



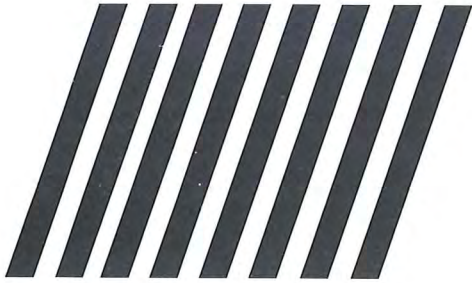
วารสาร

วิทยาศาสตร์มข.

KKU SCIENCE JOURNAL

ปีที่ 31 ฉบับที่ 1 (ม.ค. - มี.ค. 46) Vol. 31 No. 1 (Jan. - Mar.'03)





วารสาร
วิทยาศาสตร์บูรพา
KKU SCIENCE JOURNAL

ISSN 0125 - 2364

เจ้าของ

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สำนักงาน

คณะวิทยาศาสตร์ ตึก 6

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อส่งเสริมและเผยแพร่วิทยาการในสาขาวิชาต่าง ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์
2. เพื่อเผยแพร่ผลงานทางด้านการวิจัย และการศึกษา ค้นคว้าของอาจารย์และนักศึกษา
3. เพื่อเป็นสื่อกลางการแลกเปลี่ยนความรู้ และแนวความคิดทางวิชาการระหว่างอาจารย์ นักศึกษา และผู้สนใจ 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 ข่ายปลีกเล่มละ 20 บาท

การบอกรับเป็นสมาชิก

แจ้งความจำนงค์เป็นจดหมาย หรือกรอกใบสมัครเป็นสมาชิก พร้อมค่าบำรุงเป็นธนาคาติ หรือเช็คไปรษณีย์ในนามของนางบุญคุ้ม เหลือสิน ฝ่ายจัดการส่งจ่าย ป.ท.มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

ที่ปรึกษา

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
รองคณบดีฝ่ายวิชาการ

บรรณาธิการ

มานิตย์ โหมยิตตระกูล

กองบรรณาธิการ

เฉลิม เรื่องวิริยะชัย
สมเดช กนกเมธากุล
ศักดิ์สิทธิ์ จันทร์ไทย
บำรุง สมสวัสดิ์
วิทยา อมรภิจำรุ่ง
ประนอม จันทรโนทัย
นฤมล แสงประดับ
เสาวนิต ทองพิมพ์
พิสิษฐ์ เจริญสุดใจ
เที่ยง ภูมิสะอาด
อำนวยการ มณีศรีวงศ์กุล
บุญทรัพย์ ไวกำ

ฝ่ายศิลป์และภาพ

กิลเลน ดิณนรเศรษฐ์
บุญส่ง กองสุข

ฝ่ายเหรียญกษาปณ์

บุญคุ้ม เหลือสิน

ฝ่ายจัดการและ เลขานุการ

ทัศนีย์ จิตตะกวี
สมศักดิ์ อุณจันท์
สุคนธ์ กลิ่นผกา

**บทความและงานวิจัย
ได้รับการกลั่นกรอง
จากผู้ทรงคุณวุฒิ**

บทความหรือข้อคิดเห็นใด ๆ ในวารสารนี้เป็นของผู้เขียน ไม่จำเป็นต้องสอดคล้องกับทัศนะของกองบรรณาธิการ



ISSN 0125 - 2354
วิทยาาสตร์
KKU SCIENCE JOURNAL

Publisher

Faculty of Science, Khon Kaen University,
Thailand.

Office

Faculty of Science, Building 6, Khon Kaen
University.

Objectives

1. To promote dissemination of knowledge in all fields of science.
2. To publish research results of faculty, researchers and students.
3. To be a medium for the exchange of knowledge and ideas among faculty, researchers and students of Khon Kaen University and other institutions.

Publishing frequency

KKU Science Journal is a quarterly journal.

Each volume consists of 4 numbers.

Number 1 January - March

Number 2 April - June

Number 3 July - September

Number 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 Staff, Khon Kaen University Post Office, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002.

Advisory Committee

Dean, Faculty of Science

Associate Dean for Academic Affairs

Editor

Manit Kositrakun

Editorial Board

Chalerm	Ruangviriyachai
Somdej	Kanokmedhakul
Saksit	Chanthai
Bamrung	Somsawasdi
Vittaya	Amornkitbamrung
Pranom	Chantaranothai
Narumon	Sangpradub
Soawanit	Tongpim
Pisit	Chareonsudjai
Tiang	Poomsa-ard
Amnuay	Maneesriwongkul
Boonsup	Waikham

Artists

Kilen	Tinnoraset
Boonsong	Koungsook

Treasurer

Boonkoom	Lualon
----------	--------

Managing Staff

Tassanee	Jittakhawee
----------	-------------

and Secretary

Somsak	Unjantee
Sukhon	Klinpaka

**All articles published in
KKU Science Journal have been
peer reviewed.**

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

บรรณาธิการ แดสง

เรียน ท่านสมาชิการสารฯ และท่านผู้อ่านที่รัก

ในปีที่ผ่านมาวารสารวิทยาศาสตร์ มข. ออกตรงตามกำหนด ทำให้ในปีนี้มีผู้ส่งบทความมาตีพิมพ์เป็นจำนวนมาก แต่ระบบการจัดการของบรรณาธิการไม่ดีเท่าที่ควร จึงทำให้วารสารฯ ปีที่ 31 ฉบับที่ 1 ออกช้ากว่ากำหนด ต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

วารสารฯ ฉบับนี้ประกอบด้วยบทความ 8 เรื่อง ซึ่งเป็นผลงานของนักวิจัยจากมหาวิทยาลัยมหาสารคาม มหาวิทยาลัยขอนแก่น จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ขอนแก่น และสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คณะผู้จัดทำวารสารฯ คาดว่าสมาชิกทุกท่านจะได้รับวารสารฯ ปีที่ 31 ฉบับที่ 2 และฉบับที่ 3 หลังจากที่ท่านได้รับวารสารฯ ฉบับที่ 1 แล้ว 1 และ 2 เดือนตามลำดับ

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สวัสดีครับ

บรรณาธิการ

วารสาร

วิทยาศาสตร์ชุมชน

KKU SCIENCE JOURNAL

ปีที่ 31 ฉบับที่ 1

Volume 31 Number 1

บรรณาธิการแถลง

งานวิจัย

- Generalized Closed Sets in Product Spaces
Chawalit Boonpok.....

1

- คุณภาพน้ำประปาของการประปา จังหวัดขอนแก่น
และการประปา มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ธีรศักดิ์ สมดี, นาด ภูวงษ์ผา
กัลยา กองเงิน, สุวรรณ เนียมเปรม
วรรณดี บุญญ์ศรี.....

4

- ความถี่ของยีนที่ควบคุมภาวะพร่องเอนไซม์กลูโคส-
6-ฟอสเฟต ดีไฮโดรจีเนส ในชาวเล จังหวัดภูเก็ต
และชาวส่วยจังหวัดสุรินทร์และจังหวัดมหาสารคาม
พรรณี ชีโนรักษ์, เรืองวิทย์ บรรจงรัตน์
รุ่งนภา หิรัญสถิต, อลงกลด แทนอมทอง...
□ ปริมาณไอโอดีนในเกลือบริโภคที่ผลิตและจำหน่าย
ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน
โสภิน บำเพ็ญทรัพย์, วิไล เส
ไพรวลัย อินทร์อุดม.....

15

20

- สืบชนม
วิไล เส, โสภิน บำเพ็ญทรัพย์
น้อย ทองสกุลพานิชย์..... 25
- การติดตามผลบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์
รุ่นที่ 20-24 มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ปราโมทย์ ครองยุทธ, อำนวย มณีศรีวงศ์กุล
รังสรรค์ เนียมสนิท, วิชุดา ไชยสีวามงคล
ชรินทร์ ภูคุ้มสมุทร, สุรเดช ถาวรพิทักษ์
สุพรรณิ อึ้งปัญญสังข์, สุกัญญา เรืองสุวรรณ
บุภาพร ตงประสิทธิ์, เมธิ พงศ์กิจวิทูร
ศิริรัตน์ วงศ์ประกรณ์กุล..... 29
- การสังเคราะห์แคลเซียมติดตามด้วยวิธีทางเคมี
ปณณมา ศิริพันธ์โนน, ภูมิรัช ไชยเสน
ศิรินภา อมรชัยเลิศรัตน์..... 38
- การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมพอลิเอทิลีนเทรฟทา
เลตกับพอลิเอทิลีนกลูตาเลตด้วยปฏิกิริยาพอลิเม
ไรเซชันแบบเปิดวง
ภักทวูธ มนต์วิเศษ, กมลวรรณ รัตนภักดิ์
พนอ วรรณวงศ์, ศิริยา เขียมสกุล..... 46

Generalized Closed Sets in Product Spaces

Chawalit Boonpok¹

Introduction

Generalized closed (g-closed) sets in topological spaces were introduced by Levine (1970) in order to extend many of the important properties of closed sets to a larger family. For instance, it was shown that compactness, normality, and completeness in a uniform space are inherited by generalized closed subsets. The purpose of this paper is to study generalized closed sets and generalized open sets in product spaces.

Preliminaries

The symbols X , Y and Z denoted topological spaces with no separation axioms assumed unless explicitly stated. The closure and interior of a subset A of a space X are denoted by $\bar{A}$ and $Int(A)$, respectively. If necessary, a subscript will be used to denote the space in which the operator is used.

Definition 1. A topological space X is a T_1 -space if whenever x and y are distinct points in X , there is a neighborhood of each not containing the other (Baum, 1964).

Theorem 1. A topological space X is a T_1 -space if and only if each singleton subset of X is closed (Baum, 1964).

Definition 2. A subset A of a space X is said to be generalized closed (g-closed) provided that $\bar{A} \subseteq U$ whenever $A \subseteq U$ and U is open in X . A subset A is said to be generalized open (g-open) if its complement is generalized closed (g-closed) (Levine, 1970).

According to Levine (1970), the following theorem gives a useful characterization of g-openness.

Theorem 2. A set A is g-open if and only if $F \subseteq Int(A)$ whenever F is closed and $F \subseteq A$ (Levine, 1970).

¹ Department of Mathematics, Faculty of Science, Mahasarakham University, Mahasarakham 44150

Generalized Closed Sets in Product Spaces

In this section, we study g-open and g-closed sets in product spaces.

Theorem 3. Let $\{X_\alpha | \alpha \in I\}$ be a family of topological spaces and $G_\alpha \subseteq X_\alpha$ for each $\alpha \in I$. If G_α is g-open in X_α for each $\alpha \in I$ and $G_\alpha = X_\alpha$ for all but finitely many $\alpha \in I$, then $\prod_{\alpha \in I} G_\alpha$ is g-open in $\prod_{\alpha \in I} X_\alpha$.

Proof. Let F be a closed set in $\prod_{\alpha \in I} X_\alpha$ such that $F \subseteq \prod_{\alpha \in I} G_\alpha$. For each $(x_\alpha)_{\alpha \in I} \in F$, $\prod_{\alpha \in I} \{x_\alpha\} = \overline{\prod_{\alpha \in I} \{x_\alpha\}} = \overline{\{(x_\alpha)_{\alpha \in I}\}} \subseteq \overline{F} = F \subseteq \prod_{\alpha \in I} G_\alpha$. Therefore $\{x_\alpha\} \subseteq G_\alpha$ for each $\alpha \in I$. Since $\{x_\alpha\}$ is closed and G_α is g-open in X_α , therefore $\{x_\alpha\} \subseteq \text{Int}(G_\alpha)$ for each $\alpha \in I$. Then $\prod_{\alpha \in I} \{x_\alpha\} \subseteq \prod_{\alpha \in I} \text{Int}(G_\alpha)$. Hence $F \subseteq \prod_{\alpha \in I} \text{Int}(G_\alpha)$. But since $\prod_{\alpha \in I} \text{Int}(G_\alpha) = \text{Int}\left(\prod_{\alpha \in I} G_\alpha\right)$, so we have $F \subseteq \text{Int}\left(\prod_{\alpha \in I} G_\alpha\right)$. Therefore $\prod_{\alpha \in I} G_\alpha$ is g-open in $\prod_{\alpha \in I} X_\alpha$.

Theorem 4. Let $\{X_\alpha | \alpha \in I\}$ be a family of T_1 -spaces and G_α a nonempty subset of X_α for each $\alpha \in I$. If $\prod_{\alpha \in I} G_\alpha$ is g-open in $\prod_{\alpha \in I} X_\alpha$, then G_α is g-open in X_α for each $\alpha \in I$.

Proof. **Case 1.** $\text{Int}\left(\prod_{\alpha \in I} G_\alpha\right) \neq \emptyset$. Then there exists a finite subset J of I such that $G_\alpha = X_\alpha$ for all $\alpha \in I - J$. Let $\alpha_0 \in I$ and F_{α_0} be a closed subset of X_{α_0} such that $F_{\alpha_0} \subseteq G_{\alpha_0}$. For each $\alpha \in J - \{\alpha_0\}$, choose $x_\alpha \in G_\alpha$. Since X_α is T_1 -space, $\{x_\alpha\}$ is closed in X_α . Therefore $F_{\alpha_0} \times \prod_{\substack{\alpha \in I - J \\ \alpha \neq \alpha_0}} X_\alpha \times \prod_{\substack{\alpha \in J \\ \alpha \neq \alpha_0}} \{x_\alpha\}$ is closed in $\prod_{\alpha \in I} X_\alpha$. Since $\prod_{\alpha \in I} G_\alpha$ is g-open in $\prod_{\alpha \in I} X_\alpha$, therefore $F_{\alpha_0} \times \prod_{\substack{\alpha \in I - J \\ \alpha \neq \alpha_0}} X_\alpha \times \prod_{\substack{\alpha \in J \\ \alpha \neq \alpha_0}} \{x_\alpha\} \subseteq \text{Int}\left(\prod_{\alpha \in I} G_\alpha\right) = \prod_{\alpha \in I} \text{Int}(G_\alpha)$. This implies that $F_{\alpha_0} \subseteq \text{Int}(G_{\alpha_0})$. Therefore G_{α_0} is g-open in X_{α_0} .

Case 2. $\text{Int}\left(\prod_{\alpha \in I} G_\alpha\right) = \emptyset$. Let $\alpha_0 \in I$ and F_{α_0} be a closed subset of X_{α_0} such that $F_{\alpha_0} \subseteq G_{\alpha_0}$. For each $\alpha \in I - \{\alpha_0\}$, choose $x_\alpha \in G_\alpha$. It is obvious that $F_{\alpha_0} \times \prod_{\alpha \neq \alpha_0} \{x_\alpha\} \subseteq$

$\prod_{\alpha \in I} G_\alpha$. Since X_α is T_1 -space, $\{x_\alpha\}$ is closed in X_α for each $\alpha \in I$. Therefore $F_{\alpha_0} \times \prod_{\alpha \neq \alpha_0} \{x_\alpha\} \subseteq \text{Int}\left(\prod_{\alpha \in I} G_\alpha\right) = \phi$, so $F_{\alpha_0} = \phi$, $F_{\alpha_0} \subseteq \text{Int}(G_{\alpha_0})$. Therefore G_{α_0} is g-open in X_{α_0} .

Theorem 5. Let $\{X_\alpha | \alpha \in I\}$ be a family of topological spaces and let $\alpha_0 \in I$ be fixed. If F_{α_0} is g-closed in X_{α_0} , then $\prod_{\alpha \neq \alpha_0} X_\alpha \times F_{\alpha_0}$ is g-closed in $\prod_{\alpha \in I} X_\alpha$.

Proof. Since $X_{\alpha_0} - F_{\alpha_0}$ is g-open in X_{α_0} . By Theorem 3, $\prod_{\alpha \neq \alpha_0} X_\alpha \times (X_{\alpha_0} - F_{\alpha_0})$ is g-open in $\prod_{\alpha \in I} X_\alpha$. But $\prod_{\alpha \neq \alpha_0} X_\alpha \times (X_{\alpha_0} - F_{\alpha_0}) = \prod_{\alpha \in I} X_\alpha - \prod_{\alpha \neq \alpha_0} X_\alpha \times F_{\alpha_0}$. Therefore $\prod_{\alpha \in I} X_\alpha - \prod_{\alpha \neq \alpha_0} X_\alpha \times F_{\alpha_0}$ is g-open in $\prod_{\alpha \in I} X_\alpha$. Hence $\prod_{\alpha \neq \alpha_0} X_\alpha \times F_{\alpha_0}$ is g-closed in $\prod_{\alpha \in I} X_\alpha$.

Theorem 6. Let $\{X_\alpha | \alpha \in I\}$ be a family of topological spaces and $F_\alpha \subseteq X_\alpha$ for each $\alpha \in I$. Then $\prod_{\alpha \in I} F_\alpha$ is g-closed in $\prod_{\alpha \in I} X_\alpha$ if and only if F_α is g-closed in X_α for each $\alpha \in I$.

Proof. Assume that $\prod_{\alpha \in I} F_\alpha$ is g-closed in $\prod_{\alpha \in I} X_\alpha$. Let $\alpha \in I$ and G_α be open in X_α such that $F_\alpha \subseteq G_\alpha$. Since $\prod_{\beta \in I} F_\beta \subseteq \prod_{\beta \neq \alpha} X_\beta \times G_\alpha$, $\prod_{\beta \neq \alpha} X_\beta \times G_\alpha$ is open in $\prod_{\beta \in I} X_\beta$ and $\prod_{\beta \in I} F_\beta$ is g-closed in $\prod_{\beta \in I} X_\beta$, we have $\overline{\prod_{\beta \in I} F_\beta} \subseteq \prod_{\beta \neq \alpha} X_\beta \times G_\alpha$. But $\overline{\prod_{\beta \in I} F_\beta} = \prod_{\beta \in I} \overline{F_\beta}$, it follows that $\overline{F_\alpha} \subseteq G_\alpha$. Hence F_α is g-closed in X_α .

Conversely, suppose that $\prod_{\alpha \in I} F_\alpha$ is not g-closed in $\prod_{\alpha \in I} X_\alpha$. There exists an open set G in $\prod_{\alpha \in I} X_\alpha$ such that $\prod_{\alpha \in I} F_\alpha \subseteq G$ but $\overline{\prod_{\alpha \in I} F_\alpha} \not\subseteq G$. Therefore there exists $\beta \in I$ such that $\overline{F_\beta} \not\subseteq \pi_\beta(G)$. Since $\pi_\beta(G)$ is open and F_β is a g-closed subset containing $\pi_\beta(G)$, we get that $\overline{F_\beta} \subseteq \pi_\beta(G)$. This is a contradiction.

References

- Baum, J.D. (1964). Element of Point Set Topology. London: Prentice-Hall.
- Cueva, M.C. (1993). On g-closed sets and g-continuous mapping. Kyungpook Math. J. 33:205-209.
- Levine, N. (1970). Generalized closed sets in topology. Rend. Cir. Mat. Palermo. 19:89-96.

คุณภาพน้ำประปาของการประปา จังหวัดขอนแก่น และการประปา มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ธีรศักดิ์ สมดี¹, นาด ภูวนัยผา², กัลยา กองเงิน³, สุวรรณา เนียมเปรม² และวรรณดี บัญญัติรัชต์¹

บทคัดย่อ

การศึกษาคุณภาพน้ำประปาของการประปา จังหวัดขอนแก่น และการประปา มหาวิทยาลัยขอนแก่น ตรวจสอบคุณภาพน้ำทุกขั้นตอนการผลิต ตั้งแต่คุณภาพน้ำดิบ น้ำที่โรงผลิตน้ำประปา และน้ำที่ปลายทางที่ผ่านมาตรวัดน้ำ ณ สถานที่ต่างๆ รวม 10 แห่ง เก็บตัวอย่างน้ำระหว่างเดือนเมษายน พ.ศ. 2543 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2544 ใน 3 ฤดูละ 2 ครั้ง นำมาตรวจสอบคุณภาพน้ำด้านเคมี และชีวภาพรวม 7 พารามิเตอร์ ได้แก่ คลอรีนตกค้าง เหล็ก ตะกั่ว ทองแดง ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด แบคทีเรียโคลิฟอร์ม และฟิคอลโคลิฟอร์ม พบว่าคุณภาพของน้ำดิบมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำจืดผิวดินประเภทที่ 2 ส่วนน้ำที่โรงผลิตน้ำประปา และน้ำที่ปลายทางที่ผ่านมาตรวัดน้ำ ณ สถานที่ต่างๆ มีค่าตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำบริโภคตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 257 ยกเว้นปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มจากสถานีรถไฟ ส่วนปริมาณคลอรีนตกค้างพบว่ามีความสูงกว่าที่กำหนดไว้จากน้ำที่ผ่านกระบวนการผลิตและน้ำที่จ่ายจากการประปาทั้งสองแหล่ง และเมื่อนำข้อมูลปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดและปริมาณคลอรีนตกค้างจากการประปาทั้ง 2 แหล่งมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

Abstract

The tap water samples were collected from Khon Kaen municipality and Khon Kaen University in three seasons between April 2000 and June 2001 for quality evaluation. The water samples comprised raw, treated and distributed water. The water was analyzed chemically and biologically for residual chlorine, iron, lead, copper, total standard plate counts, coliform bacteria and faecal coliform. The results revealed that the quality of raw water collected from both sources was acceptable when compared with that of the surface water standard in class 2 whereas the quality of treated water was up to Thai Industrial Standard Institute's standard (TISI 257). The quality of most distributed water met this national organization's standard. However, some samples of the distributed water collected from Khon Kaen municipality's raw water contained the higher number of coliform bacteria. In addition, all samples of the treated and distributed water had higher residual chlorine content than the standard of drinking water. The number of total standard plate counts in the raw water and the residual chlorine content in the treated and distributed water were not significantly different at $p = 0.05$.

¹ ภาควิชาจุลชีววิทยา ² ภาควิชาเคมี ³ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
อ.เมือง ข.ขอนแก่น 40002

บทนำ

ปัจจุบันจังหวัดขอนแก่นมีความเจริญและพัฒนาอย่างรวดเร็ว ทำให้ปริมาณความต้องการใช้น้ำประปาเพื่อการอุปโภคและบริโภคสูงขึ้น น้ำประปาของการประปาจังหวัดขอนแก่น และการประปามหาวิทยาลัยขอนแก่น เป็นแหล่งน้ำที่สำคัญที่นำมาใช้และจ่ายให้กับบ้านเรือน ที่อยู่อาศัย รวมทั้งหน่วยงานของรัฐและเอกชนต่างๆ เช่น โรงเรียน โรงพยาบาล ซึ่งหน่วยงานเหล่านี้จำเป็นต้องใช้น้ำที่สะอาด ได้มาตรฐาน และไม่มีการปนเปื้อน โดยเหตุผลที่ว่าแหล่งน้ำดิบสำหรับการผลิตน้ำประปาซึ่งให้บริการในเขตเทศบาลนครขอนแก่นและมหาวิทยาลัยขอนแก่นรับน้ำดิบจากลำน้ำพอง ซึ่งมีการปนเปื้อนจากน้ำทิ้งชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อเป็นการประเมินคุณภาพน้ำประปา จึงมีการศึกษาคุณภาพน้ำตั้งแต่คุณภาพน้ำดิบ กระบวนการผลิตที่มีระบบควบคุมคุณภาพอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อที่จะผลิตน้ำประปาให้ได้มาตรฐานตามเกณฑ์ที่กำหนด หรือแม้กระทั่งในขั้นตอนการจ่ายน้ำไปยังที่ต่างๆ ต้องแน่ใจว่าไม่มีการปนเปื้อนเกิดขึ้น

การวิจัยในครั้งนี้ศึกษาถึงคุณภาพน้ำประปาของการประปาจังหวัดขอนแก่น และการประปามหาวิทยาลัยขอนแก่น ตั้งแต่ต้นน้ำที่ใช้ในการผลิตน้ำประปา น้ำที่โรงผลิตประปาที่สถานีสูบน้ำ เพื่อประเมินคุณภาพน้ำ และตัวอย่างน้ำที่ปลายท่อที่ผ่านมาตรวัดน้ำ ณ สถานที่ต่างๆ เพื่อประเมินระบบจ่ายน้ำ โดยเทียบกับคุณภาพน้ำที่โรงผลิตประปา เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุง และรักษาระบบประปาให้มีคุณภาพดียิ่งขึ้น

วิธีดำเนินการวิจัย

การเก็บตัวอย่างน้ำ

กำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำจากแหล่งผลิต 2 แห่ง คือ การประปาจังหวัดขอนแก่น และการประปามหาวิทยาลัยขอนแก่น แหล่งละ 5 จุด รวมทั้งหมด 10 จุด ดังนี้คือ

1. โรงสูบน้ำดิบ บ้านท่าหิน อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น และบ่อพลาสติก มหาวิทยาลัยขอนแก่น เป็นตัวแทนของน้ำดิบสำหรับการผลิตน้ำประปา

2. โรงกรองน้ำ บ้านโกทา อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น และโรงผลิตน้ำประปามหาวิทยาลัยขอนแก่น เป็นตัวแทนของน้ำประปาที่ผ่านกระบวนการผลิตก่อนออกจ่ายให้ผู้ใช้น้ำ

3. โรงเรียนเทศบาลสามเหลี่ยม สถานีรถไฟ และสถานีตำรวจภูธร อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น เป็นตัวแทนของแหล่งที่ใช้น้ำประปาของการประปาจังหวัดขอนแก่น ส่วนโรงเรียนสาธิต คณะศึกษาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมอดินแดง และศูนย์อาหารและบริการมหาวิทยาลัยขอนแก่น เป็นตัวแทนของแหล่งที่ใช้น้ำประปาของการประปามหาวิทยาลัยขอนแก่น

เก็บตัวอย่างโดยวิธีสุ่มในช่วงเวลา 7.00-10.00 น. ระหว่างเดือนเมษายน 2543 ถึงเดือนมิถุนายน 2544 โดยแบ่งเก็บตัวอย่างเป็น 3 ฤดู ละ 2 ครั้ง เก็บตัวอย่างน้ำในภาชนะที่ผ่านการฆ่าเชื้อเพื่อนำมาวิเคราะห์ทางจุลชีววิทยา และเก็บตัวอย่างน้ำใส่ขวดพลาสติกที่สะอาด เพื่อนำมาวิเคราะห์ทางเคมี ตัวอย่างน้ำทางชีวภาพต้องแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และรีบทำการวิเคราะห์ทันทีที่มาถึงห้องปฏิบัติการภาควิชาจุลชีววิทยา และภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

การศึกษาคุณภาพน้ำ

การศึกษาคุณภาพน้ำทางเคมี

1. การวิเคราะห์ปริมาณคลอรีนตกค้างด้วยวิธีไอโอดิเมตริก (iodometric method) (APHA, AWWA and WPCF, 1995) โดยใช้ปริมาณน้ำตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร เติมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) 5 มิลลิลิตร และเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 มิลลิลิตร ใส่โซเดียมไบคาร์บอเนต (sodium bicarbonate) 0.5 กรัม และน้ำเป้ง 1 มิลลิลิตร บ่มไว้ที่มืดประมาณ 5 นาที นำสารละลายมาไทเทรตกับ

สารละลายมาตรฐานโซเดียมไทโอซัลเฟต ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0.0125 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

2. การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก (เหล็ก ตะกั่ว และทองแดง) นำตัวอย่างน้ำที่มีปริมาตร 500 มิลลิลิตร ไปสกัดด้วยกรดไนตริก (APHA, AWWA and WPCF, 1995) แล้วปรับปริมาตรน้ำเป็น 50 มิลลิลิตร ตรวจวัดโลหะด้วย atomic absorption/flame emission spectrophotometer ของบริษัท Shimadzu รุ่น AA-6501F

การศึกษาคุณภาพน้ำทางด้านจุลชีววิทยา

การวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (total standard plate count) (AOAC, 1990) โดยเจือจางตัวอย่างน้ำครั้งละ 10 เท่า ด้วยฟอสเฟตบัฟเฟอร์ (phosphate buffer) ที่มีความเข้มข้น 0.05 โมลาร์ จนได้ความเจือจางเท่ากับ 10^{-1} ถึง 10^{-5} ปิเปตตัวอย่างในแต่ละระดับความเจือจาง 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ จากนั้นจึงเทอาหารเพลทเคาน์ทอการ์ (plate count agar) ที่หลอมเหลวที่อุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส จำนวน 15 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ให้อาหารแข็งตัวนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นับจำนวนโคโลนีที่เกิดขึ้น เฉพาะจานที่มีโคโลนีระหว่าง 30-300 โคโลนีเท่านั้น จากนั้นนำมาคำนวณปริมาณแบคทีเรียที่นับได้ทั้งหมดต่อมิลลิลิตร โดยคูณจำนวนโคโลนีที่นับได้ด้วยส่วนกลับของระดับความเจือจางที่ใช้แล้วรายงานผลเป็น colony forming unit (CFU/ml)

1. การวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์ม (APHA, AWWA and WPCF, 1995) ทดสอบขั้นต้น (presumptive test) โดยนำน้ำตัวอย่างใส่ลงในอาหารลอริทรีฟโทสบรอต (lauryl tryptose broth) บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ตรวจสอบการเกิดก๊าซในหลอดดักก๊าซ ซึ่งถือเป็นผลบวก นำเชื้อจากหลอดที่ให้ผลบวกมาทดสอบขั้นยืนยัน (confirm test) โดยเฉพาะเลี้ยงในอาหารบริลเลียนกรีนแลกโทสบรอต (brilliant green lactose broth) บ่มที่

อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ตรวจสอบการเกิดก๊าซในหลอดดักก๊าซ

2. การวิเคราะห์ห่าฟิคอลโคลิฟอร์ม (APHA, AWWA and WPCF, 1995) นำเชื้อจากหลอดที่ให้ผลบวกในขั้นยืนยันของการวิเคราะห์ห่าแบคทีเรียโคลิฟอร์ม มาเลี้ยงในอาหารอีซี (EC medium) บ่มที่อุณหภูมิ 45.5 ± 0.2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ตรวจสอบการเกิดก๊าซในหลอดดักก๊าซ

