



วารสาร

ISSN 0125 - 2364

วิทยาศาสตร์มข.

THE JOURNAL OF SCIENCE KHON KAEN UNIVERSITY

ปีที่ 27 ฉบับที่ 4 ต.ค. - ธ.ค. 42



“หอยทากบนใบบัว”

20.-



2238173
ISSN 0125-2254
วิทยาศาสตร์บข.
THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

เจ้าของ

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สำนักงาน

คณะวิทยาศาสตร์ ตึก 6

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วัตถุประสงค์

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

กำหนดออก

ปีละ 4 ฉบับ

ฉบับที่ 1 มกราคม - มีนาคม

ฉบับที่ 2 เมษายน - มิถุนายน

ฉบับที่ 3 กรกฎาคม - กันยายน

ฉบับที่ 4 ตุลาคม - ธันวาคม

ค่าบำรุง ปีละ 75 บาท ข่ายปลีก เล่มละ 20 บาท

การบอกรับเป็นสมาชิก

แจ้งความจำนงค์เป็นจดหมาย หรือกรอกใบสมัครเป็นสมาชิก พร้อมส่งค่าบำรุงเป็นธนาคัติ หรือเช็คไปรษณีย์ในนามของนางบุญคุ้ม เหลือล้ำ ฝ่ายจัดการ ตั้งจ่าย ป.ท.มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

ที่ปรึกษา

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ

บรรณาธิการ

ศักดิ์สิทธิ์ จันทรไทย

บรรณาธิการผู้ช่วย

อัจฉรา ศิริมังคะลา

กองบรรณาธิการ

เฉลิม เรืองวิริยะชัย

บำรุง สมสวัสดิ์

วิทยา อมรกิจบำรุง

สุพร นุชดำรงค์

ประนอม จันทรไธทย

นฤมล แสงประดับ

สุวรรณา เนียมสนิท

เพ็ญประภา เพชรบูรณ์

สุพจน์ ไวย่างกูร

วิจารณ์ สดศิริ

วิชุดา ไชยติวามงคล

พูนชัย ศิริแสงตระกูล

ฝ่ายศิลป์และภาพ

กิเลน ตินนเรศราษฎร์

ทรงเวทย์ เบ้าชัย

ฝ่ายเหรียญก

บุญคุ้ม เหลือล้ำ

ฝ่ายจัดการและ

ทัศนีย์ จิตตะกวี

เลขานุการ

สมศักดิ์ อุ่นจันทิ

สุคนธ์ กลิ่นผกา

บทความและงานวิจัย
ได้รับการกลั่นกรอง
จากผู้ทรงคุณวุฒิ

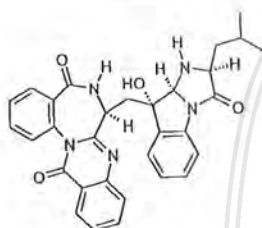
บทความหรือข้อคิดเห็นใด ๆ ในวารสารนี้เป็นของผู้เขียน ไม่จำเป็นต้องสอดคล้องกับทัศนะของกองบรรณาธิการ

วารสาร

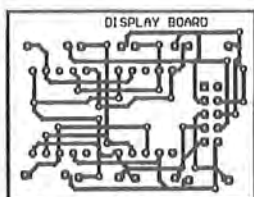
วิทยาศาสตร์เพชรบูรณ์

THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

ปีที่ 27 ฉบับที่ 4



Asperlicin



บรรณาธิการแถลง

บทความ

- ตารางเงินผ่อนและกองทุนเงินสะสม
ศิริรัตน์ วงศ์ประกรณ์กุล..... 271
- “นาฬิกาสัตว์หน้าดิน” ทางเลือกของการดูแล
เพื่อระวังคุณภาพแหล่งน้ำโดยชุมชนท้องถิ่น
นฤมล แสงประดับ..... 279
- Small Organic Molecules as
Cholecystokinin Antagonists
Eric Lattmann
Pornthip Arayarat
Harjit Singh..... 288

งานวิจัย

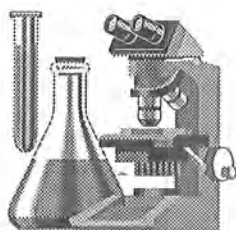
- การศึกษาความหลากหลายของหอยบกและ
หอยน้ำจืดในเขตอุทยานแห่งชาติภูพาน
สมพงษ์ สิริพิพรหม..... 300
- เครื่องควบคุมตำแหน่งสารตัวอย่าง
สมศักดิ์ เดียวสุรินทร์..... 307
- การวิเคราะห์ทางความร้อนในการสังเคราะห์
สารระบบ Bi-Sr-Ca-Cu-O
กำชัย ดริษฐ์รศมี
จ่านงค์ ฉายเชิด..... 316

วารสาร

วิทยาศาสตร์ชุมชน.

THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

ปีที่ 27 ฉบับที่ 4



■ WATER QUALITY ASSESSMENT FOR
EIA PROJECTS IN MALAYSIA -
AN EXPERT SYSTEM APPROACH

Md. Mizanur Rahman

Mohamed Daud

Mohd. Zohadie Bardaie

Mohd Nasir hassan

Ahmed Ibrahim..... 329



คอลัมน์ประจำ

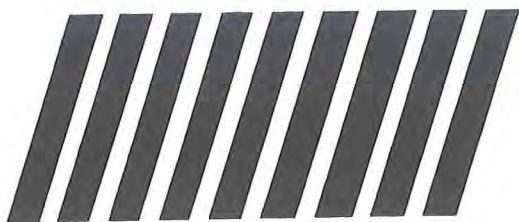
■ เกร็ดเล็กเกร็ดน้อย “โยเกิร์ตเพื่อสุขภาพ”

ณิชา..... 340

เปิดตัว

■ คำนึงกรมวารสารวิทยาศาสตร์ (เรียงตามชื่อผู้เขียน) 345

■ คำนึงกรมวารสารวิทยาศาสตร์ (เรียงตามชื่อเรื่อง) 349



ISSN 0188-2884



229833
วิทยาาสตร์
THE JOURNAL OF SCIENCE KHONKAEN UNIVERSITY

Publisher

Faculty of Science, Khon Kaen University,
Thailand.

Office

Faculty of Science, Building 6, Khon Kaen
University.

Objectives

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

Publishing terms

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

Subscription rate

75 baht per annum. Single issue price 20 Baht.

Membership

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

Advisory Committee

Dean, Faculty of Science
Associate Dean for Academic affairs

Editor

Saksit Chanthai

Associate Editor

Atchara Sirimungkala

Editorial Board

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

Artist

Kilen Tinnoraset
Songwate Bousechai

Treasurer

Boonkoom Lualon

Managing Staff and Secretary

Tassanee Jittakhawee
Somsak Unjantee
Sukhon Klinpaka

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

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

บรรณาธิการ *แถลง*

เรียน ท่านสมาชิกวารสาร ฯ และท่านผู้อ่านที่รัก

แม้ว่าปัจจุบันนี้ ภาวะเศรษฐกิจของประเทศไทยยังอยู่ในขั้นฟื้นฟูกิจตามความก้าวหน้าในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีก็ยังคงตื่นตัวกับการค้นพบสิ่งใหม่ๆ อยู่ตลอดเวลา ซึ่งได้นำเสนอเนื้อหาความรู้เหล่านี้ในวารสารวิทยาศาสตร์ มข. ปีที่ 27 ฉบับที่ 4 ประจำเดือนตุลาคม - ธันวาคม พ.ศ. 2542 มีบทความงานวิจัยในสาขาวิชาที่หลากหลายและน่าสนใจเช่นเดิม เช่น นาฬิกาสัตว์หน้าดิน ตารางเงินฝ่อนและกองทุนเงินสะสม รวมถึงงานวิจัยต่างๆ ที่สามารถประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้บ้างไม่มากนักน้อย แล้วพบกันใหม่ในฉบับหน้านะครับ

สวัสดีครับ
บรรณาธิการ

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ตารางเงินผ่อน และกองทุนเงินสะสม (Amortization Schedules and Sinking funds)

ศิริรัตน์ วงศ์ประภรณ์กุล*

มีอยู่อย่างหนึ่งที่เรา ๆ ท่าน ๆ ในปัจจุบันเกือบทุกคนต้องทำกัน ก็คือ การเป็นลูกหนี้ที่ดีของสหกรณ์ออมทรัพย์ หรือบางท่านอาจจะมีความสามารถมากโดยเป็นลูกหนี้กับที่อื่น ๆ ด้วย เรื่องอย่างนี้อาจยากไม่ได้ใครที่เป็นลูกหนี้ได้หลาย ๆ ที่ โดยเฉพาะเป็นลูกหนี้รายใหญ่ ถือว่าท่านผู้นั้นเป็นผู้ที่มีความสามารถ ได้รับความยอมรับ เป็นบุคคลที่น่าเชื่อถือ แต่จะรายใหญ่ รายน้อย เรา ๆ ท่าน ๆ ก็คงเป็นลูกหนี้ฯ กันเกือบทุกคน จะเห็นว่าเรื่องอย่างนี้เป็นเรื่องที่ใกล้ตัวมาก ทางที่ดีเราควรจะทราบว่าการทำกิจกรรม (เงินกู้) ของเราเขามีการคิดกันอย่างไร

ผู้เขียนขอเสนอการคิดที่จะแจกแจงออกมาในรูปของตารางว่าแต่ละงวดที่เราจ่ายไปเป็นดอกเบี้ยเท่าไร เงินต้นเท่าไร และยังมีเหลือค้างอีกเท่าไร โดยที่ก่อนอื่นที่เราจะต้องทราบก็คือ วิธีที่จะชำระหนี้เงินกู้ ถ้าหากอัตราดอกเบี้ย ณ เวลาปัจจุบัน จำนวนเงินที่จะต้องผ่อนจ่ายคืนเป็นจำนวนงวดละเท่าไร รวมแล้วเป็นเงินทั้งหมดเท่าไร มีความสามารถที่จะชดเชยคืนตามที่กำหนดได้หรือไม่ นั่นคือต้องทราบตารางการคืนเงินที่กู้ยืมมาทั้งหมดเพื่อใช้ในการวางแผนการใช้จ่ายเงินให้เหมาะสมนั่นเอง การศึกษาเรื่องการหาจำนวนเงินต้นค้างจ่ายเป็นเรื่องที่เป็นประโยชน์ในทางปฏิบัติ เพราะช่วยให้ทราบว่าภายหลังจากที่ได้มีการผ่อนชำระหนี้สินไปเป็นระยะเวลาหนึ่งแล้ว ถ้าผู้ต้องการชำระหนี้สินทั้งหมดคืนเป็นเงินจำนวนเงินก้อนเดียวเพื่อยุติการผ่อน ผู้กู้ต้องจ่ายเงินเป็นจำนวนเท่าใดให้กับเจ้าของเงินกู้

ในที่นี้จะกล่าวถึงวิธีการสร้างตารางของวิธีการชำระหนี้คืน 2 วิธี คือวิธีเงินผ่อน และวิธีกองทุนเงินสะสม เพื่อความสะดวกในการคำนวณสร้างตาราง ผู้เขียนจึงได้สร้างโปรแกรมสำเร็จรูปขึ้นมาเพื่อทำการคิดแทน โดยใช้ Delphi 4

ตารางเงินผ่อน (Amortization Schedules)

วิธีเงินผ่อน (Amortization Method) เป็นวิธีที่ลูกหนี้จะชำระหนี้คืนโดยจ่ายเป็นเงินผ่อนรายงวด ๆ ละเท่า ๆ กัน สำหรับช่วงเวลาที่ห่างเท่า ๆ กัน ภายในระยะเวลาที่กำหนด จำนวนเงินที่ผ่อนในแต่ละงวดสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ เงินต้นจ่ายคืน (Repayment of Principal) และดอกเบี้ยจ่าย (Payment of Interest)

* ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วิธีการสร้างตารางเงินผ่อน

ตารางเงินผ่อนเป็นตารางที่แสดงจำนวนเงินผ่อน ดอกเบี้ยจ่าย เงินต้นจ่ายคืน และเงินต้นค้างจ่าย เพื่อให้ผู้กู้ทราบว่าในแต่ละงวดต้องชำระเป็นจำนวนเงินเท่าใดและเงินต้นที่ยังคงค้างอยู่แล้วยังค้างอยู่อีกเท่าใด

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

1. จำนวนเงินผ่อน (Payment Amount)

จำนวนเงินที่ต้องผ่อนแต่ละงวด เท่ากับ จำนวนเงินกู้ / มูลค่าปัจจุบันของค่ารายงวด ๆ ละ 1 บาทเป็นเวลา n งวด ที่อัตราดอกเบี้ย $i\%$ หรือ

$$R = \frac{L}{a_{\overline{n}|i}} \quad \dots\dots (1)$$

โดยที่

$$a_{\overline{n}|i} = \frac{1 - \left(\frac{1}{1+i} \right)^n}{i}$$

เมื่อกำหนดให้

R หมายถึง จำนวนเงินที่ต้องผ่อนในแต่ละงวด

L หมายถึง จำนวนเงินกู้

$a_{\overline{n}|i}$ หมายถึง มูลค่าปัจจุบันของค่ารายงวด ๆ ละ 1 บาทเป็นเวลา n งวด ที่อัตราดอกเบี้ย $i\%$

จำนวนเงินที่ผ่อนในแต่ละงวดนั้น จะแบ่งการชำระออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกนำไปชำระเป็นค่าดอกเบี้ยเงินกู้ เรียกว่าดอกเบี้ยจ่าย และส่วนที่สองนำไปชำระเงินต้นที่กู้ เรียกว่าเงินต้นจ่ายคืน

2. ดอกเบี้ยจ่าย (Interest Paid)

ดอกเบี้ยจ่ายงวดที่ t = เงินต้นค้างจ่ายงวดที่ $t-1$ * อัตราดอกเบี้ย $i\%$ โดยที่ $t = 1, 2, \dots, n$

3. เงินต้นจ่ายคืน (Principal Repaid)

เงินต้นจ่ายคืนงวดที่ t = เงินผ่อนงวดที่ t - ดอกเบี้ยจ่ายงวดที่ t โดยที่ $t = 1, 2, \dots, n$

4. เงินต้นค้างจ่าย (Outstanding Principal)

เงินต้นค้างจ่ายงวดที่ t = เงินต้นค้างจ่ายงวดที่ $t-1$ - เงินต้นจ่ายคืนงวดที่ t โดยที่ $t = 1, 2, \dots, n$

จากสูตรทั้งหมดข้างต้นนำมาคำนวณค่าในตาราง โดยสมมติว่า ผู้กู้ได้กู้เงินมาจำนวน $a_{\overline{n}|i}$ บาท กำหนดชำระคืนภายใน n ปี อัตราดอกเบี้ย $i\%$ ขั้นแรกต้องหาจำนวนเงินที่จะต้องผ่อนชำระแต่ละงวด จากโจทย์เมื่อแทนค่าในสมการที่ (1) จะได้

$$R = \frac{a_{\overline{n}|i}}{a_{\overline{n}|i}} = 1$$

นำมาสร้างตารางเงินผ่อนได้ ดังนี้

ตารางที่ 1 ตารางเงินผ่อนของเงินกู้ จำนวน $a_{\overline{n}|}$ บาท

ระยะเวลา	(1) จำนวนเงินผ่อน	(2) ดอกเบี้ยจ่าย $= i * (4)$	(3) เงินต้นจ่ายคืน $= (1) - (2)$	(4) เงินต้นค้างจ่าย $= (4) - (3)$
0				$a_{\overline{n} }$
1	1	$ia_{\overline{n} } = 1 - v^n$	v^n	$a_{\overline{n-1} }$
2	1	$ia_{\overline{n-1} } = 1 - v^{n-1}$	v^{n-1}	$a_{\overline{n-2} }$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
T	1	$1 - v^{n-T+1}$	v^{n-T+1}	$a_{\overline{n-T} }$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
n-1	1	$1 - v^2$	v^2	$a_{\overline{1} }$
N	1	$1 - v$	v	0
รวม	n	$n \cdot a_{\overline{n} }$	$a_{\overline{n} }$	

ตัวอย่างที่ 1 หากทำการกู้เงินมาจำนวน 3,000 บาท ชำระคืนทุกสิ้นปี เป็นเวลา 5 ปี โดยคิดอัตราดอกเบี้ย 6% จงสร้างตารางเงินผ่อน

ระยะเวลา	(1) จำนวนเงินผ่อน	(2) ดอกเบี้ยจ่าย $= i * (4)$	(3) เงินต้นจ่ายคืน $= (1) - (2)$	(4) เงินต้นค้างจ่าย $= (4) - (3)$
0				3,000
1	712.19	180.00	532.19	2,467.81
2	712.19	148.07	564.12	1,903.69
3	712.19	114.22	597.97	1,305.72
4	712.19	78.34	633.85	671.87
5	712.19	40.31	671.88	0
รวม	3,560.95	560.94	3,000.01	

กองทุนเงินสะสม (Sinking Funds)

วิธีกองทุนเงินสะสม (Sinking Fund Method) เป็นวิธีที่ลูกหนี้จะชำระหนี้ทั้งหมดคืนเป็นเงินก้อนเดียวเมื่อครบระยะเวลาของการกู้ โดยที่ลูกหนี้จะจ่ายเงินคืนเฉพาะดอกเบี้ยเงินกู้ที่คงที่เท่ากันทุก ๆ งวดตลอดระยะเวลาของการกู้ ในการรวบรวมจำนวนเงินเพื่อจะชำระหนี้ทั้งหมดคืนเป็นเงินก้อนเดียว เมื่อครบระยะเวลานั้น ลูกหนี้จะทำการสะสมกองทุนด้วยตนเองโดยฝากเข้ากองทุนเงินสะสม พร้อมได้รับดอกเบี้ยจากกองทุนเงินสะสม ซึ่งมูลค่าเงินสะสมทั้งหมดพร้อมดอกเบี้ยกองทุนเงินสะสมจะเท่ากับจำนวนเงินกู้เมื่อครบกำหนดสัญญา

วิธีการสร้างตารางกองทุนเงินสะสม

กองทุนเงินสะสมเป็นส่วนของเงินสะสมที่ผู้กู้สะสมไว้ในกองทุนให้พอเพียงจ่ายคืนเงินกู้ในวันที่ครบกำหนดพอดี โดยมีการจ่ายดอกเบี้ยเป็นรายงวด ๆ ละเท่า ๆ กันตลอดระยะเวลาของการกู้นั้นจนถึงวันครบกำหนด เงินสะสมในกองทุนแต่ละงวดสมมติว่าเท่ากันทุกงวด ตารางกองทุนเงินสะสมจะแสดงดอกเบี้ยเงินจ่ายในแต่ละช่วงเวลา เงินฝากในนามกองทุนเงินสะสม ดอกเบี้ยที่ได้รับจากกองทุนเงินสะสม จำนวนเงินในกองทุนเงินสะสมและเงินกู้สุทธิ

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

ในที่นี้กำหนดให้ อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ $j\%$ อัตราดอกเบี้ยจากกองทุนเงินสะสม $i\%$

1. ดอกเบี้ยเงินจ่าย (Interest Paid)

ดอกเบี้ยเงินจ่าย = เงินกู้สุทธิ * $j\%$

2. เงินฝากในกองทุนสะสม (Sinking Fund Deposit)

เงินฝากในกองทุนสะสม = เงินกู้ทั้งหมด / มูลค่าสะสมของค่ารายงวด ๆ ละ 1 บาท เป็นเวลา n งวด ที่อัตราดอกเบี้ย $i\%$ หรือ

$$R = \frac{L}{S_{\overline{n}|i}} \quad \dots\dots (2)$$

$$\text{โดยที่} \quad S_{\overline{n}|i} = \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

เมื่อกำหนดให้

R หมายถึง จำนวนเงินที่ต้องผ่อนในแต่ละงวด

L หมายถึง จำนวนเงินกู้

$S_{\overline{n}|i}$ หมายถึง มูลค่าสะสมของค่ารายงวด ๆ ละ 1 บาทเป็นเวลา n งวด ที่อัตราดอกเบี้ย $i\%$

3. ดอกเบี้ยที่ได้รับจากกองทุนสะสม (Interest Earned on Sinking Fund)

ดอกเบี้ยที่ได้รับจากกองทุนสะสมงวดที่ t = จำนวนเงินในกองทุนสะสมงวดที่ $t-1$ * $i\%$ โดยที่

$t = 2, 3, \dots, n$

4. จำนวนเงินในกองทุนสะสม (Amount in Sinking Fund)

จำนวนเงินในกองทุนสะสมงวดที่ t = จำนวนเงินในกองทุนสะสมที่เวลา $t-1$ + เงินฝากในกองทุนสะสม + ดอกเบี้ยที่ได้รับจากกองทุนสะสม โดยที่ $t = 1, 2, \dots, n$

5. เงินกู้สุทธิ (Net Amount of Loan)

เงินกู้สุทธิงวดที่ t = เงินกู้สุทธิงวดที่ $t-1$ - จำนวนเงินในกองทุนสะสมงวดที่ t โดยที่ $t = 1, 2, \dots, n$

จากสูตรทั้งหมดข้างต้นนำมาคำนวณค่าในตาราง โดยสมมติว่าผู้กู้ได้กู้เงินมาจำนวน 1 บาท กำหนดชำระคืนภายใน n ปี อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ $j\%$ อัตราดอกเบี้ยจากกองทุนเงินสะสม $i\%$ สร้างตารางกองทุนเงินสะสมได้ดังนี้

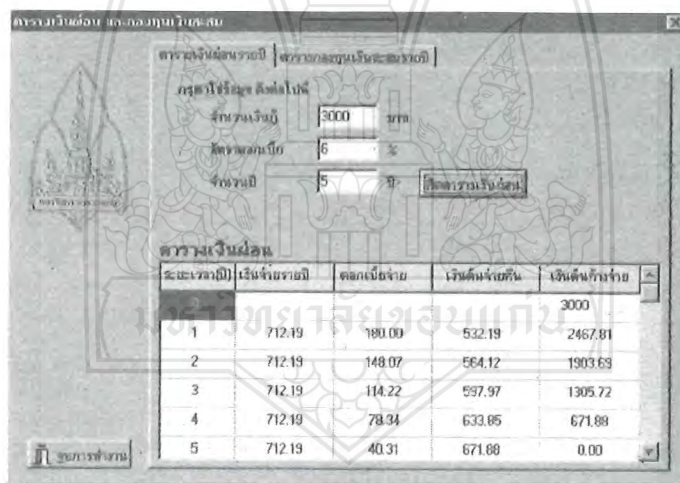
ตารางที่ 2 ตารางกองทุนเงินสะสมของเงินกู้จำนวน 1 บาท

ระยะเวลา	(1) ดอกเบี้ยจ่าย = $j\% * L$	(2) เงินฝากในนามกองทุน สะสม	(3) ดอกเบี้ยได้รับจาก กองทุนสะสม = $i\% * (4)$	(4) จำนวนเงินในกองทุน สะสม = $(4) + (2) + (3)$	(5) เงินกู้สุทธิ = $L - (3)$
0					$L = 1$
1	j	$\frac{1}{s_{\overline{n} j}}$	0	$\frac{s_{\overline{1} j}}{s_{\overline{n} j}}$	$1 - \frac{s_{\overline{1} j}}{s_{\overline{n} j}}$
2	j	$\frac{1}{s_{\overline{n} j}}$	$i \frac{s_{\overline{1} j}}{s_{\overline{n} j}}$	$\frac{s_{\overline{2} j}}{s_{\overline{n} j}}$	$1 - \frac{s_{\overline{2} j}}{s_{\overline{n} j}}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
T	j	$\frac{1}{s_{\overline{n} j}}$	$i \frac{s_{\overline{T-1} j}}{s_{\overline{n} j}}$	$\frac{s_{\overline{T} j}}{s_{\overline{n} j}}$	$1 - \frac{s_{\overline{T} j}}{s_{\overline{n} j}}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$n-1$	j	$\frac{1}{s_{\overline{n} j}}$	$i \frac{s_{\overline{n-2} j}}{s_{\overline{n} j}}$	$\frac{s_{\overline{n-1} j}}{s_{\overline{n} j}}$	$1 - \frac{s_{\overline{n-1} j}}{s_{\overline{n} j}}$
N	j	$\frac{1}{s_{\overline{n} j}}$	$i \frac{s_{\overline{n-1} j}}{s_{\overline{n} j}}$	1	0
รวม	nj	$\frac{n}{s_{\overline{n} j}}$	$1 - \frac{n}{s_{\overline{n} j}}$		

ตัวอย่างที่ 2 หากทำการกู้เงินมาจำนวน 3,000 บาท ชำระคืนทุกสิ้นปี เป็นเวลา 5 ปี โดยคิดอัตราดอกเบี้ยเงินกู้เท่ากับอัตราดอกเบี้ยเงินฝาก คือ 6% จงสร้างตารางกองทุนเงินสะสม

ระยะเวลา	(1) ดอกเบี้ยจ่าย	(2) เงินฝากในนามกองทุน สะสม	(3) ดอกเบี้ยได้รับจาก กองทุนสะสม	(4) จำนวนเงินใน กองทุนสะสม	(5) เงินกู้สุทธิ
0					3,000
1	180	532.19	0	532.19	2,467.81
2	180	532.19	31.93	1,096.31	1,903.69
3	180	532.19	65.78	1,694.28	1,305.72
4	180	532.19	101.66	2,328.13	671.87
5	180	532.19	139.69	3,000.01	0
รวม	900	2,660.95	339.06		

จากลักษณะการทำงานที่เป็นการวนลูปเช่นนี้ จึงนำมาเขียนเป็นโปรแกรมเพื่อใช้ในการสร้างตารางเงินผ่อน และตารางกองทุนเงินสะสมขึ้นมา ชื่อโปรแกรม PLoan.EXE เขียนโดย Delphi 4 ดังรูปที่ 1 และรูปที่ 2



รูปที่ 1 ตารางเงินผ่อนจากตัวอย่างที่ 1

ตารางเงินผ่อน ดอกเบี้ยเงินสะสม

ตารางเงินผ่อนรายปี ตารางกองทุนเงินสะสมรายปี

กรุณาใส่ข้อมูลดังต่อไปนี้

จำนวนเงินกู้ 3000 บาท

อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ 6 %

อัตราดอกเบี้ยกองทุน 6 %

จำนวนปี 5 ปี

คิดตารางกองทุนเงินสะสม

ตารางกองทุนเงินสะสม

ระยะเวลา	ดอกเบี้ยเงินกู้	เงินต้น	ดอกเบี้ยกองทุน	กองทุนสะสม	เงินใช้หนี้
0					3000.00
1	180.00	532.19	0.00	532.19	2467.81
2	180.00	532.19	31.93	1096.31	1903.69
3	180.00	532.19	65.78	1694.28	1305.72
4	180.00	532.19	101.66	2328.12	671.88
5	180.00	532.19	139.63	3000.00	0.00

รูปที่ 2 ตารางกองทุนเงินสะสมจากตัวอย่างที่ 2

รูปที่ 2 ตารางกองทุนเงินสะสมจากตัวอย่างที่ 2

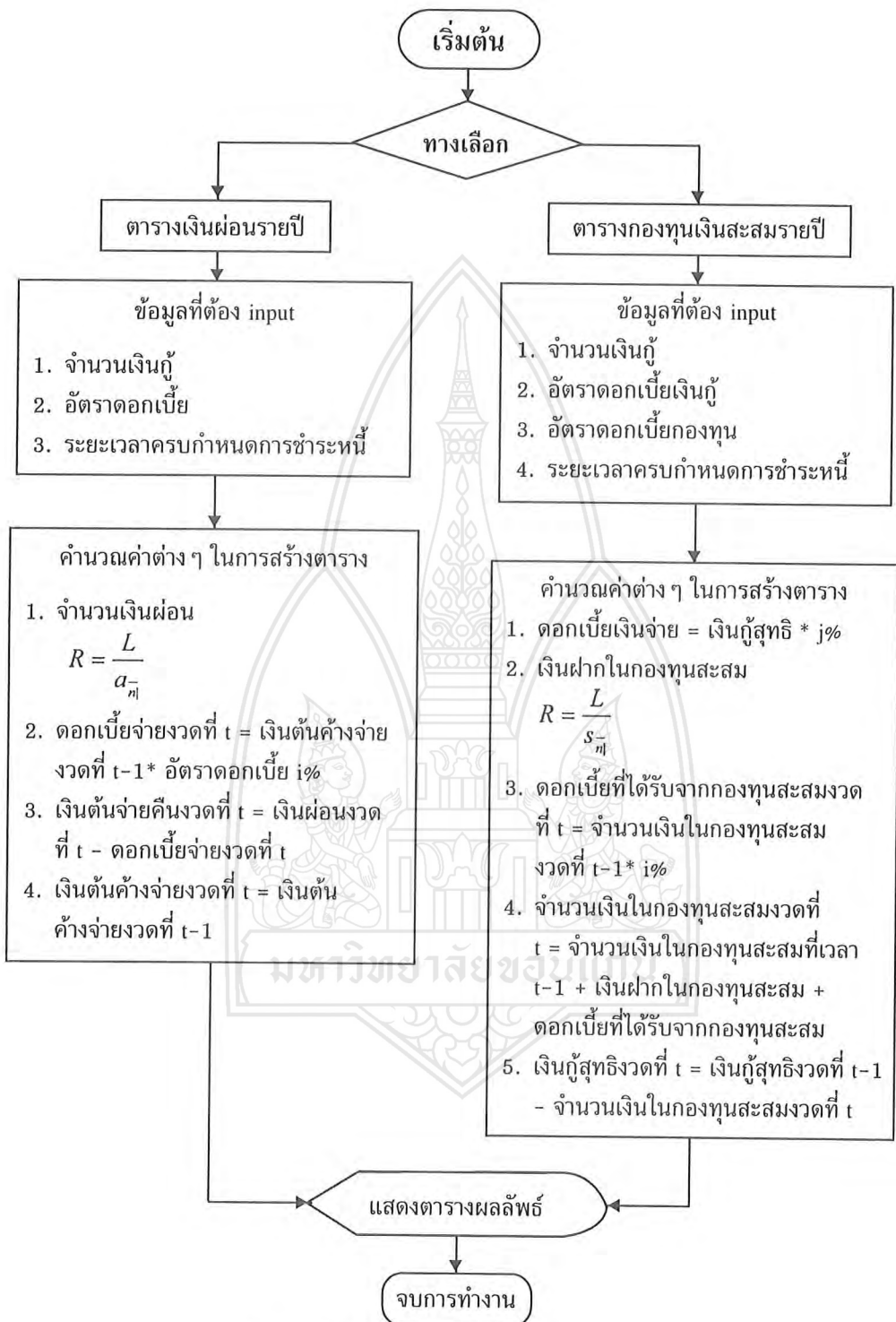
ขั้นตอนในการทำงาน มีดังนี้

1. เปิดโปรแกรม PLoan.EXE จะพบหน้าจอในการทำงานดังรูปที่ 1 ซึ่งประกอบไปด้วยแท็บการทำงาน 2 แท็บ คือ ตารางเงินผ่อนรายปี และตารางกองทุนเงินสะสมรายปี
2. ใส่ข้อมูลจำนวนเงินกู้ อัตราดอกเบี้ย (กรณีตารางกองทุนเงินสะสมรายปีจะมีอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ และอัตราดอกเบี้ยกองทุน) และระยะเวลาครบกำหนดการชำระหนี้
3. เมื่อใส่ข้อมูลเรียบร้อยแล้ว คลิกที่ปุ่ม คิดตารางเงินผ่อน หรือ คิดตารางกองทุนเงินสะสม
4. โปรแกรมจะทำการสร้างตารางเงินผ่อน หรือตารางกองทุนเงินสะสมให้

เอกสารอ้างอิง

นุกูล กระจ่าย, การเขียนโปรแกรมแบบวิซวล ด้วย Delphi 4, 2542, บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.

Stephen, G.K. The Theory of Interest. Richard D. Irwin, INC., 1970. P.101-111.



