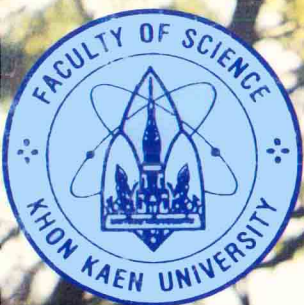




ISSN 0125 - 2364

วารสาร

วิทยาศาสตร์มช.

THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

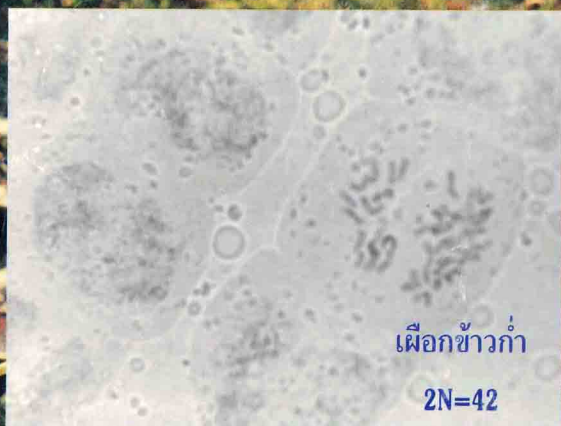
ปีที่ 23 ฉบับที่ 2 เม.ย. - มิ.ย. 38



เฟือกจีน

$2N=28$

จำนวนโครโมโซมของเฟือกก้านเมือง

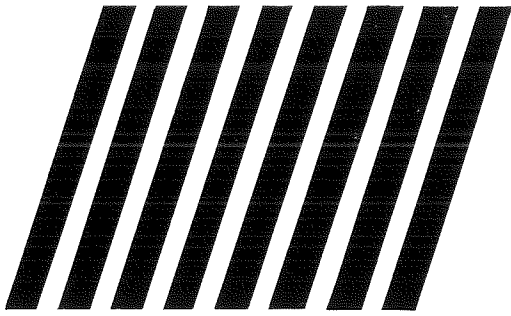


เฟือกข้าวก่ำ

$2N=42$



12.-



วารสาร

วิทยาศาสตร์ชุมชน
THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

ISSN 0188-8384

เจ้าของ

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สำนักงาน

คณะวิทยาศาสตร์ ตึก 6

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วัตถุประสงค์

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

กำหนดออก

ปีละ 4 ฉบับ

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

ค่าบำรุง ปีละ 40 บาท ข่ายปลีก เล่มละ 12 บาท

การบอกรับเป็นสมาชิก

แจ้งความจำนงค์เป็นจดหมาย หรือกรอกใบสมัครเป็นสมาชิก พร้อมส่งค่าบำรุงเป็นธนาคัตติ หรือเช็คไปรษณีย์ในนามของนางลักขณา สุขบาง ฝ่ายจัดการ ส่งจ่าย ป.ณ.มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

ที่ปรึกษาคณบดีคณะวิทยาศาสตร์
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ**บรรณาธิการ**

พิสิฏฐ์ เจริญสุดใจ

บรรณาธิการผู้ช่วย

เอกพรรณ สวัสดิ์ชิตัง

กองบรรณาธิการ

รัชณี ฉวีราช

นฤมล แสงประดับ

พลสันต์ มหำพันธ์

เฉลิม เรืองวิริยะชัย

เยาวภา บริพันธ์

สยาม ชูอิน

อโนทัย ตริวานิช

พฤษดี ศิริแสงตระกูล

สมศักดิ์ สร้างบิน

ทัศนีย์ จิตตะทวี

สุพจน์ ไวย่างกูร

ฝ่ายศิลป์และภาพ

กิเลน ตินนรเศรษฐ์

ทรงเวทย์ เบ้าชัย

ฝ่ายเหรียญก

ลักขณา สุขบาง

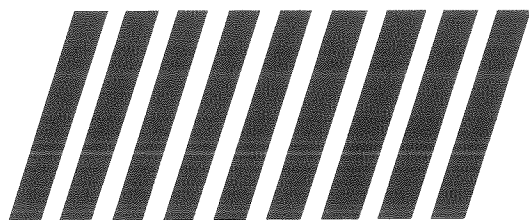
ฝ่ายจัดการ

บุญคุ้ม เหลือล้ำ

สมศักดิ์ อุ่นจันทร์

พยอม เดชพลมาตย์





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

40 baht per annum. Single issue price 12 baht.

Membership

Membership request can be made by letter or by completing the membership form, with the fee paid in the form of a postal order or postal cheque sent to Mrs. Luckana Sukban, 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

Pisit Chareonsudjai

Associate Editor

Eagapun Sawadcitang

Editorial Board

Rachanee Chaveerach
Narumon Sangpradub
Polson Mahakhan
Chalerm Ruangviriyachai
Javapa Boripun
Supot Waitayangkoon
Siam Choothin
Anothai Trevanich
Pusadee Seresangtakul
Somsak Sarangbin
Tassanee Jittakhawee

Artist

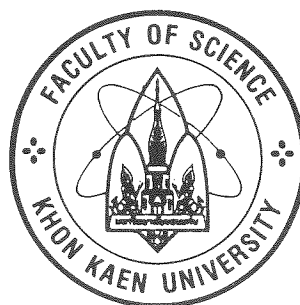
Kilen Tinnoraset
Songwate Bousechai

Treasurer

Luckana Sukban

Managing Staff

Boonkoom Lualon
Somsak Unjantee
Payom Dejpomataya



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

แถลง

ก่อนอื่น ต้องขอขอบคุณท่านผู้เขียนทั้งหลาย ที่กรุณาส่งบทความมาลงตีพิมพ์เป็นจำนวนมาก ซึ่งผมก็ขอรับรองว่าจะลงตีพิมพ์ตามลำดับก่อนหลัง ตามต้นฉบับที่แก้ไขครั้งสุดท้ายที่ผู้ทรงคุณวุฒิได้กรุณาเสนอแนะไว้

เนื้อหาของฉบับนี้ก็เข้มข้นขึ้น บทความพิเศษในฉบับนี้เป็นการสัมภาษณ์คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ เพื่อให้เห็นทิศทางการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในอนาคต สำหรับคนที่สนใจทางวิทยาศาสตร์ หรือนักเรียนที่สนใจจะเข้าเรียนต่อทางวิทยาศาสตร์จะได้เตรียมการล่วงหน้า สำหรับเสริมทักษะ ม.ปลาย ก็เปลี่ยนเป็นเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนที่สนใจเตรียมตัวก่อนเข้าสอบเทียบหรือสอบโควต้าของมหาวิทยาลัยขอนแก่น นอกจากนี้ก็เช่นเคย คอลัมน์ประจำ งานวิจัย และบทความปริทัศน์ก็อัดแน่นอยู่ภายในฉบับ เพื่อเสนอสาระทางวิชาการแก่ท่าน

เรื่องสำคัญอีกเรื่องหนึ่งคือ ขณะนี้พวกเราชาววารสารวิทยาศาสตร์ มข. ได้ขยับขยายสำนักงานของพวกเราจากห้องสมุดคณะวิทยาศาสตร์ มาเป็นสำนักงานคณบดี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ถ้าท่านมีธุระต้องการ (ติ) ชม หรือ ส่งต้นฉบับกรุณาใช้ที่อยู่เป็น

บรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์

สำนักงานคณบดี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

และถ้าท่านต้องการติดต่อโดยตรงถึงผู้เขียนคอลัมน์ประจำท่านใด กรุณาวางเล็บที่มุมของถึงชื่อคอลัมน์หรือนามปากกาของผู้เขียนคอลัมน์นั้น

หลายท่านต่อว่ามาทางวารสารว่า “อยากจะให้สปอนเซอร์ โดยลงโฆษณาตีพิมพ์ในวารสาร เพื่อจะได้มีส่วนในการช่วยเหลือมหาวิทยาลัยเผยแพร่ผลงานทางวิชาการ แต่ไม่รู้รายละเอียดค่าโฆษณา” ดังนั้น ฉบับนี้จึงลงใบแทรกค่าโฆษณาวารสาร ไว้ ถ้าท่านที่มีความต้องการลงโฆษณาหรือบริจาค โปรดส่งรายละเอียดมายังคณะวิทยาศาสตร์โดยตรง

ท้ายที่สุดของฉบับนี้ ใครขอแนะนำให้ผู้สนใจเตรียมตัวสองเรื่อง เรื่องแรกคือสัปดาห์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ ซึ่งปีนี้คณะวิทยาศาสตร์ก็จะจัดระหว่างวันที่ 15-18 สิงหาคม 2538 มีกิจกรรมต่าง ๆ มากมายเช่นเคย มีรายละเอียดอยู่ในฉบับ ท่านที่สนใจเข้าร่วมประกวด หรือแข่งขันในรายการใด ก็โปรดเตรียมตัวเสียตั้งแต่บัดนี้ และเรื่องที่สองคือ การเตรียมตัวดูสุริยุปราคาเต็มดวงในวันที่ 24 ตุลาคมศกนี้ ซึ่งในฉบับหน้าจะมีบทความพิเศษในเรื่องดังกล่าวลงตีพิมพ์ เพราะเป็นโอกาสอันดีที่ในช่วงชีวิตของเราอาจจะมีโอกาสเห็นเพียงครั้งเดียว

จนกว่าจะถึงฉบับหน้า

พิสิฐ เจริญสุตาใจ

มิถุนายน 2538

วิทยาศาสตร์ฯ

THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

ปีที่ 23 ฉบับที่ 2

บรรณาธิการแถลง

ข่าววิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กองบรรณาธิการ..... 46

บทความพิเศษ

- สัมภาษณ์คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ ม.ขอนแก่น
เรื่อง “แนวทางการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้ในการแก้ไข
ปัญหาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์”

กองบรรณาธิการ..... 49

- กว่าจะมาเป็นบทความสักเรื่อง

พิสิฐฐ์ เจริญสุดใจ..... 53

บทความ

- การผลิตสารให้กลิ่นรสจากจุลินทรีย์

สุกานดา วณิชวัฒนะ..... 60

- แผนภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงความยาวและเวลาในทฤษฎี
สัมพัทธภาพเฉพาะ

โกวิท ณ นคร..... 72

งานแปล

- การปรับปรุงคุณภาพอาหารด้วยสารประกอบฟอสเฟต

ประสาร สวัสดิ์ชิตัง..... 76

งานวิจัย

- จำนวนโครโมโซมของเหือกพื้นเมือง

ปรีชา ประเทพา..... 81



วารสาร

วิทยาศาสตร์ฯ

THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

ปีที่ 23 ฉบับที่ 2

คอลัมน์ประจำ

- เกร็ดคอมพิวเตอร์ ตอน มุม Mac
นายถึงเบียร์..... 85
- เกร็ดเล็กเกร็ดน้อย ตอน ก้อผม...คนไทย...หนะ
นายศิลาบณี..... 86
- เสริมทักษะคณิตศาสตร์
เรียนคณิตศาสตร์ ผิด ผิด กันอย่างไร
ศศ. วรณีย์ เนตรสิงหนาท..... 89
- คอลัมน์นี้มีรางวัล
นาย Tony..... 97



เบ็ดเตล็ด

- เชิญร่วมงานสัปดาห์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ
ณ คณะวิทยาศาสตร์ ม. ขอนแก่น
15-18 สิงหาคม 2538
- การเขียนเอกสารอ้างอิงในวารสารวิทยาศาสตร์ มข.
- ใบสั่งลงโฆษณาในวารสารวิทยาศาสตร์ มข.
- ใบสมัครเป็นสมาชิกวารสารวิทยาศาสตร์ มข.

ปกหลังใน

- ข้อเสนอแนะในการเขียนบทความลงวารสารวิทยาศาสตร์ มข.

คำบรรยายภาพปกหน้าและปกหลัง

ปกหน้า

จำนวนของหน่วยทางพันธุกรรมในเผือกพื้นเมือง ได้ถูกศึกษาเปรียบเทียบกับลักษณะสัณฐานวิทยาภายนอก โปรดพลิกดูในรายงานการวิจัยเรื่อง จำนวนโครโมโซมของเผือกพื้นเมือง

ปกหลัง

“หรือจะต้องรอให้ถึง 5 มิถุนายน ปีหน้าจึงจะถึงเวลาอนุรักษ์”

ปัจจุบันปัญหาสิ่งแวดล้อมในประเทศ กำลังรุนแรงขึ้นทุกขณะ ทั้งทรัพยากรธรรมชาติเสื่อมโทรมลง และปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อม ถึงแม้ว่าจะไม่มีเนื้อหาในวารสารฉบับนี้ แต่ก็เชื่อว่าทุกคนรู้คำตอบที่ว่า “เป็นหน้าที่ของทุกคนที่จะต้องช่วยกันอนุรักษ์และป้องกัน”

ปลูกต้นไม้คนละต้นวันนี้ เพื่ออีก 10 ปีข้างหน้า



ข่าว วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี

เรื่องของค่าความโน้มถ่วง G

ค่าความโน้มถ่วง G ซึ่งมีค่าเท่ากับ $6.6726 \times 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg.s}^2$ (ความผิดพลาด 0.01 % ซึ่งถือว่ามีความไม่แน่นอนสูง) ได้เป็นค่าที่ถูกกำหนดให้เป็นมาตรฐานมาตั้งแต่ช่วงปี ค.ศ. 1980 โดยนักวิจัยของห้องปฏิบัติการที่ Los Alamos อาจจะต้องเปลี่ยนใหม่เสียแล้ว ทั้งนี้เพราะนักวิจัยของห้องปฏิบัติการวิจัยระดับนานาชาติถึงสามแห่ง คือ

- the German Bureau of Standards,
- the Measurement Standards Laboratory of New Zealand และ - the University of Wuppertal in Germany ได้รายงานผลการวัดค่า G ที่แตกต่างกันออกไป ในการประชุมของสมาคมฟิสิกส์แห่งอเมริกา (APS) เหตุที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่าในบรรดาแรงหลัก ๆ ทั้งสี่แรงที่เราทราบกันอยู่ คือ แรงนิวเคลียร์, แรงไฟฟ้า, แรงแม่เหล็ก และแรงความโน้มถ่วง แรงความโน้มถ่วงเป็นแรงที่อ่อนที่สุด จึงทำให้วัดได้ลำบากยากยิ่ง แต่กระนั้นการวัดค่า G ให้ได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำที่สุดก็จะมีคามสำคัญยิ่งในอนาคต โดยเฉพาะต่อทฤษฎีที่เรียกว่า grand

unified theories ที่พยายามโยงความสัมพันธ์ระหว่างแรงทั้งสี่ที่กล่าวมาแล้วข้างต้นเข้าด้วยกัน

(แหล่งข่าว *physnews @ aip. org* ย่อยจาก *Physics News Update No. 223 April 24, 1995*)

อีกก้าวของความคืบหน้างานวิจัย สารตัวนำยิ่งยวดอุณหภูมิสูง

ความคืบหน้าที่ว่านี้ก็คือ การเตรียมฟิล์มบางของสารประเภทนี้ในกลุ่ม YBCO บนแถบโลหะที่มีคุณสมบัติโค้งงอได้ ให้มีค่าความหนาแน่นกระแสได้สูงถึง 500,000 แอมแปร์ต่อตารางเซนติเมตร ที่อุณหภูมิไนโตรเจนเหลว (77K หรือ -196°C) ภายใต้สนามแม่เหล็กที่มีขนาดความเข้มสูงถึง 8 เทสลา เรื่องนี้ได้ถูกเปิดเผยโดย Stephen Folytyn ตัวแทนกลุ่มวิจัยที่ Los Alamos ในคราวประชุมเมื่อเดือนเมษายนที่ผ่านมาของสมาคมวิจัยวัสดุศาสตร์ (Material Research Society, MRS)

(แหล่งข่าว *Physics News Update, No. 227 May 22, 1995* หรือค้นได้จาก *Science News, 29 April 1995; Science, 5 May 1995; Nature, 11 May 1995*)

โมเลกุลอินเตอร์เฟียร์เมทรี

โลกได้วิวัฒนาการไปอีกก้าวแล้ว เมื่อ David Pritchard และผู้ร่วมงานแห่งสถาบันการศึกษา MIT อันเลื่องชื่อยอดอดีตอันดับหนึ่งของอเมริกาได้ค้นพบกรรมวิธีที่จะทำให้คลื่นโมเลกุลของสารสามารถรวมกัน และแยกกันได้ ผลที่ตามมาจากการค้นพบนี้สามารถนำไปสู่การสร้างเครื่องมือแบบใหม่ สำหรับศึกษาโมเลกุลของสารซึ่งปกติแล้วคลื่นจากโมเลกุลของสารจะมีความยาวคลื่นสั้นมากเพราะมีมวลและโมเมนตัมมาก แม้จะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำ อย่างน้อยความยาวคลื่นของมันก็สั้นกว่าความยาวคลื่นของแสงในช่วงที่ตาคนมองเห็น (Visible light) ถึง 10,000 เท่า หน้าตาของเครื่องมือนี้ได้บอกไว้ว่าเป็นอย่างไร แต่กลุ่มนักวิจัยที่วันนี้ได้ทำการศึกษาค้นคว้าโมเลกุลของโลหะโซเดียม (ความยาวคลื่น 0.11 อังสตรอม) เพื่อวัดค่าดัชนีหักเหอันเกิดจากการที่คลื่นโมเลกุลของโลหะที่วุ่นเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในแก๊สฮีเลียมแล้วเกิดปรากฏการณ์ของการแทรกสอด

(แหล่งข่าว *physnews @ aip.org, Physics News Update No. 226 May 15, 1995*, บทความของ Pritchard เกี่ยวกับเรื่องนี้ได้รับการตีพิมพ์ใน *Phys. Rev. Lett. February 13, 1995*)

เรื่องเบา ๆ ของแก๊สเบา ๆ เลื่อย ๆ อย่างฮีเลียม (He)

จะว่าไปแล้วแก๊สฮีเลียมได้ถูกค้นพบเมื่อ 100 กว่าปีที่ผ่านมานี้เอง โดยฮีเลียมส่วนใหญ่ที่อยู่ในจักรวาลก็คือ รังสีคอสมิก (ซึ่งเกิดขึ้นภายหลังการกำเนิดจักรวาลตามทฤษฎีที่เรียกว่า Big Bang) แต่ฮีเลียมบนโลกเกิดจากผลพลอยได้อันเนื่องมาจากการสลายตัวของสารกัมมันตภาพรังสีภายในโลกที่หลุดพ้นออกมาและเข้าสู่บรรยากาศของโลก ปัจจุบันฮีเลียมมีบทบาทในเชิงพาณิชย์มาก เพราะถูกนำมาทำให้เป็นฮีเลียมเหลวเพื่อใช้เป็นสารหล่อเย็นสำหรับสารตัวนำยิ่งยวด นอกจากนี้ปริมาณการใช้ฮีเลียมก็เพิ่มสูงขึ้นถึง 5-10 % ต่อปี ในช่วงระยะไม่กี่ปีที่ผ่านมา

(แหล่งข่าว *physnews @ aip.org, Physics News Update No. 226 May 15, 1995*)

น้ำเป็นน้ำแข็งได้ที่อุณหภูมิห้อง

สิ่งต่าง ๆ บนโลกของเรานับวันจะมีอะไรแปลก ๆ ใหม่ ๆ เกิดขึ้นเสมอ อย่างเช่นที่น้ำมีโครงสร้างแบบผลึกได้ (ก็ต้องเป็นของแข็งนั่นแหละ หรือเรียกให้ง่ายก็น้ำแข็งนั่นเอง) ที่อุณหภูมิห้องมันเกิดขึ้นได้อย่างไร ! เรื่องนี้ได้ถูกค้นพบจากงานวิจัยทดลองถ่ายภาพรายละเอียดผิวของฟิล์มน้ำด้วยเครื่องมือที่เรียกว่า Atomic Force Microscop (AFM) ปกติแล้วการใช้เครื่องมือนี้จะมีปัญหาอยู่เรื่องก็ตรงที่มักจะเกิดปรากฏการณ์คล้ายกับการซึมตามรูเล็ก (capillarity) เนื่องจากเกิด capillary forces ที่ผิวของน้ำกับปลายแหลมเฉียบของเครื่องมือ ทำให้ส่วนของเครื่องมือเปียกอยู่เสมอ กระนั้นก็ตาม Miquel Salmeron แห่งห้องปฏิบัติการ LBL จึงแก้ไขโดยการชาร์จประจุไฟฟ้าเข้าที่ปลายแหลม ยังผลให้เกิดการโผลาไรซ์ของอะตอมของแผ่นไมกาที่ใช้เป็นแผ่นรองรับฟิล์มน้ำอันเนื่องจากสนามไฟฟ้าความเข้มสูงที่เกิดขึ้นบริเวณปลายแหลมเฉียบนั่นเอง

เมื่อเลื่อนปลายแหลมนี้ไปจนทั่วผิวและเปลี่ยนขนาดความเข้มของสนามไฟฟ้าก็จะเกิดทำให้สามารถบันทึกภาพแผนที่ผิวของฟิล์มน้ำที่ระดับชั้นบาง ๆ ได้ เทคนิคใหม่ที่กล่าวมาแล้วนี้เขาเรียกว่า Polarization force microscopy

แล้วที่ว่่าน้ำกลายเป็นน้ำแข็งได้ที่อุณหภูมิห้องนั้น ก็มาจากการศึกษาด้วยเทคนิคนี้เอง โดยนักวิจัยกลุ่มนี้ได้ทดลองเปลี่ยนสภาวะความชื้นขณะทดลองแล้วพบว่าที่ความชื้นสูงกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ ชั้นของผิวฟิล์มนี้จะก่อตัวมีโครงสร้างเป็นผลึกเกิดเป็นน้ำแข็งนั่นเอง โครงการวิจัยเกี่ยวกับเรื่องนี้คงไม่ยุติง่าย ๆ เพราะกลุ่มผู้วิจัยจะทำการทดลองต่อไปโดยจะศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการเกิดผลึกของฟิล์มน้ำ

(แหล่งข่าว *physnews @ aip.org*, *Physics News Update No. 225 May 8, 1995*, ย่อยจากบทความของ *J. Huetai., Science, 14 April 1995*)

บทความพิเศษ

สัมภาษณ์คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น เรื่อง “แนวคิดการนำเทคโนโลยีสมัยใหม่มาใช้ในการแก้ไขปัญหา การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์”

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ได้ก่อตั้งมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2507 จนถึงปัจจุบันคณะวิทยาศาสตร์เปิดสอนเพื่อผลิตบัณฑิตใน 9 สาขาวิชา ได้แก่ เคมี ชีววิทยา ฟิสิกส์ คณิตศาสตร์ สถิติ วิทยาการคอมพิวเตอร์ จุลชีววิทยา ชีวเคมี และนิเวศวิทยาสิ่งแวดล้อม และยังมีบริการจัดการสอนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานให้กับนักศึกษาทุกคนในมหาวิทยาลัยขอนแก่น ดังนั้น คณะวิทยาศาสตร์จึงประสบปัญหาในการจัดการเรียนการสอนเนื่องจากจำนวนนักศึกษาที่เพิ่มขึ้นทุกปี ทั้งจากการเพิ่มขึ้นของสาขาวิชาต่าง ๆ ตามปกติ และสาขาวิชาขาดแคลน นักศึกษาที่ต้องเข้าฟังบรรยายครั้งละ 500 คนในปัจจุบันอาจจะต้องเพิ่มขึ้นเป็น 1,000 คนในไม่ช้า มาตรการต่าง ๆ ถูกศึกษาถึงความเป็นไปได้ โดยมีจุดประสงค์ในการรักษาระดับมาตรฐานทางวิชาการ ขณะเดียวกันก็ต้องไม่เพิ่มภาระงานให้กับคณาจารย์มากเกินไป

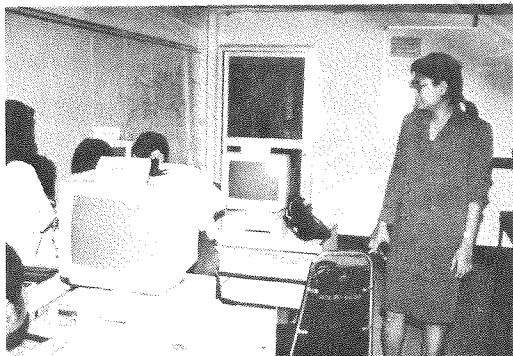
ดังนั้นทีมงานของวารสารวิทยาศาสตร์ มข. จึงขอเข้าสัมภาษณ์คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น (ผศ.บุญส่ง วัฒนกิจ) เพื่อเสนอแนวคิดและการเตรียมการในการแก้ไขปัญหาการเรียนการสอนที่จะเกิดขึ้นเมื่อมีนักศึกษาเพิ่มมากขึ้นในอนาคตอันใกล้

□ อยากทราบเกี่ยวกับนโยบายการรับนักศึกษาเพิ่มในสาขาขาดแคลน

เรื่องนี้เป็นนโยบายระดับชาติ สืบเนื่องจากประเทศไทยพัฒนาอย่างรวดเร็ว จึงพบว่ากำลังคนบางสาขามีไม่พอกับความต้องการ เริ่มจากการขาดแคลนวิศวกรและแพทย์ คณะรัฐมนตรีจึงมีมติให้เร่งรัดผลิตบัณฑิตด้านวิศวกรรมศาสตร์และแพทยศาสตร์ ต่อมาได้มีการศึกษาและจัดทำแผนพัฒนากำลังคนอย่างจริงจัง ปรากฏว่ามีสาขาวิชาที่จะต้องเพิ่มจำนวนการผลิต ที่เรียกกันสั้น ๆ ว่า “สาขาขาดแคลน” อีกหลายสาขาวิชา จนถึงขณะนี้คณะรัฐมนตรี มีมติให้เป็นสาขาขาดแคลน รวม 16 สาขาวิชา ได้แก่ แพทยศาสตร์, สัตวแพทยศาสตร์, พยาบาลศาสตร์, ทันตแพทยศาสตร์, เกษตรศาสตร์, ครุศาสตร์-อุตสาหกรรม, อุตสาหกรรมศาสตร์, สถาปัตยกรรมศาสตร์, วิศวกรรมศาสตร์และปิโตรเคมี, เทคนิคการแพทย์, กายภาพบำบัด, คณิตศาสตร์, วิทยาการคอมพิวเตอร์, ภาษา, วิทยาศาสตร์, อัญมณีและเครื่องประดับ ซึ่งแต่ละสาขาจะมีแผนให้สถาบันอุดมศึกษาที่เกี่ยวข้องเพิ่มจำนวนรับนักศึกษา โดยรัฐบาลจัดสรรงบประมาณเพิ่มเติมให้ภายใต้โครงการเร่งรัดผลิตบัณฑิตสาขาขาดแคลน