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป M-Stat และเปรียบเทียบมาตรฐานคุณภาพน้ำดิบที่นำมาใช้ในการผลิตน้ำประปาของการประปาจังหวัดขอนแก่น และการประปามหาวิทยาลัยขอนแก่น กับคุณภาพน้ำจัดผิวดิน คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 พ.ศ. 2537 และเปรียบเทียบมาตรฐานน้ำประปาที่ผลิตจากโรงผลิตน้ำประปาทั้งสองแหล่ง กับคุณภาพน้ำบริโภค ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 257 (มอก. 257) เล่ม 1-2521 กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เพื่อตรวจสอบคุณภาพหรือความปลอดภัยของน้ำประปา

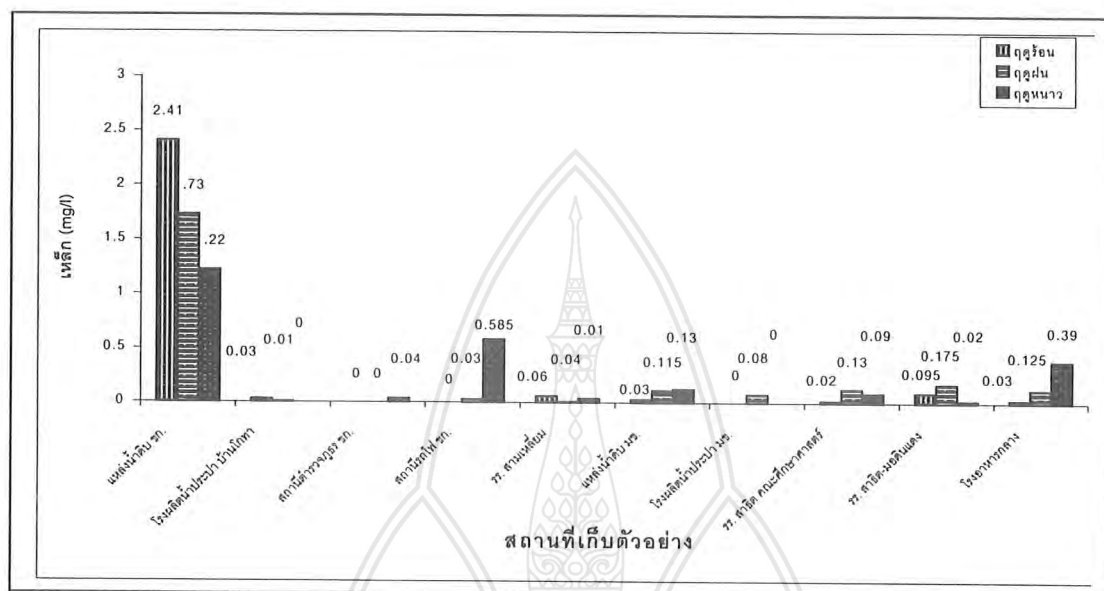
ผลการทดลอง

จากการศึกษาคุณภาพน้ำจาก 2 แหล่ง คือ การประปาจังหวัดขอนแก่น และการประปามหาวิทยาลัยขอนแก่น ให้ผลการทดลองดังนี้

1. แหล่งผลิตของการประปาจังหวัดขอนแก่น น้ำดิบที่นำมาใช้ในการผลิตน้ำประปา ณ โรงสูบน้ำดิบบ้านท่าหิน อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น พบปริมาณเหล็ก อยู่ในช่วง 1.19-2.48 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.78 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 1) โดยมีปริมาณสูงสุดในฤดูร้อนและต่ำสุดในฤดูหนาว (รูปที่ 1) ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด อยู่ในช่วง 3.26×10^3 - 2.1×10^4 ซีเอฟยูต่อมิลลิลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.06×10^3 ซีเอฟยูต่อมิลลิลิตร (ตารางที่ 2) โดยมีปริมาณสูงสุดในฤดูหนาวและต่ำสุดในฤดูร้อน (รูปที่ 3) ปริมาณแบคทีเรีย

โคลิฟอร์ม อยู่ในช่วง 240 ถึงมากกว่า 2400 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร และปริมาณฟิคอลโคลิฟอร์ม อยู่ในช่วง 21-460 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร (ตารางที่ 2) และ

ไม่สามารถตรวจพบ (not detectable, ND) ปริมาณตะกั่ว ทองแดงและคลอรีนตกค้าง (ตารางที่ 1)



รูปที่ 1 ค่าเฉลี่ยปริมาณเหล็กของน้ำตัวอย่างจากการประปาจังหวัดขอนแก่น และการประปามหาวิทยาลัยขอนแก่น

น้ำประปาที่ผ่านกระบวนการผลิต ณ โรงผลิตน้ำประปา บ้านโกทา อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น พบปริมาณเหล็กอยู่ในช่วง 0.01-0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 1) โดยมีค่าสูงสุดในฤดูร้อน และต่ำสุดในฤดูฝน (รูปที่ 1) ปริมาณคลอรีนตกค้างอยู่ในช่วง 0.27-4.01 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 1.90 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 1) โดยมีค่าสูงสุดในฤดูหนาว และต่ำสุดในฤดูฝน (รูปที่ 2) และไม่สามารถตรวจพบปริมาณตะกั่ว ทองแดง แบคทีเรียโคลิฟอร์ม ฟิคอลโคลิฟอร์ม และแบคทีเรียทั้งหมด (ตารางที่ 1 และ 2)

จุดเก็บสถานีตำรวจ อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น พบปริมาณเหล็กมีค่า 0.04 มิลลิกรัมต่อลิตร เฉพาะในการเก็บตัวอย่างฤดูหนาวครั้งที่ 2 (รูปที่ 1) ส่วนปริมาณคลอรีนตกค้างอยู่ในช่วง 0.65-3.64

มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 1.66 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 1) โดยมีค่าสูงสุดในฤดูหนาว และต่ำสุดในฤดูฝน ไม่สามารถตรวจพบปริมาณตะกั่ว ทองแดง แบคทีเรียโคลิฟอร์ม ฟิคอลโคลิฟอร์ม และแบคทีเรียทั้งหมด (ตารางที่ 1 และ 2) ยกเว้นในการเก็บตัวอย่างฤดูร้อนและฤดูฝนพบปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดน้อยกว่า 100 ซีเอฟยูต่อมิลลิลิตร (รูปที่ 3)

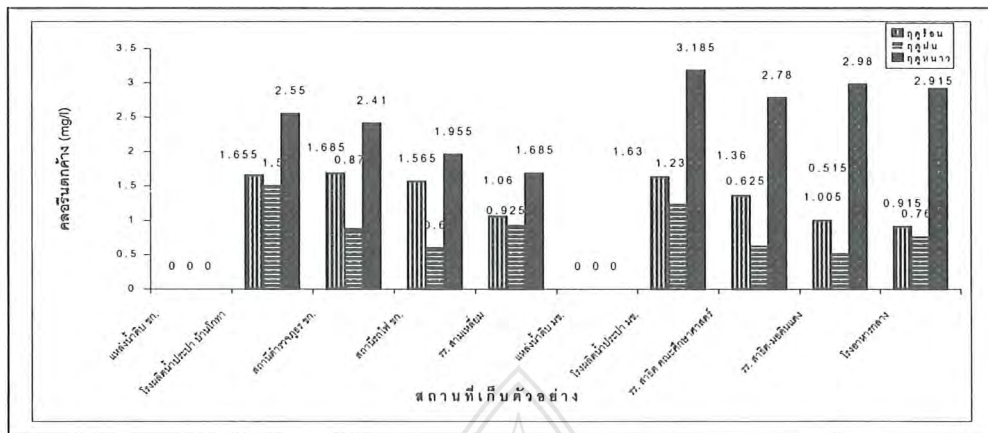
จุดเก็บสถานีรถไฟ จังหวัดขอนแก่น พบปริมาณเหล็กมีค่าอยู่ในช่วง ND-1.12 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 0.3 มิลลิกรัม (ตารางที่ 1) โดยมีค่าสูงสุดในฤดูหนาว และต่ำสุดในฤดูร้อน (รูปที่ 1) ปริมาณคลอรีนตกค้างอยู่ในช่วง 0.32-2.73 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 1.37 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าสูงสุดในฤดูหนาว และต่ำสุดในฤดูฝน (รูปที่ 2) ไม่สามารถตรวจพบปริมาณตะกั่ว ทองแดง แบคทีเรียโคลิฟอร์ม ฟิคอล

ตารางที่ 1 ปริมาณ คลอรีนตกค้าง ตะกั่ว เหล็ก และทองแดง ของการประปาจังหวัดขอนแก่น และการประปามหาวิทยาลัยขอนแก่น (มิลลิกรัมต่อลิตร)

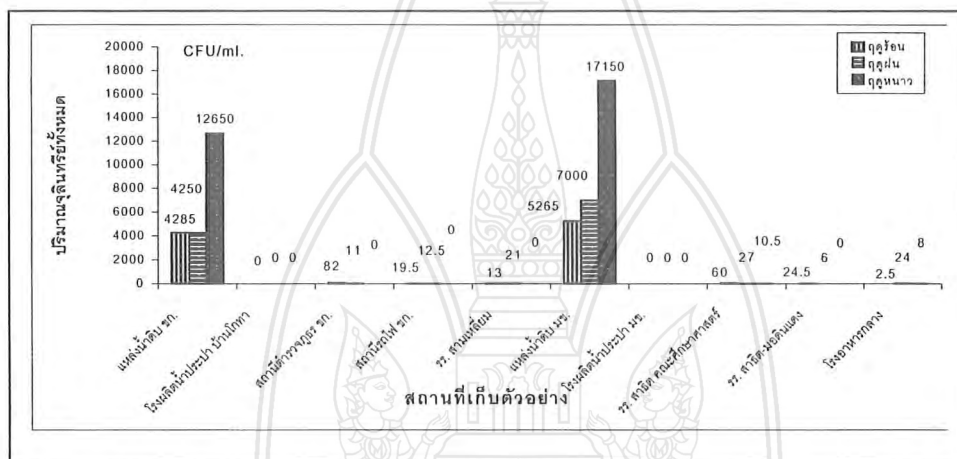
ดัชนีคุณภาพ	จุดเก็บ	ปริมาณที่ตรวจพบ						ต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่ามาตรฐาน
		ฤดูร้อน		ฤดูฝน		ฤดูหนาว				
		1	2	1	2	1	2			
คลอรีนตกค้าง	● การประปา ขอนแก่น									
	โรงผลิตน้ำ บ้านโกทา	0.27	3.04	2.14	0.86	1.09	4.01	0.27 - 4.01	1.90*	0.2-0.4
	สถานีตำรวจ	0.73	2.64	1.10	0.65	1.18	3.64	0.65 - 3.64	1.66*	0.2-0.4
	สถานีรถไฟ	1.09	2.04	0.88	0.32	1.18	2.73	0.32 - 2.73	1.37*	0.2-0.4
	ร.ร. สามเหลี่ยม	0.55	1.57	0.77	1.08	1.09	2.28	0.55 - 2.28	1.22*	0.2-0.4
	● การประปามข.									
	โรงผลิต มข.	1.18	2.08	1.87	0.59	1.91	4.46	0.59 - 4.46	2.02*	0.2-0.4
	ร.ร. สาธิต ศึกษาศาสตร์	1.18	1.54	0.66	0.59	1.28	4.28	0.59 - 4.28	1.59*	0.2-0.4
	ร.ร. สาธิต-มอดินแดง	0.55	1.46	0.55	0.48	1.82	4.14	0.48 - 4.14	1.5*	0.2-0.4
	ศูนย์อาหารฯ มข.	0.82	1.01	1.10	0.43	1.64	4.19	0.43 - 4.19	1.53*	0.2-0.4
เหล็ก	● การประปา ขอนแก่น									
	น้ำดิบ บ้านท่าหิน	2.48	2.34	1.41	2.05	1.19	1.25	1.19 - 2.48	1.78	ไม่กำหนดค่า
	โรงผลิตน้ำ บ้านโกทา	ND	0.03	ND	0.01	ND	ND	0.01 - 0.03	0.02	0.5
	สถานีตำรวจ	ND	ND	ND	ND	ND	0.04	ND - 0.04	0.04	0.5
	สถานีรถไฟ	ND	ND	ND	0.03	0.05	1.12	ND - 1.12	0.3	0.5
	ร.ร. สามเหลี่ยม	ND	0.06	ND	0.01	ND	0.04	ND - 0.06	0.04	0.5
	● การประปามข.									
	น้ำดิบ มข.	0.01	0.05	0.14	0.09	ND	0.13	ND - 0.14	0.08	ไม่กำหนดค่า
	โรงผลิต มข.	ND	ND	0.01	0.15	ND	ND	ND - 0.15	0.08	0.5
	ร.ร. สาธิต ศึกษาศาสตร์	ND	0.02	0.13	ND	0.09	ND	ND - 0.13	0.08	0.5
ตะกั่ว	ร.ร. สาธิต-มอดินแดง	0.17	0.02	0.26	0.09	ND	0.02	ND - 0.17	0.09	0.5
	ศูนย์อาหารฯ มข.	0.04	0.02	0.16	0.09	ND	0.39	ND - 0.39	0.14	0.5
	● การประปา ขอนแก่น									
	น้ำดิบ บ้านท่าหิน	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	0.05
	โรงผลิตน้ำ บ้านโกทา	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	ไม่กำหนดค่า
	สถานีตำรวจ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	ไม่กำหนดค่า
	สถานีรถไฟ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	ไม่กำหนดค่า
	ร.ร. สามเหลี่ยม	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	ไม่กำหนดค่า
	● การประปามข.									
	น้ำดิบ มข.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	0.05
ทองแดง	โรงผลิต มข.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	ไม่กำหนดค่า
	ร.ร. สาธิต ศึกษาศาสตร์	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	ไม่กำหนดค่า
	ร.ร. สาธิต-มอดินแดง	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	ไม่กำหนดค่า
	ศูนย์อาหารฯ มข.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	ไม่กำหนดค่า
	● การประปา ขอนแก่น									
	น้ำดิบ บ้านท่าหิน	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	1.0
	โรงผลิตน้ำ บ้านโกทา	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	0.005
	สถานีตำรวจ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	0.005
	สถานีรถไฟ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	0.005
	ร.ร. สามเหลี่ยม	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	0.005
ทองแดง	● การประปามข.									
	น้ำดิบ มข.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	1.0
	โรงผลิต มข.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	0.005
	ร.ร. สาธิต ศึกษาศาสตร์	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	0.005
	ร.ร. สาธิต-มอดินแดง	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	0.005
	ศูนย์อาหารฯ มข.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	0.005

หมายเหตุ - ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำดิบ ยึดตามคุณภาพน้ำจืดผิวดิน ประเภท 2 และ มาตรฐานน้ำประปา ตาม มอก. 257

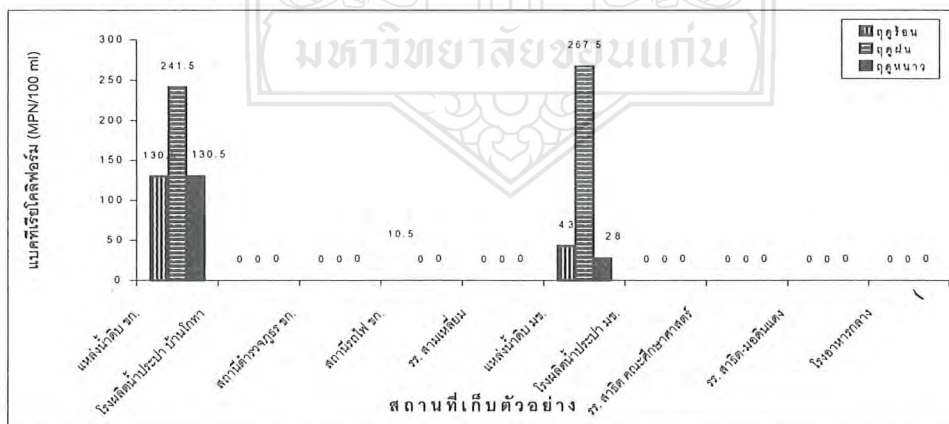
ND: not detectable (ไม่สามารถตรวจพบได้) * มีค่าเกินมาตรฐานกำหนด



รูปที่ 2 ค่าเฉลี่ยปริมาณโคลรีนตักค้างของน้ำตัวอย่างจากการประปาจังหวัดขอนแก่น และการประปา มหาวิทยาลัยขอนแก่น



รูปที่ 3 ค่าเฉลี่ยปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดของน้ำตัวอย่างจากการประปาจังหวัดขอนแก่น และการประปา มหาวิทยาลัยขอนแก่น



รูปที่ 4 ค่าเฉลี่ยปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์ม ของน้ำตัวอย่างจากการประปาจังหวัดขอนแก่น และการประปา มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ตารางที่ 2 ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด แบคทีเรียโคลิฟอร์มและฟิคอลโคลิฟอร์ม ของการประปา
จังหวัดขอนแก่น และการประปามหาวิทยาลัยขอนแก่น

ดัชนีคุณภาพ	จุดเก็บ	ปริมาณที่ตรวจพบ						ค่าต่ำสุด-สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่ามาตรฐาน
		ฤดูร้อน		ฤดูฝน		ฤดูหนาว				
		1	2	1	2	1	2			
แบคทีเรียทั้งหมด (CFU/ml)	● การประปา ขอนแก่น									
	น้ำดิบ บ้านท่าหิน	3.26x10 ¹	5.31x10 ¹	5.2x10 ¹	3.3x10 ¹	2.1x10 ¹	4.3x10 ¹	3.26x10 ¹ - 2.1x10 ¹	7.06 x10 ¹	ไม่กำหนดค่า
	โรงผลิตน้ำ บ้านโกทา	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	< 500
	สถานีตำรวจ	82	ND	7	15	ND	ND	ND-82	17.33	< 500
	สถานีรถไฟ	15	24	24	1	ND	ND	ND-24	10.66	< 500
	รร. สามเหลี่ยม	4	22	21	ND	ND	ND	ND-22	7.83	< 500
	● การประปา มข.									
	น้ำดิบ มข.	3.8x10 ¹	6.73x10 ¹	4.0x10 ¹	1.0x10 ¹	4.7x10 ¹	2.9x10 ¹	3.8x10 ¹ - 2.9x10 ¹	9.8x10 ¹	ไม่กำหนดค่า
	โรงผลิต มข.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	< 500
	รร. ศาธิต ศึกษาสาตร์	60	ND	27	ND	12	9	ND - 60	18	< 500
แบคทีเรียโคลิฟอร์ม (MPN/ 100 ml)	รร. ศาธิต-มอดินแดง	48	1	6	ND	ND	ND	ND - 48	9.16	< 500
	ศูนย์อาหารฯ มข.	4	1	24	ND	8	ND	ND - 8	6.16	< 500
	● การประปา ขอนแก่น									
	น้ำดิบ บ้านท่าหิน	240	>2400	240	1100	1100	240	240- > 2400	886.66	5,000
	โรงผลิตน้ำ บ้านโกทา	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	< 2.2
	สถานีตำรวจ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	< 2.2
	สถานีรถไฟ	3	18	ND	ND	ND	ND	ND - 18	3.5*	< 2.2
	รร. สามเหลี่ยม	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	< 2.2
	● การประปา มข.									
	น้ำดิบ มข.	93	>2400	460	1100	93	240	93 - >2400	731	5,000
ฟิโคคโคลิฟอร์ม (MPN/ 100 ml)	โรงผลิต มข.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	< 2.2
	รร. ศาธิต ศึกษาสาตร์	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	< 2.2
	รร. ศาธิต-มอดินแดง	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	< 2.2
	ศูนย์อาหารฯ มข.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	< 2.2
	● การประปา ขอนแก่น									
	น้ำดิบ บ้านท่าหิน	21	240	23	460	240	21	21 - 460	167.5	1,000
	โรงผลิตน้ำ บ้านโกทา	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	ไม่มี
	สถานีตำรวจ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	ไม่มี
	สถานีรถไฟ	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	ไม่มี
	รร. สามเหลี่ยม	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	ไม่มี
ฟิโคคโคลิฟอร์ม (MPN/ 100 ml)	● การประปา มข.									
	น้ำดิบ มข.	ND	43	460	75	28	ND	ND – 460	101	1,000
	โรงผลิต มข.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	ไม่มี
	รร. ศาธิต ศึกษาสาตร์	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	ไม่มี
	รร. ศาธิต-มอดินแดง	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	ไม่มี
	ศูนย์อาหารฯ มข.	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	ไม่มี

หมายเหตุ - ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำดิบ ยึดตามคุณภาพน้ำจืดผิวดิน ประเภท 2 และ มาตรฐานน้ำประปา ตาม มอก. 257

ND: not detectable (ไม่สามารถตรวจพบได้) * มีค่าเกินมาตรฐานกำหนด

โคลิฟอร์ม และแบคทีเรียทั้งหมด (ตารางที่ 1 และ 2) ยกเว้นในการเก็บตัวอย่างฤดูร้อนและฤดูฝนตรวจพบปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดน้อยกว่า 100 ซีเอฟยูต่อมิลลิลิตร (รูปที่ 3) และการเก็บตัวอย่างฤดูร้อนตรวจพบแบคทีเรียโคลิฟอร์ม มากกว่า 2.2 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร (รูปที่ 4)

จุดเก็บโรงเรียนเทศบาลสามเหลี่ยม จังหวัดขอนแก่น พบปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในช่วง ND-0.06 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 0.04 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 1) โดยมีค่าสูงสุดในฤดูร้อน และต่ำสุดในฤดูฝน (รูปที่ 1) ปริมาณคลอรีนตกค้างอยู่ในช่วง 0.55-2.28 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 1.22 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 1) โดยมีค่าสูงสุดในฤดูหนาว และต่ำสุดในฤดูฝน (รูปที่ 2) ไม่สามารถตรวจพบปริมาณตะกั่ว ทองแดง แบคทีเรียโคลิฟอร์ม ฟีคอลโคลิฟอร์มและแบคทีเรียทั้งหมด (ตารางที่ 1 และ 2) ยกเว้นในการเก็บตัวอย่างฤดูร้อนและฤดูฝน ตรวจพบปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดน้อยกว่า 100 ซีเอฟยูต่อมิลลิลิตร (รูปที่ 3)

2. แหล่งผลิตของการประปามหาวิทยาลัยขอนแก่น น้ำดิบของการประปามหาวิทยาลัยขอนแก่น พบปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด ในช่วง ND-0.14 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 1) โดยมีค่าสูงสุดในฤดูฝน และต่ำสุดในฤดูหนาว (รูปที่ 1) ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด อยู่ในช่วง 3.8×10^3 - 2.90×10^4 ซีเอฟยูต่อมิลลิลิตร มีค่าเฉลี่ย 9.8×10^3 ซีเอฟยูต่อมิลลิลิตร (ตารางที่ 2) โดยมีค่าสูงสุดในฤดูหนาว และต่ำสุดในฤดูร้อน (รูปที่ 3) ปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์ม อยู่ในช่วง 93 ถึงมากกว่า 2400 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร (รูปที่ 4)

ปริมาณฟีคอลโคลิฟอร์มอยู่ในช่วง ND-460 เอ็มพีเอ็นต่อ 100 มิลลิลิตร (รูปที่ 5) และไม่สามารถตรวจพบปริมาณตะกั่ว ทองแดงและคลอรีนตกค้าง (ตารางที่ 2)

โรงผลิตน้ำประปา ณ โรงประปามหาวิทยาลัยขอนแก่น พบปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในช่วง ND-0.15 มิลลิกรัม

ต่อลิตร ซึ่งตรวจพบเฉพาะในฤดูฝนเท่านั้น (รูปที่ 1) ส่วนปริมาณคลอรีนตกค้างอยู่ในช่วง 0.59-4.46 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 2.02 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 1) โดยค่าสูงสุดในฤดูหนาว และต่ำสุดในฤดูฝน (รูปที่ 2) ไม่สามารถตรวจพบปริมาณตะกั่ว ทองแดง แบคทีเรียโคลิฟอร์ม ฟีคอลโคลิฟอร์มและแบคทีเรียทั้งหมด (ตารางที่ 1 และ 2)

จุดเก็บโรงเรียนสาธิต คณะศึกษาศาสตร์ พบปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในช่วง 0.02-0.13 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 0.08 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 1) โดยมีค่าสูงสุดในฤดูฝน และต่ำสุดในฤดูร้อน (รูปที่ 1) ส่วนปริมาณคลอรีนตกค้างอยู่ในช่วง 0.59-4.28 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 1.59 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 1) โดยมีค่าสูงสุดในฤดูหนาว และต่ำสุดในฤดูฝน (รูปที่ 2) และไม่สามารถตรวจพบปริมาณตะกั่ว ทองแดง แบคทีเรียโคลิฟอร์มและฟีคอลโคลิฟอร์ม (ตารางที่ 1 และ 2)

จุดเก็บโรงเรียนสาธิต มอดินแดง พบปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในช่วง ND-0.26 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 0.09 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 1) โดยมีค่าสูงสุดในฤดูฝน และต่ำสุดในฤดูหนาว (รูปที่ 1) ส่วนปริมาณคลอรีนตกค้างอยู่ในช่วง 0.48-4.14 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 1.5 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 1) โดยมีค่าสูงสุดในฤดูหนาว และต่ำสุดในฤดูฝน (รูปที่ 2) ตรวจไม่พบปริมาณตะกั่ว ทองแดง แบคทีเรียโคลิฟอร์ม ฟีคอลโคลิฟอร์มและแบคทีเรียทั้งหมด (ตารางที่ 1 และ 2) ยกเว้นในการเก็บตัวอย่างช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน ตรวจพบปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดน้อยกว่า 100 ซีเอฟยูต่อมิลลิลิตร (รูปที่ 3)

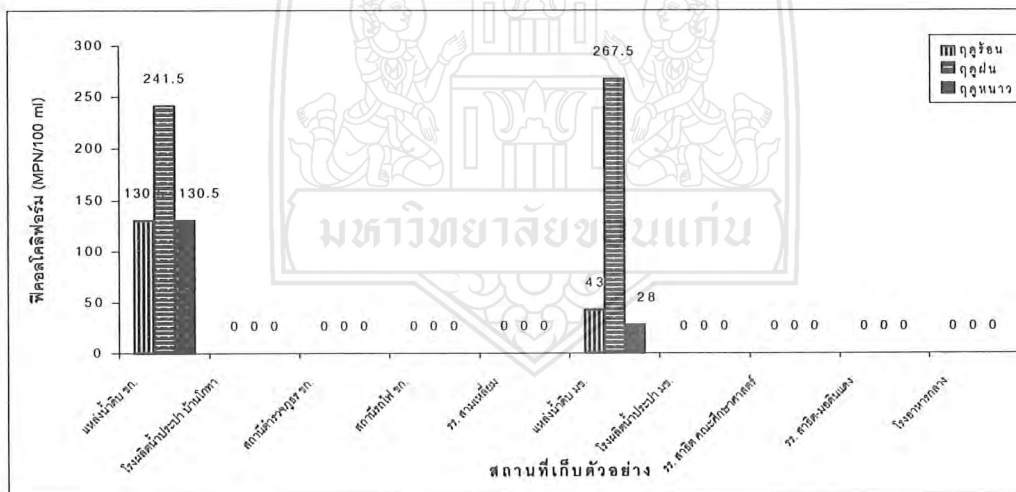
จุดเก็บศูนย์อาหารและบริการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น พบปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในช่วง ND-0.39 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 0.14 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าสูงสุดในฤดูหนาว และต่ำสุดในฤดูร้อน ส่วนปริมาณคลอรีนตกค้างอยู่ในช่วง 0.43-4.19 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ย 1.53 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าสูงสุดในฤดูหนาว และต่ำสุดในฤดูฝน (รูปที่ 2) ปริมาณ

แบคทีเรียทั้งหมดมีค่าน้อยกว่า 100 ซีเอฟยูต่อมิลลิลิตร (รูปที่ 4) ไม่สามารถตรวจพบปริมาณตะกั่ว ทองแดง แบคทีเรียโคลิฟอร์ม และฟิคอลโคลิฟอร์ม (ตารางที่ 1 และ 2)

เมื่อนำข้อมูลที่ถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของลอการิทึมของปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดในแหล่งน้ำดิบและปริมาณคลอรีนตกค้างในน้ำประปามาวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (combined analysis) โดยใช้แผนการทดลองแบบ completely randomized design พบว่าปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดและคลอรีนตกค้างไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05

สรุปวิจารณ์และข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาคุณภาพน้ำของการประปาจังหวัดขอนแก่น และการประปามหาวิทยาลัยขอนแก่น พบว่ามีค่าที่ใกล้เคียงกันทั้งคุณภาพของน้ำดิบ น้ำที่ผ่านกระบวนการผลิตและน้ำประปาที่จ่ายไปยังผู้ใช้ โดยคุณภาพของน้ำดิบที่ใช้ในการผลิตน้ำประปาของการประปาทั้งสองแหล่งจัดอยู่ในมาตรฐานคุณภาพน้ำจืดผิวดินประเภทที่ 2 ถือเป็นแหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทั้งจากกิจกรรมบางประเภท สามารถเป็นประโยชน์เพื่อการอุปโภคและบริโภคโดยไม่ต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติและผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน ทั้งนี้เนื่องจากน้ำดิบของการประปาทั้งสองแหล่งได้มาจากลำน้ำพองซึ่งไหลผ่านบ้านเรือน พื้นที่เกษตรกรรมและโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นที่มาของการปล่อยของเสียลงสู่แหล่งน้ำ จึงมีผลต่อคุณภาพของน้ำดิบดังกล่าวได้ ดังนั้นประชาชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงควรตระหนักและให้ความสนใจปัญหาการปล่อยของเสียลงสู่แหล่งน้ำ



รูปที่ 5 ค่าเฉลี่ยปริมาณฟิคอลโคลิฟอร์ม ของน้ำตัวอย่างจากการประปาจังหวัดขอนแก่น และการประปามหาวิทยาลัยขอนแก่น