รูปที่ 3 ผังการทำงานของโปรแกรม Plone.EXE

“นาฬิกาชีวิตหน้าดิน” ทางเลือกของการดูแลพิ ระวังคุณภาพแหล่งน้ำโดยชุมชนท้องถิ่น

นฤมล แสงประดับ*

บทนำ

ปัญหามลภาวะในแหล่งน้ำจัดเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในทุกประเทศทั่วโลก ทั้งนี้เนื่องมาจากการขยายตัวของชุมชน การขยายพื้นที่การเกษตร การพัฒนาด้านเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม ซึ่งทำให้มีการปนเปื้อนของสารต่าง ๆ ลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ในหลายประเทศได้มีการจัดการเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำและมีหน่วยงานของรัฐบาลที่ทำหน้าที่ตรวจสอบคุณภาพและเฝ้าระวังติดตามคุณภาพของแหล่งน้ำด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น วิธีการทางเคมี และวิธีการทางชีวภาพ โดยวิธีการทางเคมีเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวาง เพราะมีวิธีที่เป็นมาตรฐาน ให้ค่าเป็นตัวเลข ซึ่งง่ายต่อความเข้าใจของบุคคลทั่วไปและผู้มีอำนาจในการตัดสินใจ แต่เนื่องจากวิธีการนี้มีข้อจำกัดที่ว่าค่าต่าง ๆ ที่ตรวจวัดได้เป็นค่าแสดงคุณภาพน้ำ ณ ช่วงเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเท่านั้น ซึ่งในความเป็นจริงเมื่อเกิดปัญหาการปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำมักไม่สามารถเก็บตัวอย่างน้ำมาตรวจวิเคราะห์ได้ทันที ณ ช่วงเวลานั้น แต่จะเก็บเมื่อเหตุการณ์ผ่านไปแล้วระยะเวลาหนึ่ง ทำให้ในบางครั้งผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพแม้จะเที่ยงตรงแต่ขัดกับความเป็นจริง คือไม่สามารถตรวจสอบได้ว่ามีการปนเปื้อนเกิดขึ้นในแหล่งน้ำ (Steedman, 1994) จึงได้มีการพัฒนาใช้สิ่งมีชีวิต (ชีวภาพ) เข้ามาร่วมในการตรวจวิเคราะห์ด้วย เนื่องจากสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่

ในน้ำจะได้รับผลกระทบโดยตรงจากการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำ แนวคิดนี้ได้รับการเสนอเป็นครั้งแรกในประเทศเยอรมัน โดย Kolckwitz และ Marsson เมื่อปี คศ.1908 เรียกว่า Saprobien system ซึ่งได้รับความสนใจและถูกนำไปพัฒนาในหลายประเทศ (เช่น Chandler, 1970; Chutter, 1970; Armitage et al., 1983; Hilsenhoff, 1987, 1988; Chessman, 1995; Norris & Norris, 1995) ปัจจุบันการใช้วิธีการชีวภาพในการติดตามเฝ้าระวังคุณภาพแหล่งน้ำเป็นงานประจำที่ปฏิบัติกันหลายประเทศทั้งในยุโรป สหรัฐอเมริกา และออสเตรเลีย

สิ่งมีชีวิตกลุ่มหนึ่งที่ได้ความนิยมมากในการนำมาร่วมใช้เฝ้าระวังคุณภาพแหล่งน้ำ คือ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน (Benthic macroinvertebrates) หรือเรียกชื่อย่อ ๆ ว่า สัตว์หน้าดิน (เช่น Hellawell, 1977; Hawkes, 1979; Abel, 1989; Rosenberg & Resh, 1993, Chessman, 1995; Norris & Norris, 1995) เนื่องจากเป็นสัตว์ที่สามารถเคลื่อนที่ได้น้อย จึงได้รับผลกระทบโดยตรงต่อการถูกรบกวน (Lanet et al., 1980) มีความหลากหลายชนิดมาก ทำให้มีสัตว์หลายชนิดที่สามารถแสดงให้เห็นการตอบสนองต่อความเครียดของสิ่งแวดล้อม (Hellawell, 1977; Abel, 1989) และทำให้สามารถวิเคราะห์ผลอันเนื่องมาจากมลภาวะหรือการรบกวนในเชิงพื้นที่ (spatial) ได้ (Slack, et al., 1973 อ้างโดย Rosenberg & Resh, 1993) มี

* ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002

วงชีวิตที่ยาวจึงทำให้สามารถเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงเชิงระยะเวลา (temporal) ได้เมื่อเกิดการรบกวน (Gaufin, 1973 อ้างโดย Rosenberg & Resh, 1993; Lanet *et al.*, 1980) และยังมีความสำคัญในห่วงโซ่อาหาร โดยเป็นอาหารของปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ หลายชนิด นอกจากนี้สัตว์น้ำดินยังสะสมและถ่ายทอดสารพิษทางห่วงโซ่อาหาร (bioaccumulation) (Hellawell, 1986) จากเหตุผลดังกล่าวสัตว์น้ำดินจึงสามารถทำหน้าที่เสมือนตัวติดตามคุณภาพแหล่งน้ำอย่างต่อเนื่องในแหล่งที่อยู่อาศัยของมัน รวมทั้งเป็นเครื่องเตือนภัยก่อนที่ภัยนั้นจะมาถึงมนุษย์ (Hawkes, 1979) การนำสัตว์น้ำดินมาใช้มีสิ่งที่ต้องคำนึงถึงเช่นกัน คือ สัตว์น้ำดินไม่ได้ตอบสนองต่อผลกระทบทุกชนิด ตัวอย่างเช่น ตอบสนองเพียงเล็กน้อยต่อการปนเปื้อนของสารเคมีกำจัดวัชพืชในความเข้มข้นต่ำ ๆ (Hawkes, 1979) การกระจายและความชุกชุมของสัตว์น้ำดินอาจเป็นผลจากปัจจัยอื่นๆ นอกเหนือจากคุณภาพน้ำ เช่น ลักษณะพื้นอาศัย ความเร็ว กระแสน้ำ และฤดูกาล (Hawkes, 1979) เป็นต้น

ความต้องการดูแลแหล่งน้ำโดยชุมชนท้องถิ่นในประเทศไทยเริ่มมีมากขึ้นในรูปแบบต่างๆ เช่น การทำพิธีสืบชะตาแม่น้ำ การสร้างวังปลา รวมไปถึงการใช้สัตว์น้ำดินในการดูแลเฝ้าระวังคุณภาพแหล่งน้ำ ดังจะเห็นได้จากการจัดการอบรมเชิงปฏิบัติการของชมรมชาวบ้านอาสาสมัครอนุรักษ์ลำน้ำพอง (กระทรวงสาธารณสุข และมหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2542) กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข (นฤมล, 2542) โครงการค่ายอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของสถาบันราชภัฏอุดรธานี (ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ ม.ขอนแก่น, 2543) รวมทั้งโครงการนักสืบสายน้ำ ของมูลนิธิโลกสีเขียว (สรณรัชฎ์ และนิรมล, 2542) เป็นต้น การใช้สัตว์น้ำดินในประเทศไทย ไม่ว่าจะเป็นแบบแผนกราฟของโครงการนักสืบสายน้ำของมูลนิธิโลกสีเขียว หรือดัชนี Q

และดัชนีน้ำพอง (นฤมล และคณะ, 2541) ต่างก็อาศัยความรู้อนุกรมวิธานระดับวงศ์ (family) ของสัตว์น้ำดิน ซึ่งใช้ได้กับนักเรียนระดับมัธยม และนักศึกษา แต่ค่อนข้างซับซ้อนสำหรับอาสาสมัครชุมชนท้องถิ่น ในการอบรมที่จัดโดยชมรมชาวบ้านอาสาสมัครอนุรักษ์ลำน้ำพองเมื่อวันที่ 23 - 25 พฤษภาคม 2542 ผู้เขียนได้ดัดแปลงดัชนี Q โดยตัดกลุ่มสัตว์น้ำดินให้น้อยลงเหลือเพียง 8 กลุ่ม และใช้ความรู้อนุกรมวิธานขั้นอันดับ (order) ซึ่งง่ายต่อการจดจำแนก เรียกชื่อว่า “นาฬิกาสัตว์น้ำดิน” เพื่อให้สอดคล้องกับ “นาฬิกา” ประจำหมู่บ้านที่อาสาสมัครสาธารณสุข ได้ทำไว้สำหรับประชาสัมพันธ์ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีอย่างง่าย ๆ ที่ทำเป็นประจำเดือนของหมู่บ้านนั้น ๆ จากการติดตามผลในช่วง 4 เดือนแรก (มิถุนายน - กันยายน 2542) และผลการสำรวจห้วยลำพะเนียง โดยนักเรียนและนักศึกษาในโครงการค่ายอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมของสถาบันราชภัฏอุดรธานี เมื่อเดือนมีนาคม 2543 พบว่าสามารถใช้ได้ดี แต่การตีความยังมีปัญหาบ้างในอาสาสมัครชมรมชาวบ้าน บทความนี้ขอเสนอวิธีการใช้ “นาฬิกาสัตว์น้ำดิน” สำหรับการดูแลเฝ้าระวังคุณภาพแหล่งน้ำ โดยได้ปรับปรุงวิธีการตีความให้ง่ายขึ้นเพื่อเป็นทางเลือกทางหนึ่งในการดูแลเฝ้าระวังคุณภาพแหล่งน้ำด้วยตนเองของชุมชนท้องถิ่น

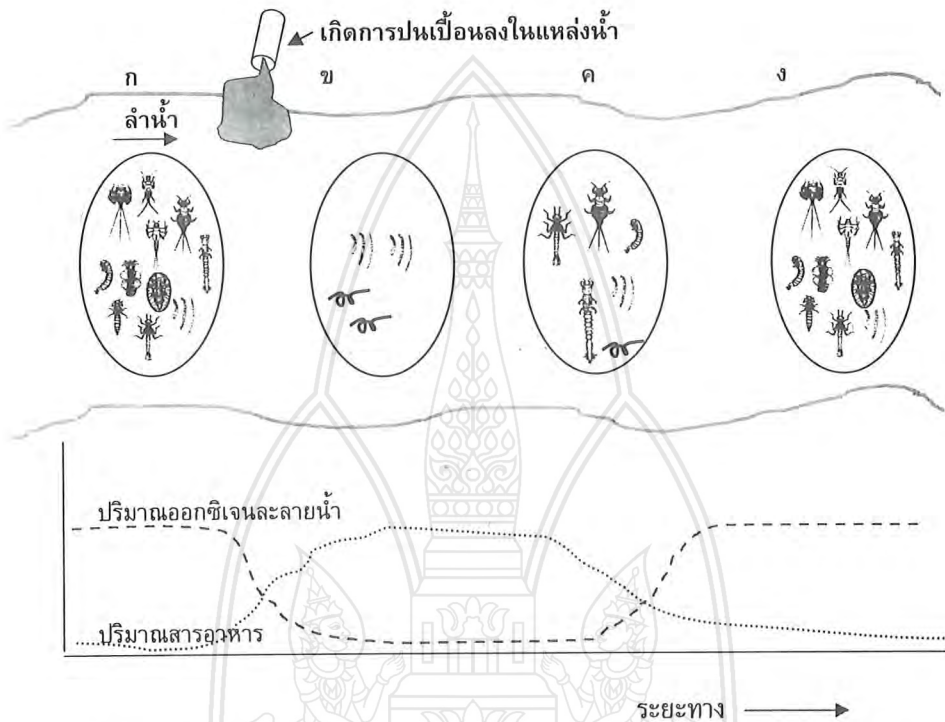
แนวคิดพื้นฐาน

ชุมชนสัตว์น้ำดินถูกกำหนดโดยปัจจัยต่างๆ ของแหล่งน้ำ หรืออาจกล่าวได้ง่ายๆ ว่า ชนิดและจำนวนของสัตว์น้ำดินในแหล่งน้ำหนึ่งๆ เป็นผลรวมของคุณภาพสิ่งแวดล้อมของแหล่งน้ำนั้นๆ (Hawkes, 1979)

เช่น เมื่อเกิดการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ลงสู่แหล่งน้ำ ทำให้ปริมาณสารอาหารในแหล่งน้ำเพิ่มขึ้น จึงเกิดการเพิ่มจำนวนขึ้นของสิ่งมีชีวิตขนาด

เล็กโดยเฉพาะอย่างยิ่งจุลินทรีย์ ส่งผลทำให้บริเวณนี้เกิดภาวะการลดลงของออกซิเจนละลายน้ำ ซึ่งมีผลกระทบต่อสัตว์หน้าดิน คือสัตว์ที่ทนได้น้อยต่อสภาวะนี้จะลดจำนวนลงหรือตายไป ส่วนสัตว์ที่

ทนทานได้มากกว่าจะเคลื่อนตัวเข้ามาแทนที่และเพิ่มจำนวนขึ้น ทำให้สัดส่วนของสัตว์แต่ละชนิดในชุมชนนั้นเปลี่ยนแปลงไป (ดังรูปที่ 1)



รูปที่ 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ สารอาหาร และชุมชนสัตว์หน้าดินในบริเวณ ก) ก่อนเกิดการปนเปื้อน ข) บริเวณที่มีการปนเปื้อน ค) บริเวณที่กำลังฟื้นตัว และ ง) บริเวณที่ไม่ได้รับผลกระทบจากการปนเปื้อน

รูปที่ 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ สารอาหาร และชุมชนสัตว์หน้าดินในบริเวณต่างๆ ของแหล่งน้ำหลังจากเกิดการปนเปื้อนลงแหล่งน้ำ ณ บริเวณหนึ่ง

ปริมาณสารอาหารซึ่งเดิมมีน้อยในบริเวณก่อนการปนเปื้อน (บริเวณ ก) จะเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วในบริเวณ ข หลังจากเกิดการปนเปื้อน และค่อยๆ ลดน้อยลงเมื่อระยะทางห่างจากจุดปนเปื้อนมากขึ้น (บริเวณ ค) จนกระทั่งถึงบริเวณที่ไม่ได้

รับผลกระทบจากการปนเปื้อน ซึ่งปริมาณสารอาหารในบริเวณนี้จะน้อยลงจนเป็นปกติ (บริเวณ ง)

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในบริเวณก่อนการปนเปื้อนหรือบริเวณ ก มีค่าสูง และจะลดต่ำลงอย่างรวดเร็วที่บริเวณ ข เนื่องจากจุลินทรีย์นำไปใช้ในการย่อยสลายสารอาหารที่เพิ่มมากขึ้นที่บริเวณ ค ปริมาณสารอาหารน้อยลง ดังนั้น ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่จุลินทรีย์ต้องการนำไปใช้ก็ลดลง ทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำบริเวณนี้สูงกว่าบริเวณ ข

ส่วนบริเวณที่อยู่ห่างไกลออกไปจากจุดเกิดการปนเปื้อน เป็นบริเวณที่ไม่ได้รับผลกระทบจากการปนเปื้อน (บริเวณ ง) บริเวณนี้มีปริมาณสารอาหารน้อย และปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูงเป็นระดับปกติ

เมื่อพิจารณาชุมชนสัตว์หน้าดินในแหล่งน้ำนั้น จะพบว่า บริเวณ ก ซึ่งเป็นบริเวณก่อนเกิดการปนเปื้อนมีสัตว์หลายชนิดอาศัยอยู่ เช่น ตัวอ่อนแมลงสโตนฟลาย ตัวอ่อนแมลงชีปะขาว ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ ตัวอ่อนตัวน้ำ ตัวอ่อนแมลงปอ และตัวอ่อนแมลงสองปีก แต่เมื่อเกิดการปนเปื้อนที่บริเวณ ข ทำให้บริเวณนี้มีสารอาหารเพิ่มขึ้นและมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำลดต่ำลง สัตว์ที่ทนต่อภาวะการขาดออกซิเจนไม่ได้ เช่น ตัวอ่อนแมลงสโตนฟลาย ตัวอ่อนแมลงชีปะขาวและตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำชนิดที่มีความทนทานต่ำต่อการลดลงของปริมาณออกซิเจนละลายน้ำจะตายก่อน เมื่อปริมาณออกซิเจนละลายน้ำยิ่งลดลง สัตว์ที่ทนไม่ได้กลุ่มต่อ ๆ มาคือพวกตัวงและตัวอ่อนแมลงปอก็จะตายลงตามลำดับ จนกระทั่งเหลือแต่สัตว์ที่ทนทานต่อภาวะการขาดออกซิเจนได้มาก คือ หนอนแดง และไส้เดือนน้ำจืด ซึ่งสัตว์สองกลุ่มนี้จะเพิ่มจำนวนมากขึ้นในบริเวณ ข ดังนั้น แหล่งน้ำบริเวณนี้จึงมีความหลากหลายของสัตว์น้อย ส่วนบริเวณที่ห่างจากจุดเกิดการปนเปื้อนออกไป ปริมาณสารอาหารน้อยลงและปริมาณออกซิเจนละลายน้ำสูงกว่าบริเวณ ข พบว่ามีสัตว์ที่ทนทานได้ปานกลางอาศัยอยู่ (บริเวณ ค) เรียกบริเวณนี้ว่าบริเวณฟื้นตัว ส่วนบริเวณที่ไม่ได้รับผลกระทบจากการปนเปื้อนซึ่งอยู่ห่างไกลออกไป ชุมชนสัตว์มีความหลากหลายมากขึ้น (บริเวณ ง)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของชุมชนสัตว์หน้าดินเฉพาะที่บริเวณ ข พบว่าเมื่อระยะเวลาผ่านไปนานขึ้น สารอาหารยังมีปริมาณลดน้อยลงเนื่องจากกิจกรรมการย่อยสลายของจุลินทรีย์ และ

ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเริ่มเพิ่มสูงขึ้น สัตว์หน้าดินก็จะเคลื่อนตัวกลับเข้ามาอาศัยได้ ทำให้ความหลากหลายของชุมชนสัตว์ค่อย ๆ เพิ่มมากขึ้น (เช่นเดียวกับที่พบในบริเวณ ค) ยิ่งเวลาผ่านไปนานมากขึ้นจนกระทั่งปริมาณสารอาหารน้อยลงและปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเพิ่มสูงจนถึงระดับปกติของแหล่งน้ำนั้น ชุมชนสัตว์หน้าดินในบริเวณนี้ก็จะกลับสู่ความอุดมสมบูรณ์ดังเดิม คือ มีความหลากหลายชนิดมากขึ้น

นาฬิกาชีวิตหน้าดิน

สัตว์ที่นำมาใช้

ใช้สัตว์ 8 จำพวก โดยเรียงลำดับจากสัตว์ที่ต้องการอาศัยอยู่ในบริเวณที่มีออกซิเจนละลายน้ำสูง ไปหาสัตว์ที่สามารถอาศัยอยู่ในบริเวณที่มีออกซิเจนต่ำดังนี้ คือ ตัวอ่อนแมลงสโตนฟลาย ตัวอ่อนแมลงชีปะขาว ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำ มีปลอก ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำไม่มีปลอก ตัวอ่อนแมลงปอ กุ้งและปู หนอนแดง และไส้เดือนน้ำจืด แบ่งออกเป็นคู่ ๆ จะได้สัตว์จำนวน 4 กลุ่ม

ส่วนประกอบของนาฬิกาชีวิตหน้าดิน (รูปที่ 2)

หน้าปัทมนาฬิกา

หน้าปัทมนาฬิกาแบ่งเป็น 2 วง ในแต่ละวงครึ่งวงของหน้าปัทม์แบ่งเป็น 5 ส่วน

วงใน เป็นกลุ่มสัตว์ที่พบแสดงด้วยรูปวาดกลุ่มสัตว์ เรียงลำดับจากด้านบนสุด เวียนตามเข็มนาฬิกา ดังนี้คือ

ตำแหน่งที่ 1 เป็นสัตว์กลุ่มที่ 1 คือตัวอ่อนแมลงสโตนฟลายและตัวอ่อนแมลงชีปะขาว

ตำแหน่งที่ 2 เป็นสัตว์กลุ่มที่ 2 คือตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำมีปลอกและตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำไม่มีปลอก

ตำแหน่งที่ 3 เป็นสัตว์กลุ่มที่ 3 คือตัว
อ่อนแมลงปอ และ กุ้งและปู

ตำแหน่งที่ 4 เป็นสัตว์กลุ่มที่ 4 คือหนอน
แดง และไส้เดือนน้ำจืด

ตำแหน่งที่ 5 ไม่มีสัตว์เลย

วงนอก แสดงคุณภาพแหล่งน้ำโดยเรียง
ลำดับจากด้านบนสุดตรงกับตำแหน่งของกลุ่มสัตว์
เวียนตามเข็มนาฬิกา ดังนี้คือ

ตำแหน่งที่ 1 คุณภาพดีมาก

ตำแหน่งที่ 2 คุณภาพดี

ตำแหน่งที่ 3 คุณภาพพอใช้

ตำแหน่งที่ 4 คุณภาพเลว

ตำแหน่งที่ 5 คุณภาพเลวมาก

เข็มนาฬิกา

เข็มนาฬิกาจะชี้แสดงคุณภาพแหล่งน้ำ
ตำแหน่งของเข็มนาฬิกาจะอยู่ที่ใดนั้นจะได้กล่าวต่อ
ไปภายหลัง



รูปที่ 2 นาฬิกาสัตว์หน้าดิน

วิธีการดูแลเฝ้าระวังคุณภาพแหล่งน้ำ ด้วยสัตว์หน้าดิน

สำหรับท่านที่สนใจจะใช้สัตว์หน้าดินใน
การดูแลเฝ้าระวังคุณภาพแหล่งน้ำสามารถทำได้ตาม
ขั้นตอนดังนี้ คือ

การเก็บตัวอย่างและการบันทึกผล

1. เลือกสถานที่บริเวณริมฝั่งที่ไม่ถูกรบกวนด้วยกิจกรรมของมนุษย์หรือสัตว์ เช่น ไม่
เป็นทางเดินข้ามเป็นประจำของคนและสัตว์เลี้ยง
ไม่เป็นที่จอดเรือ หรือที่เอาเรือเข้า-ออก

2. ใช้อุปกรณ์ คือ สวิง ขนาดตา 450
ไมโครเมตร ตักตะกอนท้องน้ำเฉพาะบริเวณที่ไม่มี
พืชปกคลุม จากบริเวณห่างออกจากริมฝั่งไปประมาณ
0.5-1 เมตร เป็นเวลา 3 นาที โดยตักทวนทิศทาง
การไหลของกระแส น้ำ เพื่อให้กระแสน้ำช่วยพัด
พาสัตว์เข้ามาอยู่ในสวิง

3. ถ่ายตะกอนจากสวิงลงในถาดก้นลึก
ที่ใส่น้ำพอประมาณ แยกเอาพืช เศษไม้และก้อนหิน
ที่มีขนาดใหญ่ออกจากถาด โดยแน่ใจว่าไม่มีสัตว์ติด
ออกไปด้วย ถ้าในถาดยังมีโคลนอยู่มาก เทของออก
จากถาดลงในสวิงแล้วนำไปแกว่งในน้ำเพื่อให้โคลน
หลุดออกมา จากนั้นจึงถ่ายลงในถาดใหม่ จะเห็น
สัตว์ได้ง่ายขึ้น

4. จากสัตว์ในถาดข้อ 3 ใช้ช้อนหรือ
ปากคีบหยิบสัตว์แต่ละกลุ่ม แยกใส่ในแต่ละถ้วยที่
เตรียมไว้ 8 อัน นับจำนวนสัตว์แต่ละกลุ่มที่พบ และ
บันทึกผลลงในตารางบันทึกผล ในขั้นตอนนี้อาจต้อง
ใช้แว่นขยายช่วยในการส่องดูสัตว์ที่มีขนาดเล็ก

ตำแหน่งของเข็มนาฬิกา และการอ่านผล
ตำแหน่งของเข็มนาฬิกาจะอยู่ที่ใดนั้น
พิจารณาจากสัตว์ที่มีจำนวนตัวมากที่สุด 2 กลุ่ม จาก
ตารางบันทึกผล เข็มนาฬิกาจะอยู่ระหว่างตำแหน่ง
ของสัตว์ 2 กลุ่มนี้ โดยจะอยู่ใกล้ไปทางกลุ่มสัตว์ที่

มีจำนวนตัวมากกว่า

ตัวอย่างเช่น ในการสำรวจลำน้ำแห่งหนึ่ง
จำนวน 4 สถานี พบจำนวนตัวของสัตว์ในแต่ละสถานี
ดังนี้คือ

สัตว์กลุ่ม	จำพวกสัตว์	สถานี 1	สถานี 2	สถานี 3	สถานี 4
1	ตัวอ่อนแมลงสโตนฟลาย	10	0	0	0
	ตัวอ่อนแมลงชีปะขาว	15	1	3	2
2	ตัวอ่อนแมลงแมลงหนอนปลอกน้ำมีปลอก	10	2	10	1
	ตัวอ่อนแมลงแมลงหนอนปลอกน้ำไม่มีปลอก	5	5	8	1
3	ตัวอ่อนแมลงปอ	3	7	3	2
	กิ้ง และปู	4	5	2	10
4	หนอนแดง	1	4	2	30
	ไส้เดือนน้ำจืด	0	1	0	5

จากตาราง

สถานี 1 มีสัตว์กลุ่ม 1 มากที่สุด 25 ตัว
รองลงมาก็คือสัตว์กลุ่ม 2 มี 15 ตัว

สถานี 2 มีสัตว์กลุ่ม 3 มากที่สุด 12 ตัว
รองลงมาก็คือสัตว์กลุ่ม 2 มี 7 ตัว

สถานี 3 มีสัตว์กลุ่ม 2 มากที่สุด 18 ตัว
รองลงมาก็คือสัตว์กลุ่ม 3 มี 5 ตัว

สถานี 4 มีสัตว์กลุ่ม 4 มากที่สุด 35 ตัว
รองลงมาก็คือสัตว์กลุ่ม 3 มี 12 ตัว

สถานี 2 เข็มนาฬิกาอยู่ระหว่างสัตว์กลุ่ม

3 และสัตว์กลุ่ม 2 โดยตำแหน่งค่อนข้างไปทางกลุ่ม 3



การอ่านผล แหล่งน้ำมีคุณภาพดีค่อนข้างไปทางพอใช้

สถานี 1 เข็มนาฬิกาอยู่ระหว่างสัตว์กลุ่ม
1 และสัตว์กลุ่ม 2 โดยตำแหน่งค่อนข้างไปทางกลุ่ม 1



การอ่านผล แหล่งน้ำมีคุณภาพดีมาก

สถานี 3 เข็มนาฬิกาอยู่ระหว่างสัตว์กลุ่ม
2 และสัตว์กลุ่ม 3 โดยตำแหน่งค่อนข้างไปทางกลุ่ม 2



การอ่านผล แหล่งน้ำมีคุณภาพดี

สถานี 4 เขื่อนฝายกั้นอยู่ระหว่างสัตว์กลุ่ม 4 และสัตว์กลุ่ม 3 โดยตำแหน่งค่อนข้างไปทางกลุ่ม 4



การอ่านผล แหล่งน้ำมีคุณภาพพอใช้
ค่อนข้างไปทางเลว

ข้อจำกัด

การใช้หน้าฝายกั้นสัตว์หน้าดินในการดูแลแผ้ว
ระวังคุณภาพของแหล่งน้ำมีข้อจำกัด คือ สามารถ
บอกคุณภาพของแหล่งน้ำได้อย่างคร่าวๆ เนื่องจาก
การใช้อนุกรมวิธานขั้นต้น การใช้ออนุกรมวิธาน
ขั้นต่ำกว่า คือระดับวงศ์ หรือสกุล หรือชนิด จะให้
ความแม่นยำมากกว่า และในช่วงน้ำหลากใหม่ๆ การ
เก็บตัวอย่างสัตว์ใกล้ริมฝั่งจะไม่ได้สัตว์ เนื่องจาก
เป็นบริเวณที่น้ำเพิ่งท่วมถึงจึงยังไม่มีสัตว์เข้ามาอาศัย
ณ บริเวณนั้น

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข และมหาวิทยาลัยขอนแก่น.
(2542). คู่มือการตรวจวิเคราะห์คุณภาพ
น้ำโดยประชาชน. ใน เอกสารประกอบการ
อบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่องการตรวจ
วิเคราะห์คุณภาพน้ำโดยประชาชน. ศูนย์
อนามัยสิ่งแวดล้อม เขต 6 กรมอนามัย
กระทรวงสาธารณสุข และชมรมชาวบ้าน
อาสาสมัครอนุรักษ์ลำน้ำพอง.
นฤมล แสงประดับ. (2542). การใช้สัตว์หน้าดิน
(Benthic macroinvertebrates) ในการ
บ่งชี้คุณภาพน้ำ. เอกสารหมายเลข 2. ใน
เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการ

เรื่อง เทคนิคการใช้ตัวบ่งชี้ทางชีววิทยา
ในการประเมินคุณภาพแหล่งน้ำ. สำนัก
อนามัยสิ่งแวดล้อม ส่วนวิเคราะห์คุณภาพ
สิ่งแวดล้อม กรมอนามัย กระทรวง
สาธารณสุข.

ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ ม.ขอนแก่น.
(2543). การตรวจวัดคุณภาพน้ำด้วยสัตว์
หน้าดิน. ในเอกสารประกอบโครงการ
ค่ายอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม สถาบันราชภัฏ
อุดรธานี.

นฤมล แสงประดับ ยรรยงค์ อินทร์ม่วง ชุตินา
หาญจาณิช และอุไรวรรณ อินทร์ม่วง.
2541. ดัชนีชีวภาพสำหรับการจัดจำแนก
คุณภาพน้ำทางชีววิทยาในลุ่มน้ำพองด้วย
สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังหน้าดิน. วารสาร
วิทยาศาสตร์ มข. 26(4): 289-304.
สรณรัชฎ์ กาญจนะวณิช และนิรมล มุนจินดา.
(2542) คู่มือนักสืบสายน้ำ. บริษัทแปลน
พรินท์ติ้ง จำกัด. กรุงเทพมหานคร.

Abel, P.D. (1989). *Water Pollution Biology*.
Ellis Horwood, Chichester, England.
Armitage, P.D., Moss, D., Wright, J.F. and Furse,
M.T. (1983). The Performance of a
New Biological Water Quality Score
System based on Macroinvertebrates over
a Wide Range of Unpolluted Running
Water Sites. *Water Research*. 17: 333-
347.

Chandler, J.R. (1970). A Biological Approach to
Water Quality Management. *Water Pol-
lution Control Federation*. 69: 415-
422.

Chessman, B.C. (1995) Rapid Assessment of
Rivers Using Macroinvertebrates: A
Procedure Based on Habitat-Specific

- Sampling, Family Level Identification and a Biotic Index. **Australian Journal of Ecology**. 20: 122-129.
- Chutter, F.M. (1970). An Empirical Biotic Index of the Quality of Water in South Africa Streams and Rivers. **Water Research**. 6: 19-30.
- Gaufin, A.R. (1973). Cited in Rosenberg, D.M. and Resh, V. H. 1993. Use of Aquatic Invertebrates in the Assessment of Water Quality. In **Biological Methods for the Assessment of Water Quality**, eds. J. Cairns, Jr. and K.L. Dickson, pp. 96-116. American Society for Testing and Materials Special Technical Publication 528. American Society for testing and Materials, Philadelphia, PA.
- Hawkes, H.A. (1979). Invertebrates as Indicators of River Water Quality. In **Biological Indicators of Water Quality**, eds. A. James and L. Evison, Chap. 2. 45 pp. John Wiley, Chichester, England.
- Hellawell, J. (1977). Biological Surveillance and Water Quality Monitoring. In **Biological Monitoring of Inland Fisheries**, ed. J.S. Alabaster, pp. 69-88. Applied Science Pubs., London.
- Hellawell, J. (1986). **Biological Indicators of Freshwater pollution and Environmental management**. Elsevier, London.
- Hilsenhoff, W. L. (1987). An Improved Biotic Index of Organic Stream Pollution. **Great Lakes Entomology**. 20: 31-39.
- Hilsenhoff, W. L. (1988). Rapid Field Assessment of Organic Pollution with a Family-Level Biotic Index. **Journal of North American Benthological Society**. 7(1): 65-76.
- Lanet, D.R., Smock, L.A. and Penrose, D.L. (1980). Use of Benthic Macroinvertebrates as Indicators of Environmental Quality. In **Biological Monitoring for Environmental Effects**, ed. D.L. Worf, pp. 97-112. D.C. Heath, Lexington, MA.
- Norris, R.H. and Norris, K.R. (1995). The need for Biological Assessment of Water Quality: Australian Perspective. **Australian Journal of Ecology**. 20: 1-6.
- Rosenberg, A.M. and Resh, V.H. (1993). **Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates**. Chapman & Hall, New York.
- Slack, K.V., Averett, Greeson, P.E. and Lipscomb, R.G. (1973). Cited in Rosenberg, D.M. and Resh, V. H. 1993. Methods for Collection and Analysis of Aquatic Biological and Microbiological Samples. In **Techniques of Water-Resources Investigations of the United States Geological Survey**, pp. 1-165. U.S. Department of the Interior, Geological Survey, Washington, DC.
- Steedman, R.J. (1994). Ecosystem health as a Management Goal. **Journal North American Benthological Society**. 13(4): 605-610.

Small Organic Molecules as Cholecystokinin Antagonists

Eric Lattmann*, Pornthip Arayarat^{†1} and Harjit Singh

Abstract

On overview about the role of cholecystokinin (CCK) in the central nervous system was presented and various chemical classes of non-peptide CCK antagonists were discussed. The attempts to discover potent and specific non-peptide antagonists of CCK_B / CCK_A receptors are summarised and evaluated in this review article. CCK receptor antagonists can be grouped into nine broad categories. Amino acid derivatives, Cyclic nucleotide derivatives, Tryptophan dipeptoid derivatives, Peptides, Pyrazolidinones, Ureidoacetamides, Dibenzobicyclo[2.2.2] octane, Benzodiazepine derivatives and Ureidobenzazaine derivatives are discussed briefly before focusing on novel 3-substituted Benzodiazepines in more detail.

1 INTRODUCTION

Cholecystokinin (CCK) is an important intestinal hormone with a major role in regulating the control of pancreatic secretion and bile release. In 1928, Ivy and Oldberg described this substance for the first time that is released from the upper intestine to produce gallbladder contractions. There is considerable evidence¹ of CCK playing a physiological role in the regulation of motor function at various levels in the alimentary tract.

CCK is synthesized by the I - cells which are located in the duodenal and jejunal mucosa and it is characterized by the α -aminated terminal sequence (Trp-Met-Asp-Phe-NH₂). Initially it

was identified as a 33 amino acid chain² and subsequent studies have revealed the existence of multiple forms³ being derived from a primary prepro-CCK polypeptide of 115 residues. After transcription, enzymatic cleavage results in the formation of many different native fractions which circulate in the blood stream and produce various actions.

CCK₅₈, CCK₃₉, CCK₃₃, CCK₂₂, CCK_{8s} (sulphated), CCK_{8ns} (non-sulphated), CCK₇, CCK₅, CCK₄ isotypes occur all of which demonstrate biochemical activity. The predominant circulating form is a sulphated tyrosine residue at position 7.