□ ในส่วนของคณะวิทยาศาสตร์ มีผลกระทบอย่างไร

ผลกระทบกับคณะวิทยาศาสตร์มีค่อนข้างมาก เนื่องจากคณะวิทยาศาสตร์ต้องจัดการสอนวิชาพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ให้กับสาขาวิชาอื่น ๆ ในแทบทุกคณะของมหาวิทยาลัย และยังคงต้องรับนักศึกษาของคณะวิทยาศาสตร์เพิ่มตามมติคณะรัฐมนตรีอีกด้วย เราจึงต้องการทรัพยากรเพิ่มเกือบทุกด้าน ได้แก่ บุคลากรทั้งอาจารย์และผู้ช่วยทางวิชาการ, ห้องเรียนและห้องปฏิบัติการ, เครื่องมือ อุปกรณ์ประกอบการสอน และงบประมาณดำเนินการ ปัญหาที่เกิดขึ้นในขณะนี้ มีมากพอควรตามประสาของระบบราชการ ซึ่งทราบกันดีว่าค่อนข้างล่าช้า มีขั้นตอนมาก และมักไม่ค่อยทันการณ์ นอกจากนี้บางปัญหาก็กแก้ไขได้ยาก เช่น การรับอาจารย์ และนักวิทยาศาสตร์เพิ่ม เรามีอัตราที่จะบรรจุ แต่รับคนที่เราต้องการไม่ค่อยได้ ก็เมื่อเป็นสาขาขาดแคลน ซึ่งภาคเอกชนมีตำแหน่งงานรองรับอยู่มาก แล้วจะหาใครมารับเงินเดือนราชการ ก็ต้องพยายามแก้ไขกันไปหลาย ๆ ฝ่ายช่วยกันอยู่



การใช้ CAI ในการช่วยเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

□ เมื่อจำนวนนักศึกษาเพิ่มมากขึ้น และมีข้อจำกัดในเรื่องทรัพยากร จะมีแนวทางแก้ไขอย่างไร

การเตรียมการรับปัญหาในระยะ 3-5 ปีข้างหน้าคงต้องจัดทำเป็นแผนงาน เพื่อขอสนับสนุนงบประมาณและอัตรากำลัง เช่น เรื่องอาคารเรียน, ครุภัณฑ์การศึกษา เป็นต้น ส่วนการวางแผนทางแก้ไขปัญหาการจัดการเรียนการสอน เราได้ร่วมกันคิดและพยายามเร่งดำเนินการอยู่หลายมาตรการ เริ่มต้นที่ภาระงานสอนของอาจารย์ แต่เดิมอาจารย์ก็มีภาระงานสอนมากอยู่แล้ว จนแทบไม่มีเวลาทำงานวิจัย เมื่อจำนวนนักศึกษาเพิ่มขึ้นจากการรับของสาขาขาดแคลนต่าง ๆ ในขณะที่ยังมีอาจารย์เก่าอยู่ จะทำอย่างไร จึงได้พิจารณาความเป็นไปได้หลายแนวทาง ที่น่าสนใจคือการนำเทคโนโลยีมาช่วย ห้องเรียนหนึ่งห้องต้องใช้สอนนักศึกษา 400-500 คน จะต้องคิดว่าจะทำอย่างไรจึงให้นักศึกษาสนใจและเรียนได้เข้าใจอย่างทั่วถึง มาตรฐานทางวิชาการจะต้องไม่ลดถอยลง นั่นคือต้องปรับสภาพห้องเรียนให้เหมาะสม ต้องพัฒนาสื่อทัศนูปกรณ์ ที่เป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่ ต้องพัฒนาสื่อการเรียนที่นักศึกษาสามารถทบทวนบทเรียนด้วยตนเองได้ ต้องหาเทคนิควิธีการที่จะกระตุ้นให้นักศึกษาไม่เกิดความเบื่อหน่าย การนำเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาช่วย จึงเป็นสิ่งที่จำเป็น เช่น การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยการเรียนการสอน การนำมัลติมีเดียมาใช้สอนและพัฒนาบทเรียน ตลอดจนการร่วมมือทางวิชาการกับสถาบันการศึกษาอื่น ๆ ผ่านทางระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์

จนถึงขณะนี้เราคงต้องยอมรับการลงทุนทางเทคโนโลยีที่จะช่วยพัฒนาการเรียนการสอน และสามารถแบ่งเบาภาระงานสอนไปได้ อย่างไรก็ตามเรายังคงต้องให้ความสำคัญของการพัฒนา กำลังอาจารย์ จะต้องทำมาตรการเสริมในส่วนที่

รัฐบาลจัดไว้ให้แล้ว ทำอย่างไรจึงจะรักษาอาจารย์ให้อยู่ระบบมหาวิทยาลัย ในขณะที่เดียวกันจะต้องสร้างสิ่งจูงใจให้ผู้มีความรู้ความสามารถเข้ามาเป็นอาจารย์ มาตรการเหล่านี้เราได้กำหนดไว้ในแผนพัฒนามหาวิทยาลัยขอนแก่น ระยะที่ 8 ซึ่งจะเริ่มในปีงบประมาณ 2540 นี้ แต่ขณะนี้ได้เริ่มในบางโครงการที่สามารถดำเนินการได้ทันที เช่น โครงการพัฒนาสภาพแวดล้อมให้มีบรรยากาศทางวิชาการ โครงการส่งเสริมและพัฒนาทางวิชาการ โครงการจัดทำแผนแม่บทเทคโนโลยีสารสนเทศ เป็นต้น

☐ อยากให้ช่วยขยายความเรื่องการร่วมมือทางวิชาการผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์

เรื่องระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ เป็นเรื่องที่ต้องพูดกันยาว การนำมาใช้งานก็มีหลากหลายลักษณะ จึงขอพูดถึงเฉพาะเครือข่าย Internet ซึ่งกำลังเป็นที่นิยมกันมากในขณะนี้ Internet เป็นระบบเครือข่ายสากลเกือบทุกประเทศทั่วโลกสามารถติดต่อรับส่งข้อมูลข่าวสารระหว่างสมาชิกผ่านทางคอมพิวเตอร์ ประเทศไทยเริ่มใช้ Internet อย่างจริงจัง เมื่อประมาณ 3 ปีที่แล้ว มีศูนย์บริการ Internet 2 แห่ง คือ ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และที่ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ประโยชน์ของ Internet มีมากมาย ที่เห็นกันมาก คือ ประโยชน์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronics mail หรือ E-mail) เป็นการส่งจดหมายหรือข้อความระหว่างสมาชิก โดยข้อความจากคอมพิวเตอร์ต้นทาง จะส่งไปยังคอมพิวเตอร์ปลายทางตามที่อยู่ (E-mail address) ที่ระบุผู้รับ อาจมีหลายคนก็ได้ เช่น ผู้ส่งอยู่คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น ส่งข้อความจากคอมพิวเตอร์ไปยังนาย ก. ที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

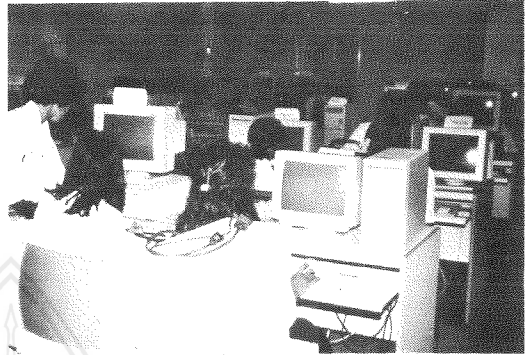
นาย ข. ที่มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ นาย ค. ที่มหาวิทยาลัยนิวยอร์ก สหรัฐอเมริกา นาย ง. ที่มหาวิทยาลัยแมนเชสเตอร์ อังกฤษ นาย จ. ที่มหาวิทยาลัยโตเกียว ญี่ปุ่น เมื่อกดปุ่มส่งข้อความ นาย ก. นาย ข. นาย ค. นาย ง. และนาย จ. จะได้รับข้อความนั้นเกือบพร้อมกันทุกคน โดยข้อความจะเก็บอยู่ใน Server ของแต่ละแห่งที่เขาเหล่านั้นมีทะเบียนสมาชิกอยู่ เมื่อใดที่เขาแต่ละคนเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อตรวจดูจดหมาย ก็จะสามารถเปิดอ่านข้อความที่ได้รับ การรับ-ส่ง E-Mail เป็นการใช้งานพื้นฐานของ Internet ยังมีการใช้งานอื่นๆ อีกมาก เช่น การเรียกเข้าไปสืบค้นข้อมูลข่าวสารยังแหล่งข้อมูลต่าง ๆ การเผยแพร่ข่าวสารไปให้ผู้สนใจ การถ่ายโอนโปรแกรมหรือเพิ่มข้อมูลการเป็นสมาชิกบทความหรือวารสาร ซึ่งเมื่ออ่านบทความใดแล้วมีข้อสงสัยก็สามารถตอบโต้กันระหว่างผู้เขียนบทความกับผู้อ่านได้ ความสามารถเหล่านี้จึงสามารถที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในการแลกเปลี่ยนวิชาการกัน ไม่ว่าจะอยู่ในมุมไหนของโลก

☐ หากสนใจเรื่อง Internet จะขอทราบรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่ใดบ้าง

ปัจจุบันแทบทุกมหาวิทยาลัยใช้ Internet ผู้สนใจสามารถหาความรู้หรือดูการใช้งานจริงได้จากผู้ที่ เป็นสมาชิก หากท่านอยู่ในมหาวิทยาลัยไม่ว่าจะเป็นนักศึกษา, อาจารย์, หรือข้าราชการ, ก็สามารถติดต่อสอบถามจากศูนย์คอมพิวเตอร์ของแต่ละมหาวิทยาลัย สำหรับบุคคลทั่วไป ขอรายละเอียดได้จากศูนย์อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม อยู่ตรงข้ามกับโรงพยาบาลรามารับดี กรุงเทพฯ

☐ ประโยชน์จาก Internet น่าจะช่วยพัฒนาการเรียนการสอนได้หรือไม่

ช่วยได้มากแน่นอน นักศึกษาและอาจารย์สามารถเข้าไปหาความรู้ ในสาขาที่กำลังเรียนหรือสนใจ ใน Internet จะมีผู้รู้ในเรื่องราวต่าง ๆ เขียนลงให้อ่านกันอยู่เรื่อย ๆ แถมยังสามารถโต้ตอบซักถามกันได้อีกด้วย ดังนั้น การเรียนรู้จะเปิดกว้างขึ้นมาก นักศึกษาอาจได้เพื่อนต่างชาติได้แลกเปลี่ยนวิชาการ หรือเรียนรู้วัฒนธรรมซึ่งกันและกัน อาจกล่าวได้ว่า โลกที่ไร้พรมแดนที่แท้จริงก็คือ โลกของข้อมูลข่าวสาร



การใช้เทคโนโลยีเครือข่ายข้อมูล

☐ ในเรื่องการใช้เทคโนโลยีเครือข่ายข้อมูลนี้ คณะวิทยาศาสตร์มีเป้าหมายอย่างไร

เรื่องนี้เราได้วางแผนไว้แล้ว เป้าหมายแรกคือ ทุกภาควิชาจะสามารถใช้ Internet ได้อย่างน้อย 1 จุด ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ของนักศึกษาต่อเชื่อมกับ Internet และจะพัฒนาไปจนที่สุดห้องทำงานอาจารย์ทุกห้องจะมีคอมพิวเตอร์ที่เกาะติดกับเครือข่ายของมหาวิทยาลัย สามารถติดต่อข้อมูลได้ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย ทั้งในประเทศ และต่างประเทศ ซึ่งจะต้องพัฒนาค่อยเป็นค่อยไปตามกำลังงบประมาณที่ได้รับ

☐ สุดท้าย จะมีอะไรฝากไปยังท่านผู้อ่านบ้าง

ปี พ.ศ. 2538 รัฐบาลกำหนดให้เป็นปีเทคโนโลยีสารสนเทศไทย คณะวิทยาศาสตร์ จึงได้จัดกิจกรรมสัปดาห์วิทยาศาสตร์ ประจำปี 2538 เน้นในหัวข้อเรื่อง “เทคโนโลยีสารสนเทศก้าวไกล เศรษฐกิจไทยมั่นคง” ในระหว่างวันที่ 15-18 สิงหาคม 2538 ณ บริเวณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น มีกิจกรรมต่าง ๆ อาทิ ประกวดโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาต้นและปลาย แข่งขันทักษะการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ตอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์ การจัดแสดงนิทรรศการ เป็นต้น และในวันที่ 18 สิงหาคม จะมีพิธีถวายพานพุ่มสักการะพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว พระบิดาแห่งวิทยาศาสตร์ไทย จึงขอถือโอกาสประชาสัมพันธ์เชิญชวนเข้าร่วมกิจกรรมและชมงานครั้งนี้

□□□

กว่าจะมาเป็นบทความสักเรื่อง

พิสิฏฐ์ เจริญสุดใจ*

การเขียนบทความวิชาการจัดว่าเป็นการเผยแพร่ความรู้ทางวิชาการที่เป็นที่ยอมรับมากวิธีหนึ่ง แต่ปัญหาที่สำคัญคือ การสื่อความหมายระหว่างผู้อ่านและผู้เขียน และความเหมาะสมของเนื้อหากับวารสารที่จะลงตีพิมพ์ ทั้งในเรื่องวัตถุประสงค์ของวารสาร และเรื่องของรูปแบบของวารสาร การแก้ปัญหาเหล่านี้ไม่มีวิธีการใดดีไปกว่าการฝึกหัดเขียน ทดลองส่งไปลงตีพิมพ์ในวารสารที่เห็นว่าเหมาะสม แล้วปรับปรุงวิธีการเขียนของตนเองให้ดีขึ้นจากข้อเสนอแนะที่ได้รับกลับมา

กว่าจะมาเป็นบทความทางวิทยาศาสตร์ที่ตีพิมพ์ลงในวารสารเรื่องหนึ่ง ต้องมีขั้นตอนไม่น้อยกว่าสี่ขั้นตอนดังนี้ ขั้นแรกเป็นขั้นตอนเตรียมการหรือเป็นการวางแผน ขั้นที่สองเป็นการเขียน ขั้นที่สามเป็นการทบทวน และขั้นที่สี่เป็นขั้นที่ส่งไปยังวารสารและการพิจารณา ก่อนจะลงตีพิมพ์ ซึ่งบทความทุกเรื่องกว่าจะตีพิมพ์ในวารสารต้องมีขั้นตอนเหล่านี้ทั้งสิ้น

นักเขียนบางคนเห็นว่า “อย่าเพิ่งไปสนใจว่าใครจะอ่าน เริ่มต้นจากต้องมั่นใจตัวเองและเขียนในสิ่งที่ต้องการเขียน” เพราะในฐานะที่เป็นผู้เขียน ถ้าได้ทำในสิ่งที่ต้องการจะทำและเต็มใจจะทำ ก็มีความสุขกับงาน ส่วนที่จะมีคนอ่านหรือไม่ก็ขอให้เขียนเสร็จเสียก่อนค่อยว่ากันอีกที หรือค่อยพิจารณาหาแหล่งพิมพ์ที่เหมาะสมที่บทความนั้นจะตีพิมพ์ได้

ผู้เขียนเห็นด้วยที่จะเขียนในเรื่องที่สนใจอยากเขียน แต่รู้สึกว่าจะไม่ค่อยคุ้มค่าที่เขียนแล้วไม่มีจุดมุ่งหมายว่าจะส่งไปลงตีพิมพ์ที่ใด จึงน่าที่จะต้องวางแผนและมีการเตรียมการที่ดี เมื่อเขียนเสร็จน่าจะส่งไปลงตีพิมพ์ได้ เพราะแต่ละวารสารก็มีวัตถุประสงค์ กลุ่มเป้าหมายและมีรูปแบบการเสนอที่ต่างกัน เมื่อจะส่งไปลงตีพิมพ์ก็ควรจะทำให้ตรงกับรูปแบบของวารสารนั้น

เอาละ มาถึงขั้นนี้แล้ว น่าจะถึงเวลาที่จะหยิบปากกาและกระดาษแล้วเริ่มต้นในขั้นตอนแรกกันได้แล้ว

1. ก่อนเขียนต้องวางแผน

ขั้นตอนการวางแผนเป็นขั้นตอนที่จำเป็นอย่างยิ่งมากที่สุดขั้นตอนหนึ่ง เพราะบทความที่ดีนั้นต้องเตรียมการอย่างสมบูรณ์ อย่างน้อยต้องตอบคำถามเหล่านี้ได้เสียก่อน

เขียนเรื่องอะไร

เขียนให้ใครอ่าน

มีเนื้อหาอะไรบ้าง ขอบเขตเพียงใด

รูปแบบการเสนอเป็นอย่างไร

1.1 ชื่อนั้นสำคัญไฉน ?

ชื่อของบทความเป็นสิ่งที่สำคัญมาก ชื่อบทความที่ดีสามารถสื่อให้ผู้อ่านเข้าใจว่าผู้เขียนต้องการจะเน้นเรื่องอะไร ตรงกันกับความต้องการของผู้อ่านหรือไม่ แต่บางครั้งในการเขียนบทความ

บางอย่างก็อาจจะเขียนชื่อเรื่องเพื่อให้ผู้อ่านไม่รู้เรื่อง จะได้เกิดความอยากรู้อยากติดตาม และจะมีคำเฉลยก็ต่อเมื่อผู้อ่านได้ติดตามอ่านจนจบแล้ว แต่โดยหลักทั่ว ๆ ไป ชื่อเรื่องของบทความทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะที่ประกอบด้วย คำที่เป็นกุญแจ (key words) ที่มีความเฉพาะเจาะจง ซึ่งคำเหล่านี้ ถ้าคนที่อยู่ในวงการนั้นมาอ่านก็จะรู้ในทันทีว่าผู้เขียนต้องการจะเขียนเรื่องอะไร ประการที่สองคือ ชื่อเรื่องควรมีความกระชับรัด แต่ต้องมีรายละเอียดพอสมควรที่จะเข้าใจ บางครั้งในวารสารบางเล่ม อาจจะกำหนดจำนวนคำของชื่อเรื่อง เพราะสะดวกในการจัดทำดัชนีหรือแม้แต่การใส่ในหัวเรื่อง เป็นต้น ประการที่สามคือ ชื่อเรื่องควรจะดึงดูดผู้อ่านให้สนใจ เพราะชื่อเรื่องเป็นสิ่งที่ผู้อ่านจะพบก่อนจะเข้าสู่เนื้อหา ถ้าสามารถตั้งชื่อเรื่องให้ดึงดูดความสนใจก็จะมีผลต่อผู้อ่านอย่างมาก

1.2 วิเคราะห์ผู้อ่านเสียก่อน

ปัญหาสำคัญของนักวิทยาศาสตร์ คือ ความสามารถในการย่อความรู้ และถ่ายทอดออกมาเป็นตัวหนังสือหรือคำพูด เพราะโดยธรรมชาติของนักวิทยาศาสตร์แล้วมักเน้นที่ความถูกต้องและแม่นยำ ตัวอย่างเช่น 1000.50 บาทและ 1000.00 บาท นักวิทยาศาสตร์รู้สึกว่ามันต่างกัน ถ้าจะเขียนต้องใส่ทศนิยมให้ครบ ซึ่งบางครั้งผู้อ่านที่อยู่วงการวิทยาศาสตร์ก็อาจจะรู้สึกว่ามันตัวเลขหลายหลัก หรือตัวเลขที่มีทศนิยมนั้นเป็นเรื่องที่น่าเบื่อ ซึ่งนี่เป็นจุดอ่อนสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลงานการค้นคว้าวิจัยจำนวนหนึ่งไม่ได้ถูกนำไปใช้ปฏิบัติหรือขาดคนที่สนใจเพราะสลับซับซ้อนเกินไป ดังนั้นในการเสนอบทความ เป็นหน้าที่ของผู้เขียนที่จะต้องวิเคราะห์ผู้อ่านก่อนเริ่มต้นเขียน ว่าผู้อ่านส่วนใหญ่เป็นใคร มีระดับความรู้และความสนใจอย่างไร ถ้าเป็นนักวิทยาศาสตร์ด้วยกันอาจต้องการความถูกต้อง และ

ความแม่นยำมากกว่าความง่ายต่อการเข้าใจ แต่ถ้าผู้อ่านส่วนใหญ่เป็นบุคคลทั่วไป ก็อาจจะต้องย่อตัวเลข คำศัพท์ และเนื้อหาให้ง่ายลงหรือแทรกอารมณ์ขันเพิ่มขึ้น เป็นต้น

การเขียนบทความเป็นการถ่ายทอดความรู้ไปยังผู้อ่านซึ่งมีอยู่หลายระดับตามแต่พื้นฐานความรู้ ผู้เขียนไม่มีโอกาสสัมผัสกับผู้อ่าน ไม่รู้ว่าผู้อ่านไม่เข้าใจตรงไหน จึงต้องเขียนออกมาในระดับกลาง ๆ แต่ก็จะต้องอธิบายทุกเรื่องทุกอย่างในบทความเดียวกันก็จะเป็นไปไม่ได้ อย่างไรก็ตามอย่าเพิ่งห่อหุ้มตั้งแต่ตอนต้น ควรพิจารณาอย่างเป็นกลางว่าควรจะเสนอในระดับใดจึงจะเหมาะสม

นอกจากนี้ ระดับความรู้ของผู้อ่านก็มีผลต่อการใช้ภาษาด้วย กล่าวคือผู้เขียนควรพิจารณาเลือกใช้คำพูดให้เหมาะกับระดับความรู้ของผู้อ่าน ตลอดจนถึงการยกตัวอย่างต่าง ๆ ประกอบเท่าที่จะเป็นไปได้เพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจชัดเจนถึงเนื้อหา นั้นมากขึ้น

1.3 เขียนโครงร่างก่อน

เมื่อรู้ว่าจะเสนอบทความเรื่องนี้ ก็ควรจะศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติม ถึงแม้ว่าส่วนใหญ่เรื่องที่จะเขียนคงเป็นเรื่องที่ค่อนข้างชำนาญ แต่ก็ควรจะค้นคว้าเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ทันสมัยที่สุด ซึ่งปัจจุบันนี้วิธีการค้นคว้าก็ค่อนข้างสะดวก เช่น การสืบค้นข้อมูลผ่านคอมพิวเตอร์ออนไลน์ หรือระบบซีดีรอม ซึ่งสามารถจะค้นหาข้อมูลที่ต้องการได้ในเวลาสั้น เมื่อแน่ใจว่าข้อมูลนั้นมีอยู่มากพอสมควรแล้ว ก็นำมาเขียนโครงร่างเรื่องราว ๆ ซึ่งก็ทำได้หลายวิธีแล้วแต่สไตล์การทำงานของแต่ละคน เช่น บางคนถนัดที่จะใช้กระดาษแผ่นใหญ่เขียนข้อความที่เป็นข้อย่อที่สำคัญ ๆ เสร็จแล้วก็จัดกลุ่มของข้อความเหล่านั้นเป็นกลุ่ม ๆ แล้วค่อยตั้งชื่อหัวข้อ

ย่อยเหล่านั้น บางคนก็อาจจะถนัดในทางตรงกันข้ามคือจากหัวข้อใหญ่ ๆ แยกออกเป็นหัวข้อย่อย แล้วค่อยไปหาคำพูดหรือข้อความใส่ในแต่ละเรื่อง

2. ลงมือเขียนได้แล้ว

เมื่อได้โครงร่างของบทความแล้ว เท่ากับว่าทิศทางของบทความแล้ว รู้ว่าในหัวข้อใหญ่จะมีรายละเอียดของหัวข้อย่อยอะไรบ้าง ต่อจากนั้นก็ขึ้นอยู่กับสไตล์การเขียนของแต่ละคน ถ้ามีความสามารถใช้คอมพิวเตอร์ได้ ก็ควรจะพิมพ์ด้วยคอมพิวเตอร์เลย เพราะนอกจากจะสะดวกในการแก้ไขแล้ว การตรวจสอบคำสะกดต่าง ๆ แม้แต่การแทรกภาพประกอบและตารางก็ทำได้ง่าย และเมื่อเขียนเสร็จก็ต้องพิมพ์อยู่ดี แต่ถ้าไม่มีคอมพิวเตอร์ ควรเขียนหัวข้อย่อยละหนึ่งแผ่นกระดาษ เพื่อความสะดวกในการแทรกหรือแก้ไขเช่นกัน เมื่อเขียนเสร็จจึงจะนำมาจัดเรียงแผ่นกระดาษเหล่านั้นเข้าเป็นเรื่องใหญ่ จากนั้นจึงค่อยแก้ไขเนื้อหาเชื่อมโยงต่อกันในแต่ละหัวข้อ

ถึงแม้ว่าการเขียนบทความจะมีอิสระในสไตล์การเขียนเข้าทำนองว่า “สูตรใคร สูตรมัน” แต่ก็ยังมีข้อที่น่าสนใจบางอย่างที่ผู้เขียนน่าจะนำไปใช้ประโยชน์ ซึ่งในที่นี้จะไม่กล่าวถึงเรื่องของความถูกต้องของเนื้อหาทางวิชาการที่เสนอ แต่จะเขียนถึงเฉพาะเทคนิคบางอย่างในการเขียนเท่านั้น

2.1 ย่อหน้าสำคัญไหม?

