



วารสาร

วิทยาศาสตร์มข.

THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

ปีที่ 19 ฉบับที่ 1 มกราคม - มีนาคม 2534

เอมบริโออ่อนตัวฟุ้งเลี้ยง
ในสารสังเคราะห์



วารสาร
วิทยาศาสตร์ปู.
THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

ISSN 0125-2384

เชื้อซอง

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
สำนักงาน

ตึก 6 ห้องสมุดคณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วัตถุประสงค์

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

กำหนดออก ปีละ 4 ฉบับ

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

ค่าบำรุง ปีละ 40 บาท ข่ายปลีกเล่มละ 12 บาท

การบอกรับเป็นสมาชิก

แจ้งความจำนงค์เป็นจดหมาย หรือกรอกใบสมัครเป็นสมาชิก พร้อมส่งค่าบำรุงเป็นธนาคัติ หรือเช็คไปรษณีย์ในนามของนางบุญคุ้ม เหลือกลิ่น ฝ่ายจัดการ ส่งจ่ายป.ท.มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

ที่ปรึกษา

คณะบดีคณะวิทยาศาสตร์
รองคณะบดีฝ่ายวิชาการ

บรรณาธิการ
บรรณาธิการผู้ช่วย
กองบรรณาธิการ

จารุมาลย์	จิตรังษี
สมพงษ์	ธรรมถาวร
กุลวดี	รังษีวัฒนานนท์
ปณัญญา	ชिरะกุล
สยาม	ชูถิ่น
เอกพรรณ	สวัสด์ชิตัง
พรรณี	ฐิตาภิชิต
รัชณี	ฉวีราช
สุชัย	ตนัยอัชฌาวัณ
สมจิต	โชติชัยสถิตย์
วิชุดา	ไชยศิริวามงคล
สุพรรณิ	อร่ามวัฒนกุล

ฝ่ายศิลป์และภาพ

ฝ่ายเหรียญก
ฝ่ายจัดการ

กิลเลน	ดิณนรเศรษฐ์
ทรงเวทย์	เบ้าชัย
ลักขณา	สุขบาง
สงวน	พงศ์กิจวิฑูร
บุญคุ้ม	เหลือกลิ่น
บุษราภรณ์	ดวงคำน้อย
อวน	มหามูล
สมศักดิ์	อุ่นจันทิ
พยอม	เดชพลมาตย์

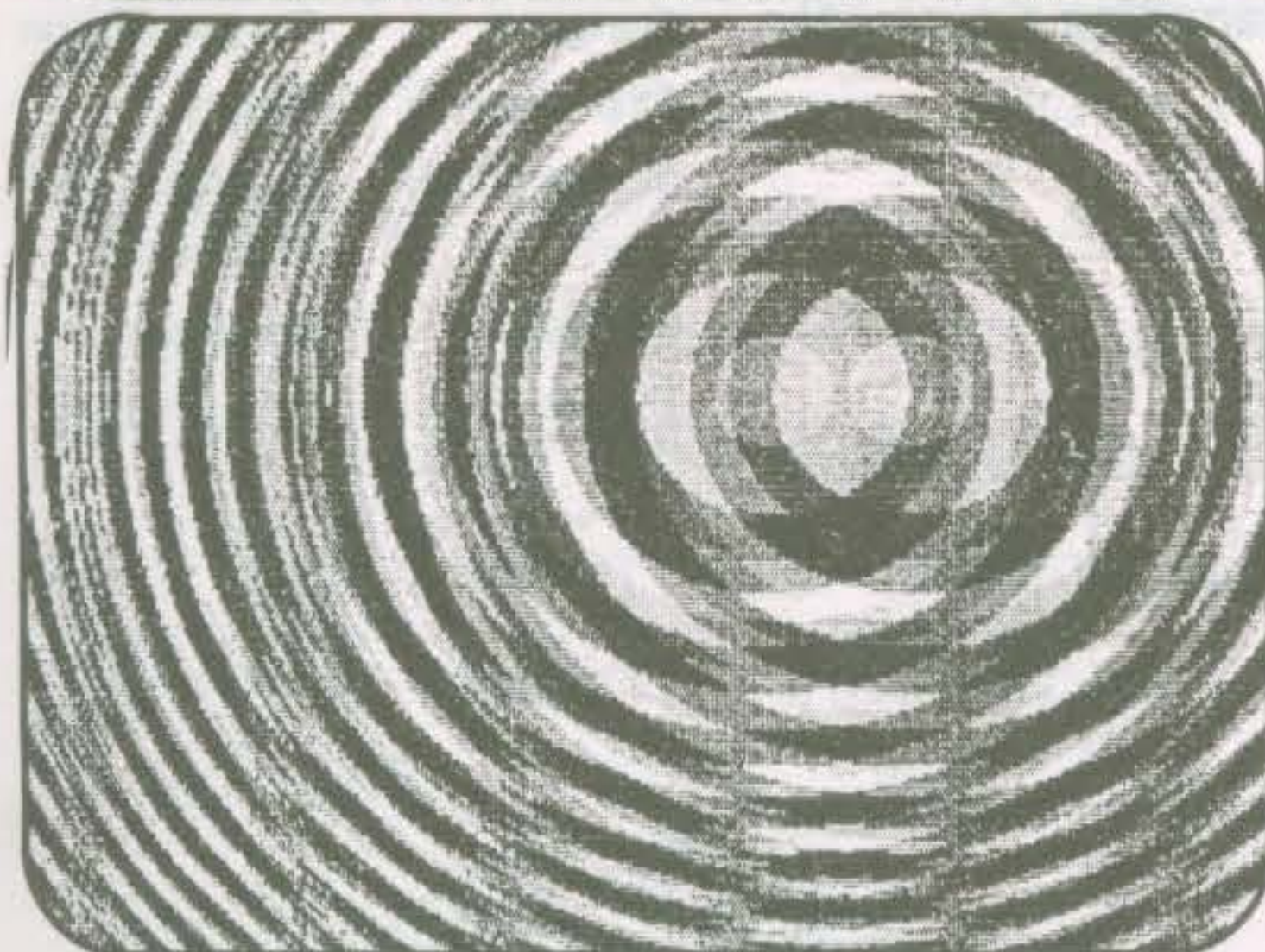
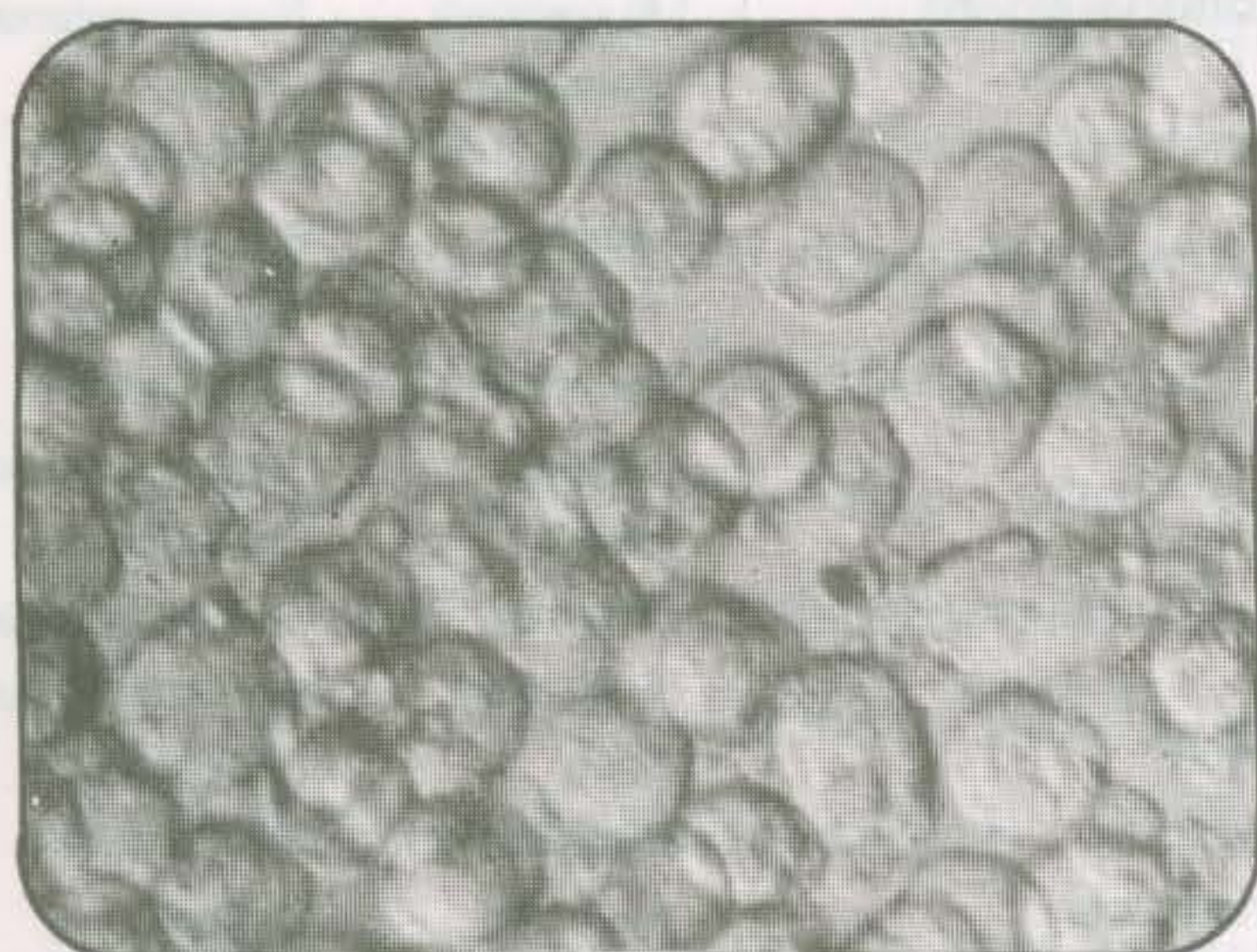


บทความหรือข้อคิดเห็นใด ๆ ในวารสารนี้เป็นของผู้เขียน ไม่จำเป็นต้องสอดคล้องกับทัศนะของกองบรรณาธิการ

วิทยาศาสตร์ชุมชน.

THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

ปีที่ 19 ฉบับที่ 1 ม.ค.-มี.ค. 2534



คอลัมน์ประจำ

ข่าววิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กองบรรณาธิการ 1

แฟ้มวิทยาศาสตร์

เอกภพ 3

สารคดี-วิชาการ

ชีวชีพและคอมพิวเตอร์ชีวภาพ

กิตติ โพธิ์ปทุมะ 6

โมโนโคลนอล แอนติบอดี เทคโนโลยี 1 :

ไฮบริโดมา เทคโนโลยี

กรกช อินทรพิเชฐ 10

ค่าเฉลี่ยไม่ขาดตอน

ธีรพันธ์ คำตันเจริญ 16

หลักการของอิเล็กทรอนิกส์โทรทัศนภาพ

กุลวดี รังษิวัฒนานนท์ 23

งานวิจัย

การขยายพันธุ์เหือกโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเจริญ

บุญยืน กิจวิจารณ์ และคณะ 29

การสร้างไฮโดรแกรมด้วยคอมพิวเตอร์

สยาม ชูถิ่น และคณะ 34

ความแปรปรวนในเชิงพันธุกรรมของชนกลุ่มน้อย
ในประเทศไทยภาค 4 : ส่วย

นรศรี มุลาคี และคณะ 38

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนระดับนาโนกรัมใน
สารสกัดจากพืชโดยวิธี สแกนนิ่งเด็นซิโตมิเตอร์
หรือสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

ดาวลย์ บุญชะรัตน์ 47

การศึกษาเซลล์พันธุศาสตร์ของสัตว์เลื้อยคลาน
4 ชนิด ในประเทศไทย

ถาวร สุภาพรม และคณะ 56

เบ็ดเตล็ด

เกร็ดความรู้

หญ้าปล้อง 63

คอลัมน์นี้มีรางวัล

ช็อกโกแลต 64



ISSN 0125-2364
วิทยาศาสตร์
THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

Publisher

Faculty of Science, Khon Kaen University,
Thailand.

Office

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

Objectives

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

Publishing terms

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

Subscription rate

40 baht per annum. Single issue price 12
baht.

Membership

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

Advisory Committee

Dean, Faculty of Science

Associate Dean for Academic Affairs

Editor

Charumal Jitrangsri

Associate Editor

Sompong Thammathaworn

Editorial Board

Kunwadee Rangsiwatananon

Panadda Chirakul

Siam Choothin

Ekaphan Sawadcitang

Pannee Dhitaphichit

Rachanee Chaveerach

Suchai Tanaiacdcawoot

Somchit Chotchaisthit

Wichuda Chaisiwamongkol

Supanee Aramwattanakul

Artist

Kilen Tinnoraset

Songwate Bousechai

Treasurer

Luckana Sukbang

Managing Committee

Sanguan Pongkitwitoon

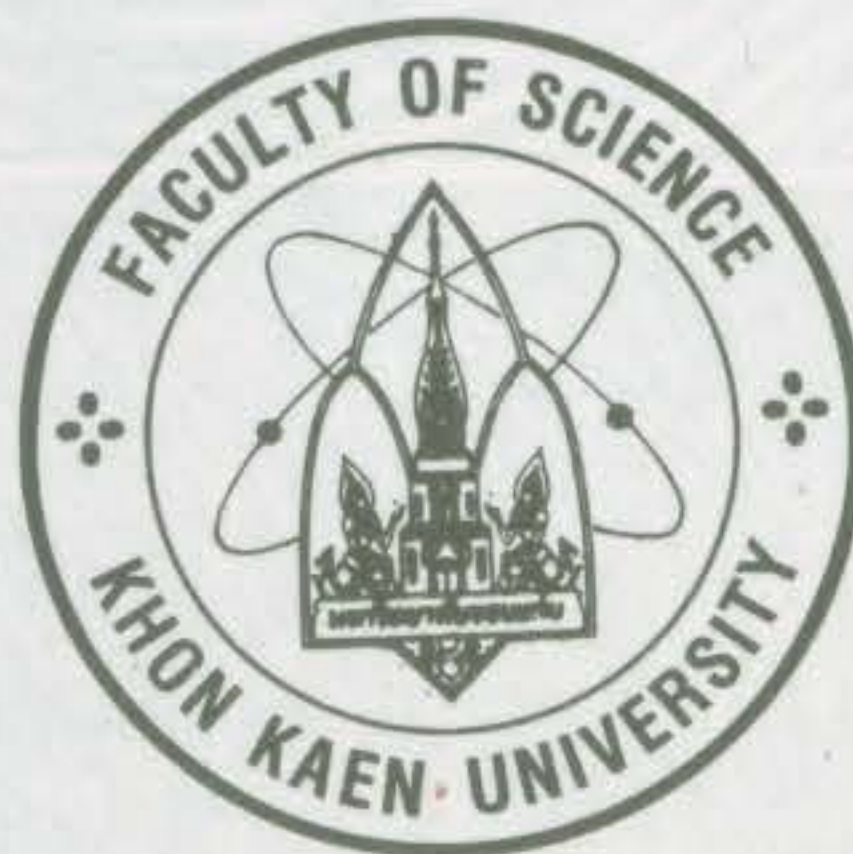
Boonkoom Lualon

Bussaraporn Duangkornnoi

Oan Mahamool

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 แปล



และแล้วก็ถึงเวลาที่กองบรรณาธิการชุดนี้จะต้องอำลาผู้อ่านและสมาชิกทุกท่านไปตลอดระยะเวลาปีครึ่งที่ผ่านมาอาจจะมีวารสารบางฉบับไม่ถูกใจหรือบางฉบับอาจจะถูกใจผู้อ่านบางท่าน อย่างไรก็ตามได้เคยกล่าวไว้แล้วว่า ผู้ที่ไม่เคยทำผิดก็คือผู้ที่ไม่ได้ทำอะไรเลย ดังนั้นถ้าจะมีความผิดพลาดแต่ประการใดที่ผ่านมาบรรณาธิการขออภัยและขอโทษแต่ผู้เดียว และหากจะมีส่วนดีปรากฏอยู่บ้างในช่วงระยะเวลาดังกล่าวก็ขอยกความดีทั้งหมดให้แก่กรรมการกองบรรณาธิการและผู้ร่วมงานทุกท่าน ที่ได้ร่วมมือเป็นอย่างดีตลอดมา ทั้ง ๆ ที่มีภาระงานประจำรัดตัวกันทุกท่าน ไม่ว่าจะเป็นการสรรหาต้นฉบับ ช่วยอ่านหรือเสาะหาผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบต้นฉบับ เขียนบทความคอลัมน์ประจำช่วยเสนอข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ในแง่มุมต่าง ๆ รวมทั้งงานอื่นๆ ที่ทำให้วารสารของคณะฯ เราสำเร็จออกมาได้อย่างสม่ำเสมอ หรือแม้แต่เพื่อน ๆ น้อง ๆ หลายคนที่ไม่ได้เป็นกรรมการในกองบรรณาธิการ แต่ก็ได้ช่วยเหลืองานเล็กๆ น้อยๆ ด้วยความเต็มใจก็ขอถือโอกาสนี้กล่าวคำขอบคุณด้วยความประทับใจเป็นอย่างยิ่ง

สำหรับบทความสารคดี งานวิจัย และคอลัมน์ต่างๆ ยังคงเต็มเปี่ยมในวารสารวิทยาศาสตร์ มข. เล่มที่ 1 ปีที่ 19 นี้ เป็นสิ่งบ่งชี้ว่า วารสารวิทยาศาสตร์ มข. ของเรานี้แม้จะเป็นวารสารเล็กๆ แต่จากการที่ดำรงมาจนถึงปีที่ 19 และก็ยังมียุทธศาสตร์ที่ยังคงรับอยู่สม่ำเสมอและค่อยๆ เพิ่มขึ้น ก็ยังถือว่าเป็นการเติบโตที่แม้จะช้าแต่ก็เป็นงานที่เป็นรูปธรรมอีกงานหนึ่งที่แสดงให้เห็นสถาบันอื่นๆ ทราบว่ายังมีเราอยู่ในโลกวิทยาศาสตร์ด้วยกัน งานหนังสือเป็นงานที่ต้องการปัจจัยหลายประการ นั่นคือความรัก ประสบการณ์และงบประมาณในการดำเนินการ อย่างไรก็ตามในฐานะที่กำลังจะเป็นอดีตบรรณาธิการก็ขออธิษฐานให้วารสารวิทยาศาสตร์ มข. ของเรายังคงอยู่กับคณะวิทยาศาสตร์ ตลอดไป

ในฉบับหน้าท่านจะได้พบกับผลงานของกองบรรณาธิการชุดใหม่ ซึ่งจะต้องมีสิ่งที่น่าสนใจแปลกใหม่มาเสนอท่านแน่นอน หวังว่าท่านสมาชิกคงจะติดตามวารสารของเราต่อไปสวัสดิ์ค่ะ

จารุมาลย์ จิตรังษี

“.....ถ้าเธอไม่อาจประกอบกิจการงานได้โดยมีความรักงาน แต่ด้วยความจำใจเบื่อง่าย เธอก็ควรวางมือและไปนั่งตามประตูโบสถ์ ขอทานท่านผู้ทำงานด้วยความชื่นชมจะดีกว่า.....”

Kahlil Gibran

คำบรรยายภาพปกหน้าและปกหลัง

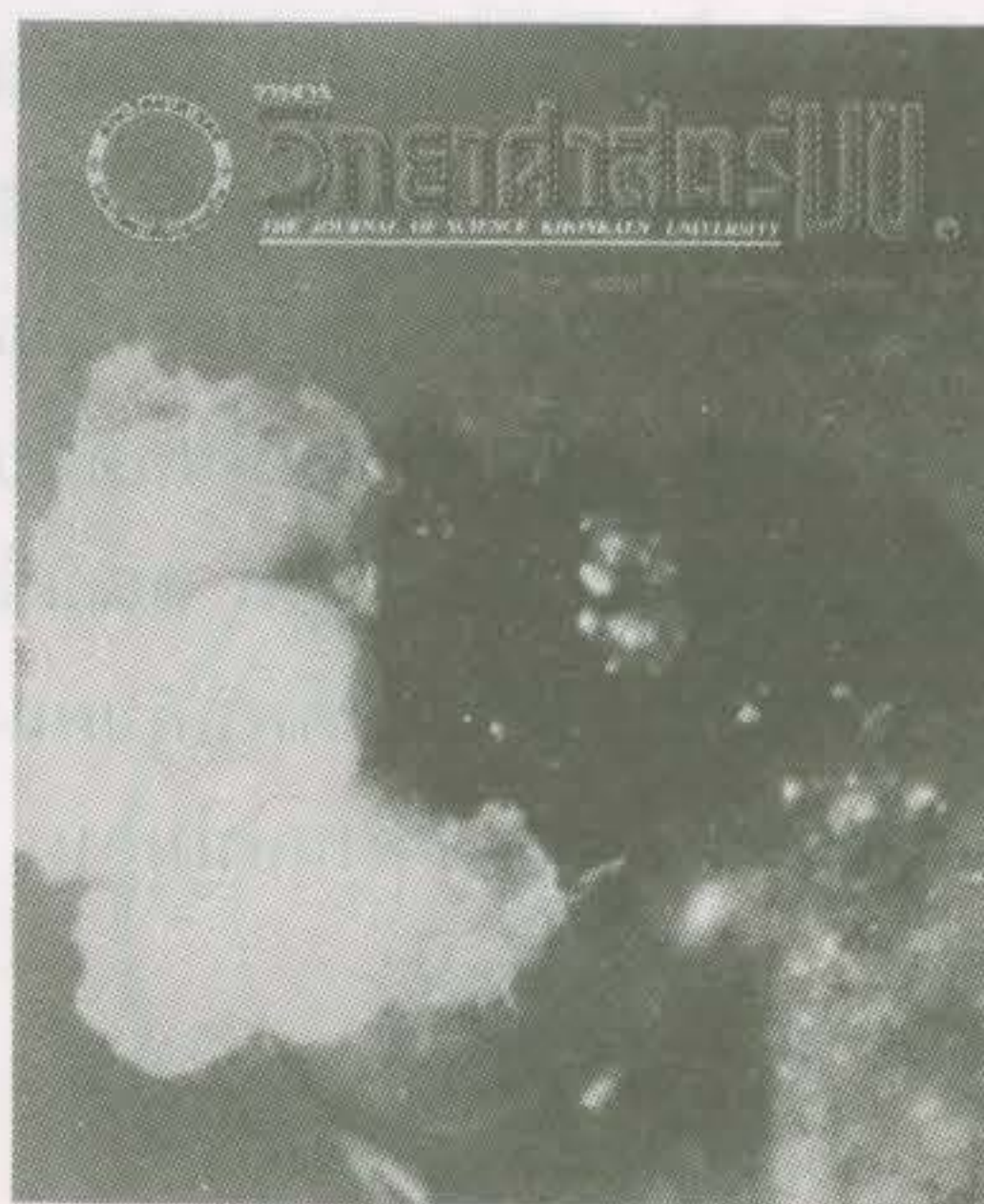
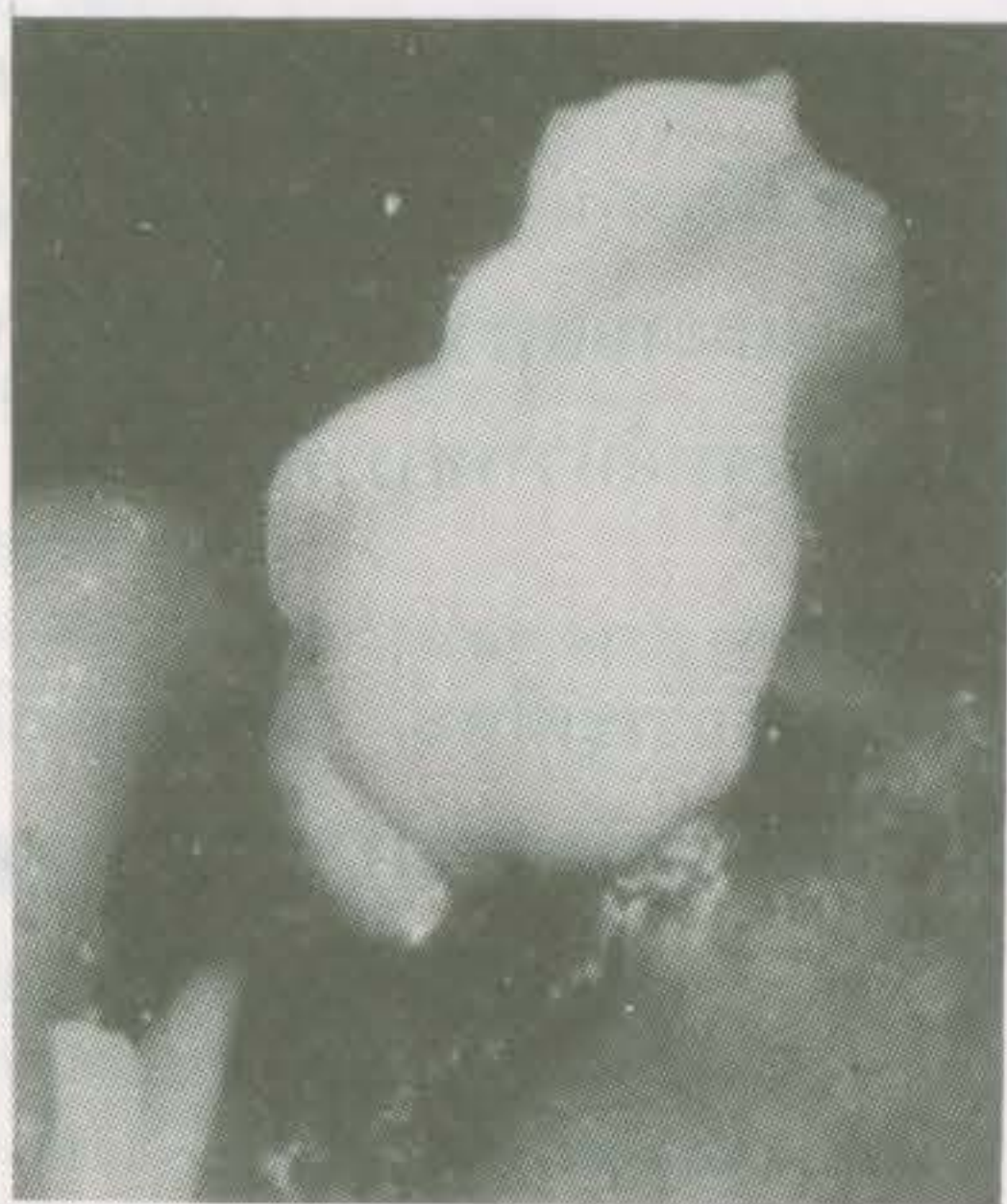
“ปกหน้า”

กลุ่มตายอดเกิดที่บริเวณปลายใบเลี้ยงของเอ็มบริโออ่อนถั่วพุ่มพันธุ์ IT 82D-889 เลี้ยงในอาหารสังเคราะห์ที่มีฮอร์โมนกระตุ้นให้เกิดตายอด

“ปกหลัง”

ลักษณะคล้ายใบเกิดจากปลายใบเลี้ยงของเอ็มบริโออ่อนถั่วพุ่มพันธุ์ IT 82D-889 เลี้ยงในอาหารสังเคราะห์ที่มีฮอร์โมนชักความเข้มข้นสูง

เอื้อเฟื้อภาพและบรรยายโดย ดร.พรพิมล สุริยจันทร์ทอง





สหรัฐจะซื้อเครื่องปฏิกรณ์จากรัสเซีย

รัฐบาลอเมริกันกำลังวางแผนที่จะซื้อเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขนาดเล็ก Topaz II ซึ่งทำหน้าที่จ่ายพลังงานให้แก่ดาวเทียมขณะทำงานในอวกาศจากประเทศรัสเซีย ความร้อนจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ที่เกิดขึ้นโดยฝีมือของ Topaz II สามารถนำไปผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าได้โดยขบวนการ Thermionic ที่ต้องเผาไส้โลหะให้ร้อนถึง 1800 องศาเซลวิน จนเกิดการกระโดดของอิเล็กตรอนข้ามไปยังขั้วไฟฟ้าที่เย็นกว่า สหรัฐเองนั้นก็กำลังพยายามสร้างเครื่องปฏิกรณ์สำหรับใช้ในงานแบบเดียวกันนี้คือ เครื่อง SP-100 โดยคาดการณ์ไว้ว่าจะสามารถผลิตให้ได้เครื่องที่มีกำลังสูงกว่า Topaz II ของรัสเซีย แต่ก็ยังไม่ประสบผลสำเร็จ การซื้อ Topaz II ของสหรัฐจากรัสเซียในคราวนี้ มิได้นำมาใช้ประโยชน์ใดๆ ดูก่อนจะบอกให้ แต่จะเอามาศึกษาโครงสร้างของเครื่องเท่านั้นเอง

หลอดขนาดเล็กมาก ๆ ป้องกันการแข็งตัวของของเหลวได้

เมื่อไม่นานมานี้ (... แหล่งข้อมูลว่าอย่างนั้น) ในการประชุมวิชาการวัสดุศาสตร์เมืองบอสตันสหรัฐอเมริกา มีการเสนอผลงานการวิจัยที่น่าสนใจชิ้นหนึ่ง ของนักวิจัยสหรัฐ David Awschalom แห่งศูนย์วิจัย IBM เมือง Yorktown Heights มลรัฐนิวยอร์ก เขาศึกษาสมบัติของหลอดชนิดต่างๆ ได้แก่ ออกซิเจนเหลว เรธานอล ไนโตรเบนซีน และคาร์บอนไดซัลไฟด์ที่อยู่ในหลอดแก้วที่มีรูขนาดเล็กมาก ๆ โดยขนาดของรูมีเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 2-50 นาโนเมตร ผลการศึกษาพบว่าของเหลวในรูเล็ก ๆ มีสมบัติดังนี้

- ของเหลวจะเย็นตัวยวดยิ่ง (supercool) จนมีอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งประมาณ 30% เขาเรียกสภาวะเย็นตัวยวดยิ่งนี้ว่า "geometrical supercool"

- เมื่อให้คลื่นเสียงผ่านภาชนะแก้วที่มีรูเล็ก ๆ ประจุของเหลวอยู่พบว่าคลื่นเสียงที่ผ่านออกไปไม่แตกต่างจากคลื่นเสียงที่ผ่านภาชนะแก้วตันแต่อย่างใด ซึ่งให้เห็นว่าสภาวะเช่นนี้ ของเหลวประพฤติตัวเหมือนของแข็ง !

- สภาวะเย็นตัววยดยิ่งของของเหลวในหลอดเล็ก มีเสถียรภาพดีกว่าของเหลวที่ไม่ได้อยู่ในหลอดเล็ก และเมื่อของเหลวในหลอดรูเล็ก แข็งตัวก็จะมีไม่ละลายจนกว่าจะถูกทำให้ร้อนจนถึงจุดหลอมเหลว

ขณะนี้นักวิจัยกำลังทุ่มเทให้กับการศึกษา เพื่อทำความเข้าใจว่าทำไมรูปทรงของภาชนะที่ใส่

ของเหลวจึงมีผลต่อพฤติกรรมของของเหลวเมื่อมีอุณหภูมิต่ำ ๆ จากผลการวิจัยนี้มีการคาดหวังกันว่า เราอาจจะได้ส่วนผสมของของเหลวชนิดใหม่ ๆ ที่ไม่สามารถผสมกันได้มาก่อน เพราะมีสมบัติในการเป็นของเหลวได้ไม่พร้อมกัน หรืออาจจะทำให้มีการค้นพบสารหล่อเย็นรวมทั้งสารหล่อลื่นชนิดใหม่ ๆ เกิดขึ้นมามากมายในอนาคต

ครับ... ถือเป็นความก้าวหน้าทางวัสดุศาสตร์ที่สำคัญชิ้นหนึ่ง ที่น่าจะเป็นประโยชน์ในทางสันติภาพมากกว่าสงคราม...?

(จาก New Scientist, 19 January 1991, p.13)

“...Knowledge is a treasure but practice is the key to it....”

