

กลุ่ม 3  
กลุ่มวิทยานิพนธ์  
(วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)

## การกำจัดสีจากน้ำเสียโรงงานฟอกย้อมด้วยโพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์และไคโตซาน

### COLOR REMOVAL FROM DYE WASTEWATER USING POLYALUMINUM CHLORIDE AND CHITOSAN

ปิยวรรณ ประมวลรัตน์<sup>1</sup>

สุเทพ ลิริวิทยาปกรณ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> นักศึกษาปริญญาโท คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail : doraemon\_aox@hotmail.com

<sup>2</sup> รองศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

E-mail : fengsts@ku.ac.th

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการกำจัดสีจากน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการย้อม โดยโพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์และไคโตซานซึ่งเป็นสารโพลีเมอร์ประจุบวก ผลศึกษาพบว่าสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการใช้โพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ คือใช้ที่ความเข้มข้น 18.0 g/l ที่ pH 11.0 ทำให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดสี และ COD เหลือเท่ากับ 90.87 และ 83.04 % ตามลำดับ แต่ข้อเสีย คือจะเกิดตะกอนปริมาณมาก ส่วนปริมาณไคโตซานที่เหมาะสม คือ 2.7g/l ที่ pH 7.0 จะให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสี และ COD เหลือเท่ากับ 83.86 และ 23.44 % ตามลำดับ และเมื่อใช้โพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ร่วมกับไคโตซาน คือใช้โพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ 7.5 g/l กับไคโตซาน 2.0 g/l ที่ pH 9.0 จะให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสี และ COD เหลือเท่ากับ 92.98 และ 49.68 % ตามลำดับ เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพโดยรวม ในการบำบัดน้ำเสียพบว่าการใช้โพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ร่วมกับไคโตซาน มีประสิทธิภาพในการบำบัดที่ดีที่สุด

คำสำคัญ : สีย้อม โพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ ไคโตซาน

#### ABSTRACT

This research was to study the color removal from the dye wastewater by using Polyaluminum chloride and cationic polymer Chitosan. It was found that the suitable conditions of Polyaluminum chloride were 18.0 g/l at pH 11.0. The removal efficiencies of color and COD were 90.87 and 83.04% respectively. However, a high volume of floc was produced. The optimum Chitosan was 2.7 g/l at pH 7.0. The removal efficiencies of color and COD were 83.86 and 23.44 % respectively. When Polyaluminum chloride combine with Chitosan was 7.5 g/l of Polyaluminum chloride and 2.0 g/l of Chitosan at pH 9.0. The removal efficiencies of color and

COD were 92.98 and 49.98% respectively. The best treatment efficiency was Polyaluminum chloride combine with Chitosan.

**KEYWORDS :** Dye, Polyaluminum Chloride, Chitosan

## 1. บทนำ

น้ำเสียจากกระบวนการฟอกย้อมจะมีสีและสารเคมีปนเปื้อนจำนวนมาก เนื่องจากการทำปฏิกิริยาระหว่างสีย้อมกับเส้นใยไม่สามารถเกิดได้สมบูรณ์ทั้งหมด สีย้อมที่ใช้กัน โดยทั่วไปในโรงงานฟอกย้อมมักจะเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสูตร โครงสร้างใหญ่ ซับซ้อนและอาจเป็นสารที่มีพิษ เพราะสารที่ใช้ในการสังเคราะห์สีย้อมจำนวนมากมีความเป็นพิษสูง ผลกระทบสิ่งแวดล้อมอย่างชัดเจนของน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม คือทำให้เกิดสภาพที่ไม่น่าดูส่งผลกระทบต่อความรู้สึก นอกจากนี้สีย้อมคั่งค้างแสง ทำให้กิจกรรมการสังเคราะห์แสงของพืชน้ำเกิดน้อยลงส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นในการหาวิธีเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวอย่างมีประสิทธิภาพ

ในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การศึกษาการกำจัดสีย้อมจากน้ำเสียโรงงานฟอกย้อม โดยใช้วิธีการโคแอกกูเลชัน โดยการศึกษาเลือกสารสร้างตะกอนสองชนิด คือ โพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ และไคโตซานซึ่งเป็นสารโพลีเมอร์ ประจุบวก ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดสี

## 2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษากระบวนการสร้างตะกอน (Coagulation) และสภาวะที่เหมาะสม ได้แก่ ระดับ pH และปริมาณสารสร้างตะกอนที่เหมาะสม เพื่อการกำจัดสีและ COD ในน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อม โดยการทดสอบ Jar Test เมื่อใช้โพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ (PAC), ไคโตซานเป็นสารสร้างตะกอน และใช้โพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ร่วมกับไคโตซาน

2. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพและค่าใช้จ่าย

## 3. อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาเชิงทดลอง (experimental research) ใช้ น้ำเสียจริงจากโรงงานขนไพศาล โดยจุดที่ทำการเก็บตัวอย่างเป็นถึงที่รวบรวมน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการย้อมจากหม้อต้มย้อม ซึ่งมีการใช้สีหลายประเภท คือ สีรีแอคทีฟ ร้อยละ 75 ของสีที่ใช้ทั้งหมดและร้อยละ 20 เป็นสีซัลเฟอร์ ส่วนที่เหลือมีสีไดเรกต์และสีแควด โดยแบ่งการทดลองเป็น 3 ตอน คือการตกตะกอนด้วยโพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์, ไคโตซาน และโพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ร่วมกับไคโตซาน วิธีทดลองใช้เครื่อง Jar Test หาปริมาณสารสร้างตะกอนและค่าพีเอชที่เหมาะสมแบบหยาบและแบบละเอียดสำหรับการกวนในเครื่อง Jar Test ใช้การกวนเร็วที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 5 นาที กวนช้าที่ความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที ระยะเวลาในการตกตะกอน 90 นาที ในการทดลอง ทำการวิเคราะห์น้ำเสียจริงก่อนการบำบัด โดยมีการวัดค่า pH ความขุ่น สี และ COD ตามวิธีมาตรฐาน (APHA, AWWA, WEF, 2005) แล้วทำการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสม ปริมาณ โพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ที่ใช้

โดยปริมาณแปรผันในช่วง 15.0 - 25.0 g/l ค่า pH ช่วง 7.0 - 12.0 ส่วนสภาวะที่เหมาะสมของการใช้ไคโตซาน ปริมาณแปรผันในช่วง 1.0-3.5 g/l ค่า pH ช่วง 6.0 -11.0 และสภาวะที่เหมาะสมของการใช้โพลีอะลูมินัมคลอไรด์ ร่วมกับ ไคโตซาน ทำโดยปริมาณ PAC แปรผันที่ 10.0, 7.5 และ 5.0 g/l ในขณะที่ปริมาณไคโตซานแปรผันไปที่ 0.8, 1.2, 1.6, 2.0 และ 2.4 g/l ค่า pH ช่วง 5.0 - 10.0 โดยวัดประสิทธิภาพในการบำบัดความขุ่น, สี และ COD

#### 4. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์สมบัติของตัวอย่างน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการข้อมจากหม้อต้มข้อม ของโรงงานธนไพศาล สามารถสรุปสมบัติเฉลี่ยของน้ำเสียได้ คือ มีค่าสี 897.91 SU ค่า COD 1,993.63 mg/l ความขุ่น 14.31 NTU และ pH 11.05 สีของน้ำเสียเมื่อสังเกตด้วยตาเปล่าจะเห็นเป็นสีดำ

##### 4.1 การตกตะกอนด้วยโพลีอะลูมินัมคลอไรด์ (PAC)

###### ปัจจัยที่มีผลต่อการตกตะกอนด้วยโพลีอะลูมินัมคลอไรด์

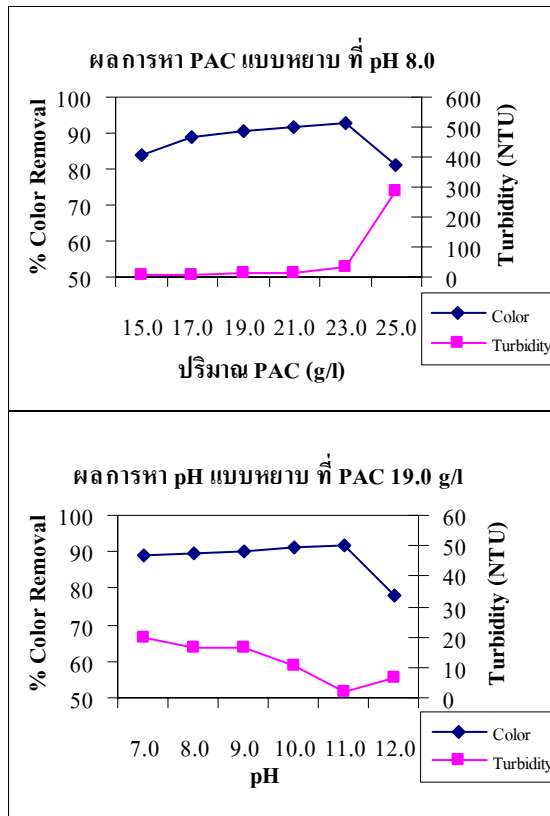
###### 1) ปริมาณโพลีอะลูมินัมคลอไรด์

จากภาพที่ 1 การหาปริมาณ PAC ที่เหมาะสมแบบหยาบ เมื่อเพิ่มปริมาณ PAC ประสิทธิภาพจะเพิ่มขึ้นและต้องใช้ PAC ในปริมาณที่มากพอ เหมาะสมสำหรับการตกตะกอน โดย PAC จะทำลายเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์ด้วยการดูดติดผิวและทำลายประจุไฟฟ้า (Adsorption / Charge Neutralization) ทำให้เกิดแรงดึงดูดระหว่างอนุภาคมากขึ้นและโดยกลไกหลัก คือการโคแอกกูเลชันแบบห่อหุ้มอนุภาคด้วยผลึก (Sweep Coagulation) ผลึกสามารถห่อหุ้มอนุภาคคอลลอยด์ไว้ ทำให้ผลึกมีขนาดใหญ่ขึ้นและอนุภาคคอลลอยด์สูญเสียเสถียรภาพ จนตกตะกอนได้ (ณวัฒน์, 2546) แต่เมื่อปริมาณของ PAC มากกว่าระดับที่เหมาะสม (23.0 g/l) ประสิทธิภาพ การกำจัดสีจะลดลง เพราะเสถียรภาพของคอลลอยด์จะฟื้นขึ้นมาใหม่ เนื่องจากไอออนต่างประจูดูดติดผิวของอนุภาคคอลลอยด์จนอนุภาคมีการเปลี่ยนประจุเป็นตรงข้ามกับของเดิม (Charge Reversal) และเกิดแรงผลึกแยกออกจากกัน (ระบิณ, 2551)

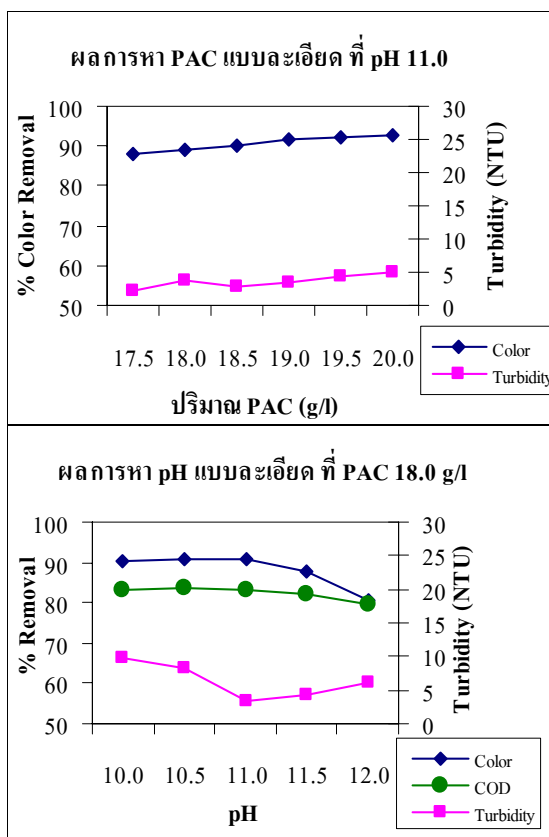
###### 2) ระดับ pH

เนื่องจากการกำจัดสีน้ำเสียหม้อต้ม ที่มีปริมาณสีสูงถึง 897.91 SU จึงต้องใช้ PAC ปริมาณมาก ส่งผลให้ pH หลังตกตะกอนของน้ำทิ้งลดลงจากเดิมมาก จากผลการทดลองหาระดับ pH ที่เหมาะสมแบบหยาบ ดังภาพที่ 1 พบว่าค่า pH ถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในกระบวนการตกตะกอน โดยระดับ pH ก่อนบำบัดที่เหมาะสม คือ pH 11.0 เพราะหลังจากที่ตกตะกอนด้วย PAC จะทำให้ pH ลดลงที่ 7.09 ซึ่งมีค่าพีเอชเป็นกลางเหมาะสมต่อการตกตะกอน ทำให้กำจัดสีได้มีประสิทธิภาพมากและจะเห็นว่าที่ pH สูงหรือต่ำกว่านี้แนวโน้มของประสิทธิภาพในการบำบัดจะลดลง อันเนื่องมาจากตะกอน (floc) ที่ถูกสร้างขึ้นโดย PAC ไม่สามารถตกตะกอนได้ดี

ปริมาณ PAC ที่เหมาะสมเฉลี่ยเท่ากับ 18.0 g/l ที่ pH 11.0 ให้ค่าประสิทธิภาพกำจัดสี 90.87 % และทำให้ค่า COD ลดลง 83.04 % มีความขุ่น 3.23 NTU pH หลังตกตะกอนเท่ากับ 7.09 ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 1 ผลการกำจัดสีในขั้นตอนหาปริมาณ PAC และ pH ที่เหมาะสมแบบหยาบ



ภาพที่ 2 ผลการกำจัดสีในขั้นตอนหาปริมาณ PAC และ pH ที่เหมาะสมแบบละเอียด

#### 4.2 การตกตะกอนด้วยไคโตซาน

##### ปัจจัยที่มีผลต่อการตกตะกอนด้วยไคโตซาน

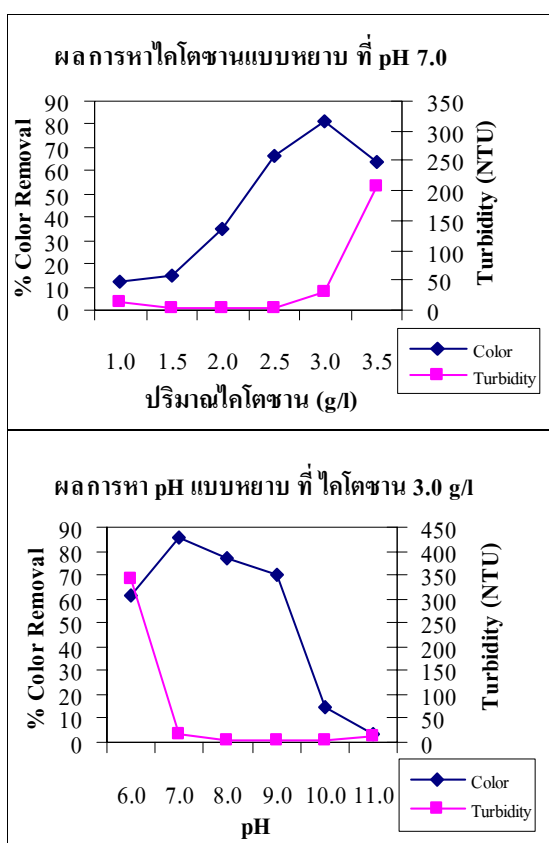
##### 1) ปริมาณไคโตซาน

จากภาพที่ 3 เมื่อเพิ่มปริมาณไคโตซานประสิทธิภาพการบำบัดจะเพิ่มขึ้นและเมื่อถึงจุดจุดหนึ่ง (3.0 g/l) การเพิ่มปริมาณไคโตซานกลับทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดลดลงทั้งในเรื่องของสีและความขุ่น สามารถอธิบายกลไกการตกตะกอนด้วยไคโตซานได้ ดังนี้ ไคโตซานเป็นสารอินทรีย์โพลีเมอร์ประจุบวกจะทำลายเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์โดยอาศัยกลไกการสร้างสะพานเชื่อมอนุภาคคอลลอยด์ด้วยโพลีเมอร์ (polymer bridging) ทำให้ได้ตะกอนที่มีขนาดใหญ่และสามารถแยกตัวออกจากน้ำใสได้ง่าย การเชื่อมไคโตซานโพลีเมอร์จะเกิดขึ้นได้ครบเท่าที่มีไคโตซานและตำแหน่งว่างบนผิวอนุภาค การใช้ไคโตซานมากเกินไปจะเกิดผลเสียคือไคโตซานหลายโมเลกุลจะไปเกาะอยู่บนอนุภาคจนกระทั่งไม่มีที่ว่างบนอนุภาคสำหรับเป็นที่จับของปลายอิสระของไคโตซานที่อยู่บนอนุภาคอื่นๆ อนุภาคคอลลอยด์จึงยังคงมีเสถียรภาพอยู่และมีน้ำหนักไม่มากพอที่จะตกตะกอนได้ (ณรงค์, 2543) และยังทำให้น้ำมีค่าความขุ่นเพิ่มขึ้นด้วย

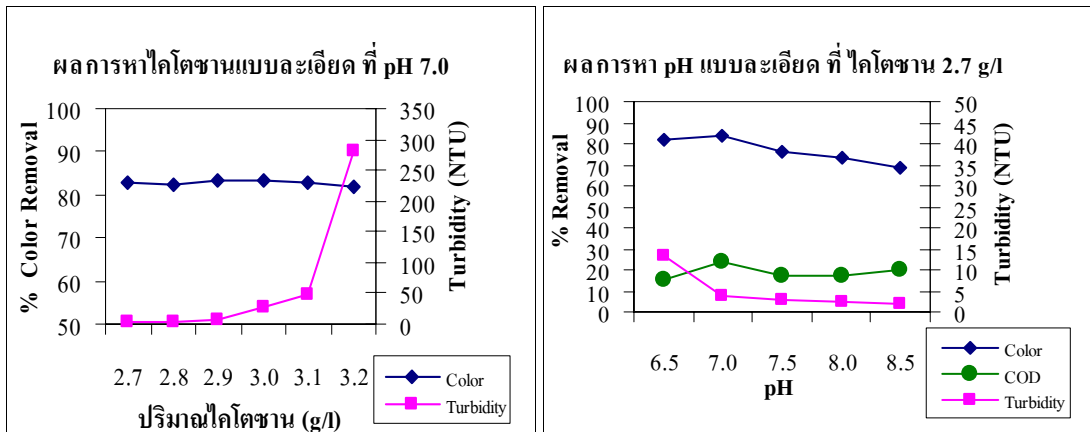
## 2) ระดับ pH

ระดับ pH มีผลต่อการตกตะกอนอย่างเห็นได้ชัด ดังแสดงในภาพที่ 3 สรุปได้ว่าถ้า pH ของน้ำเสียหม้อต้มมีสภาพเป็นกรดหรือเป็นด่างต่างทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดลดลง ต้องปรับ pH ให้เป็นกลางจะสามารถบำบัดน้ำเสียได้ดีที่สุด

ปริมาณโคโคซานที่เหมาะสมเฉลี่ยเท่ากับ 2.7 g/l ที่ pH 7.0 ให้ค่าประสิทธิภาพการกำจัดสี 83.86 % และทำให้ค่า COD ลดลง 23.44 % มีความขุ่น 3.83 NTU pH หลังตกตะกอนเท่ากับ 6.88 ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 3 ผลการกำจัดสีในขั้นตอนหาปริมาณโคโคซาน และ pH ที่เหมาะสมแบบหยาบ



ภาพที่ 4 ผลการกำจัดสีในขั้นตอนหาปริมาณโคโคซาน และ pH ที่เหมาะสมแบบละเอียด

#### 4.3 การตกตะกอนด้วยโพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ ร่วมกับโคโคซาน

ปัจจัยที่มีผลต่อการตกตะกอนด้วยโพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ ร่วมกับโคโคซาน

##### 1) ปริมาณโพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์

จากภาพที่ 5 และ 6 เมื่อแปรผันปริมาณ PAC 10.0, 7.5 และ 5.0 g/l ตามลำดับ พิจารณาที่ปริมาณโคโคซานคงที่ มีแนวโน้มไปทางเดียวกัน คือปริมาณ PAC มากกว่าจะกำจัดสีได้ดีกว่า แต่ในทางตรงกันข้ามถ้าปริมาณ PAC น้อยกว่าปริมาณตะกอนจะน้อย ขนาดใหญ่ขึ้น และตกตะกอนได้ดีกว่า

##### 2) ปริมาณโคโคซาน

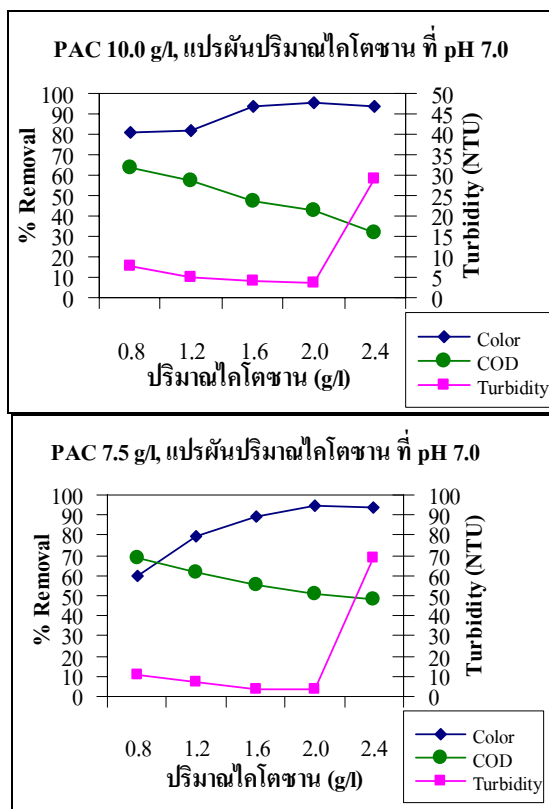
จากภาพที่ 5 และ 6 เมื่อแปรผันปริมาณโคโคซาน 0.8, 1.2, 1.6, 2.0 และ 2.4 g/l พิจารณาที่ปริมาณ PAC คงที่ มีแนวโน้มไปทางเดียวกัน คือถ้าเพิ่มปริมาณโคโคซานมากขึ้นจะกำจัดสีได้ดีขึ้น และปริมาณตะกอนจะน้อยลงสามารถจมตัวได้ดีขึ้นจนถึงจุดหนึ่ง (2.0 g/l) ที่การเพิ่มปริมาณโคโคซานไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดได้ เนื่องจากโคโคซานมากเกินไปจะส่งผลดั่งที่ได้อธิบายไว้แล้วตอนการตกตะกอนด้วยโคโคซาน อีกทั้งยังทำให้น้ำมีความขุ่นเพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนี้ประสิทธิภาพในการกำจัดสารอินทรีย์จะแปรผกผันกับปริมาณโคโคซานที่เพิ่มขึ้นด้วย

##### 3) ค่า pH

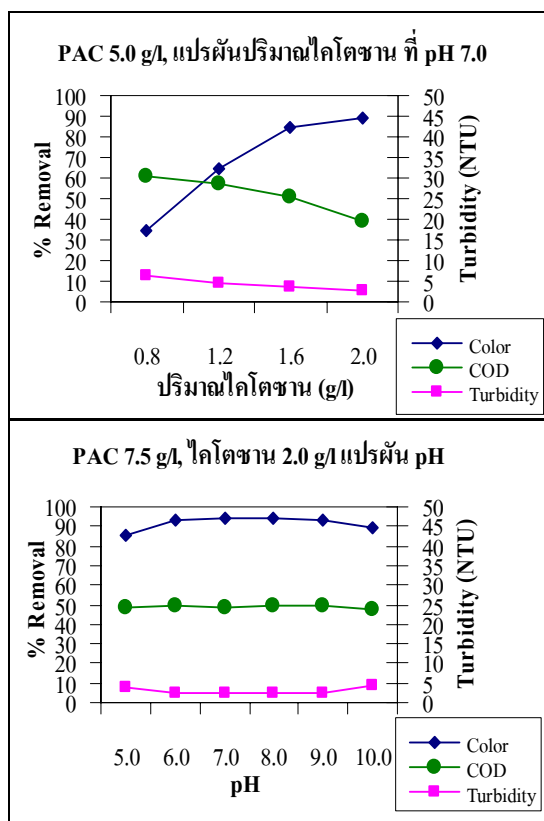
ค่า pH มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัด แต่ก็ไม่แตกต่างกันมาก สังเกตได้จากภาพที่ 6 ที่แสดงผลการบำบัดสี COD และ ค่าความขุ่น ที่เกือบจะเป็นเส้นตรงที่ pH 6.0 ถึง 9.0 แสดงว่าช่วง pH นี้เป็นช่วงที่มีความเหมาะสมต่อการบำบัดน้ำทิ้งหม้อต้ม เมื่อใช้ PAC ร่วมกับโคโคซาน และที่ pH มากหรือน้อยกว่านี้จะมีแนวโน้มการบำบัดลดลง เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ ค่า pH จะไม่ส่งผลใดๆ เลย เห็นได้จากค่า COD ลดลงเท่าๆ กัน ตลอดช่วง pH 5.0 ถึง 10.0 เนื่องจากการจำกัดปริมาณสารให้คงที่ (PAC 7.5 g/l และโคโคซาน 2.0 g/l) นอกจากนี้ค่า pH จะส่งผลต่อความเร็วในการตกตะกอน โดยที่ pH 5.0 ตะกอนจะตกได้เร็วที่สุด และจะลดลงเมื่อ pH เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณตะกอนเมื่อผ่านไป 90 นาทีจะมีปริมาณเท่าๆ กัน



ปริมาณสารที่เหมาะสมเฉลี่ยเท่ากับ โพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ 7.5 g/l ร่วมกับไคโตซาน 2.0 g/l ที่ pH 9.0 ให้ค่าประสิทธิภาพกำจัดสี 92.98 % และทำให้ค่า COD ลดลง 49.68 % มีความขุ่น 2.67 NTU pH หลังตกตะกอนเท่ากับ 6.79 ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 5 ผลการกำจัดสีในขั้นตอนหาปริมาณ PAC และไคโตซานที่เหมาะสม



ภาพที่ 6 ผลการกำจัดสีในขั้นตอนหาปริมาณ PAC และโคโคซานที่เหมาะสม

#### 4.4 ประเมินค่าใช้จ่าย

เมื่อพิจารณาในเรื่องค่าใช้จ่ายของสารสร้างตะกอน พบว่าค่าใช้จ่ายน้อยสุด 365.94 บาทต่อลูกบาศก์เมตรของน้ำเสีย เมื่อใช้ PAC รองลงมา คือ PAC ร่วมกับโคโคซาน และโคโคซานตามลำดับ โดยที่การใช้โคโคซานเป็นสารสร้างตะกอนจะมีค่าใช้จ่ายของสารสูงมากที่สุดที่ 1,890 บาทต่อลูกบาศก์เมตรของน้ำเสีย เพราะในประเทศไทยยังมีการผลิตโคโคซานในวงจำกัด ทำให้สารมีราคาแพงมาก ประมาณ 700-2,500 บาทต่อกิโลกรัม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบ ขนาด และความบริสุทธิ์ของโคโคซาน แต่เมื่อใช้ PAC เป็นสารสร้างตะกอนร่วมกับโคโคซานเป็นสารช่วยสร้างตะกอนจะทำให้ลดปริมาณการใช้โคโคซานลง ทำให้ค่าใช้จ่ายของสารลดลงที่ 1,552.48 บาทต่อลูกบาศก์เมตรของน้ำเสีย

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณสารตั้งต้นและค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย (ไม่รวมค่าสารเคมีที่ใช้ปรับ pH)

สารตั้งต้น	ราคาสาร (บาท/kg)	ปริมาณและราคาสารต่อน้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตร					
		PAC		ไคโตซาน		PAC ร่วมกับไคโตซาน	
		kg	บาท	kg	บาท	kg	บาท
Polyaluminum chloride (30%)	20.33	18.0	365.94	-	-	7.5	152.48
ไคโตซาน	700	-	-	2.7	1,890	2.0	1,400
รวมค่าใช้จ่าย (บาท/ m <sup>3</sup> น้ำเสีย)		-	365.94	-	1,890	-	1,552.48

## 5. สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการตกตะกอน ดังตารางที่ 2 พบว่า PAC, ไคโตซาน และ PAC ร่วมกับไคโตซาน ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีเท่ากับ 90.87, 83.86 และ 92.98 % ลดค่า COD ลง 83.04, 23.44 และ 49.68 % ตามลำดับ เห็นได้ว่า PAC ร่วมกับไคโตซานให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสีได้ดีที่สุด รองลงมาคือ PAC และไคโตซานตามลำดับ ส่วน PAC ให้ประสิทธิภาพในการกำจัด COD ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ PAC ร่วมกับไคโตซาน และไคโตซานตามลำดับ หากพิจารณาในเรื่องคุณภาพตะกอนที่เกิดขึ้น พบว่าการใช้ไคโตซานจะทำให้เกิดการตกตะกอนเร็วที่สุดและมีปริมาณตะกอนน้อยที่สุดด้วย รองลงมาคือ PAC ร่วมกับไคโตซาน และ PAC ตามลำดับ ส่วนความขุ่นที่เกิดขึ้นจะน้อยโดยมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 3.23, 3.83 และ 2.67 NTU ตามลำดับ เมื่อวัด pH หลังตกตะกอนจะมีค่าใกล้เคียงความเป็นกลางมาก คือ 7.09, 6.88 และ 6.79 ตามลำดับ ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการปรับ pH อีก หากพิจารณาประสิทธิภาพโดยรวมจะเห็นว่าการใช้ PAC ร่วมกับไคโตซาน ให้ประสิทธิภาพการบำบัดที่ดีที่สุด แต่ก็มีข้อด้อยในเรื่องค่าใช้จ่ายที่สูงมาก และยังกำจัดสารอินทรีย์ได้ไม่มากนัก จึงไม่เหมาะที่จะใช้บำบัดน้ำเสียในครั้งเดียว ควรมีการใช้วิธีการอื่นร่วมด้วย

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดของโพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ ไคโตซาน และโพลีอะลูมิเนียมคลอไรด์ ร่วมกับไคโตซาน

สารตั้งต้น	pH ที่ เหมาะสม ก่อนบำบัด	pH หลัง บำบัด	น้ำเสียหลังบำบัด			ประสิทธิภาพ การบำบัด (%)	
			Color (SU)	COD (mg/l)	Turbidity (NTU)	Color	COD
PAC	11.0	7.09	82.20	350.77	3.23	90.87	83.04
ไคโตซาน	7.0	6.88	145.28	1,547.83	3.83	83.86	23.44
PAC ร่วมกับไคโตซาน	9.0	6.79	62.90	964.95	2.67	92.98	49.68

## 6. รายการอ้างอิง

- ทรศนวรรณ อินทัดสิงห์. 2545. “การลดปริมาณสารแขวงลอยของน้ำเสียจากโรงงานถลุงมือยาง โดยการใช้ไคโตซานเป็นสารช่วยสร้างตะกอน.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ณรงค์ วุทธเสถียร. 2543. **การปรับสภาพน้ำสำหรับอุตสาหกรรม**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
- ณวัฒน์ ศรีภูมื่น. 2546. “การบำบัดน้ำเสียเบื้องต้นของน้ำเสียจากโรงงานเส้นด้ายด้วยกระบวนการตกตะกอนทางเคมีและกระบวนการโฟมแฟรคชั่นเนชั่น.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นภา ศิวรังสรรค์. 2542. “การกำจัดสีจากอุตสาหกรรมฟอกย้อมสิ่งทอ โดยกระบวนการตกตะกอนทางเคมีด้วยโพลีเมอร์.” วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มันติน ต้นทุลเวศม์. 2542. **วิศวกรรมการประปา เล่ม 1**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ระบิณ รักเขตศักดิ์. 2551. “การบำบัดสีในน้ำเสียจากการย้อมไหม ด้วยการใช้โพลีลูมิเนียมคลอไรด์เป็นสารโคแอกกูแลนที่ร่วมกับถ่านแกลบ.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- Altinbas, U., Dokmeci, S. and Baristiran, A. 1995. Treatability study of wastewater from textile industry. **Environmental Technology**. 16, 4: 389-394.
- APHA, AWWA, WEF. 2005. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21<sup>st</sup> ed. U.S.A.
- Reynolds, T.D. and Richards, P.A. 1996. **Unit Operation and Process in Environmental Engineering**. 2<sup>nd</sup> ed. Boston, U.S.A.: PWS Publishing Company.
- Tan, B.H., Teng, T.T. and Omar, A.K.M. 2000. “Remove of dyes and industrial dye wastes by magnesium chloride.” **Water Research**. 34, 2: 597-601.

**การดูดกลืนทางเคมีของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์โดยกระบวนการ  
เมมเบรนคอนแทคเตอร์แบบเส้นใยกลวง  
ที่ผลิตจาก PVDF และ PTFE**  
**CHEMICAL ABSORPTION OF CO<sub>2</sub> BY MEMBRANE CONTACTOR  
USING PVDF AND PTFE HOLLOW FIBER MEMBRANES**

สุภาณูช บุญช่วย<sup>1</sup>

รัตนา จิระรัตนานนท์<sup>2</sup>

<sup>1</sup>นักศึกษาระดับปริญญาโท คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

E-mail: no\_ok77@hotmail.com

<sup>2</sup>ศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

E-mail: ratana.jir@kmutt.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการดูดกลืนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์โดยกระบวนการเมมเบรนคอนแทคเตอร์โดยใช้เมมเบรนแบบเส้นใยกลวง 2 ชนิด คือ Polyvinylidene fluoride (PVDF) และ Polytetrafluoroethylene (PTFE) สารละลายดูดกลืนที่ใช้คือ สารละลาย Monoethanamine (MEA) โดยให้สารละลายดูดกลืนไหลใน tube ส่วนทางด้าน shell แก๊สป้อนคือคาร์บอนไดออกไซด์บริสุทธิ์ โดยทั้งสองเฟสไหลสวนทางกัน และมีการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Dynamic staged-process ไปใช้ในการทำนายค่าการดูดกลืนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อเทียบกับผลการทดลองที่ได้ การทดลองแบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ ตอนที่ 1 วิเคราะห์ความต้านทานการถ่ายเทมวลหลักในการดูดกลืนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ โดยพิจารณาผลของความเร็วสารละลายดูดกลืน (0.14-0.77 m/s) และ อัตราการไหลของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (100-300 ml/min) ที่มีต่อฟลักซ์ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ตอนที่ 2 ศึกษาแบบจำลอง Dynamic staged-process และ ตอนที่ 3 ศึกษาผลของชนิดเมมเบรน PVDF และ PTFE ผลการทดลองพบว่า การดูดกลืนทางเคมี เมื่อใช้สารละลายดูดกลืน MEA 0.5 M ความต้านทานการถ่ายเทมวลหลักจะอยู่ในด้านของเหลวทั้งเมมเบรน PVDF และ PTFE แบบจำลองสามารถทำนายหาเวลาที่ระบบใช้ในการเข้าสู่สภาวะคงตัวและ Concentration profile ของระบบที่สภาวะต่างๆ ได้ และเมื่อศึกษาผลของชนิดเมมเบรนพบว่า เมมเบรน PTFE ให้ค่าฟลักซ์ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าเมมเบรน PVDF ในขณะที่เมมเบรน PVDF ใช้เวลาในการเข้าสู่สภาวะคงตัวเร็วกว่าเมมเบรน PTFE

**คำสำคัญ :** ความต้านทานการถ่ายเทมวล แบบจำลอง Dynamic staged-process เมมเบรนคอนแทคเตอร์

## ABSTRACT

The objective of this work was to study CO<sub>2</sub> absorption in the membrane contacting process by using 2 hollow fiber membranes, Polyvinylidene fluoride (PVDF) and Polytetrafluoroethylene (PTFE). The aqueous monoethanolamine (MEA) solution was used as the absorbent which flowed in tube and pure CO<sub>2</sub> flowed in shell. The gas and liquid were fed counter-currently. Moreover, the dynamic staged-process model was used to predict CO<sub>2</sub> absorption. The study was consisted of 3 parts of experiment. Firstly, main mass transfer resistance in absorption process was analyzed by effects of liquid velocities (0.14-0.77 m/s) and gas flow rates (100-300 ml/min) on CO<sub>2</sub> flux. It was found that the main mass transfer resistance of the chemical absorption (using 0.5 M MEA as absorbent) for PVDF and PTFE membranes was in the liquid phase. The second part was to study on mathematical modeling and to compare with experimental results at various operating conditions. It was revealed that the results of simulation by the dynamic staged-process model agreed well with the experimental results. The last part was to compare the CO<sub>2</sub> flux at various liquid velocities and the time to reach a steady-state of the process. It was found that the PTFE membrane had a higher CO<sub>2</sub> flux than PVDF membrane. On the other hand, the time of PTFE membrane to reach a steady-state condition was more than PVDF membrane.

**KEYWORDS:** Dynamic staged-process model, Mass transfer resistance, Membrane contactor

## 1. บทนำ

แก๊สเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง เช่น น้ำมัน แก๊สธรรมชาติ หรือถ่านหิน มีส่วนประกอบของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งในแต่ละปีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงมีปริมาณเพิ่มขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิของโลกเพิ่มสูงขึ้น หรือที่เรียกว่า ปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse effect) ดังนั้นการกำจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากแก๊สเสีย ก่อนที่จะปล่อยออกสู่บรรยากาศจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ช่วยลดปัญหาโลกร้อนได้ กระบวนการกำจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ส่วนใหญ่เป็นกระบวนการดูดกลืน (Absorption) ซึ่งหมายถึง การถ่ายเทมวลสารจากแก๊สไปสู่ของเหลวที่เป็นสารละลายดูดกลืน (Absorbent) อุปกรณ์ที่ใช้ในการดูดกลืนทั่วไป คือ Packed column แต่เนื่องจากข้อเสียของ Packed column คือ มีการสัมผัสกันของทั้งสองเฟส ซึ่งจะนำไปสู่ปัญหาต่างๆ เช่น การเกิดอิมัลชัน, Foaming, Unloading และการท่วม (Flooding) นอกจากนี้ยังมีพื้นที่ผิวสัมผัสต่อปริมาตรน้อย ดังนั้นจึงมีการศึกษาวิจัยหากระบวนการใหม่ๆ ที่อาจนำมาใช้แทน กระบวนการแยกด้วยเมมเบรนจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ โดยในงานวิจัยนี้ใช้กระบวนการเมมเบรนที่เรียกว่า เมมเบรนคอนแทคเตอร์ (Membrane contactor) เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการดูดกลืนแก๊สได้ หลักการของกระบวนการเมมเบรนคอนแทคเตอร์ คือ สารป้อนซึ่งเป็นแก๊สและสารละลายดูดกลืนจะถูกป้อนเข้ามาคนละด้านของเมมเบรน โดยมีผลต่างของความเข้มข้นเป็นแรงขับเคลื่อนให้แก๊สแพร่ผ่านรูพรุนของเมมเบรนไปยังสารละลายดูดกลืน สารทั้งสองจะไม่สัมผัสกันได้โดยตรง เนื่องจากมีเมมเบรนเป็นผิวกั้นระหว่างเฟส การเพิ่มเฟสของเมมเบรนเข้าไปเป็นการเพิ่มความต้านทานการถ่ายเทมวลรวม

(Overall mass transfer resistance) แต่ทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสต่อปริมาตรสูงกว่า Packed column และ Tray column หลายเท่าตัว โดยเฉพาะกรณีที่ใช้เมมเบรนแบบเส้นใยกลวง อีกทั้งยังลดปัญหาในการเกิดการท่วม (Flooding) และการพาข้ามเฟสจากเฟสหนึ่งไปยังอีกเฟสหนึ่ง (Entrainment) เนื่องจากอัตราการใช้ของทั้งสองเฟสเป็นอิสระต่อกัน กระบวนการเมมเบรนคอนแทคเตอร์จึงมีความน่าสนใจว่ากระบวนการแยกแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์อื่น

ในงานวิจัยที่ผ่านมาสาระละลายดูดกลืนที่นิยมใช้ในกระบวนการดูดกลืนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ตัวอย่างเช่น NaOH,  $K_2CO_3$  และสารประกอบประเภทอัลคาโนลามีน (Alkanolamine) เนื่องจาก NaOH และ  $K_2CO_3$  ซึ่งเป็นสารละลายอนินทรีย์จะเกิดปฏิกิริยาแบบไม่ผันกลับ ส่วนสารประกอบประเภทอัลคาโนลามีนเป็นสารละลายที่เกิดปฏิกิริยาแบบผันกลับได้ สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้โดยให้ความร้อนเพื่อปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดูดกลืนไว้ (Regeneration) เนื่องจากทำปฏิกิริยากับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ไม่เสถียร ในงานวิจัยนี้จึงเลือกศึกษา ตัวอย่างสารประกอบประเภท อัลคาโนลามีน (Alkanolamine) คือ โมโนเอทานอลามีน (Monoethanolamine, MEA) เมมเบรนที่ใช้ในกระบวนการเมมเบรนคอนแทคเตอร์ ต้องผลิตจากโพลีเมอร์ที่ไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic) เช่น Polypropylene (PP), Polytetrafluoroethylene (PTFE) และ Polyvinylidene fluoride (PVDF) โดยในงานวิจัยนี้เลือกใช้เมมเบรนชนิด PTFE และ PVDF เนื่องจากเมมเบรนทั้งสองชนิดมีความสามารถในการทนความร้อนและสารเคมีสูง มีความไม่ชอบน้ำสูง ทำให้ได้ประสิทธิภาพในการดูดกลืนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูง

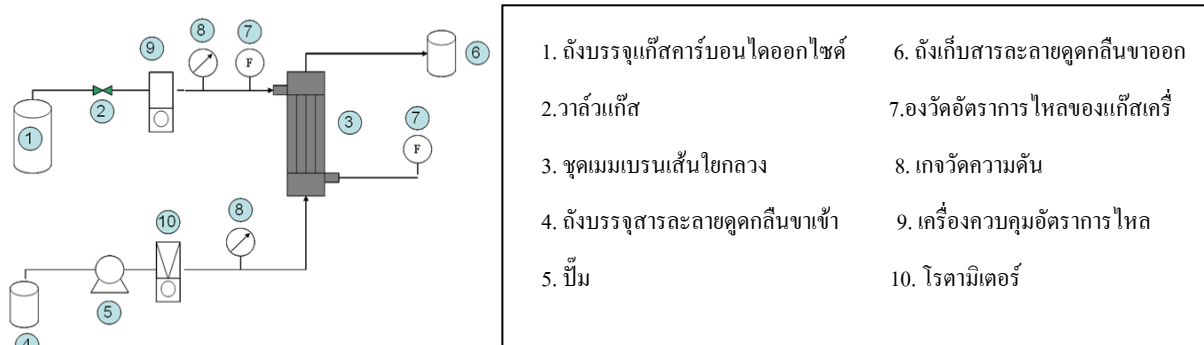
## 2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. วิเคราะห์ความต้านทานการถ่ายเทมวลหลักในการดูดกลืนทางกายภาพและทางเคมีของการดูดกลืนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการเมมเบรนคอนแทคเตอร์แบบเส้นใยกลวง
2. ศึกษาแบบจำลอง Dynamic Staged-Process เพื่อใช้ในการทำนายค่าพารามิเตอร์ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการเมมเบรนคอนแทคเตอร์แบบเส้นใยกลวงที่สภาวะต่างๆ
3. ศึกษาผลของความเร็วของสารละลายดูดกลืน ความเร็วของแก๊ส ความเข้มข้นของสารละลายดูดกลืน และปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในแก๊สผสมขาเข้า ที่มีต่อค่าพารามิเตอร์ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการเมมเบรนคอนแทคเตอร์แบบเส้นใยกลวง และ เปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้กับแบบจำลอง Dynamic Staged-Process
4. เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการเมมเบรนคอนแทคเตอร์เมื่อใช้เมมเบรนเส้นใยกลวงแตกต่างกันคือ Polyvinylidene fluoride (PVDF) และ Polytetrafluoroethylene (PTFE)

## 3. วิธีดำเนินงานวิจัย

### 3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย

ทำการติดตั้งเครื่องมือทำการทดลอง โดยแสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ชุดการทดลองกระบวนการเมมเบรนคอนแทคเตอร์

หลักการทำงานของอุปกรณ์ตามภาพที่ 1 มีดังนี้ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากถัง (1) ป้อนผ่านเครื่องควบคุมอัตราการไหลของแก๊ส (9) ทำการวัดอัตราการไหลของแก๊สขาเข้าโดยเครื่องวัดอัตราการไหลแก๊ส (7) จากนั้นป้อนแก๊สเข้าด้าน Shell ของชุดเมมเบรนเส้นใยกลวง (3) ทางด้านบน ในขณะที่เดียวกันป้อนสารละลายดูดกลืนจากถัง (4) ซึ่งควบคุมอัตราการไหลโดยปั๊ม (5) และวัดอัตราการไหลโดยโรตารีมิเตอร์ (10) ป้อนสารละลายดูดกลืนเข้าด้าน Tube ของชุดเมมเบรนแบบเส้นใยกลวง (3) ทางด้านล่าง ทำการวัดอัตราการไหลของแก๊สขาออกโดยเครื่องวัดอัตราการไหลแก๊ส (7) เพื่อนำไปคำนวณค่าฟลักซ์ของแก๊สต่อไป ส่วนสารละลายดูดกลืนที่ผ่านชุดเมมเบรนเส้นใยกลวงแล้วจะถูกป้อนไปยังถังเก็บสารละลาย (6)

### 3.2 เมมเบรนที่ใช้ในงานวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้เมมเบรนชนิดเส้นใยกลวงผลิตจาก Polyvinylidene fluoride (PVDF) และ Polytetrafluoroethylene (PTFE) สมบัติของเมมเบรนที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

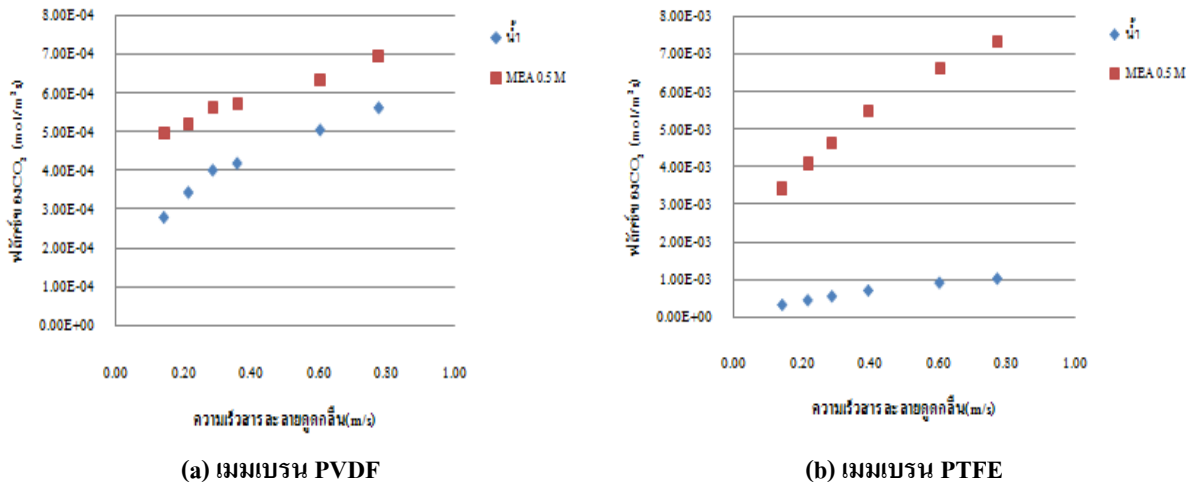
ตารางที่ 1 สมบัติของเมมเบรนและโมดูลที่ใช้ในงานวิจัย

คุณสมบัติ	ชนิดของเมมเบรน	
	PVDF	PTFE
เส้นผ่านศูนย์กลางรูพรุน( $\mu\text{m}$ )	0.2	0.0891
เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของเส้นใย (mm)	0.650	1.600
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของเส้นใย (mm)	1.000	2.000
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน โมดูล(mm)	10	15.5
ค่าความพรุน ( $\epsilon$ ), (%)	75	50
จำนวนเส้นใย	35	21
Total effective length (mm)	260	260
Effective area ( $\text{m}^2$ )	0.019	0.027



#### 4. ผลการทดลองและวิจารณ์

##### 4.1 การวิเคราะห์ความต้านทานการถ่ายเทมวลหลักในการดูดกลืนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

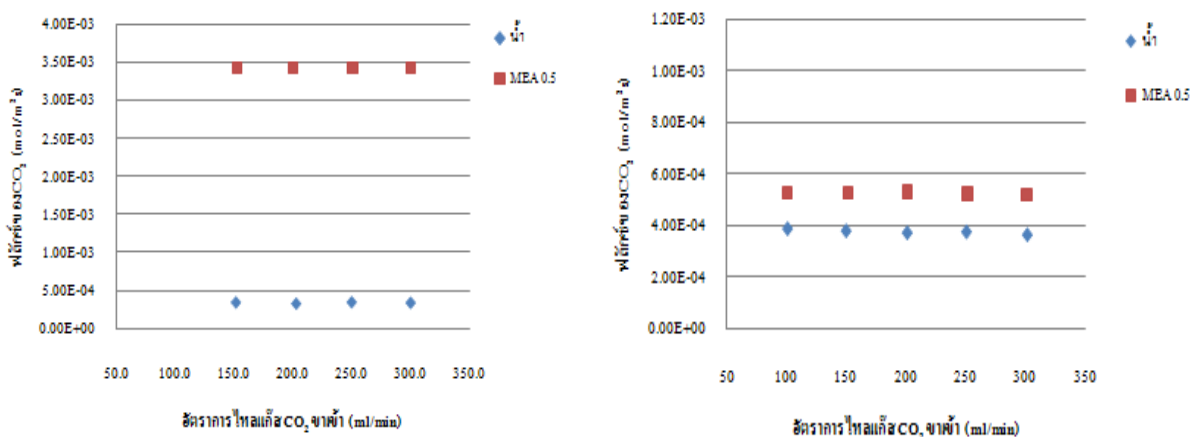


ภาพที่ 2 ผลของความเร็วของสารละลายดูดกลืนต่อค่าฟลักซ์ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์โดยเปรียบเทียบระหว่างการดูดกลืนทางเคมีเมื่อใช้ MEA ความเข้มข้น 0.5 M และการดูดกลืนทางกายภาพเมื่อนำอัตราการใช้ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ปริมาตร 300 ml/min

จากภาพที่ 2 แสดงผลของความเร็วของสารละลายดูดกลืนต่อค่าฟลักซ์ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์โดยเปรียบเทียบระหว่างการดูดกลืนทางเคมีเมื่อใช้ MEA ความเข้มข้น 0.5 M และการดูดกลืนทางกายภาพเมื่อนำเมมเบรนที่ใช้คือ PVDF และ PTFE พบว่าเมื่อความเร็วของสารละลายดูดกลืนทั้งทางกายภาพและทางเคมีสูงขึ้น ฟลักซ์ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าสูงมากขึ้น เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลของสารละลายดูดกลืน (จากความสัมพันธ์ ตามสมการ 1 เมื่อสารละลายดูดกลืนไหลในท่อของโมดูลเมมเบรน) แปรผันกับความเร็วของสารละลายดูดกลืน ดังนั้นเมื่อสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลมากขึ้น เมื่อความเร็วของสารละลายดูดกลืนมีค่าเพิ่มมากขึ้น ค่าฟลักซ์ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จึงมีค่าสูงขึ้น

$$Sh = 1.62 \left( \frac{d_i V}{LD} \right)^{1/3} \tag{1}$$

เมื่อ Sh คือ Sherwood number  $Sh = \frac{kd}{D}$ , D คือ สัมประสิทธิ์การแพร่ของสารละลายดูดกลืนใน Tube, L คือ ความยาวที่สารละลายดูดกลืนไหลในเมมเบรน, k คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลของสารละลายดูดกลืน, V คือ ความเร็วของสารละลายดูดกลืน, เส้นผ่านศูนย์กลางภายในเส้นใยเมมเบรน เมื่อเปรียบเทียบค่าฟลักซ์ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างการดูดกลืนทางเคมีใช้ MEA ความเข้มข้น 0.5 mol/l และการดูดกลืนทางกายภาพใช้น้ำ ที่สภาวะเดียวกัน พบว่า ค่าฟลักซ์ของแก๊สคาร์บอน ไดออกไซด์เมื่อใช้สารละลายดูดกลืน MEA 0.5 M มีค่ามากกว่า เมื่อใช้สารละลายดูดกลืนน้ำ เนื่องจากสารละลาย MEA สามารถทำปฏิกิริยากับ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้ ทำให้มีแรงขับเคลื่อนสูงกว่าการดูดกลืนทางกายภาพเมื่อนำเป็นสารละลาย ผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับ Khaisri (Khaisri, 2009 )



(a) เมมเบรน PVDF

(b) เมมเบรน PTFE

**ภาพที่ 3** ผลของอัตราการไหลของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์บริสุทธิ์ต่อค่าฟลักซ์ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เมื่อนำน้ำและ MEA ความเข้มข้น 0.5 M เป็นสารละลายดูดกลืนที่ความเร็ว 0.22m/s และ 0.14 m/s ตามลำดับ

จากภาพที่ 3 แสดงผลของอัตราการไหลของแก๊สต่อค่าฟลักซ์ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์โดยเปรียบเทียบระหว่างการดูดกลืนทางเคมีเมื่อนำ MEA ความเข้มข้น 0.5 M และการดูดกลืนทางกายภาพเมื่อนำน้ำที่ความเร็วของสารละลายเท่ากับ 0.22 m/s เมื่อนำเมมเบรน PVDF และความเร็วของสารละลายเท่ากับ 0.14 m/s เมื่อนำเมมเบรน PTFE พบว่า เมื่ออัตราการไหลของแก๊สเพิ่มมากขึ้น ค่าฟลักซ์ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าคงที่ ทั้งเมื่อนำสารละลายดูดกลืน MEA 0.5 M และน้ำ การที่ฟลักซ์ของ CO<sub>2</sub> เนื่องมาจากความต้านทานของระบบถูกควบคุมด้วย ความต้านทานในด้านสารละลายดูดกลืน และ ความต้านทานของเมมเบรนสอดคล้องกับงานวิจัยของ Khaisri (Khaisri, 2009) จากการทดลองข้างต้น เมื่อพิจารณาความเร็วของสารละลายดูดกลืนและอัตราการไหลของแก๊ส ที่มีต่อ ค่าฟลักซ์ของ CO<sub>2</sub> โดยเปรียบเทียบระหว่างการดูดกลืนทางเคมีเมื่อนำ MEA ความเข้มข้น 0.5 M และการดูดกลืน ทางกายภาพเมื่อนำน้ำ โดยเมมเบรนที่ใช้คือ PVDF และ PTFE สามารถสรุปได้ว่า ในการดูดกลืนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ทางกายภาพและทางเคมี ความต้านทานการถ่ายเทมวลหลัก คือ ความต้านทานในด้านสารละลายดูดกลืน และ ความต้านทานของเมมเบรน ซึ่งยังไม่สามารถบอกได้ชัดเจนว่าคือความต้านทานส่วนใด จึงต้องทำการทดลองต่อเพื่อหาค่าความต้านทานของเมมเบรนต่อไป

การหาสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลของเมมเบรนในกรณีรูพรุนเมมเบรนไม่เป็ยสามารถหาได้จากสมการของ Khaisri (Khaisri, 2010)

$$k_m = \frac{D_{g,eff} E_m}{\tau_m L_m} \quad (2)$$

เมื่อ  $k_m$  คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลของเมมเบรน,  $D_{g,eff}$  คือ สัมประสิทธิ์การแพร่ของแก๊ส CO<sub>2</sub> ในรูพรุนเมมเบรน,  $E_m$  ค่าคือ porosity ของเมมเบรน,  $L_m$  คือ ค่าความหนาของเมมเบรน และ  $\tau_m$  คือ ค่าความคดเคี้ยวของ

รูพรุนเมมเบรน สามารถหาได้จาก  $\tau_m = \frac{(2 - \epsilon_m)^2}{\epsilon_m}$

ตารางที่ 2 ผลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลของเมมเบรนชนิด PVDF และ PTFE ที่อุณหภูมิ 30 °C

ชนิดเมมเบรน	$\epsilon_m$ (-)	$\tau_M$ (-)	$r_p$ ( $\mu\text{m}$ )	$l_M$ (m)	$D_M$ ( $\text{m}^2/\text{s}$ )	$D_K$ ( $\text{m}^2/\text{s}$ )	$D_{g,eff}$ ( $\text{m}^2/\text{s}$ )	$k_m$ (m/s)
PVDF	0.75	2.08	0.100	$1.75 \times 10^{-4}$	$1.15 \times 10^{-5}$	$2.55 \times 10^{-5}$	$7.94 \times 10^{-6}$	$1.63 \times 10^{-2}$
PTFE	0.50	4.50	0.045	$2.00 \times 10^{-4}$	$1.15 \times 10^{-5}$	$1.13 \times 10^{-5}$	$5.72 \times 10^{-6}$	$3.18 \times 10^{-3}$

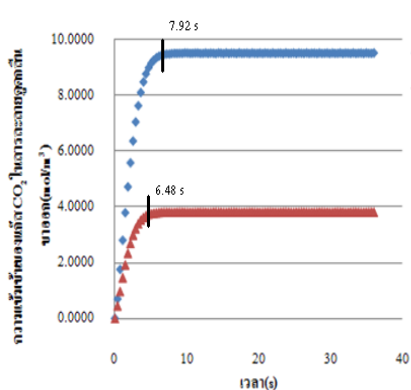
จากผลการคำนวณดังตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลของเมมเบรน PVDF มีค่าเท่ากับ  $1.63 \times 10^{-2} \text{ m/s}$  และ ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลของเมมเบรน PTFE มีค่าเท่ากับ  $3.18 \times 10^{-3} \text{ m/s}$  เมื่อศึกษาการดูดกลืนทางกายภาพเมื่อใช้น้ำเป็นสารละลายดูดกลืน พบว่าที่ความเร็วของสารละลายดูดกลืน 0.22 m/s ความต้านทานการ

ถ่ายเทมวลของ เมมเบรนต่อความต้านทานการถ่ายเทมวลรวม  $\left(\frac{Hd_0}{k_m d_{in}} / \frac{1}{K_{ol}}\right)$  เท่ากับ 0.04 % สำหรับเมมเบรน PVDF และ เท่ากับ 0.33 % สำหรับเมมเบรน PTFE ดังนั้นความต้านทานการถ่ายเทมวลหลักของการดูดกลืนทางกายภาพของเมมเบรนทั้งสองชนิด คือ ความต้านทานในด้านสารละลายดูดกลืน สำหรับการดูดกลืนทางเคมี

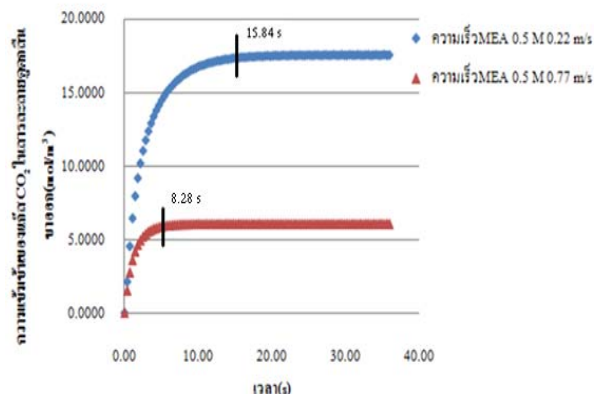
เมื่อใช้ MEA 0.5 M เป็นสารละลายดูดกลืน พบว่าที่ความเร็วของสารละลายดูดกลืน 0.22 m/s ความต้านทานการถ่ายเทมวลของ เมมเบรนต่อความต้านทานการถ่ายเทมวลรวม  $\left(\frac{Hd_0}{k_m d_{in}} / \frac{1}{K_{ol}}\right)$  เท่ากับ 0.07 % สำหรับเมมเบรน PVDF และ เท่ากับ 3.83% สำหรับเมมเบรน PTFE ดังนั้นความต้านทานการถ่ายเทมวลหลักของการดูดกลืนทางกายภาพของเมมเบรนทั้งสองชนิด คือ ความต้านทานในด้านสารละลายดูดกลืน

#### 4.2 ศึกษาแบบจำลอง Dynamic stage-process

ศึกษาเวลาที่ระบบใช้ในการเข้าสู่สภาวะคงตัวในแบบจำลอง Dynamic Stage-Process



(a) เมมเบรน PVDF



(b) เมมเบรน PTFE

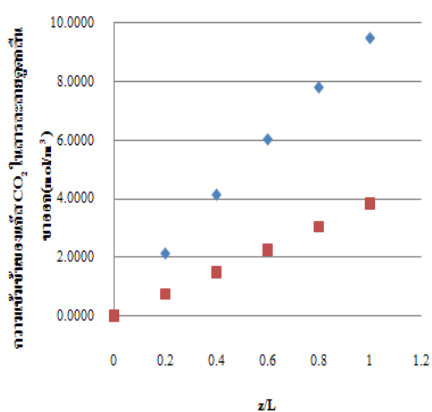
ภาพที่ 4 ความเข้มข้นของแก๊ส CO<sub>2</sub> ในสารละลายดูดกลืนขาออกที่เวลาต่างๆ เมื่อใช้ความเร็วสารละลายดูดกลืน MEA 0.5 M เท่ากับ 0.22 และ 0.77 m/s อัตราการไหลของแก๊ส CO<sub>2</sub> ปริมาตร 300 ml/min

จากภาพที่ 4 เมื่อมีการเปรียบเทียบความเร็วของสารละลายดูดกลืนที่ความเร็วต่างกัน 2 ค่า คือ 0.22 และ 0.77 m/s พบว่าความเร็วของสารละลายดูดกลืนมากขึ้น ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอน ไดออกไซด์ในสารละลายดูดกลืนขาออกจะลดลง เนื่องจากอัตราส่วนระหว่างแก๊สต่อของเหลวในโมดูลเมมเบรนมีค่าลดลง และเมื่อพิจารณาเวลาที่ระบบใช้ในการเข้าสู่สภาวะคงตัว จากภาพที่ 4 (a) พบว่า ที่ความเร็วสารละลายดูดกลืนน้ำเท่ากับ 0.22 m/s ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวที่เวลา 6.48 วินาที และที่ความเร็วสารละลายดูดกลืนน้ำเท่ากับ 0.77 m/s ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวที่เวลา 7.92 วินาที เห็นได้ว่าเมื่อความเร็วของสารละลายดูดกลืนมากขึ้น ระบบจะใช้เวลาในการเข้าสู่สภาวะคงตัวได้เร็วขึ้น เนื่องจากเมื่อความเร็วของสารละลายดูดกลืนมากขึ้น ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอน ไดออกไซด์ในสารละลายดูดกลืนขาออกลดลง ทำให้อัตราส่วนระหว่างแก๊สต่อของเหลวในโมดูลเมมเบรนมีค่าลดลงเช่นเดียวกันกับงานวิจัยของ Atchariyawut (Atchariyawut, 2008) โดยภาพที่ 4 (b) ให้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 3 จากผลการทดลองทั้งหมดแสดงให้เห็นถึงประโยชน์ของแบบจำลองในการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อทำนายเวลาที่ระบบใช้ในการเข้าสู่สภาวะคงตัว