* Pharmaceutical Sciences Research Institute, School of Life and Health Sciences, Aston University, Birmingham B4 7ET, UK Fax: +44-(0)121 359 0733, e-mail: e.lattmann@aston.ac.uk

^{†1} Department of Chemistry, Faculty of Science, Khon Kaen University, 40002 Khon Kaen, Thailand

Table 1 Amino acid sequence of CCK and Pentagastrin fragments.

CCK 8s	Asp-Tyr-[SO ₃ H]-Met-Gly-Trp-Met-Asp-Phe-NH ₂
CCK 8	Asp-Tyr-Met-Gly-Trp-Met-Asp-Phe-NH ₂
CCK 4	H-Trp-Met-Asp-Phe-NH ₂
Pentagastrin	Gly-Trp-Met-Asp-Phe-NH ₂

The role of CCK in the CNS has been an area of immense investigation over the past 20 years. As a result of this hard investigation CCK has been implicated in e.g. feeding and satiety⁴, pain perception⁵, psychiatric diseases⁶ and anxiety disorders⁷. This suggests an interaction with other neurotransmitter systems and evidence has been found for interaction of CCK and dopamine (DA), γ -aminobutyric acid (GABA), serotonin (5-HT), noradrenaline (NA) and opioid peptides^{8,9,10}.

High affinity CCK binding sites were initially demonstrated in rat pancreatic acini and the cerebral cortex¹¹. Given the location of CCK receptors, they were classified according to their position. An A-type (alimentary) and a B-type (brain) are the currently known CCK receptor subtypes whose existence was confirmed by cloning¹². The various CCK fragments showed different affinity for each of the binding sites in the periphery and the brain.

Extensive studies now have shown that the original classification was oversimplified. B-type receptors, which were originally found in the brain, have been isolated in the periphery of rat lung cells¹³. In humans, the distribution of CCK_A receptors has been discovered in the alimentary tract and certain regions in the brain

e.g. area postrema, nucleus solitarius, dorsal horn of the spinal cord, hypothalamus and the vague nerve complex. CCK_B receptors are much more widely distributed in the CNS and have been identified in the cortex, olfactory bulb, nucleus accumbens, amygdala hippocampus, caudate nucleus, cerebellum and the hypothalamus.

Peripheral type CCK_A receptors show the greatest affinity for sulphated CCK₈ and have a 100-fold lower affinity for desulphated CCK₈ and CCK₄¹⁴. CCKB receptors show the same affinity for sulphated CCK₈, desulphated CCK₈ and CCK₄¹⁵.

2 Cholecystokinin receptor antagonists.

Many attempts have been made to discover potent and specific non-peptide CCK antagonists. The most relevant approaches to CCK antagonists that can be grouped into nine main chemical classes are discussed as followed:

- (a) Amino acid derivatives
- (b) Cyclic nucleotide derivatives
- (c) Tryptophan dipeptoid derivatives
- (d) Peptides
- (e) Pyrazolidinones
- (f) Ureidoacetamides
- (g) Dibenzobicyclo[2.2.2] octane and bicyclic heteroaromatic derivatives.

- (h) Benzodiazepine derivatives
- (i) Ureidobenzazepine derivatives

This report will focus on a selective description of the development of the above antagonists and their links with anxiety disorders.

2.1 Amino acid derivatives.

During the 1970's amino acid derivatives were found to display anti-gastrin activity¹⁶. The chemical similarities of gastrin and CCK made it possible for such derivatives to demonstrate CCK antagonist activity. *Proglumide*, a rather weak CCK_A antagonist has been a reference antagonist.

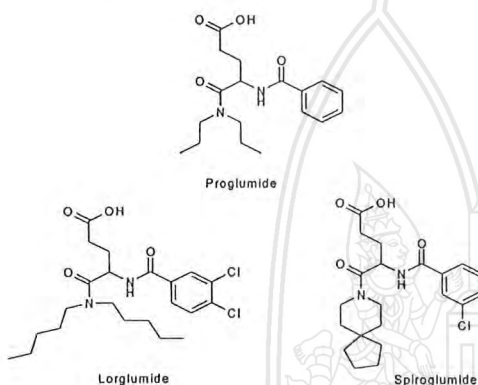


Figure 1 Structures of early amino acid derivatives

Rotta research group produced analogues of *Proglumide*, which showed varying degrees of selectivity for CCK_A receptors and even suggested possible sub-types of the peripheral receptors. Some derivatives had a higher affinity for pancreatic CCK receptors mediating gallbladder contraction. *Lorglumide* showed up to a 26 fold increase in potency for blocking CCK-stimulated gallbladder contraction, but only a two fold

increase for blocking CCK-stimulated pancreatic amylase secretion^{17,18}.

Further structural modifications to *lorglumide* resulted in CR2194 (*Spiroglumide*). *Spiroglumide* exhibited CCK_B / gastrin antagonist in the micromolar range, with excellent oral bioavailability. However it has poor selectivity for CCK_B / gastrin receptor, which raises doubts of potential therapeutic usefulness.

2.2 Cyclic nucleotide derivatives.

Dibutyl cyclic guanosine monophosphate (Bt₂cGMP) was the first competitive antagonist of CCK-mediated action to be discovered¹⁹.

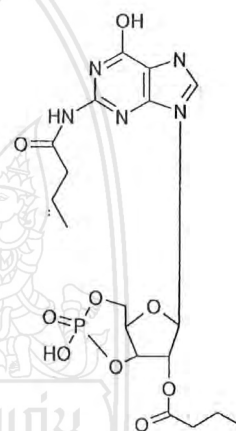


Figure 2 Structure of (Bt₂cGMP)

It was found to cause both reversible and selective inhibition of CCK-stimulated amylase secretion from rat pancreatic cells. Subsequently it was found to block the effects of CCK, at many peripheral sites. However, Bt₂cGMP failed to inhibit CCK binding in mouse cerebral cortex²⁰.

2.3 Tryptophan dipeptoid derivatives.

A research group at Parke-Davis examined the activity of CCK-30-33 fragments in binding experiments on CCK_B/gastrin receptors. This led to the development of *CI 988* (figure 3), which exhibited a 1600-fold selectivity for CCK_B over CCK_A receptors. Structural C-terminal modifications led to alternative compounds, which demonstrated sub-nanomolar affinity for CCK_B/gastrin receptors. Compound (1) displays high

affinity ($IC_{50} = 0.3$ nM). Further structural modifications, to optimise the substitution on the phenyl ring of (1) led to the analogue (2). This showed exceptionally high affinity for CCK_B/gastrin receptors, ($IC_{50} = 0.08$ nM) and was 940 times more selective over the CCK_A receptor.

However due to the high molecular weight and to the dipeptoid structure these derivatives have a low bioavailability and therefore not suitable drugs for oral therapy.

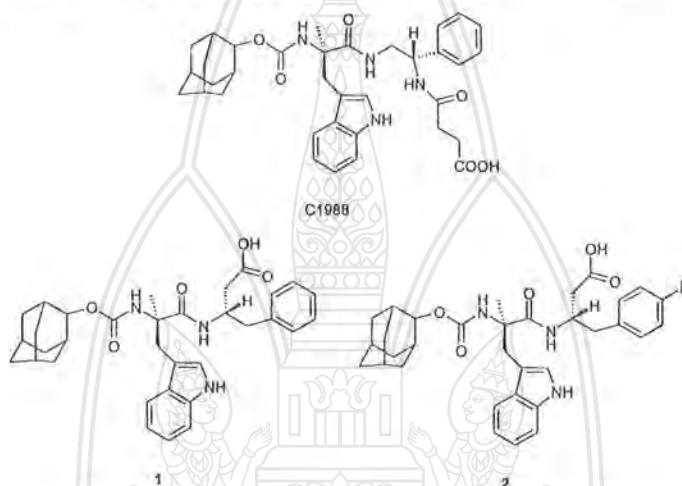


Figure 3 Tryptophan dipeptoid CCK_B antagonists

2.4 Peptides.

The first CCK related peptide, demonstrating a CCK receptor agonist activity, was CCK-27-32-NH₂ which inhibited the CCK-induced pancreatic enzyme secretion significantly. Gardener et al.²¹ claimed the C-terminal phenylalanine is essential for intrinsic activity but not for binding. The L-tryptophan residue is important also for binding to both central and peripheral CCK receptors.

In another study²², a synthetic peptide derivative of CCK-7, *t*-Butyloxycarbonyl-

Tyr (SO₃)-Met-Gly-D-Try-Nle-Asp-2-phenylethyl ester inhibited binding of labeled CCK-9 to both pancreatic acini and cerebral cortical membranes, in addition to blocking agonist-stimulated amylase secretion. The lack of oral bioavailability of these peptide CCK antagonists severely restricts their potential therapeutic use.

2.5 Pyrazolidinones.

Lilly's approach of designing and optimising lead compounds, through bulk screening resulted in the discovery of diphenyl-

pyrazidinones as a novel lead structure. *YL 2888513* (Figure 4) is a very potent CCK_B receptor antagonist, showing more than 350 fold selectivity for CCK_B receptors^{23,24}.

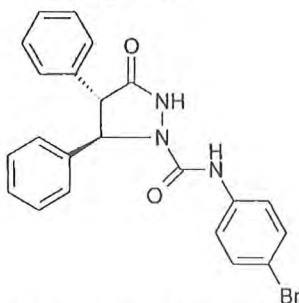


Figure 4 LY288513

Further development of *LY 288513* has been discontinued due to adverse effects in preclinical toxicological studies²⁵.

2.6 Ureidoacetamides.

Developed by Rhone-Poulenc, these nonpeptide ureidoacetamides are potent and selective ligands for CCK_B /gastrin receptors. Compound *RP69758* (Figure 5) demonstrated nanomolar activity for CCK_B /gastrin receptors, whilst exhibiting 100–1000 fold selectivity for CCK_B /gastrin receptors over CCK_A receptors²⁶.

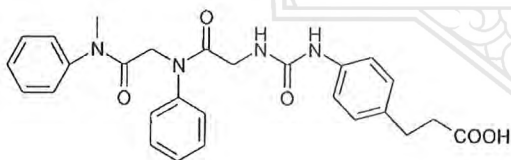


Figure 5 RP69785

2.7 Dibenzobicyclo [2.2.2] octane and bicyclic heteroaromatic derivatives.

Based on the dibenzobicyclo [2.2.2] octane skeleton, the James Black foundation syn-

thesised potent and selective CCK_B /gastrin antagonist. The most potent compound 1 (Figure 6) gave intravenously at the dose of 0.025 Xmg/kg a peak inhibition of 79% of GAS observed for a submaximal infusion of pentagastrin. Therefore, it was at least 40 times more potent than *L-365,260*. Compound 2 (Figure 6) a 5, 6-disubstituted indole derivative was the optimal compound of this new series. It totally inhibited (97%) pentagastrin-stimulated GAS in the rat, when administered intravenously at the dose of 0.025 ?m/kg and exhibited a comparable activity in the dog assay.

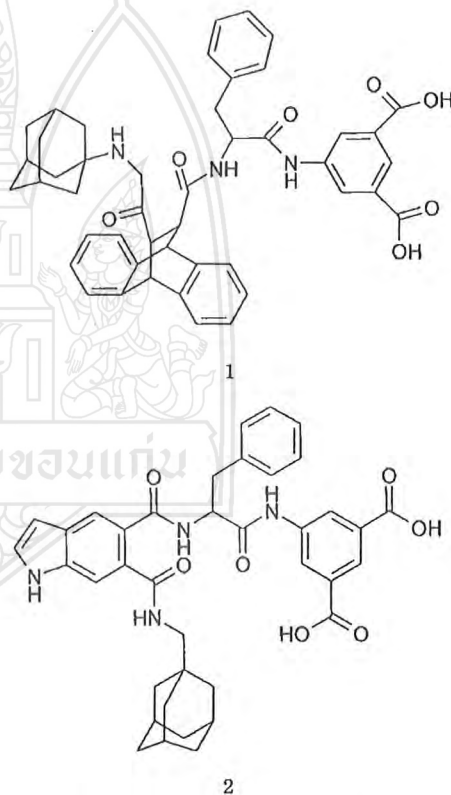
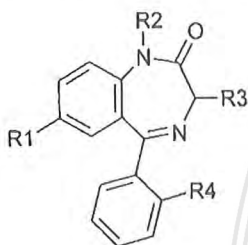


Figure 6 Structures of selected dibenzobicyclo [2.2.2] octane (1) and bicyclic heteroaromatic (2) CCK_B antagonists.

2.8 Benzodiazepine derivatives.

Benzodiazepines are the primary agents used to treat anxiety. They act by binding to a specific regulatory site on the GABA_A receptor, thus increasing the inhibitory effect of GABA. Chlordiazepoxide was the first Benzodiazepine compound synthesised. To date thousands of benzodiazepines have been made and tested.



1,4-Benzodiazepine-2-one TEMPLATE

R1	Cl, NO ₂ etc.
R2	H, Alkyl etc.
R3	OH, H etc.
R4	H, F, Cl etc.

Figure 7 The 1,4-Benzodiazepine Template

The central 7-membered ring system is essential for their biological activity. Four main substituents can be modified around this template without significant loss of activity. In a quantitative study on peripheral CCK receptors, Chlordiazepoxide, Medazepam and Diazepam were shown to antagonise the contractile response to CCK in isolated guinea pig gallbladder strips^{27,28}. Although the potency of these compounds was not high, Lorazepam and Chlordiazepoxide also inhibited nerve mediated responses of ileal longi-

tudinal muscle. However, benzodiazepines were very weak in displacing CCK in mouse brain ($IC_{50} = 10 \mu M$)²⁹.

Asperlicin (Figure 8), a new and naturally occurring as benzodiazepine was isolated from the fungus *Aspeergillus alliacceus*. It was discovered using an alternative approach, searching through microbial broths, using an assay technique with radioreceptors as bait³⁰.

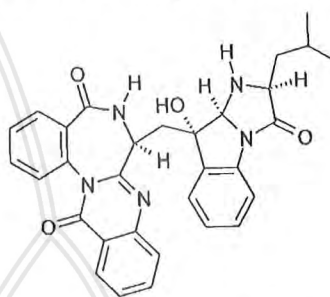


Figure 8 Asperlicin

Asperlicin represented a major advance in the development of CCK receptor antagonists. It demonstrated 300–400 times more affinity for pancreatic, ileal and gallbladder CCK receptors than *Proglumide*. Asperlicin is therefore selective for CCK_A receptor as opposed to CCK_B or gastrin receptors. However, low water solubility and poor oral bioavailability of Asperlicin severely restricted its use as an antagonist. Further analogues of Asperlicin were synthesised that showed marked improvements in potency and water solubility³¹. After comparing the structures of 1,4-benzodiazepines and Asperlicin, the design and then subsequent synthesis of 3-substituted 1,4-benzodiazepin-2-ones followed. These proved to be more potent and orally available CCK_A antagonists, particularly L-364, 718,

MK-329 or *Devazepide* (Figure 9). This compound revealed nanomolar affinity for peripheral receptors, longer lasting efficacy *in vitro* and *in vivo*, whilst orally bioavailable.

Corrections:

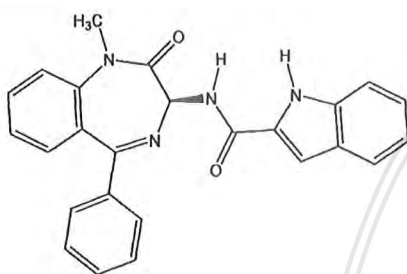


Figure 9 L-364, 718 or MK-329 or Devazepide

Recent work³² on the synthesis and biological evaluation of 3-substituted benzolactams produced orally active, nanomolar potent antagonists. This suggested that the benzodiazepine part of the structure is not essential for CCK antagonism. Molecular modelling suggest the key components could be the benzodiazepine and benzolactam core arrangement, the 3-sustituents and a hydrophobic substituent at N-1 of the benzolactams or at the C-5 of the benzodiazepines. These can all be manipulated so as to interact similarly with the CCK receptor.

Devazepide posses potent CCK_A blocking activity in different tissues^{33,34}. Pancreatic amylase secretion is antagonised with a potency of 2,000,000 times more than *Progulumide*. *Devazepide* has been claimed³⁵ to be a selective antagonist of the effects of CCK-8 on food intake. The necessary dose of *MK-329* to block the anorexic effects of centrally administered caeruleins was at least two orders of magnitude higher than

those required to antagonise peripheral CCK effects. Although *Devazepide* shows selectivity for CCK_A over CCK_B receptors it is nevertheless a potent CCK_B antagonist. Because of its potency as a CCK_A antagonist, *Devazepide* has proved to be a valuable tool to characterise receptor subtypes involved in certain CCK induced activities. It is now known, through *Devazepide*, that CCK_A receptors facilitate CCK induced excitation of neurones in the rat dorsal raphe nucleus and the CCK related facilitation of dopamine efflux from the posterior region of the nucleus accumbens³⁶. It failed to show significant binding to solubilized CCK binding sites from the pig cerebral cortex, therefore establishing that these solubilized receptor sites are of the CCK_B type, with a similar pharmacological profile to that of the observed membranes. *Devazepide* was a key tool in the autoradiographical demonstration of the presence of CCK_A receptors in the various regions of the brain³⁷.

During the extensive development of L-364, 718 it was noted that some analogues lost their selectivity for CCK_A. Modification of the 3-amide to give a urea linkage led to a reduction in CCK_A receptor affinity. This led to the development of L-365, 260 (Figure 10).

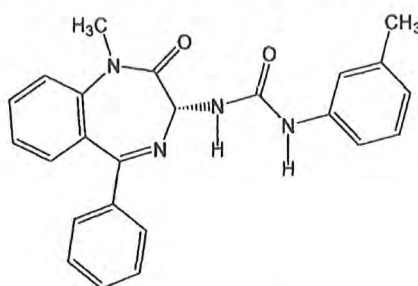


Figure 10 L-365, 260

L-365, 260 interacts stereoselectively and competitively with guinea pig stomach gastrin and brain CCK_B receptors. The (S)-enantiomer shows greater affinity towards CCK_A receptors, whilst the (R)-enantiomer shows greater affinity towards CCK_B receptors. *L*-365, 260 shows high affinity for CCK_B receptors in rats, mice and in humans. *L*-364, 718 was reported 38 to have a 125 fold greater affinity for pancreatic CCK_A receptors, than for gastrin receptors. *L*-365, 260 shows only an 80 fold greater affinity for gastrin / CCK_B receptors than for pancreatic CCK_A.

Both *L*-364, 718 and *L*-365, 260 were investigated 39 whether the satiety response to CCK is mediated by CCK_A or CCK_B receptors. *L*-365, 260 was reported to be 100 times more potent than Devazepide in increasing feeding frequency and preventing satiated rats. The conclusion from the study was that endogenous CCK causes satiety by interaction with CCK_B receptors in the brain.

In a study⁴⁰ from Japan it was noted that *Anthramycin*, a benzodiazepine derivative, produced by a *Streptomyces* microorganism was reported to be potent an antagonists of CCK in mice. Anthramycin reversed CCK-8 induced antinociception and satiety and was shown to displace [¹²⁵I] CCK-8 binding in different brain regions, especially in the cortex. Further investigations are underway to elucidate the pharmacological potential of this compound.

2.9 Ureidobenzazepine derivatives.

Developed from a group at Pfizer, these compounds have a modified benzodiazepine nucleus of *L*-365, 260 to a benzazepin-2-one

moiety. These compounds demonstrate typical subnanomolar CCK_B /gastrin receptors affinity (IC₅₀ = 0.48 nM) and have a CCK_A / CCK_B ratio of 350.

Compound 1 (*CP212452*) potentially inhibited pentagastrin induced GAS, with an ED₅₀ of 0.8 mg/kg compared with 1.5 mg/kg subcutaneously for *L*-365, 260. Despite its potent and selective CCK_B /gastrin receptor affinity, it has poor oral bioavailability, resulting from its low water solubility. Surrogates such as acyl sulfonamides and tetrazoles led to the water soluble compound 2. Compared with *CP212452*, 2 showed both increased water solubility and in vivo efficacy (ED₅₀ = 0.03 mg/kg s.c in the pentagastrin induced GAS model). In addition Merck scientists synthesized novel ureidobenzazepines⁴¹ containing a basic cationic substituent at the 5-position. Compound 3 was the optimal molecule of the series, exhibiting relatively high affinity at the CCK_B receptor (IC₅₀ = 15.7 nM) but with low selectivity.

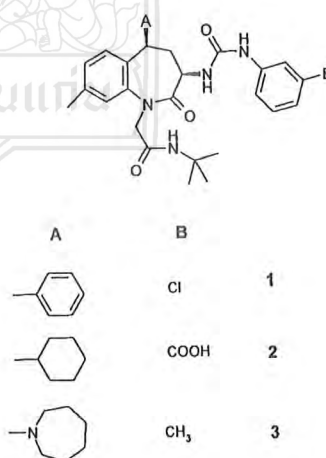


Figure 11 Structures of selected Ureidobenzazepine CCK_B /gastrin receptor antagonists.

3. CONCLUSIONS

Clinical anxiety is characterised by panic disorders, simple or social phobias, obsessive-compulsive disorders, generalised anxiety (muscle pain, respiratory distress) and more than 20% of alcoholics and 10 % of the general population suffer significantly from anxiety.

One suitable model for testing anxiolytic drugs is the rat elevated X-maze⁴². In this model untreated rats spend most of the test period in two enclosed arms of the maze. Anxiolytics cause an increase in the time spent in the open arm of the maze, whilst anxiogenic treatment increases the time spent in the closed arm. These results have lead to the conclusion that brain CCK_B receptors are involved in anxiety in the rat elevated X-maze.

Various substances can produce anxiety including *Carbon Dioxide* inhalation, *Caffeine* and *Sodium Lactate* infusion. CCK_5 and even simplified CCK_4 may trigger panic attacks and therefore, those peptides can be used as agents studying panic and anxiety under research conditions. The development of new and highly selective CCK_B antagonists as previously described has aided the research to explore the functional role of CCK in the brain and to investigate the possibility that CCK antagonists may be applied to the regulation of anxiety.

Experimental results⁴³, with new and selective CCK_B antagonists argue for an important role of central CCK_B receptors in anxiety. The major argument is the observation that the CCK_B antagonists themselves are anxiolytics, presumably by blocking the endogenous peptide action in certain areas of the brain. CCK_B receptor

antagonists have several major advantages over the widely used classical benzodiazepine drugs, as sedation and tolerance have not been observed so far.

References

1. D'Amato, M., Varro, A and Dimaline, R. *Physiol. Res.* 1996. 76, 767-798.
2. Mutt, J. E and Jorpes, J.E. Hormonal polypeptides of the upper intestine. *Biochem. J.* 1971. 125, 57-58.
3. Eysselein, V.E., Reeve, J.R and Eberlein, G. Cholecystokinin gene structure and molecular forms in tissue and blood. *Gastroenterology.* 1986. 24, 645-659.
4. Morley, V.E. Appetite regulation by gut peptides. *Annu. Rev. Nutr.* 1990. 10, 383-395.
5. Wang, X.J., Wang, X.H and Hans, S. Cholecystokinin octapeptide antagonised opioid analgesia mediated by μ - and τ - but not δ - receptors in the spinal cord of the rat. *Brain Res.* 1990. 5-10, 523.
6. Payeur et al. *Eur. Psychiatry.* 1993. 21, 101-105.
7. Bradwejn, J., Koszycki, D., Annable, L., Couetoux du Tertre, A., Bourin, M., Palmour, R and Ervin, F. The cholecystokinin hypothesis of panic anxiety disorders. *J. Psychopharmacol.* 1992. 6, 354-361.
8. Fuxe, K., Anderson, K., Locatelli, V., Agnat, L.F., Hokfelt, T., Skirball, L and Mutt, V. Cholecystokinin peptides produce marked reduction of dopamine turnover in discrete areas in the rat brain, following intra-

- ventricular injection. **Eur. J. Pharmacol.** 1980. 67, 325-331.
9. Harro, T., Jossan, S.S and Orelund, L. Changes in cholecystokinin receptor binding in rat brain after selective damage of the locus coeruleus projections by DSP-4 treatment. **Arch. Pharmacol.** 1992. 364, 425-431.
10. Pittaway, K.M and Hill, R.G. Cholecystokinin and pain. Pain and headache. 1987. 9, 213-246.
11. Sankaran, H. et al. **J. Biol. Chem.** 1980. 255, 1849-1853.
12. De Weerth, A., Pisegna, J.R., Huppi, K and Wank, A. Molecular cloning, Functional expression and chromosomal localisation on the human Cholecystokinin type A receptor. **Biochem. Biophys. Res. Commun.** 1993. 2, 811-818.
13. Yoder, D.G and Moody, T.W. High affinity binding of cholecystokinin to small cell lung cells. **Peptides.** 1987. 8, 103-107.
14. Innis, R.B and Synder, S.H. Distinct Cholecystokinin receptors in brain and pancreas. **Proc. Natl. Acad. Sci. USA.** 1986. 77, 6917-6921.
15. Lee, Y.M., Beinborn, M., McBride, E.W., Miller, L.J., Lu, M., Kolakovski, L.F and Kopin, A.S. The human brain cholecystokinin-B/ gastrin receptor- cloning and characterisation. **J. Biol. Chem.** 1993. 268, 8164-8169.
16. Vidal Y Plana, R.R., Cifarelli, A and Bizzarri, D. Effects of antagastrin drugs on the interaction of ^{125}I -human gastrin with rat gastric mucosa membranes. **Hepata-Gastroenterol.** 1980. 27, 41-47.
17. Jensen, R.T., Zhou, Z.C., Murphy, R.B., Jones, S.W and Setnikar, I. Structural features of various proglumide-related cholecystokinin receptor antagonists. **Am. J. Physiol.** 1986. 251, 839-846.
18. Makovec, F., Bani, M., Chiste, R., Revel, L and Rovati, L.C. Differentiation of central and peripheral cholecystokinin receptors by new glutaramic acid derivatives and cholecystokinin-antagonistic activity. **Arzneim.-Forsch, Drug Res.** 1986. 36, I, 98-102.
19. Peikin, S.R., Costenbader, C.L and Gardner, J.D. Actions of derivatives of cyclic nucleotides on dispersed acini from guinea pig pancreas. **J. Biol. Chem.** 1979. 254 (24), 5321-5327.
20. Saito, A., Goldfines, I.D and Williams, J.A. Characterisation of receptors for cholecystokinin and related peptides in mouse cerebral cortex. **J. Neurochem.** 1981. 37, 483-490.
21. Clark, C.R., Daum, P and Hughes, J. A study of the cerebral cortex cholecystokinin receptor using two radiolabelled probes: Evidence for a common CCK-8 and CCK-4 cholecystokinin receptor binding site. **J. Neurochem.** 1986. 46, 1094-101.
22. Stark, H.A., Sharp, C.M., Sutliff, V.E., Martinez, J and Jensen, R.T. CCK-JMV-180: Peptides that distinguishes high affinity cholecystokinin receptors from low affinity cholecystokinin. **Biochem. Biophys. Acta.** 1989. 1010, 145-150.
23. Rasmussen, K. et al. **J. Pharmacol. Exp. Ther.** 1993. 264, 480-488.

24. Howbert, J.J et al. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 1993. 3, 875-880.
25. Bertrand, P et al. *Eur. J. Pharmacol.* 1994. 262, 233-245.
26. Rasmuussen, K. *Expert Opin. Invest. Drugs.* 1995. 4, 313-322.
27. Kubota, K., Sugaya, K., Sunagane, N., Matsuda, F and Uruno, T. Cholecystokinin antagonism by benzodiazepines in the contractile response of the isolated guinea pig gallbladder. *Eur. J. Pharmacol.* 1985. 110, 225-31.
28. Kubota, K., Sugaya, K., Fujii, F., Itonaga, M and Sunagane, N. Inhibition of cholecystokinin response in the gallbladder by dibenamine and its protection by benzodiazepines. *Jpn. J. Pharmacol.* 1985. 39, 274-276.
29. Sugaya, K., Matsuda, I., Uruno, T and Kubota, K. Studies on the CCK antagonism by benzodiazepines: Displacement of CCK by benzodiazepines in the binding in mouse brain CCK receptor. *Jpn. J. Pharmacol.* 1984. 40, 114p.
30. Miller, L.J. Characterisation of cholecystokinin receptors on human gastric smooth muscle tumours. *Am. J. Physiol.* 1984. 247, G402-410.
31. Bock, M.G., DiPardo, R.M., Rittle, K.E., Evans, B.E and Freidinger, R.M. Cholecystokinin antagonists. Synthesis of asperlicin analogues with improved potency and water solubility. *J. Med. Chem.* 1986. 29, 1941-1945.
32. Parsons, W.H., Patchett, A.A., Hollaway, M.K., Smith, G.M and Davidson, J.L. Cholecystokinin antagonist. Synthesis and biological evaluation of 2-substituted benzolactams. *J. Med. Chem.* 1989. 32, 1681-1685.
33. Hosontanti, R., Chowdhury, P., McKay, D and Rayford, P.L. Effect of L-364, 718, a new CCK antagonist, on amylase secretion in isolated rat pancreatic acini. *Pancreas.* 1988. 3, 95-98.
34. Anderson, L and Dockray, G.L. The cholecystokinin antagonist L-364, 718 inhibits the action of cholecystokinin but not bombesin on rat pancreatic secretion in vivo. *Euro. J. Pharmacol.* 1988. 146, 307-311.
35. Silver, A.J., Flood, J.F., Song, A.M and Morley, J.E. Evidence for a physiological role for CCK in the regulation of food intake in mice. *Am. J. Physiol.* 1989. 256, R646-52.
36. Vickroy, T.W., Bianchi, B.R., Kerwin Jr., J.F., Kopecka, H and Nadzan, A.M. Evidence that type A CCK receptors facilitates dopamine efflux in the rat brain. *Eur. J. Pharmacol.* 1988. 152, 371-372.
37. Hill, D.R., Shaw, T.M., Graham, W and Woodruff, G.N. Autoradiographical detection of cholecystokinin-A receptors in primate brain using 125I bolton Hunter CCK-8 and 3H-MK-329. *J. Neurosci.* 1989. 10, 1070-81.
38. Huang, S.C., Zhang, L., Chiang, H.C, Wank, S.A and Maton, P.N. Benzodiazepines analogues L-365, 260 and L-364, 718 as gastrin and pancreatic CCK receptor antago-

- nists. **Am. J. Physiol.** 1989. 257, G169-74.
39. Dourish, C.T., Rycroft, W and Iversen, S.D. Postponement of satiety by blockade of brain cholecystokinin-B receptors. **Science.** 1989. 245, 1509-11.
40. Kubota, K., Sugaya, K., Koizumi, Y and Toda, M. Cholecystokinin antagonism by anthramycin in the central nervous system in mice. **Brain Res.** 1989. 485, 62-66.
41. Van Neil, M.B et al. **Bioorgan. Med. Chem. Lett.** 1995. 5, 14421-1426.
42. Pellow, S., Chopin, P., File, S.E and Briley, M. Validation of open: Closed armed entries in an elevated plus maze as a measure of anxiety in the rat. **J. Neurosci.** 1990. 11, 271-73.
43. Ravard, S and Dourish, C.T. Cholecystokinin and anxiety. **Trends Pharmacol. Sci.** 1990. 11, 271-73.



การศึกษาความหลากหลายของหอยบกและ หอยน้ำจืดในเขตอุทยานแห่งชาติภูพาน

สมพงษ์ สิทธิพรหม¹

บทคัดย่อ

การศึกษาความหลากหลายชนิดและการแพร่กระจายของหอยบก หอยน้ำจืดจากแหล่งน้ำและพื้นที่โดยรอบ จำนวน 21 แหล่ง ในเขตอุทยานแห่งชาติภูพาน โดยเก็บตัวอย่างเดือนละครั้ง ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2540 ถึงเดือนมกราคม 2542 พบหอยบกและหอยน้ำจืด จำนวน 32 สปีชีส์ แยกเป็นกลุ่มหอยทากบก 3 สปีชีส์ พบ 3 วงศ์ ได้แก่ วงศ์ Helicarionidae, Zonitidae และ Cyclophoridae กลุ่มหอยกาบน้ำจืด 9 สปีชีส์ พบ 2 วงศ์ ได้แก่ วงศ์ Amblemidae และ Corbiculidae พบหอยฝาเดียวน้ำจืด 16 สปีชีส์ พบ 4 วงศ์ ได้แก่ วงศ์ Viviparidae, Ampullariidae, Bithyniidae, Thiaridae และหอยน้ำจืดไม่มีฝาปิดเปลือก 4 สปีชีส์ พบ 2 วงศ์ ได้แก่ วงศ์ Lymnaeidae และ Planorbidae

Abstract

Species diversity and distribution of snails from 21 habitats in the Phu Phan National Park were monthly investigated during February 1997 – January 1999. Thirty one species of snails were collected. Three families (Helicarionidae, Zonitidae, Cyclophoridae) of Land snails including 3 species were investigated. Nine species from 2 families (Amblemidae, Corbiculidae) of Bivalves were identified. Sixteen species from 4 families (Viviparidae, Ampullariidae, Bithyniidae, Thiaridae) of Gastropods were determined. We collected 4 species from 2 families (Lymnaeidae, Planorbidae) of non-operculum snails.