วิชาเป็นขุมทรัพย์ แต่การทำเป็นกุญแจไขขุมทรัพย์



แม่เหล็กเหลว

ถ้าสามารถทำให้สารแม่เหล็กกระจายในของเหลว ในลักษณะที่เป็นคอลลอยด์ (colloid) ได้ ของเหลวนั้นจะแสดงคุณสมบัติทางแม่เหล็ก และเรียกของเหลวนี้ว่า แม่เหล็กเหลว (magnetic liquid)

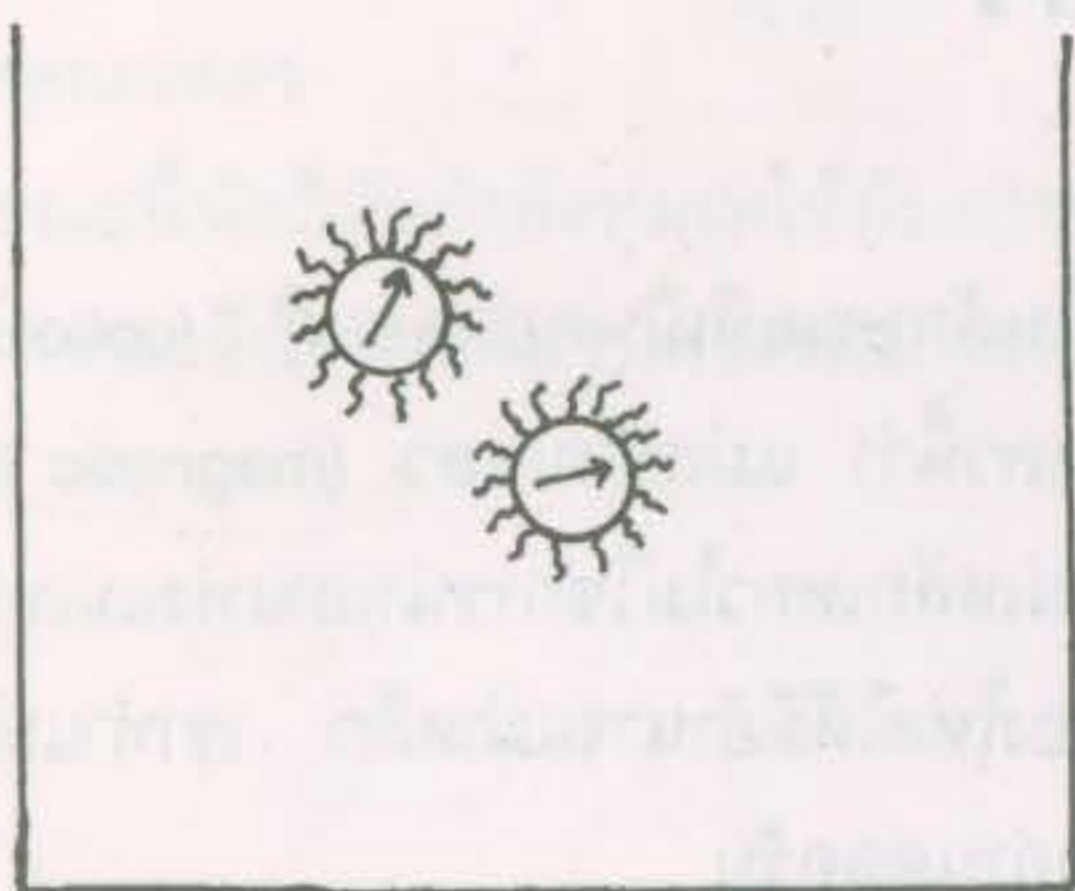
เมื่ออ่านย่อหน้าแรกจบลง ผู้อ่านก็คงจะเข้าใจว่าแม่เหล็กเหลวไม่ใช่การนำเอาแท่งแม่เหล็กมาเผาที่อุณหภูมิสูงจนอยู่ในสภาพหลอมเหลว แต่เป็นการทำของไหลให้อ่านาแม่เหล็ก เขาทำแม่เหล็กเหลวกันอย่างไรและนำไปใช้ประโยชน์อย่างไร ถ้าอยากรู้ก็ต้องอ่านต่อครับ

แม่เหล็กเหลว คือ ของไหลที่มีอนุภาคเล็กๆ ของสารแม่เหล็กเช่นออกไซด์ของเหล็ก แชน ลอยอยู่ในของไหลนั้น อนุภาคแม่เหล็กนี้มีขนาดเล็กมาก เล็กจนคิดได้ว่ามันประพฤติตัวเช่นเดียวกับ โมเลกุลของของไหล แม่เหล็กเหลวนี้อาจเรียกอีกอย่างได้ว่า ของไหลเฟอร์โร (ferrofluid) ภายใต้อำนาจ ของสนามแม่เหล็กภายนอก ของไหลเฟอร์โรจะแสดงปฏิกิริยาโต้ตอบให้เห็นได้จากการที่ผิวของมัน เปลี่ยนจากราบเรียบกลายเป็นรูปแฉกคล้ายขนเม่น หรือเป็นริ้วโค้ง ผู้ที่คิดประดิษฐ์ของไหลเฟอร์โรที่มีความเสถียรและเป็นสารเอกพันธ์คนแรก คือ ชาวอเมริกันชื่อ โรนัลด์ โรเซนสไวท์ (Ronald Rosen-sweig)

แม่เหล็กเหลวคงความเสถียรภาพได้อย่างไร ปัญหานี้เกิดขึ้นเมื่อเรานำสารแม่เหล็ก เช่น ผง ละเอียดของเหล็ก (Fe), โคบอลต์ (Co) หรือแมงกานีส (Mn) เติมลงไปในของเหลวแล้วตีให้เข้ากัน เมื่อ ทิ้งไว้สักครู่สารแม่เหล็กที่แขวนลอยจะตกตะกอนนอนอยู่ที่ก้นภาชนะ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากกว่า เกิดความไม่สมดุลย์ ในผลรวมของแรงต่างๆ ที่กระทำต่ออนุภาคแม่เหล็ก

สิ่งที่เห็นได้ชัดประการแรกก็คือ อนุภาคแม่เหล็กเล็กๆ นี้มีความหนาแน่นสูงกว่าความหนาแน่น ของของเหลวที่มันแขวนลอยอยู่ ดังนั้น มันจึงมีแนวโน้มที่จะรวมตัวกันตกตะกอนเนื่องจากแรงดึงดูด ของสนามความโน้มถ่วง (gravity) กรณีนี้เขาแก้ไขได้โดยทำให้อนุภาคแม่เหล็กมีขนาดเล็กมาก ๆ ประมาณ 10 นาโนเมตร ($1 \text{ นาโนเมตร} = 10^{-9} \text{ เมตร}$) ส่งผลทำให้เกิดการเคลื่อนที่แบบบราวเนียน ทำให้ อนุภาคแขวนลอยอยู่ได้ในของเหลว นอกจากนี้การชนกันอย่างต่อเนื่องระหว่างอนุภาคแม่เหล็กกับ โมเลกุลของของเหลวอันเป็นผลเนื่องจากความร้อนที่เกิดจากการตีผสม (thermal agitation) ก็น่าจะ เพียงพอที่จะรักษาสภาพแขวนลอยไว้ได้

แต่นอกเหนือไปจากผลของ gravity และ thermal agitation แล้วยังมีแรงดึงดูดระหว่างอนุภาค เหล่านี้เกิดขึ้นอีกด้วย โดยเป็นแรงดึงดูดระหว่างไดโพลไฟฟ้า (electric dipole) ของอนุภาค ซึ่งเป็นผลของแรง แวน เดอร์ วาลส์ (van der waals) โดยขนาดของแรงมีค่ามากเมื่ออนุภาคอยู่ใกล้กันและน้อยลงเมื่ออนุภาคอยู่ห่างกัน ในระบบที่กล่าวถึงนี้ขนาดของอนุภาคและระยะห่างระหว่างอนุภาคในของเหลว มีผลก่อให้เกิดความไม่สมดุลย์ขึ้นได้ง่าย ทำให้อนุภาครวมและจับตัวกันแล้วตกตะกอนได้ในที่สุด เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการรวมตัวกันจึงต้องสร้างให้เกิดแรงผลักระหว่างอนุภาค โดยอาจเติมสารเคลือบอนุภาคซึ่งมีความยืดหยุ่นป้องกันไม่ให้อนุภาคเข้าใกล้กันมากเกินไป (ดังในรูป 1 ก) หรืออาจเติมสารเพื่อทำให้เกิดประจุชนิดเดียวกันที่ผิวของอนุภาคซึ่งจะก่อให้เกิดแรงผลักรกัน (ดังแสดงในรูป 1 ข)



รูป 1 ก



รูป 1 ข

ในกรณีของน้ำหมึก indian ink (ซึ่งเป็นสารเพอร์โรฟลูอิดชนิดหนึ่ง) บริษัทผู้ผลิตจะเติมโปรตีนจากสัตว์ เช่น gelatin หรือ albumin ลงไป โปรตีนจะทำหน้าที่คล้ายกับโมเลกุลของสบู่ คือมีโครงสร้างเป็นโซ่ของคาร์บอนซึ่งมีพันธะข้างหนึ่งยึดอยู่กับอนุภาคแม่เหล็ก ส่วนอีกปลายหนึ่งจะยึดอยู่กับของเหลวที่เป็นตัวกลาง (ในกรณีของหมึก indian ink ก็คือน้ำนั่นเอง) อาจกล่าวได้ว่าโปรตีนที่เติมลงไปทำตัวเสมือนเป็นเกราะยืดหยุ่นหุ้มรอบอนุภาคแม่เหล็ก ซึ่งป้องกันไม่ให้อนุภาคแม่เหล็กเหล่านี้เคลื่อนที่เข้าใกล้กันมากเกินไป

วิธีทำแม่เหล็กเหลวที่เก่าแก่ที่สุดก็คือ การนำสารแม่เหล็กมาหักเป็นชิ้นเล็ก ๆ แล้วบดให้ละเอียด (คงนานเป็นอาทิตย์) เพื่อให้ได้อนุภาคแม่เหล็กที่มีขนาดเล็กกว่าไมครอน ($1\mu\text{m} = 10^{-6}\text{ m}$) แล้วจึงเติมของเหลวตัวกลาง ซึ่งอาจจะเป็นน้ำมันหรือตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์หรือน้ำ นอกจากนี้ยังมีวิธีทางเคมีสำหรับใช้เตรียมของไหลเพอร์โร ซึ่งสะดวกต่อการควบคุมเสถียรภาพและง่ายต่อการทำให้เป็นสารเอกพันธ์ โดยวิธีนี้ประจุไฟฟ้าจะถูกสร้างขึ้นที่ผิวของอนุภาคแม่เหล็ก ทำให้แรงแม่เหล็กและแรง แวน เดอร์ วาลส์ สมดุลย์ได้ด้วยแรงไฟฟ้าสถิตคูลอมบ์

ประโยชน์ของของไหลเพอร์โรมีมากมาย เช่น ในวงการแพทย์ของไหลเพอร์โรที่ถูกสังเคราะห์ขึ้น สามารถทำให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับ blood serum เมื่อเข้าสู่ร่างกายสามารถถูกบังคับให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้ เช่น ช่วยในการรักษามะเร็ง โดยเซลล์มะเร็งจะยึดเกาะกับของไหลเพอร์โร

ทำให้ฉายรังสีขนาดพลังงานต่ำได้เพราะอนุภาคแม่เหล็กดูดกลืนรังสีเอกซ์ได้ดี ซึ่งจะช่วยลดอันตรายอันเกิดจากการฉายรังสีพลังงานสูง

Magnetic ink printer ก็เป็นผลจากการนำคุณสมบัติทางแม่เหล็กของของไหลเฟอร์โรมาประยุกต์ใช้งานเช่นกัน เครื่องแรกผลิตโดย บริษัท Matsushita Electric ไม่บอกก็รู้ว่าเป็นบริษัท ญี่ปุ่น ช่วยทำให้ระบบการพิมพ์งานจากคอมพิวเตอร์เจียบรวดเร็วและคมชัด

เนื่องจากสามารถดูดกลืนแรงสั่นสะเทือนอันไม่พึงประสงค์ได้ ของไหลเฟอร์โร จึงถูกนำมาใช้ในการทำลำโพงเพื่อกำจัดการสั่นสะเทือนอันเกิดขึ้นในบางช่วงความถี่

ทางด้านแสงเนื่องจากของไหลเฟอร์โรมีคุณสมบัติเป็น birefringent คือมีค่าดัชนีหักเหที่แตกต่างกัน ขึ้นกับทิศทางของแสงโพลาไรซ์ที่เข้ามาว่าทำมุมขนานหรือตั้งฉากกับแกนทัศน (optical axis) ของอนุภาคแม่เหล็ก การตรวจสอบ birefringence ทำได้ต่อเมื่อแสงสามารถทะลุผ่านของไหลเฟอร์โร (ซึ่งปกติจะมีสีดำและทึบแสง) โดยการทำให้เจือจางและไม่หนามาก จากคุณสมบัติข้อนี้สามารถนำของไหลเฟอร์โรไปทำเป็นเครื่องตรวจวัดสนามแม่เหล็ก, อุปกรณ์ควบคุมแสง (light modulator) และเครื่องวัดความหนืด (viscometer)

เครื่องวัดระดับหรือวัดความลาดเอียง (Inclinometer) ที่สามารถบอกความลาดเอียงให้ได้ละเอียดถึง 0.005 องศา ก็ทำมาจากของไหลเฟอร์โร โดยวัดค่าความเหนี่ยวนำ (inductance) ที่เปลี่ยนไปในขดลวดที่พันโดยรอบภาชนะที่บรรจุของไหลเฟอร์โร ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อพื้นมีความเอียงทำให้ของไหลเฟอร์โรไหลไปรวมกันที่บริเวณหนึ่งมากและเกิดที่ว่างในอีกบริเวณหนึ่งขึ้นทำให้ค่าความเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในขดลวดเปลี่ยนไป

ที่น่าสนใจมากในตอนนั้นก็คือ ของไหลเฟอร์โรเป็นส่วนผสมอย่างหนึ่งสำหรับทำสีฉาบเครื่องบินทำให้มีคุณสมบัติต่อต้านเรดาร์ คือไม่สะท้อนคลื่นเรดาร์ที่มากกระทบตัวเครื่องบิน การตรวจจับเครื่องบินด้วยเรดาร์ก็จะไม่ประสบผลสำเร็จ เครื่องบินแบบนี้ได้ถูกสร้างขึ้นมาแล้วแน่ๆ แต่ไม่รู้ว่าพันธมิตรโดยเฉพาะอเมริกาจะนำมาใช้ในสงครามอ่าวเปอร์เซียที่เกิดขึ้นในขณะนี้หรือไม่

[เรียบเรียงจาก Endeavour]

ชีวชิพและคอมพิวเตอร์ชีวภาพ

กิตติ โพธิ์ปัทมะ*

การแสวงหาความจริงตามความมุ่งหมายทางวิทยาศาสตร์เป็นรากฐานที่สำคัญต่อการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ให้ปรากฏขึ้นมาเพราะว่าความรู้ที่เราได้รับสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับหลาย ๆ ด้านอย่างกว้างขวาง จะเห็นได้ว่าการผสมผสานความรู้เชิงกายภาพและชีวภาพเป็นแนวทางหนึ่งซึ่งมีคุณค่าต่อการปรับปรุงคุณภาพชีวิตของประชากรและเราก็คงยอมรับกันว่าความรู้ที่เกิดขึ้นจากสหสาขาวิชาก่อให้เกิดประดิษฐ์กรรมใหม่ ๆ ที่อำนวยความสะดวกต่อมนุษยชาติเป็นจำนวนมาก

การสร้างคอมพิวเตอร์ชีวภาพ (biological computer) ซึ่งสามารถทำงานหัดเทียมกับสมองของมนุษย์เป็นความคิดที่เกิดขึ้นในราวปี พ.ศ. 2493 เมื่อคอมพิวเตอร์ได้ถือกำเนิดขึ้นอย่างสมบูรณ์แล้ว ถึงแม้ว่าเรื่องนี้จะดูเหมือนเป็นนวนิยายทางวิทยาศาสตร์ก็ตาม นักวิจัยหลาย ๆ ท่านก็พยายามรวมเอาเทคโนโลยีทางชีวภาพและคอมพิวเตอร์เข้าด้วยกันแล้ว โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างคอมพิวเตอร์ชิพซึ่งมีขนาดเล็กกว่าและทำงานได้รวดเร็วกว่าสมองของมนุษย์นับล้านเท่า เป็นชิพที่สามารถรับประทานอาหารได้ด้วยตนเอง นักคิดได้เองและยังสามารถสืบเผ่าพันธุ์ของมันเองได้อีกด้วย เราให้ชื่อมันว่า ชิวชิพ (biochip)

วิวัฒนาการของคอมพิวเตอร์กับการพัฒนาทางเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์มีความเกี่ยวข้องกันเป็นอย่างมาก คอมพิวเตอร์เครื่องแรกชื่อ ENIAC ได้รับการพัฒนาขึ้นที่มหาวิทยาลัยเพนซิลวาเนียในปี พ.ศ. 2488 ทำงานโดยอาศัยหลอดแบบสุญญากาศ (vacuum tube) ถึง 18,000 หลอด ต่อมา มีการสร้างขึ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่เรียกว่า ทรานซิสเตอร์ (transistor) จากสารกึ่งตัวนำแล้ว ถูกนำมาใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ราวปี พ.ศ. 2500 ทำให้ขีดความสามารถและความเร็วในการทำงานเพิ่มมากขึ้น เมื่อเทคนิคในการรวมวงจรส่วนประกอบทางอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ทรานซิสเตอร์ ตัวความต้านทาน (resistor) และตัวเก็บประจุไฟฟ้า (capacitor) เข้าเป็นชิ้นเดียวกันได้เกิดขึ้น คอมพิวเตอร์ก็มีการเปลี่ยนแปลงมาใช้ วงจรรวม (integrated circuit : IC) หรือ ชิพ ในการทำงาน

ชิพนี้เป็นแผ่นผลึกซิลิคอนชิ้นเล็ก ๆ ขนาดเล็กกว่า 1/8 ตารางนิ้ว ภายในมีวงจรไฟฟ้าที่ถูกย่อส่วนบรรจุอยู่จึงทำให้ขนาดของคอมพิวเตอร์เล็กลงเป็นอย่างมาก หลังจากนั้นเมื่อมีการพัฒนาทางด้านเทคนิคในวงจรรวมขนาดใหญ่ (large-scale integrated circuit : LSI) และวงจรรวมขนาดใหญ่มาก (very large-scale integrated cir-

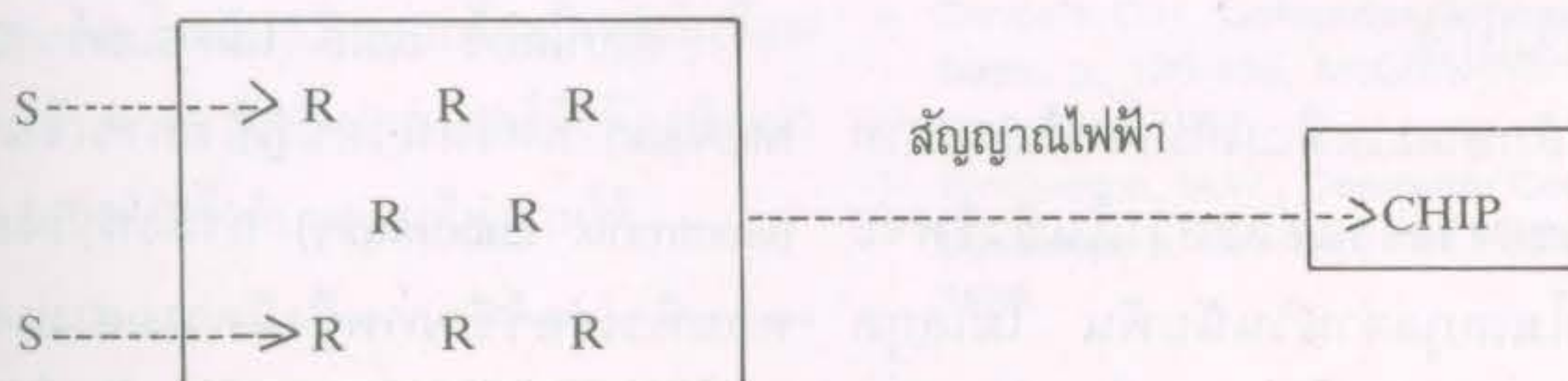
* อาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

cuit : VLSI) ทำให้สามารถรวมเอาส่วนประกอบสำคัญ ๆ ของคอมพิวเตอร์เข้าไว้ในชิพเพียงชิพเดียวได้ กรณีเช่นนี้ วงจรอิสระนับพัน ๆ วงจรรวมเข้าเป็นตัววงจรรวมแล้ววงจรรวมนับสิบ ๆ วงจรนี้จะอยู่รวมกันบนชิพขนาดตารางมิลลิเมตรเพียงตัวเดียว ชิปที่ใช้เป็นหน่วยประมวลผลกลาง (central processing unit : CPU) ควบคุมการทำงานของคอมพิวเตอร์ เราเรียกว่า ไมโครโปรเซสเซอร์ (microprocessor) ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของคอมพิวเตอร์ขนาดจิ๋วหรือไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ชิปดังกล่าวนี้จึงเปรียบเสมือนกับสมองของคอมพิวเตอร์

เช่นเดียวกันกับพัฒนาการของคอมพิวเตอร์ดังกล่าวมาแล้วข้างต้น การสร้างคอมพิวเตอร์ชีวภาพก็ต้องมีความเกี่ยวข้องกับการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ด้วยแต่เทคโนโลยีที่มาเกี่ยวข้องนี้เกิดขึ้นจากการผสมผสานระหว่างเทคนิคทางเทคโนโลยีชีวภาพกับอุตสาหกรรมไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ โดยเราเรียกเทคโนโลยีนี้ว่า ไบโอิเล็กทรอนิกส์ ในปัจจุบันสิ่งประดิษฐ์ทาง

ด้านไบโอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งดูเหมือนว่าจะเป็นรากฐานหรือแนวความคิดที่สำคัญสำหรับการพัฒนาคอมพิวเตอร์ชีวภาพที่ปรากฏให้เห็นเป็นรูปธรรม คือ ไบโอเซนเซอร์

ไบโอเซนเซอร์ถูกสร้างขึ้นจากการรวมคอมพิวเตอร์ชิพกับวัสดุที่จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าเมื่อได้สัมผัสหรือพบกับสิ่งเร้าชนิดต่าง ๆ เช่น สารเคมี สารมลพิษ หรือแม้แต่เซลล์มะเร็ง โดยขึ้นกับชนิดของเซนเซอร์นั้น ๆ ระบบของไบโอเซนเซอร์จึงเป็นระบบการวัดที่ประกอบด้วยตัวรับ (receptor) ซึ่งได้จากสิ่งมีชีวิต เช่น เอนไซม์ แอนติบอดี แอนติเจน จุลินทรีย์ หรือ เนื้อเยื่อของร่างกาย และ อุปกรณ์เพื่อตรวจวัดสัญญาณไฟฟ้า (รูปที่ 1) เมื่อตัวรับได้สัมผัสหรือพบกับสารหรือสิ่งที่ต้องการตรวจวัดจำเพาะก็จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าซึ่งสัญญาณไฟฟ้าที่ถูกสร้างขึ้นจะถูกส่งไปยังชิพทำให้ทราบถึงปริมาณหรือความเข้มข้นของสารหรือสิ่งที่ต้องการตรวจวัดได้ ไบโอเซนเซอร์จึงมีประสิทธิภาพในการวัดสูงใช้เวลาในการตรวจวัดน้อยมากและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีกด้วย



S = สารหรือสิ่งที่ต้องการตรวจวัด R = ตัวรับ CHIP = ชิปตรวจวัดสัญญาณไฟฟ้า

รูปที่ 1 ระบบของไบโอเซนเซอร์

ตัวอย่างไบโอเซนเซอร์ที่บริษัทหลาย ๆ บริษัทได้ผลิตขึ้นจำหน่ายในปัจจุบัน ได้แก่ ไบโอเซนเซอร์สำหรับตรวจสอบปริมาณ โซเดียม โพแทสเซียม และคลอไรด์ ในหยดเลือด ด้วยเวลาไม่เกิน 1 นาที แม้จะมีปริมาณเพียงเล็กน้อยก็ตาม ออร์ลเซนเซอร์ซึ่งผลิตโดยบริษัท Integrated Ionic Inc. สามารถวัดระดับของกรดและปริมาณแคลเซียมไอออนในปากของผู้ป่วย ไบโอเซนเซอร์ชนิดนี้มีขนาดเล็กและอ่อนตัวเหมือนขนของแมลงสีฟันจึงใช้วางไว้ในช่องปากได้ บริษัท Honeywell Inc. ได้พัฒนาไบโอเซนเซอร์สำหรับวัดช่องว่างได้อย่างถูกต้องเที่ยงตรงซึ่งถูกใช้งานโดยหุ่นยนต์ในระบบโรงงานอัตโนมัติ นอกจากนี้บริษัทเดียวกันนี้ยังผลิตไบโอเซนเซอร์ที่ใช้ตรวจสอบเสียงและการสัมผัสเพื่อเป็นส่วนประกอบกับเครื่องตรวจจับหุ่นระเบิดอีกด้วย

รูปแบบของไบโอเซนเซอร์ดังกล่าวจึงเป็นตัวอย่างสำคัญที่แสดงให้เห็นว่า จากแต่เดิมเซนเซอร์ใช้ระบบและอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์เพียงอย่างเดียว ก็มีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงมาใช้ระบบและวัสดุทางชีวภาพร่วมเป็นองค์ประกอบซึ่งช่วยให้สามารถทำงานได้ดีขึ้นกว่าแต่ก่อน จึงไม่น่าสงสัยเลยว่าการพัฒนาชีวชีพและคอมพิวเตอร์ชีวภาพจากรูปลักษณะเดิมของคอมพิวเตอร์ย่อมเป็นสิ่งที่เป็นไปได้

ชีวชีพมีลักษณะเหมือนกับเซลล์ประสาท องค์ประกอบของวงจรแต่ละส่วนในชีวชีพจะประกอบด้วยโมเลกุลจำนวนนับพัน โมเลกุลเหล่านี้ถูกเชื่อมต่อกันทั้งหมดเพื่อสร้างเป็นทรานซิสเตอร์ 1 ตัว อยู่บนชิพ หรือเทียบเท่ากับ 1 เซลล์ในสมอง ซึ่งสามารถทำงานได้ 1 บิทของข้อมูลหรือทำงานได้ 1 อย่างในเวลาหนึ่ง แต่โดยจินตนาการแล้วความสามารถของคอมพิวเตอร์

ชีวภาพจะใช้แต่ละโมเลกุลเป็นวงจรพื้นฐานเลย ดังนั้นทรานซิสเตอร์ 1 ตัว จะมีขนาดเท่ากับ 1 อนุภาคของสารอยู่บนชีวชีพซึ่งสามารถทำงานได้ นับพันอย่างโดยโมเลกุลแต่ละโมเลกุลต่างก็ทำงานอย่างใดอย่างหนึ่ง การใช้โมเลกุลของสิ่งมีชีวิตมาทำงานเป็นองค์ประกอบทางอิเล็กทรอนิกส์ทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์เมนเฟรมขนาดใหญ่ที่สุดในปัจจุบันอาจจะมีขนาดเพียงแบคทีเรีย 1 ตัว ในอนาคต

อินทรีย์โมเลกุลขนาดใหญ่ ได้แก่ โปรตีน ดูเหมือนจะได้รับเลือกเพื่อใช้เป็นส่วนโครงสร้างของชีวชีพ เนื่องจากมันสามารถรวมตัวกันได้ดี มีคุณสมบัติที่ทำงานได้เหมือนกับเป็นสวิตช์ปิด-เปิดแรงดันไฟฟ้าจะเคลื่อนที่ผ่านโมเลกุลซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาวะและมีผลต่อการจัดการข้อมูล

ชีวชีพจะมีขนาดของหน่วยความจำใหญ่กว่าชิพที่ทำจากซิลิคอนมาก สามารถประหยัดพลังงานได้มากกว่า เกิดความร้อนน้อยเนื่องจากประกอบขึ้นด้วยโมเลกุลของร่างกายและเหมาะที่จะใช้กับร่างกายของสิ่งมีชีวิตมากกว่าคอมพิวเตอร์ชิพทั่วไป นอกจากนั้นด้วยเทคนิคทางพันธุวิศวกรรมเราอาจใช้ให้แบคทีเรียผลิตชีวชีพขึ้นมาได้โดยการใส่สารพันธุกรรมหรือ DNA ของมันเป็นชุดคำสั่ง

ดอกเตอร์ เจมส์ แม็คคอแลร์ (Dr. James McAlear) แห่งหน่วยปฏิบัติการเจนตรอนิกส์ (Gentronix Laboratory) กำลังทำวิจัยเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ชีวภาพซึ่งมีความสามารถเหมือนสมองมนุษย์แต่มีขนาดเล็กจนต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ส่องดู มันสามารถที่จะได้รับพลังงานโดยอาศัยการออกซิเดชัน แม็คคอแลร์คิดว่าในรูปแบบพื้นฐานของมัน มันควรจะช่วยคนตาบอดให้มองเห็นโดยการให้ข่าวสารจากกล้องถ่ายภาพขนาด

จิ๋วแล้วมากระตุ้นโดยตรงกับบริเวณรับภาพ ส่วนในรูปแบบที่สูงสุด คอมพิวเตอร์ชีวชีพอาจจะเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดใหม่เกิดขึ้นมาเลย

คอมพิวเตอร์และการทำงานของสมองมีความคล้ายคลึงกันอย่างน่าประหลาดใจ ทั้งคู่มีพื้นฐานขึ้นอยู่กับการไหลของพลังงานไปในทิศทางหนึ่งและต้านทานต่อการไหลของพลังงานในทิศทางตรงกันข้าม ความแตกต่างของสมองมนุษย์และคอมพิวเตอร์ก็คือขนาดและความซับซ้อน สมองของมนุษย์มีเซลล์ประสาทนับล้านเซลล์มากกว่าจำนวนทรานซิสเตอร์ที่มีอยู่ในหน่วยประเมินผลกลางของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ซับซ้อนที่สุด ดังนั้นปัญหาสำคัญข้อใหญ่ของการใช้คอมพิวเตอร์ชีวภาพก็คือการเชื่อมต่อเข้ากับสมองของมนุษย์ เนื่องจากขนาดของสายต่อทั้งหมดเมื่อเทียบกับขนาดของเซลล์ประสาทที่แบบบางแต่ละเซลล์ จะมีขนาดใหญ่กว่ามากมายหลายเท่า ซึ่งนี่ก็คือปัญหาในปัจจุบันของชีวชีพเพราะว่าวงจรพื้นฐานจะต้องมีขนาดเล็กกว่าสายไฟฟ้ามาก การวิจัยในขณะนี้จึงเป็นการค้นคว้าหาเทคนิคสำหรับการให้และนำข่าวสารเข้าสู่หรือออกจากชีวชีพ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างเส้นลวดสารกึ่งตัวนำที่มีขนาดใหญ่กว่าออกจากจุดสำคัญบนชีวชีพและการใช้สารตัวนำชีวภาพ (conducting biological substance) โดยจะประกอบขึ้นเป็นส่วนเชื่อมต่อกับเส้นลวด นักวิทยาศาสตร์จึงต้องพัฒนาวิธีเชื่อมโมเลกุลให้เข้ากับหน่วยที่ทำงานได้

ปัญหาอีกข้อหนึ่งคือ ทำอย่างไรคอมพิวเตอร์ชีวภาพจะมีชีวิตยาวนานได้? เนื่องจากคอมพิวเตอร์ชีวภาพต้องทำงานในสภาพสิ่งแวดล้อมที่จำกัด โมเลกุลแต่ละโมเลกุลที่เป็นองค์ประกอบอาจมีชีวิตไม่ยืนยาวนักและการทำงานจะต้องแน่ใจว่าคอมพิวเตอร์ชีวภาพไม่มีโอกาสเจอกับแบคทีเรียตัวร้ายที่จ้องทำลายมันอยู่

แม้ว่าจะมีปัญหาด้านเทคนิคมากมายหลายอย่างที่ต้องหาวิธีแก้ไขก่อนที่จะบรรลุความสำเร็จในการสร้างชีวชีพและคอมพิวเตอร์ชีวภาพให้ทำงานได้จริง แต่นักวิจัยทั่วโลกก็กำลังก้าวมาถึงจุดแรกของการพัฒนาคอมพิวเตอร์มหัศจรรย์นี้ในอนาคตอันไม่ไกลนัก

เอกสารอ้างอิง

1. วิลเลียม เสรณิปรการ, "ไบโออิเล็กทรอนิกส์", **เทคนิค**, ปีที่ 6, ฉบับที่ 59, หน้า 110-114, 2533.
2. สมบัติ ทิฆมทรัพย์, **หลักพื้นฐานทางวิศวกรรมศาสตร์**, หน้า 173-226, โครงการตำรามหาวิทยาลัยสยาม, กรุงเทพฯ, 2532.
3. Flores, I., **The Professional Microcomputer Handbook**, p. 3-42, Van Nostrand Reinhold Company Inc., New York, 1986.
4. Gibson, J.R., **Electronic Processor Systems**, p. 69-130, Edward Arnold Ltd., USA., 1987.
5. Hopper, G.M. and Mandell, S.L., **Understanding Computers**, p. 1-24, West Publishing Co., Minnesota, 1984.
6. Sanders, D.H., **Computer Concepts and Applications**, p. 126-150, McGraw-Hill Book Company, New York, 1987.
7. Woolverton, M.W., **Computer Concepts for Agribusiness**, p. 287-303, AVI Publishing Company, 1986.

โมโนโคลนอล แอนติบอดี เทคโนโลยี 1 : ไฮบริโดมา เทคโนโลยี

Monoclonal Antibody Technology I : Hybridoma Technology

กรกช อินทราพิเชษฐ์*

Monoclonal antibody technology คือ เทคนิคชีวภาพในการผลิตสารภูมิคุ้มกันชนิดที่เรียกว่า "Monoclonal antibody" เทคนิคนี้นิยมเรียกว่า "Hybridoma technology" ซึ่งหมายถึง เทคโนโลยีเพื่อการผลิตเซลล์สายพันธุ์ผสมที่เรียกว่า "Hybridoma" คำว่า Hybridoma¹ เป็นคำผสมระหว่างคำว่า "Hybrid" แปลว่า ลูกผสม กับคำว่า "-Oma" ซึ่งหมายถึงเนื้องอกชนิด "Tumor" ในสัตว์ ดังนั้น Hybridoma จึงรวมหมายถึงเซลล์ลูกผสมที่ทำให้เกิด tumor ในสัตว์ แต่โดยทั่วไปแล้ว Hybridoma มักหมายถึงเซลล์ลูกผสมที่เกิดจากการผสมระหว่างเซลล์เนื้อร้าย ซึ่งเรียกว่า "Malignant cell" กับเซลล์ปกติทั่วไป

Hybridoma technology ในการผลิต monoclonal antibody ได้รับการพัฒนาให้เป็น เทคโนโลยีชีวภาพที่มีศักยภาพสูงยิ่งอย่างหนึ่งโดย Kohler และ Milstein² ในปี ค.ศ.1975 ซึ่งเป็นผล ให้นักวิทยาศาสตร์ทั้งสองท่านนี้ได้รับรางวัลโนเบล

(Nobel prize) ร่วมกันในสาขาสรีรวิทยาและการ แพทย์ในปี ค.ศ.1984

Monoclonal antibody

Monoclonal antibody คือ antibody ที่มี โมเลกุลชนิดเดียวและมีคุณสมบัติจำเพาะที่เหมือนกันต่อ Epitope หรือ Antigenic determinant อันเดียวกันบน antigen อย่างหนึ่ง โดยทั่วไปการ กระตุ้นเพื่อให้มีการผลิต antibody หรือที่เรียกว่า "Immunization" ด้วย antigen อย่างหนึ่งจะ กระตุ้นให้มีเซลล์ lymphocyte ซึ่งทำหน้าที่ผลิต antibody จำนวนมากและหลายชนิด และเมื่อนำ เซลล์เหล่านี้มาเพาะเลี้ยงนอกร่างกายสัตว์ทดลอง ได้เพียง 2-3 วัน ก็จะตาย จึงเป็นการยากที่จะ เพาะเลี้ยงเซลล์ปกติที่ผลิต antibody ที่มีความ จำเพาะอย่างเดียว (single specificity) ในทาง ตรงข้าม เซลล์เนื้อร้าย malignant plasma หรือ myeloma ซึ่งผลิต antibody ต่ำมาก แต่สามารถ

* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เจริญเติบโตในการเพาะเลี้ยงได้หลายปี ดังนั้น เมื่อนำเซลล์ malignant plasma มาผสมรวม (fusion) กับเซลล์ plasma (หรือ lymphocyte) ปกติที่ถูกกระตุ้นด้วย antigen แล้วจะได้เซลล์ลูกผสม hybridoma (รูปที่ 1) ที่สามารถเจริญเติบโตในการเพาะเลี้ยงได้อย่างนิรันดร์ และในขณะเดียวกันก็ผลิต antibody ที่มีความจำเพาะต่อ epitope ชนิดเดียวได้อย่างไม่มีขอบเขต hybridoma จะถูกคัดเลือกได้โดยการตรวจหาจากปฏิกิริยาระหว่าง antibody กับ antigen แล้วจึงแยกและนำ hybridoma ที่ให้ผลทดสอบ “บวก” มาเพาะเลี้ยงอีก (subcloning) หลายครั้งพร้อมกับต้องทำการทดสอบจนระบุได้ว่า hybridoma นั้นผลิต monoclonal antibody ดังแสดงในรูปที่ 2 ถ้าต้องการ monoclonal antibody จำนวนมาก ก็สามารถเพาะเลี้ยง hybridoma ได้โดยการเพาะเลี้ยงขนาดใหญ่ (large scale culture) หรือโดยการฉีดเข้าในช่องท้องของหนูเพื่อผลิต “Ascites” ที่มี monoclonal antibody ความเข้มข้นสูง

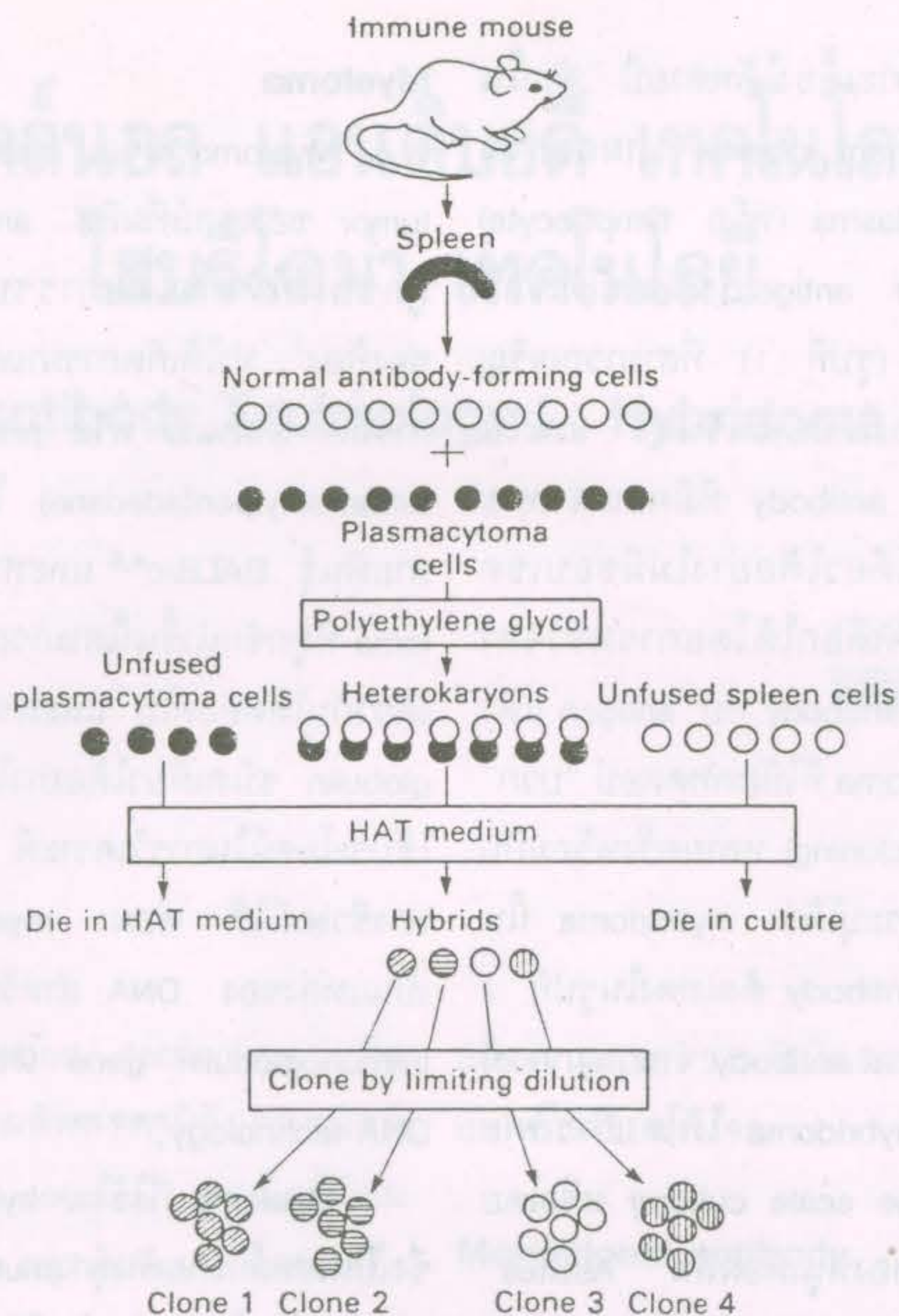
Myeloma

Myeloma หรือ plasmacytoma คือเซลล์ tumor ของเซลล์ที่ผลิต antibody โดยส่วนมากถูกชักนำให้เกิดโดยการรบกวนสัตว์ทดลองที่ช่องท้อง³ ทำให้เกิดการผ่าเหล่า (mutation) เช่น การฉีด น้ำมันแร่ หรือ pristane (2, 6, 10, 14-tetramethylpentadecane) ในหนูเมาส์ (mouse) สายพันธุ์ BALB/c^{4,5} และสายพันธุ์ NZB⁶ myeloma ที่ถูกชักนำขึ้นนี้สามารถเจริญในหนูสายพันธุ์เดียวกันได้ตลอดไป และสามารถผลิต Immunoglobulin ชนิดเดียวได้อย่างไม่มีสิ้นสุด ซึ่งนำมาใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ Immunoglobulin ทางชีวเคมีได้ ต่อมา myeloma ได้ถูกนำมาใช้เป็นแหล่งของ DNA สำหรับศึกษาโครงสร้างของ Immunoglobulin gene โดยวิธี Recombinant DNA technology^{7,8,9,10}