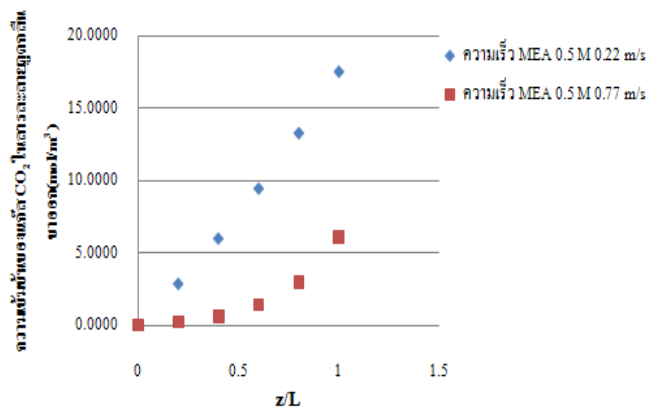
ตารางที่ 3 เปรียบเทียบผลของเวลาที่ของเข้าสู่สภาวะคงตัวของระบบต่างๆ

ความเร็วสารละลายดูดกลืน MEA 0.5 M (m/s)	เวลา(s)	
	เมมเบรน PVDF	เมมเบรน PTFE
0.22	7.92	15.84
0.77	6.48	8.28

เมื่อศึกษา CO<sub>2</sub> Concentration Profile ของแบบจำลอง Dynamic Stage-Process



(a) เมมเบรน PVDF



(b) เมมเบรน PTFE

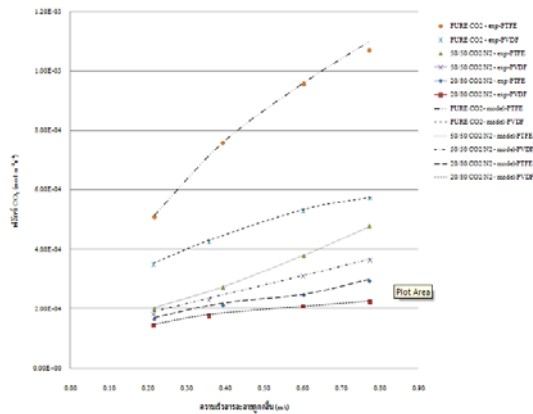
ภาพที่ 5 ความเข้มข้นของแก๊ส CO<sub>2</sub> ในสารละลายดูดกลืนที่ตำแหน่งต่างๆ

เมื่อใช้ MEA 0.5 M ความเร็ว 0.22 และ 0.77 m/s

ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 5 พบว่า ความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอน ไดออกไซด์ในสารละลายดูดกลืนมีค่าลดลงเมื่อความยาวโมดูลมีค่าเพิ่มมากขึ้น ทั้งความเร็วของสารละลายดูดกลืน เท่ากับ 0.22 และ 0.77 m/s และที่ความเร็วสารละลายดูดกลืนเท่ากับ 0.77 m/s มีค่าความเข้มข้นของแก๊สคาร์บอน ไดออกไซด์ในสารละลายดูดกลืน

น้อยกว่าที่ความเร็วสารละลายดูดกลืนเท่ากับ 0.22 m/s ตลอดความยาว โมดูล เนื่องจากความเร็วของสารละลายดูดกลืนที่เพิ่มขึ้น ทำให้ residence time ของสารละลายดูดกลืนใน โมดูลมีค่าลดลง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Atchariyawut (Atchariyawut, 2008) และ Kim และ Yang (Kim and Yang,2000)

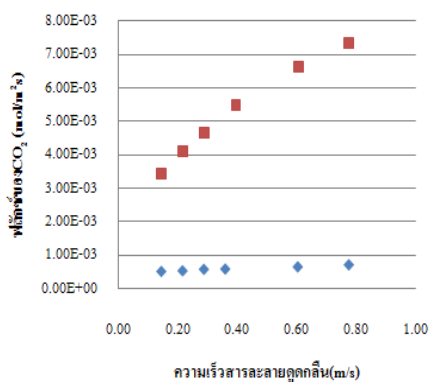
เมื่อแบบจำลองนี้ไปประยุกต์ใช้โดยเปรียบเทียบกับผลการทดลองที่ได้ เมื่อศึกษาผลของปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่อการดูดกลืนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ผลการทดลองที่ได้แสดงจากภาพที่ 6



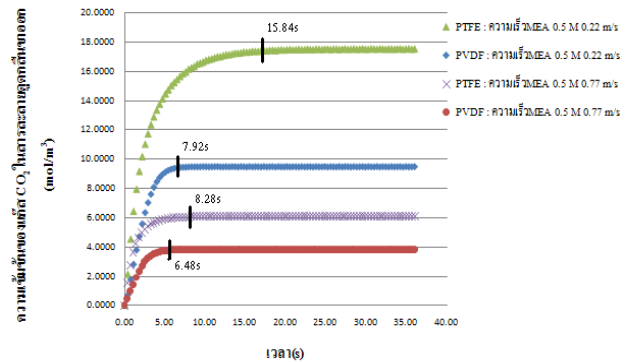
ภาพที่ 6 ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในแก๊สผสมขาเข้าที่มีต่อค่าฟลักซ์ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เปรียบเทียบกับแบบจำลอง Dynamic stage-process

จากภาพที่ 6 แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองสามารถคำนวณค่าฟลักซ์ที่ได้สอดคล้องกับผลการทดลองที่สถานะเดียวกันสอดคล้องกับงานวิจัยของ Atchariyawut (Atchariyawut, 2008) แสดงให้เห็นถึงความสามารถของแบบจำลองในการนำไปประยุกต์ใช้ในการ scale-up ต่อไป

#### 4.3 ศึกษาผลของชนิดเมมเบรน



(a) เปรียบเทียบค่าฟลักซ์ของ CO<sub>2</sub>



(b) เปรียบเทียบเวลาที่ระบบใช้ในการเข้าสู่สภาวะคงตัว

ภาพที่ 7 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของเมมเบรน PVDF และ PTFE โดยพิจารณาจากค่าฟลักซ์ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ และ ระยะเวลาที่ใช้ในการเข้าสู่สภาวะคงตัว อัตราการไหลของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ปริมาตร 300 ml/min

จากภาพที่ 7 (a) เมื่อเปรียบเทียบผลของชนิดเมมเบรน ปัจจัยที่สำคัญที่ควรพิจารณาคือ โครงสร้างของเมมเบรน ลักษณะของเมมเบรน และ สภาวะที่ทำการทดลอง จากการทดลองเมมเบรนทั้งสองชนิดมีค่า packing density เท่ากันคือ 0.35 จากภาพที่ 7 ค่าฟลักซ์ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ของ PTFE มีค่ามากกว่า PVDF สอดคล้องกับงานวิจัยของ Khaisri (Khaisri, 2009) แต่จากผลการทดลองข้างต้นเมมเบรน PTFE มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลที่น้อยกว่า ดังนั้น เมมเบรน PVDF จึงอาจเกิดการเปียกได้ จึงทำให้ฟลักซ์ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้มีค่าต่ำกว่าเมมเบรน PTFE จากภาพที่ 7 (b) ที่ความเร็วสารละลายดูดกลืนเดียวกัน ทั้งน้ำและสารละลายดูดกลืน MEA 0.5 M เมมเบรน PTFE ใช้เวลาในการเข้าสู่สภาวะคงตัวนานกว่าเมมเบรน PVDF เนื่องจากปริมาตรของสารละลายดูดกลืนและแก๊สในโมดูลของเมมเบรน PTFE มากกว่า เมมเบรน PVDF ดังนั้น เมมเบรน PTFE จึงต้องใช้เวลามากกว่าเพื่อให้สารละลายดูดกลืนและแก๊สไหลเต็มโมดูล

## 5. สรุปผลการวิจัย

การดูดกลืนทางเคมี เมื่อใช้ MEA ความเข้มข้น 0.5 M เป็นสารละลายดูดกลืน ความต้านทานการถ่ายเทมวลหลักจะอยู่ในด้านของเหลวทั้งเมมเบรน PVDF และ PTFE แบบจำลองสามารถทำนายหาเวลาที่ระบบใช้ในการเข้าสู่สภาวะคงตัวและ Concentration profile ของระบบที่สภาวะต่างๆได้ และ เมื่อ เปรียบเทียบประสิทธิภาพของเมมเบรน PVDF และ PTFE พบว่า เมมเบรน PTFE ให้ค่าฟลักซ์ของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่า เมมเบรน PVDF ในขณะที่เมมเบรน PVDF ใช้เวลาในการเข้าสู่สภาวะคงตัวเร็วกว่าเมมเบรน PTFE

## 6. รายการอ้างอิง

- กชพร เจริญแดนสว่าง และคณะ. 2549. กระบวนการดูดกลืนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์โดยเมมเบรนคอนแทกเตอร์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- รัตนา จิระรัตนานนท์. 2543. กระบวนการแยกผ่านเยื่อแผ่นสังเคราะห์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- Atchariyawut, S., Jiratananon, R. and Wang, R.2008. "Mass transfer study and modeling of gas-liquid membrane contacting process by multistage cascade model for CO<sub>2</sub> absorption." **Sep. Purif. Technol: 15-22.**
- deMontigny, D., Tontiwachwuthikul, P. and Chakma, A. 2006. "Using polypropylene and polytetrafluoroethylene membranes in a membrane contractor for CO<sub>2</sub> absorption." **J. Membr. Sci: 99-107.**
- J.R. Welty, C.E. Wicks, R.E. Wilson, G. Rorrer. 2001. **Fundamentals of Momentum, Heat, and Mass Transfer.** New York : John Wiley & Sons, Inc.
- Khaisri, S., deMontigny, D., Tontiwachwuthikul, P. and Jiratananon, R. 2010. "A mathematical model for gas absorption membrane contactors that studies the effect of partially wetted membranes." **J. Membr.Sci: 228-239.**

Khaisri, S., deMontigny, D., Tontiwachwuthikul, P. and Jiratananon, R.2009.“ Comparing membrane resistance and absorption performance of three different membranes in a gas absorption membrane contactor.” **Sep. Purif. Technol:** 290-297.

การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมสิ่งทอโดยกระบวนการรวมตะกอน  
ด้วยไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง

TREATMENT OF TEXTILE WASTEWATER BY CONTINUOUS  
ELECTROCOAGULATION PROCESS

ปารัชญา ขาวศรี<sup>1</sup>

สุเทพ สิริวิทยาปกรณ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>นิสิตบัณฑิตศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

E-mail : B4660804@hotmail.com

<sup>2</sup>อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาเขตบางเขน

E-mail : fengsts@ku.ac.th

### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมและประสิทธิภาพในการกำจัดสีและซีโอดีจากน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมฟอกย้อมสิ่งทอโดยกระบวนการรวมตะกอนด้วยไฟฟ้าแบบต่อเนื่องที่ใช้เหล็กและอลูมิเนียมเป็นขั้วเล็กโทรดแบบขั้วเดียว ทำการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการโดยใช้ถังปฏิกริยาขนาดความจุ 1.5 ลิตร แปรผันค่าพีเอช 3.0-9.0 เวลาเก็บกักน้ำเสีย 30-120 นาที และกระแสไฟฟ้า 0.5-2.0 แอมแปร์ จากการศึกษาพบว่า การทดลองที่ใช้แผ่นเหล็กเป็นขั้วเล็กโทรดมีสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดสีและซีโอดีคือ ค่าพีเอช 6.0 เวลาเก็บกักน้ำเสีย 120 นาที และกระแสไฟฟ้า 1.5 แอมแปร์ มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีและซีโอดีคือ 93% และ 59% การทดลองที่ใช้แผ่นอลูมิเนียมเป็นขั้วเล็กโทรดมีสภาวะที่เหมาะสมในการทดลองคือ ค่าพีเอช 6.0 เวลาเก็บกักน้ำเสีย 120 นาที และกระแสไฟฟ้า 2.0 แอมแปร์ มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีและซีโอดีคือ 73% และ 63% การบำบัดน้ำเสียฟอกย้อมโดยกระบวนการรวมตะกอนด้วยไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง พบว่าการใช้เหล็กเป็นขั้วเล็กโทรดสามารถกำจัดสีและซีโอดีได้ดีกว่าการใช้อลูมิเนียมเป็นขั้วเล็กโทรด

**คำสำคัญ :** กระบวนการรวมตะกอนด้วยไฟฟ้า น้ำเสียฟอกย้อม กำจัดสี

### ABSTRACT

The objective of this research was to study the optimum condition and the color and COD removal efficiencies from textile wastewater by using continuous electrocoagulation (EC) process. To do the research,



the laboratory scale of EC process was set up at the volume of 1.5 L and iron (Fe) and aluminum (Al) were use to be the monopolar electrodes. The values of pH were varied from 3.0 to 9.0 with the retention time of 30 to 120 minutes. Direct current varied from 0.5 to 2.0 ampere. The results showed that the optimum condition of EC with Fe electrodes was at a pH of 6.0 the retention time of 120 minutes and the direct current of 1.5 ampere. The color and COD removal efficiencies were 93% and 59%, respectively. The optimum condition of EC with Al electrodes was at a pH of 6.0 the retention time of 120 minutes and the direct current of 2.0 ampere. The color and COD removal efficiencies were 73% and 63%, respectively. Those results lead to the conclusion that Fe electrodes are more to abate color and COD from textile wastewater.

**KEYWORDS :** Electrocoagulation process, Textile wastewater, Color removal

## 1. บทนำ

ปัจจุบันมีวิธีที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมนั้นมีด้วยกันหลายวิธีทั้งทางด้านกายภาพ เคมี ชีวภาพและด้านกายภาพ-เคมี กระบวนการรวมตะกอนด้วยไฟฟ้าก็เป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจในการบำบัดน้ำเสียฟอกย้อม โดยอาศัยปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน (ปฏิกิริยารีดอกซ์) เนื่องจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจากสารที่เกิดออกซิเดชันไปยังสารที่เกิดรีดักชันผ่านตัวนำไฟฟ้าที่เหมาะสม การใช้แผ่นโลหะเป็นขั้วอิเล็กโทรด จะเกิดการตกตะกอนของโลหะไฮดรอกไซด์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารรวมตะกอน ช่วยให้สารแขวนลอยรวมตัวกัน และตกตะกอน เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดสีและซีโอดี งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานฟอกย้อมสิ่งทอ โดยวิธีที่ใช้ในการฟอกย้อม คือ สิริแอคทีฟ ซึ่งเป็นสีที่ละลายน้ำ และบำบัดก่อนข้างยาก การศึกษาวิจัยนี้ทำการศึกษาผลของพีเอช ระยะเวลาเก็บกัก ค่ากระแสไฟฟ้า และชนิดขั้วอิเล็กโทรดที่มีต่อประสิทธิภาพการบำบัดสีและซีโอดีของน้ำเสียฟอกย้อม

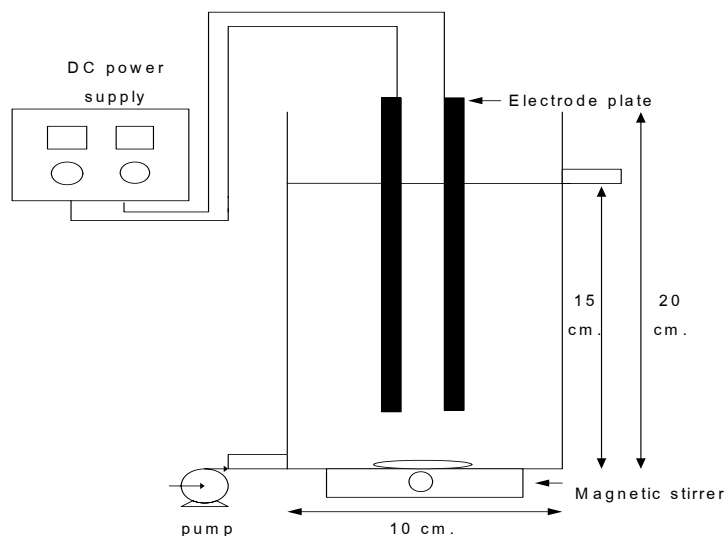
## 2. วัตถุประสงค์

1. ศึกษาผลของปัจจัยที่มีต่อการกำจัดสีและซีโอดีจากน้ำเสียโรงงานฟอกย้อมโดยการใช้กระบวนการรวมตะกอนด้วยไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง ได้แก่ พีเอช ระยะเวลาเก็บกัก ค่ากระแสไฟฟ้า และชนิดขั้วอิเล็กโทรด
2. ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดสีและซีโอดีของแผ่นเหล็กและอลูมิเนียมที่ใช้เป็นขั้วอิเล็กโทรดในกระบวนการรวมตะกอนด้วยไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง

## 3. อุปกรณ์และวิธีการ

### 3.1. อุปกรณ์

- ถังปฏิกิริยาทำจากอะคริลิกใส ขนาด 10 x 10 x 20 เซนติเมตร ปริมาตรใช้งาน 1.5 ลิตร แสดงดังภาพที่ 1
- แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงสามารถปรับค่ากระแสไฟฟ้าตั้งแต่ 0 - 2.5 แอมแปร์
- แผ่นขั้วอิเล็กโทรดทำจากเหล็กและอลูมิเนียมขนาด 8 x 15 เซนติเมตร หนา 2 มิลลิเมตร



ภาพที่ 1 ส่วนประกอบของระบบรวมตะกอนด้วยไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง

### 3.2 วิธีการ

ทำการทดลองที่อุณหภูมิห้องโดยใช้น้ำตัวอย่างจากโรงงานฟอกย้อมสิ่งทอ ใช้แผ่นเหล็กและแผ่นอลูมิเนียมชนิดละ 2 แผ่นเป็นขั้วอิเล็กโทรดแบบขั้วเดียว ระยะห่างระหว่างขั้วอิเล็กโทรด 1.5 เซนติเมตร ต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง แปรผันค่าพีเอช 3 ค่าคือ 3.0, 6.0 และ 9.0 โดยใช้กรดซัลฟูริกและโซเดียมไฮดรอกไซด์ ในการปรับค่าพีเอช แปรผันระยะเวลาเก็บกัก 4 ค่าคือ 30, 60, 90 และ 120 นาที ปรับค่ากระแสไฟฟ้าที่ขนาด 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 แอมแปร์และปรับอัตราการไหลตามระยะเวลาเก็บกัก ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียหลังการทดลองโดยตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนเป็นเวลา 60 นาที เพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าพีเอช ความเข้มข้นสี ซีไอดี ค่าการนำไฟฟ้า และของแข็งแขวนลอย สำหรับสภาวะในการทดลองแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การศึกษาผลของค่า พีเอช ระยะเวลาเก็บกัก ชนิดขั้วไฟฟ้า และระดับกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียฟอกย้อมสิ่งทอ

พารามิเตอร์	ค่าที่ใช้ในการทดลอง
พีเอช	3.0, 6.0 และ 9.0
กระแสไฟฟ้า	0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 แอมแปร์
ระยะเวลาเก็บกัก	30, 60, 90 และ 120 นาที
ชนิดขั้วไฟฟ้า	เหล็กและอลูมิเนียม

### 3.3 วิธีวิเคราะห์ตัวอย่าง

พารามิเตอร์ที่วัดคือ พีเอช (pH Meter), ค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity Meter Model), ซีไอดี (Closed reflux Method) และสีในหน่วย SU ตามหนังสือมาตรฐานอเมริกา (APHA, AWWA, WEF, 2005)

#### 4. ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

##### 4.1 ลักษณะน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

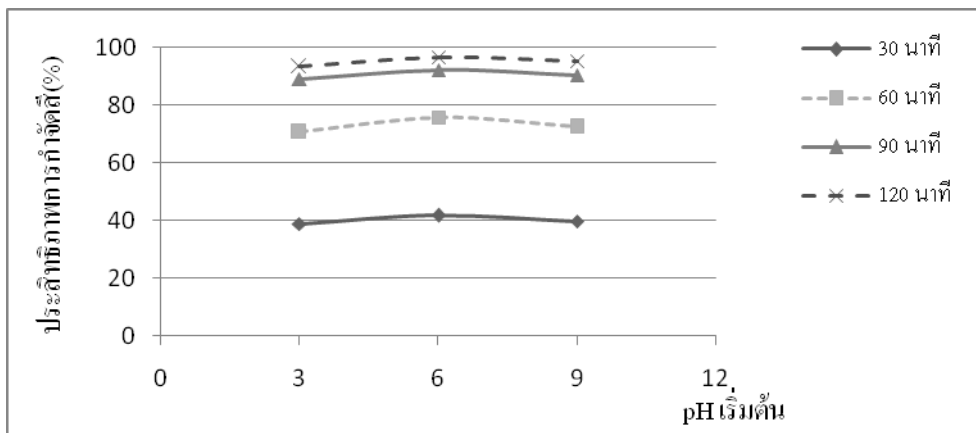
น้ำเสียที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำเสียจริงจากโรงงานฟอกย้อมสิ่งทอซึ่งเป็นน้ำเสียรวมที่เกิดจากหลายๆ กระบวนการ ได้แก่ น้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิต น้ำที่ใช้ในการหล่อเย็น น้ำที่ใช้ในการล้างทำความสะอาด เครื่องจักร เป็นต้น ซึ่งมีลักษณะดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลักษณะน้ำเสียที่ใช้ในการทดลอง

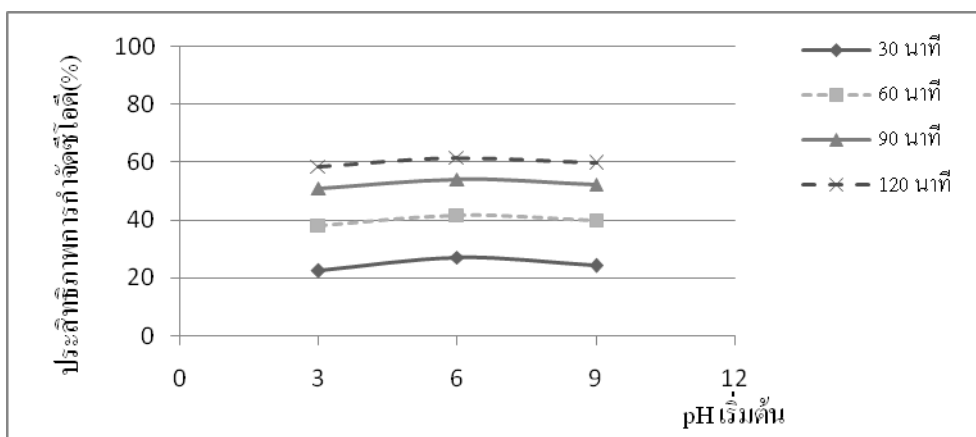
พารามิเตอร์	ต่ำสุด – สูงสุด	เฉลี่ย	SD
pH	11.6-12.2	11.9	0.4
COD (mg/l)	1880-2260	2070	268.7
Color (SU)	150-162	156	8.5
Conductivity (mS/cm)	12.4-13.5	13.0	0.8

##### 4.2 ผลของค่าพีเอช

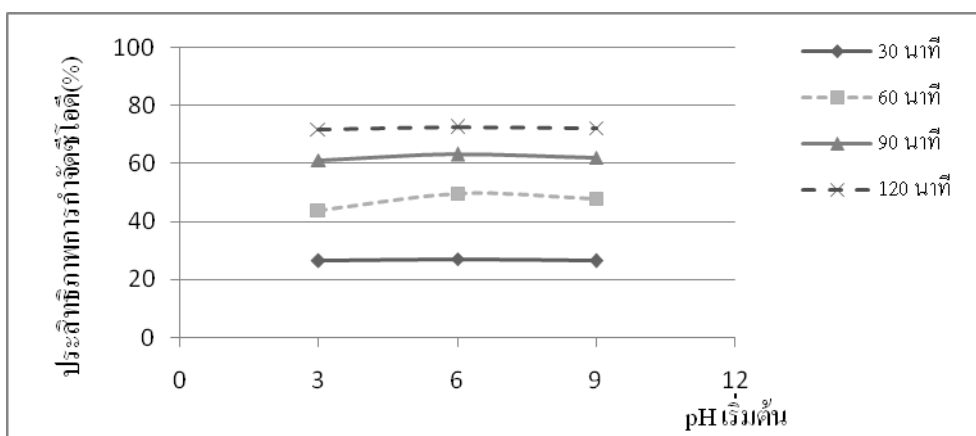
ทำการปรับพีเอชของน้ำเสียเริ่มต้นในช่วง 3.0-9.0 พบว่าในสภาวะการทดลองเดียวกันประสิทธิภาพการกำจัดสีและซีโอดีค่อนข้างใกล้เคียงกัน จึงกล่าวได้ว่าพีเอชมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดสีและซีโอดีน้อยมาก แสดงในภาพที่ 2-5 น้ำเสียหลังการทดลองจะมีค่าพีเอชเพิ่มขึ้น เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้นทำให้ขั้วเหล็กและอลูมิเนียมแตกตัวได้มาก ในขณะที่น้ำแตกตัวได้หมู่  $\text{OH}^-$  จับตัวกับขั้วเหล็กและอลูมิเนียมกลายเป็น  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  และ  $\text{Al}(\text{OH})_3$  ทำให้น้ำมีสภาพเป็นด่าง (ปาริชาติ, 2547) การทดลองนี้ได้ทำการปรับพีเอชน้ำเสียเริ่มต้นตามที่กำหนดทำให้พีเอชน้ำเสียสุดท้ายเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ค่าพีเอชของน้ำเสียหลังผ่านการทดลองควรจะอยู่ในเกณฑ์ของค่ามาตรฐานน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ที่พีเอช 5.5 - 9.0 ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการการทดลองคือช่วงพีเอช 6



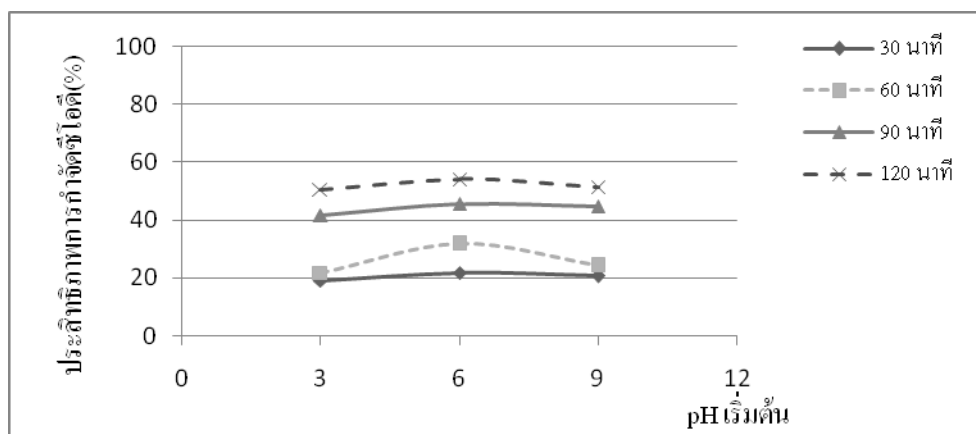
ภาพที่ 2 ผลของพีเอชต่อประสิทธิภาพการกำจัดสปีที่ใช้แผ่นเหล็กเป็นขั้วเล็กโทรด์



ภาพที่ 3 ผลของพีเอชต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีที่ใช้แผ่นเหล็กเป็นขั้วเล็กโทรด์



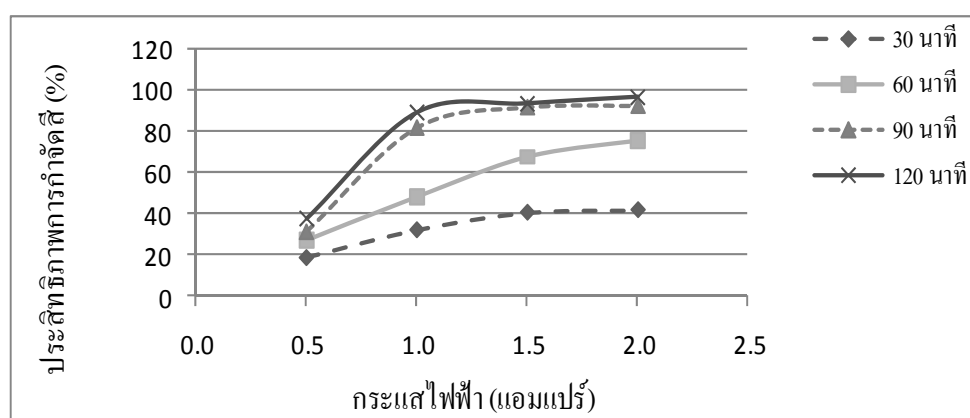
ภาพที่ 4 ผลของพีเอชต่อประสิทธิภาพการกำจัดสปีที่ใช้แผ่นอลูมิเนียมเป็นขั้วเล็กโทรด์



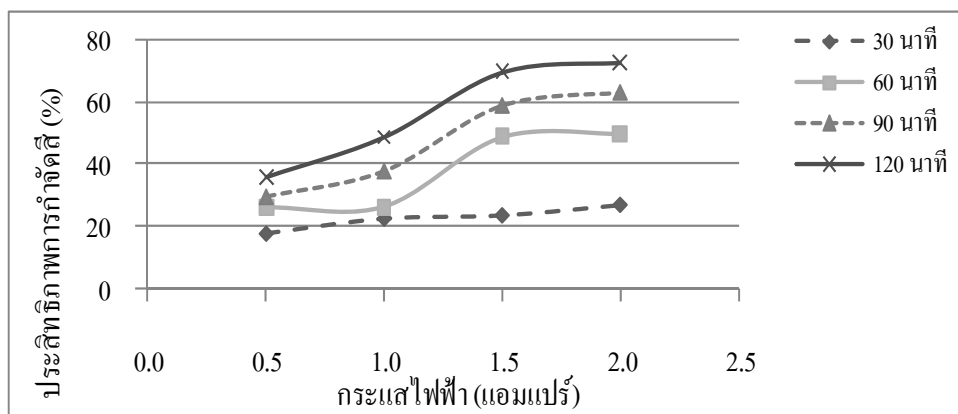
ภาพที่ 5 ผลของพีเอชต่อประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีที่ใช้แผ่นอนุเมียมเป็นขั้วอิเล็กโทรด

#### 4.3 ผลของค่ากระแสไฟฟ้า

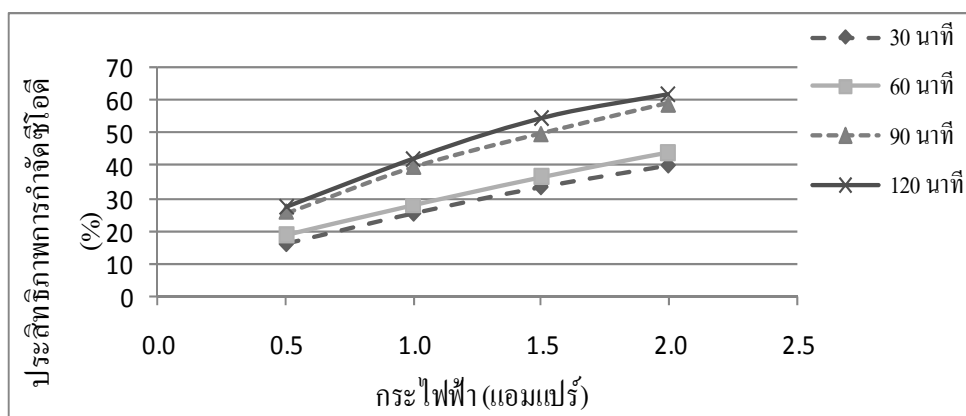
ทำการปรับเปลี่ยนค่ากระแสไฟฟ้าตั้งแต่ 0.5-2.0 แอมแปร์ ในการบำบัดน้ำเสียฟอกย้อม เมื่อใช้แผ่นเหล็กเป็นขั้วอิเล็กโทรด พบว่า กระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้นทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 6 และ 8 พิจารณาปัจจัยทางด้านเศรษฐศาสตร์เมื่อค่ากระแสไฟฟ้า 1.5 และ 2.0 แอมแปร์ มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีต่างกันไม่มาก ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการทดลองนี้จึงเลือกค่ากระแสไฟฟ้า 1.5 แอมแปร์เพื่อความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ ส่วนการทดลองที่ใช้แผ่นอนุเมียมเป็นขั้วอิเล็กโทรด พบว่า กระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้นทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ผลการทดลองแสดงดังภาพที่ 7 และ 9 สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดซีโอดีได้ดีที่สุดคือค่ากระแสไฟฟ้า 2.0 แอมแปร์



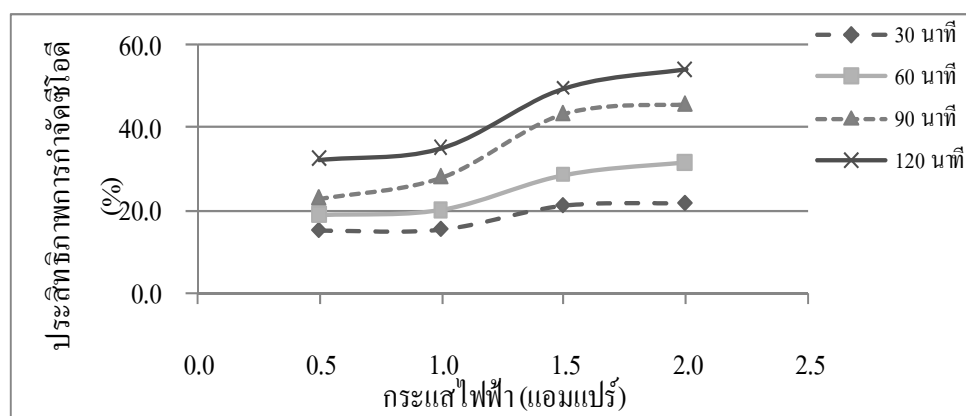
ภาพที่ 6 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในช่วงพีเอช 6.0 ที่ใช้แผ่นเหล็กเป็นขั้วอิเล็กโทรด



ภาพที่ 7 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในช่วงพีเอช 6.0 ที่ใช้แผ่นเหล็กเป็นขั้วอิเล็กโทรด



ภาพที่ 8 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในช่วงพีเอช 6.0 ที่ใช้แผ่นอลูมิเนียมเป็นขั้วอิเล็กโทรด



ภาพที่ 9 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีในช่วงพีเอช 6.0 ที่ใช้แผ่นอลูมิเนียมเป็นขั้วอิเล็กโทรด

#### 4.4 ผลของเวลาเก็บกัก

ถึงปฏิกริยาขนาด 1.5 ลิตร และระยะเวลาเก็บกัก 30, 60, 90 และ 120 นาที จากการทดลองพบว่าเมื่อน้ำเสียอยู่ในระบบนานขึ้นทำให้มลสารในน้ำเสียถูกกำจัดได้มากขึ้น ดังนั้นประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีจึงมากขึ้นตามระยะเวลาเก็บกัก เนื่องจากเวลาเก็บกักส่งผลต่อปริมาณของขั้วอิเล็กโทรดที่สลายออกมา ซึ่งขั้วอิเล็กโทรดที่สลายออกจะทำหน้าที่เป็นสาร โคแอกกูแลนต์จับกับซีไอดีในน้ำเสียและเกิดการตกตะกอนขึ้น (Mollah et al., 2004) จากภาพที่ 6-9 พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีที่ดีที่สุดคือเวลาเก็บกัก 120 นาที

#### 4.5 ประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดี

การแปรผันค่าพีเอชในช่วง 3.0-9.0 ปรับเปลี่ยนค่ากระแสไฟฟ้าตั้งแต่ 0.5-2.0 แอมแปร์ และปรับเปลี่ยนเวลาเก็บกักที่ 30-120 นาที จากภาพที่ 6-9 พบว่าเมื่อใช้เหล็กเป็นขั้วอิเล็กโทรดประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดซีไอดีคือ 97% และ 76% สภาวะในการทดลองคือค่าพีเอช 6.0 กระแสไฟฟ้า 2.0 แอมแปร์และเวลาเก็บกัก 120 นาที เมื่อพิจารณาจากสภาวะที่เหมาะสมข้างต้นในการทดลองนี้คือค่าพีเอช 6.0 กระแสไฟฟ้า 1.5 แอมแปร์ และเวลาเก็บกัก 120 นาที พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดซีไอดีคือ 93% และ 59% เมื่อใช้อลูมิเนียมเป็นขั้วอิเล็กโทรดประสิทธิภาพสูงสุดในการกำจัดซีไอดีคือ 73% และ 54% ในสภาวะการทดลองที่เหมาะสมคือค่าพีเอช 6.0 กระแสไฟฟ้า 2.0 แอมแปร์และเวลาเก็บกัก 120 นาที

#### 4.6 ชนิดของขั้วอิเล็กโทรดที่เหมาะสม

ขั้วอิเล็กโทรดที่ทำจากเหล็กจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอดีสูงที่สุดมากถึง 97% โดยมากกว่าการใช้ขั้วอลูมิเนียม 24% แสดงว่าขั้วเหล็กจะเกิดปฏิกริยาออกซิเดชันมากที่สุด มีการสลายตัวของเหล็กออกนอกจากขั้วแอโนดของเหล็กได้มาก ดังนั้นจึงเกิดปฏิกริยาการกำจัดซีไอดีได้ ส่วนประสิทธิภาพในการกำจัดซีไอดีของขั้วเหล็กเท่ากับ 62% มากกว่าการใช้ขั้วอลูมิเนียม 8% แต่ก็มีข้อเสียคือจะเกิดตะกอนมากและเหล็กที่ใช้จะสลายตัวไปมาก จึงต้องมีการเปลี่ยนขั้วเหล็กบ่อยๆ

### 5. สรุปผล

การบำบัดน้ำเสียฟอกย้อมสิ่งทอ โดยกระบวนการรวมตะกอนด้วยไฟฟ้าแบบต่อเนื่องที่ใช้แผ่นเหล็กและแผ่นอลูมิเนียมเป็นขั้วอิเล็กโทรด จากการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียคือ พีเอช 6.0 กระแสไฟฟ้า 1.5 แอมแปร์ และเวลาเก็บกัก 120 นาที เมื่อใช้เหล็กเป็นขั้วอิเล็กโทรด สามารถกำจัดซีไอดีได้ 93% และ 59% เมื่อใช้อลูมิเนียมเป็นขั้วอิเล็กโทรด สามารถกำจัดซีไอดีได้ 70% และ 50% ตามลำดับ พิจารณาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของทั้งขั้วเหล็กและอลูมิเนียมแล้ว พบว่า การใช้เหล็กเป็นขั้วอิเล็กโทรดสามารถกำจัดซีไอดีได้ดีกว่าการใช้อลูมิเนียมเป็นขั้วอิเล็กโทรด

## 6. รายการอ้างอิง

- ธนัญ พูลสวัสดิ์. 2550. “การกำจัดสีข้อมไคเร็กซ์โดยกระบวนการรวมตะกอนทางไฟฟ้าแบบต่อเนื่องที่มีแผ่นเหล็กและแผ่นอะลูมิเนียมเป็นขั้วไฟฟ้า.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ปาริชาติ หมั่นสีทา. 2547. “การกำจัดสีและซีโอดีจากน้ำเสียของโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มที่ผ่านการบำบัดบางส่วนโดยใช้กระบวนการรวมตะกอนด้วยไฟฟ้า.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มันลิน ตันทุลเวศม์. 2545. **เคมีวิทยาของน้ำและน้ำเสีย**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- American Public Health Association (APHA) / American Water Works Association (AWWA)/ Water Environment Federation (WEF). 2005. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21<sup>th</sup> ed. Washington DC, USA.
- Mollaha Mohammad Y.A., Paul Morkovsky, Gomes Jewel A.G., Mehmet Kesmez, Jose Pargad, David L. Cocke. 2004. “Fundamentals, present and future perspectives of electrocoagulation.” **Journal of Hazardous Materials**. 114 :199-210.



การพัฒนาแบบจำลองเพื่อการทำนายโอกาสในการเปลี่ยนงานของบุคลากร  
ภาครัฐและเอกชนโดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล

**THE DEVELOPMENT OF A COMPUTER MODEL THAT PREDICTS THE  
JOB-TRANSFER OF PERSONNEL IN PUBLIC AND PRIVATE  
ORGANIZATIONS USING A DATA MINING TECHNIQUE**

พิรพัฒน์ จันทร<sup>1</sup>

ประสงค์ ปราณีตพลกรัง<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: <sup>1</sup>pirapat.ch@spu.ac.th, <sup>2</sup>prasong.pr@spu.ac.th

### บทคัดย่อ

ในปัจจุบัน สภาวะการลาออกหรือโอนย้ายงานของบุคลากรในองค์กรภาครัฐและเอกชน มีจำนวนที่มากขึ้นตลอดเวลาในช่วงหลายปีมานี้ ทำให้ประสบปัญหาอย่างมากต่อหลายองค์กรเนื่องจากระบบงานปกติที่มีการหยุดลงเพราะต้องสรรหาบุคลากรใหม่เข้ามาทำงานและทำให้เสียเวลาในการฝึกอบรมบุคลากรใหม่ในการเรียนรู้งาน ปรัชญาการณดังกล่าวกลายเป็นปัญหาสำคัญในการวางแผนและการบริหารทรัพยากรบุคคล

ในวิทยานิพนธ์นี้เป็นการวิเคราะห์และทำนายปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงงานของบุคลากรในหน่วยงานต่างๆด้วยการสร้างแบบจำลองจากความน่าจะเป็น โดยเน้นเทคนิคการการจัดทำเหมืองข้อมูล กับการใช้ชุดข้อมูลที่มีค่างานเบย์ เพื่อให้ทราบปัจจัยที่มีความถูกต้องในด้านสาขาวิชาเรียน ตำแหน่งงาน และเงินเดือน ที่มีผลโดยตรงต่อโอกาสการถ่ายโอนงานของบุคลากร

**คำสำคัญ :** เหมืองข้อมูล เบย์อย่างง่าย แบบจำลอง

### ABSTRACT

The purpose of this research is to analyze and predict the factors that affect to the job transfer of personnel in public and private organizations by using data mining technique. This model is analysis based on WEKA. Probabilistic model and the Multiple Regression were used to confirm this model. The researcher collected data from the 4,092 students in public and private universities who worked in each organization.

The findings revealed that the probabilistic model by using techniques of Bayesian Networks indicated that the key variables affected the job transfer to high accuracy in the prediction of 96.18 percent. According to this model showed the key variables that affected to the job transfer of the employees in public and private

organizations such as, their majors, positions and salaries. The findings of variables related to the results of the Multiple Regression analysis. It is believed that the variables testing results could be modified the model.

**KEYWORDS :** Data Mining, Naïve Bayes, Computer Model

## 1. บทนำ

ปัจจุบันบุคลากรทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศมีความสำคัญอย่างมากต่อบริษัทต่างๆ มีการนำเอาเทคโนโลยีมาใช้ในการดำเนินการของธุรกิจเป็นอย่างมาก โดยปกติแล้วองค์กรทั้งรัฐบาลและเอกชนจะมีบุคลากรจำนวนไม่น้อยที่ไม่สามารถเลือกงานที่เหมาะสมกับตนเองได้ตามที่ตนเองมีความต้องการจนทำให้บุคลากรต้องขอย้ายงานหรือลาออกจากองค์กร เป็นจำนวนมาก ซึ่งสาเหตุของปัญหาอาจเกิดจากบุคลากรสอบไม่ผ่านเกณฑ์ตามที่บริษัทได้กำหนด ไม่ชอบงานที่ทำหรือเรียนมาไม่ตรงกับงานที่ทำ จนทำให้มีบุคลากรจำนวนไม่น้อยที่เปลี่ยนงาน ทำให้องค์กรประสบปัญหาอย่างมากจากระบบงานที่ต้องหยุดเพราะต้องสรรหาบุคลากรใหม่เข้ามาทำงานและต้องเสียเวลาเพื่อให้บุคลากรใหม่ได้เรียนรู้งานเพราะบุคลากรเมื่อเข้าไปทำงานแล้วถึงได้ค้นพบตัวเองในภายหลังว่าไม่เหมาะสมกับงานเหล่านั้นหรือไม่ตรงกับความสามารถของตนเอง การทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถนำมาใช้สร้างแบบจำลอง (Model) สำหรับการทำนายการเปลี่ยนงานของบุคลากรในองค์กรภาครัฐและเอกชน เพื่อค้นหาคุณสมบัติ (Attribute) ของข้อมูลที่มีผลต่อการเปลี่ยนงานของบุคลากรเมื่อเราสามารถหาแบบจำลองที่มีความน่าเชื่อถือได้สูงเราก็จะสามารถทำนายได้ว่าบุคลากรมีโอกาสเปลี่ยนงานในองค์กร ที่ทำงานของภาครัฐและเอกชนหรือไม่เพื่อให้คำแนะนำหรือเข้าไปแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

ในการวิจัยครั้งนี้จะใช้ข้อมูลประวัติส่วนตัวของนักศึกษาและผลการเรียนของนักศึกษา ประวัติการทำงาน มาวิเคราะห์ โดยใช้เทคนิคการทำเหมืองข้อมูล (Data mining) วิเคราะห์ข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ ค้นหาความสัมพันธ์และรูปแบบหรือกฎที่ซ่อนอยู่และนำความสัมพันธ์เหล่านี้ มาแสดงให้เห็นถึงความรู้อย่างต่างๆ ที่มีประโยชน์เพื่อทำให้จำนวนนักศึกษาที่สำเร็จการศึกษามีงานทำที่ตรงกับความต้องการมากขึ้นและ ลดการเปลี่ยนงาน ย้ายงานของบุคลากรในองค์กรภาครัฐและเอกชน

## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการทำนายโอกาสในการเปลี่ยนงานของบุคลากรภาครัฐและเอกชนโดยใช้เทคนิคเหมืองข้อมูล

2.2 เพื่อใช้เทคนิคของการทำเหมืองข้อมูลสำหรับการพัฒนาแบบจำลองเพื่อการทำนายโอกาสในการเปลี่ยนงานของบุคลากรภาครัฐและเอกชน

## 3. สมมติฐานของการวิจัย

3.1 การเปลี่ยนงานของบุคลากรขององค์กรภาครัฐและเอกชนขึ้นอยู่กับตำแหน่งงาน เงินเดือน และสาขาวิชาเรียน

3.2 การเปลี่ยนงานของบุคลากรทั้งภาครัฐและภาคเอกชน ขึ้นอยู่กับ ตำแหน่งงานมากกว่าเงินเดือน

3.3 การเปลี่ยนงานของบุคลากรภาคเอกชนมีมากกว่าบุคลากรในภาครัฐ

#### 4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยด้านการทำเหมืองข้อมูลที่เกี่ยวข้องในด้านการศึกษามีผู้วิจัยไว้หลายแนวทางที่ผ่านมา มีดังนี้ งานวิจัยของจิราพร และคณะ (2006) ใช้เทคนิคของการทำเหมืองข้อมูลมาใช้สำหรับทำนายผลสำเร็จ การศึกษาของนักศึกษา โดยใช้เทคนิคการเรียนรู้แบบข่ายงานเบย์ เพื่อหาตัวแปรที่สำคัญที่มีผลต่อการสำเร็จ การศึกษา จากผลการทดลองพบว่าตัวแปรที่มีผลกับการสำเร็จการศึกษาของนักศึกษา มี 3 ตัวแปร ได้แก่ เกรด เฉลี่ยในชั้นปีแรก อาชีพของมารดา และรายได้ของครอบครัว ข้อดีคือทำให้ทราบของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อการ สำเร็จการศึกษาของนักศึกษาและสามารถนำไปใช้ทำนายว่านักศึกษาจะจบการศึกษาหรือไม่เพื่อช่วยให้นักศึกษา สำเร็จการศึกษา ข้อเสียคือ งานวิจัยนี้ยังมีกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยไม่ครอบคลุมคือ มีกลุ่มตัวอย่างจาก มหาวิทยาลัยเอกชนน้อยเกินไป

งานวิจัยของ กฤษณะ ไวยมัย และคณะ (2001) ได้ใช้เทคนิคของการทำเหมืองข้อมูลเพื่อพัฒนาคุณภาพ การศึกษาของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มาใช้ในการช่วยนักศึกษาเลือกสาขาวิชาที่เหมาะสม โดยใช้เทคนิคของต้นไม้ การตัดสินใจเสนอแนวทางการทำเทคนิคจำแนกประเภทข้อมูล (Data Classification) และเทคนิคการพยากรณ์ ข้อมูล (Data Prediction) มาสร้าง โมเดล ผลลัพธ์ที่ได้มีความถูกต้องค่อนข้างสูง ข้อดีคือ ทำให้นักศึกษาคณะ วิศวกรรมศาสตร์ใช้เป็นแนวทางในการเลือกสาขาวิชาเรียนเพื่อให้ตรงกับความรู้และความสามารถของตนเอง ซึ่งจะทำให้ศึกษามีโอกาสที่จะสำเร็จการศึกษาสูง ข้อเสียคือ มีกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยยังไม่เพียงพอ และควรเพิ่มจำนวนสาขาวิชาให้มากยิ่งขึ้น

Xenos (2004) ได้สร้างแบบจำลองเกี่ยวกับการทำนายในการสอบของรายวิชาในการศึกษาวิชา คอมพิวเตอร์ โดยพิจารณาจากพฤติกรรมของนักศึกษาเพื่อที่จะทำนายถึงผลการสอบของนักศึกษาว่าสอบผ่าน หรือสอบไม่ผ่านในรายวิชา Informatics 1 และ Informatics 2 โดยอาศัยเทคนิคของข่ายงานเบย์ (Bayesian Network) มาช่วยในการสร้างแบบจำลองในการทำนายผล ซึ่งผลการทดลองที่ได้อยู่ในระดับที่น่าพอใจ ข้อดีคือ ช่วยให้นักศึกษาทำนายผลว่าจะสอบผ่านในรายวิชาดังกล่าว เพื่อให้นักศึกษาสามารถใช้เป็นแนวทางในการประเมิน และพัฒนาตนเอง ข้อเสียคือ มีกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยยังไม่เพียงพอและควรเพิ่มจำนวนสาขาวิชาให้ มากยิ่งขึ้น

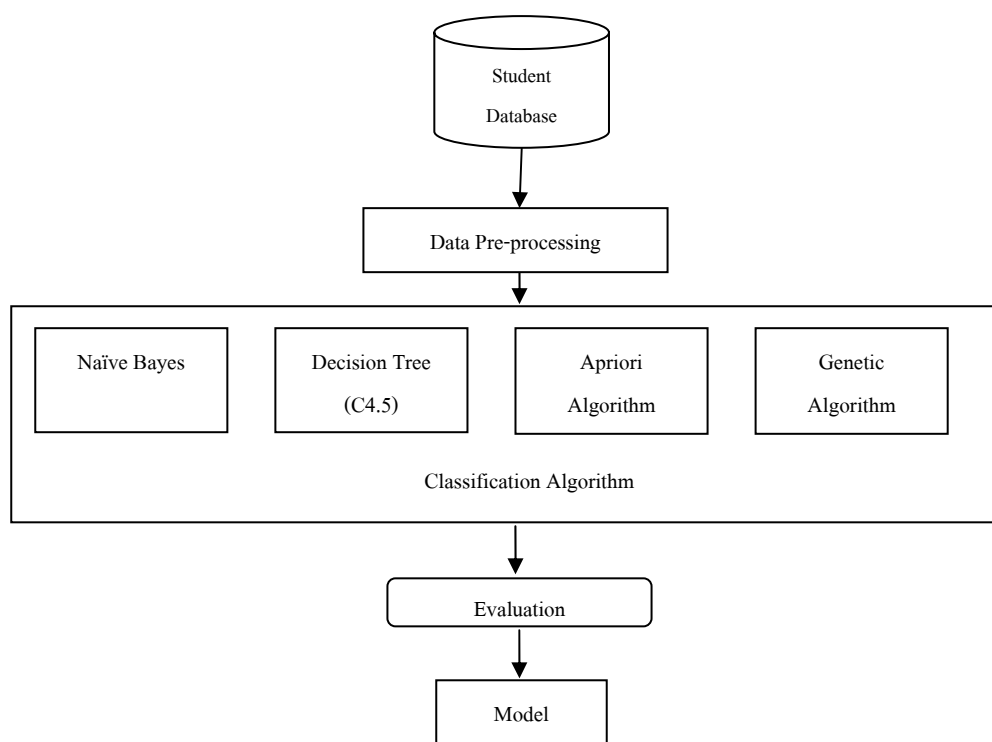
#### 5. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการเปรียบเทียบอัลกอริทึมเพื่อหาเทคนิคที่เหมาะสมที่จะเลือกมาใช้ในการสร้าง แบบจำลองเพื่อการทำนายโอกาสในการเปลี่ยนงานของบุคลากรภาครัฐและเอกชน จะต้องเตรียมข้อมูลให้เหมาะสมและให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถนำไปใช้กับโปรแกรม Waikato Environment for Knowledge Analysis : WEKA เพื่อนำมาใช้วิเคราะห์กับอัลกอริทึมข่ายงานเบย์ หลังจากนั้นค่อยทำการแบ่งกลุ่มข้อมูลเพื่อทดสอบ (Cross-Validation) โดยใช้วิธี 10-fold Cross-Validation จะแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ส่วนคือ Training Set และ Testing Set โดยได้แบ่งข้อมูลเป็น 10 ส่วนเท่าๆกัน แล้วทำการทดสอบโดยเปลี่ยนข้อมูลชุดทดสอบตั้งแต่ส่วนที่ 1

เป็นชุดทดสอบและส่วนที่ 2-9 เป็นชุดเทรนนิ่งไปเรื่อยๆจนกระทั่งถึงชุดทดสอบที่ส่วนที่ 10 เป็นชุดทดสอบ และส่วนที่ 1-9 เป็นชุดเทรนนิ่ง ทำจนครบ 10 โดยจะนำเอาค่าความแม่นยำของการพยากรณ์ที่ได้นั้นมาหาค่าเฉลี่ย

จากนั้นนำผลจากการทดลองมาวิเคราะห์และสรุปผลว่าอัลกอริทึมใดมีประสิทธิภาพเหมาะที่จะนำมาสร้างแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่เหมาะสมมากที่สุด

เมื่อกำหนดขั้นตอนการดำเนินการวิจัยแล้ว ในงานวิจัยนี้ จึงได้กำหนดตัวแปรที่จะใช้ในงานวิจัย ซึ่งตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัยมีทั้งสิ้น 18 ตัวแปร โดยศึกษาข้อมูลตัวอย่าง จำนวน 12 แห่งโดยศึกษาจากผลการเรียน ประวัติส่วนตัว และประวัติการทำงาน โดยใช้ข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้งหมด 4,092 ชุด ประกอบด้วยข้อมูลนักศึกษาจากมหาวิทยาลัย 6 แห่ง จำนวน 2,159 ชุด และข้อมูลบริษัท 6 แห่ง จำนวน 1,933 ชุดคน นำตัวแปรเข้ากระบวนการสร้างแบบจำลอง โดยการทดลองจะกำหนดเซตย่อยๆ แล้วนำค่าที่มีความแม่นยำมากที่สุดแล้วจึงนำมาสร้างเป็นแบบจำลองดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กระบวนการหาโมเดลทำนายการเปลี่ยนงานของบุคลากรในองค์กรภาครัฐและเอกชน

การสร้างแบบจำลอง (Model) สำหรับการทำนายโดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของอัลกอริทึม 4 อัลกอริทึม ทฤษฎีต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree C4.5) เทคนิคเบย์อย่างง่าย (Naïve-Bayes) กฎความสัมพันธ์ และวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) โดยใช้โปรแกรม WEKA แสดงค่าเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำนายแบบจำลองเพื่อทำนายโอกาสในการเปลี่ยนงานของบุคลากรในองค์กรภาครัฐและเอกชน แสดง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละอัลกอริทึม

Algorithm	Percentage Correct	Precision	Recall	F-measure
C4.5	93.04	0.91	0.84	0.88
Naïve - Bayes	96.18	0.94	0.89	0.90
Apriori	88.67	0.88	0.93	8.87
GA	86.30	0.83	0.90	0.85

จากตารางที่ 1 จากผลการทดลองในครั้งนี้จะเห็นได้ว่าค่าความถูกต้องของเทคนิคเบย์อย่างง่ายให้ค่าสูงกว่าอัลกอริทึมอื่น ซึ่งให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของการทำนายถูกต้อง (Percentage Correct) ถึงร้อยละ 96.186 ค่าที่สามารถสืบค้นค่าตอบสูงสุด (Precision) คือ 0.94 ค่าที่ได้จากการตรวจพบข้อมูล (Recall) คือ 0.89 และค่าที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่สามารถสืบค้นค่าตอบสูงสุดกับค่าที่ได้จากการตรวจพบข้อมูล (F-measure) คือ 0.90 ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เลือกเทคนิคเบย์อย่างง่ายมาใช้ในการวิเคราะห์

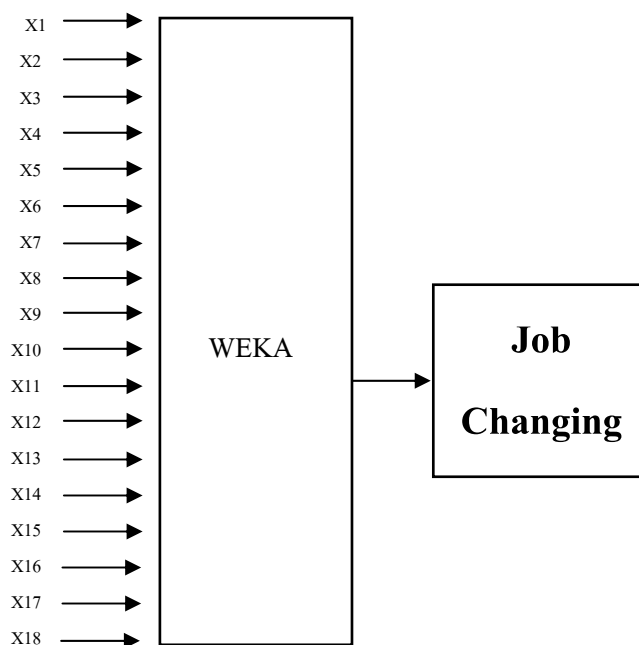
ผู้วิจัยได้คัดเลือกตัวแปรที่ได้จากการออกแบบสอบถาม และอ้างอิงจากตัวอย่างแบบสอบถามของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกตัวแปรทั้งหมดในการวิจัยในครั้งนี้ จำนวน 18 ตัวแปรคือ X1, X2, X3, ..., X18 อธิบายตัวแปรทั้งหมดแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัย

ชื่อตัวแปร	คำอธิบาย
1.Gender	เพศนักศึกษา
2.Uni Type	ประเภทมหาวิทยาลัย
3.Major	สาขาที่จบการศึกษา
4.GpaLevel	เกรดเฉลี่ยที่จบการศึกษา
5.TimeFindWork	เวลาในการหางาน
6.Position	ตำแหน่งงาน
7.WorkName	บริษัท
8.Salary	รายได้
9.MatchEdu	การทำงานตรงสาขา
10.BROTHER	จำนวนพี่น้อง
11.STATUS	สถานภาพของนักศึกษา
12.LOCATION	ที่อยู่ปัจจุบัน
13.DOMICILE	ภูมิลำเนาเดิม
14.PARENT_STATUS	สถานภาพบิดามารดา
15.OCC_FAT	อาชีพของบิดา
16.OCC_MOT	อาชีพของมารดา
17.FAM_INCOME	รายได้รวมครอบครัว
18.WorkChange	การเปลี่ยนงาน

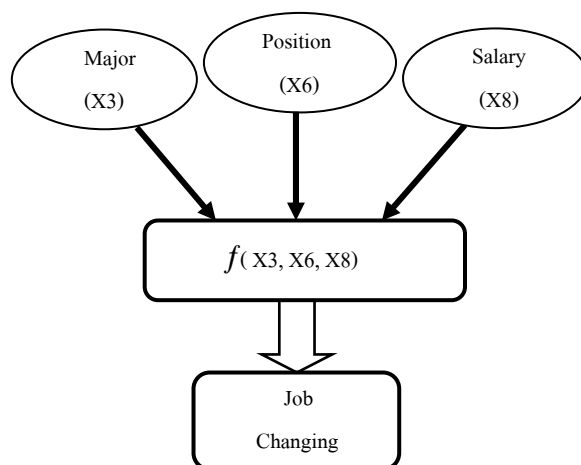
## 6. ผลการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้โปรแกรม WEKA เพื่อสร้างแบบจำลองทำให้ทราบว่าตัวแปรที่มีผลต่อการเปลี่ยนงาน ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แบบจำลองทำนายโอกาสการเปลี่ยนงาน

อธิบายภาพรวมของตัวแปรทั้งหมดที่ใช้โดยแบบจำลองที่ผู้วิจัยได้ออกแบบมานั้นเริ่มต้นด้วยการที่ผู้วิจัยได้คัดเลือกตัวแปรที่ได้จากการออกแบบสอบถาม และอ้างอิงจากตัวอย่างแบบสอบถามของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกตัวแปรทั้งหมดในการวิจัยในครั้งนี้ จำนวน 18 ตัวแปรคือ X1, X2, X3, ..., X18 ขึ้นต่อมาเมื่อผู้วิจัยได้คัดเลือกตัวแปรและนำตัวแปรจำนวน 18 ตัวแปรดังกล่าวเข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม WEKA โดยมีการเปรียบเทียบหาอัลกอริทึมที่ให้ค่าสูงที่สุดเพื่อเลือกมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งผู้วิจัยได้พบว่าค่าความถูกต้องของเทคนิคเบย์อย่างง่ายให้ค่าสูงกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกเทคนิคเบย์อย่างง่ายเข้ามาวิเคราะห์โดยผลจากการวิเคราะห์จากโปรแกรม WEKA และเมื่อได้ทำการสกัดตัวแปรมาแล้ว ผลที่ได้จากการทดลองพบว่ามีตัวแปร 3 ตัวแปรคือตัวแปร X3, X6, และ X8 ที่มีน้ำหนักต่อการมีผลการเปลี่ยนงานมากกว่าตัวแปรอื่นๆ โดยได้ทำการวิเคราะห์เพิ่มเติมในส่วนของความถดถอยเชิงพหุคูณเพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปร ซึ่งจะเป็นการทดสอบว่าตัวแปรทั้งหมดน่าเชื่อถือที่สามารถนำมาสร้างแบบจำลองเพื่อคว่ามีตัวแปรใดบ้างที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนงาน (Job Changing) ผลการทดลองสุดท้ายแล้วผู้วิจัยค้นพบ ตัวแปร X ทั้งหมด 3 ตัวแปร คือ X3 หมายถึงสาขาวิชาเรียน (Major) X6 หมายถึงตำแหน่งงาน (Position) และ X8 หมายถึงเงินเดือน (Salary) โดยสรุปแล้วภาพรวมของการเปลี่ยนงานจะขึ้นอยู่กับตัวแปร 3 ตัวดังกล่าวซึ่งสามารถแสดงให้เห็นในรูปแบบที่ง่ายได้ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แบบจำลองการทำนายโอกาสการเปลี่ยนงานของบุคลากรในองค์กรภาครัฐและเอกชน