เมื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำประปาที่ผ่านกระบวนการผลิตแต่ยังไม่จ่ายสู่ผู้ใช้ ณ โรงผลิตน้ำประปา ทั้ง 2 แห่ง พบว่า คุณภาพน้ำประปาจังหวัดขอนแก่น และมหาวิทยาลัยขอนแก่น อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามมาตรฐานน้ำบริโภคของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 257 คือ ตรวจไม่พบแบคทีเรียโคลิฟอร์ม ฟีคอลโคลิฟอร์ม แสดงให้เห็นว่าเป็นน้ำที่สะอาดปราศจากการปนเปื้อนเชื้อโรคในระบบทางเดินอาหาร เนื่องจากแบคทีเรียโคลิฟอร์มและฟีคอลโคลิฟอร์มเป็นเชื้อที่อาศัยอยู่ในระบบทางเดินอาหารของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม จึงใช้เป็นดัชนีบ่งชี้คุณภาพน้ำทางชีวภาพที่สำคัญ ถ้าน้ำมีการปนเปื้อนเชื้อทั้ง 2 ชนิดแสดงถึงว่าไม่ปลอดภัยต่อการนำมาอุปโภคบริโภค ส่วนปริมาณโลหะหนักอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน แต่ปริมาณคลอรีนตกค้างอิสระพบว่ามีค่าสูงกว่าที่กำหนดไว้

จากการศึกษาคุณภาพน้ำที่ปลายท่อที่ผ่านมาตรวัดน้ำ ณ สถานที่ต่างๆ เพื่อตรวจสอบระบบขนส่งน้ำและการจ่ายน้ำประปา พบว่าปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด แบคทีเรียโคลิฟอร์มและฟีคอลโคลิฟอร์ม ได้เกณฑ์มาตรฐานน้ำบริโภคของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ยกเว้นจุดเก็บตัวอย่างที่สถานีรถไฟ จังหวัดขอนแก่น ในช่วงฤดูร้อนปี 2543 พบปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มมีค่าสูงกว่ามาตรฐาน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในช่วงฤดูร้อนมีสัตว์เลี้ยงมาอาศัยอยู่ใกล้แหล่งน้ำเป็นจำนวนมาก ประกอบกับเป็นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญของแบคทีเรีย จึงทำให้ตรวจพบแบคทีเรียเหล่านี้ในปริมาณเกินกว่ามาตรฐานเมื่อเทียบกับฤดูกาลอื่น ส่วนปริมาณเหล็ก ตะกั่วและทองแดง พบว่าส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้นในช่วงฤดูหนาวปี 2543 พบปริมาณเหล็กค่อนข้างสูงจากแหล่งน้ำดิบของการประปาจังหวัดขอนแก่น แต่ก็ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด จึงควรมีการควบคุมคุณภาพน้ำดิบให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เช่นควบคุมน้ำเสียที่ลงสู่แหล่งน้ำที่นำมาใช้ผลิตน้ำประปา เป็นต้น

นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณคลอรีนตกค้างของน้ำประปาจากการประปาทั้งสองแหล่งมีค่าสูงกว่าที่กำหนดไว้ ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาในเรื่องกลิ่นและรสของน้ำประปา จึงควรลดปริมาณคลอรีนที่ใช้ให้เหมาะสม โดยอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานซึ่งเพียงพอกับการฆ่าเชื้อโรคในน้ำประปา และก่อนจ่ายน้ำประปาไปสู่ผู้ใช้ น้ำ การประปาคควรมีการพักน้ำประปาไว้ระยะหนึ่ง และผู้ใช้น้ำควรรองน้ำประปาเก็บไว้ในภาชนะประมาณ 1 คืนก่อนนำมาใช้เพื่อลดกลิ่นและรสของคลอรีนที่เกิดขึ้น

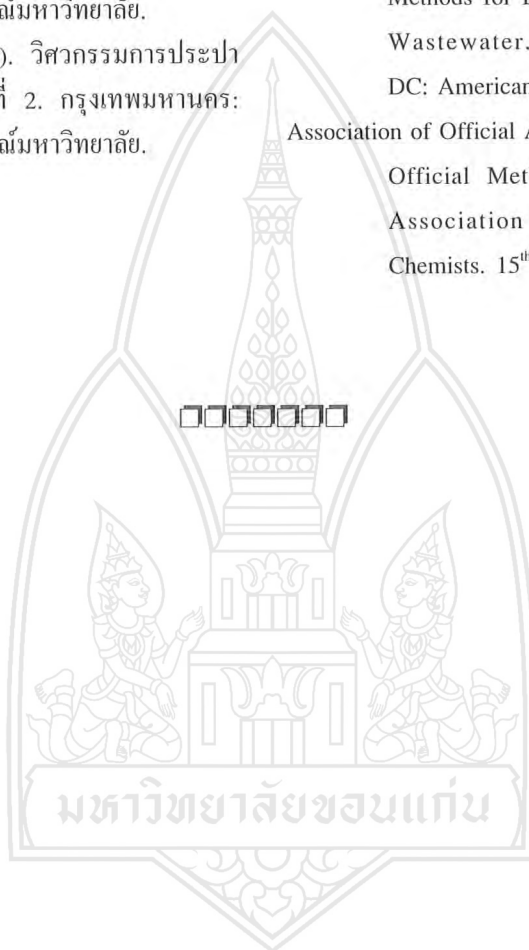
จากผลของการวิจัยครั้งนี้ สรุปได้ว่าคุณภาพของน้ำประปาของการประปาทั้งสองแหล่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และมีปัญหาคลอรีนตกค้างอยู่ในปริมาณสูง ดังนั้นหน่วยงานที่รับผิดชอบจึงควรหมั่นดูแลตรวจสอบคุณภาพของน้ำ ทั้งในส่วนของการดิบ น้ำประปาที่ผลิตและที่จ่ายออกไปให้สม่ำเสมอตลอดไป และจากการพบปริมาณเชื้อแบคทีเรียโคลิฟอร์มและฟีคอลโคลิฟอร์มในน้ำดิบสูงกว่ามาตรฐานแสดงถึงแหล่งการปนเปื้อนอาจมาจากอุจจาระ (fecal contamination) ซึ่งอาจมาจากคนและสัตว์เลี้ยงภายในบ้าน ทั้งนี้เพราะมีบ้านเรือนตั้งอยู่ 2 ริมฝั่งแม่น้ำ ดังนั้นจึงควรณรงค์และให้ความรู้กับประชาชนที่ตั้งบ้านเรือนอยู่ในเขตดังกล่าว เพื่อให้ตระหนักถึงอันตรายและมีความรับผิดชอบต่อสังคมส่วนรวมร่วมกัน อย่างไรก็ตามงานวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาคุณภาพของน้ำประปาเพียงบางปัจจัยเท่านั้น ซึ่งยังไม่ครอบคลุมตามมาตรฐานน้ำบริโภคมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 257 ซึ่งในการวิจัยครั้งต่อไป ควรศึกษาคุณภาพน้ำในปัจจัยอื่นๆ เพิ่มเติม

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ โครงการพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประจำปีงบประมาณ ปี 2543 ภาควิชาเคมีและภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนด้านเครื่องมือและวัสดุต่างๆ

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม. (2543). มาตรฐานคุณภาพน้ำ และเกณฑ์ระดับคุณภาพน้ำในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร.
- มันสิน ตันทุลเวศม์. (2537). วิศวกรรมการประปา เล่ม 1 พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มันสิน ตันทุลเวศม์. (2539). วิศวกรรมการประปา เล่ม 2 พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วรางคณา สังสิทธิสวัสดิ์ อุไรวรรณ อินทร์ม่วง รัชชัย เนียรวิฑูรย์ และ ธีรพงษ์ ธีรมนัส. (2543). ปริมาณสารมลพิษและโลหะหนัก ในแหล่งน้ำเพื่อการพักผ่อนหย่อนใจ ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น. วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น 5(2):70-80.
- APHA, AWWA and WPCF. (1995). Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. 19th ed. Washington, DC: American Public Health Association.
- Association of Official Analytical Chemists. (1990). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th ed. Vol.1. Arlington, VA.



ความถี่ของยีนที่ควบคุมภาวะพร่องเอนไซม์กลูโคส-6-ฟอสเฟต ดีไฮโดรจีเนส ในชาวเล จังหวัดภูเก็ต และชาวส่วย จังหวัดสุรินทร์และจังหวัดมหาสารคาม

พรรณิ ชีโนรักษ์¹, เรืองวิทย์ บรรจงรัตน์¹, รุ่งนภา หิรัญสถิต¹ และอลงกลด แทนอมทอง²

บทคัดย่อ

การศึกษาความถี่ของยีนที่ควบคุมภาวะพร่องเอนไซม์กลูโคส - 6 - ฟอสเฟส ดีไฮโดรจีเนส (G-6-PD) ในประชากรชาวเล จังหวัดภูเก็ตและในประชากรชาวส่วยจังหวัดสุรินทร์และจังหวัดมหาสารคาม จากการเก็บตัวอย่างเลือดชาวเล 118 คน (ชาย 47 คนและหญิง 71 คน) มาตรวจสอบด้วยวิธี methemoglobin reduction test พบชายและหญิงมีภาวะพร่องเอนไซม์ G-6-PD เท่ากับ 25.53 และ 8.45 % ตามลำดับ หญิงชาวเลเป็นพาหะ 9.86 % ความถี่ของยีนที่ควบคุมภาวะพร่องเอนไซม์ G-6-PD ในประชากรชาวเลชายและหญิงเท่ากับ 0.255 และ 0.134 ตามลำดับ และจากการศึกษาตัวอย่างเลือดในประชากรชาวส่วย จำนวน 127 คน (ชาย 44 คนและหญิง 83 คน) พบชายและหญิงมีภาวะพร่องเอนไซม์ G-6-PD เท่ากับ 25 และ 13.25 % ตามลำดับ หญิงชาวส่วยเป็นพาหะ 10.84 % ความถี่ของยีนที่ควบคุมภาวะพร่องเอนไซม์ G-6-PD ในประชากรชาวส่วยชายและหญิง เท่ากับ 0.25 และ 0.187 ตามลำดับ เมื่อนำไปทดสอบด้วยไคสแควร์ที่ความเชื่อมั่น 95 % พบว่ากลุ่มประชากรชาวเล และชาวส่วยที่ศึกษาไม่อยู่ในภาวะสมดุล

Abstract

The gene frequencies of glucose-6-phosphate dehydrogenase (G-6-PD) deficiency were studied on selected populations of Chao-Lay in Phuket province and Suay in Surin and Mahasarakham provinces. A total of 118 blood samples collected from the Chao-Lay (47 males and 71 females) were subjected to methemoglobin reduction test. The incidences of G-6-PD deficiency in the male and female population were 25.53 and 8.45%, respectively. Approximately 9.86 % of the Chao-Lay females were carriers. The gene frequency of G-6-PD deficiency in the Chao-Lay males and females were 0.255 and 0.134, respectively. From a total of 127 blood samples collected from the Suay population consisting of 44 males and 83 females, the incidences of G-6-PD deficiency in the male and female population were found to be 25 and 13.5 %, respectively. About 10.84 % of the Suay females were carriers. The gene frequency of G-6-PD deficiency in the Suay males and females were 0.25 and 0.187, respectively. The results from chi-square test (95 % confidence) indicated that the Chao-Lay and Suay populations used in this study were not in equilibrium.

¹ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

² ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002

บทนำ

ชาวน้ำเป็นชนกลุ่มน้อยกลุ่มหนึ่งทางภาคใต้ของประเทศไทย อาศัยอยู่ตามเกาะชายฝั่งในมหาสมุทรอินเดียแถบอ่าวภูเก็ตและทะเลอันดามัน ชาวน้ำอพยพเคลื่อนย้าย เร่ร่อนทำมาหากินอยู่ในบริเวณตั้งแต่เขตจังหวัดระนอง พังงา ภูเก็ต กระบี่ สตูล (ประเทือง เครือหงส์, 2543) ในขณะที่ชาวลาวเดิมอาศัยอยู่ในแขวง แส่นแป จำปาศักดิ์และสาร์วันในตอนใต้ของประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และได้อพยพเข้ามาในประเทศไทยทางตอนล่างของภาคตะวันออกเฉียงเหนือตั้งแต่สมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราช (พ.ศ. 2199 - 2231) (สมทรง บุรุษพัฒน์, 2537) การเลือกศึกษาโรคทางพันธุกรรมในชนกลุ่มน้อยนี้มีจุดที่น่าสนใจเนื่องจากชนกลุ่มน้อยนี้มักมีการแต่งงานกันเองภายในกลุ่มตามประเพณี ดังนั้นในทางพันธุศาสตร์จึงมีความเป็นไปได้สูงที่จะทำให้ยีนด้อยมีโอกาสแสดงออกมากขึ้น ประมาณการว่าประชากรโลกที่มีภาวะพร่องเอนไซม์กลูโคส - 6 - ฟอสเฟสดีไฮโดรจีเนส (G-6-PD) มีประมาณ 400 ล้านคน (Scriver et al., 1995) ข้อมูลอุบัติการณ์ของโรคจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งเพราะจะเป็นข้อมูลสำหรับการวางแผนงานด้านสาธารณสุขมูลฐาน สำหรับประเทศไทยข้อมูลดังกล่าวมีน้อยมาก จึงจำเป็นต้องหาข้อมูลเพราะโรคนี้พบได้บ่อยในประเทศเขตร้อนรวมทั้งประเทศไทย (อมรวิทย์ กัมภีรานนท์, 2542) ในประชากรที่ต่างกัน การกลายพันธุ์ของยีนก็จะมีรูปแบบที่ต่างกัน (Scriver et al., 1995) ผู้มีภาวะพร่องเอนไซม์ G-6-PD นี้เมื่อเลือดแดงจะมีอายุสั้นกว่าปกติประมาณ 10 - 20 % แต่จะแสดงอาการผิดปกติออกมาก็คือเมื่อเป็นโรคติดเชื้อ และได้รับยา เช่น ยาต้านมาลาเรีย ยากลุ่มซัลฟา หรืออาหาร เช่น ถั่วปากอ้า เป็นต้น จะทำให้เม็ดเลือดแดงแตก ทำให้เม็ดเลือดแดงในร่างกายน้อยและร่างกายสร้างขึ้นใหม่ทันจึงเกิดภาวะโลหิตจาง ความรุนแรงของโรคแตกต่างกันตามชนิดของภาวะพร่องเอนไซม์ G-6-PD และปัจจัยจากสิ่งแวดล้อม บางครั้งคนมีอาการรุนแรง

จนเกิดภาวะแทรกซ้อนเป็นอันตรายถึงเสียชีวิตได้

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงค่าความถี่ของยีนที่ควบคุมการสร้างเอนไซม์ G-6-PD ในประชากรชาวลาว จังหวัดภูเก็ต และชาวลาวจังหวัดสุรินทร์และมหาสารคาม

วัสดุและวิธีการศึกษา

เก็บตัวอย่างเลือดในประชากรชาวลาว จังหวัดภูเก็ต จำนวน 118 คน และ ประชากรชาวลาว จังหวัดสุรินทร์และมหาสารคาม 127 คน คนละ 3 มิลลิลิตร มาทำการทดสอบภาวะพร่องเอนไซม์ G-6-PD โดยวิธี methemoglobin reduction test ในห้องปฏิบัติการภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบ่งเลือดตัวอย่างละ 3 หลอดๆ ละ 1 มิลลิลิตร หลอดที่ 1 ใส่ sodium nitrite - glucose 0.05 มิลลิลิตร และ methyleneblue 0.05 มิลลิลิตร หลอดที่ 2 ใส่ sodium nitrite - glucose 0.05 มิลลิลิตร หลอดที่ 3 เป็นหลอดควบคุมไม่ได้สารใดๆ แล้วนำทั้ง 3 หลอดไปอบที่ 37 °ซ. เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

แยกสารละลายทั้ง 3 หลอด ออกมาหลอดละ 0.1 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดใหม่เติมน้ำกลั่นหลอดละ 5 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที แล้วนำมาเปรียบเทียบกับโดยนำสารละลายในหลอดที่ 1 ไปเปรียบเทียบกับหลอดที่ 2 และ 3 ถ้าสีเหมือนกับหลอดที่ 2 แสดงว่าเกิดภาวะพร่องเอนไซม์ G-6-PD ถ้าหากสีเหมือนกับหลอดที่ 3 จะปกติ และถ้าอยู่ระหว่างหลอดที่ 2 กับ 3 แสดงว่าเป็นพาหะ นำผลการทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาค่าความถี่ของยีนโดยการทดสอบไคสแควร์ (chi-square test)

ผลการศึกษา

จากผลการวิจัยที่ได้ทำการทดสอบสมมติฐาน

H_0 : ประชากรอยู่ในสภาพสมดุล

H_1 : ประชากรไม่อยู่ในสภาพสมดุล

ทำการทดสอบไคสแควร์ที่ความเชื่อมั่น 95 %

($\alpha = 0.05$)

degree of freedom (df) = จำนวน phenotype

- จำนวน allele

$$= 3 - 2 = 1$$

$$\chi^2 = \sum_{l=1}^N \frac{(\text{observed} - \text{expected})^2}{\text{expected}}$$

ค่า chi - square (χ^2) ที่ $\alpha = 0.05$, df = 1 มีค่า 3.841
ทั้งในประชากรชาวเลและชาวส่วย

ในประชากรชาวเล χ^2 จำนวน = 17.585

ในประชากรชาวส่วย χ^2 จำนวน = 29.892

ดังนั้นทั้ง 2 ประชากรปฏิเสธ H_0 แสดงว่าประชากรทั้งสองไม่อยู่ในสภาวะสมดุล

ตารางที่ 1 จำนวน phenotype และ genotype ในประชากรชาวเลและชาวส่วย

เพศ	ผู้หญิง			ผู้ชาย	
Phenotype	ปกติ	พาหะ	ภาวะพร่อง	ปกติ	ภาวะพร่อง
Genotype	$X^G X^G$	$X^G X^g$	$X^g X^g$	$X^G Y$	$X^g Y$
ชาวเล	58	7	6	35	12
		71		47	
ชาวส่วย	63	9	11	33	11
		83		44	

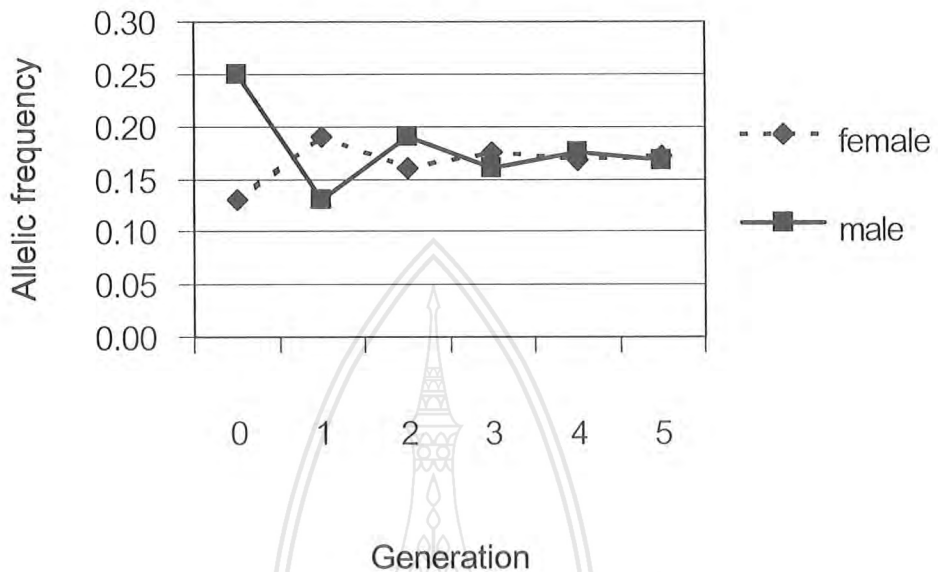
ตารางที่ 2 ความถี่ของยีนในประชากรชาวเลและชาวส่วย

ประชากร	ชาวเล		ชาวส่วย	
ยีน	X^G	X^g	X^G	X^g
หญิง	0.866	0.134	0.813	0.187
ชาย	0.745	0.255	0.75	0.25
ค่าเฉลี่ย X^g	0.1743		0.2080	

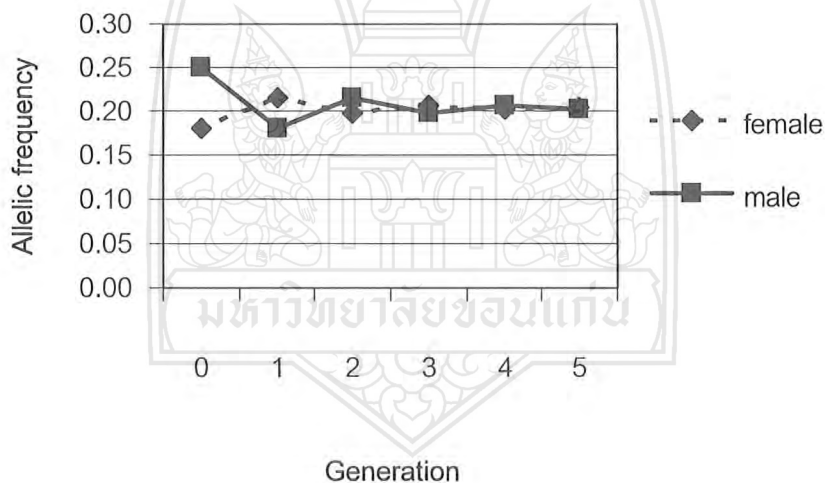
ตารางที่ 3 ผลการคำนวณค่าไคสแควร์ในประชากรชาวเลและชาวส่วย

เพศ	Phenotype	Genotype	จำนวน					
			Observed		Expected		$(O_i - E_i)^2$	
			(O_i)		(E_i)		E_i	
			ชาวเล	ชาวส่วย	ชาวเล	ชาวส่วย	ชาวเล	ชาวส่วย
หญิง	ปกติ	$X^G X^G$	58	63	48.442	52.063	1.881	2.298
	พาหะ	$X^G X^g$	7	9	20.409	27.346	8.810	12.308
	ภาวะพร่อง	$X^g X^g$	6	11	2.150	3.591	2.150	15.286
ชาย	ปกติ	$X^G Y$	35	33	-	-	-	-
	ภาวะพร่อง	$X^g Y$	12	11	-	-	-	-

รูปที่ 1 กราฟความถี่ของยีนที่ควบคุมภาวะพร่องเอนไซม์ G-6-PD ของชาวเลในรุ่นถัดไป โดยความถี่เริ่มต้นของผู้ชายเท่ากับ 0.25 และในผู้หญิงเท่ากับ 0.13



รูปที่ 2 กราฟความถี่ของยีนที่ควบคุมภาวะพร่องเอนไซม์ G-6-PD ของชาวส่วยในรุ่นถัดไป โดยความถี่เริ่มต้นของผู้ชายเท่ากับ 0.25 และในผู้หญิงเท่ากับ 0.18



สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา

การศึกษาภาวะพร่องเอนไซม์ G-6-PD ในทั้ง 2 ประชากร พบว่าค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติมีค่าใกล้เคียงกัน คือในชาวเลผู้ชายมีภาวะพร่องเอนไซม์ G-6-PD 25.53% ปกติ 74.47% ในขณะที่ผู้ชายชาว

ส่วยมีภาวะพร่องเอนไซม์ G-6-PD 25% ปกติ 75% ซึ่งนับว่าสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับรายงานที่พบว่าในผู้ชายไทยมีภาวะพร่องเอนไซม์ G-6-PD 12 - 14% (พรรณี จิตาภิจิต, 2541) ทั้งนี้อาจเป็นผลจากการแต่งงานกันเองภายในกลุ่มมากกว่าชาวไทยโดยทั่วไป

และเมื่อพิจารณาการเกิดภาวะพร่องเอ็นไซม์ G-6-PD เทียบกับผู้หญิงจะเห็นว่าในชาวเลผู้หญิงมีภาวะพร่องเอ็นไซม์ G-6-PD 8.45 และ 13.25% ในชาวส่วยผู้ชายมีภาวะพร่องเอ็นไซม์ G-6-PD สูงกว่าเนื่องจากยีนที่ควบคุมการสร้างเอ็นไซม์ G-6-PD เป็นยีนด้อยและมีตำแหน่งอยู่บนโครโมโซม X (Scriver et al., 1995) ตำแหน่ง q28 เรียก X - linked gene (Pai, 1980) ซึ่งจะพบโอกาสการเกิดโรคในผู้ชายได้มากกว่าในผู้หญิง เมื่อนำผลการศึกษาที่ได้มาคำนวณค่าไคสแควร์ที่ความเชื่อมั่น 95 % พบว่า ประชากรทั้ง 2 กลุ่มไม่อยู่ในภาวะสมดุล ทั้งนี้เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษามีจำนวนน้อยและเป็นผู้หญิงมากกว่าผู้ชายเนื่องจากผู้ชายต้องออกไปทำงานตั้งแต่เช้าในขณะที่การศึกษาจึงเหลือแต่ผู้หญิงอยู่บ้าน ในขณะที่ประชากรชาวส่วยมีการอพยพออกไปทำงานในเมืองเป็นจำนวนมากกว่าในชาวเลที่มักอยู่รวมกลุ่มกัน ขณะที่ประชากรในกลุ่มมีจำนวนน้อยและมีการแต่งงานกันเองภายในกลุ่มทำให้ไม่เกิด random mating ส่งผลให้ความถี่ของ heterozygote ลดลงและความถี่ของ homozygote เพิ่มขึ้น จากรูปที่ 2 และ 3 จะเห็นว่าการประมาณการเข้าสู่สมดุลในประชากรทั้ง 2 กลุ่มนั้น ความแตกต่างระหว่างความถี่ของผู้ชายและผู้หญิงในชาวส่วยจะแคบหรือแตกต่างน้อยกว่าในชาวเล ดังนั้นหากในประชากรชาวส่วยมี random mating ความถี่ของยีนก็จะเข้าสู่สมดุลก่อนชาวเล สำหรับการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการนั้นการตรวจสอบภาวะพร่องเอ็นไซม์ G-6-PD ด้วยวิธี methemoglobin reduction test จำเป็นต้องรีบทำให้เร็วที่สุดหลังจากได้ตัวอย่างเลือดแล้ว หากทิ้งไว้นานเอ็นไซม์จะสลายตัวทำให้ผลการวิเคราะห์เกิดการคลาดเคลื่อนได้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณบุคคลหลายฝ่ายที่ทำให้งานชิ้นนี้สำเร็จด้วยดี ขอขอบคุณ ดร. พงษ์ธาริน โลห์ตระกูล คุณอังกา คณีกุล คุณสหัส จันทนอรพินท์

ผู้ใหญ่บ้าน หัวหน้ากลุ่ม ชาวเล ท่าฉัตรไชย ตำบลไม้ขาว อำเภอถลาง และเกาะสิเหร่ ตำบลรัษฎา อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต และชาวส่วย จังหวัดสุรินทร์และมหาสารคาม เป็นอย่างสูง

เอกสารอ้างอิง

- ประเทือง เครือหงส์. (2543). ชาวน้ำ (ชาวทะเล) ในเมืองไทย. กรุงเทพฯ: กิจศึกษาทรงดิ่ง. หน้า 2.
- พรรณี จิตาภิขิต. (2541). หลักพันธุศาสตร์. โครงการตำราภาควิชาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ. หน้า 102.
- สมทรง บุรุษพัฒน์. (2537). เรียนภาษาและชีวิตความเป็นอยู่ของชาวกูย-กวย (ส่วย) จากบทสนทนา. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สหธรรมิก.
- อมรา คัมภีรานนท์. (2542). พันธุศาสตร์มนุษย์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : บริษัท เท็กซ์ แอนด์เจอร์ นัลพับลิเคชั่น จำกัด. หน้า 259.
- Pai, G.S. (1980). Localization of loci for hypoxanthine phosphoribosyltransferase and glucose-6-phosphate dehydrogenase and biochemical evidence of non-random X-chromosome expression from studies of a human X - autosome translocation. Proc. Natl. Acad. Sci. 77:2810.
- Scriver, C.R., Sly, W.S., Childs, B., Beandef, A.L., Valle, D., Kinzler, K.W. and Vogelstein, B. (1995). Glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency. In : Scriver, C.R. and Sly, W.S. (eds.). The Metabolic and Molecular Bases of Inherited Diseases. 7th ed. New York: McGraw-Hill, Inc. p.3367-3398.



ปริมาณไอโอดีนในเกลือบริโภคที่ผลิต และจำหน่าย ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน

โสภิน บำเพ็ญทรัพย์¹, วิไล เส และไพรวลัย อินทร์อุดม¹

บทคัดย่อ

ภาวะการขาดสารไอโอดีนของประชาชนที่อยู่ห่างไกลทะเลได้กลายมาเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญ ปัญหาหนึ่งเนื่องจากไอโอดีนเป็นสารที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์ฮอร์โมนไทรอยด์ในร่างกาย เป็นฮอร์โมนที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาทั้งทางร่างกายและสมองของมนุษย์ การผลิตเกลือบริโภคที่มีไอโอดีนผสมอยู่ด้วย ซึ่งเป็นนโยบายสำคัญนโยบายหนึ่งของรัฐที่จะช่วยบรรเทาการขาดแคลนไอโอดีน การวิจัยครั้งนี้จัดทำขึ้นเพื่อสำรวจปริมาณไอโอดีนในเกลือบริโภคที่ผลิต และจำหน่ายในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ซึ่งได้แก่จังหวัดขอนแก่น เลย สกลนคร อุดรธานี หนองบัวลำภู และหนองคาย รวม 46 ตัวอย่าง ในช่วงปีงบประมาณ พ.ศ. 2537 ถึง 2539 รวม 46 ตัวอย่าง โดยสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเป็นผู้เก็บตัวอย่าง ตรวจวิเคราะห์โดยศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ขอนแก่น ว่ามีปริมาณไอโอดีนได้มาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 153 (พ.ศ. 2537) ซึ่งกำหนดไว้ว่าต้องไม่น้อยกว่า 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ผลจากการตรวจวิเคราะห์พบปริมาณไอโอดีนอยู่ในช่วงตรวจไม่พบถึง 318.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เกลือบริโภคที่มีปริมาณไอโอดีนได้มาตรฐานมีเพียง 14 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 30.43 และเกลือบริโภคที่มีปริมาณไอโอดีนต่ำกว่ามาตรฐาน 25 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 54.35 ไม่พบไอโอดีน 7 ตัวอย่าง หรือร้อยละ 15.21 ดังนั้นในการผลิตเกลือบริโภคที่เสริมไอโอดีนควรมีการควบคุมคุณภาพการผลิตอย่างต่อเนื่อง และมีประสิทธิภาพ เพื่อควบคุมปริมาณไอโอดีนให้ได้มาตรฐาน

Abstract

Iodine deficiency in the people living a long distance from the sea becomes an important public health problem because iodine is an essential element for thyroid hormone synthesis. This hormone is important to body and brain development. Iodine fortification of table salt is an important policy of the government which is trying to alleviate iodine deficiency. The aim of this survey was to determine iodine content of the table salt produced and distributed in upper northeast Thailand (Khon Kaen, Loei, Sakon Nakhon, Udon Thani, Nongbua Lampoo and Nong Khai). Forty-six samples of table salt were collected by the Ministry of Public Health officers and analyzed by the Regional Medical Sciences Center in Khon Kaen during the fiscal years 1994-1996. According to the Ministry of Public Health Notification No. 153 (B.E. 2537), the standard iodine content is set at not less than 30 mg/kg. It was found that the iodine content of the table salt investigated varied from an undetectable level to 318.2 mg/kg. Only fourteen samples (30.43%) conformed to the standard whereas twenty-five samples (54.35%) were substandard. Iodine could not be detected in 7 samples (15.21%). Therefore, the production of iodine-fortified table salt should be controlled continuously and effectively.