บทนำ

หอยเป็นสัตว์ที่มีความสำคัญในระบบนิเวศน์ เศรษฐกิจอุตสาหกรรม การอนุรักษ์และรักษาสภาพแวดล้อมทางน้ำ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ประกอบเป็นอาหารได้อีกด้วย เนื่องจากหาได้ง่ายและมีชุกชุมตามแหล่งทั่วไป Upatham *et al.* (1983) รายงานว่า พบหอยในประเทศไทยจำนวนทั้งหมด

268 ชนิด เป็นหอยน้ำจืด 162 ชนิด พบในน้ำกร่อย 96 ชนิด และอีก 10 ชนิดพบได้ทั้งในน้ำจืดและน้ำกร่อย แยกเป็น 75 สกุล 23 วงศ์ และ 6 อันดับ ปัจจุบันพบว่าปริมาณหอยหลายชนิดในประเทศไทยลดน้อยลง (Punha, 1990) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพนิเวศวิทยา การเกิดมลพิษของแหล่งน้ำ ตลอดจนการนำมาใช้ประโยชน์อย่างขาดการควบคุม การ

¹ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

จับปลาที่เป็นโฮสต์ของหอยน้ำจืดอย่างมากมาย จนเป็นที่น่าสังเกตว่าในขณะนี้หอยกาน้ำจืดชนิด *Chamberlainia hainesiana* ซึ่งเป็นหอยกาน้ำจืดชนิดที่มีขนาดใหญ่ที่สุดถูกจัดให้เป็นสัตว์กำลังจะสูญพันธุ์ (endangered species) (สมศักดิ์, 2536)

การศึกษารั้วนี้ทำการสำรวจ และเก็บตัวอย่างหอยบกและหอยน้ำจืด เฉพาะในเขตอุทยานแห่งชาติภูพาน จำนวนทั้งสิ้น 21 แห่ง อุทยานแห่งชาติภูพานตั้งอยู่ในพื้นที่ของเทือกเขาภูพาน มีพื้นที่ประมาณ 665 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 415,439 ไร่ ครอบคลุมพื้นที่ในสองจังหวัด คือ อำเภอมะนังสกลนคร อำเภอนมดชนันคม อำเภอกุดบาก อำเภอกุพาน จังหวัดสกลนคร และอำเภอสมเด็จ อำเภอยะผิง จังหวัดกาฬสินธุ์ เขตอุทยานฯ ประกอบด้วยทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญ ทั้งทรัพยากรป่าไม้ มีร้อยละ 81.23 ของพื้นที่และสัตว์ป่าสำรวจพบ 162 ชนิด แยกเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม 53 ชนิด (32.9%) สัตว์ปีก 42 ชนิด (26.1%) สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก 17 ชนิด (10.5%) สัตว์เลื้อยคลาน 37 ชนิด และปลาน้ำจืด 13 ชนิด (7.5%) ส่วนการสำรวจจำนวนและชนิดหอยยังไม่พบรายงาน จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการศึกษาชนิดและนิเวศวิทยา เพื่อจะได้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนทางการอนุรักษ์สัตว์เหล่านี้ต่อไป เนื่องจากประชาชนที่อยู่อาศัยโดยรอบยังคงมีการลักลอบตัดฟันแปรรูปไม้มีค่า การหาของป่า การล่าสัตว์ของราษฎร ตลอดจนการบุกรุกพื้นที่เขตอุทยานฯ แต่พื้นที่นี้ยังเป็นเขตที่มีความหลากหลายทางชีวภาพ (กรมป่าไม้, 2535)

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาจำนวนชนิด (species), การแพร่กระจายของหอยบกและหอยน้ำจืดที่อาศัยอยู่ในเขตอุทยานแห่งชาติภูพาน

วิธีการวิจัย

1. การสำรวจและการเก็บตัวอย่าง

การเก็บตัวอย่างโดยวิธีการเดินสำรวจหาตัวอย่างหอยที่อาศัยอยู่ตามป่าและแหล่งน้ำจำนวนทั้งสิ้น 21 แห่งในเขตอุทยานแห่งชาติภูพาน (แสดงในภาพที่ 1) สำหรับวิธีการเก็บตัวอย่างในแหล่งน้ำทำตามวิธีของ Malek (1962) โดยใช้ตะแกรงลวด(scoop) หรือสวิงตักตามหน้าดิน ไม่เลือกขนาดและชนิดตัวอย่างหอย บันทึกข้อมูลเบื้องต้น เช่น สถานที่พบตัวอย่าง ลักษณะสภาพแวดล้อม แหล่งที่อยู่อาศัย ถ่ายภาพตัวอย่างทั้งในสภาพธรรมชาติและในห้องปฏิบัติการ ตัวอย่างที่ตายเก็บไว้ในสารละลายฟอร์มาลิน(formalin) เข้มข้น 10% แล้วนำมาตรวจสอบเอกลักษณ์ และหาชื่อวิทยาศาสตร์ ระยะเวลาที่ทำการสำรวจเก็บตัวอย่าง ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2540 ถึงเดือนมกราคม 2542 โดยเก็บตัวอย่างทุกเดือนๆ ละ 1 ครั้ง เป็นระยะเวลา รวม 2 ปี

2. การแยกชนิดตัวอย่างหอย

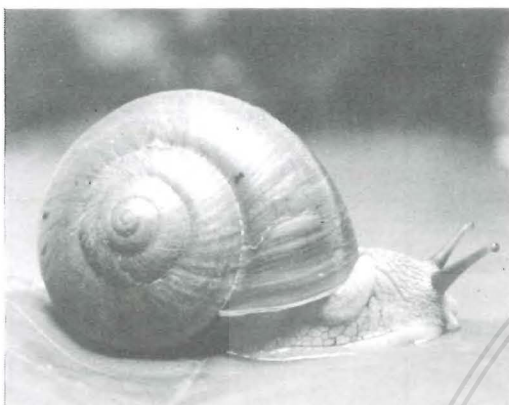
ตรวจสอบเอกลักษณ์และชื่อตัวอย่างที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยตรวจสอบลักษณะรูปร่างภายนอกทั่วไป เช่น ลักษณะเปลือก สี รูปร่าง ขนาด การจำแนกชนิดโดยอาศัยคำอธิบายของ Kerney et al. (1979) ; Brandt (1994) และ Upatham et al. (1983)

ผลการวิจัย

จากการสำรวจสัตว์ในบริเวณหน่วยพิทักษ์อุทยานฯ พื้นที่ป่าและแหล่งน้ำต่างๆ ทั้งหมด 21 แห่ง ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2540 ถึงเดือนมกราคม 2542 พบหอยบก 3 ชนิด แยกเป็น 2 อันดับ 3 วงศ์ 3 สกุล หอยน้ำจืด 29 ชนิด แยกเป็น 3 อันดับ 8 วงศ์ 21 สกุล ดังแสดงในภาพที่ 2 และตารางที่ 1



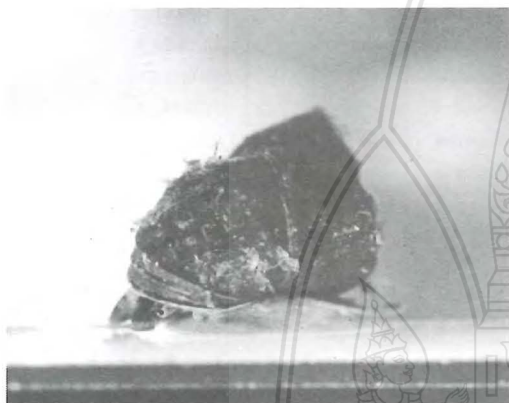
ภาพที่ 1 แผนที่อุทยานแห่งชาติภูพาน แสดงแหล่งที่สำรวจและเก็บตัวอย่าง



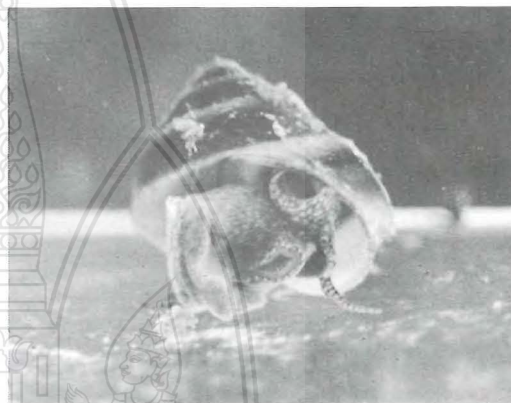
หอยทาก, หอยเตี้อ (*Hemiplecta distincta*)



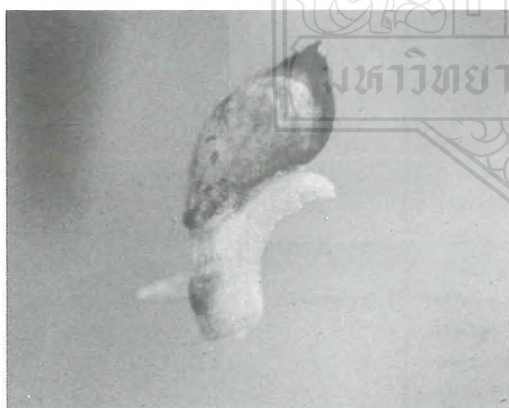
หอยเชอรี่ (*Pomacea insularis*)



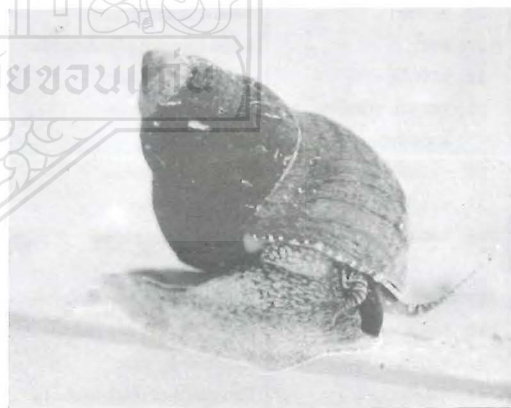
หอยขม (*Idiopoma umbilicata*)



หอยขม (*Trochotaia trochoides*)



หอยคัน (*Lymnaea (Radix) auricularis rubiginosa*)



หอยขม (*Filopaludina martensi munensis*)

ภาพที่ 2 แสดงตัวอย่างหอยบกและหอยน้ำจืดบางชนิดที่สำรวจพบในเขตอุทยานแห่งชาติภูพาน

ตารางที่ 1 ชนิดหอยบก และหอยน้ำจืดที่พบในเขตอุทยานแห่งชาติภูพาน ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2540 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2542

ชื่อไทย (Thai Name)	ชื่อวิทยาศาสตร์ (Scientific Name)	วงศ์ (Family)	อันดับ (Order)	สถานที่สำรวจ
1. หอยทาก, หอยเตี๋ย	Hemiplecta distincta	Helicarionidae	1. Stylommatophora	1,3,6,14,20,
2. หอยทาก	Vitrea subrimata	Zonitidae		12,14
3. หอยทาก, หอยหอม	Cylophorus auantiacus	Cyclophoridae		12,14
4. หอยกาบลาย, หอยนกเข่า	Scabies crispata	Amblemidae	3. Uinonoida	4,9,10,19
5. หอยกาบ	Physunio modelli	Amblemidae		4,9,16,19,21
6. หอยกาบ, หอยสนบก, หอยจิบจี	Ensidents ingallisianus dugasti	Amblemidae		9,10,16,19,21
7. หอยกาบ, หอยเสียบ	Trapezoideus exolascens pallegoixi	Amblemidae	4. Mesogastropoda	3,4,9,10,19,21
8. หอยกาบ, หอยแม่น้ำ	Pseudodon vondembuschianus ellipticus	Amblemidae		16,19,20,21
9. หอยกาบ	Hyriopsis (Limnoscapha) myersiana	Amblemidae		6,16,19,21
10. หอยกาบ	Uniandra contradens tumidula	Amblemidae		9,10,19,21
11. หอยกาบ, หอยทราย	Corbicula moreletiana	Corbiculidae		4,9,10,19,21
12. หอยกาบ, หอยทราย	Corbicula iravadica	Corbiculidae		4,9,10,19,21
13. หอยขม, หอยจี่, หอยเวียน	Trochotaia trochoides	Viviparidae		1,4,6,8,19,20,21
14. หอยขม, หอยจูบ, หอยจูบแจ่ง	Filopaludina martensi martensi	Viviparidae		1,3,4,5,6,7,8,9,14, 18,19,20,21
15. หอยขมลาย, หอยจูบลาย	Filopaludina sumatrensis polygramma	Viviparidae		1,3,4,5,6,7,8,14,18, 19,20,21
16. หอยขม	Filopaludina martensi munensis	Viviparidae		1,3,4,6,7,8,20
17. หอยขม	Filopaludina martensi cambodjensis	Viviparidae		1,3,4,5,7,8,14,19,20
18. หอยขม	Idiopoma umbilicata	Viviparidae		4,5,6,7,8,15,19,20
19. หอยโข่ง, หอยปั้ง, หอยนา	Pila polita	Ampullariidae		3,4,16,20,21
20. หอยโข่ง, หอยนา, หอยขัว	Pila ampullacea	Ampullariidae		1,3,4,5,15,18,20,21,
21. หอยโข่ง, หอยนา, หอยปากกกว้าง	Pila pesmei	Ampullariidae		1,4,5,8,20,21
22. หอยเขมือ	Pomacea insularis	Ampullariidae	5. Basomatophora	1,2,3,4,5,6,7,8,10,12,18,19
23. หอยไซ	Bithynia sianmensis goniophalos	Bithyniidae		1,2,3,4,6,9,15,16,18,20,21
24. หอยเจดีย์	Brotia costula costula	Thiaridae		2,3,14,20,21
25. หอยหอม, หอยเวียน, หอยเกลียว	Brotia (Brotia) citrina	Thiaridae		11,13,14,19
26. หอยเจดีย์	Semisulospira libertina	Thiaridae		1,4,5,18,19
27. หอยเจดีย์	Melanoid tuberculata	Thiaridae		1,2,3,4,5,6,9,10,18,19,20
28. หอยเจดีย์	Clea (Anentome) helina	Thiaridae		1,2,3,4,5,6,8,9,10,12, 18,19,20,21
29. หอยคัน	Lymnaea (Radix) auricularis rubiginosa	Lymnaeidae		1,3,5,6,9,10,15,16,17,19,21
30. หอยคัน	Lymnaea(Radix) auricularis swinnoei	Lymnaeidae		1,3,8,10,16,17,19
31. หอยคัน	Indoplanorbis exutus	Planorbidae		1,8,16,17
32. หอยคัน	Hippeutis(Hericorbis) umbilicalis	Planorbidae		1,4,8,16

สรุปผล

สำรวจตัวอย่างช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2540 - มกราคม พ.ศ. 2542 พบตัวอย่างหอยทั้งหมด 33 ชนิด เป็นกลุ่มหอยบก พบ 3 ชนิด ได้แก่ หอยทากหรือหอยเตี๋ย (*Hemiplecta distincta*), พบน้อยมักอาศัยตามพื้นป่าที่ชื้นและมีร่มเงาไม่ปกคลุมแหล่งที่พบมีน้อย หอยทาก (*Vitrea subrimata*), หอยทากหรือหอยหอม (*Cyclophorus auantiacus*) พบได้น้อยเพียง 2 แหล่งเท่านั้น ส่วนกลุ่มหอยน้ำจืดพบได้ทั่วไปตั้งแต่ระดับน้ำตื้นที่ระดับน้อยกว่า 30 เซนติเมตร จนถึงระดับน้ำลึก 1-2 เมตร พบหอยกบ จำนวน 9 สปีชีส์ ได้แก่ หอยกบลาย, หอยนกเขา (*Scabies crispata*), หอยกบ (*Physunio modelli*) หอยกบ, หอยสนบกหรือหอยจิบจี (*Ensidents ingallisianus dugasti*), หอยกบหรือหอยเสียบ (*Trapezoideus exolescens pallegoixi*), หอยกบหรือหอยแม่น้ำ (*Pseudodon vondembuschianus ellipticus*), หอยกบ (*Hyriopsis (Lymnoscapha) myersiana*), หอยกบ (*Uniandra contradens tumidula*), หอยกบหรือหอยทราย (*Corbicula moreletiana*), หอยกบหรือหอยทราย (*Corbicula iravadica*), กลุ่มหอยฝาเดียวที่พบ 15 สปีชีส์ ได้แก่ กลุ่มหอยขมเป็นกลุ่มหอยที่พบมาก พบเกือบทั่วทุกแห่งในแหล่งน้ำตื้นๆ ได้แก่ หอยขม, หอยจีหรือหอยเวียน (*Trochotaia trochoides*), หอยขม, หอยจูบ หรือหอยจูบแจง (*Filopaludina martensi martensi*), หอยขมลาย, หอยจูบลาย (*Filopaludina sumatrensis polygramma*), หอยขม (*Filopaludina martensi munensis*), หอยขม (*Idiopoma umbilicata*), หอยโข่ง, หอยปิง, หอยนา (*Pila polita*), หอยโข่ง, หอยนา, หอยข้าว (*Pila ampullacea*), หอยโข่ง, หอยนา, หอยปากกว้าง (*Pila pesmei*), หอยเชอรี (*Pomacea insularis*) หอยไซ (*Bithynia (Digoniostoma) siamensis goniophalos*), หอยเจดีย์ (*Brotia costula*)

costula) หอยเจดีย์ (*Semisulospira libertina*), หอยเจดีย์ (*Melanoid tuberculata*), หอยเจดีย์ (*Clea (Anentome) helina*), หอยคัน (*Lymnaea (Radix) auricularis rubiginosa*), หอยคัน (*Lymnaea (Radix) auricularis swinnoei*) หอยคัน (*Indopla-norbis exustus*) และหอยคัน (*Hippeutis (Heri-corbis) umbilicalis*) การแพร่กระจายหอยบกเป็นกลุ่มหอยที่พบได้น้อยและพบเพียงบางพื้นที่ เนื่องจากส่วนใหญ่จะหากินในเวลากลางคืน เวลากลางวันจะหลบซ่อนใต้ใบไม้ที่ทับถมคลุมดินและในดิน ส่วนการแพร่กระจายของหอยน้ำจืดแต่ละแหล่งที่สำรวจนั้นมีความหลากหลายชนิดของหอยคล้ายกัน ยกเว้นหอยหอมหรือหอยเวียน (*Brotia (Brotia) citrina*) พบได้เฉพาะในแหล่งน้ำไหล ต้นแม่น้ำและน้ำตกเท่านั้น

เอกสารอ้างอิง

- กรมป่าไม้. 2535. แผนแม่บทอุทยานแห่งชาติภูพาน เล่ม 2 ข้อมูลพื้นฐาน รายงานฉบับสมบูรณ์. กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สมศักดิ์ ปัญหา. 2536. รายงานการวิจัยทุนรัชดาภิเษกสมโภช เรื่อง การเกิดไข่มุกในหอยน้ำจืด *Chamberlainia hainesiana* ในห้องปฏิบัติการจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร. 22 หน้า.
- Brandt, R.A.M. 1974. The non-marine aquatic Mollusca of Thailand. Druck von W. Kramer & Co. in Frankfurt am Main 105:1-423.
- Kerney M.P., R.A.D. Cameron and G.Riley. 1979. A field guide to the land snails of Britain And North-West Europe. William Collins Sons and Co Ltd., Glasgow 288 pp.

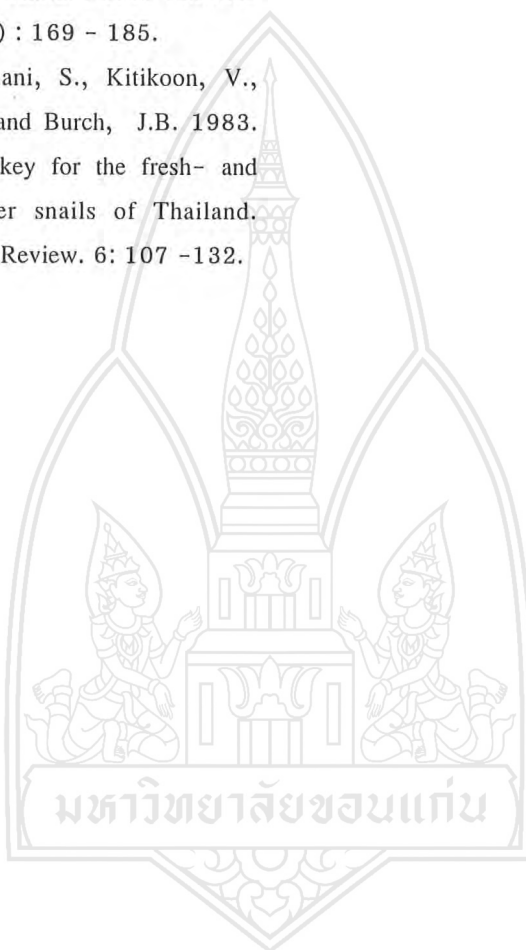
Malek, E.A. 1962. Laboratory guide and notes for medical malacology. Burgess publishing company. Minneapolis 154 pp.

Punha, S. 1990. The site survey and the study on reproductive cycles of freshwater pearl mussels in the central Part of Thailand. Venus. 49 (3) : 169 - 185.

Upatham, E.S., Sormani, S., Kitikoon, V., Lohachit, C. and Burch, J.B. 1983. Identification key for the fresh- and brackish-water snails of Thailand. Malacological Review. 6: 107 -132.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการพัฒนาองค์ความรู้ และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย (BRT 139008) ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณการวิจัยในครั้งนี้



เครื่องควบคุมตำแหน่งสารตัวอย่าง SAMPLE-POSITIONING CONTROLLER

สมศักดิ์ เดียวสุนทร*

บทคัดย่อ

บทความนี้กล่าวถึงการออกแบบและสร้างเครื่องควบคุมตำแหน่งสารตัวอย่างที่จะนำมาวัดหาปริมาณรังสีในห้องปฏิบัติการนิวเคลียร์ เครื่องควบคุมมีลักษณะดังนี้ สารตัวอย่างจะถูกจัดให้ตรงกับตำแหน่งหัววัดโดยการหมุนของสเต็ปเพอร์มอเตอร์ซึ่งควบคุมจากวงจรควบคุม ระยะการหมุนป้อนได้จากคีย์แพดบนเครื่องควบคุม สารตัวอย่างจะหมุนพร้อมกับจานรองรับซึ่งขับเคลื่อนด้วยสเต็ปเพอร์มอเตอร์ จำนวนสเต็ปต่อการหมุนหนึ่งรอบคือ 400 ดังนั้น ค่าละเอียดที่สุดของการหมุนคือ $360/400$ เท่ากับ 0.9 องศา

Abstract

This article describes the design and construction of The Sample-Positioning Controller which can be used for radiation intensity measurement in nuclear laboratory. The controller has the following specifications. The correct position of sample will be adjusted for detector by rotation of stepper motor that controlled by controller circuit. The number of step of rotation is fed from keypad on controller. Sample is rotate by the tray driven by stepper motor. The number of step per revolution is 400 so the resolution of revolution is $360/400 = 0.9$ degree.

บทนำ

ในห้องปฏิบัติการนิวเคลียร์ บ่อยครั้งที่เราจำเป็นต้องจัดตำแหน่งสารตัวอย่างให้ตรงกับหัววัด สารตัวอย่างซึ่งเป็นสารรังสีอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพได้ถ้าเราต้องอยู่ใกล้เป็นเวลานานขณะจัดตำแหน่งสาร เพื่อหลีกเลี่ยงความเสี่ยงนี้เราสามารถจัดตำแหน่งของสารโดยที่เราไม่ต้องอยู่ใกล้สารตัวอย่าง โดยใช้เครื่องควบคุมซึ่งอยู่ห่างจากจานวางสารตัวอย่างประมาณหนึ่งเมตร

การออกแบบ

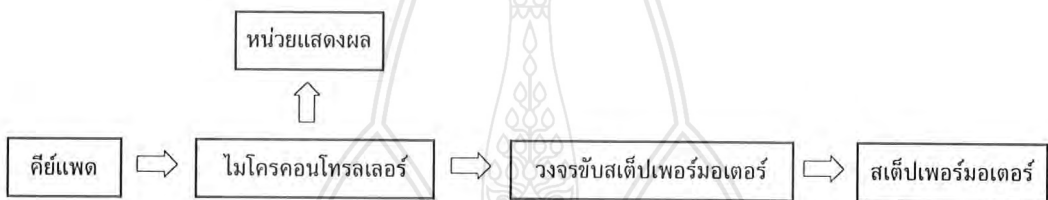
การออกแบบเครื่องควบคุมตำแหน่งสารตัวอย่างแบ่งออกได้เป็นสองส่วน คือ การออกแบบฮาร์ดแวร์และการเขียนซอฟต์แวร์ ซึ่งควบคุมการทำงานของระบบเป็นภาษาแอสเซมบลี ซึ่งแปลงเป็นภาษาเครื่องโดยใช้แอสเซมเบลอร์ MPASM

* อาจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

ฮาร์ดแวร์เครื่องควบคุมตำแหน่งสารตัวอย่างมีบล็อกไดอะแกรมดังแสดงใน รูปที่ 1 ซึ่งประกอบด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ คีย์แพด หน่วยแสดงผล วงจรขับสเต็ปเพอร์มอเตอร์ (stepper motor driver) และสเต็ปเพอร์มอเตอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่รับข้อมูลที่ป้อนจากคีย์แพดและนำไปแสดงผลบนหน่วยแสดงผล ข้อมูลนี้จะถูกประมวลผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้ในการขับเคลื่อนสเต็ปเพอร์มอเตอร์ผ่านวงจรขับสเต็ปเพอร์มอเตอร์

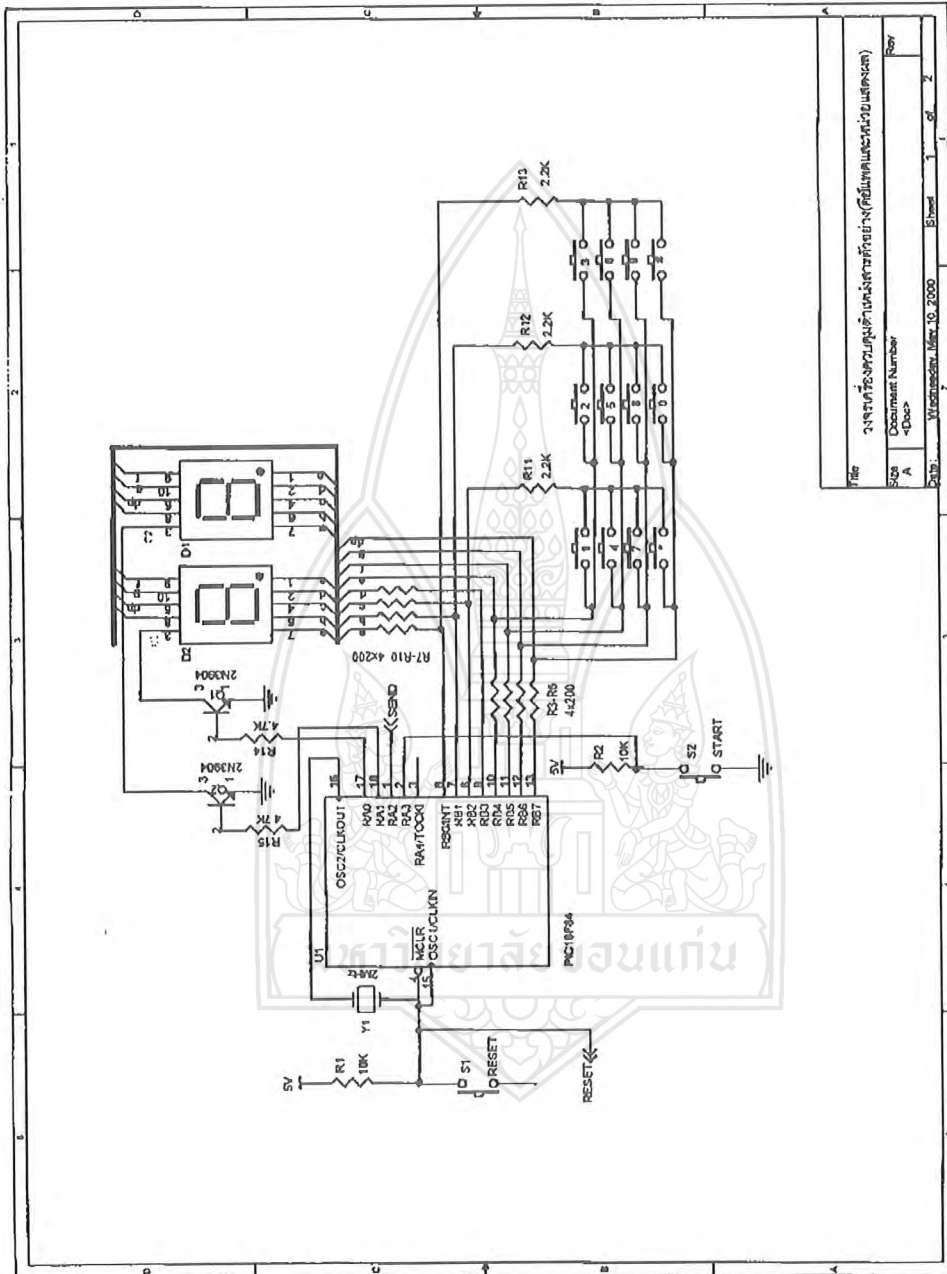
ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้เป็นเบอร์ PIC16F84 (ภาพ 2) ของบริษัท Microchip Technology Inc. ไมโครคอนโทรลเลอร์นี้มี 18 ขา มีหน่วยความจำแบบ Flash ภายใน 1 K สำหรับเก็บโปรแกรม คีย์แพดเป็นแบบ 3x4 เมทริกซ์เหมือนกับคีย์แพดที่ใช้ในโทรศัพท์ หน่วยแสดงผลเป็น LED ตัวเลขเจ็ดส่วนสองตัว วงจรขับสเต็ปเพอร์มอเตอร์ คือ ดาร์ลิงตันทรานซิสเตอร์ไอซีเบอร์ 2003A สเต็ปเพอร์มอเตอร์เป็นแบบขั้วเดียว (unipolar stepper motor)



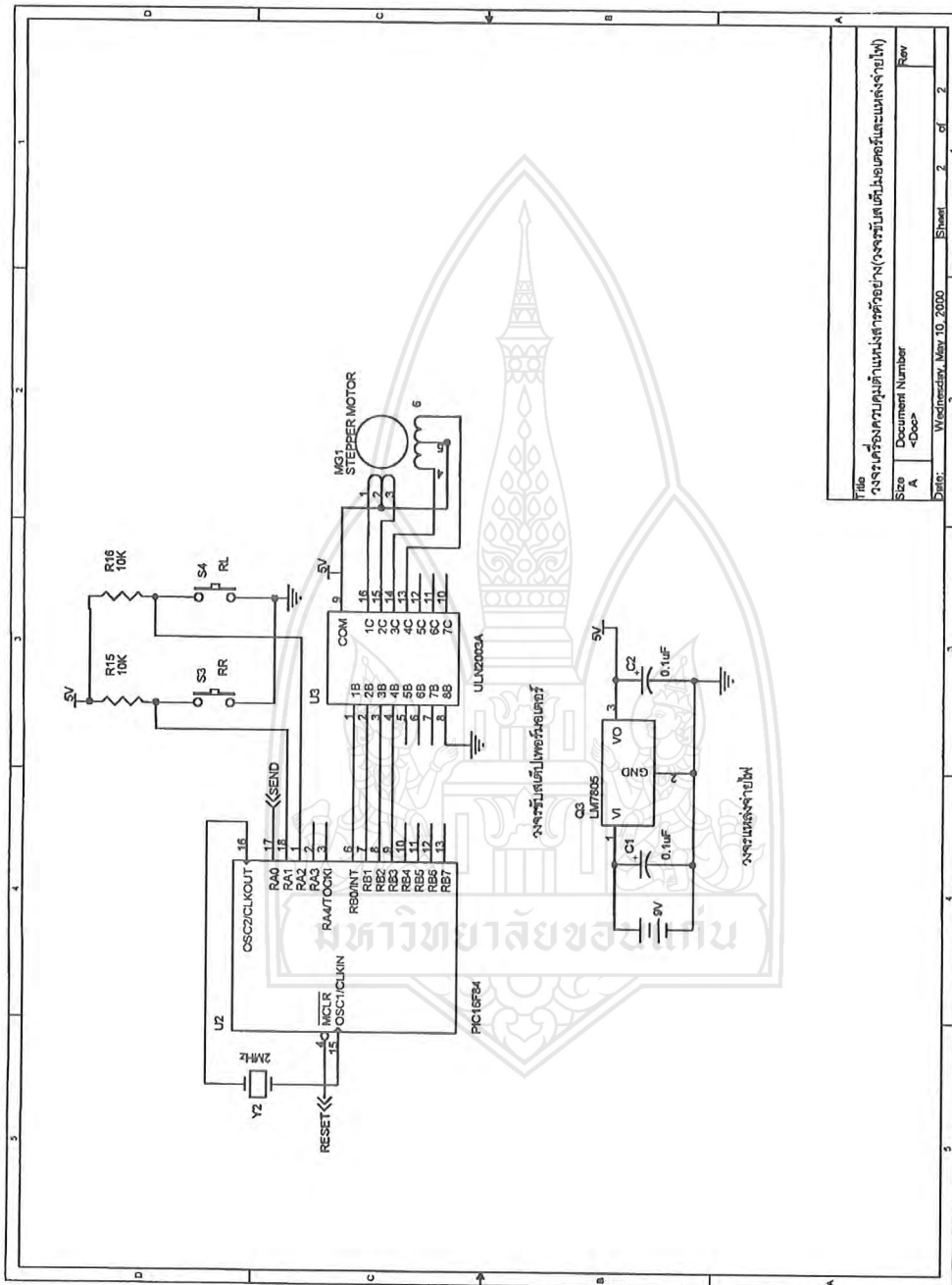
รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมเครื่องควบคุมตำแหน่งสารตัวอย่าง

รูปที่ 2 และ 3 เป็นวงจรเครื่องควบคุมตำแหน่งสารตัวอย่าง วงจรประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F84 สองตัว U1 และ U2 PIC16F84 ประกอบด้วยอินพุต/เอาต์พุต พอร์ตสองพอร์ต พอร์ต A มี 5 ขา (RA0-RA4) พอร์ต B มี 8 ขา (RB0-RB7) U1 เชื่อมต่อกับ U2 ผ่านทางพอร์ต A โดย RA2 ของ U1 ต่อกับ RA0 ของ U2 พอร์ต B ของ U1 ใช้สำหรับเชื่อมต่อทั้งหน่วยแสดงผล LED ตัวเลขเจ็ดส่วน 2 หลัก และคีย์แพดแบบเมทริกซ์ 3X4 การทำงานของพอร์ต B เป็นแบบมัลติเพล็กซ์ คือ พอร์ต B พอร์ตเดียวเป็นทั้งตัวรับข้อมูลจากคีย์แพดและส่งข้อมูลไปที่หน่วยแสดงผล พอร์ต B ทั้งพอร์ตเป็นเอาต์พุตพอร์ทเมื่อส่งข้อมูลไปแสดงผล แต่เป็นทั้งอินพุต

และเอาต์พุตขณะสแกนคีย์แพด โดย RB0-RB2 เป็นเอาต์พุตต่อกับคอลัมน์ของของคีย์แพด และ RB4-RB7 เป็นอินพุตต่อกับแถว (row) คีย์แพด ถ้าสวิตช์ถูกกดขาอินพุต จะอ่าน ลอจิก 0 เข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับขา RA0 และ RA1 ต่อกับทรานซิสเตอร์ Q2 และ Q1 ตามลำดับ เพื่อใช้ในการขับหน่วยแสดงผล U2 กำหนดให้ทำหน้าที่รับข้อมูลแบบอนุกรมจาก U1 และเชื่อมต่อกับ U3 (ULN2003A) ซึ่งเป็นวงจรขับสเต็ปเพอร์มอเตอร์ สวิตช์ reset ใช้ reset ไมโครคอนโทรลเลอร์ U1 และ U2 สวิตช์ START ใช้สำหรับส่งข้อมูลจาก U1 ไป U2 ส่วนสวิตช์ RR และสวิตช์ RL เป็นตัวบังคับให้มอเตอร์หมุนขวาหรือหมุนซ้ายตามลำดับ



รูปที่ 2 วงจรเครื่องควบคุมตำแหน่งตัวอักษร (คีย์เพดและหน่วยแสดงผล)



รูปที่ 3 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านสารตัวอย่าง (วงจรปัสเสจเตอร์และวงจรแหล่งจ่ายไฟ)

ซอฟต์แวร์ควบคุม (control software)

โปรแกรมควบคุมการทำงานของหน่วยควบคุม พัฒนาโดยเขียนเป็นภาษาแอสเซมบลี โดยใช้เอดิเตอร์ แอสเซมเบลอร์ ซิมูเลเตอร์ และโปรแกรมเมอร์ ใน MPLAB4.0 ซึ่งเป็นชุดซอฟต์แวร์ของบริษัท Microchip Technology Inc.