กลุ่มของตัวแปรที่ได้จากการทดลอง โดยมี สาขาวิชาเรียน ตำแหน่งงาน และเงินเดือน มีผลต่อการทำนายผลการเปลี่ยนงานได้ถูกต้องถึงร้อยละ 96.186 ผลการทดสอบของแบบจำลองดังกล่าว ภาพที่ 4

== Run information == Test mode: 10-fold cross-validation		
== Classifier model (full training set) == Naive Bayes Classifier not using ADTree		
== Summary ==		
Correctly Classified Instances	3,930	96.1864 %
Incorrectly Classified Instances	156	3.8136 %
Kappa statistic		0.8633
Mean absolute error		0.0742
Root mean squared error		0.1872
Relative absolute error		25.1745 %
Root relative squared error		48.9402 %
Total Number of Instances		4092.0000

ภาพที่ 4 ผลการทดสอบแบบจำลองทำนายการเปลี่ยนงานของบุคลากร

การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุคูณ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Square) คือร้อยละ 61.60 นั่นคือ ตัวแปร สาขาวิชาเรียน ตำแหน่งงาน เงินเดือน สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามได้ถึง ร้อยละ 61.60 แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 Model Summary<sup>b</sup>

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of The Estimate
1	.719 <sup>a</sup>	.616	.612	.539

a. Predictors:(Constant),Major,Position,Salary

b. Dependent Variable: WorkChange

จากตารางที่ 3 จะพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจสามารถอธิบายค่าความเชื่อมั่นได้มากพอสมควร แต่เราจะต้องพิจารณาในส่วนของค่า Anova (การทดสอบสมมติฐานว่าสมการถดถอยเชิงพหุคูณสามารถอธิบายความผันแปรของตัวแปรตามได้อย่างมีนัยสำคัญหรือไม่) แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 Anova<sup>b</sup>

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	47.397	2	.516	.512	.000 <sup>a</sup>
Residual	44.406	230			
Total	91.803	232			

a. Predictors:(Constant),Major,Position ,Salary

b. Dependent Variable: WorkChange

จากตารางที่ 4 พบว่าค่านัยสำคัญทางสถิติ (Significant) เป็นศูนย์ (0.000) อธิบายได้ว่าตัวแปรอิสระทุกตัว ตั้งแต่สาขาวิชาเรียน ตำแหน่งงาน เงินเดือน ที่นำเข้ามาทดสอบสมมติฐานในสมการมีผลต่อตัวแปรการเปลี่ยนงาน ปัจจุบัน ซึ่งเป็นตัวแปรตาม

จากการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) สามารถสรุปได้ว่าตัวแปรทั้งสาม ได้แก่ สาขาวิชาเรียน ตำแหน่งงาน เงินเดือน มีผลต่อการอธิบายค่าตัวแปรตาม ซึ่งดูจากค่า (Significant) ดังในตารางที่ 3 และจะพบว่ามีความสอดคล้องกับผลที่ได้จากเบย์อย่างง่าย จึงน่าจะเชื่อว่าตัวแปรที่ได้จากการสร้างแบบจำลองด้วยเทคนิคข้างงานเบย์นั้นมีความน่าเชื่อถือมากที่จะนำมาสร้างแบบจำลอง

## 7. สรุปผลงานวิจัย

แบบจำลองข้างต้นทำให้ได้ทราบตัวแปรที่มีผลการทำนายโอกาสการเปลี่ยนงานของบุคลากรในองค์กรภาครัฐและเอกชน คือ สาขาวิชาเรียน ตำแหน่งงาน เงินเดือน ซึ่งผลของแบบจำลองอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

ผลการวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกสาขาวิชาเรียนนั้น ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลจากมหาวิทยาลัยรัฐบาลและมหาวิทยาลัยเอกชนจำนวน 6 แห่ง และข้อมูลจากองค์กรภาครัฐบาลและเอกชนจำนวน 6 แห่ง และวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม WEKA พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการเลือกสาขาวิชาเรียนทั้งหมด 3 ตัวแปรหลัก ประกอบด้วย



สาขาวิชาเรียน ตำแหน่งงาน และเงินเดือน ร้อยละ 96.186 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์สูง นอกจากนี้ได้ทำการนำตัวแปรดังกล่าวทั้ง 3 ตัวแปร มาทดสอบด้วย ความถดถอยเชิงพหุคูณ เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปร ซึ่งจะเป็นการทดสอบว่าตัวแปรทั้งหมดน่าเชื่อถือที่สามารถนำมาสร้างแบบจำลอง โดย พิจารณาจากการหาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามได้ร้อยละ 61.0 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และพิจารณาต่อด้วยการทดสอบความแปรปรวนพบว่าค่า นัยสำคัญทางสถิติ (Sig.) เป็นศูนย์ อธิบายได้ว่าตัวแปรอิสระทุกตัวที่นำเข้ามาทดสอบสมมติฐานในสมการมีผลต่อตัวแปรตาม และมีการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระทีละตัวพบว่าในส่วนของค่า นัยสำคัญทางสถิติ (Sig.) เป็นศูนย์ทุกตัวแปรเช่นกัน ซึ่งอธิบายได้ว่าตัวแปรที่นำเข้ามาในสมการมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามทุกตัว ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ปัจจัยหลักด้านสาขาวิชาเรียน ตำแหน่งงาน และเงินเดือน ที่มีผลโดยตรงต่อการทำนายโอกาสการเปลี่ยนงานของบุคลากรในองค์กรภาครัฐและเอกชน จึงน่าเชื่อว่าตัวแปรที่ได้จากแบบจำลองมีความแม่นยำเพียงพอสำหรับสร้างแบบจำลองการทดสอบสมมติฐาน มีดังนี้

1. การเปลี่ยนงานของบุคลากรขององค์กรภาครัฐและเอกชนขึ้นอยู่กับตำแหน่งงาน เงินเดือน และสาขาวิชาเรียน

ผลการวิเคราะห์ ด้วย โปรแกรม WEKA เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนงานของบุคลากรขององค์กรภาครัฐและเอกชนนั้น พบว่าเซตของตัวแปรที่ให้ผลการทำนายโอกาสการเปลี่ยนงานของบุคลากรในองค์กรภาครัฐและเอกชนคือ สาขาวิชาเรียน ตำแหน่งงาน เงินเดือน โดยมีค่าความแม่นยำในการทำนายผล 96.18 % ผลการทดสอบของแบบจำลองที่ได้ซึ่งสามารถดูผลได้ดังภาพที่ 4

ผลการวิเคราะห์ถือว่าอยู่ในเกณฑ์สูง นอกจากนี้ได้ทำการนำตัวแปรทดสอบด้วย ความถดถอยเชิงพหุคูณ เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปร ซึ่งจะเป็นการทดสอบว่าตัวแปรทั้งหมดน่าเชื่อถือที่สามารถนำมาสร้างแบบจำลอง โดยมีการพิจารณาด้วยการทดสอบความแปรปรวนพบว่าค่า นัยสำคัญทางสถิติ (Sig.) เป็นศูนย์ อธิบายได้ว่าตัวแปรอิสระทุกตัวที่นำเข้ามาทดสอบสมมติฐานในสมการมีผลต่อตัวแปรตาม และมีการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระทีละตัวพบว่าในส่วนของค่า นัยสำคัญทางสถิติ (Sig.) เป็นศูนย์ทุกตัวแปรเช่นกันอธิบาย ได้ว่าตัวแปรที่นำเข้ามาในสมการมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามทุกตัว ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า สาขาวิชาเรียน ตำแหน่งงาน เงินเดือน เป็นปัจจัยหลักที่มีผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนงาน จึงน่าเชื่อว่าตัวแปรที่ได้จากแบบจำลองมีความแม่นยำเพียงพอสำหรับสร้างแบบจำลอง

2. การเปลี่ยนงานของบุคลากรทั้งภาครัฐและภาคเอกชน ขึ้นอยู่กับ ตำแหน่งงานมากกว่าเงินเดือน

ตารางที่ 5 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งงานกับเงินเดือน

ความสัมพันธ์	การเปลี่ยนงาน					
	เปลี่ยนงาน		ไม่เปลี่ยนงาน		รวม	
	Count	%	Count	%	Count	%
เงินเดือน	739	18.1	1893	46.3	2632	64.3
ตำแหน่งงาน	890	21.7	570	13.9	1460	35.7
รวม	1692	39.8	2463	60.2	4092	100.0

จากผลการวิจัยในตารางที่ 5 พบว่า การเปลี่ยนงานของบุคลากรภาคเอกชน ขึ้นอยู่กับตำแหน่งงาน ร้อยละ 21.7 และการเปลี่ยนงานของบุคลากรภาคเอกชนขึ้นอยู่กับเงินเดือนร้อยละ 18.1 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การเปลี่ยนงานของบุคลากรทั้งภาครัฐและภาคเอกชนขึ้นอยู่กับตำแหน่งงานมากกว่าเงินเดือน

### 3. การเปลี่ยนงานของบุคลากรภาคเอกชนมีมากกว่าบุคลากรในภาครัฐ

ผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลกลุ่มตัวอย่างจากมหาวิทยาลัยรัฐบาลจำนวน 1,082 คน และ ข้อมูลกลุ่มตัวอย่างจากมหาวิทยาลัยเอกชน จำนวน 1,077 คน ผลการวิเคราะห์เพื่อหาความสัมพันธ์ แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างประเภทมหาวิทยาลัยกับการเปลี่ยนงาน

ประเภท มหาวิทยาลัย	การเปลี่ยนงาน					
	เปลี่ยน		ไม่เปลี่ยน		รวม	
	Count	%	Count	%	Count	%
รัฐบาล	571	14.0	1942	47.5	2513	61.4
เอกชน	1058	25.9	521	12.7	1579	38.6
รวม	1692	39.8	2463	60.2	4092	100.0

จากตารางที่ 6 พบว่ากลุ่มตัวอย่างของบุคลากรที่จบการศึกษาจากมหาวิทยาลัยรัฐบาลที่มีการเปลี่ยนงาน คิดเป็นร้อยละ 14.0 สำหรับมหาวิทยาลัยเอกชนที่มีการเปลี่ยนงาน คิดเป็นร้อยละ 25.9 ดังนั้นสรุปได้ว่า การเปลี่ยนงานของบุคลากรภาคเอกชน มีมากกว่าบุคลากรในภาครัฐ

## 8. ข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการสร้างแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์หาตัวแปรที่สำคัญที่มีผลต่อให้ผลการทำนาย โอกาสการเปลี่ยนงานของบุคลากรในองค์กรภาครัฐและเอกชน เพื่อนำตัวแปรที่ได้มาเป็นส่วนประกอบในการเตรียมความพร้อมของนักศึกษา ในอันที่จะทราบและเห็นถึงความสำคัญของปัจจัยดังกล่าว เพื่อให้เตรียมตัวกับการเรียนและจบการศึกษาไปทำงานในอนาคต และสามารถเป็นข้อมูลเพิ่มเติมให้กับทางสถาบันการศึกษาได้ เพื่อให้การวิจัยนี้มีความถูกต้องน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น ควรเพิ่มประเด็นดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ยังไม่ครอบคลุม ควรเพิ่มกลุ่มตัวอย่างประชากรให้กว้างขวางมากกว่านี้ เพื่อให้การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของตัวแบบและการทำนายถูกต้องมากยิ่งขึ้น
2. ปรับปรุงตัวแบบให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยการนำอัลกอริทึมอื่นๆ มาใช้ในการวิเคราะห์ เพื่อดูประสิทธิภาพของตัวแบบ อาทิเช่น Fuzzy Logic, Neuron Network .
3. การพัฒนาแบบจำลองเพิ่มเติม และนำไปใช้งานจริงได้โดยการพัฒนาออกแบบขึ้นในรูปแบบของเว็บไซต์ เพื่อให้นักศึกษาได้เข้ามาใช้งาน
4. งานวิจัย จะมีประโยชน์ขึ้นไปอีก ถ้ามีการเพิ่มเติมในส่วนของปัจจัยด้านอื่นเพิ่มเติมเพื่อนำมาวิเคราะห์

## 9. รายการอ้างอิง

- กฤษณะ ไวยมัย, ชิดชนก ส่งศิริ และธนาวินท์ รักธรรมานนท์. 2001. “การใช้เทคนิคดาต้าไมนิ่งเพื่อพัฒนาคุณภาพ การศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์.” **NECTEC Technical Journal**. 3, 11: 134-142.
- กัลยา วานิชย์บัญชา. 2544. การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: ซี เค แอนด์ เอส โฟโต้สตูดิโอ.
- จรัญ จันทลักขณา. 2540. สถิติ วิธีวิเคราะห์และวางแผนงานวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- จันทิมา พลพินิจ. 2545. “ตัวแบบของความน่าจะเป็นกับการวิเคราะห์ตัวแปรที่มีผลต่อความเสี่ยงภัยของการ ประกันภัยรถยนต์.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จิราพร ยิ่งกว่าชาติ, บุญเสริม กิจศิริกุล และประสงค์ ปราณีตพลกรัง. 2006. “การประยุกต์ใช้แบบจำลอง ความน่าจะเป็นสำหรับทำนายผลสำเร็จการศึกษาของนักศึกษาในระดับอาชีวศึกษาและระดับอุดมศึกษา โดยใช้เทคนิคการ เรียนรู้แบบเบย์.” การประชุมวิชาการวิทยาการคอมพิวเตอร์และวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ แห่งชาติฯ ครั้งที่ 10 (NCSEC 2006) ตุลาคม 25-27.
- บุญเสริม กิจศิริกุล. 2000. ปัญญาประดิษฐ์. ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปรีชา ขามันสะบีดิน, บุญเสริม กิจศิริกุล และประสงค์ ปราณีตพลกรัง. 2006. “การบริหารความสัมพันธ์กับ นักศึกษาในสถาบันระดับอุดมศึกษาโดยการประยุกต์การทำเหมืองข้อมูล.” การประชุมวิชาการวิทยาการ คอมพิวเตอร์และวิศวกรรมคอมพิวเตอร์แห่งชาติฯ ครั้งที่ 10 (NCSEC 2006).
- ลัดดาวัลย์ เพชรโรจน์ และมณฑนา เจริญพงษ์. 2528. องค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความสำเร็จการศึกษาของ บัณฑิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- แสงจันทร์ เรืองอ่อน, ประณต บุญไชยอภิสิทธิ์, ประสงค์ ปราณีตพลกรัง และ ปิยะวัฒน์ จิระพงษ์สุวรรณ. 2545. “ดาต้าไมนิ่งเชิง XML (XML-Based Data Mining),” สาร NECTEC มหาวิทยาลัยศรีปทุม. (กันยายน – ตุลาคม): 24-29.
- P. Garcia, A. Amandi, S. Schiaffino and M. Campo. 2007. “Evaluating Bayesian networks' precision for detection students' learning styles.” **Computer & Education**. 794-808.
- U. Fayyad, G. Piatetsky and P. Smyth P. 1996. “From Data Mining to Knowledge Discovery in Database.” **American Association for Artificial Intelligence**. 37-54.
- Xenos. M. 2004. “Prediction and assessment of student behavior in open and distance education in computers using Bayesian network.” **Computer & Education**. 345-359.

## การลดปริมาณแอลกอฮอล์ในเบียร์สังเคราะห์ด้วยกระบวนการกลั่นแบบออสโมติก

### DEALCOHOLIZATION OF SYNTHETIC BEER BY OSMOTIC DISTILLATION PROCESS

ัญญลักษณ์ ปะมะสอน<sup>1</sup>

รัตนา จิระรัตนานนท์<sup>2</sup>

<sup>1</sup>นักศึกษาระดับปริญญาโท คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

E-mail : mine\_demo@hotmail.com

<sup>2</sup>ศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

E-mail : ratana.jir@kmutt.ac.th

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการลดปริมาณแอลกอฮอล์ในเบียร์ด้วยกระบวนการกลั่นแบบออสโมติก (OD) เมมเบรนที่ใช้ศึกษา คือ โพลีไวนิลลิดีนฟลูออไรด์ (PVDF) ชนิดเส้นใยกลวง โดยทำการศึกษาถึงอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ คือ ความเร็วของสารละลายด้านสารป้อน (1.5-2.5 m/s) และความเร็วของสารละลายด้านเพอมีเอท (0.3-0.9 m/s) ใช้สารละลายเอทานอลร้อยละ 5 โดยปริมาตร เป็นสารป้อน และน้ำปราศจากไอออน (Deionized water ; DI) เป็นสารละลายออสโมติก โดยให้สารป้อนไหลในท่อของเส้นใยกลวง ส่วนสารละลายออสโมติกไหลใน shell จากการทดลองพบว่า ค่าฟลักซ์น้ำและฟลักซ์เอทานอลมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเร็วของสารละลายทั้งด้านสารป้อนและด้านเพอมีเอท โดยค่าฟลักซ์น้ำจะสูงกว่าฟลักซ์เอทานอล และพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลขึ้นกับความเร็วมวลมากกว่าความเร็วของสารละลายด้านเพอมีเอท การศึกษาการลดปริมาณแอลกอฮอล์โดยทำการทดลองระยะยาวเป็นเวลา 4 ชั่วโมง พบว่า ในช่วงเวลาเริ่มต้นของการทดลอง ฟลักซ์น้ำและฟลักซ์เอทานอลมีค่าสูง แต่จะลดลงเมื่อเวลาในการทดลองผ่านไป โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลองฟลักซ์น้ำและฟลักซ์เอทานอลจะลดลงเหลือครึ่งหนึ่ง และการทดลองนี้สามารถลดความเข้มข้นของสารละลายเอทานอลจากร้อยละ 5 โดยปริมาตรเหลือร้อยละ 2.24 โดยปริมาตร การศึกษาการสูญเสียสารให้กลิ่นรสในเบียร์ (3-methyl-1-butanol, ethyl acetate และ acetaldehyde) หลังจากทำการทดลอง 1 ชั่วโมง พบว่ามีค่าการสูญเสียสารให้กลิ่นรสร้อยละ 48.21, ร้อยละ 40.06 และ ร้อยละ 33.54 สำหรับ acetaldehyde, ethyl acetate และ 3-methyl-1-butanol ตามลำดับ

คำสำคัญ : การกลั่นแบบออสโมติก (OD) เบียร์สังเคราะห์ เมมเบรน PVDF สารให้กลิ่นรส

## ABSTRACT

This research investigated the dealcoholization of synthetic beer using osmotic distillation (OD). The membrane used was PVDF (polyvinylidene fluoride) hollow fiber membrane. The effects of operating conditions such as feed solution cross flow velocity (1.5-2.5 m/s) and stripping solution cross flow velocity (0.3-0.9 m/s) on process performance were studied. Ethanol solution 5% (v/v) and Deionized water were used as the feed and stripping solutions, respectively. In the experiment, the feed solution was circulated in the tube side while stripping solution was fed in the shell side. The experimental results showed that the water and ethanol flux increased with increasing feed and stripping solution cross flow velocities. The water flux diffusing into the feed side was higher than ethanol flux removed to the stripping side. Feed cross flow velocity slightly affected the mass transfer coefficient compared to stripping solution cross flow velocity. For the long term operation, the dealcoholization of 5% (v/v) ethanol solution was performed for 4 hours. The results showed that the water and ethanol fluxes were high at the beginning of the operation and then it would decrease with operation time. OD process can reduce ethanol concentration from 5% (v/v) to 2.24% (v/v). In addition, the change in major aroma components in beer (3-methyl-1-butanol, ethyl acetate and acetaldehyde) during the dealcoholization using OD process was also studied. It was found that for after one hour operation, the loss of aroma components of acetaldehyde, ethyl acetate and 3-methyl-1-butanol were 48.21%, 40.06% and 33.54%, respectively.

**KEYWORDS:** Aroma components, Osmotic Distillation (OD), PVDF membrane and Synthetic beer

## 1. บทนำ

เบียร์เป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ โดยมีปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ ประมาณ 5-7 vol % เบียร์ให้พลังงานสูง และมีประโยชน์แก่ร่างกาย ทั้งยังมีกลิ่นและรสชาติที่ต่างจากเครื่องดื่มแอลกอฮอล์โดยทั่วไป เนื่องจากมีกลิ่นและรสชาติขมของฮอป (hops) ที่เป็นวัตถุดิบในการผลิตเบียร์ นอกจากนี้เบียร์ยังช่วยลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจ ช่วยให้การไหลเวียนของเลือดที่ไปเลี้ยงสมองดีขึ้น จึงเป็นที่นิยมของผู้บริโภค ในปัจจุบันได้มีการผลิตเบียร์ที่มีการลดปริมาณแอลกอฮอล์ขึ้นมา โดยมีทำให้เบียร์มีปริมาณแอลกอฮอล์น้อยกว่าเดิม เพื่อเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่ต้องการดื่มเบียร์เพื่อสุขภาพ โดยเบียร์ที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำสามารถผลิตได้โดยใช้เทคนิคในการหมัก (W. Stein, 1993) เช่น ลดปริมาณน้ำตาลในน้ำเวิร์ท (wort) , ลดความเข้มข้นของยีสต์ที่ใช้ในการหมักโดยการใช้ immobilized yeast หรือใช้เอนไซม์อัลฟา-กลูโคซิเดส (alpha-glucosidase) เป็นตัวควบคุมปริมาณแอลกอฮอล์ นอกจากนี้ยังสามารถอาศัยกระบวนการต่างๆทำการลดปริมาณแอลกอฮอล์ในเบียร์ เช่น กระบวนการเพอแวนพอเรชัน (L. Takacs, G. Vatain and K. Korany, 2007), กระบวนการออสโมซิสผันกลับ (M.V. Pilipovik and C. Riverol, 2005) และกระบวนการกลั่นแบบออสโมติก (D. Bessarabov and Z. Twardowski, 2006) เป็นต้น สำหรับกระบวนการกลั่นแบบออสโมติก (Osmotic distillation; OD) เป็นกระบวนการที่ใช้เมมเบรนเพื่อแยกหรือเพิ่มความเข้มข้นสารละลาย โดยดำเนินการได้ที่อุณหภูมิและความดันปกติ องค์ประกอบที่ระเหยง่ายจะ

ระเหยออกจากสารละลายผ่าน เมมเบรนไปยังด้านเพอมีเอท โดยอาศัยผลต่างของความดันไอ น้ำ หรือค่า water activity ( $a_w$ ) เป็นแรงขับเคลื่อนในการแยก ซึ่งมีข้อดีคือ การที่สามารถดำเนินการที่อุณหภูมิและความดันปกติทำให้สามารถป้องกันการสูญเสียสารให้กลิ่นรสที่สลายตัวที่อุณหภูมิสูงได้ หลักการของการลดปริมาณแอลกอฮอล์ในเบียร์ด้วยกระบวนการกลั่นแบบออสโมติก คือ แอลกอฮอล์ในเบียร์จะกลายเป็นไอแล้วเคลื่อนที่ผ่านเมมเบรน และควบแน่นทางด้านเพอมีเอท โดยอาศัยความแตกต่างของความเข้มข้นแอลกอฮอล์ในสารละลายทั้งสองด้าน ทำให้เกิดความแตกต่างของความดันไอแอลกอฮอล์ ซึ่งสารละลายออสโมติกคือน้ำ (S.Varavuth and R.Jiratananon, 2009) เนื่องจากน้ำค่าฟลักซ์เอทานอลสูงกว่าสารละลายออสโมติกชนิดอื่น และสามารถลดความเข้มข้นของเอทานอลด้านสารป้อนหลังผ่านกระบวนการได้ใกล้เคียงกับสารละลายออสโมติกชนิดอื่น ราคาถูกและไม่ก่กรร่อนเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาการลดปริมาณแอลกอฮอล์ในเบียร์ด้วยกระบวนการกลั่นแบบออสโมติก โดยศึกษาผลของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อค่า ฟลักซ์เอทานอล ฟลักซ์น้ำและความเข้มข้นเอทานอลด้านป้อนหลังจากทำการลดปริมาณแอลกอฮอล์ รวมถึงศึกษาการสูญเสียสารให้กลิ่นรสในเบียร์

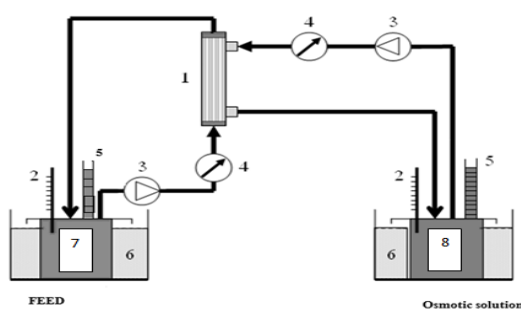
## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาผลของความเร็วสารละลายด้านป้อน และความเร็วสารละลายด้านเพอมีเอทที่มีผลต่อค่า ฟลักซ์เอทานอล, ฟลักซ์น้ำและความเข้มข้นเอทานอลด้านป้อนหลังจากทำการลดปริมาณแอลกอฮอล์ในสารละลายเบียร์สังเคราะห์ด้วยกระบวนการกลั่นแบบออสโมติก

2. ศึกษาความเป็นไปได้ของกระบวนการกลั่นแบบออสโมติกในการลดปริมาณแอลกอฮอล์ในเบียร์สังเคราะห์ให้เหลืออย่างมากที่สุด 3% (v/v) รวมทั้งการสูญเสียสารให้กลิ่นรสในเบียร์สังเคราะห์

## 3. วิธีการดำเนินการวิจัย

### 3.1 ระบบการกลั่นแบบออสโมติก แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงชุดกระบวนการกลั่นแบบออสโมติกที่ใช้ในการทดลอง

- |  |   |
|--|---|
| 1. โมดูลเมมเบรนแบบเส้นใยกลวง (hollow fiber module) | 5. ปิเปต (pipette)                              |
| 2. เทอร์โมมิเตอร์ (thermometer)                    | 6. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath)           |
| 3. ปั๊ม (peristaltic pumps)                        | 7. ถังบรรจุสารละลายด้านป้อน (feed tank)         |
| 4. เครื่องวัดอัตราการไหล (flow meters)             | 8. ถังบรรจุสารละลายด้านเพอมีเอท (permeate tank) |

### 3.2 วิธีดำเนินงานวิจัย

ติดตั้งโมดูล (PVDF hollow fiber module) ดังภาพที่ 1 โดยสารป้อนที่ใช้ในการทดลองคือสารละลายเอทานอล 5% (v/v) ส่วนสารละลายออสโมติกคือน้ำ DI ให้อุณหภูมิในระบบคงที่ที่ 25 °C สารป้อนจะผ่านเข้าไปในท่อของเส้นใยกลวง ส่วนสารละลายออสโมติกจะถูกดูดผ่านเข้าไปในด้าน shell ของโมดูล ซึ่งสารละลายทั้งสองถูกปั๊มแบบไหลสวนทางกัน (counter-current) โดยมีกรไหลวนคู่ภาชนะบรรจุทั้งสองด้าน จับเวลาและวัดอุณหภูมิตอนเริ่มต้น เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการวัดปริมาตร วัดอุณหภูมิ หลังจากนั้นเก็บสารตัวอย่างทางด้านสารป้อนและเพอมีเอท โดยใช้แผ่นพาราฟิล์มมาปิดปากขวดและปิดฝาเพื่อป้องกันการระเหยของไอเอทานอล นำสารตัวอย่างไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นเอทานอลด้วยเครื่อง gas chromatography FID 6890 โดยใช้ column capillary (Vertibond™ Wax) มี carrier gas คือ ก๊าซไนโตรเจน โดยสภาวะการดำเนินการมีดังนี้ 35°C (hold 5 min), 35-23°C at 6°/min, 230 °C (hold 5 min) ค่าที่วิเคราะห์ได้ในแต่ละการทดลองนำมาคำนวณหาความเข้มข้นเอทานอล ค่าฟลักซ์เอทานอล ฟลักซ์น้ำ และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลด้านสารป้อนและด้านเพอมีเอท

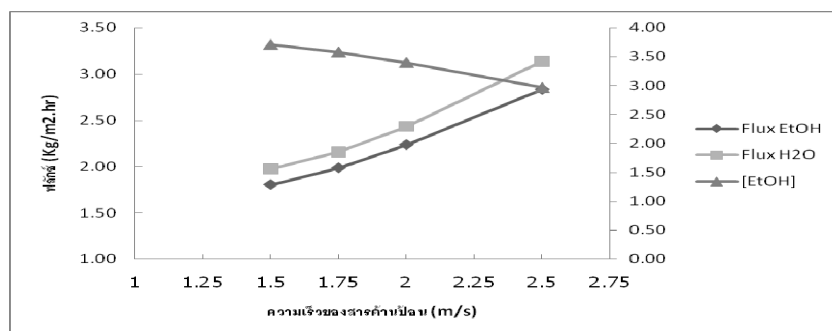
## 4. สรุปผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการทดลอง

### 4.1 การศึกษาผลของความเร็วด้านสารป้อน ( $v_p$ )

การศึกษาผลของความเร็วด้านสารป้อนที่มีต่อค่าฟลักซ์เอทานอล ฟลักซ์น้ำ และความเข้มข้นของเอทานอลด้านป้อนหลังผ่านการทดลอง โดยสารป้อนที่ใช้ในการทดลองคือสารละลายเอทานอลเข้มข้น 5% (v/v) ปริมาตรเริ่มต้น 3290 ml สารละลายออสโมติกคือน้ำ DI ปริมาตรเริ่มต้น 4080 ml อุณหภูมิของระบบคงที่ 25 °C มีความเร็วของด้านสารป้อน คือ 1.5, 1.75, 2.0 และ 2.5 m/s ( $Re_p=686.80-1144.66$ ) ตามลำดับ ส่วนความเร็วด้านเพอมีเอทคงที่คือ 0.6 m/s ( $Re_s=970.91$ ) ซึ่งอยู่ในช่วงการไหลแบบลามินาร์ทั้งสองด้าน ทำการวัดค่าฟลักซ์ที่เวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง แล้วนำสารละลายเอทานอลไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นที่เปลี่ยนแปลง

จากผลการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มความเร็วของสารละลายด้านป้อน ส่งผลให้ค่าฟลักซ์น้ำและเอทานอลมีค่าเพิ่มขึ้น ฟลักซ์น้ำ (1.972-3.137 Kg/m<sup>2</sup>.hr) ฟลักซ์เอทานอล (1.802-2.833 Kg/m<sup>2</sup>.hr) ส่วนความเข้มข้นของเอทานอลด้านสารป้อนหลังผ่านการทดลองจะมีค่าลดลง (3.71-2.97 vol %) แสดงให้เห็นว่า เอทานอลในด้านสารป้อนสามารถเคลื่อนที่ผ่านรูพรุนของเมมเบรนไปยังด้านสารละลายออสโมติกได้มากขึ้น เมื่อเพิ่มความเร็วด้านสารป้อนให้สูงขึ้น เนื่องจากความเร็วด้านสารป้อนที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่า  $Re_p$  สูงขึ้น ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลทางด้านสารป้อน ทำให้มีค่าสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Diban (N. Diban et al, 2008)

สำหรับการถ่ายเทมวลของน้ำ จะแตกต่างจากการถ่ายเทมวลของเอทานอล เนื่องจากสารละลายเอทานอล 5% (v/v) มีค่า water activity เท่ากับ 0.949 (M.E. Guerzoni, 1997) ซึ่งมีค่าน้อยกว่าน้ำ DI ส่งผลให้น้ำในด้านเพอมีเอทสามารถเคลื่อนที่ผ่านรูพรุนของเมมเบรนมายังด้านสารป้อนได้ โดยฟลักซ์น้ำมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับค่าฟลักซ์เอทานอล โดยพบว่าค่าฟลักซ์น้ำจะสูงกว่า ฟลักซ์เอทานอลเล็กน้อย การที่ค่าฟลักซ์น้ำสูงกว่าฟลักซ์เอทานอล เนื่องจากผลต่างค่าความดันไอน้ำสูงกว่าผลต่างค่าความดันไอเอทานอลจึงทำให้น้ำสามารถแพร่ผ่านรูพรุนเมมเบรนได้มากกว่าเอทานอล ส่งผลให้ค่าฟลักซ์น้ำและฟลักซ์เอทานอลมีค่าใกล้เคียงกัน เนื่องจากสารละลายเอทานอลเริ่มต้นมีค่าความเข้มข้นต่ำเพียง 5% (v/v) ซึ่งใกล้เคียงกับน้ำ ทำให้การถ่ายเทมวลเอทานอลมีค่าใกล้เคียงกับการถ่ายเทมวลของน้ำ

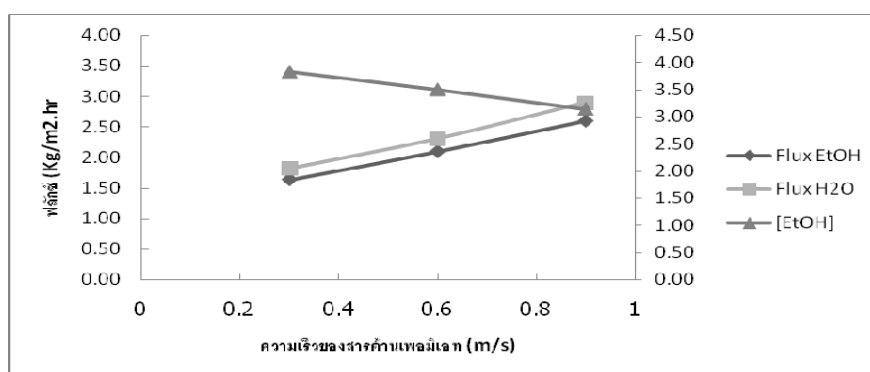


ภาพที่ 2 กราฟฟลักซ์น้ำ, ฟลักซ์เอทานอลและความเข้มข้นของเอทานอลด้านสารป้อน เทียบกับความเร็วของสารละลายด้านสารป้อน

#### 4.2 การศึกษาผลของความเร็วด้านเพอมีเอท ( $v_p$ )

การศึกษาผลของความเร็วด้านเพอมีเอทที่มีต่อค่าฟลักซ์เอทานอล ฟลักซ์น้ำ และความเข้มข้นของเอทานอลด้านป้อนหลังผ่านการทดลอง สารป้อนที่ใช้ในการทดลองคือสารละลายเอทานอลเข้มข้น 5% (v/v) ปริมาตรเริ่มต้น 3290 ml สารละลายออสโมติกคือ น้ำ DI ปริมาตรเริ่มต้น 4080 ml อุณหภูมิของระบบคงที่ 25 °C ความเร็วของด้านสารป้อนคงที่ 2.0 m/s ( $Re_p=915.73$ ) และความเร็วด้านเพอมีเอทคือ 0.3, 0.6 และ 0.9 m/s ตามลำดับ ( $Re_s=485.46-1456.37$ ) ซึ่งอยู่ในช่วงการไหลแบบลามินาร์ทั้งสองด้าน ทำการวัดค่าฟลักซ์ที่เวลาในการทดลองผ่านไป 1 ชั่วโมง แล้วนำสารละลายเอทานอลไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นที่เปลี่ยนแปลง

จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อเพิ่มความเร็วของสารด้านเพอมีเอททำให้ค่าฟลักซ์น้ำและเอทานอลมีค่าเพิ่มขึ้น ฟลักซ์น้ำ (1.817-2.898 Kg/m<sup>2</sup>.hr) ฟลักซ์เอทานอล (1.634-2.595 Kg/m<sup>2</sup>.hr) เนื่องจากความเร็วด้านเพอมีเอทที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่า  $Re_s$  สูงขึ้น ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลทางด้านสารเพอมีเอท ( $k_s$ ) ทำให้มีค่าสูงขึ้น และฟลักซ์ของน้ำมีค่าสูงกว่าฟลักซ์ของเอทานอลเล็กน้อย ส่วนความเข้มข้นของเอทานอลหลังผ่านการทดลองจะมีค่าลดลง (3.83-3.14 % (v/v)) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Varavuth (S.Varavuth and R.Jiratananon, 2009)



ภาพที่ 3 กราฟฟลักซ์น้ำ, ฟลักซ์เอทานอลและความเข้มข้นของเอทานอลด้านสารป้อน เทียบกับความเร็วของสารละลายด้านเพอมีเอท

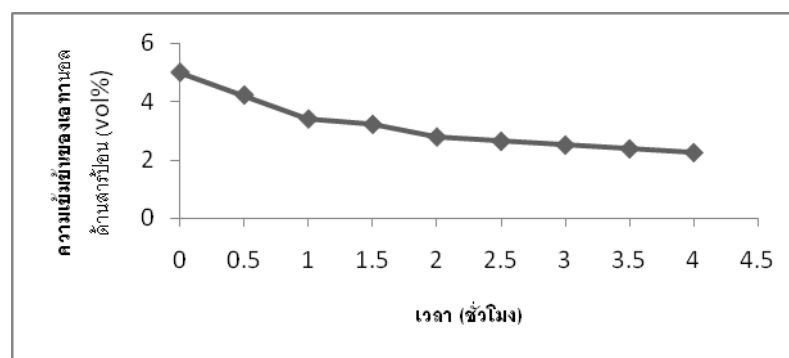


จากการศึกษาผลของความเร็วของสารทั้งสองด้าน พบว่า เมื่อเพิ่มความเร็วสารละลายด้านสารป้อนค่าฟลักซ์ของน้ำ, เอทานอล และความเข้มข้นเอทานอลด้านสารป้อนหลังผ่านการทดลองจะมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าเมื่อเพิ่มความเร็วด้านเพอมีเอท เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลทางด้านสารป้อน ( $3.31E-05 - 3.92E-05$  m/s) มีค่ามากกว่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลทางด้านเพอมีเอท ( $5.11E-06 - 8.85E-06$  m/s) ทำให้ความเร็วด้านสารป้อนมีผลมากกว่าความเร็วด้านเพอมีเอท สำหรับการคำนวณสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลทางด้านเพอมีเอทได้อ้างอิงวิธีการคำนวณจากงานวิจัยของ Thanedgunbaworn (R.thanaedgunbaworn and R.Jiratananon, 2007)

#### 4.3 ศึกษาการลดปริมาณแอลกอฮอล์ในสารละลายเอทานอล

ทำการทดลองโดยสารป้อนที่ใช้ในการทดลองคือสารละลายเอทานอลเข้มข้น 5% (v/v) ปริมาตรเริ่มต้น 3290 ml สารละลายออสโมติกคือ น้ำ DI ปริมาตรเริ่มต้น 4080 ml อุณหภูมิของระบบคงที่  $25^{\circ}\text{C}$  ความเร็วของด้านสารป้อนคงที่ 2.0 m/s ( $Re_t=915.73$ ) และความเร็วด้านเพอมีเอทคงที่ 0.6 m/s ( $Re_s=970.91$ ) ซึ่งอยู่ในช่วงการไหลแบบลามินาร์ทั้งสองด้าน ทำการวัดค่าฟลักซ์และนำสารละลาย เอทานอลไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นที่เปลี่ยนแปลง เมื่อเวลาในการทดลองผ่านไปหนึ่งชั่วโมง และทุกๆ 30 นาที จนครบ 4 ชั่วโมง

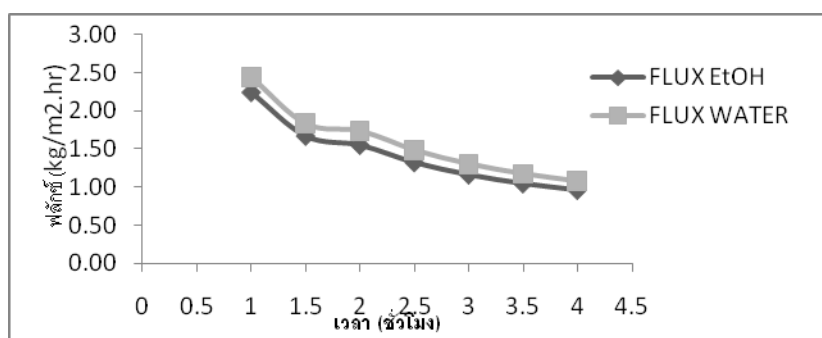
จากการทดลองพบว่า เมื่อเวลาผ่านไป ความเข้มข้นและปริมาตรของเอทานอลด้านสารป้อนจะลดลง ต่างจากด้านเพอมีเอทที่ความเข้มข้นและปริมาตรของสารละลายเอทานอลจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากสารละลายเอทานอลมีการเคลื่อนที่ผ่านเมมเบรนจากด้านสารป้อนไปยังด้านเพอมีเอท จึงทำให้ความเข้มข้นของสารละลาย เอทานอลลดลง และพบว่าในช่วงเวลาเริ่มต้นของการทดลองฟลักซ์น้ำและเอทานอลมีค่าสูง และลดลงเมื่อเวลาผ่านไป ฟลักซ์น้ำมีค่าสูงกว่าฟลักซ์เอทานอลเล็กน้อย เนื่องจากเมื่อเริ่มทำการทดลองเอทานอลจะเกิดการระเหยจากด้านป้อนไปยังด้านเพอมีเอทได้ โดยอาศัยผลต่างของความดันไอเอทานอลของสารละลายทั้งสองด้าน ทำให้เอทานอลด้านสารป้อนผ่านเมมเบรนมายังด้านเพอมีเอท ทำให้ความเข้มข้นเอทานอลด้านป้อนมีค่าลดลง



ภาพที่ 4 กราฟความเข้มข้นของเอทานอลด้านสารป้อนหลังผ่านการทดลองที่เวลาใดๆ

จากภาพที่ 4 พบว่าในช่วงเริ่มแรกของการทดลองเอทานอลจะแพร่ไปยังด้านเพอมีเอทได้มากที่สุด ลักษณะกราฟจะมีความชันสูง เนื่องจากเริ่มต้นสารป้อนมีความเข้มข้นของเอทานอลสูง ทำให้มีความดันไอเอทานอลสูง จึงเกิดการระเหยของเอทานอลแพร่ผ่านรูพรุนได้ดี ส่งผลให้ค่าฟลักซ์เอทานอลและน้ำสูงในช่วงแรกดังภาพที่ 5 เมื่อเวลาผ่านไปความเข้มข้นของเอทานอลด้านสารป้อนจะลดลง เนื่องจากเอทานอลเคลื่อนที่

จากด้านสารป้อนมายังด้านเพอมีเอท ทำให้ผลต่างของความดันไอเอทานอลซึ่งเป็นแรงขับเคลื่อนของระบบลดลงทำให้ค่า ฟลักซ์น้ำและเอทานอลเมื่อเวลาในการทดลองผ่านไปมีค่าลดลง เมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า ความเข้มข้นเอทานอลลดลงจากสารละลายเอทานอลเริ่มต้น 5% (v/v) เหลือ 2.24 % (v/v) ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การลดลง 55.2%



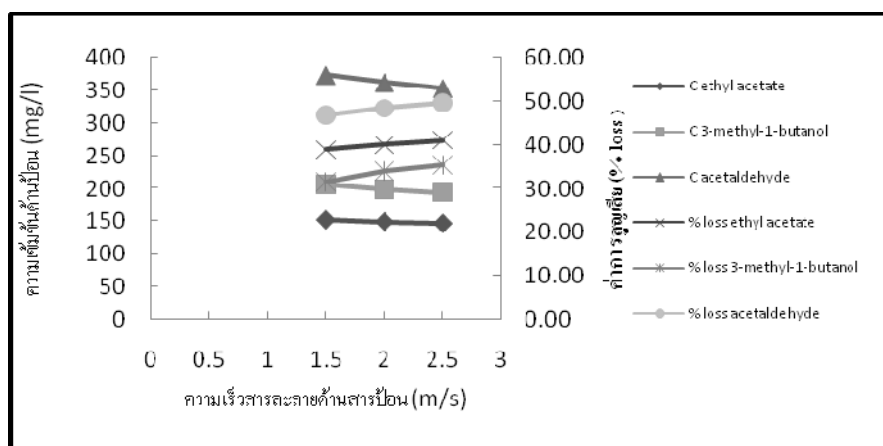
ภาพที่ 5 กราฟฟลักซ์น้ำและฟลักซ์เอทานอลที่เวลาใดๆ

#### 4.4 การศึกษาการสูญเสียสารให้กลิ่นรสในเบียร์

ศึกษาการสูญเสียสารให้กลิ่นรสในเบียร์เมื่อผ่านกระบวนการกลั่นแบบออสโมติก ทำการทดลองโดยใช้สารละลายเอทานอลเข้มข้น 5% (v/v) ซึ่งประกอบด้วยสารให้กลิ่นรสที่พบเป็นปริมาณมากในเบียร์กลุ่ม Alcohols, Esters และ Aldehydes คือ 3-methyl-1-butanol, ethyl acetate และ acetaldehyde ตามลำดับ สารป้อนที่ใช้ในการทดลองนี้คือสารละลายเอทานอลเข้มข้น 5% (v/v) ปริมาตรเริ่มต้น 3290 ml โดยมีสารให้กลิ่นรส 3-methyl-1-butanol 300 mg/l, ethyl acetate 250 mg/l และ acetaldehyde 700 mg/l สารละลายออสโมติกคือ น้ำ DI ปริมาตรเริ่มต้น 4080 ml อุณหภูมิของระบบคงที่ 25 °C ความเร็วของด้านสารป้อน คือ 1.5, 2.0 และ 2.5 m/s ( $Re_f=686.80-1144.66$ ) ตามลำดับ ส่วนความเร็วด้านเพอมีเอทที่คือ 0.6 m/s ( $Re_s=970.91$ ) ทำการวัดค่าฟลักซ์ที่เวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง แล้วนำสารด้านป้อนไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของสารให้กลิ่นรสที่เปลี่ยนแปลง

จากภาพที่ 4.5 พบว่า เมื่อเพิ่มความเร็วของสารละลายด้านป้อนจะส่งผลให้ค่าความเข้มข้นของสารให้กลิ่นรสทั้งสามชนิดลดลง แต่ค่าการสูญเสียสารให้กลิ่นรสจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากเมื่อเพิ่มความเร็วด้านสารป้อนให้สูงขึ้นเนื่องจากความเร็วด้านสารป้อนที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่า  $Re_f$  สูงขึ้น ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลทางด้านสารป้อน ทำให้มีค่าสูงขึ้น และพบว่า acetaldehyde จะมีค่าการสูญเสียสารให้กลิ่นรสสูงกว่า ethyl acetate และ 3-methyl-1-butanol ตามลำดับ โดยมีค่าการสูญเสียสารให้กลิ่นรสเฉลี่ยดังนี้ acetaldehyde 48.21 %, ethyl acetate 40.06 % และ 3-methyl-1-butanol 33.54 % เนื่องจากที่อุณหภูมิ 25 °C acetaldehyde (750 mmHg) จะมีค่าความดันไอสูงกว่า ethyl acetate(73 mmHg) และ 3-methyl-1-butanol(3mmHg) (R.H Perry and D.W. Green, 1998) จึงทำให้ acetaldehyde สามารถแพร่ผ่านเมมเบรนมายังด้านสารละลายออสโมติกได้มากกว่าสารให้กลิ่นรสชนิดอื่น จึงมีค่าการสูญเสียที่มากกว่าสารให้กลิ่นรสชนิดอื่น โดยในการใช้งานจริงของกระบวนการกลั่นแบบออสโมติกไม่ต้องการให้สารให้กลิ่นรสต่างๆผ่านเมมเบรนไปได้ แต่ผลการทดลองพบว่า มีการสูญเสียสารให้กลิ่นรสในเบียร์สังเคราะห์ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Diban (N. Diban et al, 2008) พบว่ามีการสูญเสียสาร

ให้กลิ่นรสในไวน์เช่นเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าเมมเบรนไม่สามารถกักกันสารให้กลิ่นรสได้อย่างมีประสิทธิภาพ 100%



ภาพที่ 6 กราฟความเข้มข้นของ 3-methyl-1-butanol, ethyl acetate และ acetaldehyde ด้านสารป้อนหลังผ่านการทดลองและค่าการสูญเสีย ethyl acetate (%) เทียบกับความเร็วของสารละลายด้านสารป้อน

## 5. ข้อเสนอแนะ

1. ก่อนทำการทดลองทุกครั้งต้องทำการไล่ฟองอากาศออกจากระบบทุกครั้ง เนื่องจากส่งผลต่อค่าฟลักซ์ และทำให้การทดลองคลาดเคลื่อนได้
2. อุณหภูมิการทดลองไม่ควรเกิน 25 °C เพื่อป้องกันการสูญเสียสารให้กลิ่นรส
3. ควรปรับปรุงเมมเบรนให้มีความชอบน้ำเพื่อป้องกันการสูญเสียสารให้กลิ่นรส และเพิ่มค่าฟลักซ์

## 6. รายการอ้างอิง

- D. Bessarabov and Z. Twardowski. 2006. "New opportunities for osmotic membrane distillation." **Membrane Technology**. 7-11.
- L.Takacs, G.Vatai and K. Korany. 2007. "Production of alcohol free wine by pervaporation." **Journal of food Engineering**. 78: 118-125.
- M.V. Pilipovik and C.Riverol. 2005. "Assessing dealcoholization systems base on reverse osmosis." **Journal of food engineering**. 69: 437-441.
- N. Diban et al. 2008. "Ethanol and Aroma Compounds Transfer Study for Partial Dealcoholization of Wine Using Membrane Contractor." **Journal of Membrane Science**. 311: 136-146.
- M.E. Guerzoni. 1997. "Ethanol Vapours pressure as a control factor during alcoholic fermentation." **World journal of microbiology & biotechnology**.13:11-16.

- R.H. Perry and D.W. Green. 1998. **Perry's chemical engineers**. Handbook. 7<sup>th</sup> Edition. Australia: McGraw-hill.
- R. Thanedgunworn, R. Jiratananon, M.H. Nguyenb. 2007. "Shell-Side Mass Transfer of Hollow Fiber Modules in Osmotic Distillation Process." **Journal of Membrane Science**. 290: 105-113.
- S. Varavuth, R. Jiratananon, and S. Atcharyawut. 2009. "Experimental study on dealcoholization of wine by osmotic distillation process." **Separation and Purification Technology**.66:313-321.
- W. Stein. 1993. "Dealcoholization of Beer." **MBAA Tech. Quart.** 30: 54-57.

**A STUDY OF PROTEIN INVOLVED IN RETENTION OF LOW DENSITY  
LIPOPROTEIN RECEPTOR IN ENDOPLASMIC RETICULUM**  
การศึกษาโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับการค้างตัวของตัวรับไลโปโปรตีนความหนาแน่นต่ำที่  
กลายพันธุ์ภายในเอ็นโดพลาสมิกเรติคูลัม

**Athisake Ruangpracha<sup>1</sup>**

**Kulvadee Tangmansakulchai<sup>1</sup>**

**Nutjaree Jeenduang<sup>2</sup>**

**Sureerut Porntadavity<sup>3</sup>**

**<sup>1</sup>Master Degree student, Department of Clinical Chemistry,**

**Faculty of Medical Technology, Mahidol University**

**E-mail: akira\_god@hotmail.com<sup>1</sup>, joom\_mt49@hotmail.com<sup>2</sup>**

**<sup>2</sup>Dr., VitechPro, Vitallife Wellness Center, Bumrungrad International Hospital,**

**E-mail: nutjaree\_ann@hotmail.com**

**<sup>3</sup>Lecturer. Dr., Department of Clinical Chemistry,**

**Faculty of Medical Technology, Mahidol University**

**E-mail: mtspy@mahidol.ac.th**

**ABSTRACT**

Low density lipoprotein receptor (LDLR), a transmembrane glycoprotein, plays a critical role in lipid homeostasis. Mutations in the LDLR cause familial hypercholesterolemia (FH) leading to cardiovascular disease. Two LDLR mutations, D151Y and M391T, were found in Thai patients. Our previous findings revealed that these mutated LDLRs caused their abnormal structure and retention in endoplasmic reticulum (ER) in stably transfected Chinese Hamster Ovarian (CHO) cells. In this study, we further investigated the mechanism of their retention by stably over-expression of D151Y and M391T mutated LDLRs fusion with glutathione-s-transferase (GST) into LDLR deficient CHO-*ldla7* cells. The expression, localization and function of mutated LDLRs compared to wild type LDLR were elucidated by immunohistochemistry, concanavalin A staining and Dil-LDL binding, respectively. The wild type and mutated LDLRs in ER fraction were pulled-down by glutathione-immobilized bead and separated on SDS-PAGE to investigate the protein interaction. The results of agarose gel electrophoresis and DNA sequencing showed that both D151Y and M391T-LDLR were correctly constructed. The immunohistochemistry revealed different expression pattern

between mutated LDLRs and wild type LDLR by partial retention of mutated LDLRs in ER. The protein pattern of ER separation and pull-down proteins on SDS-PAGE of mutated LDLRs were different when compare to wild type. Altogether, the abnormal structure of mutated LDLRs may result in different kind of proteins to interact with and cause the defective in transportation as well as may partly influence in the different expression of ER proteins.

**KEYWORDS :** Endoplasmic reticulum, Familial hypercholesterolemia, Low density lipoprotein Receptor

### บทคัดย่อ

ตัวรับแอลดีแอลเป็น Transmembrane glycoprotein บนผิวเซลล์ มีบทบาทสำคัญในการควบคุมระดับไขมันในเลือด การกลายพันธุ์ของตัวรับแอลดีแอลเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดโรคทางพันธุกรรมชนิด familial hypercholesterolemia (FH) ซึ่งนำไปสู่โรคหลอดเลือดหัวใจ การกลายพันธุ์ของตัวรับแอลดีแอล มี 2 ชนิดที่พบในกลุ่มผู้ป่วยคนไทย คือ D151Y และ M391T การศึกษาเบื้องต้นพบว่าการกลายพันธุ์ข้างต้นทำให้เกิดความผิดปกติในเชิงโครงสร้างของตัวรับแอลดีแอล ส่งผลให้เกิดการค้างค้ำของตัวรับแอลดีแอลที่กลายพันธุ์ในเอ็นโดพลาสมิกเรติคูลัมของเซลล์รังไข่หนูแฮมสเตอร์ ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเพื่ออธิบายกลไกการค้างค้ำดังกล่าว โดยตัวรับแอลดีแอลชนิดกลายพันธุ์ ทั้งแบบ D151Y และ M391T ที่เชื่อมติดกับโปรตีน Glutathione-S-Transferase (GST) จะถูกสร้างในเซลล์หนูแฮมสเตอร์ชนิดที่ไม่มีการสร้างตัวรับแอลดีแอล จากนั้นเชื่อมเซลล์ด้วยสฟลูออเรสเซนต์ที่จับกับแอนติบอดีที่จำเพาะกับตัวรับแอลดีแอล และเชื่อมเอ็นโดพลาสมิกเรติคูลัมด้วย concanavalin A เพื่อดูตำแหน่งของตัวรับแอลดีแอลที่ถูกสร้างแล้ว นอกจากนี้ทำการเชื่อมเซลล์ด้วย DiI-LDL เพื่อดูการทำงานของโปรตีนตัวรับแอลดีแอลที่กลายพันธุ์ โปรตีนตัวรับแอลดีแอลที่ติดกับ GST จะถูกสกัดแยกจากเอ็นโดพลาสมิกเรติคูลัม โดยการตกตะกอนร่วมด้วยเม็ดบีดที่เคลือบด้วยกลูตาไทโอน จากนั้นนำโปรตีนส่วนนี้มาแยกด้วยกระแสไฟฟ้าบน SDS-PAGE ผลที่ได้จากการแยกขนาดของสาย ดีเอ็นเอ ด้วยกระแสไฟฟ้าและตรวจลำดับเบสของพลาสมิดชนิดกลายพันธุ์แบบ D151Y และ M391T พบว่าพลาสมิดที่สร้างได้มีความถูกต้อง การเชื่อมเซลล์แสดงให้เห็นว่าการค้างค้ำของตัวรับแอลดีแอลชนิดกลายพันธุ์อยู่ภายในเอ็นโดพลาสมิกเรติคูลัม การศึกษาชนิดของโปรตีนที่จับกับตัวรับแอลดีแอลชนิดกลายพันธุ์ในเอ็นโดพลาสมิกเรติคูลัมด้วยการตกตะกอนร่วมและทำการแยกบน SDS-PAGE พบว่าโปรตีนชนิดกลายพันธุ์ทั้งที่แยกได้จากเอ็นโดพลาสมิกเรติคูลัมและในส่วนที่ทำการสกัดแยกแล้วมีความแตกต่างจากในตัวรับแอลดีแอลชนิดปกติ ทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นว่า การขนส่งตัวรับแอลดีแอลชนิดกลายพันธุ์อาจมีสาเหตุมาจากโปรตีนชนิดอื่นที่มีส่วนร่วมกันกับตัวรับแอลดีแอล และจากผลกระทบนี้อาจจะกระตุ้นและส่งผลต่อความแตกต่างในองค์ประกอบชนิดของโปรตีนในเอ็นโดพลาสมิกเรติคูลัม

**คำสำคัญ :** เอ็นโดพลาสมิกเรติคูลัม โรคทางกรรมพันธุ์ชนิด familial hypercholesterolemia ตัวรับแอลดีแอล

## INTRODUCTION

Low density lipoprotein receptor (LDLR), a transmembrane glycoprotein composed of several structural domains that mediates the specific binding and uptake of cholesterol containing lipoproteins by receptor-mediated endocytosis, plays a critical role in lipid metabolism (Goldstein, 2001: 2863-2913). Mutations in the LDLR cause FH leading to cardiovascular disease. Various mutations effect in differ LDLR synthesis and function. Approximately 50% of LDLR mutations are classified as class 2, LDLR is completely (class 2A) or partially (class 2B) blocked during the transportation from the endoplasmic reticulum (ER) to the Golgi complex (Goldstein, 1985). Most of case-causing mutations affect the ability of the protein to fold into a correct conformation or aggregation of mutant proteins. Hence, this phenomenon is well known as conformational disease (Gregersen, 2006). Two LDLR mutations, D151Y and M391T, were found in Thai FH patients and these mutations cause disruption in LDLR structure (Jeenduang, 2008). In this study, we further investigated the mechanism of their retention by stably over-expression D151Y and M391T mutated LDLRs fusion with Glutathione-S-Transferase (GST) into LDLR deficient Chinese Hamster Ovarian (CHO-*ldlA7*) cells. The immunohistochemistry, concanavalin A, and Dil-LDL staining are used to determine the cellular localization and biological function of the mutated LDLRs. Furthermore, Protein(s)-interacted in D151Y and M391T LDLRs retention in ER were revealed by pull-down GST-LDLR proteins of ER and separated on SDS-PAGE.

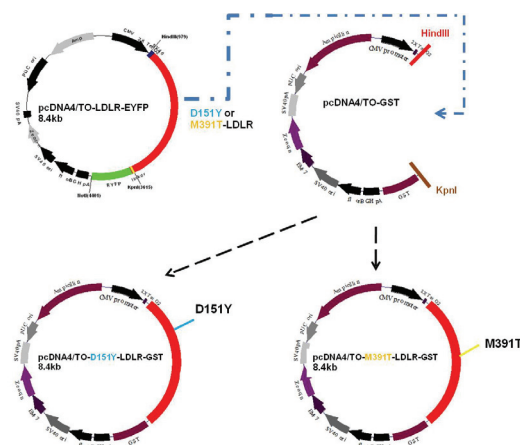
## MATERIALS AND METHODS

LDL receptor deficient CHO-*ldlA7* cell was a generous gift from Professor Monty Krieger (Biology Department, Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, USA). pcDNA4/TO-D151Y-LDLR-EYFP and pcDNA4/TO-M391T-LDLR-EYFP vector were constructed as described previously (Jeendaung, 2010). pcDNA4/TO-WT-LDLR-GST vector was constructed as described previously (Tangmansakulchai, 2009). IgG-C7, a mouse monoclonal antibody to LDLR, was purchased from Santa Cruz biotechnology. Enzymes used in restriction digestion and cloning were obtained from New England Biolabs. All materials used in tissue culture were obtained from Gibco BRL. Glutathione-immobilized bead was purchased from Thermo scientific.

### **pcDNA4/TO-D151Y-LDLR-GST and pcDNA4/TO-M391T-LDLR-GST plasmids construction:**

The D151Y and M391T cDNAs were removed from pcDNA4/TO-D151Y-LDLR-EYFP and pcDNA4/TO-M391T-LDLR-EYFP, respectively by digestion with specific *HindIII* and *BsrGI*. The WT-LDLR cDNA in pcDNA4/TO-WT-LDLR-GST was removed by digested with *HindIII* and *BsrGI*, and substituted with D151Y and M391T cDNAs using T<sub>4</sub> DNA ligase as showed in figure 1. The resulting plasmids were named pcDNA4/TO-D151Y-LDLR-GST and pcDNA4/TO-M391T-LDLR-GST, respectively. pcDNA4/TO-D151Y-LDLR-GST and pcDNA4/TO-M391T-LDLR-GST vectors were transformed into *E. coli DH5 $\alpha$*  competent by heat shock as previously describes (Sambrook, 1987, pp1.74-1.84). The transformed *E. coli DH5 $\alpha$*  cells were grown in LB agar containing ampicillin. DNA vectors were isolated from ampicillin-resistant clone by

conventional method as previously describes (Sambrook, 1987, pp1.25-1.28). The positive clone was identified by digestion with specific restriction enzyme and visualized on agarose gel electrophoresis.



**Figure 1** pcDNA4/TO-D151Y-LDLR-GST and pcDNA4/TO-M391T-LDLR-GST construction map. pcDNA4/TO-D151Y-LDLR-GST and pcDNA4/TO-M391T-LDLR-GST were created by replacing WT-LDLR cDNA with D151Y and M391T cDNAs into pcDNA4/TO-WT-LDLR-GST, respectively.

**Stable clone:** The LDLR deficient CHO-*ldla7* cells were grown in Ham's F-12 medium supplemented with 5% fetal bovine serum (FBS), 1% L-glutamine, 1% penicillin-streptomycin and 0.1% fungizone at 37°C with 5% CO<sub>2</sub>. The pcDNA4/TO-WT-LDLR-GST, pcDNA4/TO-D151Y-LDLR-GST, and pcDNA4/TO-M391T-LDLR-GST vectors were transfected into the LDLR deficient CHO-*ldla7* cells for LDLR expression using lipofectamine<sup>TM</sup> reagent according to manufacturer's instructions. The stably transfected cells were selected by zeocin<sup>TM</sup> resistant. The positive clones, with highly expression in LDLR-GST, were identified by immunohistochemistry.

**Localization and Function:** The  $3 \times 10^5$  cells of stably transfected CHO-*ldla7* cells were plated on coverslip for 24 hours and then fixed with 4% paraformaldehyde, permeabilized with 0.1 % Triton X-100, incubated with IgG-C7 antibody and following with FITC-conjugated antibody. The green fluorescent was visualized under fluorescent microscope. For The localization of LDLR-GST, cells were fixed, permeabilized with 70% ethanol, then incubated with concanavalin A tetramethylrhodamine conjugated for 1 hour at room temperature, washed for three times with PBS and fixed in 4% paraformaldehyde followed by the process of LDLR-GST staining as described above. The green fluorescent and concanavalin A tetramethylrhodamine were visualized under fluorescent microscope. The biological function of LDLR-GST was performed by incubating Dil-LDL with  $3 \times 10^5$  cells stably transfected CHO-*ldla7* cells for 4 hours at 37°C. Thereafter, cells were fixed

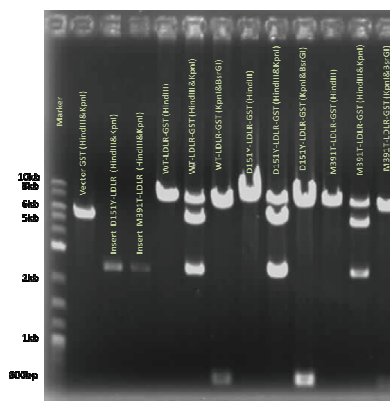


with 4% paraformaldehyde and the binding of Dil-LDL to LDLR-GST was visualized under fluorescent microscope.