¹ ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ขอนแก่น ถนนหน้าศูนย์ราชการ อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000

บทนำ

ไอโอดีน (iodine) เป็นแร่ธาตุที่มีปริมาณน้อยมากในธรรมชาติ มีมากในสัตว์และพืชทะเล เป็นแร่ธาตุที่จำเป็นต่อร่างกาย แม้จะมีความต้องการเพียงเล็กน้อยแต่ร่างกายขาดไม่ได้ ไอโอดีนเมื่ออยู่ในร่างกายจะทำหน้าที่สังเคราะห์ฮอร์โมนไทรอยด์ (thyroid hormone) ซึ่งประกอบด้วยฮอร์โมนไทรอกซิน (thyroxine) และฮอร์โมนไตรไอโอโดไทโรนีน (triiodothyronine) ฮอร์โมนเหล่านี้มีอิทธิพลต่อกระบวนการต่างๆของเนื้อเยื่อเช่น เมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน การได้รับปริมาณไอโอดีนในปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย จะทำให้เกิดโรคขาดสารไอโอดีน (โรคคอพอก, goiter) เกิดอาการต่อมไทรอยด์ขยายตัวใหญ่ขึ้น และในเด็กจะเกิดโรคเอื้อซึ่งทำให้การเจริญเติบโตช้าทั้งด้านร่างกายและสติปัญญา ทำให้เป็นคนปัญญาอ่อนเด็กที่เกิดมาแคะแกร็น เกิดจากต่อมไทรอยด์ทำหน้าที่ผิดปกติตั้งแต่กำเนิด (อุดมเกียรติ พรพรรณประเทศ, 2539) ฉะนั้นการบริโภคอาหารควรให้มีปริมาณไอโอดีนเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย ในปี พ.ศ. 2532 กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข แนะนำให้รับประทานอาหารที่มีไอโอดีนประมาณ 100-300 ไมโครกรัมต่อคน การที่ต้องรับสารไอโอดีนจากอาหาร เพราะร่างกายไม่สามารถสร้างไอโอดีนขึ้นเองได้ (แสงโสม สีนวรัตน์, 2544) จากรายงานในปี พ.ศ. 2543 พบว่าทุกภาคมีผู้ป่วยเป็นโรคคอพอกคิดเป็นร้อยละ ดังนี้ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 3.3 ภาคเหนือ 2.5 ภาคตะวันออก 0.8 ภาคกลาง 0.6 และภาคใต้ 0.6 จะเห็นว่าเป็นตัวเลขที่ค่อนข้างสูง โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กระทรวงสาธารณสุขได้พยายามแก้ไขปัญหาดังกล่าวอย่างต่อเนื่อง โดยการเสริมไอโอดีนลงในเกลือบริโภค น้ำบริโภค และน้ำปลา โดยเฉพาะการเสริมไอโอดีนลงในเกลือบริโภคให้ได้มาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 153 (พ.ศ. 2537) เรื่องเกลือบริโภค ต้องใส่สารไอโอดีน

ไม่ต่ำกว่า 30 มิลลิกรัมต่อเกลือบริโภค 1 กิโลกรัม ในปัจจุบันการเสริมไอโอดีนในเกลือบริโภค ใช้สารโพแทสเซียมไอโอเดตที่มีความคงตัวกว่าสารโพแทสเซียมไอโอไดด์ ปริมาณที่แนะนำในการเสริมไอโอดีนในเกลือบริโภคอยู่ในอัตราส่วน 1:30,000 - 1:20,000 (30-50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (นิพรา เนื่องจางค์ และทิพวัลย์ จิตตะวิกุล, 2543) ตลอดจนต้องควบคุมการผลิตเกลือบริโภคให้ได้มาตรฐานและบรรจุภัณฑ์ส่งเสริมให้ประชากรได้บริโภคเกลือบริโภคเสริมไอโอดีนที่ได้มาตรฐาน ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ขอนแก่นร่วมมือกับสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน 6 จังหวัด โดยเก็บตัวอย่างเกลือที่เสริมไอโอดีนในจังหวัดขอนแก่น เลย สกลนคร อุดรธานี หนองบัวลำภู และหนองคาย ตามโครงการคุ้มครองผู้บริโภค ระหว่างปีงบประมาณ พ.ศ. 2537 ถึง 2539 เพื่อตรวจวิเคราะห์ปริมาณไอโอดีนว่าได้ตามมาตรฐานหรือไม่

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยนี้เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีนในเกลือบริโภคเสริมไอโอดีนในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน 6 จังหวัด ได้แก่ ขอนแก่น เลย สกลนคร อุดรธานี หนองบัวลำภู และหนองคาย ตามโครงการคุ้มครองผู้บริโภค ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2537 ถึง 2539 โดยเก็บจากแหล่งผลิตและจำหน่ายรวมทั้งสิ้นจำนวน 46 ตัวอย่างบรรจุในถุงพลาสติกปิดสนิท แล้วเก็บรักษาในที่ไม้อुकแสงแดด จากนั้นตรวจวิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีนแล้วบันทึกผลลงในแบบบันทึกที่ประกอบด้วยรายละเอียดของตัวอย่าง ภาชนะบรรจุ ฉลากแจ้งสถานที่ผลิต และจัดจำหน่าย แล้วเทียบข้อมูลที่ได้กับปริมาณไอโอดีนตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 153 (พ.ศ. 2537) เรื่องเกลือบริโภค จากนั้นคำนวณหาค่าร้อยละของตัวอย่างซึ่งมีปริมาณไอโอดีนไม่ตรงตามมาตรฐาน

วิธีทดลอง เครื่องมือ

Spectrophotometer รุ่น UV-530 ของ Jasco, vortex mixer รุ่น K-550-GE ของ Bohemia, hot air oven รุ่น ULM 400 ของ Memmert และ analytical balance รุ่น AE 260 ของ Mettler

สารเคมีและสารมาตรฐาน

สารเคมีที่ใช้เป็นชนิด analytical reagent (AR grade) : โซเดียมคลอไรด์ (25% aqueous solution) ของ BDH กรดไฮโดรคลอริก (approx. 37%) ของ Mallinckrodt โซเดียมไฮดรอกไซด์ (0.2 N aqueous solution) ของ Merck 4-อะมิโนฟีนอล ไฮโดรคลอไรด์ (2% aqueous solution) ของ Fluka Chemika โพแทสเซียมไอโอเดต ของ Merck

1. วิธีเตรียมสารละลาย บัฟเฟอร์ พี่เอช 4

เปิด กรดไฮโดรคลอริก (approx 37%) ปริมาตร 3 มิลลิตรลงในน้ำกรองที่บรรจุใน volumetric flask ขนาด 500 มิลลิตร ปรับปริมาตรให้ครบ ผสมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.2 N ปริมาตร 500 มิลลิตร ปรับพีเอชให้ได้ 4 และมีปริมาตรสุดท้ายเป็น 1,000 มิลลิตร

2. วิธีเตรียมสารละลายมาตรฐานไอโอดีน 20

มิลลิกรัม/ลิตร

ซึ่งโพแทสเซียมไอโอเดต 0.0337 กรัม ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นในโอบแห้ง (desiccator) ละลายในน้ำกรอง ปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 มิลลิตร

3. การสร้างกราฟมาตรฐาน

เปิดสารละลายมาตรฐานไอโอดีน (ไอโอเดต) 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 0, 1, 2, 3 และ 5 มิลลิตร ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 25% หลอดละ 4 มิลลิตร เติมน้ำกรองปริมาตร 6, 5, 4, 3 และ 1 มิลลิตร ตามลำดับ เติมสารละลายบัฟเฟอร์หลอดละ 2 มิลลิตร เติมสารละลาย 4-อะมิโนฟีนอลไฮโดรคลอไรด์เข้มข้น 2% หลอดละ

4 มิลลิตร ผสมให้เข้ากันด้วย vortex mixer เก็บในที่มืดนาน 10 นาที จะได้สารละลายไอโอดีนเข้มข้น 0, 20, 40, 60 และ 100 ไมโครกรัม วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer พล็อตกราฟระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไอโอดีน

4. การวิเคราะห์ปริมาณไอโอดีนในตัวอย่าง

ซึ่งเกลือตัวอย่าง 25 กรัม ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิตร ละลายด้วยน้ำกรอง ปรับปริมาตรให้ครบ เปิดสารละลายตัวอย่าง 4 มิลลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมน้ำกรอง 6 มิลลิตร สารละลาย บัฟเฟอร์ 2 มิลลิตร สารละลาย 4-อะมิโนฟีนอลไฮโดรคลอไรด์เข้มข้น 2% 4 มิลลิตร ผสมให้เข้ากันด้วย vortex mixer เก็บในที่มืดนาน 10 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer นำค่าการดูดกลืนคลืนแสงมาหาปริมาณไอโอดีน จากกราฟมาตรฐานในข้อ 3

5. การคำนวณ

ปริมาณไอโอดีน (ไอโอเดต) มิลลิกรัม/กิโลกรัม

$$= \frac{\text{ความเข้มข้นที่ได้จากกราฟ} \times 25}{\text{น้ำหนักของสารตัวอย่าง (กรัม)}}$$

6. การทดสอบประสิทธิภาพวิธีวิเคราะห์

ค่าต่ำสุดที่ตรวจวิเคราะห์ได้ (limit of detection) เติมไอโอดีน คือสารมาตรฐาน โพแทสเซียมไอโอเดตที่ความเข้มข้น 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในเกลือที่ไม่มีไอโอดีน แล้ววิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีน ทำซ้ำ 7 ครั้ง คำนวณหาค่าเฉลี่ย (mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, SD) และค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผัน (coefficient of variation, CV)

ปริมาณต่ำสุดที่รายงานได้ (limit of quantitation) เติมไอโอดีน คือสารมาตรฐาน โพแทสเซียมไอโอเดตที่ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในเกลือที่ไม่มีไอโอดีน แล้ววิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีน ทำซ้ำ 7 ครั้ง คำนวณหาค่าเฉลี่ย

(mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, SD) และค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผัน (coefficient of variation, CV)

ความแม่นยำ (precision) วิเคราะห์หาปริมาณไอโอดีนในเกลือตัวอย่างเดียวกัน ทำซ้ำ 7 ครั้ง คำนวณหาค่าเฉลี่ย (mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation, SD) และค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรผัน (coefficient of variation, CV)

ความถูกต้อง (accuracy) เติมไอโอดีน คือ สารมาตรฐานโพแทสเซียมไอโอเดตที่ความเข้มข้นต่างๆ ในตัวอย่างเกลือบริโภคที่มีไอโอดีนผสมอยู่ หาปริมาณไอโอดีนก่อนเติมและหลังเติม ทำซ้ำ 7 ครั้ง คำนวณค่าร้อยละของประสิทธิภาพวิธี (% recovery)

ความสัมพันธ์เชิงเส้นและช่วงทดสอบ (linearity and range) เติมสารละลายมาตรฐานไอโอดีน คือสารโพแทสเซียมไอโอเดต ในระดับความเข้มข้นที่ครอบคลุมช่วงการใช้งานลงในเกลือบริโภคที่มีไอโอดีนผสมอยู่ ทำซ้ำความเข้มข้นละ 7 ครั้ง คำนวณความแม่นยำ ความถูกต้อง และพลอตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไอโอดีน (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม) กับค่าการดูดกลืนแสงที่ 540 นาโนเมตร และคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (regression coefficient, R^2)

ผลการวิเคราะห์

จากการตรวจวิเคราะห์ปริมาณไอโอดีนในเกลือบริโภคเสริมไอโอดีนในเขตภาคตะวันออกเฉียง

เฉียงเหนือตอนบน 6 จังหวัด คือ ขอนแก่น เลย สกลนคร อุดรธานี หนองบัวลำภู และหนองคาย ตามโครงการคุ้มครองผู้บริโภค ซึ่งดำเนินการตั้งแต่ปีงบประมาณ พ.ศ. 2537 ถึง 2539 ส่งตรวจโดยสาธารณสุขแต่ละจังหวัดที่รับผิดชอบทั้งสิ้น จำนวน 46 ตัวอย่าง พบว่ามีเกลือบริโภคที่มีปริมาณไอโอดีนเข้ามาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 153 (พ.ศ. 2537) ร้อยละ 30.43 ไม่เข้ามาตรฐาน ร้อยละ 54.35 ตรวจไม่พบไอโอดีน ร้อยละ 15.21 ตรวจพบปริมาณไอโอดีนในระดับ ตรวจไม่พบ ถึง 318.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ร้อยละ 45.65 มีปริมาณระหว่างตรวจไม่พบถึงต่ำกว่า 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ร้อยละ 34.78 มีค่าระหว่าง 30 ถึง 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และช่วงระดับสูงกว่า 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คิดเป็นร้อยละ 19.56

การทดสอบประสิทธิภาพวิธี ค่าต่ำสุดที่ตรวจวิเคราะห์ได้ 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณต่ำสุดที่รายงานได้เท่ากับ 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ความแม่นยำของวิธีที่ความเข้มข้นต่างๆ 7 ความเข้มข้น คือ 3, 5, 15, 25, 30, 45, และ 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตัวอย่างละ 7 ซ้ำ ปริมาณที่ตรวจพบปริมาณไอโอดีนเฉลี่ย 2.53, 4.54, 12.72, 26.70, 30.39, 45.16 และ 62.38 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ความถูกต้องของวิธี พบว่าค่าร้อยละประสิทธิภาพวิธีเท่ากับ 84.34, 90.82, 84.86, 106.81, 101.31, 100.37 และ 103.97 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพวิธีวิเคราะห์ไอโอดีนในเกลือบริโภคที่ความเข้มข้นต่างๆ

ปริมาณไอโอดีนที่เติม (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	ร้อยละประสิทธิภาพวิธี [(mean $\pm$ SD), n= 7]	% CV
3	84.34 $\pm$ 0.08	3.27
5	90.82 $\pm$ 0.13	3.00
15	84.86 $\pm$ 0.33	2.60
25	106.81 $\pm$ 0.26	0.99
30	101.31 $\pm$ 0.25	0.82
45	100.37 $\pm$ 2.53	5.62
60	103.97 $\pm$ 3.13	5.03

เมื่อนำมาพลอตกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณไอโอดีนที่ตรวจวัดได้กับการดูดกลืนแสงที่ ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร ระดับความเข้มข้น 3 ถึง 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ได้กราฟมาตรฐาน เป็นเส้นตรง โดยสามารถเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$Y = 0.0101 X$$

เมื่อ Y = ค่าการดูดกลืนแสงที่
540 นาโนเมตร

X = ปริมาณไอโอดีนที่เดิม (มิลลิกรัม
ต่อกิโลกรัม)

ได้ค่า $R^2 = 0.9971$

สรุป และวิจารณ์

การวิเคราะห์ไอโอดีนในรูปไอโอเดตในเกลือบริโภค โดยวิธีทำให้เกิดสี โดยทำปฏิกิริยากับ สารละลาย 4-อะมิโนฟีนอลไฮโดรคลอไรด์ เพิ่มขึ้น 2% ด้วยเครื่อง spectrophotometer วัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร สามารถวิเคราะห์ ปริมาณไอโอดีนที่มีในเกลือบริโภค ซึ่งมีปริมาณ ค่าสุดที่รายงานได้คือ 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากการวิเคราะห์ปริมาณไอโอดีนในเกลือบริโภคที่ผลิต และจำหน่ายตั้งแต่ปีงบประมาณ พ.ศ. 2537 ถึง 2539 ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ส่วนใหญ่ พบอยู่ในช่วง 30 ถึง 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบเกลือบริโภคที่มีปริมาณไอโอดีนไม่ตรงตาม ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 153 (พ.ศ. 2537) ถึงร้อยละ 45.65 ส่วนใหญ่เป็นตัวอย่างเกลือบริโภคที่ไม่แจ้งสัดส่วนปริมาณไอโอดีนต่อเกลือบริโภคและ แหล่งผลิต ดังนั้นการผลิตเกลือบริโภคจำเป็นต้อง ควบคุมคุณภาพอย่างต่อเนื่อง เช่นการคำนวณและชั่ง น้ำหนักสารโพแทสเซียมไอโอเดต การใส่สาร โพแทสเซียมไอโอเดตลงในเกลือบริโภคในสัดส่วนที่มี ไอโอดีนให้ได้ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 153 (พ.ศ. 2537) เรื่องเกลือบริโภคอย่าง ถูกต้องแม่นยำ ผสมให้เข้ากันอย่างสม่ำเสมอ และ ต้องแจ้งปริมาณสัดส่วนไอโอดีนต่อเกลือบริโภคไว้

บนฉลากและระบุสถานที่ผลิตให้ถูกต้องชัดเจนเพื่อให้ ข้อมูลแก่ผู้บริโภคสำหรับการตัดสินใจซื้อเกลือ บริโภคที่มีปริมาณไอโอดีนใกล้เคียงค่ามาตรฐานตาม ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ระหว่างการจัด จำหน่ายควรเก็บเกลือบริโภคไว้ในที่ไม่ถูกแสงแดด เพราะทำให้ไอโอดีนสลายตัวได้ และผู้บริโภคควร เลือกซื้อเกลือบริโภคที่มีฉลากที่ถูกต้อง เพื่อได้ ปริมาณไอโอดีนตามต้องการ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ เกษัชกรหญิงลักขณา ลือประเสริฐ ผู้อำนวยการศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุน ตรวจสอบนำเสนอผลงาน

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงสาธารณสุข. (2537). พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2537. ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 153 (พ.ศ. 2537) เรื่องเกลือบริโภค. ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 111 พิเศษ 159 ลงวันที่ 18 มีนาคม 2537.
- นิทรา เนื่องจางค์ และ ทิพวัลย์ จิตตะวิภูล. (2543). ปริมาณไอโอดีนในเกลือบริโภคเสริม ไอโอดีน. วารสารกรมวิทยาศาสตร์การ แพทย์. 42(3):256-261.
- แสงโสม สีนะวัฒน์. (2544). โรคขาดสารไอโอดีน ในประเทศไทย (Fact sheet : Department of Health กรมอนามัย สถานการณ์สุขภาพ และสิ่งแวดล้อม) [serial online]. [cited December 24, 2001].
- อุดมเกียรติ พรธนะประเทศ. (2539). สารไอโอดีน. วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 38(1):59-68.



สีในขนม

วิไล เลา, โสภิน บำเพ็ญทรัพย์ และน้อย ทองสกุลพานิชย์

บทคัดย่อ

ปัจจุบันขนมที่วางจำหน่ายตามท้องตลาดมักมีสีสดฉูดฉาด เพื่อดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค แต่การบริโภคอาหารที่ใส่สีในปริมาณมากอาจเกิดอันตรายต่อร่างกายได้ ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ขอนแก่น จึงทำการสำรวจการปนเปื้อนของสีในขนมโดยตรวจเอกลักษณ์ชนิดของสีและวิเคราะห์ปริมาณสีในขนมตัวอย่างประเภทต่างๆ ที่สุ่มเก็บตัวอย่างในท้องตลาดโดยสำนักงานสาธารณสุขจังหวัด ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน 9 จังหวัด ตามโครงการคุ้มครองผู้บริโภค รวมทั้งสิ้น 7 ประเภท จำนวน 343 ตัวอย่าง ในปีงบประมาณ 2537-2538 พบว่ามีตัวอย่างที่ใช้สีซึ่งไม่เป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 66 (พ.ศ. 2525) จำนวน 89 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 25.9 โดยมีปริมาณสีเกินมาตรฐาน 45 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 13.1 โดยเฉพาะขนมอบกรอบ พบปริมาณสี 2,110 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งคิดเป็น 30 เท่าของปริมาณที่มาตรฐานกำหนดให้ใช้ได้ นอกจากนี้ยังพบสีสังเคราะห์ในอาหารที่ไม่อนุญาตให้ใช้สี เช่น ข้าวเกรียบ จำนวน 34 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 9.9 และตรวจพบสีที่ไม่อนุญาตให้ใช้ในอาหารจำนวน 19 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 5.54 ข้อมูลจากการสำรวจครั้งนี้ชี้ให้เห็นอันตรายของขนมใส่สีที่ไม่ได้มาตรฐาน มีประโยชน์ในการเลือกซื้อขนมของผู้บริโภค และใช้เป็นแนวทางสำหรับผู้ประกอบการและหน่วยงานที่รับผิดชอบในการแก้ไขปัญหาต่อไป

Abstract

Snacks and sweets are widely marketed. Most of them have vivid color in order to attract consumer's attention. However, eating food with excess color may cause a health risk. A survey on quality and safety of snacks and sweets was therefore carried out by the Regional Medical Sciences Center in Khon Kaen during the fiscal years 1994 - 1995. A total of 343 samples of 7 kinds of snacks and sweets collected from 9 provinces in upper northeast Thailand were analyzed using thin layer chromatography and spectrophotometry. The results showed that 89 samples (25.9%) did not conform to the Ministry of Public Health Notification No. 66 (B.E. 2525) due to excess of color added. The highest amount of colors was 2,110 mg/kg which was 30 times the amount permitted. Moreover, synthetic color was found in 34 samples (9.9%) of the food items not allowed to be color-added. The color prohibited from being added to any food was detected in 19 samples (5.54%). Therefore, consumers, manufacturers and responsible organizations can use the results, which indicated misuse and overuse of color in snacks and sweets, as a guideline for solving the problems.

¹ ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ ขอนแก่น ถนนหน้าศูนย์ราชการ อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000

บทนำ

ในการผลิตขนมประเภทที่ทำจากแป้งหรือข้าวผสมกะทิและน้ำตาลเป็นหลัก ผู้ผลิตมักเติมสิ่งปรุงแต่งต่างๆ เช่น สี สารแต่งกลิ่น และวัตถุกันเสีย เป็นต้น สีเป็นสิ่งที่ดึงดูดใจให้ผู้บริโภคเลือกซื้อขนมนั้น สีที่ใช้ผสมในขนมมี 2 ชนิดคือ

1. สีจากธรรมชาติ เป็นสีที่ปลอดภัยในการใช้ผสมขนมมากที่สุด ไม่ได้กำหนดปริมาณการใช้ สามารถใช้ติดต่อกันเป็นเวลานานโดยไม่เกิดพิษภัย สีธรรมชาตินอกจากใช้แต่งสีแล้วยังช่วยให้ขนมมีกลิ่นหอมอีกด้วย

2. สีสังเคราะห์สำหรับผสมอาหาร มีการกำหนดชนิดและปริมาณของสีที่ใช้ผสมในอาหาร โดยสีนั้นจะต้องมีความบริสุทธิ์ ไม่มีสิ่งเจือปนที่เป็นพิษไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกายเมื่อใช้ในปริมาณที่กำหนด สีสังเคราะห์ที่อนุญาตให้ผสมอาหารได้ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 66 (พ.ศ.2525) มี 7 ชนิดได้แก่ สีปองโซ 4 อาร์ สีบริลเลียนท์ บลู เอ็ฟ ซี เอ็ฟ สีเออร์โทรจีน สีตาร์ตราซีน สีซันเช็ตเยลโลว์ เอ็ฟ ซี เอ็ฟ สีฟาสต์กรีน เอ็ฟ ซี เอ็ฟ และสีอินดิโกคาร์มิน หรือ อินดิโกติน โดยกำหนดปริมาณที่ใช้ดังนี้ อาหารประเภทเครื่องดื่ม ไอศกรีม ลูกกวาด และขนมหวาน ให้ใช้สีปองโซ 4 อาร์ และสีบริลเลียนท์ บลู เอ็ฟ ซี เอ็ฟ ได้ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม สีเอโซรูบิน สีเออร์โทรจีน สีตาร์ตราซีน สีซันเช็ตเยลโลว์ เอ็ฟ ซี เอ็ฟ สีฟาสต์กรีน เอ็ฟ ซี เอ็ฟ และสีอินดิโกคาร์มิน หรือ อินดิโกติน ให้ใส่ได้ไม่เกิน 70 มิลลิกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม และขนมบางชนิดห้ามใส่สี เช่น ข้าวเกรียบ ซึ่งได้แก่ ข้าวเกรียบกุ้งและข้าวเกรียบปลา เป็นต้น

ผู้ผลิตขนมควรศึกษาข้อกำหนดในการใช้สีแต่ละชนิดและใช้อย่างถูกต้องตามข้อกำหนด ในขณะที่ผู้บริโภคควรเลือกขนมที่มีสีตามธรรมชาติหรือแต่งสีเพียงเล็กน้อยและควรเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีฉลากชี้แจงแหล่งผลิตด้วย การบริโภคสีในปริมาณมากบ่อยครั้งจะเป็นอันตรายต่อระบบย่อยอาหาร ทำให้เบื่ออาหาร

และคลื่นไส้อาเจียนได้ ถ้าเป็นสีที่ไม่อนุญาตให้ใช้ผสมอาหารก็จะทำให้เกิดการสะสมโลหะที่ปนเปื้อนมากับสี เช่น ตะกั่ว และ สารหนู เป็นต้น การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาร้อยละของขนมแต่ละประเภทที่มีสีในลักษณะซึ่งไม่ตรงตามข้อกำหนดตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 66 (พ.ศ. 2525)

วัตถุดิบและวิธีการ

ได้รับตัวอย่างขนมประเภทลูกอม ลูกกวาด ขนมอบกรอบ ข้าวเกรียบ วุ้น เยลลี่ น้ำหวาน และไอศกรีมจำนวน 263 ตัวอย่าง จากสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดในเขต 6 ซึ่งส่งตรวจวิเคราะห์ตามโครงการคุ้มครองผู้บริโภค และตัวอย่างขนมประเภทน้ำหวานและไอศกรีม ซึ่งส่งตรวจโดยผู้ประกอบการเพื่อขอขึ้นทะเบียนตำรับอาหารจำนวน 80 ตัวอย่าง รวมจำนวนตัวอย่างทั้งสิ้น 343 ตัวอย่าง ระยะเวลาดำเนินการตั้งแต่ปีงบประมาณ 2537 - 2538 และในการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังนี้

1. ตรวจเอกลักษณ์ของสีโดยสกัดสีออกจากตัวอย่างด้วยไหมพรมขนสัตว์แล้วตรวจเอกลักษณ์ด้วยวิธี paper chromatography เทียบกับสีมาตรฐาน (Woodman, 1941)

2. ถ้าพบสีที่อนุญาตให้ใช้ผสมอาหาร ยกเว้นสีเออร์โทรจีน นำมาวิเคราะห์หาปริมาณสีโดยการสกัดสีออกจากตัวอย่างตามวิธีของ Woodman (1941) แล้วตรวจวัดปริมาณสีด้วยเครื่อง spectrophotometer (สีธรรมชาติและสีที่ไม่อนุญาตให้ใช้ผสมอาหารตรวจเฉพาะเอกลักษณ์ของสี)

3. สีเออร์โทรจีน สกัดด้วย n-butanol แล้วตรวจวัดปริมาณสีด้วยเครื่อง spectrophotometer (ทัศนีย์ จุฬามรกด, 2534)

ผลการวิเคราะห์

จากการตรวจเอกลักษณ์ชนิดของสีและวิเคราะห์ปริมาณสีในขนมประเภทลูกอม ลูกกวาด ขนมอบกรอบ ข้าวเกรียบ น้ำหวาน วุ้น เยลลี่ และไอศกรีม

รวมทั้งสิ้น 343 ตัวอย่าง พบว่าขนมที่มีชนิดหรือปริมาณสีไม่ตรงตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 66 (พ.ศ. 2525) ร้อยละ 25.9 ขนมที่มีปริมาณ

สีไม่ตรงตามประกาศฯ มากที่สุดได้แก่ ข้าวเกรียบ (ร้อยละ 97.1) รองลงมาเป็นขนมอบกรอบ (ร้อยละ 60) และวุ้น เยลลี่ (ร้อยละ 23.7) ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ประเภทและจำนวนขนมที่มีสีไม่ตรงตามเกณฑ์ที่กำหนด

ประเภทขนม	จำนวนตัวอย่างตรวจวิเคราะห์	มีสีไม่ตรงตามเกณฑ์ที่กำหนด	
		จำนวน	ร้อยละ
น้ำหวาน	118	8	6.8
ลูกอม ลูกกวาด	64	5	7.8
ขนมอบกรอบ	50	30	60.0
วุ้น เยลลี่	38	9	23.7
ไอศกรีม	38	3	7.9
ข้าวเกรียบ	35	34	97.1
รวม	343	89	25.9

เมื่อพิจารณาถึงสีที่อยู่ในขนม พบลักษณะ ไม่เข้าเกณฑ์ตามประกาศฯ อยู่ 3 ลักษณะ คือมี ปริมาณสีเกินค่าที่กำหนด มีสีที่ไม่อนุญาตให้ใช้ใน อาหารและพบสีสังเคราะห์ในอาหารห้ามใส่สี โดย ขนมที่ไม่อนุญาตให้ใส่สีแดงตรวจพบสีสังเคราะห์ ขนมที่พบปริมาณสีเกินค่าที่กำหนดมากที่สุดคือขนม คือ ข้าวเกรียบ (ร้อยละ 97.1) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลักษณะของสีในขนมที่ไม่ตรงตามเกณฑ์ที่กำหนด