ถ้าเขียนบทความเป็นภาษาอังกฤษแล้ว ย่อหน้าถือว่าจำเป็นมาก เพราะบทความภาษาอังกฤษค่อนข้างจะมีรูปแบบที่แน่นอน เช่น ประโยคแรกหรือประโยคท้ายของย่อหน้าจะเป็นใจความหลัก แล้วมีประโยคเสริมหรือตัวอย่างมาประกอบ และที่สำคัญคือ ในหนึ่งย่อหน้าต้องมีเนื้อเรื่องเพียงเรื่องเดียว แต่การเขียนเรียงความภาษาไทยไม่ค่อยมีกฎ

เกณฑ์ตายตัวในลักษณะนี้ แต่ถ้าจะยอมรับเอาวัฒนธรรมการเขียนแบบนี้ของภาษาอังกฤษมาใช้ก็น่าจะไม่มีอะไรเสียหาย และน่าจะช่วยให้ผู้อ่านจับใจความได้ชัดเจนขึ้น และถึงแม้ว่าจะเป็นเนื้อเรื่องเดียวกันแต่ถ้าหากว่าย่อหน้านั้นยาวมากก็ควรหาทางตัดขึ้นย่อหน้าใหม่ ซึ่งเรื่องนี้ก็ไม่มีเกณฑ์ตายตัว แต่โดยปกติมักไม่ค่อยพบย่อหน้าหนึ่งยาวเกิน 20 ประโยค

2.2 จำนวนและสไตล์การเขียน

แม้ว่าจะได้กล่าวไว้แล้วว่า สไตล์การเขียนของแต่ละคนก็แตกต่างกันไป แต่ความคงเส้นคงวาของสไตล์การเขียนก็เป็นอีกเรื่องหนึ่งที่น่าสนใจ ถ้าผู้เขียนเปลี่ยนสไตล์การเขียนไปมาบ่อย ๆ จะทำให้ผู้อ่านสับสนได้ง่าย เช่น บางคนมักจะนิยมการเขียนแบบเขียนเหตุมาก่อนผล เช่น เพราะอย่างนี้, เพราะเหตุนั้น จึงทำให้เกิดอย่างนั้น แต่ในขณะที่บางคนก็อาจเขียนในแนวอื่น เป็นต้น

2.3 ความเสมอดันเสมอปลาย

บทความทางวิชาการมักจะถือมากในเรื่องของความเสมอดันเสมอปลาย แม้ว่าจะไม่ใช่คำผิด แต่เมื่อเลือกใช้คำใดคำหนึ่งก็ควรจะใช้คำนั้นตลอดทั้งบทความนั้น เช่น เซนติเมตร, ซม. หรือ ซม. ก็ต้องเลือกเอาคำใดคำหนึ่งหรืออาจใช้หน่วยเป็นภาษาอังกฤษก็ได้เช่นกัน

2.4 หลักภาษาก็สำคัญ

ภาษาเขียนแตกต่างกับภาษาพูดค่อนข้างมาก มีกฎเกณฑ์ค่อนข้างตายตัวแน่นอน ผู้เขียนที่ดีควรเขียนบทความให้ถูกต้องตามหลักภาษาของบทความนั้น เพื่อให้สื่อเข้าใจตรงกัน เช่น- การใช้วรรคตอน การใช้คำเชื่อม หรือคำสันธาน เป็นต้น สิ่งเหล่านี้จะมีส่วนช่วยให้ผู้อ่านเข้าใจชัดเจนขึ้น

การใช้ตัวอย่างก็มีส่วนช่วยให้การอธิบายมีความชัดเจนยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่องที่ซับซ้อนมาก ควรจะยกตัวอย่างซึ่งสอดคล้องกับกลุ่มเป้าหมายมาประกอบ

โครงสร้างของประโยคควรจะเขียนตามหลักตรรกวิทยา มีเหตุผล และสอดคล้องกันและพยายามหลีกเลี่ยงการใช้ประโยคที่ซับซ้อนหรือกำกวม การใช้ประโยคที่ซับซ้อนไม่ได้แสดงว่าผู้เขียนนั้นเก่งกล้าในเชิงการเขียนเลยนะจะบอกให้ แต่กลับจะสร้างความสับสนให้ผู้อ่านเพิ่มขึ้น

2.5 การใช้คำศัพท์

ศัพท์ที่จะใช้ในการเขียนบทความ ควรจะพิจารณาให้เหมาะสมกับผู้อ่านที่วิเคราะห์ไว้ ถ้าผู้อ่านเป็นนักวิชาการก็ควรจะใช้ศัพท์ในระดับหนึ่ง แต่ศัพท์นั้นอาจจะไม่เหมาะสมกับผู้อ่านอีกระดับหนึ่ง และถ้าเป็นไปได้ควรจะใช้ศัพท์เป็นภาษาเดียวกันกับบทความนั้น ๆ เพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน ควรจะใช้ศัพท์บัญญัติ (ถ้าเป็นไปได้) แต่ถ้าเกิดรู้สึกขัดแย้งกับศัพท์นั้นอยู่ในใจ (ซึ่งผู้เขียนก็มักจะเกิดบ่อย) อาจจะแปลทับศัพท์เป็นภาษาไทย แล้ววงเล็บเป็นภาษาอังกฤษไว้ด้วย การวงเล็บภาษาอังกฤษนี้วงเล็บเฉพาะครั้งแรกในตอนต้นที่กล่าวถึงเท่านั้น ในแห่งอื่น ๆ ภายหลังก็ใช้คำภาษาไทยคำนั้นได้เลย

2.6 การแทรกอารมณ์ขัน

อารมณ์ขันในบทความทางวิชาการนั้นไม่นิยมใช้ เพราะผู้อ่านซึ่งเป็นนักวิชาการอาจจะเกิดความสับสน หรือทำให้ลดความน่าเชื่อถือของบทความลง แต่ในทางตรงกันข้ามอารมณ์ขันในบทความสำหรับบุคคลทั่วไปมักได้รับความนิยม เพราะผู้อ่านในระดับหนึ่งอาจต้องการทั้งสาระและ

ความบันเทิงไปพร้อมกัน บทความที่เปี่ยมไปด้วยวิชาการ สูตรสมการ หรือภาษาไทยสองคำ ภาษาอังกฤษคำ อาจถูกเมินจากผู้อ่านไปเลยก็ได้

2.7 การแทรกภาพและตาราง

ภาพและตารางเป็นสื่อที่มีส่วนช่วยให้บทความนั้นน่าสนใจ หรือทำให้ผู้อ่านเข้าใจในเนื้อหามากยิ่งขึ้น บทความที่มีเฉพาะตัวหนังสือล้วนจะดูน่าเบื่อ ไม่ชวนติดตามเมื่อเทียบกับบทความที่มีภาพหรือตารางที่เหมาะสมแทรกอยู่

ตารางเป็นข้อมูลหรือข้อความที่ถูกย่ออย่างเป็นระเบียบตามหัวของคอลัมน์ เพื่อช่วยให้เกิดความเข้าใจง่ายขึ้น มักนิยมใช้ในกรณีที่มีการเปรียบเทียบเพื่อให้เห็นความแตกต่างของสองสิ่งหรือแสดงผลของการศึกษาค้นคว้า โดยทั่วไปตารางจะประกอบด้วยชื่อตาราง หัวตาราง ข้อความหรือข้อมูล และเชิงอรรถเพื่ออธิบายคำย่อ สัญลักษณ์ชนิดที่มาหรือข้อมูลบางอย่างที่ไม่สามารถใส่อยู่ได้หมดภายในตารางนั้น

ตารางควรจะมีความเป็นเอกเทศและสมบูรณ์ในตัวเอง และสามารถอ่านได้เข้าใจง่าย หมายความว่าเมื่อผู้อ่านเห็นเฉพาะตาราง ก็สามารถเข้าใจได้โดยไม่ต้องไปดูในตารางอื่นหรือเนื้อหา และตารางที่อ่านผลตามแนวตั้งจะสะดวกในการอ่านค่ามากกว่าตารางที่อ่านผลในแนวนอน นอกจากนี้ ถ้าตารางมีขนาดใหญ่มากควรจะตัดแบ่งออกเป็น 2 ตาราง หรือถ้าไม่สามารถบรรจตารางลงในหน้าเดียวกันได้ ก็ควรจะขึ้นหน้าใหม่ แต่ไม่ต้องเขียนชื่อของตารางเพียงแต่เขียนว่า (ต่อ) หรือ (Continued, Contd) และควรจะเขียนหัวคอลัมน์ไว้ตามเดิมด้วย เพื่อช่วยให้อ่านได้ง่ายขึ้น

ภาพประกอบมีส่วนอย่างมากในการอธิบายเนื้อหาที่ซับซ้อน หรือแสดงความสัมพันธ์ ความต่อเนื่อง ตลอดจนถึงสภาพความเป็นจริงต่าง ๆ แต่การใส่ภาพลงในบทความต้องระลึกละเอียดว่าภาพนั้นต้องเป็นภาพที่มีความจำเป็นจริง ๆ เท่านั้น ภาพที่สามารถอธิบายได้ด้วยข้อความ หรือภาพประกอบที่ไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาไม่ควรจะนำมาใส่ในบทความ เพราะว่าการใส่ภาพโดยเฉพาะภาพสีลงในบทความนั้น จะทำให้เพิ่มค่าใช้จ่ายอย่างมาก

ภาพประกอบอาจจำแนกออกเป็น 4 ประเภทใหญ่ ๆ คือ กราฟ, แผนภูมิ, รูปภาพ และรูปถ่าย ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นภาพประกอบทั้งสิ้น ดังนั้นจึงนิยมใช้คำว่า “ภาพที่” แทนทุก ๆ ประเภท

2.8 การเขียนเอกสารอ้างอิง

การเขียนบทความทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องมีการอ้างอิงเสมอ นอกจากเป็นการแสดงให้เห็นว่าบทความที่เขียนขึ้นนั้นมีความถูกต้องเพราะมีการยืนยันว่าอย่างน้อยก็มีผู้อื่นเสนอความเห็นในทำนองเดียวกันแล้ว ยังเป็นการสะดวกเมื่อผู้อ่านต้องการค้นคว้าหาความรู้ในเรื่องนั้นเพิ่มเติม ก็จะสามารถค้นหาจากข้อมูลในเอกสารอ้างอิงได้ทันที

การเขียนเอกสารอ้างอิงจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือส่วนที่อยู่ภายในเนื้อหาของบทความ และส่วนรายชื่อเอกสารที่อยู่ต่อท้ายบทความนั้น ซึ่งวิธีการเขียนก็มีอยู่มากมายหลายแบบแล้วแต่วารสารแต่ละเล่มจะกำหนดอย่างไร ซึ่งผู้เขียนก็จำเป็นต้องทำตามนั้น โดยทั่วไปแล้ววารสารแต่ละเล่มก็จะเขียนคำแนะนำในการเตรียมเอกสารเพื่อลงตีพิมพ์อยู่ในแต่ละเล่ม

ปัจจุบันมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปบางโปรแกรมที่ช่วยในการเขียนอ้างอิงเป็นอย่างมาก เช่น Procite® ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เก็บข้อมูล, ค้นหาเนื้อหาในหัวข้อที่ต้องการ, พิมพ์บทคัดย่อ หรือโน้ต และเมื่อผู้เขียนเขียนเนื้อหาบทความเสร็จ ก็สามารถให้โปรแกรมเข้าไปค้นหาว่าผู้เขียนได้อ้างถึงผู้ใดในบทความ แล้วก็จัดพิมพ์เอกสารอ้างอิงให้ตรงกับที่อ้างไว้แล้ว และแถมยังสามารถจัดเรียงตามลำดับตัวอักษรและจัดรูปแบบให้ตรงกับรูปแบบของวารสารชั้นนำที่มีชื่อเสียงทั่วโลกให้อีกด้วย แต่เป็นที่น่าเสียดายว่าโปรแกรมหาดังกล่าวสามารถทำได้เฉพาะเมื่อเขียนบทความเป็นภาษาอังกฤษเท่านั้น แต่คิดว่าอีกไม่นานนักคอมพิวเตอร์ไทยก็คงจะทำได้เหมือนกัน

3. เขียนเสร็จแล้วต้องทำอะไร

ตอนนี้บทความของท่านคงจะเป็นรูปเป็นร่างแล้ว แต่วยังไม่เสร็จสิ้นง่าย ๆ หรือ บทความของท่านควรจะผ่านขั้นตอนเหล่านี้อีก เพื่อให้บทความนี้สมบูรณ์มากขึ้น

3.1 ทวนอีกครั้งเถอะ

“จงเก็บบทความของท่านใส่ลิ้นชัก แล้วไปเที่ยวพักผ่อนให้ลืมเรื่องที่เขียนสัก 2-3 วัน เสร็จแล้วค่อยนำบทความนั้นมาอ่านใหม่” ที่ต้องทำอย่างนี้เพราะเป็นหลักจิตวิทยาที่ผู้เขียนย่อมต้องรู้ว่าผลงานของตนเองที่อดส่ำทำขึ้นมานั้นเป็นสุดยอดของผลงานแล้ว อ่านแล้วก็รู้สึกว่ามีปัญหา น่าสนใจ ดังนั้นถ้ายังไม่ลืมข้อความที่เขียนไว้ก็ยิ่งจะเข้าข้างตัวเองตลอดเวลา ยิ่งถ้าทิ้งไว้นานพอสมควร ก็จะสามารถวิเคราะห์และวิจารณ์ ได้ดียิ่งขึ้น คราวนี้ควรจะอ่านอย่างพิถีพิถัน คิดว่าขณะนี้เราเป็นผู้อ่าน อ่านแล้วมีความเห็นอย่างไรต่อบทความนี้ พยายามหาข้อผิดพลาดในทุกเรื่อง

ตั้งแต่การสะกดคำ การเว้นวรรคตอน การเรียงประโยค การเชื่อมประโยค การย่อหน้า การแบ่งเนื้อหา ตลอดจนกระทั่งโครงเรื่องโดยรวม พิจารณาว่าผู้เขียนได้สัญญาให้ผู้อ่านรู้ว่าจะเขียนอะไรไว้ในตอนต้นของบทความ แล้วในที่สุดเมื่ออ่านจบแล้วผู้เขียนได้ทำตามสัญญาหรือไม่

ถ้าพบว่ายังมีข้อควรปรับปรุงในเรื่องใดตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ตอนนี้เป็นโอกาสที่ดีที่สุดในการแก้ไข บ่อยครั้งที่เมื่อผู้เขียนมาอ่านเรื่องของตัวเองหลังจากทิ้งไว้ระยะหนึ่ง จะพบข้อผิดพลาดจำนวนมาก และแก้ไขจนกระทั่งบทความนั้นสมบูรณ์

3.2 หาคณช่วยอ่าน

การหาคณช่วยอ่านเป็นวิธีการที่ช่วยปรับปรุงบทความได้อย่างดีที่สุดวิธีหนึ่ง เพราะอย่างที่กล่าวไว้ข้างต้นแล้วว่า ทุกคนย่อมจะเข้าใจตัวเองเสมอ ดังนั้นจึงไม่แปลกที่ผู้เขียนเองจะหาข้อบกพร่องเองไม่พบ ดังนั้นถ้าผู้เขียนสามารถให้ผู้อื่นที่อยู่ในวงการเดียวกันกับเรื่องที่เขียนมาช่วยอ่านบทความให้ ก็จะเป็นประโยชน์อย่างมาก

นอกจากนี้ บางครั้งคนที่อยู่นอกวงการของเรื่องที่เขียนถึงก็อาจมีส่วนช่วยเสนอแนะบางอย่างได้ ถึงแม้ว่าเขาไม่เข้าใจเนื้อหาทั้งหมดก็ตาม ดังนั้นโดยสรุปก็คือ หาใครก็ได้มาช่วยอ่านให้สักรอบก็ยิ่งดี

4. เกิดอะไรบ้างหลังจากส่งเรื่องไปลงตีพิมพ์

4.1 การพิจารณาต้นฉบับ

หลังจากที่ท่านได้วางแผน เตรียมข้อมูลลงมือเขียน อ่านทวนรอบแล้วรอบเล่า ทีนี้ก็ถึงตอนที่สำคัญอีกตอนหนึ่ง คือ ส่งบทความที่เสร็จเรียบร้อยแล้วไปยังวารสารที่ท่านเห็นว่าเหมาะสม ซึ่งได้เล็ง

ไว้แล้วตั้งแต่ตอนวางแผนว่า วารสารชื่ออย่างนี้ ต้องชอบบทความอย่างนี้แน่

การส่งบทความนั้นควรจะศึกษาให้แน่ชัดว่า วารสารนั้นต้องการบทความที่พิมพ์แล้วกล่าวนำสำหรับภาพประกอบนั้นควรใส่ของแยกต่างหาก เขียนคำบรรยายใส่ไว้ให้ชัดเจน และอย่าลืมเขียนชื่อของท่านและชื่อบทความไว้ด้วย การที่ต้องส่งมากกว่าหนึ่งสำเนานั้น เพราะหลังจากบทความของท่านถูกส่งไปถึงแล้ว บรรณาธิการก็จะพิจารณาโดยคร่าว ๆ ว่าบทความของท่านนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ เหมาะกับตลาด พิมพ์แล้วจะมีคนอ่านหรือไม่ และอื่น ๆ หากท่านวางแผนและทำการบ้านมาดี ก็ย่อมผ่านได้สบาย

หลังจากที่บรรณาธิการวารสารพิจารณาแล้วเห็นว่าเรื่องลักษณะนั้นเหมาะสม ก็จะส่งบทความไปยังผู้ทรงคุณวุฒิ หรือผู้เชี่ยวชาญเฉพาะสาขาเพื่อพิจารณาเนื้อหาวิชาการ ความถูกต้อง และทันสมัยของบทความนั้น ซึ่งปกติวารสารชั้นดีก็จะส่งไปให้ผู้อ่านไม่น้อยกว่า 2 คน เพื่อความเหมาะสมและลดข้อขัดแย้งกับผู้เขียน หลังจากที่ถูกอ่านอ่านเสร็จ บทความก็จะถูกส่งกลับมายังบรรณาธิการพร้อมกับข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะว่าผู้เขียนควรจะต้องทำอย่างไรบ้าง เพื่อให้บทความนั้นดีขึ้น

4.2 ผลการพิจารณา

ผลการพิจารณา อาจปรากฏใน 3 ลักษณะ คือ ไม่ผ่าน, ผ่านแต่มีบางส่วนควรจะต้องปรับปรุงก่อนตีพิมพ์ และผ่านแบบไม่ต้องมีอะไรต้องแก้ไขปรับปรุง ถึงขั้นนี้บรรณาธิการก็จะส่งบทความนั้นคืนให้ผู้เขียนตามข้อเสนอแนะนั้น ถ้าต้องมีการแก้ไขปรับปรุง ผู้เขียนก็ต้องทำงานเพิ่มเติมตามข้อเสนอแนะนั้น แล้วจึงส่งมายังวารสารอีกทีหนึ่ง

นอกจากนี้ ก่อนบทความจะลงตีพิมพ์ บรรณาธิการอาจส่งบทความที่เสร็จเรียบร้อยแล้วให้ท่านตรวจรูป ซึ่งส่วนใหญ่เมื่อถึงขั้นนี้ ทุกอย่างทั้งข้อความ ภาพ หรือตาราง จะเหมือนจริงทุกประการ จะแตกต่างก็เพียงชนิดของกระดาษพิมพ์เท่านั้น

จะเห็นว่า กว่าจะมาเป็นบทความที่ลงตีพิมพ์สักหนึ่งเรื่องนั้น ต้องมีขั้นตอนต่างๆ มากมายนี้ขนาดว่ายังไม่รวมถึงรายละเอียดในแต่ละขั้นตอน แต่ในปัจจุบันก็มีการช่วยผู้เขียนในหลาย ๆ เรื่องเพื่อช่วยให้การเขียนบทความสะดวกรวดเร็วมากขึ้น โดยเฉพาะการใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีโปรแกรมช่วยการทำงาน ตั้งแต่การเก็บข้อมูล, เอกสารอ้างอิง, การวางโครงเรื่อง, โปรแกรมในการพิมพ์งาน, ตรวจสอบสกด, หลักภาษา, การแทรกภาพและตาราง เป็นต้น ดังนั้นถ้าผู้เขียนมีความรู้เกี่ยวกับการใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์ดังกล่าวข้างต้น ก็จะช่วยให้การเขียนบทความเป็นไปได้ง่าย และสะดวกขึ้น

และหวังเป็นอย่างยิ่งว่า หลังจากที่ท่านได้อ่านบทความนี้จบแล้ว จะเกิดความรู้สึกรำคาญที่จะเขียนบทความมาลงตีพิมพ์สักเรื่องหนึ่ง ขณะนี้บรรณาธิการวารสารต่าง ๆ กำลังรอคอยผลงานท่านอย่างมีความหวัง

เอกสารอ้างอิง

1. ทนง โชติสรยุทธ์. (2526). จะเริ่มต้นเขียนบทความที่ดีได้อย่างไร ใน มานิต รุจิโรดม และประชา ศิวเวทกุล (บรรณาธิการ) การเขียนเรื่องทางวิทยาศาสตร์สำหรับประชาชน กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์กรรฟิคอาร์ต. หน้า 63-81.
2. เวคิน นพนิตย์. (2526). เทคนิคการเตรียมเอกสารเสนอทางวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ไอดีเอ็นเอสโดร์.

การผลิตสารให้กลิ่นรส จากจุลินทรีย์

สุกานดา วนิชวัฒนะ*

ปัจจัยหนึ่งซึ่งมีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคอาหาร นอกเหนือจากลักษณะภายนอกของอาหารที่น่ารับประทานและมีสีสัมผัสสวยงามแล้ว สิ่งดึงดูดผู้บริโภคได้ดีคือ กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์อาหาร ปัจจุบันอุตสาหกรรมอาหารได้ขยายตัวขึ้นอย่างกว้างขวาง รวมไปถึงอาหารสำเร็จรูปชนิดต่าง ๆ ด้วย ประกอบกับยุคสมัยที่คนต้องทำงานแข่งกับเวลา ดังนั้นสารช่วยปรุงแต่งกลิ่นรสอาหารจึงเข้ามามีบทบาทอย่างเต็มที่ในการใช้เป็นส่วนประกอบในอาหาร เพื่อให้เกิดความหลากหลายในกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์อาหาร หรืออาจใช้ทดแทนวัตถุดิบราคาแพงที่ต้องเติมลงไปในการให้กลิ่นรสที่ต้องการ ซึ่งเป็นการลดต้นทุนการผลิตด้วย รวมทั้งเป็นการดึงดูดความสนใจของผู้บริโภคไปในตัว

การผลิตสารให้กลิ่นรสนั้นมีหลายวิธีด้วยกัน วิธีดั้งเดิมคือใช้วิธีสกัดจากธรรมชาติ เช่น สกัดจากพืช ซึ่งมีข้อเสียคือต้องใช้วัตถุดิบจำนวนมาก การเพาะปลูกพืชเพื่อเป็นวัตถุดิบนั้นต้องใช้ระยะเวลานาน พื้นที่ที่ใช้ในการปลูกพืชมีราคาสูงมาก และยังขึ้นกับสภาพดิน ฟ้า อากาศ อีกด้วย ต่อมาจึงเริ่มใช้วิธีการสังเคราะห์ทางเคมี ซึ่งสามารถใช้สารตั้งต้นจากวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมกระดาษและปิโตรเคมี แต่อาจมีข้อเสียคือมีต้นทุนการผลิตสูง เนื่องจากต้องใช้ปฏิกิริยาเคมีหลาย

ขั้นตอนเพื่อเปลี่ยนสารตั้งต้นให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ดังนั้นการผลิตสารให้กลิ่นรสโดยใช้วิธีทางเทคโนโลยีชีวภาพ จึงได้รับความสนใจจากผู้ผลิตมากขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งกระบวนการผลิตที่เกิดขึ้น เกิดจากการกระทำของจุลินทรีย์และเอนไซม์จากจุลินทรีย์ ซึ่งวิธีการนี้มีข้อได้เปรียบกว่าสองวิธีการแรกคือ ไม่ต้องใช้พื้นที่จำนวนมาก สามารถควบคุมสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิตได้ และมีแนวโน้มการเพิ่มผลผลิตได้สูงแต่ต้องอาศัยผู้ที่มีความรู้พื้นฐานหลายด้าน เช่น จุลชีววิทยา ชีวเคมี เคมี รวมถึงวิศวกรรมกระบวนการ เพื่อพัฒนาให้ได้ระบบการผลิตที่มีประสิทธิภาพและต้นทุนต่ำ

สารให้กลิ่นรสที่ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร นั้นมีอยู่หลายกลุ่มด้วยกัน เช่น กรด แอลกอฮอล์ แลคโตน เอสเทอร์ อัลดีไฮด์ คีโตน ฯลฯ และจากการศึกษาวิจัยพบว่ามีจุลินทรีย์มากมายหลายชนิดที่มีความสามารถในการผลิตสารให้กลิ่นรสในปริมาณสูง ซึ่งมีทั้งรา แบคทีเรียและยีสต์ ตัวอย่างของสารให้กลิ่นรสที่จุลินทรีย์สามารถผลิตได้มีหลายชนิด เช่น สารประกอบในกลุ่ม เมทิลคีโตน (Methyl ketones) ให้กลิ่นรสหลายชนิด เช่น กลิ่นผลไม้ กลิ่นกล้วย กลิ่นมะพร้าว, กลิ่นคล้ายนัท, สารประกอบในกลุ่มเทอร์ปีนส์ (Terpenes) เป็นกลิ่นที่พบในน้ำมันหอมระเหยชนิดต่าง ๆ, สารใน

* อาจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

กลุ่มไพราซีน (Pyrazines) ใช้เสริมแต่งกลิ่นรสในอาหารประเภททั่วไปให้กลิ่นรสน้ำ, ข้าวโพด, กาแฟ, สับปะรด และซีสต์โคกแล็ต, และสารจำพวก 5'-นิวคลีโอไทด์ (5'-Nucleotide) ให้เป็นสารเพิ่มกลิ่นรสคล้ายผงชูรส

การผลิตสารให้กลิ่นรสจากจุลินทรีย์นั้น อาจทำได้ 2 วิธี คือ

1. Biosynthesis หรือบางครั้งเรียกว่า de novo synthesis

2. Bioconversion หรือ precursor biotransformation

วิธีแรก Biosynthesis นั้น เป็นการหาจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการสังเคราะห์สารให้กลิ่นรส โดยนำจุลินทรีย์ที่คัดเลือกแล้วมาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมและควบคุมสภาวะให้พอเหมาะ เช่น อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง การให้อากาศ ฯลฯ สิ่งเหล่านี้มีผลต่อทั้งปริมาณและคุณภาพของสารให้กลิ่นรสที่จุลินทรีย์ผลิตได้ทั้งสิ้น กระบวนการสังเคราะห์แบบนี้มักจะมีหลายขั้นตอน ซึ่งทุกขั้นตอนต้องอาศัยเอนไซม์ในตัวจุลินทรีย์นั้น ๆ กระตุ้นหรือเร่งปฏิกิริยาในแต่ละขั้น จนถึงจุดหมายปลายทางคือ ได้สารให้กลิ่นรสที่ต้องการ วิธีนี้อาจได้ผลผลิตค่อนข้างต่ำ

สำหรับวิธีที่สอง คือ Bioconversion หรือ precursor biotransformation เป็นการเปลี่ยนสารตั้งต้น (precursor) ซึ่งมักจะมีราคาถูกให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ โดยใช้ตัวเร่งทางชีวภาพ (biocatalyst) ในลักษณะของเซลล์จุลินทรีย์หรือเอนไซม์ที่แยกได้จากจุลินทรีย์กระบวนการนี้มักจะมีขั้นตอนเพียงไม่กี่ขั้นตอนเท่านั้นและปัจจุบันวิธีนี้เป็นที่นิยมมากขึ้นเรื่อย ๆ ในการผลิตเป็นการค้า เมื่อเทียบกับกระบวนการทางเคมี (chemical processes) ซึ่งใช้กันตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบันนั้น bioconversion มีข้อได้เปรียบ คือ เอนไซม์ และจุลินทรีย์ที่ใช้สามารถเร่งปฏิกิริยาได้อย่างจำเพาะเจาะจง