Myeloma ที่ใช้ใน hybridoma technology ซึ่งเป็นเซลล์กลายพันธุ์ (mutant) 2 ชนิดที่ได้ผ่านการคัดเลือกโดย (1) ถ้าเป็น myeloma สายพันธุ์



รูปที่ 1 Hybridomas ที่ผลิต Monoclonal antibodies ต่อ Luteinizing hormone receptor (LH-R) ของหนู (rats) Hybridomas นี้ ผลิตจากการรวมกันของเซลล์ม้ามของหนู mouse พันธุ์ BALB/c ที่ได้รับการกระตุ้นด้วย LH-R กับ เซลล์ Myeloma สายพันธุ์ NS-1 และโดยการใช้ polyethylene glycol เป็นสารช่วยการรวมเซลล์ (ภาพโดยผู้เขียน)



รูปที่ 2 แผนผังแสดงการผลิต Hybridomas โดยการรวมเซลล์ (fusion) ระหว่างเซลล์น้ำนมที่ได้รับการกระตุ้นให้สร้าง antibodies กับเซลล์ Myeloma (plasmacytoma) โดยใช้ Polyethylene glycol (จาก Goding, 1986)

ไม่มียีนสร้างน้ำย่อย HGPRT หรือ HPRT (Hypoxanthine-guanine phosphoribosyl transferase : HPRT⁻ gene) ถูกคัดเลือกจากความต้านทานหรือความสามารถเจริญในอาหารที่มี 8-azaguanine และ 6-thioguanine และ (2) ถ้าเป็น myeloma สายพันธุ์ไม่มียีนสร้างน้ำย่อย Thymidine kinase (TK⁻ gene) ถูกคัดเลือกโดยความต้านทานหรือความสามารถเจริญในอาหารที่มี Bromodeoxyuridine เซลล์ปกติมียีนสร้างน้ำย่อย HPRT และ TK ซึ่งจะเปลี่ยนสาร 8-azaguanine และ 6-thioguanine และสาร bromodeoxyuridine ตามลำดับ

ให้เป็นสารพิษมีผลทำให้เซลล์ตาย แต่ myeloma ขาดน้ำย่อย HPRT และ TK จึงสามารถดำรงชีพอยู่ได้

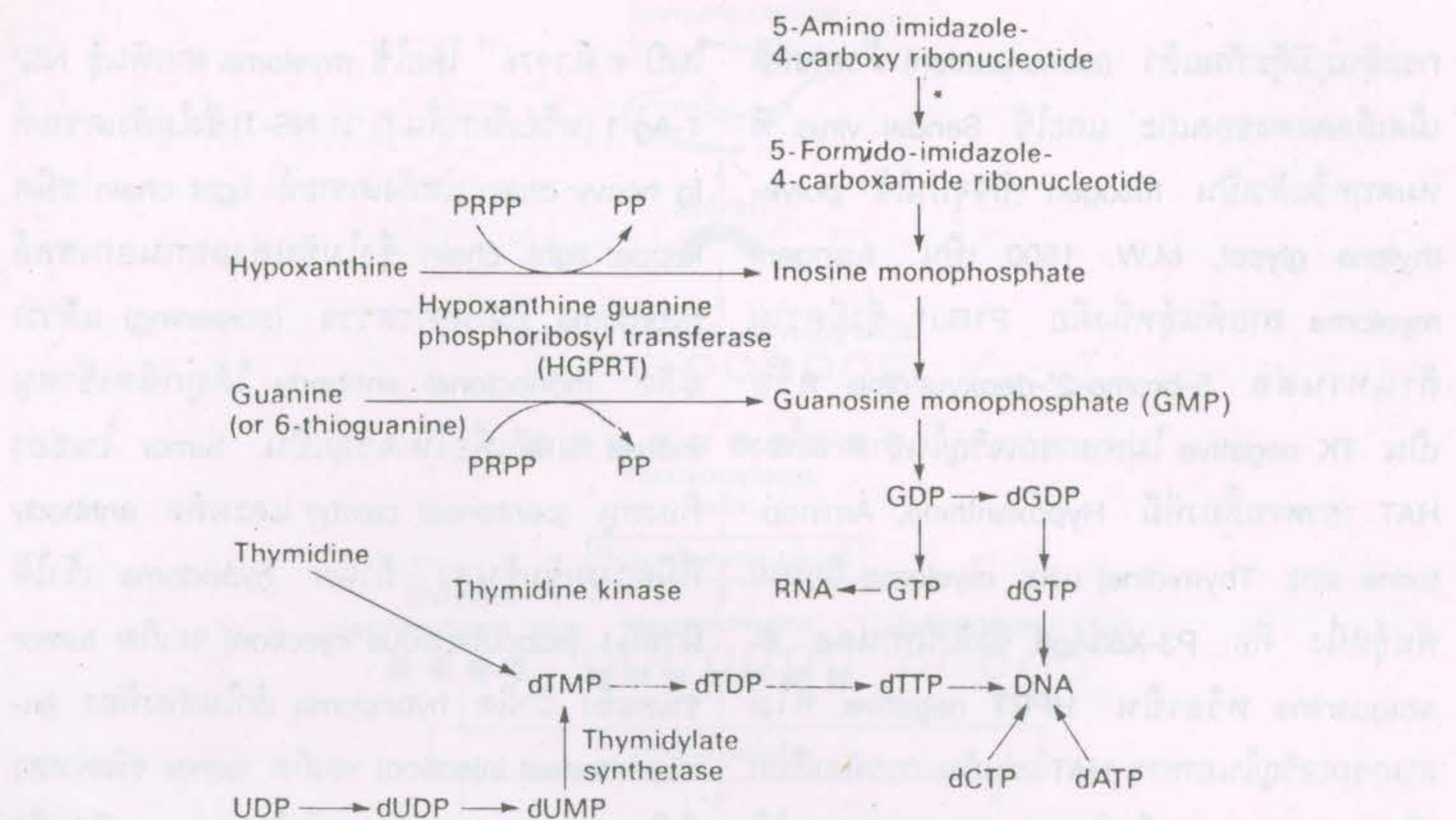
Hydbridoma

Hybridoma สำหรับการผลิต monoclonal antibody ที่ Kohler และ Milstein² ได้ผลิตขึ้นในปี ค.ศ.1975 นั้นกระทำโดยการรวมเซลล์ร่างกาย (somatic cell fusion) ระหว่าง myeloma จากหนู mouse สายพันธุ์ BALB/c 2 สายพันธุ์ กับเซลล์น้ำนมปกติ (spleen cell) ของหนู mouse ที่ถูก

กระตุ้นภูมิคุ้มกันแล้ว (immunization) ด้วยเซลล์เม็ดเลือดแดงของแกะ และใช้ Sendai virus ที่หมดฤทธิ์แล้วเป็น fusogen (ปัจจุบันใช้ polyethylene glycol, M.W. 1500 เป็น fusogen) myeloma สายพันธุ์หนึ่งคือ P1Bu1 ซึ่งมีความต้านทานต่อ 5-bromo-2'-deoxyuridine หรือเป็น TK negative ไม่สามารถเจริญในอาหารเลี้ยง HAT (อาหารเลี้ยงที่มี Hypoxanthine, Aminopterin และ Thymidine) และ myeloma อีกสายพันธุ์หนึ่ง คือ P3-X63Ag8 ซึ่งต้านทานต่อ 8-azaguanine หรือเป็น HPRT negative ที่ไม่สามารถเจริญในอาหาร HAT เช่นกัน การคัดเลือกเพื่อหา hybridoma ที่ผลิต specific antibody ได้ใช้วิธี Plaque assay technique โดยการทำให้เม็ดเลือดแดงของแกะแตกด้วย complement จากหนูตะเภา (guinea pig) การรวมเซลล์ครั้งนั้นได้รับความสำเร็จอย่างยิ่ง แต่มีประสิทธิภาพการรวมเซลล์เพียง 0.2-3% เท่านั้น เซลล์ลูกผสมที่แสดง specific antibody หรือ positive hybrid ได้ถูกคัดเลือกแยกออกมาเลี้ยงต่อในอาหาร soft agar จากนั้น positive clone ได้ถูกคัดเลือกแยกออกมาเลี้ยงต่ออีกครั้ง (เรียกว่า subcloning) ในอาหารเหลวโดยวิธีละลายจำกัด หรือ limiting dilution จำนวน chromosome (Karyotype) ของ hybridoma ก็ได้รับการตรวจสอบด้วยเพื่อยืนยันความสำเร็จของการ fusion อย่างไรก็ตาม fusion ครั้งนั้น myeloma สายพันธุ์ P1Bu1 สังเคราะห์ IgG_{2A} และ myeloma สายพันธุ์ P3-X63Ag8 สังเคราะห์ IgG₁ ซึ่งใช้เป็นเครื่องบ่งชี้ว่า fusion สำเร็จอีกอย่างหนึ่งเช่นเดียวกันกับโปรตีนชนิดใหม่ (นั่นคือ antibody) ที่ hybridoma ผลิตขึ้น ต่อมาปัญหาการสังเคราะห์ antibody จากส่วนของ myeloma ได้ถูกแก้ไขใน fusion ครั้งต่อมา

ในปี ค.ศ.1976¹¹ โดยใช้ myeloma สายพันธุ์ NS/1-Ag-1 (หรือเรียกสั้น ๆ ว่า NS-1) ซึ่งไม่สังเคราะห์ Ig heavy chain แต่สังเคราะห์ light chain ชนิด kappa light chain ซึ่งไม่ขับส่งออกนอกเซลล์ hybridoma ที่ผ่านการตรวจ (screening) แล้วว่าผลิต monoclonal antibody ได้ถูกฉีดเข้าหนู mouse ปกติเพื่อให้เจริญเป็น tumor ในช่องท้องหนู (peritoneal cavity) และผลิต antibody ที่มีความเข้มข้นสูง ถ้าฉีด hybridoma เข้าใต้ผิวหนัง (subcutaneous injection) จะเกิด tumor ชนิดแข็ง ถ้าฉีด hybridoma เข้าในช่องท้อง (intraperitoneal injection) จะเกิด tumor ชนิดเหลว ที่เรียกว่า "Ascites" ในกรณีเกิด tumor ชนิดแข็ง ก็ใช้ antibody จากซีรัม (serum) แทนได้

สาเหตุที่ hybridoma ซึ่งเป็นเซลล์ลูกผสมระหว่าง myeloma กับเซลล์ม้ามปกติ สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในอาหารเลี้ยง HAT เนื่องจากการสังเคราะห์ DNA (deoxyribonucleic acid) โดยทั่วไปนั้นมี 2 วิธี (pathway)¹² คือ main pathway (สังเคราะห์โดยตรงจากแหล่งเบสของกรดนิวคลีอิก) และ Salvage pathway (นำสารที่ถูกย่อยสลายแล้วมาสร้างใหม่อีกครั้ง) HPRT เป็นน้ำย่อยในการสังเคราะห์ purine (เป็นเบสกลุ่มหนึ่งของ DNA) จาก Thymidine จากอาหารภายนอกเซลล์ใน salvage pathway และ Thymidine kinase เป็นน้ำย่อยในการสังเคราะห์ pyrimidine (เบสอีกกลุ่มหนึ่งของ DNA) จาก Thymidine จากอาหารภายนอกเซลล์ใน salvage pathway เช่นกัน ส่วน main pathway ในการสังเคราะห์ทั้ง purine และ pyrimidine จะถูกยับยั้งโดย Aminopterin ที่ปฏิกิริยาของน้ำย่อย Dihydrofolate reductase และที่ปฏิกิริยาของน้ำย่อย Thymidylate synthase ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 วิธีการสังเคราะห์ ดีเอ็นเอ (DNA-Deoxyribonucleic acid) ที่เกี่ยวข้องกับการเลือก Hybridomas ในอาหารเลี้ยงที่มี Hypoxanthine, Aminopterin และ Thymidine (HAT medium) (จาก Goding, 1986)

Myeloma สายพันธุ์ HPRT⁻ และ TK⁻ จะตายในอาหารเลี้ยงที่มี HAT เพราะทั้ง 2 pathway ไม่สามารถทำงานได้ เซลล์ปกติก็จะตายในอาหาร HAT เช่นกัน เพราะ main pathway ซึ่งจำเป็นต่อการดำรงชีพ (แต่ salvage pathway ไม่จำเป็น) ถูกยับยั้ง ดังนั้นจึงมีเพียง hybridoma ที่ได้รับยีน HPRT หรือยีน TK ค้นมาจาก fusion สามารถดำรงชีวิตรอดอยู่ได้ในอาหารเลี้ยงที่มี HAT

ในการผลิต monoclonal antibody โดย hybridoma technology โดยทั่วไปจะมีขั้นตอนการเตรียมการดังรูปที่ 1

References

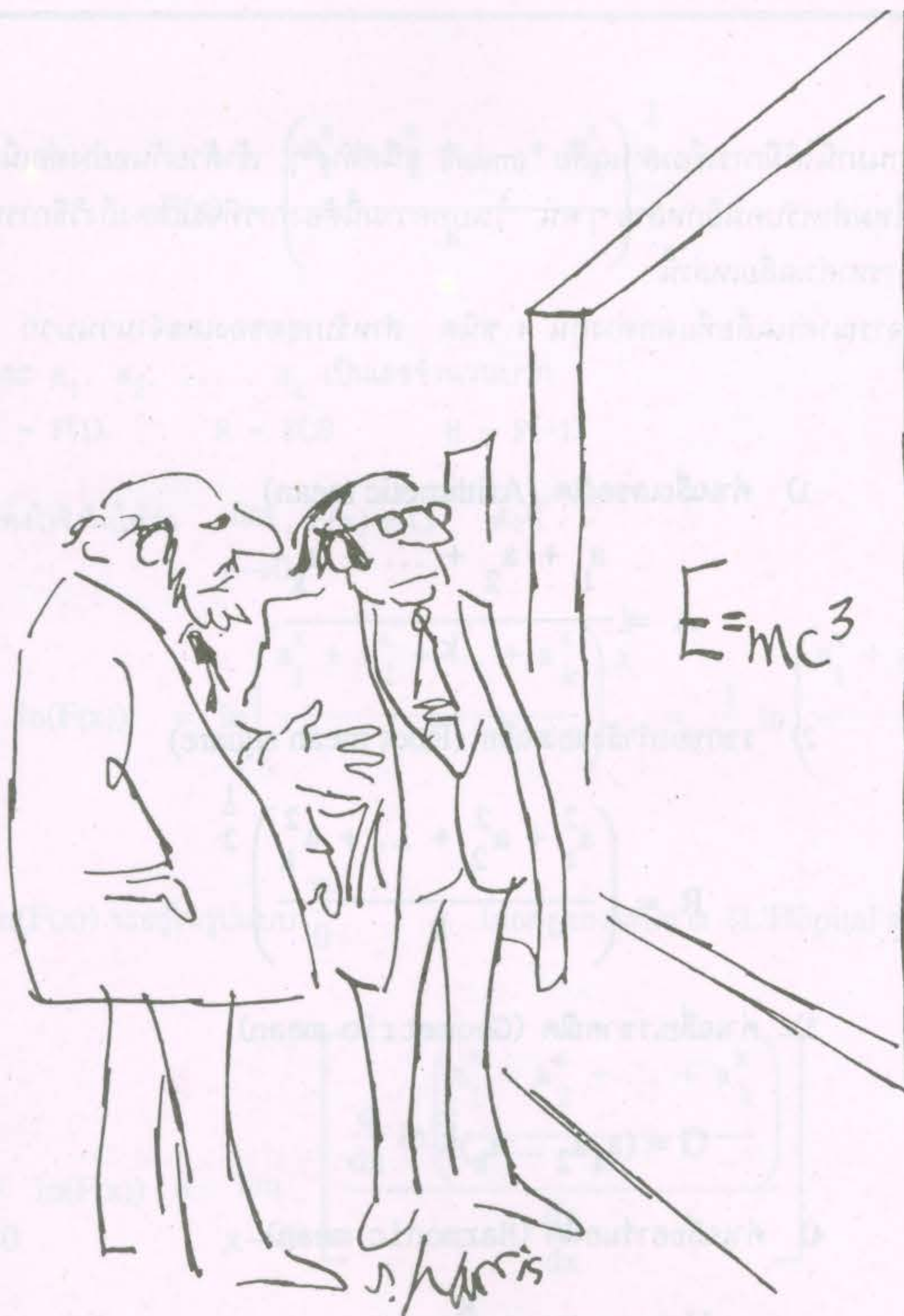
1. Goding, J.W. Monoclonal antibodies : Principles and practice. Academic Press : London. 1986. pp. 315.
2. Kohler, G. and C. Milstein. Continuous cultures of fused cells secreting antibody of predefined specificity. Nature. 1975. 256 : 395-497.
3. Merwin, R.M. and L.W. Redman. Induction of plasma cell tumors and sarcomas in mice by diffusion chambers placed in the peritoneal cavity. J. Natl. Cancer Inst. 1963. 31 : 997-1017.
4. Potter, M. and C.R. Boyce. Induction of plasma cell neoplasms in strain BALB/c mice with mineral oil adjuvants. Nature. 1962. 193 : 1086-1087.
5. Potter, M. Immunoglobulin-producing tumors and myeloma proteins of mice. Physiol. Rev. 1972. 52 : 631-719.
6. Warner, N.L. Autoimmunity and the pathogenesis of plasma cell tumor induction in NZB inbred and hybrid mice. Immunogenetics. 1975. 2 : 1-20.
7. Seidman, J.G., A. Leder, M. Nau, B. Norman, and P. Leder. Antibody diversity : The structure of cloned immunoglobulin genes suggests a mechanism for generating new sequences. Science. 1978. 202 : 11-17.
8. Bernard, O., N. Hozumi, and S. Tonegawa. Sequences of mouse immunoglobulin light chain genes before and after somatic changes. Cell. 1978. 15 : 1133-1144.
9. Sakano, H., J.H. Rogers, K. Huppi, C. Brack, A. Traucher, R. Maki, R. Wall, and S. Tonegawa. Domains and the hinge region of an immuno-

globulin heavy chain are encoded in separate DNA segments. Nature. 1979. 6 : 627-633.

10. Sakano, H., Y. Kurosawa, M. Weigert, and S. Tonegawa. Identification and nucleotide sequence of a diversity DNA segment (D) of immunoglobulin heavy-chain genes. Nature. 1981. 290 : 562-565.

11. Kohler, G., S.C. Howe, and C. Milstein. Fusion between immunoglobulin-secreting and nonsecreting myeloma cell lines. Eur. J. Immunol. 1979. 6 : 292-295.

12. Littlefield, J.W. Selection of hybrids from matings of fibroblasts in vitro and their presumed recombinants. Science. 1964. 145 : 709-710.



"These days *everything* is higher."

ค่าเฉลี่ยไม่ขาดตอน (Connected means)

ธีรนนท์ คำตันเจริญ*

เมื่อไม่นานมานี้ได้มีการเชื่อมค่าเฉลี่ย (mean) ชนิดต่าง ๆ เข้าด้วยกันอย่างต่อเนื่อง แต่อาจ
จะยังคงเป็นเรื่องใหม่สำหรับคนอีกหลาย ๆ คน ในบทความนี้ต้องการที่จะแสดงถึงวิธีการนำแคลคูลัส
เบื้องต้นไปใช้ในการหาค่าเฉลี่ยเหล่านี้

เราจะพิจารณาค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกัน 4 ชนิด สำหรับเซตของเลขจำนวนบวก k จำนวน
($a_1, a_2, \dots, a_k$) คือ

- 1) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic mean)

$$A = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_k}{k}$$

- 2) รากของกำลังสองเฉลี่ย (Root mean square)

$$R = \left(\frac{a_1^2 + a_2^2 + \dots + a_k^2}{k} \right)^{\frac{1}{2}}$$

- 3) ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric mean)

$$G = (a_1 a_2 \dots a_k)^{\frac{1}{k}}$$

และ

- 4) ค่าเฉลี่ยฮาร์โมนิก (Harmonic mean)

$$H = \frac{k}{\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} + \dots + \frac{1}{a_k}}$$

* อาจารย์ภาควิชาคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เพื่อหลีกเลี่ยงกรณีสำคัญน้อย (trivial case) ของค่า $A=R=G=H$ จะสมมติให้ $a_1, a_2, \dots, a_k$ ทุกตัวมีค่าไม่เท่ากัน เราสามารถแสดงได้ว่า $H < G < A < R$ (แยกพิสูจน์ให้เห็นจริงได้ทุกคู่ของอสมการ) แต่เพราะว่า H, G, A และ R ถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกันทั้งหมด จึงได้มีผู้ค้นพบการพิสูจน์ที่ไม่ขาดตอน (Connected proof) ขึ้น ซึ่งจะเป็นที่มาของผลลัพธ์อื่นๆ บางอย่างได้อีกด้วย

ถ้าให้ F เป็นฟังก์ชันที่กำหนดโดย

$$F(x) = \left(\frac{a_1^x + a_2^x + \dots + a_k^x}{k} \right)^{\frac{1}{x}}$$

เมื่อ $x \neq 0$ และ $a_1, a_2, \dots, a_k$ เป็นเลขจำนวนบวก

จะได้ว่า $A = F(1)$ $R = F(2)$ $H = F(-1)$

เราสามารถแสดงให้เห็นได้ว่า $\lim_{x \rightarrow 0} F(x) = G$ ดังนี้

$$\text{เนื่องจาก } \ln(F(x)) = \ln \left(\frac{a_1^x + a_2^x + \dots + a_k^x}{k} \right)^{\frac{1}{x}} = \frac{1}{x} \ln \left(\frac{a_1^x + a_2^x + \dots + a_k^x}{k} \right)$$

ซึ่ง $\lim_{x \rightarrow 0} \ln(F(x))$ จะอยู่ในรูปแบบ $\frac{0}{0}$ โดยกฎของโลปีตาล (L'Hôpital's rule) จะได้

$$\begin{aligned} \lim_{x \rightarrow 0} \ln(F(x)) &= \lim_{x \rightarrow 0} \left[\frac{\frac{d}{dx} \ln \left(\frac{a_1^x + a_2^x + \dots + a_k^x}{k} \right)}{\frac{dx}{dx}} \right] \\ &= \lim_{x \rightarrow 0} \left[\frac{k}{a_1^x + a_2^x + \dots + a_k^x} \cdot \frac{d}{dx} \left(\frac{a_1^x + a_2^x + \dots + a_k^x}{k} \right) \right] \end{aligned}$$

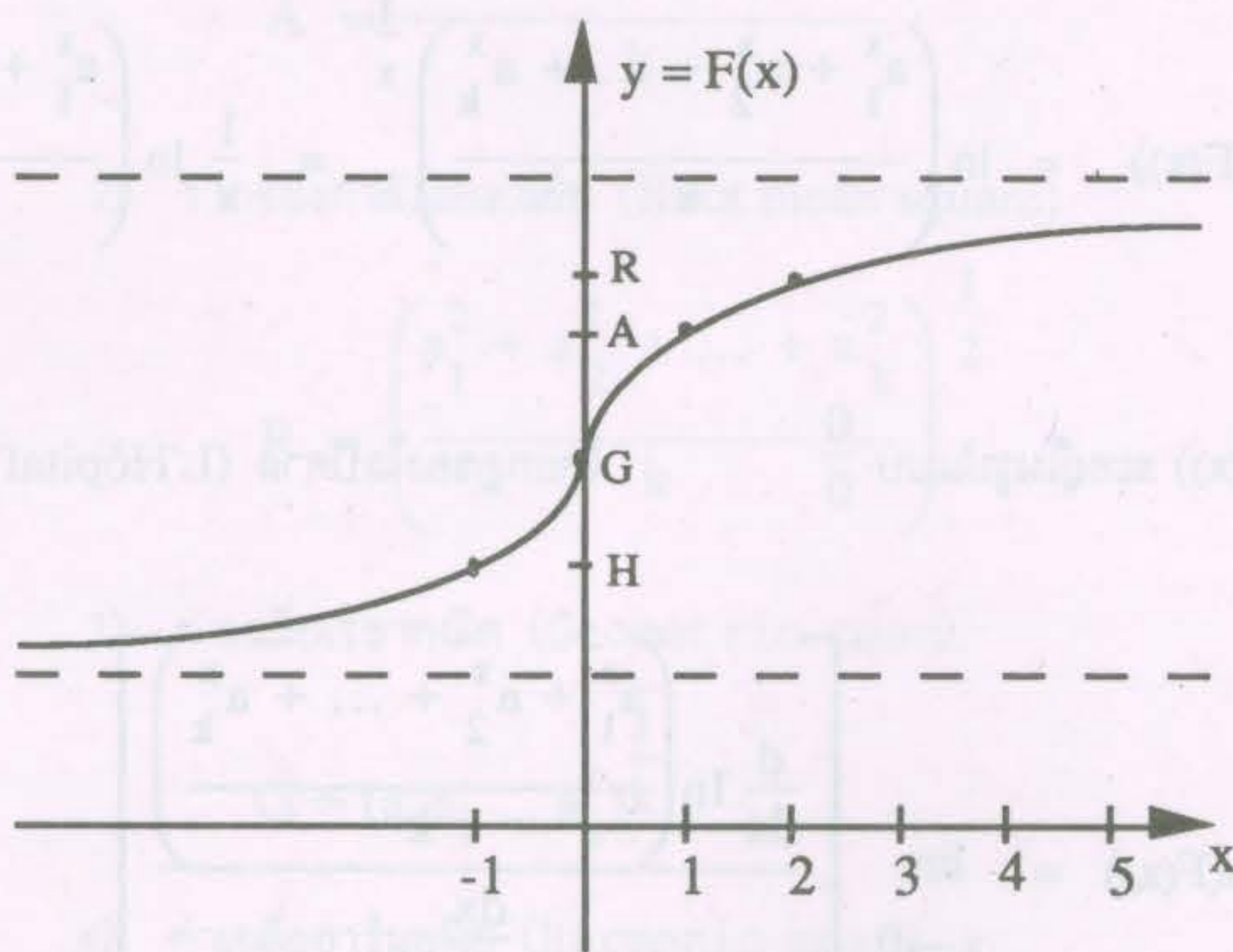
$$= \lim_{x \rightarrow 0} \left[\frac{a_1^x \ln a_1 + a_2^x \ln a_2 + \dots + a_k^x \ln a_k}{a_1^x + a_2^x + \dots + a_k^x} \right]$$

$$= \frac{\ln a_1 + \ln a_2 + \dots + \ln a_k}{k}$$

$$= \ln(a_1 a_2 \dots a_k)^{\frac{1}{k}}$$

เพราะฉะนั้น $\lim_{x \rightarrow 0} F(x) = (a_1 a_2 \dots a_k)^{\frac{1}{k}} = G$

ดังนั้นเราจึงสามารถกำหนด $F(0) = G$ และจะได้ฟังก์ชันต่อเนื่อง (สำหรับค่าเฉพาะ $a_1, a_2, \dots, a_k$) ซึ่งมีกราฟดังรูปที่ 1



รูปที่ 1

กราฟนี้วาดเฉพาะ $a_1 = 1, a_2 = 2, a_3 = 3, a_4 = 4, a_5 = 5$ โดยใช้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

จากการกำหนดฟังก์ชัน $F(x)$ ตามข้างต้น จะได้ความจริงดังนี้

ข้อ 1) $F(x)$ เป็นฟังก์ชันเพิ่มโดยแท้ (Strictly increasing function) สำหรับทุกค่าของ x ที่ไม่เท่ากับศูนย์ และ $\lim_{x \rightarrow 0} F(x)$ หาค่าได้ (exist)

ข้อ 2) $H < G < A < R$ ข้อนี้ได้มาทันทีจากข้อ 1) เพราะว่า

$$H = F(-1) < G = F(0) < A = F(1) < R = F(2)$$

ข้อ 3) $\lim_{x \rightarrow -\infty} F(x) = \min\{a_1, a_2, \dots, a_k\}$ และ

$$\lim_{x \rightarrow \infty} F(x) = \max\{a_1, a_2, \dots, a_k\}$$

พิสูจน์ ข้อ 1) ถ้าเราแสดงไว้ว่า $\frac{d}{dx} [\ln(F(x))] > 0$ แล้วจะได้ $\frac{d}{dx} F(x) > 0$ ด้วย

นั่นคือ $F(x)$ จะเป็นฟังก์ชันเพิ่มขึ้น

$$\begin{aligned} \text{เนื่องจาก } \frac{d}{dx} [\ln(F(x))] &= \frac{1}{x} \left(\frac{a_1^x \ln a_1 + \dots + a_k^x \ln a_k}{a_1^x + a_2^x + \dots + a_k^x} \right) - \frac{1}{x^2} \ln \left(\frac{a_1^x + \dots + a_k^x}{k} \right) \\ &= \frac{x(a_1^x \ln a_1 + \dots + a_k^x \ln a_k) - (a_1^x + \dots + a_k^x) \ln(a_1^x + \dots + a_k^x)}{x^2(a_1^x + a_2^x + \dots + a_k^x)} \\ &= \frac{a_1^x \ln(a_1^x) + \dots + a_k^x \ln(a_k^x) - a_1^x \ln(a_1^x + \dots + a_k^x) - \dots - a_k^x \ln(a_1^x + \dots + a_k^x)}{x^2(a_1^x + \dots + a_k^x)} \\ &= \frac{a_1^x \ln \left(\frac{ka_1^x}{a_1^x + \dots + a_k^x} \right) + \dots + a_k^x \ln \left(\frac{ka_k^x}{a_1^x + \dots + a_k^x} \right)}{x^2(a_1^x + \dots + a_k^x)} \dots (*) \end{aligned}$$

เนื่องจาก $\frac{d}{dx}(e^{x-1} - x) = 0$ ก็ต่อเมื่อ $x = 1$

ดังนั้น เมื่อ $x = 1$ จะได้ค่าต่ำสุดของ $e^{x-1} - x$ เป็นศูนย์

นั่นคือ $e^{x-1} \geq x$ สำหรับทุกค่าของ x

เพราะฉะนั้น $x - 1 \geq \ln x$ สำหรับทุกค่า x ที่เป็นจำนวนบวก

ในทำนองเดียวกัน $\frac{1}{x} - 1 \geq \ln \frac{1}{x} = -\ln x$

เพราะฉะนั้น $1 - \frac{1}{x} \leq \ln x$ สำหรับทุกค่า x ที่เป็นจำนวนบวก

เนื่องจาก $\ln x \geq 1 - \frac{1}{x}$

$$\text{ดังนั้น} \quad \ln \left(\frac{ka_1^x}{a_1^x + \dots + a_k^x} \right) \geq 1 - \left(\frac{a_1^x + \dots + a_k^x}{ka_1^x} \right)$$

⋮

⋮

⋮

$$\ln \left(\frac{ka_k^x}{a_1^x + \dots + a_k^x} \right) \geq 1 - \left(\frac{a_1^x + \dots + a_k^x}{ka_k^x} \right)$$

สำหรับทุกค่า a_i ; $i = 1, 2, \dots, k$ ที่ไม่เท่ากัน จากสมการ (*) จะได้

$$\frac{d}{dx} [\ln F(x)] > \frac{\left(a_1^x - \frac{a_1^x + \dots + a_k^x}{k} \right) + \dots + \left(a_k^x - \frac{a_1^x + \dots + a_k^x}{k} \right)}{x^2 (a_1^x + \dots + a_k^x)} = 0$$

ดังนั้น $\frac{d}{dx} [\ln F(x)] > 0$ แล้วได้ว่า $\frac{d}{dx} F(x) > 0$ ด้วย

F จึงเป็นฟังก์ชันเพิ่มขึ้นโดยแท้

พิสูจน์ ข้อ 3) ในที่นี้จะพิสูจน์กรณีค่าต่ำสุดเท่านั้น ส่วนในกรณีค่าสูงสุดสามารถพิสูจน์ได้ในทำนองเดียวกัน

$$\text{ให้ } r = \min\{a_1, a_2, \dots, a_k\}$$

สมมติ $a_1 = a_2 = \dots = a_m = r$ และ $a_{m+1}, a_{m+2}, \dots, a_k > r$

$$\text{จะได้ } \frac{F(x)}{r} = \left(\frac{\left(\frac{a_1}{r}\right)^x + \left(\frac{a_2}{r}\right)^x + \dots + \left(\frac{a_k}{r}\right)^x}{k} \right)^{\frac{1}{x}}$$

$$\text{เพราะฉะนั้น } \ln\left(\frac{F(x)}{r}\right) = \frac{1}{x} \ln \left(\frac{\left(\frac{a_1}{r}\right)^x + \left(\frac{a_2}{r}\right)^x + \dots + \left(\frac{a_k}{r}\right)^x}{k} \right)$$

$$= \frac{1}{x} \ln \left(\frac{\overbrace{1+1+\dots+1}^{\leftarrow m \rightarrow} + \left(\frac{a_{m+1}}{r}\right)^x + \dots + \left(\frac{a_k}{r}\right)^x}{k} \right)$$

$$\text{จะเห็นได้ว่า เมื่อ } x \text{ เข้าใกล้ } -\infty \text{ แล้ว } \left(\frac{a_{m+1}}{r}\right)^x, \left(\frac{a_{m+2}}{r}\right)^x, \dots, \left(\frac{a_k}{r}\right)^x$$

จะเข้าใกล้ 0 และจะได้ $\ln\left(\frac{F(x)}{r}\right) \rightarrow 0$ เมื่อ $x \rightarrow -\infty$

ดังนั้น $\frac{F(x)}{r} \rightarrow 1$ เมื่อ $x \rightarrow -\infty$

นั่นคือ $\lim_{x \rightarrow -\infty} F(x) = r = \min\{a_1, a_2, \dots, a_k\}$ ตามต้องการ

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทัศนีย์ อารยะตระกูลลิขิต ที่ช่วยกรุณาอ่านแก้ไข ให้คำแนะนำในการเขียนข้อความให้ถูกต้องสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณอาจารย์เกียรติ แสงอรุณ ที่ช่วยอ่าน ตรวจสอบ ท้วงติงต้นฉบับ

เอกสารอ้างอิง

1. Russel, George. 1988. Connected means. The Mathematical Gazette. 72(460) : 97-101.
2. Grossman, Stanley I. 1981, Indeterminate forms and Improper integral, Calculus, 2 nd edition. New york : Acadamic Press, Inc.

“...Virtue is its own reward...”