ประเภทขนม	ลักษณะการไม่เข้ามาตรฐาน (ร้อยละ)		
	มีปริมาณที่เกินมาตรฐาน	มีสีไม่อนุญาตให้ใช้	มีสีสังเคราะห์ในอาหารห้ามใส่สี
ลูกอม ลูกกวาด	6.2	1.6	-
ขนมอบกรอบ	48.0	12.0	-
ข้าวเกรียบ	-	26.5	97.1
น้ำหวาน	5.9	0.8	-
วุ้น เยลลี่	23.7	-	-
ไอศกรีม	2.6	5.3	-

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างขนมที่มี และไม่มีเลขทะเบียนตำรับอาหารพบว่าในประเภทที่ ต้องขึ้นทะเบียนตำรับอาหารได้แก่ ลูกอม ลูกกวาด วุ้น เยลลี่ น้ำหวานและไอศกรีม พบว่าขนมที่มีสี ไม่เข้าเกณฑ์

ตามประกาศฯมากที่สุดคือเยลลี่ซึ่งเป็นตัวอย่างที่มีเลข ทะเบียนตำรับอาหารร้อยละ 12.5 ตัวอย่างที่ไม่มีเลข ทะเบียนตำรับอาหารร้อยละ 21.0 และตัวอย่างที่ส่งตรวจ เพื่อ ขอขึ้นทะเบียนตำรับอาหารร้อยละ 66.7 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบการไม่ตรงตามเกณฑ์ที่กำหนดของขนมที่มีและไม่มีเลขทะเบียนตำรับอาหารกำกับ

ประเภทขนม	มีเลขทะเบียนตำรับอาหาร			ไม่มีเลขทะเบียนตำรับอาหาร			เพื่อขอขึ้นทะเบียนตำรับอาหาร		
	จำนวน ที่ตรวจ	ผิดมาตรฐาน		จำนวน ที่ตรวจ	ผิดมาตรฐาน		จำนวน ที่ตรวจ	ผิดมาตรฐาน	
		จำนวน	ร้อยละ		จำนวน	ร้อยละ		จำนวน	ร้อยละ
ลูกอม ลูกกวาด	26	-	-	38	5	13.2	-	-	-
วุ้น เยลลี่	16	2	12.5	19	4	21.0	3	2	66.7
น้ำหวาน	30	-	-	40	6	15.0	48	2	4.2
ไอศกรีม	-	-	-	9	-	-	29	3	10.3
รวม	72	2	2.8	106	15	14.1	80	7	8.7

สรุปผลและวิจารณ์

จากการตรวจเอกลักษณ์และวิเคราะห์ปริมาณสีในขนมชนิดต่างๆ จะเห็นว่ายังมีขนมบางส่วนที่มีสีไม่ตรงตามเกณฑ์ที่กำหนดตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 66 (พ.ศ. 2525) โดยพบมากที่สุดในช่วงเกือบถึงร้อยละ 97.1 ซึ่งร้อยละ 26.5 เป็นสีสังเคราะห์ที่ห้ามใช้ในอาหารต่างๆ ที่ข้าวเหนียวเป็นอาหารห้ามใส่สี ขนมที่มีปริมาณสีเกินค่าที่กำหนดมากที่สุดคือขนมอบกรอบ เนื่องจากมีน้ำหนักรวมและสีสด ปริมาณสีต่อน้ำหนักจึงมีสีค่าสูงมาก ซึ่งมีค่าสีสูงถึง 30 เท่าของค่าที่อนุญาตให้ใช้ขนมเหล่านี้ส่วนใหญ่ไม่ได้แจ้งแหล่งผลิตและมีวางจำหน่ายตามร้านค้าทั่วไป ขนมจำพวกวุ้นและเยลลี่ก็เป็นอีกประเภทหนึ่งที่พบปริมาณสีเกินมาตรฐานอยู่มากและบางส่วนเป็นตัวอย่างที่มีเลขทะเบียนตำรับอาหาร การที่มีสีในขนมในลักษณะที่ไม่ตรงตามเกณฑ์ที่กำหนดตามประกาศฯ อาจเนื่องมาจากผู้ประกอบการไม่ทราบถึงข้อกำหนดการใช้สีผสมอาหารและพิษภัยของการได้รับสีที่ไม่ใช่สีผสมอาหารเข้าไปในร่างกาย นอกจากนี้ผู้ประกอบการบางรายขาดการควบคุมการผลิตที่สม่ำเสมอ จะเห็นได้จากการที่ขนมซึ่งมีเลขทะเบียนตำรับอาหารแล้วยังตรวจพบสีในลักษณะที่ไม่ตรงตามเกณฑ์ที่กำหนด ดังนั้นผู้บริโภคควรเลือกซื้อขนมใส่สีอย่างระมัดระวัง ไม่ซื้อขนมที่มีสีเข้มฉูดฉาด ขนมที่ไม่มีฉลากแจ้ง

แหล่งผลิต ทั้งนี้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรกำกับดูแลการผลิตขนมจำหน่ายของผู้ประกอบการให้มากขึ้นด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณฝ่ายเภสัช สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดในเขต 6 ที่เก็บตัวอย่างจากตลาดส่งตรวจ เภสัชกรหญิงลักษณา ลือประเสริฐ ผู้อำนวยการศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ ขอนแก่น ที่ช่วยตรวจรายงานผลวิเคราะห์ และคุณสมชัย เจริญพรพันธ์ ที่ช่วยแก้ไขบทความ

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงสาธารณสุข. (2522). พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522. ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 66 (พ.ศ. 2525) เรื่องกำหนดสีผสมอาหารเป็นอาหารควบคุมเฉพาะและกำหนดคุณภาพมาตรฐานการใช้ การผสม และฉลาก. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 99 ตอนที่ 27 ลงวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2525. ทศนีย์ จุฬามรกด. (2534). วิเคราะห์ปริมาณสีเออร์โทรซินอย่างง่ายในขนมหวาน. ว. กรมวิทย์. พ. 33(2):65-69.

Woodman, A.G. (1941). Food Analysis. New York: McGraw-Hill Book Company. p.64-71.

การติดตามผลบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ รุ่นที่ 20-24

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ปราโมทย์ ครองยุทธ¹, อำนวย มณีศรีวงศ์กุล¹, รังสรรค์ เนียมสนิท¹, วิชุดา ไชยศิวิมมงคล¹,
 ขรินทร์ ภู่อุสมุท¹, สุรเดช ถาวรพิทักษ์¹, สุพรรณิ อึ้งปัญสัตวงศ์¹, สุกัญญา เรืองสุวรรณ¹,
 ญาณพร ตงประสิทธิ์¹, เมธี พงศ์กิจวิฑูร¹ และศิริรัตน์ วงศ์ประกรณ์กุล¹

บทคัดย่อ

ภาควิชาสถิติ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง การติดตามผลบัณฑิตคณะวิทยาศาสตร์ รุ่นที่ 20-24 หรือบัณฑิตที่สำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2538-2542 โดยส่งแบบสอบถามไปยังบัณฑิตและผู้บังคับบัญชา มีบัณฑิตตอบแบบสอบถามกลับมาจำนวน 381 คน คิดเป็นร้อยละ 36.39 ของบัณฑิตทั้งหมด และมีผู้บังคับบัญชาตอบกลับมาจำนวน 54 คน คิดเป็นร้อยละ 14.17 ของแบบสอบถามทั้งหมด ในส่วนของบัณฑิตจำนวน 381 คนพบว่า เป็นหญิงร้อยละ 62.47 พักอาศัยอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือร้อยละ 54.33 รองลงมาอยู่ในกรุงเทพฯร้อยละ 31.23 ระดับการศึกษาของบัณฑิตส่วนมากยังคงเป็นปริญญาตรีคือมีร้อยละ 93.18 บัณฑิตทำงานตรงกับสาขาวิชาที่จบร้อยละ 39.37 ทำงานไม่ตรงกับสาขาที่จบร้อยละ 23.88 กำลังศึกษาต่อร้อยละ 27.03 และยังว่างงานอยู่เพียงร้อยละ 9.71 ทำงานเอกชนมีร้อยละ 64.17 มีรายได้ต่อเดือนในช่วง 6,000 - 10,000 บาทมีจำนวนร้อยละ 50.79 เมื่อให้บัณฑิตให้คะแนนแหล่งความรู้ที่นำมาใช้ในการทำงานพบว่า แหล่งความรู้จากหลักสูตรมีคะแนนเฉลี่ย 45.45 คะแนน รองลงมาคือการค้นคว้าด้วยตนเองมีคะแนนเฉลี่ย 30.64 คะแนน และความรู้จากการอบรมเพิ่มเติมมีคะแนนเฉลี่ย 10.47 คะแนน เมื่อให้บัณฑิตประเมินตนเองเทียบกับบัณฑิตจากสถาบันอื่น บัณฑิตมีความเห็นว่าดีกว่าสถาบันอื่นในด้านความขยันอดทน ความรับผิดชอบในงาน และความเสียสละและอุทิศตนมีจำนวนร้อยละ 59.14 38.11 และ 35.38 ตามลำดับ ส่วนที่เห็นว่าด้อยกว่าสถาบันอื่นคือในด้านความรู้และการใช้ภาษาอังกฤษในการสื่อสาร ด้านการแสดงความคิดเห็นและการแสดงออก และด้านความรู้รอบตัว มีจำนวนร้อยละ 56.60 37.63 และ 22.16 ตามลำดับ ในส่วนของผู้บังคับบัญชาพบว่าบัณฑิตคณะวิทยาศาสตร์ดีกว่าสถาบันอื่นในด้านความรับผิดชอบงาน และการเป็นที่ยอมรับของผู้ร่วมงานมีจำนวนร้อยละ 62.75 และ 58.82 ตามลำดับ ส่วนที่ผู้บังคับบัญชาเห็นว่าด้อยกว่าสถาบันอื่นมีจำนวนไม่มากนักสูงสุดสองอันดับแรกคือด้านความรู้และการใช้ภาษาอังกฤษในการสื่อสาร และด้านความสามารถในการเป็นผู้นำที่มีร้อยละ 13.73 และ 9.80 ตามลำดับ

¹ ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002

Abstract

KKU Faculty of Science's graduates who obtained their degrees in 1995-1999 were followed up by the Department of Statistics. Two self-administered questionnaires were sent to each graduate, one for himself/herself and the other for his/her supervisor. Response rates were 36.39 and 14.17% for graduates and supervisors, respectively. About 62.47% of the responding graduates were females. 54.33% lived in the northeast while 31.23% lived in Bangkok. About 93.18% were graduates with bachelor degree. About 39.37% were employed in the area of their specialization whereas 23.88 % were not. Only 9.71% were still unemployed while 27.03% continued their education. About 64.17% worked for private agencies and 50.79% earned 6,000 - 10,000 baht a month. The graduates reported that their working knowledge was from the program of study at KKU ($\bar{X}$ = 45.45 scores), self study ($\bar{X}$ = 30.64 scores), and additional training ($\bar{X}$ = 10.47 scores). When compared with the graduates from other institutions, they rated themselves better in terms of diligence, responsibility, and sacrifice (59.14, 38.11 and 35.38%, respectively). However, they rated themselves less competent in terms of knowledge and ability to communicate in English, participation in discussion and expression, and general knowledge (56.60, 37.63 and 22.16%, respectively). Similarly, the supervisors of these graduates rated them better than the graduates from other institutions in terms of responsibility and acceptance by colleagues (62.75 and 58.82%) but less capable in terms of using English in communication and taking leadership (13.73 and 9.80%).

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาสภาพทั่วไปของบัณฑิตและผู้บังคับบัญชาของบัณฑิต
2. เพื่อประเมินบัณฑิตในด้านต่างๆ โดยตัวของบัณฑิตเองและโดยผู้บังคับบัญชาที่ใช้หรือเคยใช้บัณฑิตของคณะวิทยาศาสตร์
3. เพื่อสำรวจความคิดเห็นของบัณฑิตเกี่ยวกับหลักสูตร ด้านการเรียนการสอนและการประเมินผล

การจัดการเรียน การสอน ความรู้ ความสามารถของบัณฑิต นอกจากนั้นยังทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของหลักสูตรโดยภาพรวม ว่ามีจุดเด่น จุดด้อยอย่างไร ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อการผลิตบัณฑิต และการพัฒนาประเทศชาติโดยรวม นอกจากนี้ยังทราบความคิดเห็นของผู้ใช้บัณฑิตด้วย ผลที่ได้สามารถนำไปใช้ในการวางแผนเพื่อปรับปรุงเรื่อง input หรือ process ในกระบวนการเรียนการสอนต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาเฉพาะบัณฑิตคณะวิทยาศาสตร์ที่จบการศึกษาในปีการศึกษา 2538 ถึงปีการศึกษา 2542 หรือรุ่นที่ 20-24 ของคณะวิทยาศาสตร์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การวิจัยครั้งนี้ทำให้ทราบสารสนเทศในด้านต่างๆ ของบัณฑิตที่จบจากคณะวิทยาศาสตร์ ในด้าน

วิธีดำเนินการวิจัยและแหล่งข้อมูล

1. ประชากรในการวิจัย แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่
 - กลุ่มที่ 1 บัณฑิตคณะวิทยาศาสตร์ ที่สำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2538-2542 ของมหาวิทยาลัยขอนแก่น รวมทั้งสิ้น 1,047 คน
 - กลุ่มที่ 2 ผู้บังคับบัญชาที่ใช้หรือเคยใช้บัณฑิตจากคณะวิทยาศาสตร์
- รายชื่อบัณฑิต ที่อยู่และที่ทำงาน ได้มาจากสำนักทะเบียนและประมวลผล มหาวิทยาลัยขอนแก่น

จากนั้นนำมาหากรอบที่แท้จริงของบัณฑิต เพื่อให้ได้ข้อมูลกลับมามากที่สุด โดยทำการติดต่อสื่อสารกับตัวของบัณฑิตในแต่ละรุ่น

สำหรับหลักสูตรของภาควิชาต่างๆ ได้มาจากฝ่ายทะเบียนนักศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยได้สร้างแบบสอบถาม

2 ชุด

ชุดที่ 1 สำหรับบัณฑิต มี 3 ตอน คือข้อมูลทั่วไปของบัณฑิต การประเมินบัณฑิตด้านต่างๆ และความคิดเห็นของบัณฑิตต่อหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต รวมทั้งสภาพการเรียนรู้ การสอนของวิชาในกลุ่มต่างๆ วิธีการสอนสุดท้ายคือการวัดผลของอาจารย์ที่สอนในกลุ่มวิชาต่างๆ โดยมีเกณฑ์การวัดอยู่ 5 ระดับ (5 = พอใจอย่างยิ่ง 4 = พอใจ 3 = ปานกลาง เลขๆ 2 = ไม่พอใจ 1 = ไม่พอใจอย่างยิ่ง) และสำหรับการประเมินคุณภาพของบัณฑิตใช้ 3 ระดับ (3 = มากกว่า/ดีกว่า 2 = ไม่แตกต่าง 1 = น้อยกว่า/ด้อยกว่า)

ชุดที่ 2 สำหรับผู้บังคับบัญชา มี 2 ตอน คือข้อมูลทั่วไปของผู้บังคับบัญชา และการประเมินคุณลักษณะและความสามารถของบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในด้านต่างๆ โดยมีเกณฑ์การวัดอยู่ 3 ระดับ (3 = มากกว่า/ดีกว่า 2 = ไม่แตกต่าง 1 = น้อยกว่า/ด้อยกว่า)

3. วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลเป็นหลายช่วงเวลาและหลายวิธีการ เนื่องจากต้องแยกเก็บระหว่างตัวบัณฑิตและผู้บังคับบัญชาที่ใช้หรือเคยใช้บัณฑิต อีกทั้งเพื่อเป็นการลดความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นจากการเก็บ

รวบรวมข้อมูล โดยใช้วิธีการส่งแบบสอบถามทางไปรษณีย์ และใช้วิธีส่งพนักงานสัมภาษณ์ไปทำการสัมภาษณ์เพิ่มเติมสำหรับบัณฑิตที่อยู่ในเขตจังหวัดขอนแก่นที่ทางภาควิชาสถิติสามารถติดต่อได้ สำหรับผู้บังคับบัญชาของบัณฑิตใช้วิธีส่งแบบสอบถามทางไปรษณีย์

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงบรรยาย (descriptive statistics) ในรูปของคำบรรยาย ตาราง และกราฟเป็นต้น

การจัดเก็บข้อมูลตลอดจนการประมวลผลข้อมูลของการวิจัยครั้งนี้ ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (Statistical Analysis Systems) และโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS/PC+ ตามความเหมาะสม

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 9 ข้อย่อยดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของบัณฑิต และผู้บังคับบัญชา
2. การประเมินคุณภาพของบัณฑิต
3. ความคิดเห็นของบัณฑิตด้านการประเมินสภาพการณ์การเรียนรู้และการสอน
4. ความคิดเห็นของบัณฑิตด้านการประเมินวิธีการสอน
5. ความคิดเห็นของบัณฑิตด้านการประเมินการวัดผลการเรียน
6. ความคิดเห็นของบัณฑิตด้านหลักสูตร
7. ความคิดเห็นของบัณฑิตเกี่ยวกับการฝึกงาน
8. ความคิดเห็นของบัณฑิตเกี่ยวกับโครงการวิจัยหรือปัญหาพิเศษ
9. สรุปความคิดเห็นอื่นๆ จากคำถามปลายเปิด

ซึ่งการนำเสนองานวิจัยนี้ เน้นที่ภาพรวมของคณะวิทยาศาสตร์ สำหรับรายละเอียดในแต่ละสาขาวิชานำเสนอในรูปของตาราง และกราฟ สามารถติดตามอ่านได้จากรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ที่คณะวิทยาศาสตร์

1. ข้อมูลทั่วไปของบัณฑิต และผู้บังคับบัญชา

สำหรับจำนวนแบบสอบถามที่ได้กลับมาของบัณฑิตตอบกลับมา 381 ชุดคิดเป็นร้อยละ 36.39 ของทั้งหมด ส่วนแบบสอบถามที่ได้จากผู้บังคับบัญชานั้น คณะผู้วิจัยได้สอบถามเฉพาะผู้บังคับบัญชาของกลุ่มบัณฑิตที่ตอบแบบสอบถามกลับมายังคณะผู้วิจัย นั่นคือจำนวน 381 ชุด ในกลุ่มที่ทำงานหรือเคยทำงานมาก่อนเท่านั้น มีผู้บังคับบัญชาตอบกลับมา 54 ชุด สามารถสรุปประเด็นต่างๆ ได้ดังนี้

ลักษณะโดยทั่วไปของบัณฑิต

เพศ ผู้ที่ตอบกลับเป็นเพศหญิงร้อยละ 62.47 ที่อยู่อาศัยของผู้ตอบ อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ร้อยละ 54.33 รองลงมาอยู่ในกรุงเทพฯ ร้อยละ 31.23 การศึกษาสูงสุดที่จบ เป็นปริญญาตรีร้อยละ 93.18 นอกนั้นเป็นปริญญาโท สอบเข้าโดยวิธี รับตรงร้อยละ 56.17 รองลงมาจากทบวงฯ ร้อยละ 38.32 สถานภาพการทำงาน พบว่าได้งานตรงกับสาขาที่จบร้อยละ 39.37 ศึกษาต่อร้อยละ 27.03 งานไม่ตรงสาขาที่จบร้อยละ 23.88 นอกนั้นว่างงาน ประเภทหน่วยงานที่เข้าทำงาน เป็นบริษัทเอกชนร้อยละ 64.17 รองลงมาเป็นหน่วยงานราชการร้อยละ 28.35 นอกนั้นเป็นรัฐวิสาหกิจและอื่นๆ ประเภทของการทำงานในปัจจุบัน เป็นด้านคอมพิวเตอร์ร้อยละ 23.32 ด้านการสอนและอบรมร้อยละ 16.21 ด้านอุตสาหกรรมร้อยละ 15.02 นอกนั้นด้านอื่นๆ รายได้ที่ได้รับต่อเดือน อยู่ในช่วง 6,000-10,000 บาท ร้อยละ 50.79 ช่วง 10,001-20,000 บาท ร้อยละ 37.40 การได้รับการอบรมเพิ่มเติมจากหน่วยงาน พบว่าได้รับการฝึกอบรมระหว่างปฏิบัติงานร้อยละ 42.86 สามารถทำงานได้เลยโดยไม่ต้องรับการอบรมใด ๆ เพิ่มเติม ทั้งสิ้นร้อยละ 32.94 นอกนั้นเป็นการฝึกอบรมก่อนปฏิบัติงาน แหล่งความรู้ที่นำมาใช้ในขณะทำงาน เมื่อให้บัณฑิตให้คะแนนกับแหล่งความรู้ต่างๆ พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วได้ความรู้จากหลักสูตรที่เรียน 45.45 คะแนน ความรู้จากการค้นคว้าด้วยตนเอง 30.64 คะแนน ความรู้จากการอบรมเพิ่มเติมจากสถาบันอื่น 10.47 คะแนน

ความรู้จากครอบครัว 6.81 คะแนน นอกนั้นได้รับจากแหล่งความรู้อื่น ๆ

ลักษณะโดยทั่วไปของผู้บังคับบัญชา

เพศ ผู้ตอบเป็นเพศชายจำนวน 32 คนคิดเป็นร้อยละ 59.26 นอกนั้นเป็นเพศหญิง วุฒิการศึกษา จบปริญญาตรี และปริญญาโทเท่ากันคือจำนวน 24 คนคิดเป็นร้อยละ 44.44 นอกนั้นจบปริญญาเอก สถาบันที่จบ พบว่าจบจากมหาวิทยาลัยขอนแก่นจำนวน 8 คนคิดเป็นร้อยละ 15.38 จากมหาวิทยาลัยรามคำแหง สถาบันพัฒนาบริหารศาสตร์ สถาบันราชภัฏฯ เท่ากันคือจำนวน 5 คนคิดเป็นร้อยละ 9.62 ประเภทหน่วยงาน ที่ตอบกลับเป็น บริษัทเอกชนจำนวน 29 คนคิดเป็นร้อยละ 53.7 ราชการจำนวน 17 คนคิดเป็นร้อยละ 31.48 รัฐวิสาหกิจจำนวน 2 คนคิดเป็นร้อยละ 3.7 นอกนั้นอื่นๆ ฐานะที่เกี่ยวข้องกับบัณฑิต พบว่าผู้บังคับบัญชาฝ่ายจำนวน 26 คนคิดเป็นร้อยละ 48.15 ผู้บังคับบัญชาสูงสุดจำนวน 11 คนคิดเป็นร้อยละ 20.37 นอกนั้นเป็นหัวหน้างานของบัณฑิต ระยะเวลาที่รับบัณฑิตเข้าทำงาน พบว่าระยะเวลา 1 ปี มีจำนวน 29 คนคิดเป็นร้อยละ 53.70 ระยะเวลา 2 ปี มีจำนวน 12 คนคิดเป็นร้อยละ 22.22 ระยะเวลา 3 ปี มีจำนวน 8 คนคิดเป็นร้อยละ 14.81 ระยะเวลา 4 ปี มีจำนวน 2 คนคิดเป็นร้อยละ 3.70 ระยะเวลามากกว่า 4 ปีมีจำนวน 3 คนคิดเป็นร้อยละ 5.56 ความคุ้นเคยกับบัณฑิต กลุ่มที่คุ้นเคยกับบัณฑิตมีจำนวน 29 คนคิดเป็นร้อยละ 53.70 กลุ่มที่ค่อนข้างคุ้นเคยมีจำนวน 15 คนคิดเป็นร้อยละ 27.78 กลุ่มที่คุ้นเคยมากมีจำนวน 7 คนคิดเป็นร้อยละ 12.96 นอกนั้นเป็นกลุ่มที่รู้จักแบบผิวเผิน ความก้าวหน้าและการเลื่อนตำแหน่ง เมื่อเทียบกับสถาบันอื่น รุ่นใกล้เคียงพบว่าพอ ๆ กันจำนวน 40 คนคิดเป็นร้อยละ 81.63 นอกนั้นเร็วกว่าสถาบันอื่นในการรับบัณฑิตเข้าทำงาน พบว่าผู้บังคับบัญชาไม่เคยปฏิเสธบัณฑิตจากคณะวิทยาศาสตร์เลยจำนวน 34 คนคิดเป็นร้อยละ 73.91 นอกนั้นเคยปฏิเสธ โดยให้เหตุผลว่าปฏิเสธเพราะมีผู้สมัครท่านอื่นน่าสนใจมากกว่าหรือบางครั้งบริษัทยังไม่ขาดบุคลากรและบัณฑิตที่มา

สมัครไม่ตรงกับสาขาที่ต้องการ ระดับคุณภาพของบัณฑิต เมื่อเทียบกับสถาบันอื่นรุ่นใกล้เคียงโดยภาพรวมพบว่า พอใจมากจำนวน 26 คนคิดเป็นร้อยละ 52.00 พอใจปานกลางจำนวน 24 คนคิดเป็นร้อยละ 48.00

2. การประเมินบัณฑิต

2.1 ในทัศนะของบัณฑิต ประเมินตนเองในด้านที่ดีกว่า ค่อนข้างและไม่แตกต่างใน 3 อันดับแรกได้ดังนี้

- ค่อนข้างสถาบันอื่นได้แก่ ความรู้และการใช้ภาษาอังกฤษในการสื่อสารร้อยละ 56.60 ด้านการแสดงความคิดเห็นและการแสดงออกร้อยละ 37.63 และความรู้รอบตัวร้อยละ 22.16
- ดีกว่าสถาบันอื่นได้แก่ความขยันอดทนร้อยละ 59.14 ความรับผิดชอบในงานร้อยละ 38.11 และความเสียสละและอุทิศตนร้อยละ 35.58
- ไม่แตกต่างจากสถาบันอื่นในเรื่องความรู้และการใช้ภาษาไทยได้อย่างถูกต้องร้อยละ 80.98 ความรู้ความเข้าใจในงานที่ทำร้อยละ 80.81 ความสามารถในการเป็นผู้ตามที่ดีร้อยละ 81.08

2.2 ในทัศนะของผู้บังคับบัญชาของบัณฑิต ประเมินบัณฑิตในด้านที่ดีกว่า ค่อนข้างและไม่แตกต่างใน 3 อันดับแรกได้ดังนี้

- ค่อนข้างสถาบันอื่นได้แก่ ความรู้และการใช้ภาษาอังกฤษในการสื่อสารร้อยละ 13.73 ความสามารถในการเป็นผู้นำที่ดีร้อยละ 9.80 การตัดสินใจและการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบร้อยละ 7.84 และการมีแบบแผนในการทำงานร้อยละ 7.84
- ดีกว่าสถาบันอื่นได้แก่ ความรับผิดชอบในงานร้อยละ 62.75 การเป็นที่ยอมรับจากผู้ร่วมงานร้อยละ 58.82 ความซื่อสัตย์ร้อยละ 54.90 และด้านคุณธรรมและจริยธรรมร้อยละ 54.90

- ไม่แตกต่างจากสถาบันอื่นในเรื่อง ความรู้และการใช้ภาษาไทยได้อย่างถูกต้องร้อยละ 76.47 ความรู้และการใช้ภาษาอังกฤษในการสื่อสารร้อยละ 74.51 ความสามารถในการเป็นผู้ตามที่ดีร้อยละ 74.00 การสร้างชื่อเสียงให้กับหน่วยงานที่สังกัดร้อยละ 72.55

3. ความคิดเห็นของบัณฑิตด้านการเรียนและการสอน

3.1 กลุ่มวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน ประเด็นที่ไม่พอใจอย่างยิ่งคือ กิจกรรมเสริมหลักสูตรร้อยละ 11.76 การปฏิบัติการและเครื่องมือร้อยละ 8.91 ห้องสมุดร้อยละ 8.91 และความพร้อมของห้องเรียนร้อยละ 6.96

3.2 กลุ่มวิชาบังคับ ประเด็นที่ไม่พอใจอย่างยิ่งคือ ห้องสมุดร้อยละ 10.39 การปฏิบัติการและเครื่องมือร้อยละ 6.48 กิจกรรมเสริมหลักสูตรร้อยละ 6.48 และความพร้อมของห้องเรียนร้อยละ 4.21

3.3 กลุ่มวิชาเลือกเฉพาะทาง ประเด็นที่ไม่พอใจอย่างยิ่งคือ การปฏิบัติการและเครื่องมือร้อยละ 5.92 ห้องสมุดร้อยละ 4.49 และกิจกรรมเสริมหลักสูตรร้อยละ 3.38

4. ความคิดเห็นของบัณฑิตด้านการประเมินวิธีการสอน

ความคิดเห็นของบัณฑิตด้านการประเมินวิธีการสอนแบ่งเป็น 3 กลุ่มวิชาหลักๆ คือกลุ่มวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์พื้นฐาน กลุ่มวิชาบังคับ และกลุ่มวิชาเลือกเฉพาะทาง เพื่อใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาการเรียนและการสอนของคณะวิทยาศาสตร์ จึงขอกล่าวถึงเรื่องที่ไม่พอใจอย่างยิ่งของบัณฑิต ซึ่งมีประเด็นน่าสนใจที่เกือบจะทุกกลุ่มวิชาตอบเหมือนกัน กันได้แก่ เรื่องเอกสารประกอบ กระตุ้นให้ผู้เรียนร่วมแสดงความคิดเห็น ส่งเสริมให้นักศึกษามีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และการพยายามเชื่อมโยงเนื้อหาที่สอนกับการนำไปใช้ มีรายละเอียดแยกตามกลุ่มวิชา

4.1 กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

พื้นฐาน ส่งเสริมให้นักศึกษามีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ร้อยละ 12.85 กระตุ้นให้ผู้เรียนร่วมแสดงความคิดเห็นร้อยละ 11.73 ใช้อุปกรณ์ที่ช่วยให้เข้าใจในบทเรียนร้อยละ 11.73 และพยายามเชื่อมโยงเนื้อหาที่สอนกับการนำไปใช้ร้อยละ 11.45