**Isolation of ER fraction and LDLR-GST pull-down:** Stably transfected cells were collected and preswollen in the hypotonic extraction buffer at 4°C and then lysed by Dounce homogenizer. Lysate was preceded to the differential centrifugation steps as previously describe with minor modification (Hamilton, 1999). To precipitate the ER microsomes by using  $\text{CaCl}_2$ , ER pellet was lysed in Radio immunoprecipitation assay (RIPA) buffer at 4°C for 15 minutes and vigorously vortex for 15 seconds. The supernatant of ER fraction was collected by centrifugation at 15,000 rpm for 15 minutes. The LDLR-GST proteins in ER were pulled-down by incubated with glutathione-immobilized bead, washed with binding buffer pH 7.4 and eluted with elution buffer pH 8.0. The Protein concentration was determined by the Bradford assay using BSA as standard. Equal amounts of protein fraction (50 $\mu\text{g}$ ) and 4x sample buffer containing 10%  $\beta$ -mercaptoethanol were mixed and heated at 95°C for 5 minutes and subsequently loaded on SDS-PAGE, the gel was staining with Coomassie blue and/or silver staining.

## RESULTS & DISCUSSIONS

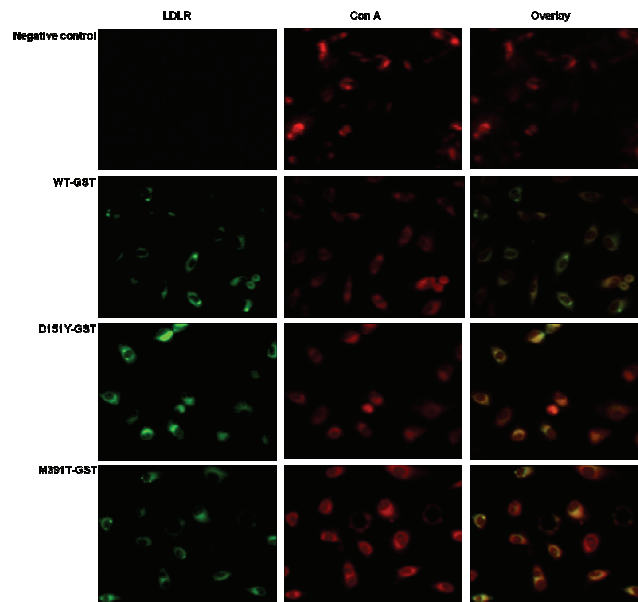
Figure 2 showed the DNA fragment of D151Y and M391T-LDLR cDNA at 2644 bp and pcDNA4-TO-GST vector at 5790 bp before ligation. The positive clones of pcDNA4-TO-D151Y-LDLR-GST and pcDNA4-TO-M391T-LDLR-GST were digested with *Hind*III to yield the DNA vector size at 8434 bp. The positive clones were further verified by 2 different sets of double digestion. The DNA fragments at 5790 bp and 2644 bp were obtained after digestion pcDNA4-TO-D151Y-LDLR-GST and pcDNA4-TO-M391T-LDLR-GST with *Hind*III and *Kpn*I enzymes while the DNA fragments at 7668 bp and 766 bp were revealed after digestion pcDNA4-TO-D151Y-LDLR-GST and pcDNA4-TO-M391T-LDLR-GST with *Kpn*I and *Bsr*GI enzymes. All digestions compared to the digested of pcDNA4-TO-WT-LDLR-GST. These results and DNA sequencing (data not shown) indicated that both mutated LDLR-GST were correctly constructed.



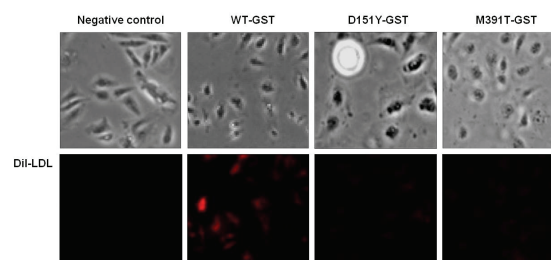
**Figure 2** Plasmid verification. pcDNA4-TO-D151Y-LDLR-GST and pcDNA4-TO-M391T-LDLR-GST were verified by digestion with appropriate restriction enzymes and compared to pcDNA4-TO-WT-LDLR-GST.

As previous studied, stably transfected cells of pcDNA4-TO-WT-LDLR-GST were demonstrated that the expression and biological function of WT-LDLR-GST are similar to WT-LDLR-EYFP from WT-LDLR-EYFP stable clone which represent as native LDLR (Ranheim, 2006). The expression pattern of LDLR-GST is located in the cytosol from close proximity to the nucleus through the cell membrane. In contrast, two mutated LDLRs are located around the nucleus and less present on the cell surface. Moreover, the localization by the concanavalin A staining elucidated that both D151Y and M391T mutated LDLRs retained in ER (Figure 3.). These may be the cause of less LDLR expression on the cell surface. The functional study of LDLR by DiI-LDL uptake showed that both mutated LDLRs had less activity when compared to WT-LDLR (Figure 4.). The ER fraction revealed different protein pattern among lysis fraction of each stable clones as showed in Figure 5. Both D151Y and M391T LDLRs are defective in their folding and conformation, retention of misfolded and unfolded protein from mutation caused ER stress by activation of unfolded protein response (UPR) such as molecular chaperone, ER-associated degradation etc. (Zhao, 2006). Several proteins were pulled-down and proteins of interest which bound to LDLR-GST are shown by red, blue and green arrows with their approximately molecular mass of 150, 50 and 37 kDa, respectively (Figure 6.). Our data suggested that these proteins may interact with mutated LDLRs leading to the ER retention. According to previous studied, they showed molecular chaperones, e.g. calnexin, calreticulin, BiP/Grp78, Grp94 and ERp72 are involved in mutated LDLR retention (Sorensen, 2006). Furthermore, that a specialized molecular chaperone, the receptor-associated proteins (RAP) can promote proper folding and subsequent exocytic trafficking of the wild-type LDLR and several of its class 2 mutants (Li, 2002). Nevertheless, unbound protein is shown by yellow arrow, this protein do not interacts to LDLR-GST. However, retained proteins causing ER stress are needed for further investigation and identification in order to benefit and give a better understanding for cellular mechanism(s) in

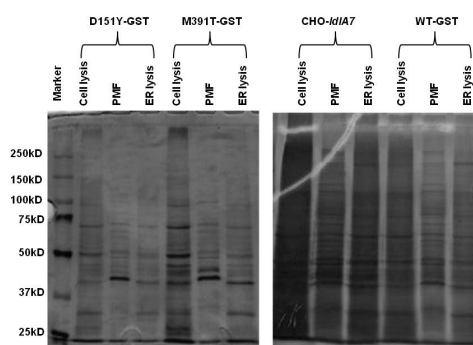
LDLR mutations. The finding from this study will be partly contributed for treatment of FH patients with LDLR class 2 mutation who do not response to general therapeutic drug, the development of drug for protein conformation disease may be a better way for treatment in the future.



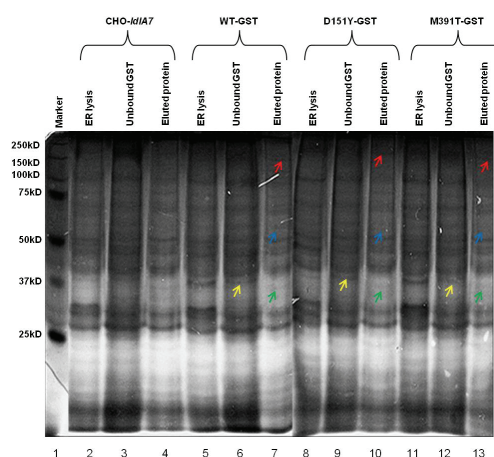
**Figure 3** Expression of LDLR-GST and Localization of mutated LDLR in ER. The immunohistochemistry of LDLR localization detected by IgG-C7 antibody and ER marker (concanavalin A) of untransfected (negative control), WT-LDLR, D151Y-LDLR, and M391T-LDLR stably transfected CHO-*ldla7* cells then visualized under fluorescent microscope (40X). Overlays are shown in the right panels with colocalization appearing yellow.



**Figure 4** Function of Dil-LDL binding. Biological function of untransfected (negative control) and stably transfected cell, WT-LDLR, D151Y-LDLR, and M391T-LDLR stably transfected CHO-*ldla7* cells were incubated with Dil-LDL and were visualized under fluorescent microscope (40X).



**Figure 5** Protein extraction from ER. Protein pattern from each fraction of whole cell lysis, post mitochondrial fraction, and ER lysis were separated on SDS-PAGE and visualized by silver staining.



**Figure 6** Pull-down of ER Proteins. The GSH-immobilized beads pull-down the protein of ER lysis from different stably clone. CHO-*ldlA7* untransfected cells were used as negative control. Red, blue and green arrows point to bound proteins which may be proteins of interest. Yellow arrow in lane 6, 9, 12 points to unbound protein.

## ACKNOWLEDGEMENT

This research project is supported by Mahidol University.

## REFERENCES

Goldstein, J. L., Brown, M. S. & Anderson, R. G. 1985. Receptor-mediated endocytosis: concepts emerging from the LDL receptor system. *Annu Rev Cell Biol.* 1:1–39.

- Goldstein, J. L., Hobbs, H. H. & Brown, M. S. 2001. **Familial hypercholesterolemia**. In: Scriver, C. R., Beaudet, A. L., Sly, W. S. & Valle, I. **The metabolic basis of inherited disease**. 8<sup>th</sup> ed. New York: McGrawHill Book Co.
- Gregersen, N. 2006. Protein misfolding disorders: pathogenesis and intervention. **J Inherit Metab Dis.** 29:456-470.
- Hamilton, R. L., Moorehouse, A., Lear, S. R., Wong, J. S. & Erickson, S. K. 1999. A rapid calcium precipitation method of recovering large amounts of highly pure hepatocyte rough endoplasmic reticulum. **J Lipid Res.** 40:1140-1147.
- Jeenduang, N., Promptmas, C., Pongrapeeporn, K. S. & Porntadavity, S. 2008. Molecular modeling of D151Y and M391T mutations in the LDL receptor. **Biochem Biophys Res Comm.** 377:355-360.
- Jeenduang, N., Ruangpracha, A., Promptmas, C., Pongrapeeporn, K. S. & Porntadavity, S. (2010 1 July). Two novel D151Y and M391T LDLR mutations causing LDLR transport defects in Thai patients with Familial hypercholesterolemia. [online] Available from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20599862>
- Li, Y., Lu, W., Schwartz, A. L. & Bu, G. 2002. Receptor-associated protein facilitates proper folding and maturation of the low-density lipoprotein receptor and its class 2 mutants. **Biochem.** 41:4921-4928.
- Ranheim, T., Kulseth, M. A., Berge, K. E. & Leren, T. P. 2006. Model system for phenotypic characterization of sequence variations in the LDL receptor gene. **Clin Chem.** 52, 8:1469-1479.
- Sambrook, J., Fritsch, E. F. & Maniatis, T. 1987. **Small-scale preparations of plasmid DNA Molecular cloning: A laboratory manual**. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- Sambrook, J., Fritsch, E. F. & Maniatis, T. 1987. **Transformation of competent *E. coli*. Molecular cloning: A laboratory manual**. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- Sorensen, S., Ranheim, T., bakken, K. S., Leren, T. P. & Kulseth, M. A. 2006. Retention of mutant low density lipoprotein receptor in ER leads to ER stress. **J Biol Chem.** 281:468-476.
- Tangmansakulchai, K., Jeenduang, N., Tantrarungroj, S. & Porntadavity, S. 2009. "Chimeric LDLr-glutathione s-transferase for direct detection of low density lipoprotein." **Proceeding of the 14<sup>th</sup> National Graduate Research Conference King Mongkut's University of Technology North Bangkok**; Sep 10-11; Bangkok, Thailand.
- Zhao, L. & Ackerman, S. L. 2006. Endoplasmic reticulum stress in health and disease. **Curr Opin Cell Biol.** 18:444-452.

การศึกษาผลของอัตราส่วน COD:N ต่อการผลิตก๊าซชีวภาพจากกลีเซอรอล  
ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล  
EFFECT OF COD:N RATIO ON BIOGAS PRODUCTION FROM  
CRUDE GLYCEROL

เฉลิมเดช ณ ลำพูน<sup>1</sup>

ชินพงศ์ วังใน<sup>2</sup>

จินดารัตน์ พิมพ์สมาน<sup>3</sup>

<sup>1</sup>นักศึกษาระดับปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

E-mail: chaloemdech@hotmail.com

<sup>2</sup>นักวิจัยประจำสถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี วิทยาเขตบางขุนเทียน

E-mail: chinnapong@pdti.kmutt.ac.th

<sup>3</sup>อาจารย์ประจำ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

E-mail: jindarat.pim@kmutt.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการผลิตก๊าซชีวภาพจากกลีเซอรอลที่เป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้ในกระบวนการผลิตไบโอดีเซล ซึ่งมีปริมาณสารอินทรีย์สูง และน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากโรงสกัดน้ำมันปาล์ม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราส่วนสารอาหาร (COD:N) ที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพจากของผสมระหว่างกลีเซอรอลและน้ำเสียจากโรงสกัดน้ำมันปาล์ม โดยทำการศึกษาในถังปฏิกรณ์แบบถังกวนสมบูรณ์ (CSTR) ใช้วิธีการป้อนอาหารแบบกะ (Batch) ที่อัตราส่วนอาหาร COD:N ต่างๆ จากผลการทดลองพบว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วน COD:N ปริมาณก๊าซมีเทนสะสมและประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซมีเทนมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย โดยมีประสิทธิภาพอยู่ในช่วงประมาณ 60-70% แต่เมื่อลดอัตราส่วน COD:N เป็น 300:3 จะส่งผลต่อค่าคงที่จลศาสตร์การผลิตมีเทน (specific methane production kinetic constant) หรือค่า  $K_G$  ซึ่งทำให้ค่า  $K_G$  ลดลงถึง 40 % และส่งผลให้อัตราเฉลี่ยการผลิตก๊าซมีเทน (mean specific methane production rate) ที่อัตราส่วนนี้มีค่าน้อยที่สุด

คำสำคัญ: กลีเซอรอล ก๊าซชีวภาพ อัตราส่วนสารอาหาร

## ABSTRACT

This research applying crude glycerol as a carbon source for biogas production was a promising alternative use for this high-strength waste. In this study, effect of COD:N ratios in co-digestion of crude glycerol and treated palm oil mill effluent (as nitrogen source) on biogas production was investigated in a laboratory-scale completely mixed reactor. It was found that the volume of methane accumulate and methane production efficiency were insignificantly changed. The methane production efficiency at all ratios was approximately 60-70%. While the COD:N ratio was decreased to 300:3, it has effect on the specific methane production kinetic constant and mean specific methane production rate. The specific methane production kinetic constant was decreased to 40 % and the mean specific methane production rate was lower than other ratio.

**KEYWORDS:** Glycerol, biogas, COD:N ratio

## 1. บทนำ

น้ำมันเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ในปัจจุบัน ประเทศไทยมีการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศเป็นปริมาณมากต่อปี ปัจจุบันมีแนวโน้มว่าน้ำมันจะไม่เพียงพอต่อการบริโภคของคนทั้งโลก จึงมีความจำเป็นที่จะต้องหาพลังงานอื่นแทนน้ำมัน ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงที่ได้จากการนำน้ำมันพืชและน้ำมันสัตว์ผ่านปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน โดยในกระบวนการผลิตจะผสมน้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์ให้ทำปฏิกิริยากับเมทานอลหรือเอทานอล จนเกิดเป็นสารเอสเทอร์ ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ดีเซลได้โดยไม่ต้องทำการปรับแต่งเครื่องยนต์ โดยในการผลิตไบโอดีเซลจะได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นผลพลอยได้ที่สำคัญคือกลีเซอรอล การผลิตไบโอดีเซลได้มีการพัฒนาและเพิ่มอย่างรวดเร็วซึ่งในปี 2007 มีการผลิตไบโอดีเซลทั่วโลกประมาณ 450 ล้านแกลลอนต่อปีเพิ่มขึ้นจากปี 2005 ที่มีไม่ถึง 100 ล้านแกลลอนต่อปี (National Biodiesel Board, 2008) โดยจะได้กลีเซอรอลร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก จึงได้มีการนำเอากลีเซอรอลนี้ไปทำให้บริสุทธิ์เพื่อให้ได้กลีเซอรอลที่มีความบริสุทธิ์สูง ซึ่งสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องสำอาง และยา โดยทั่วไปกลีเซอรอลที่จะนำไปใช้จะต้องมีความบริสุทธิ์สูงถึง 95-99% ซึ่งต้องผ่านกระบวนการต่างๆ มากมาย ในการเพิ่มความบริสุทธิ์ จำเป็นต้องใช้เงินทุนสูงมาก เมื่อนำมาคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ จึงไม่เหมาะกับผู้ประกอบการอุตสาหกรรมขนาดกลางหรือขนาดเล็กเนื่องจากความไม่คุ้มทุน (Pachauri, 2006) ดังนั้นจึงได้มีการแนวคิดที่จะนำกลีเซอรอลที่ได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลมาผลิตก๊าซชีวภาพ โดย M.S. Fountoulakis และคณะ ได้ศึกษาอิทธิพลของกลีเซอรอลจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลต่อประสิทธิภาพของถังปฏิกรณ์ โดยใช้น้ำเสีย 2 ชนิด คือ น้ำเสียขยะอินทรีย์มูลฝอยชุมชน และน้ำเสียผสมระหว่างโรงสกัดน้ำมันมะกอกกับโรงฆ่าสัตว์ พบว่าหลังจากเติมกลีเซอรอล 1%v/v ส่งผลให้อัตราการผลิตก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้นจาก 479 มิลลิตรต่อวัน เป็น 1,210 มิลลิตรต่อวัน (Fountoulakis, 2009) และ J.A.S. Lopez และคณะ ได้นำกลีเซอรอลที่ได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล 2 ชนิด คือ กลีเซอรอลที่ผ่านกระบวนการกลั่น (distilled glycerol) และกลีเซอรอลที่ผ่านกระบวนการเติมกรด (acidified glycerol) ซึ่งยังคงมีสิ่งเจือปนอยู่มากผลิตก๊าซชีวภาพ พบว่ากลีเซอรอลที่ผ่านกระบวนการกลั่นจะให้ค่า yield สูงที่สุด แต่เมื่อเพิ่มปริมาณกลีเซอรอลในระบบขึ้นจะเกิดการยับยั้งอย่างรุนแรง ส่วนกลีเซอรอลที่ผ่านกระบวนการเติมกรด มีความเหมาะสมกับกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกาศ

เนื่องจากมีความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพเกือบ 100% และให้มีเทน yield สูง (Lopez, 2009) โดยอัตราส่วนสารอาหารที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนได้มีการวิจัยมากมาย เช่น Speece and McCarty ได้เสนอปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ใช้ในระบบการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน โดยความต้องการไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจะขึ้นอยู่กับปริมาณของเซลล์ ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสภายในเซลล์และในน้ำเสีย ซึ่งในเซลล์ของแบคทีเรียที่ผลิตมีเทนจะมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ 6-12% และมีปริมาณฟอสฟอรัสประมาณ 14% ของไนโตรเจน ในการสร้างเซลล์ 5% ของเซลล์ทั้งหมด จะต้องการไนโตรเจนและฟอสฟอรัสประมาณ 6 กิโลกรัม และ 0.8 กิโลกรัม ตามลำดับ ต่อปริมาณ COD 1000 กิโลกรัม (Speece, 1964) S.M. Stronach และคณะพบว่าสัดส่วนของสารอาหาร (COD:N) ที่ระบบย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนต้องการมีค่าเท่ากับ 400:7 ที่อัตราการป้อนอาหารสูง (0.8–1.2 g COD/g VSS.d) และมีค่าเท่ากับ 1000:7 ที่อัตราการป้อนอาหารต่ำ (Stronach, 1986) และ A.P. Annachhatre พบว่า คาร์บอน, ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย โดยอัตราส่วนของสารอาหาร (COD:N:P) ในระบบการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนต้องการในช่วงเริ่มต้นระบบเท่ากับ 300:5:1 และมีค่าเท่ากับ 600:5:1 ในช่วงที่ระบบคงตัว (Annachhatre, 1996) จากตัวอย่างงานวิจัยจะเห็นว่า การผลิตก๊าซชีวภาพจากกลีเซอรอลเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการใช้ประโยชน์จากกลีเซอรอล

## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาศักยภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพเมื่อนำกลีเซอรอล (crude glycerol) มาเป็นแหล่งคาร์บอน และหาอัตราส่วนสารอาหาร (COD:N) ที่เหมาะสมในการผลิตก๊าซชีวภาพ จากของผสมระหว่างกลีเซอรอลและน้ำเสียจากโรงสกัดน้ำมันปาล์มที่ผ่านการบำบัด

## 3. ขอบเขตของงานวิจัย

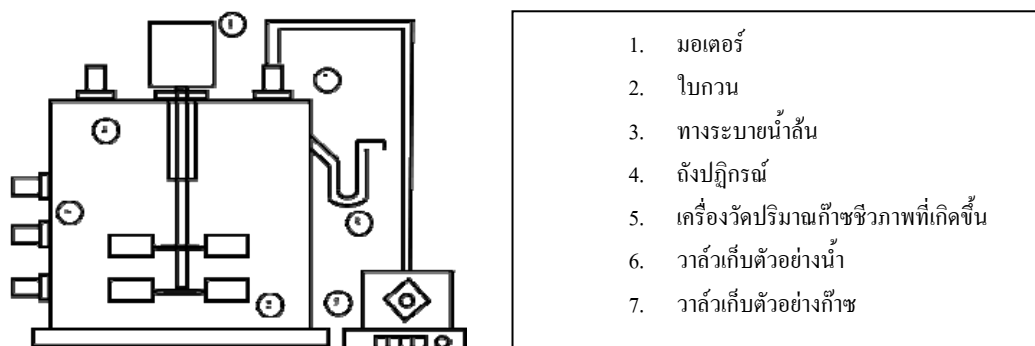
การศึกษาค่าผลของอัตราส่วน COD:N ต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ ใช้กลีเซอรอลที่เป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลเป็นแหล่งคาร์บอน และใช้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากโรงสกัดน้ำมันปาล์มเป็นแหล่งของสารอาหารเสริม ดำเนินการทดลองโดยใช้ถังปฏิกรณ์แบบถังกวนสมบูรณ์ (CSTR) และใช้กระบวนการป้อนอาหารแบบกะ (batch) ที่อัตราส่วน COD:N 300:8, 300:5 และ 300:3

## 4. วิธีดำเนินงานวิจัย

### 4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัย

ถังปฏิกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัยนี้ เป็นถังปฏิกรณ์แบบถังกวนสมบูรณ์ (CSTR) มีปริมาตรรวมเท่ากับ 15 ลิตร และมีปริมาตรกักเก็บของเหลวเท่ากับ 11 ลิตร โดยแสดงดังภาพที่ 1





ภาพที่ 1 ถังปฏิกรณ์แบบถังกวนสมบูรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย

#### 4.2 กลิเซอรอลจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (Crude glycerol)

กลีเซอรอลที่เป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล (Crude glycerol) เป็นกลีเซอรอลที่มีความบริสุทธิ์ต่ำ ซึ่งได้แสดงสมบัติทางกายภาพเปรียบเทียบระหว่างกลีเซอรอลบริสุทธิ์และกลีเซอรอลจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมบัติทางกายภาพของกลีเซอรอลบริสุทธิ์และกลีเซอรอลที่ได้จากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล

ตัวแปร	กลีเซอรอลบริสุทธิ์ (Lopez, 2009)	กลีเซอรอลจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซล
COD (mg/L)	1,200,000	1,551,000
Density (g/mL)	1.261	1.06
pH	-	7.41
TN (mg/L)	-	2,770
TP (mg/L)	-	2,740
COD:N:P	-	5,661:27:1
สี	ไม่มีสี	สีน้ำตาล

#### 4.3 น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากโรงสกัดน้ำมันปาล์ม (POME)

น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากโรงสกัดน้ำมันปาล์ม ได้มาจากโรงสกัดน้ำมันปาล์มแห่งหนึ่งใน จ.สุราษฎร์ธานี เป็นน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนของโรงงาน ได้แสดงสมบัติทางกายภาพดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สมบัติทางกายภาพของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากโรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม

ตัวแปร	น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากโรงสกัดน้ำมันปาล์ม
pH	8.21
Alkalinity (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	2,792
TVA (mg acetic acid/L)	990
Total COD (Soluble) (mg/L)	1,747 (1,106)
Total N (Soluble) (mg/L)	171 (101)
Total P (Soluble) (mg/L)	285.4 (142.3)
TS (mg/L)	7,523
SS (mg/L)	1,683
VSS (mg/L)	1,344

#### 4.4 การศึกษาหาอัตราส่วน COD:N ที่เหมาะต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ

การศึกษาหาอัตราส่วน COD:N ที่เหมาะสมต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ จะใช้อัตราส่วน COD:N เริ่มต้นจากอัตราส่วนทั่วไปที่นิยมใช้ในการดำเนินถึงปฏิกรณ์ผลิตก๊าซชีวภาพคือ 300:5 (Annachhatre, 1996) เพื่อเริ่มต้นที่ใช้ประมาณร้อยละ 25 ของปริมาณตั้งปฏิกรณ์ และทำการทดลองแบบกะ (Batch) ส่วนอาหารนั้นจะทำการผสมกลีเซอรอลและน้ำเสียจากโรงสกัดน้ำมันปาล์มในอัตราส่วนดังนี้ 300:5, 300:8 (เพิ่มขึ้นร้อยละ 25) และ 300:3 (ลดลงร้อยละ 25) โดยทำการป้อนอาหารเพียงครั้งเดียว

วิธีการทดลองเริ่มจากการเติมน้ำเสียจากโรงสกัดน้ำมันปาล์มในปริมาณที่กำหนดไว้เข้าไปในถังปฏิกรณ์ทิ้งไว้จนเชื้อย่อยสลายสารอินทรีย์จนไม่สามารถย่อยได้อีก ใช้เวลาประมาณ 1 วัน เก็บตัวอย่างน้ำออกมาวัดค่า COD โดยน้ำเสียที่จะนำมาวัดค่า COD นั้นจะต้องผ่านการกรองก่อนทุกครั้ง เพื่อให้ได้ค่า COD ที่ไม่ได้มาจากตะกอนเชื้อ จากนั้นก็เติมกลีเซอรอลลงไป ปริมาณที่กำหนดไว้ เก็บตัวอย่างน้ำมาวัดค่า pH, Alkalinity, TVA, COD, VSS และ TN ซึ่งเป็นค่าเริ่มต้นของระบบ ทำการเก็บตัวอย่างก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นและนำตัวอย่างก๊าซชีวภาพไปหาลูกประกอบของก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จนแบคทีเรียย่อยสลายสารอินทรีย์จนหมด เก็บตัวอย่างน้ำมาวัดค่า pH, Alkalinity, TVA, COD, VSS และ TN ซึ่งเป็นค่า ณ จุดสิ้นสุดของการเกิดปฏิกิริยา

### 5. ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการทดลอง

#### 5.1 เสถียรภาพของกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกาศ

เสถียรภาพของระบบสามารถประเมินได้จากค่า pH, Alkalinity, TVA, และอัตราส่วนระหว่าง TVA ต่อ Alkalinity (TVA/Alkalinity) ในระหว่างกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกาศ แสดงดังตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยของค่า pH, Alkalinity, TVA, และ TVA/Alkalinity ที่อัตราส่วน COD:N ต่างๆ กัน ในระหว่างการทดลอง

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของค่า pH, Alkalinity, TVA, และ TVA/Alkalinity ที่อัตราส่วน COD:N ต่างๆ

อัตราส่วน COD:N	pH	Alkalinity (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	TVA (mg acetic acid/L)	TVA/Alkalinity
300:8	7.65	2,274	849	0.37
300:5	7.61	1,838	646	0.35
300:3	7.65	1,939	739	0.38

ระบบการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะมีแบคทีเรียในระบบสองประเภทใหญ่ๆ คือ แบคทีเรียสร้างมีเทน และแบคทีเรียสร้างกรดซึ่งแบคทีเรียทั้งสองกลุ่มต่างก็มีช่วง pH ที่เหมาะสมต่อการทำงานต่างกัน โดยค่า pH จากการทดลองมีค่าประมาณ 7.6 ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับแบคทีเรียสร้างมีเทน (Wheatley, 1990) ค่าอัตราส่วน TVA/Alkalinity ควรจะมีค่าต่ำกว่า 0.4 ซึ่งจะเป็นตัวบ่งชี้ว่าระบบการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนนี้ปราศจากการสะสมของกรด (Balaguer, 1992)

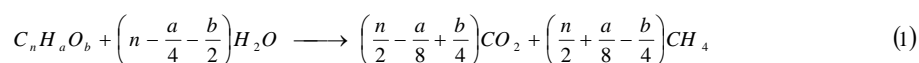
### 5.2 ผลผลิตก๊าซมีเทนและความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพของกลีเซอรอล

ผลผลิตของก๊าซมีเทนและค่าความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพของกลีเซอรอล จะแสดงในรูปของ Methane yield และ COD removal ตามลำดับ เป็นค่าที่บอกถึงศักยภาพในการนำกลีเซอรอลมาใช้ผลิตก๊าซชีวภาพ ตารางที่ 4 เป็นตารางแสดงค่า COD removal และ Methane yield และค่าประสิทธิภาพการผลิตมีเทน ที่อัตราส่วน COD:N ต่างๆ กัน จากการทดลอง

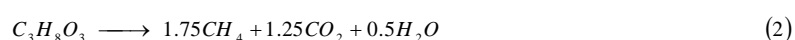
ตารางที่ 4 ค่า COD removal, Methane yield และค่าประสิทธิภาพการผลิตมีเทน ที่อัตราส่วน COD:N ต่างๆ

อัตราส่วน COD:N	COD removal (%)	Methane yield (mL CH <sub>4</sub> /g COD <sub>remove</sub> )	Efficiency (%)
300:8	97	246	71
300:5	95	238	68
300:3	94	215	62

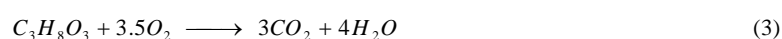
จากตารางที่ 4 พบว่าค่า COD removal ที่ทุกๆ อัตราส่วน COD:N มีค่าสูงมาก (ประมาณ 100%) แสดงว่า กลีเซอรอลมีศักยภาพสูงในการที่จะนำมาใช้ในกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน เนื่องจากกลีเซอรอล สามารถถูกแบคทีเรียย่อยสลายได้ทั้งหมด และค่าผลผลิตก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นต่อปริมาณ COD removed สามารถคำนวณได้จากสมการของ Buswell (Buswell, 1930) ซึ่งเป็นสมการที่ใช้ทำนายผลผลิตของก๊าซมีเทน ดังนี้



เมื่อแทนค่าสมการด้วยสูตรโมเลกุลของกลีเซอรอล (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O<sub>3</sub>) จะสามารถเปลี่ยนรูปสมการได้ ดังนี้



กลีเซอรอลสามารถเปลี่ยนให้อยู่ในรูปสมการหาค่า COD ได้ดังสมการ 3

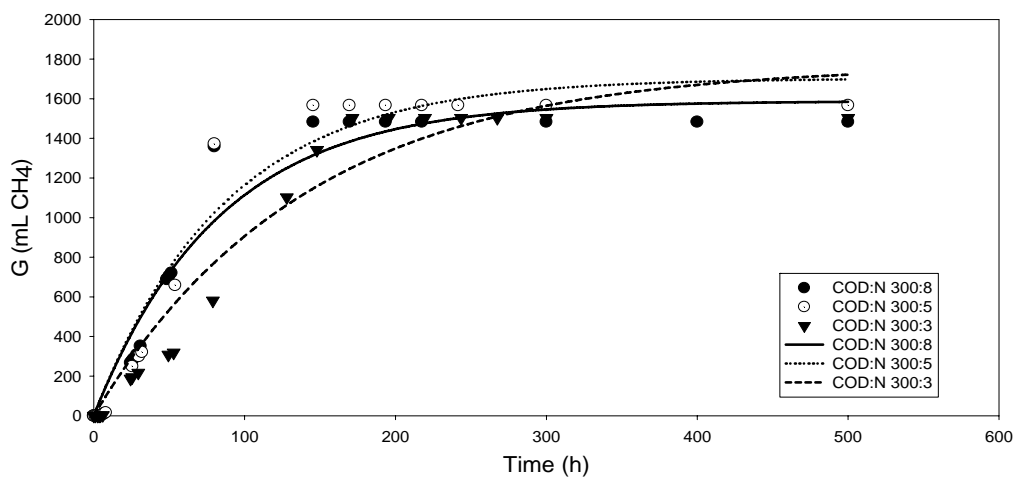


สมการ 3 ค่า COD ของกลีเซอรอล 1 โมล เท่ากับ 112 กรัม หรือ กลีเซอรอล 92 กรัม มีค่าเท่ากับ 112 กรัม COD

ดังนั้นจะได้ผลผลิตของก๊าซมีเทนทางทฤษฎี จะมีค่าเท่ากับ 0.25 กรัมมีเทน ต่อ 1 กรัม COD removed หรือเท่ากับ 349 มิลลิลิตรมีเทนต่อกรัม COD removed จะเห็นว่ามีค่าใกล้เคียงกับที่ Wheatley ได้รายงานไว้ คือเท่ากับ 382 มิลลิลิตรมีเทนต่อกรัม COD removed โดยค่าประสิทธิภาพของการผลิตก๊าซมีเทนในแต่ละอัตราส่วนแสดงดังตารางที่ 4 จากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพของการผลิตก๊าซมีเทนมีค่าประมาณ 60-70%

### 5.3 จลศาสตร์การผลิตก๊าซมีเทน

ภาพที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซมีเทนสะสมกับเวลาที่อัตราส่วน COD:N ต่างๆ จากกราฟพบว่า ที่ทุกๆอัตราส่วนมีปริมาณก๊าซมีเทนสะสมที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าอัตราส่วน COD:N ที่ต่างกัน ไม่ส่งผลต่อปริมาณก๊าซมีเทนสะสม



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซมีเทนสะสม (G) กับเวลาที่อัตราส่วน COD:N ต่างๆ

จลศาสตร์การผลิตก๊าซมีเทนได้ถูกเสนอโดย Borja (Borja, 1995) ซึ่งเป็น โมเดลจลศาสตร์การผลิตก๊าซมีเทนอันดับหนึ่ง (methane production first order kinetic model) โดยจะนำมาสอดคล้องกับผลการทดลองตามสมการที่ 4

$$G = G_m [1 - \exp(-K'_G \cdot t)] \quad (4)$$

เมื่อ G คือปริมาตรก๊าซมีเทนสะสม (mL, ที่ 1 atm, 25°C), t คือเวลา (h),  $G_m$  คือปริมาตรก๊าซมีเทนสะสมที่เวลานอนันต์; โดยค่า G เท่ากับศูนย์ ที่เวลาเป็นศูนย์ และอัตราการผลิตก๊าซจะเป็นศูนย์ที่เวลานอนันต์, ค่า  $K'_G$  คือค่าคงที่จลศาสตร์การผลิตก๊าซมีเทนปรากฏ (apparent kinetic constant,  $h^{-1}$ ) ซึ่งเป็นไปตามสมการที่ 5

$$K'_G = K_G \cdot X \quad (5)$$

เมื่อค่า  $K_G$  คือค่าคงที่จลศาสตร์การผลิตก๊าซมีเทนเฉพาะ (specific methane production kinetic constant, L/g VSS h) และค่า X คือความเข้มข้นของเชื้อ (g VSS/L)

ค่า  $K'_G$  และค่า  $G_m$  ของแต่ละอัตราส่วน สามารถคำนวณได้จากวิธีการทางตัวเลขจากผลการทดลอง โดยใช้โปรแกรม Sigma-plot (v.11.0) ซึ่งได้แสดงไว้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่า  $G$ ,  $G_m$ ,  $K'_G$ ,  $X$  และ  $K_G$  ที่อัตราส่วน COD:N ต่างๆ

COD:N	$G$ (ml CH <sub>4</sub> )	$G_m$ (ml CH <sub>4</sub> )	$K'_G$ (h <sup>-1</sup> )	$R^2$	$X$ (g VSS/L)	$K_G$ (L g <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> )
300:8	1,482.72	1588.04±68.89	0.0121±0.0014	0.9620	2.69	0.0045
300:5	1,544.08	1702.57±95.64	0.0115±0.0019	0.9598	2.71	0.0042
300:3	1,502.76	1770.17±133.46	0.0072±0.0012	0.9586	2.72	0.0026

จากตารางที่ 5 แสดงค่า  $G_m$ ,  $K'_G$  และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของทั้งสองค่า ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานมีน้อยกว่า 7.5% และ 16% ตามลำดับ ในทุกๆอัตราส่วน แสดงให้เห็นว่าโมเดลนี้มีความสอดคล้องกับผลการทดลอง และพบว่าค่า  $K_G$  ที่อัตราส่วน 300:8 และ 300:5 มีค่าใกล้เคียงกันหรือแทบไม่แตกต่างกันเลย แสดงว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนจาก 300:5 ไปเป็น 300:8 ไม่ส่งผลให้ค่า  $K_G$  เพิ่มขึ้นแต่อย่างใด แต่เมื่อลดอัตราส่วนจาก 300:5 เหลือ 300:3 พบว่าค่า  $K_G$  ลดลงประมาณ 40.23% ซึ่งสามารถกล่าวได้ว่าที่อัตราส่วน 300:3 เป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสมสำหรับกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน เนื่องจากที่อัตราส่วนนี้มีสารอาหารไม่เพียงพอต่อการทำงานของเชื้อจุลินทรีย์

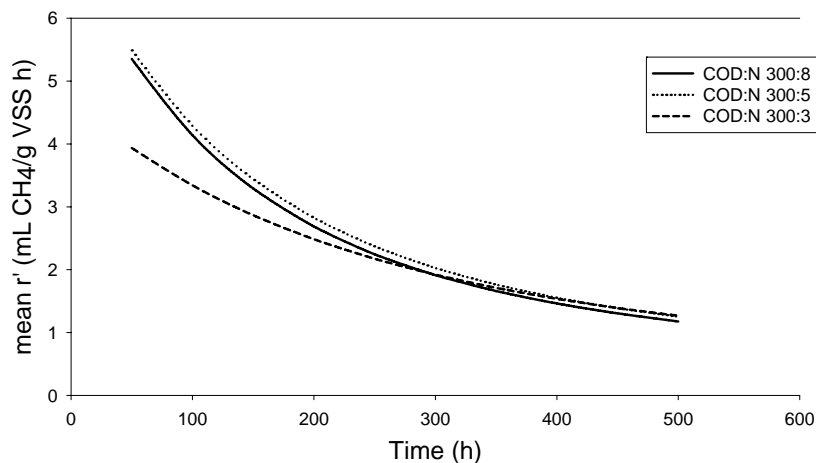
ค่าอัตราการผลิตก๊าซมีเทน (specific methane product rate, mL CH<sub>4</sub>/g VSS h) หรือค่า  $r'$  จะขึ้นอยู่กับสมการที่ 4 คือปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นต่อกรัมของสารอินทรีย์แขวนลอยระเหยง่าย และต่อชั่วโมง แสดงดังสมการที่ 6

$$r' = \frac{1}{X} \cdot \frac{dCH_4}{dt} = \frac{G_m \cdot K_G \cdot X \cdot \exp(-K_G \cdot X \cdot t)}{X \cdot t} \quad (6)$$

จากสมการ 6 ค่าเฉลี่ยอัตราการผลิตก๊าซมีเทน (mean specific methane product rate, mL CH<sub>4</sub>/g VSS g COD h) หรือ  $r''$  คำนวณได้ดังสมการที่ 7

$$r'' = \frac{\int_0^t r' dt}{\int_0^t dt} = \frac{G_m}{t \cdot X} \cdot [1 - \exp(-K_G \cdot X \cdot t)] \quad (7)$$

ขั้นต่อไปจะนำมาเปรียบเทียบกันในแต่ละอัตราส่วน ซึ่งได้แสดงดังภาพที่ 3

ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยอัตราการผลิตก๊าซมีเทน ( $r''$ ) กับเวลาที่ COD:N ต่างๆ

จากภาพที่ 3 พบว่าค่า  $r$  ของอัตราส่วน COD:N 300:8 และ 300:5 มีค่าใกล้เคียงกันแสดงว่าปริมาณไนโตรเจนที่ต่างกันไม่ส่งผลต่อค่า  $r$  ในขณะที่เมื่อลดอัตราส่วนไปที่อัตราส่วน 300:3 จะทำให้ค่า  $r$  มีค่าลดลงแสดงว่าที่อัตราส่วน COD:N ที่ 300:3 ไม่เหมาะสมต่อกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกาศ

## 6. สรุปผลการทดลอง

กลีเซอรอลจากกระบวนการผลิตไบโอดีเซลมีศักยภาพในการนำมาใช้ผลิตก๊าซชีวภาพโดยอาศัยกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพแบบไม่ใช้ออกาศ โดยมีค่าประสิทธิภาพของการผลิตก๊าซมีเทนประมาณร้อยละ 60-70 การลดอัตราส่วน COD:N เป็น 300:3 จะส่งผลให้ค่าคงที่จลศาสตร์การผลิตก๊าซมีเทนเฉพาะ (specific methane production kinetic constant) ลดลงประมาณ 40.23% และทำให้ค่าเฉลี่ยอัตราการผลิตก๊าซมีเทน (mean specific methane product rate) มีค่าต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับอัตราส่วนอื่นๆ ดังนั้นอัตราส่วน COD:N ที่เหมาะสมต่อกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกาศ คืออัตราส่วน 300:5

## 7. รายการอ้างอิง

- A.P. Annachatre. 1996. "Anaerobic treatment of industrial wastewaters." **Conservation and Recycling**. 16, 161-166.
- A. Wheatley. 1990. **Anaerobic digestion: A waste treatment technology**. London: Elsevier science publishers Ltd.
- Balaguer, M.D., Vicent, M.T., Paris, J.M. 1992. "Anaerobic fluidized bed reactor with sepiolite as support for anaerobic treatment of vinasses." **Biotechnol. Lett.** 14, 433-438.
- Borja, R., Martin, A., Alonso, V., Garcia, C.J., Banks, C.J. 1995. "Influence of different pretreatments on the kinetics of anaerobic digestion of olive mill wastewater." **Water Res.** 29, 489-495.
- Buswell, E.T., Neave, S.L. 1930. "Laboratory studies of sludge digestion." **Illinois Division of State Water Survey**. 30.
- J.A.S. Lopez, M.A.M Santos, A.F.C. Perez and A.M. Martin. 2009. "Anaerobic digestion of glycerol derived from biodiesel manufacturing." **Bioresource Technology**. 100, 5609-5615.
- M.S. Fountoulakis and T. Manios. 2009. "Enhanced methane and hydrogen production from municipal solid waste and agro-industrial by-products co-digested with crude glycerol." **Bioresource Technology**. 100, 3043-3047.
- N. Pachauri and B. He. 2006. "Value-added Utilization of Crude Glycerol from Biodiesel Production: A Survey of Current Research Activities." Written for presentation at the 2006 ASABE Annual International Meeting.
- R.E. Speece, D.L. McCarty. 1964. "Nutrient requirement and biological solids accumulation in anaerobic digestion." **Adv. Int. Water Poll. Res**, 2, 305-322.
- S.M. Stronach, T. Rudd and J.N. Lester. 1986. "Anaerobic digestion processes in industrial wastewater treatment." In: *Biotechnology Mono graph*, Heidelberg.

## การศึกษาและพัฒนาระบบการเรียนการสอนแบบการเรียนรู้ร่วมกัน

### ผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์

## A STUDY AND DEVELOPMENT OF A CASE-BASED E-COLLABORATIVE LEARNING SYSTEM

เตชินี ภิรมย์<sup>1</sup> และสุรศักดิ์ มั่งสิงห์<sup>2</sup>

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail : <sup>1</sup> tipfie@hotmail.com <sup>2</sup> surasak.mu@spu.ac.th

### บทคัดย่อ

การวิจัยระบบการเรียนการสอนด้วยระบบการเรียนการสอนแบบการเรียนรู้ร่วมกันผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Case-based e-Collaborative Learning) เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์สามประการคือ ประการแรกเพื่อศึกษาระบบการเรียนการสอนแบบการเรียนรู้ร่วมกันผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ประการที่สองเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยระบบการเรียนการสอนแบบการเรียนรู้ร่วมกันผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ กับการเรียนโดยวิธีปกติในชั้นเรียน และประการสุดท้ายเพื่อศึกษาความคิดเห็นของผู้เรียนต่อระบบการเรียนการสอนแบบการเรียนรู้ร่วมกันผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ การวิจัยดำเนินการเป็น 6 ขั้นตอน ได้แก่ (1) การวิเคราะห์ความสามารถของซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้อง (2) การวิเคราะห์และออกแบบระบบการเรียนการสอน (3) การวางแผนการสอน (4) การเตรียมการสอน (5) การดำเนินการด้านการเรียนการสอน และ (6) การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการสำรวจความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อระบบ ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนจากระบบการเรียนการสอนแบบการเรียนรู้ร่วมกันผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าผู้เรียนที่เรียนโดยวิธีปกติในชั้นเรียน และผลการสำรวจความคิดเห็นของผู้เรียนชี้ให้เห็นว่าระบบที่พัฒนามาใช้ในการเรียนการสอนนี้ มีความเหมาะสมมากต่อระบบการเรียนการสอนแบบการเรียนรู้ร่วมกันผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์

**คำสำคัญ :** ระบบการเรียนการสอน Case-based e-Collaborative Learning การเรียนรู้ร่วมกันผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์

### ABSTRACT

This research is an experimental research. The objectives are three folds. The first objective is to study and implement a collaborative learning system using case-based learning methodology, called "Case-based e-Collaborative Learning". The second objective is to compare learning achievement in comparison with the normal in-class case-based learning. The third objective is to evaluate the suitability of the developed system. The research conducted in six steps:- (1) analysis of related software, (2) design of the learning system,

(3) creating a lesson plan, (4) preparation of learning facilities, (5) execution of learning process, and (6) evaluation of learning achievement and suitability of the system. The results from experiments showed that learning achievement from the case-based e-Collaborative learning system is significantly higher than from normal in-class case-based learning. The survey result also indicated that the developed system was very suitable for a case-based collaborative learning via computer networks.

**KEYWORDS:** Case-based learning, E-Collaborative learning, E-Learning, Collaborative learning

## 1. บทนำ

ในยุคเทคโนโลยีขั้นสูง การติดต่อสื่อสารนับว่ามีความสำคัญมาก โดยเฉพาะการติดต่อสื่อสารผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ถือได้ว่าเป็นการสื่อสารที่มีระบบโครงสร้างที่ใหญ่ที่สุด ซึ่งเป็นการรวมเอาเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีระบบการสื่อสารเข้าด้วยกัน โดยที่เนื้อหาสาระของการสื่อสารต่างๆ นั้นจะถูกถ่ายทอดผ่านทางคอมพิวเตอร์ ไม่ว่าจะเป็นตัวอักษร รูปภาพ เสียง หรือระบบมัลติมีเดีย ทำให้สามารถตอบสนองการสื่อสารในด้านธุรกิจ ข่าวสาร แหล่งความรู้ต่างๆ รวมไปถึงด้านการเรียนการสอน จะเห็นได้ว่าปัจจุบันการติดต่อสื่อสารผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เป็นระบบการติดต่อสื่อสารที่นิยมใช้กันมากทั้งในวงการธุรกิจและสื่อมวลชนทั่วไป ทั้งนี้เพราะสามารถ รับ-ส่ง ข้อมูลข่าวสารต่างๆ ได้อย่างรวดเร็วทันต่อเหตุการณ์ แต่ระบบการติดต่อสื่อสารผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตนี้ ไม่ได้จำกัดอยู่ในวงการธุรกิจและสื่อมวลชนอย่างเดียวยังสามารถนำมาใช้ในวงการศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาทางไกล ซึ่งเป็นระบบการศึกษาที่มีผู้เรียนและผู้สอนอยู่ห่างไกลกัน ในสถานที่ต่างกัน ซึ่งจำเป็นต้องใช้สื่อทั้งในด้านวัสดุและอุปกรณ์ เพื่อถ่ายทอดความรู้ ทั้งในรูปแบบสื่อสิ่งพิมพ์อิเล็กทรอนิกส์ และสื่อที่เป็นรูปภาพหรือเป็นมัลติมีเดีย จะเห็นได้ว่าอุปกรณ์โทรคมนาคมที่นำมาใช้กันอยู่ในขณะนี้มีความสามารถที่จะทำให้การเรียนการสอนดำเนินไปได้ในรูปแบบของการสื่อสารสองทาง โดยที่ผู้สอนและผู้เรียนสามารถปฏิสัมพันธ์โต้ตอบกันได้ทันที นับว่าเป็นการช่วยแก้ปัญหาในเรื่องของการตอบสนองและข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียนได้เป็นอย่างดี นั่นคือ “แนวทางของการศึกษาทางไกลที่นำอุปกรณ์การติดต่อสื่อสารมาช่วยในการแพร่กระจายการศึกษาไปยังผู้เรียนที่ต้องการจะเรียนได้อย่างทั่วถึงทุกท้องถิ่นและทุกระดับการศึกษา” (กิดานันท์ มลิทอง, 2543)

การเรียนการสอนบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ก็จัดได้ว่าเป็นการเรียนการสอนทางไกลเช่นเดียวกันไม่ว่าจะเป็น การเรียนการสอนผ่านเว็บ (Web-Based Instruction) ซึ่งเป็นการจัดสภาพแวดล้อมการเรียนการสอนที่ประยุกต์ใช้คุณลักษณะของอินเทอร์เน็ต โดยนำทรัพยากรที่มีอยู่ในเว็ลด์ไวด์เว็บ (World Wide Web) มาเป็นสื่อกลางเพื่อส่งเสริมสนับสนุนให้เกิดการเรียนรู้ (Khan, 1997; Karen, 1996) ในรูปแบบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นแหล่งข้อมูลอ้างอิง เอกสารประกอบการเรียน บทเรียนสำเร็จรูป หรือแม้กระทั่งหลักสูตรวิชา เนื่องจากเว็ลด์ไวด์เว็บเป็นบริการบนอินเทอร์เน็ตที่มีแหล่งข้อมูลอยู่มากมาย และหลายรูปแบบ ทั้งตัวอักษร ภาพนิ่ง ภาพเคลื่อนไหว หรือเสียง โดยอาศัยคุณลักษณะของการเชื่อมโยงหลายมิติ (Hyperlink) ทั้งในรูปแบบของข้อความหลายมิติ (Hypertext) หรือสื่อหลายมิติ (Hypermedia) เพื่อเชื่อมโยงแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องไว้ด้วยกัน



การเรียนการสอนผ่านเว็บจึงจัดเป็นรูปแบบการนำอินเทอร์เน็ตมาใช้ในการจัดการศึกษารูปแบบหนึ่งที่มีประโยชน์มาก เพราะเป็นการนำประโยชน์ของเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการค้นคว้าข้อมูลในการเรียนรู้ด้วยตนเอง เป็นการสนองตอบแนวคิดในการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ นั่นคือมีใช้การสอนที่เป็น การถ่ายทอดความรู้จากผู้สอนแต่เพียงฝ่ายเดียว แต่เป็นการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยวิธีการที่หลากหลาย และเกิดขึ้น ได้ทุกเวลา ทุกสถานที่ โดยใช้เทคโนโลยีและสื่อสารสนเทศต่างๆ ให้เป็นประโยชน์ ซึ่งสื่อต่างๆ เหล่านี้ สามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้และแก้ปัญหาได้อย่างอิสระ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2540)

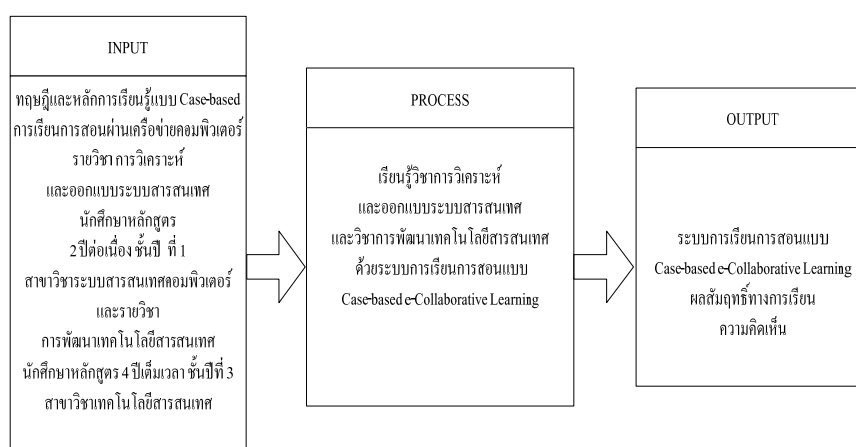
การเรียนรู้โดยใช้กรณีศึกษาเป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนรูปแบบหนึ่งที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ ร่วมกับการเรียนรู้บนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ได้เช่นเดียวกัน ซึ่ง กรณีศึกษา (Case Study) คือ “เรื่องราวที่มีข้อความ บรรยาย” หรือ “เรื่องราวที่ใช้สำหรับศึกษา” (Herried,1997) ทั้งนี้ลักษณะของกรณีศึกษาจะมีเนื้อหาที่เป็นปัญหา ทำทนายให้ผู้เรียน ได้คิดแก้ปัญหาก่อนที่จะได้ลงมือปฏิบัติ (Sykes and Bird, 1992) ซึ่งการนำกรณีศึกษาเข้ามาใช้ จัดเป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่เรียกว่า Problem-based Learning (PBL) เป็นการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน หรือเป็น วิธีการเรียนรู้ที่เป็นผลมาจากการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้ที่ผู้เรียนทำการสืบค้นเอง (Barrows and Tamblyn,1980)

กรณีศึกษา สามารถใช้ได้ทั้งด้านการสอนและการประเมิน (Dori, 2003 และ Dori and Herscovitz, 1999) ซึ่งการใช้กรณีศึกษาช่วยให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง ลักษณะของกรณีศึกษาแบ่งออกเป็นกรณีศึกษา ปลายปิด (close-ended case study) คือกรณีศึกษามีแนวทางการแก้ปัญหาไว้เรียบร้อยแล้ว และกรณีศึกษา ปลายเปิด (open-ended case study) เป็นกรณีศึกษาที่ยังไม่ระบุแนวทางการแก้ปัญหาและรอการแก้ปัญหาจาก ผู้เรียน

แต่เนื่องจากการเรียนรู้แบบกรณีศึกษาเป็นการเรียนรู้ ณ สถานที่เดียวกัน ต้องมีความพร้อมด้านเวลา และระยะทางสำหรับการเรียนรู้ รวมถึงการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนด้วยกัน มีการแสดงความคิดเห็นระหว่าง ผู้เรียน ซึ่งการเรียนรู้แบบมีปฏิสัมพันธ์ดังกล่าว ส่งผลให้นักศึกษาบางคน ไม่กล้าแสดงความคิดเห็น เกิดความเขินอาย ดังนั้นการเรียนรู้โดยใช้กรณีศึกษาเป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่เหมาะสมสำหรับนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการเรียน บนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ซึ่งในรูปแบบที่ได้รับความนิยมและขยายตัวอย่างกว้างขวางในยุคปัจจุบัน การเรียนรู้ ร่วมกัน (Collaborative Learning) นับเป็นวิธีการหนึ่งที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีการเรียนบน เครือข่ายคอมพิวเตอร์ ซึ่งการเรียนรู้ร่วมกัน การเรียนการสอนในลักษณะที่ผู้เรียนทำงาน ช่วยเหลือแลกเปลี่ยน ข้อมูลระหว่างเพื่อนในชั้น และมีส่วนร่วมระหว่างการทำกิจกรรมในชั้นเรียนผ่านสื่ออิเล็กทรอนิกส์ เป็นการ เรียนรู้ร่วมกันผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีลักษณะเด่นตรงที่สามารถโต้ตอบได้ระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน อันเป็นการเอื้ออำนวยให้การติดต่อสื่อสารที่สะดวก รวดเร็ว ไม่จำกัดสถานที่ในการเรียน การสอน ซึ่งผู้เรียน ไม่จำเป็นต้องเดินทางมาเรียนหรือสอนในสถานที่เดียวกัน คุณสมบัติดังกล่าวสามารถตอบสนองความต้องการ ให้กับผู้ที่ขาดความพร้อมในด้านเวลา และระยะทางในการเรียนได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ ในบางเนื้อหาหรือบาง เรื่องที่ต้องการข้อมูลเพิ่มเติมก็สามารถใช้ ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ หรือกระดานข่าวสอบถามจากแหล่งความรู้ ผู้เชี่ยวชาญต่างๆ ได้ โดยการใช้ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ กระดานข่าว กลุ่มข่าว สามารถช่วยผู้เรียนที่ขาดความ มั่นใจและกลัวที่จะตอบคำถาม กลัวที่จะแสดงความคิดเห็นมากยิ่งขึ้น

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจทำการวิจัยเกี่ยวกับระบบการเรียนการสอนโดยใช้กรณีศึกษา ในรูปแบบการเรียนรู้ร่วมกันผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ที่สามารถสร้างปฏิสัมพันธ์และเรียนรู้ร่วมกันได้ระหว่างผู้สอนและผู้เรียน ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่า ระบบการเรียนการสอนแบบการเรียนรู้ร่วมกันผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ อันเป็นการนำศักยภาพทางเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาใช้ให้เกิดคุณประโยชน์ต่อการจัดการศึกษา และการเรียนการสอน เพื่อคุณภาพการเรียนรู้ของผู้เรียน

## 2. กรอบแนวคิดและทฤษฎี



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

จากภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย สำหรับข้อมูลและกลุ่มตัวอย่างที่นำมาใช้ในการจัดทำวิจัยประกอบด้วย ทฤษฎีและหลักการเรียนรู้แบบ Case-based การเรียนการสอนผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ รายวิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบสารสนเทศ นักศึกษาหลักสูตร 2 ปีต่อเนื่อง ชั้นปี ที่ 1 สาขาวิชาระบบสารสนเทศคอมพิวเตอร์ และรายวิชาการพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศ นักศึกษาหลักสูตร 4 ปีเต็มเวลา ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ โดยนำข้อมูลและกลุ่มตัวอย่างสำหรับการจัดทำวิจัย ดำเนินการทดลองเรียนรู้วิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบสารสนเทศ สาขาวิชาระบบสารสนเทศคอมพิวเตอร์และวิชาการพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ด้วยระบบการเรียนการสอนแบบ Case-based e-Collaborative Learning ซึ่งผลจากการทดลองจะได้ระบบการเรียนการสอนแบบ Case-based e-Collaborative Learning ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดเห็นของผู้เรียนที่เรียนจากการเรียนด้วยระบบ Case-based e-Collaborative Learning

## 3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

3.1 เพื่อศึกษาและพัฒนาระบบการเรียนการสอนแบบ Case-based learning ในรูปแบบ e-Collaborative Learning

3.2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียน โดยวิธีปกติและผู้เรียนจากการเรียนด้วยระบบ Case-based e-Collaborative Learning

### 3.3 เพื่อศึกษาความคิดเห็นของผู้เรียนจากการเรียนด้วยระบบ Case-based e-Collaborative Learning

## 4. วิธีดำเนินการวิจัย

**4.1 ประชากร** ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาหลักสูตร 2 ปีต่อเนื่อง ชั้นปี ที่ 1 สาขาวิชาระบบสารสนเทศคอมพิวเตอร์ และนักศึกษาหลักสูตร 4 ปีเต็มเวลา สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2552 วิทยาลัยเทคโนโลยีภาคใต้ จังหวัดนครศรีธรรมราช รวมทั้งสิ้นจำนวน 28 คน

**4.2 กลุ่มตัวอย่าง** นักศึกษาหลักสูตร 2 ปีต่อเนื่อง ชั้นปี ที่ 1 สาขาวิชาระบบสารสนเทศคอมพิวเตอร์ และนักศึกษาหลักสูตร 4 ปีเต็มเวลา ชั้นปีที่ 3 สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา การวิเคราะห์และออกแบบระบบสารสนเทศ รหัสวิชา CIS305 และรายวิชาการพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ รหัสวิชา ICT385 ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2552 สุ่มจากประชากรทั้ง 28 คน โดยวิธีการสุ่มแบบง่าย จนได้กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง จำนวนทั้งสิ้น 18 คนหลังจากนั้นทำการจัดกลุ่มผู้เรียนออกเป็น 2 กลุ่มๆ ละ 9 คน และจับสลากเพื่อจัดเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม และดำเนินการกับกลุ่มตัวอย่างดังนี้

4.2.1 เตรียมความพร้อมในกลุ่มทดลอง โดยการฝึกความสามารถพื้นฐานในการใช้โปรแกรม Camfrog จำนวน 1 คาบ เวลา 50 นาที

4.2.2 ดำเนินการทดลองโดยกลุ่มทดลองเรียนผ่านระบบ Case-based e-Collaborative Learning ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สอน และกลุ่มควบคุมเรียนด้วยการสอนโดยวิธีปกติดำเนินการสอนด้วยผู้วิจัย

4.2.3 วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากทำการทดลองเสร็จทั้งสองกลุ่ม

### 4.3 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

4.3.1 เนื้อหารายวิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบสารสนเทศ และรายวิชาการพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ

4.3.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบสารสนเทศ และรายวิชาการพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ

4.3.3 ห้องเรียนระบบการเรียนการสอนแบบ Case-based e-Collaborative Learning แบบสองทางผ่าน โปรแกรม Camfrog

4.3.4 แบบสอบถามความคิดเห็นจากผู้เรียนที่เรียนด้วยระบบการเรียนการสอนแบบ Case-based e-Collaborative Learning รายวิชาการวิเคราะห์และออกแบบระบบสารสนเทศ และรายวิชาการพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ

## 5. สรุปผลการวิจัย

**5.1 การเรียนการสอนด้วยระบบ Case-based e-Collaborative Learning ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน คือ**

**5.1.1 วิเคราะห์ความสามารถของซอฟต์แวร์เป็นหลัก** โดยสื่อหลักในที่นี้คือ ระบบเครือข่าย อินเทอร์เน็ตและ โปรแกรม Camfrog นำมาประยุกต์ใช้กับระบบการเรียนการสอนแบบ Case-based

e-Collaborative Learning เนื่องจากสื่อที่ใช้กับระบบการเรียนการสอนต้องนำมาพิจารณา ความสามารถของสื่อสามารถใช้สอนในลักษณะใดได้บ้าง การปฏิสัมพันธ์ การใช้สื่อประกอบ รูปภาพ ข้อความ สี เสียง หรืออยู่ในรูปแบบมัลติมีเดีย สื่อประกอบต่าง ๆ เหมาะสมกับกลุ่มผู้เรียนและจุดมุ่งหมายของการสอนหรือไม่ เพื่อให้การสอนบรรลุวัตถุประสงค์ของการสอนและสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายทางการศึกษามากที่สุด