โปรแกรมควบคุมการทำงานประกอบด้วยโปรแกรมหลักๆ 3 โปรแกรม โปรแกรมสแกนคีย์แพดและแสดงผล โปรแกรมขับเคลื่อนสเต็ปเพอร์มอเตอร์ และโปรแกรมสื่อสารแบบอนุกรมระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16 F84 สองตัว เหตุผลที่ต้องใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์สองตัวเพราะ PIC16F84 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดเล็กมีขาเพียง 18 ขา ซึ่งไม่พอในการเชื่อมทั้งคีย์บอร์ด หน่วยแสดงผลและสเต็ปเพอร์มอเตอร์

โปรแกรมที่บรรจุภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ U1 เป็นโปรแกรมสแกนคีย์แพดและแสดงผล โปรแกรมส่งข้อมูลที่รับมาจากคีย์แพดผ่านไปสู่มิโครคอนโทรลเลอร์ U2 การส่งข้อมูลจาก U1 ไป U2 เป็นการส่งข้อมูลอนุกรมแบบ simple duplex ข้อมูลส่งไปในสายที่ต่อระหว่าง U1 (RA2) และ U2 (RA0) เพียงสายเดียว ข้อมูลที่ U2 รับมาจาก U1 คือจำนวนสเต็ปที่ต้องการให้มอเตอร์หมุน จะเห็นว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ U1 และ U2 แบ่งหน้าที่กันทำงาน U1 ทำหน้าที่รับข้อมูลจากคีย์แพด นำข้อมูลไปแสดงบนหน่วยแสดงผลและส่งข้อมูลให้ U2 ส่วน U2 รับข้อมูลจาก U1 และควบคุมมอเตอร์ผ่านวงจรขับ ULN 2003A

โปรแกรมสแกนคีย์แพดและแสดงผลทำงานดังนี้ สแกนคีย์เพื่อตรวจสอบว่าคีย์ใดถูกกดและส่งข้อมูลไปแสดงผลบน LED ตัวเลขเจ็ดส่วน การสแกนคีย์และแสดงผลเป็นแบบมัลติเพล็กซ์ เพราะต้องใช้บัสร่วมกัน การมัลติเพล็กซ์ทำได้โดยการขับ LED แต่ละตัวเป็นเวลา 5 ms ทุกๆ 20 ms ซึ่งจะให้อัตราเร็วของการจุด LED เป็น 50 Hz อัตรา

ความเร็วนี้สูงเกินกว่าที่ตาของคนเราจะสามารถสังเกตเห็นความเปลี่ยนแปลงการกระพริบของ LED ฐานเวลา 5 ms ได้จากการหารสัญญาณนาฬิกา 2 MHz ปรিসเกลเลอร์ภายในถูกเซ็ตโดยโปรแกรมให้หารด้วย 32 ไทม์เมอร์ TMR0 ถูกโหลดด้วยค่าเริ่มต้น 96 ไทม์เมอร์จะเพิ่มค่าที่ละ 1 จนถึง FFH แล้วกลับเป็น 0 เมื่อเวลาผ่านไปเท่ากับ $(256-96) \times 3 \times (4/2 \times 10^6) = 5\text{ms}$ เมื่อ TMR0 เปลี่ยนจาก FFH ไปสู่ 0 แฟล็กบิต TOIF จะถูกเซ็ต ขณะที่ TOIF เซ็ตเป็น 1 และ TOIE กับ GIE เป็นอีนเบิลทำให้เกิดการอินเตอร์รัปต์ขึ้น ดังนั้น ซอฟต์แวร์เขียนขึ้นเพื่อให้คอนโทรลเลอร์ถูกอินเตอร์รัปต์ทุกๆ 5ms

ในการสุมคีย์แพด ก่อนสุมทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 ซึ่งใช้ในการขับ LED ทั้งสองต้องอยู่ในสถานะปิด (OFF) จากนั้นพอร์ท B จะถูกเซ็ตให้ RB7-RB4 เป็นอินพุท และให้ RB2-RB0 เป็นเอาต์พุทและเซ็ตให้เป็น 1 ทั้งสามเอาต์พุท พูล-อัพ (pull-ups) สำหรับ RB7-RB4 ถูกอีนเบิลโดย RBPU ใน OPTION<7> ทำให้ขา RB2-RB0 เป็น low ตามลำดับ ขณะที่ RB4-RB7 ถูกตรวจสอบตามลำดับว่าถูกกดหรือไม่ (ระดับลอจิก low) เมื่อมีคีย์ถูกกดโปรแกรมหน่วงเวลาเป็นเวลา 40ms สำหรับคีย์ดีบาวซ์ก่อนที่จะสุมคีย์ใหม่ จะไม่มีคีย์อื่นๆ ถูกสุมก่อนปล่อยคีย์ปัจจุบัน ค่าของคีย์ที่ถูกกดเก็บไว้เป็นเลขฐานสิบหก ดังนั้น ก่อนส่งข้อมูลไปแสดงผลซอฟต์แวร์ต้องแปลงข้อมูลนี้เป็นเลข BCD และค่าต้องสอดคล้องกับเลขบนคีย์แพดด้วย

เนื่องจาก PIC16F84 ไม่มีพอร์ทอนุกรมในชิป การรับ/ส่งข้อมูลจึงต้องใช้ซอฟต์แวร์ในการรับข้อมูล ขารับข้อมูล RA0 (U2) ถูกสุมทุกๆ $B/2 \text{ s}$ ($52\mu\text{s}$ สำหรับอัตราเร็ว 9600 b/s) เพื่อตรวจจับสตาร์ทบิต เมื่อ B เป็นเวลาในการส่งหนึ่งบิต ถ้าพบสตาร์ทบิตแล้วข้อมูลบิตแรกจะถูกตรวจสอบหลังจากเวลาผ่านไป $1.25\mu\text{s}$ จากนั้นข้อมูลบิตอื่นๆ จะถูกตรวจสอบทุกๆ $B\text{s}$ ($104\mu\text{s}$) สำหรับ

การส่งสตาร์ทบิตถูกส่งโดยการเชื่อมต่อ RB2 (U1) เป็นลอจิก 0 นานเป็นเวลา Bs จากนั้นขา RB2 จะเป็น 0 หรือ 1 ตามข้อมูลทุก ๆ Bs

โปรแกรมสำหรับขับสเต็ปมอเตอร์เป็นโปรแกรมการกระตุ้นแบบครึ่งสเต็ป สวิตช์ RR และ RL เป็นสวิตช์เพื่อให้โปรแกรมตรวจสอบทิศทางที่ต้องการให้มอเตอร์หมุน จากนั้นข้อมูลของรูปแบบบิต (bit pattern) ข้อมูลจะถูกป้อนผ่านวงจรขับมอเตอร์เพื่อกระตุ้นให้ขดลวดในแต่ละเฟสทำงาน

ตารางที่ 1 แสดงลำดับการทำงานของขดลวดในแต่ละเฟสของมอเตอร์ เมื่อต้องการหมุนซ้าย รูปแบบบิตที่ต้องป้อนแก่ขดลวดมีลำดับดังนี้ F8-FC-F4-F6-F2-F3-F1-F9 แล้ววนกลับไป F8 แต่ถ้าต้องการหมุนขวาลำดับจะเป็นดังนี้ F9-F1-F3-F2-F6-F4-FC-F8 แล้ววนกลับไป F9 สังเกตบิตที่ป้อนแก่ขดลวดเป็นนิบเบิ้ลต่ำ ส่วนนิบเบิ้ลสูงไม่ได้ป้อนเข้าขดลวดแต่ใช้ให้เป็น 1 ทั้ง 4 บิต

ตารางที่ 1 ลำดับการกระตุ้นขดลวดแบบครึ่งสเต็ป

สเต็ปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	0	1	0	0
4	0	1	1	0
5	0	0	1	0
6	0	0	1	1
7	0	0	0	1
8	1	0	0	1

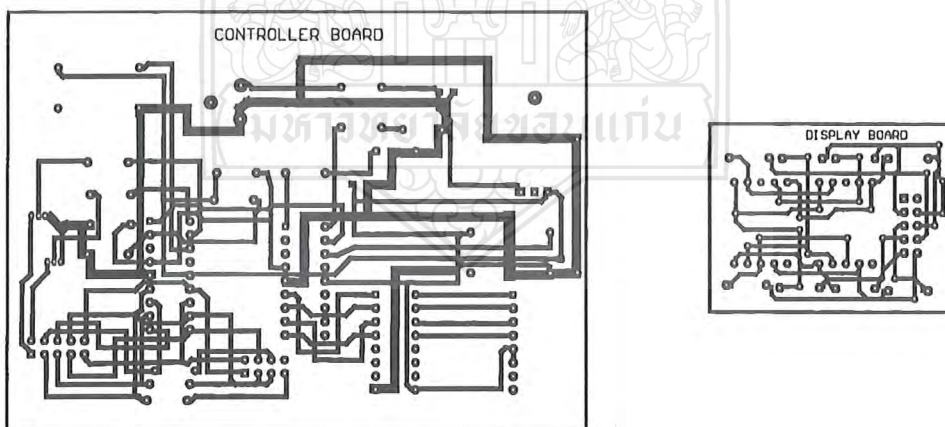
การสร้าง (construction)

เครื่องควบคุมตำแหน่งสาร ประกอบด้วย แผงวงจร 2 แผง แผงควบคุมซึ่งอุปกรณ์ส่วนใหญ่รวมอยู่ในแผงนี้ ยกเว้น LED ตัวเลขเจ็ดส่วน 2 ตัว และความต้านทาน 8 ตัวที่อยู่ในแผงหน่วยแสดงผล การแบ่งวงจรออกเป็น 2 แผงก็เพื่อให้่ายต่อการ

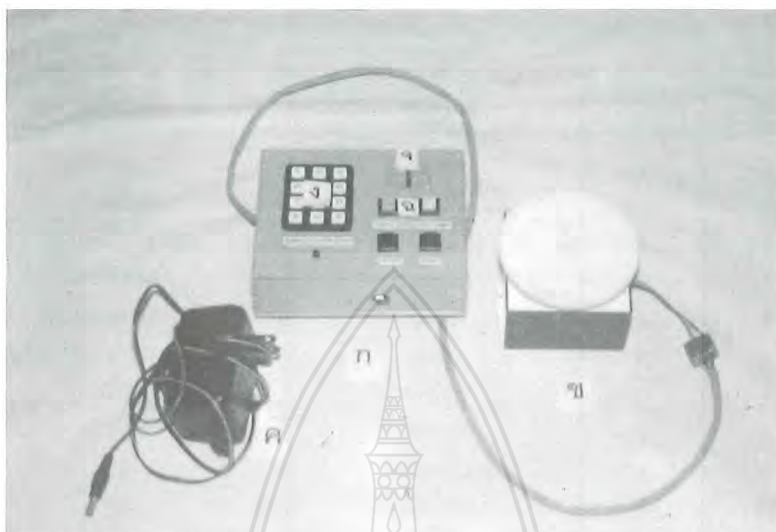
ประกอบลงบนกล่อง แผงหน่วยแสดงผลเชื่อมต่อกับแผงควบคุมโดยสายแพและหัวเชื่อมต่อ รูปที่ 4 เป็นลายพิมพ์วงจรของแผงควบคุมและแผงหน่วยแสดงผล รายการอุปกรณ์ทั้งหมดแสดงอยู่ในตารางที่ 2 ส่วนภาพถ่ายเครื่องต้นแบบของเครื่องควบคุมตำแหน่งสารตัวอย่างแสดงในรูปที่ 5

ตารางที่ 2 รายการอุปกรณ์สำหรับเครื่องควบคุมตำแหน่งสารตัวอย่าง

รายการที่	จำนวน	อุปกรณ์	สัญลักษณ์
1	1	0.1UF	C1
2	1	10UF	C2
3	3	2.2K	R11 R12 R13
4	2	4.7K	R14 R15
5	4	10K	R1 R2 R15 R16
6	8	200	R3 R4 R5 R6 R7 R8 R9 R10
7	2	16F84	U1 U2
8	2	X-TAL	U3 U4
9	1	ULN2003A	U5
10	1	LM7805CT	U6
11	2	3904	Q1 Q2
12	1	SW RESET	S1
13	1	SW START	S2
14	1	SW RR	S3
15	1	SW RL	S4
16	2	TIL309	D1 D2
17	1	STEPPER MOTOR	MGM1
18	1	3x4 KEY PAD	



รูปที่ 4 ลายพิมพ์วงจรแผงควบคุมและแผงแสดงผล (ด้านบนและล่าง)



รูปที่ 5 ภาพต้นแบบของเครื่องควบคุมตำแหน่งสารตัวอย่าง

- ก. หน่วยควบคุม (controller unit)
- ข. จานวางสารตัวอย่าง (sample tray)
- ค. เพาเวอร์อะแดปเตอร์ 9 โวลต์
- ง. คีย์แพดแบบ 3x4 เมทริกซ์ (3x4 matrix key pad)
- จ. หน่วยแสดงผล LED ตัวเลขเจ็ดส่วนสองหลัก (2 digit seven-segment display)
- ฉ. สวิตช์หมุนซ้ายและหมุนขวา (turn right and turn left switches)

วิธีใช้เครื่องมือ

1. ป้อนไฟจากแหล่งจ่ายไฟ 9 โวลต์ โดยใช้หัวเสียบแบบ JACK ด้านหลังเครื่องควบคุมตำแหน่งสารตัวอย่าง หน่วยแสดงผลจะแสดงเลข 00 สองหลัก
2. ป้อนจำนวนสเต็ปที่ต้องการให้มอเตอร์หมุนจากแผงคีย์บอร์ดซึ่งเป็นเลขฐานสิบจำนวนไม่เกิน 99
3. กดปุ่ม START ทุก ๆ ครั้งก่อนกดปุ่ม RIGHT TURN หรือ LEFT TURN ในแต่ละครั้งเพื่อต้องการหมุนซ้ายหรือขวา

การทดสอบเครื่องมือ

1. ทำเครื่องหมายบนจาน โดยใช้ดินสอหรือปากกาขีดบนกระดาษ แล้วนำไปติดกับจานโดยใช้เทปใส
2. จ่ายไฟแก่เครื่องควบคุม แล้วป้อนจำนวนสเต็ปที่ต้องการหมุนเป็น 80
3. กดปุ่ม START กดปุ่ม RIGHT TURN หรือ LEFT TURN เมื่อมอเตอร์หมุนได้ครบ 80 สเต็ปมันจะหยุด ทำเช่นเดียวกัน (ไม่ต้องกดปุ่ม START) อีก 4 ครั้ง ถ้าเครื่องหมายที่ทำไว้กลับมายู่ที่เดิมแสดงว่าเครื่องควบคุมทำงานถูกต้อง เพราะมอเตอร์หมุนได้ครบรอบคือ 400 สเต็ปพอดี

ผลการทดสอบ

เครื่องควบคุมทำงานได้ถูกต้อง ความผิดพลาดจะเกิดขึ้นได้ 0.45 องศา (ครึ่งสแต็ป) ในกรณีเมื่อมีการหมุนกลับทิศ

สรุปผล

เครื่องควบคุมตำแหน่งสารนี้ นอกจากจะทำให้เกิดความสะดวกในการควบคุมตำแหน่งของสารตัวอย่างในห้องปฏิบัติการนิวเคลียร์และลดความเสี่ยงของสารรังสีที่จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ทำการทดลองแล้ว ผู้วิจัยเห็นว่าสามารถนำเครื่องนี้ไปประยุกต์ใช้กับปฏิบัติการอื่นๆ ได้ เช่น การทดลองหานิวเมอริคัลสเปอเจอร์ (Numerical Aperture) ของเส้นใยแก้วนำแสง ซึ่งการทดลองจำเป็นต้องมีการหมุนปลายเส้นใยแก้วนำแสงเป็นจำนวนองศาที่แน่นอน และต้องการทำซ้ำหลายๆ ครั้ง โดยดัดแปลงจาวาสคริปต์ตัวอย่างให้เป็นแทนหมุนซึ่งยึดติดกับอุปกรณ์ที่ต้องการหมุน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ที่ให้ความสะดวกเกี่ยวกับสถานที่อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- ไกรวุฒิ ไรจน์ประเสริฐสุด. 2538. บอร์ดควบคุมสแต็ปเปอร์มอเตอร์ด้วยเครื่องพีซี. วารสารเคมีคอนดักเตอร์. 146 : 25-38
- D'Souza, Stan.1977. Multiplexing LED Drive and 4x4 Keypad Sampling application note AN529 Microchip Technology Inc.
- Placherla, Amar. 1977. Software Implementation of Asynchronous Serial I/O application note AN555 Microchip Technology Inc.
- PIC16F84 8-bit CMOS EEPROM Microcontroller 1997. Data book. Microchip Technology Inc.

การวิเคราะห์ทางความร้อนในการสังเคราะห์สารระบบ Bi-Sr-Ca-Cu-O Thermal Analysis on the Sythesis of Bi-Sr-Ca-Cu-O System

กำชัย ตริชัยรัตน์* และ จำนงค์ ฉายเชิด*

บทคัดย่อ

ผลกระทบของการใช้วัตถุดิบและอัตราส่วนอะตอมที่มีประจุบวกต่างกัน ในการสังเคราะห์ $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+y}$ (2212), $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+y}$ (2223) ของระบบ Bi-Sr-Ca-Cu-O โดยปฏิกิริยาของแข็งได้นำมากล่าวถึงผลสารผสมแปดสารตัวอย่างของ $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrO} + \text{CaO} + \text{CuO}$, $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrCO}_3 + \text{CaO} + \text{CuO}$, $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrO} + \text{CaCO}_3 + \text{CuO}$ และ $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrCO}_3 + \text{CaCO}_3 + \text{CuO}$ ซึ่งมีอัตราส่วนอะตอมประจุบวกเป็น 2:2:1:2 และ 2:2:2:3 ได้ถูกเตรียมขึ้น การวิเคราะห์ทางเทอร์โมกราวิเมทรี (TGA) และดิฟเฟอเรนเชียลสแกนนิ่งแคลอริเมทรี (DSC) ที่ใช้อัตราการเพิ่มความร้อน 5°C ต่อนาที ในอัตราการผ่านอากาศ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที เพื่อทำความเข้าใจในปฏิกิริยาที่แตกต่างกันของการผ่านความร้อนในการเผาแปดสารตัวอย่าง กลไกของการก่อตัวเฟส 2212 คงจะเกิดจากปฏิกิริยาของ $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CuO}_{6+y}$, Ca_2CuO_3 และ CuO ที่ช่วงอุณหภูมิ $797.3 - 831.9^\circ\text{C}$ ส่วน 2223 อาจจะถูกสังเคราะห์โดยปฏิกิริยา $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+y}$, Ca_2CuO_3 และ CuO ที่ช่วงอุณหภูมิ $824.8 - 839.3^\circ\text{C}$ เรื่องความบกพร่องของออกซิเจนในสารประกอบ 2212 และ 2223 ที่สังเคราะห์จากสารเริ่มต้น $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrCO}_3 + \text{CaCO}_3 + \text{CuO}$ มีค่ามากกว่า $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrCO}_3 + \text{CaO} + \text{CuO}$, $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrO} + \text{CaCO}_3 + \text{CuO}$ และ $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrO} + \text{CaO} + \text{CuO}$

ABSTRACT

Effects of utilizing different raw materials and cation ratios on the synthesis of $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+y}$ (2212) and $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+y}$ (2223) compounds of Bi-Sr-Ca-Cu-O system by solid state reaction were discussed. Eight samples of the mixtured compounds of $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrO} + \text{CaO} + \text{CuO}$, $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrCO}_3 + \text{CaO} + \text{CuO}$, $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrO} + \text{CaCO}_3 + \text{CuO}$ and $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrCO}_3 + \text{CaCO}_3 + \text{CuO}$ powders which in the cation ratio 2:2:1:2 and 2:2:2:3 were prepared. Thermogravimetric analysis (TGA) and Differential scanning calorimetry (DSC) were employed to study the different reactions of pyrolysis of eight samples under the heating at rate of 5°C min^{-1} and the air flow $100 \text{ cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$. The mechanisms of forming 2212 phase might be ascribed as the reaction of $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CuO}_{6+y}$, Ca_2CuO_3 and CuO at the temperature range of $797.3 - 831.9^\circ\text{C}$. The 2223 phase might be synthesized by the reaction of $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+y}$, Ca_2CuO_3 and CuO at the temperature range of $824.8 - 839.3^\circ\text{C}$. The oxygen

deficiency in 2212 and 2223 compounds synthesized from the starting materials $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrCO}_3 + \text{CaCO}_3 + \text{CuO}$ was greater than those synthesized from $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrCO}_3 + \text{CaO} + \text{CuO}$, $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrO} + \text{CaCO}_3 + \text{CuO}$ and $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrO} + \text{CaO} + \text{CuO}$.

คำนำ

ในตอนเริ่มแรกที่มีการค้นพบสารตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดอุณหภูมิสูง โดย Bednorz และ Mueller¹ แต่ในปัจจุบันนี้มีกลุ่มนักวิทยาศาสตร์ได้พยายามเก็บรวบรวมผลงานให้เป็นระบบระเบียบ โดยการทำเป็นแผนภาพสมดุลง เช่น Deleeuw และคณะ² ได้ทำแผนภาพสมดุลงระหว่างพวก $(\text{Y}_2\text{O}_3) - \text{BaO} - \text{CuO}$ ที่อุณหภูมิ 950°C โดยการเผาในอากาศ Schulze และคณะ ได้ทำแผนภาพสมดุลงระหว่างพวก $\text{Bi}_2\text{O}_3 - \text{SrO} - \text{CaO} - \text{CuO}$ ที่อุณหภูมิ 850°C โดยการเผาในอากาศ ซึ่งให้รายละเอียดในระนาบของ $\text{Bi}_2\text{O}_3 - (2\text{SrO} + \text{CaO})/3 - \text{CuO}$ กับระนาบของ $\text{Bi}_2\text{O}_3 - (\text{SrO} + \text{CaO})/3 - \text{CuO}$ เท่านั้น ในงานวิจัยนี้คณะวิจัยต้องการศึกษาว่าถ้าใช้สารเริ่มต้น $\text{Bi}_2\text{O}_3 - \text{SrCO}_3 - \text{CaO} - \text{CuO}$, $\text{Bi}_2\text{O}_3 - \text{SrO} - \text{CaCO}_3 - \text{CuO}$, $\text{Bi}_2\text{O}_3 - \text{SrCO}_3 - \text{CaCO}_3 - \text{CuO}$ ที่แตกต่างจากของ Schulze และคณะ จะเกิดการก่อตัวของสารตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดอุณหภูมิสูงในระบบ 2212 กับ 2223 ที่แตกต่างกันหรือไม่ ถ้าแตกต่างกันจะต่างกันในเรื่องอะไรบ้าง ซึ่งสามารถทำการวิเคราะห์ได้โดยใช้การวิเคราะห์ทางความร้อน

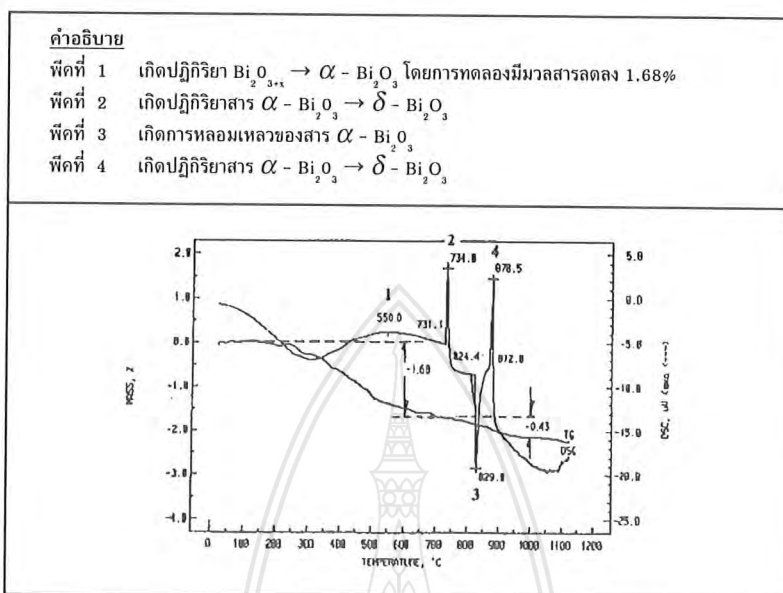
วิธีการและผลการทดลอง

ขั้น 1 การเตรียมผงสารตัวอย่าง

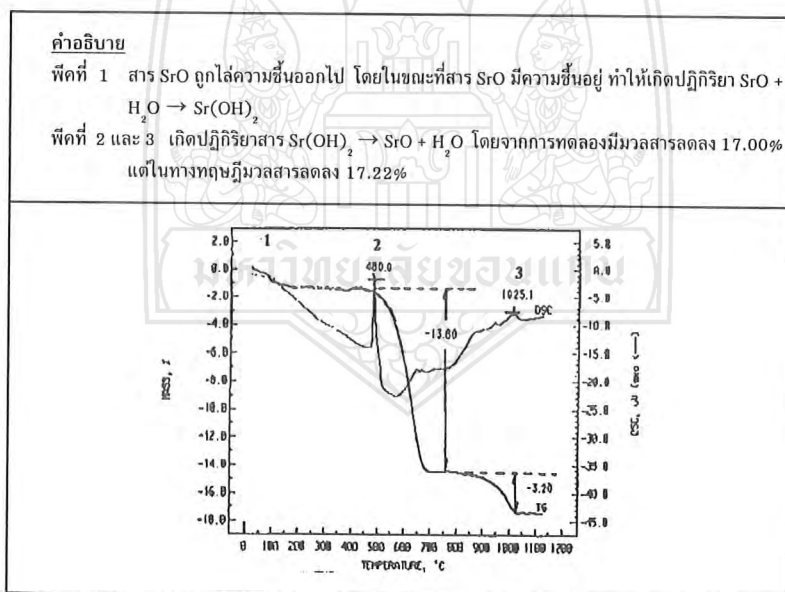
เตรียมผงสารตัวอย่างที่ใช้สารเริ่มต้นของ Fluka ที่มีความบริสุทธิ์มากกว่า 98.0% เพื่อนำไปวิเคราะห์ทางความร้อนของสารต่าง ๆ ดังนี้ Bi_2O_3 , SrO , CaO , CuO , SrCO_3 , CaCO_3 , $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrO} + \text{CaO} + \text{CuO}$ (ของ 2212, 2223), $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrCO}_3 + \text{CaO} + \text{CuO}$ (ของ 2212, 2223), $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrO} + \text{CaCO}_3 + \text{CuO}$ (ของ 2212, 2223) และ $\text{Bi}_2\text{O}_3 - \text{SrCO}_3 - \text{CaCO}_3 - \text{CuO}$ (ของ 2212, 2223) เพื่อศึกษาข้อแตกต่างของการใช้สารเริ่มต้นในการเตรียมสาร

ขั้น 2 ศึกษากราฟ TGA และ DSC ของสารตั้งต้น

นำผงสารเริ่มต้น Bi_2O_3 , SrO , CaO , CuO , SrCO_3 และ CaCO_3 แต่ละสารไปเผาผงในเครื่องวิเคราะห์ทางความร้อนของ Netzsch STA 409 $^\circ\text{C}$ ใช้อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 5°C ต่อนาที มีอัตราการผ่านอากาศ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อนาที และใช้ถ้วยที่ทำด้วยอลูมินาที่ไม่มีสารใส่ลงไปของ Netzsch เป็นสิ่งอ้างอิงกับสารที่ใช้ทำการศึกษาทั้ง 6 สารข้างต้น ผลการทดลองได้กราฟ TGA และ DSC ออกมาเป็นดังรูป 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 ตามลำดับ



รูปที่ 1 กราฟ TGA และ DSC ของสารเริ่มต้น Bi_2O_3 มีมวล 51.4 มิลลิกรัม

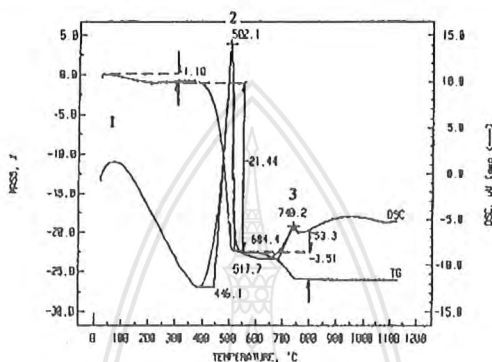


รูปที่ 2 กราฟ TGA และ DSC ของสารเริ่มต้น SrO มีมวล 51.5 มิลลิกรัม

คำอธิบาย

พีคที่ 1 สาร CaO ไล่ความชื้นออกไป โดยในขณะที่สาร CaO มีความชื้นอยู่ทำให้เกิดปฏิกิริยา $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$

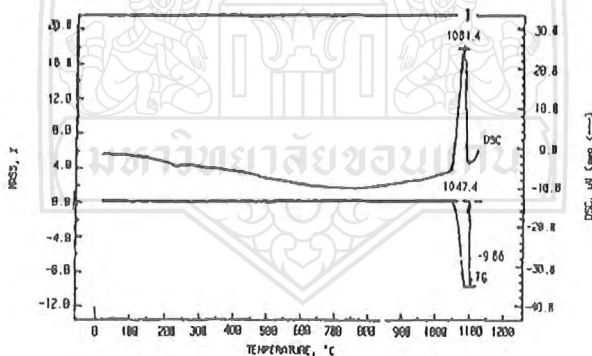
พีคที่ 2 และ 3 เกิดปฏิกิริยาสาร $\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$ โดยจากการทดลองมีมวลสารลดลง 24.95% แต่ในทางทฤษฎีมวลสารลดลง 24.31%