ความดีเป็นรางวัลในตัวเองอยู่แล้ว

หลักการของอิเล็กทรอนิกส์โทรเนกาติวิตี

กุลวดี รังษีวัฒนานนท์*

ก่อน 50 ปีมานี้ได้มีการถกเถียง ปรับปรุง และพัฒนาแนวความคิดเกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์โทรเนกาติวิตีกันมาก ปัจจุบันได้กลายมาเป็นทฤษฎีที่น่าสนใจและสำคัญอย่างยิ่ง ในแง่การปฏิบัติได้นำมาใช้ในห้องเรียนซึ่งจะส่งผลให้เกิดความเข้าใจทางด้านเคมีเป็นอย่างมาก เนื่องจากปัจจุบันนี้เราสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างอิเล็กทรอนิกส์โทรเนกาติวิตี กับสมบัติของสารประกอบได้มากมาย และนอกจากนั้นยังสามารถที่จะคำนวณหาค่าพลังงานพันธะโคเวเลนต์ที่มีข้อได้เปรียบถูกต้อง ถ้านักศึกษาเข้าใจถึงสาเหตุและผลจากความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างอะตอมกับสมบัติของสารประกอบ นักศึกษาก็สามารถที่จะเริ่มเข้าใจถึงจุดเริ่มต้นของพลังงานพันธะ และด้วยเหตุนี้ก็จะเข้าใจถึงสาเหตุและทิศทางการเกิดปฏิกิริยาเคมี

เราสามารถนิยามค่าอิเล็กทรอนิกส์โทรเนกาติวิตีของอะตอมหนึ่ง ๆ ได้ว่าเป็นสมบัติที่กำหนดขึ้น ซึ่งบ่งถึงการกระจายของอิเล็กตรอนสร้างพันธะของอะตอมในพันธะเคมี ถ้าอะตอมสองอะตอมมีอิเล็กทรอนิกส์โทรเนกาติวิตีเท่ากันมารวมกัน พันธะที่เกิดขึ้นจะได้จากการมีส่วนร่วม (share) ของอิเล็กตรอนสร้างพันธะจากทั้งสองอะตอมเท่า ๆ กัน ถ้าอะตอมทั้งสองมีอิเล็กทรอนิกส์โทรเนกาติวิตีต่างกัน อิเล็กตรอนสร้างพันธะของอะตอมที่มีอิเล็กทรอนิกส์โทรเนกาติวิตีสูงก็จะมีส่วนร่วมในพันธะมากกว่า จากแนวความคิดนี้เราสามารถที่จะทำนายทิศทางของความเป็นขั้วของพันธะโคเวเลนต์ได้อย่างไม่ต้องสงสัย เพื่อให้เกิดความเข้าใจให้ดียิ่งขึ้นเราควรพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างอิเล็กทรอนิกส์โทรเนกาติวิตีกับโครงสร้างอะตอม และพิจารณาด้วยว่าอะไรจะเกิดขึ้นเมื่ออะตอมเข้ามารวมกัน ถึงแม้ว่าได้

*อาจารย์ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มีการหาอิเล็กโทรเนกาติวิตีของธาตุแทรนซิชันหลายวิธีการเป็นเวลาหลายปีก็ตาม แต่ค่าที่เชื่อถือได้และถูกนำมาใช้ประโยชน์จะเป็นค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีของธาตุหมู่หลัก (หมู่ A) และเมื่อเร็ว ๆ นี้ได้มีการประมาณค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีอย่างมีเหตุผลและเชื่อถือได้ของธาตุแทรนซิชันที่สภาวะออกซิเดชันต่าง ๆ และของธาตุหมู่หลักที่สภาวะต่ำกว่าสภาวะเวเลนซ์ปกติ

จุดประสงค์ของบทความนี้เพื่อที่จะแนะนำและพิจารณาหลักการของอิเล็กโทรเนกาติวิตีในแง่ทั่ว ๆ ไป ดังนี้

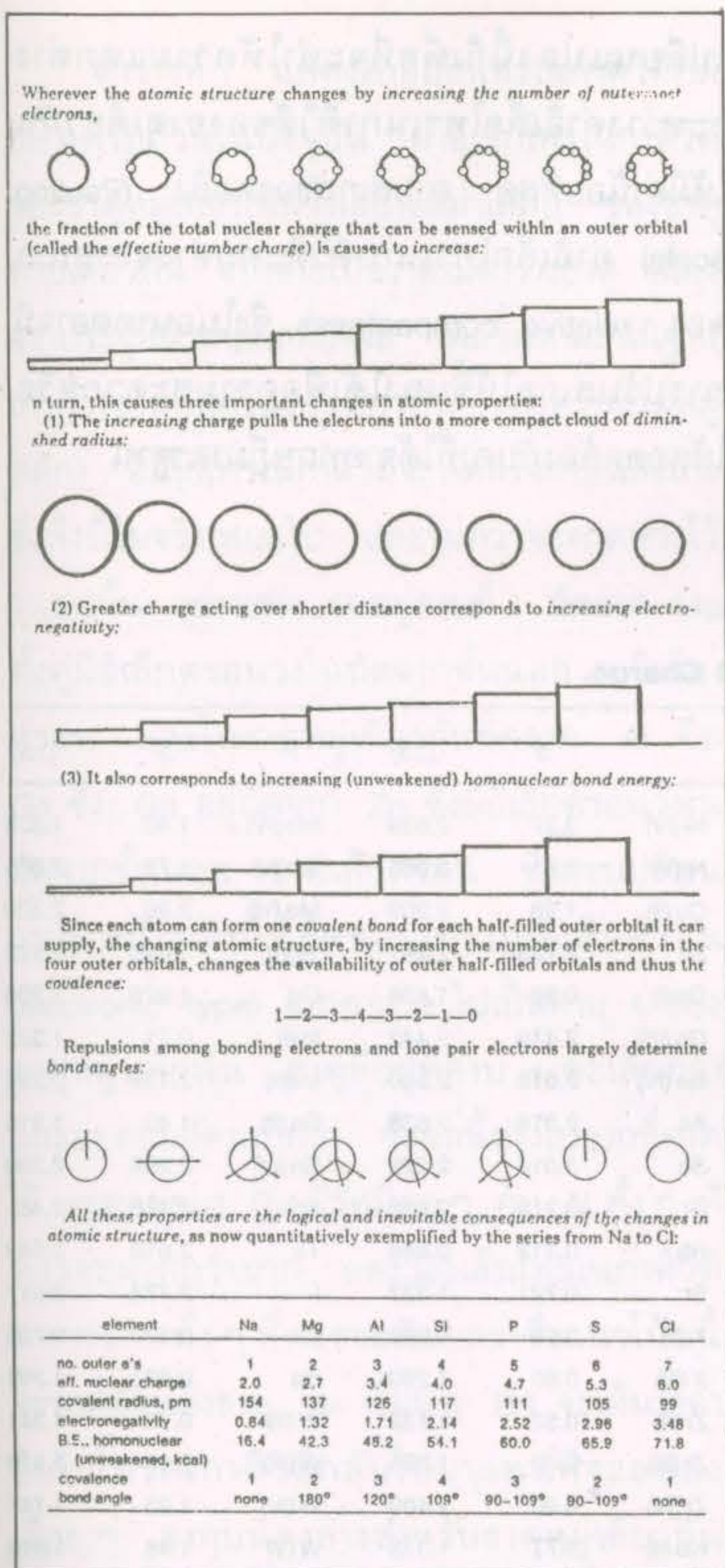
1. สมบัติทั้งหมดของอะตอมเป็นผลอันเนื่องมาจากโครงสร้างอะตอมซึ่งโครงสร้างอะตอมสัมพันธ์กับส่วนประกอบของอิเล็กตรอนและของนิวเคลียส ด้วยเหตุนี้สมบัติต่าง ๆ ของอะตอมจะเกี่ยวข้องซึ่งกันและกันทั้งนี้เนื่องจากสมบัติต่าง ๆ เหล่านี้มาจากจุดกำเนิดเดียวกัน ดังนั้นไม่น่าแปลกใจที่สมบัติเฉพาะในที่นี้คือ “อิเล็กโทรเนกาติวิตี” สามารถที่จะเกี่ยวพันกับสมบัติมากมายของอะตอม

เนื่องจากอิเล็กโทรเนกาติวิตีเป็นการวัดผลของประจุที่นิวเคลียสที่กระทำต่อออร์บิทัลวงนอกสุด มาถึงจุดนี้จะเห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างอิเล็กโทรเนกาติวิตีกับโครงสร้างอะตอมปรากฏขึ้น เป็นที่ทราบกันแล้วว่า อิเล็กตรอนวงนอกสุด จะไม่ส่งผลมากต่อการปิดบังประจุที่นิวเคลียสที่มีต่ออิเล็กตรอนวงนอกด้วยกัน ดังนั้นประจุที่นิวเคลียสที่ยังผล (effective nuclear charge) จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเลขอะตอมเพิ่มขึ้นตามจำนวนอิเล็กตรอนวงนอกสุดจากหนึ่งไปถึงแปดอิเล็กตรอน ผลนี้จะทำให้กลุ่มหมอกของอิเล็กตรอน

เข้าใกล้กันมากขึ้น รัศมีของอะตอมจะสั้นลง ด้วยเหตุนี้ประจุที่นิวเคลียสที่ยังผลจะเพิ่มขึ้น นั่นคืออิเล็กโทรเนกาติวิตีเพิ่มขึ้นตามคาบเดียวกัน จากซ้ายไปขวาของตารางธาตุ (สำหรับธาตุหมู่ A) ผลของการเพิ่มจำนวนอิเล็กตรอนวงนอกของธาตุหมู่หลักแสดงในรูปที่ 1 อิเล็กโทรเนกาติวิตีไม่เพียงแต่เป็นตัวเลข แต่เป็นผลที่ตามมาอย่างเป็นเหตุผลของโครงสร้างอะตอม

2. วิธีที่ประสบผลสำเร็จในการหาค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีมีพื้นฐานจากการศึกษา relative compactness ของกลุ่มหมอกอิเล็กตรอนรอบนิวเคลียสของอะตอม

สมมุติฐานที่สมเหตุสมผลที่ว่าอะตอมไม่สามารถยึดอิเล็กตรอนรอบ ๆ นิวเคลียสได้อย่างหนาแน่น เช่น อะตอมของธาตุแอลคาไล อะตอมมีบริเวณกว้าง ประจุที่นิวเคลียสจะส่งผลยึดอิเล็กตรอนได้ด้วยแรงดึงดูดไม่มากนักอะตอมแบบนี้จะมีอิเล็กโทรเนกาติวิตีต่ำ ในทำนองเดียวกันอะตอมที่ยึดกลุ่มหมอกอิเล็กตรอนได้อย่างหนาแน่นทั้ง ๆ ที่แรงผลักระหว่างอิเล็กตรอนด้วยกันภายในกลุ่มหมอกที่หนาแน่นจะมาก แต่ก็คาดว่าแรงดึงดูดที่ยึดอิเล็กตรอนนี้จะมีบทบาทมากกว่าอย่างเช่น ธาตุแฮโลเจนอะตอมแบบนี้จะมีอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูง ลองมาพิจารณาธาตุ K ยึด 19 อิเล็กตรอนอยู่ภายในรัศมี 196 pm (196×10^{-12} เมตร) ในขณะที่อะตอม Cl ยึด 17 อิเล็กตรอนอยู่ภายในรัศมี 99.4 pm จะเห็นว่าอะตอม Cl มีรัศมีประมาณครึ่งหนึ่งของ K และมีปริมาตรประมาณ $1/8$ ของ K และพบว่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีของ Cl มีค่า 3.475 ส่วน K มีค่า 0.445 ซึ่งค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีของ Cl นี้ประมาณ 8 เท่าของ K



รูปที่ 1

เราคงจำได้ว่าอะตอมที่มีอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูงต้องการประจุบางส่วน (partial negative charge) เป็นสาเหตุทำให้มีการขยายของบริเวณของอิเล็กตรอน (electronic sphere) ซึ่งเป็นสาเหตุในการทำให้การอัด (compact) ของอิเล็กตรอนน้อยลงในขณะเดียวกันอะตอมที่มีอิเล็กโทรเนกาติวิตีต่ำได้สูญเสียประจุบางส่วน ทำให้

บริเวณของอิเล็กตรอนแคบเข้าซึ่งเป็นสาเหตุในการทำให้การอัดของอิเล็กตรอนเพิ่มขึ้น

วิธี relative compactness แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความอัดและอิเล็กโทรเนกาติวิตี ความสัมพันธ์นี้แบ่งทั้งปริมาณ (quantitative) และทิศทาง (direct) ถ้าเราพิจารณาการก่อร่างขึ้น (evolution) ของการเรียงตัวของอิเล็กตรอน (electronic configuration) เมื่อเลขอะตอมเพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อความอัด โดยไม่มีความสัมพันธ์กับอิเล็กโทรเนกาติวิตี โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มของอะตอมหรือไอออนที่ใกล้เคียงกับ Ar (เลขอะตอม 18) มีค่าเฉลี่ยของความอัด ต่ำกว่ากลุ่มของอะตอมหรือไอออนที่ใกล้เคียงกับ Ne (เลขอะตอม 10) หรือ Kr (เลขอะตอม 36) มาดูตัวอย่างอะตอม K ซึ่งมีรัศมี 196 pm ซึ่งใกล้เคียงกับรัศมีของ Rb (216 pm) มากกว่าใกล้เคียงกับรัศมีของ Na (154 pm) ถึงแม้ว่าจำนวนอิเล็กตรอนของ K (19) ใกล้เคียงกับจำนวนอิเล็กตรอนของ Na (11) มากกว่าใกล้เคียงกับจำนวนอิเล็กตรอนของ Rb (37) ในทำนองเดียวกันรัศมีอะตอมของ Cl ใกล้เคียงกับรัศมีอะตอมของ Br มากกว่าใกล้เคียงกับรัศมีอะตอมของ F เราพิจารณานิยามของค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นของอิเล็กตรอนว่าเป็น ค่าเฉลี่ยของจำนวนอิเล็กตรอนต่อปริมาตรของอะตอม ซึ่งปริมาตรนี้ได้จากรัศมีที่คิดจากพันธะโคเวเลนต์ที่ไม่มีขั้ว ด้วยเหตุนี้ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนตามนิยามข้างบนจึงไม่สามารที่จะเป็นการวัดอิเล็กโทรเนกาติวิตีได้โดยตรง แต่ถ้ามีการแก้ไขค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นของอิเล็กตรอนกับเลขอะตอม โดยพิจารณาอะตอมที่พันธะเคมีเกี่ยวข้องกับอิเล็กโทรเนกาติวิตี ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นของอิเล็กตรอนของอะตอมหนึ่งต่อค่าความหนาแน่นของอิเล็กตรอน

ของอะตอมของแกสเฉื่อยที่มีเลขอะตอมเท่ากับอะตอมนั้น ก็จะเป็นค่าที่ใช้วัดอิเล็กโทรเนกาติวิตีเปรียบเทียบ (relative electronegativity) การพัฒนาด้านนี้ได้มีขึ้นเรื่อยมา ซึ่งค่าจะดีแค่ไหนก็ขึ้นอยู่กับข้อมูลพื้นฐานที่ดี ความรู้ใหม่ๆ และความเข้าใจที่ดีขึ้น ซึ่งนำไปสู่การเปลี่ยนค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีของฟลูออรีน F ครั้งล่าสุดให้มีค่า 4.000 ซึ่งเป็นค่าที่ใช้กันทั่วไปเหตุผลของการ

เปลี่ยนแปลงนี้ก็เพื่อที่จะทำให้ความแตกต่างระหว่างค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีของธาตุเดียวกันให้มีค่าน้อยที่สุด ตามสเกลของพอลิง (Pauling scale) ค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีแตกต่างจากสเกลของ relative compactness ซึ่งในอนาคตอาจมีการปรับสเกลให้ขึ้นลงได้เพื่อความสะดวกหรือให้สอดคล้องกับค่าที่ได้จากทฤษฎีมาตรฐาน

Table 1. Electronegativities and Change with Unit Charge.

S		ΔS_i	S		ΔS_i	S		ΔS_j	S		ΔS_i
H	2.592	2.528	Ti (II)	0.64	1.256	Ni (IV)	3.27	2.839	Mo (IV)	1.40	1.858
Li	0.886	1.468	Ti (III)	1.09	1.639	Ni (V)	3.81	3.065	Mo (V)	1.73	2.065
Be (I)	1.56	1.961	Ti (IV)	1.50	1.923	Cu (II)	1.98	2.209	Mo (VI)	2.20	2.329
Be (II)	1.810	2.112	V (II)	0.69	1.304	Zn	2.223	2.341	Ag (I)	1.826	2.122
B (I)	1.53	1.961	V (III)	1.39	1.851	Ga (I)	0.86	1.456	Cd	1.978	2.208
B (II)	2.19	2.323	V (IV)	1.89	2.158	Ga (III)	2.419	2.442	In (I)	0.71	1.323
B (III)	2.19	2.323	V (V)	1.89	2.158	Ge (IV)	2.618	2.540	In (III)	2.138	2.296
C	2.746	2.602	Cr (II)	2.51	2.487	As	2.816	2.635	Sn (II)	1.49	1.916
N	3.194	2.806	Cr (III)	1.24	1.748	Se	3.014	2.726	Sn (IV)	2.298	2.380
O	3.654	3.001	Cr (IV)	1.66	2.023	Br	3.219	2.817	Sb	2.458	2.461
F	4.000	3.140	Cr (V)	2.29	2.376	Rb	0.312	0.866	Te	2.618	2.540
Na	0.835	1.435	Cr (VI)	2.83	2.641	Sr	0.721	1.333	I	2.778	2.617
Mg	0.835	1.435	Mn (II)	3.37	2.882	Y (II)	0.40	0.993	Cs	0.220	0.736
Al (I)	1.318	1.802	Mn (III)	0.65	1.260	Y (III)	0.65	1.260	Ba	0.683	1.298
Al (II)	0.84	1.439	Mn (IV)	0.52	1.132	Zr (II)	0.52	1.132	W (II)	0.73	1.341
Al (III)	1.63	2.004	Mn (V)	0.79	1.395	Zr (III)	0.79	1.395	W (III)	0.98	1.910
Si (III)	1.714	2.055	Mn (VI)	0.90	1.489	Zr (IV)	0.90	1.489	W (IV)	1.23	1.741
Si (IV)	1.99	2.215	Fe (II)	0.77	1.378	Nb (II)	0.77	1.378	W (V)	1.48	1.910
P	2.138	2.296	Fe (III)	1.02	1.586	Nb (III)	1.02	1.586	W (VI)	1.67	2.029
S	2.515	2.490	Co (II)	1.25	1.755	Nb (IV)	1.25	1.755	Hg	2.195	2.326
Cl	2.957	2.790	Co (III)	1.25	1.755	Nb (V)	1.42	1.871	Hg	2.195	2.326
K	3.475	2.927	Co (IV)	0.90	1.489	Mo (II)	0.90	1.489	Tl (I)	0.99	1.562
Ca	0.445	1.047	Ni (II)	1.15	1.684	Mo (III)	1.15	1.684	Tl (III)	2.246	2.353
Sc (II)	0.946	1.527	Ni (III)						Pb (II)	1.92	2.175
Sc (III)	0.64	1.256							Pb (IV)	2.291	2.376
									Bi	2.342	2.403

ตารางที่ 1 แสดงค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีที่มีอย่างครบถ้วนในปัจจุบัน ค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีของธาตุหมู่หลักเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ของธาตุคาบเดียวกัน จากซ้ายไปขวาตามตารางธาตุ เนื่องจากประจุที่นิวเคลียสที่ยังผล เพิ่มขึ้นตามสัณฐาน เก่าที่ว่าธาตุที่อยู่ในหมู่เดียวกัน (สำหรับธาตุหมู่หลัก) อิเล็กโทรเนกาติวิตีจะลดลงจากบนลงล่าง ซึ่งสิ่งนี้ไม่จริงเสมอไป และไม่ควรจะคาดหวังไว้ว่าเช่นนั้น อย่างเช่น Al อยู่คาบที่ 3 ถัดจาก Mg ทั้งคู่มีอิเล็กตรอนวงในถัดจากชั้นนอก 8 อิเล็กตรอน และในธาตุหมู่เดียวกันถัดจาก Al คือ Ga ซึ่ง Ga อยู่ถัดจาก Zn ซึ่งมีอิเล็กตรอนวงในถัดจากชั้นนอก 18 อิเล็กตรอน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดของรูปแบบอิเล็กตรอน (electronic type) จากคาบ 3 ไปเป็นคาบ 4 ของธาตุหมู่หลักนั้น ธาตุที่อยู่ทีคาบ 4 จะเล็กกว่าและอะตอมอัดมากกว่า ซึ่งผลนี้ต่างไปจากที่คาดไว้ อะตอมของ Ga มีรัศมีพอๆ กับ Al ทั้งๆ ที่ควรจะมากกว่ามาก และมีอิเล็กโทรเนกาติวิตีมากกว่า ทั้งๆ ที่ควรจะน้อยกว่าซึ่งแนวโน้มนี้จะพบได้จนถึงธาตุ Br (ไม่นับ Br) จะเห็นว่าค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีกลับไปมาแทนที่จะลดลงเรื่อยๆ จากบนลงล่างสำหรับธาตุหมู่เดียวกันอย่างที่เคยได้

3. เวเลนดอิเล็กตรอนของธาตุหมู่หลักที่ไม่ได้ใช้ในการสร้างพันธะในสารประกอบจะทำให้อิเล็กโทรเนกาติวิตีเริ่มต้นของอะตอมน้อยลง

อิเล็กโทรเนกาติวิตีของธาตุหมู่หลักที่มีสภาวะออกซิเดชันต่ำกว่าปกติเมื่อธาตุนี้สร้างพันธะกับโลหะ พบว่าโลหะมีความเป็นขั้วมากกว่าที่คาดไว้ ซึ่งสิ่งนี้สำคัญมากในการพิจารณาสมบัติของสารประกอบซึ่งสมบัติของสารประกอบนี้แสดงถึงผลของคู่เฉื่อย (inert pair effect) อย่าง

เช่น ธาตุหมู่ III A ที่สภาวะออกซิเดชัน +1 และธาตุหมู่ IV A ที่สภาวะออกซิเดชัน -2 เกิดสารประกอบ Tl_2O พบว่าออกซิเจนในสารประกอบนี้มีประจุลบบางส่วนมากกว่าปกติถึง 2 เท่าเมื่อเทียบกับ Tl_2O_3 ผลนี้ทำให้สารประกอบออกไซด์เป็นต่างแก่แทนที่จะเป็นกลางหรือเป็นด่างอ่อนอย่างที่คาดไว้ ทั้งนี้เนื่องจากคู่เฉื่อยไปลดอิเล็กโทรเนกาติวิตีของ $Tl(III)$ จาก 2.25 ไปเป็น 0.99 ของ $Tl(I)$ ความไม่ปกติเกิดขึ้นกับ Pb เช่นกันพบว่า Pb ที่สภาวะออกซิเดชันต่ำสร้างพันธะกับธาตุที่มีอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูง จะได้สารประกอบที่เสถียรกว่า Pb ที่ใช้สภาวะออกซิเดชันสูง และในทางตรงกันข้าม Pb ที่สร้างพันธะกับธาตุที่มีอิเล็กโทรเนกาติวิตีต่ำจะใช้สภาวะออกซิเดชันสูง จะได้สารประกอบที่เสถียร อย่างเช่น สารประกอบ $PbCl_4$ จะสลายไป เป็น $PbCl_2$ กับ Cl_2 ในขณะที่ $Pb(CH_3)_4$ จะเสถียรกว่า $Pb(CH_3)_2$ ค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีของธาตุหมู่หลักที่สภาวะออกซิเดชันต่ำกว่าปกติที่แสดงไว้ในตารางที่ 1 นั้นเป็นค่าที่เชื่อถือได้น้อยกว่าที่สภาวะธรรมดา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความถูกต้องของข้อมูลทางเทอร์โมเคมี ไม่มีหลักฐานใดแนะนำถึงความแตกต่างของอิเล็กโทรเนกาติวิตีที่สภาวะออกซิเดชันที่ต่างกันอย่างเช่น การใช้ค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีของ N เหมือนกันหมดไม่ว่าจะเป็น N ในสารประกอบ NH_3 หรือออกไซด์ของไนโตรเจนต่าง ๆ

4. ธาตุแทรนซิชัน d-อิเล็กตรอนที่ไม่เกี่ยวข้องกับการสร้างพันธะจะไปลดอิเล็กโทรเนกาติวิตีของธาตุโดยเฉพาะอิเล็กตรอนที่ออร์บิทัล 3 d จะมีผลมากกว่าอิเล็กตรอนที่ออร์บิทัล 4 d หรือ 5 d

ถึงแม้ว่าได้มีความพยายามที่จะหาค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีของธาตุแทรนซิชันแต่ผลที่ได้ก็ยัง

ไม่เป็นที่พอใจ เมื่อเร็ว ๆ นี้ก็ได้มีการหาค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีของธาตุแทรนซิชันที่สภาวะออกซิเดชันต่าง ๆ แต่ค่าที่ได้ (ในตารางที่ 1) ก็เพียงเป็นค่าประมาณเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากความไม่แน่นอนของข้อมูล ค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีของธาตุแทรนซิชันจะเพิ่มขึ้น เมื่อออกซิเดชันที่เป็นบวกเพิ่มขึ้น และจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในอนุกรม 3d มากกว่าธาตุแทรนซิชันหนัก พบว่าสารประกอบของกลุ่มแทรนซิชันอนุกรมแรกที่ใช้ ออกซิเดชันต่ำ ๆ จะเสถียรกว่าที่ใช้ ออกซิเดชันสูง ซึ่งตรงข้ามกับกลุ่มแทรนซิชันหนัก ซึ่งสารประกอบจะเสถียรเมื่อใช้ออกซิเดชันสูง ๆ อย่างเช่น CrO_3 เป็นสารประกอบออกซิไดซ์ที่แรงและไม่เสถียร ในขณะที่ WO_3 เป็นสารประกอบออกซิไดซ์ที่ไม่แรงแต่เสถียร สารประกอบ Mn_2O_7 ระเบิดได้และไม่เสถียรขณะที่ Re ในอากาศถูกออกซิไดซ์ไปเป็น Re_2O_7 ผลเหล่านี้อธิบายได้ด้วยความแตกต่างของอิเล็กโทรเนกาติวิตี Cr(VI) มีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตี 3.37 ซึ่งมากกว่า W(VI) ซึ่งมีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตี 1.67 ดังนั้น W(VI) เมื่อรวมกับออกซิเจนเกิดพันธะมีขั้วสูงกว่า Cr(VI) ด้วยเหตุนี้จึงเสถียรกว่า และเมื่อเปรียบเทียบระหว่าง Mn กับ Re ก็อธิบายเช่นเดียวกันเพียง แต่เราไม่ทราบค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีของ Re(VII)

สรุป

ได้มีการปรับปรุงอิเล็กโทรเนกาติวิตีจากพื้นฐานเกี่ยวกับ relative compactness ของอะตอม ค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีของธาตุหมู่หลักที่สภาวะออกซิเดชันปกติเป็นค่าที่เชื่อถือได้ว่าถูกต้อง ส่วนค่าที่เกี่ยวข้องกับสภาวะออกซิเดชันที่ต่ำกว่าปกติ และค่าที่สภาวะออกซิเดชันต่าง ๆ ของธาตุแทรนซิชันเป็นเพียงค่าประมาณ แต่นำไปใช้เป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ ถึงแม้ว่าจะถูกต้องน้อยก็ตาม เวเลนต์อิเล็กตรอนของธาตุหมู่หลักที่ไม่ได้ใช้ในการสร้างพันธะจะมีผลไปลดอิเล็กโทรเนกาติวิตี ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้อีกธาตุหนึ่งมีอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูงกว่าปกติ ทำให้พันธะเป็นขั้วมากขึ้นดังนั้นพันธะแข็งแรงกว่าที่เป็นเวเลนต์ปกติ ในทำนองเดียวกัน d-อิเล็กตรอนที่ไม่ใช้ในการสร้างพันธะจะไปลดอิเล็กโทรเนกาติวิตีของธาตุซึ่งปรากฏว่า 3d มีผลมากกว่า 4d และ 5d ซึ่งได้มีการอธิบายข้อแตกต่างระหว่างกลุ่มธาตุแทรนซิชันอนุกรมแรก และกลุ่มธาตุแทรนซิชันหนัก

เอกสารอ้างอิง

- 1) R.T. Sanderson, J. of Chem. Ed., 65, 112-118 (1988)
- 2) R.T. Sanderson, Inorg. Chem. 25, 1856-1858 (1986)

การขยายพันธุ์เฟือกโดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเจริญ Taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott.) Propagation Through Shoot Tip Culture

***บุญยืน กิจวิจารณ์

**รัชนี ฉวีราช

*ปวนทิพย์ บุตรชา

บทคัดย่อ

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเจริญของเฟือกที่มาจากปลายยอดและตาข้างบนอาหารสูตร MS โดยเติมสารเร่งการเจริญพบว่า การเกิดหน่อและรากสามารถเกิดขึ้นได้จากการเลี้ยงบนอาหารที่มี 2,4-D เข้มข้น 1 ppm ร่วมกับ BAP เข้มข้น 10 ppm หรือ IBA เข้มข้น 1 ppm ร่วมกับ BAP เข้มข้น 10 ppm การเกิดหน่อเฉลี่ย 3-5 หน่อ/ชิ้น ภายในเวลา 4-6 สัปดาห์ ชิ้นเนื้อเยื่อเจริญที่นำไปเลี้ยงถูกกระตุ้นให้เกิดเป็นก้อนกลมๆ (corm-like bodies) บนอาหารที่มี 2,4-D เข้มข้น 1 ppm ร่วมกับ BAP เข้มข้น 10 ppm ประมาณ 20.8 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะที่เป็นก้อนกลมนี้ สามารถเพิ่มจำนวนได้โดยการย้ายไปเลี้ยงในอาหารใหม่ทุกๆ 2-3 สัปดาห์ ส่วนการเพิ่มหน่อมากๆ นั้นสามารถทำได้โดยการตัดลำต้นออกเป็นชิ้นๆ และย้ายไปเลี้ยงในอาหารใหม่ทุกๆ 4 สัปดาห์ ต้นที่สมบูรณ์สามารถย้ายปลูกลงในดินได้

Abstract

Taro (*Colocasia esculenta* (L.) Schott.) shoot tip from apical and axillary buds were excised and cultured on the MS media supplemented with growth regulators. The results showed that shoots and roots were formed on the media added with 1 ppm 2,4-D (2,4-Dichlorophenoxy acetic acid) and 10 ppm BAP. (Benzylamino purine) or 1 ppm IBA (Indolebutyric acid) and 10 ppm BAP. The average shoot growth was 3-5 shoots/explant within 4-6 weeks. The explants were induced to be corm-like bodies about 20.8 percent on 1 ppm 2,4-D plus 10 ppm BAP. The corm-like bodies could be increased by subculturing to fresh media every 2-3 weeks. Shoot multiplication for mass production could be done by chopping stems and subculturing them every 4 weeks. The complete plantlets were successfully grown in potting soil.

***รองศาสตราจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

**อาจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

*นักวิทยาศาสตร์ 5 ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

เผือก (*Colocasia esculenta* (L) Schott.) อยู่ในวงศ์ Araceae เป็นพืชล้มลุกที่มีอายุได้หลายปี มีลำต้นใต้ดินแบบคอรัม (corm) เจริญเติบโตกลายเป็นหัวใหญ่ 1 หัว และมีหัวเล็ก ๆ แตกออกรอบ ๆ เรียกว่า ลูกเผือก (ลูกช่อ หรือตะเกียง) หัวมีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันออกไปตามพันธุ์ หัวขนาดใหญ่มีน้ำหนักตั้งแต่ 1/2 - 3 1/2 กก. หัวเล็กมีน้ำหนักประมาณ 25-450 กรัม ต้นสูงประมาณ 1-2 เมตร ใบเป็นใบเดี่ยวขนาดใหญ่ มีขนาดและสีต่างๆ กัน ใบแตกออกจากลำต้นใต้ดินเป็นกอ เผือกต้นหนึ่งมีใบไม่เกิน 16 ใบ ก้านใบยาวอวบอ้วน โคนก้านใบแผ่กว้างหุ้มประกบกันไว้ ดอกเป็นดอกช่อ เผือกแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

1. ประเภทเอ็ดโด (eddoe) ได้แก่เผือกที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Colocasia esculenta* var. *antiquorum* หรือ *C. esculenta* var. *globulifera* เป็นเผือกที่มีขนาดหัวไม่ใหญ่และมีขนาดหัวที่เล็กกว่าล้อมอยู่หลายหัว ทุกหัวใช้รับประทานและทำพันธุ์ได้

2. ประเภทแดชชีน (dasheen) ได้แก่เผือกที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *C. esculenta* var. *esculenta* เป็นเผือกที่มีหัวขนาดใหญ่และมีหัวขนาดเล็กล้อมรอบ หัวใหญ่ใช้รับประทาน ส่วนหัวเล็กหรือที่เรียกว่าลูกเผือก (ลูกช่อ) มักเก็บไว้ทำพันธุ์เผือกประเภทนี้ได้แก่ เผือกหอมที่นิยมปลูกในบ้านเรา

ประเทศไทยปลูกเผือกอยู่ทั่วทุกภาค เผือกสามารถเจริญได้ทั้งในน้ำและพื้นดินที่มีความชุ่มชื้นสูง ถ้าขาดน้ำจะไม่เจริญเติบโต ชอบดินร่วนปนทราย เผือกมีปลูกกันมากในจังหวัดนครนายก นครปฐม สมุทรสาคร หลังจากเก็บเกี่ยวข้าวแล้ว

จะปลูกเผือกแทน ผลผลิตของเผือกประมาณ 1,400-2,000 กิโลกรัม/ไร่

เผือกจะเป็นโรคใบจุด (Leaf spot) หรือที่เกษตรกรเรียกว่า โรคตากบ (ตาเสือ) ลักษณะใบที่เป็นโรคจะเป็นจุดหรือเป็นวงแข็ง ๆ สีน้ำตาลไหม้ แล้วจะลุกลามไปที่ก้านใบ ทำให้ก้านใบช้ำเป็นหย่อม ๆ แล้วจะเน่า ถ้าปล่อยทิ้งไว้จะลุกลามไปที่หัวทำให้เกิดโรคหัวเน่า (tuber rot) การใช้ยากำจัดไม่ได้ผลต้องขุดและทำลายทิ้ง (ป.ประมณฑ์-ปัญญา, 2526)

ในปัจจุบันการปลูกเผือกอาศัยลูกเผือก (ลูกช่อหรือตะเกียง) มาใช้ในการขยายพันธุ์ ถ้าต้องการปลูกเผือกจำนวนมากเกษตรกรต้องไปหาซื้อจากแหล่งที่ปลูกซึ่งไม่สะดวกและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย นอกจากนั้นถ้าเป็นแหล่งที่มีการระบาดของโรคก็จะเป็นการช่วยให้โรคได้แพร่กระจายมากขึ้น การแก้ปัญหานี้สามารถทำได้โดยเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในอาหารสังเคราะห์ เนื่องจากวิธีการนี้ขยายพันธุ์ได้จำนวนมากในเวลาอันรวดเร็วและยังปลอดจากเชื้อโรคด้วย จากการรายงานของ Jackson และคณะ (1977) ได้พบว่าต้นเผือกที่ได้จากการเพาะเลี้ยงปลอดจากเชื้อไวรัสเป็นเวลา 15 เดือน เช่นเดียวกับ Gupta ที่สามารถเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของ *Xanthosoma sagittifolium* และ *X. violaceum* ให้ปลอดจากเชื้อไวรัสได้ แต่พบว่าต้นที่เกิดขึ้นมีลักษณะแตกต่างกันและเจริญมาจากส่วนของแคลลัส

อุปกรณ์และวิธีการ

นำหัวเผือกมาล้างให้สะอาดด้วยน้ำประปา ตัดเอาเฉพาะส่วนของตาข้างและตายอด มาฟอกฆ่าเชื้อด้วยน้ำยาคลอโรกซ์ 10% และ 5% เป็นเวลา 15 นาที และ 10 นาทีตามลำดับ ลอกกาบ

ที่หุ้มตาและใบที่หุ้มยอดออกให้หมดเหลือไว้เฉพาะเนื้อเยื่อเจริญของตาข้างและตายอด ใช้มีดตัดเนื้อเยื่อเจริญไปเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มีฮอร์โมนออกซิน (2,4-D) เข้มข้น 1 ppm ร่วมกับไซโตไคนิน (BAP) เข้มข้น 10 ppm และ IBA เข้มข้น 1 ppm ร่วมกับ BAP เข้มข้น 10 ppm ย้ายต้นที่สมบูรณ์ออกปลูกในกระถาง

ผลการทดลอง

เนื้อเยื่อปลายยอดและตาข้างที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อแล้ว นำไปเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่มีสารเร่งการเจริญ ได้รับแสงจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ อุณหภูมิ 25°C. เนื้อเยื่อจากปลายยอดและตาข้างเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่สัปดาห์แรกเมื่อเลี้ยงไว้เป็นเวลา 4-6 สัปดาห์ ปรากฏว่า เนื้อเยื่อสามารถเจริญได้ในอาหารสังเคราะห์ที่มี BAP เข้มข้น 10 ppm ร่วมกับ 2,4-D เข้มข้น 1 ppm คิดเป็น 82.7 เปอร์เซ็นต์ และในอาหารสังเคราะห์ที่มี BAP เข้มข้น 10 ppm ร่วมกับ IBA เข้มข้น 1 ppm คิดเป็น 87.0 เปอร์เซ็นต์ เนื้อเยื่อปลายยอดและตาข้างบางส่วนตายไป ซึ่งอาจเนื่องมาจากองค์ประกอบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง (ตารางที่ 1) นอกจากนี้ยังพบว่าเนื้อเยื่อที่สามารถเกิดเป็นหน่อได้ในอาหารที่มี BAP เข้มข้น 1 ppm ร่วมกับ 2,4-D เข้มข้น 1 ppm คิดเป็น 79.1 เปอร์เซ็นต์ และมีเนื้อเยื่อที่เจริญเป็น corm-like bodies คิดเป็น 20.8 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเนื้อเยื่อที่เลี้ยงในอาหารที่มี BAP เข้มข้น 10 ppm ร่วมกับ IBA เข้มข้น 1 ppm มีเนื้อเยื่อเจริญได้คิดเป็น 81.4 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีการเจริญของ corm-like bodies เลย (ตารางที่ 2) จากการทดลองนี้ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเกิด

corm-like bodies นั้นน่าจะมาจากอิทธิพลของ 2,4-D ร่วมกับ BAP เมื่อเปรียบเทียบลักษณะจากการเจริญของรากในอาหารที่มี 2,4-D จะเจริญได้สั้น และมีขนรากจำนวนมาก ส่วนในอาหารที่มี IBA รากเจริญได้ยาวและมีขนรากน้อย