ในสภาวะที่ไม่รุนแรง จึงช่วยให้ประหยัดพลังงาน ซึ่งหมายถึงการลดต้นทุนได้ส่วนหนึ่ง ความจำเพาะเจาะจงของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นมีความสำคัญมาก เช่น ในกรณีของการผลิตสารบางชนิดซึ่งมีหลายไอโซเมอร์ (isomer) ซึ่งอาจมีเพียงบางไอโซเมอร์เท่านั้นที่มีคุณสมบัติที่ต้องการ ถ้าใช้กระบวนการทางเคมีในการผลิต ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่ไม่จำเพาะเจาะจง อาจจะได้ส่วนผสมของทุกไอโซเมอร์ปะปนกันมาในผลิตภัณฑ์ และบางไอโซเมอร์ไม่มีคุณสมบัติที่ต้องการ ดังนั้นการใช้ตัวเร่งทางชีวภาพจะให้ได้ผลดีและมีประสิทธิภาพมากกว่า อีกทั้งยังเป็นสิ่งที่ได้จากธรรมชาติ ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่จะนิยมนิยมนมากกว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมี ในตารางที่ 1 แสดงถึงการใช้ตัวเร่งทางชีวภาพ ในการผลิตสารให้กลิ่นรสและสารเสริมกลิ่นรส (Flavor enhancers)

สารให้กลิ่นรสจากจุลินทรีย์

ดังที่กล่าวมาแล้วในตอนต้นว่า สารให้กลิ่นรสจากจุลินทรีย์ที่สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารนั้น สามารถผลิตได้จากจุลินทรีย์หลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นแบคทีเรีย ยีสต์ หรือรา ขั้นตอนแรกของการผลิตสารให้กลิ่นรส คือการคัดเลือกสายพันธุ์จุลินทรีย์ที่สามารถผลิตสารให้กลิ่นรสต่างๆ ที่สนใจ ซึ่งบางสายพันธุ์อาจมีประสิทธิภาพในการผลิตต่ำ อาจจะต้องทำการปรับปรุงสายพันธุ์ของจุลินทรีย์เพื่อให้มีการผลิตสูงขึ้น โดยการทำให้เกิดสายพันธุ์ผ่าเหล่า (mutant strain) หรือใช้เทคนิคทางพันธุวิศวกรรมเข้ามาช่วย เมื่อได้จุลินทรีย์ที่ต้องการแล้วก็ถึงขั้นตอนการผลิต สารให้กลิ่นรสที่ระเหยได้ ส่วนใหญ่เป็นสารประกอบประเภทสารทุติยภูมิ (secondary metabolites) เช่น เทอร์ปีน, เอสเทอร์, คีโตน, แลคโตน, แอลกอฮอล์ และอัลดีไฮด์ ซึ่งเป็นสารที่เซลล์ไม่ได้ใช้เพื่อการเจริญ

ตารางที่ 1 จุลินทรีย์และเอนไซม์ที่ใช้ในการผลิตสารให้กลิ่นรสและสารเสริมกลิ่นรส

Flavour chemical	Taste	Microorganism/enzyme used for production
Methylketones	Dairy	<i>Penicillium roquefortii</i>
γ -decalactone	Fruit, especially peach; dairy	Yeasts; β -oxidation and lipase
Δ -lactones	Various	Yeasts; β -oxidation and lipase
Diacetyl	Dairy	<i>Streptococcus diacetylactis</i>
1-octen-3-ol	Mushroom	Homogenized mushroom
<i>cis</i> -3-hexen-1-ol/ <i>cis</i> -3-hexen-1-al	Fruit and vegetables, 'fresh taste'	Plant lipoxygenase hydroperoxide lyase and dehydrogenase
Meat hydrolysates	Species-specific meat tastes	Proteases
Benzaldehyde	Cherry and almond	β -glucosidase and nitrile lyase
Aspartame®	High-intensity sweetener	Metalloprotease (thermolysin)
Enzyme-modified cheeses	Cheese (various types)	Lipases and proteases
Esters	Various, including fruit	Lipases and esterases
Methylbutyric acids	(For esterification)	<i>Acetobacter acetii</i> dehydrogenases
Ethyl esters, e.g. ethylisovalerate	Various	<i>Geotrichum fragrans</i> ; oxidative deamination
Methylanthranilate	Lambrusco grape	<i>Polyporus versicolor</i> , N-demethylation
2-phenylethanol	Fruit and beverage	Yeast; deaminase, decarboxylase and reductase
Furaneol®	Fruit, especially strawberry	Rhamnosidases to liberate L-rhamnose precursor
Naringin degradation	Debittering of citrus, especially oranges	Naringinase (β -glucosidase and rhamnosidase)
Limonin/limonoate degradation	Debittering of citrus, especially grapefruit	<i>Arthrobacter globiformis</i> , limonoate dehydrogenase
Diallylthiosulphonate	Garlic	Alliinase
Isothiocyanates	Mustard	Myrosinase
Monosodium glutamate	Taste-enhancer	<i>Corynebacterium glutamicum</i>
Guanosine monophosphate	Taste-enhancer	Phosphodiesterase, e.g. from <i>Penicillium citrinum</i>
Inosine monophosphate	Taste-enhancer	Adenyldeaminase, e.g. from <i>Brevibacterium ammoniagenes</i>

ที่มา : Cheetham, 1993

เติบโตและจะผลิตในปริมาณน้อยในช่วงที่เซลล์จุลินทรีย์กำลังเจริญเติบโต (log phase) แต่จะสร้างในปริมาณสูงในช่วงที่เซลล์จุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตคงที่ (stationary phase) องค์ประกอบของอาหารเลี้ยงเชื้อซึ่งมีทั้งแหล่งคาร์บอนแหล่งไนโตรเจนและแร่ธาตุชนิดต่าง ๆ มิได้มีผลต่อคุณภาพของสารให้กลิ่นรสนั้น แต่ยังมีผลต่อปริมาณของสารเหล่านั้นด้วย การเลี้ยงเชื้อจะทำในถังปฏิกรณ์ชีวภาพ (Bioreactor) ซึ่งจะต้องมีการควบคุมสภาวะต่างๆ ให้เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิต ขั้นตอนที่สำคัญอีกขั้นตอนหนึ่งหลังจากการผลิตสารให้กลิ่นรสคือการเก็บเกี่ยวผลิตภัณฑ์ที่ได้ ซึ่งมีหลายวิธีการ เช่น การสกัดด้วยคาร์บอนไดออกไซด์เหลว หรือการใช้ตัวดูดซับในระหว่างกระบวนการหมัก ซึ่งตัวอย่างแสดงอยู่ในตารางที่ 2

จากการค้นพบสารให้กลิ่นรสที่ผลิตจากจุลินทรีย์ในระยะแรก ๆ ทำให้มีนักวิจัยจำนวนมากพยายามคัดเลือกจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตสารให้กลิ่นรสชนิดต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นสารเดี่ยว ๆ หรือสารหลายชนิดผสมกันตามกลิ่นรสที่ต้องการ ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะสารให้กลิ่นรสเดี่ยว ซึ่งมีหลายชนิดดังต่อไปนี้

1. ไดอะเซทิล (Diacetyl)

ไดอะเซทิล หรือ 2,3-butanedione เป็นส่วนประกอบสำคัญที่ให้กลิ่นรสของเนยในผลิตภัณฑ์นมหลายชนิด ที่เกิดจากการหมักผลิตภัณฑ์นมโดยแลคติกแอซิดแบคทีเรียสามารถสังเคราะห์โดยกระบวนการทางเคมีได้จาก methyl ethyl ketone แต่การที่ผู้บริโภคนิยมผลิตภัณฑ์ที่ได้จากธรรมชาติมากกว่า การใช้จุลินทรีย์ในการผลิตจึงได้รับความนิยมมากขึ้น จุลินทรีย์ที่สามารถผลิตไดอะเซทิลได้

ตารางที่ 2 ตัวดูดซับที่ใช้ในการแยกผลิตภัณฑ์ระหว่างกระบวนการหมัก

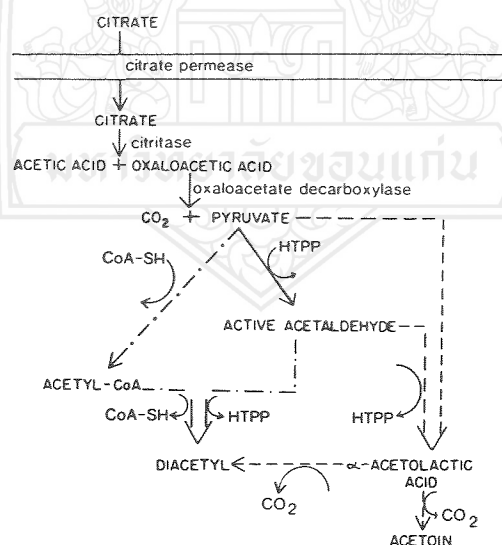
Microorganism	Product	Sorbent
<i>Ambrosiozyma monospora</i>	Monoterpene alcohols	Amberlite XAD2
<i>Clostridium acetobutylicum</i>	Butanol/acetone	Bonopore
<i>Corynebacterium renale</i>	Salicylic acid	Amberlite IRA400
<i>Kluyveromyces marxianus</i>	2-phenylethanol; phenylethyl acetate	Amberlite XAD2
<i>Monascus sp.</i>	Red pigment	Amberlite XAD7
<i>Sporobolomyces odoros;</i>	γ -Decalactone	Amberlite XAD2
<i>Rhodotorula glutinis</i>		
<i>Streptomyces griseus</i>	Cycloheximide	Amberlite XAD4

ได้แก่ *Leuconostoc dextranicum*, *L. citrovorum* และ *Streptococcus lactis* subsp. *diacetylactis* โดยใช้ซิเตรต (citrate) เป็นสารตั้งต้น ซึ่งวิธีการสังเคราะห์ไดอะเซทิล แสดงในรูปที่ 1 เมื่อเลี้ยงแบคทีเรียเหล่านี้ในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีนมหรือหางนม (skim milk) ซึ่งมีซิเตรตเป็นองค์ประกอบอยู่ ซิเตรตจะถูกนำเข้าไปในเซลล์โดยเอนไซม์ Citrate permease และเกิดปฏิกิริยาอีกหลายขั้นตอนจนได้สารไดอะเซทิล และแยกออกจากอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยนำไปกรองและนำส่วนใสที่กรองได้ไปกลั่นด้วยไอน้ำ ได้มีการวิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตของไดอะเซทิลโดยใช้เทคนิคการผ่าเหล่าจุลินทรีย์ โดยใช้แสงอัลตราไวโอเลต แต่การถ่ายเชื้อหลายครั้งอาจทำให้ผ่าเหล่าแปรกลับเป็นอย่างเดิมได้ในระยะหลังมีการใช้เทคนิคทางพันธุวิศวกรรมเข้ามาช่วยเพิ่มระดับไดอะเซทิลโดยหาทางกำจัดยีน (gene) ที่สร้างเอนไซม์ α -acetolactate decarboxylase (α -ALDC) เนื่องจากเอนไซม์ตัวนี้ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจาก α -acetolactic acid

ไปเป็น acetoin ซึ่งเป็นสารที่ไม่ให้กลิ่นรส ทำให้เกิดไดอะเซทิลน้อยลง การกำจัดเอนไซม์ α -ALDC จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะทำให้มีปริมาณไดอะเซทิลมากขึ้น

2. ไพราซีน (Pyrazines)

ไพราซีน เป็นสารประกอบไนโตรเจนที่มีลักษณะเป็นวงแหวน (heterocyclic nitrogen compounds) ให้กลิ่นรสในอาหารที่ย่างหรือปิ้งหรือที่ต้องใช้ความร้อน ใช้เสริมแต่งกลิ่นรส นัท ข้าวโพด กาแฟ สับปะรด ช็อคโกแลต ไพราซีนที่มีในอาหารธรรมชาติเกิดจากปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction) ของหมู่คาร์บอนิลในน้ำตาลรีดิวซ์ซึ่งรวมตัวกับหมู่อะมิโนในโปรตีน ที่อุณหภูมิ 100°C หรือสูงกว่านั้น มีแบคทีเรียหลายชนิดสามารถผลิตไพราซีนได้ (ตารางที่ 3)



รูปที่ 1 วิธีการสังเคราะห์ไดอะเซทิลจากซิเตรต
ที่มา : Kempler, 1983

พบว่าเชื้อผ้าเหลืองของ *Corynebacterium glutanicum* สามารถผลิตเตตระเมทิลไพราซีน (tetramethyl pyrazine) ได้สูงถึง 3 กรัมต่อลิตร ในเวลา 5 วัน (Demanin, 1967) แล้วทำการปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกเซลล์จุลินทรีย์ออก แล้วนำไปตกผลึกไพราซีน โดยการนำอาหารเลี้ยงเชื้อที่แยกเซลล์ออกแล้วไปแช่แข็ง

3. เทอร์ปีน (Terpenes)

เทอร์ปีน เป็นสารไฮโดรคาร์บอน ซึ่งสร้างมาจากหน่วยย่อยไอโซพรีน (isoprene) ซึ่งประกอบด้วยคาร์บอน 5 อะตอม โดยปกติเทอร์ปีนเป็นองค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากพืช พบว่าจุลินทรีย์หลายชนิดสามารถผลิตเทอร์ปีนได้ (ตารางที่ 4) โดยวิธี de novo synthesis

ตารางที่ 3 ชนิดของจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตไพราซีน

จุลินทรีย์	ชนิดของไพราซีน
<i>Bacillus subtilis</i>	tetramethyl pyrazine
<i>Corynebacterium glutanicum</i>	tetramethyl pyrazine
<i>Streptococcus lactis</i>	2-methoxy-3-isopropylpyrazine
<i>Pseudomonas perolens</i>	2-methoxy-3-isopropylpyrazine
<i>Pseudomonas taetrolens</i>	2-methoxy-3-isopropylpyrazine
<i>Streptomyces [from soil]</i>	2-methoxy-3-isopropylpyrazine

ที่มา : Trivedi, 1986

ซึ่งมักจะเป็นรา และยีสต์ แต่ไม่พบแบคทีเรียที่สามารถผลิตเทอร์ปีนได้ ซึ่งการผลิตโดยวิธี de novo synthesis นี้ยังไม่คุ้มในเชิงพาณิชย์ วิธีที่มีศักยภาพดีกว่าคือ การใช้แบคทีเรียในกระบวนการ biotransformation เปลี่ยนสารตั้งต้น ที่มีปริมาณมากและราคาถูกให้เป็นเทอร์ปีน แบคทีเรียที่ใช้เป็นพวก *Pseudomonad* ตัวอย่างของการใช้เชื้อแบคทีเรียในกระบวนการ biotransformation คือ การผลิตแอล-เมนทอล (L-Menthhol) ซึ่งเป็นสารเทอร์ปีนชนิดหนึ่ง ให้กลิ่นสดชื่นและมีคุณสมบัติให้ความเย็น (cooling effect) มักใช้มากในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง ยา สารซักฟอกต่าง ๆ และลูกอม

ในธรรมชาติ แอล-เมนทอล สกัดได้จากพืช *Mentha piperita* ในช่วงที่ต้นไม้ชนิดนี้ เริ่มผลิดอก จะผลิตน้ำมันหอมระเหยในรูปแอล-เมนโทน (L-Menthone) และจะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นแอล-เมนทอลและสารตัวอื่น ๆ ในระหว่างที่ดอกบาน (รูปที่ 2)

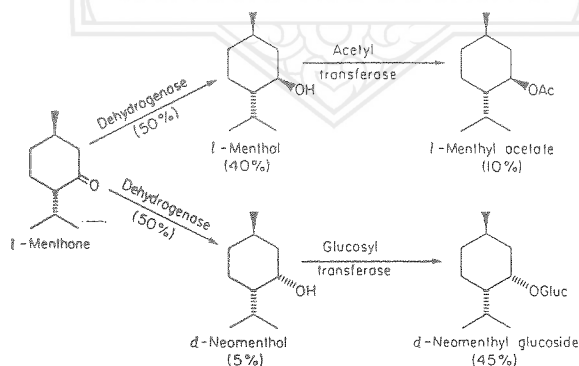
วิธีนี้ปริมาณของแอล-เมนทอลที่สกัดได้จะมีปริมาณน้อย (40%) เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงเป็นสารอื่น ๆ จึงมีการนำ *Pseudomonas putida* YK-2 มาใช้ในกระบวนการ biotransformation เนื่องจากมีเอนไซม์ดีไฮโดรจีเนส (dehydrogenase) ที่สามารถเปลี่ยนสารตั้งต้นแอล-เมนโทน ให้เป็นแอล-เมนทอล อย่างเดียว โดยไม่เปลี่ยนเป็น ดี-นีโอเมนทอล (D-Neomenthol) จะทำให้ได้ผล

ผลิตของ แอล-เมนทอล สูงขึ้นและควรจะรีบเก็บ ปฏิกริยาให้เปลี่ยนเป็นแอล-เมนทอลโดย *P. putida* เกี่ยวพีชชนิดนี้ในช่วงเริ่มออกดอกเพื่อให้ได้ปริมาณ นอกจากนั้นยังมีอีกวิธีหนึ่งที่จะเพิ่มการผลิต แอล-แอล - เมนโทเน สูงสุดเสียก่อน หลังจากนั้นจึงเร่ง เมนทอล โดยใช้ stereospecificity ของเอนไซม์

ตารางที่ 4 ตัวอย่างของเทอร์ปีนบางชนิดที่ผลิตจากจุลินทรีย์

Microbe	Terpenes Produced	Odor
<i>Trametes odorata</i>	Geraniol, d-limonene	
<i>Phellinus spp.</i>	α - pinene	
<i>Kluyveromyces lactis</i>	Citronellol, linalool, geraniol	fruity, flowery
<i>C. moniliformis</i>	Citronellol, geraniol, linalool	fruity, banana, peach
<i>Ceratolystis spp.</i>	Nerol, terpineol	
<i>Ascoidea hylecocti</i>	Citronellol, linalool	fruity, flowery
<i>Ceratocystis coerulescens</i>	Citronellol, citronellyl acetate	fruity
<i>C. fimbriata</i>	Citronellol, linalool, geraniol	sweet, fruity
<i>C. variopora</i>	Geraniol, citronellol, nerol	fragrant, banana
<i>C. virescens</i>	Linalool, geranylacetate	fruity
<i>Lentinus lepideus</i>	Linalool, several sesquiterpenes	aromatic fruity
<i>Penicillium decumbens</i>	Thujopsene, nerolidol	soapy perfume

ที่มา : Trivedi, 1986



รูปที่ 2 วิธีการเปลี่ยนแปลงของ L-Menthone เป็นสารต่างๆ

ที่มา : Kempler, 1983

จากแบคทีเรียเพื่อเปลี่ยนส่วนผสมของ DL - methyl ester ให้เป็น แอล - เมนทอล สายพันธุ์จุลินทรีย์ที่ใช้ใน bioconversion นี้คือ *Bacillus*, *Mycobacterium*, *Aerobacter*, *Arthrobacter* และ *Pseudomonas*

4. เอสเทอร์ (Esters)

เอสเทอร์เป็นสารที่ให้กลิ่นรสคล้ายผลไม้ และดอกไม้หลายชนิด มีจุลินทรีย์หลายชนิดสามารถผลิตเอสเทอร์ต่าง ๆ เหล่านี้ได้ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 จุลินทรีย์ที่ผลิตเอสเทอร์

Microorganism	Ester produced	
<i>Pseudomonas fragi</i>	Ethylbutyrate,	
<i>Pseudomonas fragi</i>	Ethylisovalerate,	
<i>Pseudomonas fragi</i>	Ethylhexanoate	
<i>Streptococcus diacetylactis</i> ATCC 15346	}	Ethylbutyrate
<i>S. lactis</i> ML3		
<i>S. cremoris</i> TR		
<i>Lactobacillus</i> (No. 81)		
<i>L. casei</i> L323	}	Ethylhexanoate
<i>Pseudomonas</i> strains No. 50 and 53		

ที่มา : Trivedi, 1986

สารเอสเทอร์ที่จุลินทรีย์เหล่านี้ผลิตได้สันนิษฐานว่ามาจากกรดไขมันอิสระที่เชื้อเหล่านี้สร้างขึ้นมา และเกิด esterified กับ เอทานอล โดยการทำงานของเอนไซม์ esterase ที่มีในจุลินทรีย์ในขั้นต่อไปอาจทำการตรึงเอนไซม์ และศึกษาปริมาณเอสเทอร์ที่เกิดขึ้นภายใต้สภาวะที่เหมาะสมเพื่อให้มีความคุ้มในเชิงพาณิชย์ต่อไป

5. สารประกอบอะโรมาติก

(Aromatic compounds)

มีสารอะโรมาติกอัลดีไฮด์อยู่ 2 ชนิด ที่มีความสำคัญเชิงพาณิชย์คือเบนซัลดีไฮด์ (benzaldehyde) และ วานิลลิน (vanillin)

เบนซัลดีไฮด์ (benzaldehyde) ให้กลิ่นรสของ bitter almond และ เชื้อสามารถสกัดได้จากพืชในจีนัส *Prunus* และจุลินทรีย์ที่สามารถผลิตเบนซัลดีไฮด์ได้ คือ *Pseudomonas putida* โดยใช้แมนดิเลต (mandelate) เป็นแหล่งคาร์บอน และพบว่าถ้ายับยั้งการทำงานของเอนไซม์ benzaldehyde dehydrogenase โดยใช้เทคนิคการผ่าเหล่าจะสามารถทำให้เกิดการสะสมของปริมาณเบนซัลดีไฮด์ในปริมาณสูง

วานิลลิน (Vanillin) เป็นสารที่เป็นองค์ประกอบหลักของกลิ่นรสวานิลลา มีการใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอย่างกว้างขวาง วานิลลาจากธรรมชาติที่สกัดได้จากฝักวานิลลาไม่เพียงพอต่อความ

ต้องการของตลาด จึงมีการผลิตวานิลลาสังเคราะห์ โดยสกัดจากเยื่อไม้ แต่อีกวิธีทางหนึ่งซึ่งสามารถผลิตวานิลลินจากแหล่งธรรมชาติ คือ ผลิตโดยใช้ biotransformation ของจุลินทรีย์ในกลุ่มของ *Corynebacterium* โดยนำ Eugenol ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของน้ำมันกานพลูมาใช้เป็นสารตั้งต้นที่ได้จากธรรมชาติมาผลิตวานิลลิน

6. แลคโตน (Lactones)

แลคโตนเป็น cyclic esters ของ และ -hydroxy acids มักพบทั่วไปในอาหารให้กลิ่นรสหลายแบบ เช่น กลิ่นรสท้อ กลิ่นคล้ายมะพร้าว กลิ่นเนย กลิ่นคล้ายนัท ฯลฯ สามารถสังเคราะห์ทางเคมีจาก keto acid แต่ปัจจุบันการผลิตจากจุลินทรีย์ให้ผลคุ้มค่าในเชิงพาณิชย์มากกว่า และมีข้อได้เปรียบคือเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากธรรมชาติ และมีความบริสุทธิ์ดีกว่าการสังเคราะห์ทางเคมี จุลินทรีย์ที่นำมาผลิตแลคโตนมีทั้งยีสต์ (*Candida* และ *Saccharomyces*) รา (*Penicillium notatum*, *Cladosporium butyricum*) และแบคทีเรีย (*Sarcina lutea*) โดยใช้ keto acid เป็นสารตั้งต้นจากการศึกษาโดยใช้ *Saccharomyces cerevisiae* พบว่าสามารถเปลี่ยน และ -keto acids ให้เป็นแลคโตนได้ถึง 85% โดยใช้ 10% yeast slurry และ 0.05-0.1% keto acids และบ่มเชื้อไว้นาน 48 ชั่วโมง (Kempler, 1983)

7. สารเสริมกลิ่นรส (Flavor enhancers)

Flavor enhancers หรือ Flavor potentiators คือสารเสริมกลิ่นรส ช่วยเพิ่มรสชาติในอาหาร โดยตัวมันเองอาจไม่มีรสชาติ ตัวอย่างที่รู้จักกันดีคือ ผงชูรส หรือ monosodium glutamate (MSG) และที่เริ่มเข้ามาในตลาดอุตสาหกรรมอาหารบ้าน

เรามากขึ้น คือ 5'-nucleotides สารทั้งสองชนิดนี้จะให้รสชาติที่ต่างจากรสชาติพื้นฐาน 4 ชนิด คือเปรี้ยว หวาน เค็ม ขม เรียกว่ารส Umami เป็นภาษาญี่ปุ่น หมายถึงรสอร่อย

โมโนโซเดียมกลูตาเมต (Monosodium glutamate) หรือที่เรียกว่า ผงชูรส เป็นเกลือโซเดียมของกรดอะมิโนกลูตามิกในรูป L-form ซึ่งสามารถผลิตจากวัตถุดิบแป้งมันสำปะหลังหรือจากน้ำตาลจากอ้อย โดยการหมักด้วยเชื้อ *Corynebacterium glutanicum* หรือ *Brevibacterium lactofermentum* ถ้าวัตถุดิบเป็นแป้งต้องใช้อเอนไซม์ α -amylase และ amyloglucosidase เปลี่ยนให้เป็นน้ำตาลเสียก่อน แล้วหมักที่สภาวะที่เหมาะสมหลังจากนั้นจึงแยกผลิตภัณฑ์ออกมาโดยการตกผลึก ฟอกสี และทำให้แห้งก่อนบรรจุ