รูปที่ 3 กราฟ TGA และ DSC ของสารเริ่มต้น CaO มีมวล 51.3 มิลลิกรัม

คำอธิบาย

พีคที่ 1 เกิดการหลอมเหลวของสาร CuO ทำให้มวลสารลดลง 9.86%

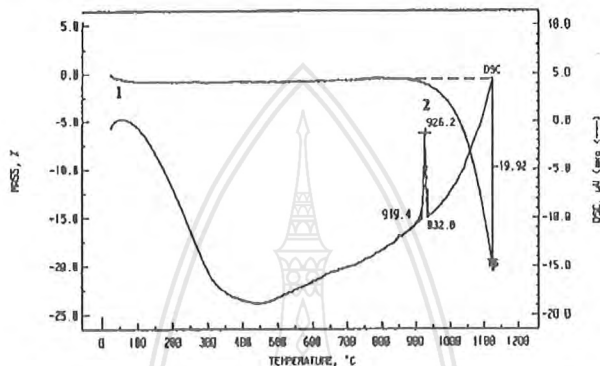


รูปที่ 4 กราฟ TGA และ DSC ของสารเริ่มต้น CuO มีมวล 60.5 มิลลิกรัม

คำอธิบาย

พีคที่ 1 สาร SrCO_3 ถูกไล่ความชื้นออกไป

พีคที่ 2 สาร SrCO_3 มีการเปลี่ยนแปลงจากระบบผลึกออร์โธโรโมนไปเป็นเฮกซะโกนอล แล้วเริ่มเกิดการหลอมเหลว จึงทำให้มีมวลสารลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งในรูปยังไม่สิ้นสุดปฏิกิริยา แต่มีการลดลงของมวลสาร 19.92%

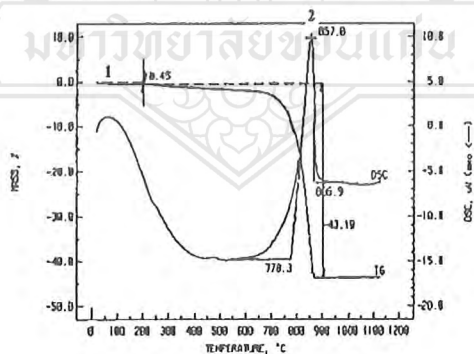


รูปที่ 5 กราฟ TGA และ DSC ของสารเริ่มต้น SrCO_3 มีมวล 49.7 มิลลิกรัม

คำอธิบาย

พีคที่ 1 สาร CaCO_3 ถูกไล่ความชื้นออกไป

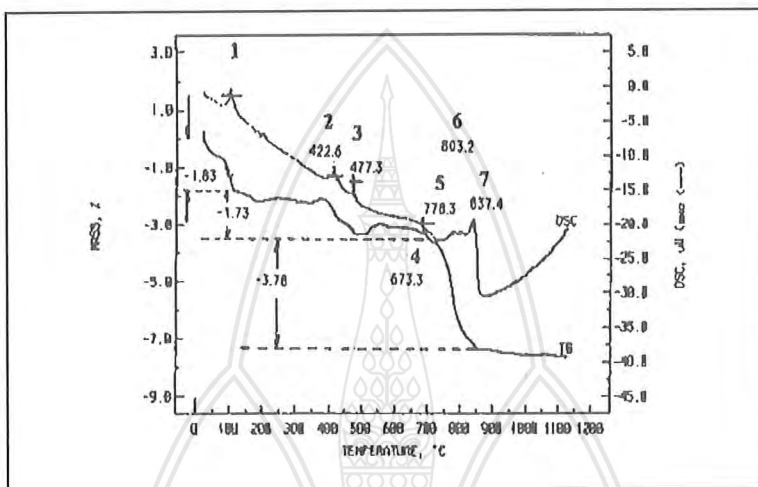
พีคที่ 2 เกิดปฏิกิริยาสาร $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ โดยจากการทดลองมีมวลสารลดลง 41.39% (ในรูปยังไม่สิ้นสุดปฏิกิริยา แต่ใกล้จะสิ้นสุดเพราะเป็นบริเวณปลายพีคที่ 2) แต่ในทางทฤษฎีมวลสารลดลง 41.01%



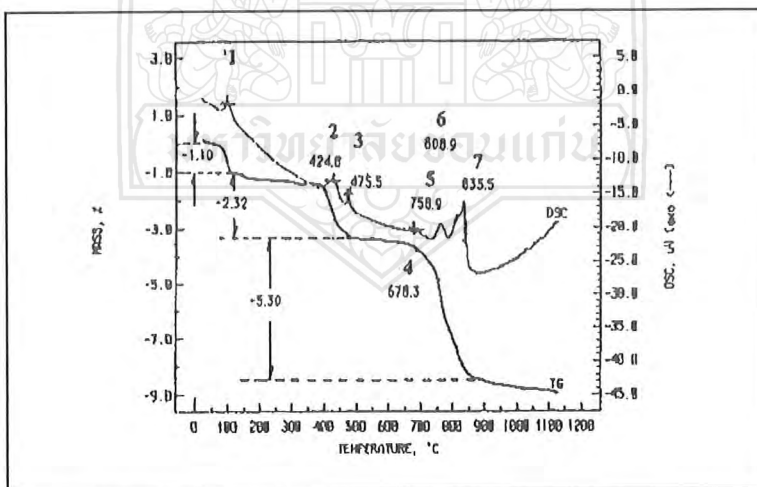
รูปที่ 6 กราฟ TGA และ DSC ของสารเริ่มต้น CaCO_3 มีมวล 50.5 มิลลิกรัม

ชั้น 3 ศึกษากราฟ TGA และ DSC ของสารผสมในระบบ 2212 และ 2223

เตรียมผงผสมสารตัวอย่าง $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrO} + \text{CaO} + \text{CuO}$ (ของ 2212, 2223), $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrCO}_3 + \text{CaO} + \text{CuO}$ (ของ 2212, 2223), $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrO} + \text{CaCO}_3 + \text{CuO}$ (ของ 2212, 2223) และ $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrCO}_3 + \text{CaCO}_3 + \text{CuO}$ (ของ 2212, 2223) ทั้ง 8 สารตัวอย่างข้างต้น เพื่อนำไปวิเคราะห์ทางความร้อน ผลการทดลองได้กราฟ TGA และ DSC ออกมาเป็นดังรูปที่ 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 และ 14 ตามลำดับ

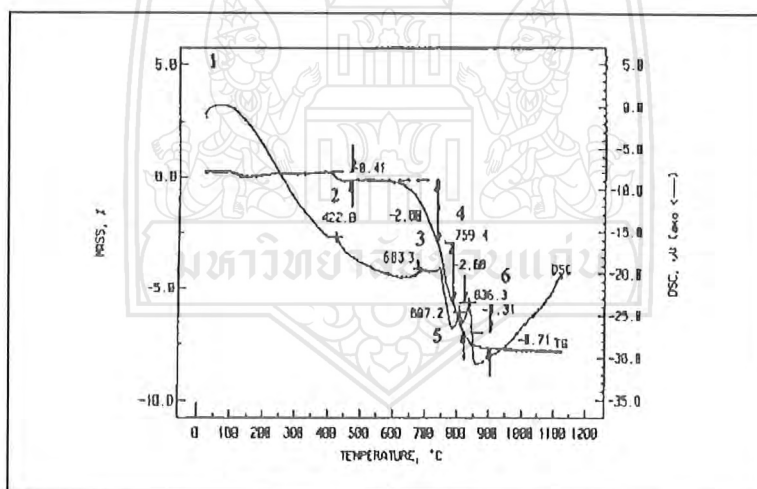


รูปที่ 7 กราฟ TGA และ DSC ของสาร $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrO} + \text{CaO} + \text{CuO}$ ที่มีสัดส่วนอะตอมของ Bi : Sr : Ca : Cu เป็น 2 : 2 : 1 : 2 มีมวล 52.3 มิลลิกรัม

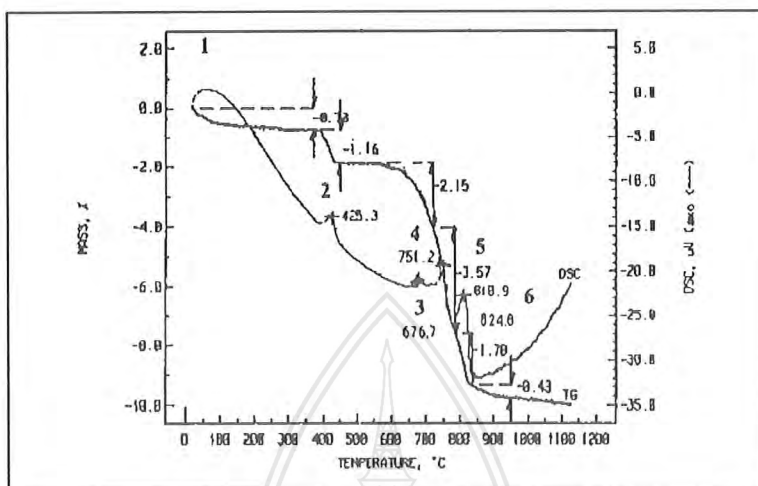


รูปที่ 8 กราฟ TGA และ DSC ของสาร $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrO} + \text{CaO} + \text{CuO}$ ที่มีสัดส่วนอะตอมของ Bi : Sr : Ca : Cu เป็น 2 : 2 : 2 : 3 มีมวล 52.8 มิลลิกรัม

คำอธิบายรูปที่ 7, 8 พิกัดที่ 1 สารผสม $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrO} + \text{CaO} + \text{CuO}$ มีสัดส่วนอะตอมของ Bi : Sr : Ca : Cu เป็น 2 : 2 : 1 : 2 และ 2 : 2 : 2 : 3 ถูกไล่ความชื้นออกไป มีการลดมวลสารลง ขณะที่สารผสมมีความชื้นอยู่ ทำให้เกิดปฏิกิริยา $\text{SrO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Sr}(\text{OH})_2$ และ $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$ พิกัดที่ 2 ของสารผสม 2 : 2 : 1 : 2 หรือ 2 : 2 : 2 : 3 เกิดที่อุณหภูมิ 422.6°C หรือ 424.8°C ตามลำดับ มีปฏิกิริยา $\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$ และมีมวลสารลดลง พิกัดที่ 3 ของสารผสม 2 : 2 : 1 : 2 หรือ 2 : 2 : 2 : 3 เกิดที่อุณหภูมิ 477.3°C หรือ 475.5°C ตามลำดับ มีปฏิกิริยา $\text{Sr}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{SrO} + \text{H}_2\text{O}$ และมีการลดมวลสารลง พิกัดที่ 4 ของสารผสม 2 : 2 : 1 : 2 หรือ 2 : 2 : 2 : 3 เกิดที่อุณหภูมิ 673.3°C หรือ 678.3°C ตามลำดับ มีปฏิกิริยา $2\text{CaO} + \text{CuO} \rightarrow \text{Ca}_2\text{CuO}_3$ พิกัดที่ 5 ของสารผสม 2 : 2 : 1 : 2 หรือ 2 : 2 : 2 : 3 เกิดที่อุณหภูมิ 778.3°C หรือ 758.9°C ตามลำดับ มีปฏิกิริยา $\text{Bi}_2\text{O}_3 + 2\text{SrO} + \text{CuO} \rightarrow \text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CuO}_{6+y}$ พิกัดที่ 6 ของสารผสม 2 : 2 : 1 : 2 หรือ 2 : 2 : 2 : 3 เกิดที่อุณหภูมิ 803.2°C หรือ 808.9°C ตามลำดับ มีปฏิกิริยา $2\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CuO}_{6+y} + \text{Ca}_2\text{CuO}_3 + \text{CuO} \rightarrow 2\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+y}$ พิกัดที่ 7 ของสารผสม 2 : 2 : 1 : 2 หรือ 2 : 2 : 2 : 3 เกิดที่อุณหภูมิ 837.4°C หรือ 835.5°C ตามลำดับ มีปฏิกิริยาสาร $2\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCuO}_{6+y} + \text{Ca}_2\text{CuO}_3 + \text{CuO} \rightarrow 2\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+y}$ จากผลการวิเคราะห์ข้างต้นแสดงว่า พิกัดที่ 6 และ 7 ทำให้เกิดการก่อตัวของสารตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดในระบบ 2212 (เป็นสาร $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+y}$) และ 2223 (เป็นสาร $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+y}$) ตามลำดับ ถ้าคิดมวลที่มีการสูญเสียไปตลอดปฏิกิริยาคิดได้ 6.57% (ตามทฤษฎีในกรณี $y = 0$) แต่ผลการทดลองในกราฟของสารผสม 2 : 2 : 1 : 2 คิดได้ 5.51% (แสดงว่ามีค่า $y = -0.73$) ส่วนในกราฟของสารผสม 2 : 2 : 2 : 3 คิดได้ 7.62% (แสดงว่ามีค่า $y = +0.72$)

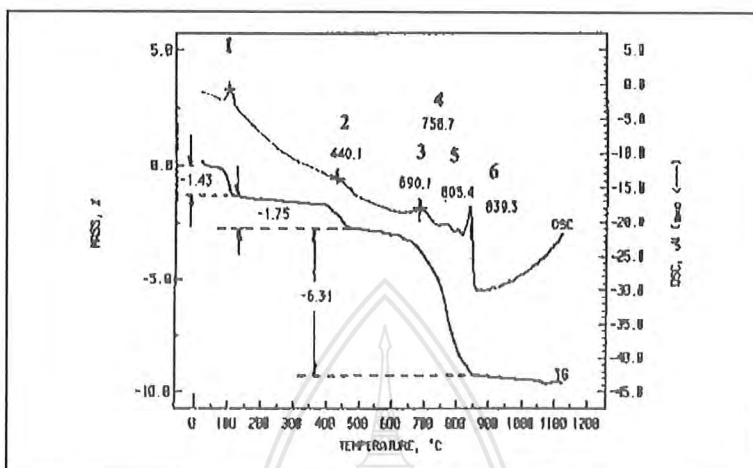


รูปที่ 9 กราฟ TGA และ DSC ของสาร $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrCO}_3 + \text{CaO} + \text{CuO}$ ที่มีสัดส่วนอะตอม Bi:Sr:Ca:Cu เป็น 2 : 2 : 1 : 2 มีมวล 51.4 มิลลิกรัม

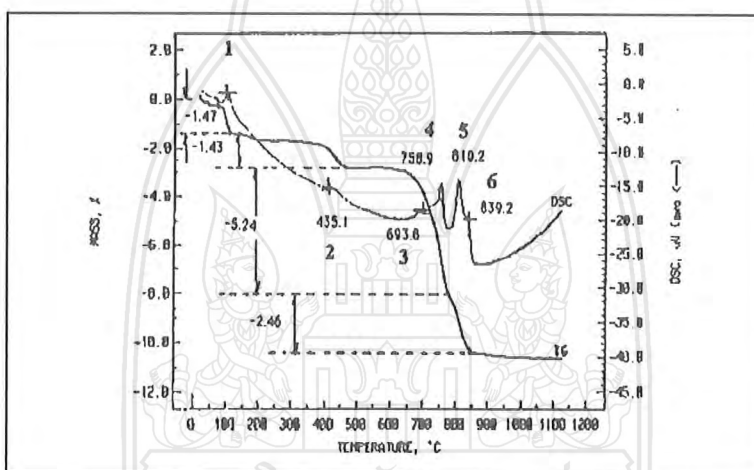


รูปที่ 10 กราฟ TGA และ DSC ของสาร $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrCO}_3 + \text{CaO} + \text{CuO}$ ที่มีสัดส่วนอะตอม Bi:Sr:Ca:Cu เป็น 2 : 2 : 2 : 3 มีมวล 52.8 มิลลิกรัม

คำอธิบายรูปที่ 9, 10 พิกัดที่ 1 สารผสม $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrCO}_3 + \text{CaO} + \text{CuO}$ มีสัดส่วนอะตอมของ Bi:Sr:Ca:Cu เป็น 2 : 2 : 1 : 2 และ 2 : 2 : 2 : 3 ถูกไล่ความชื้นออกไป มีการลดมวลสารลง ขณะที่สารผสมมีความชื้นอยู่ทำให้เกิดปฏิกิริยา $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$ พิกัดที่ 2 ของสารผสม 2 : 2 : 1 : 2 หรือ 2 : 2 : 2 : 3 เกิดที่อุณหภูมิ 422.0 °C หรือ 425.3 °C ตามลำดับ มีปฏิกิริยา $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CaO} \rightarrow \text{Ca}_2\text{O}$ และมีมวลสารลดลง พิกัดที่ 3 ของสารผสม 2 : 2 : 1 : 2 หรือ 2 : 2 : 2 : 3 เกิดที่อุณหภูมิ 683 °C หรือ 676.7 °C ตามลำดับ มีปฏิกิริยา $2\text{CaO} + \text{CuO} \rightarrow \text{Ca}_2\text{CuO}_3$ พิกัดที่ 4 ของสารผสม 2 : 2 : 1 : 2 หรือ 2 : 2 : 2 : 3 เกิดที่อุณหภูมิ 759.4 °C หรือ 751.2 °C ตามลำดับ มีปฏิกิริยา $\text{Bi}_2\text{O}_3 + 2\text{SrO} + \text{CuO} \rightarrow \text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CuO}_{6+y}$ พิกัดที่ 5 ของสารผสม 2 : 2 : 1 : 2 หรือ 2 : 2 : 2 : 3 เกิดที่อุณหภูมิ 807.2 °C หรือ 810.9 °C ตามลำดับ มีปฏิกิริยา $2\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CuO}_{6+y} + \text{Ca}_2\text{CuO}_3 + \text{CuO} \rightarrow 2\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+y}$ พิกัดที่ 6 ของสารผสม 2 : 2 : 1 : 2 หรือ 2 : 2 : 2 : 3 เกิดที่อุณหภูมิ 836.3 °C หรือ 824.8 °C ตามลำดับ มีปฏิกิริยาสาร $2\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCuO}_{6+y} + \text{Ca}_2\text{CuO}_3 + \text{CuO} \rightarrow 2\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{CuO}_{10+y}$ จากผลการวิเคราะห์ข้างต้นแสดงว่าพิกัดที่ 5 และ 6 ทำให้เกิดการก่อตัวของสารตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดในระบบ 2212 และ 2223 ตามลำดับ ถ้าคิดมวลที่มีการสูญเสียไปตลอดปฏิกิริยาคิดได้ 10.80% (ตามทฤษฎีในกรณี $y = 0$) แต่ผลการทดลองในกราฟของสารผสม 2 : 2 : 1 : 2 คิดได้ 7.91% (แสดงว่ามีค่า $y = -2.08$) ส่วนในกราฟของสารผสม 2 : 2 : 2 : 3 คิดได้ 9.01% (แสดงว่ามีค่า $y = -1.29$)



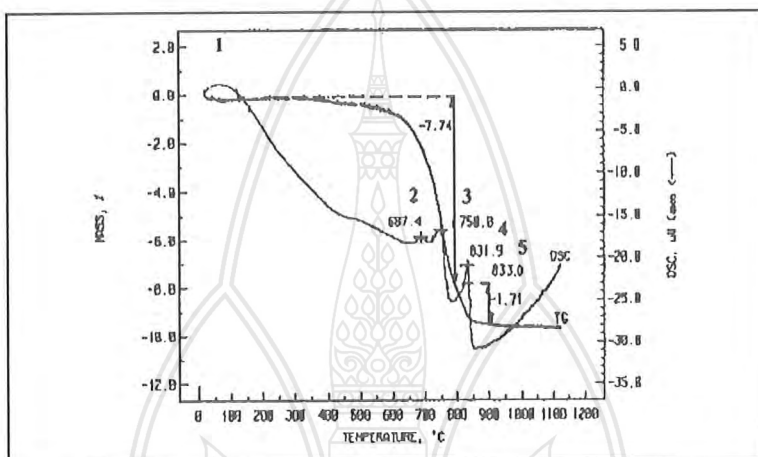
รูปที่ 11 กราฟ TGA และ DSC ของสาร $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrO} + \text{CaCO}_3 + \text{CuO}$ ที่มีสัดส่วนอะตอม Bi:Sr:Ca:Cu เป็น 2 : 2 : 1 : 2 มีมวล 52.6 มิลลิกรัม



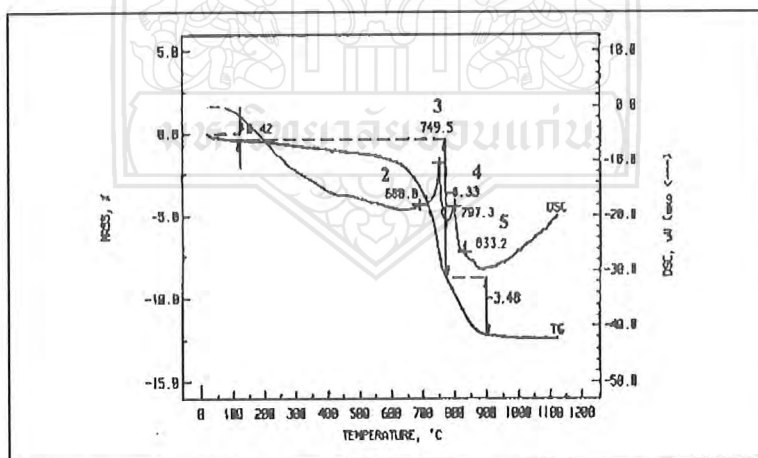
รูปที่ 12 กราฟ TGA และ DSC ของสาร $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrO} + \text{CaCO}_3 + \text{CuO}$ ที่มีสัดส่วนอะตอม Bi:Sr:Ca:Cu เป็น 2 : 2 : 2 : 3 มีมวล 52.4 มิลลิกรัม

คำอธิบายรูปที่ 11, 12 พิกัดที่ 1 สารผสม $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrO} + \text{CaCO}_3 + \text{CuO}$ มีสัดส่วนอะตอมของ Bi : Sr : Ca : Cu เป็น 2 : 2 : 1 : 2 และ 2 : 2 : 2 : 3 ถูกไล่ความชื้นออกไปมีมวลสารลดลง ขณะที่สารผสมมีความชื้นอยู่ทำให้เกิดปฏิกิริยา $\text{SrO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Sr}(\text{OH})_2$ พิกัดที่ 2 ของสารผสม 2 : 2 : 1 : 2 หรือ 2 : 2 : 2 : 3 เกิดที่อุณหภูมิ 440.1 °C หรือ 435.1 °C ตามลำดับ มีปฏิกิริยา $\text{Sr}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{SrO} + \text{H}_2\text{O}$ และมวลสารลดลง พิกัดที่ 3 ของสารผสม 2 : 2 : 1 : 2 หรือ 2 : 2 : 2 : 3 เกิดที่อุณหภูมิ 690.1 °C หรือ 693.8 °C ตามลำดับ มีปฏิกิริยา $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ พร้อมกับ $2\text{CaO} + \text{CuO} \rightarrow \text{Ca}_2\text{CuO}_3$ และมวลสารลดลง พิกัดที่ 4 ของสารผสม 2 : 2 : 1 : 2 หรือ 2 : 2 : 2 : 3 เกิดที่อุณหภูมิ 758.7 °C หรือ 758.9 °C ตามลำดับ มีปฏิกิริยา $\text{Bi}_2\text{O}_3 + 2\text{SrO} + \text{CuO} \rightarrow \text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CuO}_{6+y}$ พิกัดที่ 5 ของสารผสม 2 : 2 :

1 : 2 หรือ 2 : 2 : 2 : 3 เกิดที่อุณหภูมิ 805.4°C หรือ 810.2°C ตามลำดับ มีปฏิกิริยา $2\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CuO}_{6+y} + \text{Ca}_2\text{CuO}_3 + \text{CuO} \rightarrow 2\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+y}$ พิกที่ 6 ของสารผสม 2 : 2 : 1 : 2 หรือ 2 : 2 : 2 : 3 เกิดที่อุณหภูมิ 839.3°C หรือ 839.2°C ตามลำดับ มีปฏิกิริยาสาร $2\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCuO}_{6+y} + \text{Ca}_2\text{CuO}_3 + \text{CuO} \rightarrow 2\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+y}$ จากผลการวิเคราะห์ข้างต้นแสดงว่าพิกที่ 5 และ 6 ทำให้เกิดการก่อตัวของสารตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดในระบบ 2212 และ 2223 ตามลำดับ ถ้าคิดมวลที่มีการสูญเสียไปตลอดปฏิกิริยาคิดได้ 10.80% (ตามทฤษฎีในกรณี $y=0$) แต่ผลการทดลองในกราฟของสารผสม 2 : 2 : 1 : 2 คิดได้ 8.06% (แสดงว่ามีค่า $y = -1.97$) ส่วนในกราฟของสารผสม 2 : 2 : 2 : 3 คิดได้ 9.13% (แสดงว่ามีค่า $y = -1.20$)



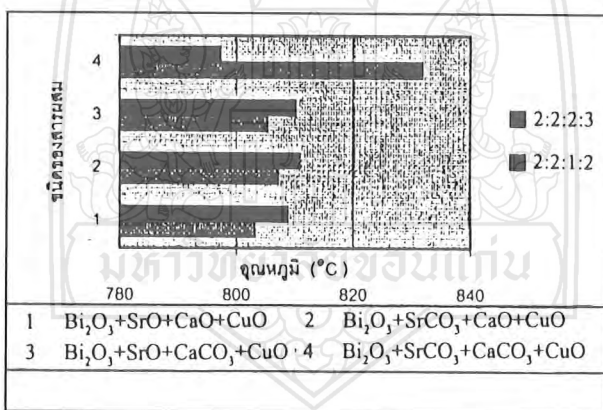
รูปที่ 13 กราฟ TGA และ DSC ของสาร $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrCO}_3 + \text{CaCO}_3 + \text{CuO}$ ที่มีสัดส่วนอะตอม Bi:Sr:Ca:Cu เป็น 2 : 2 : 1 : 2 มีมวล 51.2 มิลลิกรัม



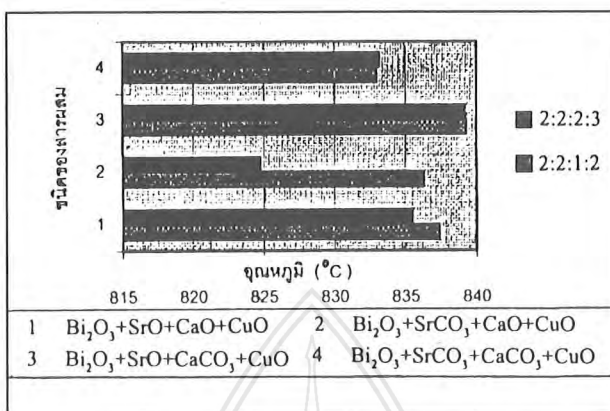
รูปที่ 14 กราฟ TGA และ DSC ของสาร $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrCO}_3 + \text{CaCO}_3 + \text{CuO}$ ที่มีสัดส่วนอะตอม Bi:Sr:Ca:Cu เป็น 2 : 2 : 2 : 3 มีมวล 50.6 มิลลิกรัม

คำอธิบายรูปที่ 13, 14 พิกที่ 1 สารผสม $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrCO}_3 + \text{CaCO}_3 + \text{CuO}$ มีสัดส่วนอะตอมของ $\text{Bi} : \text{Sr} : \text{Ca} : \text{Cu}$ เป็น $2 : 2 : 1 : 2$ และ $2 : 2 : 2 : 3$ ถูกไล่ความชื้นออกไปและมวลสารลดลง พิกที่ 2 ของสารผสม $2 : 2 : 1 : 2$ หรือ $2 : 2 : 2 : 3$ เกิดที่อุณหภูมิ 687.4°C หรือ 688.0°C ตามลำดับ มีปฏิกิริยา $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ พร้อมกับ $2\text{CaO} + \text{CuO} \rightarrow \text{Ca}_2\text{CuO}_3$ และมีมวลสารลดลง พิกที่ 3 ของสารผสม $2 : 2 : 1 : 2$ หรือ $2 : 2 : 2 : 3$ เกิดที่อุณหภูมิ 750.0°C หรือ 749.5°C ตามลำดับ มีปฏิกิริยา $\text{Bi}_2\text{O}_3 + 2\text{SrCO}_3 + \text{CuO} \rightarrow \text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CuO}_{6+y} + 2\text{CO}_2$ และมีมวลสารลดลง พิกที่ 4 ของสารผสม $2 : 2 : 1 : 2$ หรือ $2 : 2 : 2 : 3$ เกิดที่อุณหภูมิ 831.9°C หรือ 797.3°C ตามลำดับ มีปฏิกิริยา $2\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CuO}_{6+y} + \text{Ca}_2\text{CuO}_3 + \text{CuO} \rightarrow 2\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCuO}_{2.8+y}$ พิกที่ 5 ของสารผสม $2 : 2 : 1 : 2$ หรือ $2 : 2 : 2 : 3$ เกิดที่อุณหภูมิ 833.0°C หรือ 833.2°C ตามลำดับ มีปฏิกิริยาสาร $2\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCuO}_{6+y} + \text{Ca}_2\text{CuO}_3 + \text{CuO} \rightarrow 2\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{CuO}_{10+y}$ จากผลการวิเคราะห์ข้างต้นแสดงว่าพิกที่ 4 และ 5 ทำให้เกิดการก่อตัวของสารตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดในระบบ 2212 และ 2223 ตามลำดับ ถ้าคิดมวลที่มีการสูญเสียไปตลอดปฏิกิริยาคิดได้ 14.67% (ตามทฤษฎีในกรณี $y = 0$) แต่ผลการทดลองในกราฟของสารผสม $2 : 2 : 1 : 2$ คิดได้ 9.45% (แสดงว่ามีค่า $y = -3.91$) ส่วนในกราฟของสารผสม $2 : 2 : 2 : 3$ คิดได้ 9.13% (แสดงว่ามีค่า $y = -2.14$)

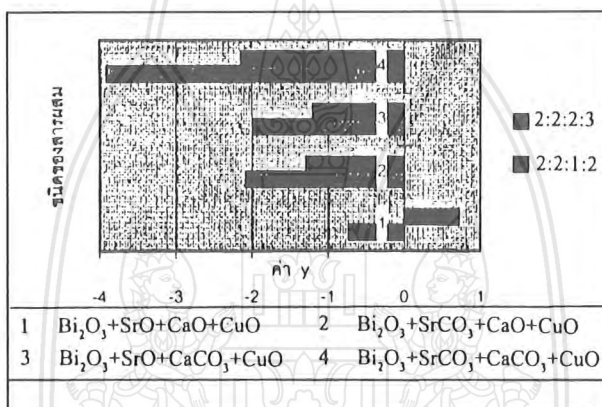
เมื่อนำค่า y กับอุณหภูมิที่ทำให้เกิดการก่อตัวของสารตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดในระบบ 2212 และ 2223 มาเขียนเป็นกราฟกับชนิดของสารผสมต่างๆ ที่ใช้เป็นสารตั้งต้น ผลได้เป็นกราฟในรูป 15, 16 และ 17 ตามลำดับ



รูปที่ 15 แสดงอุณหภูมิที่ทำให้เกิดการก่อตัวของสารตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดระบบ 2212 กับชนิดของสารผสมต่างๆ ที่ใช้เป็นสารตั้งต้น



รูปที่ 16 แสดงอุณหภูมิที่ทำให้เกิดการก่อตัวของสารตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดระบบ 2223 กับชนิดของสารผสมต่างๆ ที่เป็นสารตั้งต้น



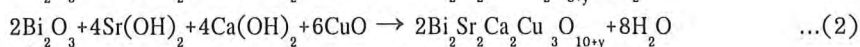
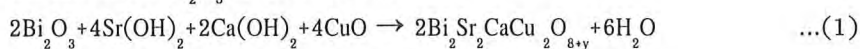
รูปที่ 17 แสดงค่า y กับชนิดของสารผสมต่างๆ ที่ใช้เป็นสารตั้งต้น

สรุปผลการทดลอง

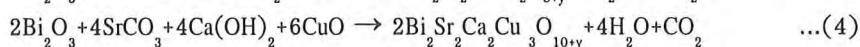
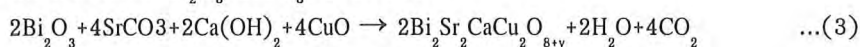
จากการทดลองที่ใช้สารเริ่มต้นต่างๆ กัน ทำให้เกิดข้อแตกต่างกัน 3 ข้อ ดังนี้

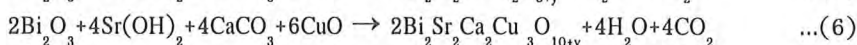
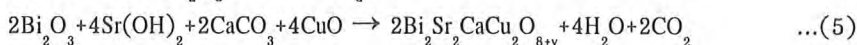
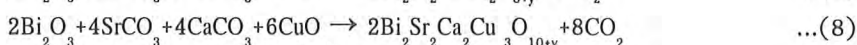
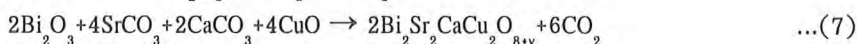
1. ปฏิกริยาในการก่อตัวสารตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดในระบบ 2212 และ 2223

1.1 เมื่อใช้สารผสม Bi₂O₃+SrO+CaO+CuO



1.2 เมื่อใช้สารผสม Bi₂O₃+SrCO₃+CaO+CuO



1.3 เมื่อใช้สารผสม $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrO} + \text{CaCO}_3 + \text{CuO}$ 1.4 เมื่อใช้สารผสม $\text{Bi}_2\text{O}_3 + \text{SrCO}_3 + \text{CaCO}_3 + \text{CuO}$ 

2. อุณหภูมิในการก่อตัวสารตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดในระบบ 2212 และ 2223

การก่อตัวสารตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดในระบบ 2212 ในสมการที่ (1), (3), (5) และ (7) เกิดที่อุณหภูมิ 803.2, 807.2, 805.4 และ 831.9°C (สำหรับสารผสม 2:2:1:2) 808.9, 810.9, 810.2 และ 797.3°C (สำหรับสารผสม 2:2:2:3) ตามลำดับ ส่วนการก่อตัวสารตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดในระบบ 2223 ในสมการที่ (2), (4), (6) และ (8) เกิดที่อุณหภูมิ 837.4, 836.3, 839.3 และ 833.0°C (สำหรับสารผสม 2:2:1:2) 835.5, 824.8, 839.2 และ 833.2°C (สำหรับสารผสม 2:2:2:3) ตามลำดับ

3. ปริมาณออกซิเจนในสารตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดในระบบ 2212 และ 2223

ความบกพร่องออกซิเจน (คือค่า y ที่มีค่าติดลบ) ของสารตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดในระบบ 2212 ในสมการที่ (7) > (3) > (5) > (1) (สำหรับสารผสม 2:2:1:2) ส่วนความบกพร่องออกซิเจนของสารตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวดในระบบ 2223 ในสมการที่ (8) > (4) > (6) > (2) (สำหรับสารผสม 2:2:2:3)

เอกสารอ้างอิง

Bednorz, J.K. and Muller, K.A. (1987) Z. Phys., 64, 189.