4.2 กลุ่มวิชาบังคับ เอกสารประกอบมี

ปริมาณมากเพียงพอร้อยละ 14.55 กระตุ้นให้ผู้เรียนร่วมแสดงความคิดเห็นร้อยละ 12.73 ส่วนเรื่องการพยายามเชื่อมโยงเนื้อหาที่สอนกับการนำไปใช้ ส่งเสริมให้นักศึกษามีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และใช้อุปกรณ์ที่ช่วยให้เข้าใจในบทเรียนร้อยละการตอบมาเท่ากันคือ 7.41

4.3 กลุ่มวิชาเลือกเฉพาะทาง เอกสาร

ประกอบมีปริมาณมากเพียงพอร้อยละ 9.09 ใช้ อุปกรณ์ที่ช่วยให้เข้าใจในบทเรียนร้อยละ 4.56 และ กระตุ้นให้ผู้เรียนร่วมแสดงความคิดเห็นร้อยละ 3.97

เมื่อสอบถามบัณฑิตถึงวิธีการสอนของ อาจารย์ ว่าทำไมถึงชอบการสอนของอาจารย์บ้างท่าน พบว่ามีสาเหตุมากมายแต่สาเหตุที่ชอบมากที่สุดเป็น อันดับต้นๆ คืออธิบายได้อย่างชัดเจนและเข้าใจง่าย คิดเป็นร้อยละ 12.20 เน้นความเข้าใจมากกว่าใช้ ความจำคิดเป็นร้อยละ 9.94 และเป็นกันเองกับ นักศึกษาคิดเป็นร้อยละ 8.97

5. ความคิดเห็นของบัณฑิตด้านการประเมินการวัดผล

ความคิดเห็นของบัณฑิตด้านการประเมิน การวัดผลแบ่งเป็น 3 กลุ่มวิชาหลักๆ คือกลุ่มวิชา วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์พื้นฐาน กลุ่มวิชาบังคับ และ กลุ่มวิชาเลือกเฉพาะทาง เพื่อใช้ในการปรับปรุงและ พัฒนาการเรียนและการสอนของคณะวิทยาศาสตร์ จึง ขอกล่าวถึงเรื่องที่ไม่พอใจอย่างยิ่งของบัณฑิต ซึ่งมี ประเด็นน่าสนใจที่เกือบจะทุกกลุ่มวิชาตอบเหมือนกัน ได้แก่ เรื่องการประกาศผลสอบรวดเร็ว การ ประยุกต์ใช้ และการวัดผลเหมาะสม มีรายละเอียด แยกตามกลุ่มวิชา

5.1 กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

พื้นฐาน การประกาศผลสอบรวดเร็วร้อยละ 17.28 ด้าน การประยุกต์ใช้ร้อยละ 12.11 และการวัดผลเหมาะสม ร้อยละ 8.22

5.2 กลุ่มวิชาบังคับ การประกาศผลสอบ

รวดเร็วร้อยละ 11.97 ด้านการประยุกต์ใช้ร้อยละ 6.25 และการวัดผลเหมาะสมร้อยละ 3.70

5.3 กลุ่มวิชาเลือกเฉพาะทาง การประกาศ

ผลสอบรวดเร็วร้อยละ 3.13 การวัดผลเหมาะสมสม ร้อยละ 2.85 และด้านการประยุกต์ใช้ ร้อยละ 2.84

6. ความคิดเห็นของบัณฑิตด้านหลักสูตร

สำหรับรายวิชาที่บัณฑิตได้ให้ความเห็นว่า มี ประโยชน์มากที่สุด พบว่ากระจายไปตามภาควิชาต่างๆ รายวิชาที่ค่อนข้างมีความเห็นร่วมกันว่ามีประโยชน์ คือรายวิชาของสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ และ รายวิชาด้านภาษาอังกฤษ ส่วนรายวิชาที่บัณฑิตได้ให้ ความเห็นว่าควรเพิ่มหรือลดในหลักสูตรแต่ละสาขาวิชา พบว่ารายวิชาที่บอกว่าควรเพิ่มอยู่ในสาขาวิชา วิทยาการคอมพิวเตอร์จำนวน 15 คน สาขาสถิติ 5 คน นอกนั้นกระจายอยู่ในสาขาวิชาต่างๆ อย่างละ 1, 2 หรือ 3 คน สำหรับรายวิชาที่บอกว่าควรลดอยู่ ในสาขาวิชาเคมีจำนวน 14 คน สาขาชีววิทยา 10 คน สาขาคณิตศาสตร์ และฟิสิกส์ 6 คน นอกนั้นกระจาย อยู่ในสาขาวิชาต่างๆ อย่างละ 1 หรือ 2 คน

7. ความคิดเห็นของบัณฑิตเกี่ยวกับการฝึกงาน

เมื่อให้บัณฑิตเสนอความคิดเห็นเรื่องการ ฝึกงาน พบว่ากลุ่มบัณฑิตที่เคยไปฝึกงานร้อยละ 36.25 ตอบว่าการฝึกงานได้ผลดีมาก ส่วนกลุ่มที่ไม่ได้ ฝึกงานตอบว่าได้ผลดีมาก ร้อยละ 33.33

8. ความคิดเห็นของบัณฑิตเกี่ยวกับโครงการวิจัยหรือ ปัญหาพิเศษ

เมื่อให้บัณฑิตเสนอความคิดเห็นเกี่ยวกับ โครงการวิจัยหรือปัญหาพิเศษ มีข้อสรุปดังนี้

8.1 เนื้อหามือเทียบกับหน่วยกิต บัณฑิตให้

ความเห็นว่าเป็นแล้วร้อยละ 66.18

8.2 ความเอาใจใส่ของอาจารย์ บัณฑิตให้ความเห็นว่าอาจารย์ใส่ใจมากร้อยละ 57.23

8.3 ความสัมฤทธิ์ผล บัณฑิตให้ความเห็นว่าสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ร้อยละ 65.68

8.4 ความพอใจ บัณฑิตให้ความเห็นว่าอยู่ในระดับปานกลางร้อยละ 53.53

9. สรุปความคิดเห็นอื่นๆ จากคำถามปลายเปิด

ผู้บังคับบัญชาได้ให้ข้อเสนอแนะที่น่าสนใจไว้ดังนี้

- ความมั่นใจในตนเองเป็นสิ่งที่คิดในเรื่องการพูดถ้าตรงเกินไปผู้ฟังคงลำบากใจในส่วนของการทำงานนั้นดีมาก
- แบบสอบถามนี้มุ่งเน้นประเมินบัณฑิตคณะวิทยาศาสตร์ยังเป็นไปได้ยาก น่าจะออกแบบสอบถามที่ใช้ในการประเมินผลรายบุคคล และนำไปวิเคราะห์ซึ่งผมคิดว่าน่าจะเป็นประโยชน์มากกว่า
- ควรให้อาจารย์พิเศษจากภายนอก เช่น ผู้จัดการโรงงานต่าง ๆ มาบรรยายพิเศษ เพราะมีประสบการณ์จริงและควรเพิ่มวิชาภาษาอังกฤษ
- การฝึกงานเป็นสิ่งสำคัญต่อบัณฑิตใหม่ ที่จบ เนื่องจากต้องเรียนรู้ก่อนที่จะทำงาน จึงสามารถจะปรับสภาพของบัณฑิตได้

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

บทสรุป

ในทัศนะของบัณฑิตเอง เมื่อเปรียบเทียบกับบัณฑิตที่จบจากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น กับสถาบันอื่น รุ่นใกล้เคียงกันประเมินว่าตนเองมีความดี้อยกว่าสถาบันอื่นในด้าน ความรู้และการใช้ภาษาอังกฤษในการสื่อสารร้อยละ 56.60 ด้านการแสดงความคิดเห็นและการแสดงออกร้อยละ 37.63 และความรู้รอบตัวร้อยละ 22.16

ในทัศนะของผู้บังคับบัญชาบัณฑิต ประเมินบัณฑิตที่จบจากคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย

ขอนแก่น เปรียบเทียบกับสถาบันอื่นรุ่นใกล้เคียงกันว่ามีความดี้อยกว่าในด้าน ความรู้และการใช้ภาษาอังกฤษในการสื่อสารร้อยละ 13.73. ความสามารถในการเป็นผู้นำที่ดีร้อยละ 9.80 การตัดสินใจและการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบร้อยละ 7.84 และการมีแบบแผนในการทำงานร้อยละ 7.84

บัณฑิตแสดงความคิดเห็นเพื่อประเมินสภาพการณ์การเรียนพบว่า เรื่องที่ไม่พอใจอย่างยิ่ง 3 อันดับแรกแยกตามกลุ่มวิชาได้ดังนี้ กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน กิจกรรมเสริมหลักสูตรร้อยละ 11.76 การปฏิบัติการและเครื่องมือร้อยละ 8.91 ห้องสมุดร้อยละ 8.91 และความพร้อมของห้องเรียนร้อยละ 6.96 กลุ่มวิชาบังคับ ห้องสมุดร้อยละ 10.39 การปฏิบัติการและเครื่องมือร้อยละ 6.48 กิจกรรมเสริมหลักสูตรร้อยละ 6.48 และความพร้อมของห้องเรียนร้อยละ 4.21 กลุ่มวิชาเลือกเฉพาะทางการปฏิบัติการและเครื่องมือร้อยละ 5.92 ห้องสมุดร้อยละ 4.49 และกิจกรรมเสริมหลักสูตรร้อยละ 3.38

ส่วนด้านวิธีการสอน บัณฑิตพบว่า เรื่องที่ไม่พอใจอย่างยิ่ง 3 อันดับแรกแยกตามกลุ่มวิชาได้ดังนี้ กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน ส่งเสริมให้นักศึกษามีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ร้อยละ 12.85 กระตุ้นให้ผู้เรียนร่วมแสดงความคิดเห็นร้อยละ 11.73 ใช้อุปกรณ์ที่ช่วยให้เข้าใจในบทเรียนร้อยละ 11.73 และพยายามเชื่อมโยงเนื้อหาที่สอนกับการนำไปใช้ร้อยละ 11.45 กลุ่มวิชาบังคับ เอกสารประกอบมีปริมาณมากเพียงพอร้อยละ 14.55 กระตุ้นให้ผู้เรียนร่วมแสดงความคิดเห็นร้อยละ 12.73 ส่วนเรื่องการพยายามเชื่อมโยงเนื้อหาที่สอนกับการนำไปใช้ ส่งเสริมให้นักศึกษามีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ และใช้อุปกรณ์ที่ช่วยให้เข้าใจในบทเรียนร้อยละการตอบมาเท่ากันคือ 7.41 กลุ่มวิชาเลือกเฉพาะทาง เอกสารประกอบมีปริมาณมากเพียงพอร้อยละ 9.09 ใช้อุปกรณ์ที่ช่วยให้เข้าใจในบทเรียนร้อยละ 4.56 และกระตุ้นให้ผู้เรียนร่วมแสดงความคิดเห็นร้อยละ 3.97

ส่วนด้านวิธีการวัดผล บัณฑิตพบว่า เรื่องที่ไม่พอใจอย่างยิ่ง 3 อันดับแรกแยกตามกลุ่มวิชาได้ดังนี้

กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน การประกาศผลสอบรวดเร็วร้อยละ 17.28 ด้านการประยุกต์ใช้ร้อยละ 12.11 และการวัดผลเหมาะสมร้อยละ 8.22 กลุ่มวิชาบังคับ การประกาศผลสอบรวดเร็วร้อยละ 11.97 ด้านการประยุกต์ใช้ร้อยละ 6.25 และการวัดผลเหมาะสมร้อยละ 3.70 กลุ่มวิชาเลือกเฉพาะทาง การประกาศผลสอบรวดเร็วร้อยละ 3.13 การวัดผลเหมาะสมร้อยละ 2.85 และด้านการประยุกต์ใช้ร้อยละ 2.84

บัณฑิตเสนอความคิดเห็นเกี่ยวกับหลักสูตรและความคิดเห็นเฉพาะสาขาวิชา เช่น รายวิชาที่บัณฑิตได้ให้ความเห็นว่ามีความน่าสนใจมากที่สุด รายวิชาที่ควรเพิ่ม/ลด สามารถอ่านได้จากรายงานฉบับสมบูรณ์

บัณฑิตเสนอความคิดเห็นเรื่องการฝึกงานพบว่ากลุ่มบัณฑิตที่เคยไปฝึกงานร้อยละ 36.25 ตอบว่าการฝึกงานได้ผลดีมาก ส่วนกลุ่มที่ไม่ได้ฝึกงานตอบว่าได้ผลดีมาก ร้อยละ 33.33

บัณฑิตเสนอความคิดเห็นเกี่ยวกับโครงการวิจัยหรือปัญหาพิเศษ มีข้อสรุปดังนี้ เนื้อหาเมื่อเทียบกับหน่วยกิต บัณฑิตให้ความเห็นว่าดีแล้วร้อยละ 66.18 ความเข้าใจใส่ของอาจารย์ บัณฑิตให้ความเห็นว่าอาจารย์ใส่ใจมากร้อยละ 57.23 ความสัมฤทธิ์ผล บัณฑิตให้ความเห็นว่าสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ร้อยละ 65.68 ความพอใจ บัณฑิตให้ความเห็นว่าอยู่ในระดับปานกลางร้อยละ 53.53

ข้อเสนอแนะทั่วไป

ด้านการเก็บรวบรวมข้อมูล วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล ควรใช้วิธีการสัมภาษณ์ เพื่อให้ได้ข้อมูลสมบูรณ์ และครบถ้วนมากขึ้น แต่จะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย ส่วนบทบาทของสมาคม/ชุมชนศิษย์เก่าควรมีระบบเชื่อมโยง/ปัจจุบันกับศิษย์ทุกรุ่น หรือควรมีวันพบศิษย์รุ่นต่างๆ แล้วให้ความร่วมมือตอบข้อมูลหรือมีเวทีวิจารณ์ นอกจากนี้ควรใช้วิธีการศึกษาเชิงลึกและเชิงคุณภาพ เพื่อให้มีความเข้าใจผู้รับบัณฑิตมากขึ้น

เรื่องข้อดีของบัณฑิตเมื่อเทียบกับสถาบันอื่นในรุ่นใกล้เคียงนั้น ทั้งผู้บังคับบัญชาและบัณฑิตให้ความเห็นและเสนอแนะเหมือนกันในประเด็นที่เน้นข้อดีหรือข้อจำกัดในประเด็นต่างๆ ถ้าแต่ละสาขามีการปรับปรุงหลักสูตรหรือวิธีการสอนใหม่ ควรพิจารณาสอดคล้องหรือเพิ่มเติมในสิ่งที่ผู้บังคับบัญชาและบัณฑิตคิดว่าดียังดังนี้

- ความรู้และการใช้ภาษาอังกฤษในการสื่อสาร
- ด้านการแสดงความคิดเห็นและการแสดงออก
- ความรู้รอบตัว
- ความสามารถในการเป็นผู้นำ การตัดสินใจ และการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ
- การมีแบบแผนในการทำงาน

ส่วนเรื่องสภาพการณ์การเรียนการสอนและการวัดผล บัณฑิตให้ข้อเสนอแนะที่น่าสนใจดังนี้

- ห้องปฏิบัติการเครื่องมือไม่เพียงพอ
- อยากให้เน้นการสอนหรือการปฏิบัติที่สามารถใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน หรือสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานจริงๆ ได้ และควรกระตุ้นให้เด็กมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการเรียน
- อยากให้หลักสูตรที่กำหนด นำมาประยุกต์ใช้ได้จริงกับการดำรงชีวิตและประกอบอาชีพมากกว่าหลักสูตรเรียนเพื่อรู้
- ควรจะมีหลักสูตรเกี่ยวกับระบบควบคุมมาตรฐานต่าง ๆ
- ควรเน้นให้นักศึกษามีความรู้หลายๆ ด้าน เพราะในการทำงานจริงต้องอาศัยความรู้หลายด้าน
- วิชาเลือกในคณะวิทยาศาสตร์ควรจัดเวลาให้นักศึกษาในภาควิชาอื่นในคณะที่มีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชานั้น ๆ สามารถเรียนได้โดยมีเงื่อนไขน้อยที่สุด ไม่เฉพาะเจาะจงแต่นักศึกษาในภาควิชาเท่านั้น
- อาจารย์บางท่านยังใช้ภาษาในการอธิบายได้ไม่ดีนัก ทำให้นักศึกษาสับสน บางทีสอน

เป็นศัพท์เทคนิคแล้วไม่ค่อยเข้าใจ และสื่อสารไม่ค่อยเข้าใจ

- ควรออกข้อสอบประยุกต์ ใช้เหตุผลมากกว่าข้อสอบจำ วัดผลเป็นระยะๆ ประมาณ 3-4 ครั้งต่อเทอม
- ขอความกรุณาอย่าเอาความรู้สึกส่วนตัวมาวัดผลหรือตัดสินใจ
- วิชา senior project ควรให้นักศึกษามีอิสระในการเลือกหัวข้อในการศึกษาค้นคว้าวิจัย อาจารย์ที่ปรึกษาควรมีเวลาให้นักศึกษาบ้าง และแนะนำให้นักศึกษาค้นคว้าเอง

วิธีการสอนของอาจารย์ที่บัณฑิตเห็นว่าดี ได้แก่

- อธิบายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย
- มีการประยุกต์เนื้อหาให้เข้ากับยุคสมัย ผู้เรียนมีส่วนร่วมตลอด
- มีเป้าหมาย ประยุกต์ใช้ได้
- เตรียมการสอนดี
- การวัดผลเหมาะสม

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

1) คณะและภาควิชาที่รับผิดชอบการผลิตบัณฑิตคณะวิทยาศาสตร์ (วท.บ.) ควรจัดหลักสูตรที่ให้ความยืดหยุ่น ปรับปรุงหลักสูตรได้ง่าย มีจำนวนหน่วยกิตที่เหมาะสม เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะและประสบการณ์มากยิ่งขึ้น เพื่อสร้างบัณฑิตที่มีความพร้อมทั้งวิชา จริย และปัญญา

2) คณะควรนำเสนอข้อมูลชุดนี้ให้คณะกรรมการปรับปรุงหลักสูตรหรือจัดทำหลักสูตรนั้นๆ ศึกษาและพิจารณาใช้ประโยชน์เนื่องจากมีผลการศึกษารายละเอียดของรายหลักสูตร การมองภาพรวมอาจจะไม่สามารถนำไปใช้แก้ไขปัญหาและพัฒนาได้อย่างจริงจัง

3) ข้อเสนอแนะทั้งของบัณฑิตและผู้บังคับบัญชาควรนำมาปรับปรุงทั้งบรรยากาศการเรียนการสอน เทคนิคการสอน การประเมินผลและหลักสูตรอย่างจริงจัง

4) ควรจะมีการจัดทำระบบการประเมินบัณฑิตอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสิ่งที่สำคัญคือรายชื่อ ที่อยู่ของบัณฑิตที่เป็นปัจจุบัน ดังนั้นสมาคม/ชุมนุมศิษย์เก่าจะช่วยได้มากถ้ามีระบบเชื่อมโยงระหว่างฝ่ายกิจการนักศึกษาและฝ่ายกิจการนักศึกษาแต่ละภาควิชา ร่วมกันกับสมาคม/ชุมนุมศิษย์เก่า ดำเนินการร่วมกัน

บรรณานุกรม

- ทวีป สิริศรีมี. (2518). การติดตามผลบัณฑิตคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. วิทยานิพนธ์ ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต แผนกวิชาวิจัยการศึกษาศาสตรบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทิพยา กิจวิจารณ์, ไชยวิทย์ ธนไพศาล, สุริมาศ ธนพุดธิบดี และพรธณวิภา รัชญะคุปต์. (2533). การติดตามผลบัณฑิต รุ่นที่ 7-9 คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. รายงานการวิจัย 2533 (อัดสำเนา).
- วัลยา แสงห้าว. (2534). ระเบียบและหลักสูตรคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปี 2544. ขอนแก่น : หจก.ขอนแก่นการพิมพ์.
- วิชุดา ไชยศิวิมมงคล, สุพรรณิ อึ้งปัญญสวัสดิ์ และวัลยา สุนทรพิทักษ์. (2540). การติดตามผลบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์ รุ่นที่ 18-20 มหาวิทยาลัยขอนแก่น ปีงบประมาณ. รายงานการวิจัย.
- อุทุมพร (ทองอุไทย) จามรมานห้าว. (2540). การวัดและประเมินการเรียนการสอนระดับอุดมศึกษา. เล่ม 3 พิมพ์ครั้งที่ 2 . กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด ฟินนี่พับบลิชซิง.

□□□□□□□

การสังเคราะห์แคลเซียมทิตาเนตด้วยวิธีทางเคมี

ปณณมา ศิริพันธ์โชน¹, ภูมิรัช ไชยเสน¹ และศิริณา อมรชัยเลิศรัตน์¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการสังเคราะห์แคลเซียมทิตาเนตโดยใช้วิธีการตกตะกอนร่วม (coprecipitation) และวิธีโซล-เจล (sol-gel) โดยใช้เตตระไอโซโพรพิลอโรไททาเนต ($C_{12}H_{28}O_4Ti$) เข้มข้น 0.1 mol/l และแคลเซียมไนเตรตเตตระไฮเดรต ($Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$) เข้มข้น 0.1 mol/l เป็นสารตั้งต้น องค์ประกอบทางเคมีของสารที่สังเคราะห์ได้จากวิธีโซล-เจลมีอัตราส่วนโมลของ Ca/Ti เข้าใกล้ค่าทางทฤษฎีของแคลเซียมทิตาเนตมากกว่าสารที่สังเคราะห์ได้จากวิธีการตกตะกอนร่วม เนื่องจากค่าพีเอชที่ใช้ในวิธีการตกตะกอนร่วมมีค่าไม่สูงพอที่จะทำให้ CaO ตกตะกอนในอัตราที่พอดีกับ TiO_2 เมื่อนำสารที่สังเคราะห์ได้ไปแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 1,000 °ซ. พบว่าสารที่สังเคราะห์ได้จากวิธีการตกตะกอนร่วมประกอบด้วยวัฏภาคที่เป็นผลึกของแคลเซียมทิตาเนตและติตานิยมไดออกไซด์ ในขณะที่สารที่สังเคราะห์ได้จากวิธีโซล-เจลมีวัฏภาคของแคลเซียมทิตาเนตเพียงอย่างเดียว โครงสร้างจุลภาคของแคลเซียมทิตาเนตที่ผ่านการแคลไซน์แล้วมีลักษณะเกรนขนาดเล็กและค่อนข้างกลมซึ่งเป็นลักษณะของแคลเซียมทิตาเนตชนิด perovskite

Abstract

This research studied the synthesis of calcium titanate by coprecipitation and sol-gel methods. Starting substances were 0.1 mol/l tetraisopropyl orthotitanate ($C_{12}H_{28}O_4Ti$) and 0.1 mol/l calcium nitrate tetrahydrate ($Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$). Chemical composition of the synthesized powders obtained from the sol-gel method had a closer molar Ca : Ti ratio to the theoretical value of calcium titanate than those from the coprecipitation method. This was because the pH in the coprecipitation method was not high enough to generate CaO in the same precipitation rate as TiO_2 . After calcination at 1,000 °C, the powders from the coprecipitation method consisted of the calcium titanate and titanium dioxide crystalline phases while the powders from the sol-gel method comprised only the calcium titanate phase. Microstructure of the calcined calcium titanate was small in size and almost round in grain shape -- the characteristics of perovskite.

¹ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

บทนำ

แคลเซียมติตานเนต (CaTiO_3) เป็นสารประกอบเซรามิกสัณฐานเฟอโรอิเล็กทริกและเพียโซอิเล็กทริกที่มีความสำคัญเช่นเดียวกับแบเรียมติตานเนต (BaTiO_3) จึงนิยมใช้เป็นวัสดุฉนวนในการผลิตอุปกรณ์ทางไฟฟ้าหลายประเภท (Chimborazo et al., 2002; Lemanov et al., 1999; Othmer, 1996; Xue, 2002) นอกจากนี้สารประกอบแคลเซียมติตานเนตยังใช้เป็นเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิได้ โดยอาศัยสมบัติความต้านทานทางไฟฟ้าของสารประกอบที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ และสามารถใช้เป็นวัสดุทนไฟสำหรับระบบที่มีการกัดกร่อนสูงได้ดี (Kharton et al., 2000) จากสมบัติเด่นหลายประการดังกล่าวข้างต้นทำให้นักวิจัยหลายกลุ่มทำการสังเคราะห์แคลเซียมติตานเนตด้วยวิธีการต่างๆ วิธีการพื้นฐานที่ใช้ได้แก่ การบดผสมสารตั้งต้นแคลเซียมออกไซด์หรือแคลเซียมคาร์บอเนตกับติตานเนียมไดออกไซด์ แล้วนำไปเผาเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาในสถานะของแข็งที่อุณหภูมิประมาณ $1,650^\circ\text{C}$. ซึ่งวิธีการดังกล่าวจะมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น ยากที่จะได้สารผลิตภัณฑ์ที่มีองค์ประกอบทางเคมีสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียว (homogeneity) มีสารปนเปื้อนจากขั้นตอนการบดผสมสารตั้งต้นเป็นต้น (Cousin and Ross, 1990; Pathak et al., 1992) อีกวิธีการหนึ่งในการสังเคราะห์แคลเซียมติตานเนตที่ได้รับความสนใจจากนักวิจัยหลายกลุ่มได้แก่ การสังเคราะห์โดยอาศัยปฏิกิริยาเมคคาโนเคมีคอล (mechanochemical reaction) ซึ่งวิธีการนี้จะอาศัยพลังงานจากการบดผสมเชิงกลเป็นเวลานานเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารตั้งต้นของแข็งและเกิดเป็นสารผลิตภัณฑ์ (Avvakumov et al., 1994; Avvakumov et al., 2001; Xue et al., 1999) Guomin และคณะ (1999) ทำการสังเคราะห์สารประกอบแคลเซียมติตานเนตโดยใช้ปฏิกิริยาเมคคาโนเคมีคอล จากสารตั้งต้นแคลเซียมออกไซด์และติตานเนียมไดออกไซด์ชนิด anatase และ rutile ในงานวิจัยดังกล่าวพบว่าติตานเนียมไดออกไซด์ชนิด anatase

เกิดปฏิกิริยากับแคลเซียมออกไซด์กลายเป็นสารประกอบแคลเซียมติตานเนตได้ง่ายกว่าติตานเนียมไดออกไซด์ชนิด rutile ปริมาณการเกิดวัฏภาคที่เป็นผลึกของแคลเซียมติตานเนตจะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้เวลานานในการบดผสมนานขึ้น อย่างไรก็ตามสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากวิธีการดังกล่าวมีความเสถียรต่ำเนื่องจากสารตั้งต้นบางส่วนยังไม่เกิดปฏิกิริยาโดยสมบูรณ์ และการบดผสมเป็นเวลานานอาจก่อให้เกิดการปนเปื้อนของสารผลิตภัณฑ์ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสมบัติทางไฟฟ้าของสารผลิตภัณฑ์

วิธีการหนึ่งซึ่งมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์สารประกอบออกไซด์ผสมได้แก่ การสังเคราะห์โดยวิธีทางเคมีจากสารตั้งต้นในสถานะของเหลว เนื่องจากสารตั้งต้นจะผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกันได้ดีในสถานะของเหลว จึงก่อให้เกิดสารผลิตภัณฑ์ที่มีองค์ประกอบทางเคมีสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียว นอกจากนี้การสังเคราะห์โดยวิธีทางเคมีจะเกิดการปนเปื้อนในขั้นตอนการสังเคราะห์ต่ำกว่าวิธีการบดผสม (Cousin et al., 1990; Pathak et al., 1992) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสังเคราะห์สารประกอบแคลเซียมติตานเนตจากสารละลายผสมของเตตระไฮโดรโพรพิลออกไซด์ติตานเนตกับแคลเซียมไนเตรดเตตระไฮเดรต โดยใช้วิธีทางเคมี 2 วิธี ได้แก่ วิธีการตกตะกอนร่วมระหว่างแคลเซียมออกไซด์กับติตานเนียมไดออกไซด์ด้วยสารละลายเบส และวิธีโซล-เจล

วิธีดำเนินการ

ในงานวิจัยนี้การสังเคราะห์แคลเซียมติตานเนตแบ่งออกเป็น 2 วิธี ได้แก่ วิธีการตกตะกอนร่วม (coprecipitation) และวิธีโซล-เจล (sol-gel) โดยสารละลายตั้งต้นสำหรับวิธีตกตะกอนร่วมจะเตรียมได้จากเตตระไฮโดรโพรพิลออกไซด์ติตานเนต ($\text{C}_{12}\text{H}_{28}\text{O}_4\text{Ti}$) 7.1005 กรัม กับแคลเซียมไนเตรดเตตระไฮเดรต ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) 5.9036 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 250 มิลลิลิตร แล้วปั่นกวนสารตั้งต้นให้เข้ากันที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นทำการ

ปรับค่าพีเอชของสารละลายตั้งต้นด้วยสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (NH_4OH) เข้มข้น 30% จนได้สารละลายที่มีค่าพีเอชเท่ากับ 8, 10 และ 12 ซึ่งตรวจวัดด้วยเครื่องวัดค่าพีเอช จากนั้นทำการปั่นกวสารละลายต่อไปเป็นเวลา 30 นาที แล้วจึงตั้งทิ้ง

ไว้ให้ตกตะกอนเป็นเวลา 2 และ 6 ชั่วโมง ตะกอนที่เกิดขึ้นถูกแยกจากสารละลายด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ นำตะกอนที่ได้ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 100°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สภาวะที่ใช้ในการสังเคราะห์ด้วยวิธีตกตะกอนร่วม ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สภาวะที่ใช้ในการสังเคราะห์แคลเซียมิตานนดโดยวิธีตกตะกอนร่วม

สารตัวอย่าง	สารตั้งต้น (mol / l)		เวลาที่ใช้ในการเลี้ยงตะกอน (Aging time)	พีเอช ในการตกตะกอน
	$[\text{C}_{12}\text{H}_{28}\text{O}_4\text{Ti}]$	$[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$		
Cop-1	0.1	0.1	2 ชั่วโมง	8
Cop-2	0.1	0.1	2 ชั่วโมง	10
Cop-3	0.1	0.1	2 ชั่วโมง	12
Cop-3	0.1	0.1	6 ชั่วโมง	12

