหา จะมีรายละเอียดของอนุสัญญาต่างๆ ที่ท่านสามารถจะค้นดูรายละเอียดได้ รวมทั้งรายชื่อประเทศที่ได้ลงนามหรือได้ให้สัตยาบันไว้แล้ว ขอยกชื่อของอนุสัญญาต่างๆ มากล่าวอ้างเพื่อให้ท่านผู้อ่านได้เห็นขอบเขตของการดูแลขององค์กรนี้ ดังนี้ (บางอนุสัญญายังอยู่ในขั้นร่างเท่านั้น)

- Convention on Early Notification of a Nuclear Accident.
- Convention on Assistance in the Case of Nuclear Accident or Radiological Emergency.
- Convention on Supplementary Compensation for Nuclear Damage.
- Convention on Physical Protection of Nuclear Material.
- Convention on Nuclear Safety.
- Vienna Convention on Civil Liability for Nuclear Damage.
- Joint convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management.

ที่น่าสนใจคือ ในจำนวนอนุสัญญาทั้งหมดนี้ประเทศไทยได้ให้สัตยาบัน (Ratification) ที่จะปฏิบัติตามอนุสัญญาเพียง 2 อนุสัญญาเท่านั้น คือ Convention on Early Notification of a Nuclear Accident และ Convention on Assistance in the case of Nuclear Accident or Radiological Emergency เท่านั้น โดยที่ยังไม่ได้ร่วมเป็นภาคีใน Convention on Nuclear Safety เลย!

ท่านที่กังวลเรื่องความปลอดภัยของการใช้/สร้าง เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ในบ้านเรา สบายใจขึ้นหรือเปล่าครับ?!

พบกันใหม่ฉบับหน้าครับ

คณิตศาสตร์ชวนคิด

วิจารณ์ สดศิริ

กลับมาพบกันอีกแล้วครับท่านผู้อ่าน สำหรับคอลัมน์ “คณิตศาสตร์ชวนคิด” ในฉบับนี้เป็นปัญหาเกี่ยวกับตัวเลขทั้ง 2 ปัญหา (จริงๆ แล้วอยากฝากท่านผู้อ่านช่วยแก้ปัญหาให้อีกสักหนึ่งปัญหาคือ “จะหาเงินผ่อนบ้านได้อย่างไร ?” เดี่ยวท่านบรรณาธิการจะว่าเอา) เพื่อไม่ให้เสียเวลาขอเริ่มที่ปัญหาแรกเลยนะครับ

ปัญหาที่ 1 ให้ $A = \{ i \mid i \text{ เป็นจำนวนเต็ม และ } 1998 \leq i \leq 2541 \}$

ให้ $B = \{ i \mid i \in A \text{ และ } 3 \text{ หาร } i \text{ ลงตัว} \}$

และ ให้ $C = \{ i \mid i \in A \text{ และ } 4 \text{ หาร } i \text{ ลงตัว} \}$

อยากทราบว่าเซต $B - C$ มีจำนวนสมาชิกทั้งหมดเท่าไร

ปัญหาที่ 2 จงพิจารณาว่าลำดับ $\{\sin n\}$ เป็นลำดับลู่เข้า (convergent) หรือเป็นลำดับลู่ออก (divergent)



(เฉลยอยู่ในหน้าถัดไป)

ขอเชิญชวนท่านผู้อ่านร่วมส่งปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่น่าสนใจ (พร้อมเฉลย) เพื่อนำลงตีพิมพ์ในคอลัมน์นี้ ผู้เขียนยินดีเป็นอย่างยิ่งที่ท่านจะได้เป็นเจ้าของคอลัมน์นี้ร่วมกัน ขอเพียงท่านส่งปัญหามายัง

อาจารย์วิจารณ์ สดศิริ

ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อ.เมือง จ.ขอนแก่น

40002

ผู้เขียนยินดีรับพิจารณาทุกปัญหาที่ส่งมา ถ้าปัญหาใดที่ผู้เขียนเห็นว่าน่าสนใจผู้เขียนจะนำลงตีพิมพ์ในอันดับต่อไป

เฉลย

ปัญหาที่ 1 ให้ $n(B)$, $n(B - C)$ และ $n(B \cap C)$ แทนจำนวนสมาชิกของเซต B , $B - C$ และ $B \cap C$ ตามลำดับ เนื่องจาก $B = (B - C) \cup (B \cap C)$ และ $(B - C) \cap (B \cap C) = \emptyset$ ดังนั้น

$$(*) \quad n(B - C) = n(B) - n(B \cap C)$$

เพราะว่า $B = \{ 1998 = 3 \times 666, 3 \times 667, \dots, 2541 = 3 \times 847 \}$

ดังนั้น $n(B) = 847 - 666 + 1 = 182$

แต่ ห.ร.ม. ของ 3 และ 4 เท่ากับ 1 นั้นแสดงว่า

$$\begin{aligned} B \cap C &= \{ i \mid i \in A \text{ และ } 12 (= 3 \times 4) \text{ ทหาร } i \text{ ลงตัว} \} \\ &= \{ 2004 = 12 \times 167, 12 \times 168, \dots, 2532 = 12 \times 211 \} \end{aligned}$$

ดังนั้น $n(B \cap C) = 211 - 167 + 1 = 45$

แทน $n(B)$ และ $n(B \cap C)$ ในสมการ (*) เราได้ว่า

$$n(B - C) = 182 - 45 = 137$$

ปัญหา 2 ให้ I^+ เป็นเซตของจำนวนเต็มบวกทั้งหมด จะเห็นได้ชัดว่าสำหรับแต่ละ $i \in I^+$ ความยาวของช่วงปิด

$$[2\pi i + \pi/4, 2\pi i + 3\pi/4] \quad \text{และ} \quad [2\pi i + 5\pi/4, 2\pi i + 7\pi/4]$$