Bourdillon, A. and Tan Bourdillon N.X. (1994) High Temperature Superconductors – Academic Press, San Diego, pp. 76–90

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

WATER QUALITY ASSESSMENT FOR EIA PROJECTS IN MALAYSIA – AN EXPERT SYSTEM APPROACH

*Md. Mizanur Rahman, Mohamed Daud², Mohd. Zohadie Bardaie³,
Mohd Nasir Hassan⁴, and Ahmed Ibrahim⁵*

ABSTRACT

This paper discusses about designing of an prototype expert system called WATER-EX which characterize water surrounding a project, determine water quality index, and identify the potential impacts and suggest mitigation measures. Environmental Impact Assessment reports available with the Department of Environment (DOE), Malaysia, related literatures, and DOE registered environmental consultants formed the domain expert. WATER-EX is implemented using a rule-based expert system called CLIPS (C Integrated Language Production System). The main function of the WATER-EX system is to analyze the monitored data on water in order to determine the water quality, identify the critical water parameters and their potential impacts, and subsequently suggest mitigation measures with certain probability. The Delphi Technique has been used for selecting water pollutant parameters according to their importance in the water quality assessment. Based on the water quality index (WQI), environmental compliance to water quality requirements of the project has also been assessed based on the range of compliance between 0 (Fully non-compliant) to 100 (fully compliant)¹. The decision-makers will be able to use this system to maintain a database for water quality variables and to assess the water quality performance of a particular project and also to take necessary measures thereof. The system is also ideally suitable for classroom demonstration, training the landfill operator, and also decision-making purposes by the landfill operators.

¹ Researcher, Expert System for EIA (ESEIA) Research Projects,

² Assoc. Prof., Dept. of Biological and Agricultural Engineering and Head, ESEIA Research Project,

³ Professor, Dept. of Biological and Agricultural Engineering and Researcher, ESEIA Research Project,

⁴ Associate Professor, Dept. of Environmental Sciences,

⁵ Researcher, ESEIA Research Project,

email: mmr2660@hotmail.com

1. INTRODUCTION

Water quality system in Malaysia basically consists of monitoring and analysis of selected pollutant parameters and transforming the data into categories adopted by Interim National Water Quality Standards (INWQS) water classification scheme (DOE, 1995). Basic physico-chemical parameters may provide a basis for determining the organic load, its general degradability, the salinity, and possible toxic elements present (Nilsun *et al.*, 1995; Denneman *et al.*, 1995; Anderson *et al.*, 1995) and provides the necessary inputs for identifying the potential impacts on the environment (Ventilla *et al.*, 1989).

Expert system (ES) technology as an approach to problem solution could be designed to provide the level of performance of a team of human experts and, through a computer, to assist people in varied locations to analyze specific problems using that expertise (Giarratano *et al.*, 1994). A prototype knowledge-based ES for assessing water quality could aid in identifying the sources of pollution, identify the potential impacts and also heuristically select the probable mitigation measures and thus partially replaces the human experts working for this purpose.

More than 2500 developmental projects have so far been approved for implementation where EIA reports have been prepared for the environmental management of the projects (Singh, 1998). The assessment of the water quality of the developmental projects requires a comprehensively designed monitoring system that takes into account related parameters which could provide

the overall perspectives of the project and provide adequate information to understand the environmental conditions (Ward *et al.*, 1990) and provides the inputs for the knowledge base of the expert system.

The objectives of this paper are (i) to select the parameters of importance for monitoring, (ii) to develop a knowledge base for water quality assessment, (iii) to assess compliance level of the project on water quality requirement (iv) and finally to develop a prototype expert system for water quality characterisation (called WATER-EX) and heuristically identify the causes and effects of water pollution.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Process of Identifying the Performance Indicators

More than 100 EIA reports covering all the nineteen prescribed activities as mentioned in the EIA order, 1987 have been consulted for preliminary selection of the performance indicators. Primarily selected parameters have been listed in the Table 1. These parameters have been put to the experts from the related fields for final selection.

Table 1 Lists of Criteria and the Parameters

Criteria	Parameters
Water quality	<i>Physico-chemical</i> : Temperature, pH, Dissolved Oxygen (DO), Ammonium-Nitrogen, Total Suspended Solids (TSS), Total Phosphorous, Total Nitrate/Nitrite <i>Organic</i> : BOD5, COD, Oil & Grease (O&G), Phenols, Total Pesticides. <i>Inorganic</i> : Trace metals <i>Biological</i> : Faecal coliform, Total coliform,

Weightage were given based on the significant impacts of the parameters on the environment. In reality, each of these parameters should be given different weightage because they might not have similar level of impacts on the environment (Rahman *et al.*, 1999). Thus, a weightage for each of the parameter has been used in order to get a more representative result.

2.2 Survey Structure

Only the enlisted EIA consultants of DOE were considered for the survey. Consultants both individual and firm have been selected randomly. Consultants were sent a set of structured questionnaire by mail and requested to give their opinion on the questions. Some of them were later on personally interviewed as domain experts. Fifty-two experts participated in the survey. The development of a representative weightage for each parameter was based on the Delphi Method. The rankings given by the experts were calculated based on a scale of 1 to 10 using the standard method suggested in Delphi Method (Lohani, 1984; Chong *et al.*, 1998). Final weightage for the parameters are dissolved oxygen (DO): 0.16, BOD: 0.19, COD: 0.14, TSS: 0.17, Amoniacal-Nitrogen (AN): 0.11, pH: 0.08, Total coliform:

0.07, and Temperature: 0.08. Water quality index (WQI) was calculated by summing the individual sub-index values of the parameters with appropriate weightage factor for each parameter (House, 1987). Where sub-index values of the parameters were determined based on their rating on quality characteristics curves (Rahman *et al.*, 1999).

2.3 Designing of the Monitoring Data-

base
The purpose of the monitoring data-base system is to develop an understanding of the environmental conditions (Ward *et al.*, 1990). Although the monitoring system is an independent problem domain, the proposed expert system for water quality assessment is dependent on the accuracy of the monitoring data. The following diagram shows the activities involving water bodies, parameters of environmental concern, and the decision making process (Figure 1).

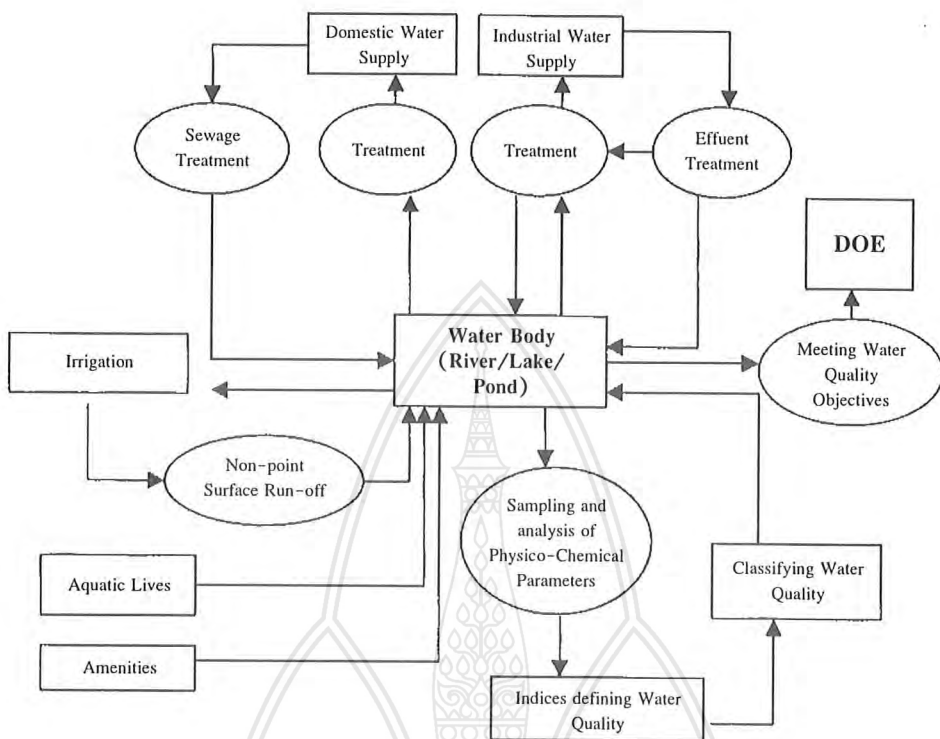


Figure 1 Activities involving Water Bodies, Monitoring, and Decision Making

2.4 Framework of the Expert System

The characterisation of water has been done based on the data obtained from the analysis of the selected parameters and subsequent sub-index values, water quality index, designated uses, and the legal requirement on treatment of effluents discharged into water. Knowledge ob-

tained is then used to develop the proposed expert system that includes the following steps: (1) Knowledge (data) acquisition phase, (2) rule-based representation, (3) system programming, (4) knowledge base structure, and (5) inference engine. The block diagram describing components of the proposed system is presented in Figure 2.

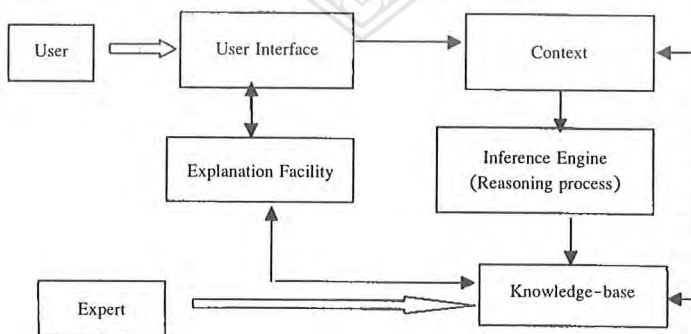


Figure 2 Block Diagram Showing the Components of the System

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Expert System Development

The basic idea of the expert system is to capture the problem solving expertise of an expert in a well defined problem area, called the domain, and then to represent this expertise in such a way that a computer can simulate (in an approximate way) the expert's ability to solve a particular class of problems (Waterman, 1986). Expert system typically posses large database that hold information as well as data in the form of facts and knowledge. Facts include data obtained from literature surveys of textbooks, manuals, procedural guides, etc. Knowledge includes a set of facts, thumb-rule convictions, and procedures or rules for solving a problem. Heuristic knowledge is derived from experience gained through solving problems in the past (Arockiasamy, 1992, Basri, 1998).

Problem domain for the proposed expert system is the water quality. Rules and knowledge bases, which require well investigated

problem areas for which some solutions exist, would have to be initially extracted from the water quality index (WQI) systems. An obvious feature of the water quality domain is the existence of two distinct problem areas: monitoring and classification. Sub-problems related to monitoring includes sampling strategy, sampling procedure, and effect of discharges.

The proposed expert system developed using an induction mechanism called 'decision tree' in order to generate rules from water data.

The rules in the ES were of the form of 'IF <condition> THEN <action>'

i.e. if the condition or premise stated in the IF part of the rule is satisfied by the data collected, the THEN part of the rule (action) is executed.

By a process of linking or "chaining" the rules together, a reasoning strategy is formed. The rules are then linked together by the ES in such a way as to arrive at an action by following a series of conditions and information given as input.

For an example,

IF pH is acidic

THEN test the BOD level

IF BOD is greater than 50 mg/l

THEN test the DO level

IF DO is less than 8%

THEN Receiving water is heavily polluted by biodegradable organic causing oxygen dearth for aquatic lives especially the fishes.

Certainty: 87%

CLIPS format of this Rule is:

(defrule WQI-1001 ""

(phase select-water-quality)

(eia monitor)

(pH <5.5)

(BOD >12)

(DO <8%)

=>

(assert report "Receiving water is heavily polluted by biodegradable organic causing oxygen dearth for aquatic lives especially the fishes.

Certainty: 87%))

Values for pH, BOD, DO are fed by the user through interacting with queries put through query rules. The user interface guides the user through the process of providing input data within the system. Output is conveyed to the user in a standard form of text and number. Example of a query rule:

(defrule query-1001 ""

?rem <- (ask-question)

(pH <5.5)

(not (BOD ?))

=>

(retract ?rem)

(bind ?response (ask-question "What's the BOD level of water (mg/l)?"
<3.0 3-6 6-9 9-12 >12 unknown))

(assert (BOD ?response)))

3.2 Knowledge Acquisition

In this phase, problem-solving expertise from knowledge sources such as research reports, journals, books, landfill operators, and other domain experts were gathered and stored in a database of the ES. These data can be supple-

mented by results from the monitoring data on different developmental projects. Knowledge has been gathered in the form of Object-Attribute-Values (OAV). Table 2 shows a sample form of the knowledge acquisition process.

Table 2 Knowledge Acquisition on Water in the Form of OAV

Objects	Attributes Physico-chemical:	Values
Water-character	pH	<5.5, 5.5-7.5, >7.5
	BOD ₅	<1, 1-3, 3-6, 6-12, >12
	COD	<10, 10-25, 25-50, 50-100, >100
	NH ₃ -N	<0.1, 0.1-0.3, 0.3-0.9, 0.9-2.7, >2.7
	TSS	<25, 25-50, 50-150, 150-300, >300
	Temperature	<25, 25-35, >35
	DO	<10%, 10-80%, >80%
	Biological Attributes	Toxic to fish / non-toxic to fish
Water-Use	Amenity value	High, Moderate, Nuisance
Water-treatment	Effluent Attributes	High quality (Standard. A) / moderate quality (Standard. B) / poor or untreated effluent
Aquatic life	Fishery Attributes	Not present/ present / Coarse fish/ Game fish

(Source: Macdonald *et al.*, 1996; Ventilla *et al.*, 1989; House *et al.*, 1987; Nilsun *et al.*, 1995, DOE, 1995)

3.3 Knowledge Base

The knowledge base is the collection of domain knowledge, as imparted by the expert, or knowledge engineer to the system. The knowledge base of WATER-EX is designed as an individual unit that can be edited using text editor. This independent unit can be updated or revised with the addition of a further set of facts. The

knowledge base consists of a rule base and a working memory. The rule base holds the rules and facts acquired by the ES, and the working memory stores the facts or data obtained from the user during the programming phase. Table 3 shows the example of how the knowledge gathered has been organized in the knowledge base.

Table 3 Organization Structure for the Knowledge Base

Rule No.	Project Type	Sub-index values	Uses of downstream water	Water grade	Impacts	Mitigation
1001	Agriculture	SIDO <20 SIBOD: 50-60 SIAN: >80	Industrial intake	Significantly Polluted, Grade: 4	- Organic Pollution - Reduction in fish population	- Treatment of organic waste before effluent discharge - Fish culture with high resistance species.
7001	Industry	SIDO: 50-60 SIBOD: 60-80 SIAN: 60-80 SICOD: 60-80	Domestic water intake	Moderately polluted, Grade-3	- Toxic to fish - High organic load - less food for aquatic life	- Improved waste treatment method; - Removal of toxic element before effluent discharge
....						

3.4 Knowledge Presentation

The knowledge in the database is organized and represented by using rules. Both rules and parameters have certainty factors associated with their actions as the values of the water parameters (objects) may vary considerably for different developmental projects. Certainty factors can be defined for each rule or parameter, and take a value between -100 and +100. In CLIPS ES shell, information needed to solve a specific problem is organized using “frames”, which group or categorize a collection of knowledge that is characterized by similar attributes or related parameters and used together as single unit. This

would enable an inference engine of the expert system shell to create a rule base in which further rules could be inferred from additional data input. The inference reasoning is chaining forward from fact to fact to reach the water classification goal and pollution sources, from simple to complex facts. The frames describe a specific problem area within the domain of an ES. Each frame of a problem groups together the various parameters and rules required solving that problem. The frame tree used for the study is shown in Figure 3. The knowledge representation in this ES is done through rules that follow forward-chaining format.

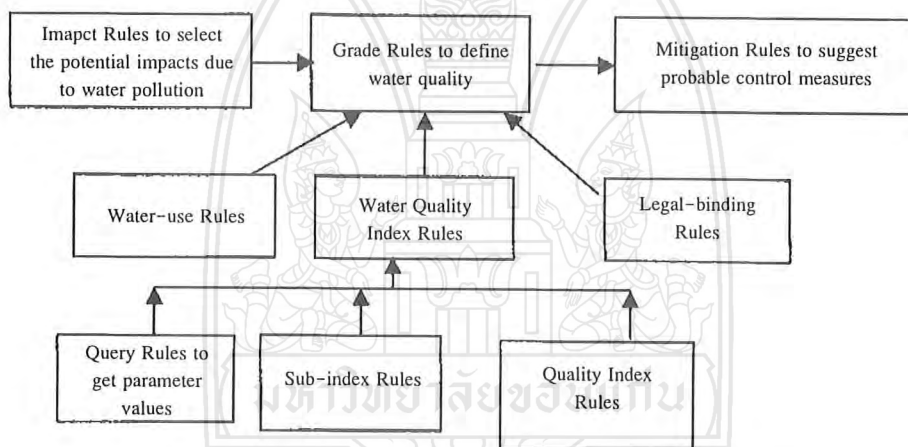


Figure 3 Frame Tree Used for the Development of WATER-EX System

3.7 System Programming

The WATER-EX was developed using the artificial intelligence (AI) programming language CLIPS (C integrated Language Production System). The use of CLIPS provides greater flexibility and adaptability in developing the system (Giarratano *et al.*, 1994).

3.8 Decision Making

Based on the inputs received from the user, the predefined goals of the frames are satisfied by conducting inferences, starting from the root and applying the rules and querying the values of parameters as required, to reach the conclusion, which could be suitable for treating the

water, identifying the potential impacts, and the pollutant characters of the water.

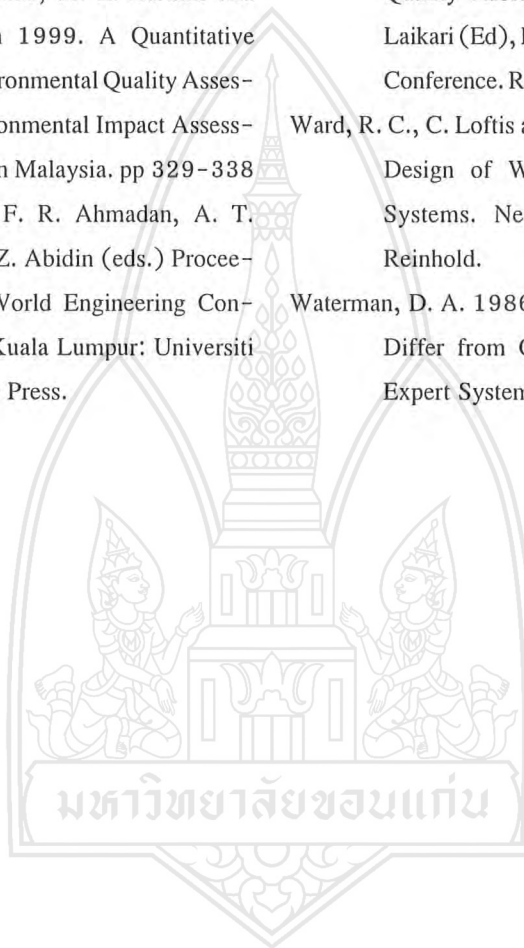
4. CONCLUSIONS

The proposed WATER_EX comprised of a knowledge base on water quality characteristics, potential impacts of water pollution, possible remedial measures for pollution control. The systems works through determining the water quality index through manipulation of the monitoring database on water. By incorporation of the query, the water quality assessment system can be used for decision support especially for determining the compliance level of the project for water quality and also can identifying the sources of water pollution, the potential impacts on the water, and for recommending mitigation measures in general. The system can as well be used for training, and as an educational tool.

References

- Department of Environment Malaysia (DOE). 1995. Environmental Impact Assessment Guidelines for Development of Tourist and Recreational Facilities in National Parks. Kuala Lumpur: DOE Press.
- Anderson, D. L. and E. G. Flaig. 1995. Agricultural Best Management Practice and Surface Water Improvement and Management. Water Science and Technology. 31(8): 109-121.
- Arockiasamy, M. 1993. Expert Systems Application for Structural, Transportation and Environmental Engineering. London: CRC Press.
- Basri, H. 1998. An Expert System for Planning Landfill Restoration. Water Science and Technology. Vol. 37(8): 211-217
- Chong, T.L., M. N. Hassan, M. K. Yusoff, W.N. Sulaiman, and A. Muda. 1998. Improvement Method of Landfill Classification System in Malaysia. Science International (Lahore). 10(4):369-373.
- Denneman, W.D., A. de Pree, G. A. Reininga and J. van der Braak 1995. Environmental Aspects of the Restoration of River Ecosystems in the Netherlands. Water Science and Technology. 31(8): 147-150.
- Department of Environment (DOE). 1996. Environmental Quality Report 1990-1995. Kuala Lumpur: Government of Malaysia.
- Giarratano, J. and G. Riley, 1994. Expert System : Principles and Programming (2nd ed.). Boston: PWS Publishers Inc.
- House, M. and J. B. Eillis 1987. Development of Water Quality Index for Operational Management. Water Science and Technology. 19(1): 145-151.
- Lohani, B.N. 1984. Environmental Quality Management. New Delhi: South Asian Publishers Pvt. Ltd.
- McDonald, L. H. and C. T. Carmichael 1996. Monitoring the Effect of Forestry on Streams: Variable Selection and the Development of an Expert System. Environmental Monitoring and Assessment. 40: 55-73.

- Nilsun, I. and O. Yenigun. 1995. A Critical Review of the Water Quality Classification System in Turkey: A Case Study on Meric Basin. *Environmental Management*. 19(4): 601-607.
- Rahman, M. M., M. Daud, M. Z. Bardaie and M. N. Hassan 1999. A Quantitative Model for Environmental Quality Assessment of Environmental Impact Assessment Projects in Malaysia. pp 329-338 in R. Yunus, F. R. Ahmadan, A. T. Jameel and Z. Z. Abidin (eds.) *Proceedings of the World Engineering Congress*. 1999. Kuala Lumpur: Universiti Putra Malaysia Press.
- Singh, C. 1998. Environmental Impact Assessment Review at State Level. *IMPAK*. 18(2): 7.
- Ventilla, R., M. A. House and C. H. Green. 1989. Expert Systems as an Aid to Water Quality Assessment. pp 47-57 in H. Laikari (Ed), *Proceedings of an IAWPRC Conference*. Rovaniemi: Pergamon Press.
- Ward, R. C., C. Loftis and G. B. McBride. 1990. *Design of Water Quality Monitoring Systems*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Waterman, D. A. 1986. How do Expert Systems Differ from Conventional Programs ? *Expert Systems*. 3(1): 16-19.



WATER-EX INPUT-OUTPUT PROCESS

The user uses the screen and the keyboard to interface with the system. The WATER-EX system will ask the user a set of question and display the possible answers to be selected as shown in the list below:

Start

- Question 1. What is the pH value of the receiving water? (<5.5, 5.5-7.5, >7.5)
- Question 2. What is the value of BOD (mg/l) ? (<1, 1-3, 3-6, 6-12, >12)
- Question 3. What is the value of COD (mg/l)? (<10, 10-25, 25-50, 50-100, >100)
- Question 4. What is the value of Dissolved Oxygen (DO) mg/l? (<1, 1-3, 3-5, 5-7, >7)
- Question 5. What is the Temperature in Centigrade ? (<2.5, 2.5-35, >35)
- Question 6. What is the value of TSS (mg/l) ? (<25, 25-50, 50-150, 150-300, >300)
- Question 7. What is the value of Ammonia-nitrogen (mg/l)? (<0.1, 0.1-0.3, 0.3-0.9, 0.9-2.7, >2.7)
- Question 8. What is the Total Coliform (MPN/ 100ml)? (<100, 100-5000, 5000-50000, >50000)
- Question 9 What is the prescribed activity of the project? (Chose amongst 19 activities)



The system upon receiving the answers to the above query compare and interact with the knowledge base/ facts of the system and determines the following:

- < Estimate sub-Index values for parameters>
- < Determine the water quality index and grade/ compliance level>



- Question 10 What's the use of downstream water?
(Irrigation, Industrial intake, Domestic supply, Fishery, Recreation, Unknown)



(The system receives the answers of the question 9, 10 & 11 and interacts with the water quality index, sub-index, project activity and infers the potential pollution impacts and recommend mitigation measures with certain probability)

< Display the Recommendation>

End of the Program



โยเกิร์ตเพื่อสุขภาพ

ณิษฐา

ขณะที่โลกเราเข้าสู่ยุคไฮเทค มีความเจริญทางด้านเทคโนโลยีมากเท่าไร ความเสี่ยงต่อสภาวะแวดล้อมเป็นพิษก็ยิ่งมีมากขึ้น อาหารพิษผักต่างๆ มีการปนเปื้อนยาฆ่าแมลง การเลี้ยงสัตว์ที่เป็นอาหารมนุษย์มีการใช้สารเร่งต่างๆ ที่มีงานวิจัยว่ามีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคร้ายต่างๆ เช่น มะเร็ง มากขึ้น นอกจากนี้ในชีวิตประจำวันการทำงานที่เร่งรัด ทำให้เกิดความเครียดก่อให้เกิดโรคภัยที่เกิดจากจิตใจ (Psychosomatic diseases) เช่น โรคกระเพาะอาหาร ความดันโลหิตสูง ท้องผูก ท้องเดิน ท้องอืดเพื่ออาหารไม่ย่อย ปวดศีรษะ เป็นต้น ซึ่งเกิดจากขณะเครียดต่อมหมวกไตจะสร้างสารอะดรีนาลิน สารสเตียรอยด์ ซึ่งเป็นสารพิษก่อให้เกิดโรคต่างๆ มากมาย สิ่งต่างๆ ดังกล่าวนั้นทอนสุขภาพของคนเรา วิธีทางหนึ่งที่จะแก้ไขได้คือ การสร้างภูมิคุ้มกันให้กับร่างกายเพื่อต่อสู้กับโรคต่างๆ ได้ดีขึ้น ชีวิตก็จะอยู่ได้อย่างปกติสุข การออกกำลังกายที่สม่ำเสมอ รับประทานอาหารให้ครบห้าหมู่เหมาะสม เป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยให้ร่างกายมีภูมิคุ้มกันที่แข็งแรงขึ้น โยเกิร์ตเป็นอาหารนมชนิดหนึ่งที่มีประโยชน์และอยู่ใกล้ตัวเรา สามารถทำรับประทานเองที่บ้าน บางคนอาจมองข้ามอาหารชนิดนี้ หลายคนอาจยังไม่รู้จัก บทความนี้จะช่วยให้รู้จักโยเกิร์ตอาหารมีประโยชน์ที่มีจุลินทรีย์มหัศจรรย์อยู่ด้วย

โยเกิร์ต (Yogurt) เป็นอาหารที่มีพื้นเพมาจากประเทศทางตุรกี และแพร่หลายในประเทศที่อยู่แหลมบอลข่านมานานหลายศตวรรษ ปัจจุบันโยเกิร์ตเป็นที่รู้จักกันดีทั้งใน ยุโรป อเมริกา ตะวันออกกลาง และในเอเชียตะวันตก รวมทั้งประเทศไทย

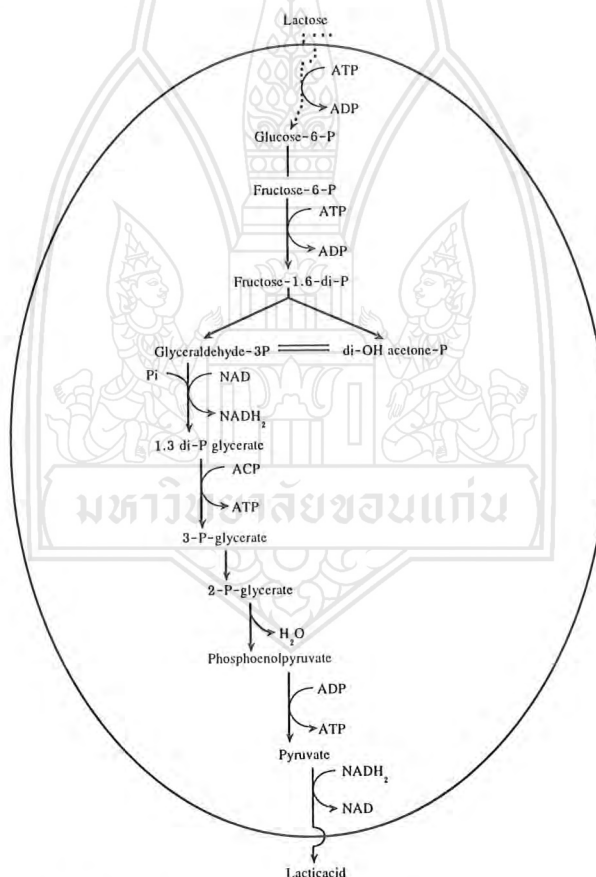
ในศตวรรษที่ผ่านมาผู้คนให้ความสนใจประโยชน์ทางด้านโภชนาการของโยเกิร์ตกันมากขึ้น มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับเรื่องนี้อย่างกว้างขวาง ทำให้ประชาชนหันมาสนใจและบริโภคโยเกิร์ตเพื่อเป็นอาหารสุขภาพกันอย่างแพร่หลาย มีหลายคนที่ได้รับประทานโยเกิร์ตเป็นประจำทุกวัน กล่าวว่ระบบย่อยอาหารและระบบขับถ่ายที่เคยมีปัญหาดีขึ้นอย่างไม่น่าเชื่อ จึงทำให้เชื่อว่าเมื่อรับประทานเป็นประจำจะทำให้มีอายุยืนยาวได้ ประเทศไทยเราพบว่าโยเกิร์ตเป็นที่รู้จักกันดี และความนิยมในการบริโภคเพิ่มมากขึ้น เห็นได้จากมีโยเกิร์ตหลายชนิด หลายยี่ห้อออกสู่ท้องตลาด และอุตสาหกรรมด้านนี้มีแนวโน้มไปได้อย่างสวยงาม

โยเกิร์ตคืออะไร

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นมชนิดหนึ่งที่มีการเติมเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์ 2 ชนิดในอัตราส่วนที่เท่ากัน เพื่อทำให้เกิดกระบวนการหมักขึ้น ได้แก่ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* แบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดเป็นพวกที่ชอบอุณหภูมิสูง (Thermophilic temperature) อยู่กันแบบพึ่งพาอาศัยกัน (Symbiosis) เจริญร่วมกันภายใต้สภาวะที่ควบคุม ถ้าอุณหภูมิการหมักอยู่ที่ 40 องศาเซลเซียส *S.thermophilus* จะเจริญขึ้นมาอย่างรวดเร็วย่อยสลายน้ำตาลแลคโตสซึ่งมีอยู่ในนมตามธรรมชาติให้เป็นกรดแลคติก และยังช่วยกำจัดออกซิเจนออกจากนม ทำให้สภาวะการหมักเป็นไมโครแอโรฟิลิก (Microaerophilic condition) นอกจากนี้ยังสร้างสารให้กลิ่นรสบางชนิดและสารอื่นๆ

ที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของเชื้อ *L.bulgaricus* ซึ่งเมื่อเจริญเติบโตจะสร้างกรดแลคติกและยังสร้างสารให้กลิ่นรสเช่นเดียวกับ *S.thermophilus* แต่สร้างในปริมาณที่มากกว่า สารให้กลิ่นรสที่แบคทีเรียในโยเกิร์ตสร้างขึ้น ได้แก่ อะเซทัลดีไฮด์ (Acetaldehyde) ไดอะเซทิล (diacetyl) อะซีตอย (Acetoin) เป็นต้น นอกจากนี้ *L.bulgaricus* จะย่อยสลายโปรตีนในนมให้เป็นกรดอะมิโนซึ่งเป็นพรีเคอร์เซอร์ (Precursor) ในการผลิตสารให้กลิ่นรสต่างๆ ในโยเกิร์ต และกรดอะมิโนบางตัวมีผลต่อการเจริญที่ดีของ *S.thermophilus* การเปลี่ยนน้ำตาลแลคโตสให้เป็นกรดแลคติกนั้น เชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ต ได้แก่ *S. thermophilus*

และ *L. bulgaricus* จะย่อยสลายน้ำตาลแลคโตสผ่านวิถี Embden – Meyerhoff–Parnas (EMP) pathway จนกระทั่งได้กรดแลคติกเป็นผลผลิตสุดท้าย (รูปที่ 1) กรดแลคติกที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของกระบวนการหมักสารอาหารในนมดังกล่าว จะทำหน้าที่ย่อยสลาย และตกตะกอนโปรตีนในนม ทำให้นมมีลักษณะเกิดเป็นลิ่มคล้ายเต้าหู้ ซึ่งเป็นลักษณะของโยเกิร์ตนั่นเอง นอกจากนี้ กรดแลคติกและสารให้กลิ่นรสที่เชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิด สร้างขึ้นยังช่วยทำให้โยเกิร์ตมีรสเปรี้ยวแหลม มีกลิ่นเฉพาะตัวอีกด้วย



รูปที่ 1 การย่อยสลายน้ำตาลแลคโตสผ่านวิถี Embden – Meyerhoff – Parnas (EMP) pathway ที่มา Wistreich, G.A. 1977.