**5.1.2 การวิเคราะห์และออกแบบระบบการเรียนการสอน** วิเคราะห์ความจำเป็นหรือความต้องการทางการเรียน ศึกษาความจำเป็นต่อการเรียนของผู้เรียนผู้สอน ผู้เรียนและผู้สอนอยู่ห่างไกลกันแต่มีความต้องการหรือขาดสื่อที่ใช้ในการสื่อสารการเรียนรู้ และสื่อที่ใช้ในการส่งสารหรือข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้ ทั้งด้านวัสดุ อุปกรณ์ โปรแกรมการจัดการเรียนการสอน ที่ใช้ถ่ายทอดความรู้ในรูปแบบของสื่อที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์ ทั้งในรูปแบบของข้อความ ตัวอักษร รูปภาพ การจัดให้เป็นรูปแบบมัลติมีเดียต่าง ๆ ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ออกมา สถานการณ์และข้อจำกัดของสื่อ นั้น ๆ วิเคราะห์การกำหนดเนื้อหา เป็นการนำคำอธิบายรายวิชามาจำแนกออกมาเป็นหน่วยเรียนที่เป็นการจัดลำดับโครงสร้าง ซึ่งจะนำไปสู่ความรู้ ความสัมพันธ์ของข้อเท็จจริงต่างๆ ทำให้เกิดการพัฒนาคิดด้านความคิด สติปัญญาและความเข้าใจบนพื้นฐานความถูกต้องของเนื้อหา วิเคราะห์สภาพการณ์ในการออกแบบระบบการเรียนการสอนครั้งนี้ กำเนึงถึงข้อจำกัดและตัวแปรต่างๆ ที่จะส่งผลต่อโปรแกรมที่จะปรับปรุงและออกแบบใหม่ด้วย ซึ่งตัวแปรและข้อจำกัด ที่นำมาพิจารณา ได้แก่ หลักสูตรและลักษณะของเนื้อหา วัสดุอุปกรณ์ บุคลากร งบประมาณ สภาพแวดล้อมทางกายภาพ ถ้าได้มีการพิจารณาอย่างรอบคอบแล้วทำให้ลดอุปสรรคในการออกแบบระบบการเรียนการสอนได้เป็นอย่างดี ในการออกแบบครั้งนี้มีการพิจารณาข้อมูลในเรื่องต่อไปนี้

- ก) ความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหาในหลักสูตร
- ข) เนื้อหาในหลักสูตรสนับสนุน โปรแกรมการสอนเพียงใด มีความสัมพันธ์กับหลักสูตรในโปรแกรมอื่นที่ผู้เรียนต้องศึกษาหรือไม่
- ค) เนื้อหาในหลักสูตรมีคุณค่าและมีผลต่ออนาคตของผู้เรียนมากน้อยเพียงใด มีความจำเป็นหรือไม่ มีความทันสมัยหรือล้าหลัง
- ง) การใช้วัสดุอุปกรณ์การเรียนการสอนควรจัดให้สอดคล้องกับผู้เรียน ผู้สอน สภาพและสถานะทางการจัดการของสถาบันในลักษณะที่สามารถบูรณาการได้
- จ) การวางแผนอย่างเป็นระบบของเนื้อหา ที่มีความยืดหยุ่นและสามารถแก้ไขได้ต่อเนื่องตามสภาพความเปลี่ยนแปลงในปัจจุบัน
- ฉ) คุณลักษณะของบุคลากรทางการศึกษาเป็นสิ่งที่ควรทราบทั้งคุณลักษณะ ทักษะ เจตคติ เพื่อเป็นประโยชน์ในการพิจารณาออกแบบระบบการเรียนการสอน
- ช) การประเมินวัสดุอุปกรณ์ เพื่อตรวจสอบว่าสอดคล้องกับความมุ่งหมายของระบบการเรียนการสอนมากน้อยเพียงใด และมีความสามารถนำไปใช้จัดระบบการเรียนการสอนได้อย่างไรบ้าง

วิเคราะห์ผู้เรียน โดยการศึกษาพฤติกรรมเบื้องต้นของผู้เรียน ที่นำมาวิเคราะห์ในการออกแบบระบบการเรียนการสอนในครั้งนี้ประกอบไปด้วย

ก) พื้นฐานความรู้เดิมทางวิชาการ ที่เป็นความรู้หรือประสบการณ์ในเรื่องหรือวิชาที่จะทำการเรียนการสอน

ข) บุคลิกและเจตคติทางการเรียน ความรู้ที่มีต่อการเรียนที่เรียนด้วยระบบการเรียนการสอนแบบ Case-based e-Collaborative Learning ที่จัดขึ้น การจัดกิจกรรมต่าง ๆ เป็นต้น

ค) ทักษะการสื่อสาร ทั้งด้านการพูด การฟัง การอ่านและการเขียน

ง) วิธีการเรียนรู้ ที่พิจารณาได้แก่ เรียนได้ดีในกรอบที่กำหนด หรือเรียนแบบอิสระต้องการเรียนเวลาใด จะเรียนได้ดีในสภาพการณ์อย่างไร เป็นต้น

วิเคราะห์วิธีการสอน เป็นการสอนกลุ่มใหญ่ กลุ่มย่อย หรือรายบุคคล ยึดครูเป็นศูนย์กลางหรือยึดนักเรียนเป็นศูนย์กลาง การกำหนดกิจกรรมต่าง ๆ ที่ต้องการให้ผู้เรียนได้บรรลุถึงจุดมุ่งหมายที่กำหนด และนำเอาหลักการสอน วิธีการจูงใจ การฝึกหัด การจัดลำดับขั้นก่อนหลังการสอนตลอดจนการเลือกวิธีการเรียนการสอนแบบต่างๆ ที่เหมาะสมนำมาประยุกต์ใช้สอน ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมอย่างไรในแต่ละกระบวนการสอน จะต้องอาศัยความรู้พื้นฐานหรือพฤติกรรมเมื่อเริ่มเข้าเรียนอะไรบ้าง ระหว่างที่เรียนนั้นจะต้องเรียนรู้อะไรบ้าง และพฤติกรรมขั้นสุดท้ายคืออะไร

วิเคราะห์วิธีการสอนในการวิจัยครั้งนี้ ต้องมีการทดลองและปรับปรุงแก้ไข จนกระทั่งสรุปได้ว่าวิธีการสอนสามารถนำมาใช้สอนได้ดีที่สุด

วิเคราะห์การใช้สื่อการสอน การพิจารณาการใช้สื่อการสอน เพื่อให้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนนั้นบรรลุจุดมุ่งหมายอย่างมีประสิทธิภาพ ประสิทธิผลและประหยัด คำนึงถึงหลักต่อไปนี้

ก) ความเหมาะสมกับจุดมุ่งหมายการสอน

ข) การติดตั้ง หรือผลิตใช้ระยะเวลาานเท่าไร

ค) งบประมาณ

ง) สื่อที่เลือกเหมาะสมกับระบบการเรียนการสอนมากกว่าสื่ออื่น ๆ

จ) ผู้สอนเข้าใจวิธีการใช้หรือไม่

ฉ) มีคุณภาพด้านเทคนิคเพียงพอต่อการสื่อความหมาย

วิเคราะห์การสร้างแบบทดสอบ เป็นการวิเคราะห์สร้างแบบทดสอบเพื่อวัดผลการเรียนรู้ในหัวข้อเรื่องนั้นๆ แบบทดสอบนี้นอกจากจะช่วยให้ทราบถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแล้ว จะช่วยให้ทราบถึงประสิทธิภาพของระบบการเรียนการสอนด้วย โดยพิจารณาคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน ถ้าผลการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนมากแสดงว่าผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น และระบบการเรียนการสอนนั้นมีประสิทธิภาพด้วย

**5.1.3 การออกแบบแผนการสอน** ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่เสร็จจากการวิเคราะห์มาแล้ว

การวางแผนการสอน โดยการเขียนแผนการสอนในการวิจัยครั้งนี้ครอบคลุมประเด็นต่อไปนี้

5.1.3.1 ชื่อวิชา สัปดาห์ที่สอน วัน เดือน ปี และเวลาที่ใช้สอน

5.1.3.2 ชื่อเรื่อง หัวข้อ

5.1.3.3 กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้

5.1.3.4 กำหนดแนวคิดหรือความคิดรวบยอด

5.1.3.5 กำหนดวิธีการนำเข้าสู่บทเรียน

5.1.3.6 กำหนดเนื้อหาตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้

5.1.3.7 กำหนดกิจกรรมการเรียนการสอน

5.1.3.8 กำหนดสื่อการสอน

5.1.3.9 กำหนดการประเมินผล

**5.1.4 การเตรียมการสอน** เป็นขั้นตอนหลังจากเสร็จสิ้นจากการวางแผน ทั้งนี้เพื่อให้การสอนเป็นไปตามขั้นตอนของระบบการเรียนการสอนแบบ Case-based e-Collaborative Learning เกิดข้อบกพร่องน้อยที่สุด

เขียนแผนผังวิธีการสอน โดยประกอบไปด้วย ขั้นตอนเตรียมตัวผู้เรียนก่อนทำการสอน ชี้นำเข้าสู่บทเรียน ขั้นประสานสัมพันธ์ ขั้นศึกษาข้อมูลให้เนื้อหา ขั้นการนำข้อมูลมาทดลองใช้ ขั้นการประเมินผล

**5.1.5 การนำไปใช้ในการเรียนการสอน** ทดลองใช้เป็นรายบุคคล (One-to-One) หลังจากเขียนแผนการสอน เตรียมสื่อกิจกรรม และแบบประเมินเรียบร้อยแล้ว นำแผนการศึกษาดังกล่าวไปปรับใช้กับนักศึกษาตามหลักสูตรการสอนที่ได้กำหนดไว้ โดยทดลองใช้กับนักศึกษา 1 คน โดยเลือกผู้เรียนระดับอ่อน หมายถึงผู้เรียนดังกล่าวเรียนด้วยระบบและแผนการสอนที่ได้ออกแบบไว้ได้ทั้งหมด ก็หมายความว่าผู้เรียนส่วนใหญ่จะเรียนได้เช่นกัน หากตอนใดที่นักศึกษาไม่เข้าใจ ไม่แน่ใจ การตอบคำถาม ให้ความคิดเห็นผิดพลาด หรือมีปัญหาใด ๆ จากการเรียน ผู้ออกแบบต้องมีการบันทึก อภิปรายกับผู้เรียน เพื่อให้ทราบถึงสาเหตุที่เกิดขึ้น เพื่อทำการปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้อง

ทดลองใช้กับกลุ่มเล็ก (Small Group) นำแผนการสอนที่ผ่านการปรับปรุง จากการทดลองรายบุคคล มาทดลองใช้กับกลุ่มเล็ก 3-4 คน แต่ก่อนเริ่มเรียนต้องมีการทดสอบความสามารถก่อน (Pretest) เพื่อให้ทราบความสามารถของผู้เรียนในเรื่องนั้น ๆ โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในเรื่องนั้นที่ได้เตรียมไว้แล้ว และหลังจากเรียนจบบทเรียนนั้นแล้วก็นำแบบทดสอบชุดเดิมมาทำการทดสอบอีกครั้ง (Posttest) ผู้ออกแบบบันทึกผลการทดสอบของแต่ละข้อและของแต่ละคน ทั้งการสอบครั้งแรกและการสอบครั้งหลัง และบันทึกเวลาเรียนในแต่ละบทเรียนด้วยเพื่อให้ทราบเวลาเรียนโดยเฉลี่ย ในขณะที่ทำการสอนในบทเรียนนั้นๆ ให้นักศึกษาทำเครื่องหมายตอนที่เข้าใจยาก มีปัญหา และนำมาอภิปรายปัญหาหลังจากการเรียนจบ เพื่อหาจุดบกพร่องมาเป็นแนวทางในการแก้ไขในการเรียนครั้งต่อไป ประสิทธิภาพของระบบและวิธีการเรียนจะชี้ได้จากความแตกต่างของข้อสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

ทดลองใช้กับกลุ่มห้องเรียนจริง หรือภาคสนาม (Field Trial) นำบทเรียนที่ผ่านการปรับปรุง ไปใช้กับนักศึกษาในสภาพห้องเรียนจริง จุดมุ่งหมายในการทดสอบกับห้องเรียนจริงคือ เพื่อพิจารณาผลของการปรับปรุง ที่ได้ดำเนินการระหว่างการประเมิน Small Group ต้องการทราบความเที่ยงตรงของระบบการเรียนการสอนและวิธีการสอนที่ได้ออกแบบไว้ ในการทำหน้าที่ของระบบการเรียนการสอนและวิธีการสอนนั้น คือ ต้องการทราบว่าสามารถใช้ได้ดีกับผู้เรียนในสภาพจริงหรือไม่ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเกิดขึ้นหรือไม่ และเพื่อให้มั่นใจเกี่ยวกับปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในสถานการณ์จริง

**5.1.6 การประเมินผล** เป็นการประเมินผลทั้งกระบวนการสอน หลังจากการสอนจบสิ้นไปแล้ว มีวัตถุประสงค์เพื่อการรวบรวม วิเคราะห์ และหาข้อสรุปของข้อมูล โดยการนำผลการเรียนของผู้เรียนที่ได้จากการออกแบบระบบการเรียนการสอน ว่ามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมากน้อยเพียงใด พร้อมทั้งแสดงความคิดเห็น

ตามระดับความเหมาะสมที่ผู้เรียนให้ความคิดเห็นแต่ละระดับ เพื่อนำไปปรับปรุงระบบการเรียนการสอนทั้งระบบให้ดีขึ้นต่อไป

**5.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนจากการเรียนด้วยระบบ Case-based e-Collaborative Learning** สูงกว่าผู้เรียนที่เรียนโดยวิธีปกติ คือ ค่า  $t$  ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่า  $t$  ในตาราง นั่นคือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนแบบทดสอบของผู้เรียนจากการเรียนด้วยระบบ Case-based e-Collaborative Learning สูงกว่าผู้เรียนที่เรียนโดยวิธีปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**5.3 ผู้เรียนมีความเห็นว่าการเรียนด้วยระบบ Case-based e-Collaborative Learning มีความเหมาะสมมาก** จากการเรียนการสอนเรื่อง การวิเคราะห์และออกแบบระบบสารสนเทศ จากระบบการเรียนการสอนที่ได้ออกแบบขึ้น พบว่า ระดับความคิดเห็นอยู่ในเกณฑ์ระดับความเหมาะสมมาก โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 4.22

## 6. อภิปรายผล

6.1 ผลการออกแบบระบบการเรียนการสอนด้วยระบบ Case-based e-Collaborative Learning โดยผู้วิจัย ได้ออกแบบระบบการเรียนการสอนด้วยการวิเคราะห์ความสามารถของซอฟต์แวร์เป็นหลัก ก่อนที่จะดำเนินการในขั้นตอนอื่น ๆ เพื่อศึกษาถึงประสิทธิภาพของสื่อแล้วจึงวิเคราะห์ระบบการเรียนการสอน เพื่อเชื่อมโยงให้เกิดความสัมพันธ์ในระบบการเรียนการสอน เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ในระบบการเรียนการสอนแล้ว จึงมีการวางแผนการสอน เตรียมการสอน และสร้างห้องเรียนผ่านโปรแกรม Camfrog ซึ่งถือเป็นขั้นตอนก่อนเข้าสู่บทเรียนด้วยระบบ Case-based e-Collaborative Learning ในการสอนรายบุคคล กลุ่มเล็ก และกลุ่มใกล้เคียงกับห้องเรียนจริง การทดลองแต่ละครั้ง ก่อนที่จะนำไปใช้กับกลุ่มผู้เรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้ทำการประเมินจาก (1) การเรียนการสอนรายบุคคล (2) การเรียนการสอนแบบกลุ่มเล็ก เพื่อแก้ไขปัญหาจากการสอนรายบุคคล รวมถึงปัญหาที่เกิดขึ้นกับการสอนที่ผู้เรียนมีจำนวนมากขึ้น (3) การเรียนการสอนแบบกลุ่ม เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาที่เกิดจากการสอนกลุ่มเล็ก การเรียนการสอนครั้งนี้เป็นการทดลองที่ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริง จึงมีการศึกษาเพื่อให้มั่นใจในปัญหาที่เกิดขึ้นกับสถานการณ์จริง แล้วแก้ไข ปรับปรุง ขอบกพร่องให้ตรงจุดจากการทดลองใช้กับนักศึกษากลุ่มนั้นจะนำเอาความคิดเห็นจาก นักศึกษา เพื่อนครูผู้วิจัย และความคิดเห็นจากอาจารย์ที่ปรึกษา มาปรับปรุงจนได้ระบบการเรียนการสอนแบบ Case-based e-Collaborative Learning ดังนั้นส่วนที่เป็นหลักสำคัญของการออกแบบระบบการเรียนการสอนคือผู้สอนต้องมีความเชี่ยวชาญในเนื้อหาและความตั้งใจในการสอนด้วยระบบ Case-based e-Collaborative Learning พร้อมทั้งมีความสนใจและยอมรับเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่นำมาประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอนให้บรรลุวัตถุประสงค์

6.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนจากการเรียนด้วยระบบ Case-based e-Collaborative Learning สูงกว่าผู้เรียนที่เรียนโดยวิธีปกติ กล่าวคือ ค่าคะแนนจากแบบทดสอบของกลุ่มที่เรียนด้วยระบบ Case-based e-Collaborative Learning พบว่าผลการเรียนมีค่าเฉลี่ยความแตกต่างของคะแนนแบบทดสอบของกลุ่มผู้เรียนที่เรียนโดยวิธีปกติ จำนวน 9 คน เท่ากับ  $\bar{x} = 35.33$  และกลุ่มผู้เรียนด้วยระบบ Case-based e-Collaborative Learning จำนวน 9 คน เท่ากับ  $\bar{x} = 45.67$  และเมื่อคิดค่าเฉลี่ยของสูงขึ้น  $\bar{x} = 10.33$  จะเห็นว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยสูงขึ้น ซึ่งมีผลสืบเนื่องมาจากการออกแบบระบบการเรียนการสอนอย่างเป็นขั้นตอน ซึ่งใน

ขั้นตอนที่สอนผู้เรียนและผู้สอนสามารถมีปฏิสัมพันธ์กันได้ มีการใช้สื่อ เช่น ภาพเคลื่อนไหว ข้อความตัวอักษร รูปภาพ Whiteboard ควบคู่กัน ทั้งนี้การสอนจะเป็นไปตามการออกแบบแผนการสอนที่ได้พัฒนาขึ้นในแต่ละขั้นตอน จนได้วิธีการสอนที่ดีที่สุดพร้อมใช้สำหรับการเรียนการสอนกับกลุ่มทดลอง ซึ่งมีผลการทดลองใช้กับกลุ่มผู้เรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวน 9 คน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงกว่ากลุ่มผู้เรียนที่เรียนโดยวิธีปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความมีนัยสำคัญ .05

6.3 ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อการเรียนการสอนด้วยระบบ Case-based e-Collaborative Learning ผลปรากฏว่าความคิดเห็นของผู้เรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับที่เหมาะสมมาก โดยมีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.22 ซึ่งประกอบไปด้วยรายละเอียดความคิดเห็นที่อยู่ในระดับความเหมาะสมมาก 3 ด้านคือ ด้านรูปแบบการจัดการเรียนการสอน ด้านเทคนิควิธีการเรียนการสอนแบบ e-Collaborative Case-based Learning และด้านความเหมาะสมของการนำระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนแบบ e-Collaborative Case-based Learning ความคิดเห็นที่อยู่ในระดับความเหมาะสมมากนั้น สืบเนื่องมาจากการปรับระบบการเรียนการสอน ในขณะที่ทำการสอนผู้สอนจะมีการกระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนอย่างเต็มความสามารถ

## 7. ข้อเสนอแนะ

### 7.1 ข้อเสนอแนะทั่วไป

7.1.1 การนำระบบการเรียนการสอนด้วยระบบ Case-based e-Collaborative Learning มาเป็นสื่อ จะทำให้การออกแบบระบบการเรียนการสอนมีบทบาทมากขึ้น เนื่องจากผู้วิจัยพบว่าการเรียนการสอนด้วยระบบ Case-based e-Collaborative Learning มาเป็นสื่อแต่ไม่มีการออกแบบมาก่อนจะทำให้เกิดปัญหาการเรียนการสอนเป็นอย่างมากและไม่ประสบความสำเร็จก็อาจเป็นไปได้

7.1.2 การสอนแบบนี้เป็นการสอนทางไกล และใช้ระบบเทคโนโลยีที่มีอยู่แล้วมาพัฒนาใช้กับการเรียนการสอน ซึ่งเป็นวิธีการประหยัด สะดวก และต่อไปในอนาคตด้วยประสิทธิภาพที่สูงขึ้นและราคาก็ลดต่ำลงอย่างต่อเนื่องและรองรับระบบ Case-based e-Collaborative Learning

7.1.3 ควรจัดให้มีการอบรมหรือการเรียนการสอนด้วยระบบ Case-based e-Collaborative Learning ในสถาบันการศึกษาให้มากยิ่งขึ้นเพื่อพัฒนาทางการเรียนรู้ของผู้เรียนและความสามารถของผู้สอนให้ดียิ่งขึ้น

7.1.4 Software ระบบที่ใช้กับการเรียนการสอนที่เป็นเทคโนโลยีที่มีอยู่แล้ว เช่น MSN Messenger, Window Messenger เป็นต้น ถ้าพัฒนา Software ขึ้นใช้กับการเรียนการสอนที่มีเมนูหรือเครื่องมือการใช้งานไม่ยุ่งยากและสามารถนำไปใช้กับการเรียนการสอนได้ดี ดังนั้นการพัฒนา Software ขึ้นมาใช้เองควรมีเครื่องมือใช้งานในการเรียนการสอนคือ Video Conference, Whiteboard, Send File, Audio Conversation, E-Mail หรือเครื่องมืออื่น ๆ เท่าที่จำเป็นกับการเรียนการสอน เพราะผู้เรียนและผู้สอนใช้งานได้ง่าย สะดวก ไม่ยุ่งยาก และตรงจุดประสงค์การเรียนการสอน

### 7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป



7.2.1 ควรมีการวิจัยกับนักศึกษาที่มีความสามารถแตกต่างกัน เช่น ผู้เรียนกลุ่มเก่ง ผู้เรียนกลุ่มปานกลาง และผู้เรียนกลุ่มอ่อน ทั้งนี้เพื่อทราบถึงความเหมาะสมกับการใช้งานกับกลุ่มต่างๆ

7.2.2 ควรวิจัยเพิ่มเติมในเรื่องของความพึงพอใจ ทักษะคิดและความคิดเห็นอื่น ๆ ของผู้เรียนที่เรียนด้วยระบบ Case-based e-Collaborative Learning ในหลายๆ สถาบันการศึกษา เพื่อศึกษาความต้องการของผู้เรียนในแต่ละสถาบัน

7.2.3 ควรมีการวิจัยในเรื่องแนวโน้มการสอนกับการใช้เทคโนโลยี

7.2.4 ควรนำระบบการเรียนการสอนที่ได้ออกแบบขึ้นในครั้งนี้ไปศึกษาต่อในหลายๆ วิชา เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากการใช้ระบบการเรียนการสอนที่ได้ออกแบบขึ้นในการวิจัยในครั้งนี้

## 8. รายการอ้างอิง

- กิดานันท์ มลิทอง. 2543. **เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม**. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชา โสตทัศนศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. 2540. **แผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ.2540 –2544)**. กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.
- Barrows, H. S., & Tamblyn, R. M. 1980. **Problem-based learning : an approach to medical education**. New York: Springer Pub. Co.
- Cerulo, Karen A. 1996. **Technological Communities: Opportunities and Constraints**. Organizer/Presenter/Presider: Special Session at the Annual Meetings of the American Sociological Association: New York, NY.
- Dori, Y.J. 2003. "From nationwide standardized testing to school-based alternative embedded assessment in Israel: students' performance in the 'Matriculation 2000' project." **Journal of Research in Science Teaching** .40, 34-52.
- Dori, Y.J., and Herscovitz, O. 1999. "Question posing capability as an alternative evaluation method: analysis of an environmental case study." **Journal of Research in Science Teaching**. 36,4:411-430.
- Herried, C.F. 1997. "What is a case?." **Journal of College Science Teaching** .27:92-94.
- Khan, B. H. (Ed.). 1997. **Web-Based Instruction**. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology.
- Sykes, G., and Bird, T. 1992. "Teacher education and the case idea." **Review of Research in Education**. 18:457-521.

การออกแบบระบบแนะนำบทเรียนโดยใช้เทคนิคการกรองแบบอ้างอิงเนื้อหา  
**THE DESIGN OF COURSE RECOMMENDER SYSTEM USING  
CONTENT-BASED FILTERING**

ชิตี จันตะคุณ

นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาระบบสารสนเทศคอมพิวเตอร์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: thiti100@hotmail.com

### บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบระบบแนะนำบทเรียนโดยใช้เทคนิคการกรองแบบอ้างอิงเนื้อหา มาใช้สำหรับการแนะนำบทเรียนให้กับนักศึกษาโดยอัตโนมัติ อีกทั้งยังช่วยลดระยะเวลาในการติดต่อระหว่างผู้ใช้กับขั้นตอนในการสนับสนุนการบริการได้ โดยระบบแบ่งผู้ใช้ออกเป็น 2 ส่วนดังนี้ ส่วนของสมาชิก และส่วนของผู้ดูแลระบบเพื่อตอบสนองความต้องการของนักศึกษา

**คำสำคัญ:** ระบบแนะนำบทเรียน, เทคนิคการกรองแบบอ้างอิงเนื้อหา

### ABSTRACT

This paper is proposed to explain the design of course recommender system using Content-Based Filtering. This paper uses content-based filtering technique for recommender system. Moreover, the users will consume less time to follow the steps of solving problems. The proposed system has separated into 2 groups of users: member and administrator to support the student's requirement.

**KEYWORDS:** Course Recommender System, Content-Based Filtering

### 1. บทนำ

ปัจจุบันการเรียนรู้ด้วยสื่ออิเล็กทรอนิกส์ (e-Learning) เป็นวิธีการที่ถูกยอมรับกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากสถาบันการศึกษาต่างๆ แทบทุกระดับได้นำการเรียนรู้ด้วยสื่ออิเล็กทรอนิกส์มาเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอน โดยการเรียนรู้ด้วยสื่ออิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบัน ผู้เรียนไม่สามารถเข้าถึงเนื้อหาบทเรียนที่เหมาะสมกับผู้เรียนเองได้โดยง่าย เนื่องจากพื้นฐานความรู้และสาขาการเรียนที่แตกต่างกัน อีกทั้งการเรียนรู้ด้วยสื่ออิเล็กทรอนิกส์มีข้อจำกัดในด้านการปฏิสัมพันธ์กับผู้เรียน เช่น ผู้เรียนไม่สามารถเลือกบทเรียนที่เหมาะสมกับตัวผู้เรียนจากความรู้พื้นฐานความรู้ในปัจจุบันของผู้เรียน ควรเรียนบทเรียนใดก่อน บทเรียนใดสามารถข้ามไปได้ เพราะมีความรู้มาพอแล้ว ซึ่งปัจจัยหนึ่งที่จะช่วยให้บทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ สามารถนำมาใช้กับผู้เรียนแล้วเกิด

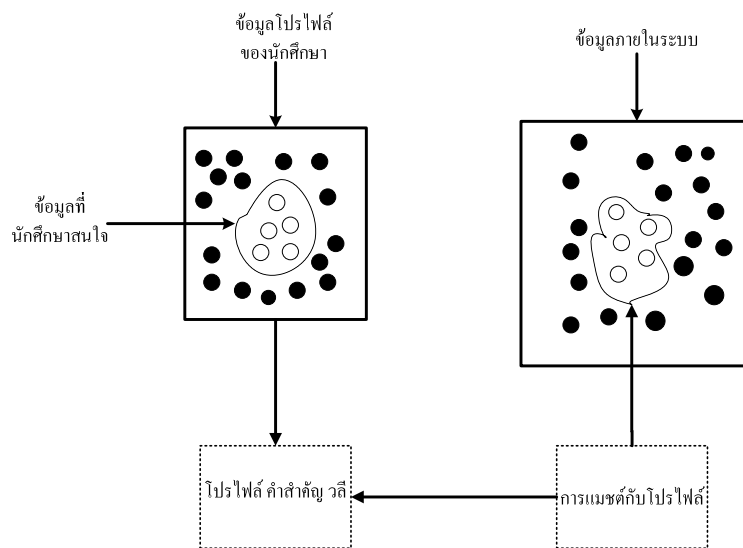
ความเหมาะสมในด้านเนื้อหาและความเข้าใจ นั่นก็คือระบบที่สามารถให้การแนะนำบทเรียนได้ โดยระบบให้การแนะนำเป็นเทคโนโลยีที่จะนำมาใช้เพื่อให้คำแนะนำข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับการเรียนรู้ด้วยสื่ออิเล็กทรอนิกส์ให้ตรงตามความต้องการของผู้เรียนได้

จากเหตุข้างต้น จึงเกิดแนวคิดในการออกแบบระบบที่สามารถช่วยค้นหาและแนะนำบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ให้ตรงตามความต้องการของผู้เรียน ซึ่งจะเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดความสะดวกในการเรียนรู้ด้วยสื่ออิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างเหมาะสมต่อไป

## 2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 เทคนิคการกรองแบบอ้างอิงเนื้อหา

เทคนิคการกรองแบบอ้างอิงเนื้อหา(Content-Based Filtering) เป็นวิธีการที่ใช้ในการค้นคืนข้อมูลที่ทำให้ความสนใจกับคุณภาพของเนื้อหาข้อมูล (ชัชวรัตน์, 2550) โดยลำดับแรกจะทำการพิจารณาข้อมูลที่ตรงตามโปรไฟล์ (Profile) ของนักศึกษา วิธีการนี้จะเป็นการคำนวณหาค่าเฉลี่ยความคล้ายคลึงระหว่างเอกสารในระบบกับโปรไฟล์ของนักศึกษาโดยนำเนื้อหาของข้อมูล เช่น คำสำคัญ (Keywords), วลี (Phrases) หรือคุณลักษณะ (Feature) มาสร้างเป็นโปรไฟล์ของนักศึกษาแต่ละคน เพื่อค้นหาข้อมูลที่นักศึกษาค้นนั้นสนใจ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 เทคนิคการกรองแบบอ้างอิงเนื้อหา

### 2.2 การทำนายเรตติ้ง

การทำนายเรตติ้งนั้น ทำได้โดยนำข้อมูลพื้นฐานที่มีอยู่ 2 ค่าได้แก่ 1) คะแนนชื่อและเนื้อหาบทเรียน 2) คะแนนอาจารย์เจ้าของเนื้อหา โดยแบ่งเรตติ้งออกเป็น 1-5 ระดับ โดยเรียงลำดับคะแนนจากน้อยที่สุดไปจนถึงระดับสูงที่สุด โดยใช้อัลกอริทึม Naïve Bayes Theorem ในการคำนวณค่าความคล้ายคลึงระหว่างข้อมูลกับโปรไฟล์ของนักศึกษาซึ่ง Naïve Bayes จัดเป็นอัลกอริทึมที่มีความเร็วในการคำนวณ และเป็นการเรียนรู้ที่อาศัยสถิติความน่าจะเป็นสูงสุดเป็นคำตอบของการรู้จำและการตัดสินใจ (นิภัทร์, 2550) Naïve Bayes Theorem

จะกำหนดค่าความน่าจะเป็นของเนื้อหาหรือแอตทริบิวต์ต่างๆ ของชิ้นข้อมูลต้องไม่ขึ้นต่อกัน กล่าวคือ ความน่าจะเป็นของแอตทริบิวต์  $a_i$  จะไม่มีผลต่อผลลัพธ์ หรือความน่าจะเป็นของแอตทริบิวต์อื่นๆ (ศุภชัย, 2549) ดังนั้นจะได้ Bayes Rule ดังสมการ (1)

$$P_c = \left( \frac{P(C = c)}{P(A_1 = a_1 \wedge \dots \wedge A_k = a_k)} \right) \prod_{i=1}^k P(A_i = a_i | C = c) \quad (1)$$

จากการที่ได้นำ Bayes Rule มาใช้ในการเปรียบเทียบแต่ละคลาส เพื่อหาว่าสำหรับผู้ใช้นี้แล้ว ชิ้นข้อมูล  $i$  ควรจะอยู่ในคลาสไหนดังสมการที่ (2)

$$P_c = P(C) \cdot \prod_{i=1}^k P(A_i = a_i | C = c) \quad (2)$$

โดยที่  $P(A_i = a_i | C = c)$  คือความน่าจะเป็นที่เนื้อหาหรือแอตทริบิวต์อยู่ในคลาส  $c$  และค่าความน่าจะเป็นที่เนื้อหาหรือแอตทริบิวต์  $a_i$  ( $P(A_i = a_i | C = c)$ ) อยู่ในคลาส  $c$  ดังสมการ (3)

$$P(A_i = a_i | C = c) = \frac{\text{count}(A_i = a_i \wedge C = c)}{\text{count}(C = c)} \quad (3)$$

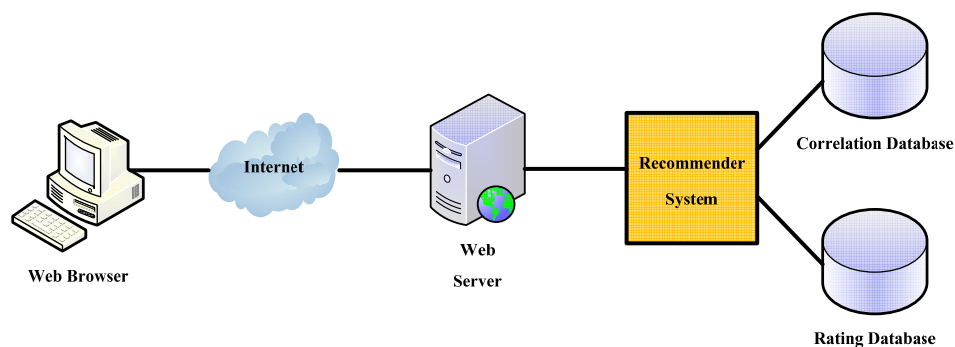
โดยที่

$\text{count}(A_i = a_i \wedge C = c)$  คือจำนวนครั้งที่เนื้อหาหรือแอตทริบิวต์จัดอยู่ในคลาส  $c$

$\text{count}(C = c)$  คือ จำนวนเรคคอร์ดทั้งหมดที่อยู่ในคลาส  $c$

### 3. โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของระบบ

บทความนี้ทำการออกแบบระบบแนะนำบทเรียน ซึ่งระบบเป็นแบบ Client-Server โดย Web Server จะทำหน้าที่บริการตั้งแต่ลงทะเบียนเป็นสมาชิก ลงชื่อเข้าใช้ระบบ ไปจนถึง แนะนำบทเรียน



ภาพที่ 2 การทำงานของระบบแนะนำบทเรียน

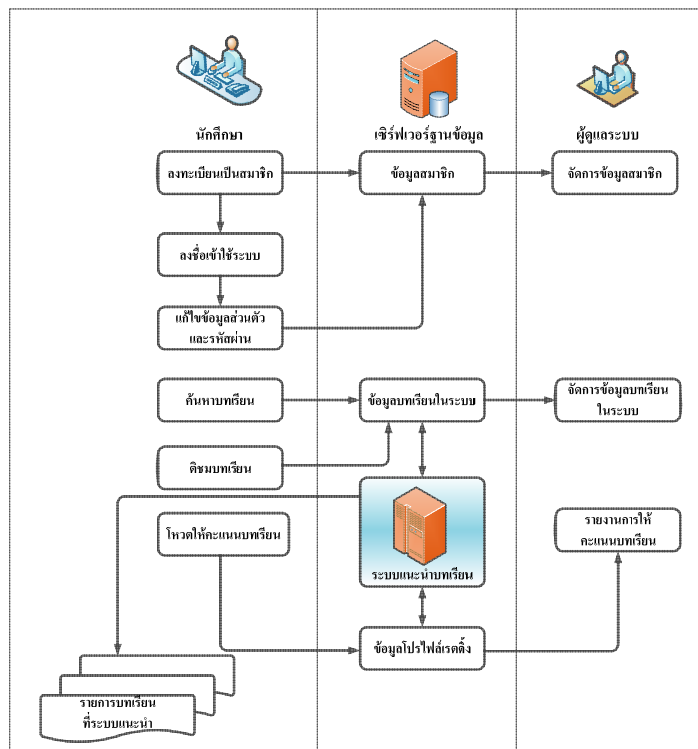
จากภาพที่ 2 การทำงานของระบบเริ่มต้นด้วย นักศึกษาทำการติดต่อเว็บบทเรียนช่วยสอน (WBI) ผ่านทางหน้าเว็บ โดยใช้ Web Browser ซึ่ง Web Browser ทำการร้องขอไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์ซึ่งจะทำการติดต่อกับระบบแนะนำบทเรียนเพื่อเลือกบทเรียนที่จะแนะนำให้นักศึกษา โดยที่ระบบแนะนำบทเรียนจะใช้ เรตติ้งจากฐานข้อมูลที่เก็บอยู่ (Rating Database) มาทำเรตติ้งของบทเรียน และใช้ข้อมูล Correlation Database จากฐานข้อมูลของบทเรียนมาทำการแนะนำและส่งการแนะนำไปยัง Web Server ซึ่งจะแนะนำบทเรียนให้นักศึกษา

#### 4. ขั้นตอนการทำงานของระบบ

ขั้นตอนการทำงานของระบบในส่วนของนักศึกษาจะเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 นักศึกษาทำการลงทะเบียนเป็นสมาชิก ขั้นตอนที่ 2 สมาชิกลงชื่อเพื่อเข้าใช้ระบบ ขั้นตอนที่ 3 สมาชิกทำการแก้ไขข้อมูลส่วนตัวและรหัสผ่าน ขั้นตอนที่ 4 สมาชิกทำการค้นหาบทเรียนจากระบบ ขั้นตอนสุดท้าย ระบบจะนำผลลัพธ์รายการบทเรียนที่ระบบแนะนำแสดงแก่สมาชิก

ขั้นตอนการทำงานของระบบในส่วนของผู้ดูแลระบบ สามารถจัดการข้อมูลสมาชิก สามารถจัดการข้อมูลบทเรียนในระบบ ดูรายงานการให้คะแนนบทเรียน

ขั้นตอนการทำงานของระบบ ระบบจะทำการวิเคราะห์ความคล้ายคลึงระหว่างเอกสารบทเรียนกับโปรไฟล์ของนักศึกษาและวิเคราะห์เรตติ้งที่นักศึกษาให้คะแนนเนื้อหาบทเรียน กับคะแนนเจ้าของเนื้อหาเพื่อนำข้อมูลประมวลผลเพื่อแนะนำบทเรียนที่เหมาะสมกับนักศึกษา



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการทำงานของระบบ

## 5. อภิปรายผล

จากการออกแบบระบบแนะนำบทเรียน โดยใช้เทคนิคการกรองแบบอ้างอิงเนื้อหา ทำให้ได้โมเดลขั้นตอนการทำงานสำหรับสนับสนุนการตัดสินใจในการเลือกบทเรียนสื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่เหมาะสมกับผู้เรียนผ่านอินเทอร์เน็ต โดยอาศัยเทคนิคการกรองแบบอ้างอิงเนื้อหานั้นจะสามารถแนะนำบทเรียนตรงตามความต้องการของผู้เรียนได้อย่างเหมาะสม โดยในขั้นตอนของการพัฒนาระบบ นักพัฒนาสามารถนำโมเดลนี้ไปใช้สำหรับการพัฒนาระบบแนะนำบทเรียนได้ง่าย เนื่องจากโมเดลนี้มีความยืดหยุ่นที่จะรองรับภาษาโปรแกรมมิ่ง และเครื่องมือสำหรับพัฒนาระบบที่หลากหลาย เช่น ASP, PHP, JAVA, VB, VC# และอื่นๆ ซึ่งนักพัฒนาสามารถนำโมเดลขั้นตอนการทำงานของระบบที่ถูกรวบรวมไว้ไปพัฒนาแอปพลิเคชันบนแพลตฟอร์มที่ทำงานผ่านอินเทอร์เน็ต ซึ่งเหมาะสมได้แก่ การพัฒนาเป็นเว็บแอปพลิเคชัน การพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันบนไอโฟน (iPhone) หรือแม้กระทั่งการพัฒนาเป็นแอปพลิเคชันบนไอแพด (iPad) ได้ด้วย

## 6. สรุป

บทความนี้ได้ทำการออกแบบระบบแนะนำบทเรียนโดยใช้เทคนิคการกรองแบบอ้างอิงเนื้อหาเพื่อใช้ในระบบการเรียนรู้ด้วยสื่ออิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งช่วยให้เกิดความสะดวกในการใช้งานและสามารถนำไปใช้ร่วมกับระบบต่างๆ ได้ง่ายโดยระบบได้ทำการจัดเตรียมให้บริการกระบวนการต่างๆ ที่จำเป็น ผู้ใช้งานจึงไม่จำเป็นต้องติดตั้งซอฟต์แวร์ใดๆ เพิ่มเติมนอกเหนือจากการใช้งานเว็บทั่วไป จึงสามารถนำการออกแบบระบบแนะนำบทเรียน โดยใช้เทคนิคการกรองแบบอ้างอิงเนื้อหานี้ไปประยุกต์กับการพัฒนาระบบที่สามารถใช้งานผ่านอุปกรณ์ต่างๆ เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์ พ็อกเก็ตพีซี พีดีเอ หรืออื่นๆ ได้ด้วย

## 7. รายการอ้างอิง

- ชัยวัฒน์ ติรวิจร. 2550, “การทำนายข้อมูลโดยการรวม Content-Based Filtering With Item-Based Collaborative Filtering ด้วยกฎ ความสัมพันธ์.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- นิภัทร์ วีระศิลป์. 2550, “ระบบแนะนำภาพยนตร์แบบออนไลน์โดยใช้เทคนิคการกรองข้อมูล.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- ศุภชัย อัสวชินเทพกุล. 2549, “ระบบแนะนำสินค้าและบริการในธุรกิจพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์.” โครงการพัฒนาระบบงานวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- Ekkawut, R. and Nuanwan, S. 2003. “Hybrid Recommendation: Combining Content Based Prediction and Collaborative Filtering.” Master Degree Thesis Department of Computer Science, Faculty of Science, Kasetsart University.
- Miguel, R.J. 2005, “Content-Based Music Recommender System.” Master Degree Thesis, Pompeu Fabra Universitat.

ความสัมพันธ์ของวัฒนธรรมองค์กรกับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในกองทัพอากาศ

**THE RELATIONSHIP OF ORGANIZATIONAL CULTURE AND  
THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGY  
IN THE ROYAL THAI AIR FORCE**

ศุภธิดา ผลแย้ม<sup>1</sup> และ สุทธิลักษณ์ ชนะสุข<sup>2</sup>

ประสงค์ ปราณีตพลกรัง<sup>3</sup>

<sup>1</sup>นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail : <sup>1</sup>supatida\_m@hotmail.com

<sup>2</sup>นักศึกษาหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาการจัดการเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

E-mail : <sup>2</sup>m.kmutt@hotmail.com

<sup>3</sup>รองศาสตราจารย์ หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail : prasong.pr@spu.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคลและความสัมพันธ์ของวัฒนธรรมองค์กรที่มีผลต่อการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของข้าราชการในกองทัพอากาศ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาจากข้าราชการกองทัพอากาศทั้งหมด 6 กรม ที่สังกัดที่ตั้งอยู่ในเขตตอนเมือง กรุงเทพมหานคร โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างและทำการสุ่มอย่างง่าย ประกอบด้วยข้าราชการทหารอากาศจำนวน 396 นาย โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลหลังจากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมา วิเคราะห์หาค่าสถิติการแจกแจงแบบไคสแควร์ ค่าสถิติสหสัมพันธ์ และค่าสถิติความถดถอย

ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคลได้แก่ เพศ ระดับการศึกษา ชั้นยศ รายได้ และการเข้าอบรมเทคโนโลยีสารสนเทศมีความสัมพันธ์กับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในกองทัพอากาศ และวัฒนธรรมองค์กรได้แก่ ความคาดหวังในเรื่องของความรู้และทักษะความสามารถ ค่านิยม และบรรทัดฐาน มีความสัมพันธ์กับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในกองทัพอากาศเช่นเดียวกัน

คำสำคัญ : ความสัมพันธ์ วัฒนธรรมองค์กร การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

## ABSTRACT

The research objective is to study the relationship of organizational culture and the use of information technology in the Royal Thai Air Force. We study the demographic factors influenced the use of information technology in the Royal Thai Air Force's officers. In addition the relationship between organizational culture and the use of information technology in the Royal Thai Air Force is investigated data collected by using questionnaires. The sample comprised of 396 officers. The data were analyzed by percentage, mean, standard deviation, the statistical distribution of chi-square statistics, correlation and regression statistics.

The research result found that ; there were significant relationship between demographic factors, included gender, educational level, rank, income, participants in information technology training programs and the use of information technology in the Royal Thai Air Force's officers. Organizational culture included the expectation in term of knowledge and skills, values, norms relationship with the use of information technology in the Royal Thai Air Force.

**KEYWORDS :** Relationship, Organizational Culture, The usage of information technology

## 1. บทนำ

กองทัพอากาศถือเป็นองค์กรหน่วยหนึ่งในสังคม เป็นที่รวมของบุคคลจำนวนมาก มีความหลากหลายแตกต่างกันมากมาย ในด้านปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพ ระดับการศึกษา ชั้นยศ รายได้ อาชวาท การลักษณะงานที่รับผิดชอบ และการเข้าอบรมเทคโนโลยีสารสนเทศ แต่สิ่งที่เหมือนกันภายใต้ต้องการเดียวกันคือ วัฒนธรรมในการทำงาน หรือวัฒนธรรมองค์กรที่เชื่อว่าเกิดจากการที่กลุ่มบุคคลจำนวนมากมารวมกันทำให้เกิดความเชื่อมโยง ผสมผสานกันระหว่างเจตคติ ของบุคคล ค่านิยม ความเชื่อ และการกระทำของกลุ่มบุคคลขององค์กร ตลอดจนนโยบายและวัตถุประสงค์ขององค์กร เทคโนโลยี สภาวะของกลุ่มและความสำเร็จขององค์กร จนเป็นที่ยอมรับของบุคคลในองค์กร และยึดถือเป็นแนวทางปฏิบัติเดียวกัน และสืบทอดให้กับคนรุ่นหลังจึงกล่าวได้ว่า วัฒนธรรมองค์กรเป็นเอกลักษณ์เฉพาะของแต่ละองค์กรไม่อาจลอกเลียนแบบได้ วัฒนธรรมองค์กร จะสร้างประโยชน์หรือให้คุณค่ากับองค์กรนั้นๆ เช่น วัฒนธรรมในการมุ่งสร้างคุณภาพ วัฒนธรรมในการสร้างนวัตกรรม แต่ในขณะเดียวกันวัฒนธรรมองค์กรบางอย่างก็ทำให้เกิดจุดอ่อนแก่องค์กรนั้นๆ ได้เช่น วัฒนธรรมแบบอนุรักษ์นิยม วัฒนธรรมการทำงานแบบมุ่งให้บุคลากรมีการแข่งขันมากจนเกินไป จนองค์กรเกิดความระส่ำระสาย

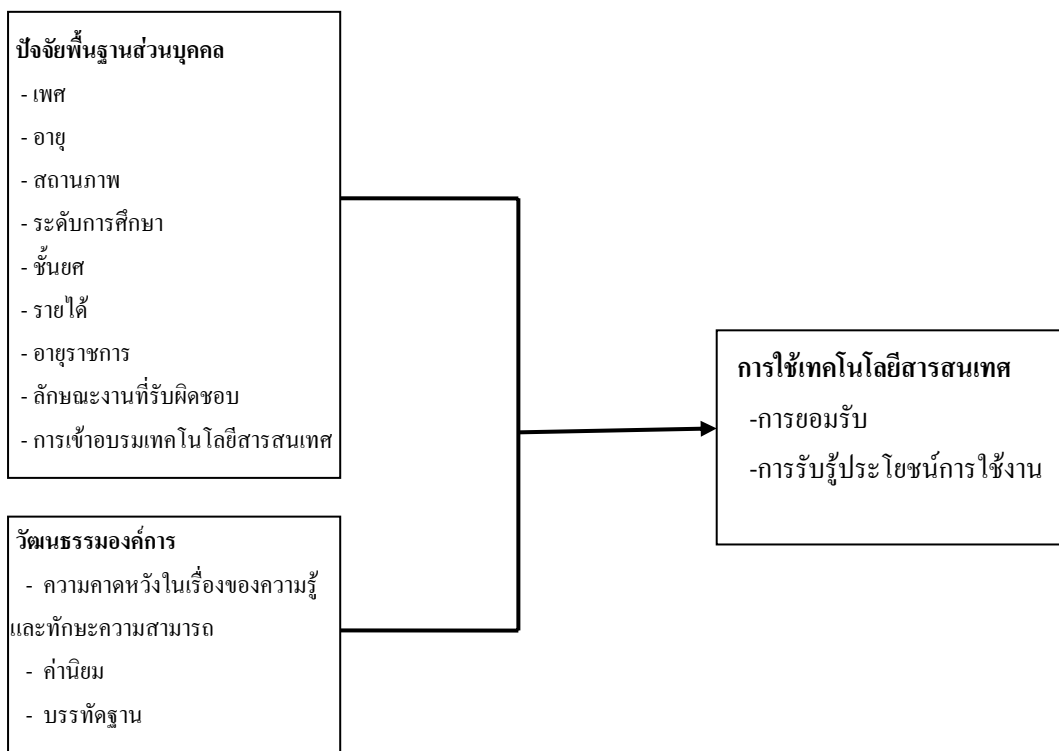
## 2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2.1. เพื่อศึกษาปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคลที่มีผลต่อการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของข้าราชการในกองทัพอากาศ

2.2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์วัฒนธรรมองค์กรของกองทัพอากาศกับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของข้าราชการในกองทัพอากาศ



### 3. กรอบแนวคิดในวิจัย



ภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย

### 4. สมมติฐานการวิจัย

4.1. เพศ อายุ สถานภาพ ระดับการศึกษา ชั้นยศ รายได้ อายุราชการ ลักษณะงานที่รับผิดชอบ และการเข้าอบรมเทคโนโลยีสารสนเทศ มีความสัมพันธ์ต่อการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอยู่ในระดับมาก

4.2. ความคาดหวังในเรื่องของความรู้และทักษะความสามารถ ค่านิยม และบรรทัดฐาน มีความสัมพันธ์ต่อการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอยู่ในระดับมาก

4.3. ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคลและวัฒนธรรมองค์การมีผลต่อระดับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในกองทัพอากาศอยู่ในระดับมาก

### 5. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Hofstede (1991) กล่าวว่า วัฒนธรรมเป็นเสมือนโปรแกรมของจิต (Culture as Software of the Mind) และได้นิยามความหมายของวัฒนธรรมว่า เป็นปรากฏการณ์ร่วมทางสังคมที่มีแบบแผนร่วมของจิตซึ่งทำให้สมาชิกของกลุ่มหนึ่งแตกต่างจากกลุ่มอื่น

Hofstede ได้จำแนกการปรากฏของวัฒนธรรมออกเป็น 4 ระดับคือ สัญลักษณ์ (Symbols) วีรบุรุษ (Heroes) พิธีกรรม (Rituals) และค่านิยม (Values) สัญลักษณ์เป็นปรากฏการณ์ของวัฒนธรรมในระดับพื้นผิว เป็นรูปธรรม

มากที่สุดและสามารถสังเกตได้ชัดเจน ขณะที่ค่านิยมเป็นส่วนที่ลึกที่สุดของวัฒนธรรม ขณะที่วีรบุรุษและพิธีกรรมจะอยู่ระหว่างกลาง ความสัมพันธ์ของวัฒนธรรมองค์การมีทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัยมีดังนี้

### 5.1 วัฒนธรรมองค์การ

รูปแบบวัฒนธรรมองค์การมี 2 รูปแบบ คือ

5.1.1. แบบที่เป็นรูปธรรม เป็นรูปแบบที่เปิดเผย (Artifacts) ได้แก่ พฤติกรรมที่สังเกตได้ โครงสร้างระบบงาน วิธีการ กฎระเบียบ ภาษา ลักษณะทางกายภาพ

5.1.2. แบบที่เป็นนามธรรม ได้แก่ ความเชื่อ (Belief) เป็นเรื่องราวของความคิด ความรู้ ตำนาน เรื่องเล่า อุดมการณ์ (Ideology) เป็นแนวคิดเชิงปรัชญา ธรรมเนียมปฏิบัติ (Norms) เป็นมาตรฐานพฤติกรรมที่เป็นที่ยอมรับ ไม่ยอมรับในหน่วยงาน ค่านิยม (Values) เป็นความเชื่อในสิ่งที่ควร ไม่ควร ถูก ผิด ดี เลว จิตสำนึก (Conscience) เป็นความรู้สึกร่วมกันของบุคลากรในหน่วยงาน ปฏิบัติโดยไม่ได้ตระหนักถึงว่ามีอยู่

### 5.2 ตัวแบบวัฒนธรรมองค์การ

Kim S. Cameron และ Robert E. Quinn (อ้างใน เกรียงไกร เจียมบุญศรี, 2543 : 21-33) แบ่งวัฒนธรรมองค์การมีดังนี้

#### 5.2.1. วัฒนธรรมแบบเครือญาติ

- เป็นรูปแบบของครอบครัว
- ความมีคุณธรรมสูง
- มีจุดมุ่งหมาย ความรู้สึก ค่านิยมร่วมกัน
- ให้ความสำคัญกับบุคลากรทุกคนในองค์กร
- ผลตอบแทนอยู่บนหลักของการทำงานเป็นกลุ่ม
- ผู้บังคับบัญชาจะแสดงบทบาทของผู้นำกลุ่ม ผู้ช่วยเหลือสนับสนุนการทำงานของผู้ใต้บังคับบัญชา เป็นผู้ส่งเสริมให้เกิดความมุ่งมั่นร่วมกัน และความจงรักภักดีต่อองค์กร
- ผสานองค์กรและบุคลากรเข้าด้วยกันด้วยความมุ่งมั่นร่วมกันและความจงรักภักดีต่อ

องค์กร

- องค์กรเน้นผลตอบแทนของบุคลากรในระยะยาว ดังนั้นงานพัฒนาบุคลากรจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งขององค์กร

#### 5.2.2. วัฒนธรรมแบบเฉพาะกิจ

- มีความยืดหยุ่นในโครงสร้าง บุคลากร และการบริหารงาน
- ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว
- ผู้นำ / ผู้บริหารมีบทบาทในการกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์
- ปรับตัวให้เข้ากับโอกาสได้ดี
- เน้นตัวบุคคลมากกว่ากลุ่ม
- ผู้นำเป็นผู้ที่มีวิสัยทัศน์ มีความคิดสร้างสรรค์ ชอบเสี่ยง

#### 5.2.3. วัฒนธรรมแบบลำดับชั้น

- มีความชัดเจนในโครงสร้าง สายงาน การบริหาร กฎเกณฑ์และการตัดสินใจ
- มีระเบียบแบบแผน
- มีความกลมกลืนของการทำงานในแต่ละส่วน
- บุคลากรอยู่ภายใต้การควบคุม ดูแลที่ชัดเจนตามสายงาน
- บทบาทของผู้นำเป็นผู้จัดการหรือผู้ประสานงาน
- หัวใจขององค์กรคือ ความมีเสถียรภาพและความราบรื่นในการดำเนินการกิจ

### 5.3 ยุทธศาสตร์กองทัพอากาศ พ.ศ. 2551 – 2562

กองทัพอากาศได้กำหนดวิสัยทัศน์กองทัพอากาศ 2562 เพื่อจะเป็น “กองทัพอากาศชั้นนำในภูมิภาค (One of the Best Air Forces in ASEAN) และกำหนดยุทธศาสตร์ 12 ปี โดยแบ่งเป็น 3 ระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 ปี พ.ศ. 2551 – 2554 เป็นกองทัพอากาศดิจิทัล หรือ Digital Air Force โดยมุ่งการใช้งานและบูรณาการเทคโนโลยีกำลังทางอากาศ และเทคโนโลยีสารสนเทศ เข้าด้วยกันพร้อมกับการวางโครงสร้างระบบเพื่อมุ่งสู่การปฏิบัติการใช้เครือข่ายเป็นศูนย์กลาง

ระยะที่ 2 ปี พ.ศ. 2555 – 2558 เป็นกองทัพอากาศที่ใช้เครือข่ายเป็นศูนย์กลาง หรือ Network Centric Air Force เป็นระยะที่บูรณาการระบบบัญชาการและควบคุม พัฒนาระบบเชื่อมโยงข้อมูลทางยุทธวิธี เพื่อเพิ่มขีดความสามารถการใช้กำลังทางอากาศในการปฏิบัติการที่ใช้เครือข่ายเป็นศูนย์กลาง

ระยะที่ 3 ปี พ.ศ. 2559 – 2562 จะเป็นกองทัพอากาศชั้นนำในภูมิภาค หรือ One of the Best Air Force in ASEAN โดยมีขีดความสามารถ ตอบสนองต่อภัยคุกคามทุกรูปแบบ สามารถริเริ่มและพัฒนาเครื่องมือ อุปกรณ์ หรือยุทธโศปกรณ์ บนพื้นฐานการพึ่งพาตนเอง รองรับกับรูปแบบของภัยคุกคาม และนำไปสู่การใช้กำลังกองทัพอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตามแผนที่ยุทธศาสตร์กองทัพอากาศ จะประกอบด้วย 5 ยุทธศาสตร์หลัก ดังนี้

- ยุทธศาสตร์ที่ 1 พิทักษ์รักษา และเทิดทูนสถาบันพระมหากษัตริย์
- ยุทธศาสตร์ที่ 2 เสริมสร้างสมรรถนะและความพร้อมในการป้องกันประเทศ
- ยุทธศาสตร์ที่ 3 รักษาความมั่นคงของรัฐ
- ยุทธศาสตร์ที่ 4 รักษาผลประโยชน์แห่งชาติ
- ยุทธศาสตร์ที่ 5 สนับสนุนการขับเคลื่อนยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศของรัฐบาล

### 5.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

บุญกร วัชรศรีโรจน์ (2550) ศึกษางานวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์ลักษณะวัฒนธรรมของคนไทยและนัยยะที่มีต่อการบริหารองค์กร โดยศึกษาวัฒนธรรมของคนไทยเชิงสำรวจ โดยใช้กรอบการศึกษาลักษณะวัฒนธรรมของ Hofstede ที่วัดและวิเคราะห์ลักษณะวัฒนธรรมในห้ามิติ คือ ความเหลื่อมล้ำทางอำนาจ ความเป็นปัจเจกนิยม ลักษณะความเป็นเพศชาย การหลีกเลี่ยงความแน่นอน และการมุ่งเน้นเป้าหมายระยะยาว และศึกษาเพิ่มเติมลักษณะของวัฒนธรรมอีกสองมิติที่คาดว่าจะจะเป็นลักษณะวัฒนธรรมไทย คือ ความจงรักภักดีต่อสถาบัน

พระมหากษัตริย์และบทบาทของพระพุทธศาสนา ทั้งนี้ การศึกษาใช้กลุ่มตัวอย่างขนาด 1,000 คน ที่เป็นบุคลากรขององค์การภาครัฐ รัฐวิสาหกิจ และเอกชน ผลการวิจัยพบว่าลักษณะวัฒนธรรมของไทยมีความเหลื่อมล้ำทางอำนาจ ความเป็นปัจเจกนิยม และการมุ่งเน้นเป้าหมายระยะยาวในระดับปานกลาง ในขณะที่มีลักษณะความเป็นเพศชายในระดับต่ำ การหลีกเลี่ยงความไม่แน่นอนสูง และมีความจงรักภักดีต่อสถาบันพระมหากษัตริย์และบทบาทของพุทธศาสนาสูง รวมทั้งพบว่าลักษณะวัฒนธรรมด้านเหลื่อมล้ำทางอำนาจ ความเป็นปัจเจกนิยม การหลีกเลี่ยงความไม่แน่นอน และการมุ่งเน้นเป้าหมายระยะยาวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างองค์การภาครัฐ รัฐวิสาหกิจ และเอกชน ในขณะที่ลักษณะความเป็นเพศชายไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างองค์การทั้งสามประเภท

พรรณทิพา แอดำ (2548) ศึกษาระดับการยอมรับเทคโนโลยีสารสนเทศในการปฏิบัติงานของข้าราชการสำนักงานปลัดกระทรวงพลังงาน เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อการยอมรับเทคโนโลยีสารสนเทศของข้าราชการสำนักงานปลัดกระทรวงพลังงาน วิธีการศึกษาใช้การสร้างแบบสอบถามการวิจัย ผลการวิจัยพบว่า การวิจัยระดับการยอมรับเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการปฏิบัติงาน โดยรวมทุกด้าน ข้าราชการมีการยอมรับอยู่ในระดับดีมาก ในด้านการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านการนำไปประยุกต์ใช้ ด้านนโยบายของสำนักงานปลัดกระทรวง ด้านสภาพแวดล้อมทางเทคโนโลยีสารสนเทศ ตามลำดับ ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการยอมรับเทคโนโลยีสารสนเทศในการปฏิบัติงาน จำแนกตามสถานที่ปฏิบัติงาน อายุ ระดับตำแหน่ง อายุราชการ วุฒิการศึกษา ลักษณะงานที่รับผิดชอบ ประสิทธิภาพการอบรมด้านคอมพิวเตอร์ ทักษะความรู้เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ ในด้านการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีสารสนเทศ และในด้านสภาพแวดล้อมทางเทคโนโลยีสารสนเทศ มีความสัมพันธ์กับการยอมรับเทคโนโลยีสารสนเทศ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

## 6. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงปริมาณ โดยประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ ข้าราชการกองทัพอากาศ จำนวน 396 คน มีรายละเอียดขั้นตอนการวิจัย ดังนี้

6.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมากำหนดแนวทางการศึกษา และกรอบแนวคิดในการวิจัย

6.2 กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง จากประชากรที่เป็นข้าราชการกองทัพอากาศมีทั้งหมดจำนวนทั้งสิ้น 45,623 คน (ข้อมูล : กรมกำลังพลทหารอากาศ ปี 2552 โดยใช้สูตรคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างของ ทาโรยามาเน่ (Yamane : 1976) และการคัดเลือกตัวอย่างใช้วิธีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบง่าย ได้กลุ่มตัวอย่าง 396 คน

6.3 สร้างเครื่องมือในการวิจัย คือแบบสอบถาม(Questionnaire) ความคิดเห็น โดยสร้างตามระเบียบวิธีวิจัยของการสร้างแบบสอบถาม แบบสอบถามประกอบด้วย 5 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล ส่วนที่ 2 วัฒนธรรมองค์การในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ส่วนที่ 3 การรับรู้เกี่ยวกับประโยชน์ของเทคโนโลยีสารสนเทศ ส่วนที่ 4 การยอมรับเทคโนโลยีสารสนเทศ และส่วนที่ 5 ความคิดเห็นเกี่ยวกับวัฒนธรรมการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