การเพิ่มจำนวนหน่อสามารถทำได้โดยการตัดลำต้นออกเป็นชิ้นๆ นำไปเลี้ยงในอาหารใหม่ทุกๆ 4 สัปดาห์ จำนวนเฉลี่ยของหน่อที่เกิดขึ้นประมาณ 3-5 หน่อ/ชิ้น ภายใน 4-6 สัปดาห์ต้นที่สมบูรณ์มีรากแข็งแรงก็ย้ายปลูกในดินได้จากการทดลองนี้สามารถขยายพันธุ์เหือกได้จำนวนมากและเป็นแนวทางในการขยายพันธุ์เหือกให้ปลอดจากโรคเพราะในปัจจุบันขยายพันธุ์จากการใช้ลูกเหือกที่เกิดมาจากต้นแม่ ซึ่งถ้าต้นแม่เป็นโรคก็จะเป็นการแพร่กระจายเชื้อโรคออกไปทำให้สูญเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น

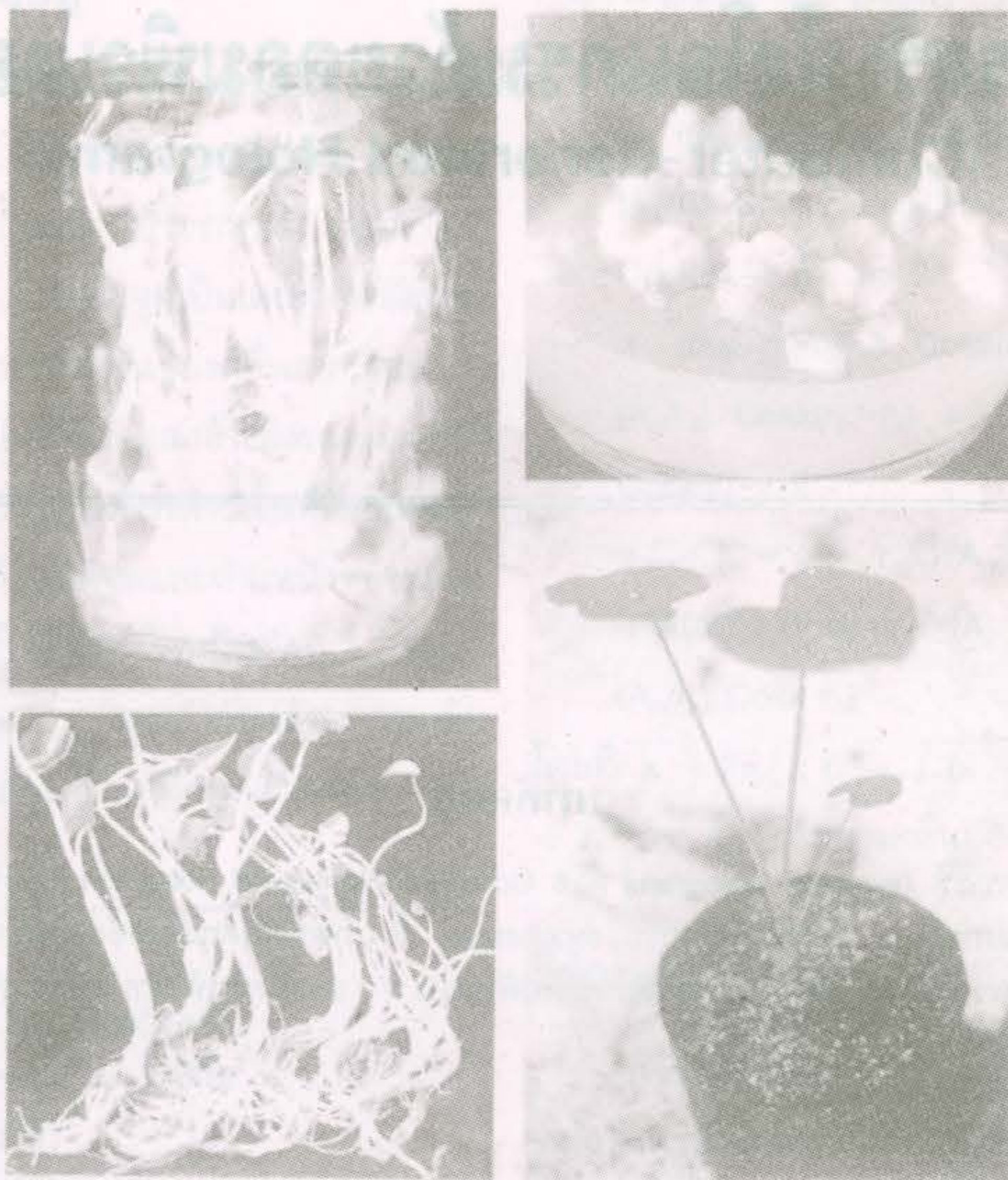
จากการทดลองของ Nguyen Thi Quynh และ Ngugen Van Uyen (1987) พบว่า การขยายพันธุ์ของ *xanthosoma violaceum* ไม่มีลักษณะผิดปกติเกิดจากการทดลอง และจากการทดลองของ Jackson G.V.H, และคณะ (1977) พบว่าต้นที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจะปลอดจากการติดเชื้อโรคไวรัสเป็นเวลา 15 เดือน โดยการตรวจสอบจาก กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน จึงแสดงให้เห็นว่าการขยายพันธุ์โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อนี้สามารถคงลักษณะเดิมไว้ได้ และปลอดจากเชื้อโรคต่างๆ เช่น เชื้อรา แบคทีเรีย และไวรัส ซึ่งคาดว่าผลผลิตคุ้มค่าการลงทุน ไม่เสียเวลา และยังป้องกันการแพร่ระบาดของโรค เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อได้นำไปสู่การปรับปรุงพันธุ์ของเหือกได้

ตารางที่ 1 แสดงการเจริญของเนื้อเยื่อเจริญจากการเพาะเลี้ยงปลายยอดและตาข้าง ในอาหารสังเคราะห์เป็นเวลา 4 สัปดาห์

อาหารสังเคราะห์ MS (ppm)	จำนวน ทั้งหมด	จำนวน ที่เจริญ	เปอร์เซ็นต์ การเจริญ	จำนวน ที่ตาย	เปอร์เซ็นต์ การตาย
10 BAP 12,4-D	29	24	82.7	5	17.2
10 BAP 1 IBA	31	27	87.0	4	12.9

ตารางที่ 2 แสดงการเกิดหน่อและ corm-like bodies จากการเพาะเลี้ยงปลายยอดและตาข้าง ในอาหารสังเคราะห์เป็นเวลา 4 สัปดาห์

อาหารสังเคราะห์ MS (ppm)	จำนวน ทั้งหมด	จำนวนที่ เกิดหน่อ	เปอร์เซ็นต์ การเกิดหน่อ	จำนวนที่เกิด corm-like bodies	เปอร์เซ็นต์ การเกิด corm-like bodies
10 BAP 12,4-D	24	19	79.1	5	20.8
10 BAP 1 IBA	27	22	81.4	0	0



- รูปที่ 1 ต้นเนื้อเยื่อที่เพาะเลี้ยงในอาหารสังเคราะห์สามารถเพิ่มจำนวนได้มาก
รูปที่ 2 ต้นเนื้อเยื่อพร้อมที่จะนำไปปลูกในดินได้
รูปที่ 3 ลักษณะของ corm-like bodies
รูปที่ 4 ต้นเนื้อเยื่อที่สามารถเจริญเป็นต้นที่สมบูรณ์

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับความสำเร็จด้วยดี เนื่องจาก การช่วยเหลือจากบุคคลต่อไปนี้คือ นางสาวสุรีย์ กำรูป, นางสาวอโนทัย สุขะ, นางสาวมณฑา กิจวิจารณ์ และนางสาวกิ่งแก้ว บุตรชา ที่ช่วยเหลือในการพิมพ์ จึงขอขอบคุณไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. ป.ประมณฑ์ปัญญา. 2526 **เนื้อเยื่อหอมกำลังมาแรง**. ชาวเกษตร. (29) หน้า 3-14.
2. Gupta. P.P. (1985) Plant Regeneration and Variabilities from Tissue Culture of Cocoyams (*Xanthosoma sagittifolium* and *X. violaceum*)
3. Jackson, G.V.H., E.A Ball and J. Arditti. 1977. Tissue Culture of Taro, *Colocasia esculenta* (L) Schott. Journal of Horticultural Science 52:373-382.
4. Nguyen Thi Quynh and Nguyen Van Uyen. 1987 Aroids Propagation by Tissue Culture : I Shoot Tip Culture and Propagation of *Xanthosoma violaceum*. HortScience 22(4):671-672.

การสร้างโฮโลแกรมด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer-Generated Hologram)

สยาม ชูถิ่น*

Ian Thomas*

บทคัดย่อ

ได้สร้างโฮโลแกรมสังเคราะห์ (synthetic hologram) หรือ Computer-Generated Hologram (CGH) ของวัตถุ จุดเดียว สองจุด และของคำในภาษาไทย ภาพที่ได้จากการ reconstruct เป็นภาพของวัตถุเดิมที่ชัดเจนเป็นที่น่าพอใจ ผลการวิจัยนี้ทำให้มองเห็นแนวทางที่จะประยุกต์ใช้โฮโลแกรมในด้านต่าง ๆ และยังทำให้ทราบแนวทางที่จะสร้างโฮโลแกรมของวัตถุที่มีรูปทรงซับซ้อนมากๆ ได้

Abstract

Synthetic holograms or Computer-Generated Holograms have been constructed for objects of single point, double points and a Thai word. Reconstructed images using these holograms revealed satisfactory images of original objects. This research result opens up several applications of holograms and the means to construct holograms of objects with complex shapes.

บทนำ

การสร้างโฮโลแกรมทำได้ทั้งการถ่ายภาพโดยตรงบนโต๊ะทดลองทางทัศนศาสตร์ และสร้างด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer-Generated Hologram) ที่เรียกว่า โฮโลแกรมสังเคราะห์ หรือ CGH โฮโลแกรมสังเคราะห์หรือ CGH มีจุดเด่นที่เหนือกว่าโฮโลแกรมที่ถ่ายภาพโดยตรง ตัวอย่างเช่น วัตถุที่ใช้ทำไม่จำเป็นต้องมีอยู่จริงหรืออาจเป็นวัตถุที่หาไม่ได้แล้ว สามารถควบคุมเปลี่ยนแปลงตัว

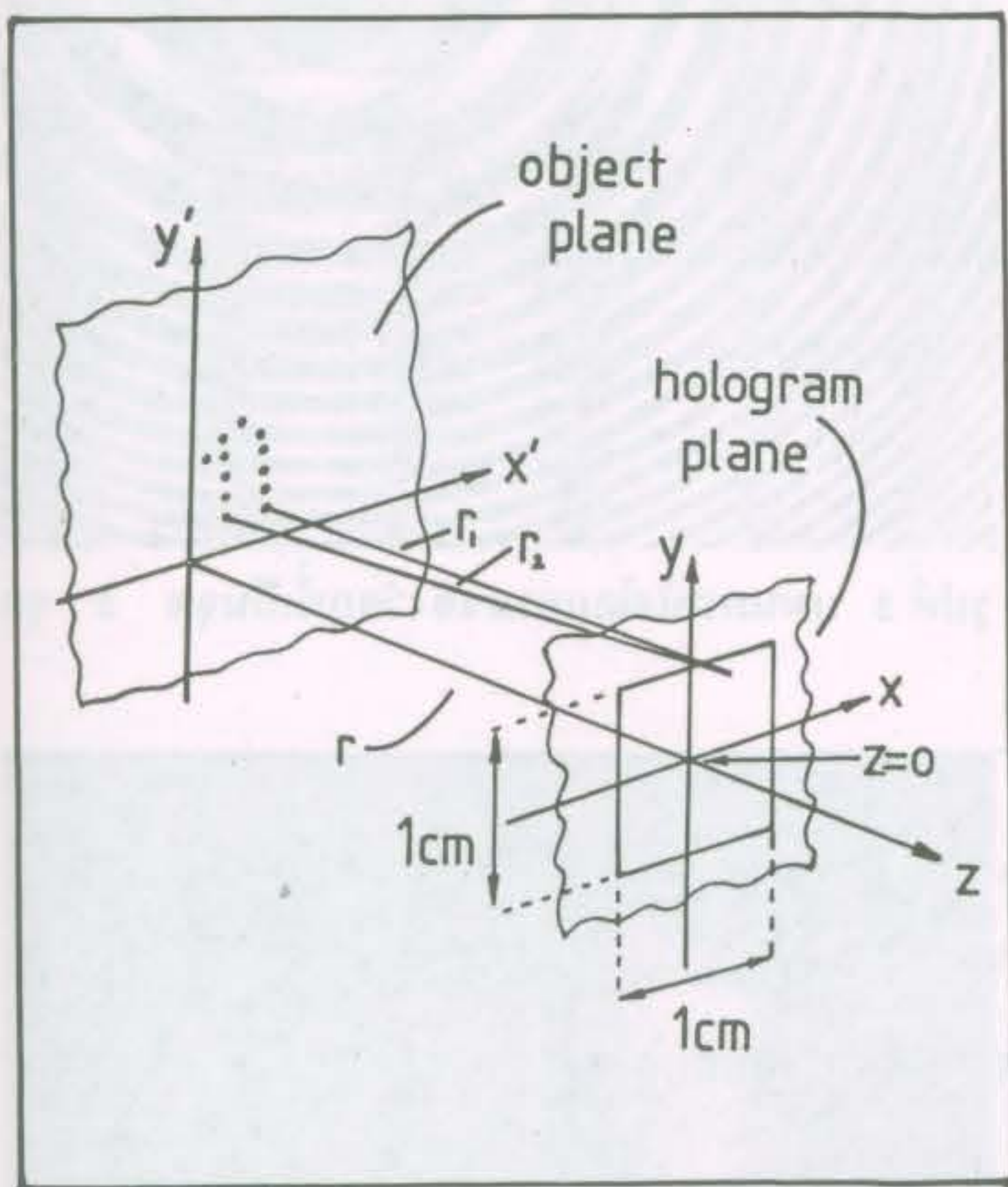
แปรต่างๆ ในการสร้างโฮโลแกรม เช่นเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุหรือเปลี่ยนทิศทางของลำแสง อ้างอิงได้ง่ายกว่า

โฮโลแกรมสังเคราะห์ได้รับการสร้างขึ้นครั้งแรกเมื่อประมาณ 25 ปีที่ผ่านมา [1] โฮโลแกรมสังเคราะห์แผ่นแรกใช้การเขียนรูปด้วยมือ ระยะต่อมาใช้เครื่องพิมพ์พิมพ์ภาพโฮโลแกรม และปัจจุบันใช้ลำอิเล็กตรอนในการพัฒนากำลังแยกและคุณภาพของโฮโลแกรมให้ดีขึ้น

* อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

หลักการและทฤษฎี

การสร้าง CGH มีหลักการเหมือนการถ่ายภาพโฮโลแกรมบนโต๊ะทดลองทุกประการ กล่าวคือ เราจะคิดว่าบนวัตถุประกอบด้วยจุดต่าง ๆ มากมาย N จุด แต่ละจุดเป็นแหล่งกำเนิดแสงอาพันธ์ [2] ผลการรวมกันของคลื่นจากวัตถุ N จุด เมื่อแทรกสอดกับลำแสงอ้างอิงบนระนาบที่พิจารณาใดๆ ระนาบดังกล่าวนั้นก็คือนระนาบโฮโลแกรม ถ้าให้อัมพลิจูดและตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสงอาพันธ์ N จุด มีค่าเป็น $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ และ $r_1, r_2, r_3, \dots, r_n$ ตามลำดับแล้ว ความเข้ม I บนระนาบโฮโลแกรม (x,y) ที่อยู่ตำแหน่ง $z = 0$ จะมีค่าเป็น



รูปที่ 1 แผนภาพการคำนวณหาความเข้มแสงบนแผ่นโฮโลแกรม

$$I = A^2/2 + 1/2 [(A_1/r_1)^2 + (A_2/r_2)^2 + \dots + (A_n/r_n)^2] + [(A_1/r_1) \cdot (A_2/r_2) \cos k(r_1 - r_2) + (A_1/r_1) \cdot (A_3/r_3) \cos k(r_1 - r_3) + \dots + (A_1/r_1) \cdot (A_n/r_n) \cos k(r_1 - r_n)] + [(A_2/r_2) \cdot (A_3/r_3) \cos k(r_2 - r_3) + (A_2/r_2) \cdot (A_4/r_4) \cos k(r_2 - r_4) + \dots + (A_2/r_2) \cdot (A_n/r_n) \cos k(r_2 - r_n)] + \dots + [\dots + (A_{n-1}/r_{n-1}) \cdot (A_n/r_n) \cos k(r_{n-1} - r_n)] + A[A_1/r_1 \cos k r_1 + (A_2/r_2) \cos k r_2 + \dots + (A_n/r_n) \cos k r_n] \quad (1)$$

โดยที่ $k = 2\pi/\lambda$; $r_n = \sqrt{(x - x_n)^2 + (y - y_n)^2 + z_n^2}$; λ คือความยาวคลื่นแสง

วิธีการดำเนินงาน

การทำโฮโลแกรม ไม่ว่าจะถ่ายภาพบนโต๊ะทดลองหรือใช้คอมพิวเตอร์สังเคราะห์ มีขั้นตอนการทำเหมือนกัน 2 ประการ คือ มีการบันทึก (recording) และมีการสร้างภาพใหม่ (reconstruction) ดังนั้น ทางกลุ่มจึงได้แบ่งงานออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 คำนวณความเข้มบนระนาบโฮโลแกรมและพิมพ์ออกมาเป็นแผ่นภาพโฮโลแกรม ในส่วนนี้ต้องสร้างโปรแกรมหลัก 2 โปรแกรม

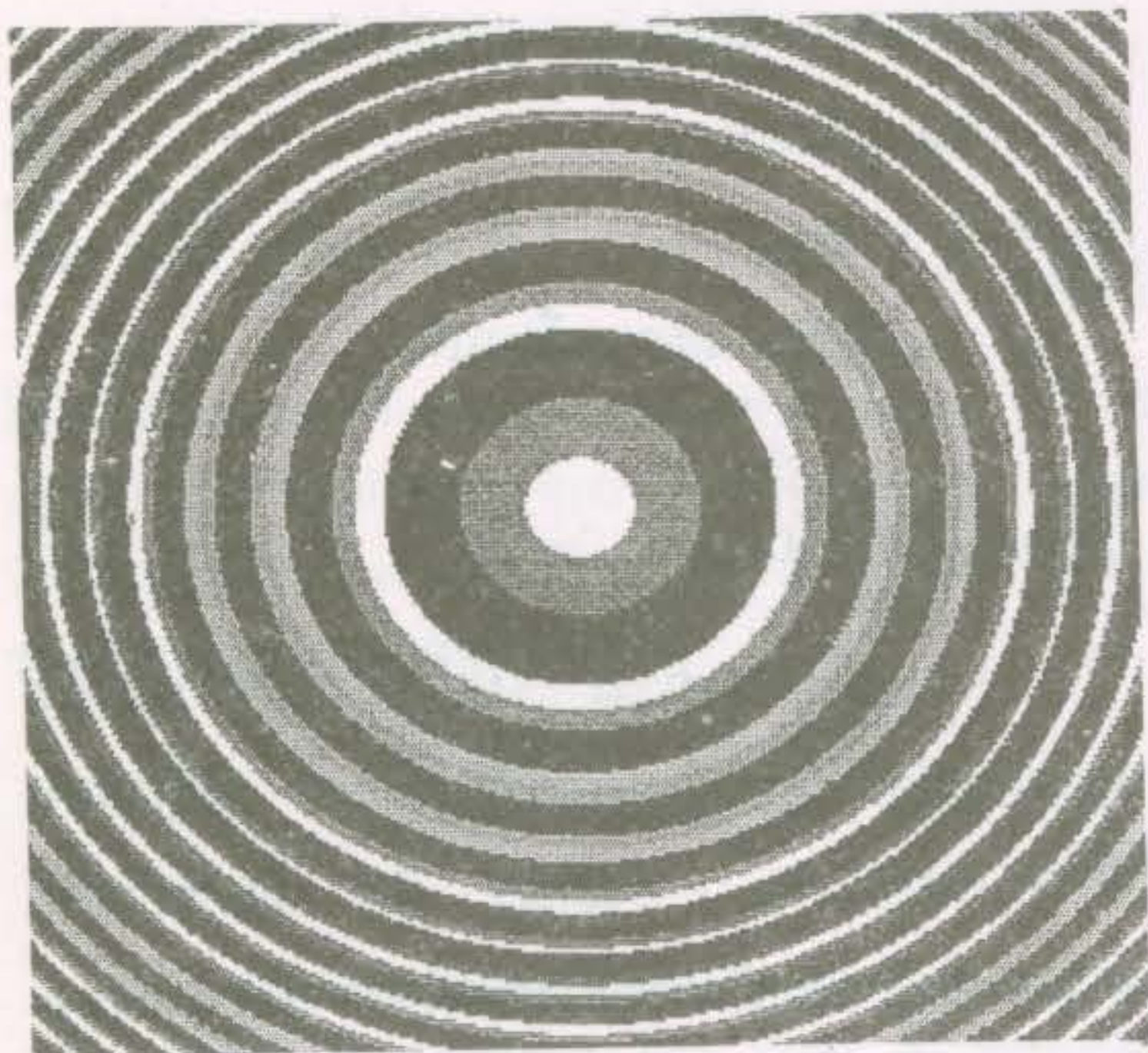
โปรแกรมที่ 1 เป็นโปรแกรมคำนวณความเข้มบนระนาบโฮโลแกรม และเก็บข้อมูลเพื่อพิมพ์ภาพ Gray Scale ต่อไป การคำนวณใช้สมการที่ 1 โดยกำหนดตำแหน่งวัตถุ จำนวนจุดบนวัตถุ ขนาดของโฮโลแกรม พร้อมทั้งจำนวนจุดบนโฮโลแกรมลงไป โปรแกรมนี้พัฒนาขึ้นโดยใช้ภาษา C ของ Turbo C++ 1.0 บนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ 386

โปรแกรมที่ 2 เป็นโปรแกรมพิมพ์ภาพ Gray Scale โดยนำข้อมูลจากโปรแกรมที่ 1 มาพิมพ์ภาพความเข้มข้้นนั้นออกมาเป็น แผ่นภาพโฮโลแกรม โปรแกรมที่พิมพ์ภาพนี้ พัฒนาขึ้นให้สามารถพิมพ์ภาพได้ 13 ระดับความเข้มบนเครื่องพิมพ์แบบ dot-matrix ซึ่งในที่นี้ใช้เครื่องพิมพ์ Epson FX-80 จุดภาพ 1 จุด พิมพ์ออกเป็นขนาด 5×3 จุดพิมพ์ การเปลี่ยนรูปแบบความหนาแน่นของจุดพิมพ์ขนาด 5×3 นี้ ทำให้สามารถแสดง

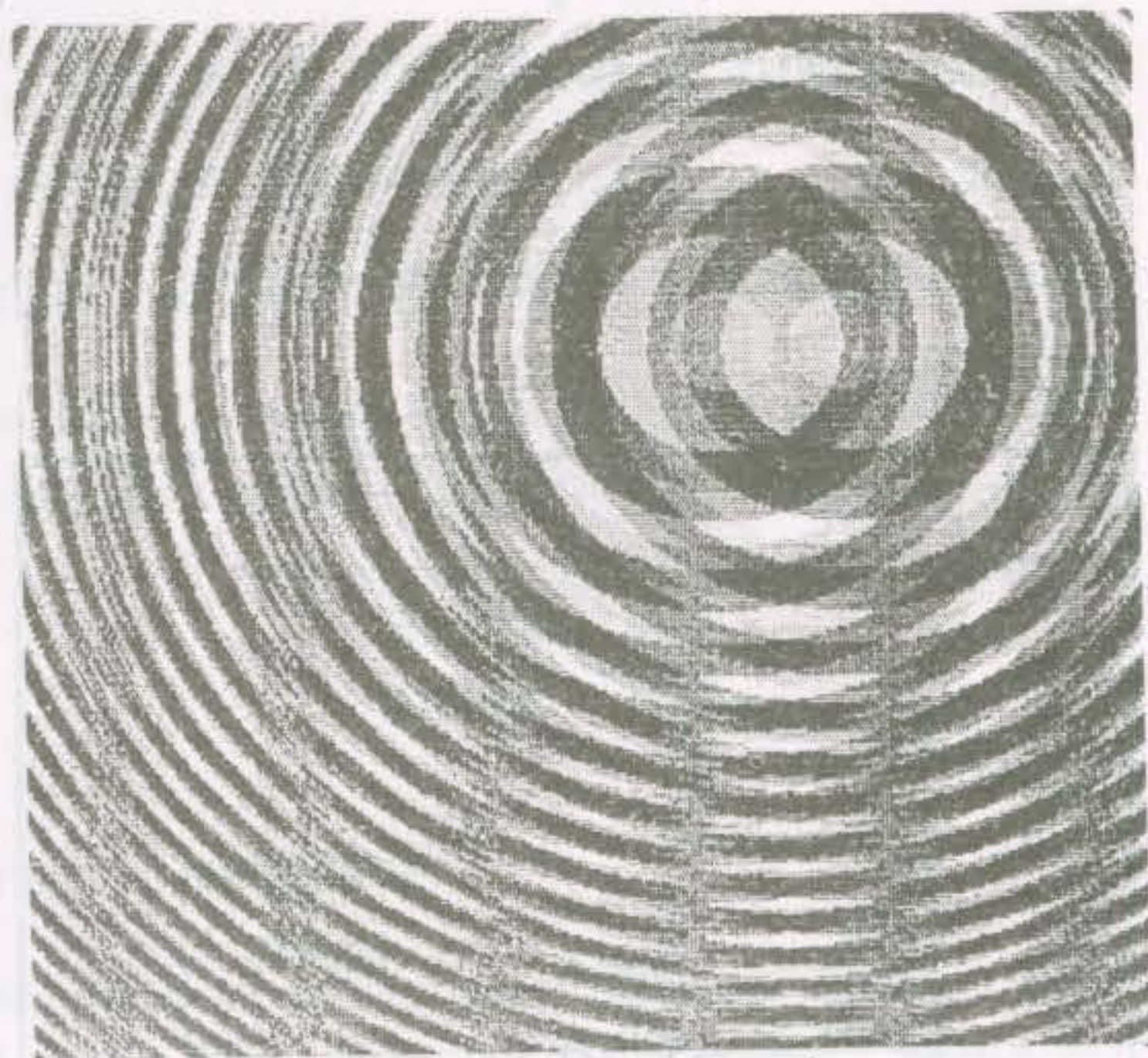
ความแตกต่างความเข้มได้ถึง 13 ระดับ

ส่วนที่ 2 สร้างแผ่นฟิล์มโฮโลแกรม นำแผ่นภาพโฮโลแกรมที่พิมพ์ได้ ไปทำเป็นสไลด์เนกาทีฟ ให้มีขนาดของภาพบนฟิล์มตรงตามที่ต้องการไว้ โดยใช้ฟิล์ม litho

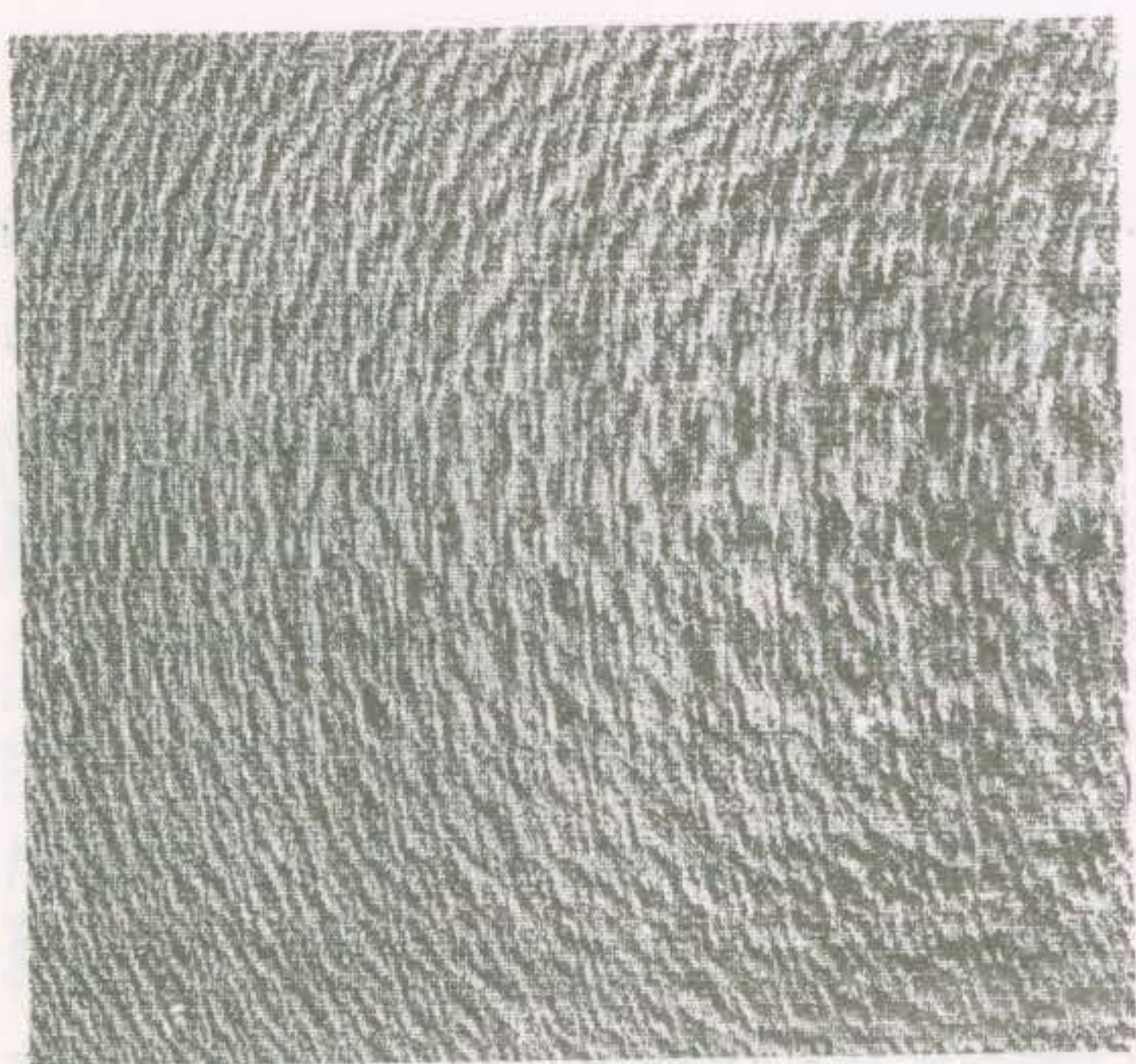
ส่วนที่ 3 สร้างภาพใหม่นำแผ่นฟิล์มโฮโลแกรมที่ได้มาฉายด้วยเลเซอร์ฮีเลียมนีออนตามแนวลำแสงอ้างอิงที่ได้คำนวณไว้ และถ่ายภาพที่ถูกสร้างขึ้นใหม่



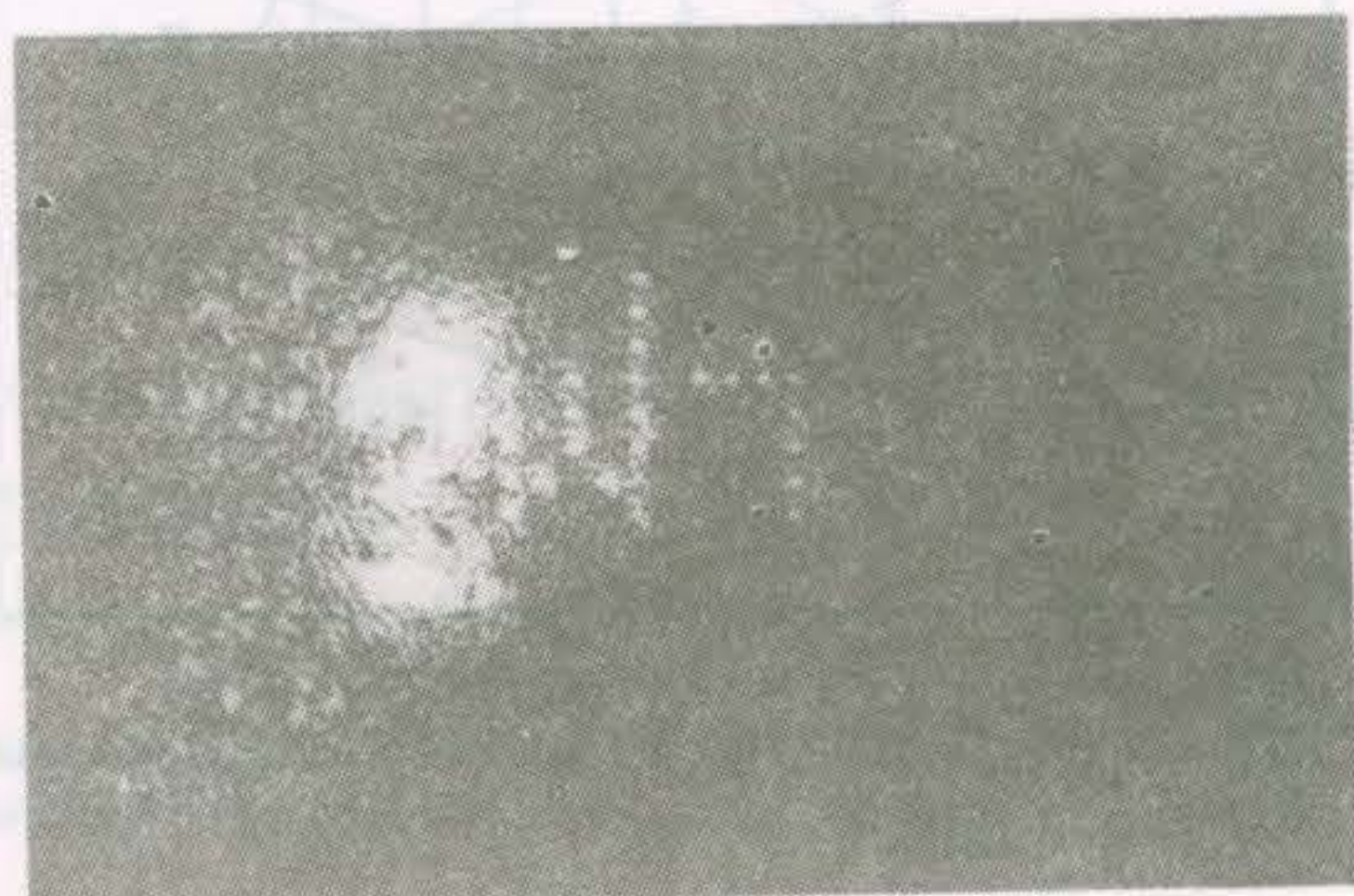
รูปที่ 2 แผ่นภาพโฮโลแกรมของวัตถุเป็นจุดอยู่ในแนวแกนที่ผ่านจุดกึ่งกลางของลำแสงอ้างอิง



รูปที่ 3 แผ่นภาพโฮโลแกรมของวัตถุที่เป็นจุด 2 จุด



รูปที่ 4 แผ่นภาพโฮโลแกรมของคำว่า "ฟาง"



รูปที่ 5 ภาพที่สร้างขึ้นใหม่ เมื่อนำรูปที่ 4 ไปทำสไลด์เนกาทีฟของฟิล์ม litho และส่องดูด้วยแสงเลเซอร์ฮีเลียม-นีออน

คำบรรยายภาพ

รูปที่ 2 เป็นรูปแผ่นภาพโฮโลแกรม ของวัตถุเป็นจุดอยู่ในแนวแกน ลักษณะลวดลายที่ได้คล้ายกับโซนเพลต (zone plate)

รูปที่ 3 เป็นรูปของแผ่นภาพโฮโลแกรมของจุดวัตถุ 2 จุด

รูปที่ 4 เป็นรูปแผ่นภาพโฮโลแกรม ของคำว่า “ฟาง” ซึ่งมีจุดเป็นตัวอักษรทั้งหมด 36 จุด และรูปที่ 5 เป็นภาพถ่ายของคำว่า “ฟาง” ที่ถูกสร้างขึ้นใหม่ เมื่อนำเอา รูปที่ 4 ไปทำเป็นสไลด์เนกาทีฟโดยใช้ฟิล์ม litho แล้วฉายด้วยเลเซอร์ฮีเลียมนีออน

สรุป

ผลการวิจัยนี้ทำให้ทราบว่า

- CGH ไม่จำเป็นต้องใช้ฟิล์มที่มีเนื้อฟิล์มละเอียดเป็นพิเศษเหมือน โฮโลแกรมที่ถ่ายทำ

จริง ๆ อันจะเป็นแนวทางหนึ่งที่น่าจะเปิดโอกาสให้นำโฮโลแกรมไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้อีกมาก

- วัตถุที่หายาก ๆ หรือที่มีรูปร่างซับซ้อนมาก ๆ สามารถใช้วิธี CGH สร้างโฮโลแกรมได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาฟิสิกส์ที่สนับสนุนและให้ทุนในการทำวิจัยนี้ ผศ.บำรุง สมสวัสดิ์ ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำสิ่งที่เป็นประโยชน์มากมาย นายสารโรช รุจิรพรรณ ที่ช่วยพิมพ์แผ่นโฮโลแกรม และ คุณศุภฤกษ์ รอนยุทธ ที่ช่วยด้านการถ่ายภาพ

เอกสารอ้างอิง

1. N. Collings, Optical Pattern Recognition using holographic techniques, Addison-Wesley Publishing Company, Wokingham, England, 1988.
2. X. Chen, J.Huang and E.Loh, Computer-assisted teaching of optics, Am. J. Phys: 55(12), December 1987.