ในวิธีโซล-เจลสารละลายตั้งต้นเตรียมได้จาก $\text{C}_{12}\text{H}_{28}\text{O}_4\text{Ti}$ 8.5206 กรัม กับ $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 7.0844 กรัม ละลายในตัวทำละลายผสมระหว่างไอโซโพรพานอล ($\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$) กับน้ำกลั่น โดยใช้อัตราส่วน $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH} : \text{H}_2\text{O}$ ดังแสดงในตารางที่ 2 สารละลายตั้งต้นถูกปั่นกวให้เข้ากันที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา

2 ชั่วโมง แล้วจึงถูกเก็บในบีกเกอร์ที่ปิดด้วยกระดาษฟิวส์ ตั้งสารละลายทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน จากนั้นนำสารที่ได้ไประเหยในตู้อบที่อุณหภูมิ 400°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดเป็นเจล แล้วจึงนำสารที่ได้ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 600°C เป็นเวลา 3 วัน

ตารางที่ 2 สภาวะที่ใช้ในการสังเคราะห์แคลเซียมิตานนดโดยวิธีโซล-เจล

สารตัวอย่าง	สารตั้งต้น (mol / l)		ตัวทำละลาย (ml)	
	$[\text{C}_{12}\text{H}_{28}\text{O}_4\text{Ti}]$	$[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}]$	$\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$	H_2O
Gel-1	0.1	0.1	50	250
Gel-2	0.1	0.1	150	150
Gel-3	0.1	0.1	250	50

ผงแคลเซียมิตานนดที่สังเคราะห์ได้จากทั้ง 2 วิธีถูกนำไปแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 500°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อจัดองค์ประกอบอินทรีย์จากสารตั้งต้นที่อาจเจือปนอยู่ออกไป ผงแคลเซียมิตานนดที่แคลไซน์แล้วถูกนำไปตรวจวิเคราะห์หาปริมาณองค์ประกอบ

ทางเคมี โดยใช้เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนส์สเปกโทรสโกปี (X-ray fluorescence spectroscopy, XRF) รุ่น SRS 3400 บริษัท Bruker AXS

ผงแคลเซียมิตานนดซึ่งมีอัตราส่วน โมลของแคลเซียมต่อติทานเนียม ($\text{Ca} : \text{Ti}$) ที่ใกล้เคียงกับ 1 ซึ่ง

เป็นค่าอัตราส่วนทางทฤษฎี ถูกนำไปแคลไซน์อีกครั้ง ที่อุณหภูมิ 1,000 °ซ. เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อเปลี่ยน วัฏภาคสัณฐานให้เป็นผลึกของแคลเซียมดีทานเนต โดยสมบูรณ์ (crystallization) นำสารที่ได้จากการ แคลไซน์ไปตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์โดยใช้เครื่อง วิเคราะห์การเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction, XRD) รุ่น D8 Advance บริษัท Bruker AXS ซึ่งใช้ โลหะทองแดงเป็นแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์ และใช้ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope, SEM) รุ่น JSM-5410 บริษัท JEOL เพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างจุลภาคของผลึก แคลเซียมดีทานเนต

ผลการวิเคราะห์และวิจารณ์

องค์ประกอบทางเคมีของสารที่สังเคราะห์ได้

ในการสังเคราะห์แคลเซียมดีทานเนตโดยวิธี ตกตะกอนร่วม เมื่อเพิ่มค่าพีเอชในช่วงค่าของ สารละลายตั้งต้นทำให้เกิดการตกตะกอนร่วมระหว่าง สารประกอบแคลเซียมออกไซด์ (CaO) และดีทา เนียมไดออกไซด์ (TiO₂) โดยทางทฤษฎีสารประกอบ

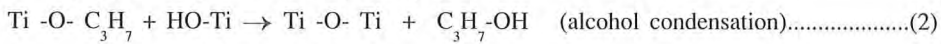
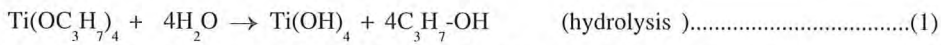
ทั้งสองควรตกตะกอนในอัตราส่วนโมลที่เท่ากัน แต่ เนื่องจากความสามารถในการตกตะกอนของ สารประกอบทั้งสองมีค่าแตกต่างกันขึ้นกับค่าพีเอช ของสารละลาย ดังนั้นองค์ประกอบทางเคมีของ ผงแคลเซียมดีทานเนตที่สังเคราะห์ได้ด้วยวิธีนี้จึงมีค่า แตกต่างจากค่าทางทฤษฎี ดังแสดงในตารางที่ 3 อย่างไรก็ตามเมื่อค่าพีเอชที่ใช้ในการตกตะกอนเพิ่มขึ้น จะทำให้ปริมาณการตกตะกอนของสารประกอบ CaO เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลให้อัตราส่วนโมลของ Ca:Ti ใน แคลเซียมดีทานเนตที่สังเคราะห์ได้มีค่าเข้าใกล้ 1 ซึ่งเป็น ค่าทางทฤษฎีของแคลเซียมดีทานเนตมากขึ้น นอกจากนี้ เมื่อทำการเปรียบเทียบการตกตะกอนที่พีเอชเท่ากับ 12 โดยใช้เวลาในการเลี้ยงตะกอนต่างกัน พบว่าเมื่อเพิ่ม เวลาในการเลี้ยงตะกอนให้มากขึ้น จะทำให้อัตราส่วน โมลของ Ca:Ti มีค่าเข้าใกล้ 1 มากขึ้น ทั้งนี้น่าจะเป็น ผลเนื่องจากสารประกอบ CaO ตกตะกอนได้ช้ากว่า สารประกอบ TiO₂ ดังนั้นเมื่อเพิ่มเวลาในการเลี้ยง ตะกอนจึงเป็นการเพิ่มโอกาสให้สารประกอบ CaO สามารถตกตะกอนได้มากขึ้น

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของผงแคลเซียมดีทานเนตที่สังเคราะห์ได้จากวิธีการตกตะกอนร่วม

สารตัวอย่าง	เวลาที่ใช้ในการเลี้ยง ตะกอน (Aging time)	พีเอช ในการ ตกตะกอน	องค์ประกอบทางเคมี (% wt)			อัตราส่วนโมลของ Ca:Ti ในสารที่สังเคราะห์
			CaO	TiO ₂	อื่นๆ	
Cop-1	2 ชั่วโมง	8	16.70	81.67	1.63	0.29
Cop-2	2 ชั่วโมง	10	21.70	76.99	1.13	0.40
Cop-3	2 ชั่วโมง	12	25.80	72.51	1.69	0.51
Cop-4	6 ชั่วโมง	12	29.80	66.89	3.31	0.64
ค่าอัตราส่วน โมลของ Ca:Ti ของแคลเซียมดีทานเนตทางทฤษฎี						1.00

แคลเซียมดีทานเนตที่สังเคราะห์โดยวิธีโซล- เจลมีองค์ประกอบทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 4 ซึ่ง พบว่าอัตราส่วนโมลของ Ca:Ti ของสารที่สังเคราะห์ ได้มีค่าต่างกันเมื่อใช้อัตราส่วนของตัวทำละลายที่ต่างกัน

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในการสังเคราะห์ แคลเซียมดีทานเนตด้วยวิธีโซล-เจล ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลัก ดังแสดงในสมการที่ (1) และ (2)



จากสมการที่แสดงข้างต้นสามารถอธิบายได้ว่า สารตั้งต้นเตตระไฮดรอกซิไททาเนียมเข้าทำปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสกับน้ำ แต่เนื่องจากเตตระไฮดรอกซิไททาเนียมมีความสามารถละลายน้ำต่ำ ดังนั้นจึงใช้ไฮดรอกซิโพรพานอลเป็นตัวกลางเพื่อช่วยให้สารละลายมีความเป็นเนื้อเดียวกัน เพราะไฮดรอกซิโพรพานอลสามารถละลายได้ทั้งน้ำและเตตระไฮดรอกซิไททาเนียม การที่สารละลาย

เป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้นช่วยเพิ่มความสามารถในการไฮโดรไลซิสของน้ำกับสารตั้งต้นมากยิ่งขึ้น ทำให้ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นดีกว่ากรณีที่สารละลายมีความเป็นเนื้อเดียวกันต่ำ ดังจะเห็นได้จากอัตราส่วนโมลของ Ca : Ti ในสารตัวอย่างเพิ่มขึ้นเมื่อสัดส่วนของไฮดรอกซิโพรพานอลในตัวทำละลายสูงขึ้น โดยสารตัวอย่าง Gel-3 มีอัตราส่วนโมลของ Ca : Ti เข้าใกล้ 1 ซึ่งเป็นค่าทางทฤษฎีมากที่สุด

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของผงแคลเซียมไททาเนตที่สังเคราะห์ได้จากวิธีโซล-เจล

สารตัวอย่าง	ตัวทำละลาย (ml)		องค์ประกอบทางเคมี (% wt)			อัตราส่วนโมลของ Ca:Ti ในสารที่สังเคราะห์
	H ₂ O	C ₃ H ₇ OH	CaO	TiO ₂	อื่นๆ	
Gel-1	250	50	42.20	51.70	6.10	1.16
Gel-2	150	150	42.80	55.75	1.45	1.09
Gel-3	50	250	40.90	56.45	2.70	1.03
ค่าอัตราส่วนโมลของ Ca:Ti ของแคลเซียมไททาเนตทางทฤษฎี						1.00

วิฤภาคที่เป็นผลึกของสารที่สังเคราะห์ได้

วิฤภาคที่เป็นผลึกของผงแคลเซียมไททาเนตที่สังเคราะห์ได้ภายหลังการแคลไซน์ที่ 1,000 °ซ. ถูกวิเคราะห์โดยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (XRD) ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งพบว่าเกิดฟีกที่ตำแหน่ง 2θ เท่ากับ 23.2, 33.1, 47.4 และ 59.3° ซึ่งเป็นฟีกของแคลเซียมไททาเนตชนิด perovskite ซึ่งมีโครงสร้างผลึกแบบออโรโธมบิก (orthorhombic) พบฟีกของแคลเซียมไททาเนตทั้งในสารตัวอย่างที่ได้จากวิธีการตกตะกอนร่วม (cop-4) และวิธีโซล-เจล (gel-1 gel-2 และ gel-3) แต่ในสารตัวอย่าง cop-4 พบฟีกที่ตำแหน่ง 2θ เท่ากับ 27.4, 36.0, 39.1, 41.2, 44.0, 54.3, 56.6 และ 69.0° ซึ่งเป็นฟีกของ TiO₂ ชนิด rutile และฟีกที่ตำแหน่ง 2θ เท่ากับ 25.3° ซึ่ง

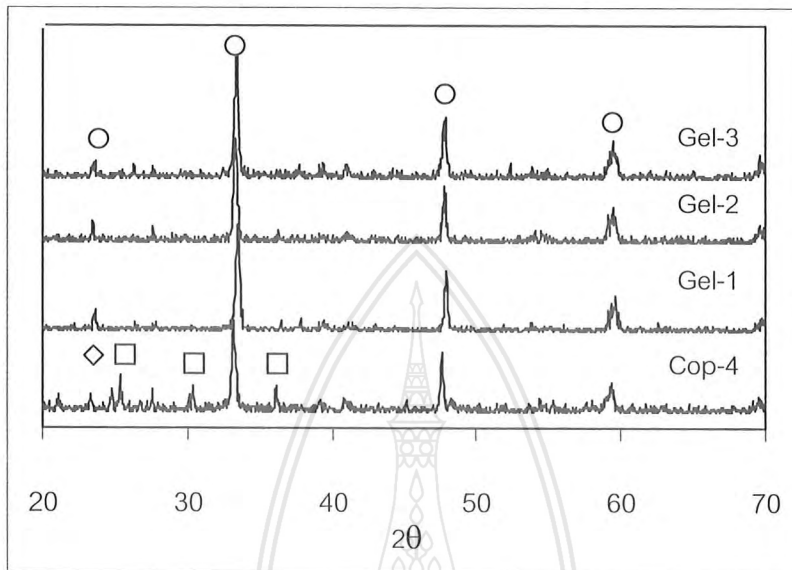
เป็นฟีกของ TiO₂ ชนิด anatase เนื่องจากการสังเคราะห์แคลเซียมไททาเนตด้วยวิธีตกตะกอนร่วม CaO ตกตะกอนได้ไม่ดีเท่า TiO₂ ดังนั้นจึงมี TiO₂ ที่ไม่เกิดผลึกร่วมกับ CaO อย่างไรก็ตามไม่พบฟีกของ TiO₂ ในสารตัวอย่างที่สังเคราะห์ด้วยวิธีโซล-เจล เนื่องจากการสังเคราะห์ด้วยวิธีนี้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราส่วนโมลของ Ca : Ti มีค่าเข้าใกล้ 1 มากกว่าวิธีตกตะกอนร่วม ดังนั้นเมื่อแคลไซน์ที่อุณหภูมิสูงจึงเกิดเป็นผลึกแคลเซียมไททาเนตที่สมบูรณ์กว่าวิธีตกตะกอนร่วม

โครงสร้างจุลภาคของสารที่สังเคราะห์ได้

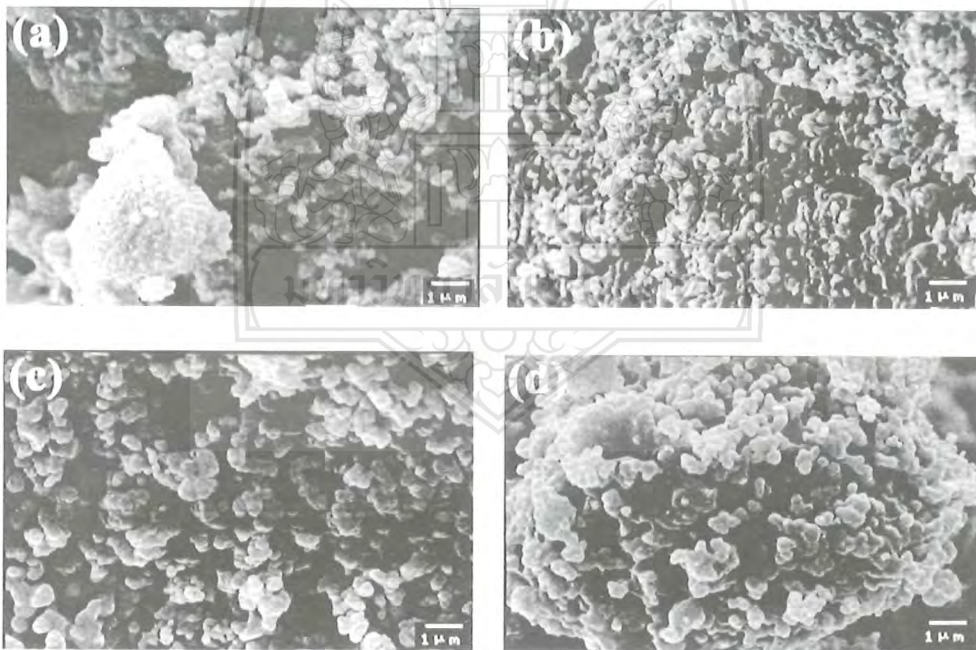
โครงสร้างจุลภาคของผงแคลเซียมไททาเนตที่ผ่านการแคลไซน์ที่อุณหภูมิ 1,000 °ซ. ดังแสดงในรูปที่ 2 โครงสร้างจุลภาคของแคลเซียมไททาเนตที่สังเคราะห์ได้ในทุกสารตัวอย่าง ภายหลังการแคลไซน์

ที่อุณหภูมิสูงมีลักษณะเกรน (grain) ค่อนข้างกลม ซึ่งเป็นลักษณะหลักของแคลเซียมิตานาแบบ perovskite

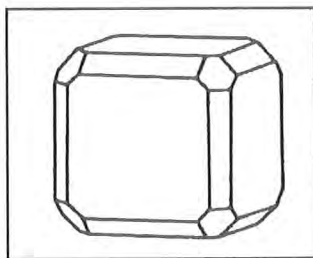
ดังแสดงในรูปที่ 3 นอกจากนี้ยังพบว่าขนาดของเกรนที่เกิดขึ้นในทุกตัวอย่างมีขนาดค่อนข้างสม่ำเสมอ



รูปที่ 1 แผนภาพการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ของแคลเซียมิตานาที่สังเคราะห์ได้ภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1,000°C. เป็นเวลา 2 ชั่วโมง (○ : CaTiO_3 □ : TiO_2 - rutile ◇ : TiO_2 - anatase)



รูปที่ 2 โครงสร้างจุลภาคของผงแคลเซียมิตานาที่สังเคราะห์ได้ ภายหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1,000°C. เป็นเวลา 2 ชั่วโมง (a) cop-4 (b) gel-1 (c) gel-2 และ (d) gel-3 (กำลังขยาย 10,000 เท่า)



รูปที่ 3 รูปร่างผลึกของ perovskite (<http://www.a-m.de/englisch/lexikon/mineral/oxide/perowskit-kris1.htm>)

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

1. การสังเคราะห์แคลเซียมิตานาต์ด้วยวิธีโซล-เจลมีอัตราส่วนโมลของ Ca:Ti เข้าใกล้ 1 ซึ่งเป็นค่าทางทฤษฎีมากกว่าแคลเซียมิตานาต์ที่สังเคราะห์ด้วยวิธีการตกตะกอนร่วม เนื่องจากในวิธีการตกตะกอนร่วมอัตราการตกตะกอนของ CaO และ TiO_2 มีค่าแตกต่างกันขึ้นกับค่าพีเอชที่ใช้ โดย CaO เกิดการตกตะกอนได้ดีที่ค่าพีเอชค่อนข้างสูงซึ่งเป็นการยากในการหาสารที่ใช้ในการตกตะกอน จึงทำให้ไม่สามารถควบคุมองค์ประกอบทางเคมีของสารผลิตภัณฑ์ได้ ในขณะที่การสังเคราะห์โดยวิธีโซล-เจลการเกิดเจลของของผสมระหว่าง CaO และ TiO_2 ไม่ขึ้นกับค่าพีเอช ดังนั้นปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของสารตั้งต้นจึงไม่เกิดการสูญหายในขณะทำการสังเคราะห์ ทำให้สามารถควบคุมองค์ประกอบของสารผลิตภัณฑ์ได้ดี

2. ผงแคลเซียมิตานาต์ที่ได้จากวิธีการตกตะกอนร่วมซึ่งมีองค์ประกอบของ TiO_2 มากกว่า CaO เมื่อนำไปแคลไซน์ที่ 1,000 °ซ. พบว่ามีผลึกของ TiO_2 ชนิด rutile และ anatase ผสมกับผลึกของแคลเซียมิตานาต์ ในขณะที่สารที่สังเคราะห์ได้จากวิธีโซล-เจลไม่พบผลึกของ TiO_2

3. ผลึกของแคลเซียมิตานาต์ที่สังเคราะห์ได้มีลักษณะค่อนข้างกลมซึ่งเป็นลักษณะของแคลเซียมิตานาต์แบบ perovskite

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ ที่ให้ความอนุเคราะห์การใช้เครื่องมือในการตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์ของสารที่สังเคราะห์ได้

เอกสารอ้างอิง

- Avvakumov, E. G., Devyatkina, E. T. and Kosova, N.V. (1994). Mechanochemical reactions of hydrated oxides. *J. Solid State Chem.* 113:379-383.
- Avvakumov, E. G., Senna, M. and Kosova, N.V. (2001). *Soft Mechanochemical Synthesis : A Basis for New Chemical Technologies.* Boston : Kluwer Academic Publishers.
- Cousin, P. and Ross, R.A. (1990). Preparation of mixed oxides: a review. *Mater. Sci. Eng.* A130:119-125.
- Chimborazo, J., Castillo, M., Velasco, C. and Stashans, A. (2002). H atom in BaTiO_3 and CaTiO_3 crystals: structure, electronic properties and diffusion. In: 3rd Int. Conf. Advanced Opt. Mater. Devices. 19 - 22 August 2002. Riga (Latvia). p.39-46.

- Guomin, M., Murakami, Y., Shindo, D. and Saito, F. (1999). Mechanochemical synthesis of CaTiO_3 from a CaO-TiO_2 mixture and its HR-TEM observation. *Powder Technol.* 105:162-166.
- Guomin, M., Murakami, Y., Shindo, D. and Saito, F. (1999). Microstructural investigation of CaTiO_3 formed mechanochemically by dry grinding of a CaO-TiO_2 mixture. *Powder Technol.* 104:75-79.
- Kharton, V.V., Figueiredo, F.M., Kovalevsky, A.V., Viskup, A.P., Naumovich, E.N., Jurado, J.R. and Frade, J.R. (2000). Oxygen diffusion in, and thermal expansion of $\text{SrTiO}_{3-\delta}$ - and $\text{CaTiO}_{3-\delta}$ -based materials. In: Fisher, D.J. (ed.). *Defect and Diffusion Forum- Defects and Diffusion in Ceramics*. Vol. 186-7. Uetikon-Zurich : Trans Tech Publication. p.119-136.
- Lemanov, V.V., Sotnikov, A.V., Smirnova, E.P., Weihnacht, M. and Kunze, R. (1999). Perovskite CaTiO_3 as an incipient ferroelectric. *Solid State Comm.* 110:611-614.
- Othmer, K. (1996). *Encyclopedia of Chemical Technology*. Vol. 20. Singapore : John Wiley & Sons. p.390.
- Pathak, A., Mukhopadhyay, D.K. and Pramanik, P. (1992). A new co-precipitation technique for the preparation of mixed-oxides. *Mat. Res. Bull.* 27:155-159.
- Xue, W. (2002). *Piezoelectric Crystals and Applications*. Term Paper of Phys512: Solid States Physics. Louisiana : Tech University.
- Xue, J., Wan, D. and Wang, J. (1999). Mechanochemical synthesis of nanosized lead titanate powders from mixed oxides. *Mater. Lett.* 39:364-369.



มหาวิทยาลัยขอนแก่น

การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมพอลิเอทิลีนเทเรพทาเลตกับ พอลิเอทิลีนกลูตาเลตด้วยปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบบเปิดวง

ภัทราวุธ มนต์วิเศษ¹, กมลวรรณ รัตนภักดิ์¹, พนอ วรรณวงศ์¹ และศิริยา เจียมสกุล¹

บทคัดย่อ

พอลิเมอร์ร่วมระหว่างพอลิเอทิลีนเทเรพทาเลตกับพอลิเอทิลีนกลูตาเลตสามารถสังเคราะห์ได้ด้วยวิธีพอลิเมอร์ไรเซชันแบบเปิดวงของสารประกอบวงโอลิโกเอทิลีนเทเรพทาเลตและวงโอลิโกเอทิลีนกลูตาเลตโดยมีไดบิวทิลทินออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในสภาวะความเข้มข้นสูง ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 250 °ซ. เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ได้ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ร่วม 90 เปอร์เซ็นต์ ผลจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเจลเพอเมชันโครมาโทกราฟี (GPC) พบว่ามีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยโดยน้ำหนักเท่ากับ 32,000 และผลจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคนิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโทรสโกปี (NMR) พบพิกที่บ่งชี้ถึงการเกิดพอลิเมอร์ร่วม สำหรับการสังเคราะห์สารประกอบวงโอลิโกเอทิลีนเทเรพทาเลตและวงโอลิโกเอทิลีนกลูตาเลตเพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมสามารถทำได้ด้วยปฏิกิริยาดีพอลิเมอร์ไรเซชันแบบเปิดวงของพอลิเอทิลีนเทเรพทาเลตและพอลิเอทิลีนกลูตาเลต ในตัวทำละลายออกโท-ไดคลอโรเบนซีนและคลอโรเบนซีนตามลำดับโดยมีไดบิวทิลทินออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในสภาวะเจือจางสูง ให้ความร้อนแก่สารผสมที่อุณหภูมิ 179 °ซ. เป็นเวลา 2-4 วัน ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำไปตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเจลเพอเมชันโครมาโทกราฟี (GPC) แมสสเปกโทรเมทรี (MS) นิวเคลียร์แมกเนติกเรโซแนนซ์สเปกโทรสโกปี (NMR) และฟูเรียร์ทรานสฟอร์มอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (FTIR) พบว่าโครงสร้างทางเคมีเป็นสารประกอบวงโอลิโกเมอร์

Abstract

Copolymer between poly(ethylene terephthalate) and poly(ethylene glutarate) was synthesized by ring-opening polymerization from cyclic oligo(ethylene terephthalate)s and cyclic oligo(ethylene glutarate)s in the presence of dibutyltin oxide as a catalyst under high concentration condition. The reaction was heated to 250°C for 1 hour. The copolymer was obtained in 90 % yield. Gel permeation chromatography (GPC) reported the average molecular weight of 32,000 and nuclear magnetic resonance spectroscopy (NMR) showed some signals implying to copolymer. For the synthesis of cyclic oligo(ethylene terephthalate)s and cyclic oligo(ethylene glutarate)s as starting materials for the synthesis of copolymer, it could be achieved by the cyclo-depolymerization of poly(ethylene terephthalate) and poly(ethylene glutarate) in o-dichlorobenzene and chlorobenzene respectively with dibutyltin oxide as a catalyst under high dilution condition. The reaction was refluxed at 179°C for 2-4 days. The products characterized by gel permeation chromatography (GPC), mass spectrometry (MS), nuclear magnetic resonance spectroscopy (NMR) and fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) were cyclic compounds.

¹ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

บทนำ

นับตั้งแต่ต้นทศวรรษที่ 1930 เมื่อ Carothers ได้สังเคราะห์พอลิเอสเตอร์เชิงเส้นขึ้นจากปฏิกิริยาความแน่นเป็นครั้งแรก (Ulrich, 1993) ชนิดของพอลิเอสเตอร์เชิงเส้นและการนำไปใช้งานได้เพิ่มจำนวนขึ้นอย่างมากมาย ตัวอย่างของพอลิเอสเตอร์ที่สำคัญและใช้งานอย่างกว้างขวางคือ พอลิเอทิลีนเทเรพทาเลต หรือ PET ในรูปของพลาสติก และเส้นใย เป็นต้น

พอลิเอสเตอร์เชิงเส้นส่วนใหญ่สังเคราะห์ได้จากปฏิกิริยาพอลิคอนเดนเซชันของไดแอซิดไดแอซิดเฮไลด์หรือไดแอซิดเอสเตอร์ กับไดออล และปฏิกิริยามีการจัดโมเลกุลเล็กๆ ออกระหว่างการเกิดปฏิกิริยา พอลิเอสเตอร์ที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยวิธีนี้มักจะได้น้ำหนักโมเลกุลต่ำและมีค่าการกระจายตัวของน้ำหนักค่อนข้างกว้าง ดังนั้นจึงต้องอาศัยเทคนิคที่มีความยุ่งยากและซับซ้อนเพื่อควบคุมสถานะของปฏิกิริยาให้ได้พอลิเมอร์ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง

การสังเคราะห์พอลิเมอร์ด้วยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบเปิดวง (ring-opening polymerization, ROP) ส่วนใหญ่เกิดผ่านกลไกของไอออนบวกหรือไอออนลบ ความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาขึ้นกับความเครียดภายในวงมอนอเมอร์ตั้งต้น ซึ่งจะได้พอลิเมอร์ที่มีองศาการพอลิเมอไรซ์สูง แต่ระบบเป็นปฏิกิริยาคายความร้อนทำให้เกิดปัญหาในการควบคุมเมื่อขยายขนาดของระบบ สำหรับมอนอเมอร์ที่มีขนาดวงปานกลาง มีแนวโน้มที่จะไม่ให้องศาการพอลิเมอไรซ์ที่สูง เนื่องจากมีความเครียดภายในวงน้อยและวงขนาดใหญ่จะไม่มีผลของความเครียดภายในวง ดังนั้นจึงต้องทำปฏิกิริยาในสภาวะความเข้มข้นสูง (Ebdon and Eastmond, 1995) โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยาที่เหมาะสมเพื่อให้ระบบเกิดพอลิเมอร์ที่มีองศาการพอลิเมอไรซ์สูง ซึ่งสมดุลของปฏิกิริยาดิพอลิเมอไรเซชันแบบปิดวงและพอลิเมอไรเซชันแบบเปิดวงแสดงดังปฏิกิริยา



ข้อดีของการนำสารประกอบวงโอลิโกเมอร์มาใช้เป็นสารตั้งต้นในการเตรียมพอลิเมอร์ด้วยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบเปิดวงคือปฏิกิริยาไม่มีการกำจัดโมเลกุลเล็ก ๆ ออกมา และขั้นตอนในการทำปฏิกิริยาไม่ยุ่งยากและรวดเร็วกว่าวิธีการสังเคราะห์พอลิเมอร์ชนิดความแน่น นอกจากนี้ยังมีแนวโน้มที่จะสามารถสังเคราะห์พอลิเมอร์ให้น้ำหนักโมเลกุลสูงได้ดี (Jiang et al., 1997; Hubbard and Brittain, 1996)

โดยทั่วไปสารประกอบวงโอลิโกเมอร์จะปนอยู่ในพอลิเมอร์ชนิดที่สังเคราะห์ด้วยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบความแน่นในปริมาณน้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ (Semlyen, 1986) ซึ่งวิธีการแยก

สารประกอบเหล่านี้ออกจากสารประกอบพอลิเมอร์มีความยุ่งยาก ใช้เวลานาน และได้ผลที่ไม่ดี ดังนั้นจึงมีการพัฒนาเทคนิคในการสังเคราะห์สารประกอบวงโอลิโกเมอร์ขึ้นเพื่อนำมาใช้ประโยชน์

การสังเคราะห์วงโอลิโกเอสเตอร์ส่วนใหญ่จะเริ่มต้นจากสารตั้งต้นประเภท ω -hydroxycarboxylic acid ทำปฏิกิริยาภายใต้สภาวะเจือจางสูง ซึ่งทำให้น้ำหนักโมเลกุลของสารตั้งต้นในระบบอยู่ห่างกัน ดังนั้นปฏิกิริยาส่วนใหญ่จึงเกิดขึ้นภายในโมเลกุลเดียวกันและให้สารประกอบประเภทวงมากกว่าการเกิดปฏิกิริยข้ามโมเลกุลซึ่งให้สารประกอบพอลิเมอร์ ปฏิกิริยาดิพอลิเมอไรเซชันแบบปิดวง (cyclodepolymerization,