6.4 เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง และได้รับแบบสอบถามที่สมบูรณ์ จำนวน 396 ชุด มาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสถิติการแจกแจงแบบโคสเคอร์ว์ ค่าสถิติสหสัมพันธ์ และค่าสถิติความถดถอย

## 7. ผลการวิจัย

จากการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวบรวมข้อมูลและนำมาวิเคราะห์ ทำให้ทราบถึงปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคลและวัฒนธรรมองค์กรที่มีผลกับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคลกับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในกองทัพอากาศ

ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล		การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในกองทัพอากาศ
เพศ	Pearson Correlation	-.158**
	Sig. (2-tailed)	.002
อายุ	Pearson Correlation	.012
	Sig. (2-tailed)	.804
สถานภาพ	Pearson Correlation	.012
	Sig. (2-tailed)	.816
ระดับการศึกษา	Pearson Correlation	.266**
	Sig. (2-tailed)	.000
ชั้นยศ	Pearson Correlation	.132**
	Sig. (2-tailed)	.009
รายได้	Pearson Correlation	.197**
	Sig. (2-tailed)	.000
อายุราชการ	Pearson Correlation	.037
	Sig. (2-tailed)	.462
ลักษณะงานที่รับผิดชอบ	Pearson Correlation	.064
	Sig. (2-tailed)	.204
การเข้าอบรมเทคโนโลยีสารสนเทศ	Pearson Correlation	.223**
	Sig. (2-tailed)	.000

จากตารางที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคลกับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในกองทัพอากาศ พบว่า ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ ระดับการศึกษา ชั้นยศ รายได้ และการเข้าอบรมเทคโนโลยีสารสนเทศ มีความสัมพันธ์กับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในกองทัพอากาศ โดยมีความสัมพันธ์กัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนอายุ สถานภาพ อายุราชการ และลักษณะงานที่รับผิดชอบ ไม่มีความสัมพันธ์กับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในกองทัพอากาศ

**ตารางที่ 2** แสดงความสัมพันธ์ระหว่างวัฒนธรรมองค์การรายด้านกับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในกองทัพอากาศ

วัฒนธรรมองค์การ		การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในกองทัพอากาศ
ความคาดหวัง	Pearson Correlation	.558**
ด้านความรู้และทักษะ	Sig. (2-tailed)	.000
ค่านิยม	Pearson Correlation	.617**
	Sig. (2-tailed)	.000
บรรทัดฐาน	Pearson Correlation	.732**
	Sig. (2-tailed)	.000

จากตารางที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างวัฒนธรรมองค์การกับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในกองทัพอากาศ พบว่าวัฒนธรรมองค์การแต่ละด้าน ได้แก่ ความคาดหวัง ด้านความรู้และทักษะ ค่านิยม และบรรทัดฐาน มีความสัมพันธ์กับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในกองทัพอากาศ โดยมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

## 8. บทสรุปและข้อเสนอแนะการวิจัย

### 8.1 สรุปการวิจัย

8.1.1 ปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ ระดับการศึกษา ชั้นยศ รายได้ และการเข้าอบรมเทคโนโลยีสารสนเทศ มีความสัมพันธ์กับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในกองทัพอากาศ ส่วนอายุ สถานภาพ อายุราชการ และลักษณะงานที่รับผิดชอบ ไม่มีความสัมพันธ์กับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในกองทัพอากาศ

8.1.2 วัฒนธรรมองค์การแต่ละด้าน ได้แก่ ความคาดหวังในเรื่องของความรู้และทักษะความสามารถ ค่านิยม และบรรทัดฐาน มีความสัมพันธ์กับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในกองทัพอากาศ

8.1.3 วัฒนธรรมองค์การมีผลต่อการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอยู่ในระดับมาก

### 8.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาความสัมพันธ์วัฒนธรรมองค์การกับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในกองทัพอากาศ พบว่าปัจจัยพื้นฐาน ได้แก่ เพศ ระดับการศึกษา ชั้นยศ รายได้ การเข้ารับการอบรมเทคโนโลยีสารสนเทศ และวัฒนธรรมองค์การ ได้แก่ ความคาดหวังในเรื่องของความรู้และทักษะความสามารถ ค่านิยม และ บรรทัดฐาน มีความสัมพันธ์กับการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในกองทัพอากาศทั้งสิ้น และในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเชิงลึกที่มากขึ้นและนำผลการศึกษาที่ได้ไปพัฒนาข้าราชการทหารอากาศในแต่ละกรม ให้มีความรู้ความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศให้มีความชำนาญ และส่งเสริมในแต่ละปัจจัยที่ส่งผลต่อการ

ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อให้สอดคล้องกับวิสัยทัศน์ที่มุ่งสู่ “กองทัพอากาศชั้นนำในภูมิภาค (One of The Best Air Force in ASEAN)” เพื่อการพัฒนาในกองทัพอากาศ

## 9.รายการอ้างอิง

- กิดานันท์ มะลิทอง. 2548. **ไอซีที เพื่อการศึกษา**. กรุงเทพฯ : อรุณการพิมพ์.
- ครรชิต มาลัยวงศ์. 2540. **ไอทีกับธุรกิจ แนวคิดและแนวทาง**. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- ชาญชัย อาจินสมาจาร. 2551. **ทฤษฎีองค์การ**. กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ทวีศักดิ์ ญาณประทีป และชงทอง จันทรางศุ. 2532. **พจนานุกรมฉบับเฉลิมพระเกียรติ 2530**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.
- ธานินทร์ ศิลป์จารุ. 2545. **การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS**. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด.
- บุษกร วัชรศรีโรจน์ และคณะ. 2550 **การวิเคราะห์ลักษณะวัฒนธรรมของคนไทยและนัยยะที่มีต่อการบริหารองค์การ**. กรุงเทพฯ : สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.
- พรรณทิพา แอดคำ. 2548. “การยอมรับเทคโนโลยีสารสนเทศของข้าราชการสำนักงานปลัดกระทรวงพลังงาน.” สารนิพนธ์รัฐประศาสนศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารทั่วไป วิทยาลัยการบริหารรัฐกิจ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- วรรณารด แสงมณี. 2544. **องค์การและการจัดการ**. กรุงเทพฯ : ระเบียบทองการพิมพ์.
- ศศิวิมล สิริรัตน์เทตุ. 2546. “การยอมรับการใช้อินเทอร์เน็ตของข้าราชการกรุงเทพฯสามัญ : กรณีศึกษาสำนักงานเขต 50 เขต สังกัด กรุงเทพฯ.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี.
- สุคนธ์ เมฆมเนย. 2549. “พฤติกรรมของพนักงานต่อการใช้ระบบอินเทอร์เน็ตเพื่อการสื่อสารในองค์กร : ศึกษากรณี THAI Sphere ของ บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน).” วิทยานิพนธ์นิเทศศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชานิเทศศาสตร์สารสนเทศมหาวิทาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.
- สุชาดา กิดานันท์. 2544. **เทคโนโลยีสารสนเทศสถิติ : ข้อมูลในระบบสารสนเทศ**. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

**คุณสมบัติการใช้ไนโตรเจนสำหรับกระบวนการบัดกรีพลาสติกบอลกริดอาร์เรย์แพ็คเกจ****PROPERTIES OF PBGA ASSEMBLIES FOR REFLOW PROCESS  
IN NITROGEN AMBIENT****ภูธนศ ภูสีเขียว และ สัณญา คุณขาว****ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม****Email: phuthanate@svi.co.th, sanya.kh@spu.ac.th****บทคัดย่อ**

บทความนี้ได้เสนอถึงการเปราะของรอยบัดกรี (PBGA Assemblies) ด้วยการศึกษาผลกระทบในการใช้อากาศที่มีอัตราส่วนของก๊าซออกซิเจนลดลงจาก 1000 PPM ถึง 50 PPM เพื่อการลดพลังงานเริ่มต้นของการชนด้วยผลของแรงดันที่ตกกระทบส่งผลกับรอยปริบนพื้นผิวที่เกิดขึ้นระหว่างแผงวงจรพิมพ์ (PCB pads) และรอยบัดกรีก่อให้เกิดการเปราะแตกในรอยบัดกรี เกิดโพรงและมีสิ่งเจือปนส่วนใหญ่กระจายอยู่ภายในวงแหวนที่บริเวณรอบๆ จุดบัดกรีมีความหนาแน่นที่ขอบ (Outer-most ring) มากกว่าที่ศูนย์กลาง (Inner-most ring) บรรยากาศก๊าซไนโตรเจนจะช่วยลดจำนวนของจุดบกพร่องได้โดยการควบคุมปริมาณออกซิเจนในอากาศ การปริแตกจะเริ่มจากความเสียหายบริเวณของรอยต่อ Cu/Solder แพร่ตามแนวบัดกรี

**คำสำคัญ:** พีบีจีเอ บรรยากาศที่มีก๊าซไนโตรเจน การกระจายอุณหภูมิ

**ABSTRACT**

In This paper is purposed the solder joint brittleness of plastic ball grid array (PBGA). With study on reduction oxygen content from 1000 ppm to 50 ppm is ability to reduce the initiation energy of impact collision. The impact fractured surfaces occur between the printed circuit boards (PCB) pads and solder joints. The pores and impurities are mainly distributed within a ring at perimeter of the interface, with greater density at the edges than at the center. The reflow process in nitrogen ambient reduces the defect density, with reduction in oxygen content farther reducing the density. Impact cracks began from the defects of the Cu/solder interface, and propagate along the intermetallics surface

**KEYWORDS :** PBGA, Nitrogen Ambient, Thermal Profile



## 1. บทนำ

ในการประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลงบนแผ่นวงจรพิมพ์พบว่าตะกั่วมีความเหมาะสมเป็นอย่างมากในการนำไปใช้เป็นวัสดุในการเชื่อมประสานซึ่งเป็นวัสดุที่สะดวกในการจัดหาและมีความยืดหยุ่นพิเศษในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ ซึ่งเป็นสมบัติพิเศษในการเชื่อมประสานระหว่างตัวอุปกรณ์ และแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างเหมาะสมซึ่งส่งผลต่อการประยุกต์และการพัฒนาเทคโนโลยีการบัดกรี

ปัจจุบันเทคโนโลยีการประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลงบนแผ่นผิววงจร (Surface Mount Technology: SMT) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอย่างสูงในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ในการเชื่อมอุปกรณ์ทั้งสองด้านของแผ่นวงจร PCBs ดังนั้นการที่เทคโนโลยีนี้ได้เข้ามามีบทบาทเพื่อทดแทนการประกอบอุปกรณ์แบบ pin-through-hole ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่จำกัดเฉพาะกับอุปกรณ์ที่มีขาขึ้นยาวก่อให้เกิดข้อจำกัดการบัดกรี ของระยะห่างระหว่างขาอุปกรณ์อยู่ที่ระดับ 0.2mm อีกทั้งจำนวนของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เพิ่มขึ้นจะทำให้จำนวนของการเจาะรูเพื่อติดตั้งและการเจาะรูที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำกว่า 0.1in จะเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิต ดังนั้นเทคโนโลยีการบัดกรีลงบนแผ่นผิววงจรสามารถตอบสนองต่อความต้องการของอุตสาหกรรมที่เพิ่มมากขึ้นของตัวอุปกรณ์แบบลงบนแผ่นผิว (Surface Mount Devices) อาทิเช่น PLCC, SOIC, SOT23 โดยปัญหาที่พบบ่อยครั้งของการบัดกรีระหว่างขั้วหรือขาของอุปกรณ์ที่มีความผิดพลาดไม่สมบูรณ์จากการเชื่อมประสานของตะกั่วตำแหน่งบัดกรี และการเกิดลูกบอลตะกั่วภายหลังการบัดกรี ซึ่งทำให้เกิดการลัดวงจรได้กับอุปกรณ์อื่นๆ จากการให้ความร้อนกับตะกั่ว ตามเงื่อนไขของกระบวนการบัดกรี (soldering condition) อย่างไรก็ตามด้วยเทคโนโลยีของสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำที่ได้พัฒนาอย่างสูงในปัจจุบันที่ออกแบบบนตัวถังแบบ (Ball Grid Array: BGA) ที่มีลักษณะขนาดเล็กไม่ต้องทำการเจาะรูแผ่น PCBs โดยมีลักษณะของขั้วบัดกรีแบบตารางเมทริกส์ ด้วยการบัดกรีที่ด้านล่างของตัวอุปกรณ์ เพื่อให้มีการตอบสนองทางความถี่ที่สูงในระดับจิกกะเฮิร์ต (GHz) ทำให้อัตราส่วนผลผลิตระหว่าง Input/output มีประสิทธิภาพสูงปริมาณของการประกอบแผงวงจรมากขึ้นด้วยการใช้วัสดุพลาสติกประกอบเข้ากับโครงสร้าง BGA ซึ่งเป็นตัวถังแบบ Plastic Ball Grid Array: PBGA ที่มีสมบัติหลายอย่างเหนือกว่าเทคโนโลยีการบัดกรีกับขาอุปกรณ์แบบ fine pitch รวมถึงการประกอบแผงวงจรที่ดีขึ้นกว่าเดิม ประสิทธิภาพทางไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น และให้อัตราส่วนของผลผลิตสูง กับความน่าเชื่อถือในคุณภาพการบัดกรีที่เป็นข้อดีของ BGA [ Ceramic ball grid array (CBGA), plastic ball grid Array (PBGA), DBGA, TBGA ] ในการบัดกรีภายใต้บรรยากาศก๊าซไนโตรเจน ได้ถูกนำมาใช้ไม่นานนี้เพื่อการปรับปรุงในกระบวนการผลิต ให้สามารถผ่านได้ในครั้งแรกโดยไม่มีผลกระทบด้านอื่นแต่ในส่วนของการคุ้มทุนทางด้านเศรษฐศาสตร์ จะขึ้นอยู่กับตลาดและค่าใช้จ่ายของการปฏิบัติงาน และความคุ้มทุนของกระบวนการผลิตขึ้นอยู่กับอัตราการไหล ขั้วโมการทำงานและต้นทุนต่อหน่วยของไนโตรเจนที่ใช้ รวมทั้งการกำหนดค่าต่างๆ ที่เหมาะสมสำหรับหาปริมาณออกซิเจนที่ใช้กับกระบวนการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามการบัดกรีตัวอุปกรณ์แบบ PBGA พบว่ามีปัญหาที่เกิดขึ้นดังนี้ (JH Lau, 1995) 1. เนื่องจากโครงสร้างของตัวอุปกรณ์จะมีเพียงด้านเดียวเท่านั้นที่ได้รับการบัดกรี ซึ่งตัวอุปกรณ์จะไปทำการบดบังจุดบัดกรี ดังนั้นการใช้ลมร้อนที่มีความดันคงที่เป็นแนวเส้นตรงโดยการส่งผ่านความร้อนเข้าสู่จุดบัดกรี จะมีสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อนที่ไม่เหมาะสม ระหว่างตัวอุปกรณ์ และแผ่น PCBs ด้วยผลดังกล่าวจะทำให้ตำแหน่งการบัดกรีเกิดการบกพร่อง

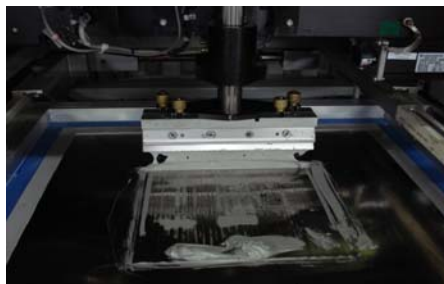
2. เนื่องจากการดูดกลืนความชื้นในตัวอุปกรณ์จากวัสดุออร์แกนิก (Organic Materials) เมื่อนำตัวอุปกรณ์เข้าสู่กระบวนการให้บัดกรีที่มีความร้อนสูง ก่อให้เกิดการแตกร้าวของตัวอุปกรณ์ PBGA reflowed และจุดเชื่อมต่อของ wire bonding ภายในตัวของวงจรรวม (IC) [B] จากปัญหาดังกล่าวซึ่งเป็นเป้าหมายของงานวิจัยนี้จะทำการวิเคราะห์ ถึงผลกระทบการบัดกรีภายใต้บรรยากาศที่มีก๊าซในโตรเจนและบรรยากาศที่มีเฉพาะอากาศที่ตำแหน่งจุดบัดกรีของตัวอุปกรณ์แบบPBGA โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการบัดกรีภายใต้บรรยากาศก๊าซในโตรเจน และบรรยากาศแรงกดอากาศ กับตำแหน่งจุดบัดกรีด้วยการใช้ภาพตัดขวางจากกล้องขยายกำลังสูง [SEM] และตรวจสอบรอยบัดกรีด้วย X-ray microscope

## 2. กระบวนการผลิตบอร์ด (SMT Assembly Process)

เทคโนโลยีการประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ลงบนแผ่นผิววงจร Surface Mount Technology (SMT) ในกระบวนการประกอบอุปกรณ์บนแผ่นวงจร สำหรับการบัดกรีด้วยเตาอบความร้อนสูงกระบวนการผลิตที่มีลักษณะเฉพาะอาจต้องการกระบวนการเฉพาะที่แตกต่างกันเพื่อให้ได้การยอมรับ และน่าเชื่อถือเพื่อให้ได้คุณภาพและอัตราผลตอบแทนการผลิตที่สูงด้วยความแตกต่างในอุปกรณ์และวัสดุในการผลิตตัววงจรรวม เพื่อตอบสนองต่อกระบวนการพัฒนาเทคโนโลยีบรรจุภัณฑ์และการบัดกรีที่เป็นลักษณะเฉพาะของวงจรรอิเล็กทรอนิกส์ และตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์นั้นๆซึ่งสามารถจำแนกได้ดังนี้

### 2.1 กระบวนการพิมพ์ (Solder Paste Printing)

ตะกั่วคริมมาตรฐาน Sn/Pb คือโลหะผสมประกอบด้วยดีบุก 63%และตะกั่ว37% (โดยน้ำหนัก)ซึ่งเป็นอัตราส่วนปกติเป็น 63Sn/37Pb เป็นส่วนประกอบที่มีอุณหภูมิ eutectic point ซึ่งมีจุดหลอมเหลวที่ 183°C ซึ่งมีจำนวนของ lead เป็นโลหะผสม (PB-free) โดยส่วนใหญ่แล้วยังประกอบด้วย ดีบุก เงินและทองแดง รวมกันเป็น SACสำหรับ Sn /Ag/Cu ภายใน SAC solders ที่ใช้งานโดยส่วนใหญ่ คือ Sn/3Ag/0.5Cu, eutectic ที่หลอมเหลวระหว่าง 217°C และ 220°C โดยกำหนดให้ช่องว่างของลวดลายตำแหน่งบัดกรีที่มี Stencil Apertures เท่ากับ 1:1 กับขนาดตำแหน่งบัดกรีที่จะทำการบัดกรี แต่บางตำแหน่งอาจต้องลดขนาด Apertures ลงเพื่อป้องกันการเกิดก้อนตะกั่วกลม Solder ball Pads ขนาดใหญ่ได้ ดังนั้นจากการเปิดแบบcrosshatchedเพื่อลดปริมาณของตะกั่วคริม PB-free อาจไหลกระจายน้อยในระหว่างการบัดกรี เมื่อเทียบกับ Sn/Pb และ มีโอกาสที่จะกระเด็นออกไปสู่จุดที่ไม่ต้องการตะกั่ว แม้ว่าตะกั่วที่ใช้ในการเตรียมก่อนการบัดกรีจะไม่ต้องคลุมเต็ม pad ตามข้อกำหนดของ IPC-A-610 แต่บางกรณีอาจต้องการขยายช่อง apertures เพื่อให้แน่ใจว่าจะคลุมเต็ม pads ของตำแหน่งบัดกรี การใช้ Metal squeegee เพื่อลดการเว้าของตะกั่ว และให้ตะกั่วคริมมีปริมาณเพียงพอสอดคล้องกับตำแหน่งบัดกรี อุปกรณ์ที่ใช้ในการพิมพ์ตะกั่ว Sn/Pb สามารถใช้ร่วมกันได้โดยไม่ต้องมีการดัดแปลงเพื่อพิมพ์ PB-free ภาพที่ 1 แสดงการพิมพ์ตะกั่วคริมลงบนแผ่นวงจร Bare board PCB ตามเงื่อนไขอื่นของกระบวนการ (เช่น squeegee speed, squeegee pressure และ separate speed) จะต้องเหมาะสมกับชนิดของตะกั่วคริมที่จะใช้งาน



ภาพที่ 1 การปาดตะกั่วคริมลงบนแผ่นวงจร

## 2.2 การวางอุปกรณ์ลงบนแผ่นบอร์ด (High Precision Placement)

เครื่องจับและวางอุปกรณ์ใช้สำหรับ Sn/Pb สามารถใช้สำหรับ PB-Free ได้เป็นอย่างดีและ Vision algorithms อาจต้องปรับเปลี่ยนเนื่องจากลักษณะที่แตกต่างกันเล็กน้อยของ PB-solders เมื่อเทียบกับ Sn/Pb จะมีเม็ดเล็กกว่าและภาพปรากฏไม่เด่นชัดขึ้น (เจาน้อยกว่า) ลักษณะดังกล่าวจะมีผลเฉพาะเมื่อใช้ front-side lighting แทน back-side lighting (หมายเหตุ Front-side lighting จะใช้สำหรับ ball recognition บน BGA)

## 2.3 การบัดกรี (Forced Convection Reflow)

ในกระบวนการ reflow Soldering ตะกั่วคริมต้องได้รับความร้อนเพียงพอเหนือจุดหลอมเหลวและหลอมเหลวสมบูรณ์ เพื่อหลอมบอลบัดกรีของ BGA ให้ยึดติดกับจุดเพื่อให้มีความเชื่อถือได้ ในกรณีของอุปกรณ์กับขาอุปกรณ์ ตะกั่วต้องทำการชุบติดบนขาอุปกรณ์ตามแบบและมุมของเนื้อตะกั่วที่ต้องการของจุดบัดกรี ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและเวลาที่ปรากฏใน Thermal profile ขนาดขาอุปกรณ์กับปริมาณของตะกั่วบนจุดบัดกรีบนแผ่นวงจรพิมพ์จะต้องเพียงพอและมากกว่าปริมาณตะกั่วที่เคลือบบนขาอุปกรณ์และเป็นส่วนสำคัญของจุดเชื่อมต่อ แต่ในส่วนของ BGA ลูกบอลบัดกรีที่เป็นขาของอุปกรณ์คือปริมาณตะกั่วหลักของการเชื่อมต่อ ในทั้งสองกรณี ปริมาณตะกั่วคริมที่พิมพ์ลงไปคือส่วนสำคัญของการขึ้นรูปของตะกั่วและไม่มี Thermal profile ไหนดีที่สุด สำหรับการประกอบแผงวงจร PB-free reflow soldering ตามอุดมคติแล้ว Thermal profile ต้องมีลักษณะเฉพาะตามแต่ละชนิดในการเชื่อมสู่จุดตำแหน่งของแผงวงจรกับ Thermocouples ซึ่งได้ถูกกำหนดตามตำแหน่งทั้งในและรอบตัวของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องการทดสอบดังแสดงในภาพที่ 2 เป็นผลของ Thermal profile ของตัวอุปกรณ์ PBGA ด้วยเครื่องบันทึกอุณหภูมิ KIC 2000 ในการศึกษานี้ได้กำหนดเงื่อนไขการทดสอบตามชนิดของตะกั่วคริม อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ ที่อยู่รอบตัว PBGA และการตอบสนองความไวต่อความร้อนเพื่อการปรับเงื่อนไขในกระบวนการพัฒนา Thermal profile



ภาพที่ 2 แสดง Thermal profile ของตัวอุปกรณ์ PBGA ด้วยเครื่องบันทึกอุณหภูมิ KIC 2000

## 2.4 เปรียบเทียบระหว่าง PB-Free กับ Sn/Pb Reflow Soldering

เพื่อเปรียบเทียบ Sn/Pb reflow, PB-free reflow ต้องการอุณหภูมิสูงขึ้น เนื่องจากช่วงของ PB-solders มีจุดหลอมเหลวสูงขึ้นขณะที่โดยปกติตะกั่ว (63Sn/37Pb) มีจุดละลายเดียวที่ 183°C ชนิดของตะกั่ว PB-free เช่น SAC305 (Sn/3Ag/0.5Cu) มีจุดเริ่มละลายสูงขึ้นไป 217°C และละลายขั้นสุดท้ายที่ 220 °C นอกจากนี้ต้องมี reflow oven ที่ให้อุณหภูมิสูง PB-reflow กับการบัดกรียังต้องการช่วงของอุณหภูมิที่แคบเพื่อการบัดกรีที่ดี โดยที่ไม่มีอุปกรณ์เสียหาย การรักษาวงแคบนี้ต้องการเครื่อง reflow oven ใหม่ขึ้นอยู่กับจำนวนห้องความร้อน และระดับการควบคุมอุณหภูมิของ reflow ovens ใช้สำหรับ Sn/Pb soldering เนื่องจากการเกิดออกซิเดชันขึ้นที่อุณหภูมิสูงสำหรับบรรยากาศก๊าซไนโตรเจนภายในเตา อาจจะเป็นประโยชน์สำหรับ PB-free reflow ในการบัดกรีต่อไป

## 2.5 ก๊าซไนโตรเจน (Membrane Systems and Pressure Swing Absorption (PSA) Systems)

เมื่อมีการเริ่มใช้ในโตรเจนใน PB-Free Assembly จะทำในขณะไนโตรเจนกลายเป็นไอที่ -196°C แล้วก๊าซไนโตรเจนนี้ถูกส่งในท่อทองแดงพิเศษเข้าสู่ reflow oven โดยปกติไนโตรเจนถูกใช้โดยตรงภายใน reflow zone ที่อุณหภูมิ 250 - 270°C ดังนั้นผลต่างอุณหภูมิค่อนข้างสูงเมื่ออุณหภูมิไนโตรเจนลดต่ำลง 10-15 °C เป็นปัญหาในการควบคุมอุณหภูมิและผลลัพธ์สุดท้ายที่เกิดการเปลี่ยนแปลงในอุณหภูมิของการบัดกรีซึ่งสามารถหลีกเลี่ยงได้โดยใช้ไนโตรเจนในส่วน pre-heater ของ reflow oven ก่อนที่จะเข้าสู่ reflow process ของมันเองวิธีอื่นๆ เพื่อลดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสามารถใช้ไนโตรเจนจาก plant เข้า reflow oven ผ่านท่อส่งที่มีความยาวอย่างน้อย 50 เมตรหรือมากกว่า

### ข้อดี / ประโยชน์

ประโยชน์หลักของการใช้ในโตรเจนสำหรับ PB-free Assembly ในกระบวนการ reflow กับบรรยากาศอากาศดังนี้

1. ปรับปรุงคุณภาพการบัดกรี ให้ผลดีในการลด re-oxidation ของขาไอซี และเพิ่มความสามารถในการยึดติดกับแผ่นผิวให้สูงขึ้น 20% ถึง 30% ผลลัพธ์นี้ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของการบัดกรีลดการเกิด solder ball เมื่อใช้ fine pitch solder paste ออกซิเดชันน้อย ยังช่วยเพิ่ม wetting ใน NiAu และ bare copper solder lands.

2. ขยายกรอบของกระบวนการ (Process Windows): กระบวนการบัดกรีจะมีความไวต่อความสามารถในการบัดกรีที่ต่ำต่อลวดลายวงจร และตำแหน่งของขาอุปกรณ์ ดังนั้นการปรับปรุงคุณภาพการบัดกรี BGA และอุปกรณ์ CSP หลายๆการใช้งานในขั้นตอนของการใช้ PB-Free Assemblies ตาม RoHS Compliant

3. ประโยชน์อื่นๆ พื้นผิวของจุดบัดกรีจะเรียบและเป็นเงาโดยเฉพาะ PB-Free Assembly ทำให้ง่ายต่อการตรวจสอบ และซ่อมจุดบกพร่องและสามารถมารถยึดชิ้นงานขนาดใหญ่และหนักบน bottom side PCB

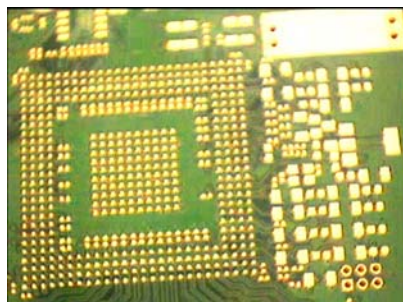
#### ข้อเสียที่สำคัญของการใช้ในโทรเจน

สิ่งสำคัญที่สุดของการใช้ในโทรเจนสิ่งเดียวคือ ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งโรงงานในโทรเจนและค่าเช่าถังสำหรับการใช้งานและความสิ้นเปลืองตลอดจนการเติมในโทรเจนเหลวเข้าถึง

### 3. การทดสอบ (Experimental Material & Procedure)

#### 3.1 เตรียมตัวอุปกรณ์ (PBGA) และ บอร์ดทดลอง (PCB)

นำแผ่นบอร์ดเปล่าและตัวอุปกรณ์ ที่มีส่วนประกอบหนึ่งของ Plastic ball grid array (PBGA) (AXIS ARTPEC-3 25492) ที่ถูกใช้ในการทดสอบ BT0.5mm. ปริมาตรของบอลคือ  $0.23\text{mm}^3$  และส่วนประกอบเป็น 63Sn/37Pb ระยะห่าง pitch ของ pad 1.5mm แผงวงจรพิมพ์ (PCB's) ที่ใช้ในการนี้ได้มาตรฐานหนา 1.6-4mm FR-4 epoxy สองชั้นมีฐานทองแดง (CU) ความหนา 0.043mm. เส้นผ่าศูนย์กลางคือ 0.635mm. เคลือบด้วย 63Wt%Sn/37Wt% ในการทดสอบนี้ นำเอาแผ่นบอร์ดในกระบวนการผลิตปกติมาเป็นบอร์ดทดสอบดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงตำแหน่งของการบัดกรี PBGA ที่ใช้ในการทดสอบบนแผ่นวงจร

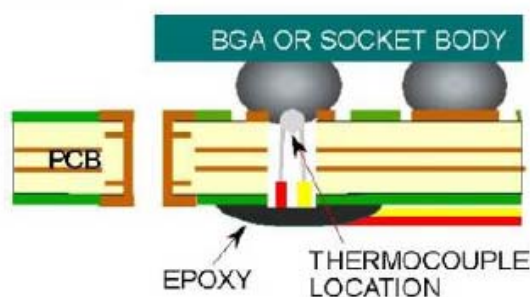
#### 3.2 เตรียมกระบวนการบัดกรี (Reflow Soldering Preparation)

กระบวนการ reflow (BTU P150N) Gas Forced Convection ใช้สำหรับทดสอบแผ่นบอร์ดภายใต้บรรยากาศที่มีก๊าซในโทรเจนหรือบรรยากาศที่มีเฉพาะอากาศ สำหรับปริมาณในโทรเจนที่เจอเข้าไปในระบบเป็นปริมาณ 50 PPM 200 PPM 500 PPM และ 1000 PPM ก่อนปล่อยเข้าสู่เตาจากนั้นนำชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการผลิตมาทำแผ่นสำหรับตรวจสอบ Thermal profile แผ่นบอร์ดจะถูกปล่อยเข้าไปในเตา พร้อมเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่ต่อกับ K-Type thermocouple โดยที่สาย Thermocouple เส้นหนึ่งจะเชื่อมต่อลงบนขาบอลของอุปกรณ์ และเส้นอื่นลงบนขาอุปกรณ์ที่อยู่บริเวณรอบๆ ใช้เครื่องวัด Temperature profiles KIC 2000 บันทึกอุณหภูมิตามเวลา

จริง โดยผลที่วัดได้ปรากฏใน ภาพที่ 4 ที่เวลาบน liquidus (50-90s) ได้เพิ่มประสิทธิภาพในการรักษามุมลาด อุณหภูมิและอุณหภูมิสูงสุดมีการควบคุมที่ 220°C



(ก)



(ข)

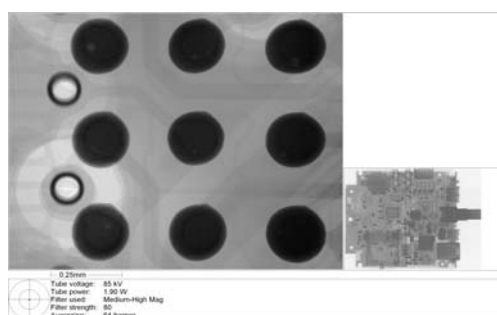
ภาพที่ 4 (ก) แสดงการเชื่อม Thermocouple เข้ากับบริเวณรอบ PBGA เพื่อทำการวัดอุณหภูมิ  
(ข) การเชื่อม Thermocouple เข้าที่ด้านล่างของตัวอุปกรณ์ PBGA

### 3.3 เตรียมไนโตรเจน (Nitrogen Gas Preparation)

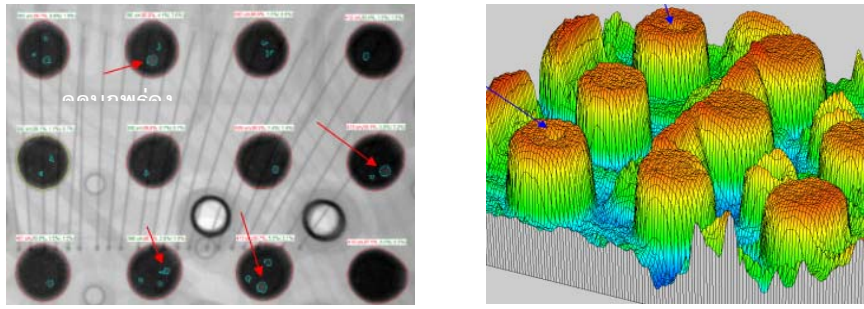
เป็นที่ทราบกันดีว่าเราต้องการบรรยากาศเพื่อช่วยในการบัดกรีโดยพิจารณาปริมาณไนโตรเจน เป็นทางเลือกที่ประหยัดที่สุด ไนโตรเจนสามารถจ่ายจากถังเก็บ (โดยทั่วไปเป็นของเหลว) ที่ความบริสุทธิ์มากกว่า 99.998% รักษาอุณหภูมิของไนโตรเจนที่ข้างนอกถังไว้ที่อุณหภูมิห้องโดยใช้ (ZO-802 Zirconia Oxygen Analyzer) วัดปริมาณออกซิเจนในอากาศและควบคุมที่ระดับ 50-1000 PPM

## 4. ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผล

จากตัวอย่างการทดสอบผลกระทบที่พื้นผิวการบัดกรีในบรรยากาศที่มีก๊าซไนโตรเจน ด้วยการควบคุม ปริมาณออกซิเจนขนาด 500 PPM ผลที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวทั้งหมดระหว่าง pad และจุดบัดกรีบริเวณรอยต่อ นั้นคือ Cu/Sn Intermetallic Compound รอยปริแตกตามแนวการเชื่อมตะกั่วอาจแสดงให้เห็นในหลายมิติของความเร็ว ในการเปลี่ยนสถานะตะกั่วกับความเร็วในการเปลี่ยนรูปทรงซ้ำ (SH, Fan, and YC, Chan, Senior Member BEE, XC, Zou, and ZQ, Yu, 1998) ดังนั้นความเสียหายอาจปรากฏในรูปของ Void และขยายตัว (growth) ลึกลงไปใน เนื้อโลหะแต่จะเห็นจาก Crack Tip ด้วยการ ใช้ X-ray microscope เพื่อตรวจสอบจกบกร่องของการบัดกรี ดังแสดงในภาพที่ 5 และ 6 จะแสดงภาพสามมิติของตำแหน่งจุดบกร่อง

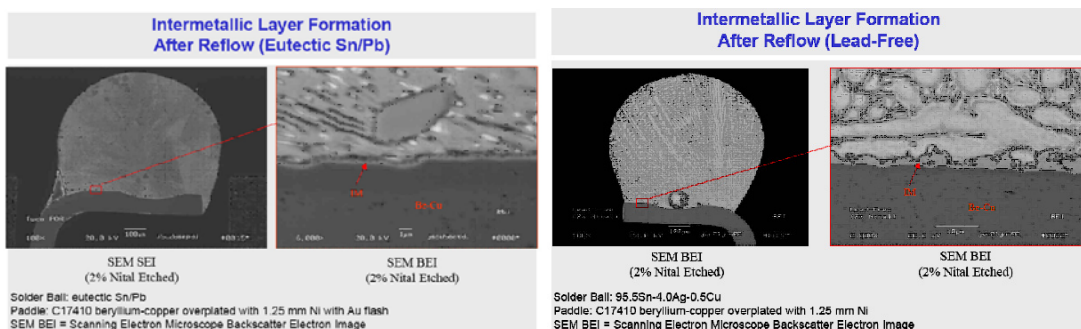


ภาพที่ 5 แสดงงานตัวอย่างที่ไม่พบจุดบกร่อง



ภาพที่ 6 (ก) แสดงงานตัวอย่างที่เกิดโพรงและ Voiding ปรากฏขึ้น (ข) แสดงตำแหน่งที่เกิดโพรงและ Voiding ในแบบสามมิติ

บางตัวอย่างที่มีความแตกต่างกันแต่ละชนิดของจุดบกพร่อง และจำนวนของจุดบกพร่อง แสดงให้เห็นว่า ภายใต้บรรยากาศที่มีแก๊สใน โตรเจนจะช่วยลดจุดบกพร่องที่รอยต่อของ Cu/solder ball ได้มากกว่าบรรยากาศที่มี เฉพาะอากาศ ball grid array package มีจุดหลอมเหลวสูง Pb/Sn(90/10) หรือ eutectic Sn/Pb (63/37) ลูกบอล เป็นตัวกลางในการเชื่อมกับพลาสติก BGA'S ส่วนใหญ่แล้วมี eutectic reflowed กับ flux paste ในกระบวนการ ของการบัดกรี eutectic ball จะหลอมเหลวและเชื่อมติดกับ Pad ทองแดง จากการทดสอบด้วยเครื่องขยายกำลังสูง SEM พบว่าการใช้ในโตรเจนนี้ในช่วงอุณหภูมิ eutectic Sn/Pb และ ตะกั่วแบบ Pb-free ไม่พบจุดบกพร่องใน ตัวอย่างทดสอบดังแสดง ใน ภาพที่ 7 เมื่ออุณหภูมิเข้าถึงและเกิน eutectic point บอลบัดกรีจะละลายและแพร่ กระจายจากจุดที่วางอยู่ทั่วทั้ง Pad เนื่องจากแรงเครียดของแผ่นผิวสิ่งเจือปนและ โพรงส่วนใหญ่เกิดบริเวณขอบ จุดบกพร่องเหล่านี้เป็นที่มาของผลกระทบต่อการแตกและลดความต้านทานต่อการกระทบ การวัดพื้นที่ของรู โดยใช้ระบบ Laser micro-measurement ให้คำนวณอัตราส่วนของพื้นที่ทั้งหมดของรูที่บริเวณเกิดความเครียด ทั้งหมดให้อัตราส่วนของการแปรผันกับความเข้มข้นของออกซิเจนมันอาจจะเห็นได้ว่ามีข้อบกพร่องในรอยบัดกรี ในบรรยากาศที่มีก๊าซในโตรเจนน้อยกว่าการบัดกรีในบรรยากาศที่มีเฉพาะอากาศหมายถึงการลดปริมาณ ออกซิเจนในอากาศนำไปสู่การลดจุดบกพร่องให้น้อยลง



ภาพที่ 7 แสดงการทดสอบด้วยเครื่องขยายกำลังสูง

## 5. สรุป

การเชื่อมประสานของการบัดกรีจะแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการเชื่อมต่ออย่างสมบูรณ์และความน่าเชื่อถือในแพ็คเกจอิเล็กทรอนิกส์ การแปรผันของแรงที่กระทำกับเวลาพลังงานเริ่มต้น และการแพร่กระจายของพลังงานกับปริมาณของออกซิเจนที่เข้ามาได้ผลสรุปดังนี้

1. แรงกระทำสูงสุดและผลกระทบของพลังงานในการประกอบ PBGA ในบรรยากาศที่มีก๊าซไนโตรเจนสูงกว่าในบรรยากาศที่มีอากาศอย่างเดียว

2. การลดลงของปริมาณออกซิเจนในบรรยากาศจาก 1000 PPM ถึง 50 PPM กระทำโดยการเพิ่มก๊าซไนโตรเจนจะเป็นการลดพลังงานเริ่มต้นของการกระทบปริมาณออกซิเจนที่ต่ำจะเป็นผลดีกับคุณสมบัติเชิงกลของจุกบัดกรี

3. แรงกระทบบนพื้นผิวปริแตกจะปรากฏขึ้นระหว่าง PCB Pad และจุกบัดกรีซึ่งเปราะในบริเวณรอยต่อผลกระทบของการแตกเริ่มจากข้อบกพร่องที่จุดเชื่อมของ Cu/Solder และกระจายตามแนวบัดกรี

## 6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก คุณ พงษ์ศักดิ์ โล่ห์ทองคำ ประธานเจ้าหน้าที่บริหาร บริษัท เอส วี ไอ จำกัด มหาชน

## 7. รายการอ้างอิง

- JH, Lau. 1995. "Solder joint reliability of flip chip and plastic ball grid array assemblies under thermal mechanical and vibration conditions." in **Proc Jpn Int Electron Manufact Technol Symp.** 19, 4: 13-19.
- SH, Fan, and YC, Chan. Senior Member BEE, XC, Zou, and ZQ, Yu. 1998. "The Effect Of Reflow Condition On The Characteristics Of PBGA Solder Joint." **IEEUCPMT Electronics Packaging Technology Conference.** 35, 2: 264-268.



**ตัววัดสมรรถนะและกรอบมาตรฐานด้านไอซีทีสำหรับพระภิกษุในมหาวิทยาลัยสงฆ์  
ของประเทศไทย**

**ICT COMPETENCY METRICS AND STANDARD FRAMEWORK FOR  
THE MONKS IN THAI BUDDHIST UNIVERSITIES**

สราวุธ คำเกิด<sup>1</sup>

ประสงค์ ปราณีตพลกรัง<sup>2</sup>

<sup>1</sup>นักศึกษาลัทธิพุทธวิทยาสาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: kuntayawuto@gmail.com

<sup>2</sup>รองศาสตราจารย์ หลัทธิพุทธวิทยาสาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail: prasong.pr@spu.ac.th

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากรอบมาตรฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร และเพื่อจัดทำกรอบมาตรฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสำหรับพระภิกษุในมหาวิทยาลัยสงฆ์ของประเทศไทย โดยได้ทำการศึกษกรอบมาตรฐานต่างๆที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารทั้งในและต่างประเทศ ทั้งนี้เพื่อนำประเด็นสำคัญของแต่ละมาตรฐานมาทำการเปรียบเทียบและสร้างเป็นเกณฑ์วัดสมรรถนะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสำหรับพระภิกษุในมหาวิทยาลัยสงฆ์ของประเทศไทย และทำการประชุมกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (Focus Group) จำนวน 2 รอบเพื่อทำการสอบถามถึงความเหมาะสมของกรอบมาตรฐานและทำการปรับปรุงให้เหมาะสมในการออกแบบสอบถาม และทำการออกแบบสอบถาม โดยมีกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการเก็บข้อมูลในครั้งนี้ จากพระภิกษุในมหาวิทยาลัยสงฆ์ทั้ง 2 แห่ง คือ มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย และมหาวิทยาลัยมหามกุฏราชวิทยาลัย จำนวน 80 รูป และทำการวิเคราะห์ข้อมูลหาค่าความเหมาะสมของกรอบมาตรฐานในแต่ละกลุ่มของผู้ปฏิบัติงานในมหาวิทยาลัยสงฆ์และทำการประชุมกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ เพื่อสอบถามความเหมาะสมของกรอบมาตรฐานเพื่อที่จะได้นำไปใช้เป็นกรอบมาตรฐานในลำดับต่อไป

ผลจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จะได้เกณฑ์วัดสมรรถนะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสำหรับพระภิกษุในมหาวิทยาลัยสงฆ์ของประเทศไทย ซึ่งผู้ที่เกี่ยวข้องของสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการกำหนดคุณสมบัติของพระภิกษุด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อให้เกิดความพร้อมและปรับศักยภาพด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสำหรับพระภิกษุได้

**คำสำคัญ :** ความรู้ด้านไอซีที ทักษะด้านไอซีที สมรรถนะด้านไอซีที

## **ABSTRACT**

The purpose of this research is to study information and communication technology standard and to provide information and communication technology standard framework for the monks in Thai Buddhist universities. The information in this project obtained by study both related domestic and international information and communication standard framework in order to compare the important issue of each standard and to create information and communication technology competency metrics for the monks in Thai Buddhist Universities. In addition, we arrange 2 rounds of focus group conference to inquire the appropriate standard framework as well as make an appropriate adjustment for designing the questionnaire and make a questionnaire. The samples used to gather this information are 80 monks from two universities including Mahachulalongkornrajavidyalaya University and Mahamakut Buddhist University and also analyze information to search for an appropriate level of standard in each group of performers within the monks in Thai Buddhist Universities. Moreover, providing conference for specialists to inquire an appropriate standard framework for operation.

The result from this research is to gain information and communication technology competency metrics for the monks in Thai Buddhist Universities so that related person can apply to determine the qualification of the monks in information and communication technology and to ensure the readiness and to enhance the potentiality in information and communication technology for the monks.

**KEYWORDS :** ICT Knowledge, ICT Skills, ICT Capacity

## **1. บทนำ**

ในปัจจุบันเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารหรือไอซีทีได้เข้ามามีบทบาทกับทางวัดและทางคณะสงฆ์มากขึ้น เพราะการดำเนินงาน การติดต่อสื่อสารผ่านระบบคอมพิวเตอร์หรือระบบอินเทอร์เน็ต ได้เข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องกับระบบการบริหารงานหรือการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารต่างๆของทางวัดและทางคณะสงฆ์ ที่ทางวัดต่างๆได้นำระบบสารสนเทศเข้ามาช่วยในการอำนวยความสะดวกในด้านการดำเนินงานกิจการของคณะสงฆ์ ทั้งยังเป็นการช่วยเผยแพร่ของมูลข่าวสารต่างๆของทางวัด เพราะปัจจุบันนี้สังคมเป็นสังคมที่เร่งรีบ การที่จะเลือกวัดทำบุญ ก็สามารถเข้าหาข้อมูลได้ด้วยเว็บไซต์ต่างๆ และยังเป็นการประชุมสัมพันธ์วัด เผยแผ่ศาสนา แนะนำวัด แนะนำการปฏิบัติธรรม เผยแพร่ภาพกิจกรรมการปฏิบัติธรรม และอื่นๆ ที่เกี่ยวกับพระพุทธศาสนา เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารจึงเป็นสิ่งที่พระภิกษุต้องเรียนรู้ โดยเฉพาะปัจจุบันมหาวิทยาลัยสงฆ์ได้นำเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเข้ามามีใช้ในการบริหารจัดการการศึกษาของคณะสงฆ์ แต่ทั้งนี้การนำระบบสารสนเทศเข้ามาใช้ในมหาวิทยาลัยสงฆ์นั้นยังไม่มีการจัดทำเกณฑ์วัดสมรรถนะของพระภิกษุว่าควรต้องมีความรู้ ทักษะ และสมรรถนะด้านไอซีทีอย่างไร หรือควรมีมาตรฐานด้านไอซีทีสำหรับพระภิกษุในมหาวิทยาลัยสงฆ์

อย่างไร ดังนั้นการจัดทำเกณฑ์วัดสมรรถนะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสำหรับพระภิกษุจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อที่จะได้เป็นตัวชี้วัดถึงขีดความสามารถของพระภิกษุและเป็นแนวทางในการพัฒนาขีดความสามารถของพระภิกษุทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ที่พระภิกษุจะนำไปใช้ในการเผยแผ่พระพุทธศาสนาและนำไปใช้ในด้านการกิจการของคณะสงฆ์ต่อไป

## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ ดังต่อไปนี้

2.1 เพื่อศึกษารอบมาตรฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสำหรับพระภิกษุในมหาวิทยาลัยสงฆ์ของประเทศไทย

2.2 เพื่อนำเสนอตัววัดสมรรถนะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสำหรับพระภิกษุในมหาวิทยาลัยสงฆ์ของประเทศไทย

## 3. ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัยในครั้งนี้อยู่ที่ผู้วิจัยได้ยึดแนวทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศหรือไอที ดังนี้

3.1 แนวทางพัฒนาบุคลากรไอซีที สำนักส่งเสริมอุตสาหกรรมเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ปี 2550-2554

3.2 แนวทางการพัฒนาบุคลากรด้านเทคโนโลยีสารสนเทศของประเทศไทย สำนักงานเลขาธิการคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศแห่งชาติ ปี 2537

3.3 แนวทางการพัฒนาความรู้และทักษะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศของข้าราชการ ศูนย์วิจัยและให้คำปรึกษา สถาบันบัณฑิตบริหารธุรกิจศศินทร์ ปี 2547

3.4 รอบมาตรฐานวิชาชีพผู้เชี่ยวชาญด้านผู้จัดการโครงการไอที สำนักส่งเสริมอุตสาหกรรมเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ปี 2553

## 4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษาเกณฑ์วัดสมรรถนะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสำหรับพระภิกษุในมหาวิทยาลัยสงฆ์ มีดังต่อไปนี้

4.1 สามารถใช้ประโยชน์จากฐานข้อมูลระดับความรู้ทางด้าน ไอซีทีของพระภิกษุในการวางแผนและกำหนดแนวทางการพัฒนาความสามารถทางด้าน ไอซีทีได้อย่างเหมาะสม

4.2 สามารถค้นหาและจัดระดับความสามารถทางด้าน ไอซีทีของพระภิกษุ เพื่อการพัฒนาให้พระภิกษุมีขีดความสามารถทางด้าน ไอซีทีในระดับสูง

4.3 เพื่อความพร้อมและความเข้มแข็งด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารให้กับพระภิกษุ อันที่จะเป็นที่พึงของประชาชนได้

4.4 เพื่อปรับสภาพของพระภิกษุให้สามารถรองรับศูนย์ไอซีที องค์การบริหารส่วนตำบล ศูนย์ไอซีทีชุมชนและศูนย์ไอซีทีภายในวัด

## 5. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### นโยบายเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารขององค์กรต่าง ๆ

นโยบายด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารขององค์กรต่างๆ ผู้วิจัยได้ศึกษาเพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ความสำคัญของเทคโนโลยีและการสื่อสารในปัจจุบัน ซึ่งนโยบายด้านไอซีที ของแต่ละองค์กรมีดังต่อไปนี้

**แผนแม่บทเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของประเทศไทย พ.ศ.2545-2549** Information and Communication Technology-ICT Master Plan หรือแผนแม่บทไอซีที (ICT) เป็นกรอบยุทธศาสตร์ ICT ปี 2544-2553 ของประเทศไทย ซึ่งคณะกรรมการเทคโนโลยีสารสนเทศแห่งชาติ (National Information Technology Committee-NITC) โดยมีนายกรัฐมนตรี เป็นประธานเห็นชอบได้ประกาศ “นโยบายเทคโนโลยีสารสนเทศระยะ พ.ศ. 2544-2553 ค.ศ. 2001-2010 หรือ IT2010” ให้ปี พ.ศ. 2545-2549 เป็นการนำร่องนโยบายแผนแม่บท IT2010 ลงสู่ภาคปฏิบัติ ในสาระสำคัญต่างๆ ดังนี้

1. ภายใต้กระบวนการวางแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 9 และการพัฒนาควบคู่ไปกับจุดมุ่งหมายความสัมฤทธิ์ผลของความอยู่รอดเศรษฐกิจไทยยุคโลกาภิวัตน์ และปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ขับเคลื่อนโดยนโยบายรัฐบาลยุคปัจจุบันแถลงไว้ต่อรัฐสภา ปี 2544 เกี่ยวกับ การพาณิชย์และเศรษฐกิจระหว่างประเทศ รัฐบาลมุ่งมั่นที่จะยกระดับนโยบายด้านการค้าต่างประเทศจากการเน้นเพียงเร่งรัดการส่งออกในทุกระดับสู่การพัฒนาเครือข่ายการค้าเข้าสู่ระดับโลก และสามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่เปลี่ยนแปลงได้อย่างทันการณ์ เพื่อให้เศรษฐกิจไทยผนึกและสอดรับเป็นส่วนหนึ่งของเศรษฐกิจโลกอันเข้มแข็งใน โลกยุคไร้พรมแดน โดยมีแนวทาง ยุทธศาสตร์การให้ความเข้มแข็งที่มีคุณภาพของเครือข่ายชุมชน โดยมุ่งเน้นความสัมฤทธิ์ผลของการประสานเชื่อมโยงการพัฒนาชนบทกับเมืองให้ยั่งยืน ซึ่งเน้นความต้องการและแก้ไขปัญหาของชุมชน ประชาชนส่วนใหญ่ที่เป็นรากหญ้าของประเทศ เป็นนโยบายที่รัฐบาลและการดำเนินการแผนงานจะต้องมีการบูรณาการร่วมกันกับกลไกของ ยุทธศาสตร์ การพัฒนาความเข้มแข็งวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรมให้เหมาะสมกับสังคม เศรษฐกิจ และการเมืองการปกครองของไทย

2. แผนแม่บท ICT ของประเทศไทย ปี 2545-2549 ได้บรรจุแนวทางยุทธศาสตร์การพัฒนาความเข้มแข็งทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ให้สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 9

3. จุดมุ่งหมายในการใช้ศักยภาพและประโยชน์จากการมีแผนแม่บท ICT เน้นด้านพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมโดยมีนโยบายด้านการเมืองการปกครองสมัยใหม่ เป็นแกนหลักในการบริหารเศรษฐกิจการค้าโดยรวมของประเทศ เพื่อความสัมฤทธิ์ผลสู่ การพัฒนาความสามารถในการแข่งขันและพัฒนาคุณภาพชีวิตที่ดีของประชาชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป้าหมายรวมมุ่งสู่ การเป็นสังคมไทยและ ให้เป็นเศรษฐกิจแห่งภูมิปัญญาและการเรียนรู้ (Knowledge-based Learning Economy) ที่สามารถใช้ภูมิปัญญาชุมชนสู่สังคมโลกได้อย่างยั่งยืน ส่งผลทำให้ประชาชนมีคุณภาพชีวิตที่ดี มีความสุขร่วมกัน ทั้งนี้ การใช้แผนแม่บท ICT จะต้องมีความสอดคล้องกับเศรษฐกิจพอเพียง ทนสมัย เป็นแรงขับเคลื่อนกิจกรรมโดยกำหนด แนวทางการพัฒนาของแผนและนโยบายยุทธศาสตร์ ICT ของประเทศ

4. นโยบาย ICT จะพัฒนาประเทศไทยสู่ เศรษฐกิจแห่งภูมิปัญญาและการเรียนรู้ ด้วยองค์ประกอบ

การบริหารจัดการ ICT ของประเทศ ในปัจจัยจำเป็นต่อความสำเร็จ (Critical Success Factors - CSF)

3 องค์ประกอบคือ

- 1) การลงทุนในการสร้างทรัพยากรมนุษย์ที่มีความรู้ที่เหมาะสมและทันการ (Build Human Capital)
- 2) การส่งเสริมให้มีความนวัตกรรมที่ทันการเปลี่ยนแปลงของโลกทั้งในระบบเศรษฐกิจและสังคม

(Promotion Innovation)

3) การลงทุนและการส่งเสริมให้มีความโครงสร้างพื้นฐานสารสนเทศ และอุตสาหกรรมเกี่ยวเนื่องอย่างจริงจังและต่อเนื่อง (Strengthen Information Infrastructure and Industry)

5. การบรรลุความสัมฤทธิ์ผล ICT ของประเทศไทย จะส่งผลให้เกิดการปรับปรุงในด้านต่างๆ ดังนี้

- 1) เพิ่มขีดความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเป็นเครื่องมือพัฒนาประเทศ
- 2) เพิ่มจำนวนแรงงานความรู้ของประเทศไทยจากประมาณร้อยละ 12 ให้เป็นร้อยละ 30 ของแรงงานทั้งหมดซึ่งเท่ากับค่าเฉลี่ยของแรงงานความรู้ของกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว
- 3) พัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ โดยเพิ่มสัดส่วนของมูลค่าอุตสาหกรรมที่เดียวข้องกับการใช้ความรู้เป็นพื้นฐานให้มูลค่าร้อยละ 50 ของผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติ (GDP)

6. กลยุทธ์สำคัญในการพัฒนาด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ที่หน่วยงานต่างๆ ใช้เป็นแนวทางการพัฒนาองค์กรแบ่งเป็น กลุ่มกลยุทธ์ ได้แก่ 5

- 1) เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการพัฒนาการบริหารจัดการของภาครัฐ (e-Government)
- 2) เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการพัฒนาทิศทางการตลาดสมัยใหม่ภาคพาณิชย์ (e-Commerce)
- 3) เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการพัฒนาทิศทางการผลิตสมัยใหม่ภาคอุตสาหกรรม (e-Industry)
- 4) เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อพัฒนาการศึกษา (e-Education)

เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการพัฒนาด้านสังคม (e-Society)

**แผนแม่บทเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ฉบับที่ 2) ของประเทศไทย พ.ศ. 2552-2556**

แผนแม่บทเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ฉบับที่ 2 ได้สารความต่อเนื่องทางนโยบายจาก IT2010 และแผนแม่บทเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของประเทศไทย (ฉบับที่ 1) พ.ศ. 2545 – 2549 ควบคู่ไปกับการกำหนดนโยบายใหม่และการปรับให้มีจุดเน้นในบางเรื่องที่เด่นชัดขึ้นจากแผนฯ ฉบับแรก เพื่อตอบรับการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยี เศรษฐกิจ และสังคมที่เป็นทั้งโอกาสและความท้าทายของประเทศไทย และในขณะเดียวกัน เพื่อมุ่งแก้ไขส่วนที่ยังเป็นจุดอ่อน และต่อ ยอดส่วนที่เป็นจุดแข็งของประเทศ เพื่อให้ประเทศไทยสามารถใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด อันจะช่วยนำไปสู่การบรรลุเป้าหมายของการพัฒนาประเทศตามที่กำหนดในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ซึ่งสามารถสรุปหลักการและประเด็นที่สำคัญของแผนแม่บทฯ ฉบับที่ 2 ได้ดังนี้

1. มีเป้าหมายในเชิงการพัฒนาสู่สังคมแห่งภูมิปัญญาและการเรียนรู้ ที่สอดคล้องกับทิศทางการพัฒนาประเทศตามที่กำหนดในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ซึ่งถือเป็นแผนพัฒนาฯ หลักของประเทศ

2. สานความต่อเนื่องทางนโยบายจาก IT 2010 แผนแม่บทเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของประเทศไทย (ฉบับที่ 1) พ.ศ. 2545-2549 โดยยังให้ความสำคัญกับการพัฒนาและประยุกต์ใช้ ICT ในด้านการค้า (e-Commerce) และอุตสาหกรรม (e-Industry) (ในยุทธศาสตร์ที่ 5 และ 6) ด้านการศึกษาและการพัฒนาคนและ

สังคม (e-Education and e-Society) (ในยุทธศาสตร์ที่ 1 และ 3) และในการดำเนินงานของภาครัฐ เพื่อสนับสนุนการสร้างธรรมาภิบาลในการบริหารและการบริการ (ในยุทธศาสตร์ที่ 4) นอกจากนี้ ได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาต่อยอดจากที่ได้ดำเนินการมาแล้วในช่วงแผนฯ ฉบับที่ 1 แต่ยังไม่บรรลุเป้าหมาย เพื่อให้เกิดผลที่เป็นรูปธรรมโดยเร็ว

3. มุ่งเน้นการแก้ไขสิ่งที่เป็นจุดอ่อนที่สำคัญของการพัฒนา ICT ของประเทศไทย 2 ประการเป็นลำดับแรก ได้แก่ 1) การพัฒนาคนให้มีความเฉลียวฉลาด (Smart) และรอบรู้สารสนเทศ (Information literacy) และ 2) การบริหารจัดการ ICT ระดับชาติ ให้ยึดหลักธรรมาภิบาล นอกจากนี้ยังให้ความสำคัญกับการเร่งพัฒนาโครงข่ายความเร็วสูง ให้มีการกระจายอย่างทั่วถึงและราคาเป็นธรรมเนื่องจากเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการพัฒนาในสังคมและเศรษฐกิจฐานความรู้และนวัตกรรม ที่อาศัย ICT เป็นพลังขับเคลื่อนหลัก และเป็นสิ่งที่ประเทศไทยยังมีระดับการพัฒนาที่ต่ำกว่าหลายๆประเทศ

4. สอดคล้องกับทิศทาง/เป้าหมายของการพัฒนา ICT ระดับนานาชาติ ที่ประเทศไทยได้เข้าร่วมแสดงเจตจำนง/จัดทำพันธกรณี โดยเฉพาะอย่างยิ่งเป้าหมายในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานสารสนเทศและการสร้างโอกาสในการเข้าถึง ICT ของประชาชนภายใน พ.ศ. 2558 (ค.ศ. 2015) เพื่อสร้างสังคมสารสนเทศ จากการประชุม World Summit on the Information Society และเป้าหมายในการเข้าถึงบริการอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงอย่างทั่วถึงและเท่าเทียม (Universal access to broadband) ภายในปี 2015 ตามปฏิญญากรุงเทพ ซึ่งรัฐมนตรีที่รับผิดชอบด้านสารสนเทศและการสื่อสารของกลุ่มประเทศ APEC ได้เห็นชอบร่วมกัน

5. ให้ความสำคัญกับการพัฒนาที่มุ่งเน้นให้เกิดธรรมาภิบาล ทั้งในส่วนของการบริหารจัดการ ICT ระดับชาติ ที่ต้องบริหารจัดการอย่างมีธรรมาภิบาล (ในยุทธศาสตร์ที่ 2) และการใช้ ICT ในภาครัฐ เพื่อช่วยสนับสนุนให้เกิดธรรมาภิบาลในการบริหารจัดการประเทศ (ในยุทธศาสตร์ที่ 4) ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10

## 6. วิธีการและขั้นตอนการวิจัย

1. ทำการศึกษารวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัววัดสมรรถนะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสารขององค์กรต่างๆ และร่างกรอบมาตรฐานเบื้องต้นสำหรับการประชุมร่วมกับผู้เชี่ยวชาญ

2. รวบรวมข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญในการสร้างกรอบมาตรฐาน โดยการประชุมกลุ่ม (Focus Group) โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ดังนี้

- |                           |   |
|---------------------------|---|
| 1. รศ.ดร.สุชาย ชนวเสถียร  | ผู้อำนวยการสถาบันวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม                            |
| 2. ดร.ศศิพร อุษณวสิน      | ผู้อำนวยการหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม |
| 3. นายธนกร มีหีบกอง       | ผู้ดูแลระบบสถาบันการพลศึกษา   |
| 4. นายรัฐ ใจรักษ์         | อาจารย์มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่   |
| 5. น.ส.ศุทธิลักษณ์ ชนะสุข | นักจัดหางานทั่วไปกระทรวงเกษตรและสหกรณ์  |

3. นำข้อมูลมาตรฐานด้านไอซีทีจากทั้งภายในและต่างประเทศมาทำการสร้างเกณฑ์วัดสมรรถนะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

4. ทำการประชุมกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ (Focus Group) ครั้งที่ 2 เพื่อสอบถามความคิดเห็นถึงความเหมาะสมของกรอบมาตรฐาน โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 4 ท่านดังนี้

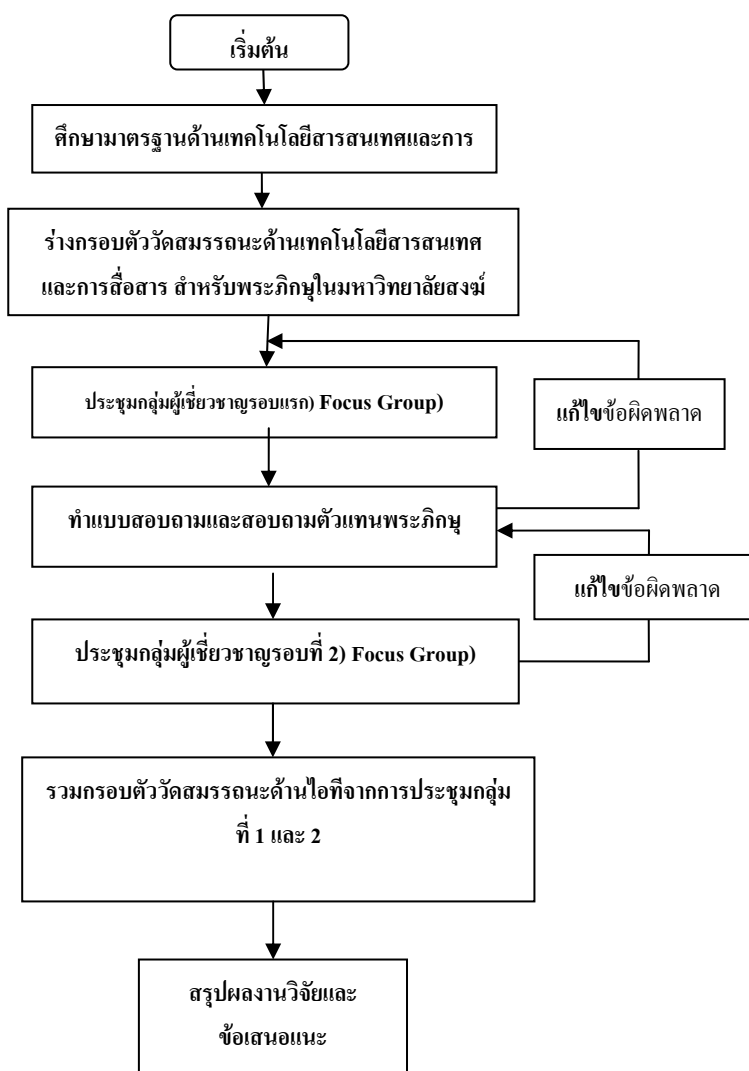
- |                                |   |
|--------------------------------|---|
| 1. รศ.ดร.ศัลยฤทธิ์ สว่างวรรณ   | รองศาสตราจารย์โรงเรียนนายเรืออากาศ  |
| 2. ดร.พิลาศพงษ์ ทรัพย์เสริมศรี | ผู้อำนวยการหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต<br>สาขาวิชาระบบสารสนเทศคอมพิวเตอร์<br>มหาวิทยาลัยศรีปทุม |
| 3. รศ.ดร.สุชาย ธนวิเสถียร      | ผู้อำนวยการสถาบันวิชาการสารสนเทศ<br>มหาวิทยาลัยศรีปทุม  |
| 4. รศ.ดร.ประสงค์ ปราณีตพลกรัง  | ผู้อำนวยการหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต<br>สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม              |

## 7. ประชากรหรือกลุ่มตัวอย่างที่เก็บข้อมูล

สำหรับประชากรหรือกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการเก็บข้อมูลในครั้งนี้ คือ ตัวแทนพระนักศึกษาจากมหาวิทยาลัยสงฆ์ทั้ง 2 แห่ง คือ มหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย และมหาวิทยาลัยมหามกุฏราชวิทยาลัย

## 8. เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูล

สำหรับข้อมูลนั้นใช้การวิเคราะห์เนื้อหา จากเอกสาร งานวิจัย บทความต่างๆ และวิเคราะห์จากการประชุมกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ เพื่อวิเคราะห์ความสอดคล้องของความคิดเห็นและนำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์และทำแบบสอบถามนั้นมาวิเคราะห์ด้วย ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

## 9. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ตัววัดสมรรถนะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศสำหรับพระภิกษุในมหาวิทยาลัยสงฆ์ของประเทศไทย ได้แบ่งการนำเสนอข้อมูลออกเป็น 5 ตอนตามลำดับดังนี้

1. จำนวนและร้อยละของประชากรกลุ่มตัวอย่างจะพบว่าเป็นพระภิกษุ จำนวน 59 รูปคิดเป็นร้อยละ 61.3 เป็นสามเณรจำนวน 31 รูปคิดเป็นร้อยละ 38.8 มีอายุไม่เกิน ปี จำนวน 20 26 รูปคิดเป็นร้อยละ 32.5 มีอายุระหว่าง 21-30 จำนวน 47 รูปคิดเป็นร้อยละ 58.8 มีอายุระหว่าง 31- 40 ปี จำนวน 7 รูป คิดเป็นร้อยละ 8.8 มีระดับการศึกษาแผนกสามัญศึกษา ต่ำกว่าปริญญาตรีจำนวน 3 รูป 2 คิดเป็นร้อยละ 40.0 และระดับปริญญาตรีจำนวน 48 รูปคิดเป็นร้อยละ 6 0.0 ส่วนระดับการศึกษาแผนกนักธรรม นักธรรมชั้นตรีจำนวน 6 รูปคิดเป็นร้อยละ 7. 5 นักธรรมชั้นโทจำนวน 20 รูปคิดเป็นร้อยละ 25.0 และนักธรรมชั้นเอกจำนวน 54 รูปคิดเป็นร้อยละ 64.5 และระดับการศึกษาแผนกบาลี ต่ำกว่าเปรียญธรรมประโยค 1 จำนวน 3 – 17 รูปคิดเป็นร้อยละ 21.3 รองลงมาเปรียญ



ธรรมประโยค 3 จำนวน 3 – 15 รูปคิดเป็นร้อยละ 43.8 เปรียบเทียบธรรมประโยค 4 – 6 จำนวน 25 รูปคิดเป็นร้อยละ 31.3 และเปรียบเทียบธรรม 7 – 9 จำนวน 3 รูป คิดเป็นร้อยละ 3.8

2. ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและการแปลค่า ความเหมาะสมด้าน **ความรู้ ทักษะ และ สมรรถนะ** ด้านไอซีทีของกลุ่มผู้บริหาร พบว่า ความเหมาะสมด้าน **ความรู้** ของกลุ่มผู้บริหาร มีระดับความเห็นด้วยปานกลาง ( $\bar{X} = 3.40$ ) มีความเห็นด้วยมาก 3 ด้าน และมีความเห็นด้วยปานกลาง 6 ด้าน ความเหมาะสมด้าน **ทักษะ** ของกลุ่มผู้บริหาร มีระดับความเห็นด้วยปานกลาง ( $\bar{X} = 3.41$ ) มีความเห็นด้วยมาก 2 ด้าน และมีความเห็นด้วยปานกลาง 8 ด้าน และความเหมาะสมด้าน **สมรรถนะ** ของกลุ่มผู้บริหาร มีระดับความเห็นด้วยมาก ( $\bar{X} = 3.51$ ) มีความเห็นด้วยมาก 6 ด้าน และมีความเห็นด้วยปานกลาง 4 ด้าน

สรุปผลคำตอบที่ได้จากการจัดทำแบบสอบถามความเหมาะสมด้าน **ความรู้ ทักษะและสมรรถนะ** ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของกลุ่มผู้บริหารที่มีระดับความเห็นด้วยมากขึ้นไป

#### ความรู้ด้านไอซีทีของกลุ่มผู้บริหาร

1. มีความรู้ในการวางแผนและบริหาร โครงการในกิจการของมหาวิทยาลัยสงฆ์
2. มีความรู้เกี่ยวกับงานในมหาวิทยาลัยสงฆ์
3. มีความรู้ในการบริหารงานการกำหนดทิศทางการศึกษาของคณะสงฆ์

#### ทักษะด้านไอซีทีของกลุ่มผู้บริหาร

1. มีทักษะในการจัดการโดยการใช้ไอซีทีให้สอดคล้องกับกลยุทธ์ของการพัฒนาองค์กร
2. มีทักษะในการกำหนดขอบเขตการใช้ไอซีทีให้เหมาะสมกับบทบาทของพระภิกษุ

#### สมรรถนะด้านไอซีทีของกลุ่มผู้บริหาร

1. มีมนุษยสัมพันธ์ มารยาทสังคม และมีระเบียบวินัยของพระภิกษุ
2. มีความสามารถในการติดต่อสื่อสารกับองค์กรภายนอกเพื่อขอความร่วมมือ
3. มีจิตบริการ จิตสำนึกองค์กรของความเป็นองค์กรคณะสงฆ์
4. มีความสามารถในการนำเสนองานและเจรจาต่อรองกับหน่วยงานภายนอก
5. มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ในการจัดทำแผนงาน โครงการด้านไอทีให้สอดคล้องกับนโยบายของทาง B คณะสงฆ์
6. มีจิตมุ่งมั่น สัมฤทธิ์ผล ในการดำเนินงานตามนโยบายการศึกษาของทางคณะสงฆ์

3. ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและการแปลค่า ความเหมาะสมด้าน **ความรู้ ทักษะ และ สมรรถนะ** ด้านไอซีทีของกลุ่มอาจารย์ พบว่า ความเหมาะสมด้าน **ความรู้** ของกลุ่มอาจารย์ มีระดับความเห็นด้วยมาก ( $\bar{X} = 3.59$ ) มีความเห็นด้วยมาก 7 ด้าน และมีความเห็นด้วยปานกลาง 3 ด้าน ความเหมาะสมด้าน **ทักษะ** ของกลุ่มอาจารย์ มีระดับความเห็นด้วยมาก ( $\bar{X} = 3.58$ ) มีความเห็นด้วยมาก 7 ด้าน และมีความเห็นด้วยปานกลาง 3 ด้าน และความเหมาะสมด้าน **สมรรถนะ** ของกลุ่มอาจารย์ มีระดับความเห็นด้วยมาก ( $\bar{X} = 3.59$ ) มีความเห็นด้วยมาก 8 ด้าน และมีความเห็นด้วยปานกลาง 2 ด้าน

สรุปผลคำตอบที่ได้จากการจัดทำแบบสอบถามความเหมาะสมด้าน **ความรู้ ทักษะและสมรรถนะ** ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของกลุ่มอาจารย์ที่มีระดับความเห็นด้วยมากขึ้นไป

**ความรู้ด้านไอซีทีของกลุ่มอาจารย์**

1. มีความรู้ความเข้าใจในการนำไอทีเข้ามาช่วยในการจัดการเนื้อหาการเรียนการสอน
2. มีความรู้เรื่องการนำไอทีเข้ามาช่วยในการสร้างเอกสารเพื่อการสอน
3. มีความรู้การใช้อินเทอร์เน็ต อีเมลล์ การใช้บริการเว็บเพื่อติดต่อ รับส่งข้อมูลในมหาวิทยาลัย
4. มีความรู้การใช้ฐานข้อมูลในการสืบค้นข้อมูลและสร้างเอกสารรายงาน
5. มีความรู้ในการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการเรียนการสอนของทางมหาวิทยาลัยสงฆ์
6. มีความรู้ในการนำไอทีเข้ามาช่วยในการสนองงานกิจการการเรียนการสอนของทางคณะสงฆ์
7. มีความรู้ในการนำไอทีมาช่วยในการเผยแพร่หลักธรรมคำสอนทางพระพุทธศาสนา

**ทักษะด้านไอซีทีของกลุ่มอาจารย์**

1. มีทักษะในการนำไอทีเข้ามาช่วยในการสืบค้นข้อมูล
2. มีทักษะในการนำไอทีเข้ามาช่วยในการจัดเก็บข้อมูลได้อย่างเป็นระบบ
3. มีทักษะในการนำไอทีเข้ามาช่วยในการนำเสนอข้อมูลเผยแพร่ข้อมูลการเรียนการสอน
4. มีทักษะในการใช้ไอทีสื่อความหมายได้ชัดเจนของการนำเสนองาน
5. มีทักษะในการใช้อินเทอร์เน็ตอินทราเน็ตภายในมหาวิทยาลัย/
6. มีทักษะในการแก้ปัญหาเฉพาะหน้ากับปัญหาในระบบไอที
7. มีทักษะในการนำไอทีมาช่วยในการสร้างแรงจูงใจในการเรียนการสอน

**สมรรถนะด้านไอซีทีของกลุ่มอาจารย์**

1. มีจิตสำนึกในการให้บริการทางด้านการศึกษาดำเนินนโยบายของทางคณะสงฆ์
2. มีการทำงานเป็นทีมและมีการประสานงานที่ดีกับทางมหาวิทยาลัยสงฆ์และทางคณะสงฆ์ผู้บริหาร
3. มีความใฝ่รู้ทางด้านไอทีเพื่อพัฒนาตนเอง
4. มีจิตมุ่งมั่นสัมฤทธิ์ผลต่อการดำเนินงานสนองงานของทางคณะสงฆ์
5. มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการนำไอทีเข้ามาช่วยเป็นสื่อการเรียนการสอน
6. มีความซื่อสัตย์ สุจริต ในหน้าที่การงาน
7. มีคุณธรรม จริยธรรม ซื่อสัตย์ และเป็นผู้ทรงในพระธรรมวินัย
8. มีพฤติกรรมเหมาะสมกับพระภิกษุที่มีกรอบการดำเนินชีวิตคือพระธรรมวินัย

4. ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและการแปลค่า ความเหมาะสมด้าน **ความรู้ ทักษะ และ สมรรถนะ** ด้านไอซีทีของกลุ่มผู้ปฏิบัติงาน พบว่า ความเหมาะสมด้าน **ความรู้** ของกลุ่มผู้ปฏิบัติงาน มีระดับความเห็นด้วยมาก ( $\bar{X} = 3.54$ ) มีความเห็นด้วยมาก 5 ด้าน และมีความเห็นด้วยปานกลาง 5 ด้าน ความเหมาะสมด้าน **ทักษะ** ของกลุ่มผู้ปฏิบัติงาน มีระดับความเห็นด้วยมาก ( $\bar{X} = 3.60$ ) มีความเห็นด้วยมาก 8 ด้าน และมีความเห็นด้วยปานกลาง 2 ด้าน และความเหมาะสมด้าน **สมรรถนะ** ของกลุ่มผู้ปฏิบัติงาน มีระดับความเห็นด้วยปานกลาง ( $\bar{X} = 3.49$ ) มีความเห็นด้วยมาก 5 ด้าน และมีความเห็นด้วยปานกลาง 5 ด้าน

สรุปผลคำตอบที่ได้จากการจัดทำแบบสอบถามความเหมาะสมด้าน **ความรู้ ทักษะและสมรรถนะ** ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของกลุ่มผู้ปฏิบัติงานที่มีระดับความเห็นด้วยมากขึ้นไป

### ความรู้ด้านไอซีทีของกลุ่มผู้ปฏิบัติงาน

1. มีความรู้ในด้านการบริหารการปฏิบัติงานและการบริการระบบสารสนเทศภายในมหาวิทยาลัยสงฆ์
2. มีความรู้ด้านการบริหารบุคลากรด้านไอทีในมหาวิทยาลัยสงฆ์
3. มีความรู้ความสามารถด้านบริการจัดซื้อ จัดจ้าง จัดหาเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับทางมหาวิทยาลัยสงฆ์
4. มีความรู้ด้านการปรับเปลี่ยนการปฏิบัติงานในมหาวิทยาลัยสงฆ์ให้มีประสิทธิภาพโดยนำไอทีเข้ามาช่วยในการดำเนินงาน
5. มีความรู้ในการกำหนดขอบเขตการใช้ไอทีที่เหมาะสมกับบทบาทของพระภิกษุ

### ทักษะด้านไอซีทีของกลุ่มผู้ปฏิบัติงาน

1. มีทักษะในการบริหารจัดการด้านระบบสารสนเทศภายในมหาวิทยาลัยสงฆ์
2. มีทักษะในการจัดการทรัพยากรบุคคลด้านไอทีในมหาวิทยาลัยสงฆ์
3. มีทักษะในการกำหนดนโยบาย แผนงาน โครงการในการใช้ไอทีพัฒนาขับเคลื่อนหน่วยงาน
4. มีทักษะในการควบคุมความเสี่ยงด้านระบบไอที
5. มีทักษะในการแก้ปัญหาและการตัดสินใจในการจัดการด้านระบบไอที
6. มีทักษะในการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าที่เกิดกับระบบไอที
7. มีทักษะในการจัดการระบบความเสี่ยงภายในหน่วยงานได้
8. มีทักษะในการให้คำปรึกษาด้านไอทีกับบุคลากรภายในมหาวิทยาลัย

### สมรรถนะด้านไอซีทีของกลุ่มผู้ปฏิบัติงาน

1. มีความสามารถในการติดต่อสื่อสารเพื่อขอความร่วมมือกับองค์กรหรือหน่วยงานภายนอก
2. มีความสามารถในการทำงานเป็นทีมและมีการประสานงานภายในหน่วยงานและหน่วยงานภายนอก
3. มีความสามารถในการวางแผนกลยุทธ์ กำหนดนโยบายในการนำไอทีมาใช้ให้เหมาะสมกับองค์กร
4. มีความสามารถในการวางแผน และควบคุมการใช้งานด้านไอทีของพระภิกษุ
5. มีพฤติกรรมเหมาะสมกับความเป็นสมณะที่มีกรอบการดำเนินชีวิตคือพระธรรมวินัย

5. ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานและการแปลค่า ความเหมาะสมด้าน **ความรู้ ทักษะ และ สมรรถนะ** ด้านไอซีทีของกลุ่มนักศึกษา พบว่า ความเหมาะสมด้าน **ความรู้** ของกลุ่มนักศึกษา มีระดับความเห็นด้วยมาก ( $\bar{x} = 3.68$ ) มีความเห็นด้วยมาก 9 ด้าน และมีความเห็นด้วยปานกลาง 1 ด้าน ความเหมาะสมด้าน **ทักษะ** ของกลุ่มนักศึกษา มีระดับความเห็นด้วยมาก ( $\bar{x} = 3.63$ ) มีความเห็นด้วยมาก 10 ด้าน และความเหมาะสมด้าน **สมรรถนะ** ของกลุ่มนักศึกษา มีระดับความเห็นด้วยมาก ( $\bar{x} = 3.69$ ) มีความเห็นด้วยมาก 10 ด้าน

สรุปผลคำตอบที่ได้จากการจัดทำแบบสอบถามความเหมาะสมด้าน **ความรู้ ทักษะ และ สมรรถนะ** ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของกลุ่มนักศึกษาที่มีระดับความเห็นด้วยมากขึ้นไป

**ความรู้ด้านไอซีทีของกลุ่มนักศึกษา**

1. มีความรู้ในการนำไอทีเข้ามาช่วยดำเนินการทางการศึกษา
2. มีความรู้ในการสืบค้นข้อมูลข่าวสารบนอินเทอร์เน็ต
3. มีความรู้ในการใช้บริการอีเมลล์ (e-mail)
4. มีความรู้ในการนำไอทีเข้ามาช่วยรับส่งข้อมูลข่าวสารของทางมหาวิทยาลัย
5. มีความรู้ในการนำไอทีเข้ามาช่วยในการนำเสนอเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารทางพุทธศาสนา
6. ความรู้เกี่ยวกับวิธีการใช้ข้อมูลของตนเองเป็นหลัก
7. มีความรู้ด้านการนำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน
8. มีความรู้ในการนำไอทีไปใช้ให้เหมาะสมและเกิดประโยชน์กับทางวัดหรือกิจการของทางคณะ

สงฆ์

9. มีความรู้ถึงขอบเขตของการใช้งานไอทีที่เหมาะสมกับบทบาทของพระภิกษุ

**ทักษะด้านไอซีทีของกลุ่มนักศึกษา**

1. มีทักษะในการนำไอทีเข้าช่วยในการสืบค้นข้อมูล
2. มีทักษะในการนำไอทีเข้ามาช่วยในการจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ
3. มีทักษะในการนำไอทีเข้ามาช่วยในการนำเสนอข้อมูลเผยแพร่ข้อมูลการเรียนการสอน
4. มีทักษะในการสื่อความหมายได้ชัดเจนของการนำเสนอ
5. มีทักษะในการใช้บริการอินเทอร์เน็ตอินทราเน็ตภายในมหาวิทยาลัยและภายนอก/
6. มีทักษะในการแก้ปัญหาเฉพาะหน้ากับปัญหาของระบบ ไอที
7. การติดต่อสื่อสารกับพนักงานในมหาวิทยาลัยเพื่อขอความร่วมมือทางด้านเทคโนโลยี
8. มีความคิดสร้างสรรค์ในการนำไอทีมาช่วยในการจัดการการศึกษาของตนเอง
9. มีความเป็นผู้ดำเนินการวางแผนการใช้งานไอทีให้เหมาะสมกับทางคณะสงฆ์
10. มีทักษะในการใช้ภาษาอังกฤษและสื่อสารได้ในเบื้องต้น

**สมรรถนะด้านไอซีทีของกลุ่มนักศึกษา**

1. มีจิตสำนึกในการรับการศึกษาตามหลักสูตรของทางคณะสงฆ์
2. มีการทำงานเป็นทีมและมีการประสานงานที่ดี
3. มีความใฝ่รู้ทางด้านไอทีเพื่อพัฒนาตนเอง
4. มีความอุทิศทุ่มเทในการศึกษาเพื่อนำไปใช้ในการเผยแพร่หลักคำสอน
5. มีความสามารถในการบริหารการศึกษาของตนเอง
6. มีจิตมุ่งมั่นสัมฤทธิ์ผลทางการศึกษา
7. มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการนำไอทีเข้ามาช่วยในกิจการของทางคณะสงฆ์
8. มีความซื่อสัตย์ สุจริต
9. มีคุณธรรม จริยธรรม ซื่อสัตย์ และประพฤติตนตามหลักพระธรรมวินัย
10. มีพฤติกรรมเหมาะสมกับความเป็นสมณะที่มีกรอบการดำเนินชีวิตคือพระธรรมวินัย

## 10. อภิปรายผล

การศึกษาและออกแบบร่างมาตรฐานตัววัดสมรรถนะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสำหรับพระภิกษุในมหาวิทยาลัยสงฆ์ของประเทศไทยนี้ ทำให้ทราบถึงความเหมาะสมของการใช้งานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของพระภิกษุ รวมถึงความต้องการของพระภิกษุ ที่ต้องการจะพัฒนาและเพิ่มขีดความรู้ ทักษะ และสมรรถนะด้านไอซีที อีกทั้งยังช่วยในการประเมินผลคุณภาพของพระภิกษุด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร และสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในพัฒนาขีดความสามารถของพระภิกษุและในด้านนี้ต่อไป

โดยการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเห็นว่ามหาวิทยาลัยสงฆ์ของประเทศไทยนั้นยังต้องมีการปรับปรุงและพัฒนา นโยบาย โดยจะต้องมีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเข้ามาใช้ในมหาวิทยาลัยอย่างเป็นระบบ เพื่อที่พระภิกษุผู้เกี่ยวข้องจะได้มีโอกาสในการพัฒนาฝึกฝนตนเองทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ และต้องมีการจัดฝึกอบรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารให้แก่พระภิกษุในมหาวิทยาลัยสงฆ์ เพื่อเป็นการพัฒนาศักยภาพด้านไอซีทีและแนะนำแนวทางการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารได้อย่างเหมาะสมกับบทบาทของพระภิกษุ ที่มีกรอบการดำเนินชีวิตคือพระธรรมวินัย

## 11. ข้อเสนอแนะ

ในการทำสารนิพนธ์ครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ค้นพบและมีข้อเสนอแนะใน 2 แนวทางคือ

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้งานและ
2. ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยในอนาคต

ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

### ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้งาน

ถ้าหากผู้สนใจจะนำงานวิจัยนี้ไปใช้งานจริง ผู้วิจัยมีข้อแนะนำดังต่อไปนี้

1. จัดให้มีการประชุมในมหาวิทยาลัยสงฆ์ หรือพระภิกษุที่มีส่วนเกี่ยวข้องเพื่อสำรวจความต้องการเกี่ยวกับการนำร่างมาตรฐานมาใช้
2. นำข้อตกลงที่ได้รับความเห็นชอบมาดำเนินการออกแบบและนำร่างมาตรฐานมาปรับใช้ให้เกิดความเหมาะสมกับบทบาทของพระภิกษุในมหาวิทยาลัยสงฆ์
3. ติดตามการดำเนินงานและประเมินผลลัพธ์ที่ได้จากการนำร่างมาตรฐานมาใช้ เพื่อหาข้อบกพร่องและดำเนินการแก้ไขตามความเหมาะสม

### ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยในอนาคต

1. การวิจัยในครั้งนี้ เป็นการวิจัยเพื่อศึกษาตัววัดสมรรถนะด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารสำหรับพระภิกษุในมหาวิทยาลัยสงฆ์ของประเทศไทย โดยทำการศึกษาเกี่ยวกับมาตรฐานของหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง แต่บางมาตรฐานจะมีการปรับเปลี่ยนให้ทันสมัยอยู่เสมอ เนื่องจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นเพื่อให้ทันต่อความก้าวหน้าของเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่เกิดขึ้น ผู้สนใจที่จะนำงานวิจัยนี้ไปวิจัยต่อ ควรจะมีการศึกษาเพิ่มเติม ติดตามการเปลี่ยนแปลงของการปรับปรุงมาตรฐานต่างๆ ทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

2. งานวิจัยนี้สามารถนำไปอ้างอิงเพื่อทำการศึกษาวิจัยเพื่อออกแบบหลักสูตรการฝึกอบรมสำหรับ  
พระภิกษุด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารต่อไปได้

## 12. รายการอ้างอิง

บัญชา สํารวจรัตน์. 2540. การพัฒนาเกณฑ์การประเมินโครงการฝึกอบรมคอมพิวเตอร์แก่ข้าราชการตามมติ

คณะรัฐมนตรี. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปิยาภรณ์ คำเวียงจันทร์. 2551. แผนพัฒนาสมรรถนะบุคลากรงานเทคโนโลยีและสารสนเทศ โรงเรียนเซนต์หลุยส์

ฉะเชิงเทรา. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.

พรรณี สวนเพลง. 2550. โครงการพัฒนาบุคลากร ICT ของประเทศไทย ปี 2548-2557. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัย

ราชภัฏสวนดุสิต.

**ลักษณะพยาธิสภาพทางจิตของผู้ป่วยที่มีความผิดปกติจากการดื่มแอลกอฮอล์**  
**PSYCHOPATHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF PATIENTS WITH**  
**ALCOHOL USE DISORDERS**

วิหุดา ยะสินธุ์<sup>1</sup>

ดร. สุชีรา ภัทรายุตวรรตน์<sup>2</sup>

กนกรัตน์ สุชะตุงคะ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาจิตวิทยาคลินิก คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล  
มหาวิทยาลัยมหิดล

E-mail: enjoypsy@yahoo.com

<sup>2</sup> รองศาสตราจารย์ สาขาวิชาจิตวิทยาคลินิก คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล  
มหาวิทยาลัยมหิดล

E-mail: sisucheera@gmail.com

E-mail: ks93232@gmail.com

### บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงพรรณนา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะพยาธิสภาพทางจิตของผู้ป่วยที่มีความผิดปกติจากการดื่มแอลกอฮอล์และศึกษาความเกี่ยวข้องระหว่างพฤติกรรมกรรมการดื่มแอลกอฮอล์กับลักษณะพยาธิสภาพทางจิตของผู้ป่วยที่มีความผิดปกติจากการดื่มแอลกอฮอล์ ที่มารับการรักษา ณ โรงพยาบาลสวนปรุง จำนวน 200 คน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา มี 2 ส่วน คือ 1) แบบสัมภาษณ์ข้อมูลส่วนบุคคลและข้อมูลเกี่ยวกับการดื่มแอลกอฮอล์ 2) แบบทดสอบ Millon Clinical Multiaxial Inventory-III (MCMI-III) ฉบับภาษาไทย ซึ่งมีเกณฑ์ว่าคะแนน Base Rate score (BR) 85 ขึ้นไป ถือว่ามีความผิดปกติ การศึกษานี้ใช้สถิติเชิงบรรยายในการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนบุคคล, ข้อมูลเกี่ยวกับการดื่มแอลกอฮอล์และลักษณะพยาธิสภาพทางจิต การเปรียบเทียบความแตกต่างของลักษณะพยาธิสภาพทางจิตกับพฤติกรรมกรรมการดื่มแอลกอฮอล์ โดยใช้ t-test ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ (83.5%) มีอัตราการเกิดโรคจิตเวชร่วมและเมื่อแยกตาม Axis พบว่าใน Axis II พบบุคลิกภาพผิดปกติ 55.5 เปอร์เซ็นต์ ประเภทบุคลิกภาพผิดปกติที่พบมากที่สุด 3 ลำดับแรกคือ Dependent 24.0%, Negativistic (Passive-Aggressive) 16.5%, Depressive 13.0% ใน Axis I พบกลุ่มอาการทางจิตเวช 80.5 เปอร์เซ็นต์ โดยกลุ่มอาการที่พบมากที่สุด 3 ลำดับแรกคือ Anxiety 63.0%, Alcohol dependent 62.0%, Dysthymia 12.0% นอกจากนี้ยังพบว่ากลุ่มตัวอย่างที่มีพฤติกรรมกรรมการดื่มแอลกอฮอล์ที่แตกต่างกันมีลักษณะพยาธิสภาพทางจิตที่แตกต่างกัน ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงลักษณะพยาธิสภาพทางจิตของผู้ป่วยที่มีความผิดปกติจากการดื่มแอลกอฮอล์ทั้ง Axis I และ Axis II ในอัตราที่ค่อนข้างสูง ซึ่งอาจเป็นอุปสรรคต่อการบำบัดรักษาความผิดปกติจากการดื่มแอลกอฮอล์ หรือทำให้ผลการรักษาไม่ดีเท่าที่ควร จากการศึกษาวิจัยนี้จึงเสนอแนะว่าควรประเมินลักษณะพยาธิ

สภาพทางจิตในผู้ป่วยที่มีความผิดปกติจากการดื่มแอลกอฮอล์ให้ครอบคลุมเพื่อให้ผู้ป่วยได้รับประโยชน์สูงสุดจากการรักษา และเป็นแนวทางในการตัดสินใจเลือกการบำบัดรักษาให้เหมาะสมกับผู้ป่วย โดยดูจากพื้นฐานบุคลิกภาพและโรคร่วมทางจิตเวช

**คำสำคัญ:** ผู้ป่วยที่มีความผิดปกติจากการดื่มแอลกอฮอล์ ลักษณะพยาธิสภาพทางจิต

## ABSTRACT

A descriptive study with the objective of studying the psychopathological characteristics of patients with alcohol use disorders and correlation between the alcohol consumption behaviors and psychopathological characteristics of 200 patients who receiving treatment at Suanprung Psychiatric Hospital. Two research tools were used in this study, namely 1) personal information survey pertaining top alcohol consumption and 2) the Thai version of the Millon Clinical Multiaxial Inventory (MCMI-III). This study utilized descriptive statistics in the analysis of personal information, alcohol consumption and psychopathological characteristics, and t-test was used for comparison between psychopathological characteristics and alcohol consumption behaviors. The results found that most of the sample group (83.5%) had psychiatric co morbid, which when segregated by Axis, Axis II it was found that personality disorders which revealed 55.5%. The three most common personality disorders types were Dependent (24.0%), Negativistic (Passive-Aggressive) (16.5), and the Depressive (13.0%). Axis I found that psychological symptoms for 80.5% of the group, with the three most common group being Anxiety (63.0%), Alcoholism (62.0%), Dysthymia (12.0%). Additionally, it was also found that the sample group displayed a variety of alcohol consumption and psychopathological symptoms. The results of the study showed a rather high rate of psychopathological characteristics of patients with alcohol use disorders in Axis I and Axis II which might present an obstacle to the treatment of alcohol use disorder or stall the result of the treatment. Therefore, patients with alcohol use disorders must be evaluated psychopathological characteristics, they will received the full benefit from treatment and have guideline for proper management, based on their personality and psychological diseases.

**KEYWORDS :** Alcohol Use Disorders, Psychopathological Characteristics

## 1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การบริโภคแอลกอฮอล์ถือเป็นปัญหาหนึ่งที่สำคัญของโลก และนับวันสถานการณ์จะยิ่งมีความรุนแรงมากขึ้น จากรายงานขององค์การอนามัยโลก (WHO, 2004) พบว่าประชากรจำนวน 76.3 ล้านคนถูกวินิจฉัยว่าเป็นผู้ที่มีความผิดปกติจากการดื่มแอลกอฮอล์ และคนไทยมีปริมาณการดื่มแอลกอฮอล์สูงเป็นอันดับ 42 ของโลก จากการศึกษาความชุกและภาวะสุขภาพจิตของคนไทยที่ติดสุรา ของปริทรรศ ศิลปกิจและคณะ (2542) พบว่า



กลุ่มตัวอย่าง 9.3% อยู่ในเกณฑ์ติดสุราและอีก 8.3% เข้าข่ายน่าสงสัย จากรายงานผลการปฏิบัติงานของโรงพยาบาลสวนปรุง (2551) จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งเป็นโรงพยาบาลจิตเวชในเขตภาคเหนือของประเทศไทย พบว่าสถิติผู้ที่มีความผิดปกติจากการดื่มแอลกอฮอล์ที่เข้ารับการรักษาแผนกผู้ป่วยใน ในปีงบประมาณ 2549, 2550 และ 2551 จำนวนเฉลี่ย 3 ปีที่ผ่านมาเท่ากับ 709 ราย การศึกษาถึงลักษณะพยาธิสภาพทางจิตในผู้ที่มีความผิดปกติจากการดื่มแอลกอฮอล์พบว่ามักมีโรคร่วม (co morbidity) คือ โรคทางอารมณ์ (Schneider และคณะ, 2001) โรควิตกกังวลและบุคลิกภาพผิดปกติ (Bowden-Jones และคณะ, 2004; Fernánde-Montalvo และคณะ, 2006) การศึกษาลักษณะพยาธิสภาพทางจิตของผู้ป่วยที่มีความผิดปกติจากการดื่มแอลกอฮอล์ นั้นจะทำให้เข้าใจลักษณะพื้นฐานของผู้ป่วยมากขึ้นและสามารถใช้เป็นแนวทางในการบำบัดได้ การประเมินลักษณะพยาธิสภาพทางจิตนั้นงานวิจัยส่วนใหญ่มักใช้วิธีรายงานตนเอง (Self report inventory) เป็นเครื่องมือเพราะใช้เวลาน้อย, มีระบบการคิดคะแนนชัดเจน ซึ่งแบบทดสอบ Millon Clinical Multiaxial Inventory (MCMI) เป็นแบบทดสอบที่ถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลาย จุดเด่นคือ พัฒนาสอดคล้องไปพร้อมกับระบบ DSM-IV, Scale ต่างๆถูกพัฒนาให้ง่ายต่อการแปลผล มีประสิทธิภาพสูงในการใช้ประเมินเพื่อประกอบการวินิจฉัยโรคและใช้เวลาในการทำงานน้อยเมื่อเทียบกับแบบทดสอบในระดับเดียวกัน (Millon และคณะ 1997; Millon และคณะ, 2004) ในประเทศไทย ธีรรัตน์ ศรีสุโข และส่อง โสม พึ่งพงศ์ (2550) ได้แปลแบบทดสอบ MCMI-III เป็นฉบับภาษาไทยและหาความแม่นยำตรงในกลุ่มผู้ป่วยจิตเวชไทยแล้ว จากปัญหาและแนวคิดที่ได้กล่าวมา ทำให้ผู้วิจัย สนใจที่จะศึกษาลักษณะพยาธิสภาพทางจิตในผู้ป่วยที่มีความผิดปกติจากการดื่มแอลกอฮอล์ โดยใช้แบบทดสอบ MCMI-III ฉบับภาษาไทย เพื่อนำข้อมูลที่ได้อมาเป็นแนวทางในการวางแผนการบำบัดรักษาที่เหมาะสมกับผู้ป่วยกลุ่มนี้ต่อไป

## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาลักษณะพยาธิสภาพทางจิตของผู้ป่วยที่มีความผิดปกติจากการดื่มแอลกอฮอล์และความเกี่ยวข้องกับระหว่างพฤติกรรมกรรมการดื่มแอลกอฮอล์กับลักษณะพยาธิสภาพทางจิตของผู้ป่วยที่มีความผิดปกติจากการดื่มแอลกอฮอล์

## 3. การทบทวนวรรณกรรม

ในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา มีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะพยาธิสภาพทางจิตของผู้ติดแอลกอฮอล์อย่างต่อเนื่อง ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในต่างประเทศ โดยพบว่าผู้ติดแอลกอฮอล์มักมีโรคจิตเวชร่วม เช่น การศึกษาของ Flensburg-Madsen และคณะ (2009) พบว่าผู้ป่วยที่มีความผิดปกติจากการดื่มแอลกอฮอล์ 50.3 เปอร์เซ็นต์มีโรคร่วมทางจิตเวช คือ โรคทางอารมณ์และการใช้สารในทางที่ผิด เช่นเดียวกับการศึกษาของ Schneider และคณะ (2001) พบโรคร่วมคือ โรควิตกกังวลและโรคทางอารมณ์รวมทั้งรายงานการศึกษาในประเทศไทยของอรรณูญา แพทย์ และนรณัฐญา ศรีบูรพา (2549) ที่พบความชุกของการเกิดโรคจิตร่วมในผู้ติดสุราร้อยละ 60.0 นอกจากนี้ยังพบว่าผู้ที่มีความผิดปกติจากการดื่มแอลกอฮอล์มีบุคลิกภาพผิดปกติร่วมด้วยค่อนข้างสูง เช่น การศึกษาของ Bowden-Jones และคณะ (2004) พบความชุกของบุคลิกภาพผิดปกติในกลุ่มตัวอย่างผู้ติดแอลกอฮอล์ 53 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับการศึกษาของ Fernánde-Montalvo และคณะ (2006) พบความชุกของบุคลิกภาพผิดปกติในผู้ติดแอลกอฮอล์ 52 เปอร์เซ็นต์

#### 4. ขอบเขตของการวิจัย

##### 4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างจะถูกสุ่มจากกลุ่มประชากร คือ ผู้ป่วยที่ได้รับการวินิจฉัยเป็นความผิดปกติจากการดื่มแอลกอฮอล์ จำนวน 200 คน ที่มารับการรักษา ณ โรงพยาบาลสวนปรุง

##### 4.2 การรวบรวมข้อมูล

1. ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยผู้วิจัย และทำการทดสอบเป็นรายบุคคล
2. ตรวจสอบความครบถ้วนของข้อมูลและนำข้อมูลที่ได้มาตรวจให้คะแนนตามหลักเกณฑ์ในคู่มือเพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติต่อไป

##### 4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ลักษณะข้อมูลที่ได้จากแบบสัมภาษณ์ข้อมูลส่วนบุคคล ข้อมูลเกี่ยวกับการดื่มแอลกอฮอล์ และลักษณะพยาธิสภาพทางจิต ใช้สถิติเชิงบรรยายแจกแจงความถี่ อัตราร้อยละ
2. เปรียบเทียบความแตกต่างของลักษณะพยาธิสภาพทางจิตที่พบในผู้ป่วยที่มีความผิดปกติจากการดื่มแอลกอฮอล์กับพฤติกรรมกรรมการดื่มแอลกอฮอล์ โดยใช้ t-test

#### 5. ผลการศึกษา

ข้อมูลส่วนบุคคลพบว่ากลุ่มตัวอย่างเกือบทั้งหมดเป็นเพศชาย (94%) ประมาณครึ่งหนึ่งอยู่ในวัยทำงาน (อายุระหว่าง 22 – 40 ปี 53%) สถานะภาพการสมรสพอๆ กันทั้ง 3 กลุ่มคือสมรสคู่ (35.5%) โสด (31.5%) หย่า/แยกกันอยู่และหม้าย (33%) การศึกษาระดับมัธยมต้นมากที่สุด (30%) ซึ่งมีสัดส่วนใกล้เคียงกันกับระดับประถมศึกษา (28.5%) ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพรับจ้างรายวันทั่วไปหรือรับจ้างทั่วไป (39%) และมีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 4001 – 8000 บาท (35%)

ข้อมูลเกี่ยวกับการดื่มแอลกอฮอล์พบว่า ส่วนใหญ่เริ่มดื่มแอลกอฮอล์ตั้งแต่อายุ 13 – 21 ปี (67%) เหตุผลในการเริ่มดื่มครั้งแรกอยู่ในสัดส่วนใกล้เคียงกันคือเพื่อนชวน (35.9%) และอยากลอง (32.3%) ส่วนมากดื่มแอลกอฮอล์เป็นระยะเวลานาน 20 ปีขึ้นไป (52%) มารับการรักษาครั้งแรกเพราะการดื่มแอลกอฮอล์เมื่ออายุ 22 – 40 ปี (67%) เหตุผลในการดื่มปัจจุบันคือดื่มเพื่อคลายเครียดหรือผ่อนคลายมากที่สุด (33.8%) ประเภทเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ที่นิยมดื่มคือ เหล้าขาว (26.2%) ปริมาณการดื่มมากกว่า 10 ดื่ม มาตรฐานขึ้นไป (32%) โดยส่วนใหญ่ (76%) ดื่มแบบเสี้ยวคือดื่มมากกว่า 5 ดื่มมาตรฐานขึ้นไปซึ่งเป็นปริมาณที่ก่อให้เกิดความผิดปกติจากการดื่มแอลกอฮอล์ได้ ความถี่ของการดื่มในช่วง 1 ปีที่ผ่านมาคือ ดื่มทุกวันหรือเกือบทุกวันสูงถึง 63% ช่วงเวลาที่มักดื่มคือตอนเย็น (68.5%) สำหรับสถานที่ในการดื่มประมาณครึ่งหนึ่ง (46.5%) ดื่มที่ร้านอาหารหรือร้านขายเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ลักษณะในการดื่มคือดื่มกับเพื่อนหรือคนใกล้ชิด (54%) ส่วนมากแล้วเคยหยุดดื่มได้ (93.5%) ระยะเวลาที่หยุดดื่มแอลกอฮอล์ได้นานที่สุดคือมากกว่า 1 ปี (27.8%) และส่วนใหญ่ไม่มีคนในครอบครัวหรือญาติที่ติดแอลกอฮอล์ (61%)

ลักษณะพยาธิสภาพทางจิตของผู้ป่วยที่มีความผิดปกติจากการดื่มแอลกอฮอล์ส่วนใหญ่ (83.5%) มีอัตราการเกิดโรคจิตเวชร่วม โดยพบบุคลิกภาพผิดปกติ 55.5% และกลุ่มอาการทางจิตเวช 80.5%

ตารางที่ 1 ลักษณะพยาธิสภาพทางจิตของผู้ป่วยที่มีความผิดปกติจากการดื่มแอลกอฮอล์ (n = 200)

บุคลิกภาพผิดปกติ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	กลุ่มอาการทางจิตเวช	จำนวน (คน)	ร้อยละ
Schizoid	14	7.0	Anxiety	126	63.0
Avoidant	6	3.0	Somatoform	11	5.5
Depressive	26	13.0	Mania	4	2.0
Dependent	48	24.0	Dysthymia	24	12.0
Histrionic	0	0.0	Alcohol dependence	124	62.0
Narcissistic	0	0.0	Drug dependence	6	3.0
Antisocial	10	5.0	PTSD	18	9.0
Sadistic	2	1.0	Thought Disorder	4	2.0
Compulsive	0	0.0	Major Depression	12	6.0
Negativistic	33	16.5	Delusional	7	3.5
Masochistic	7	3.5			
Schizotypal	2	1.0			
Borderline	11	5.5			
Paranoid	10	5.0			

ตารางที่ 1 ประเภทบุคลิกภาพผิดปกติที่พบมากที่สุด 3 ลำดับแรกคือ ประเภท Dependent (24.0%)  
 Negativistic (Passive-Aggressive) (16.5%) Depressive (13.0%) กลุ่มอาการทางจิตเวชที่พบมากที่สุด 3 ลำดับแรก  
 ได้แก่กลุ่มอาการ Anxiety (63.0%) Alcohol dependence (62.0%) Dysthymia (12.0%)

ตารางที่ 2 แสดงพฤติกรรมการดื่มแอลกอฮอล์ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะพยาธิสภาพทางจิต

ลักษณะพยาธิสภาพทางจิต	พฤติกรรมการดื่มแอลกอฮอล์								
	ช่วงอายุที่เริ่มดื่ม		ปริมาณการดื่ม		ระยะเวลาทั้งหมดในการดื่ม		ความถี่ของการดื่มในช่วง 1 ปีที่ผ่านมา		
	t	p-value	t	p-value	t	p-value	t	p-value	
<b>บุคลิกภาพผิดปกติ</b>									
Schizoid	2.495*	.013	-.88 <sup>NS</sup>	.380	-.552 <sup>NS</sup>	.582	-.636 <sup>NS</sup>	.525	
Avoidant	2.494*	.014	-.425 <sup>NS</sup>	.671	.826 <sup>NS</sup>	.410	.695 <sup>NS</sup>	.488	
Depressive	-.212 <sup>NS</sup>	.832	-.608 <sup>NS</sup>	.544	-2.225*	.028	-2.176*	.031	
Dependent	1.112 <sup>NS</sup>	.268	.185 <sup>NS</sup>	.853	.165 <sup>NS</sup>	.869	-2.007*	.046	
Antisocial	.641 <sup>NS</sup>	.522	-1.354 <sup>NS</sup>	.178	.000 <sup>NS</sup>	1.000	-1.229 <sup>NS</sup>	.220	
Sadistic	.906 <sup>NS</sup>	.366	-.796 <sup>NS</sup>	.427	-.708 <sup>NS</sup>	.480	-1.420 <sup>NS</sup>	.158	
Negativistic	.238 <sup>NS</sup>	.812	-2.815*	.006	.190 <sup>NS</sup>	.850	-.806 <sup>NS</sup>	.421	
Masochistic	-1.341 <sup>NS</sup>	.184	-2.700*	.008	-.383 <sup>NS</sup>	.720	-2.711*	.008	
Schizotypal	-.655 <sup>NS</sup>	.513	.863 <sup>NS</sup>	.389	-.708 <sup>NS</sup>	.480	.397 <sup>NS</sup>	.692	
Borderline	-2.040*	.045	-.463 <sup>NS</sup>	.644	.618 <sup>NS</sup>	.537	-.010 <sup>NS</sup>	.992	
Paranoid	-.784 <sup>NS</sup>	.434	-.302 <sup>NS</sup>	.763	-.808 <sup>NS</sup>	.420	.907 <sup>NS</sup>	.365	
<b>กลุ่มอาการทางจิตเวช</b>									
Anxiety	1.746 <sup>NS</sup>	.084	-.082 <sup>NS</sup>	.935	-1.170 <sup>NS</sup>	.243	-2.706*	.008	
Somatoform	.129 <sup>NS</sup>	.897	-3.432*	.001	-.154 <sup>NS</sup>	.878	-1.455 <sup>NS</sup>	.147	
Mania	-.932 <sup>NS</sup>	.352	.047 <sup>NS</sup>	.963	-2.019*	.045	-2.024*	.045	
Dysthymia	.458 <sup>NS</sup>	.647	-1.677 <sup>NS</sup>	.096	-.433 <sup>NS</sup>	.665	-.793 <sup>NS</sup>	.429	
Alcohol dependence	3.161*	.002	-2.249*	.027	-2.051*	.045	-5.403*	.000	
Drug dependence	-1.149 <sup>NS</sup>	.338	-2.491*	.014	-.206 <sup>NS</sup>	.837	-.163 <sup>NS</sup>	.871	
PTSD	.119 <sup>NS</sup>	.905	-.761 <sup>NS</sup>	.448	-.369 <sup>NS</sup>	.713	-1.433 <sup>NS</sup>	.154	
Thought Disorder	2.022*	.045	-2.020*	.045	-2.019*	.045	-2.024*	.045	
Major Depression	-.891 <sup>NS</sup>	.375	-3.598*	.000	-.296 <sup>NS</sup>	.767	-1.669 <sup>NS</sup>	.097	
Delusional	-1.341 <sup>NS</sup>	.184	.287 <sup>NS</sup>	.774	-.383 <sup>NS</sup>	.702	1.038 <sup>NS</sup>	.302	

(หมายเหตุ : NS = Not Significant, \* p &lt; .05)

ตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างที่เริ่มดื่มแอลกอฮอล์ครั้งแรกในช่วงอายุที่แตกต่างกันมีบุคลิกภาพผิดปกติประเภท Schizoid, Avoidant, Borderline และกลุ่มอาการ Alcohol dependence, Thought Disorder แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กลุ่มตัวอย่างที่มีปริมาณการดื่มที่แตกต่างกันมีบุคลิกภาพผิดปกติประเภท Negativistic (Passive-Aggressive), Masochistic (Self-Defeating) และกลุ่มอาการ Somatoform, Alcohol

dependence, Drug dependence, Thought Disorder และ Major Depression แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กลุ่มตัวอย่างที่มีระยะเวลาในการดื่มแอลกอฮอล์ที่แตกต่างกันมีบุคลิกภาพผิดปกติประเภท Depressive และกลุ่มอาการ Mania, Alcohol dependence, Thought Disorder แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กลุ่มตัวอย่างที่มีความถี่ของการดื่มแอลกอฮอล์ในช่วง 1 ปีที่ผ่านมาที่แตกต่างกันมีบุคลิกภาพผิดปกติประเภท Depressive, Dependent, Masochistic (Self-Defeating) และกลุ่มอาการ Anxiety, Mania, Alcohol dependence, Thought Disorder แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

## 6. อภิปรายผล

### 6.1 ความแตกต่างของพฤติกรรมการดื่มแอลกอฮอล์กับลักษณะพยาธิสภาพทางจิต

พฤติกรรมการดื่มแอลกอฮอล์ที่แตกต่างกันนั้นจะพบลักษณะพยาธิสภาพทางจิตที่ต่างกัน กล่าวคือ ผู้ที่เริ่มดื่มครั้งแรกตั้งแต่อายุน้อยจะนำไปสู่ลักษณะการดื่มแบบเรื้อรังและเป็นตัวพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงจากการใช้แอลกอฮอล์ไปสู่การติดแอลกอฮอล์ (Hingson และคณะ, 2006) ปริมาณการดื่มที่มากหรือการดื่มหนักส่งผลต่อการเกิดพยาธิสภาพทางจิต ในทางการแพทย์ได้มีการจัดกลุ่มผู้ดื่มเป็นกลุ่มต่างๆ ตามรูปแบบการดื่ม โดยกลุ่มดื่มแบบเสี่ยจะมีการดื่มมากกว่า 4 ดื่มมาตรฐานต่อวันในผู้หญิง และดื่มมากกว่า 5 ดื่มมาตรฐานต่อวันในผู้ชาย (हत्यชนนี บุญเจริญและพันชนภา กิตติรัตนไพบูลย์, 2549) การดื่มมากกว่า 29 ดื่มมาตรฐานต่อสัปดาห์สามารถทำให้เกิดความเสี่ยงของโรคทางจิตเวชได้อีกเท่าตัว (Johnson BA, Ait-Daoud, 2005) การดื่มเป็นระยะเวลานานแสดงให้เห็นถึงภาวะพึ่งพิงการใช้แอลกอฮอล์ ความถี่ในการดื่มทุกวันหรือเกือบทุกวันแสดงให้เห็นถึงความผิดปกติจากการดื่มแอลกอฮอล์เพราะไม่สามารถควบคุมการดื่ม หรือไม่สามารถหยุดดื่มได้ นอกจากนี้ลักษณะพยาธิสภาพทางจิตที่พบคือบุคลิกภาพผิดปกติประเภท Depressive, Dependent, Masochistic (Self-Defeating) และกลุ่มอาการ Anxiety, Mania, Alcohol, Thought Disorder ลักษณะเหล่านี้เป็นลักษณะของผู้ที่ไม่กล้าแสดงออก ขาดความเชื่อมั่นในการตัดสินใจด้วยตนเอง มองสิ่งต่างๆ ในด้านลบ และมีความวิตกกังวลสูง ลักษณะเหล่านี้เอื้อต่อการติดแอลกอฮอล์ได้ง่าย

### 6.2 โรคจิตเวชร่วมที่พบในผู้ป่วยที่มีความผิดปกติจากการดื่มแอลกอฮอล์

ผู้ป่วยที่มีความผิดปกติจากการดื่มแอลกอฮอล์มีโรคร่วมทางจิตเวชสูงถึงร้อยละ 83.5 ผลการศึกษาที่ได้มีตัวเลขค่อนข้างสูงมากอภิปรายได้ว่าเนื่องจาก 1) เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาที่ต่างกัน งานวิจัยที่ใช้ Self report inventory ก็มีตัวเลขของโรคร่วมทางจิตเวชสูงกว่างานวิจัยที่ใช้ Structured interview 2) ลักษณะของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา เช่น ศึกษาในกลุ่มประชากรทั่วไปหรือกลุ่มผู้ป่วย 3) สถานที่ในการรักษา เช่น แผนกผู้ป่วยนอกกับแผนกผู้ป่วยใน 4) พฤติกรรมการดื่มแอลกอฮอล์คือระยะเวลาของการดื่ม การเริ่มดื่มตั้งแต่อายุน้อย ปริมาณและความถี่ในการดื่มที่ค่อนข้างสูง สิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยที่ทำให้พบโรคร่วมทางจิตเวชได้ค่อนข้างสูง (Fernández-Montalvo และคณะ, 2006; Flensburg-Madsen และคณะ, 2009)

### 6.3 ลักษณะพยาธิสภาพทางจิตของผู้ป่วยที่มีความผิดปกติจากการดื่มแอลกอฮอล์ใน Axis II

พบบุคลิกภาพผิดปกติ 55.5 เปอร์เซ็นต์ บุคลิกภาพผิดปกติประเภท Dependent พบได้มากที่สุด (24.0%) รองลงมาคือ Negativistic (Passive-Aggressive) (16.5%) อธิบายได้ว่าผู้ที่มีบุคลิกภาพผิดปกติประเภท Dependent นั้นมีลักษณะต้องการพึ่งพาผู้อื่น มีความลำบากในการตัดสินใจในเรื่องราวต่างๆ ไม่มั่นใจในการตัดสินใจของ

ตนเอง มีความลำบากในการแสดงความคิดเห็นที่แตกต่างจากผู้อื่น โดยเฉพาะผู้ที่ตนต้องพึ่งพาเนื่องจากกลัวว่าจะขาดผู้ช่วยเหลือ (ปราโมทย์ สุคนิษฐ์และมาโนช หล่อตระกูล, 2541) ลักษณะเหล่านี้เอื้อต่อการติดแอลกอฮอล์ได้ง่ายเพราะทำให้ผู้ป่วยไม่กล้าปฏิเสธคำชักชวนของผู้อื่นในการดื่ม กลัวไม่ได้รับการยอมรับหากไม่ร่วมดื่ม และต้องพึ่งพิงการดื่มแอลกอฮอล์เพื่อให้สามารถเข้าร่วมสังคมได้ สำหรับประเภท Negativistic (Passive-Aggressive) ที่พบรองลงมานั้นอธิบายได้ว่าวัฒนธรรม การอบรมเลี้ยงดูของคนไทยที่ขัดเกลามาให้เป็นคนอ่อนน้อมถ่อมตน เชื่อฟังผู้ใหญ่ เคารพจารีตประเพณี ทำให้ไม่กล้าแสดงออก และค่อนข้างเก็บกด จนอาจเกิดความขัดแย้งทางจิตใจอยากแสดงออก แต่ทำไม่ได้เพราะถูกจารีตทางสังคมกำกับอยู่จึงทำให้กลายเป็นคนคือเงียบ ไม่แสดงออกความโกรธอย่างตรงไปตรงมา แต่กลับแสดงท่าทีเฉย หรือ ยอมรับ โดยที่ต่อต้านอยู่ในใจลึกๆ และแสดงออกโดยการดื่มแอลกอฮอล์ซึ่งเป็นที่ยอมรับในสังคม

#### 6.4 ลักษณะพยาธิสภาพทางจิตของผู้ป่วยที่มีความผิดปกติจากการดื่มใน Axis I

พบกลุ่มอาการทางจิตเวช (80.5%) กลุ่มอาการที่พบมาก 3 ลำดับแรกคือ Anxiety (63.0%) Alcoholism (62.0%) และ Dysthymia (12.0%) การเกิดโรคร่วมกันของความผิดปกติจากการดื่มแอลกอฮอล์และโรคจิตเวชนั้นยังไม่มีใครสามารถสรุปได้อย่างแน่ชัดว่าอะไรเป็นเหตุอะไรเป็นผล โดยมีแนวคิดอยู่ 3 แบบคือ 1) Alcohol use disorders ทำให้เกิด disorders 2) disorders ทำให้เกิดการพัฒนามาเป็น Alcohol use disorders 3) ทั้ง Alcohol use disorders และ disorders เป็นผลมาจากสาเหตุทั่วไปรวมทั้งกรรมพันธุ์และอิทธิพลของสภาพแวดล้อม กล่าวคือผู้ที่มีความผิดปกติจากการดื่มแอลกอฮอล์มีความเสี่ยงที่จะพัฒนาเป็นโรคจิตเวช เช่น โรควิตกกังวล, โรคทางอารมณ์ ในทางตรงกันข้ามโรควิตกกังวลหรือโรคทางอารมณ์อาจส่งผลให้บุคคลดื่มแอลกอฮอล์จนเกิดเป็นความผิดปกติจากการดื่มแอลกอฮอล์ได้ เพราะใช้แอลกอฮอล์เป็นทางออกเพื่อให้เกิดความผ่อนคลาย หรือจัดการกับอารมณ์เศร้าหรือความวิตกกังวลของตน (Flensburg-Madsen และคณะ, 2009; Schneider และคณะ, 2001) โดยอธิบายตามกรอบทฤษฎีการเรียนรู้ได้ว่าบุคคลที่เป็นโรควิตกกังวลหรือโรคทางอารมณ์ได้รับการเสริมแรงทางบวกการดื่ม เช่น ดื่มแล้วทำให้มีความสุข เพิ่มความมั่นใจในการเข้าสังคม หรือได้รับการเสริมแรงทางลบคือการเสริมแรงที่เกิดจากการนำสิ่งเร้าที่ทำให้เกิดความไม่พึงพอใจออกไป เช่น ดื่มแล้วลดความตึงเครียด ลดอารมณ์ทางลบ รวมไปถึงใช้ลดอาการถอนพิษจึงดื่มต่อไปเรื่อยๆ

การศึกษาครั้งนี้ทำให้เห็นว่า ลักษณะพยาธิสภาพทางจิตของผู้ป่วยที่มีความผิดปกติจากการดื่มแอลกอฮอล์นั้นมีโรคจิตเวชร่วมทั้งใน Axis I และ Axis II ในเปอร์เซ็นต์ที่ค่อนข้างสูง ซึ่งอาจเป็นอุปสรรคต่อการบำบัดรักษา ความผิดปกติจากการดื่มแอลกอฮอล์ หรือทำให้ผลการรักษาเกิดขึ้นได้ช้าลง ด้วยเหตุนี้จึงควรให้ความสำคัญกับการประเมินลักษณะพยาธิสภาพทางจิตในผู้ป่วยที่มีความผิดปกติจากการดื่มแอลกอฮอล์ให้ครอบคลุม เพื่อนำข้อมูลไปเป็นแนวทางในพัฒนารูปแบบการบำบัดรักษาที่ฟื้นฟูให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากที่สุด

## 7. รายการอ้างอิง

- ธิดารัตน์ ศรีสุโข, ส่องโสม พึ่งพงษ์. 2550. ความแม่นยำตรงของการใช้แบบทดสอบ Millon Clinical Multiaxial Inventory – III (MCMI-III) ในกลุ่มผู้ป่วยจิตเวช. ม.ป.ท.
- ปราโมทย์ สุคนิษฐ์, มาโนช หล่อตระกูล. 2541. เกณฑ์การวินิจฉัยโรคทางจิตเวช DSM-IV ฉบับภาษาไทย (ใช้รหัส ICD-10). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.