“...You can fool some of the people all of the time, and all of the people some of the time, but you can not fool all of the people all the times...”

ท่านอาจหลอกคนบางคนได้ตลอดเวลา และหลอกคนทั้งปวงได้บางเวลา แต่จะหลอกคนทั้งปวงตลอดเวลาหาได้ไม่

‘Abraham Lincoln’

ความแปรปรวนในเชิงพันธุกรรมของชนกลุ่มน้อย* ในประเทศไทยภาค 4 : ส่วย ความรู้สึกรสสารเฟนิลไธโอคาร์บาไมด์ และตาบอดสีแดง-เขียว

นเรศร์ มุลาดี**

ไพรัช ทาบสีแพร***

สินทร ศีลา****

บทคัดย่อ

การศึกษาความรู้สึกรสสารเฟนิลไธโอคาร์บาไมด์ กับประชากรในหมู่บ้านชาวไทยส่วยจังหวัดศรีสะเกษ โดยสุ่มตัวอย่างจากเด็กนักเรียนชั้นประถมศึกษาอายุระหว่าง 8-14 ปี จำนวน 223 คน พบพวกรับรู้รสไม่ได้ร้อยละ 6.37 โดยมีค่าเฉลี่ยหมายเลขน้ำยาความเข้มข้นเพียงกระตุ้นให้รู้รสในกลุ่มประชากรพวกรับรู้รสได้เท่ากับ 7.51 ไม่พบความแตกต่างระหว่างเพศในกลุ่มประชากรดังกล่าว

จากการสุ่มตัวอย่างประชากรนักเรียนเพศชายจำนวน 125 คน พบตาบอดสีชนิดตาบอดสีแดง จำนวน 4 คน ตาบอดสีเขียวจำนวน 1 คน และเด็กนักเรียนหญิงจำนวน 155 คน ไม่พบตาบอดสีเลย คิดค่าความถี่ของลักษณะตาบอดสีในกลุ่มของประชากรดังกล่าวเท่ากับ 0.04

ABSTRACT

Phenylthiocarbamide taste thresholds were randomly determined in 223 schoolchildren of the Sui people in the Sui villages, Sri-saket province. The non-taster frequencies are 6.37 percent. The mean threshold among tasters are 7.51. There is no significant between the sex in the Sui population group.

Color Blindness were tested in 125 male pupil, and 155 female pupil. There were protan in 4 male and duetan in one male. The red-green blindness frequency are 0.04.

* โครงการวิจัยที่ วท. 10/2528 ทนอุดหนุนการวิจัยประเภททั่วไป

** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

*** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

**** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

กานำ

พื้นแผ่นดินที่เป็นประเทศไทยทุกวันนี้ ประกอบด้วยกลุ่มชน ที่อพยพเข้ามาตั้งหลักแหล่งต่างพวกและต่างกาลเวลาด้วยกัน ตลอดจนมีชนพื้นเมืองดั้งเดิมซึ่งเป็นเจ้าของพื้นที่เก่า ทำให้ประชากรของประเทศไทยประกอบด้วยประชากรย่อยต่าง ๆ อันเนื่องจากการแยกกันโดยสภาพภูมิศาสตร์ความเชื่อถือทางศาสนาความแตกต่างกันทางด้านนิเวศวิทยาและโครงสร้างทางสังคมหลายพวกหลายเผ่าพันธุ์ จึงรวมกันเป็นชนชาติไทยสมกับบทเพลงชาติไทยลือที่ว่า "ประเทศไทยรวมเลือดเนื้อชาติเชื้อไทย เป็นประชารัฐ" ข้อมูลทางพันธุกรรมอันสืบเนื่องกันมาอย่างไม่ขาดสาย อันเป็นคุณสมบัติของชาติพันธุ์นั้นยังขาดการศึกษาในชนกลุ่มน้อยทางวัฒนธรรมในประเทศไทยอีกหลายพวก

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เราขอเสนอข้อมูลทางพันธุกรรมสองประการคือความรู้สึกรสสารเพนิลไทโอคาร์บาไมด์ (PTC, Phenylthiocarbamide, CHNCS_2NH) และความถี่ของตัวนำลักษณะตาบอดสีแดง-เขียว ของคนไทยส่วยซึ่งเป็นลักษณะประจำเผ่าพันธุ์อันสืบทอดต่อเนื่องกันมาอย่างไม่ขาดสายตั้งแต่เผ่าพันธุ์นี้อุบัติขึ้นมา

ความสามารถของการรับรู้รสขม ของสารเพนิลไทโอคาร์บาไมด์ของมนุษย์นั้นเนื่องจากพันธุกรรม มีการถ่ายทอดลักษณะตามหลักของเมนเดล (Fox, 1932; Blackeslee 1932; Snyder, 1932) ยีน (เชื้อพันธุ์, gene) ตำแหน่งนี้อยู่บนโครโมโซมที่ไม่ใช่โครโมโซมเพศ (autosome) ประกอบด้วยตัวคุณลักษณะ (allele) 2 ตัว คือ T คุณลักษณะรับรู้รสได้ แสดงลักษณะขม (เด่น) โดยสมบูร์นต่อ t ซึ่งคุณลักษณะรับรู้รสไม่ได้ การที่มนุษย์จะแสดงลักษณะรับรู้รสได้ (taster) หรือ

รับรู้รสไม่ได้ (non taster) นั้น ขึ้นอยู่กับคู่แสดงลักษณะ (genotype) ซึ่งได้รับการถ่ายทอดตัวคุณลักษณะโดยตรงมาจากบรรพบุรุษเท่านั้น ไม่เกี่ยวข้องกับอายุ เชื้อชาติ สภาพความเป็นกรด-ด่าง ฯลฯ ของช่องปากแต่ประการใด ความสามารถในการรับรู้รสของสารนี้ได้มีการศึกษาในกลุ่มประชากรและเผ่าพันธุ์ต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง

พวกรับรู้รสสารนี้ได้รู้ความรู้สึกรสจะเกิดขึ้นตั้งแต่สารละลายความเข้มข้น 1:500,000 ถึง 1:5,000 (Fox, 1932)

สำหรับตาบอดสีแดง-เขียวนั้น มียีนควบคุมอยู่บนโครโมโซม-X โดยไปควบคุมความสามารถดูดซึมแสงที่ช่วงคลื่นต่าง ๆ ของเซลล์โคน 3 ชนิด บนเรตินา คือ Red cone, Green cone และ Blue cone ซึ่งปกติเซลล์โคนทั้ง 3 ชนิดนี้ มีความสามารถในการดูดซึมแสงได้ดีที่สุด (optimum) ที่ช่วงคลื่นประมาณ 570, 530 และ 420 $\text{m}\mu$ ตามลำดับ (Novitski, 1977) ยีนนี้ประกอบด้วยตัวคุณลักษณะ 2 ชนิดคือ C แสดงลักษณะข่มโดยสมบูร์นต่อ c ดังนั้นในเพศหญิงคนที่มีคู่แสดงลักษณะ CC และ Cc จึงแสดงลักษณะตาปกติ แต่ cc จะตาบอดสี สำหรับในเพศชายเนื่องจากยีนตัวนี้อยู่บนโครโมโซม -X ถ้าเป็นตัวคุณลักษณะ C จะแสดงอาการตาปกติ แต่ถ้าเป็น c จะตาบอดสีแดง-เขียว โดยสูญเสียความสามารถในการดูดซึมแสง ที่เซลล์โคนชนิดแดง หรือชนิดเขียวก็ได้

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ความรู้สึกรสสารเพนิลไทโอคาร์บาไมด์

เตรียมสารละลายหมายเลข 1 ถึง 13 ของสารเพนิลไทโอคาร์บาไมด์ (Sigma Chemical Company, St. Louis. Miss., U.S.A.) โดยทำให้

เจือจางทีละครั้งตามวิธีของ Haris และ Kalmus (1936) ความเข้มข้นของหมายเลขต่าง ๆ ของสารละลายได้แสดงไว้ในตารางที่ 1.1

ผู้ถูกทดสอบเป็นประชากรอายุอยู่ระหว่าง 8-14 ปี เลือกเฉพาะผู้ที่เป็นไทยสวยโดยการสืบสายโลหิตขึ้นไปเบื้องบนคือต้องเป็นผู้ที่มีบิดามารดาเป็นไทยสวยแท้ แล้วจึงแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ เพศหญิง และเพศชาย

การวางแผนการทดลองมุ่งที่จะศึกษาถึงความถี่ของตัวนำลักษณะรับรู้รสไม่ได้และความไวในการรับรู้รส ในกลุ่มผู้รับรู้รสของกลุ่มประชากร

ไทยสวย และได้เปรียบเทียบระหว่างเพศหญิงและเพศชายด้วย ผู้ถูกทดสอบจะให้ทดลองชิมน้ำยาตั้งแต่ความเข้มข้นต่ำที่สุด (หมายเลข 13) โดยใช้ถ้วยป้ายบริเวณ "Foliate papillae" คือปุ่มรับรสชมบริเวณตรงกลางโคนลิ้นจนกระทั่งถึงหมายเลขน้ำยาความเข้มข้นเพียงกระตุ้นให้รับรู้รส ผู้ที่ไม่สามารถรับรู้รสของสารละลายในทุกหมายเลขน้ำยา จัดไว้ในพวกหมายเลข 0 คือพวก "taste blind" แล้วนำข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้ศึกษาจากประชากรกลุ่มต่าง ๆ ในประเทศไทย ซึ่งทำการศึกษาไว้ในปี 2525-2527 โดย นเรศร์ และคณะ

ตารางที่ 1.1 ความเข้มข้นของน้ำยาเฟนิลไธโอคาร์บาไมด์

หมายเลขน้ำยา	ความเข้มข้น (มก./ลิตร)
1	1300
2	650
3	325
4	162.5
5	81.25
6	40.63
7	20.31
8	10.16
9	5.08
10	2.54
11	1.27
12	0.63
13	0.32

ผลการทดลอง

การกระจายของความรู้สึกรส ได้แสดงไว้ในตารางการจำแนกออกเป็นพวกรับรู้รสได้ และ

รับรู้รสไม่ได้ พิจารณาการกระจายจากกลุ่มประชากรที่มีความถี่ต่อสุดของพวกซึ่งรับรู้รสเมื่อสารละลายมีความเข้มข้นสูงจนถึงรับรู้รสไม่ได้เลย หมายเลข

น้ำยาดังกล่าวคือ หมายเลข 1 และ 2 ของประชากร จะแบ่งครึ่ง โดยครึ่งหนึ่งจัดไว้ในพวกรับรู้รสได้ ไทยส่วยเพศชาย ไทยส่วยเพศหญิงและไทยส่วย และอีกครึ่งหนึ่งจัดไว้ในพวกรับรู้รสไม่ได้ (Chotipitayasunondh, 1971)

ตารางที่ 1.2 การกระจายของความรู้สึกรสสารเฟนิลไธโอคาร์บาไมด์ ความเข้มข้นเพียงกระตุ้นของผู้ถูกทดสอบ

ประชากร	หมายเลขน้ำยา														รวม
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
ไทยส่วยหญิง	3	0	0	3	1	4	19	17	21	23	6	1	2	0	100
ไทยส่วยชาย	11	1	1	2	7	5	20	22	17	22	9	5	0	1	123
ไทยส่วยรวม	14	1	1	5	8	9	39	39	38	45	15	6	2	1	223

จำนวนร้อยละของผู้รับรู้รสไม่ได้ และความถี่ของตัวนำลักษณะรับรู้รสไม่ได้ ได้แสดงไว้ใน ตาราง 1.3

ตารางที่ 1.3 จำนวนร้อยละของผู้รับรู้รสไม่ได้และความถี่ของตัวนำลักษณะรับรู้รสไม่ได้

ประชากร	จำนวนร้อยละ	ความถี่
ไทยส่วยหญิง	3.0	6.173
ไทยส่วยชาย	9.75	0.312
ไทยส่วยรวม	6.73	0.259

ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของน้ำยาความเข้มข้นเพียงกระตุ้นให้รู้สึกรสของ ประชากรกลุ่มรับรู้รสได้ ได้แสดงในตารางที่ 1.4

ตารางที่ 1.4 ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานความเข้มข้นเพียงกระตุ้นให้รู้สึกรส

ประชากร	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ไทยส่วยหญิง	7.59 ± 1.74
ไทยส่วยชาย	7.52 ± 1.88
ไทยส่วยรวม	7.51 ± 1.88

ตารางที่ 1.5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าเฉลี่ยหมายเลขน้ำยาความเข้มข้นเพียงกระตุ้นให้รู้สีกรส

ประชากร	จำนวนผู้รับรูรส	t
ไทยส่วยหญิง VS.ไทยส่วยชาย	97 + 110	0.28 ^{ns.}
ไทยส่วยหญิง VS.ไทยส่วยรวม	97 + 208	0.36 ^{ns}
ไทยส่วยชาย VS.ไทยส่วยรวม	100 + 208	0.05 ^{ns}

* ns. = non significance

2. ตาบอดสีแดง-เขียว

ใช้แผ่นภาพสำหรับทดสอบตาบอดสี (Ishi-hara, 1967 : Pseudoisochromatic plates) ผู้ถูกทดสอบจะถูกให้อ่านตัวเลขจากแผ่นภาพดังกล่าวในสภาพแสงแดดตอนกลางวันห่างจากสายตา 1 ฟุต แต่ละแผ่นภาพให้อ่านประมาณ 1 วินาที ผู้ที่ไม่สามารถบอกตัวเลขจากแผ่นภาพได้หรือมีความลังเลใจ จะถูกนำมาทดสอบซ้ำอีกครั้งหนึ่ง สำหรับพวกที่จัดว่าตาบอดสี จะทำการทดสอบซ้ำอีก

เพื่อแยกว่าเป็นตาบอดสีแดง (Protan) บอดสีเขียว (Deutan)

ผู้ถูกทดสอบ เป็นเด็กนักเรียนอายุระหว่าง 8-14 ปี เป็นเด็กชายจำนวน 125 คน หญิง 155 คน ที่จัดว่าเป็นส่วยแท้ พบตาบอดสีจำนวน 5 คน เป็นชนิดบอดสีแดง และบอดสีเขียว 4 และ 1 คน ตามลำดับ เฉพาะในเพศชายเท่านั้น ไม่พบตาบอดสีในผู้หญิงเลย ผลการศึกษาได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 อุบัติการของตาบอดสีแดง-เขียว

ประชากร	จำนวนที่ศึกษา	ตาบอดสี	
		บอดแดง	บอดเขียว
ไทยส่วยชาย	125	4	1
ไทยส่วยหญิง	155	-	-

ความถี่ของตัวนำลักษณะตาบอดสี แดง-เขียว = 0.04

สรุปผลและวิจารณ์

1. ความรู้สีกรสสารเพนียล์ไซโอคาร์บาไมด์

เมื่อเปรียบเทียบความถี่ของตัวนำลักษณะรับรูรสไม่ได้ในประชากรไทยส่วย ระหว่างเพศ

หญิงและเพศชาย พบว่ามีค่าแตกต่างจากทฤษฎี เพราะลักษณะดังกล่าวมียืนที่ควบคุมแบบด้วยออโตโซมัล อาจจะเนื่องมาจากการสุ่มตัวอย่างมีจำนวนน้อย และพบปัญหาทางสุขภาพของช่อง

ปากเด็กนักเรียนชาวไทยสวยนี้อยู่ในเกณฑ์ต่ำมาก ทำให้แปรผลจากการทดสอบผิดไป อย่างไรก็ตามการศึกษาครั้งนี้ ระบุว่าค่าเฉลี่ยหมายเลขน้ำยาความเข้มข้นเพียงกระตุ้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติในระหว่างกลุ่มประชากรเพศชาย เพศหญิง และประชากรรวม ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1.4 และ 1.5 เมื่อนำค่าเฉลี่ยดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับประชากรอื่น ๆ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งดังตารางที่ 1.6 และ 1.7

ตารางที่ 1.6 การศึกษาความรู้สึกรสเฟนิลไทโอคาร์บาไมด์จากประชากรต่าง ๆ ของประเทศไทย

ประชากร	ผู้ศึกษา	จำนวนที่ศึกษา	จำนวนร้อยละผู้ไม่รู้สึกรส	ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของน้ำยาความเข้มข้นเพียงกระตุ้นของผู้รับรส
ไทยกระโถ้ นเรศร์	และคณะ.,2527	309	12.30	7.85 ± 2.89
ไทยดำ นเรศร์	และคณะ.,2525	137	5.11	7.31 ± 2.11
ผู้ไทย นเรศร์	และคณะ.,2526	186	8.60	7.01 ± 1.99
ไทยสวย นเรศร์	และคณะ.,2528	223	6.37	7.51 ± 1.88

ตารางที่ 1.7 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าเฉลี่ยหมายเลขน้ำยาความเข้มข้นเพียงกระตุ้นให้รู้สึกของประชากรกลุ่มรับรส

ประชากร	จำนวนผู้รับรส	t	p
ไทยกระโถ้ VS. ไทยดำ	309 + 137	9.1	P < 0.01
ไทยกระโถ้ VS. ผู้ไทย	309 + 186	17.5	P < 0.01
ไทยกระโถ้ VS. ไทยสวย	309 + 223	7.9	P < 0.01
ไทยดำ VS. ผู้ไทย	137 + 186	7.0	P < 0.01
ไทยดำ VS. ไทยสวย	137 + 223	3.7	P < 0.01
ผู้ไทย VS. ไทยสวย	186 + 223	13.5	P < 0.01

สำหรับจำนวนร้อยละของผู้ไม่รู้สึกรสจากการศึกษาครั้งนี้พบร้อยละ 6.73 ซึ่งใกล้เคียงกับประชากรไทยดำ ผู้ไทย และไทยกระโถ้ตามลำดับ ค่าตัวเลขต่างๆ เหล่านี้จะได้ใช้เป็นค่าตัวเลขอ้างอิงสำหรับคุณสมบัติดังกล่าวของ

ประชากรไทยสวยต่อไป
2. ตาบอดสีแดงสีเขียว
เมื่อเปรียบเทียบกับความถี่ของตัวนำลักษณะตาบอดสีแดง-เขียวกับประชากรอื่น ๆ

ที่ได้มีการศึกษาในประเทศไทย พบว่ามีความ ของประชากรไทยส่วว่ามีกำเนิดมาพร้อมกับ
ใกล้เคียงกัน ซึ่งอาจเป็นหลักฐานอันเป็นคุณสมบัติ ประชากรไทยดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ความถี่ของลักษณะตาบอดสีของประชากรในประเทศไทย

ประชากร	ตาบอดสี		อัตราส่วน		ความถี่	ผู้จัดทำ
	จำนวน	บอดเขียว	บอดแดง	บอดเขียว: บอดแดง		
ไทย						
กรุงเทพฯ และใกล้เคียง	15,000	-	-	-	0.042	Chotiprasit (1963)
ไทยเหนือ	-	-	-	-	0.052	Flatz (1967)
ไทย	2,756	107	45	8.5	9.055	Adam <i>et al</i> (1969)
พ่อและแม่ไทย	1,658	64	29	2.2	0.056	" " -
พ่อและแม่จีน	669	28	10	2.8	0.057	" "
พ่อหรือแม่จีน	339	13	5	2.6	0.053	" "
อื่น ๆ	90	2	1	2.0	0.030	" "
ไทย						
นครศรีราชสีมา	3,903	25	11	2.27	0.027	นเรศร์และวุฒิสาร (2523)
ลาว						
ศูนย์อพยพ จ.หนองคาย	1,149	20	8	2.5	0.436	" "
ไทย						
ขอนแก่น	923	14	22	0.64	0.034	นเรศร์และจันทร์เพ็ญ 2524
แม่ฮ่องสอน						
ศูนย์อพยพ จ.เลย	748	13	7	1.86	0.026	" "
ไทย						
ถิ่นที่อยู่ของหมู่บ้านแสก	189	6	6	1.00	0.064	" "
แสก	70	2	2	1.00	0.057	" "
ไทยอีสาน						
ถิ่นที่อยู่ของหมู่บ้านไทยดำ	51	0	0	-	-	นเรศร์และคณะ (2526)
ไทยดำ	137	1	1	0.25	0.067	" "
ไทยเชื้อสายผู้ไทย	186	0	0	0	0.032	นเรศร์และคณะ (2527)
ไทยส่วย	125	1	4	0.25	0.040	รายงานปัจจุบัน

ภาคผนวก

ส่วย

ส่วย (กวย, กุย, Sui, kui) เป็นชนกลุ่มน้อยทางวัฒนธรรมพวกหนึ่งมีถิ่นที่อยู่กระจายอยู่หนาแน่นบริเวณจังหวัด ศรีสะเกษ บุรีรัมย์ และสุรินทร์ พบบ้างในบางหมู่บ้านของจังหวัดอุบลราชธานี และร้อยเอ็ด และในประเทศเขมร คาดว่ามีประชากรเหลืออยู่ประมาณหนึ่งแสนคน* ลักษณะผิวดำแดง ผมหดดำเหี้ยมดตรง จมูกโด่ง ลำสันบึกบึน จัดอยู่ในพวกตระกูลภาษามอญ-เขมร มีภาษาพูดของตัวเองซึ่งไม่มีเสียงวรรณยุกต์ มีวัฒนธรรมบางประการแตกต่างกันอย่างชัดเจนกับคนไทยอีสาน เช่น การสืบทอดมรดก** และการสืบเชื้อสายนับถือโคตรเชื้อของฝ่ายหญิงเป็นสำคัญ มรดกจะตกทอดเฉพาะแต่ลูกสาวเท่านั้นถ้าครอบครัวนั้นไม่มีบุตรสาว มรดกจะตกทอดไปยังพี่สาวหรือน้องสาวของมารดาถ้าบุคคลดังกล่าวนั้นตาย บุตรสาวของบุคคลดังกล่าวสามารถสืบทอดแทนที่ได้ ส่วนผู้ชายเมื่อมีเรือนก็จะนับถือโคตรเชื้อของฝ่ายหญิงต่อไป

ส่วย เป็นพวกที่รักสงบ มีบรรพบุรุษเป็นผู้ที่มีความชำนาญในเรื่องช้าง เมื่อสภาพป่าเปลี่ยนไป ช้างหายากได้เคลื่อนย้ายลงมายังพื้นราบ แต่ขาดความชำนาญในการเพาะปลูกประกอบกับนิสัยไม่กระตือรือร้นในการทำมาหากินคือหาพอให้ได้กิน เมื่อกินหมดจึงหาใหม่ ชอบสนุกกับงานประเพณีต่างๆ และชอบดื่มสุรา ประชากรในวัยที่เป็นกำลังงานในครอบครัวนิยมทั้งเดินทางไปทำงานทำที่อื่น ปัญหาต่างๆ เหล่านี้ก่อให้เกิดปัญหาทางด้านสุขภาพความยากจน และการยากต่อการพัฒนา

* รองศาสตราจารย์เนเรศร์ มุลาดี สัมภาษณ์ นายบุญทรัพย์ มะตุ้ม ครูโรงเรียนบ้านตุม กิ่งอำเภอศรีรัตนะ จังหวัดศรีสะเกษ ซึ่งเป็นชาวส่วย

** การมีระเบียบแบบแผนแห่งรูปแบบการสืบทอดมรดกอย่างมีกฎเกณฑ์ น่าจะเป็นข้อยืนยันได้ว่าเดิมส่วยเป็นชนชาติที่มีวัฒนธรรมที่สูงพวกหนึ่ง เช่นเดียวกับพวกขอมซึ่งมีถิ่นที่อยู่ในบริเวณเดียวกันนี้ การตกทอดมรดกของคนไทยนั้นถ้าเจ้ามรดกไม่ได้ทำพินัยกรรมไว้ หรือพินัยกรรมตกเป็นอันใช้ไม่ได้ ทรัพย์มรดกจะตกทอดไปยังทายาทโดยธรรม ซึ่งมีอยู่ 6 ลำดับคือ 1) ผู้สืบสันดาน 2) บิดา มารดา 3) พี่น้องร่วมบิดามารดาเดียวกัน 4) พี่น้องร่วมบิดาหรือมารดาเดียวกัน 5) ปู่ ย่า ตา ยาย 6) ลุง ป้า น้า อา นอกจากทายาทโดยธรรมทั้ง 6 ลำดับแล้ว ยังถือว่าคู่สมรสเป็นทายาทโดยธรรมพิเศษโดยถือหลักว่าตราบโคที่มีทายาทซึ่งยังมีชีวิตอยู่ หรือมีผู้รับมรดกแทนที่ยังไม่ขาดสายแล้ว แต่กรณีในลำดับหนึ่งๆ ((1) - (6)) ทายาทผู้อยู่ในลำดับถัดลงไปไม่มีสิทธิ์ในทรัพย์มรดกของผู้ตายเลย ยกเว้นทายาทลำดับ 1 ไม่ตัดทายาทลำดับ 2 เช่น เจ้ามรดกมีคู่สมรส มีบิดา และบุตร 2 คน และมีทายาทลำดับ 1 ไม่ตัดทายาทลำดับ 2 เช่น เจ้ามรดกมีคู่สมรส มีบิดา และบุตร 2 คน และมีทายาทลำดับ 3) คือพี่เจ้ามรดก 2 คน และน้องเจ้ามรดกอีก 1 คน ในกรณีนี้ทายาทลำดับ 3 จะถูกตัดไม่ให้รับมรดก ดังนั้นทรัพย์มรดกจะถูกนำมาแบ่งกัน 4 ส่วน ตกแก่คู่สมรส บิดา และบุตร 2 คน ได้คนละส่วน

* คณะผู้วิจัยพบปัญหาหุน้ำหนักเรื้อรัง ในเด็กนักเรียนชาวส่วยมาก ได้นำคณะแพทย์ของโครงการการหุ กอ จมูก ขนบท จากสมาคมโสต ศอ นาสิกแพทย์แห่งประเทศไทย ไปทำการตรวจรักษาจำนวน 970 คน และทำการผ่าตัดในหุน้ำหนักเรื้อรังจำนวน 33 คน

เอกสารอ้างอิง

1. นเรศร์ มุลาลี และวุฒิสาร ตันไชย. 2523. การศึกษาความถี่ของตัวนำลักษณะตาบอดสีของประชากรไทยที่จังหวัดนครราชสีมา และประชากรลาวที่ศูนย์รับผู้อพยพประชาชนลาวจังหวัดหนองคาย. วิทยาศาสตร์ มข. 8 (1) : 31-39.
2. นเรศร์ มุลาลี และจันทร์เพ็ญ คีรีมลพิวัฒน์. 2524. ความถี่ของประชากรไทยอีสานและชาวเขาเผ่าแม้ว. วิทยาศาสตร์ มข. 9 (3) : 183-188.
3. นเรศร์ มุลาลี และ ไพรัช ทาบสีแพร. 2524. ตาบอดสีในกลุ่มประชาแวก ในประเทศไทย. *Ann. Rep. KKU. - NRCT. (1981).*
4. นเรศร์ มุลาลี, สมทรง ศุภศิลป์ และศาสตรี เสาวคนธ์. 2526. ความรู้สึกรสสารเพนิลไทโอคาร์ทาไมด์ในกลุ่มประชากรไทยดำที่จังหวัดเลย. ว. วิทยาศาสตร์ 37 (4) : 293-299.
5. นเรศร์ มุลาลี, สมทรง ศุภศิลป์ และศาสตรี เสาวคนธ์. 2526. หมู่เลือด ABO และตาบอดสีแดง-เขียวในกลุ่มประชากรไทยดำที่จังหวัดเลย. ว. วิทยาศาสตร์ 37 (5-6) : 382-386.
6. นเรศร์ มุลาลี. 2527. รายงานการวิจัยเรื่องความแปรปรวนในเชิงพันธุกรรมของชนกลุ่มน้อยในประเทศไทยภาค 3 : โส. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
7. Adam, A., M. Davivong and S. Wanspa. 1969. Anomalous Diagnoses of Red-Green Blindness Among Thais and Chinese. *J. Human Heredity* 19 : 509-513.
8. Blackeslee, A.F. 1932. Genetics of Sensory Thresholds : Test for Phenylthiocarbamide. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 180 : 120.
9. Chotipittayasunondh, T., C. Sa-ngiamporparich, and V. Panich. 1971. Phenylthiocarbamide Taste Sensitivity in Thailand. *J. Med. Ass. Thailand.* 54 (10) : 699-708.
10. Chotiprasit, S. 1963. Colourblindness in Thailand. *E.E.N.T. Ewsl.* : 04-30.
11. Flatz, G. 1967. Die Verbreitung erblicher Farbsehstörung eu in der Bevölkerung Nord Thailand. *Humangenetik* 3 : 330.
12. Fox, A.L. 1932. The Relationship between Chemical Constitution and Taste. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 18 : 115.
13. Novitski, E. 1977. Human Genetics. New York : Macmillan 121.
14. Synder. L.H. 1932. Studies in Human Inheritance. IX. The Inheritance of Taste Deficiency in Man. *Ohio J. Sci.* 32 : 436.

“...เมื่อเธอบริจาคทรัพย์สมบัติของเธอ เธอให้แต่เพียงเล็กน้อย ต่อเมื่อเธออุทิศตนเองลี นั่นเป็น
การให้อย่างแท้จริง”

‘Kahlil Gibran’

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนระดับนาโนกรัมในสารสกัดจากพืชโดยวิธี สแกนนิ่งเด็นซิโตมิเตอร์ (scanning densitometer) หรือ สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer)

ดาวัลย์ บุญยรัตน์*

บทคัดย่อ

การหาปริมาณโปรตีนในสารสกัดจากพืชกระทำได้อย่างรวดเร็วโดยเทคนิคที่ใช้เครื่องสแกนนิ่งเด็นซิโตมิเตอร์ หรือ สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ จากผักสด 100 มก. จะต้องใช้สารสกัด 3 มล. ใช้ 1 μ l จากสารตัวอย่างที่สกัดหยดลงบนกระดาษโครมาโตกราฟี (Whatman NO 1 3 MM) แล้วนำไปย้อมด้วยสี Coomassie brilliant blue R - 250 นาน 20 นาที ล้างสีออกโดยใช้ 20% CH_3COOH ที่ทิ้งไว้ให้แห้ง จากนั้นนำไปหาปริมาณโปรตีนได้โดยใช้เครื่องสแกนนิ่งเด็นซิโตมิเตอร์ และอ่านค่าของโปรตีนจากความสูงของกราฟ และพื้นที่ใต้กราฟ

สำหรับกรณีที่ไม่สามารถใช้สแกนนิ่งเด็นซิโตมิเตอร์ เราอาจหาปริมาณโปรตีนได้โดยการตัดกระดาษโครมาโตกราฟีเฉพาะบริเวณที่หยดสาร และนำไปชะด้วย 1% SDS นาน 1 ชั่วโมง วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 nm โดยใช้เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ซึ่งการหาปริมาณโปรตีนทั้ง 2 วิธีที่กล่าวนี้ มีข้อดีกว่าวิธีอื่นคือ แม้สารสกัดที่มีสี เช่น คลอโรฟิลล์ ก็สามารถสกัดได้ และยังสามารถหาปริมาณโปรตีนได้ในระดับที่ต่ำกว่า 100 นาโนกรัมต่อ 1 ไมโครลิตร

Abstract

Protein contents of crude extracts from plant can be rapidly assayed by using scanning densitometer. Total protein is extracted from 100 mg of fresh tissue using 3 ml of extraction buffer. One-microliter aliquots of crude extracts are spotted on sheet of Whatman 3 MM chromatography. The dried samples are stained with 20% CH_3COOH . After drying and by using a scanning densitometer, protein concentration is calculated from peak height and peak area

In alternative procedure, each spot is cut from the sample sheet and the dye-protein complex eluted in 1% SDS for 1 hr. Absorbance is subsequently read at 590 nm spectrophotometer.