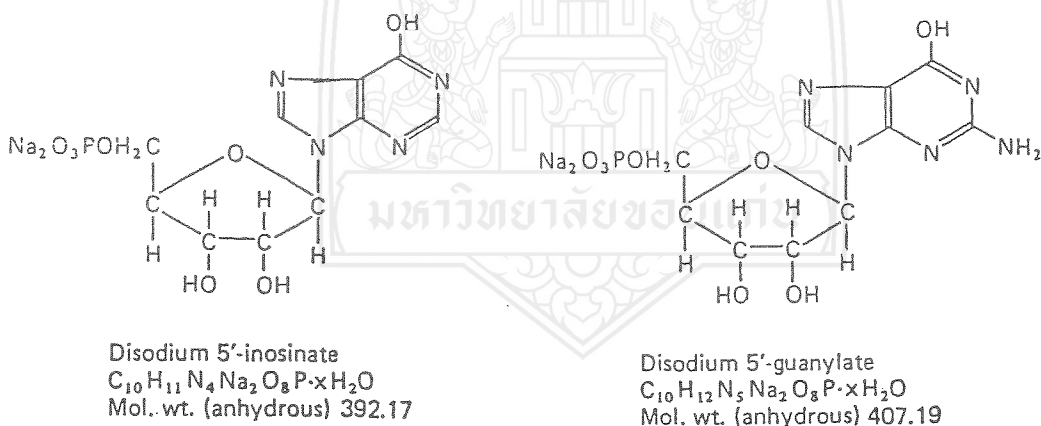
5'-นิวคลีโอไทด์ (5'-nucleotides) สารประกอบในกลุ่มนี้ที่ให้รส umami มีอยู่ 2 ชนิด คือ 5'-inosine monophosphate (5'-IMP) และ 5'-guanosine monophosphate (5'-GMP) ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของเกลือแคลเซียม (รูปที่ 3) 5'-นิวคลีโอไทด์ ทั้งสองชนิดสามารถผลิตได้จากการสังเคราะห์ทางเคมี การจากแบคทีเรียหรือการใช้เอนไซม์สลาย RNA จากยีสต์ ซึ่ง 2 วิธีแรกไม่ค่อยนิยมเนื่องจากให้ผลผลิตต่ำ แต่วิธีการหมักจากเชื้อแบคทีเรียโดยตรงจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความบริสุทธิ์มากกว่า การผลิต 5'-IMP และ 5'-GMP จากการสลาย RNA ของยีสต์นั้น ยีสต์ที่นำมาใช้เป็นแหล่งของ RNA อาจจะเป็น *Candida utilis* หรือยีสต์ขนมปัง โดยแยก RNA ที่อยู่ในเซลล์ยีสต์ออกมาโดยใช้ความร้อน 90-100°C เป็นเวลา 1-3 ชั่วโมง แล้วนำมาทำปฏิกิริยากับเอนไซม์ 5'-phosphodiesterase ที่ได้จาก *Penicillium citrinum* หรือ *Streptomyces aureus* RNA จะถูกเอนไซม์นี้สลายได้ 5'-นิวคลีโอไทด์ 4 แบบ ด้วยกันคือ

5'-AMP, 5'-GMP, 5'-CMP และ 5'-UMP ซึ่งมีเพียง 5'-GMP ตัวเดียวเท่านั้นที่มีความสามารถเป็นสารเสริมกลิ่นรสได้ แยก 5'-นิวคลีโอไทด์เหล่านี้ออกจากกันโดยใช้โครมาโตกราฟีแบบแลกเปลี่ยนประจุ (ion-exchange chromatography) 5'-IMP ได้จากการนำ 5'-AMP มาปัมกับเอนไซม์ adenylationase ที่ได้จากราในกลุ่ม *Aspergillus*

8. สารให้ความหวาน (Sweeteners)

สารให้ความหวานนับว่ามีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารเป็นอย่างมาก นอกเหนือจากน้ำตาลซูโครสที่ใช้กันในครัวเรือนแล้ว ยังมีสารให้ความหวานอีกหลายชนิดที่ใช้ในอุตสาหกรรมและสามารถให้ความหวานมากกว่าซูโครสหลายเท่าตัว

และบางชนิดให้พลังงานต่ำมากเหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนักตัวหรือผู้ที่เป็นโรคเบาหวาน เช่น แอสพาร์เทม (aspartame) ซึ่งเป็น methyl ester ของกรดอะมิโน 2 ชนิด คือ กรดแอสพาทิก (aspartic acid) และ เบนนิลอลานีน (phenylalanine) ผลิตโดยใช้วิธีทางเคมี แต่การผลิตกรดอะมิโนทั้ง 2 ชนิดนี้จะใช้จุลินทรีย์ในการผลิต โดยกรดแอสพาทิกจะผลิตจากกรดฟอริก (formic acid) โดยผ่านเซลล์ที่ถูกตรึง (immobilized cells) ของ *E. coli* ส่วนเบนนิลอลานีนสามารถผลิตจากสารตั้งต้นเบนนิลไพรูเวต (phenylpyruvate), กรดฟอริก และแอมโมเนีย โดยใช้ *Corynebacterium* นอกจากนั้นยังมีสาร **thaumatin** ซึ่งเป็นสารให้ความหวานที่เป็นโปรตีนพบในพืชพื้นเมืองในทวีปอัฟริกา



รูปที่ 3 โครงสร้างของ 5'-IMP, 5'-GMP

ฝั่งตะวันตก ให้ความหวาน 2,000-2,500 เท่าของความหวานของซูโครสที่เข้มข้น 8-10 % นอกจากนี้ให้ความหวานแล้วยังพบว่าให้รส umami ได้ด้วย ได้เริ่มมีงานวิจัยที่น่าจับ (gene) ที่สร้าง thaumatin ไปใส่ในเชื้อ *E. coli* เพื่อใช้จุลินทรีย์สร้างสารนี้แต่ปรากฏว่ายังได้ผลผลิตค่อนข้างน้อยเนื่องจากโปรตีนที่ผลิตได้มีความคงตัวต่ำ จึงยังต้องอาศัยงานวิจัยเพื่อพัฒนาการผลิตให้ได้ปริมาณและคุณภาพผลิตภัณฑ์ที่ดีขึ้น

9. เอนไซม์จากจุลินทรีย์ที่ใช้ในการปรับปรุงกลิ่นรส

นอกจากจะใช้จุลินทรีย์ในการผลิตสารให้กลิ่นรสแล้ว จุลินทรีย์หลายชนิดสามารถผลิตเอนไซม์ที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงกลิ่นรสของอาหารได้ ซึ่งอาจเป็นการเสริมกลิ่นรสที่มีอยู่แล้วให้ดีขึ้น หรือเป็นการกำจัดกลิ่นรสที่ไม่ต้องการออกไป

เอนไซม์ที่ย่อยคาร์โบไฮเดรต (Carbohydrases) เอนไซม์ amylase และ glucoamylase ที่ได้จาก *Aspergillus* และ *Rhizopus* ใช้ผลิตกลูโคสและมอลโตสไซรัป จากแป้งซึ่งนำไปใช้เป็นสารให้ความหวานในอาหารและเครื่องดื่มหลายชนิด และกลูโคสไซรัปใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิต high-fructose corn syrup (HFCS) ซึ่งมักใช้ในเครื่องดื่ม นอกจากนั้นเอนไซม์ lactase (β -galactosidase) ที่ได้จาก *A. niger* หรือ ยีสต์ *Kluyveromyces* ใช้ในการเปลี่ยนเวย์ (whey) ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการผลิตเนยแข็งให้เป็น sweet syrup ซึ่งใช้เป็นสารให้ความหวานในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิดอย่างกว้างขวาง

เอนไซม์ที่ย่อยนิวคลีโอไทด์ (Nucleolytic Enzymes) เอนไซม์ nucleases ใช้ในการผลิต 5'-IMP และ 5'-GMP จาก RNA ของยีสต์ ดังที่ได้เคยกล่าวมาแล้วนั้นสามารถผลิตจาก *Penicillium citrinum* หรือ *Streptomyces aureus* ซึ่งสามารถนำมาผลิตทั้ง 5'-IMP และ 5'-GMP ได้ในปริมาณสูงและนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้หลายชนิด

เอนไซม์ที่ย่อยไขมันและโปรตีน (Lipases & Proteinases) ในการผลิตเนยแข็งบางชนิดเพื่อให้เกิดกลิ่นรสที่เฉพาะตัวจะต้องมีการบ่มด้วยจุลินทรีย์ซึ่งอาจเป็นแบคทีเรีย ยีสต์หรือรา เพื่อให้เอนไซม์ไลเปส และโปรตีนเนส ที่มีในจุลินทรีย์ย่อยสลายไขมันและโปรตีนในเนยแข็งไปบางส่วนเพื่อให้มีกลิ่นรสและลักษณะปรากฏตามที่ต้องการ ในปัจจุบันเริ่มมีการแยกเอนไซม์ที่สร้างออกมานอกเซลล์จุลินทรีย์ นำมาใช้ในการกระบวนการบ่มเนยแข็งเพื่อให้ได้กลิ่นรสตามต้องการ

เอนไซม์ที่กำจัดกลิ่นรสไม่พึงประสงค์ น้ำผลไม้บางชนิดอาจมีรสขม เช่น น้ำมะนาว ทั้งนี้เนื่องมาจากมีสารนารังจีน (naringin) ซึ่งเป็นสารพวกฟลาโวนอยด์ (flavonoid) เป็นองค์ประกอบ ซึ่งสามารถกำจัดได้โดยใช้เอนไซม์ naringinase จาก *Aspergillus niger*

เอนไซม์ที่ใช้ในการสกัดสารให้กลิ่นรส เอนไซม์ pectinase, cellulase และ hemicellulase จาก *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus* และ *Trichoderma* สามารถนำมาเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการสกัดสารให้กลิ่นรสจากผลไม้, ผัก, ธัญพืช และกระบวนการผลิตน้ำผลไม้, กระบวนการผลิตไวน์ เนื่องจากเอนไซม์เหล่านี้มีความสามารถในการไฮโดรไลซ์ผนังเซลล์ของพืชทำให้สารที่อยู่ภายในถูกปลดปล่อยออกมาได้รวมทั้งสารที่ให้กลิ่นรสด้วย

จะเห็นได้ว่าการนำจุลินทรีย์มาใช้ในการผลิตสารให้กลิ่นรส มีประโยชน์ต่อการอุตสาหกรรมอาหารมากในปัจจุบัน เนื่องจากกลิ่นรสเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งที่สามารถจะดึงดูดความสนใจจากผู้บริโภคได้ และผู้บริโภคปัจจุบันมักนิยมสารที่ได้จากแหล่งธรรมชาติมากกว่าได้จากการสังเคราะห์ทางเคมี แม้ว่าในปัจจุบันการผลิตสารให้กลิ่นรสบางชนิดจากจุลินทรีย์ ยังมีผลผลิตต่ำก็ตาม ความพยายามที่จะพัฒนาและปรับปรุงสายพันธุ์ของจุลินทรีย์ตลอดจนการปรับปรุงกระบวนการผลิตจะสามารถทำให้ผลผลิตของสารให้กลิ่นรสจากจุลินทรีย์สูงขึ้นจนมีความคุ้มค่าในเชิงพาณิชย์ในอนาคตอันใกล้นี้ แต่อย่างไรก็ตามต้องมีการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ว่ามีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคจากหน่วยงานที่รับผิดชอบ จึงจะสามารถนำมาใช้ได้ทั้งในระดับอุตสาหกรรมและครัวเรือน

เอกสารอ้างอิง

1. Belin, J.M., Bensoussan, M. and Serrano-Carreón, L. (1992). Microbial Biosynthesis for the Production of Food Flavours. **Trends Food Sci. Technol.** 3 : 11-14
2. Cheetham, P.S.J. (1993). The Use of Biotransformations for the Production of Flavours and Fragrances. **Trends Biotech.** 11 : 478-488
3. Demanin, A., Jackson, M. and Tremer, N.R. (1967). Accumulation of Tetramethyl-pyrazine. **J. Bacteriol.** 94 : 323.
4. Kempler, G.M. (1983). Production of Flavor Compounds by Microorganisms. **Adv. Appl. Microbial.** 29 : 29-51
5. Trivedi, N. (1986). Use of Microorganisms in the Production of Unique Ingredients. In **Biotechnology in Food Processing.** (Harlander, S.K. and Labuza, T.P., eds.) pp. 115-132, Noyes Publications, New Jersey

แผนภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงความยาวและ เวลาในทฤษฎีสัมพันธภาพเฉพาะ (Diagram for showing the changes of length and time in special relativity)

โกวิท ฒ นคร*

บทนำ

จากการค้นพบทฤษฎีสัมพันธภาพของ
ไอน์สไตน์ ได้ทำให้เราได้ทราบว่าผลจากการ
สังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในระบบที่มีการเคลื่อน
ที่สัมพัทธ์กัน จะผิดไปจากการคาดหมายตาม
ความเข้าใจอย่างธรรมดาในระบบที่เราคุ้นเคยกัน
เช่น ปรากฏการณ์การหดสั้นของความยาว (length
contraction) การยืดออกของเวลา (time dilation)
หรือการเพิ่มขึ้นของมวล โดยเฉพาะถ้าระบบนั้นมี
การเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง เมื่อเทียบกับกรอบ
อ้างอิง (frame reference) การอธิบายเรื่องดังกล่าว
มักจะอยู่ในรูปของคณิตศาสตร์ ซึ่งจะพบเห็นได้ใน
ตำราทางฟิสิกส์ทั่ว ๆ ไป^[1-4] การอธิบายโดยใช้
แผนภาพ (diagram) ส่วนมากก็เป็นเพียงการ
ประกอบให้เห็นภาพพจน์ เพื่อความเข้าใจที่ดียิ่งขึ้น
ในบทความนี้จะกล่าวถึงวิธีการสร้างแผนภาพอย่าง
ง่ายที่สามารถนำมาหาค่าความยาวที่หดสั้นลงและ
เวลาที่ยืดยาวออกไป โดยการวัดความยาวจาก
แผนภาพได้โดยตรง

การหดสั้นของความยาว

ในทฤษฎีสัมพันธภาพพิเศษ เมื่อวัตถุที่มี
ความยาว L_0 ซึ่งอยู่ในระบบที่กำลังเคลื่อนที่ด้วย
ค่าความเร็ว v ผู้สังเกตการณ์ (Observer) ซึ่งอยู่
ในกรอบอ้างอิง (frame reference) ที่หยุดนิ่ง จะ
สังเกตเห็นวัตถุดังกล่าวมีความยาว L ความสัมพันธ์
ของความยาวที่สังเกตได้ในระบบทั้งสอง คือ

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad (1)$$

โดยที่ค่า c คือ ค่าความเร็วแสง

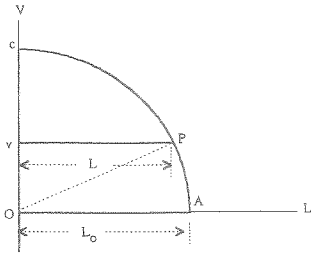
จากสมการนี้จะเห็นว่าถ้าค่าความเร็ว v
ของวัตถุยิ่งมากขึ้น ค่า L จะยิ่งลดลงอย่างรวดเร็ว

จากสมการ (1) นี้เราสามารถที่จะแสดง
ให้เห็นได้อย่างง่าย ๆ ว่า

$$v^2 + \left(\frac{cL}{L_0}\right)^2 + c^2 \dots\dots\dots(2)$$

สมการ (2) นี้เมื่อเปรียบเทียบกับความ
สัมพันธ์ตามสมการทั่วไป $y^2 + x^2 = a^2$ ซึ่งเป็น
สมการวงกลม โดยมีรัศมีวงกลม $= a$ จะเห็นว่า

สมการ (2) คือ ความสัมพันธ์กันระหว่าง v กับ L เป็นรูปวงกลม โดยที่รัศมีวงกลม $= c$ และมาตราส่วนบนแกน L จะต้องมีความ คือ 1 หน่วยระยะทาง $= c/L_0$



รูปที่ 1 แผนภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของความยาวเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v

ดังนั้น เมื่อเราเขียนแผนภาพดังแสดงในรูปที่ 1 โดยให้แกน v และแกน L ทำมุมฉากกันที่จุด O เขียนส่วนโค้งของวงกลมที่มีรัศมี $= c$ ตัดแกน v ที่จุด C และตัดแกน L ที่จุด A

ระยะ OA คือ ความยาวของวัตถุที่วัดได้เมื่อความเร็วสัมพัทธ์ $= 0$

นั่นคือ ระยะ $OA = c$ หน่วยของระยะทาง
 $= c/(c/L_0)$
 $= L_0$ นั่นเอง

จากรูปที่ 1 ที่ค่าความเร็ว v ใด ๆ เราจะได้พิกัดร่วมของแกน L คือ ระยะ vP

จากรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก OVP จะได้ว่า

$$(OP)^2 = (OV)^2 + (VP)^2$$

$$vP = \sqrt{(OP)^2 - (OV)^2}$$

$$= OP \sqrt{1 - \frac{(OV)^2}{(OP)^2}}$$

โดยการแทนค่า OP ที่อยู่นำ $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

$= L_0$ และ OP ที่อยู่ใน $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = c$ กับ $OV = v$ จะได้ว่า

$$vP = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = L$$

L เป็นความยาวของวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v ซึ่งผู้สังเกตการณ์ (ในกรอบอ้างอิงที่อยู่นิ่งเมื่อเทียบกับวัตถุ) จะวัดได้นั่นเอง ดังนั้น โดยการสร้างแผนภาพตามวิธีการเดียวกันนี้ที่ค่าความเร็ว v ต่าง ๆ จะทำให้เราสามารถวัดค่าความยาวที่เปลี่ยนแปลงไปได้โดยง่าย

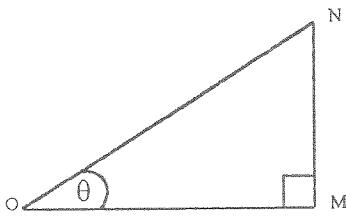
การยืดออกของเวลา

การยืดออกของเวลาเป็นปรากฏการณ์ที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งในทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ เมื่อระบบมีการเคลื่อนที่สัมพัทธ์กันด้วยความเร็ว v ผู้สังเกตการณ์ซึ่งอยู่ในกรอบอ้างอิงที่หยุดนิ่งหรือ S จะสังเกตเห็นหรือเห็นว่าเวลาของผู้สังเกตการณ์ ซึ่งอยู่ในระบบที่กำลังเคลื่อนที่หรือ S' นั้น ผ่านไปช้ากว่า นั่นคือ ช่วงเวลา 1 วินาที ของ S' จะยาวกว่าช่วง 1 วินาที ของ S

ถ้า T_0 เป็นช่วงเวลาใด ๆ ซึ่ง S วัดได้ ช่วงเวลาดังกล่าวนี้นี้ S' จะวัดได้เท่ากับ T โดย

$$T = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \dots \dots \dots (3)$$

ซึ่งจะมีขอบเขตจำกัด คือ $T_0 \leq T \leq \infty$ เมื่อ $0 \leq v \leq c$ ถ้าเราพิจารณารูปสามเหลี่ยมมุมฉาก OMN ดังรูปที่ 2 ซึ่งมีมุม OMN เป็นมุมฉาก



รูปที่ 2 สามเหลี่ยมมุมฉาก OMN

จากรูปที่ 2 นี้ ถ้าระยะ OM คงที่ เมื่อ $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ จะทำให้ ON ซึ่งเป็นด้านตรงกันข้ามมุมฉากมีค่า $OM \leq ON \leq \infty$

จากรูปที่ 2 นี้จะได้ว่า

$$ON = \frac{OM}{\cos \theta}$$

หรือ

$$ON = \frac{OM}{\sqrt{1 - \sin^2 \theta}} \dots \dots \dots (4)$$

จากสมการ (3) และสมการ (4) สมการทั้งสองจะสอดคล้องกันได้ ถ้า

$$ON = T$$

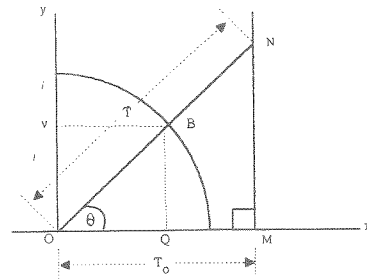
$$OM = T_0$$

และ

$$\sin \theta = v/c$$

ดังนั้น เพื่อให้การสร้างแผนภาพได้ผลสอดคล้องกันที่กล่าวมานี้ เราต้องสร้างรูปสามเหลี่ยมมุมฉากที่ค่ามุม θ ระหว่างด้านประกอบมุมฉากด้านหนึ่งกับด้านตรงข้ามมุมฉาก จะต้องมีความ $\sin \theta = v/c$ เสมอ และถ้าค่าความเร็ว v เปลี่ยนแปลงไป ค่ามุม θ จะเปลี่ยนแปลงไปด้วย โดยที่ $0 \leq v \leq c$ ทำให้ $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$

ในการสร้างแผนภาพดังกล่าว สามารถทำได้โดยตั้งแกน x, y ให้ตั้งฉากและตัดกันที่จุด O เขียนส่วนโค้งของวงกลมรัศมี $= c$ ตัดแกน x และ y ดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 แผนภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่า T เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v

จากจุด O ลากเส้น OM ไปตามแนวแกน x โดยให้ $OM = T_0$ ที่จุด M ลากเส้นตั้งให้ขนานกับแกน y ขึ้นไป ให้แกน y เป็นแกนแสดงค่าความเร็ว ดังนั้น ที่ค่าความเร็ว v ใดๆ จะได้จุดตัดบนส่วนโค้งของวงกลมที่จุด B และเมื่อลากเส้นตรงจาก O ผ่านจุด B ไปพบกับเส้นตั้งที่จุด N ดังแสดงในรูปที่ 3 จะได้ว่า

$$ON = \frac{OM}{\cos \theta}$$

$$ON = \frac{OM}{\sqrt{1 - \sin^2 \theta}} \dots \dots \dots (5)$$

$$\text{โดยที่} \quad \sin \theta = \frac{BQ}{OB} = \frac{v}{c}$$

เมื่อแทนค่า $OM = T_0$ และค่า $\sin \theta$ ลงในสมการ (5) จะได้

$$ON = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = T$$

โดยทำนองเดียวกันนี้ ถ้าเราเปลี่ยนมาตราส่วนจากค่าเวลา T_0 เป็นค่ามวล m_0 เราจะสามารถนำไพบาค่ามวลสัมพัทธภาพ m (relativistic mass) ของวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยค่าความเร็ว v ได้โดยวิธีการเดียวกัน หรือ

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

สรุป

การหดสั้นของความยาวหรือการยืดออกของเวลาเนื่องจากผลของสัมพัทธภาพในการเคลื่อนที่นั้น สามารถที่จะแสดงและวัดค่าได้จากแผนภาพเรขาคณิตที่สร้างขึ้นอย่างง่าย ๆ และให้ผลตรงตามทฤษฎี วิธีการนี้จะช่วยให้เข้าใจและเห็นภาพพจน์การหดสั้นของความยาวและการยืดออกของเวลาได้ดีขึ้น

คำขอบคุณ

ผู้เขียนขอขอบคุณ ผศ.ดร.รงค์ รุจกรกานต์ และ ผศ.ดร.สุพล บริพันธ์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ได้ให้คำแนะนำที่มีประโยชน์อย่างมากในการเตรียมบทความนี้

เอกสารอ้างอิง

1. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์, 2535, *ฟิสิกส์ 2*. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์, กรุงเทพฯ ฯ
2. Hewitt, P.G., 1985., *Conceptual Physics*, Little Brown Company (Canada) Ltd., Toronto.
3. Bowity, S. and Beiser, A., 1971., *Essentials of Physics*, Addison Wesley Publishing Comp., London.
4. Buecher, M., 1988., "Diagram of length contraction and Time dilation" *Am J. Phys.*, 56(10), 941.
5. Beiser, A., 1976., *Concepts of Modern Physics*, McGraw-Hill., Tokyo.

การปรับปรุงคุณภาพอาหาร ด้วยสารประกอบฟอสเฟต

ประสาร สวัสดิ์ชิตัง*

ความหมายและการจัดกลุ่ม

ฟอสเฟต (phosphates) เป็นสารประกอบที่ผลิตได้จากกรดฟอสฟอริก โดยการนำกรดชนิดนี้มาทำให้เป็นกลางเพียงบางส่วนหรือทั้งหมด ด้วยไฮดรอกไซด์ของโลหะที่เป็นต่าง ซึ่งที่พบมาก ได้แก่ โซเดียม โปตัสเซียม และแคลเซียม

สารประกอบฟอสเฟตที่มีใช้กันอยู่นั้นแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ (ดังตารางที่ 1)

1. ออร์โทฟอสเฟต (orthophosphates)
2. คอนเดนส์ฟอสเฟต (condensed

phosphates)

ออร์โทฟอสเฟตนั้นประกอบด้วย ฟอสฟอรัส 1 อะตอม ล้อมรอบด้วยออกซิเจน 4 อะตอม สารประกอบนี้มีตำแหน่งที่จะรับอะตอมที่มีประจุบวกได้ 3 แห่ง ซึ่งอาจจะเป็นอะตอมของไฮโดรเจนหรือไฮดรอกซิลของโลหะที่เป็นต่าง หรือทั้งสองอย่างนั้นรวมกัน

คอนเดนส์ฟอสเฟต เกิดขึ้นจากการให้ความร้อนแก่ส่วนผสมของสารออร์โทฟอสเฟตภายใต้สภาวะที่ควบคุม ทำให้ได้สารประกอบที่มีฟอสฟอรัสตั้งแต่ 2 อะตอมขึ้นไป โดยที่ระหว่างอะตอมของฟอสฟอรัสจะมีอะตอมของออกซิเจนคั่นอยู่ สารประกอบฟอสเฟตที่มีฟอสฟอรัส 2 อะตอมนี้ถูกเรียกว่า ไพโรฟอสเฟต (pyrophosphate)

ส่วนประกอบ ฟอสเฟตที่มีฟอสฟอรัสตั้งแต่ 3 อะตอมขึ้นไปนั้นถูกเรียกว่า โพลีฟอสเฟต (polyphosphate) ซึ่งมีลักษณะโมเลกุลเป็นเส้นตรง แต่ถ้าโมเลกุลเชื่อมต่อกันเป็นวงจะถูกเรียกว่า เมตาฟอสเฟต (metaphosphate)

นอกจากฟอสเฟต 2 กลุ่ม ดังกล่าวแล้วยังมีฟอสเฟตอีกกลุ่มหนึ่งคือ อัลตราฟอสเฟต (ultraphosphates) ซึ่งมีรูปร่างเป็นเส้นตรงที่แตกแขนงหรือเป็นวงเชื่อมต่อกัน หรือมีทั้ง 2 ลักษณะร่วมกัน แต่ฟอสเฟตกลุ่มนี้ไม่ได้รับความนิยมในการใช้งาน

การตั้งชื่อสารประกอบฟอสเฟต

การเรียกชื่อสารประกอบฟอสเฟตนี้มีใช้อยู่หลายระบบเช่น Industry's Generic System, The Scientific System, The Food Chemicals Codex (FCC) System และ The Codex Alimentarius System นอกจากนี้สารประกอบฟอสเฟตบางตัวได้รับการตั้งชื่อตามผู้ที่ค้นพบ ซึ่งมักจะรู้จักในนามของชื่อทางการค้า (trade name) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้สารประกอบฟอสเฟตตัวเดียวกันมีชื่อได้หลายชื่อ เช่น NaH_2PO_4 อาจจะเรียกว่า โมโนโซเดียมฟอสเฟต (monosodium phosphate) ซึ่งเรียกย่อว่า เอ็มเอสพี (MSP) หรืออาจจะเรียกว่า

* ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

ตารางที่ 1 การจัดกลุ่ม สูตร ชื่อ ความสามารถในการละลาย และหน้าที่ของสารประกอบฟอสเฟต

Class of phosphate	Basic structure ^a	Phosphate name	Generally accepted formula	pH 1% solution	Solubility at 25°C (g/100 g water)	Function
Orthophosphates		Monosodium phosphate	NaH ₂ PO ₄	4.6	87	Emulsifier, Buffer.
		Monocalcium phosphate monohydrate	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ · H ₂ O	3.8	—	Acidulant, leavening agent, dough conditioner, yeast food, nutrient.
Condensed phosphates						
Pyrophosphates		Sodium acid pyrophosphate	Na ₂ H ₂ P ₂ O ₇	4.3	15	Emulsifier, buffer, sequestrant, water binding agent in meats.
Triphosphates		Sodium triphosphate	Na ₅ P ₃ O ₁₀	9.9	15	Emulsifier, water binding agent in meats.
Long-chain polyphosphates						
		Sodium polyphosphates	(NaPO ₃) ₆ · Na ₂ O	7.7	40 ^b	Sequestrant, emulsifier, suspending agent, water binding agent in meats.
Metaphosphates						
		Sodium trimetaphosphate	(NaPO ₃) ₃	6.7	23	—
		Sodium tetrametaphosphate	(NaPO ₃) ₄ · 4H ₂ O	6.2	18	—

^a M = a metal ion or hydrogen.