ต่างก็มีค่าเท่ากับ $\pi/2 > 1$ ดังนั้น

$$A = I^+ \cap \left(\bigcup_{i=0}^{\infty} [2\pi i + \pi/4, 2\pi i + 3\pi/4] \right)$$

$$\text{และ} \quad B = I^+ \cap \left(\bigcup_{i=0}^{\infty} [2\pi i + 5\pi/4, 2\pi i + 7\pi/4] \right)$$

เป็นเซตอนันต์ แต่เนื่องจาก

$$\sin n \begin{cases} \geq \frac{\sqrt{2}}{2} & \text{เมื่อ } n \in A \\ \leq -\frac{\sqrt{2}}{2} & \text{เมื่อ } n \in B \end{cases}$$

ดังนั้นเราจึงสรุปได้ว่าลำดับ $\{\sin n\}$ เป็นลำดับลู่ออก

ข้อแนะนำในการเขียนบทความลงวารสาร วิทยาศาสตร์ มข.

ประเภทของเรื่องที่จะตีพิมพ์

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

รูปแบบของการเขียนและการเตรียมต้นฉบับ

1. ต้นฉบับ ต้องเป็นตัวพิมพ์ปกติ มีช่วงห่างระยะบรรทัดตามมาตรฐาน พิมพ์ลงในกระดาษขาว A4 (โรเนียวสัน) โดยใช้กระดาษหน้าเดียว ความยาวไม่เกิน 10 หน้า ส่งต้นฉบับ 2 ชุด หรือต้นฉบับพิมพ์ 1 ชุด และ Diskette ของบทความนั้น
2. ต้นฉบับ จะถูกพิจารณาโดยกองบรรณาธิการ และจะตอบรับการได้รับบทความโดยไม่ส่งต้นฉบับคืน ผู้เขียนควรจะทำสำเนาเก็บไว้เป็นหลักฐานของตัวเอง 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) ใช้เฉพาะที่จำเป็นเพื่อขยายหรือให้รายละเอียดเพิ่มเติมแก้ไขความเฉพาะตอนในบทความ ข้อความที่จำเป็นจะต้องมีเชิงอรรถให้ใช้เครื่องหมายดอกจัน (*) กำกับท้าย
9. ตารางและภาพประกอบ คำบรรยายประกอบตารางหรือภาพประกอบควรจะสั้นและชัดเจน ถ้าเป็นภาพถ่ายให้ใช้ภาพขาว - ดำ ขนาดโปสการ์ด ภาพเขียนลายเส้นควรเขียนด้วยหมึกดำ ภาพที่เขียนต้องชัดเจนและมีขนาดที่เหมาะสม
10. เอกสารอ้างอิง หรือบรรณานุกรม แนะนำให้เขียนตามแบบที่ทางวารสารกำหนด

ส่งต้นฉบับมาที่

กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ มข.

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

อภิสิทธิ์ในการสำหรับผู้เขียน

เรื่องที่ได้รับการตีพิมพ์ ผู้เขียนจะได้รับวารสารฉบับนั้น 2 เล่ม และสำเนาพิมพ์อีก 15 ชุด

การเขียนเอกสารอ้างอิงในวารสารวิทยาศาสตร์ มข.

เอกสารอ้างอิง (Reference) หมายถึง เอกสารหรือส่วนหนึ่งของเอกสารที่อ้างอิงถึงหรือแปลมาโดยตรง การเขียนเอกสารอ้างอิงในเนื้อหานี้ ให้ใช้ระบบหมายเลขเรียงตามลำดับที่อ้างอิง การเขียนเอกสารอ้างอิงในตอนท้ายบทความนั้น ให้ใส่เฉพาะเล่มที่มีการอ้างอิงไว้ในเนื้อหาเท่านั้น

บรรณานุกรม (Bibliography) หมายถึง เอกสารที่ใช้อ้างอิงในลักษณะที่สรุปเป็นหลักการหรือทฤษฎีโดยมิได้อ้างอิงหรือแปลมาโดยตรง จึงไม่ต้องมีหมายเลขกำกับในรายงาน แต่สรุปรวมเป็นรายชื่อเอกสารในส่วนของบรรณานุกรมโดยคำนึงถึงลำดับตัวอักษร (order system)

การเขียนเอกสารอ้างอิง หรือบรรณานุกรม 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

- กรณีที่เป็นเอกสารอ้างอิงจากแหล่งอื่น ๆ นอกเหนือจากที่กำหนดข้างต้น เช่น จุลสาร, หนังสือพิมพ์ ฯลฯ ให้ยึดหลักการเขียนตามแบบข้างต้นโดยอนุโลม
- กรณีที่ผู้เขียน 2 หรือ 3 คน ให้เขียนตามแบบของผู้เขียนคนแรก แต่ให้เติมคำว่า “และ” หรือ “and” หน้าชื่อสุดท้ายในกรณีของภาษาไทย หรือภาษาอังกฤษตามลำดับ
- กรณีที่ผู้เขียนมากกว่า 3 คนขึ้นไป ให้ใส่เฉพาะผู้แต่งชื่อแรกและใส่คำว่า “และคณะ” หรือ “et. al.” ในกรณีของภาษาไทย หรือภาษาอังกฤษตามลำดับ
- ถ้าเอกสารที่ถูกต้องอยู่ในระหว่างตีพิมพ์ ให้บอกรายละเอียดมากที่สุดและใช้คำว่า “ระหว่างตีพิมพ์” หรือ “in press” ในกรณีของภาษาไทย หรือภาษาอังกฤษตามลำดับ โดยวงเล็บต่อท้ายเอกสารอ้างอิงนั้น