Both procedures offer distinct advantages over previously reported methods. They avoid interference by chlorophyll and can measurements of protein concentration below 100 ng. μl^{-1}

* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน จากสารสกัดของเนื้อเยื่อชีวภาพ มีหลายวิธี เช่น วิธีเจดาห์ล (Kjeldah method) วิธี Lowry, วิธี Barford แต่ละวิธีมีข้อจำกัดในการวิเคราะห์คือจะต้องมีปริมาณโปรตีนมากพอในสารตัวอย่าง จึงจะสามารถหาได้อย่างถูกต้องและความคลาดเคลื่อนต่ำ และสำหรับสารตัวอย่างที่มีสี เช่น สี (Pigment) ในพืชหรือสารเคมีบางอย่างที่ใช้ในการสกัดจะรบกวนการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน โดยวิธีที่กล่าวมาแล้ว

สำหรับการทดลองครั้งนี้ได้วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในผักโดยวิธีสแกนนิ่งเด็นซิโตมิเตอร์ และสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ซึ่งดัดแปลงมาจากวิธีของ Ghosh และคณะพบว่าสามารถวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนแม่นยำกว่าวิธีอื่น เนื่องจากสามารถวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในระดับต่ำและสีจะไม่รบกวนการหาปริมาณโปรตีน

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ เพื่อหาวิธีวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนจากสารสกัดที่มีปริมาณโปรตีนต่ำ และมีสี โดยเฉพาะวิธีสเปกโทรโฟโตมิเตอร์จะเป็นประโยชน์สำหรับนักเรียนมัธยมที่ต้องการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนต่างๆ เพราะโดยวิธีนี้ สามารถทำได้อย่างรวดเร็ว แม่นยำ ใช้อุปกรณ์เพียง สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ตัวเดียว หรือแม้แต่ถ้าไม่มีเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ก็สามารถดูด้วยสายตาได้ โดยเทียบสีบนแผ่นโครมาโตแกรมของสารตัวอย่างกับโปรตีนมาตรฐาน

วิธีทดลองและอุปกรณ์

สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

- Sodium dodecyl sulphate (SDS)
- Bovine serum albumin (BSA)

- Coomassie brilliant blue R-250 (CBBR-250)
- sodium potasium tartatate
- อุปกรณ์ที่ใช้
- spectrophotometer
- scanning densitometer
- water - bath

การเตรียมตัวอย่าง และการทดลอง

ผักตัวอย่างแต่ละชนิด นำมาสกัดโดยใช้อะซิโตนเย็นในอัตราส่วน 1:1 (w/v) หลังจากนั้นกำจัดอะซิโตนและทำให้แห้งนำตัวอย่างมาสกัดต่อโดยตัวสกัดต่าง ๆ คือ

- วิธีที่ 1 ใช้ 0.1 M NaOH pH 12.5
- วิธีที่ 2 ใช้ 0.1 M NaOH + 2% SDS
- วิธีที่ 3 ใช้ 0.5 M Tris + 2% SDS

นำสารสกัดไปอุ่นที่ 37° c นาน 3 นาที และปั่นด้วยความเร็ว 2,000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที

แบ่งสารละลายที่สกัดได้ไปหาปริมาณโปรตีนโดยใช้วิธี Lowry และอีกส่วนใช้เพียง 1 µl หยดลงบนกระดาษกรอง (Whatman 3 MM) ทิ้งไว้ให้แห้ง นำไปย้อมด้วย 0.2% CBBR - 250 ที่ละลายอยู่ในสารผสมระหว่าง เมทิลแอลกอฮอล์ น้ำ และกรดอะซิติก (5:4:1) นาน 15 นาทีล้างสีที่เหลือจากทำปฏิกิริยากับโปรตีนออก ด้วยสารละลายแอลกอฮอล์:น้ำ:กรดอะซิติก ในอัตราส่วน 2:6:1 นาน 1 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้กระดาษแห้ง จากนั้น นำไปหาปริมาณโปรตีน ซึ่งอยู่ในรูป dye-protein complex โดยใช้เครื่องสแกนนิ่งเด็นซิโตมิเตอร์ และสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ โดยวิธีสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ จะต้องตัดกระดาษกรองบริเวณ dye-protein complex นำไปชะด้วย 1% SDS นาน 1 ชั่วโมงนำไปวัดค่า การดูดกลืนแสง

ที่ความยาวคลื่น 590 nm

ผลการทดลอง

และนำไปวัดความเข้มข้นของ dye-protein complex โดยใช้เครื่องสแกนนิ่งเด็นซีโตมิเตอร์ หรือโดยการตัดกระดาษเฉพาะส่วน dye protein complex แล้วชะด้วย 1% SDS จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 590 nm โดยใช้เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ได้ค่าใกล้เคียงกัน ส่วนโดยวิธีของ Lowry พบว่าจะได้ค่าโปรตีนสูงกว่ามาก (ตารางที่ 1) ทั้งนี้เพราะในพืชมีสี (Pigment) เป็นจำนวนมากทำให้รบกวนการวัดค่าโปรตีน

การหาปริมาณโปรตีนในผักด้วยการให้โปรตีนทำปฏิกิริยากับสี CBBR-250 ก่อน เพื่อหลีกเลี่ยงการรบกวนของสี เช่น คลอโรฟิลล์ที่อยู่ในพืช ทำให้ได้ค่าของโปรตีนที่แน่นอนกว่าการหาปริมาณโปรตีนโดยวิธีอื่น เช่น วิธี Lowry

จากการทดลองพบว่า การหาปริมาณโปรตีนโดยการให้โปรตีนทำปฏิกิริยากับสี CBBR-250

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณโปรตีนเฉลี่ยโดยใช้การวิเคราะห์ 3 วิธีที่แตกต่างกันคือ

วิธีที่ 1 ใช้ตัวสกัด 0.1 M NaOH

วิธีที่ 2 ใช้ตัวสกัด 0.1 M NaOH + 2% SDS

วิธีที่ 3 ใช้ตัวสกัด 2% SDS + Tris

สารตัวอย่าง	ปริมาณโปรตีนเฉลี่ยโดยใช้		
	Scanning densitometer	Spectrophotometer	Lowry
1. มะเขือพวง	1. 5.880	5.470	13.96
	2. 7.080	6.830	16.91
	3. 6.225	5.935	13.15
2. ยอดมะระ	1. 4.390	4.240	8.070
	2. 5.050	4.810	8.825
	3. 7.730	7.530	9.105
3. ถั่วพู	1. 5.040	4.810	5.750
	2. 5.420	5.130	4.160
	3. 2.060	1.950	3.220
4. ตาลปัตรฤๅษี	1. 5.600	5.490	5.440
	2. 5.470	5.310	4.930
	3. 3.070	2.980	9.720
5. ชะอม	1. 3.090	2.810	23.90
	2. 7.720	8.060	31.400
	3. 6.210	5.970	27.620

หมายเหตุ 1. วิธีที่ 1 ใช้ตัวสกัด 0.1 M NaOH

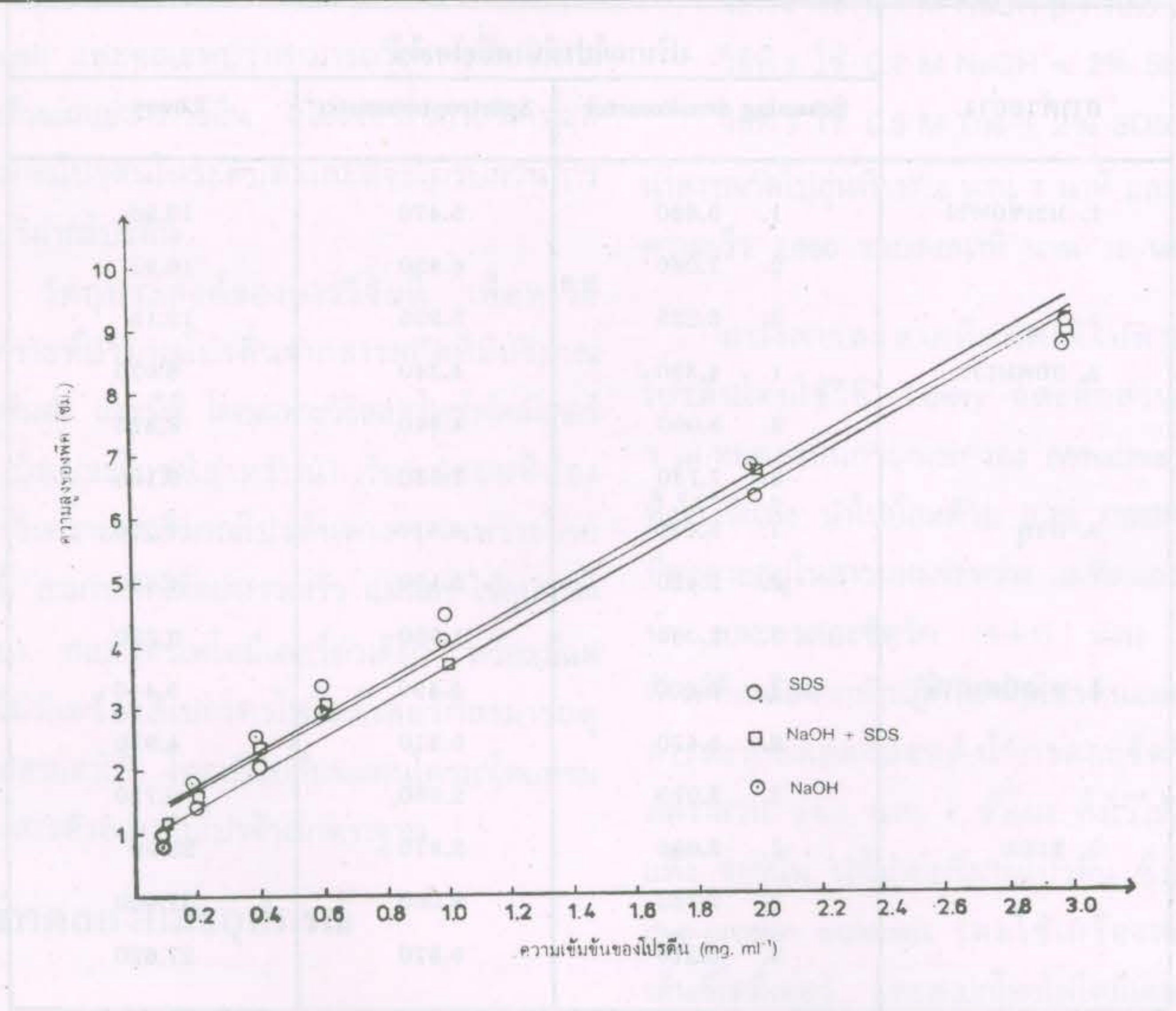
2. วิธีที่ 2 ใช้ตัวสกัด 0.1 M NaOH 2% SDS

3. วิธีที่ 3 ใช้ตัวสกัด 2% SDS .05 M

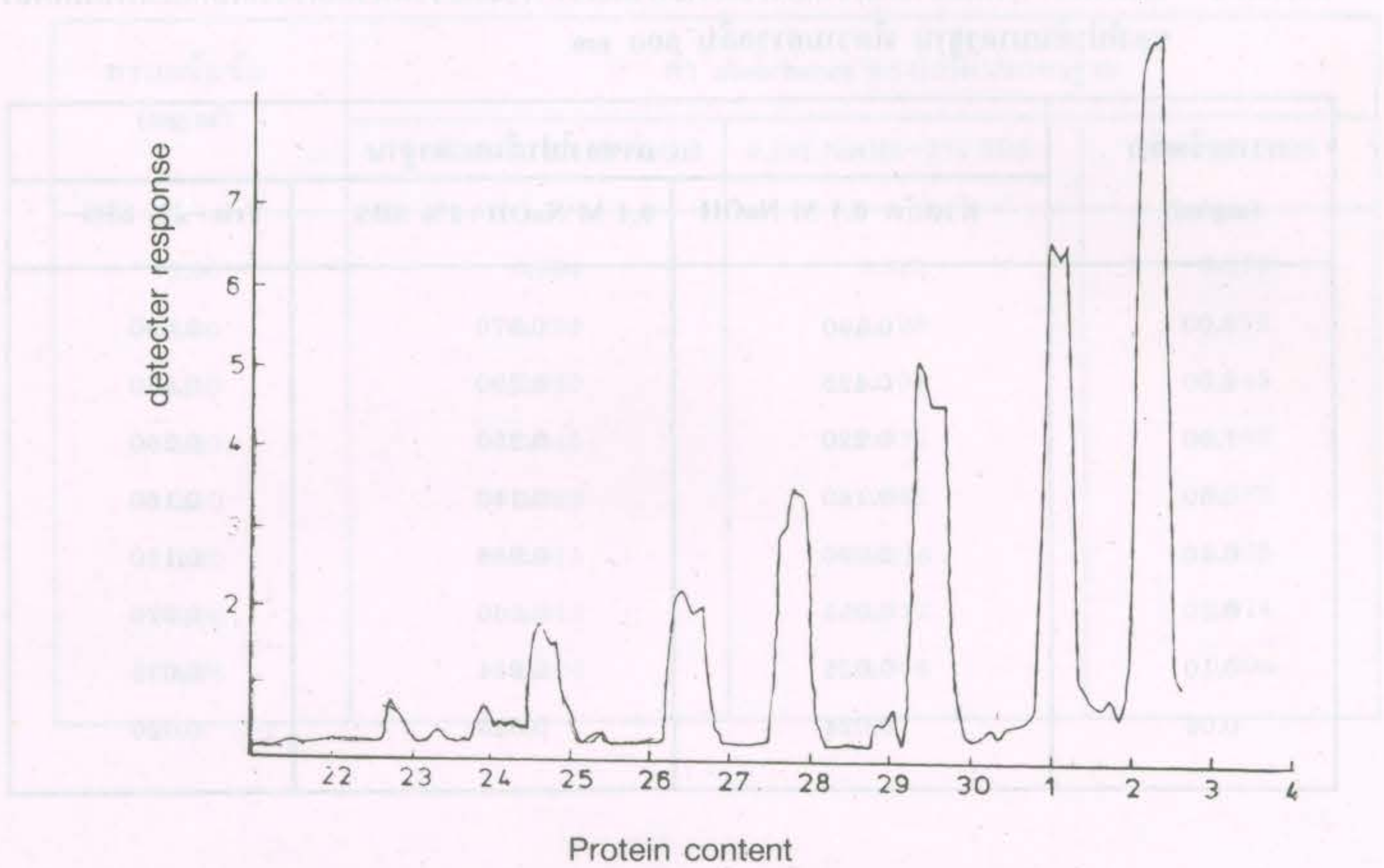
ตารางที่ 2

แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนในโปรตีนมาตรฐาน และวัดโดยใช้เครื่องสแกนนิ่งเดินซีโอมิเตอร์

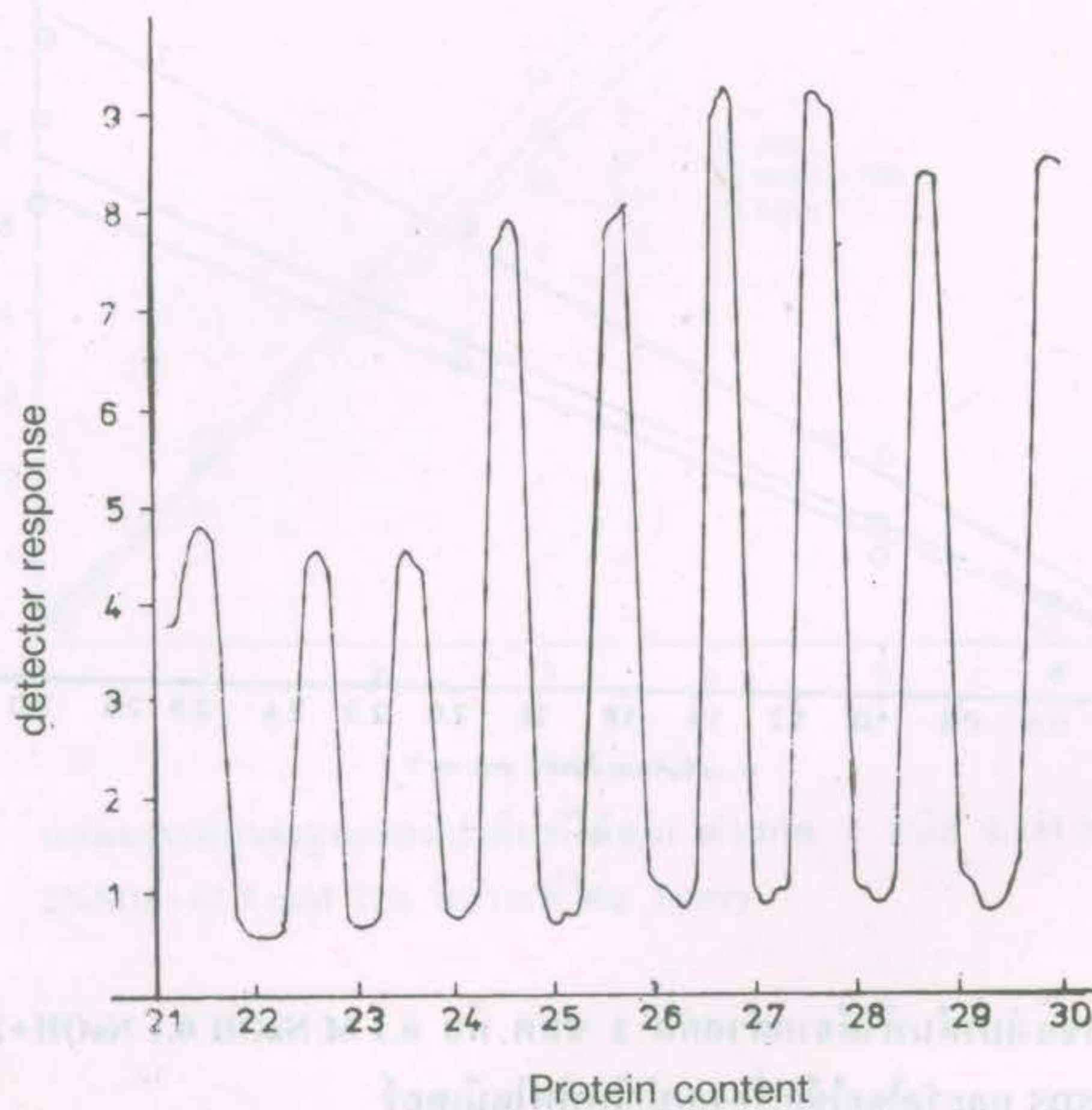
ความเข้มข้นของโปรตีน (mg.3ml.)	ความสูงของพีคที่สกัดด้วย มิลลิกรัม/มิลลิลิตร		
	0.1 M NaOH	0.1 M NaOH+2% SDS	2% SDS+Tris
3.00	9.10	8.80	8.65
2.00	6.45	6.80	6.90
1.00	5.10	5.60	4.90
0.60	3.40	3.10	3.00
0.40	2.10	2.50	2.60
0.20	1.55	1.70	1.80
0.10	1.10	1.30	1.00
0.60	0.06	0.05	0.06



รูปที่ 1 แสดงกราฟมาตรฐานของโปรตีนมาตรฐาน ที่ใช้ตัวสกัด 3 ชนิด และวัดโดยใช้เครื่องสแกนนิ่งเดินซีโอมิเตอร์



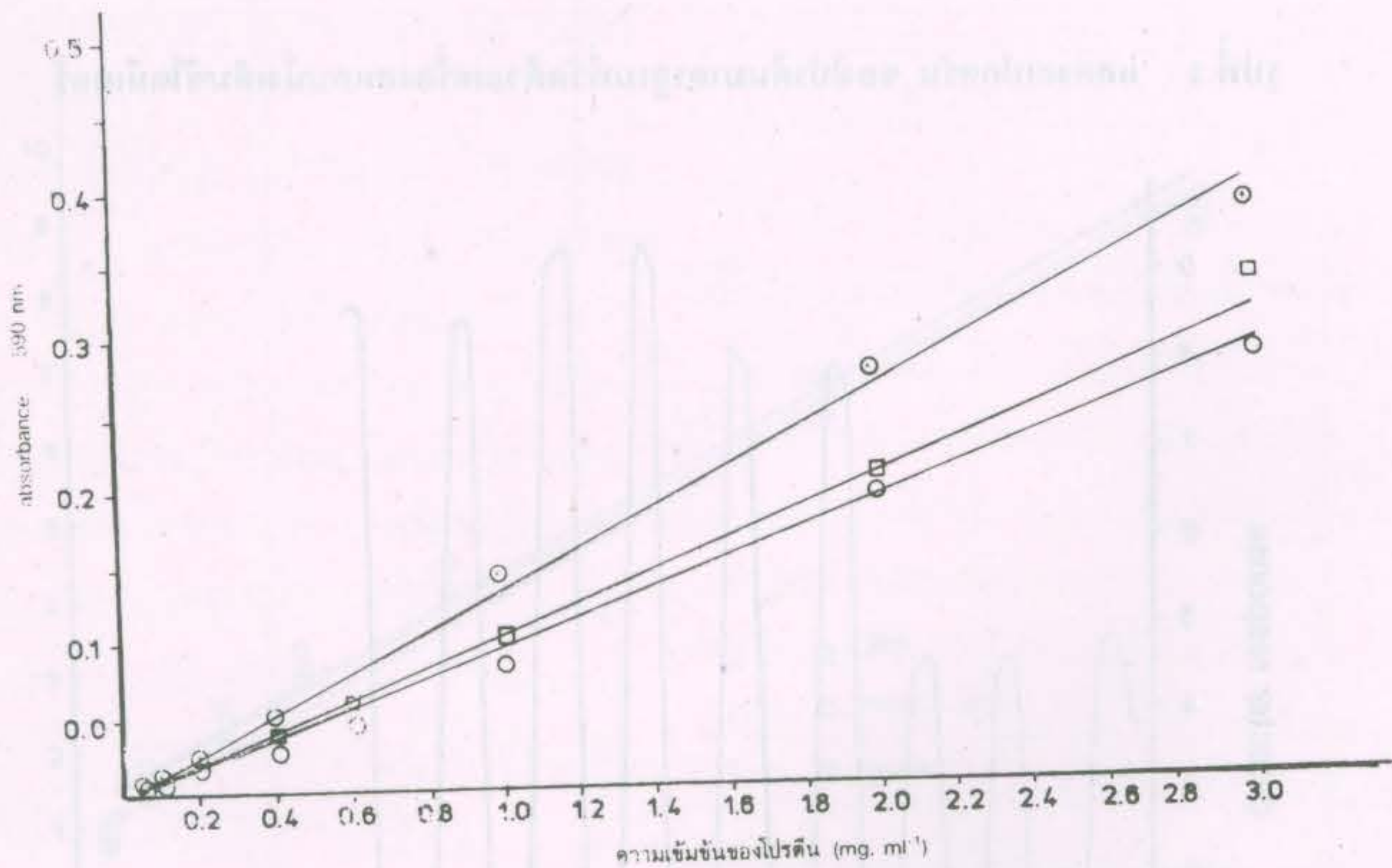
รูปที่ 2 แสดงสเปกตรัม ของโปรตีนมาตรฐานที่วัดด้วยเครื่องสแกนนิ่งเดินซีโตนีเตอร์



รูปที่ 3 แสดงสเปกตรัมของผักตัวอย่างที่วัด โดยใช้เครื่องสแกนนิ่งเดินซีโตนีเตอร์

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดลองที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้การชะแล้ววัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ของโปรตีนมาตรฐาน ที่ความยาวคลื่น 600 nm

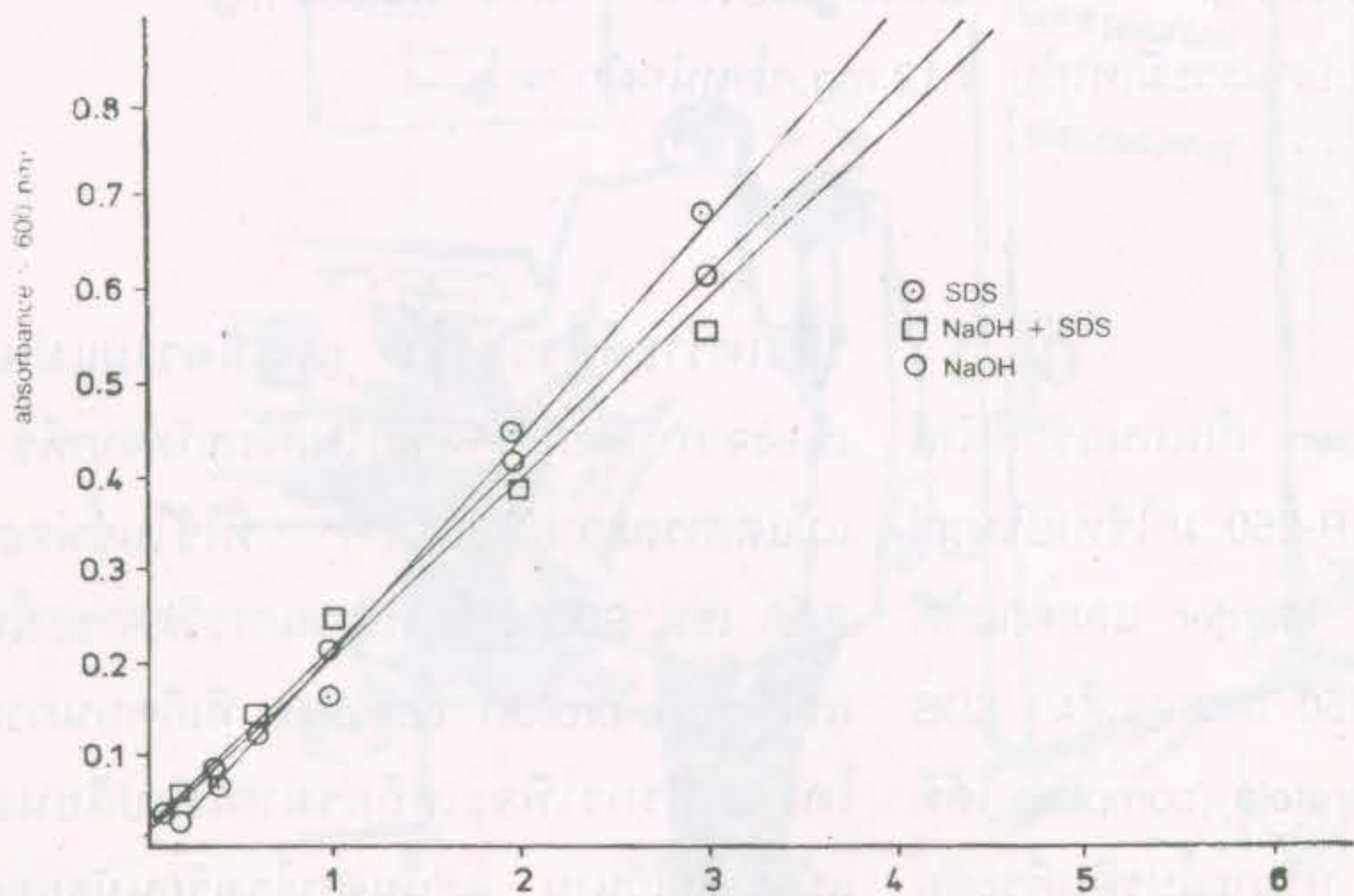
ความเข้มข้น (mg/ml)	ค่าของโปรตีนมาตรฐาน		
	ตัวสกัด 0.1 M NaOH	0.1 M NaOH+2% SDS	Tris+2% SDS
3.00	0.590	0.570	0.690
2.00	0.425	0.390	0.450
1.00	0.220	0.250	0.260
0.60	0.140	0.140	0.160
0.40	0.090	0.088	0.110
0.20	0.055	0.060	0.070
0.10	0.035	0.034	0.035
0.06	0.024	0.025	0.020



รูปที่ 4 แสดงกราฟมาตรฐานของโปรตีนที่ได้จากตัวสกัด 3 ชนิด คือ 0.1 M NaOH 0.1 NaOH+2% SDS 62.5 mM Tris+2% SDS และวัดโดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

ตารางที่ 4 แสดงผลการทดลองที่ได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนโดยวิธีวัดที่ความยาวคลื่น 600 nm

ความเข้มข้น (mg/ml)	ค่า absorbance ของโปรตีนมาตรฐาน		
	ตัวสกัด 0.1M NaOH	0.1M NaOH+2% SDS	Tris+2% SDS
3.00	0.294	0.325	0.379
2.00	0.188	0.198	0.358
1.00	0.085	0.101	0.145
0.60	0.045	0.035	0.082
0.40	0.026	0.042	0.052
0.20	0.015	0.016	0.025
0.10	0.010	0.012	0.014
0.06	0.006	0.006	0.008



รูปที่ 5 แสดงกราฟมาตรฐานของโปรตีนที่ได้จาก ตัวสกัด 3 ชนิด 0.1M NaOH 0.1M NaOH+2% SDS 2%SDS+62.5 mM Tris วิเคราะห์โดย Lowry

วิธีการคำนวณ

X = ค่าความเข้มข้นของโปรตีนที่ได้จากการเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน mg/ml

Y = น้ำหนักเนื้อมะระของผักที่ชั่ง g.

ค่าความเข้มข้นจากกราฟอ่านได้เท่ากับ X mg/ml. ปริมาตรตัวอย่าง 3ml.

สารละลาย 1 ml. มีโปรตีนอยู่ = X mg.

สารละลาย 3 ml. มีโปรตีนอยู่ = X.3 mg.

ผักตัวอย่างหนัก Y g. มีโปรตีนอยู่ = X.3 mg.

ผักตัวอย่างหนัก 1 g. มีโปรตีนอยู่ = X.3/Y mg.

ปริมาณโปรตีนในผักมีเท่ากับ X.3/Y mg.

ตัวอย่างการคำนวณ

ชั่งยอดมะระมา 1.004 g. เพื่อนำไปสกัด หลังจากวัดค่า absorbance ที่ได้นำไปเปรียบเทียบกับกราฟโปรตีนมาตรฐาน พบว่า อ่านค่าความเข้มข้นออกมาได้เท่ากับ 1.38 mg./ml

สารละลายโปรตีน 1 ml. มีปริมาณโปรตีน = 1.38 mg.

สารละลายโปรตีน 3 ml. มีปริมาณโปรตีน = $1.38 \times 3 = 4.14$ mg.

ยอดมะระหนัก 1.004 g. มีปริมาณโปรตีน = 4.14 mg.

ยอดมะระหนัก 1.000 g. มีปริมาณโปรตีน = $4.14 \times 1/1.004$ mg.

ปริมาณโปรตีนในยอดมะระมีเท่ากับ 4.12 mg./น้ำหนักผัก 1 g.

สรุปและวิจารณ์

ในปี ค.ศ.1978 Esen เป็นคนแรกที่น่าสื Coomassie brilliant blue R-250 มาใช้หาปริมาณโปรตีน อีกหลายปีต่อมา Marder และคณะได้ปรับปรุงการใช้สี CBBR-250 โดยการเติม SDS เพื่อช่วยให้การเกิด dye-protein complex ได้ดีขึ้น และสามารถวิเคราะห์ ปริมาณโปรตีนที่ระดับ $0.05-4 \text{ mg.ml}^{-1}$.

สำหรับการทดลองนี้ดัดแปลงมาจาก Ghosh และคณะซึ่งดัดแปลงมาจาก Esen และ Marder และพบว่าการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนโดยวิธีนี้มีข้อดี คือ มีปริมาณโปรตีนเพียงเล็กน้อยในสารสกัดก็สามารถหาค่าได้ และเป็น

วิธีวิเคราะห์ที่รวดเร็ว และมีความแม่นยำสูง เนื่องจาก สีต่าง ๆ ที่อยู่ในสารสกัดจากพืช หรือ แม้แต่สารละลายเคมีต่าง ๆ ที่ใช้ในขั้นตอนการสกัด เช่น SDS จะไม่รบกวนการวัดค่าของโปรตีน และ dye-protein complex ที่เกิดบนกระดาษโครมาโตกราฟฟีจะเสถียรมากไม่เปลี่ยนแปลง แม้จะเก็บไว้นาน ฉะนั้นตามโรงเรียนมัธยมต่าง ๆ ถ้าต้องการเพียงเพื่อให้เด็กทดลองหาปริมาณโปรตีนอย่างง่าย อาจเทียบสปีบนกระดาษโครมาโตกราฟฟี กับโปรตีนมาตรฐานด้วยสายตาโดยไม่ต้องใช้วัดด้วยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ หรือเครื่องสแกนนิ่งเดินซีโอมิเตอร์เลย

บรรณานุกรม

Bersadsum, M., and Weirstein, D. Anal. Biochem. 70, 251-260 (1976).

Bra ford, M.M. Anal. Biochem. 72, 258-264 (1976).

Compto, S.J., and Jones, C.G. Anal. Biochem. 151, 369-374 (1985).

Esen, A. Anal. Biochem. 89, 264-273 (1978).

Exe, J.M.O., and Dumbroff, E.B. Canad. J. Bot. 60, 1046-1049 (1982).

Fryer, M.J.L., Davis, G.E., Man thorpe, M., and Varon, S. Anal Biochem., 153, 262-266 (1986).

Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr. A.L., and Randall, R.J. J. Biol. Chem. 193, 265-275 (1951).

Ghosh, S., Gepstein, S., Meikkila, J.J., and Dumbroff, E.B. Anal. Biochem. 169, 227-233 (1988).

Marder, J.B., Mat, A.K., and Edelman, M. Methods in Enzymology, 118, 384-396 (1986).

Macart, M., and Gerbaut, L. Clinical. Chim. Acta. 122, 93-101 (1982).



"Oh, that's not Dr. Gershenzon. That's a hologram."

การศึกษาเซลล์พันธุศาสตร์ของ สัตว์เลื้อยคลาน 4 ชนิดในประเทศไทย

(Cytogenetic Studies on Four Species of Thai Squamata)

ถาวร สุภาพรม*

ชูทวีป ปาลกะวงศ์ ณ อยุธยา**

บทคัดย่อ

นับเป็นครั้งแรกที่มีการศึกษาทางด้านเซลล์พันธุศาสตร์ในสัตว์เลื้อยคลาน กลุ่มสquamata 4 ชนิด ในประเทศไทย คือ ตุ๊กแกบ้าน (*Gekko gekko*) กิ้งก่าหัวแดง (*Calotes versicolor*) กิ้งก่าเขียว (*Calotes cristatellus*) และจิ้งเหลน (*Mabuya novemcarinata*) อย่างละ 10 ตัว ที่เก็บจาก จ.อุบลราชธานี และ จ.ขอนแก่น และเตรียมโครโมโซมจากเซลล์ไขกระดูกโดยเทคนิคโคลชิซิน-ไฮโปโทนิคแอร์ตรายอิง แล้วย้อมด้วยสีจิมซา ผลการศึกษาปรากฏว่า

1. จำนวนโครโมโซมแบบดิพลอยด์ของสัตว์เลื้อยคลานทั้ง 4 ชนิด เท่ากับ 38 34 34 และ 32 ตามลำดับ ขนาดของโครโมโซมแบ่งได้ 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่มีขนาดใหญ่ และกลุ่มที่มีขนาดเล็ก
2. ตุ๊กแกบ้าน มีจำนวนโครโมโซมแบบดิพลอยด์ $2n = 38$ คาร์ิโอไทป์ประกอบด้วยโครโมโซมที่มีรูปร่างแบบเมตาเซนตริก 2 คู่ แบบสับเมตาเซนตริก 3 คู่ และแบบอโครเซนตริก 14 คู่
3. กิ้งก่าหัวแดงและกิ้งก่าเขียวต่างก็มีจำนวนโครโมโซมแบบดิพลอยด์ $2n = 34$ แต่ละคาร์ิโอไทป์ประกอบด้วยกลุ่มโครโมโซมขนาดใหญ่ 6 คู่ มีรูปร่างโครโมโซมแบบเมตาเซนตริก 4 คู่ แบบสับเมตาเซนตริก 2 คู่ และกลุ่มโครโมโซมขนาดเล็ก 11 คู่
4. จิ้งเหลนมีจำนวนโครโมโซมแบบดิพลอยด์ $2n = 32$ คาร์ิโอไทป์ประกอบด้วยกลุ่มโครโมโซมขนาดใหญ่ 9 คู่ รูปร่างโครโมโซมแบบเมตาเซนตริก 5 คู่ แบบสับเมตาเซนตริก 2 คู่ แบบอโครเซนตริก 2 คู่ และกลุ่มโครโมโซมขนาดเล็ก 7 คู่

การศึกษานี้มีประโยชน์ทางด้านเซลล์อนุกรมวิธาน (Cytotaxonomy) ของสัตว์เลื้อยคลานและเป็นการพัฒนาเทคนิคการเตรียมโครโมโซมของสัตว์ให้เห็นรูปร่างของโครโมโซมชัดเจน ประหยัดเวลา และได้ปริมาณเมตาเฟสสูงด้วย

* อาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

** นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Abstract

The first cytogenetic survey was made on four species of Thai squamata : *Gekko gecko*, *Calotes versicolor*, *Calotes cristatellus* and *Mabuya novemcarinata* from Ubon Ratchathani and Khon Kaen provinces. Ten specimens of each species were studied. The chromosomes were studied from bone marrow cells by the colchicine-hypotonic-air drying technique with Giemsa staining. The results of this experiment are as follows:

1. Chromosome complement of four Thai Squamata consists of 38, 34, 34 and 32 respectively. They are divided into 2 groups : macrochromosome and micro chromosome.
2. The diploid chromosome number of *G. gecko* is 38. The karyotype comprises 2 pairs of metacentric, 3 pairs of submetacentric, and 14 pairs of acrocentric.
3. The diploid chromosome number of *C. versicolor* and *C. cristatellus* is 34. Chromosome size of each karyotype is divided into 2 groups : 6 pairs of macrochromosome comprises 4 pairs of metacentric and 2 pairs of submetacentric, and 11 pairs of microchromosome.
4. The diploid chromosome number of *M. novemcarinata* is 32. Chromosome size of karyotype is divided into 2 groups : 9 pairs of macrochromosome comprises 5 pairs of metacentric, 2 pairs of submetacentric and 2 pairs of acrocentric, and 7 pairs of microchromosome.

These results will be useful for Cytotaxonomy of reptiles and help developing technique for chromosome preparation so that quality of chromosomes can be clearly seen, time saving and high metaphase yield.