โยเกิร์ตมีประโยชน์อย่างไร

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นมชนิดหนึ่งซึ่งมีคุณค่าทางโภชนาการที่ดีต่อร่างกายเช่นเดียวกับ

นมสด มีทั้งโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน แคลเซียม โปแตสเซียม และฟอสฟอรัส สารอาหารส่วนใหญ่มีปริมาณสูงกว่าในนมสด (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 คุณค่าทางอาหารของนมสดและโยเกิร์ต

Constituent (Units/100g)	Milk		Yogurt		
	Whole	Skim	Full fat	Low fat	Fruit
Calories	67.5	36	72	64	98
Protein (G)	3.5	3.3	3.9	4.5	5.0
Fat (g)	4.25	0.13	3.4	1.6	1.25
Carbohydrate (g)	4.75	5.1	4.9	6.5	18.6
Calcium (mg)	119	121	145	150	176
Phosphorus (mg)	94	95	114	118	153
Sodium (mg)	50	52	47	51	-
Potassium (mg)	152	145	186	192	254

ที่มา : Deeth , H.C. and Tamime , A.Y. 1981.

นอกจากนี้โยเกิร์ตยังเป็นอาหารที่เหมาะสมสำหรับผู้บริโภคที่มีอาการ Lactose intolerance จากการศึกษพบว่า 70% ของประชากรโลกไม่สามารถดื่มนมหรือกินผลิตภัณฑ์นม(ยกเว้นโยเกิร์ต)ได้ โดยเฉพาะชาวแอฟริกัน เอเชีย และเมดิเตอร์เรเนียน ทั้งนี้เนื่องจากระบบทางเดินอาหารของคนไม่สามารถดูดซึมน้ำตาลแลคโตสได้ ต้องอาศัยเอนไซม์ เบต้า - กาแลคโตซิเดส (β -galactosidase) หรือแลคเตส (Lactase) ทำหน้าที่ย่อยสลายน้ำตาลแลคโตสให้เป็น ดี - กลูโคส (D - glucose) กับ ดี - กาแลคโตส (D - galactose) ก่อนที่ร่างกายจะนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป ในคนที่ขาดเอนไซม์ชนิดนี้เมื่อบริโภคนม หรือผลิตภัณฑ์นมเข้าไปน้ำตาลในนมไม่ถูกย่อย แต่จะถูกหมักโดยจุลินทรีย์ต่าง ๆ ในลำไส้ใหญ่ส่วนโคลอนได้ก๊าซและกรดอินทรีย์ ทำให้เกิดอาการผิดปกติขึ้น คือ ปวดท้อง ท้องอืด และท้องเสีย เรียกว่าอาการนี้ว่า Lactose intolerance ด้วย

เหตุนี้คนเหล่านี้จะไม่สามารถดื่มนมสดได้ ทำให้เสียโอกาสที่จะได้รับสารอาหารที่สำคัญ เช่น โปรตีน แคลเซียม และวิตามินจากนม อย่างไรก็ตามคนเหล่านี้สามารถบริโภคโยเกิร์ตแทนนมได้อย่างปลอดภัย เพราะแบคทีเรียในโยเกิร์ตได้ทำหน้าที่ย่อยน้ำตาลแลคโตสเรียบร้อยแล้ว ในประเทศไทยมีรายงานว่าการกอายุต่ำกว่า 2 ขวบ มีอาการท้องเสียเนื่องจากภาวะ lactose intolerance ถึง 96% การใช้จุลินทรีย์โยเกิร์ตซึ่งมีกิจกรรมของเอนไซม์ β - galactosidase จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถแก้ปัญหาการย่อยและการดูดซึมน้ำตาลแลคโตสบกพร่องในเด็กได้

จากการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์พบว่า ประชาชนที่รับประทานโยเกิร์ตที่มีจุลินทรีย์ที่มีชีวิตจะมีอายุยืนยาวกว่าอายุประชากรโดยเฉลี่ยทั่วไปทั้งนี้อาจเป็นเพราะในลำไส้ของคนเรามีจุลินทรีย์ประจำถิ่น (Normal flora) อาศัยอยู่เป็นจำนวนมากกว่า 500 ชนิดซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ดีมีประโยชน์ (good bacteria)

เช่น แลคติกแอซิกแบคทีเรีย และชนิดเลวที่โหด (bad bacteria) เช่น *Clostridium*, *Yeast* เป็นต้น แบคทีเรียชนิดนี้จะช่วยลดจำนวนแบคทีเรียชนิดเลวในลำไส้ โดยใช้กลไกของกระบวนการเมตาโบลิซึม สร้างสารยับยั้งและทำลายแบคทีเรียชนิดเลวได้ เช่น การสร้างกรดแลคติก เมทาบอล และอะซิโตน ของ *S. thermophilus* สามารถยับยั้ง *Salmonella spp.*, *Shigella* และ *Pseudomonas spp.* ได้ เป็นต้น ทำให้เกิดสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ ช่วยทำให้ระบบทางเดินอาหารมีสุขภาพดี ช่วยย่อยสลาย และดูดซับสารอาหารในนม เช่น แคลเซียมฟอสฟอรัสได้สูงขึ้น การขับถ่ายเป็นปกติ ก็ช่วยให้อายุยืนยาวได้ แต่มีปัจจัยหลายอย่างที่ทำให้แบคทีเรียที่ดีมีปริมาณลดลง เช่น การกินยาปฏิชีวนะพร่ำเพรื่อ การใช้ยาสแตย-รอยด์ ความเครียดและอื่นๆ ทำให้แบคทีเรียชนิดเลวเพิ่มจำนวนมาก สร้างสารพิษต่างๆ ก่อให้เกิดอาการไม่สบายแก่ร่างกาย การรับประทานโยเกิร์ตช่วยเพิ่มแบคทีเรียชนิดดี ได้แก่ *L. bulgaricus* และ *S. thermophilus* ซึ่งเป็นแบคทีเรียกลุ่มแลคติก ช่วยเรียกความสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้กลับคืนมา นอกจากนี้มีงานวิจัยที่สนับสนุนเหตุผลดังกล่าว คือ นักวิทยาศาสตร์พบว่าคนที่รับประทานโยเกิร์ตที่มีเชื้อที่มีชีวิตอยู่ด้วยร่างกายจะผลิตเกรวมมาอินเตอร์-เฟอรอนเพิ่มขึ้น ช่วยส่งเสริมภูมิคุ้มกันของร่างกายให้แข็งแรงขึ้น และมีงานวิจัยอื่นๆ ที่กล่าวถึงประโยชน์ของโยเกิร์ต เช่น การต่อต้านมะเร็ง การลดระดับโคเลสเตอรอลในเลือด แม้การค้นพบครั้งนี้อาจจะมีข้อสงสัยผลไม่ชัดเจน ซึ่งควรจะมีการวิจัยต่อไป แต่ก็ทำให้ทราบว่ารับประทานโยเกิร์ตน่าจะมีผลดีต่อสุขภาพแน่นอน

นอกจากประโยชน์ดังกล่าวมา มีคำถามที่ได้ยินเสมอว่าการรับประทานโยเกิร์ตช่วยลดความอ้วนได้จริงหรือ โยเกิร์ตมีประโยชน์มากกว่านมจริงหรือ ถ้าดูตามฉลากผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่วางขายตามท้องตลาด พบว่าโยเกิร์ตสูตรนมสด (Plain yoghurt)

ไม่มีการเติมน้ำตาล หรือผลไม้เชื่อม ผลิตจากนมโคสด 100% และมีการเติมนมผงขาดมันเนยลงไปประมาณร้อยละ 3 คุณค่าของโยเกิร์ตชนิดนี้จะใกล้เคียงนมสดปกติชนิดจืด แต่ไขมันอาจต่ำกว่าเล็กน้อย แต่ถ้าเป็นโยเกิร์ตรสผลไม้มีการเติมน้ำตาลหรือน้ำเชื่อมประมาณร้อยละ 5 และผลไม้เชื่อมประมาณร้อยละ 15 ซึ่งจะได้พลังงานเพิ่มขึ้นอีกจากส่วนผสมเหล่านี้ในปริมาณไม่น้อยเลย ดังนั้น ถ้าจะรับประทานโยเกิร์ตเพื่อลดความอ้วนอาจจะต้องกลับใจเสียใหม่ และถ้าจะพิจารณาถึงราคาโยเกิร์ตแล้ว พบว่าราคาจะสูงกว่านมสดเกือบ 2 เท่า ขณะที่คุณค่าทางอาหารในแง่โปรตีนและพลังงานใกล้เคียงกับนมโคสด แต่ถ้าท่านต้องการรับประทานโยเกิร์ตเพื่อต้องการจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ ต้องการคุณค่าทางอาหารจากนม ต้องการลดความอ้วน และราคาไม่แพง ถ้าท่านต้องการทุกสิ่งพร้อมมูลดังกล่าวในโยเกิร์ต 1 ถ้วย ท่านต้องทำโยเกิร์ตรับประทานเองที่บ้าน ซึ่งมีวิธีการทำอย่างง่าย ๆ ไม่ยุ่งยาก ดังนี้

วิธีทำโยเกิร์ตอย่างง่าย ๆ ที่บ้าน

วัสดุ

1. นมไขมันต่ำ 1 ลิตร
2. นมผงขาดมันเนย 2-3 ช้อนโต๊ะ
3. โยเกิร์ตชนิดไม่ปรุงแต่งรส (plain yogurt) 1 ถ้วย

วิธีทำ

1. เทนมไขมันต่ำใส่หม้ออูมิเนียม (หรือหม้ออะไรก็ได้ที่ตั้งไฟได้)
2. เติมนมผงขาดมันเนย 2-3 ช้อนโต๊ะ คนให้ละลาย
3. ยกหม้อตั้งไฟเพื่อต้มนมพอนมเกือบเดือดยกลง ตั้งทิ้งไว้ให้อุ่นขนาดใช้หลังมือแตะได้
4. ตักโยเกิร์ตชนิดไม่ปรุงแต่งรสใส่ลงในหม้อนม ประมาณ 3 ช้อนโต๊ะ คนให้เข้ากัน

5. นำหม้อนมที่ใส่เชื้อโยเกิร์ตแล้วตามไปใส่เตาอบ 90°F - 120°F ทิ้งไว้ประมาณ 5-8 ชั่วโมงนมจะกลายเป็นโยเกิร์ต ตักใส่ภาชนะสะอาด เก็บไว้ในตู้เย็น สามารถเก็บได้ประมาณ 10-15 วัน ถ้าไม่มีเตาอบก็นำไปต้มในหม้อหุงข้าวชั้นนอกอุณหภูมิขนาดที่ใช้อุ่นข้าว หรือถ้าวันใดมีแสงแดดดี อาจจะนำหม้อนมไปตากแดดทิ้งไว้ประมาณ 6 ชั่วโมง นมจะเปลี่ยนเป็นโยเกิร์ตเช่นกัน แต่ถ้าทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (~ 32°C) ต้องทิ้งไว้ 12-15 ชั่วโมง จึงจะได้โยเกิร์ตรับประทาน

6. วิธีรับประทาน รับประทานได้เลยโดยไม่ปรุงแต่ง จะได้รับรสชาติของโยเกิร์ต หรืออาจจะรับประทานกับผลไม้สดรสไม่หวานเพื่อเพิ่มรสชาติและคุณค่าทางอาหาร

โยเกิร์ตตามสูตรดังกล่าวเป็นโยเกิร์ตสูตรไขมันต่ำ เหมาะสำหรับผู้สูงอายุ และผู้ต้องการลดน้ำหนัก อาจจะทำโยเกิร์ตสูตรอื่นๆ เช่น โยเกิร์ตเพิ่มพลัง เป็นต้น จะใช้นมสด 100% แล้วเติมนมผงขาดมันเนย 2-3 ช้อนโต๊ะ (นมผงช่วยลักษณะสัมผัสที่ดีและยังได้แคลเซียม โปรตีนจากนมผงด้วย) และสามารถปรุงแต่งรสด้วย น้ำตาล น้ำผึ้ง หรือน้ำเชื่อมให้มรสหวานตามชอบ แล้วจึงนำไปต้มทำตามวิธีในข้อ 3-6 หัวเชื้อโยเกิร์ตต้องเป็นชนิดคัสตาร์ดมีลักษณะเป็นลิ่มคล้ายเต้าหู้ ไม่ใช้ชนิดเหลวหรือชนิดพร้อมดื่ม ควรเป็นชนิดไม่ปรุงแต่งรส และหัวเชื้อโยเกิร์ตต้องมีจุลินทรีย์ที่มีชีวิต สามารถรับประทานโยเกิร์ตกับผลไม้สดได้ทุกชนิด

เอกสารอ้างอิง

- ภาจิต ประชาเวช. 2535. สารสุข-สารทุกข์. วารสารหมอชาวบ้าน 14 (157) : 28-29
- วิเชียร สิวาธรรมาศ. 2542. โปรโอโอดิก. วารสารจารย์พา 6 (49) : 31-35
- Davies, L.F. and Law, B.A. 1984. *Advances in the Microbiology and Biochemistry of Cheese and Fermented Milk*. Northen Ireland : University Press.
- Deeth, H.C. and Tamime, A.Y. 1981. *Yoghurt : Nutritive and Therapeutic Aspects*. Journal of Food Protection 44(1) : 78-79.
- Hammer, B. W. and Babel, F. J. 1957. *Dairy Bacteriology*. 4th ed. John Wiley & Sons. : New York.
- Wistreich, G.A. 1997. *Microbiology Laboratory fundamentals and application*, U.S.A : Prentice - Hall : 392 -403
- <http://www.healthcastle.com/nutritioncontent.shtml>
- <http://www.yocrenm.com/history.htm>
- www.ians.unl.edu/pubs/Dairy/g4449.htm

**ดัชนีกรมวารสารวิทยาศาสตร์ มข.
(เรียงตามชื่อผู้เขียน)
ปีที่ 27 พ.ศ. 2542**

ผู้เขียน	ข่าววิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	ฉบับที่	หน้าที่
กองบรรณาธิการ	สถิติโดเร็กซ์เซลล์เมืองไทย	1	1
”	สถิติกับเศรษฐกิจไทย	1	2
”	สถิติการส่งออกของไทย	2	73
”	สถิติการใช้ Internet และจำนวน Internet Hosts ที่เพิ่มขึ้นในโลก	3	173

ผู้เขียน	บทความทั่วไป	ฉบับที่	หน้าที่
Eric Lattmann	Small Organic Molecules as	4	288
Pornthip Arayarat	Cholecystokinin Antagonists		
Harjit Singh	Roles of Antigen-Presenting Cells in the	2	105
Jagkrit Parakarn	Immune Responses against Exogenous Immunogens		
Jagkrit Parakarn	The Pharmaceutical Products of Recombinant	3	200
	DNA Technology : The Production of Human		
	Insulin in Microorganisms		
ชูศักดิ์ พูนสวัสดิ์	Big 6 ; พลาสติกหลัก 6 ชนิด	2	120
ธีรยุทธ ชานนวงษ์	อุปกรณ์กรองสัญญาณทางแสง	2	84
ปรีชา ยุพาพิน	(Optical Filter)		
นฤมล แสงประดับ	“นาฬิกาสัตว์หน้าดิน” ทางเลือกของการดูแล	4	279
	เฝ้าระวังคุณภาพแหล่งน้ำโดยชุมชนท้องถิ่น		
นิภา มลิณทวิสมัย	สารอินทรีย์ระเหยชนิด Chlorinated aliphatic	3	186
	hydrocarbons		
วิชุดา ไชยติวามงคล	แนวคิดของคลังข้อมูล	1	9
เมธี พงศ์กิจวิทุร	(Data warehouse concepts)		
ศิริรัตน์ วงศ์ประภรณ์กุล	ตารางเงินผ่อนและกองทุนเงินสะสม	4	271

ผู้เขียน	บทความทั่วไป	ฉบับที่	หน้าที่
สงวน พงศ์กิจจิตร เมธี พงศ์กิจจิตร สิรินดา ยุ่นฉลาด	ฐานข้อมูลสำหรับห้องสมุดดิจิทัล	3	175
สุกัญญา เรืองสุวรรณ	มาตรการความปลอดภัยกับสิ่งมีชีวิตที่ได้รับ การดัดแปลงหรือปรับเปลี่ยนสารพันธุกรรม	2	97
สุกัญญา เรืองสุวรรณ	การแก้ปัญหาคำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming) ด้วย Excel Solver	2	76
สุณี อัมภายุธ	ผลเฉลยเชิงตัวเลขของสมการเชิงอนุพันธ์ (Numerical solution of differential equations)	3	180
สุภาพ ณ นคร	การสื่อสารวิทยาศาสตร์ในประเทศออสเตรเลีย (Science Communication in Australia)	1	4
อัมพร อนันต์พินิจวัฒนา	ฟิโบนักชีสัมพันธ์	1	18

ผู้เขียน	งานวิจัย	ฉบับที่	หน้าที่
Eric Lattmann Pornthip Arayarat	Process Development: Synthesis of Benzofuranyl-imidazoline (2-BFI) as a Selective and Highly Potent 1-2 Liganad with Potential Antidepressant Activity	1	32
Md. Mizanur Rahman Mohamed Duad Mohd. Zohadie Bardaie Mohd Nasir hassan Ahmed Ibrahim	WATER QUALITY ASSESSMENT FOR EIA PROJECTS IN MALAYSIA - AN EXPERT SYSTEM APPROACH	4	329
Rachanee Chaveerach Wichai Neeratanaphan	Bladders of <i>Utricularia</i> L.	1	38
Satit Saejung	Extreme Points and Strongly Extreme Points in Musielak-Orlicz sequence Spaces Equipped with the Luxemburg Norm	3	207
Wijarn Sodsri Sirinya Prongjit	A Unified Treatment of Various Theorems in Real Analysis by Using δ -fine Tagged Partitions	1	26

ผู้เขียน	งานวิจัย	ฉบับที่	หน้าที่
กำชัย ตรีชัยรัมย์ จ่านงค์ ฉายเชิด ทรงยศ พิธิษฐ์กุล ถนอมจิตร ฤทธิมนตร์	การวิเคราะห์ทางความร้อนในการสังเคราะห์สาร ระบบ Bi-Sr-Ca-Cu-O การศึกษาผลกระทบของสารป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดด สีน้ำตาล <i>Nilaparvata lugens</i> Stal. ต่อความอยู่รอด ของมวนตัวห้ำกินไข่ <i>Tyrtthus chinensis</i> Stal.	4 1	316 51
ธีรศักดิ์ สมดี อรสุภาวี สายเพชร ปริญพันธ์ มีทรัพย์ ศักดิ์ดา ดาดวง นันทนา ปัดทอง พินิจ หวังสมนึก ละออศรี เสนาะเมือง	การตรวจสอบฤทธิ์ของสารสกัดจากไซยาโน แบคทีเรีย <i>Microcystis</i> sp. ซึ่งแยกได้จาก แหล่งน้ำในเขื่อนลำตะคองและเขื่อนแม่กวง ในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคบางชนิด ผลของสารสกัดจากใบหนวดปลาหมึก (<i>Brassaia</i> <i>actinophylla</i> Endl.) ในระดับความเป็นพิษ เฉียบพลันต่อเนื้อเยื่อผิว ระบบทางเดินอาหาร ระบบขับถ่าย และระบบหายใจของปลานิล (<i>Oreochromis niloticus</i> L.)	2 3	153 241
ปรีชา ยุพาพิน สืบตระกูล สุชาติ รัตนา มหัชชัย	การวัดการเลื่อนเฟสของแสงด้วยเทคนิคการมอดูเลต เฟสของแสงโดยใช้เส้นใยนำแสง การศึกษาวัสดุธรรมชาติเพื่อดูดซับโลหะหนัก ที่มีพิษในน้ำเสีย	3 2	222 143
วรพล เองวานิช ธวัช ชินราศรี อรรธรณ ชินราศรี วรรณดี บัญญัติรัชต์ พรรษา ขอย้ายกลาง อารุติ ต้นเกษ ศักดิ์สิทธิ์ จันทน์ไทย สำรวย นางทะราช สามารถ มูลอามาตย์ เกษม นันทชัย ไพบูลย์ ด้านวิรุทัย สมพงษ์ สิทธิพรหม	การศึกษาความหลากหลายของปลาวงศ์ ตะเพียน ชีว สร้อย (Family Cyprinidae) ของแม่น้ำชีใน พื้นที่จังหวัดมหาสารคาม แลคติกแอซิดแบคทีเรียที่แยกได้จากอาหาร หมักดอง การหาปริมาณอัลกอฮอลล์และสารระเหยง่ายอื่น ในไวน์มะม่วงและไวน์องุ่น โดยวิธี แก๊สโครมาโทกราฟี การศึกษาความหลากหลายของหอยบกและหอยน้ำจืด ในเขตอุทยานแห่งชาติภูพาน	1 3 2	43 255 137
สมศักดิ์ เตียวสุรินทร์	เครื่องควบคุมตำแหน่งสารตัวอย่าง	4	300
		4	307

ผู้เขียน	งานวิจัย	ฉบับที่	หน้าที่
สุพรรณิ อึ้งปัญสดวงค์ พัฒน์พงศ์ มีมาก ปิยวรรณ ทะแพงพันธ์ อโนทัย ตรีวานิช ชีวลลย์ เรืองประพันธ์	การจำลองแบบเพื่อศึกษาผลกระทบของการปิดเศษของ ข้อมูลที่มีต่ออำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบปกติ บางตัว การประเมินคุณภาพการผลิตบัณฑิตคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น รุ่นปีการศึกษา 2540	2 3	127 231

ผู้เขียน	เกร็ดเล็กเกร็ดน้อย	ฉบับที่	หน้าที่
เฉลิม เรืองวิริยะชัย ณิษฐา	“Cleaner technology” เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด โยเกร็ดเพื่อสุขภาพ	1 4	58 340

ผู้เขียน	ท่องอาณจักรคณิตศาสตร์	ฉบับที่	หน้าที่
วิจารณ์ สดศิริ	ระบบจำนวนจริง (The Real Number System) ตอนที่ 1	1	64
วิจารณ์ สดศิริ	ระบบจำนวนจริง (The Real Number System) ตอนที่ 2	2	161

ผู้เขียน	เสริมทักษะวิทยาศาสตร์	ฉบับที่	หน้าที่
ครูหมูอ้วน	ปริมาณสารสัมพันธ์ยากจริงหรือ (ตอนที่ 1)	2	166
ครูหมูอ้วน	ปริมาณสารสัมพันธ์ยากจริงหรือ (ตอนที่ 2)	3	265
วิทยา อมรกิจบำรุง	การแปลงหน่วยความเข้มของแสงจากลักซ์ เป็นวัตต์ต่อตารางเมตร	1	69

**ดัชนีุกรมวารสารวิทยาศาสตร์ มข.
(เรียงตามชื่อเรื่อง)
ปีที่ 27 พ.ศ. 2542**

ข่าววิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	ผู้เขียน	ฉบับที่	หน้าที่
สถิติกับเศรษฐกิจไทย	กองบรรณาธิการ	1	2
สถิติการใช้ Internet และจำนวน Internet Hosts ที่เพิ่มขึ้นในโลก	”	3	173
สถิติการส่งออกของไทย	”	2	73
สถิติโตเร็กซ์เซลล์เมืองไทย	”	1	1

บทความทั่วไป	ผู้เขียน	ฉบับที่	หน้าที่
Big 6 ; พลาสติกหลัก 6 ชนิด	ชูศักดิ์ พูนสวัสดิ์	2	120
Roles of Antigen-Presenting Cells in the Immune Responses against Exogenous Immunogens	Jagkrit Parakarn	2	105
Small Organic Molecules as Cholecystokinin Antagonists	Eric Lattmann Pornthip Arayarat Harjit Singh	4	288
The Pharmaceutical Products of Recombinant DNA Technology : The Production of Human Insulin in Microorganisms	Jagkrit Parakarn	3	200
การแก้ปัญหาหาหนทางหาการเชิงเส้น (Linear Programming) ด้วย Excel Solver	สุกัญญา เรืองสุวรรณ	2	76
การสื่อสารวิทยาศาสตร์ในประเทศออสเตรเลีย (Science Communication in Australia)	สุภาพ ณ นคร	1	4
ฐานข้อมูลสำหรับห้องสมุดดิจิทัล	สงวน พงศ์กิจวิthur เมธี พงศ์กิจวิthur	3	175
ตารางเงินผ่อนและกองทุนเงินสะสม	ศิริรัตน์ วงศ์ประกรณ์กุล	4	271

บทความทั่วไป	ผู้เขียน	ฉบับที่	หน้าที่
“นาฬิกาสัตว์หน้าดิน” ทางเลือกของการดูแล เพื่อระวังคุณภาพแหล่งน้ำโดยชุมชนท้องถิ่น	นฤมล แสงประดับ	4	279
แนวคิดของคลังข้อมูล (Data warehouse concepts)	วิชุดา ไชยศิวิมมงคล เมธี พงศ์กิจจิตร	1	9
ผลเฉลยเชิงตัวเลขของสมการเชิงอนุพันธ์ (Numerical solution of differential equations)	สุณี อัสภยาธ	3	180
ฟิโบนัชีสัมพันธ์	อัมพร อนันต์พินิจวัฒนา	1	18
มาตรการความปลอดภัยกับสิ่งมีชีวิตที่ได้รับ การดัดแปลงหรือปรับเปลี่ยนสารพันธุกรรม	สิรินดา ยุ่นฉลาด	2	97
สารอินทรีย์ระเหยชนิด Chlorinated aliphatic hydrocarbons	นิภา มลินทวิสมัย	3	186
อุปกรณ์กรองสัญญาณทางแสง (Optical Filter)	ธีรยุทธ ชาญนวงศ์ ปรีชา ยูพาพิน	2	84

งานวิจัย	ผู้เขียน	ฉบับที่	หน้าที่
A Unified Treatment of Various Theorems in Real Analysis by Using d -fine Tagged Partitions	Sirinya Prongjit Wijarn Sodsri Sirinya Prongjit	1	26
Bladders of <i>Utricularia</i> L.	Rachanee Chaveerach	1	38
Extreme Points and Strongly Extreme Points in Musielak-Orlicz sequence Spaces Equipped with the Luxemburg Norm	Wichai Neeratanaphan Satit Saejung	3	207
Process Development: Synthesis of Benzofuranyl-imidazoline (2-BFI) as a Selective and Highly Potent 1-2 Liganad with Potential Antidepressant Activity	Pornthip Arayarat Eric Lattmann	1	32
WATER QUALITY ASSESSMENT FOR EIA PROJECTS IN MALAYSIA - AN EXPERT SYSTEM APPROACH	Md. Mizanur Rahman Mohamed Duad Mohd. Zohadie Bardaie Mohd Nasir hassan Ahmed Ibrahim	4	329

งานวิจัย	ผู้เขียน	ฉบับที่	หน้าที่
การจำลองแบบเพื่อศึกษาผลกระทบของการปิดเศษของข้อมูลที่มีต่ออำนาจการทดสอบของสถิติทดสอบปกติบางตัว	สุพรรณธิ อึ้งปัญสัตวงศ์ พัฒน์พงศ์ มีมาก ปิยวรรณ ทะแพงพันธ์	2	127
การตรวจสอบฤทธิ์ของสารสกัดจากไซยาโนแบคทีเรีย <i>Microcystis</i> sp. ซึ่งแยกได้จากแหล่งน้ำในเขื่อนลำตะคองและเขื่อนแม่งวงในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคบางชนิด	ธีรศักดิ์ สมดี อรุสฎาว์ สายเพชร ปรียพันธ์ มีทรัพย์ ศักดา ดาวดวง	2	153
การประเมินคุณภาพการผลิตบัณฑิตคณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น รุ่นปีการศึกษา 2540	อโนทัย ตรีวานิช ชัชวาลย์ เรืองประพันธ์	3	231
การวัดการเลื่อนเฟสของแสงด้วยเทคนิคการมอดูเลตเฟสของแสงโดยใช้เส้นใยนำแสง	ปรีชา ยูพาพิน สืบทระกูล สุชาติ	3	222
การวิเคราะห์ทางความร้อนในการสังเคราะห์สารระบบ Bi-Sr-Ca-Cu-O	กำชัย ตรีชัยรัมย์ จ๋านงค์ ฉายเชิด	4	316
การศึกษาความหลากหลายของปลาวงศ์ ตะเพียน ชิว สร้อย (Family Cyprinidae) ของแม่น้ำชีในพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม	วรพล เองวานิช ธวัช ชินราศรี อรรวรรณ ชินราศรี	1	43
การศึกษาความหลากหลายของหอยบกและหอยน้ำจืดในเขตอุทยานแห่งชาติภูพาน	สมพงษ์ สิทธิพรหม	4	300
การศึกษาผลกระทบของสารป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล <i>Nilaparvata lugens</i> Stal. ต่อความอยู่รอดของมวนตัวห้ำกินไข่ <i>Tytthus chinensis</i> Stal.	ทรงยศ พิสิษฐ์กุล ถนอมจิตร ฤทธิมนตร์	1	51
การศึกษาวัชธุระรรมชาติเพื่อบูดาบับไลหะหนักที่มีพิษในน้ำเสีย	รัตนมา มหาชัย	2	143
การหาปริมาณอัลกอฮอลและสารระเหยง่ายอื่นในไวน์มะม่วงและไวน์องุ่น โดยวิธีแก๊สโครมาโทกราฟี	ศักดิ์สิทธิ์ จันทรไทย สำรวย นางทะราช สามารถ มูลอามาตย์ เกษม นันทชัย ไพบุลย์ ด้านวิรุทัย	2	137
เครื่องควบคุมตำแหน่งสารตัวอย่าง	สมศักดิ์ เดียวสุรินทร์	4	307
ผลของสารสกัดจากใบหนวดปลาหมึก (<i>Brassia actinophylla</i> Endl.) ในระดับความเป็นพิษเฉียบพลันต่อเนื้อเยื่อผิว ระบบทางเดินอาหารระบบขับถ่าย และระบบหายใจของปลานิล (<i>Oreochromis niloticus</i> L.)	นันทนา ปิตทอง พินิจ หวังสมนึก ละออศรี เสนาะเมือง	3	241

งานวิจัย	ผู้เขียน	ฉบับที่	หน้าที่
แลคติกแอสิดแบคทีเรียที่แยกได้จากอาหารหมักดอง	วรรณดี บุญศิริชด พรรษา ขอย้ายกลาง อาจุติ ต้นเกษ	3	255

เกร็ดเล็กเกร็ดน้อย	ผู้เขียน	ฉบับที่	หน้าที่
“Cleaner technology” เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด	เฉลิม เรืองวิริยะชัย	1	58
โยเกริตเพื่อสุขภาพ	ณิชาญา	4	340

ห้องอาณาจักรคณิตศาสตร์	ผู้เขียน	ฉบับที่	หน้าที่
ระบบจำนวนจริง (The Real Number System) ตอนที่ 1	วิจารณ์ สดศิริ	1	64
ระบบจำนวนจริง (The Real Number System) ตอนที่ 2	วิจารณ์ สดศิริ	2	161

เสริมทักษะวิทยาศาสตร์	ผู้เขียน	ฉบับที่	หน้าที่
การแปลงหน่วยความเข้มของแสงจากลักซ์ เป็นวัตต์ต่อตารางเมตร	วิทยา อมรกิจบำรุง	1	69
ปริมาณสารสัมพันธ์ยากจริงหรือ (ตอนที่ 1)	ครูหมูอ้วน	2	166
ปริมาณสารสัมพันธ์ยากจริงหรือ (ตอนที่ 2)	ครูหมูอ้วน	3	265

ข้อแนะนำในการเขียนบทความลงวารสาร วิทยาศาสตร์ มข.

ประเภทของเรื่องที่จะตีพิมพ์

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

รูปแบบของการเขียนและการเตรียมต้นฉบับ

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

ส่งต้นฉบับมาที่

กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ มข.

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

อนันทนการสำหรับผู้เขียน

เรื่องที่ได้รับการตีพิมพ์ ผู้เขียนจะได้รับวารสารฉบับนั้น 2 เล่ม และสำเนาพิมพ์อีก 15 ชุด

การเขียนเอกสารอ้างอิงในวารสารวิทยาศาสตร์ มข.

เอกสารอ้างอิง (Reference) หมายถึง เอกสารหรือส่วนหนึ่งของเอกสารที่อ้างอิงถึงหรือแปลมาโดยตรง การเขียนเอกสารอ้างอิงในเนื้อหานี้ ให้ใช้ระบบหมายเลขเรียงตามลำดับที่อ้างอิง การเขียนเอกสารอ้างอิงในตอนท้ายบทความนั้น ให้ใส่เฉพาะเล่มที่มีการอ้างไว้แล้วในเนื้อหาเท่านั้น

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

การเขียนเอกสารอ้างอิง หรือบรรณานุกรม มีแนวทางการเขียนดังนี้

1. หนังสือ

ก. ภาษาไทย

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

ข. ภาษาอังกฤษ

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

2. เอกสารราชการ

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

3. วารสาร

ก. ภาษาไทย

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

ข. ภาษาอังกฤษ

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

หมายเหตุ

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



หอยทาก, หอยเคี้ยว (*Heniplecta distincta*)



หอยเชอรี่ (*Pomacea insularis*)



หอยขาม (*Liliopoma umbilicata*)



หอยขาม (*Trochona trochoides*)



หอยคัน (*Lymnaea (Radix) auricularis rubiginosa*)



หอยขาม (*Filopaludina martensi munensis*)