CDP) เป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการสังเคราะห์สารประกอบจากสารตั้งต้นพอลิเมอร์ ทำปฏิกิริยาภายใต้สภาวะความเงาสูง (Ruddick et al., 1999; Hall et al., 2000)

ในงานวิจัยนี้ได้สังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมระหว่างพอลิเอทิลีนเทเรพทาเลตกับพอลิเอทิลีนกลูตาเลตด้วยปฏิกิริยาพอลิเมอร์ไรเซชันแบบเปิดวงจากสารประกอบวงโอลิโกเมอร์ที่เตรียมจากพอลิเมอร์ด้วยปฏิกิริยาดีพอลิเมอร์ไรเซชันแบบปิดวง

วิธีดำเนินงาน

การสังเคราะห์พอลิเอทิลีนกลูตาเลต

ซึ่งไดเมทิลกลูตาเลต 40 กรัม เอทิลีนไกลคอล 16.5 กรัม และ ดิคาเนียมไฮดรอกไซด์ 0.2 กรัม ในขวดสามคอ ต่อบีบอัด ชุดเทอร์โมสแตท และชุดกลั่นเข้ากับขวดสามคอ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 150 °ซ. เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ลดความดันของระบบและเพิ่มอุณหภูมิเป็น 170 °ซ. เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หยุดปฏิกิริยาโดยลดอุณหภูมิจนถึงอุณหภูมิห้อง พอลิเมอร์ที่ได้นำมาตกตะกอนโดยละลายพอลิเมอร์ในสารละลายคลอโรฟอร์มแล้วค่อยๆ หยดลงในเมทานอล 600 มิลลิลิตรที่มีการปั่นกวอย่างรุนแรงเก็บขึ้นที่เป็นของเหลวหนืด อบที่อุณหภูมิ 70 °ซ. เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำไปหาเปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ ตรวจวิเคราะห์ด้วย GPC, FTIR และ NMR

การสังเคราะห์สารประกอบวงโอลิโกเอทิลีนเทเรพทาเลต

สังเคราะห์สารประกอบวงโอลิโกเอทิลีนเทเรพทาเลตตามวิธีของ ภัทรารุช มนต์วิเศษ และคณะ (2545) โดยซึ่งขวด PET ที่ตัดแล้ว 5 กรัม ออโทไดคลอโรเบนซีน 200 มิลลิลิตร และไดบิวทิลทินออกไซด์ 195 มิลลิลิตร ใส่ในขวดก้นกลม ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 179 °ซ. ปั่นกวเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ลดอุณหภูมิจนถึง 75 °ซ. กรองด้วยเครื่องกรองลดความดัน นำส่วนสารละลายไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยลดความดัน ได้ผลิตภัณฑ์เป็นของแข็งสีขาว อบแห้งที่อุณหภูมิ 100 °ซ. เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ปฏิบัติ

แสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งนำหนักหาเปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ ตรวจวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ด้วย GPC, FTIR, NMR และ MS

การสังเคราะห์สารประกอบวงโอลิโกเอทิลีนกลูตาเลต

ซึ่งพอลิเอทิลีนกลูตาเลต 5 กรัม คลอโรเบนซีน 200 มิลลิลิตร และไดบิวทิลทินออกไซด์ 235 มิลลิลิตร ใส่ในขวดก้นกลม ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 130 °ซ. ปั่นกวเป็นเวลา 96 ชั่วโมง ลดอุณหภูมิจนถึงอุณหภูมิห้อง กรองด้วยเครื่องกรองลดความดัน นำส่วนสารละลายไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยลดความดัน ได้ผลิตภัณฑ์เป็นของแข็งสีน้ำตาลอ่อน อบแห้งที่อุณหภูมิ 100 °ซ. เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ปฏิบัติแสดงดังรูปที่ 2 ซึ่งนำหนักหาเปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ ตรวจวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ด้วย GPC, FTIR และ NMR

ผลิตภัณฑ์สารประกอบวงซึ่งมีลักษณะเป็นของแข็งสีน้ำตาลอ่อนนำไปทำให้บริสุทธิ์โดยใช้คอลัมน์โครมาโทกราฟี โดยนำผลิตภัณฑ์ของแข็งสีน้ำตาลมา 2.5 กรัม ใส่ลงส่วนบนของคอลัมน์ที่มีซิลิกาเป็นส่วนคงที่ โดยใช้ส่วนเคลื่อนที่ในการพาสารตามลำดับดังนี้ ปีโตรเลียมอีเทอร์ต่อเอทิลอะซิเตต [1:1] 200 มิลลิลิตร ปีโตรเลียมอีเทอร์ต่อเอทิลอะซิเตต [1:4] 800 มิลลิลิตร เอทิลอะซิเตต 400 มิลลิลิตร คลอโรฟอร์ม 200 มิลลิลิตร เก็บสารที่ได้แยกเป็นส่วนๆ ระเหยตัวทำละลายออก ตรวจวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องหาจุดหลอมเหลว NMR และ MS

การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมเอทิลีนเทเรพทาเลตกับพอลิเอทิลีนกลูตาเลต

ซึ่งสารประกอบวงโอลิโกเอทิลีนเทเรพทาเลต 1 กรัม สารประกอบวงโอลิโกเอทิลีนกลูตาเลต 823 มิลลิลิตร และไดบิวทิลทินออกไซด์ 82 มิลลิลิตร ละลายในคลอโรฟอร์มปริมาณเล็กน้อยในหลอดทดลองที่มีวาล์วปิด ระเหยตัวทำละลายออก ทำให้ระบบอยู่ในสถานะสุญญากาศ โดยการพันก๊าซไนโตรเจนลงในหลอดทดลองและปั๊มอากาศออกจากหลอด ทดลองซ้ำ 3 ครั้ง ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 250, 255 และ 260 °ซ.

เป็นเวลา 5, 10, 15, 30 และ 60 นาที รายละเอียดดังตารางที่ 1 พอลิเมอร์ร่วมที่ได้นำไปละลายด้วยคลอโรฟอร์มและตกตะกอนในเมทานอลที่มีการปั่น

กวนรุนแรง ชั่งน้ำหนักหาเปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ ตรวจวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์ด้วย GPC และ NMR

ตารางที่ 1 การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมพอลิเอทิลีนเทรฟทาเลตกับพอลิเอทิลีนกลูตาเลตที่อุณหภูมิและเวลาต่างๆ

ลำดับที่	อุณหภูมิ (°C.)	เวลา (นาที)	เปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์ (%)	Mn**	Mw**	MWD
1	250	5	47	1570	3570	2.27
2		10	56	2970	5760	1.94
3		15	63	3850	7290	1.89
4		30	78	9600	19700	2.05
5		60	90	17300	32000	1.85
6	255	5	53	2310	4630	2.00
7		10	58	3360	6480	1.93
8		15	71	4660	9200	1.97
9		30	NA*	NA	NA	NA
10	260	5	62	3780	22200	5.87
11		10	69	9360	29100	3.11
12		15	NA*	NA	NA	NA

* ผลิตภัณฑ์ใหม่บางส่วนและไม่ละลายในคลอโรฟอร์ม

** ค่าจากการตรวจวิเคราะห์ด้วย GPC ใช้พอลิสไตรีนเป็นมาตรฐาน

ผลการวิเคราะห์

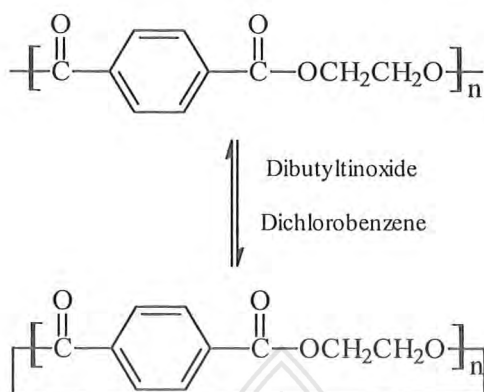
การสังเคราะห์พอลิเอทิลีนกลูตาเลต

จากการสังเคราะห์พอลิเอทิลีนกลูตาเลตได้ผลิตภัณฑ์เท่ากับ 65 เปอร์เซ็นต์ นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GPC, FTIR และ NMR ได้ผลดังนี้ GPC (THF) Mn = 2420 Mw = 4500 MWD 1.86, FTIR (KBr) ν 3200-3500 (O-H, s) 2956 (C-H, s) 1728 (C=O, s) cm^{-1} , NMR (CDCl_3) δ 4.3 (4H, s, CH_2) 2.4 (4H, br, CH_2) 1.9 (2H, br, CH_2) ppm

การสังเคราะห์สารประกอบวงโอลิโกเอทิลีนเทรฟทาเลต

จากการสังเคราะห์สารประกอบวงโอลิโกเอทิลีนเทรฟทาเลตด้วยปฏิกิริยาดิพอลิเมอร์ไรเซชัน ได้

ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นของแข็งสีขาวเท่ากับ 86 เปอร์เซ็นต์ นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรวจสอบด้วยเทคนิค GPC, FTIR, NMR และ MS(MALDI-TOF) ได้ผลดังนี้ GPC (THF) Mw = 1090, FTIR (KBr) ν 2960 (C-H, s) 1726 (C=O, s) 1600, 1505 (C-H aromatic) cm^{-1} , NMR (CDCl_3) δ 4.7 (4H, s, CH_2) 8.1 (4H, br, aromatic) ppm, MS (MALDI-TOF) m/z 578 (cyclic trimer + H^+), 770 (cyclic tetramer + H^+), 962 (cyclic pentamer + H^+), 1154 (cyclic hexamer + H^+), 1346 (cyclic heptamer + H^+), 1538 (cyclic octamer + H^+), 1731 (cyclic nanomer + H^+), 1922 (cyclic decamer + H^+)



รูปที่ 1 แผนภาพการสังเคราะห์สารประกอบวงโพลิโกเอทีลีนเทรฟทาเลต

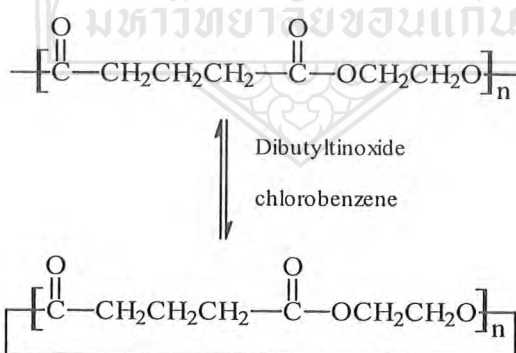
การสังเคราะห์สารประกอบวงโพลิโกเอทีลีนกลูตาเลต

จากการสังเคราะห์สารประกอบวงโพลิโกเอทีลีนกลูตาเลตด้วยปฏิกิริยาดีพอลิเมอร์ไรเซชัน ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นของแข็งสีน้ำตาลอ่อนเท่ากับ 94 เปอร์เซ็นต์ นำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรวจสอบด้วยเทคนิค GPC, FTIR และ NMR ได้ผลดังนี้ GPC (THF) $M_w < 456$, FTIR (KBr) ν 2959 (C-H, s) 1729 (C=O, s) cm^{-1} , NMR (CDCl_3) δ 4.3 (4H, s, CH_2) 2.4 (4H, br, CH_2) 2.0 (2H, br, CH_2) ppm

ผลิตภัณฑ์ของแข็งสีน้ำตาลนำมาทำให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคคอลัมน์โครมาโทกราฟีพบว่า

สามารถแยกผลิตภัณฑ์ของสารประกอบวงไดเมอร์ได้

1.1 กรัมคิดเป็นร้อยละของผลิตภัณฑ์สารประกอบวงทั้งหมดเท่ากับ 44 นำผลิตภัณฑ์ของสารประกอบวงไดเมอร์ไปตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่องหาจุดหลอมเหลว NMR และ MS ได้ผลดังนี้ จุดหลอมเหลวเท่ากับ 132-134 °C, ^1H -NMR (CDCl_3) δ 4.3 (8H, s, CH_2) 2.4 (8H, t, CH_2) 1.9 (4H, m, CH_2) ppm, ^{13}C -NMR (CDCl_3) δ 172 (C=O) 62 ($-\text{CH}_2-\text{O}-$) 33 ($-\text{CH}_2-\text{C}=\text{O}$) 20 ($-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{CO}$) ppm, MS(CI) m/z 317 (cyclic dimer + H^+) 334 (cyclic dimer + NH_4^+)



รูปที่ 2 แผนภาพการสังเคราะห์สารประกอบวงโพลิโกเอทีลีนกลูตาเลต

การสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมพอลิเอทิลีนเทรฟทาเลตกับพอลิเอทิลีนกลูตาเลต

พอลิเมอร์ร่วมที่ได้จากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบเปิดวงของสารประกอบวงโอลิโกเอทิลีนเทรฟทาเลตกับสารประกอบวงโอลิโกเอทิลีนกลูตาเลตได้ผลิตภัณฑ์สูงสุดถึง 90 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1) พอลิเมอร์ร่วมที่ได้นำไปตรวจวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GPC (ตารางที่ 1) FTIR และ NMR ได้ผลดังนี้ FTIR (KBr) ν 2923-2601 (C-H, s) 1722-1729 (C=O, s) cm^{-1} , NMR (CDCl_3) δ 4.6 (4H, s, aromatic) 4.5 (2H, br, CH_2) 4.4 (2H, br, CH_2) 4.3 (4H, s, CH_2) 2.4 (4H, br, CH_2) 1.9 (2H, br, CH_2) ppm (รูปที่ 3c)

ผลจากการหาน้ำหนักโมเลกุลด้วยเทคนิค GPC พบว่าที่อุณหภูมิ 250 °ซ. น้ำหนักโมเลกุลมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยามากขึ้น แต่ถ้าใช้อุณหภูมิสูงขึ้นและเวลาในการทำปฏิกิริยานานเกินไป เช่นที่อุณหภูมิ 255 °ซ. ระยะเวลา 30 นาที และที่อุณหภูมิ 260 °ซ. ระยะเวลา 15 นาทีทำให้ผลิตภัณฑ์บางส่วนไหม้ได้ ทั้งนี้คาดว่าเกิดจากการสลายตัวบางส่วนของสารประกอบวงโอลิโกเอทิลีนกลูตาเลตที่ใช้เป็นสารตั้งต้น ที่อุณหภูมิ 260 °ซ. พบว่าปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันเกิดขึ้นเร็วโดยพบว่า น้ำหนักโมเลกุลมีค่าสูงที่ระยะเวลาเพียง 5 และ 10 นาที แต่ค่าการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุลมีค่าค่อนข้างกว้าง 5.9 และ 3.1 ตามลำดับ ทั้งนี้คาดว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นปฏิกิริยาจะเกิดเร็วขึ้นแต่เนื่องจากระบบไม่มีการปั่นกววนทำให้สารตั้งต้นทั้งระบบยังเกิดปฏิกิริยาได้ไม่เท่ากัน ข้อมูลที่ได้จาก GPC แสดงว่าอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมชนิดนี้คือที่อุณหภูมิของปฏิกิริยา 250 °ซ. เป็นเวลา 60 นาที

ผลจาก NMR แสดงว่าเมื่อพิจารณาถึงสัญญาณของหมู่เอทิลีนไกลคอล ($-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-$) จะพบสัญญาณทั้งหมด 4 สัญญาณด้วยกันคือ δ 4.6, 4.5, 4.4 และ 4.3 (รูปที่ 3c) โดยเปรียบเทียบกับ

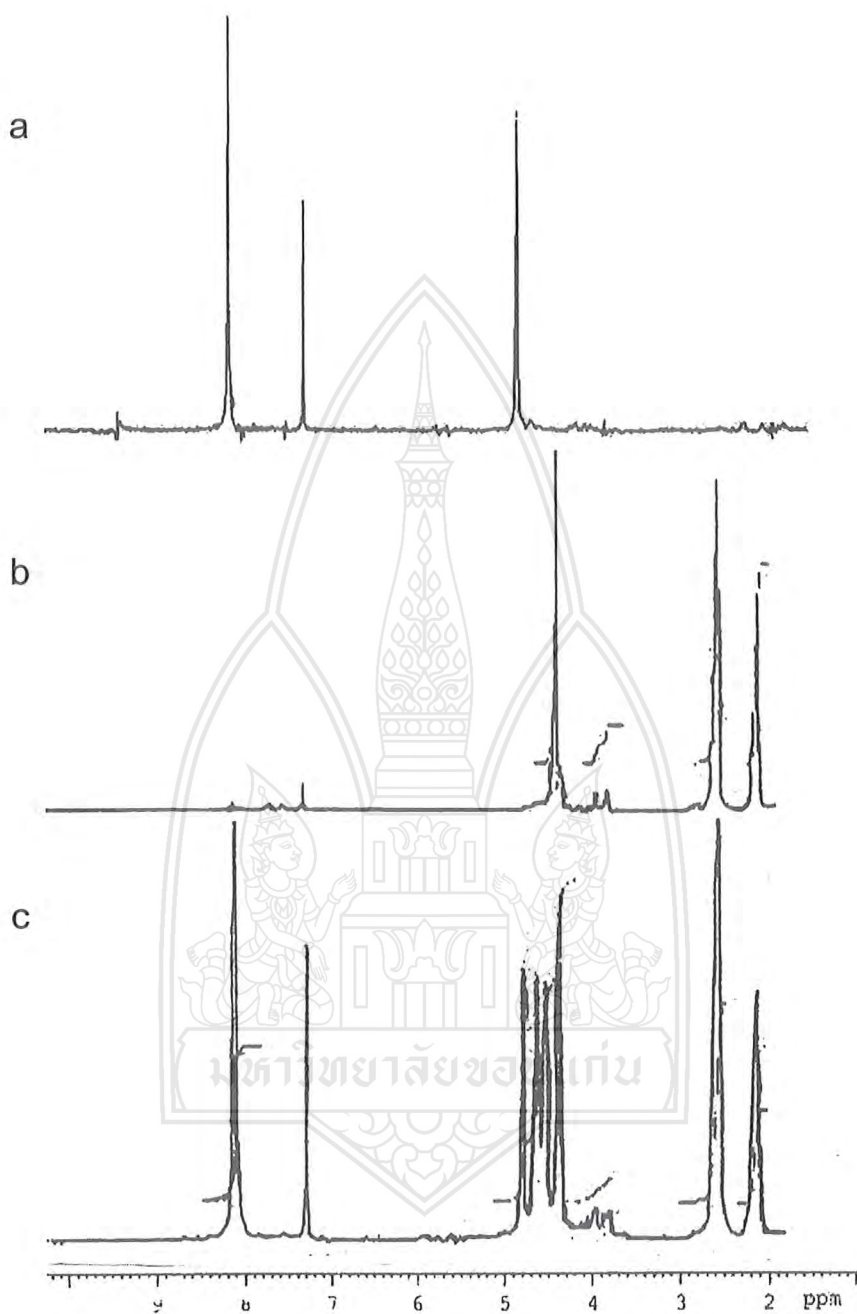
สเปกตรัมของพอลิเอทิลีนเทรฟทาเลต (รูปที่ 3a) พบสัญญาณเดียวคือ δ 4.6 และสเปกตรัมของพอลิเอทิลีนกลูตาเลต (รูปที่ 3b) พบสัญญาณเดียวเช่นกันที่ δ 4.3 ซึ่ง δ 4.6 เป็นสัญญาณของไฮโดรเจนของหมู่เอทิลีนไกลคอลที่มีหมู่ terephthalyl ทั้งสองข้าง (รูปที่ 4a) และ δ 4.3 เป็นสัญญาณของไฮโดรเจนของหมู่เอทิลีนไกลคอลที่มีหมู่ glutaryl ทั้งสองข้าง (รูปที่ 4b) ในขณะที่ δ 4.5 และ 4.4 เป็นสัญญาณของไฮโดรเจนของหมู่เอทิลีนไกลคอลที่มีหมู่ terephthalyl และ glutaryl อย่างละข้าง (รูปที่ 4c)

จากผลของสเปกตรัม NMR ทำให้ทราบว่าปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบเปิดวงระหว่างสารประกอบวงโอลิโกเอทิลีนเทรฟทาเลตกับสารประกอบวงโอลิโกเอทิลีนกลูตาเลต เกิดพอลิเมอร์ร่วมโดยมีอัตราส่วนของโครงสร้างแบบ a:b:c ในรูปที่ 4 เป็น 1:2:2

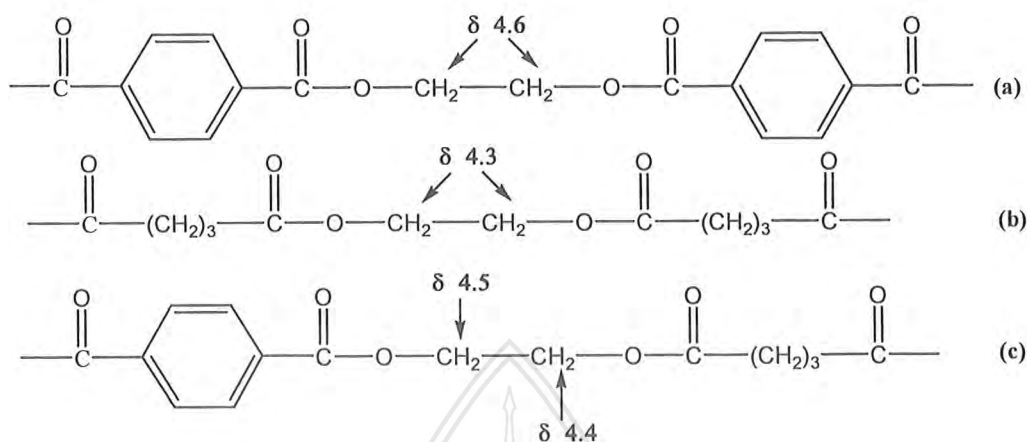
บทสรุป

1. สารประกอบวงโอลิโกเอทิลีนเทรฟทาเลตและสารประกอบวงโอลิโกเอทิลีนกลูตาเลตซึ่งใช้เป็นสารตั้งต้นสำหรับการสังเคราะห์พอลิเมอร์ร่วมพอลิเอทิลีนเทรฟทาเลตกับพอลิเอทิลีนกลูตาเลตสามารถสังเคราะห์ได้โดยวิธีดีพอลิเมอไรเซชันแบบเปิดวงของพอลิเอทิลีนเทรฟทาเลตและพอลิเอทิลีนกลูตาเลตตามลำดับภายใต้สภาวะเดือดสูงโดยมีไดบิวทิลทินออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งได้ผลิตภัณฑ์คิดเป็น 86 และ 94 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

2. พอลิเมอร์ร่วมพอลิเอทิลีนเทรฟทาเลตกับพอลิเอทิลีนกลูตาเลตสามารถสังเคราะห์ได้จากสารประกอบวงโอลิโกเอทิลีนเทรฟทาเลตกับสารประกอบวงโอลิโกเอทิลีนกลูตาเลตด้วยปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบเปิดวง โดยใช้อุณหภูมิ 250 °ซ. เป็นเวลา 60 นาที ได้ผลิตภัณฑ์ 90 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ย 32,000



รูปที่ 3 สเปกตรัม NMR ของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชันแบบเปิดวง โดย a คือผลิตภัณฑ์พอลิเอทีลีนเทรฟทาเรต b ผลิตภัณฑ์พอลิเอทีลีนกลูตาเรต และ c คือ ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ร่วมระหว่างพอลิเอทีลีนเทรฟทาเรต และพอลิเอทีลีนกลูตาเรต



รูปที่ 4 สัญญาณของโปรตอนที่ตำแหน่งเอทิลีนไกลคอลที่พบในพอลิเมอร์ร่วมพอลิเอทิลีนเทเรพทาเรตกับพอลิเอทิลีนกลูตาเรต

เอกสารอ้างอิง

- ภัทราวุธ มนต์วิเศษ, ชีรวัดน์ มงคลอัสวรรัตน์ และ ชีรวัดน์ เฉลิมสุขศรี. (2545). การรีไซเคิล ขวดน้ำดื่มพอลิเอทิลีนเทเรพทาเลตโดย เทคนิคดีพอลิเมอร์ไรเซชันแบบปิดวงและ เทคนิคพอลิเมอร์ไรเซชันแบบเปิดวง. วารสาร วิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 20(1-3):21-29.
- Ebdon, J.R. and Eastmond, G.C. (1995). New Method of Polymer Synthesis. London: Blackie. p.197-235.
- Hall, A.J., Hodge, P., McGrail, C.S. and Rickerby, J. (2000). Synthesis of a series of cyclic oligo(alkylidene isophthalate)s by cyclo-depolymerisation. Polymer. 41:1239-1249.
- Hubbard, P., Brittain, W.J., Simonsick, Jr., W.J. and Ross III, C.W. (1996). Synthesis and ring-opening polymerisation of poly (alkylene 2,6 naphthalenedicarboxylate) cyclic oligomers. Macromolecules. 29: 8304-8307.
- Jiang, H., Chen, T. and Xu, J. (1997). Synthesis structure and ring-opening polymerisation of macrocyclic aromatic ester: a new route to high-performance polyacrylates. Macromolecules. 30:2839-2842.
- Ruddick, C.L., Hodge, P., Zhuo, Y., Beddoes, R.L. and Helliwell, M. (1999). Cyclo-depolymerisation of polyundecanoate and related polyesters: characterization of cyclic oligoundecanoates and related cyclic oligoesters. Journal of Material Chemistry. 9:2399-2405.
- Semlyen, J.A. (1986). Cyclic Polymers. London: Elsevier Applied Science Publishers. p.1-47.
- Ulrich, A. (1993). Introduction to Industrial Polymers. 2nd ed. Utah: Hanser Publisher. p.119-122.

ข้อแนะนำในการเขียนบทความลงวารสาร วิทยาศาสตร์ มข.

ประเภทของเรื่องที่จะตีพิมพ์

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

รูปแบบของการเขียนและเตรียมต้นฉบับ

1. ต้นฉบับ ต้องเป็นตัวพิมพ์ปกติ มีช่วงห่างระหว่างบรรทัดตามมาตรฐาน พิมพ์ลงในกระดาษขาว A 4 (โรเนียวสัน) โดยใช้กระดาษหน้าเดียว ความยาวไม่เกิน 10 หน้า ส่งต้นฉบับ 2 ชุด
2. ต้นฉบับ จะถูกพิจารณาโดยกองบรรณาธิการ และจะตอบรับการได้รับบทความโดยไม่ส่งต้นฉบับคืน ผู้เขียนควรจะต้องสำเนาเก็บไว้เป็นหลักฐานของตนเอง 1 ฉบับ
3. ต้นฉบับ จะต้องมีความถูกต้องทั้งในด้านเนื้อหา และการใช้ภาษา รวมทั้งมีความสมบูรณ์ในรูปแบบพร้อมที่จะนำลงตีพิมพ์ได้
4. ชื่อเรื่อง ให้ใช้ภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ ไม่ยาวเกินไป และหลีกเลี่ยงการใช้คำย่อโดยไม่จำเป็น
5. ชื่อผู้เขียน เขียนชื่อภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษพร้อมทั้งบอกสถานที่ทำงานให้ชัดเจน
6. เนื้อเรื่อง ใช้ได้ทั้งภาษาไทยล้วนและภาษาอังกฤษล้วน ถ้าใช้ภาษาไทย ภาษาอังกฤษที่ใช้ปนกับภาษาไทยนั้นให้พยายามแปลเป็นไทยเท่าที่จะทำได้ และให้เขียนคำเดิมกำกับในวงเล็บ การทับศัพท์ภาษาอังกฤษ ตลอดทั้งการเขียนตัวสะกด คำสันต์ ในภาษาไทยให้ใช้ตามแบบราชบัณฑิตยสถาน
7. ในกรณีของบทความวิจัย ต้องมีบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ และแบ่งเนื้อหาของบทความเป็นบทนำ วิธีดำเนินงาน ผลการวิเคราะห์ บทสรุปและวิจารณ์
8. เชิงอรรถ (footnote) ใช้เฉพาะที่จำเป็นเพื่อขยายหรือให้รายละเอียดเพิ่มเติมแก่ใจความเฉพาะตอนในบทความ
9. ตารางและภาพประกอบ ถ้าบรรยายประกอบตารางหรือภาพประกอบควรจะสั้นและชัดเจน ถ้าเป็นภาพถ่ายให้ใช้ภาพขาว-ดำ ขนาดโปสเตอร์ ภาพเขียนลายเส้นควรเขียนด้วยหมึกดำ ภาพที่เขียนต้องชัดเจน และมีขนาดที่เหมาะสม
10. เอกสารอ้างอิง หรือบรรณานุกรม แนะนำให้เขียนตามแบบที่ทางวารสารกำหนด

ส่งต้นฉบับมาที่

กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ มข.

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

อนินันทนการสำหรับผู้เขียน

เรื่องที่ได้รับการตีพิมพ์ ผู้เขียนจะได้รับวารสารฉบับนั้น 2 เล่ม และสำเนาพิมพ์อีก 15 ชุด

การเขียนเอกสารอ้างอิงในวารสารวิทยาศาสตร์ มข.

เอกสารอ้างอิง (Reference) หมายถึง เอกสารหรือส่วนหนึ่งของเอกสารที่อ้างอิงถึงหรือแปลมาโดยตรง การเขียนเอกสารอ้างอิงในเนื้อหานั้น ให้ใช้ระบบชื่อและปี เช่น Williams (2001) รายงานว่า... หรือ... (Williams, 2001) การเขียนเอกสารอ้างอิงในตอนท้ายบทความนั้น ให้ใส่เฉพาะเล่มที่มีการอ้างอิงไว้ในเนื้อหาเท่านั้น

บรรณานุกรม (Bibliography) หมายถึง เอกสารที่ใช้อ้างอิงในลักษณะที่สรุปเป็นหลักการหรือทฤษฎีโดยมิได้อ้างอิงหรือแปลมาโดยตรง

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 : โรงพิมพ์หรือสำนักพิมพ์. เลขหน้าเริ่มต้น-เลขหน้าสุดท้ายที่อ้างอิง.

2. เอกสารราชการ

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

3. วารสาร

ก. ภาษาไทย

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

ข. ภาษาอังกฤษ

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

หมายเหตุ

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