^b solubility > 40% but this value is recommended for ease of preparation and use.

โมโนโซเดียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (monosodium dihydrogen phosphate) หรือโซเดียมฟอสเฟต-โมโนเบสิก (sodium phosphate, monobasic) หรือโมโนโซเดียมโมโนฟอสเฟต (monosodium monophosphate) หรือโซเดียมไบฟอสเฟต (sodium biphosphate)

นอกจากนี้ยังมีการตั้งชื่อผิด แต่ก็ยังคงใช้ชื่อผิดนี้มาตราบนานเท่าทุกวันนี้ นั่นคือ โซเดียมเฮกซะเมตา ฟอสเฟต (sodium hexametaphosphate) เนื่องจากว่าครั้งแรกที่ค้นพบสารนี้เข้าใจว่าเป็นสารประกอบฟอสเฟตในกลุ่มเมตาฟอสเฟต แต่ความจริงแล้วเป็นพอลิฟอสเฟตที่ประกอบ ออร์โท-ฟอสเฟต จำนวน 10-15 โมเลกุล ดังนั้นในการเลือกซื้อสารฟอสเฟตมาใช้งานจะต้องตรวจสอบให้ชัดเจนว่าเป็นสารตัวที่เราต้องการหรือไม่

คุณสมบัติและหน้าที่ของสารประกอบฟอสเฟต

คุณสมบัติทางเคมีบางอย่างนั้นทำให้สารประกอบฟอสเฟตมีผลอย่างกว้างขวางในผลิตภัณฑ์อาหาร ดังต่อไปนี้

1. เป็นบัฟเฟอร์และควบคุมพีเอช (Buffering and pH Control)

ฟอสเฟตช่วยควบคุมการเปลี่ยนแปลงของพีเอช นั่นคือทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ เมื่อมีการเติมกรดหรือด่างลงไปในอาหาร จะทำให้สภาพความเป็นกรด-ด่าง ของอาหารเปลี่ยนไปเพียงเล็กน้อย สารประกอบฟอสเฟตที่ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ได้ดีคือ พวกออร์โทฟอสเฟตและไพโรฟอสเฟต ส่วนโพลีฟอสเฟตนั้นยิ่งมีขนาดโมเลกุลยาวมากขึ้น คุณสมบัติการเป็นบัฟเฟอร์ก็จะลดลง สารประกอบฟอสเฟตยังถูกนำมาใช้ในการเพิ่มหรือลดระดับความเป็นกรด-ด่างเพื่อให้ได้ตามต้องการ ด้วยคุณสมบัติดังกล่าวนี้จึงมีการนำฟอสเฟตมาใช้

ในผลิตภัณฑ์อาหารจำพวกเครื่องดื่ม เนยแข็งและผลิตภัณฑ์ขนมอบ (bakery dough and cake mixes)

2. ลดความไวของไอออนของโลหะ (Inactivation of Metal Ions)

ฟอสเฟตช่วยลดความไวของไอออนบวกของโลหะชนิดต่าง ๆ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม ทองแดง และเหล็ก เพื่อป้องกันไม่ให้ไอออนเหล่านี้ไปทำปฏิกิริยากับองค์ประกอบของอาหาร แล้วเกิดการตกตะกอนหรือทำให้สีของอาหารเปลี่ยนไป

ฟอสเฟตจะรวมตัวกับไอออนเหล่านี้นั้นแล้วเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ละลายน้ำได้ ไอออนของโลหะเหล่านี้จึงไม่สามารถไปรบกวนหรือทำปฏิกิริยากับอาหารได้

สารโพลีฟอสเฟต เช่น โซเดียม-เฮกซะเมตาฟอสเฟต จะรวมตัวได้ดีกับ แคลเซียม-ไอออน และแมกนีเซียม-ไอออน ส่วนโพลีฟอสเฟตที่มีโมเลกุลสั้น เช่น โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต และโซเดียมไพโรฟอสเฟตจะรวมตัวได้ดีกับไอออนของเหล็กและทองแดง

คุณสมบัติของฟอสเฟตในข้อนี้ทำให้มีการนำมาใช้ประโยชน์หลายอย่าง เช่น การสกัดเพคตินจากแอปเปิ้ลและส้ม จะใช้ฟอสเฟตเพื่อให้ไปจับกับแคลเซียม เพื่อให้ได้ปริมาณเพคตินมากขึ้น ใช้ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในอาหาร เนื่องจากฟอสเฟตไปรวมตัวกับแคลเซียม แมกนีเซียม และเหล็ก ซึ่งเป็นแร่ธาตุที่มีความจำเป็นต่อการเจริญของจุลินทรีย์ นอกจากนี้ยังใช้ในการบำบัดน้ำที่จะนำมาใช้ในการผลิตอาหาร ใช้ป้องกันการเกิดความขุ่นมัวของเบียร์และไวน์ และใช้ป้องกันการสูญเสียคาร์บอนไดออกไซด์ในเครื่องดื่ม

ในแง่ของโภชนาการ ฟอสเฟตที่รวมตัวอยู่กับแคลเซียม เหล็ก และแมกนีเซียมนั้นช่วยให้ร่างกายสามารถดูดซึมแร่ธาตุทั้งสามไปใช้ประโยชน์ได้

3. มีหลายประจุในโมเลกุล (Polyvalency and Polyelectrolyte Behavior)

การที่ฟอสเฟตมีประจุลบหลายประจุบนโมเลกุล โดยเฉพาะพวกโพลีฟอสเฟตซึ่งสามารถทำปฏิกิริยากับองค์ประกอบของอาหารแล้วทำให้เกิดการแยกกลุ่ม การกระจาย การรวมตัวของไขมันกับน้ำหรือการแขวนลอยขององค์ประกอบต่าง ๆ

นอกจากนี้โพลีฟอสเฟตยังสามารถรวมตัวกับประจุบวกที่อยู่บนโมเลกุลขนาดใหญ่ เช่น โปรตีน ซึ่งจะทำให้โปรตีนนั้นมีความสามารถในการอุ้มน้ำมากขึ้น และเพิ่มการเกิดเจลของโปรตีน นั่นคือช่วยให้โปรตีนละลายได้ดีขึ้นและไม่ตกตะกอน

การใช้ฟอสเฟตในผลิตภัณฑ์อาหาร

1. ผลิตภัณฑ์อาหารอบ (Baked Products)

ในการผลิตอาหารอบชนิดต่าง ๆ เช่น เค้ก คุกกี้ และขนมปัง จะมีการใช้ฟอสเฟตในรูปของสารที่ช่วยให้ขึ้นฟูเป็นส่วนใหญ่ สารฟอสเฟตที่ใช้มีหลายตัว เช่น โมโนแคลเซียมฟอสเฟตโมโนไฮเดรต (monocalcium phosphate monohydrate) แอนไฮดรัสโมโนแคลเซียมฟอสเฟต (anhydrous monocalcium phosphate) โซเดียมอะลูมิเนียมฟอสเฟต (sodium aluminum phosphate) และ โซเดียมแอซิดไพโรฟอสเฟต (sodium acid pyrophosphate) ซึ่งอาจจะใช้เดี่ยว ๆ หรือใช้ผสมกันก็ได้

นอกจากจะช่วยทำให้อาหารขึ้นฟูแล้ว ฟอสเฟตยังทำหน้าที่ปรับสภาพโด (dough) ในการทำขนมปังและช่วยควบคุมพีเอชให้เหมาะสมต่อการทำงานของยีสต์ด้วย

2. ผลิตภัณฑ์นม (Dairy Products)

ฟอสเฟตทำหน้าที่หลายอย่างในผลิตภัณฑ์นม เช่น เป็นตัวอิมัลซิฟาย (emulsifier) เป็นบัฟเฟอร์ เป็นตัวจับไอออนของโลหะ ควบคุมการกระจายตัวของโปรตีนและควบคุมการตกตะกอนของโปรตีน มีการใช้โดโซเดียมฟอสเฟตและไดโปตัสเซียมฟอสเฟตในการผลิตเนยแข็งแบบธรรมชาติ (natural cheese) เพื่อให้ฟอสเฟตดังกล่าวไปจับกับแคลเซียม จึงช่วยยับยั้งการเจริญของไวรัส (bacteriophage) ที่จะมาทำลายแบคทีเรียที่ช่วยทำให้เกิดกลิ่นรสที่ดีของเนยแข็ง เนื่องจากไวรัสดังกล่าวต้องการแคลเซียมในการเจริญเติบโต

สำหรับเนยแข็งชนิดปรุงแต่ง (process cheese) จะมีการเติมฟอสเฟตจำพวกโดโซเดียมฟอสเฟตไดไฮเดรต และไตรโซเดียมฟอสเฟตไดเดคาไฮเดรต (trisodium phosphate dodecahydrate) เพื่อเป็นตัวอิมัลซิฟาย โดยทำให้ไขมันในเนยแข็งกระจายอยู่อย่างสม่ำเสมอและไม่แยกชั้นเมื่อหลอมละลาย

ผลิตภัณฑ์นมระเหยน้ำ และนมข้นจะมีการเติมโดโซเดียมฟอสเฟต เพื่อป้องกันไม่ให้โปรตีนในนมเกาะกลุ่มกันหรือตกตะกอน นอกจากนี้โดโซเดียมฟอสเฟตยังช่วยป้องกันการเกิดคูกเฟลเวอร์ (cooked flavor) ได้ด้วย

3. ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ สัตว์ปีก และอาหารทะเล (Meat, Poultry and Seafood Products)

ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ไม่ว่าจะเป็น เนื้อวัว หมู แพะ และแกะ ถ้าใช้ฟอสเฟตเข้าร่วมด้วย จะช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัส สี กลิ่น รส ป้องกันการเกิดออกซิเดชัน และยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์

ฟอสเฟตสามารถทำให้น้ำอู่น้ำได้เพิ่มขึ้น โดยที่ฟอสเฟตไปทำให้ค่า พีเอช และค่า ไอออนิกสเตรงท์ (ionic strength) เพิ่มขึ้น และทำให้เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับโปรตีนที่จับอยู่กับแมกนีเซียมและแคลเซียมทำให้โปรตีนสามารถที่จะแตกตัวเกิดตำแหน่งที่จะรวมตัวหรือจับกับน้ำได้มากขึ้น

ฟอสเฟตที่ใช้เพื่อเพิ่มความสามารถในการอู่น้ำของเนื้อในผลิตภัณฑ์จำพวก แฮม และคอร์นบีฟ ได้แก่ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต ส่วนผลิตภัณฑ์จำพวกไส้กรอกนั้นนิยมใช้โซเดียมแอสิดไพรอัสเฟต โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต โซเดียมไพโรฟอสเฟต และเตตระโปตัสเซียม-ไพโรฟอสเฟต (tetrapotassium pyrophosphate) ซึ่งจะช่วยปรับสภาพสีของไส้กรอก คงสภาพอิมันชัน และปรับสภาพการจับตัวของโปรตีน สำหรับผลิตภัณฑ์เบคอนนั้นจะใช้โซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต เพราะเชื่อมั่นสามารถลดการเกิดไนโตรซามีน (nitrosamine) ได้ ในระหว่างการทอดเบคอน

ฟอสเฟตที่ใช้กับผลิตภัณฑ์สัตว์ปีกไม่ว่าจะเป็น ไก่ เป็ด ไก่ทอง และห่าน นั้นก็เพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในแง่ของเนื้อสัมผัส และกลิ่นรสเช่นเดียวกับเนื้อสัตว์อื่นที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

สำหรับผลิตภัณฑ์อาหารจากสัตว์ทะเลนั้นจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ง่าย จึงมีการใช้ฟอสเฟตจำพวกโซเดียมไตรโพลีฟอสเฟตและโซเดียมเฮกซะเมตาฟอสเฟต เพื่อช่วยยับยั้งการเกิดออกซิเดชัน ช่วยทำให้สีผลิตภัณฑ์ดีขึ้น ลดการสูญเสีย น้ำ ทำให้เนื้อนุ่มมากขึ้น และป้องกันการเกิดผลึกของแมกนีเซียมแอมโมเนียมฟอสเฟต (เรียกว่า struvite มีลักษณะเป็นผลึกโปร่งใส ซึ่งผู้บริโภคอาจเข้าใจผิดว่าเป็นเศษแก้ว)

ปลากระป๋องที่ผลิตจากปลาแซลมอนแช่แข็ง มักจะมีปัญหาในการเกิดเคิร์ด (curd) ในส่วนของช่องเหลว ซึ่งสามารถแก้ปัญหานี้ได้ด้วยการใช้โซเดียมแอสิดไพรอัสเฟต

การใช้ฟอสเฟตกับอาหารนั้นส่วนใหญ่มีอยู่ 4 วิธี คือ

1. การจุ่ม (immersion)
2. การพ่น (spray)
3. การฉีด (injection)
4. การคลุกเคล้า (tumbling)

โดยที่ทั้ง 4 วิธีนี้มักจะใช้ฟอสเฟตในรูปสารละลายที่มีความเข้มข้น 5-10 %

จากที่กล่าวมาแล้วทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าฟอสเฟตมีความสำคัญอย่างยิ่งในการปรับปรุงคุณภาพอาหารหลายชนิด ดังนั้น ในการพัฒนาหรือปรับปรุงคุณภาพอาหารชนิดต่าง ๆ จึงไม่ควรมองข้ามสารประกอบฟอสเฟต เพราะฟอสเฟตอาจช่วยแก้ปัญหาก็กำลังเผชิญอยู่ได้อย่างคาดไม่ถึง

แปลและเรียบเรียงจาก

- Dziezak, J.D. 1990. Phosphates improve many foods. Food Technology. 44(4) : 80-92.

จำนวนโครโมโซมของเผือกพื้นเมือง

Chromosome number of traditional variety of Taro (*Colocasia esculenta* Schott)

ปรีชา ประเทพา*

บทคัดย่อ

เผือกพื้นเมือง 2 พันธุ์ คือ เผือกจีน และเผือกข้าวก่ำหรือเผือกอ้อย ที่เก็บตัวอย่างจากจังหวัดมุกดาหาร นำมาปลูกในกระถางเพื่อศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยา และจำนวนโครโมโซม ที่คณะเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เมื่อปลูกเผือกได้ประมาณ 3 เดือน เผือกทั้งสองพันธุ์มีลักษณะสัณฐานวิทยาที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน คือเผือกจีน มีแผ่นใบและก้านใบสีเขียว สีของเนื้อหัวเผือกมีสีขาว เผือกข้าวก่ำมีแผ่นใบสีเขียวเข้ม (เขียวอมม่วง) ก้านใบสีม่วง เนื้อหัวเผือกเป็นสีม่วง

จำนวนโครโมโซมของเซลล์ร่างกายจากปลายราก มีจำนวนโครโมโซมแตกต่างกัน คือ เผือกจีนมีจำนวนโครโมโซม $2N=28$ และเผือกข้าวก่ำมีจำนวนโครโมโซม $2N=42$ สิ่งที่คล้ายกันคือ เผือกทั้งสองพันธุ์มีโครโมโซมขนาดเล็ก มีรายงานว่า พืชสกุล *Colocasia* มี basic number(X)=14 ดังนั้นผู้วิจัยจึงสรุปว่าเผือกจีนเป็นชนิดดิพลอยด์ ($2N=2X=28$) และเผือกข้าวก่ำเป็นชนิดเทริพลอยด์ ($2N=3X=42$)

Abstract

Root tip chromosome numbers were determined in two traditional varieties of Taro (*Colocasia esculenta* Schott) which were taken from Mukdahan province. The voucher specimens were studied in morphology and chromosome number and were kept at Mahasarakham University, Mahasarakham.

From morphological observations, the PHUEAK CHIN variety, Acc.1 shows green leaf

blade and petiole and flesh corm is white, but the PHUEAK KHAO KAM variety, Acc.2 has dark green leaf blade with purple petiole and purple flesh corm. The former variety has the chromosome number of $2N=28$, whereas the latter variety shows $2N=42$. The chromosomes of both varieties are small in size. The author claims that both varieties show $2N=28$ and 42, which are the diploid and triploid level of $X=14$, respectively.

* ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

บทนำ (INTRODUCTION)

เผือก (Taro) จัดอยู่ในวงศ์อะราลีย์ (Family Araceae) เป็นพืชพื้นเมืองของชาวเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เป็นพันธุ์ปลูก (cultivar) ประมาณ 1000 พันธุ์ มีความแตกต่างกันทั้งสีของแผ่นใบและก้านใบ ขนาดของหัวเผือกแตกต่างกันมีตั้งแต่เล็กสุด หัวมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ $1/2 - 1$ นิ้ว ถึงขนาดใหญ่สุดประมาณ 6 นิ้ว ความยาวของหัวยาวสูงสุดถึง 24 นิ้ว เนื้อของหัวเผือกมีทั้งสีขาว เหลือง ส้ม ม่วง และแดง (Dictionary of Indian Raw material and Industrial Product, Vol. 1).

Purseglove (1975) ได้รายงานว่าการจัดแบ่งชนิดของเผือกพันธุ์ปลูกยังมีความเห็นขัดแย้งกันอยู่ในหมู่นักพฤกษศาสตร์ ซึ่งบางท่านได้จัดไว้เป็น 2 ชนิด (species) คือ *Colocasia esculenta* Schott และ *C. antiquorum* Schott แต่บางท่านได้จัดไว้เป็นชนิดเดียวกันแต่แยกเป็น 2 พันธุ์ (variety) คือ *C. esculenta* var. *esculenta* และ *C. esculenta* var. *antiquorum* (Schott) Hubbard & Rehder

ข้อมูลทางด้านโครโมโซมของเผือก มีรายงานว่าจำนวนโครโมโซม $2N=28,42$ ซึ่งมีทั้งชนิดดิพลอยด์ ($2N=2X=28$) และเทริพลอยด์ ($2N=3X=42$) ที่มี basic number เท่ากับ 14 (Darlington and Wylie 1995, Okada and Hambali 1989) รายงานนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อเสนอข้อมูลจำนวนโครโมโซมของเผือกพื้นเมือง พันธุ์ปลูก 2 พันธุ์ ที่ปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นความรู้พื้นฐานทางพันธุศาสตร์ที่สำคัญ อันเป็นประโยชน์ทางด้านอนุกรมวิธานของเผือกในประเทศไทย

อุปกรณ์และวิธีการ

(MATERIAL AND METHODS)

ตัวอย่างเผือกพื้นเมือง 2 พันธุ์ คือเผือกจีน และเผือกข้าวก่ำหรือเผือกอ้อย (เดิม, 2523) (ภาพที่ 1) ได้จากจังหวัดมุกดาหาร นำมาปลูกในกระถางเพื่อศึกษาลักษณะพื้นฐานวิทยาบางลักษณะ และจำนวนโครโมโซม ที่ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม วิจัยเตรียม สไลด์เพื่อศึกษาโครโมโซมจาก somatic cell ของปลายราก ได้เตรียมสไลด์แบบ Feulgen squash ตามวิธีการของ กันยารัตน์ (2532)

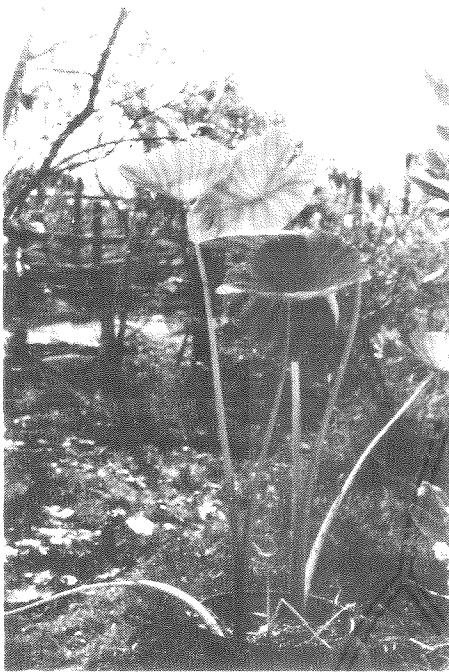
ผลการศึกษา (RESULTS)

1. ลักษณะพื้นฐานวิทยา

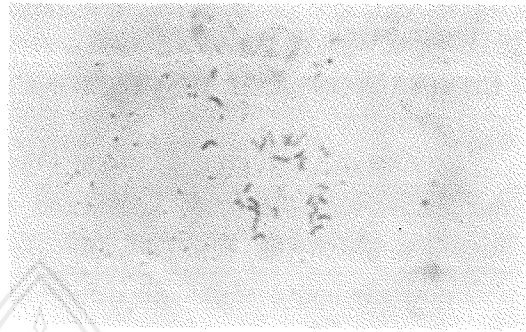
เผือกทั้งสองพันธุ์มีอายุปลูกได้ประมาณ 3 เดือน ลักษณะที่สังเกตความแตกต่างได้ชัดเจน คือ เผือกจีนมีแผ่นใบและก้านใบเป็นสีเขียว เนื้อของหัวเผือกมีสีขาว เผือกข้าวก่ำมีแผ่นใบมีสีเขียวเข้ม (เขียวอมม่วง) ก้านใบสีม่วงอ่อน เนื้อหัวเผือกมีสีม่วง

2. จำนวนโครโมโซม

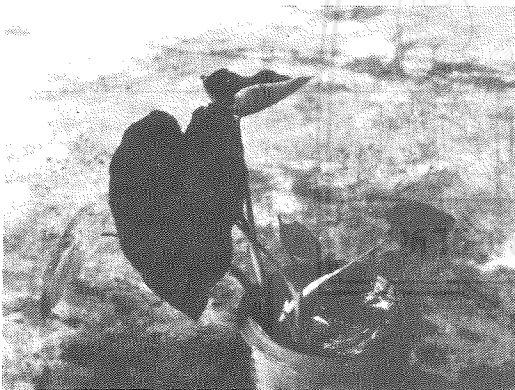
เผือกจีน มีจำนวนโครโมโซม $2N=28$ และเผือกข้าวก่ำ มีจำนวนโครโมโซม $2N=42$ สิ่งที่คล้ายกันคือโครโมโซมของเผือกทั้งสองพันธุ์เป็นโครโมโซมขนาดเล็ก



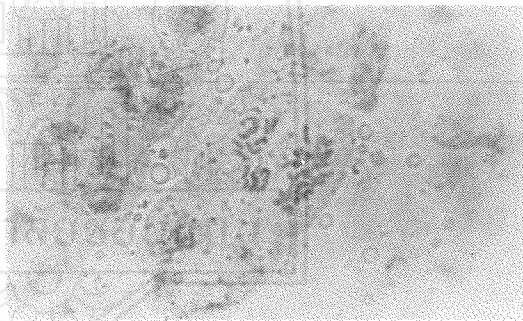
เฟือกจีน



$2N=28$



เฟือกข้าวก่ำ



$2N=42$

ภาพที่ 1 สัณฐานวิทยาของเฟือกจีน (Acc. 1) และเฟือกข้าวก่ำ (Acc. 2) และโครโมโซมในระยะเมทาเฟสของเฟือกจีน ($2N=28$) และเฟือกข้าวก่ำ ($2N=42$)

สรุปและวิจารณ์

(CONCLUSION AND DISCUSSION)

ลักษณะสัณฐานวิทยาของเผือกทั้งสองพันธุ์ คือเผือกจีนและเผือกข้าวก่ำ มีความแตกต่างกันของสี แผ่นใบ ก้านใบ สีของเนื้อหุ้มเผือก และจำนวนโครโมโซมแตกต่างกัน แต่โครโมโซมของเผือกทั้งสองพันธุ์มีความคล้ายคลึงกันคือเป็นโครโมโซมที่มีขนาดเล็ก จากผลการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์ที่รายงานไว้ พืชสกุล *Colocasia* Schott มี basic number=14 และจำนวนโครโมโซมของเผือก $2N=28,42$ และเป็นชนิดดิพลอยด์ และทริพลอยด์ตามลำดับนั้น ผู้วิจัยจึงสรุปในเบื้องต้นว่า เผือกจีนน่าจะเป็นชนิดดิพลอยด์ ($2N=2X=28$) และเผือกข้าวก่ำ น่าจะเป็นชนิดทริพลอยด์ ($2N=3X=42$) ซึ่งการที่จะยืนยันข้อสรุปนี้ จำเป็นต้องศึกษาข้อมูลทางด้านอื่นๆ ประกอบด้วย คือ ขนาดของเซลล์คุม (guard cell) ขนาดของละอองเรณู ซึ่งพืชชนิดเดียวกันแต่มีโครโมโซมเป็นพอลิพลอยด์ในระดับที่มากกว่า จะมีขนาดของสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ ใหญ่กว่าอย่างเห็นได้ชัดเจน (Stebbins, 1971)

เอกสารอ้างอิง

- กันยารัตน์ ไชยสุด. (2532). เซลล์พันธุศาสตร์และเซลล์อนุกรมวิธานของพืชสกุล *Zehyranthes*. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ
- เต็ม สมิตินนท์. (2523). ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย ชื่อพฤกษศาสตร์-ชื่อพื้นเมือง. พันธุ์พลับพลึง. กรุงเทพฯ
- Darlington, C.D. and A.P. Wyllie. (1955). *Chromosome Atlas of Flowering Plants*. 2nd ed. Allen and Unwin. London.
- Okada, H. and G.G. Hambali. (1989). Chromosome Behaviors in Meiosis of the Inter-specific Hybrids between *Colocasia esculenta* Schott and *C. gigantea* Hook. f. *Cytologia* 54 : 389-393.
- Purseglove, J.W. (1975). *Tropical Crops., Monocoryledons*. Longman Group Limited, London.
- Stebbins, G.L. (1971). *Chromosomal Evolution in Higher plants*. Edward Arnold Ltd. London.
- The Wealth of India. (1984). *A Dictionary of Indian Raw material and Industrial product*. Vol. 1 Council of Scientific & Industrial Research, Calcutta, India.