- ปริทรรศน์ ศิลปกิจ, วนิตา พุ่มไพศาลชัย, พันธุ์ภา กิตติรัตน์ไพบูลย์. 2542. การศึกษาความชุกและภาวะสุขภาพจิตของคนไทยที่ติดสุรา. เชียงใหม่: โรงพยาบาลสวนปรุง กรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข.
- โรงพยาบาลสวนปรุง. 2551. รายงานผลการปฏิบัติงานโรงพยาบาลสวนปรุง ปีงบประมาณ 2551. เชียงใหม่: โรงพยาบาลสวนปรุง กรมสุขภาพจิต กระทรวงสาธารณสุข.
- หทัยชนนี บุญเจริญ, พันธุ์ภา กิตติรัตน์ไพบูลย์. 2549. ทบทวนองค์ความรู้เรื่องแอลกอฮอล์. ใน: พันธุ์ภา กิตติรัตน์ไพบูลย์, หทัยชนนี บุญเจริญ, (บรรณาธิการ) แนวเวชปฏิบัติการให้บริการผู้มีปัญหาสุขภาพจิตจากแอลกอฮอล์ในโรงพยาบาลจิตเวช. เชียงใหม่: ไอแอมเอเคในเซอร์แอนด์แอดดิคทีฟไอซิ่ง.
- อรัญญา แพ้จ้อย, นรัญชญา ศรีบูรพา. 2549. ภาวะโรคจิตเวชร่วมในผู้ติดสุราที่เข้ารับการรักษาแบบผู้ป่วยในของศูนย์บำบัดรักษายาเสพติด เชียงใหม่. เชียงใหม่: กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.
- Bowden-Jones O, Iqbal MZ, Tyrer P, Seivewright N, Cooper S, Judd A on behalf of the COSMIC study team, et al. 2004. "Prevalence of personality disorder in alcohol and drug services and associated comorbidity." *Addiction*. 99 Retrieved May 09, 2009, from:  
<http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/fulltext/118795669/PDFSTART>
- Fernández-Montalvo J, Landa N, López-Gonzi JJ, Lorea I. 2006. "Personality disorders in alcoholics: A comparative pilot study between the IPDE and the MCMI-II." *Addictive Behaviors*. 31 Retrieved May 09, 2009, from : [http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=MImg&\\_imagekey=B6VC9-4HC7780-2-1&\\_cdi=5949&\\_user=206209&\\_orig=search&\\_coverDate=08%2F31%2F2006&\\_sk=999689991&view=c&wchp=dGLbVlbzSkzk&md5=f391c66e7d1440d06cded53e49af12fe&ie=/sdarticle.pdf](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MImg&_imagekey=B6VC9-4HC7780-2-1&_cdi=5949&_user=206209&_orig=search&_coverDate=08%2F31%2F2006&_sk=999689991&view=c&wchp=dGLbVlbzSkzk&md5=f391c66e7d1440d06cded53e49af12fe&ie=/sdarticle.pdf)
- Flensburg-Madsen T, Mortensen EL, Knop J, Becker U, Sher L, Grønbaek M. 2009. "Comorbidity and temporal ordering of alcohol use disorders and other psychiatric disorders: results from a Danish register-based study." *Compr Psychiatry*. 50, 4 Retrieved September 26, 2009, from :  
[http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=MImg&\\_imagekey=B6WCV-4TYXM63-1-1&\\_cdi=6748&\\_user=206209&\\_orig=search&\\_coverDate=08%2F31%2F2009&\\_sk=999499995&view=c&wchp=dGLbVzbzSkWA&md5=63bc6e6d96e80e7c761d53cab03e7c5a&ie=/sdarticle.pdf](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MImg&_imagekey=B6WCV-4TYXM63-1-1&_cdi=6748&_user=206209&_orig=search&_coverDate=08%2F31%2F2009&_sk=999499995&view=c&wchp=dGLbVzbzSkWA&md5=63bc6e6d96e80e7c761d53cab03e7c5a&ie=/sdarticle.pdf)
- Hingson RW., Heeren T, Winter MR. 2006. "Age of Alcohol-Dependence Onset: Associations With Severity of Dependence and Seeking Treatment." *PEDIATRICS*. 118, 3 Retrieved June 27, 2010, from:  
<http://pediatrics.aappublications.org/cgi/reprint/118/3/e755>
- Johnson BA, Ait-Daoud N. 2005. "Alcohol: Clinical Aspects". In: Lowinson JH, Ruiz P, Millman RB, Langrod JG (editors), *Substance abuse: a comprehensive textbook*. 4<sup>th</sup> ed. Philadelphia: LIPPINCOTT WILLIAMS & WILKONS.
- Millon T, Davis R, Millon C. 1997. **MCMI-III Manual**. 2<sup>nd</sup> ed. Minneapolis (MN): NSC Pearson, Inc.
- Millon T, Grossman S, Millon C, Meagher S, Rammath R. 2004. **Personality disorders in modern life**. 2<sup>nd</sup> ed. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Schneider U, Altmann A, Baumann M, Bernzen J, Bertz B, Bimber U, et al. 2001. "Comorbid anxiety and affective disorder in alcohol-dependent patients seeking treatment: the first multicentre study in Germany." *Alcohol & Alcoholism*.36, 3 Retrieved September 26,2009,from :  
<http://alcalc.oxfordjournals.org/cgi/reprint/36/3/219>

The World Health Organization (WHO). 2004. "Global Status Report on Alcohol 2004." Retrieved October 18, 2008, from: [http://www.who.int/substance\\_abuse/publications/global\\_status\\_report\\_2004\\_overview.pdf](http://www.who.int/substance_abuse/publications/global_status_report_2004_overview.pdf)



สภาพปัญหา ผลกระทบและความต้องการในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของ  
พระภิกษุและสามเณรในเขตกรุงเทพมหานคร  
PROBLEMS, IMPACTS AND NEEDS IN USING INFORMATION  
TECHNOLOGY OF MONKS AND NOVICES IN BANGKOK

ชลธิชา นามสงคราม<sup>1</sup>

ประสงค์ ปราณีตพลกรัง<sup>2</sup>

<sup>1</sup>นักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail : chonpicha@hotmail.co.th

<sup>2</sup>รองศาสตราจารย์ คณบดีคณะศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

สถาบันวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

E-mail : prasong.pr@spu.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอผลที่เกิดขึ้นของสภาพปัญหา ผลกระทบและความต้องการในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของพระภิกษุและสามเณรในเขตกรุงเทพมหานคร กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นพระภิกษุและสามเณรในเขตกรุงเทพมหานครจำนวน 4 วัด ซึ่งมีทั้งวัดราษฎร์และวัดที่เป็นพระอารามหลวง รวมทั้งหมด 718 รูป เครื่องมือในการวิจัยเป็นแบบสอบถามมาตราส่วนประมาณค่าระดับ (Rating Scale) สถิติที่ใช้ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ Pearson Chi-square หลังจากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผล เพื่อหาสภาพปัญหา ผลกระทบและความต้องการในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ผลที่ได้จากการวิจัยพบว่า สภาพปัญหา ผลกระทบและความต้องการในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของพระภิกษุและสามเณรอยู่ในระดับปานกลาง ( $\bar{X} = 3.32$ ) ผลของการวิจัยดังกล่าวสามารถไปประยุกต์ใช้วางแผนหรือเตรียมความพร้อมในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ หรือการพัฒนาความพร้อมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศของพระภิกษุและสามเณร ซึ่งจะช่วยให้พระภิกษุและสามเณรสามารถปรับตัวให้เข้ากับยุคของการเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยีสารสนเทศได้อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ : ระดับสภาพปัญหา ระดับผลกระทบ ระดับความต้องการ เทคโนโลยีสารสนเทศ

### ABSTRACT

The main purpose of this research is to demonstrate the problems and needs to use information technology for monks and novices in Bangkok area. In random sample population of monks and novices that

focuses on 4 temples in Bangkok, which consist of the normal temple and the royal temple, 718 of monks and novices. Measuring tool was in the total number of scale estimation level (Rating Scale), and then analyzed to identify the impacts, problems and needs to use information technology. Results from the study of the impacts, problems and needs to use information technology for monks and novices are moderate. Results of research can be apply to the planning or preparation to use information technology and development of information technology with monks and novices. By allowing the monks and novices can easily access to information technology and it can appropriately help them adjust to the changes in modern information technology.

**KEYWORDS:** Problems, Impacts, Needs, Information Technology

## 1. บทนำ

เนื่องจากพระภิกษุและสามเณรมีกรอบในการดำเนินชีวิต คือพระธรรมวินัย ในสมัยพุทธกาลเทคโนโลยียังไม่เจริญมากนัก เพราะยังอยู่ในยุคสังคมเกษตรกรรม จึงไม่มีวินัยบัญญัติเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยี เทคโนโลยีเป็นเรื่องของวัตถุ ซึ่งวินัยบัญญัติในเรื่องวัตถุมีขอบข่ายอยู่ที่เรื่องของเครื่องนุ่งห่ม (จีวร) อาหาร (บิณฑบาต) ที่อยู่อาศัย (กุฏิ วิหาร) และยารักษาโรค

ในปัจจุบันแนวความคิดแบบตะวันตก ที่กำลังหลั่งไหลเข้าสู่สังคมไทย ถ้าหากพระภิกษุและสามเณรรู้จักใช้ รู้จักปรับจะเป็นแนวคิดที่มีประโยชน์ในแง่ของกระแสความเจริญของเทคโนโลยีสารสนเทศ จะมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงตามหลักธรรมชาติ ซึ่งพระภิกษุและสามเณรจะทำการอย่างไรให้เป็นความเปลี่ยนแปลง ที่ยังสามารถรักษาเอกลักษณ์และยังคงความเป็นพระพุทธศาสนาที่เป็นประโยชน์ต่อสังคมได้ อีกทั้งสิ่งที่ปรากฏขึ้นในสังคมจะมีการเปลี่ยนแปลงในเชิงลบนั้น จะทำการอย่างไรไม่ให้เกิดผลกระทบในเชิงลบต่อพระพุทธศาสนา พระภิกษุและสามเณรเมื่ออยู่ในสังคมเทคโนโลยีสารสนเทศหรือโลกของอินเทอร์เน็ตควรใช้อย่างไร เรื่องนี้เป็นประเด็นปัญหาที่พระภิกษุและสามเณรถูกโจมตีมาก เพราะมีบางรูปเข้าไปดูเว็บไซต์ที่ไม่เหมาะสมกับสมณะภาวะ สถาบันสงฆ์ควรจะมีวิธีการในการแก้ปัญหาและป้องกัน ในส่วนที่เป็นประโยชน์นั้นซึ่งไม่สามารถที่จะปฏิเสธได้ เพราะมีพระภิกษุและสามเณรจำนวนมากที่ใช้ประโยชน์จากอินเทอร์เน็ตในการเผยแผ่พระพุทธศาสนา ดังนั้นหากพระภิกษุและสามเณรเข้าใจสถานะของตนเองแล้ว เทคโนโลยีสารสนเทศคือวิชาการอย่างหนึ่งที่พระภิกษุและสามเณรควรศึกษาและคณะสงฆ์ควรส่งเสริมให้พระภิกษุและสามเณรได้มีโอกาสศึกษาให้มากขึ้น โดยใช้หลักปฏิบัติสัมมาทิฐิคือรู้จักความหมาย รู้จักหลักการ รู้จักภาษาหรือศัพท์เฉพาะต่างๆ และสามารถคิดต่อได้ เพื่อจะได้ใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีสารสนเทศอย่างรู้เท่าทันและนำไปอธิบาย หลักธรรมของพระพุทธศาสนาให้กับคนร่วมสมัยเข้าใจได้ หากพระภิกษุและสามเณรไม่มีการปรับตัวให้เข้ากับเทคโนโลยีสารสนเทศที่พัฒนาไปอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องแล้ว จะทำให้พระภิกษุและสามเณรไม่สามารถเข้าใจเทคโนโลยีสารสนเทศได้ และไม่สามารถรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงของโลกได้ ซึ่งหากพระภิกษุและสามเณรทราบถึงสภาพปัญหาและความต้องการในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ สามารถที่จะวางแผนในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและเตรียมความพร้อมในการพัฒนาด้านเทคโนโลยีสารสนเทศของพระภิกษุและสามเณรได้ในอนาคต ในที่สุดจะทำให้พระภิกษุและสามเณรสามารถอยู่ในสังคมโลกาภิวัตน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 2. วัตถุประสงค์

ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ที่สำคัญดังนี้

2.1 เพื่อศึกษาสภาพปัญหาในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของพระภิกษุและสามเณรในเขตกรุงเทพมหานคร

2.2 เพื่อศึกษาผลกระทบในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของพระภิกษุและสามเณรในเขตกรุงเทพมหานคร

2.3 เพื่อศึกษาความต้องการในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของพระภิกษุและสามเณรในเขตกรุงเทพมหานคร

## 3. ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตของการวิจัยสภาพปัญหา ผลกระทบและความต้องการในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของพระภิกษุและสามเณรในเขตกรุงเทพมหานคร มีดังต่อไปนี้

3.1 ขอบเขตด้านประชากร ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ พระภิกษุและสามเณรภายในเขตกรุงเทพมหานคร โดยทำการสุ่มตัวอย่างจากวัดราษฎร์และพระอารามหลวง ได้แก่ วัดธรรมมงคล วัดผ่องพลอย วิริยาราม วัดธาตุทอง วัดโสมนัสราชวรวิหาร รวมทั้งหมด 718 รูป

3.2 ประชากรกลุ่มตัวอย่าง จากการสุ่มกลุ่มตัวอย่างสามารถจำแนกเป็น พระภิกษุ 122 รูปและสามเณรจำนวน 135 รูป

3.3 เวลา ช่วงเวลาที่ใช้ในการศึกษาวิจัย คือ 18 ธันวาคม 2552 ถึง 31 พฤษภาคม 2553

## 4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยในเรื่อง สภาพปัญหา ผลกระทบและความต้องการในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของพระภิกษุและสามเณรในเขตกรุงเทพมหานคร มีดังนี้

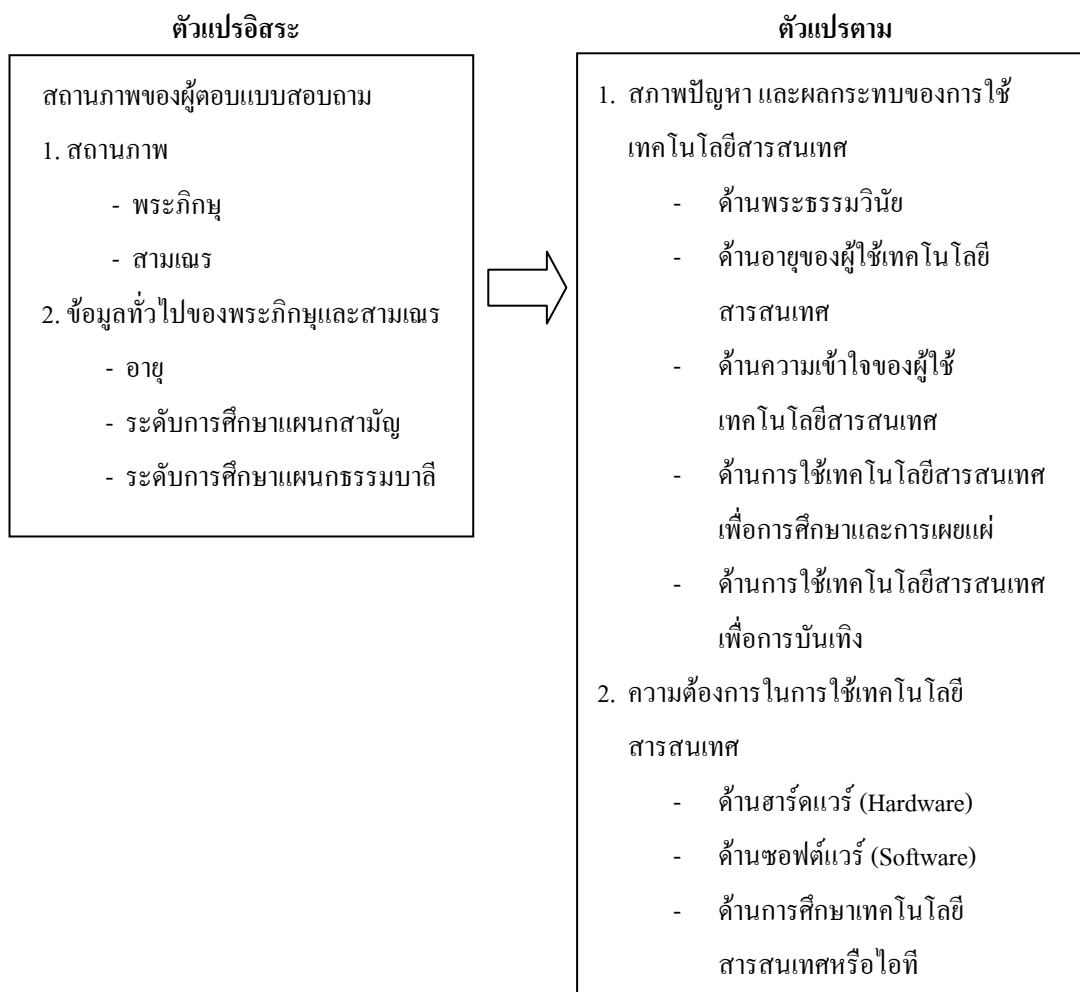
4.1 จะทำให้ทราบถึงสภาพปัญหา ผลกระทบในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของพระภิกษุและสามเณรในเขตกรุงเทพมหานคร

4.2 จะทำให้ทราบถึงความต้องการในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของพระภิกษุและสามเณรในเขตกรุงเทพมหานคร

4.3 จะทำให้ทราบถึงระดับความพร้อมและการเตรียมการพัฒนาด้านไอทีของพระภิกษุและสามเณรในเขตกรุงเทพมหานคร

## 6. กรอบแนวคิดในการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดและกำหนดตัวแปรทางด้าน สภาพปัญหา ผลกระทบและความต้องการในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของพระภิกษุและสามเณรในเขตกรุงเทพมหานครดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงตัวแปรในการวิจัย

## 7. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พระเทพโสภณ อธิการบดี มหาจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย (มติชนรายวัน, 2546 : 20) ปัจจุบันพระภิกษุและสามเณรไทยส่วนใหญ่มีความรู้ไม่ทันต่อโลกยุคเทคโนโลยีสารสนเทศ เพราะขาดทักษะด้านภาษาอังกฤษส่งผลให้การศึกษาและการวิจัยด้านพระพุทธศาสนาของพระสงฆ์ไทย ล้าสมัยกว่าพระสงฆ์และนักวิชาการต่างชาติ

พระมหานูญไทย ปุณฺณมโน (2551: บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาวิจัยเรื่อง “การเผยแผ่พระพุทธศาสนาโดยการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของคณะสงฆ์ไทย” พบว่าคณะสงฆ์ไทยในปัจจุบันใช้อินเทอร์เน็ตเผยแผ่พระพุทธศาสนาเป็นจำนวนมาก การเผยแผ่พระพุทธศาสนาทางอินเทอร์เน็ตเข้าถึงคนได้เป็นจำนวนมากและในวงกว้าง

สามเณร บรรลือศักดิ์ บัวงาม (2552) “จริยธรรมในการใช้งานคอมพิวเตอร์ (อินเทอร์เน็ต) ของพระสงฆ์” พระภิกษุและสามเณรควรมีจริยธรรมในการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อที่จะทำให้การเผยแผ่พุทธศาสนามีประสิทธิภาพมากที่สุด พระสงฆ์ก็ควรเลือกใช้เทคโนโลยีให้เหมาะสมโดยไม่ขัดกับพระธรรมวินัย

## 8. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้จำแนกเป็น พระภิกษุและสามเณร ในเขตกรุงเทพมหานคร โดยทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างจาก วัดธรรมมงคล วัดร่องพลอยวิริยาราม วัดธาตุทองและวัดโสมนัสราชวรวิหาร จำนวน 257 รูป ในกรณีการศึกษาที่ทราบจำนวนประชากร ใช้หลักการสุ่มหาจำนวนกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของทาโร ยามาเน (Taro Yamane) ดังนี้

$$n = \frac{N}{(1 + Ne^2)}$$

$$n = \frac{718}{[1 + (718)(0.05)^2]}$$

$$n = 256.89 \approx 257$$

เมื่อ  $n$  = ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง  
 $N$  = ขนาดประชากรที่ใช้ในงานวิจัย  
 $e$  = ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนจากการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

ผู้ทำการวิจัยกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง และแบ่งออกเป็นกลุ่มๆ เป็นการจับหน่วยต่างๆของกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะเหมือนกันเอาไว้ในกลุ่มเดียวกัน หลังจากนั้นจึงทำการสุ่มตัวอย่างจากกลุ่มตัวอย่างที่ได้แบ่งเป็นกลุ่มๆไว้ เป็นการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) ซึ่งมีวิธีการดังนี้

1. กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง
2. จำแนกประชากรออกเป็นกลุ่มๆ ตามลักษณะที่เหมือน หรือคล้ายคลึงกัน
3. แบ่งจำนวนขนาดของกลุ่มตัวอย่างออกตามจำนวนกลุ่มของประชากรโดยใช้สัดส่วนของประชากรแต่ละกลุ่มเป็นตัวแบ่ง
4. ใช้การสุ่มแบบง่าย (Simple Random Sampling) เพื่อทำการสุ่มตัวอย่างจากประชากรแต่ละกลุ่มอีกครั้งหนึ่ง ด้วยสูตรการคำนวณดังต่อไปนี้

$$\text{จำนวนประชากรตัวอย่างในกลุ่มที่กำหนด} = \text{จำนวนกลุ่มตัวอย่าง} \times \frac{\text{จำนวนประชากรตัวอย่างในกลุ่มที่กำหนด}}{\text{จำนวนประชากรทั้งหมด}}$$

ตารางที่ 1 แสดงการหาจำนวนประชากรตัวอย่างในกลุ่มที่กำหนด

รายการ	จำนวนประชากรทั้งหมด 718 รูป			
	วัดธรรมมงคล	วัดธาตุทอง	วัดโสมนัสราชวรวิหาร	วัดร่องพลอยวิริยาราม
จำนวนประชากรแต่ละวัด	423 รูป	67 รูป	63 รูป	165 รูป
จำนวนของกลุ่มตัวอย่างในแต่ละวัด (จากขนาดกลุ่มตัวอย่าง 257 รูป)	$257 \times \frac{423}{718}$ = 151 รูป	$257 \times \frac{67}{718}$ = 24 รูป	$257 \times \frac{63}{718}$ = 23 รูป	$257 \times \frac{165}{718}$ = 59 รูป

จากตารางที่ 1 แสดงการหาจำนวนกลุ่มตัวอย่างจากกลุ่มที่กำหนดไว้ โดยการกำหนดกลุ่มตัวอย่างออกเป็นกลุ่มๆ โดยใช้ลักษณะของวัดเป็นตัวแบ่งในการกำหนดกลุ่มตัวอย่าง มีจำนวน 4 กลุ่ม คือ วัดธรรมมงคล วัดธาตุ

ทอง วัดโสมนัสราชวรวิหาร วัดผ่องพลอยวิริยาราม และผู้วิจัยได้ทำการจำแนกกลุ่มตัวอย่างในกลุ่มที่กำหนดออกอย่างละเอียดโดยมีสองลักษณะ คือ พระภิกษุและสามเณรอย่างละเอียด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงจำนวนกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามวัดต่างๆ ในเขตกรุงเทพมหานคร โดยละเอียด

ประเภท	วัดธรรมมงคล		วัดธาตุทอง		วัดโสมนัสราช วรวิหาร		วัดผ่องพลอยวิริยา ราม		รวม	
	จำนวน(รูป)		จำนวน(รูป)		จำนวน(รูป)		จำนวน(รูป)		จำนวน(รูป)	
	ประชา กร	กลุ่ม ตัวอย่าง	ประชา กร	กลุ่ม ตัวอย่าง	ประชา กร	กลุ่ม ตัวอย่าง	ประชา กร	กลุ่ม ตัวอย่าง	ประชา กร	กลุ่มตัว อย่าง
พระภิกษุ	125	65	43	16	52	19	46	22	273	122
สามเณร	298	86	24	8	11	4	119	37	445	135
รวม	423	151	67	24	63	23	165	59	718	257

## 9. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อศึกษาสภาพปัญหา ผลกระทบและความต้องการในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของพระภิกษุและสามเณรในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งแบ่งเป็น 3 ตอน คือ

ตอนที่ 1 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของพระภิกษุและสามเณรผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับสภาพปัญหา ผลกระทบและความต้องการในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของพระภิกษุและสามเณรในเขตกรุงเทพมหานคร

ตอนที่ 3 เป็นแบบสอบถามปลายเปิดเพื่อให้ผู้ตอบแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

## 10. ขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือ

ในการสร้างเครื่องมือเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการตามลำดับขั้นตอนดังนี้

10.1 ศึกษาเอกสาร ทฤษฎี หลักการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาสภาพปัญหา ผลกระทบและความต้องการในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของพระภิกษุและสามเณรในเขตกรุงเทพมหานคร แล้วนำมาประมวลเพื่อกำหนดขอบเขตและสร้างเครื่องมือให้ครอบคลุมตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย

10.2 สัมภาษณ์พระภิกษุและสามเณรนักศึกษาระดับปริญญาตรีคณะวิทยาศาสตร์ สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศของศูนย์ให้การศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทาวัดธรรมมงคล เพื่อให้ได้ขอบเขตและเนื้อหาของแบบสอบถามที่ชัดเจนและครอบคลุมตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยมากยิ่งขึ้น

10.3 ดำเนินการสร้างแบบสอบถาม

10.4 การหาค่าความน่าเชื่อถือ (Reliability) แบบสอบถามที่ได้รับการตรวจสอบความเที่ยงตรงแล้วไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่จะศึกษา จำนวน 30 ตัวอย่างเพื่อทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบสอบถามในการเก็บข้อมูลให้มีความผิดพลาดน้อยที่สุดก่อนจะนำไปใช้เก็บข้อมูลจริง

จากการทดสอบค่าความเชื่อถือโดยใช้สูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Coefficient Alpha) ของครอนบาค (Cronbach) ได้ความน่าเชื่อถือที่มีค่าแอลฟา 0.908 ของแบบสอบถาม

## 11. การเก็บรวบรวมข้อมูล

11.1 ขอความร่วมมือไปยังพระภิกษุและสามเณรที่จำพรรษาภายในวัด โสมนัสราชวรวิหาร วัดร่องพลอย วิทยาราม วัดธาตุทอง วัดธรรมมงคล เพื่อทำการส่งแบบสอบถามให้ผู้ตอบแบบสอบถามกรอกข้อมูล ที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

11.2 เก็บข้อมูลด้วยตนเองโดยขอความร่วมมือจากพระภิกษุและสามเณรที่เป็นคณะปกครองในวัดต่างๆ เป็นผู้ดำเนินการให้ ผู้ตอบแบบสอบถามกรอกข้อมูล แล้วส่งคืนผู้วิจัย

11.3 รวบรวมแบบสอบถามที่เก็บด้วยตนเอง แล้วนำไปวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

## 12. การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อคำถามในแบบสอบถามที่เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ผู้วิจัยได้กำหนดระดับมาตราส่วนที่เป็นข้อความให้เป็นค่าน้ำหนักตัวเลข เพื่อประโยชน์ต่อการนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปทางสถิติ SPSS ซึ่งกำหนดค่าน้ำหนักตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert) ดังนี้

- |   |         |                          |
|---|---------|--------------------------|
| 1 | หมายถึง | มีความเห็นด้วยน้อยที่สุด |
| 2 | หมายถึง | มีความเห็นด้วยน้อย       |
| 3 | หมายถึง | มีความเห็นด้วยปานกลาง    |
| 4 | หมายถึง | มีความเห็นด้วยมาก        |
| 5 | หมายถึง | มีความเห็นด้วยมากที่สุด  |

หลังจากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อจัดอันดับของระดับสภาพปัญหา ผลกระทบและความต้องการในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและแปลความหมายในการประเมินค่าคะแนนเฉลี่ยของแต่ละข้อว่าอยู่ในระดับใด โดยใช้หลักเกณฑ์ประเมินค่าความคิดเห็นของเบสท์ (Best, 1963 : 204-208, อ้างถึงใน เพียงใจ พรหมทัศนานนท์, 2540 : 51) ดังนี้

ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.00 - 1.50	กำหนดอยู่ในเกณฑ์	เห็นด้วยน้อยที่สุด
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.51 - 2.50	กำหนดอยู่ในเกณฑ์	เห็นด้วยน้อย
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 2.51 - 3.50	กำหนดอยู่ในเกณฑ์	เห็นด้วยปานกลาง
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 3.51 - 4.50	กำหนดอยู่ในเกณฑ์	เห็นด้วยมาก
ค่าเฉลี่ยระหว่าง 4.51 - 5.00	กำหนดอยู่ในเกณฑ์	เห็นด้วยมากที่สุด

ผลของการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้วยวิธี Pearson Chi-square มีรายละเอียดดังนี้

$H_0: P = 0$  ปัญหาการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการบันเทิงของพระภิกษุและสามเณรไม่ขึ้นอยู่กับอายุ

$H_1: P \neq 0$  ปัญหาการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการบันเทิงของพระภิกษุและสามเณรขึ้นอยู่กับอายุ

ตารางที่ 3 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้วยวิธี Pearson Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	21.204 <sup>a</sup>	12	.047
Likelihood Ratio	22.074	12	.037
Linear-by-Linear Association	9.083	1	.003
N of Valid Cases	257		

a. 10 cells (38.5%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1.95.

P (ความน่าจะเป็น) = .04 ,  $\alpha$  (ระดับนัยสำคัญ) = .05

ดังนั้นค่า P น้อยกว่าค่า  $\alpha$  (เท่ากับ Sig.) จึงปฏิเสธ  $H_0$  ยอมรับ  $H_1$

**สรุปได้ว่า** ปัญหาด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการบันเทิงของพระภิกษุและสามเณรขึ้นอยู่กับอายุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

### 13. ผลการวิจัย

การวิจัยเกี่ยวกับสภาพปัญหา ผลกระทบและความต้องการในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของพระภิกษุและสามเณรในเขตกรุงเทพมหานคร สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้



ตารางที่ 4 แสดงจำนวนและค่าร้อยละ จำแนกตามข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม	จำนวน (n)	ร้อยละ (%)
พระภิกษุ	122	47.5
สามเณร	135	52.5
<b>รวม</b>	<b>257</b>	<b>100.0</b>
อายุระหว่าง 12 - 20 ปี	132	51.4
อายุระหว่าง 20 - 60 ปี	125	48.6
<b>รวม</b>	<b>257</b>	<b>100.0</b>
ต่ำกว่าปริญญาตรี	172	66.9
ปริญญาตรี	77	30.0
สูงกว่าปริญญาตรี	8	3.1
<b>รวม</b>	<b>257</b>	<b>100.0</b>
ต่ำกว่านักธรรมชั้นตรี	90	35.0
นักธรรมชั้นตรี	89	34.6
สูงกว่านักธรรมชั้นตรี	78	30.4
<b>รวม</b>	<b>257</b>	<b>100.0</b>
ต่ำกว่าเปรียญธรรมประโยค 1 - 3	193	75.1
เปรียญธรรมประโยค 1 - 3	36	14.0
สูงกว่าเปรียญธรรมประโยค 1 - 3	28	10.9
<b>รวม</b>	<b>257</b>	<b>100.0</b>

13.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จะพบว่าประชากรกลุ่มตัวอย่างเป็นพระภิกษุ จำนวน 122 รูป คิดเป็นร้อยละ 47.5 เป็นสามเณรจำนวน 135 รูป คิดเป็นร้อยละ 52.5 มีอายุระหว่าง 12 - 20 ปี จำนวน 132 รูป คิดเป็นร้อยละ 51.4 มีอายุระหว่าง 20 - 60 จำนวน 125 รูปคิดเป็นร้อยละ 48.4 ระดับการศึกษาแผนกสามัญศึกษา ต่ำกว่าปริญญาตรีจำนวน 172 รูป คิดเป็นร้อยละ 66.9 รองลงมาระดับปริญญาตรีจำนวน 77 รูป คิดเป็นร้อยละ 30.0 และสูงกว่าระดับปริญญาตรีจำนวน 8 รูป คิดเป็นร้อยละ 3.1 ส่วนระดับการศึกษาแผนกธรรมต่ำกว่านักธรรมชั้นตรีจำนวน 90 รูป คิดเป็นร้อยละ 35.0 รองลงมานักธรรมชั้นตรีจำนวน 89 รูป คิดเป็นร้อยละ 34.6 และสูงกว่านักธรรมชั้นตรีจำนวน 78 รูป คิดเป็นร้อยละ 30.4 และระดับการศึกษาแผนกบาลี ต่ำกว่าเปรียญธรรมประโยค 1 - 3 จำนวน 193 รูป คิดเป็นร้อยละ 75.1 รองลงมาเปรียญธรรมประโยค 1 - 3 จำนวน 36 รูป คิดเป็นร้อยละ 14.0 และสูงกว่าเปรียญธรรมประโยค 1 - 3 จำนวน 28 รูป คิดเป็นร้อยละ 10.9

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน การแปลค่า สภาพปัญหา ผลกระทบและความต้องการ  
ในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของพระภิกษุและสามเณรในเขตกรุงเทพมหานคร

หัวข้อการวิจัย	ผลการวิจัย		
	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. สภาพปัญหาในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของพระภิกษุและสามเณร	3.23	1.22	ปานกลาง
2. ผลกระทบในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของพระภิกษุและสามเณร	3.22	1.18	ปานกลาง
3. ความต้องการในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของพระภิกษุและสามเณร	3.32	1.12	ปานกลาง

13.2 จะพบว่าสภาพปัญหาในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของพระภิกษุและสามเณรในเขตกรุงเทพมหานครของกลุ่มตัวอย่าง มีสภาพปัญหาในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ อยู่ในระดับปานกลาง ( $\bar{X} = 3.23$ )

13.3 จะพบว่าผลกระทบในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของพระภิกษุและสามเณรในเขตกรุงเทพมหานครของกลุ่มตัวอย่าง มีผลกระทบในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ อยู่ในระดับปานกลาง ( $\bar{X} = 3.22$ )

#### 13.4 ข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

1) จะพบว่าความต้องการในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศด้านฮาร์ดแวร์ของพระภิกษุและสามเณรในเขตกรุงเทพมหานครของกลุ่มตัวอย่างพบว่า ความต้องการในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศด้านฮาร์ดแวร์ อยู่ในระดับปานกลาง ( $\bar{X} = 3.13$ )

2) จะพบว่าความต้องการในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศด้านซอฟต์แวร์ของพระภิกษุและสามเณรในเขตกรุงเทพมหานครของกลุ่มตัวอย่างพบว่า ความต้องการในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศด้านซอฟต์แวร์ อยู่ในระดับปานกลาง ( $\bar{X} = 3.26$ )

3) จะพบว่าความต้องการในเทคโนโลยีสารสนเทศด้านการศึกษาเทคโนโลยีสารสนเทศหรือไอทีของพระภิกษุและสามเณรในเขตกรุงเทพมหานครของกลุ่มตัวอย่างพบว่า ความต้องการในเทคโนโลยีสารสนเทศด้านการศึกษาเทคโนโลยีสารสนเทศหรือไอทีอยู่ใน ระดับมาก ( $\bar{X} = 3.53$ )

สรุปผลการวิจัยความต้องการในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของพระภิกษุและสามเณรในเขตกรุงเทพมหานครทั้ง 3 ด้านความต้องการของกลุ่มตัวอย่างพบว่า ความต้องการในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอยู่ในระดับปานกลาง ( $\bar{X} = 3.32$ )

## 14. อภิปรายผลการวิจัย

ผลจากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับสภาพปัญหา ผลกระทบและความต้องการในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของพระภิกษุและสามเณรในเขตกรุงเทพมหานครสรุปได้ดังนี้คือ

14.1 พระภิกษุและสามเณรในเขตกรุงเทพมหานครมีระดับสภาพปัญหาด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอยู่ในระดับปานกลาง สอดคล้องกับค่ากล่าวของ พระเทพโสภณ อธิการบดีมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย (มติชน, 2546 : 20) ปัจจุบันพระภิกษุและสามเณรไทยส่วนใหญ่มีความรู้ไม่ทันต่อโลกยุคเทคโนโลยีสารสนเทศ

เพราะขาดทักษะด้านภาษาอังกฤษ ส่งผลให้การศึกษาและการวิจัยด้านพระพุทธศาสนาของพระสงฆ์ไทย ล้าสมัยกว่าพระสงฆ์และนักวิชาการต่างชาติ

14.2 พระภิกษุและสามเณรในเขตกรุงเทพมหานครมีระดับผลกระทบในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอยู่ในระดับปานกลาง สอดคล้องกับงานวิจัยของ พระมหาบุญไทย ปุณฺณมโน (2551) พบว่า คณะสงฆ์ไทยในปัจจุบันใช้อินเทอร์เน็ตเผยแพร่พระพุทธศาสนาเป็นจำนวนมาก

14.3 พระภิกษุและสามเณรในเขตกรุงเทพมหานครมีระดับความต้องการในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ พระเทพโสภณ อธิการบดี มหาจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย (มติชนรายวัน คอลัมน์การศึกษา ฉบับวันที่ 26 ธันวาคม พ.ศ. 2546 ปีที่ 26 ฉบับที่ 9422 หน้า 20) ว่า หากพระภิกษุและสามเณรเข้าใจสภาวะของตนเองแล้ว เทคโนโลยีสารสนเทศคือวิชาการอย่างหนึ่งที่พระภิกษุและสามเณรควรศึกษาและคณะสงฆ์ควรส่งเสริมให้พระภิกษุและสามเณรได้มีโอกาสศึกษาให้มากขึ้น

## 15. ข้อเสนอแนะ

15.1 สภาพปัญหาการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของพระภิกษุและสามเณร มีความสำคัญและจำเป็นอย่างมากที่จะต้องมีการส่งเสริมให้พระภิกษุและสามเณรได้รับการเรียนรู้เทคโนโลยีสารสนเทศอยู่เสมอและต่อเนื่อง เพื่อให้พระภิกษุและสามเณรใช้เทคโนโลยีสารสนเทศได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมไม่ขัดต่อพระธรรมวินัย และเป็นการลดปัญหาในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในทางที่ไม่เหมาะสมของพระภิกษุและสามเณร

15.2 ควรศึกษาเกี่ยวกับสภาพปัญหา ผลกระทบในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของพระภิกษุและสามเณรในระดับประเทศเพื่อทราบถึงสภาพปัญหา ผลกระทบในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของพระภิกษุและสามเณรเพื่อหาทางแก้ไขปัญหา ผลกระทบดังกล่าวและสร้างมาตรฐานการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของพระภิกษุและสามเณรในประเทศไทย

15.3 ควรศึกษาเกี่ยวกับความต้องการในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของพระภิกษุและสามเณรในระดับประเทศเพื่อทราบถึงความต้องการในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของพระภิกษุและสามเณรและหาทางส่งเสริมการเรียนรู้ด้านเทคโนโลยีสารสนเทศของพระภิกษุและสามเณรให้มีมาตรฐานเป็นที่ยอมรับ

15.4 ควรศึกษาเกี่ยวกับความต้องการในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของพระภิกษุและสามเณรในระดับประเทศเพื่อทราบถึงระดับความพร้อมและเตรียมการพัฒนาด้านเทคโนโลยีสารสนเทศหรือไอทีของพระภิกษุและสามเณร

## 16. รายการอ้างอิง

กรกนก กมลรัตน์. 2550. “บทบาทของอินเทอร์เน็ตในการเผยแพร่พระพุทธศาสนาสำหรับเด็กและเยาวชนศึกษาเฉพาะกรณีเว็บไซต์พลังจิต.” วิทยานิพนธ์นิเทศศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสารสนเทศ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จารึก ชื่นสมบัติ. 2550. “สภาพและความต้องการการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศของนักศึกษาในมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร.” วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร.

- ครรชิต มาลัยวงศ์. 2540. **ทักษะไอที**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: กองบริการสื่อสารสนเทศศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ.
- นาคยา แก้วใส และผะอบ พวงน้อย. 2543. “บทบาทวัดพระธรรมกายในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเผยแพร่พระพุทธศาสนาทั่วโลก.” **วารสารพุทธศาสนศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**. 7, 2 (พ.ค.-ส.ค.43): 36-65.
- พระเทพโสภณ. 2546. **มติชนรายวันคอลัมน์การศึกษา**. 26 ธันวาคม 2549. 26, 9422: 20.
- พระมหาบุญไทย ปุณฺณมโน. 2551. **พระสงฆ์ในสังคมเทคโนโลยี**. (ออนไลน์). เข้าถึงเมื่อ มิถุนายน 2553 จาก [http://www.watsaikhan.org/index.php?option=com\\_content&task=view&id=43&Itemid=1](http://www.watsaikhan.org/index.php?option=com_content&task=view&id=43&Itemid=1)
- เพียงใจ พรหมทัศนานนท์. 2540. “บทบาทของผู้บริหาร โรงเรียนสาธิตที่มีต่อการส่งเสริมการวิจัยในโรงเรียนสาธิต สังกัดทบวงมหาวิทยาลัย.” **ปริญญานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร**.
- เสขิยธรรม นักบวชกับสังคมร่วมสมัย. 2546. **แก้วกุดพุทธศาสนาถึงยุคพระธรรมวินัยผสานไอที**. (ออนไลน์). เข้าถึงเมื่อ มิถุนายน 2553 จาก <http://www.skyd.org/html/priest/Dham%2BIT.html>
- EfrainTurban, McLean, Leidner and Wetherbe. 2010. **Information Technology for Management: Transforming Organizations in the Digital Economy**. 7<sup>th</sup> ed. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Helliwell, Jonathan, and Alan Fowler. 1994. “Introducing IT into a mature production related Work environment: The Human Resource factor.” **Journal of Information Technology**. 9: 39-50.

สถานะที่มีผลต่อการชะออกมาของ Di-(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP)  
จากถุงมือยางและถุงมือพลาสติกที่สัมผัสอาหาร  
CONDITIONS WHICH AFFECT THE ELUTION OF DI- (2-ethylhexyl)  
PHTHALATE (DEHP) FROM LATEX GLOVES AND  
PLASTIC GLOVES FOR FOOD HANDLING

ไพไลพร สมพงษ์<sup>1</sup>

บรรจง วิทย์วีรศักดิ์<sup>2</sup>

<sup>1</sup>นักศึกษาระดับปริญญาโท คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

E-mail : pilaiporn.sp@gmail.com

<sup>2</sup>รองศาสตราจารย์ คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

E-mail : banjong.v@psu.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ วิเคราะห์ระดับ di-2-Ethylhexyl Phthalate (DEHP) ที่ปนเปื้อนในถุงมือยาง และถุงมือพลาสติกที่ใช้สัมผัสอาหาร โดยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟีที่มีตัวตรวจวัดชนิดเฟลมไอออไนเซชัน และผลของระยะเวลาและอุณหภูมิต่อการชะออกมาของ DEHP ในถุงมือยาง และถุงมือพลาสติกสัมผัสอาหาร ผลการศึกษาพบว่าการเตรียมตัวอย่างโดยการสกัดสารร่วมกับ ตัวดูดซับฟลอริซิล ได้ค่าขีดจำกัดการตรวจวัด (LOD) ที่ 8.0 ng/ml ช่วงความเป็นเส้นตรง 0.05-100 µg/ml โดยมีค่าสหสัมพันธ์ของเส้นตรงมากกว่า 0.99 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ 6% วิธีนี้ให้ผลความถูกต้องและความแม่นยำค่อนข้างดี DEHP ที่ตรวจพบใน ถุงมือยาง และถุงมือยางหนา 42.7 µg/g , 54.72 µg/g และ ถุงมือพลาสติก 34.92 9 µg/g ตามลำดับ

คำสำคัญ : Di-(2-ethylhexyl) Phthalate DEHP การชะออกมา ถุงมือยาง ถุงมือพลาสติก

### ABSTRACT

The aim of this study was to analyse di-2-ethylhexyl phthalate (DEHP) levels contaminated in the latex gloves and plastic gloves for food handling with a gas chromatograph with flame ionization detector (GC-FID). Latex Goves and Plastic Gloves were used for study by extraction and solid phase extraction using florasil® cartridge. The GC-FID system provided the Limit of detection (LOD) for DEHP 8.0 ng/ml. The linear dynamic range in the range of 0.005 to 100 µg/ml with correlation coefficient greater than 0.99, the relative standard deviation (%RSD) 6.0%. The present method gave good precision and accuracy for retention time and peak

area. The quantitative of DEHP in rubber glove and rubber glove (hard type) were 42.7  $\mu\text{g/g}$ , 54.72  $\mu\text{g/g}$  and plastic glove is 34.92  $\mu\text{g/g}$ .

**KEYWORDS :** Di-(2-ethylhexyl) Phthalate, DEHP, The Leaching out, Latex glove, plastic glove

## 1. บทนำ

ในปัจจุบันความต้องการใช้ถุงมือสัมผัสอาหารเพิ่มขึ้นเนื่องจากต้องการควบคุมคุณภาพ และความสะอาดของผลิตภัณฑ์อาหาร ปัจจุบันมีการนำถุงมือพลาสติก และถุงมือยางนำมาสวมใส่ในการประกอบอาหาร และในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารอย่างแพร่หลาย ในการผลิตถุงมือพลาสติก และถุงมือยางมีการใช้สารพลาสติกไซเซออร์ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่อ่อนตัว และเหนียว พลาสติกไซเซออร์ที่นิยมนำมาใช้มากที่สุดคือสารกลุ่ม Phthalate ได้แก่ di-(2-Ethylhexy) Phthalate (DEHP), dibutyl Phthalate (DBP), Benzyl butyl phthalate (BBP) เป็นต้น แต่ DEHP เป็นที่นิยมใช้มากที่สุดในอุตสาหกรรม เนื่องจากมีคุณภาพดี ราคาถูก แต่สารนี้เป็นอันตรายต่อร่างกายโดยจะมีผลกระทบต่อระบบการทำงานของฮอร์โมนที่ผลิตจากต่อมไร้ท่อ ทำให้ระบบหรืออวัยวะต่างๆในร่างกายที่ทำงานภายใต้การควบคุมของฮอร์โมนเกิดความผิดปกติไปจากสภาพธรรมชาติ เช่นเกี่ยวกับระบบสืบพันธุ์ ทำให้คุณภาพของน้ำอสุจิลดลง เพิ่มอัตราการแท้งตามธรรมชาติมากขึ้น สำหรับการเกิดมะเร็งนั้น หากได้รับสารกลุ่มนี้ในช่วงวันเด็ก และวัยรุ่นทำให้โอกาสเกิดมะเร็งเต้านมได้มากในวัยผู้ใหญ่ (Park, et al. 2002)

สำหรับการได้รับสาร DEHP ในถุงมือนั้น จากการทดลองในอาหารโดยใช้ถุงมือสัมผัสอาหาร พบว่าค่า DEHP อยู่ที่ 16.9 mg/Kg จากเดิมอาหารมีการปนเปื้อน DEHP ที่ 0.08 mg/Kg (Yukari, et al. 2000) ซึ่งจากการปนเปื้อน DEHP ในอาหารก็นับว่ามี ค่า DEHP สูงกว่า EU กำหนด จึงมีความจำเป็นอย่างมากที่ต้องศึกษาถึงอุณหภูมิ และระยะเวลาที่ DEHP ถูกชะออกมาจากถุงมือยาง และถุงมือพลาสติกสำหรับสัมผัสอาหาร เพื่อเป็นข้อมูลด้านความปลอดภัยต่อผู้บริโภค และหน่วยงานที่รับผิดชอบต่อไป

## 2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาระดับการปนเปื้อนของ DEHP ในถุงมือสัมผัสอาหาร และผลของระยะเวลา และอุณหภูมิที่มีผลต่อการชะออกมาของ DEHP จากถุงมือสัมผัสอาหาร

## 3. ขอบเขตงานวิจัย

การศึกษานี้จะวิเคราะห์สาร DEHP ในถุงมือยางและถุงมือพลาสติกที่ใช้สัมผัสอาหาร และ ศึกษาผลของอุณหภูมิ และระยะเวลาในการชะ DEHP จากถุงมือยางและถุงมือพลาสติกที่ใช้สัมผัสอาหาร โดยเครื่อง GC-FID กำหนดตัวแปรดังนี้

3.1 ตัวแปรต้นคือ อุณหภูมิ ระยะเวลาสัมผัสถุงมือยางและถุงมือพลาสติกสัมผัสอาหาร

3.2 ตัวแปรตามคือ ปริมาณ DEHP ที่ถูกชะออกมา

การศึกษานี้จะทำการศึกษาที่ห้องปฏิบัติการ คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

## 4. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

### 4.1 สารเคมี และอุปกรณ์

Di-(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) (purity 99.7%, GC Grade : Fluka, Germany, Benzyl benzoate (purity 99.5%, GC Grade , chem. Service), n-Hexane (HPLC grade, AR grade), Acetone (CH<sub>3</sub>COCH<sub>3</sub>, AR grade : Merck, Germany), Anhydrous sodium sulphate , Florisil, แก๊สโครมาโทกราฟี (gas chromatograph) พร้อมด้วยเครื่องวัด flionization detector (GC-FID)คอลัมน์โครมาโทกราฟี (chromatographic column) แบบ capillary column เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 0.32 mm ความยาว 0.25 mm ความหนา 0.25 µm ประกอบด้วย 5% phenyl 95% dimethylpolysiloxane รุ่น HP-5MS (Agilent, USA)

### 4.2 การทดลองที่ 1

นำถุงมือยาง ที่ตัดเป็นชิ้นขนาด 1 cm × 1cm มาชั่ง 3 กรัมแล้วใช้ acetone : hexane 20 : 20 (v/v) ปริมาตร 40 มิลลิลิตร ผสมให้ทั่วแล้วไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่า 150 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้เกิดการกระจายตัวที่ดี ระหว่างถุงมือ และตัวทำละลาย จากนั้นนำมาแช่ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 20 ชั่วโมง กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 สารละลายที่ได้นำไปลดปริมาตรที่ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จนเกือบแห้งด้วยเครื่อง rotary evaporator เหลือประมาณ 0.3 มิลลิลิตร ใช้ acetone : hexane 5:5 (v/v) ปริมาตร 10 มิลลิลิตรในการชะสารละลายออกมา แล้วนำไปจัดสารบกวานการวิเคราะห์ (clean up)โดยใช้ ใช้กระดาษกรองที่ตัดเป็นวงกลมขนาดเท่าเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของ glass syringe ขนาด 5 ml pack ด้วย 0.5 g Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ตามด้วย Florisil หนัก 1.0 g ปิดทับด้วย 0.5 g Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Pre wet ด้วยการเติม hexane 5 ml ลงใน syringe แล้วทิ้งสารละลาย เติมสารละลายตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร (ทำซ้ำ 2 ซ้ำ) เติม hexane-acetone 90:10 (v/v) ปริมาตร 10 มิลลิลิตรชะ สารละลายที่ออกจาก syringe นำไปลดปริมาตรด้วยเครื่องลดปริมาตรที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสจนเกือบแห้งเติม Benzyl Benzoate ซึ่งเป็น internal standard ปรับปริมาตรเป็น 2 ml ด้วย hexane ถ่ายสารละลายใส่ vial นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC-FID

### 4.3 การทดลองที่ 2

จะแบ่งเป็น 3 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองที่ 1 จะให้ความร้อนแก่น้ำ ปริมาตร 80 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จากนั้นนำถุงมือที่ตัดเป็นชิ้น 2.5 cm × 2.5 cm ไปสัมผัสน้ำเป็นระยะเวลา 3 นาที 15 นาที 30 นาที และ 45 นาที การทดลองชุดที่ 2 จะให้ความร้อนแก่น้ำปริมาตร 80 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จากนั้นนำถุงมือไปสัมผัส เป็นระยะเวลา 3 นาที 15 นาที 30 นาที และ 45 นาที การทดลองชุดที่ 3 จะให้ความร้อนแก่น้ำ 80 มิลลิลิตรที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 นาที 15 นาที 30 นาที และ 45 นาที จากชุดการทดลองที่ 1 2 และ 3 นำน้ำที่ได้มาลดปริมาตรด้วยเครื่อง rotary evaporator จนเกือบแห้ง แล้วชะด้วย acetone : hexane 5:5 (v/v) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร นำสารละลายไป จัดสารบกวานการวิเคราะห์ (clean up)โดยใช้ SPE column ใช้ florisil ในการสกัดสารเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

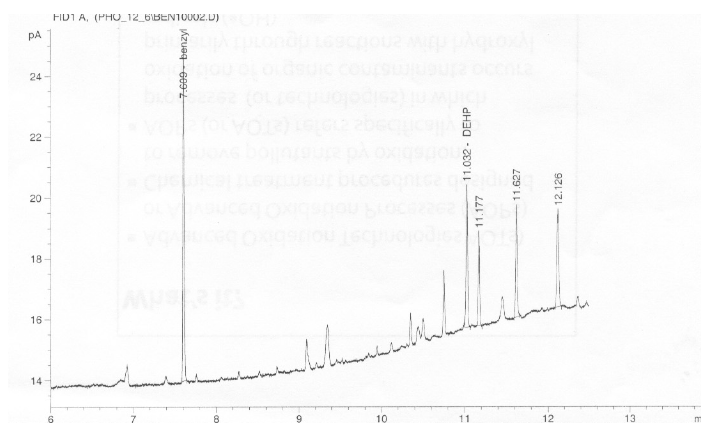
### 4.4 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

แก๊สโครมาโทกราฟี (gas chromatograph) ที่มี flame ionization detector (GC-FID) แบบ Capillary column 30 เมตร × 0.25 มิลลิเมตร ความหนา 0.25 µm ประกอบด้วย 5% phenyl 95% dimethylpolysiloxane รุ่น HP-5MS (Agilent, USA) ตั้งอุณหภูมิ oven ที่ 110 องศาเซลเซียสคงไว้ 3 นาที และเพิ่มขึ้น 20 องศาเซลเซียส ต่อนาที จนถึง 300 องศาเซลเซียส คงไว้ 2 นาที ใช้ helium เป็น carrier gas อัตราการไหล 1.2 มิลลิลิตร /นาที และ nitrogen เป็น

make up gas อัตราการไหล 40 มิลลิลิตร/ นาที อัตราการไหลของ gas สำหรับ detector คือ air 300 ml/ นาที และ hydrogen 300 ml/นาที

## 5. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ภาพที่ 1 แสดงโครมาโตแกรมที่ได้จากการทดลองโดยใช้วิธี SPE ร่วมกับ florisil และวิเคราะห์ด้วย GC-FID จะได้พีคของสาร DEHP และ benzyl benzoate ซึ่งเป็น internal standard ที่ชัดเจน มีพีคของสารอื่นรบกวนน้อย ซึ่ง benzyl benzoate จะแสดงพีคที่เวลา 7.690 นาที และ DEHP ที่เวลา 11.032 นาทีซึ่งจะเห็นว่าสารสองตัวแยกกันได้อย่างชัดเจน



ภาพที่ 1 แสดงโครมาโตแกรมของ DEHP

จากการทดลองหาค่า LOD และ LOQ ของ DEHP โดยวิธี internal standard ในการทดลองขั้นตอนแรกเป็นการทดลองเพื่อหาความเข้มข้นของ DEHP ที่เครื่องสามารถแสดงพีค DEHP ได้อย่างชัดเจน ที่ความเข้มข้น 0.05  $\mu\text{g/ml}$  หาค่า LOD LOQ โดยทำการทดลอง 10 ซ้ำ ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่า LOD LOQ ของวิธีการวิเคราะห์

ค่าเตรียม $\mu\text{g/ml}$	ค่าเฉลี่ย DEHP ที่ตรวจวัด $\mu\text{g/ml}$		SD	%RSD	LOD	LOQ
	ค่าเฉลี่ยที่วัดได้	% recovery				
0.05 (n=10)	0.043	86.6	0.0027	6.3	0.008	0.027
0.30 (n=10)	0.28	93.3	0.011	3.12	-	-
1.0 (n=10)	0.98	98.0	0.01	1.02	-	-

จากตารางที่ 1 ค่า %RSD ที่ได้ต่ำกว่า 10% ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ดี ค่า  $R^2$  ที่ได้มีค่ามากกว่า 0.99 ในช่วงความเป็นเส้นตรงที่ 0.05  $\mu\text{g}$  -100  $\mu\text{g}$  วิธีนี้จึงเหมาะกับการวิเคราะห์สาร DEHP ที่มีปริมาณน้อยได้ จากการทดลองที่ 1 ซึ่งหาปริมาณ DEHP ที่สกัดจากถุงมือสัมผัสอาหารชนิดต่างๆในการทดลองได้ทำการสกัด 10 ซ้ำ เพื่อหา



ความเชื่อมั่นในการวิเคราะห์ แสดงได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดลองที่ 1 ค่าเฉลี่ย DEHP ในถุงมือสัมผัสอาหาร

ชนิดถุงมือ	n	$\mu\text{g/g} \pm \text{SD}$
ถุงมือยาง	10	$42.7 \pm 5.27$
ถุงมือยางหนา	10	$54.72 \pm 9.06$
ถุงมือพลาสติก	10	$34.92 \pm 7.98$

จากตารางจะเห็นว่าปริมาณ DEHP ที่สกัดได้จากถุงมือยางสัมผัสอาหารชนิดหนาจะมีปริมาณ DEHP ที่สกัดได้มากกว่าถุงมือยาง และถุงมือพลาสติกสัมผัสอาหาร

จากการทดลองที่ 1 เมื่อทำการทดลองแล้วพบว่า ในถุงมือสัมผัสอาหารทั้ง 3 ชนิดมี DEHP เป็นส่วนประกอบ ในการการทดลองที่ 2 จึงศึกษาสภาวะการชะออกมาของ DEHP โดยกำหนดอุณหภูมิ และระยะเวลา ในการใช้ถุงมือสัมผัสน้ำ เนื่องจากน้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในอาหารทุกชนิด แสดงค่าการชะออกมาของ DEHP สัมพันธ์ กับอุณหภูมิ และระยะเวลา ดังตาราง ที่ 3, 4 และ 5

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ย DEHP  $\pm$  SD ที่ถูกชะออกมาจากถุงมือสัมผัสอาหารที่ อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 3 นาที 15 นาที 30 นาที และ 45 นาที

ระยะเวลา (นาที)	ปริมาณ DEHP ( $\mu\text{g/g}$ ) อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (n = 5) $\pm$ SD		
	ถุงมือยาง	ถุงมือยางหนา	ถุงมือพลาสติก
3	$1.13 \pm 0.60$	$0.10 \pm 0.08$	$0.23 \pm 0.03$
15	$2.94 \pm 1.26$	$0.19 \pm 0.06$	$3.60 \pm 1.74$
30	$4.27 \pm 1.17$	$0.86 \pm 0.60$	$5.78 \pm 2.09$
45	$5.74 \pm 0.8$	$1.2 \pm 0.27$	$7.80 \pm 0.53$

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ย DEHP  $\pm$  SD ที่ถูกชะออกมาจากถุงมือสัมผัสอาหารที่ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 3 นาที 15 นาที 30 นาที และ 45 นาที

ระยะเวลา (นาที)	ปริมาณ DEHP ( $\mu\text{g/g}$ ) อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส (n = 5) $\pm$ SD		
	ถุงมือยาง	ถุงมือยางหนา	ถุงมือพลาสติก
3	$1.44 \pm 0.54$	$0.22 \pm 0.15$	$7.5 \pm 0.55$
15	$8.64 \pm 1.14$	$0.76 \pm 0.06$	$10 \pm 1.88$
30	$14.56 \pm 2.29$	$4.33 \pm 1.14$	$11.28 \pm 1.05$
45	$14.66 \pm 1.11$	$4.90 \pm 0.59$	$11.55 \pm 0.75$

**ตารางที่ 5** แสดงค่าเฉลี่ย DEHP  $\pm$  SD ที่ถูกชะออกมาจากถุงมือสัมผัสอาหารที่ อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 3 นาที 15 นาที 30 นาที และ 45 นาที

ระยะเวลา (นาที)	ปริมาณ DEHP $\mu\text{g/g}$ อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส (n = 5) $\pm$ SD		
	ถุงมือยาง	ถุงมือยางหนา	ถุงมือพลาสติก
3	3.85 $\pm$ 0.88	9.38 $\pm$ 0.69	12.376 $\pm$ 1.65
15	25.70 $\pm$ 0.56	27.02 $\pm$ 1.09	25.04 $\pm$ 1.53
30	28.08 $\pm$ 1.62	29.26 $\pm$ 2.34	27.33 $\pm$ 1.76
45	30.00 $\pm$ 1.3	29.33 $\pm$ 0.9	31.45 $\pm$ 0.98

ผลจากตารางที่ 3 ตารางที่ 4 และตารางที่ 5 แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิ และระยะเวลาการสัมผัสถุงมือมีผลต่อการชะออกมาของ DEHP เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นและระยะเวลาในการสัมผัสเพิ่มขึ้น DEHP จะถูกชะออกมาได้มากขึ้นจากการทดลองถุงมือสัมผัสอาหารสามชนิด จะเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งค่าที่ได้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จะอยู่ในช่วง 0.23-5.78  $\mu\text{g/g}$  ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะอยู่ในช่วง 0.22-21.84  $\mu\text{g/g}$  และอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียสจะอยู่ในช่วง 3.85- 29.26  $\mu\text{g/g}$  สำหรับค่ามาตรฐานที่ Ecotoxicity and the Environment of European Commission กำหนดเป็นค่า TDI คือปริมาณสูงสุดที่ร่างกายสามารถรับได้ ต่อวัน กำหนดที่ 37  $\mu\text{g/}$  กิโลกรัม น้ำหนักตัว/วัน ซึ่งหากกำหนดน้ำหนักตัว 60 กิโลกรัม จะได้รับ DEHP ในปริมาณ 2.22 มิลลิกรัม/วัน

จากการทดลอง สภาวะในการชะออกมาของ DEHP ไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด แต่ก็ยังเป็นปัจจัยในการเพิ่มสาร DEHP เข้าสู่ร่างกายเนื่องจากในชีวิตประจำวัน DEHP ได้ถูกใช้ในภาชนะบรรจุอาหาร ใช้ในอุปกรณ์ทางการแพทย์ ใช้ในสีชนิดต่างๆ รวมทั้งอุตสาหกรรมพลาสติกที่ปล่อยของเสียลงสู่ สภาพแวดล้อม (Chen, et al. 2007) ซึ่งเกี่ยวข้องต่อการได้รับ DEHP ในชีวิตประจำวัน เพราะร่างกายสามารถรับสาร DEHP ได้ทั้งการดื่ม กิน การสัมผัส และการหายใจ (Digangi, et al. 2002)

## 6. สรุปผลการวิจัย

ในการสกัดสาร DEHP จากถุงมือสัมผัสอาหารโดยวิธีการสกัดสารร่วมกับ ตัวดูดซับฟลอริซิล และตรวจวิเคราะห์โดย GC-FID ผลการศึกษาพบว่า ถุงมือยาง ถุงมือยางหนา และถุงมือพลาสติกมีค่า DEHP ที่ 42.7  $\mu\text{g/g}$  54.72  $\mu\text{g/g}$  และ 34.92  $\mu\text{g/g}$  ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าถุงมือยางหนาที่ใช้สัมผัสอาหารหาสภาวะการชะออกมาของถุงมือสัมผัสอาหารมีปริมาณ DEHP มากที่สุด จากการทดลองที่ 2 ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบค่าเฉลี่ย DEHP อยู่ในช่วง ในช่วง 0.23-5.78  $\mu\text{g/g}$  ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะอยู่ในช่วง 0.22-21.84  $\mu\text{g/g}$  และอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียสจะอยู่ในช่วง 3.85- 29.26  $\mu\text{g/g}$  ซึ่งระยะเวลามีผลต่อการชะออกมาของ DEHP โดยทดสอบ ด้วย ตาราง ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 ค่า P < 0.05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ระยะเวลามีผลต่อการชะออกมาของ DEHP จากการทดลอง เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น จาก 3 นาที เป็น 15 นาที และ 30 นาที ค่าการชะออกมาของ DEHP เพิ่มขึ้นจากการทดลองที่ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส และ สำหรับการทดลองทดลองอุณหภูมิที่ 30 และ 45 P > 0.05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ในระยะเวลาที่ 30 นาที และ 45 นาที การชะออกมาของ DEHP ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

## 7. รายการอ้างอิง

ติมา ศรีวิบูลย์. 2546. การวิเคราะห์โดยเครื่องโครมาโทกราฟี. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

Chen, M.L., Chin, J.S., Tang, C.L. 2007. "The internal exposure of Taiwanese to phthalate-An evidence of intensive use of plastic materials." **Environment International**. 34:79- 85.

CSTEE (Scientific Committee on Toxicity, Ecotoxicity and the Environment).1998. Opinion on phthalate migration from soft PVC toys and child-care articles.Opinion expressed at the 6th CSTEE plenary meeting. Brussels.

Digangi, J.H., Rossi, M. 2002. "Aggregate Exposures to Phthates in Humans." **Reprod Toxicol**. 17 :165-170.

Koch, H.m., Drexler, H., Angerer, J. 2003. "An estimation of the daily in take of Di(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) and other phthalates in the general population." **Toxicol**. 78 :123-120.

Park, J.D., Habeebu ,S.S.M.&Klaaseen, C.D. 2002. "Testicula toxicity of di-(ethylhexyl) phthalate in yong Sprague-Dawley rat." **Toxicology**. 171: 105-115.

Tsumura, Y., Ishimitsu, S.,Saito, I., Kaihara, A., Yoshii, k., Nakamura, Y. and Tonogai, Y. 2000.

"Di(2-ethylhexyl) phthalate contamination of retail packed lunches caused by PVC glove used in the preparation of foods." **National Institute of Health Sciences**. 18: 569-579.