บทนำ

ปัจจุบันการศึกษาทางเซลล์พันธุศาสตร์ (Cytogenetics) ของสิ่งมีชีวิตนับว่ากว้างขวางมาก โดยเฉพาะในส่วนของคนได้มีการพัฒนาเทคนิคต่าง ๆ ขึ้นมา เพื่อให้ง่ายและสะดวกต่อการศึกษ แต่การศึกษาทางด้านนี้ในส่วนของสัตว์แล้ว ยังมีขอบเขตจำกัดและแคบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งใน สัตว์เลื้อยคลาน มีการศึกษาน้อยมาก แม้แต่ใน สัตว์เลื้อยคลานที่เป็นประโยชน์ เช่น กิ้งก่าไทย ตุ๊กแกไทย ก็ยังไม่มีผู้ศึกษาเอาไว้ การศึกษาครั้งนี้ จึงถือเป็นการบุกเบิกครั้งแรก

สัตว์เลื้อยคลานบางชนิด เช่น ตุ๊กแก ยังเป็นสินค้าส่งออกที่ทำรายได้สูง ปัจจุบันมีการส่งออกตุ๊กแกมากทั้งในรูปสัตว์มีชีวิตและในรูปอบแห้ง ยังมีแนวโน้มว่าจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ (จารุจินต์, 2526; สุรัตน์ ; 2528 ; มัทนา ; 2531) บางชนิดคนไทยอีสานนิยมนำมาประกอบอาหาร เช่น กิ้งก่า อีกทั้งสัตว์เลื้อยคลานยังมีบทบาทในการควบคุม

ศัตรูพืชหลายชนิด โดยชีววิธี (biological control) จึงสมควรอย่างยิ่งที่จะมีศึกษาของข้อมูลพื้นฐาน ในการคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์สัตว์ให้ดียิ่งขึ้น ตลอดจนการอนุรักษ์พันธุ์สัตว์เหล่านี้ไว้

ดังนั้น การศึกษาโครโมโซมและคาริโอไทป์ (karyotype) ของสัตว์เลื้อยคลาน จึงมีความสำคัญมาก เพราะนอกจากจะช่วยจัดจำแนกชนิด (เซลล์อนุกรมวิธาน ; Cytotaxonomy) ช่วยยืนยันความสัมพันธ์และวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตแล้ว ความรู้ที่ได้ยังอาจใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการคัดเลือกพันธุ์หรือปรับปรุงพันธุ์ให้ได้พันธุ์ที่มีคุณภาพและดียิ่งขึ้น เพื่อเพิ่มรายได้จากการส่งออกหรือนำมาใช้บริโภค และใช้ในการควบคุมทางชีววิธีอีกทางหนึ่ง

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ก็เพื่อตรวจนับ จำนวนโครโมโซม (Chromosome complement) ศึกษารูปร่างของโครโมโซมและคาริโอไทป์ (karyotype) ของสัตว์เลื้อยคลานกลุ่ม

สความาต้า 4 ชนิด ในประเทศไทยคือ ตั๊กแตนบ้าน กิ้งก่าหัวแดง กิ้งก่าเขียว และจิ้งเหลน

วิธีการศึกษา

ตัวอย่างสัตว์ สัตว์เลื้อยคลานทั้ง 4 ชนิด คือ ตั๊กแตนบ้าน กิ้งก่าหัวแดง กิ้งก่าเขียว และจิ้งเหลน ชนิดละ 10 ตัว ที่เก็บจากจังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดขอนแก่น จะถูกนำมาศึกษาโครโมโซม

การเตรียมโครโมโซมโดยตรงจากเซลล์ไขกระดูก (bone marrow cells)

สัตว์ตัวอย่างทั้ง 4 ชนิดๆ ละ 10 ตัว จะถูกนำมาเตรียมโครโมโซมจากเซลล์ไขกระดูก โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ฉีดสารละลายโคลชิซิน (Colchicine)

ความเข้มข้น 0.2 mg/ml ประมาณ 0.2-0.4 ml/100-200 กรัม น้ำหนักตัว เข้าในช่องท้อง (intra-peritoneal cavity) ของสัตว์ตัวอย่าง ปล่อยทิ้งไว้ นาน 1-2 ชั่วโมง (ถ้าทิ้งไว้นานขนาดของโครโมโซมจะสั้นเกินไป และจำนวนโครโมโซมอาจจะ เป็น polyploid)

2. จากนั้นสลบสัตว์ตัวอย่างด้วย อีเทอร์ (ether) เนืองเนื้อที่ติดกระดูกแขน ขา ออกให้หมด (humerus, radius-ulna, femur, tibia-fibula) แล้วแช่กระดูกต่างๆ ในอาหารเลี้ยงเซลล์ (supplement chromosome media) หรือแช่ในสารละลายไฮโปโทนิก (0.075 M KCl hypotonic solution)

3. ตัดกระดูกที่ปลายทั้ง 2 ด้าน ด้วยกรรไกรหรือใบมีดผ่าตัดที่คม จากนั้นใช้กระบอกฉีดยาที่มีเข็มติดอยู่ดูดเอาสารละลายไฮโปโทนิกฉีดพ่นดันให้ไขกระดูกหลุดออกจากโพรงกระดูก แล้วบดไขกระดูกในสารละลายไฮโปโทนิก เติม

สารละลายไฮโปโทนิกลงไปอีกให้ได้ปริมาตร 10 ml ผสมให้ทั่ว แล้วปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 15-20 นาที แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 1,100 รอบ/นาที นาน 3-5 นาที ดูดส่วนที่ใส (supernatant) ทิ้งให้เหลือไว้ 1 ml ผสมให้ทั่ว

4. ตรึงเซลล์ (fix) โดยหยดน้ำยา (fixative ; เมธานอล : กรดอะซิติกในอัตราส่วน 3 : 1) ที่เตรียมใหม่ที่ละหยด (drop by drop) พร้อมกับเขย่าอย่างแรง (อาจจะใช้เครื่อง vortex mixture ก็ได้) เติมน้ำยา fixative ลงไปอีกให้ได้ปริมาตร 8-10 ml ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที หรือนำไปปั่นทันทีเลยก็ได้

5. นำไปปั่นเหวี่ยง ทิ้งส่วนที่ใส ทำซ้ำ 3-4 ครั้ง จนได้ตะกอนขาวที่ก้นหลอด เติม fixative ใหม่ลงไป 1-2 ml (ขึ้นกับปริมาณของตะกอน) นำมาหยดลงบนสไลด์ที่สะอาด

6. หยดตะกอนลงบนสไลด์ 2-3 หยด ด้วยปาสเตอร์ปิเปต (ไม่ซ้ำตำแหน่งเดิม) โดยหยดให้สูงจากสไลด์ 2-3 ฟุต เพื่อให้โครโมโซมกระจายตัวดี วางสไลด์ลงบน hot plate หรือผ่านเปลวไฟ เพื่อไล่กรดและแอลกอฮอล์ออกไป และช่วยให้โครโมโซมกระจายตัว และมีความเสถียรภาพ (aging)

7. ย้อมโครโมโซมด้วยสีจิมซ่า (15% giemsa stain in .sorensen นาน 15 นาที ล้างออกด้วยน้ำประปา ทิ้งไว้ให้แห้ง (air drying) แล้วนำไปศึกษาโครโมโซมภายใต้กล้องจุลทรรศน์

8. นับดูและคัดเลือกเมตาเฟสที่ดีที่สุด คือ ขนาดของโครโมโซมที่ไม่ยาวหรือสั้นจนเกินไป และมีการกระจายที่ดีไม่ซ้อนทับกัน ประมาณ 25 เมตาเฟส ต่อสัตว์ทดลอง 1 ตัว แล้วถ่ายรูปไว้ 1 เซลล์/สัตว์ทดลอง 1 ตัว แล้วจัด karyotype พร้อมทั้งวิเคราะห์โครโมโซม

ผลการศึกษา

ผลจากการวิเคราะห์โครโมโซมจากสัตว์โครโมโซมจำนวน 25 เมตาเฟส/สัตว์ตัวอย่าง
ตัวอย่างทั้ง 4 ชนิด ชนิดละ 10 ตัว ตรวจนับ 1 ตัว สรุปไว้ในตารางที่ 1 รูปที่ 1 และรูปที่ 2

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนโครโมโซมแบบดิพลอยด์และการโอโทปีของสัตว์เลื้อยคลานทั้ง 4 ชนิด
m = metacentric, sm = submetacentric, ac = acrocentric, micro = microchromosome

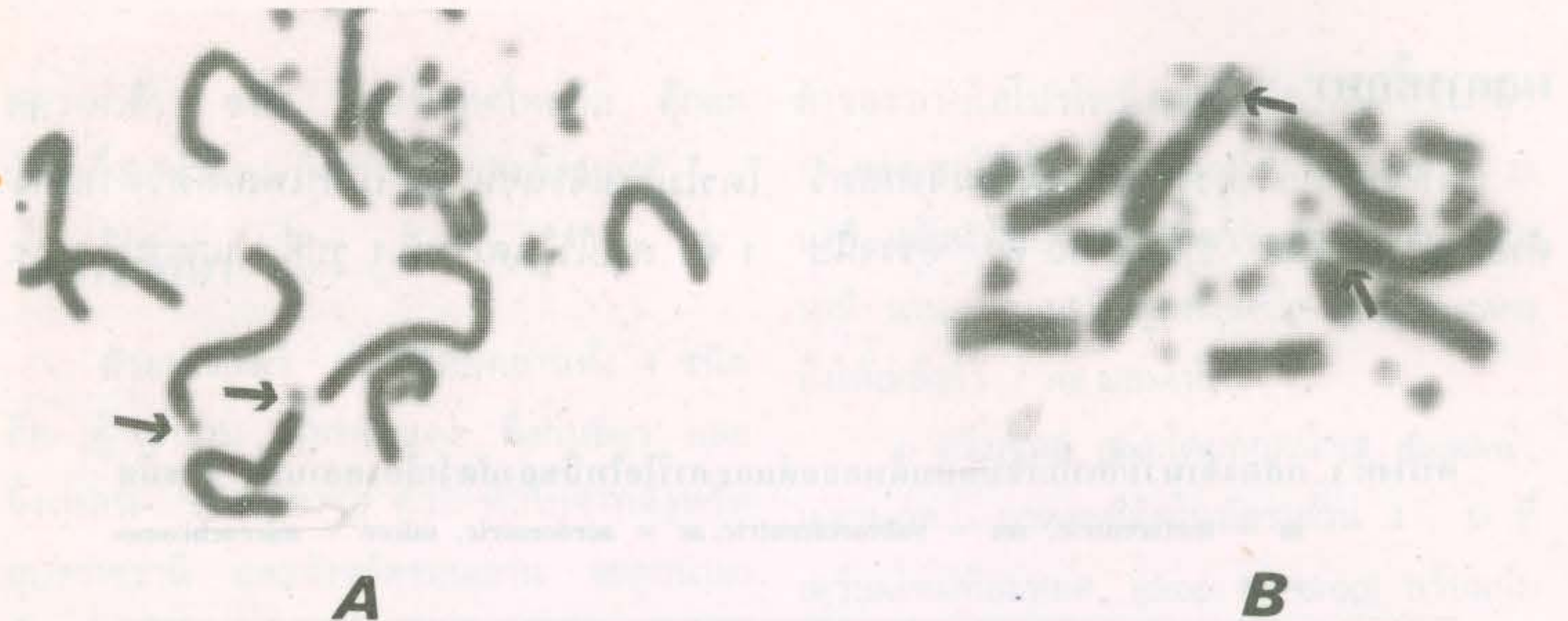
Species	Karyotype				
	2n	m	sm	ac	micro
ตุ๊กแกบ้าน (<i>Gekko gekko</i>)	38	2	3	14	
กิ้งก่าหัวแดง (<i>Calotes versicolor</i>)	34	4	2	-	11
กิ้งก่าเขียว (<i>Calotes cristalellus</i>)	34	4	2	-	11
จิ้งเหลน (<i>Mabuya novemcarinata</i>)	32	5	2	2	7

การโอโทปีของตุ๊กแกบ้าน ประกอบด้วยโครโมโซมที่มีรูปร่างแบบเมตาเซนตริก ขนาดเล็ก 2 คู่ (คู่ที่ 17 และ 18) แบบสับเมตาเซนตริกขนาดใหญ่ 3 คู่ (คู่ที่ 1 2 และ 3) และแบบอโครเซนตริก 14 คู่ มีตั้งแต่ขนาดใหญ่ กลาง เล็ก เรียงลดหลั่นกันไป

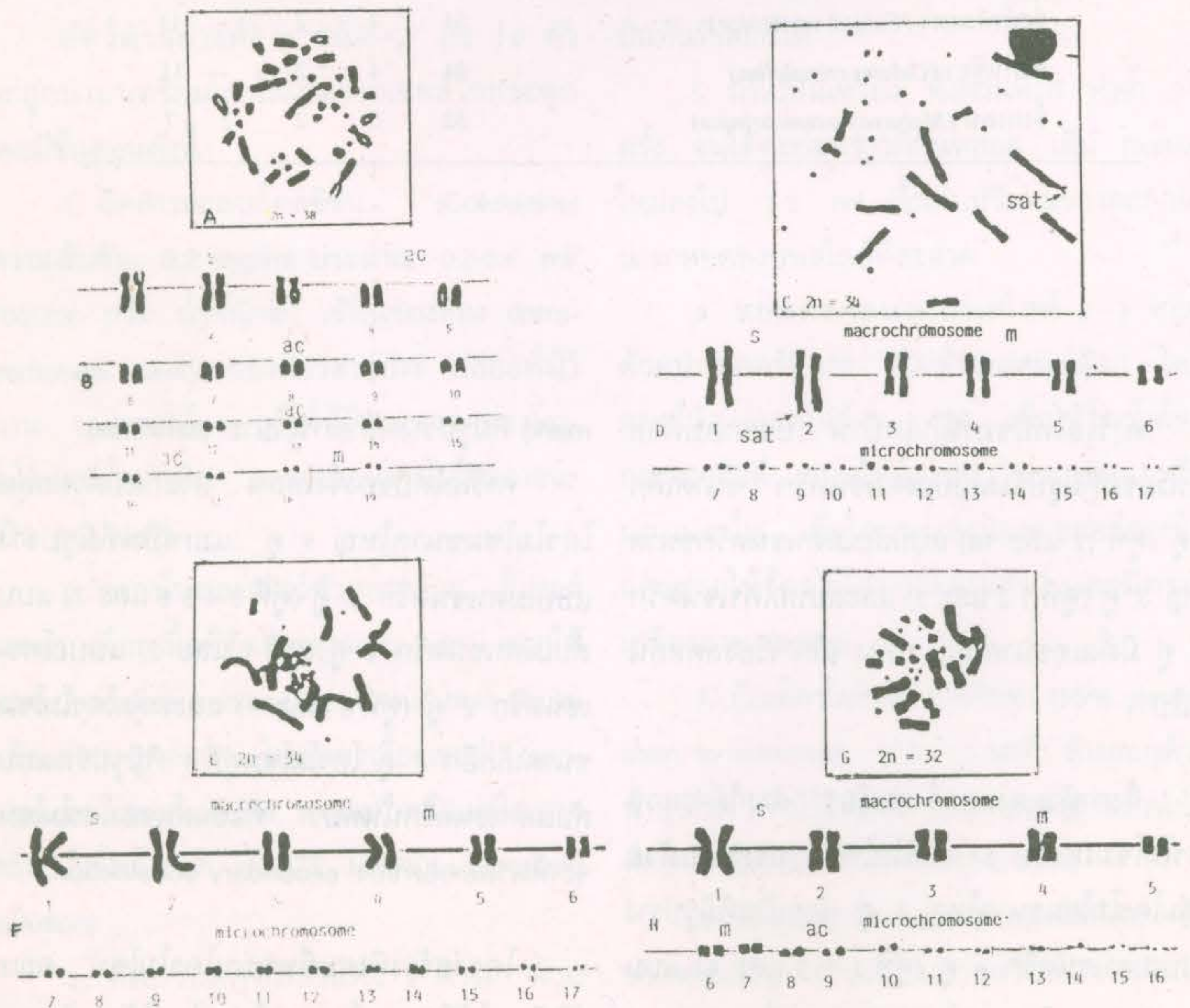
กิ้งก่าหัวแดงและกิ้งก่าเขียว ต่างก็มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 34 การโอโทปี ประกอบด้วยกลุ่มโครโมโซมขนาดใหญ่ 6 คู่ แยกเป็นที่มีรูปร่างแบบเมตาเซนตริก 4 คู่ (คู่ที่ 3 4 5 และ 6) แบบสับเมตาเซนตริกขนาดใหญ่ 2 คู่ (คู่ที่ 1 และ 2) และกลุ่มโครโมโซมขนาดเล็กอีก 11 คู่ โครโมโซมคู่ที่ 2 มีรูปร่างแบบสับเมตาเซนตริกนั้น พบว่าส่วนปลายสุดของแขนยาวจะเห็นโครงสร้าง (land

mark) ที่มีรูปร่างคล้ายกระเปาะ (satellites)
การโอโทปีของจิ้งเหลน ประกอบด้วยกลุ่มโครโมโซมขนาดใหญ่ 9 คู่ แยกเป็นที่มีรูปร่างแบบเมตาเซนตริก 5 คู่ (คู่ที่ 3 4 5 6 และ 7) แบบสับเมตาเซนตริก 2 คู่ (คู่ที่ 1 และ 2) แบบอโครเซนตริก 2 คู่ (คู่ที่ 8 และ 9) และกลุ่มโครโมโซมขนาดเล็กอีก 7 คู่ โครโมโซมคู่ที่ 1 ที่มีรูปร่างแบบสับเมตาเซนตริกนั้นพบว่า ที่แขนสั้นของโครโมโซมจะเห็นรอยคอดของ secondary constriction

โครงสร้างพิเศษที่พบบนโครโมโซม คณะผู้วิจัยจะได้ติดตามศึกษาต่อไป โดยใช้เทคนิคการย้อมแถบชนิดต่างๆ ผสมกัน เพื่อตรวจวิเคราะห์และจำแนกโครงสร้างพิเศษบนโครโมโซมแม่นยำมากที่สุด



รูปที่ 1 somatic metaphase แสดงให้เห็นโครงสร้างพิเศษ “satellite” (A; ลูกศรชี้) ในกิ่งก้ำ และ “Secondary constriction” (B; ลูกศรชี้) ในกิ่งแขน



รูปที่ 2 ภาพถ่าย somatic metaphase ของตุ๊กแกบ้าน (A) กิ้งก่าหัวแดง (C) กิ้งก่าเขียว (E) และจิ้งเหลน (G) การิโอไทป์ของตุ๊กแกบ้าน (B) กิ้งก่าหัวแดง (D) กิ้งก่าเขียว (F) และจิ้งเหลน (H)

m = metacentric s = submetacentric ac = acrocentric

sat = satellite

ประโยชน์ของการศึกษาครั้งนี้ นอกจากจะเป็นการพัฒนาเทคนิคการศึกษาโครโมโซมของสัตว์เลื้อยคลานให้เห็นรูปร่างของโครโมโซมชัดเจน ประหยัดเวลาและได้ปริมาณเมตาเฟสสูงแล้ว ความรู้ที่ได้ยังเป็นข้อมูลพื้นฐานทางพันธุศาสตร์ของสัตว์เลื้อยคลานของไทยที่ยังมีอยู่น้อย ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการพิจารณาประกอบการศึกษาทางเซลล์อนุกรมวิธานของสัตว์เลื้อยคลาน และการปรับปรุงพันธุ์ หรือพัฒนาพันธุ์สัตว์เลื้อยคลานของไทยที่มีลักษณะดี ๆ ที่ต้องการหรือชนิดใหม่ ๆ ขึ้นมา

สรุปผลและวิจารณ์

ผลจากการตรวจสอบโครโมโซมของสัตว์เลื้อยคลานกลุ่มสความาต้า 4 ชนิด ในประเทศไทย คือ ตุ๊กแกบ้าน กิ้งก่าหัวแดง กิ้งก่าเขียว และจิ้งเหลน ที่เตรียมโครโมโซมจากเซลล์ไขกระดูก โดยใช้เทคนิคโคลชิซิน-ไฮโปรโทนิค-แอร์ดรายอิง แล้วย้อมด้วยสีจิมซ่า พบว่า จำนวนโครโมโซมแบ่งได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีขนาดใหญ่ และกลุ่มที่มีขนาดเล็ก คาร์ิโอไทป์ของตุ๊กแกบ้านประกอบด้วยโครโมโซมที่มีรูปร่างแบบเมตาเซนตริก 2 คู่ แบบลัมโบเมตาเซนตริก 3 คู่ และแบบอโครเซนตริก 14 คู่ กิ้งก่าหัวแดง และกิ้งก่าเขียวต่างก็มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 34 แต่ละคาร์ิโอไทป์ประกอบด้วย กลุ่มโครโมโซมขนาดใหญ่ 6 คู่ มีรูปร่างโครโมโซมแบบเมตาเซนตริก 4 คู่ แบบลัมโบเมตาเซนตริก 2 คู่ และกลุ่มโครโมโซมขนาดเล็กอีก 11 คู่ คาร์ิโอไทป์ของจิ้งเหลนประกอบด้วย กลุ่มโครโมโซมขนาดใหญ่ 9 คู่ มีรูปร่างโครโมโซมแบบเมตาเซนตริก 5 คู่ แบบลัมโบเมตาเซนตริก 2 คู่ แบบอโครเซนตริก 2 คู่ และกลุ่มโครโมโซมขนาดเล็กอีก 7 คู่

การศึกษาทางเซลล์พันธุศาสตร์ในสัตว์เลื้อยคลานครั้งนี้ถือว่าการบุกเบิกข้อมูลขั้นพื้นฐานทางด้านนี้เป็นครั้งแรกในประเทศไทย แม้ในสัตว์เลื้อยคลานชนิดอื่น เช่น แย้ จะมีผู้รายงานไว้ก็ตาม (โรจน์ชัย และสุวคนธ์, 2532) ก็ถือว่าอยู่ในขอบเขตที่จำกัด และน้อยมาก เพราะสัตว์เลื้อยคลานในประเทศไทยมีจำนวนและความหลากหลาย (diversity) มาก บางชนิดก็น่าจะอนุรักษ์พันธุ์ไว้ เพราะมีสัตว์เลื้อยคลานบางชนิดหรือบางกลุ่มที่มีแนวโน้มว่าจะหายากและอาจสูญพันธุ์ได้ ถ้าไม่มีการอนุรักษ์พันธุ์ไว้ เช่น ตุ๊กแก ด้วยการทำลายแหล่งที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติ การใช้ประโยชน์จากสัตว์ป่าอย่างไม่มีขอบเขต และการขาดข้อมูลและความรู้เกี่ยวกับสัตว์ในกลุ่มนี้ ดังนั้น รายงานวิจัยเรื่องนี้จึงเป็นส่วนหนึ่งที่เสนอข้อมูลและความรู้ทางเซลล์พันธุศาสตร์ในกลุ่มสัตว์เลื้อยคลานในประเทศไทยในส่วนที่ขาดข้อมูลน้อย

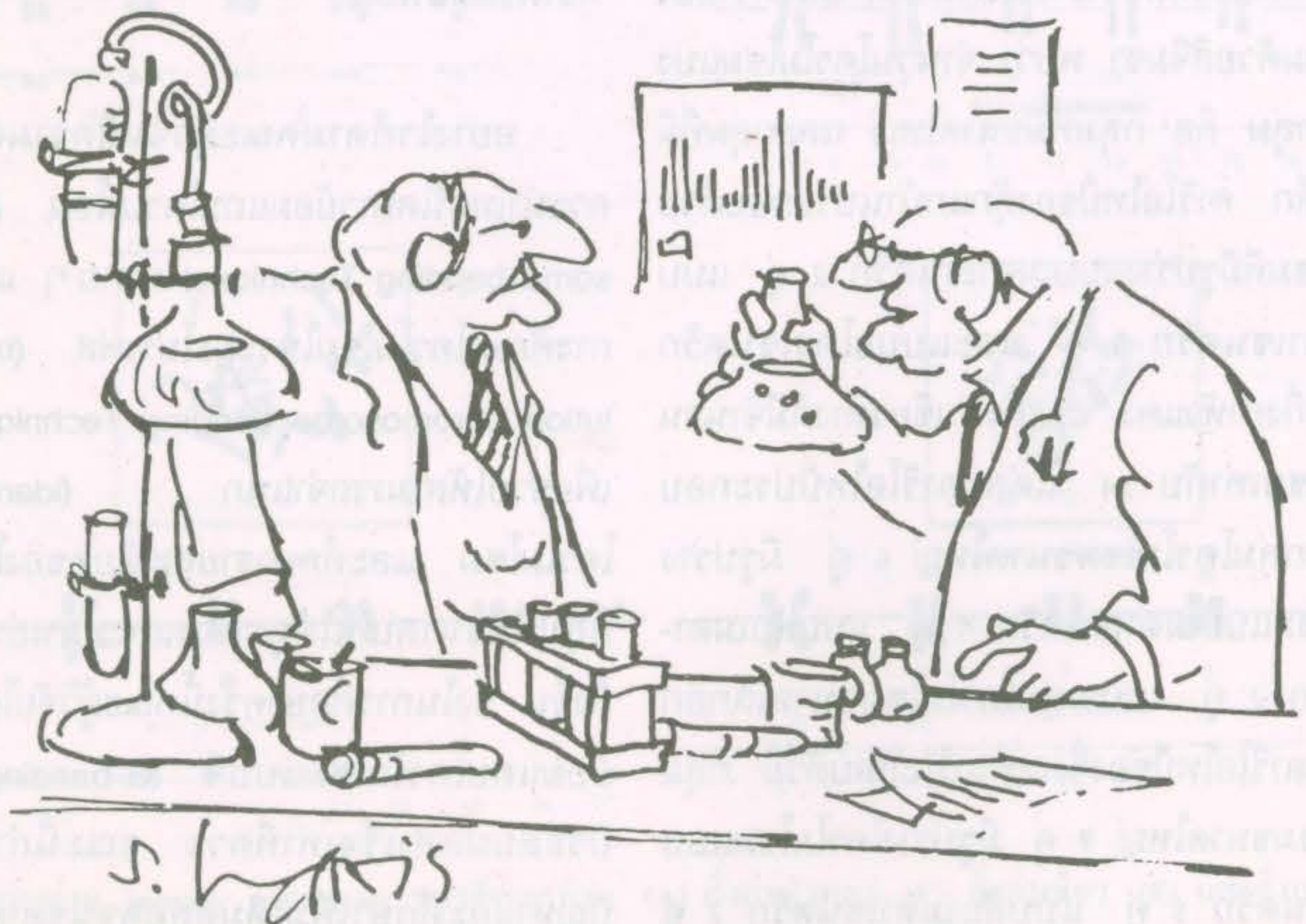
อย่างไรก็ตามคณะผู้วิจัยมีความคิดเห็นว่าการนำเทคนิคการย้อมแถบโครโมโซม (Chromosome banding Technique) หลายๆ แบบ และการศึกษาโครโมโซมในระยะโปรเฟส (high-resolution chromosome banding Technique) มาใช้เพื่อช่วยให้สามารถจำแนก (identification) โครโมโซม และศึกษารายละเอียดของโครโมโซมกลุ่มที่มีขนาดเล็กได้ถูกต้องและแม่นยำมากที่สุดยิ่งขึ้น ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้พยายามย้อมแถบโครโมโซมแบบจี (G-banding) แต่ไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร ขณะนี้กำลังแก้ไขปัญหาคือศึกษาเพิ่มเติมตลอดจนขยายแนวทางการวิจัยทั้งในระดับกว้างและลึก

กิตติกรรมประกาศ

ในการวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ห้องปฏิบัติการพันธุกรรม กองสัณฐานวิทยาและชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์น้ำยาเคมี อุปกรณ์ เครื่องมือ ตรวจวิเคราะห์โครโมโซม ตลอดจนอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับสถานที่เป็นอย่างดี ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี คุณรัตน อึ้งรัตนวงศ์ คุณนิตยา ชาญนรา และผู้ที่ให้ความช่วยเหลือ ซึ่งไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้ซึ่งมีส่วนช่วยทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

1. จารุจินต์ นกิตะภักดิ์ ตึกแกทรีพยากรณ์ที่ควรเริ่มอนุรักษ **ข่าวนิคมไพร** 20-21, 2526.
2. มัทนา ศรีกระจ่าง ตึกแกทรีพยากรณ์ที่ควรเริ่มอนุรักษ **เคหะการเกษตร** 12(136) 71-73, 2531.
3. โรจน์ชัย ศัตตราหา และสุคนธ์ พลกนิษฐ์ โครโมโซมและคาริโอไทป์ของแย้พันธุ์ *Leiolepis belliana rubritaeniata* **วารสารวิทยาศาสตร์ มข.** 17(3) 152-156, 2532.
4. สุรัตน์ วราครัตน์ ตึกแกเงินล้าน **สารคดี** 1(7) 55-63, 2528.
5. Ota, H. and T. Hikida Karyotype of three species of the genus *Draco* (Agamidae : Lacertilia) from Sabah, Malaysia. *Japan Journal Herpitol* 13(1) : 1-6, 1989.
6. Ota, H., Matsui, M., Hikida, T. and T. Hidaka. Karyotype of a gekkonid lizard, *Cosymbotus platyrun* form Sabah, Borneo Malaysia. *Zoology science*. 4(2) : 385-386, 1987.
7. Taylor, E. H., *The lizards of Thailand* The university of Kansas science bulletin 44(14) : 687-1077, 1968.



"It may very well bring about immortality,
but it will take forever to test it."

อันตราย

โดย ญาปล้อง

สังหารหมู่ด้วยเสียง

เสียงมีชื่อเรียกต่าง ๆ กันไปตามย่านความถี่ ได้แก่ เสียงคนปกติได้ยินมีความถี่ 20-20000 เฮิรตซ์ เสียงที่มีความถี่เกินที่หูคนธรรมดาจะได้ยินเรียก อุลตราโซนิก (หรือบางทีเรียกว่า ซุปเปอร์โซนิก) ส่วนเสียงที่มีความถี่ต่ำกว่าความถี่ที่หูมนุษย์จะได้ยินเรียกว่า อินฟราโซนิก

มนุษย์นำความถี่ของเสียงในย่านความถี่ต่าง ๆ ไปใช้ประโยชน์หลายด้าน เช่น ความถี่ย่านอุลตราโซนิกใช้ในวงการแพทย์และอุตสาหกรรม คงไม่ต้องพูดถึงความถี่เสียงในย่านที่คนเราได้ยินซึ่งใช้กันอยู่ทุก ๆ วัน มีการใช้ความถี่เสียงที่เหมาะสมขับไล่นกหรือสัตว์ตามสนามบิน หนูหรือแมลงที่อยู่ภายในบ้าน ถึงตอนนี้ หลายท่านชักสงสัยว่า “สังหารหมู่ด้วยเสียง” เป็นอย่างไร

ในวรรณคดีเรื่องพระอภัยมณี (อายุหย่อนสองร้อยปีไม่เท่าไร) ที่บรรยายสรรพคุณของเสียงปีพระอภัยมณี มีมากมายทั้งให้คุณและโทษ และก็เสียงปีนี่เองที่ทำให้นางผีเสื้อสมุทรตาย รับประกันได้เลยว่านักเรียนร้อยคนที่เรียนถึงตอนนี้จะเชื่อสักคนก็คงยากส์

เรื่องของความบันเทิงอีกเช่นกัน นิยายจีนกำลังภายในที่มาริณเร่ร่ำกำลังภายในกริด

เพลงพิณทำร้ายเหล่าผู้กล้าฝ่ายธรรมะจนกระอักโลหิตตายเป็นเบือ เหลือแต่ผู้ที่มีกำลังภายใน ลึกล้ำจริง ๆ ที่พอจะต้านได้แบบเหลือสายป่านชีวิตเพียงเส้นเดียว ผู้อ่านก็จะอ่านผ่านในลักษณะเป็นความบันเทิง

แต่ที่จะเล่าต่อไปนี้เป็นเรื่องจริง ! (แปลตามตัวแบบไม่ใส่ไข่)

เรื่องบังเอิญ เกิดขึ้นที่ประเทศออสเตรเลีย (เมื่อไร? แหล่งข้อมูลไม่ได้ระบุครับผม...) มีการก่อสร้างโรงงานแห่งหนึ่งติดกับฟาร์มเลี้ยงไก่ ปรากฏว่าเมื่อเริ่มเดินเครื่องของโรงงาน ลูกไก่ตายหมดทั้งเล้า ผลการสืบค้นถึงสาเหตุได้ออกมาว่า ความถี่ของเสียงโรงงาน 7 เฮิรตซ์ นั้น ไปตรงกับความถี่ธรรมชาติที่จะทำให้เกิดกำทอนในกระโหลกของลูกไก่ ยังผลให้ลูกไก่ตายหมดเล้า

นี่ถ้าเกิดขึ้นในเมืองไทย ผลสรุปที่ได้ออกมาเป็นอย่างไรยากที่จะคิด!

ที่มาของเรื่องเล่านี้ จากหนังสือ Turbo C 2.0, Reference and User's Guide หน้า 350-351 ในหัวข้อ sound ซึ่งเป็น library function ของ Turbo C

ครับ.... ถ้าเป็นเรื่องจริง ก็แสดงให้เห็นว่าจินตนาการของคนเรานี้ ไร้ขอบเขตจริง ๆ ผู้อ่านว่าเช่นนั้นไหมครับ

คอลัมน์นี้มีรางวัล



คอลัมน์นี้มีรางวัล

สวัสดีค่ะสมาชิการสาขารัฐศาสตร์ มข.ทุกท่าน สำหรับคอลัมน์นี้เราพยายามให้ท่านได้พบกับปัญหาในหลายๆ รูปแบบ พร้อมกับของรางวัลสวยหรูสำหรับท่านที่ตอบปัญหาของเราได้อย่างถูกต้อง ลองขบคิดปัญหาของเราได้เลยคะ ...

1. เรือสินค้าลำหนึ่งทอดสมอจอดอยู่ที่ท่าเรือ ด้านข้างลำเรือมีบันไดเชือกทอดยาวลงมายังพื้นน้ำ ถ้านับจำนวนขั้นบันไดที่อยู่เหนือผิวน้ำแล้วนับได้ 20 ขั้น แต่ละขั้นบันไดห่างกัน 1 ฟุต ถ้ากระแสน้ำขึ้นสูงในอัตรา 6 นิ้ว/ชั่วโมง จำนวนขั้นบันไดที่อยู่เหนือผิวน้ำจะมีกี่ขั้นเมื่อเวลาผ่านไป 6 ชั่วโมง

2. ตัวเลขที่สมการจะใส่ลงไปต่อจากตัวเลขชุดอนุกรมข้างล่างนี้คืออะไร 88 22 66 33

กรุณายำรื้อเมื่อพบคำตอบส่งตรงไปยัง.....

คุณ ช็อกโกแลต

วารสารวิทยาศาสตร์ มข.

ห้องสมุดคณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

เฉลย ปัญหาการจับคู่ ปีที่ 18 ฉบับที่ 3 ก.ค.-ก.ย. 2533

Prob (สามีจะหาภรรยาของตนไม่พบเลย) = 1-Prob (หาเจออย่างน้อย 1 คู่)

ให้ A_i = เหตุการณ์ที่สามีพบภรรยา i คู่

$$P(U^5 A_i) = \sum_{i=1}^n (-1)^{i-1} (n_i)(n-i)!/n!$$

$$= 1 - \sum_{i=0}^n (-1)^i (n_i)(n-i)!/n!$$

$$= 1 - \sum_{i=0}^n (-1)^i 1/i!$$

$$= 1 - [1 + (-1) + \frac{1}{2!} + (-1)\frac{1}{3!} + \frac{1}{4!} + (-1)\frac{1}{5!}]$$

$$= 1 - [1 - \frac{1}{6} + \frac{1}{24} - \frac{1}{120}]$$

$$= 1 - \frac{60-20+5-1}{120}$$

$$= 1 - \frac{44}{120}$$

$$= \frac{76}{120}$$

$$\text{Prob (หาไม่เจอเลย)} = 1 - \frac{76}{120} = \frac{44}{120} = 0.3667 = 36.67\%$$

สำหรับปัญหาการจับคู่นี้ ปรากฏว่าไม่มีสมาชิกท่านใดตอบถูกเลย รีบฝึกปรือแล้วขบคิดปัญหาใหม่ต่อไป.

นะคะ



ข้อเสนอแนะ ในการเขียนบทความลง วารสาร “วิทยาศาสตร์ มข.”



ประเภทของเรื่องที่จะตีพิมพ์

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

รูปแบบของการเขียนและการเตรียมต้นฉบับ

1. ต้นฉบับ **ต้องเป็นตัวพิมพ์ดีดปกติ** มีช่วงห่างระยะบรรทัดตามมาตรฐาน พิมพ์ลงในกระดาษขาว A4 (โรเนียวสั้น) โดยใช้กระดาษหน้าเดียว **ความยาวไม่เกิน 10 หน้า** **ส่งต้นฉบับ 2 ชุด**
 2. ต้นฉบับ จะถูกพิจารณาโดยกองบรรณาธิการ และจะตอบรับเท่านั้นโดยไม่ส่งคืน ผู้เขียนควรจะทำสำเนาเก็บไว้เป็นหลักฐานของตัวเอง 1 ฉบับ
 3. ต้นฉบับ จะต้องมีความถูกต้องทั้งในด้านเนื้อหา และการใช้ภาษา รวมทั้งมีความสมบูรณ์ในรูปแบบพร้อมที่จะนำลงตีพิมพ์ได้
 4. ชื่อเรื่อง ให้ใช้ภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ **ไม่ยาวเกินไป** และหลีกเลี่ยงการใช้คำย่อโดยไม่จำเป็น
 5. ชื่อผู้เขียน เขียนชื่อภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษพร้อมทั้งบอกสถานที่ทำงานให้ชัดเจน
 6. เนื้อเรื่อง ใช้ได้ทั้งภาษาไทยล้วนหรือภาษาอังกฤษล้วน ถ้าใช้ภาษาไทย ภาษาอังกฤษที่ใช้ปนกับภาษาไทยนั้นให้พยายามแปลเป็นไทยเท่าที่จะทำได้และให้เขียนคำเดิมกำกับในวงเล็บ การทับศัพท์ภาษาอังกฤษ ตลอดทั้งการเขียนตัวสะกดการันต์ในภาษาไทยให้ใช้ตามแบบราชบัณฑิตยสถาน
 7. ในกรณีของบทความวิจัย **ต้องมีบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ** และแบ่งเนื้อหาของบทความเป็นบทนำ วิธีดำเนินงาน ผลการวิเคราะห์ บทสรุปและวิจารณ์
 8. เชิงอรรถ (footnote) ใช้เฉพาะที่จำเป็นเพื่อขยายหรือให้รายละเอียดเพิ่มเติมแก้ไขความเฉพาะตอนในบทความ ข้อความที่จำเป็นจะต้องมีเชิงอรรถให้ใช้เครื่องหมายดอกจัน (*) กำกับท้าย
 9. ตารางและภาพประกอบ คำบรรยายประกอบตารางหรือภาพประกอบควรจะสั้นและชัดเจน ถ้าจะเป็นภาพถ่ายให้ใช้ภาพขาว-ดำ ขนาดโปสต์การ์ด ภาพเขียนลายเส้นควรเขียนด้วยหมึกดำ ภาพที่เขียนต้องชัดเจนและมีขนาดที่เหมาะสม
 10. เอกสารอ้างอิง หรือบรรณานุกรม เขียนตามแบบสากลนิยม
- ส่งต้นฉบับมาที่

อภิธานสำหรับการสำหรับผู้เขียน

1. เรื่องที่ได้รับการตีพิมพ์ผู้เขียนจะได้รับวารสารฉบับนั้น 2 เล่ม และสำเนาพิมพ์อีก 15 ชุด

: กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ มข.
คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น