เกร็ดคอมพิวเตอร์

นายถังเบียร์

ตอน...บุม Mac

Mac ในที่นี้หมายถึงเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ Macintosh (ไม่ใช่ แสมเบอเกอร์นะครับ) บุม Mac จะเป็นเรื่องเกร็ดความรู้ต่าง ๆ เกี่ยวกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ Macintosh และ software ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ Macintosh ในตอนแรกนี้จะกล่าวถึงการใช้ Keyboard ในการควบคุมการทำงานต่าง ๆ เนื่องจากเครื่อง Mac จะมี Mouse ในการควบคุมการทำงานต่าง ๆ จนลืมไปว่า Keyboard สามารถควบคุมได้ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะการควบคุมการทำงานด้วย Keyboard ใน System 7

Keyboard	การควบคุม
Command + Space bar	เปลี่ยนภาษาไทยกับภาษาอังกฤษ
Option + Command + Space bar	เปลี่ยน Keyboard แบบไทย ไทย DTP และไทย pattachote
Option + ลูกศรชี้ลง	เปิดไอคอน
Option + ลากไอคอนนั้น	สำเนาไอคอนไปใส่ในอีก folder หนึ่ง (โดยไม่ย้ายไอคอน)
Shift + Clean Up	จัดระเบียบไอคอนที่เลือกไว้
Option + Clean Up	จัดระเบียบและเรียงลำดับไอคอน
Tab	เลือกไอคอนถัดไปตามลำดับตัวอักษร
Shift + Tab	เลือกไอคอนก่อนหน้าตามลำดับตัวอักษร
Option + Close หรือ Option + คลิกปุ่มปิด	ปิดวินโดว์ทั้งหมด
Command + ลากวินโดว์	ย้ายวินโดว์ โดยไม่ทำให้ถูกใช้งาน
Command + กดค้างที่ชื่อวินโดว์	แสดง pop-up เมนูของ folder หรือดิสก์ที่บรรจุวินโดว์นี้ไว้
Command + ลูกศรชี้ขึ้น	เปิดวินโดว์ที่บรรจุวินโดว์ที่กำลังถูกใช้งานนี้
Option + Open หรือ	เปิดวินโดว์หลังจากเปิดไอคอนหนึ่งของวินโดว์นั้นออกมา
Option + Double-Click ที่ไอคอน	
Option + คลิกปุ่มย่อ-ขยาย	ขยายวินโดว์ออกไปเต็มหน้าจอ
Command + Shift + 3	บันทึกภาพจากหน้าจอ
Command + Option ไว้ในขณะที่เปิดเครื่อง	สร้างไฟล์ Desktop ใหม่

เอาละครับ ตอนแรกก็ขอแนะนำการใช้ Keyboard แทนการใช้ Mouse ไว้เพียงเท่านี้ก่อนครับ

๒ เกร็ดเล็กเกร็ดน้อย

ตอน "ก๊อम्म..คนไทย..หนะ..."

ศิลาภณี

สวัสดิ์ขอรับท่านผู้อ่านที่คิดถึงยิ่งของ
กระผม เป็นยังงั้นบ้างครับกับช่วงหน้าร้อนแบบ
ว่าร้อนชนิดไม่บันยะบันยังที่ผ่านมา หวังว่าท่านผู้
อ่านทุกท่านคงสนุกสนานกับการเล่นน้ำสงกรานต์
ควบคู่ไปกับการรับประทานผลไม้หลายหลาก
ประดามีของเมืองไทยเรา กระผมจั่วหัวเรื่องคราวนี้
แบบเลียดรักชาติพลุ่งพล่านเต็มที่เลยแหละขอรับ
ที่มาที่ไปก็เปิดฉากจากที่ว่ากระผมบังเอิญ บังเอิญ
ได้มีโอกาสไปนั่งปั้นจิ้มปั้นเจ้อทานอาหารฝ้าหึ่งเข้า
ไอย่ แบบว่าเคล้าเนยเข้ามมาเพียบเลยแหละขอรับ
พอทานเสร็จก็มีอันเกิดภาวะท้องไส้ปั่นป่วน พร้อม
ทั้งมีเสียงครวญครางมาว่าไม่ค่อยอยากย่อยเจ้า
พวกเนย, นม ที่รับประทานเข้าไปเลย จึงได้กลับ
มานั่ง (นอน+ยืน) พิจารณาว่า อพิโก! เราเอ๊ย อยู่
เมืองไทยนี่ดีแสนดี อาหารหรือก็อร่อย แถมอาหาร
ไทยหลาย ๆ ชนิด (ที่จริงเกือบทุกชนิดเลยก็ว่าได้)
ก็ประกอบขึ้นมาจากสมุนไพรที่มีคุณค่าทางเภสัช-
ศาสตร์ หรือพูดง่าย ๆ ก็คือเป็นยาเราดี ๆ นี่แหละ
ขอรับ ฉบับนี้ก็เลยได้โอกาสไปสืบเสาะแสวงหา
ประโยชน์ของสิ่งใกล้ตัวเหล่านี้มาเล่าสู่กันฟังนะขอรับ
หัลเดิมเริ่มแรกขอเริ่มต้นด้วยประดาดเครื่องเทศใน
เครื่องแกงของไทยก่อนก็แล้วกันนะขอรับ เพื่อท่าน
จะได้รู้สึกว่รับประทานอาหารไทยได้อร่อยมากขึ้น
ไหงละขอรับ

เครื่องแกง (ร้อน ๆ) จ้า

ท่านพ่อแม่พี่น้องที่กะลั่งอ่านอยู่ขอรับ
กระผมคิดว่า (เกือบ) ทุกท่านคงจะเคยลงมือโขลก
น้ำพริกเครื่องแกงต่าง ๆ และคงจะทราบกันดีว่า
กระผมแน่นอนว่าแกงแต่ละอย่างนั้นจะใช้เครื่อง
เทศที่แตกต่างกันไป (หลายหลากประดามี...ว่าน
เหอะ...) แต่โดยรวมก็คงหนีไม่พ้นสูตรสำเร็จแบบ
ละครน้ำเน่าของไทยสูตรนี้หรือกะนะขอรับ คือว่ายัง
ไงก็ตามจะต้องมีพระเอก (สุดหล่อ) ซึ่งกระผมดูไป
ดูมาแล้วก็ไม่มีใครเกินพ่อพริกไปได้หรือกะขอรับ
จากนั้นก็ตามด้วยพี่, ป้า, น้า, อา ที่ล้วนมีกลิ่นทั้ง
หลายอันได้แก่ กะปิ, หอม, กระเทียม มีตัวอิจฉา
(เล็ก ๆ) พอให้ได้แสบ ๆ คัน ๆ ก็คือ เกลือ ส่วน
นางเอกนั้นก็ขึ้นอยู่กับว่าจะแกงอะไรละขอรับ เช่น
ถ้าจะแกงเลียง นางเอกของเราก็คือแม่กระชาย,
แกงเผ็ดก็คงต้องเปลี่ยนมาเป็นหนูตะเภา โอ๊ะไร
ทำนองนั้น แต่ยังไงก็ตามจะเห็นได้ว่าตัวแสดงหลัก
เท่าที่จะพรรณนาได้ก็คงจะเป็น (พ่อ) พริก, (ป้า)
หอม, (น้า) กระเทียม เอาละขอรับ เพื่อไม่ให้
เป็นการเสียเวลาเรามาศึกษาดูกันแต่ละอย่าง
เลยดีกว่านะขอรับ

พริก :

สารสำคัญที่เป็นตัวทำให้พวกเราซู้ดปากกันเวลาทานเจ้าตัวแสนนี้มีชื่อเรียกแบบเก๋ไก๋ว่า *แคปไซซิน (Capsaicin)*⁽¹⁻²⁾ โดยได้มีผู้วิจัยหลายรายมากได้ทำการทดลองเกี่ยวกับแคปไซซินนี้ กระผมขอยกยอดสรุปรวมโดยย่อพอให้ท่านได้อะไรมากขึ้น

- ช่วยกระตุ้นให้หลอดเลือดที่ผิวหนังขยายตัว ทำให้เลือดหมุนเวียนสะดวกขึ้น นอกจากนี้เลือดจะเป็นตัวพาของเสียและพิษที่เกิดจากการฟกช้ำออกไปได้เร็วขึ้น

- รบกวนปลายประสาทที่ทำหน้าที่รับความเจ็บปวด (รวดร้าว) ให้หยุดทำงาน .∴ จึงมีฤทธิ์แก้ปวดได้

- ทำให้เจริญอาหาร เนื่องจากจะมีน้ำลายออกมามาก ทำให้มีการย่อยพวกคาร์โบไฮเดรตได้ดีขึ้น และยังกระตุ้นปลายประสาทของลำไส้เล็กให้ทำงาน พร้อมทั้งกระตุ้นให้กระเพาะอาหารหลั่งกรดออกมามากขึ้นด้วยแหละครับ

ฉะนั้นจึงไม่ต้องสงสัยกันเลยนะขอรับว่าคนไทยหนะ...ทำไม...ทำไม ถึงชอบทานพริกกันนักแหลม! ถ้ากระผมรู้ว่าพริกมีดีปานนั้นต่อไปจะตั้งหน้าตั้งตาปลูกพริกแล้วแหละขอรับ แต่อย่างว่าแหละขอรับไม่มีอะไรที่ดีเลิศประเสริฐศรีไปซะหมดทุกด้าน มีข้อดีก็ต้องมีข้อเสีย คราวนี้ลองกลับมาพิจารณาข้อเสียของพ่อตัวแสนของเราบ้างนะขอรับ

- ทำให้หัวใจบีบตัวแรงและเร็วขึ้น มีผลให้ความดันโลหิตเพิ่มขึ้น⁽³⁾

- ทำให้เกิดเนื้องอกในตับหนูได้ ถ้าให้ปริมาณสูง ๆ

- ยับยั้งการสร้างพลังงานในไมโทคอนเดรีย โดยยับยั้งการส่งผ่านอิเล็กตรอนจาก NADH ไปสู่ Coenzyme Q ทำให้เซลล์สร้างพลังงานได้น้อยลง⁽⁴⁾

เอาหละครับ เรา ๆ ท่าน ๆ ก็ต้องมานั่ง

พิจารณากันเอาเองแล้วแหละขอรับ แหลม! นี่ถ้าเลือกได้ตั้งใจนี้ก็แจ่วเลยนะขอรับ กระผมจะได้เข้าคิวขอเลือกแต่ส่วนที่เป็นประโยชน์ของพริกมาใช้เท่านั้น ว่าแต่อย่างงี้ก็ตามรับรองได้ว่ากระผมจะไม่ลืมท่านผู้อ่านหรือขอรับ จะจัดการแบ่งปันส่วนกันไปให้ถ้วนหน้าประชาชาติแล้วกันนะครับ ก็กระผมไม่อยากโดนมือบอนบุกมาถึงสำนักงานวารสารนี้ขอรับ

หัวหอม :

พอเอ่ยถึงปื๊บก็รู้สึกแสบตาปั๊บเลย โอ้ยอะไรป่าหอมจะฤทธิ์ร้ายแรงขนาดนี้นะ สาระที่ก่อให้เกิดการระคายเคืองตาและแสบจมูก (ของเรา) นี้ก็คือ *คูมาริน (Coumarins)*⁽²⁾ เป็นน้ำมันหอมระเหยชนิดหนึ่ง (คนละงานกับน้ำมันพราयนะขอรับ) หน้าทีของป่าหอมก็ออกมาในทำนองเดียวกันกับพ่อพริกแหละขอรับ คือช่วยให้กระเพาะอาหารหลั่งกรดได้ดีขึ้น เพราะฉะนั้นเราก็จะเจริญอาหาร นอกจากนี้ยังพบอีกว่า เป็นยาที่มีฤทธิ์ขับปัสสาวะ, ขับเสมหะ และยังช่วยรักษาโรคไข้มันอุดตันที่เส้นเลือดได้อีก เนื่องจากในหัวหอมมีกรดไลโนเลนิก (Linolenic acid, ω -3 fatty acid) ซึ่งเป็นกรดไขมันจำเป็น (Essential Fatty acid)⁽⁴⁾ ชนิดหนึ่งซึ่งในปัจจุบันได้มีการค้นคว้าวิจัยกันอย่างกว้างขวางเกี่ยวกับบทบาทของกรดไลโนเลนิกตัวนี้ว่ามีบทบาทในการลดระดับคอเลสเตอรอล โดยเฉพาะที่ได้มาจากน้ำมันของปลา (fish oil) แต่สำหรับกรดไลโนเลนิกในหัวหอมนั้น เท่าที่กระผมหาอ่านมาได้เพียงแต่บอกว่าเป็นสารที่ช่วยลดปริมาณไขมันในเลือดและช่วยขยายเส้นเลือดให้กว้างขึ้น⁽³⁾ แค่นี้แหละขอรับ

กระเทียม :

ความเป็นสมุนไพรของกระเทียมนี้หะขอรับมีมาช้านานแล้ว^(6,7) (นานพอ ๆ กับกลิ่นคุณเธอเลยหะขอรับ) จนเรา ๆ ท่าน ๆ อาจจะหลงลืมไปจนหมดแล้วก็ได้หะขอรับ แต่ในปัจจุบันจะเห็นว่าการตื่นตัวเรื่องนี้มากมายถึงขนาดทำเป็นน้ำมันกระเทียมหรือกระเทียมผง, กระเทียมเม็ดกันให้จำละหวั่น ของไทย ๆ เราก็งัหะขอรับ คุณประโยชน์เพียบ สารที่ออกฤทธิ์ในกระเทียมมีหลายชนิดมาก (ประมาณ 33 ชนิด เห็นจะได้หะขอรับ) ทั้งหมดเป็นสารประกอบของกำมะถัน⁽⁶⁾ แต่มีตัวเจ้อยู่ 2-3 ตัว คือสารอัลลิน (Allin) หรืออัลลิซิน (Allicin), เซลิเนียมและวิตามินบีหนึ่งชนิดพิเศษ (Allithiamine)

คุณประโยชน์ของคุณเธอเท่าที่กระผมจะเสาะแสวงหามาได้ก็ได้แก่

- เป็นยาปฏิชีวนะและใช้แก้อาการอักเสบ (เป็นผลเนื่องมาจากสารอัลลิน และอัลลิซิน หะขอรับ)

- ลดระดับคอเลสเตอรอล, และไตรกลีเซอไรด์ในเลือด เพราะฉะนั้นเป็นการลดสาเหตุของการเกิดโรคหัวใจ ป้องกันเส้นเลือดแข็งตัวและความดันโลหิตสูง (เป็นผลเนื่องจากเซลิเนียมและอื่น ๆ)

- ทำให้กระบวนการแยกส่วนคาร์โบไฮเดรตออกเป็นพลังงานเกิดขึ้นได้สมบูรณ์ขึ้น (เป็นผลเนื่องมาจาก Allithiamine หะขอรับ)

โอ้ย! แล้วยังมีคุณสมบัติอีกหลายประการจนกระผมต้องยกให้เป็นเจ้าพ่อ, เจ้าแม่ปราบผีปราบไข้ให้กับหลาน ๆ ที่บ้านแล้วหะขอรับ

ท่านผู้อ่านหะขอรับ ตกลงเห็นด้วยกับกระผมหรือยังหะขอรับว่า อาหารไทยอร่อยที่สุด (ไม่เห็นจะเกี่ยวกันเลยนิ) อ้อ! พุดผิดหะขอรับต้องถามท่านว่าเห็นด้วยกับกระผมแล้วไซ้ไหมหะขอรับว่าสมุนไพรไทยที่เราคุ้นเคยกันดีในเรื่องแกงของ

อาหารแบบไทย ๆ เราเนี่ย แสนดีหนักหนา ฟาสต์ฟู้ดก็ ฟาสต์ฟู้ดหะขอรับ สู้ของเราไม่ได้หะขอรับ ใครจะรู้ว่ากระผมเนี่ยออกจะชื่นชมความเป็นไทยจนออกนอกหน้าก็ตามหะขอรับ กระผมไม่สนใจหะขอรับ...อ้าวทำงี้ได้หะขอรับ...ก้อผม..คนไทย..หะ เจอกันใหม่ฉบับหน้านะหะขอรับ

เอกสารอ้างอิง

1. ดัดแปลงจาก สมุนไพรชาวบ้าน, รวมความรู้จากชาวสารสมุนไพร, 2523-2525
2. รุ่งรัตน์ เหลืองนทีเทพ. (2535). พิษเครื่องเทศและสมุนไพร, ตำรา-เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 59 หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู
3. บัญญัติ สุขศรีงาม. (2527). เครื่องเทศที่ใช้เป็นสมุนไพร เล่ม 1 โรงพิมพ์อมการพิมพ์, กรุงเทพฯ
4. Lehninger. (1975). **Biochemistry**, Worth Publishes, New York.
5. Robert S,L. and Marcus K. (1990). **Omega - 3 Falty Acids in Health and Disease**, Marcel Dekker, Inc. U.S.A.
6. ธนากรกลีกรไทย. (2533). กระเทียมสำเร็จรูป. เอกสารวิชาการ ธนากรกลีกรไทย. 11 (1) : 259-282
7. ปาริชาติ สักกะทำนุ. (2536). กระเทียม : สมุนไพรเสริมสุขภาพ จากงานวิจัยล่าสุด สำนักพิมพ์รวมพรรณ

เสริมทักษะวิทยาศาสตร์

เรียนคณิตศาสตร์ผิดผิด กันอย่างไร

ผศ.วรรณิ เนตรสิงหนาท

ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

เนื้อหาของวิชาทางคณิตศาสตร์ ในระดับมัธยมศึกษาโดยเฉพาะระดับมัธยมปลาย มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเรียนการสอนในระดับอุดมศึกษา จะเห็นว่าผู้ที่เข้าศึกษาในระดับอุดมศึกษา ไม่ว่าจะเป็นนักศึกษาสาขาวิชาใดจะต้องเรียนวิชาทางคณิตศาสตร์เป็นวิชาพื้นฐาน และวิชาทางคณิตศาสตร์ในระดับอุดมศึกษานั้น ต้องอาศัยพื้นฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์ที่ได้เรียนมาในระดับมัธยมศึกษา แต่เท่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบันนี้นักเรียนที่สอบผ่านการสอบคัดเลือกบุคคลเข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา ทั้งโดยทบวงมหาวิทยาลัย หรือโดยการรับตรง เมื่อมาเรียนวิชาทางคณิตศาสตร์ในมหาวิทยาลัย ซึ่งข้อสอบที่วัดและประเมินผลการเรียนเป็นแบบอัตนัยปรากฏว่านักศึกษาขาดทักษะในการแสดงวิธีการคิดคำนวณ ทำให้ผลการเรียนโดยเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าที่ควร และนักศึกษาบางคนสอบวิชาทางคณิตศาสตร์ไม่ผ่านเกินกว่าห้าสิบเปอร์เซ็นต์ของจำนวนนักศึกษา คิดว่าปัญหาดังกล่าวสืบเนื่องมาจากหลายสาเหตุ กล่าวคือ นักศึกษาเองไม่สนใจต่อการเรียนเท่าที่ควรทำให้ผลการเรียนไม่ดี หรือนักศึกษาบางคนไม่สามารถปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงวิธีการเรียน การสอน ใน

ระดับมัธยมศึกษาที่แตกต่างจากการเรียนการสอนในระดับอุดมศึกษาทำให้มีผลกระทบต่อผลการเรียนสาเหตุที่สำคัญน่าจะเนื่องจากนักเรียนมีพื้นฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมปลายไม่ลึกซึ้งเท่าที่ควร และขาดทักษะในการแสดงวิธีการคิดคำนวณซึ่งอาจเชื่อมโยงมาจากการที่โรงเรียนในระดับมัธยมปลายส่วนใหญ่ต้องการให้นักเรียนในสังกัดสอบคัดเลือกเข้ามหาวิทยาลัยให้ได้มากที่สุด เพื่อนำชื่อเสียงมาสู่โรงเรียน จึงทำให้การเรียนการสอน และการสอบวิชาทางคณิตศาสตร์หรือวิชาอื่นหลายวิชาเป็นการเรียนการสอนที่เน้นเฉพาะคำตอบ โดยไม่เน้นขั้นตอนหรือวิธีการในการหาคำตอบ เพื่อเป็นการเตรียมหรือฝึกนักเรียนให้ทำข้อสอบคัดเลือกเข้ามหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นข้อสอบแบบปรนัย คือเป็นแบบเลือกคำตอบและหรือเติมคำตอบ อีกประการหนึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มักเรียนกวดวิชาเพื่อสอบคัดเลือกเข้ามหาวิทยาลัย ซึ่งการกวดวิชามักเป็นลักษณะสรุปรวมเทคนิคที่จะได้มาซึ่งคำตอบ และที่สำคัญตัวนักเรียนเองต้องการฝึกฝนตัวเองโดยมีจุดมุ่งหมาย เพื่อให้สามารถทำข้อสอบแบบปรนัยตามแนวข้อสอบคัดเลือกเท่านั้น

ถึงแม้ข้อสอบแบบปรนัยของบางวิชา เช่น วิชาทางคณิตศาสตร์จะวัดคุณภาพของผู้สอบไม่ได้ ร้อยเปอร์เซ็นต์ก็ตาม แต่ก็ยังคงมีความจำเป็นมาก สำหรับการสอบที่มีผู้สอบจำนวนมาก และต้อง ตรวจให้เสร็จภายในระยะเวลาอันสั้นโดยอาศัยเครื่อง คอมพิวเตอร์ ดังเช่น การสอบคัดเลือกบุคคลเข้า ศึกษาต่อในมหาวิทยาลัยที่เป็นอยู่ในปัจจุบันนี้

ที่จะกล่าวต่อไปนี้จะให้เห็นถึงการสอบ วิชาทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ข้อสอบแบบปรนัยที่ ไม่สามารถวัดความรู้ความสามารถของผู้เข้าสอบได้ เสมอไป ดังเช่น ผู้เข้าสอบบางคนเข้าใจเนื้อหาของ ข้อสอบบางข้ออย่างลึกซึ้ง และทราบวิธีการคิด คำนวนอย่างถูกต้อง แต่อาจด้วยความรีบร้อน หรือความไม่ละเอียดรอบคอบทำให้คำตอบที่นำไป ตอบผิดหรือตอบผิดข้อ จึงไม่ได้คะแนนในข้อนั้น แต่ถ้าข้อสอบข้อนั้นเป็นแบบอัตนัยผู้เข้าสอบคนนี้ก็ จะได้คะแนน ถึงจะไม่ได้คะแนนเต็มก็ตาม ซึ่ง ทำให้สามารถวัดความรู้ความสามารถของผู้สอบได้ และในทางกลับกัน ผู้เข้าสอบบางคนทำข้อสอบ แบบปรนัยของเนื้อหาบางเนื้อหาได้คะแนนเต็ม เนื่องจากคำตอบถูกทั้ง ๆ ที่ผู้นั้นมีความรู้ในเนื้อหา นั้นไม่ลึกซึ้ง หรือไม่เข้าใจหรือรู้แบบไม่ถูกต้อง มี หลายเนื้อหาทางคณิตศาสตร์ที่ใช้วิธีที่ผิดในการคิด คำนวนเพื่อหาคำตอบ แล้วได้คำตอบตรงกับ การ ใช้วิธีการที่ถูกต้องในการคิดคำนวณของโจทย์ข้อเดิม ตัวอย่างเช่น การนำวิธีการหาค่าฟังก์ชันบางฟังก์ชัน ไปหาค่าลิมิตของฟังก์ชันนั้น ซึ่งเป็นวิธีการที่ผิด แต่ปรากฏว่าคำตอบที่ได้ถูกต้องตรงกับการหาค่า ลิมิต โดยวิธีการของลิมิตดังตัวอย่างต่อไปนี้

กำหนด

$$f(x) = 3x - 1 \text{ จะได้ว่า } f(2) = 5 \text{ และ } \lim_{x \rightarrow 2} (3x - 1) = 5$$

พิจารณาการหาค่าของ $f(2)$ และการ หาค่าของ $\lim_{x \rightarrow 2} (3x - 1)$ ซึ่งเห็นว่าค่าฟังก์ชัน และค่า

ลิมิตที่ได้มีค่าเท่ากัน ทั้ง ๆ ที่วิธีการคิดคำนวณของ การหาค่าฟังก์ชัน และการหาค่าลิมิตต่างกัน กล่าวคือการหาค่าฟังก์ชัน $f(2)$ เป็นการพิจารณา ค่า $3x - 1$ ว่ามีค่าเท่ากับค่าอะไร เมื่อค่า x มีค่า เท่ากับ 2 แต่การหาค่าลิมิต $\lim_{x \rightarrow 2} (3x - 1)$ เป็นการ

พิจารณาค่า $3x - 1$ ว่ามีค่าเข้าใกล้ค่าอะไร เมื่อ x มีค่าเข้าใกล้ 2 แต่ไม่เท่ากับ 2 การที่ x เข้าใกล้ 2 เป็นการเข้าใกล้บนเส้นจำนวนจริง จึงเป็นการ พิจารณาค่า x เข้าใกล้ 2 ในสองทิศทาง กล่าวคือ x เข้าใกล้ 2 ทางขวา (x มีค่ามากกว่า 2) และ x เข้าใกล้ 2 ทางซ้าย (x มีค่าน้อยกว่า 2) การ พิจารณาค่า $3x - 1$ ว่ามีค่าเข้าใกล้ค่าอะไร เมื่อ x มีค่า เข้าใกล้ 2 ทางขวา เป็นการหาค่าลิมิต ทางขวาของ $3x - 1$ ซึ่งเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $\lim_{x \rightarrow 2^+} (3x - 1)$ และการพิจารณาค่า $3x - 1$ ว่ามีค่าเข้า

ใกล้ค่าอะไร เมื่อ x มีค่าเข้าใกล้ 2 ทางซ้าย เป็นการหาค่าลิมิตทางซ้ายของ $3x - 1$ ซึ่งเขียน แทนด้วยสัญลักษณ์ $\lim_{x \rightarrow 2^-} (3x - 1)$

โดยทั่วไปแล้วจะกล่าวว่า ค่าลิมิต $\lim_{x \rightarrow a} f(x)$ หาค่าได้ และมีค่าเท่ากับจำนวนจริง L ก็

ต่อเมื่อค่าลิมิตทางขวา $\lim_{x \rightarrow a^+} f(x)$ หาค่าได้ และค่า

ลิมิตทางซ้าย $\lim_{x \rightarrow a^-} f(x)$ หาค่าได้ และต่างมีค่าเท่ากับ

จำนวนจริง L

เพื่อให้เข้าใจแนวคิดของการหาขีดจำกัด
ชัดเจนยิ่งขึ้น จึงขอกล่าวถึงการหาค่าขีดจำกัด ทางขวา
 $\lim_{x \rightarrow 2^+} (3x-1)$ และค่าขีดจำกัดทางซ้าย $\lim_{x \rightarrow 2^-} (3x-1)$ เพื่อ

นำไปสู่การหาค่าขีดจำกัด $\lim_{x \rightarrow 2} (3x-1)$ ดังต่อไปนี้

การพิจารณาค่า x ที่เข้าใกล้ 2 ทางขวา
(x มีค่ามากกว่า 2) โดยให้ $x = 2 + (\frac{1}{10})^m$ เมื่อ
 m เป็นจำนวนเต็มบวก แล้วพิจารณาค่า $m, x, f(x)$
จากตารางต่อไปนี้

M	X	$f(x) = 3x-1$
1	2.1	5.3
2	2.01	5.03
3	2.001	5.003
4	2.0001	5.0003
5	2.00001	5.00003
.	.	.
.	.	.
.	.	.

จากตารางจะเห็นว่า เมื่อจำนวนเต็มบวก
 m มีค่ามากขึ้น จะได้ว่า x มีค่ามากกว่า 2 และ
เข้าใกล้ 2 ยิ่งขึ้น และได้ว่า $(3x-1)$ มีค่ามากกว่า 5
และเข้าใกล้ 5 ยิ่งขึ้น จึงได้ว่า $\lim_{x \rightarrow 2^+} (3x-1) = 5$

การพิจารณาค่า x ที่เข้าใกล้ 2 ทางซ้าย
(x มีค่าน้อยกว่า 2) โดยให้ $x = 2 - (\frac{1}{10})^m$ เมื่อ
 m เป็นจำนวนเต็มบวก แล้วพิจารณาค่า $m, x, f(x)$
จากตารางต่อไปนี้

M	X	$f(x) = 3x-1$
1	1.9	4.7
2	1.99	4.97
3	1.999	4.997
4	1.9999	4.9997
5	1.99999	4.99997
.	.	.
.	.	.
.	.	.

จากตารางจะเห็นว่า เมื่อจำนวนเต็มบวก
 m มีค่ามากขึ้น จะได้ว่า x มีค่าน้อยกว่า 2 และ
เข้าใกล้ 2 ยิ่งขึ้น และได้ว่า $(3x-1)$ มีค่าน้อยกว่า 5
และเข้าใกล้ 5 ยิ่งขึ้น จึงได้ว่า $\lim_{x \rightarrow 2^-} (3x-1) = 5$

เมื่อ $\lim_{x \rightarrow 2^+} (3x-1) = 5$ และ $\lim_{x \rightarrow 2^-} (3x-1) = 5$

จึงได้ว่า $\lim_{x \rightarrow 2} (3x-1) = 5$ ด้วย

ที่กล่าวมาข้างต้นเป็นตัวอย่างของฟังก์ชัน
ที่มีขีดจำกัดเท่ากับค่าฟังก์ชัน แต่มีฟังก์ชันอีก
จำนวนมากที่ขีดจำกัดหาไม่ได้ หรือขีดจำกัดหาได้แต่
ไม่เท่ากับค่าฟังก์ชัน ดังตัวอย่าง

$$f(x) = \frac{x^2-9}{x+3} \text{ จะพบว่าค่าลิมิต } \lim_{x \rightarrow (-3)} \frac{x^2-9}{x+3}$$

หาค่าไม่ได้ แต่ค่าฟังก์ชัน $f(-3)$ หาค่าไม่ได้ ก่อนที่จะแสดงการหาค่าลิมิต $\lim_{x \rightarrow (-3)} \frac{x^2-9}{x+3}$ ขอให้

$$\text{สังเกต } f(x) = \frac{x^2-9}{x+3} \text{ จะมีค่าเท่ากับ } \frac{(x-3)(x+3)}{(x+3)}$$

และมีค่าเท่ากับ $x-3$ เมื่อ $x \neq -3$ ดังนั้นในการพิจารณาหาค่าลิมิตทางขวาและค่าลิมิตทางซ้ายเมื่อ x เข้าใกล้ -3 จึงสามารถใช้ $f(x) = x-3$ แทน $f(x) = \frac{x^2-9}{x+3}$ ดังต่อไปนี้

การพิจารณาค่า x ที่เข้าใกล้ -3 ทางขวา (x มีค่ามากกว่า -3) โดยให้ $x = (-3) + (\frac{1}{10})^m$ เมื่อ m เป็นจำนวนเต็มบวก แล้วพิจารณาค่า m , x , $f(x)$ จากตารางต่อไปนี้

M	X	f(x) = x-3
1	-2.9	-5.9
2	-2.99	-5.99
3	-2.999	-5.999
4	-2.9999	-5.9999
5	-2.99999	-5.99999
.	.	.
.	.	.
.	.	.

จากตารางจะเห็นว่า เมื่อจำนวนเต็มบวก m มีค่ามากขึ้น จะได้ว่า x มีค่ามากกว่า -3 และเข้าใกล้ -3 ยิ่งขึ้น และได้ว่า $f(x)$ มีค่ามากกว่า -6 และเข้าใกล้ -6 ยิ่งขึ้น จึงได้ว่า

$$\lim_{x \rightarrow (-3)^+} \frac{x^2-9}{x+3} = \lim_{x \rightarrow (-3)^+} (x-3) = -6$$

การพิจารณาค่า x ที่เข้าใกล้ -3 ทางซ้าย (x มีค่าน้อยกว่า -3) โดยให้ $x = (-3) - (\frac{1}{10})^m$ เมื่อ m เป็นจำนวนเต็มบวก แล้วพิจารณา m , x , $f(x)$ จากตารางต่อไปนี้

M	X	f(x) = x-3
1	-3.1	-6.1
2	-3.01	-6.01
3	-3.001	-6.001
4	-3.0001	-6.0001
5	-3.00001	-6.00001
.	.	.
.	.	.
.	.	.

จากตารางจะเห็นว่า เมื่อจำนวนเต็มบวก m มีค่ามากขึ้น จะได้ว่า x มีค่าน้อยกว่า -3 และเข้าใกล้ -3 ยิ่งขึ้น และได้ว่า $f(x)$ มีค่าน้อยกว่า -6 และเข้าใกล้ -6 ยิ่งขึ้น จึงได้ว่า

$$\lim_{x \rightarrow (-3)} \frac{x^2-9}{x+3} = \lim_{x \rightarrow (-3)} (x-3) = -6$$

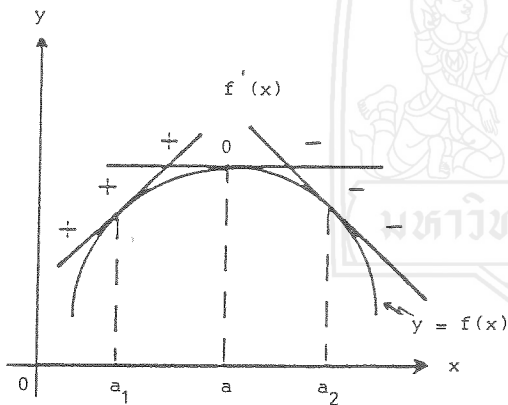
$$\text{เมื่อ } \lim_{x \rightarrow (-3)^+} \frac{x^2-9}{x+3} = -6 \text{ และ}$$

$$\lim_{x \rightarrow (-3)^-} \frac{x^2-9}{x+3} = -6$$

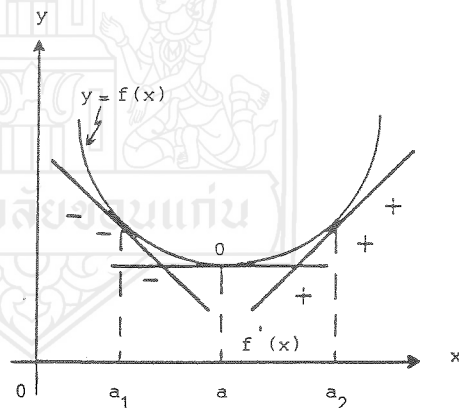
$$\text{จึงได้ว่า } \lim_{x \rightarrow (-3)} \frac{x^2-9}{x+3} = -6 \text{ ด้วย}$$

นอกจากนี้ยังมีเนื้อหาทางคณิตศาสตร์อีกมากที่นักเรียนมักเข้าใจผิด และในที่นี้ขอยกตัวอย่างเรื่อง การหาค่าสูงสุดสัมพัทธ์และค่าต่ำสุดสัมพัทธ์ โดยอาศัยความรู้เรื่องอนุพันธ์อันดับที่สอง ที่นักเรียนส่วนใหญ่มักเข้าใจผิด กล่าวคือ “เมื่ออนุพันธ์อันดับที่สองของฟังก์ชัน f ที่ a ซึ่งคือ $f''(a)$ หาค่าได้และมีค่าเป็นลบ สรุปว่าฟังก์ชัน f มีค่าสูงสุดสัมพัทธ์ที่ a ” และในทำนองเดียวกัน “เมื่ออนุพันธ์อันดับที่สองของฟังก์ชัน f ที่ a ซึ่งคือ $f''(a)$ หาค่าได้ และมีค่าเป็นบวก สรุปว่าฟังก์ชัน f มีค่าต่ำสุดสัมพัทธ์ที่ a ” ข้อสรุปดังกล่าว เป็นการสรุปที่ไม่ถูกต้อง ดังเช่นเมื่อทราบว่ฟังก์ชัน f มีค่า $f''(-1) = -18$ และ $f''(4) = 12$ แล้วนักเรียนมักเข้าใจผิดว่าฟังก์ชัน f มีค่าสูงสุดสัมพัทธ์ที่ -1 และมีค่า

ต่ำสุดสัมพัทธ์ที่ 4 การพิจารณาเครื่องหมายของอนุพันธ์อันดับที่สอง $f''(a)$ แล้วสรุปว่า f มีค่าสูงสุดสัมพัทธ์ที่ a หรือมีค่าต่ำสุดสัมพัทธ์ที่ a ได้นั้นต้องมีอีกหนึ่งเงื่อนไข กล่าวคือต้องพิจารณาเสียก่อนว่า a เป็นค่าวิกฤตชนิดที่ $f'(a)$ มีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งหมายถึงกราฟ f มีเส้นสัมผัสที่ a อยู่ในแนวนอน (แนวขนานกับแกน x) สำหรับเครื่องหมายของอนุพันธ์อันดับที่สองของฟังก์ชัน f เป็นลบหรือบวกที่ a นั้นเป็นการแสดงลักษณะความเว้าของกราฟ f ที่ a ว่ามีความเว้าอยู่ได้เส้นสัมผัสกราฟที่ a (กราฟคำว่า a) ซึ่งเรียกว่า f มีกราฟเว้าลงที่ a ถ้า $f''(a)$ เป็นลบดังรูปที่ 1 และ f มีความเว้าอยู่เหนือเส้นสัมผัสกราฟที่ a (กราฟหงายที่ a) ซึ่งเรียกว่า f มีกราฟเว้าบนที่ a ถ้า $f''(a)$ เป็นบวกดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 f มีกราฟเว้าลง ($f''(x) < 0$)



รูปที่ 2 f มีกราฟเว้าบน ($f''(x) > 0$)

จากรูปที่ 1 จะพบว่าที่ x เท่ากับ a_1 หรือ a_2 ฟังก์ชัน f ไม่มีค่าสูงสุดสัมพัทธ์ เนื่องจากเส้นสัมผัสกราฟ f ไม่ได้อยู่ในแนวนอน ($f'(a_1)$ เป็นบวกและ $f'(a_2)$ เป็นลบ) ทั้ง ๆ ที่ f มีกราฟเว้าลง ($f''(a_1)$ และ $f''(a_2)$ เป็นลบ) แต่ที่ x เท่ากับ a จะเห็นว่า f มีค่าสูงสุดสัมพัทธ์ เนื่องจากเส้นสัมผัสกราฟ f อยู่ในแนวนอน ($f'(a)$ เป็นศูนย์) และ f มีกราฟเว้าลง ($f''(a)$ เป็นลบ)

จากรูปที่ 2 จะพบว่าที่ x เท่ากับ a_1 หรือ a_2 ฟังก์ชัน f ไม่มีค่าต่ำสุดสัมพัทธ์ เนื่องจากเส้นสัมผัสกราฟ f ไม่ได้อยู่ในแนวนอน ($f'(a_1)$ เป็นลบและ $f'(a_2)$ เป็นบวก) ทั้ง ๆ ที่ f มีกราฟเว้าบน ($f''(a_1)$ และ $f''(a_2)$ เป็นบวก) แต่ที่ x เท่ากับ a จะเห็นว่า f มีค่าต่ำสุดสัมพัทธ์ เนื่องจากเส้นสัมผัสกราฟ f อยู่ในแนวนอน ($f'(a)$ เป็นศูนย์) และ f มีกราฟเว้าบน ($f''(a)$ เป็นบวก)

ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างของฟังก์ชัน f เพื่อแสดงการมีค่าสูงสุดสัมพัทธ์และค่าต่ำสุดสัมพัทธ์ พร้อมทั้งแสดงการเขียนกราฟ

ตัวอย่าง $f(x) = x^3 - 6x^2 + 9x + 1$ เมื่อหาอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งและอันดับที่สอง

$$\text{จะได้ } f'(x) = 3x^2 - 12x + 9 = 3(x-1)(x-3) \text{ และ}$$

$$f''(x) = 6x - 12 = 6(x-2)$$

$$\text{ถ้า } f'(x) = 0 \text{ จะได้ } x = 1 \text{ หรือ } x = 3$$

$$\text{และ } f''(x) = 0 \text{ จะได้ } x = 2$$

พิจารณาค่าของ $f'(x)$ และ $f''(x)$ สำหรับค่า x บางค่าดังตารางต่อไปนี้

x	$f'(x)$	$f''(x)$	เหตุผลและผล
-1	24	-18	เส้นสัมผัสกราฟ f ที่ -1 ไม่ได้อยู่ในแนวนอน ถึงแม้ f มีกราฟเว้าลงที่ -1 ก็ตาม f จึงไม่มีค่าสูงสุดสัมพัทธ์ที่ -1
1	0	-6	เส้นสัมผัสกราฟ f ที่ 1 อยู่ในแนวนอนและ f มีกราฟเว้าลงที่ 1 ทำให้ f มีค่าสูงสุดสัมพัทธ์ที่ 1
3	0	6	เส้นสัมผัสกราฟ f ที่ 3 อยู่ในแนวนอนและ f มีกราฟเว้าขึ้นที่ 3 ทำให้ f มีค่าต่ำสุดสัมพัทธ์ที่ 3
4	9	12	เส้นสัมผัสกราฟ f ที่ 4 ไม่ได้อยู่ในแนวนอน ถึงแม้ f มีกราฟเว้าขึ้นที่ 4 ก็ตาม f จึงไม่มีค่าต่ำสุดสัมพัทธ์ที่ 4

จากตารางจะเห็นว่า $f'(-1)$ และ $f'(4)$ หา
ค่าได้ ซึ่งต่างไม่เท่ากับศูนย์ และกราฟ f ไม่มีค่า
สูงสุดสัมพัทธ์ที่ -1 และไม่มีค่าต่ำสุดสัมพัทธ์ที่ 4

ดังนั้นจะต้องพิจารณาค่า x ที่ทำให้ $f'(x)$
 $= 0$ ซึ่งจากตัวอย่างข้างต้นจะได้ $x = 1$ หรือ $x = 3$
และค่า x ที่ได้อาจทำให้กราฟ f มีค่าสูงสุดสัมพัทธ์
หรือมีค่าต่ำสุดสัมพัทธ์ก็ได้ แต่ต้องนำมาพิจารณา
เพิ่มเติม ซึ่งวิธีการพิจารณาอันหนึ่งสามารถทำได้
โดยอาศัยอนุพันธ์อันดับที่ 2 ในการตรวจสอบ ดังนี้
 $f'(1) = 0$ และ $f''(1) = -6$ ซึ่งมีค่าเป็นลบ สามารถ
สรุปได้ว่าที่ $x = 1$, f มีค่าสูงสุดสัมพัทธ์
 $f'(3) = 0$ และ $f''(3) = 6$ ซึ่งมีค่าเป็นบวก สามารถ
สรุปได้ว่าที่ $x = 3$, f มีค่าต่ำสุดสัมพัทธ์

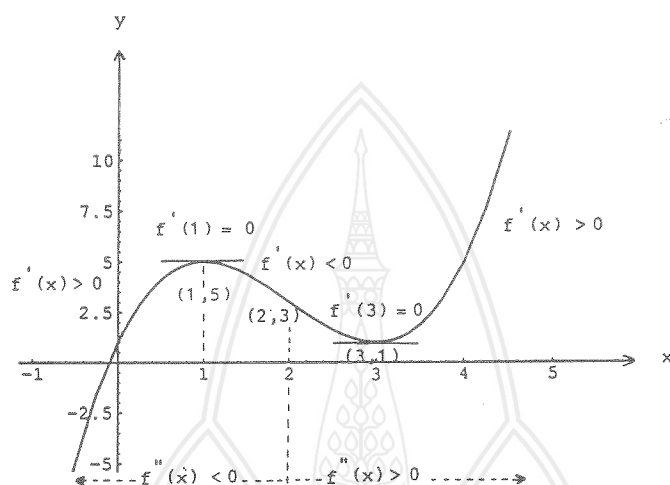
จาก $f'(x) = 3(x-1)(x-3)$ จะเห็นว่า
เครื่องหมายของ $f'(x)$ จะเปลี่ยนแปลง โดยแบ่งเป็น
ช่วง ดังนี้ $x < 1$, $1 < x < 3$, $x > 3$ โดยที่ $f'(1) =$
 $f'(3) = 0$

และจาก $f''(x) = 6(x-2)$ จะเห็นว่า
เครื่องหมายของ $f''(x)$ จะเปลี่ยนแปลง โดยแบ่งเป็น
ช่วงดังนี้ $x < 2$, $x > 2$ โดยที่ $f''(2) = 0$

เราจะสามารถอาศัยความรู้ของอนุพันธ์
อันดับที่หนึ่งและอันดับที่สอง ช่วยในการเขียน
กราฟได้ โดยการพิจารณาค่าของ $f'(x)$ และ $f''(x)$
สำหรับทุกค่าจำนวนจริง x และพิจารณาค่า $f(x)$
สำหรับบางค่าจำนวนจริง x ดังตารางต่อไปนี้

ค่าของ x	$f(x)$	$f'(x)$	$f''(x)$	ลักษณะกราฟ b
$x < 1$	$f(0) = 1$	+	-	ฟังก์ชันเพิ่ม และกราฟเว้าลง
$x = 1$	5	0	-	เส้นสัมผัสกราฟอยู่ในแนวนอน กราฟเว้าลง และจุด $(1,5)$ เป็นจุดสูงสุดสัมพัทธ์
$1 < x < 2$	$f(1.5) =$ 4.375	-	-	ฟังก์ชันลด และกราฟเว้าลง
$x = 2$	3	-	0	ฟังก์ชันลดและจุด $(2,3)$ เป็นจุดเปลี่ยนเว้า
$2 < x < 3$	$f(2.5) =$ 1.625	-	+	ฟังก์ชันลด และกราฟเว้าบน
$x = 3$	1	0	+	เส้นสัมผัสกราฟอยู่ในแนวนอน กราฟเว้าบน และจุด $(3,1)$ เป็นจุดต่ำสุดสัมพัทธ์
$x > 3$	$f(4) = 5$	+	+	ฟังก์ชันเพิ่มและกราฟเว้าบน

จากข้อมูลต่าง ๆ ในตารางข้างต้นทำให้สามารถเขียนกราฟของ $f(x) = x^3 - 6x^2 + 9x + 1$ ได้ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 กราฟของ $f(x) = x^3 - 6x^2 + 9x + 1$

จากที่ได้กล่าวข้างต้น เป็นเพียงตัวอย่างที่แสดงให้เห็นถึงการไม่เข้าใจเนื้อหาวิชาทางคณิตศาสตร์เท่านั้น แต่ความเป็นจริงแล้วตัวอย่างที่แสดงถึงวิธีการคิดที่ไม่ถูกต้องเช่นนี้ จะสามารถ

เกิดขึ้นได้กับทุกเนื้อหาวิชาทางคณิตศาสตร์ และส่งผลอย่างร้ายแรงต่อการศึกษา ในระดับที่สูงขึ้น ดังนั้นการศึกษาวិชาทางคณิตศาสตร์จึงจะต้องศึกษาให้เข้าใจอย่างถ่องแท้ และลึกซึ้ง

คอลัมน์นี้ปี่รางวัล



คอลัมน์นี้มีรางวัล

นาย TONY

สวัสดิ์ครับผู้อ่านที่เคารพรัก

และแล้วก็มาพบกันอีกครั้ง ตามสัญญา...ตามสัญญาจากฉบับที่แล้วว่า จะมาพูดถึงเรื่องจดหมายติ-ชมจากท่านผู้อ่าน ปรากฏว่า มีจดหมายมาถึงเราหลายฉบับ ซึ่งสามารถสรุปได้สั้น ๆ ว่า วารสารของเราเนื้อหา กำลังพอดี มีทั้งบทความทางวิชาการและงานวิจัย บางท่านก็ต่อว่ามาว่า บางเรื่องเขียนสั้นไปหน่อย อ่านไม่จุใจ น่าจะมีภาคที่ 2 ในฐานะนาย TONY เป็นส่วนกลางขอรับรองและจะแจ้งให้ทางผู้เขียนทราบ ส่วนรางวัลนั้นเราได้จัดส่งไปให้ท่านแล้ว คอยรับนะครับ

คราวนี้ก็มาถึงการล่ารางวัล...

ไม่ทราบว่าคุณผู้อ่านท่านใดได้ไปดูงาน “ตลาดนัดเทคโนโลยี” กันบ้าง ซึ่งจัดในวันที่ 21-23 เมษายน 2538 งานนี้มีการแสดงผลงานทางวิชาการและงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของคนไทยแท้ ๆ จำนวนมากมาย เกือบทุกสาขาวิชาที่ว่าได้ ใครพลาดเสียดยาย่ เราจึงมีคำถามย้อนกลับไปว่า ตลาดนัดเทคโนโลยีนั้นจัดขึ้นที่ไหน ท่านใดทราบก็รีบส่งคำตอบมาตามที่อยู่ข้างล่าง 10 รางวัลกำลังคอยท่านอยู่ อย่าช้า หมดเขต 31 สิงหาคม 2538 นะครับ

นาย TONY

กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ มข.

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

40002

(วงเล็บว่าคอลัมน์นี้มีรางวัล)

บ้าย...บาย

นาย TONY

เชิญร่วมงานสัปดาห์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ

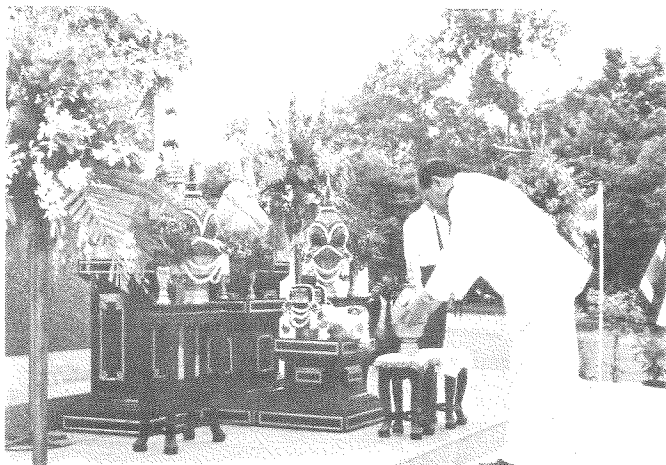
ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ระหว่างวันที่ 15-18 สิงหาคม 2538



ในงานประกอบด้วยกิจกรรมต่าง ๆ ดังนี้

1. การถวายพานพุ่มราชสักการะพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว
ในวันที่ 18 สิงหาคม 2538
2. นิทรรศการทางวิชาการ
3. การประกวดโครงงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. การแข่งขันตอบปัญหาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
5. การประกวดวาดภาพ
6. การประกวดสิ่งประดิษฐ์
7. การแข่งขันทักษะทางวิทยาศาสตร์
8. สาธิตการผลิตสื่อการเรียน หรือการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยสอน



การถวายพานพุ่มราชสักการะ
พระบาทสมเด็จพระ
พระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว

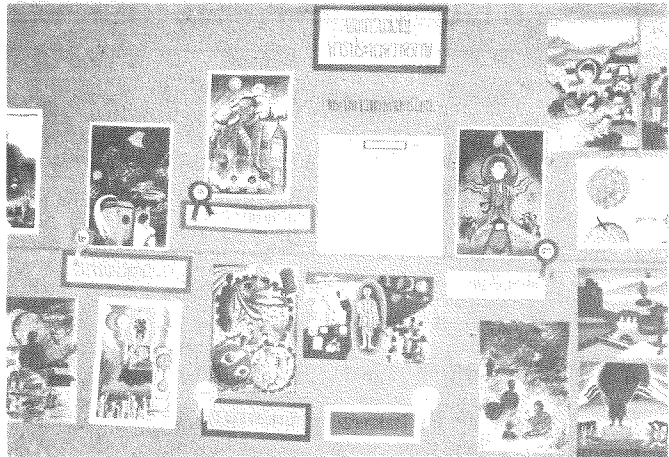


การประกวดโครงงาน
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



นิทรรศการทางวิชาการ

การประกวดวาดภาพ



การแข่งขันตอบปัญหา
ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

การประกวดสิ่งประดิษฐ์



การเขียนเอกสารอ้างอิงในวารสารวิทยาศาสตร์ มข.

การเขียนเอกสารอ้างอิงในเนื้อหา นั้น ให้ใช้ระบบหมายเลขแบบไม่คำนึงถึงลำดับตัวอักษร (order system) การเขียนเอกสารอ้างอิงตอนท้ายบทความนั้น ให้ใส่เฉพาะเล่มที่มีการอ้างอิงไว้ในเนื้อหาเท่านั้น โดยเรียงตามลำดับที่อ้างถึงในบทความ มีแนวทางการเขียนดังนี้

1. หนังสือ

ก. ภาษาไทย

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

ข. ภาษาอังกฤษ

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

2. เอกสารราชการ

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

3. วารสาร

ก. ภาษาไทย

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

ข. ภาษาอังกฤษ

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

หมายเหตุ

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

